

# Wageningen UR Livestock Research

*Partner in livestock innovations*



Rapport 277

## Fijnstofemissie uit stallen: vleeskalkoenen

November 2009 (herziene versie januari 2011)



**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  
onderzoeksoopdrachten zijn de Algemene  
Voorwaarden van de Animal Sciences Group  
van toepassing. Deze zijn gedeponneerd bij de  
Arrondissementsrechtbank Zwolle.

### Abstract

In this study emissions of fine dust (PM10 and PM2.5) from houses for turkeys were determined. In addition, emissions of ammonia, greenhouse gases and odour were determined.

### Keywords

Fine dust, emission, poultry, turkeys

### Referaat

ISSN 1570 - 8616

### Auteurs

J. Mosquera  
A. Winkel  
R.K. Kwikkel  
F.A. Gerrits  
N.W.M. Ogink  
A.J.A. Aarnink

### Titel

Fijnstofemissie uit stallen: vleeskalkoenen  
Rapport 277 – herziene versie

### Samenvatting

In dit onderzoek zijn de emissies bepaald van  
fijnstof (PM10 en PM2,5) uit stallen met  
vleeskalkoenen. Additioneel zijn de emissies  
van ammoniak, broeikasgassen en geur  
bepaald.

### Trefwoorden

Fijnstof, emissie, pluimvee, vleeskalkoenen



Rapport 277

## Fijnstofemissie uit stallen: vleeskalkoenen

### Dust emission from animal houses: turkeys

J. Mosquera  
A. Winkel  
R.K. Kwikkel  
F.A. Gerrits  
N.W.M. Ogink  
A.J.A. Aarnink

November 2009 (herziene versie januari 2011)



## **Voorwoord**

Voor het vergroten van de kennis over de fijnstofproblematiek (PM10 en PM2,5) in Nederland is het van belang dat betrouwbare en actuele informatie over de fijnstofuitstoot uit de verschillende bronnen beschikbaar is. Fijnstofemissie uit stallen is één van deze bronnen. Van deze bron was tot dusver slechts beperkte informatie beschikbaar, gebaseerd op stofmetingen uitgevoerd in de jaren negentig. Naast de omstandigheid dat deze informatie mogelijk is verouderd door aanpassing aan stalsystemen en bedrijfsvoering, zijn de meetcijfers niet gebaseerd op de huidige standaarden voor het meten van PM10 en PM2,5. Gegeven deze achtergrond bestaat er behoefte aan nauwkeurige en actuele cijfers over de fijnstofemissie uit de veehouderij. In deze behoefte kan nu worden voorzien met de resultaten uit het meetprogramma (2007-2009) dat door Wageningen UR Livestock Research is uitgevoerd in het kader van het 'Programma luchtwassers' van de Ministeries van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie en van Infrastructuur en Milieu.

Bij de uitvoering van een systematisch opgezet meetprogramma voor stofemissie uit de veehouderij werd een onderzoeksterrein betreden waarin tot dusver nationaal en internationaal geen of zeer weinig ervaring was opgedaan. Dit stelde de betrokken onderzoekers voor tal van geheel nieuwe meettechnische en logistieke uitdagingen. Dankzij de inzet, ervaring en kennis van alle betrokken medewerkers kon de uitvoering tot een goed einde worden gebracht, waarvoor dank. Door de opdrachtgevers is het onderzoek met grote betrokkenheid en vertrouwen begeleid, waarvoor onze dank. Dank is ook verschuldigd aan de ondernemers van de betrokken veehouderijbedrijven die hun stallen beschikbaar hebben gesteld voor het uitvoeren van de metingen. Dankzij de medewerking van alle betrokken personen levert dit onderzoeksprogramma een belangrijke, internationaal unieke dataset op, waarmee een belangrijke bijdrage wordt geleverd aan het vergroten van de kennis over de fijnstofproblematiek in Nederland.

Dr. ir. A.J.A. Aarnink  
Projectleider  
Wageningen UR Livestock Research

## **Voorwoord bij herziene versie januari 2011**

Na het uitbrengen van deze rapportage (november 2009) bleek dat deze een berekeningsfout bevatte bij de emissie van geur. In deze herziene versie is de berekeningsfout hersteld. Daarnaast is de spreiding van de gerapporteerde emissies (standaarddeviatie tussen bedrijven) weergegeven, en is voor fijn stof, ammoniak, methaan en lachgas een leegstand van 10% in plaats van 5% gebruikt om de jaaremissies te bepalen. Bij deze herziening is tevens van de gelegenheid gebruik gemaakt om de tekst op enkele plaatsen nader te verduidelijken.



## Samenvatting

Om een beter beeld te krijgen van de huidige situatie ten aanzien van fijnstofemissies uit de veehouderij is een uitgebreid onderzoeksproject opgestart. In dit project zijn bij verschillende diercategorieën en voor verschillende staltypen de fijnstofemissies gemeten. Emissies van deeltjes kleiner dan 10 µm (PM10) en van deeltjes kleiner dan 2,5 µm (PM2,5) zijn bepaald.

Het doel van het project was om op basis van de meetresultaten emissiefactoren voor fijnstof (PM10 en PM2,5) vast te stellen. Bij eerdere vaststelling van fijnstofemissies uit de veehouderij zijn conversiefactoren gehanteerd voor omrekening van totaalstof naar PM10. Een tweede doel van dit project was om op basis van metingen onderbouwde conversiefactoren voor omrekening van totaalstof naar PM10 en PM2,5 te verkrijgen. Aangezien er ook behoefte was aan emissiecijfers van methaan en lachgas, zijn deze tevens meegenomen in het meetprogramma. Daarnaast zijn de emissies van ammoniak en geur gemeten om een volledige meetset van emissies te krijgen. Dit past in de lijn van integrale oplossingen voor het emissieprobleem in de veehouderij. In dit rapport zijn de metingen gerapporteerd die in het kader van het hiervoor genoemde onderzoeksproject uitgevoerd zijn in stallen voor vleeskalkoenen.

Alle metingen zijn uitgevoerd conform een werkwijze die gelijkwaardig is aan eerder vastgestelde meetprotocollen voor de verschillende gasvormige componenten. De metingen zijn gedaan aan twee vleeskalkoenenstallen op verschillende locaties. Per locatie zijn zes metingen van 24 uur (voor geur twee uur) verricht, verspreid over het jaar en over de groeiperiode van de dieren.

Op basis van dit onderzoek in twee vleeskalkoenenstallen zijn de volgende jaaremissies bepaald, waarbij is gerekend met 10% leegstand voor de stof-, methaan-, lachgas- en ammoniakemissies (berekende emissiefactor ± de standaarddeviatie tussen bedrijven):

- PM10 emissie: 85,5 ± 28,0 g/dierplaats per jaar
- PM2,5 emissie: 40,2 ± 15,5 g/dierplaats per jaar
- Ammoniakemissie: 932 ± 282 g/dierplaats per jaar
- Geuremissie: 1,05 ± 0,68 OUE/dierplaats per s (niet gecorrigeerd voor leegstand)
- Methaanemissie: 92,2 ± 26,9 g/dierplaats per jaar
- Lachgasemissie: 32,6 ± 4,2 g/dierplaats per jaar

De volgende conclusies kunnen worden getrokken ten aanzien van de stofemissie:

- de emissie van PM10 is beduidend lager dan de eerder gehanteerde emissiefactor voor PM10 (203 g/dierplaats per jaar);
- de emissie van PM2,5 is vergelijkbaar met de eerder gehanteerde waarde voor PM2,5 (36 g/dierplaats per jaar).





## Summary

For a better understanding of the present fine dust emissions from livestock production an extensive research project was started. Within this project fine dust emissions were determined for different livestock categories and for different housing types. Emissions of particles smaller than 10 µm (PM10) and of particles smaller than 2.5 µm (PM2.5) have been determined.

The objective of this project was to provide emission figures that can be used to establish emission factors for fine dust (PM10). A second aim of this project was to determine conversion factors for calculating PM10 and PM2.5 from total dust. These conversion factors are required to interpret earlier measurements on livestock farms based on total dust. Because of additional need for emission data for methane and nitrous oxide, these gases have been included in the program as well. Furthermore, the emissions of ammonia and odour have been measured to complete the emission data set. This fits in the line of integral solutions of the emission problem in livestock production. In this report measurements in turkey houses are reported that were carried out in the framework of the overall measurement programme.

All measurements have been performed according to a procedure similar to described protocols. Measurements have been done in two houses for turkeys. Six 24-h measurements (for odour two h) have been performed spread over the year and spread over the growing period of the animals.

Based on this study in two houses for turkeys the following yearly emissions have been determined, corrected for an empty period of 10% in case of dust, methane, nitrous oxide and ammonia emissions (calculated emission factors  $\pm$  standard deviation between farms):

- PM10 emission:  $85.5 \pm 28.0$  g/animal place per year
- PM2.5 emission:  $40.2 \pm 15.5$  g/animal place per year
- Ammonia emission:  $932 \pm 282$  g/animal place per year
- Odour emission:  $1.05 \pm 0.68$  OUE/animal place per s (not corrected for empty period)
- Methane emission:  $92.2 \pm 26.9$  g/animal place per year
- Nitrous oxide emission:  $32.6 \pm 4.2$  g/animal place per year

The following conclusions could be drawn with respect to dust emissions:

- the emission of PM10 is considerably lower than the previously used emission factor for PM10 (203 g/animal place per year);
- the emission of PM2.5 is comparable with the previously used emission value for PM2.5 (36 g/animal place per year).



# Inhoudsopgave

## Voorwoord

## Samenvatting

## Summary

<b>1</b>	<b>Inleiding</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Materiaal en methode</b> .....	<b>2</b>
2.1	Hoofdlijn opzet meetprogramma .....	2
2.2	Beschrijving vleeskalkoenenstallen .....	3
2.3	Metingen .....	6
2.3.1	Stofmetingen .....	6
2.3.2	Ammoniakmetingen .....	8
2.3.3	Geurmetingen .....	8
2.3.4	Broeikasgasmetingen .....	9
2.3.5	Ventilatie-debiet .....	9
2.3.6	Metingen temperatuur en RV .....	9
2.4	Verwerking gegevens .....	9
<b>3</b>	<b>Resultaten</b> .....	<b>11</b>
3.1	Ventilatie-debiet .....	11
3.2	PM10 emissie .....	11
3.3	PM2,5 emissie .....	12
3.4	Totaalstofemissie .....	12
3.5	Ammoniakemissie .....	12
3.6	Geuremissie .....	13
3.7	Methaanemissie .....	13
3.8	Lachgasemissie .....	14
<b>4</b>	<b>Discussie</b> .....	<b>15</b>
<b>5</b>	<b>Conclusies</b> .....	<b>17</b>
	<b>Literatuur</b> .....	<b>18</b>
	<b>Bijlagen</b> .....	<b>19</b>
Bijlage 1	Foto's vleeskalkoenenstal 1 .....	19
Bijlage 2	Foto's vleeskalkoenenstal 2 .....	21



## 1 Inleiding

Per 1 januari 2005 heeft de Europese Unie grenswaarden opgesteld voor alle EU-lidstaten voor maximale concentraties fijnstof: jaargemiddeld maximaal 40 microgram per m<sup>3</sup> lucht en daggemiddeld maximaal 50 microgram per m<sup>3</sup> lucht, met maximaal 35 overschrijdingen van het toegestane daggemiddelde. Fijnstof is stof dat voor het merendeel bestaat uit deeltjes met een diameter kleiner dan 10 micrometer. Dit stof wordt aangeduid als PM10 (PM; Particulate Matter). In 2008 is een nieuwe richtlijn van kracht geworden waarin de jaargemiddelde maximale norm voor deeltjes kleiner dan 2,5 micrometer (zeer fijnstof, PM2,5) is vastgesteld op 25 microgram per m<sup>3</sup> lucht.

Naast verkeer en industrie leveren veehouderijbedrijven een bijdrage aan de uitstoot van fijnstof in Nederland. Voor de terugdringing van de fijnstofuitstoot is het van belang de actuele uitstoot van fijnstof uit stallen vast te stellen. De tot dusver bekende emissies van fijnstof (PM10) uit stallen zijn gebaseerd op metingen die gedaan zijn in de periode van september 1993 tot november 1995 binnen het EU-project Aerial Pollutants (Groot Koerkamp e.a., 1996). Door Chardon en van der Hoek (2002) zijn deze later voor verschillende diercategorieën omgerekend naar emissies van PM10. Sinds de metingen in de jaren negentig zijn er veel ontwikkelingen geweest in de veehouderij, met name naar milieu- en welzijnsvriendelijke huisvestingssystemen die zowel een toename als afname in de uitstoot van fijnstof tot gevolg kunnen hebben gehad. Welzijnsvriendelijke systemen lijken een belangrijke toename te geven van de fijnstofemissie. Bij de omschakeling van het batterijsysteem naar strooiselsystemen in de pluimveehouderij wordt bijvoorbeeld een forse toename van de stofemissie verwacht. Sommige milieuvriendelijke huisvestingssystemen in combinatie met aangepaste ventilatiesystemen, bijvoorbeeld in de varkenshouderij, zullen waarschijnlijk een stofreducerend effect hebben. Door ontwikkelingen in de huisvesting sinds 1993-1995 (o.a. bolle vloeren en metalen roosters in de varkenshouderij) en de voeding van dieren (o.a. meer brijvoersystemen in de varkenshouderij, vervanging tapioca door granen in varkens- en pluimveevoer) kunnen stofemissies van stalsystemen zijn veranderd. Voor een onderbouwing van de impact van deze ontwikkelingen gedurende de laatste jaren op de stofemissie zijn daarom additionele metingen gewenst.

Daarnaast is in additioneel onderzoek een validatie van de tot dusver beschikbare dataset gewenst. De huidige PM10 cijfers zijn omrekeningen van gemeten totaalstof (overeenkomend met PM50) en PM5 waarden, waardoor deze minder nauwkeurig zijn. Bovendien was het onderzoek waarin de meetcijfers zijn verzameld niet gericht op het meten van stofemissies, maar op stofconcentraties. Concentraties zijn op verschillende plekken in de stal gemeten, deze zijn niet per definitie representatief voor de stofconcentraties in de uitgaande stallucht.

Omdat de EU ook grenswaarden voor PM2,5 heeft vastgesteld is het van belang om in additioneel onderzoek PM2,5 op te nemen. Om de huidige dataset waarop de berekende emissiefactoren zijn gebaseerd ook in de toekomst te kunnen gebruiken, is het gewenst naast PM10 en PM2,5 tevens totaalstof te meten volgens de methode die gebruikt is in het onderzoek van Groot Koerkamp e.a. (1996).

Om een beter beeld te verkrijgen van de huidige situatie ten aanzien van fijnstofemissies uit de veehouderij is in 2008 een uitgebreid onderzoeksproject opgestart. In dit project zijn bij verschillende diercategorieën en voor verschillende stalsystemen de fijnstofemissies bepaald. Het doel van dit project was om op basis van deze cijfers emissiefactoren voor fijnstof vast te stellen. Vanwege de nieuwe richtlijn voor PM2,5 is binnen dit project naast PM10 gelijktijdig ook PM2,5 gemeten. Bij eerdere vaststelling van fijnstofemissies uit de veehouderij zijn conversiefactoren gehanteerd voor de omrekening van totaalstof naar PM10. Een tweede doel van dit project was om met metingen onderbouwde conversiefactoren voor omrekening van totaalstof naar PM10 en PM2,5 te verkrijgen.

Aangezien er ook behoefte is aan emissiecijfers van methaan en lachgas, zijn deze tevens meegenomen in het meetprogramma. Daarnaast worden de emissies van ammoniak en geur gemeten ter validatie van de huidige meetgegevens en om een volledige meetset van emissies te krijgen. Dit past in de lijn van integrale oplossingen voor het emissieprobleem in de veehouderij.

In dit rapport worden de metingen gerapporteerd die in het kader van het hiervoor genoemde onderzoeksprogramma uitgevoerd zijn in twee vleeskalkoenenstallen.

## 2 Materiaal en methode

### 2.1 Hoofdlijn opzet meetprogramma

De metingen aan vleeskalkoenenstallen zijn onderdeel van een over meerdere diercategorieën uitgevoerd meetprogramma. De opzet van dit programma zal in deze paragraaf worden toegelicht. Voor de keuze van de te bemeten stallen en diercategorieën is allereerst een prioritering aangebracht op basis van de volgende criteria:

- diercategorieën die de grootste bijdrage leveren aan de fijnstofemissie in Nederland;
- stalsystemen binnen diercategorieën die de grootste bijdrage leveren aan de fijnstofemissie in Nederland (o.a. strooiselsystemen in de pluimveehouderij);
- systemen die op dit moment al worden toegepast en die waarschijnlijk een significante reductie geven van de stofemissie in Nederland t.o.v. het referentiejaar 1990 (bijvoorbeeld luchtwassystemen, brijvoer bij varkens, optimaal hok bij vleesvarkens/biggen);
- systemen die op dit moment al worden toegepast en die waarschijnlijk een significante toename geven van de stofemissie in Nederland t.o.v. het referentiejaar 1990 (bijvoorbeeld strooisel- en mestdroogsystemen bij pluimvee; welzijnsvriendelijke stro(oisel)systemen in de varkenshouderij);
- nieuwe ammoniakemissiearme systemen die waarschijnlijk binnen enkele jaren breed worden toegepast;
- systemen die reeds bemeten zijn, maar met een ander protocol (stallen opgenomen in eerder onderzoek EU-project Aerial Pollutants).

Om gegeven de beschikbare financiële middelen zoveel mogelijk informatie te verkrijgen is bovendien per stalcategorie een afweging gemaakt voor het bemeten van vier of twee bedrijfslocaties. In afstemming met de opdrachtgevers heeft dit geleid tot de volgende lijst met te bemeten stallen en de aantallen (Tabel 1).

**Tabel 1** Stalsystemen die zijn opgenomen in het meetprogramma met nummer Regeling ammoniak en veehouderij (Rav-nummer), stalomschrijving en aantal stallen per bemeten systeem

Rav-nummer	Omschrijving stalsysteem	Aantal te bemeten stallen
A 1.100	Melkkoeien in ligboxenstal; overige huisvestingssystemen	4*)
D 1.1.4.1	Biggen, gedeeltelijk roostervloerstal met verkleind mestoppervlak, droogvoer	2*)
D 1.1.13	Biggen, volledig roostervloerstal (water en mestkanaal), droogvoer	2
D 1.3.1	Guste en dragende zeugen in individuele huisvesting met smalle ondiepe kanalen	2*)
D 1.3.101	Guste en dragende zeugen in groepshuisvesting zonder stro met voerligboxen	2
D 3.2.7.2.1	Vleesvarkens, gedeeltelijk roostervloerstal met bolle vloer (water en mestkanaal; optimaal hok), droogvoer	2
D 3.2.7.2.1	Vleesvarkens, gedeeltelijk roostervloerstal met bolle vloer (water en mestkanaal; optimaal hok), brijvoer	2
D 3.2.8.1	Vleesvarkens, biologisch luchtwassysteem 70% emissiereductie voor ammoniak; kan in combinatie met één van de voorgaande systemen worden onderzocht	2
D 3.2.9.1	Vleesvarkens, chemisch luchtwassysteem 70% emissiereductie voor ammoniak; kan in combinatie met één van de voorgaande systemen worden onderzocht	2
D 3.100	Vleesvarkens, overige huisvestingssystemen	4*)
E 2.11.3	Legkippen, volièrestal zonder uitloop (voor stallen met uitloop wordt dezelfde systematiek gehanteerd als voor ammoniak)	4
E 2.100	Legkippen, overig huisvestingssysteem niet batterijhuisvesting	4*)
E 4.100	(Groot)ouderdieren van vleeskuikens, overige huisvestingssystemen	2
E 5.100	Vleeskuikens, overig huisvestingssysteem	4*)
E 6.1	Legkippen, nadroging van de mest in een droogtunnel; kan in combinatie met één van de voorgaande systemen worden onderzocht	2
F 4.100	Vleeskalkoenen, overige huisvestingssystemen	2
H 1.2	Nertsen; dagontmesting met afvoer naar een gesloten opslag	4

\*) Bij deze categorieën zijn naast PM10 en PM2,5 eveneens totaalstofmetingen uitgevoerd

In het onderzoeksprogramma zijn PM10 en PM2,5 metingen uitgevoerd gelijkwaardig aan het protocol zoals beschreven in het rapport van Hofschreuder e.a. (2008). Dit meetprotocol schrijft per locatie, verspreid over het jaar, zes meetdagen van 24 uur voor. Daarmee houdt het meetprotocol rekening met periodieke variaties in fijnstofemissie, bijvoorbeeld variaties binnen een dag als gevolg van verschillen in dieractiviteit en variaties tussen dagen als gevolg van verschillen tussen seizoenen en variaties als gevolg van groei van dieren. Afhankelijk van het optreden van ronde-effecten dienen bij een aantal diercategorieën metingen verdeeld over de ronde uitgevoerd te worden. Het aantal locaties per stalsysteem dient volgens het voornoemde protocol vier te zijn. Om, gegeven de beschikbare middelen, een zo nauwkeurig mogelijke inschatting te maken van de emissiedeken in Nederland is in dit project hiervan voor een aantal stalsystemen afgeweken. Voor deze systemen is het aantal locaties teruggebracht van vier naar twee (Tabel 1).

Bij een aantal stalsystemen zijn tevens metingen uitgevoerd voor het bepalen van de emissie van totaalstof. Deze stalsystemen zijn eerder eveneens onderzocht in het EU-project Aerial Pollutants. De toen gevolgde meetmethode zoals beschreven in Takai e.a. (1998) en Groot Koerkamp e.a. (1996), wordt ook in dit programma toegepast. In Tabel 1 staat aangegeven voor welke categorieën dit geldt. Op deze wijze wordt het mogelijk de verhouding tussen totaalstof en PM10/PM2,5 op een directe wijze vast te stellen. Daardoor kunnen eerder gemeten emissies van totaalstof op basis van gemeten conversiefactoren worden omgerekend naar PM10 en PM2,5 emissies.

Naast fijnstof en totaalstof zijn ook metingen gedaan aan ammoniak, geur, methaan en lachgas volgens meetprotocollen beschreven door respectievelijk Ogink e.a. (2008), Ogink (2008), Groenestein e.a. (2007) en Mosquera en Groenestein (2008). Deze rapportages bevatten toelichting op en onderbouwing van de wijze waarop de meetprotocollen zijn ontworpen, evenals de beschrijving van het protocol. De protocollen zullen in de nabije toekomst nog als zelfstandige documenten worden gepubliceerd.

## **2.2 Beschrijving vleeskalkoenenstallen**

De belangrijkste kenmerken van de twee vleeskalkoenenstallen (afmeststallen voor hanen) in dit onderzoek worden weergegeven in Tabel 2. Foto-impressies van de twee vleeskalkoenenstallen worden weergegeven in bijlagen 1 en 2.

**Tabel 2a** Belangrijkste kenmerken vleeskalkoenenstal 1 in dit onderzoek

Kenmerk	Beschrijving
Omschrijving stal/afdeling	Vleeskalkoenen-hanenstal (afmeststal) met grondhuisvesting, voerpannen, drinkgoten en lengteventilatie
RAV code en emissiefactoren 2008	F Hoofdcategorie Kalkoenen F4 Diercategorie Vleeskalkoenen F4.100 Overige huisvestingssystemen Emissie NH <sub>3</sub> : 0,680 kg per dierplaats per jaar Emissie Geur: 1,55 OU <sub>E</sub> per seconde per dier Emissie PM10: 203 g per dierplaats per jaar
Afmetingen (l x b x h <sup>goot</sup> /h <sup>nok</sup> )	80 x 18,6 x 2,7/6,1 m
Staloppervlak en stalinhoud	Staloppervlak: 1488 m <sup>2</sup> , stalinhoud: 6547 m <sup>3</sup>
Aantal vleeskalkoenen bij opzet	5.000
Bezetting bij opzet	Ca. 3,4 hanen per vierkante meter
Dieren	Vleeskalkoenen-hanen van het ras BUT Big 6
Luchtinlaat	36 Inlaatventielen links, 32 rechts; 68 in totaal Afmetingen: 55 x 120 cm
Luchtuitleet	Lengteventilatie mechanisch, met 10 ventilatoren in de achtergevel
Max. ventilatiecapaciteit	4 regelbare ventilatoren (Ø 0,90 m) van elk max. 22.500 m <sup>3</sup> /uur en 8 aan/uit ventilatoren (Ø 1,30) van elk max. 45.000 m <sup>3</sup> /uur. Totaal geïnstalleerde maximale ventilatiecapaciteit: 450.000 m <sup>3</sup> /uur
Ventilatie-instellingen	Afhankelijk van staltemperatuur
Temperatuurinstellingen	Streef temperatuur: 20°C bij opzet (5 weken leeftijd), geleidelijk teruglopend naar 14 á 15°C in de laatste week (21,5 weken leeftijd)
Verwarming	2 Heteluchtkanonnen op propaan
Speciale klimaatvoorzieningen	Geen watervernevelingsinstallatie aanwezig
Voersysteem, voersoorten, hoeveelheden en voertijden	2 voerlijnen met 40 voerpannen (merk: Ska) elk; 80 voerpannen totaal. Gevoerd wordt Kalkoenenkorrel fase 3 t/m 7. Hoeveelheden: onbeperkt. Voertijden: gehele dag (22 uren per dag), behalve van 18:30 tot 20:30 wanneer de voerpannen leeg gegeten worden. Voeropname gemiddeld per week: 130 g per haan per dag bij opzet in week 1 (5 weken leeftijd) tot 630 á 640 g per haan per dag in week 16 (21 weken leeftijd)
Drinksysteem	2 Drinkgoten, één tegen beide zijgevels van de stal. Water wordt onbeperkt verstrekt, behalve van 07:00 tot 08:00 uur; dan zijn de drinkgoten leeg en worden ze schoongemaakt
Strooisel	Houtkrullen. Er wordt 53 m <sup>3</sup> ingestrooid en eenzelfde hoeveelheid bijgestrooid in de loop van de productieronde.
Lichtregime	De eerste 3-4 weken na opzet wordt er gefreesd 01:00-04:00 L; 04:00-07:00 D; 07:00-10:00 L; 10:00-13:00 D 13:00-16:00 L; 16:00-19:00 D; 19:00-22:00 L; 22:00-01:00 D
Productie	Opfokperiode: tot 5 weken leeftijd. Opzet in Vleeskalkoenen-hanenstal bij 5 weken leeftijd. In week 16 na opzet (21,5 weken leeftijd) worden de hanen afgeleverd op een gewicht van ongeveer 20,5 tot 21,0 kg. Vervolgens ±10 dagen legstand



**Tabel 2b** Belangrijkste kenmerken vleeskalkoenenstal 2 in dit onderzoek

Kenmerk	Beschrijving
Omschrijving stal/afdeling	Vleeskalkoenen-hanenstal met grondhuisvesting met voerpannen, drinkgoten en lengteventilatie
RAV code en emissiefactoren 2008	F Hoofdcategorie Kalkoenen F4 Diercategorie Vleeskalkoenen F4.100 Overige huisvestingssystemen Emissie NH <sub>3</sub> : 0,680 kg per dierplaats per jaar Emissie Geur: 1,55 OUE per seconde per dier Emissie PM10: 203 g per dierplaats per jaar
Afmetingen (l x b x h <sup>goot</sup> /h <sup>nok</sup> )	75 x 20 x 2,7/7,3 m
Staloppervlak en stalinhoud	Staloppervlak: 1500 m <sup>2</sup> , stalinhoud: 7500 m <sup>3</sup>
Aantal vleeskalkoenen bij opzet	4500
Bezetting bij opzet	Ca. 3,0 hanen per vierkante meter
Dieren	Vleeskalkoenen-hanen van het ras BUT Big 6
Luchtinlaat	72 Inlaatventielen (merk: Tulderhof) per zijwand; 144 in totaal
Luchtuitleet	Lengteventilatie mechanisch, met 15 ventilatoren in de achtergevel
Max. ventilatiecapaciteit	12 ventilatoren van elk max. 38.000 m <sup>3</sup> /uur, 1 ventilatoren van max. 20.000 m <sup>3</sup> /uur, 1 ventilatoren van max. 11.000 m <sup>3</sup> /uur en 1 ventilator van max. 5.000 m <sup>3</sup> /uur. Totaal geïnstalleerde maximale ventilatiecapaciteit: 492.000 m <sup>3</sup> /uur
Ventilatie-instellingen	Afhankelijk van staltemperatuur en relatieve luchtvochtigheid
Temperatuurinstellingen	Streef temperatuur: 23°C bij opzet (4 weken leeftijd), geleidelijk teruglopend naar 19°C (zomerperiode) of 16°C (winterperiode) in de laatste week (21 weken leeftijd)
Verwarming	1 heteluchtkanon op propaan
Speciale klimaatvoorzieningen	Watervernevelingsinstallatie aanwezig
Voersysteem, voersoorten, hoeveelheden en voertijden	2 voerlijnen met 54 voerpannen elk; 108 voerpannen totaal. Gevoerd wordt Kalkoenkorrel fase 3 t/m 6. Hoeveelheden: onbepaald tijdens de voertijden: 07:00-23:00 uur
Drinksysteem	3 Drinklijnen met Aquamax rondrinkers. Water wordt onbepaald verstrekt tijdens voertijden
Strooisel	Houtkrullen of stro. Er wordt bijgestrooid indien nodig of het strooisel wordt los geharkt
Lichtregime	16L:8D, licht aan van 07:00-23:00 uur
Productie	Opfokperiode: tot 4 weken leeftijd. Opzet in Vleeskalkoenen-hanenstal bij 4 weken leeftijd. In week 17 na opzet (21 weken leeftijd) worden de hanen afgeleverd op een gewicht van ongeveer 20,5 kg. Vervolgens ±2 weken leegstand

## 2.3 Metingen

In Tabel 3 worden de data van de metingen aangegeven en de leeftijd van de dieren op de meetdagen.

**Tabel 3** Data waarop metingen zijn uitgevoerd met dagnummer na opzet en de gemiddelde 24-uurs klimaatgegevens: gemiddelde buitentemperatuur (T-buiten; [°C]) en gemiddelde relatieve luchtvochtigheid buiten (RV-buiten; [%]) volgens het dichtstbijzijnde weerstation, gemiddelde staltemperatuur (T-stal; [°C]), gemiddelde relatieve luchtvochtigheid in de stal (RV-stal; [%])

Bedrijf		Meting					
		1	2	3	4	5	6
1	Datum	22-04-08	28-05-08	03-09-08	03-11-08	05-01-09	11-02-09
	Dagnr.	54	90	64	125	61	98
	T-buiten	13,0	19,4	13,8	7,9	-2,3	1,9
	RV-buiten	62	72	86	96	89	88
	T-stal	*)	*)	20,1	*)	16,1	*)
	RV-stal	*)	*)	73,4	*)	77,1	*)
2	Datum	03-10-07	14-11-07	04-03-08	30-06-08	13-08-08	14-01-09
	Dagnr.	69	111	91	74	118	133
	T-buiten	14,7	3,0	2,9	17,4	18,7	3,4
	RV-buiten	96	85	81	72	87	97
	T-stal	21,6	15,6	17,0	23,6	21,1	*)
	RV-stal	86,3	64,1	67,0	65,3	66,4	*)

\*) Ontbrekende of onbruikbare data (technische storingen, etc.)

### 2.3.1 Stofmetingen

De volgende stofmonsters zijn genomen tijdens meetdagen van 24 uur:

- Duplo 24-uurs monsters van deeltjes kleiner dan 10 µm (PM10) van de uitgaande stallucht en enkelvoudige 24-uurs monsters van PM10 van de ingaande stallucht;
- Duplo 24-uurs monsters van deeltjes kleiner dan 2,5 µm (PM2,5) van de uitgaande stallucht en enkelvoudige 24-uurs monsters van PM2,5 van de ingaande stallucht;
- Minuutmonsters van deeltjes kleiner dan 10 µm (PM10) van de uitgaande stallucht;



**Figuur 1** Monsterrapparaat voor PM10 en PM2,5. Linksboven: de 'constant flow' monsternamepomp. Rechtsboven: de DustTrak model 8520 voor optische en continue metingen van het verloop in PM10 concentratie. Linksonder (van links naar rechts): inlaat, PM10 cycloon, PM2,5 cycloon en filterhouder. Rechtsonder (van links naar rechts): de constructie van de inlaat

Figuur 1 laat de monstername-apparaatuur zien voor PM10 en PM2,5. De apparaatuur voor gravimetrische meting is gebaseerd op de standaard referentie monsternamekoppen voor bepaling van PM10 en PM2,5 concentraties in de buitenlucht (NEN-EN 12341, 1998; NEN-EN 14907, 2005). Het verschil tussen de gebruikte apparaatuur en deze standaard apparaatuur voor de buitenlucht is dat de impactor voorafscheider is vervangen door een cycloon voorafscheider. Dit vanwege het gevaar van overbelading van de impactieplaat, vooral bij bemonstering van PM2,5 (Zhao e.a., 2009).

PM10 en PM2,5 werd verzameld op een filter, nadat de grotere stofdeeltjes waren afgescheiden met behulp van een PM10 of PM2,5 cycloon (URG corp., Chapel Hill, VS). Het stof werd verzameld op glasvezelfilters met een diameter van 47 mm (type MN GF-3, Macherey-Nagel GmbH & Co., Düren, Duitsland). De filters werden voor en na de stofmonstername gewogen onder standaard condities: temperatuur  $20\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$  en  $50\% \pm 5\%$  relatieve luchtvochtigheid. Deze voorwaarden staan beschreven in NEN-EN 14907 (2005). Het verschil in gewicht voor en na de metingen werd gebruikt om de hoeveelheid verzameld stof te bepalen. Lucht werd door inlaat, cycloon en filter gezogen met monsternamepompen van het type Charlie HV (roterend,  $6\text{ m}^3/\text{uur}$ , Ravebo Supply BV, Brielle). Deze 'constant flow' pompen regelen het debiet automatisch op basis van de gemeten temperatuur bij de monsternamekop (inlaat). Het debiet van deze pompen blijft ook constant bij toename van de drukval over het filter. Hierdoor werd een stabiele luchtstroom verkregen binnen 2% van de nominale waarde. De pompen werden geprogrammeerd op een flow van  $1,0\text{ m}^3/\text{uur}$  en op een start- en eindtijd van de monsternameperiode. De werkelijke hoeveelheid lucht die bij de monsternamepunten werd

aangezogen werd met een gasmeter gemeten (gecorrigeerd naar de temperatuur bij de monsternamepunten).

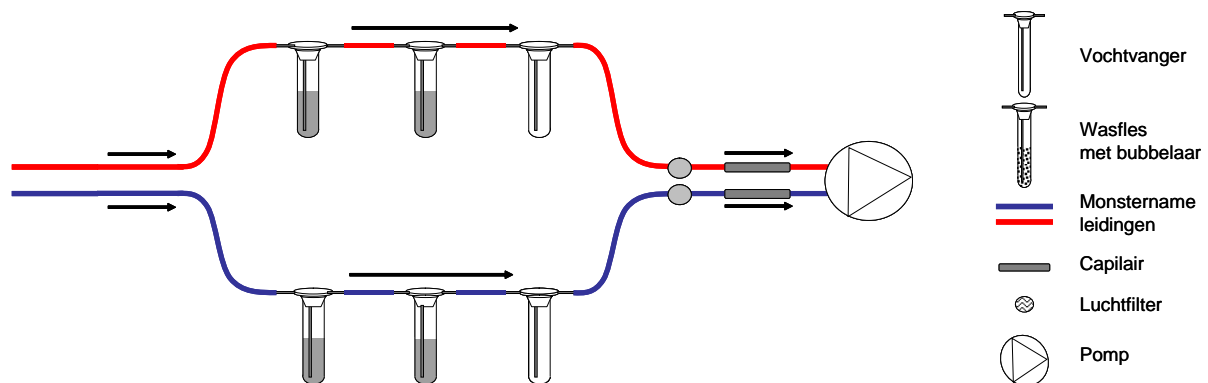
Voor een uitvoerige beschrijving van het stofmeetprotocol, de achtergronden en de stofmeetapparatuur wordt verwezen naar Hofschreuder e.a. (2008). In voornoemd rapport staan tevens correctielijnen vermeld voor omrekening van de concentraties gevonden met cycloon monsternamekoppen naar impactor monsternamekoppen. De volgende correcties zijn uitgevoerd:

PM10: < 222,6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ :  $Y = 1,0877 X$   
 > 222,6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ :  $Y = 0,8304 X + 57,492$   
 PM2,5: geen correctie

Op de meetdagen werd tevens elke seconde de PM10 concentratie ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) gemeten in de uitgaande stallucht met behulp van de DustTrak (Figuur 1, DustTrak TM Aerosol Monitor, model 8520, TSI Incorporated, Shoreview, USA). Minuutgemiddelde PM10 concentraties werden gelogd. Deze metingen werden verricht om het verloop van de stofconcentratie gedurende de dag te bepalen.

### 2.3.2 Ammoniakmetingen

De ammoniakconcentratie werd volgens de natchemische meetmethode voor  $\text{NH}_3$  (Wintjes, 1993) gemeten. Bij deze meetmethode wordt de lucht via een monsternameleiding met een constante luchtstroom ( $\sim 1,0$  l/min) aangezogen met behulp van een pomp (Thomas Industries Inc., model 607CD32, Wabasha, Minnesota, VS) en een kritische capillair die een luchtstroom geeft van  $\sim 1,0$  l/min. Alle lucht wordt door een impinger (geplaatst in een wasfles met 100 ml salpeterzuur) geleid, waarbij de  $\text{NH}_3$  wordt opgevangen. Om rekening te houden met eventuele doorslag wordt een tweede fles in serie geplaatst. Om doorslag naar de pomp te voorkomen wordt de lucht na de impingers met zuur door een vochtvanger (impinger zonder vloeistof) geleid. De metingen werden per meetplek in duplo uitgevoerd (Figuur 2). De molariteit van de zure oplossing in de wasflessen is afhankelijk van het aanbod van  $\text{NH}_3$  dat moet worden gebonden; voor deze stallen was deze 0,05 M. Na de bemonsteringstijd (24 uur) wordt de concentratie gebonden  $\text{NH}_3$  spectrofotometrisch bepaald. Voor en na de meting werd de exacte luchtstroom bepaald met behulp van een flowmeter (Defender 510-m, Bios Int. Corp, USA). Door de bemonsteringsduur, de bemonsteringsflow, het  $\text{NH}_4^+$  gehalte en de hoeveelheid opvangvloeistof te verrekenen kan de  $\text{NH}_3$ -concentratie in de bemonsterde lucht worden bepaald. Zowel de ingaande als uitgaande stallucht werd in duplo bemonsterd.



**Figuur 2** Meetopstelling natchemisch methode voor ammoniakemissiemetingen

### 2.3.3 Geurmetingen

Geurmonsters werden genomen tussen 10:00 en 12:00 uur. De bemonstering werd uitgevoerd volgens de zogenaamde longmethode (Ogink en Mol, 2002). Een 40 liter Nalophan geurmonsterzak werd driemaal gespeld met geurloze lucht en in een gesloten vat geplaatst. Door lucht uit het vat met behulp van een pomp (Thomas Industries Inc., model 607CD32, Wabasha, Minnesota, VS) via een teflon slang te zuigen ( $0,4$  l/min), ontstaat in het vat onderdruk en wordt door een stoffilter (type #1130, diameter: 50 mm, 1-2  $\mu\text{m}$ , Savillex<sup>®</sup> Corp., Minnetonka, VS) stallucht aangezogen in de zak. Om condensvorming te voorkomen werd verwarmingslint langs de monsternameleiding aangebracht.

Het monster werd direct na bemonstering naar het geurlaboratorium van de Animal Sciences Group vervoerd om binnen 30 uur te worden geanalyseerd. De geuranalyses werden uitgevoerd door het geurlaboratorium van de Animal Sciences Group volgens de Europese norm EN 13725 (CEN, 2003). Het geurlaboratorium van Animal Sciences Group is onder nummer L313 geaccrediteerd door de Raad voor Accreditatie te Utrecht voor het uitvoeren van geuranalyses. Aan de geuranalyses wordt deelgenomen door een groep van vier tot zes panelleden in wisselende samenstelling. De gevoeligheid van de panelleden wordt voor de metingen getest met butanol. De geurconcentraties en –emissies worden vermeld in respectievelijk  $OU_E/m^3$  en  $OU_E/s$ . De eenheid ‘ $OU_E$ ’ staat hierbij voor ‘European Odour Units’. Deze aan de EN 13725 ontleende terminologie sluit aan bij de internationale literatuur op dit vakgebied. Gedurende twee van de zes meetdagen is tevens van de ingaande stallucht de geurconcentratie bepaald op dezelfde manier als de uitgaande stallucht.

#### 2.3.4 Broeikasgasmetingen

De bepaling van de  $CH_4$ -,  $N_2O$ - en  $CO_2$ -concentraties in de uitgaande stallucht werd op dezelfde wijze gedaan als voor een geurmonster (zie de longmethode hierboven beschreven). De monsterzak werd in 24 uur gevuld via discontinue bemonstering. Met behulp van een tijd klok werd elk uur gedurende vijf minuten een vaste luchtstroom aangezogen van 0,4 l/min, gedurende 55 minuten werd er niet bemonsterd. Op deze wijze werd een tijdsgemiddeld monster verkregen. Het gehalte aan broeikasgassen in het monster werd bepaald met een gaschromatograaf (Interscience/Carbo Erba Instruments, GC 8000 Top; kolom: Molsieve 5A ( $CH_4$ ,  $CO_2$ ), Haysep Q ( $N_2O$ ); detector:  $CH_4$ : FID,  $N_2O$ : ECD,  $CO_2$ : HWD).

#### 2.3.5 Ventilatie-debiet

Het ventilatie-debiet is bepaald met behulp van de  $CO_2$ -massabalansmethode. Bij deze methode wordt de gemiddelde  $CO_2$ -concentratie van de in- en uitgaande stallucht (respectievelijk  $[CO_2]_{stal}$  en  $[CO_2]_{buiten}$ ; ppm) gedurende 24 uur gemeten en de  $CO_2$ -productie van de dieren ( $m^3$ /uur per dier) in de stal berekend aan de hand van CIGR rekenregels (CIGR, 2002; Pedersen e.a., 2008). Door de  $CO_2$ -productie per dier te vermenigvuldigen met het aantal aanwezige dieren ( $n$ ) in de stal kan de totale  $CO_2$ -productie worden berekend. Het ventilatie-debiet  $V$  ( $m^3$ /uur) wordt dan bepaald op basis van:

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

#### 2.3.6 Metingen temperatuur en RV

Temperatuur ( $^{\circ}C$ ) en relatieve luchtvochtigheid (%) van de ingaande en uitgaande stallucht werden continu gemeten met behulp van temperatuur- en vochtsensoren (Rotronic; ROTRONIC Instrument Corp., Huntington, VS), met een nauwkeurigheid van respectievelijk  $\pm 1,0^{\circ}C$  en  $\pm 2\%$ , en de data werden opgeslagen in een datalogsysteem (typen: CR10, CR10X, CR23 en CR23X, Campbell Scientific Inc., Logan, VS).

### 2.4 Verwerking gegevens

Voor alle bedrijven ( $j=1, 2$ ) werden per meetdag ( $i=1, 2, \dots, 6$ ) de emissies van fijnstof, ammoniak, methaan en lachgas ( $E_{ij}$ ) bepaald op basis van het gemiddeld ventilatie-debiet ( $V_{ij}$ ) en de gemiddelde concentraties van de uitgaande lucht ( $C_{uit_{ij}}$ ) en de ingaande lucht ( $C_{in_{ij}}$ ):

$$E_{ij} = V_{ij} \times (C_{uit_{ij}} - C_{in_{ij}})$$

Voor alle bedrijven ( $j=1, 2$ ) werden per meetdag ( $i=1, 2, \dots, 6$ ) de emissies van geur ( $E_{ij}$  bepaald op basis van het gemiddeld ventilatiedebiet over de meetperiode ( $V_{ij}$ ) en de gemiddelde concentraties van de uitgaande lucht ( $C_{uit,ij}$ ):

$$E_{ij} = V_{ij} \times C_{uit,ij}$$

Deze gemiddelde dagemissies werden, behalve voor geur, vervolgens vermenigvuldigd met 365 dagen om de jaaremmissies (niet gecorrigeerd voor leegstand) te berekenen. Voor geur werd de emissie uitgedrukt in  $OU_E/s$ . Hiervan werd vervolgens de natuurlijke logaritme genomen, waar verder mee werd gerekend. Op basis van de dag in de productiecycclus waarop de emissies werden gemeten, werden deze emissies ingedeeld in tien perioden van twee weken ( $k=1, 2, \dots, 10$ ) binnen een productiecycclus van 20 weken. Per periode werd daarna een gemiddelde emissie berekend ( $E_k$ ). In de eerste twee à drie perioden zijn geen metingen gedaan, aangezien de kalkoenen toen nog in de opfokstal zaten. De emissie tijdens deze periode is ingeschat via lineaire extrapolatie. De emissie ( $E$ ) op jaarbasis voor hanen per dierplaats werd vervolgens bepaald als de gemiddelde emissie over de tien tweeweekse perioden:

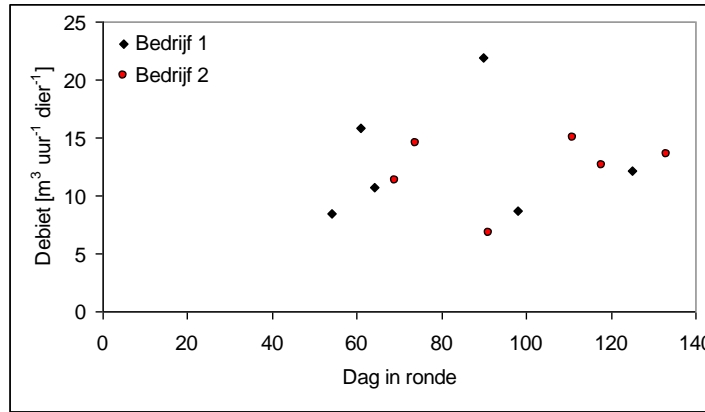
$$E = \overline{E_k}$$

Aangezien alleen gemeten is in afmeststallen met hanen moest een schatting worden gemaakt van de bijdrage van de hennen op de totale emissie. Aangenomen is dat de productie van hanen en hennen vergelijkbaar is, alleen is de productiecycclus wat korter: hanen hebben een productiecycclus van 20 weken, hennen van 16 weken. De emissie van de hennen is daardoor gelijk gesteld aan de emissie van de hanen gedurende de eerste 16 weken van de productiecycclus. Voor het bepalen van de uiteindelijke emissie werd vervolgens het gemiddelde genomen van de emissie van de hanen en de hennen.

### 3 Resultaten

#### 3.1 Ventilatie-debiet

In Figuur 3 wordt het ventilatie-debiet op de verschillende meetdagen voor de twee vleeskalkoenenstallen weergegeven.

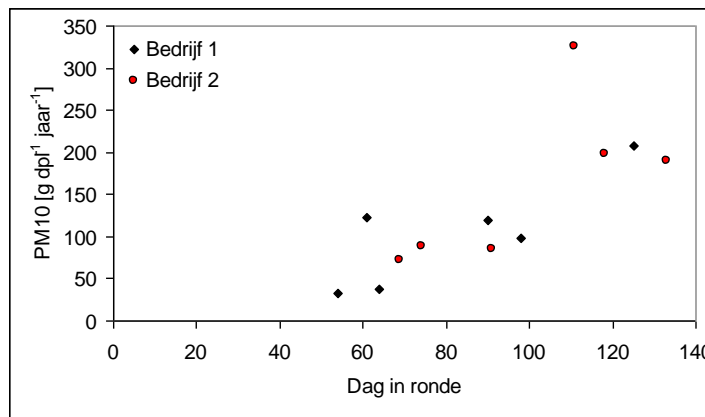


**Figuur 3** Gemiddeld ventilatie-debiet op de verschillende meetdagen voor de twee vleeskalkoenenstallen

Uit deze figuur blijkt dat de ventilatie-debieten vrij wisselend zijn geweest door de productieronde heen. De dieren zijn na 4 à 5 weken (leeftijd) in de stal gekomen. Gedurende deze opfokperiode zijn geen metingen gedaan.

#### 3.2 PM10 emissie

In Figuur 4 wordt de PM10 emissie op de verschillende meetdagen voor de twee vleeskalkoenenstallen weergegeven.

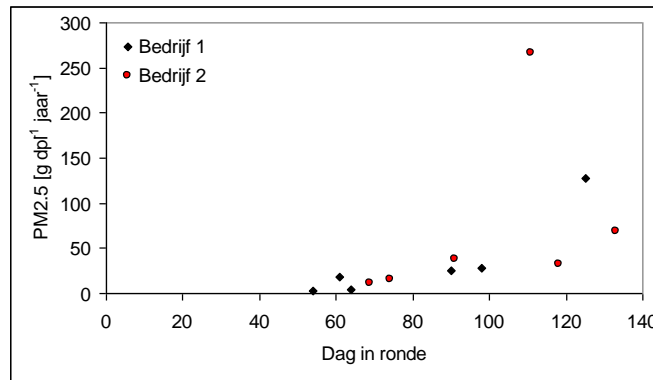


**Figuur 4** Gemiddelde PM10 emissie op de verschillende meetdagen voor de twee vleeskalkoenenstallen

Uit deze figuur blijkt dat de PM10 emissie toenam met de leeftijd van de dieren. De PM10 emissies van de twee bedrijven gaven samen een zeer consistent beeld. Eén punt lijkt afwijkend hoog te zijn, maar aangezien de duplo metingen een consistent beeld lieten zien en de PM2,5 emissie ook hoog was kon dit niet terug gevoerd worden op een foute meting. Op basis van deze gegevens werd een jaaremisse berekend voor PM10 per dierplaats (hanen en hennen) van 95,1 g/jaar (niet gecorrigeerd voor leegstand). De dieren zijn na vier à vijf weken in de stal gekomen. Gedurende deze opfokperiode zijn geen metingen gedaan. Zie paragraaf 2.4 voor de berekeningsmethode van de jaaremisse.

### 3.3 PM2,5 emissie

In Figuur 5 wordt de PM2,5 emissie op de verschillende meetdagen voor de twee vleeskalkoenenstallen weergegeven.



**Figuur 5** Gemiddelde PM2,5 emissie op de verschillende meetdagen voor de twee vleeskalkoenenstallen

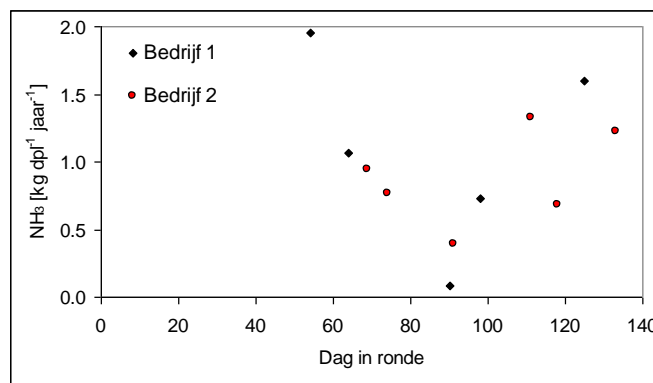
Uit deze figuur blijkt dat de PM2,5 emissie toenam met de leeftijd van de dieren. Eén punt lijkt afwijkend hoog te zijn, maar aangezien de duplo metingen een consistent beeld lieten zien en de PM10 emissie ook hoog was kon dit niet terug gevoerd worden op een foute meting. Op basis van deze gegevens werd een jaaremisse berekend voor PM2,5 per dierplaats van 44,6 g/jaar (niet gecorrigeerd voor leegstand). De dieren zijn na vier à vijf weken (leeftijd) in de stal gekomen. Gedurende deze opfokperiode zijn geen metingen gedaan. Zie paragraaf 2.4 voor de berekeningsmethode van de jaaremisse.

### 3.4 Totaalstofemissie

Voor vleeskalkoenen is geen totaalstof gemeten.

### 3.5 Ammoniakemissie

In Figuur 6 wordt de ammoniakemissie op de verschillende meetdagen voor de twee vleeskalkoenenstallen weergegeven.



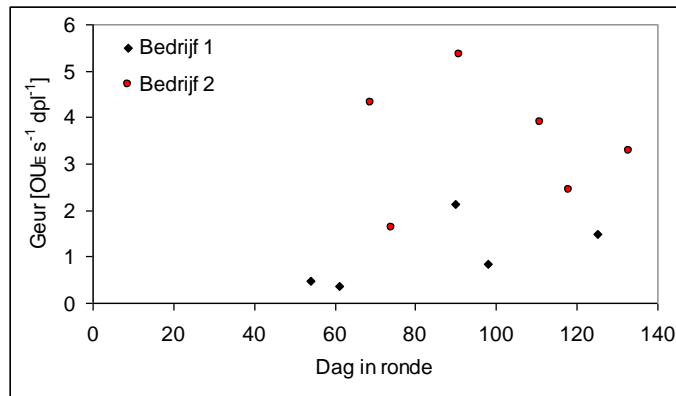
**Figuur 6** Gemiddelde ammoniakemissie op de verschillende meetdagen voor de twee vleeskalkoenenstallen

Uit deze figuur blijkt dat de ammoniakemissie binnen een bedrijf sterk varieerde. Die spreiding in ammoniakemissie lijkt groter bij bedrijf 1. Op basis van deze gegevens werd een jaaremisse berekend voor ammoniak per dierplaats van 1040 g/jaar (niet gecorrigeerd voor leegstand). De dieren zijn na vier à vijf weken (leeftijd) in de stal gekomen. Gedurende deze opfokperiode zijn geen metingen gedaan. Zie paragraaf 2.4 voor de berekeningsmethode van de jaaremisse.



### 3.6 Geuremissie

In Figuur 7 wordt de geuremissie op de verschillende meetdagen voor de twee vleeskalkoenenstallen weergegeven.

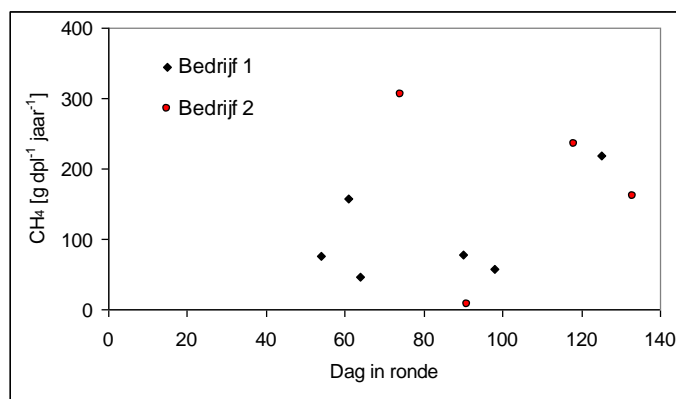


**Figuur 7** Gemiddelde geuremissie op de verschillende meetdagen voor de twee vleeskalkoenenstallen

Uit deze figuur blijkt dat de geuremissie toeneemt met de leeftijd van de dieren. Deze trend is zichtbaar bij vijf waarnemingen van bedrijf 1 en drie waarnemingen van bedrijf 2, terwijl de drie overige waarnemingen van bedrijf 2 op een hoger niveau liggen. De geuremissies van bedrijf 2 lijken structureel hoger dan die van bedrijf 1. Op basis van deze gegevens werd een gemiddelde geuremissie op jaarbasis berekend per dierplaats van  $0,85 \text{ OU}_E/\text{s}$ . De dieren zijn na vier à vijf weken (leeftijd) in de stal gekomen. Gedurende deze opfokperiode zijn geen metingen gedaan. Zie paragraaf 2.4 voor de berekeningsmethode van de gemiddelde emissie.

### 3.7 Methaanemissie

In Figuur 8 wordt de methaanemissie op de verschillende meetdagen voor de twee vleeskalkoenenstallen weergegeven.

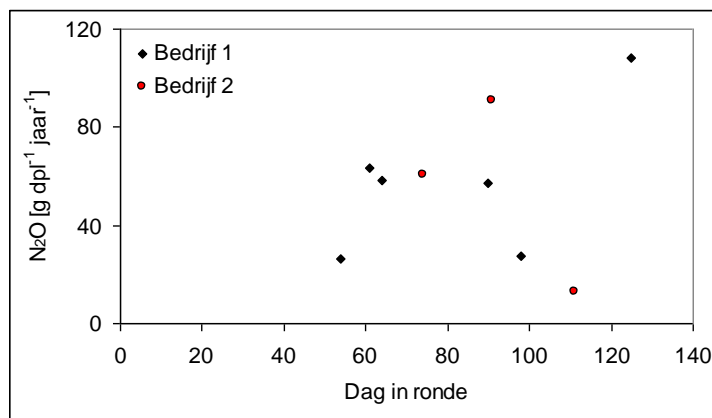


**Figuur 8** Gemiddelde methaanemissie op de verschillende meetdagen voor de twee vleeskalkoenenstallen

Uit deze figuur blijkt dat de methaanemissie geen duidelijke trend volgt met de leeftijd van de dieren over de verschillende rondes heen. Op basis van deze gegevens werd een gemiddelde emissie berekend voor methaan per dierplaats van  $103 \text{ g/jaar}$  (niet gecorrigeerd voor leegstand). De dieren zijn na vier à vijf weken (leeftijd) in de stal gekomen. Gedurende deze opfokperiode zijn geen metingen gedaan. Zie paragraaf 2.4 voor de berekeningsmethode van de jaaremmissie.

### 3.8 Lachgasemissie

In Figuur 9 wordt de lachgasemissie op de verschillende meetdagen voor de twee vleeskalkoenenstallen weergegeven.



**Figuur 9** Gemiddelde lachgasemissie op de verschillende meetdagen voor de twee vleeskalkoenenstallen

Uit deze figuur blijkt dat de lachgasemissie geen duidelijke trend volgt met de leeftijd van de dieren over de verschillende rondes heen. Op basis van deze gegevens werd een gemiddelde emissie berekend voor lachgas per dierplaats van 36,2 g/jaar (niet gecorrigeerd voor leegstand). De dieren zijn na vier à vijf weken (leeftijd) in de stal gekomen. Gedurende deze opfokperiode zijn geen metingen gedaan. Zie paragraaf 2.4 voor de berekeningsmethode van de jaaremmissie.

## 4 Discussie

In het hoofdstuk resultaten zijn de verschillende emissies op jaarbasis berekend zonder correctie voor leegstand. Volgens de meetprotocollen dienen bij de berekening van de emissiefactoren voor vleeskalkoenen in het geval van stof, methaan, lachgas en ammoniak een gemiddelde correctie voor leegstand van 0,9 (10% leegstand) te worden toegepast. In Tabel 4 worden de in dit onderzoek gemeten, voor leegstand gecorrigeerde, emissiecijfers weergegeven. Ter vergelijking zijn voor stof de emissiefactoren opgenomen die zijn gebaseerd op de eerdere totaalstofmetingen van Groot Koerkamp e.a., (1996) en die zijn omgewerkt naar PM10 en PM2,5 door Chardon en van der Hoek (2002). In Tabel 4 staan deze opgenomen in de kolom gehanteerde emissiefactoren. Deze waarden worden sinds 2008 gehanteerd in de Regeling beoordeling luchtkwaliteit 2007 (Rbl 2007). Voor ammoniak en geur kunnen de metingen vergeleken worden met de corresponderende waarden in de Regeling ammoniak en veehouderij (Rav) en de Regeling geur en veehouderij (Rgv).

**Tabel 4** Emissies van PM10, PM2,5, ammoniak, geur, methaan en lachgas, uitgedrukt per dierplaats; onderscheiden naar meetwaarden met en zonder leegstandcorrectie voor zover vereist volgens meetprotocol; eerdere Rbl 2007-, Rav- en Rgv-waarden (zie tekst)

Emissie	Waarde huidige metingen (niet gecorr. voor leegstand)	Waarde huidige metingen (gecorrigeerd voor leegstand)	Gehanteerde emissiefactoren
PM10 (g/jaar per dierplaats)	95,1 ± 31,1	85,5 ± 28,0 <sup>1)</sup>	203 <sup>2)</sup>
PM2,5 (g/jaar per dierplaats)	44,6 ± 17,2	40,2 ± 15,5 <sup>1)</sup>	36 <sup>3)</sup>
Ammoniak (g/jaar per dierplaats)	1035 ± 313	932 ± 282 <sup>1)</sup>	680
Geur (OU <sub>E</sub> /s per dierplaats)	1,05 ± 0,68	1,05 ± 0,68	1,55
Methaan (g/jaar per dierplaats)	102,5 ± 29,9	92,2 ± 26,9 <sup>1)</sup>	-
Lachgas (g/jaar per dierplaats)	36,2 ± 4,7	32,6 ± 4,2 <sup>1)</sup>	-

<sup>1)</sup> Gecorrigeerd voor leegstand van 10%

<sup>2)</sup> Gehanteerde emissiefactor sinds 2008

<sup>3)</sup> Berekend als  $(0,08/0,45 * \text{gehanteerde emissie PM10; Chardon en Van der Hoek, 2002})$

Uit Tabel 4 kan opgemaakt worden dat de huidige metingen een beduidend lagere PM10 emissiecijfer laat zien dan de tot nu toe gehanteerde waarde. Opvallend is de relatief hoge emissiewaarde voor PM2,5. Door Chardon en Van der Hoek (2002) werd een conversiefactor tussen PM10 en PM2,5 gehanteerd van 0,08/0,45 ofwel ca. 18%. In dit onderzoek was het aandeel PM2,5 stof ca. 47% van het PM10 stof. De lagere waarde voor PM10 zou verklaard kunnen worden uit het feit dat de emissie van vleeskalkoenen is geëxtrapoleerd uit die van vleeskuikens. Voor vleeskuikens was de eerder gehanteerde PM10 emissiefactor ook beduidend hoger dan de gemeten waarde in dit project (Winkel e.a., 2009).

De berekende ammoniakemissie op basis van de huidige metingen (932 g/dierplaats per jaar) is beduidend hoger dan de huidige emissiefactor voor ammoniak (680 g/dierplaats per jaar). Voor geur ligt het gemiddelde van de huidige metingen (1,05 OU<sub>E</sub>/dierplaats per s) juist beduidend lager dan de huidige emissiefactor (1,55 OU<sub>E</sub>/dierplaats per s).

Het is moeilijk om de bedrijven die in het onderzoek hebben meegedaan met elkaar te vergelijken ten aanzien van emissies. Dit is vooral moeilijk omdat zes metingen van één bedrijf onvoldoende zijn om het bedrijf voldoende nauwkeurig te karakteriseren ten aanzien van emissies. Het meetprotocol is dusdanig opgezet dat alle metingen van alle bedrijven nodig zijn om een voldoende nauwkeurige emissiefactor vast te stellen. Zes metingen op één bedrijf is onvoldoende om voor dat bedrijf alleen een emissiefactor vast te stellen. Deze zes metingen kunnen voor één bedrijf net gunstig uitvallen, bijvoorbeeld door minder waarnemingen gedurende de laatste weken van de productieperiode (wanneer de emissies hoog zijn), minder waarnemingen in perioden met hoge luchtvochtigheid (wanneer het strooisel vochtiger en de stofconcentraties lager zijn) of juist ongunstig uitvallen. Het heeft daarom niet veel zin om te proberen te verklaren waarom één bedrijf een hogere of juist een lagere emissie heeft dan een ander bedrijf. Dit afgezien van het feit dat er zoveel factoren verschillend zijn dat het zeer moeilijk is om een duidelijke oorzaak aan te wijzen.

In dit onderzoek is vooral gemeten in de tweede helft van de groeiperiode van de hanen. Voor fijn stof is dit een goede keuze aangezien gedurende deze periode de emissie en de variatie in emissie het hoogst is. Voor de andere emissies ligt dit wat minder duidelijk en kan er door de extrapolatie naar dag 0 een grotere fout worden gemaakt. Voor het bepalen van een emissiefactor zijn we er van uitgegaan dat hennen een vergelijkbare emissie hebben als hanen gedurende de eerste 16 weken van de productiecyclus. Aanvullende metingen kunnen uitwijzen of deze aanname terecht is geweest. Volgens het meetprotocol moeten vier bedrijven worden bemeten. Voor vleeskalkoenen is hiervan afgeweken en zijn twee stallen bemeten. Door voorgaande drie aspecten is er ingeboet op de nauwkeurigheid van de verkregen emissiecijfers. Voor PM10 en PM2,5 ligt één emissiewaarde beduidend hoger dan de andere waarden. Dit is geen meetfout geweest. Of het al dan niet een waarde is die valt binnen de normale variatie op een bedrijf is met het aantal van zes waarnemingen moeilijk aan te geven.

De metingen zijn vrij goed verspreid over het jaar genomen met een gemiddeld dagnummer in het jaar van 162. De gemiddelde temperatuur op de dagen waarop is gemeten (9,5 °C) komt goed overeen met het langjarige gemiddelde in Nederland (9,8 °C). De set van metingen is dus bij representatieve temperatuursomstandigheden verricht.

## 5 Conclusies

Op basis van dit onderzoek in twee vleeskalkoenenstallen zijn de volgende jaaremissies bepaald, waarbij is gerekend met 10% leegstand voor de stof-, methaan-, lachgas- en ammoniakemissies (berekende emissiefactor  $\pm$  de standaarddeviatie tussen bedrijven):

- PM10 emissie:  $85,5 \pm 28,0$  g/dierplaats per jaar
- PM2,5 emissie:  $40,2 \pm 15,5$  g/dierplaats per jaar
- Ammoniakemissie:  $932 \pm 282$  g/dierplaats per jaar
- Geuremissie:  $1,05 \pm 0,68$  OUE/dierplaats per s (niet gecorrigeerd voor leegstand)
- Methaanemissie:  $92,2 \pm 26,9$  g/dierplaats per jaar
- Lachgasemissie:  $32,6 \pm 4,2$  g/dierplaats per jaar

De volgende conclusies kunnen worden getrokken ten aanzien van de stofemissie:

- de emissie van PM10 is beduidend lager dan de eerder gehanteerde emissiefactor voor PM10 (203 g/dierplaats per jaar);
- de emissie van PM2,5 is vergelijkbaar met de eerder gehanteerde waarde voor PM2,5 (36 g/dierplaats per jaar).

## Literatuur

- CEN standard 13725. 2003. Air quality - determination of odour concentration by dynamic olfactometry. European Committee for Standardization, Brussels, Belgium.
- Chardon, W. J. en K. W. Van der Hoek. 2002. Berekeningsmethode voor de emissie van fijn stof vanuit de landbouw. p 35. Alterra / RIVM, Wageningen.
- CIGR, 2002. 4th Report of Working Group on Climatization of animal houses. Heat and moisture production at animal and house levels (eds. Pedersen, S. and K. Sällvik).
- Groot Koerkamp, P. W. G., G. H. Uenk en H. Drost. 1996. De uitstoot van respirabelstof door de Nederlandse veehouderij. Rapport 96-10, Instituut voor Milieu- en Agritechniek.
- Groenestein, C.M., J. Mosquera, N.W.M. Ogink en J.M.G. Hol. 2007 Meetprotocol voor het bepalen van een emissiefactor voor methaan uit stalsystemen. Intern rapport, Animal Sciences Group, Wageningen.
- Hofschreuder, P., Y. Zhao, A.J.A. Aarnink and N.W.M. Ogink. 2008. Measurement protocol for emissions of fine dust from animal housings. Considerations, draft protocol and validation. Report 134, Animal Sciences Group, Lelystad.
- Mosquera, J. en C.M. Groenestein. 2008. Bouwstenen voor een meetprotocol voor het bepalen van een emissiefactor voor lachgas uit stalsystemen. Intern rapport, Animal Sciences Group, Wageningen.
- NEN-EN 12341. 1998. Luchtkwaliteit - bepaling van de pm10 fractie van zwevend stof - referentiemethode en veldonderzoek om de referentiegelijkwaardigheid aan te tonen van meetmethoden. Nederlands Normalisatie-instituut, Delft.
- NEN-EN 14907. 2005. Ambient air quality - standard gravimetric measurement method for the determination of the pm2,5 mass fraction of suspended particulate matter. Nederlands Normalisatie-instituut, Delft.
- Ogink, N.W.M. 2008. Protocol voor het meten van de geuremissie uit stalsystemen in de veehouderij. Intern rapport, Animal Sciences Group, Wageningen.
- Ogink, N.W.M., J.M.G. Hol, J. Mosquera en H.M. Vermeer. 2008. Bouwstenen voor een nieuw meetprotocol ammoniak emissiemetingen voor huisvestingssystemen in de veehouderij. Intern rapport, Animal Sciences Group, Wageningen.
- Ogink, N.W.M., G. Mol. 2002. Uitwerking van een protocol voor het meten van de geuremissie uit stallocaties en stalsystemen in de veehouderij. IMAG nota P 2002-57, 31 pp.
- Pedersen, S., V. Blanes-Vidal, H. Joergensen, A. Chwalibog, A. Haeussermann, M.J.W. Heetkamp and 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.
- Takai, H., S. Pedersen, J.O. Johnsen, J.H.M. Metz, P.W.G. Groot Koerkamp, G.H. Uenk, V.R. Phillips, M.R. Holden, R.W. Sneath, J.L. Short, R.P. White, J. Hartung, J. Seedorf, M. Schroeder, K.H. Linkert, C.M. Wathes. 1998. Concentrations and emissions of airborne dust in livestock buildings in northern europe. J. agric. Engng Res. 70: 59-77.
- Winkel, A., J. Mosquera R.K. Kwikkel, F.A. Gerrits, N.W.M. Ogink en A.J.A. Aarnink. 2009. Fijnstofemissie uit stallen: vleeskuikens. Rapport 275, Wageningen UR Livestock Research, Lelystad (in concept).
- Wintjens, Y. 1993. Gaswasfles. In Meetmethoden NH<sub>3</sub>-emissie uit stallen. Onderzoek inzake de mest- en ammoniak- problematiek in de veehouderij 16 (eds. E.N.J. van Ouwkerk), pp. 38-40. DLO, Wageningen.
- Zhao, Y., A.J.A. Aarnink, P. Hofschreuder, and P.W.G. Groot Koerkamp. 2009. Validation of cyclone as a pre-separator for airborne dust sampling in animal houses. Journal of Aerosol Science, Vol. 40, Issue 10, October 2009, pp. 868-878.

## Bijlagen

### Bijlage 1 Foto's vleeskalkoenenstal 1



Buitenzijde vleeskalkoenen-hanenstal



Buitenzijde luchtuitlaat; ventilatoren in de achtergevel



Meting van de ingaande lucht



Meetpositie van de uitgaande lucht



Ventilatoren in de kopgevel



Inlaatventielen en voerpannen



Overzichtsfoto binnenzijde vleeskalkoenen-hanenstal



Overzichtsfoto binnenzijde vleeskalkoenen-hanenstal



**Bijlage 2 Foto's vleeskalkoenenstal 2**



Meting van de ingaande lucht



Luchtinlaat buitenzijde



Overzichtsfoto binnenzijde stal, bij leegstand



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)