

Wageningen UR Livestock Research

Partner in livestock innovations



Rapport 280

Fijnstofemissie uit stallen: leghennen in stallen met een droogtunnel

Maart 2011 (herziene versie mei 2013)



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
Internet <http://www.livestockresearch.wur.nl>

Redactie

Communication Services

Copyright

© Wageningen UR Livestock Research, onderdeel
van Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek,
2013

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

Aansprakelijkheid

Wageningen UR Livestock Research (formeel ASG
Veehouderij BV) 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, formeel 'ASG
Veehouderij BV', vormt samen met het Centraal
Veterinair Instituut en het Departement
Dierwetenschappen van Wageningen Universiteit
de Animal Sciences Group van Wageningen UR.



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 emissions of fine dust (PM10 and PM2.5) from layer houses with a manure drying tunnel were determined. In addition, emissions of ammonia, greenhouse gases and odour were determined.

Keywords

Fine dust, emission, poultry, layers, manure drying tunnel

Referaat

ISSN 1570 - 8616

Auteurs

A. Winkel
J. Mosquera
H.H. Ellen
R.A. van Emous
J.M.G. Hol
G.M. Nijeboer
N.W.M. Ogink
A.J.A. Aarnink

Titel

Fijnstofemissie uit stallen: leghennen in stallen met een droogtunnel

Rapport 280

Samenvatting

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

Trefwoorden

Fijnstof, emissie, pluimvee, leghennen, droogtunnel



LIVESTOCK RESEARCH

WAGENINGEN UR

Rapport 280

Fijnstofemissie uit stallen: leghennen in stallen met een droogtunnel

Dust emission from animal houses: laying hens in houses with a tunnel drying system

A. Winkel
J. Mosquera
H.H. Ellen
R.A. van Emous
J.M.G. Hol
G.M. Nijeboer
N.W.M. Ogink
A.J.A. Aarnink

Maart 2011 (herziene versie mei 2013)

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 mei 2013

Na het uitbrengen van deze rapportage (maart 2011) bleek dat in de bedrijfsbeschrijvingen enkele zaken niet helemaal correct waren weergegeven. In deze herziene versie is dit verbeterd. De eerder gerapporteerde emissiecijfers en gerelateerde data zijn ongewijzigd overgenomen in deze versie. Uit dit onderzoek is gebleken dat mestdroogsystemen nageschakeld aan legpluimveestallen een aanzienlijk deel van het (fijn)stof uit de drooglucht verwijderen, terwijl de lucht die uit de stal direct naar buiten wordt geventileerd (bypassventilatie) niet wordt behandeld. Om mestdroogsystemen aan te merken als techniek voor emissiereductie van fijn stof ontstond de behoefte om de jaargemiddelde emissiereductie van droogtunnels voor fijnstof op stalniveau zo accuraat mogelijk in te schatten. Hiertoe zijn additionele berekeningen verricht, waarvan de uitkomsten als Bijlage 9 aan dit rapport zijn toegevoegd. Bij deze herziening is tot slot van de gelegenheid gebruik gemaakt om de tekst op enkele plaatsen nader te verduidelijken.

Ir. A. Winkel
Wageningen UR Livestock Research

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 leghennenstallen met een droogtunnel.

Alle metingen zijn uitgevoerd conform eerder vastgestelde meetprotocollen voor de verschillende gasvormige componenten. De metingen zijn gedaan aan twee leghennenstallen met een droogtunnel op verschillende locaties. Per locatie zijn zes metingen van 24 uur (voor geur twee uur) verricht tussen december 2008 en februari 2009. De resultaten van de fijnstof- en ammoniakmetingen aan deze twee leghennenstallen zijn gevalideerd d.m.v. een serie eenmalige, indicatieve metingen op nog eens zes leghennenstallen met een droogtunnel. Op basis van dit onderzoek in twee leghennenstallen met een droogtunnel zijn de volgende jaaremissies (niet gecorrigeerd voor leegstand) en gemiddelde emissiereducties (voor stof) bepaald (gemiddelde ± standaarddeviatie tussen bedrijven):

	Emissie vóór de droogtunnel	Emissie na de droogtunnel	Gemiddelde emissiereductie (%)
PM10 (g/dierplaats per jaar)	20,0 ± 22,0	3,9 ± 1,7	58 ± 35 ¹⁾
PM2,5 (g/dierplaats per jaar)	1,2 ± 1,4	0,4 ± 0,4	44 ± 18 ¹⁾
NH ₃ (g/dierplaats per jaar)	76,8 ± 49,3	318,1 ± 15,5	-
Geur (OU _E /dierplaats per s)	0,30 ± 0,05	0,41 ± 0,07	-
CH ₄ (g/dierplaats per jaar)	22,2 ± 0,7	20,2 ± 3,3	-
N ₂ O (g/dierplaats per jaar)	1,2 ± 0,2	1,4 ± 0,3	-

¹⁾ De emissiereducties van PM10, PM2,5 en totaalstof werden berekend door voor elke afzonderlijke meting een emissiereductie vast te stellen en van deze twaalf emissiereducties het totaalgemiddelde te bepalen.

²⁾ Totaalstof is alleen gemeten op bedrijf 1

Uit het aanvullend onderzoek kan het volgende worden geconcludeerd:

- er is een grote verscheidenheid in uitvoering en gebruik van de droogtunnels;
- de emissies en emissiereducties van PM10 en ammoniak uit de aanvullende metingen op zes bedrijven komen goed overeen met het beeld uit de initiële metingen;
- de reductie van fijnstof door de droogtunnels varieert sterk, maar is substantieel (34–81%);
- de extra emissie van ammoniak door de droogtunnels varieert ook sterk en lijkt beduidend hoger te zijn dan verwacht mag worden op grond van de emissiefactoren die nu in de bijlage van de Rav zijn opgenomen;
- de reductie van fijnstof wordt beïnvloed door de dikte van de mestlaag en het aantal mestlagen dat de lucht moet passeren. Hoe dikker de mestlaag hoe hoger de fijnstofreductie. Twee mestlagen reduceren meer dan één;
- de emissie van ammoniak wordt beïnvloed door het drogestofgehalte van de mest; de emissie uit verse mestlagen is aanzienlijk hoger dan de emissie uit gedroogde mestlagen.

De in dit rapport vastgestelde emissies en reducties hebben alleen betrekking op de lucht die door de droogtunnels is gegaan; de metingen in dit rapport werden uitgevoerd in de winter bij lage buitentemperaturen waarbij vrijwel alle ventilatielucht als drooglucht door de droogtunnel werd geblazen. Buiten de winterperiode wordt echter ook ventilatielucht rechtstreeks naar buiten geblazen (bypassventilatie). In het onderzoek zijn geen waarnemingen gedaan ten aanzien van de concentraties in die luchtstroom. De emissies zijn niet gecorrigeerd voor leegstand. Zonder rekening te houden met voornoemde aspecten kunnen de emissiewaarden niet worden vergeleken met de

emissiewaarden uit ander onderzoek of de bijlage van de Rav. Om mestdroogsystemen aan te merken als techniek voor emissiereductie van fijn stof ontstond de behoefte om de jaargemiddelde emissiereductie van droogtunnels voor fijnstof op stalniveau zo accuraat mogelijk in te schatten. Hiertoe zijn additionele berekeningen verricht, waarvan de uitkomsten als Bijlage 9 aan dit rapport zijn toegevoegd.

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 layer houses with a manure drying tunnel are reported that were carried out in the framework of the overall measurement programme.

All measurements have been performed according to described protocols. Measurements have been done in two layer houses with a manure drying tunnel at different locations. For each location, six 24-h measurements (for odour two h) have been performed between December 2008 and February 2009. The results of these measurements have been validated by indicative measurements of PM10 and ammonia on six additional layer houses with a manure drying tunnel.

Based on this study in two layer houses with a manure drying tunnel the following yearly emissions and emission reductions (for dust) have been determined (not corrected for empty period; average ± standard deviation between locations):

	Emission before drying tunnel	Emission after drying tunnel	Mean emission reduction (%)
PM10 (g/animal place per year)	20.0 ± 22.0	3.9 ± 1.7	58 ± 35 ¹⁾
PM2.5 (g/animal place per year)	1.2 ± 1.4	0.4 ± 0.4	44 ± 18 ¹⁾
NH ₃ (g/animal place per year)	76.8 ± 49.3	318.1 ± 115.5	-
Odour (OU _E /animal place per s)	0.30 ± 0.05	0.41 ± 0.07	-
CH ₄ (g/animal place per year)	22.2 ± 0.7	20.2 ± 3.3	-
N ₂ O (g/animal place per year)	1.2 ± 0.2	1.4 ± 0.3	-

¹⁾ The emission reductions of PM10, PM2.5 and total dust were calculated for each measurement. Then, a total average emission reduction was calculated based on the twelve reduction values

²⁾ Total dust has only been measured at layer house nr. 2

From the additional measurements on six layer houses, the following conclusions can be drawn:

- there is great diversity in design and use of manure drying tunnels;
- the emissions and emission reductions of PM10 and ammonia determined on the six additional layer houses are in good accordance with the results of the initial measurements performed on the two layer houses with drying tunnels;
- there is a large variation in the reduction of fine dust over the drying tunnels but reductions are substantial (range: 34–81%);
- the extra emission of ammonia from the drying tunnels also shows a large variation and seems to be a lot higher than levels that would be expected from the emission factors currently used in the Rav legislation;
- the reduction of fine dust over the drying tunnel is influenced by the thickness of the manure layer and the number of layers that the air flow needs to cross. Thicker manure layers result in higher reductions, two successive layers show higher reductions than single layer tunnels;
- the emission of ammonia is influenced by the dry matter content of the manure. Emission from fresh manure is substantially higher than emission from dried manure.

The emissions and reductions in this report have only been determined in the air crossing the manure drying tunnel; the measurements in this study were carried out during winter at low ambient temperatures when the total ventilation flow was directed through the manure drying tunnel. Outside the winter period however, part of the ventilation air flow is discharged directly to the environment through bypass ventilators. In this study no measurements were made in the bypass air. Emissions

were not corrected for empty period. Without taking these aspects into account, the emissions in this report cannot be compared with emission values from other studies or emission factors in the Rav legislation. In order to qualify manure drying tunnels as a technique for mitigation of fine dust emission, the need arose to estimate the year-average emission removal of these systems on a house + drying system level as accurate as possible. Therefore, additional calculations were carried out, which are added as Annex 9 to this report.

Inhoudsopgave

Voorwoord

Samenvatting

Summary

1	Inleiding	1
2	Materiaal en methode	2
2.1	Hoofddijn opzet meetprogramma	2
2.2	Beschrijving leghennenstallen met een droogtunnel	3
2.3	Metingen	6
2.3.1	Stofmetingen	7
2.3.2	Ammoniakmetingen	8
2.3.3	Geurmetingen	9
2.3.4	Broeikasgasmetingen	9
2.3.5	Ventilatie-debiet	10
2.3.6	Metingen temperatuur en RV	10
2.4	Verwerking gegevens	10
3	Resultaten	11
3.1	Ventilatie-debiet	11
3.2	PM10 emissie	12
3.3	PM2,5 emissie	13
3.4	Totaalstofemissie	14
3.5	Ammoniakemissie	15
3.6	Geuremissie	16
3.7	Methaanemissie	17
3.8	Lachgasemissie	18
4	Aanvullende fijnstof- en ammoniakmetingen	19
4.1	Meetmethode en meetstrategie	19
4.2	Resultaten	20
5	Discussie	24
6	Conclusies	28
	Literatuur	29
	Bijlagen	30
Bijlage 1	Foto's leghennenstal 1	30
Bijlage 2	Foto's leghennenstal 2	32
Bijlage 3	Foto's leghennenstal 3	33
Bijlage 4	Foto's leghennenstal 4	34
Bijlage 5	Foto's leghennenstal 5	35
Bijlage 6	Foto's leghennenstal 6	36
Bijlage 7	Foto's leghennenstal 7	37
Bijlage 8	Foto's leghennenstal 8	38
Bijlage 9	Berekening jaargemiddelde PM10-emissiereductie droogtunnels op stalniveau	39

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 m³ lucht en daggemiddeld maximaal 50 microgram per m³ 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 m³ 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 leghennenstallen met een droogtunnel. De resultaten van deze metingen zijn gevalideerd d.m.v. indicatieve metingen van PM10 en ammoniak in nog eens zes leghennenstallen met een droogtunnel. Om mestdroogsystemen aan te merken als techniek voor emissiereductie van fijn stof ontstond de behoefte om de jaargemiddelde emissiereductie van droogtunnels voor fijnstof op stalniveau zo accuraat mogelijk in te schatten. Hiertoe zijn additionele berekeningen verricht, waarvan de uitkomsten als Bijlage 9 aan dit rapport zijn toegevoegd.

2 Materiaal en methode

2.1 Hoofdpijn opzet meetprogramma

De metingen aan leghennenstallen met een droogtunnel 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 volgens 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 leghennenstallen met een droogtunnel

De belangrijkste kenmerken van de twee leghennenstallen met een droogtunnel worden weergegeven in Tabel 2. Foto-impressies van de twee droogtunnelstallen worden weergegeven in bijlagen 1 en 2.

Tabel 2a Belangrijkste kenmerken droogtunnelstal 1 in dit onderzoek

Kenmerk	Beschrijving
Omschrijving stal/afdeling	Leghennenstal bestaande uit twee etages, met volièrehuisvesting, lengteventilatie en een droogtunnel langs de achtergevel
Rav code en emissiefactoren 2008	E Hoofdcategorie Kippen E 2 Diercategorie legkippen en (groot-)ouderdieren van legrassen E 2.11.1 minimaal 50% van de leefruimte is rooster met daaronder een mestband. Mestbanden minimaal eenmaal per week afdraaien. Roosters in minimaal twee etages + nageschakelde techniek E 6.4.2: droogtunnel met geperforeerde metalen platen (BWL 2007.09) Emissie NH ₃ : 90 + 2 = 92 g/dierplaats per jaar Emissie Geur: 0,34 OU _E /dierplaats per seconde Emissie PM10: 65 g/dierplaats per jaar
Afmetingen (l x b)	Stal: 100 x 21 m. Overdekte uitloop: 100 x 6,5 + 100 x 2,5 m
Aantal hennen bij opzet	65.000
Dieren	Lohman LSL Lite leghennen
Luchtinlaat	Inlaatventielen in de zijgevels tussen stal en overdekte uitloop
Luchtuitlaat	Lengteventilatie mechanisch
Max. ventilatiecapaciteit	5 drukventilatoren (droogtunnel) van elk max. 26.700 m ³ /uur, 7 v-snaar ventilatoren (bypass) van elk max. 36.000 m ³ /uur. Totaal geïnstalleerde maximale ventilatiecapaciteit: 385.500 m ³ /uur
Houderijsysteem	Volièresysteem
Algemene beschrijving droogtunnel	Merk: A. De droger is opgesteld onder het verlengde staldak langs de achtergevel van de stal. De droogtunnel bestaat uit 4 lagen van geperforeerde aluminium platen. De mest wordt aangebracht op de bovenste band. De bovenste band wordt vanaf de onderzijde belucht. De tweede band wordt vanaf de bovenzijde belucht. De onderste twee banden worden samen vanaf de onderzijde belucht. Per dag wordt tweemaal mest op de band gedraaid (04:00 en 16:00 uur) waarbij iedere keer een kwart van de totale mesthoeveelheid uit de stal op de band komt. Op de derde en vierde laag wordt de mest dikker gestort omdat deze dan al droog is. De stallucht wordt over de hele breedte van de droogtunnel gevoerd. De bypass lucht wordt over de bovenste band en tussen de tweede en derde band doorgevoerd naar buiten.
Dimensionering droogtunnel	<ul style="list-style-type: none"> - Afmetingen: 1 opstelling met 2 banden van 1,96 (b) x 18 (l) m en 1 opstelling met 2 banden van 1,96 (b) x 19 (l) m. - Oppervlak mestbanden: 145,04 m² Dit is 0,00223 m² per hen of 0,937 m² per 420 hennen - Geperforeerd oppervlak: 35% = 50,76 m² Dit is 0,00078 m² per hen of 0,328 m² per 420 hennen - Minimale luchtdoorvoer: minimumventilatie (1 m³ per kg) - Maximale luchtdoorvoer: 133.500 m³ = 2,05 m³ per hen per uur Vuistregel fabrikant: er moet minimaal 1 tot maximaal 2 m³/uur per hen worden geïnstalleerd voor de droogtunnel - Mestlaagdikte: 15 tot 20 cm
Eisen m.b.t. uitvoering systeemnummer BWL 2007.09	<ol style="list-style-type: none"> 1. Oppervlak mestbanden: 1,0 m² per 420 leghennen 2. Luchtdoorlatend oppervlak mestbanden: minimaal 35% 3. Hoeveelheid drooglucht bij 15 cm mest: min. 0,2 m³/uur per hen 4. Er mag geen mest aan de banden blijven plakken
Ventilatie-instellingen	Op buitentemperatuur. Min. ventilatie: 1 m ³ /kg lichaamsgewicht. Per 5 °C stijging (buitentemperatuur) stijgt de ventilatie met 0,2 m ³ /kg
Temperatuurinstellingen	Streef temperatuur: 18 °C
Verwarming	Geen
Voersysteem, voersoorten, hoeveelheden en voertijden	Voerketting in het volièresysteem. Gevoerd wordt legmeel fase 1. Voertijden: 05.00, 010.00, 12.30, 14.30, 16.30 en 18.30 uur, gedurende 12 minuten
Drinksysteem en drinktijden	Drinktijden tijdens lichttijden
Strooisel	Ingestrooid met koolzaadstro waarna niet meer is bijgestrooid
Lichtregime	16L:8D, licht aan van 05:00-21:00 uur
Productie	Leeftijd bij opzet: 18 weken Leeftijd bij ruimen: 78 weken Leegstand: ±10 dagen

Tabel 2b Belangrijkste kenmerken droogtunnelstal 2 in dit onderzoek

Kenmerk	Beschrijving
Omschrijving stal/afdeling	Twee naast elkaar gelegen leghennenstallen met kooihuisvesting met daartussen een schuur met open nok met een droogtunnel in 2 opstellingen
Rav code en emissiefactoren 2008	E Hoofdcategorie Kippen E 2 Diercategorie legkippen en (groot-)ouderdieren van legrassen <u>Stal 1:</u> E 2.5.2 Mestbandbatterij met geforceerde mestdroging, belucht met 0,7 m ³ lucht per dier per uur. Mest afdraaien per vijf dagen; de mest heeft dan een droge stofgehalte van minimaal 55% + nageschakelde techniek E 6.4.1: droogtunnel met geperforeerde banden (BWL 2005.06) Emissie NH ₃ : 12 + 2 = 14 g/dierplaats per jaar Emissie Geur: 0,35 OU _E /dierplaats per seconde Emissie PM10: 5 g/dierplaats per jaar <u>Stal 2:</u> E 2.101 Overige huisvestingssystemen batterijhuisvesting + nageschakelde techniek E 6.4.1: droogtunnel met geperforeerde banden (BWL 2005.06) Emissie NH ₃ : 100 + 2 = 102 g/dierplaats per jaar Emissie Geur: 0,35 OU _E /dierplaats per seconde Emissie PM10: 5 g/dierplaats per jaar
Afmetingen (l x b)	Stal 1: 120 x 19 m, Stal 2: 118 x 21 m
Staloppervlak en stalinhoud	Stal 1: 2.280 m ² , Stal 2: 2.478 m ²
Aantal hennen bij opzet	Stal 1: 76.800, Stal 2: 49.600, Totaal: 126.400
Dieren	Lohman LSL Lite leghennen
Luchtinlaat	Inlaatventielen in de zijgevels van beide stallen
Luchtuitlaat	Lengteventilatie mechanisch, met droogtunnel
Max. ventilatiecapaciteit	Stal 1: 20 v-snaar ventilatoren van elk max. 25.000 m ³ /uur Stal 2: 12 v-snaar ventilatoren van elk max. 25.000 m ³ /uur Totaal geïnstalleerde maximale ventilatiecapaciteit: 800.000 m ³ /uur
Houderijsysteem	Batterijhuisvesting
Algemene beschrijving droogtunnel	Merk: B. De droogtunnel is geplaatst in een schuur die tussen beide stallen in staat met een luchtuitlaat over de gehele lengte van de nok. In de schuur staan twee opstellingen. Beide opstellingen bestaan uit 10 lagen van geperforeerde polypropyleen mestbanden. De mestbanden worden vanaf de onderzijde belucht. De mest wordt elke ochtend van 06:00-06:30 uur afgedraaid waarbij na elke 4 á 5 dagen de gehele stal eens is afgedraaid. Van beide stallen wordt de ventilatielucht van 6 v-snaar ventilatoren (geen drukventilatoren) door de droogtunnel geleid, oftewel 300.000 m ³ /uur totaal. Minimale ventilatie vind plaats d.m.v. de 12 droogtunnelventilatoren. Bij een ventilatiebehoefte groter dan 300.000 m ³ /uur worden de bypassventilatoren bijgeschakeld. Het percentage ventilatielucht dat door de droogtunnel wordt geleid varieert van 100% (ventilatie tot 300.000 m ³ /uur) tot 37,5% bij maximale ventilatie (800.000 m ³ /uur). Na drogen bevat de mest ongeveer 85% drogestof.
Dimensionering droogtunnel	- Afmetingen: 2 opstellingen met 10 banden van 40 (l) x 1,5 (b) m - Oppervlak mestbanden: 1.200 m ² Dit is 0,0095 m ² per hen of 1,899 m ² per 200 leghennen - Geperforeerd oppervlak: 10,37% = 124,44 m ² Dit is 0,00098 m ² per hen of 0,196 m ² per 200 leghennen - Minimale luchtdoorvoer: de ingestelde minimumventilatie - Maximale luchtdoorvoer: 300.000 m ³ = 2,37 m ² per hen Vuistregel fabrikant: er moet een druk in de drukkamer worden opgebouwd van ca. 50 tot 60 pascal om de lucht door de mestlaag te stuwen. - Mestlaagdikte: tunnel is gedimensioneerd voor ca. 9 cm
Eisen m.b.t. uitvoering systeemnummer	1. Oppervlak mestbanden: 1,0 m ² per 200 leghennen
BWL 2005.06	2. Luchtdoorlatend oppervlak mestbanden: min. 10% 3. Hoeveelheid drooglucht: 0,20 m ³ /uur per leghen 4. Er mag geen mest aan de banden blijven plakken
Ventilatie-instellingen	Op basis van staltemperatuur
Temperatuurinstellingen	Streef temperatuur: 20 °C
Verwarming	Geen
Voersysteem, voersoorten, hoeveelheden en voertijden	Stal 1: voerketting, Stal 2: voerwagen. Gevoerd wordt een driefasvoer (fase 1: tot 45 á 50 wk, fase 2: 50-70 wk, fase 3: 70-90 wk). Voertijden:

Kenmerk	Beschrijving
Drinksysteem en drinktijden	07:00, 13:00 en 16:00 uur, gedurende ongeveer 20 minuten per voerbeurt
Strooisel	Drinknippels
Lichtregime	Geen (kooihuisvesting)
Productie	14,5L:9,5D, licht aan van 05:00-19:30 uur
	Leeftijd bij opzet: 17-18 weken
	Leeftijd bij ruimen: 90 weken
	Leegstand: ±2 weken

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 de leeftijd van de dieren (dagen 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]) en gemiddelde relatieve luchtvochtigheid in de stal (RV-stal; [%])

Bedrijf		Meting					
		1	2	3	4	5	6
1	Datum	17/12/08	22/12/08	07/01/09	14/01/09	26/01/09	01/02/09
	Leeftijd (wk na opzet)	42	47	63	70	82	88
	T voor droogtunnel	17,6	17,5	16,5	16,6	16,4	17,7
	T na droogtunnel	*)	14,2	11,8	12,9	12,0	13,1
	RV voor droogtunnel	66,1	66,0	70,9	64,0	61,7	61,9
	RV na droogtunnel	*)	99,0	89,9	99,7	100,0	100,0
2	Datum	17/12/08	23/12/08	07/01/09	21/01/09	28/01/09	04/02/09
	Leeftijd (wk na opzet)	385	391	406	420	427	434
	T voor droogtunnel	21,3	22,4	19,0	18,7	20,2	20,9
	T na droogtunnel	17,7	18,9	16,4	17,8	17,0	17,7
	RV voor droogtunnel	66,8	72,7	84,0	70,9	65,7	64,7
	RV na droogtunnel	94,1	82,3	87,0	92,1	100,0	88,0

*) 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;
- enkelvoudige 24-uurs monsters van totaalstof van de uitgaande stallucht.



Figuur 1 Monsterapparatuur 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-apparatuur zien voor PM10 en PM2,5. De apparatuur 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 apparatuur en deze standaard apparatuur 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 et al., 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 stofmonsternamen 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 monsternamenpompen 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 monsternamenkop (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 monsternamenperiode. De werkelijke hoeveelheid lucht die bij de monsternamenpunten werd aangezogen werd met een gasmeter gemeten (gecorrigeerd naar de temperatuur bij de monsternamenpunten).

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 monsternamenkoppen naar impactor monsternamenkoppen. De volgende correcties zijn uitgevoerd:

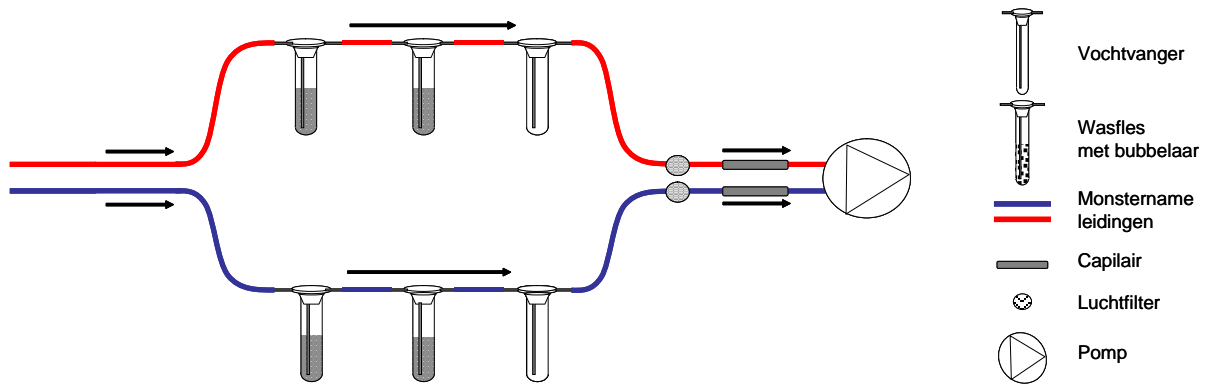
PM10: $< 222,6\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$: $Y = 1,0877 X$
 $> 222,6\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$: $Y = 0,8304 X + 57,492$
 PM2,5: geen correctie

Op de meetdagen werd tevens elke seconde de PM10 concentratie (mg/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.

Totaalstof werd bepaald volgens de methode zoals beschreven door Groot Koerkamp e.a. (1996). Deze methode werd toegepast in het EU-project Aerial Pollutants waaruit de eerste cijfers voor stofemissie uit de veehouderij zijn bepaald. Bij deze methode werd totaalstof (zoals gedefinieerd in de Europese Standaard EN 481) bemonsterd volgens de gravimetrische meetmethode: met IOM monsternamenkoppen (SKC Inc., Pennsylvania, VS) bij een debiet van $2,0\text{ l}/\text{min}$. De filters werden voor en na bemonstering gewogen om de hoeveelheid verzameld stof te bepalen.

2.3.2 Ammoniakmetingen

De ammoniakconcentratie werd volgens de natchemische meetmethode voor NH_3 (Wintjes, 1993) gemeten. Bij deze meetmethode wordt de lucht via een monsternamenleiding met een constante luchtstroom ($\sim 1,0\text{ l}/\text{min}$) aangezogen met behulp van een pomp (Thomas Industries Inc., model 607CD32, Wabasha, Minnesota, VS) en een kritische capillair die een luchtstroom geeft van $\sim 1,0\text{ l}/\text{min}$. Alle lucht wordt door een impinger (geplaatst in een wasfles met 100 ml salpeterzuur) geleid, waarbij de 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 NH_3 dat moet worden gebonden; voor deze stallen was deze $0,05\text{ M}$. Na de bemonsteringstijd (24 uur) wordt de concentratie gebonden 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 NH_4^+ gehalte en de hoeveelheid opvangvloeistof te verrekenen kan de 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 gespoeld 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 μm , Savillex[®] Corp., Minnetonka, VS) stallucht aangezogen in de zak. Om condensvorming te voorkomen wordt 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 CO₂-massabalansmethode. Bij deze methode wordt de gemiddelde CO₂-concentratie van de in- en uitgaande stallucht (respectievelijk [CO₂]_{stal} en [CO₂]_{buiten}; ppm) gedurende 24 uur gemeten en de CO₂-productie van de dieren (m³/uur per dier) in de stal berekend aan de hand van CIGR rekenregels (CIGR, 2002; Pedersen e.a., 2008). Door de CO₂-productie per dier te vermenigvuldigen met het aantal aanwezige dieren (n) in de stal kan de totale CO₂-productie worden berekend. Het ventilatie-debiet V (m³/uur) wordt dan bepaald op basis van:

$$V = \frac{[\text{CO}_2]_{\text{productie}}}{([\text{CO}_2]_{\text{stal}} - [\text{CO}_2]_{\text{buiten}}) * 10^{-6}}$$

2.3.6 Metingen temperatuur en RV

Temperatuur (°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 ± 1,0 °C en ± 2%, en de data werden opgeslagen in een datalogstelsel (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, ..., 6) de emissies van fijnstof (PM10, PM2,5), ammoniak, methaan en lachgas vóór (E_voor_{ij}) en na (E_na_{ij}) de droogtunnel bepaald op basis van het gemiddeld ventilatie-debiet (V_{ij}) en de gemiddelde concentraties van fijnstof (PM10, PM2,5), ammoniak, methaan en lachgas vóór (C_voor_{ij}) en na (C_na_{ij}) de droogtunnel, en de achtergrondconcentratie (C_in_{ij}; niet gemeten, geschat op basis van metingen bij andere volière-stallen voor leghennen):

$$E_{\text{voor}_{ij}} = V_{ij} \times (C_{\text{voor}_{ij}} - C_{\text{in}_{ij}})$$

$$E_{\text{na}_{ij}} = V_{ij} \times (C_{\text{na}_{ij}} - C_{\text{in}_{ij}})$$

Voor alle bedrijven (j=1, 2) werden per meetdag (i=1, 2, ..., 6) de emissies van totaalstof en geur vóór (E_voor_{ij}) en na (E_na_{ij}) de droogtunnel bepaald op basis van het gemiddeld ventilatie-debiet (V_{ij}) en de gemiddelde concentraties van totaalstof en geur vóór (C_voor_{ij}) en na (C_na_{ij}) de droogtunnel:

$$E_{\text{voor}_{ij}} = V_{ij} \times C_{\text{voor}_{ij}}$$

$$E_{\text{na}_{ij}} = V_{ij} \times C_{\text{na}_{ij}}$$

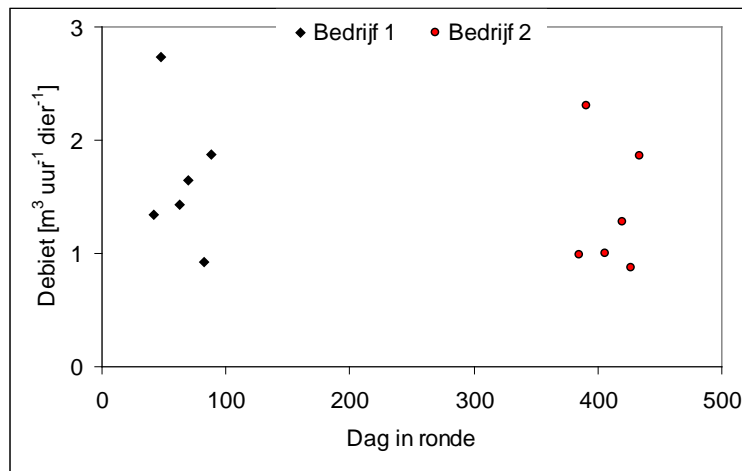
De met bovenstaande berekeningen verkregen gemiddelde dagemissies werden, behalve voor geur, vervolgens vermenigvuldigd met 365 dagen om de jaaremmissies (niet gecorrigeerd voor leegstand) te berekenen. Voor geur werd de emissie uitgedrukt in OU_E/s. Hiervan werd vervolgens de natuurlijke logaritme genomen, waar verder mee werd gerekend. De emissie (E) op jaarbasis per dierplaats werd vervolgens bepaald als het gemiddelde van de waarden van alle meetdagen. Voor geur werd de mediane emissie bepaald door het gemiddelde op log-schaal terug te transformeren naar normale schaal. Het verwijderingsrendement van de stoffracties (PM10, PM2,5 en totaalstof) over de droogtunnel werd berekend door voor elke afzonderlijke meting een rendement vast te stellen en van deze twaalf rendementen het totaal gemiddelde te bepalen. Het rendement per meting werd berekend als het relatieve verschil tussen de concentratie van de betreffende component in de behandelde lucht (C_{uitgaand}) t.o.v. de concentratie van de betreffende component in de ingaande lucht van de droogtunnel (C_{ingaaand}):

$$\text{Verwijderingsrendement} = \frac{C_{\text{ingaaand}} - C_{\text{uitgaand}}}{C_{\text{ingaaand}}} * 100\%$$

3 Resultaten

3.1 Ventilatie-debiet

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

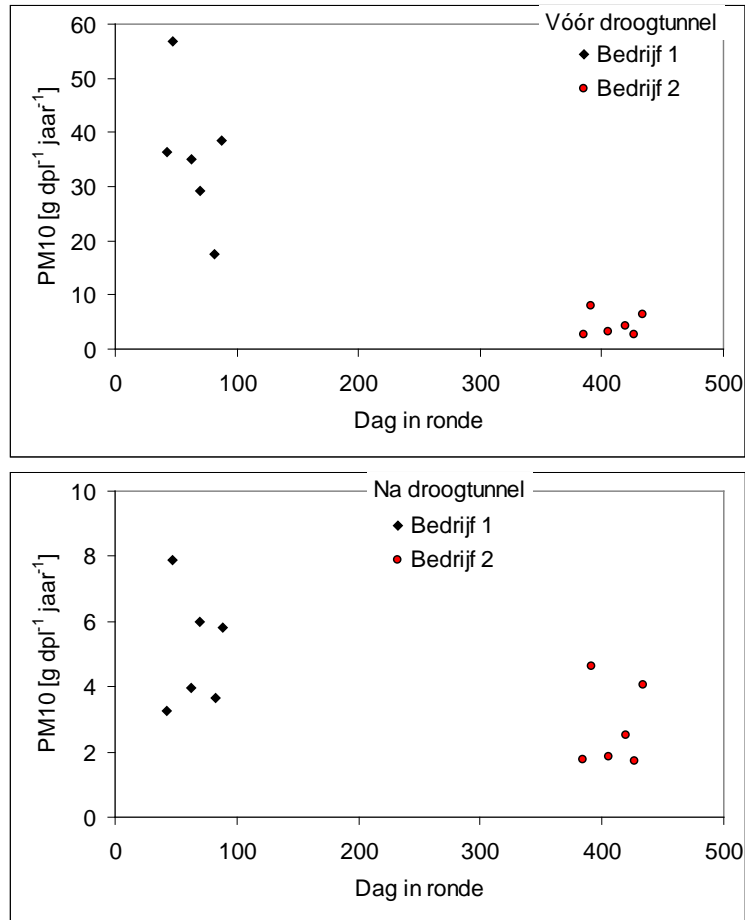


Figuur 3 Gemiddeld ventilatie-debiet op de verschillende meetdagen voor de twee droogtunnelstallen

Uit deze figuur blijkt dat de metingen op bedrijf 1 alleen met jonge dieren (<100 dagen na opzet) uitgevoerd zijn. Op bedrijf 2 zijn de metingen met oude dieren (>350 dagen na opzet) uitgevoerd. De metingen hebben bij relatief lage ventilatie-debieten plaatsgevonden. Reden is dat de metingen zijn uitgevoerd in de periode van half december tot begin februari, een periode waarin geen maximale ventilatie wordt gevraagd. Bij 11 van de 12 uitgevoerde metingen bedroeg het ventilatie-debiet minder dan het maximaal geïnstalleerde ventilatie-debiet dat door de droogtunnel wordt geventileerd, zodat in deze studie vrijwel alle ventilatielucht door de droogtunnel naar buiten werd geworpen.

3.2 PM10 emissie

In Figuur 4 wordt de PM10 emissie op de verschillende meetdagen voor de twee droogtunnelstallen weergegeven. De resultaten laten zien wat de emissie zou zijn geweest zonder de droogtunnel (emissie uit de stal vóór de droogtunnel) en wat de gemeten emissie is na de droogtunnel.

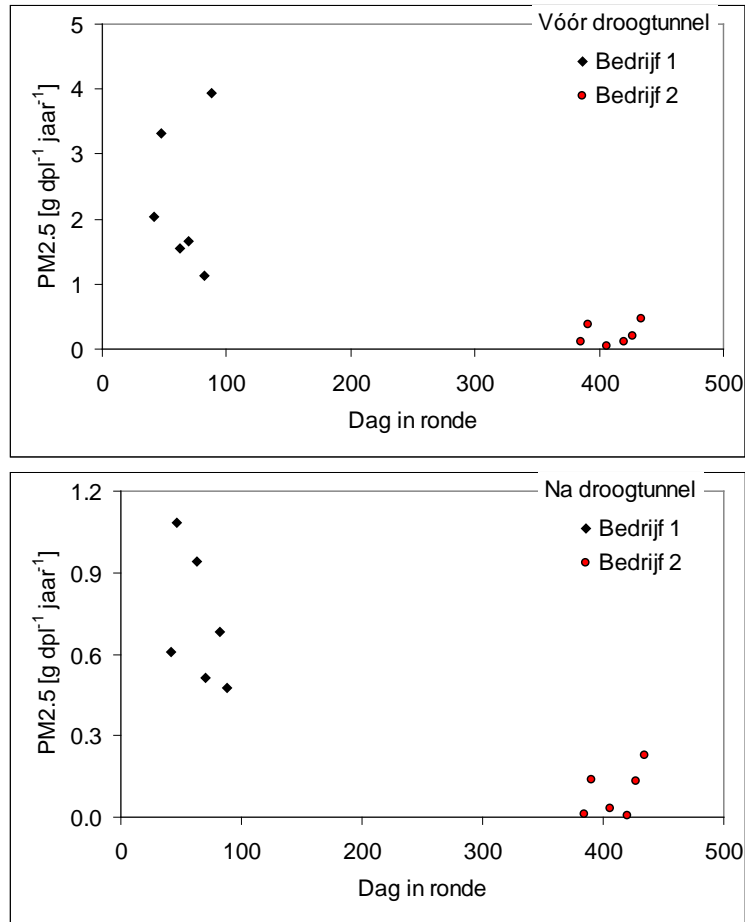


Figuur 4 Gemiddelde PM10 emissies op de verschillende meetdagen voor de twee droogtunnelstallen

Uit deze figuur blijkt dat de PM10 emissies zowel vóór als na de droogtunnel hoger waren op bedrijf 1 (met jonge dieren en volièrehuisvesting) dan op bedrijf 2 (met oude dieren en kooihuisvesting). De emissiereductie was ook hoger op bedrijf 1 (83%) dan op bedrijf 2 (33%). Op basis van deze gegevens werd een jaaremisse berekend voor PM10 per dierplaats (niet gecorrigeerd voor leegstand) van $20,0 \pm 22,0$ g/jaar uit de stal vóór de droogtunnel, en van $3,9 \pm 1,7$ g/jaar na de droogtunnel. De gemiddelde emissiereductie voor beide bedrijven was $58 \pm 35\%$.

3.3 PM2,5 emissie

In Figuur 5 wordt de PM2,5 emissie op de verschillende meetdagen voor de twee droogtunnelstallen weergegeven. De resultaten laten zien wat de emissie zou zijn geweest zonder de droogtunnel (emissie uit de stal vóór de droogtunnel) en wat de gemeten emissie is na de droogtunnel.

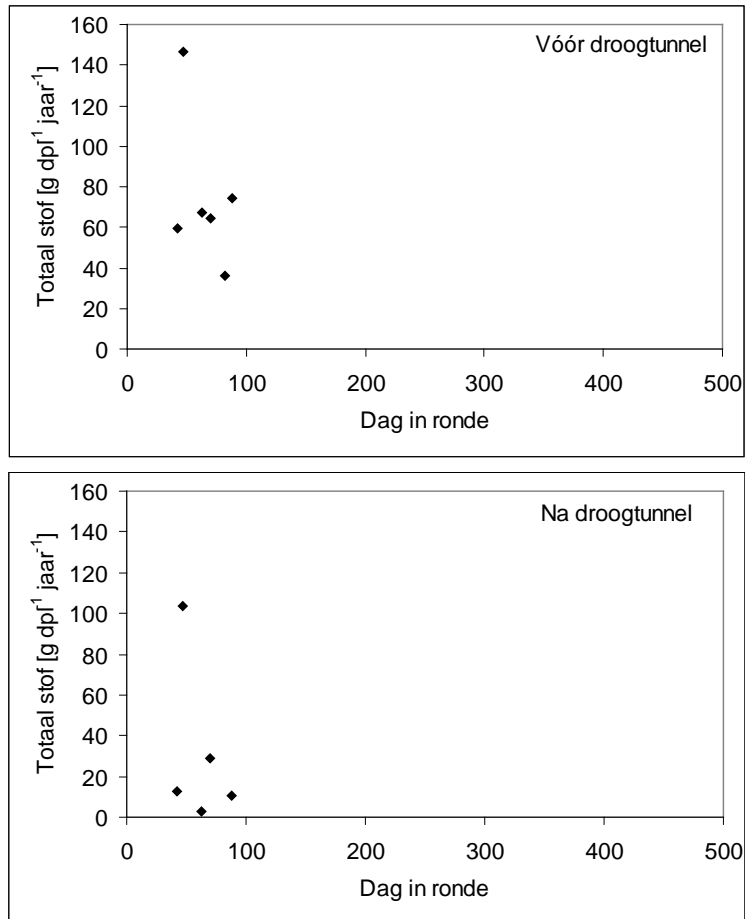


Figuur 5 Gemiddelde PM2,5 emissies op de verschillende meetdagen voor de twee droogtunnelstallen

Uit deze figuur blijkt dat de PM2,5 emissies zowel vóór als na de droogtunnel hoger waren op bedrijf 1 (met jonge dieren en volièrehuisvesting) dan op bedrijf 2 (met oude dieren en kooihuisvesting). De emissiereductie was ook hoger op bedrijf 1 (57%) dan op bedrijf 2 (32%). Op basis van deze gegevens werd een jaaremisse berekend voor PM2,5 per dierplaats (niet gecorrigeerd voor leegstand) van $1,2 \pm 1,4$ g/jaar uit de stal vóór de droogtunnel, en van $0,4 \pm 0,4$ g/jaar na de droogtunnel. De gemiddelde emissiereductie voor beide bedrijven was $44 \pm 18\%$.

3.4 Totaalstofemissie

In Figuur 6 wordt de totaalstofemissie op de verschillende meetdagen voor de droogtunnel in bedrijf 1 weergegeven. Op bedrijf 2 zijn geen totaalstofemissies gemeten. De resultaten laten zien wat de emissie zou zijn geweest zonder de droogtunnel (emissie uit de stal vóór de droogtunnel) en wat de gemeten emissie is na de droogtunnel.

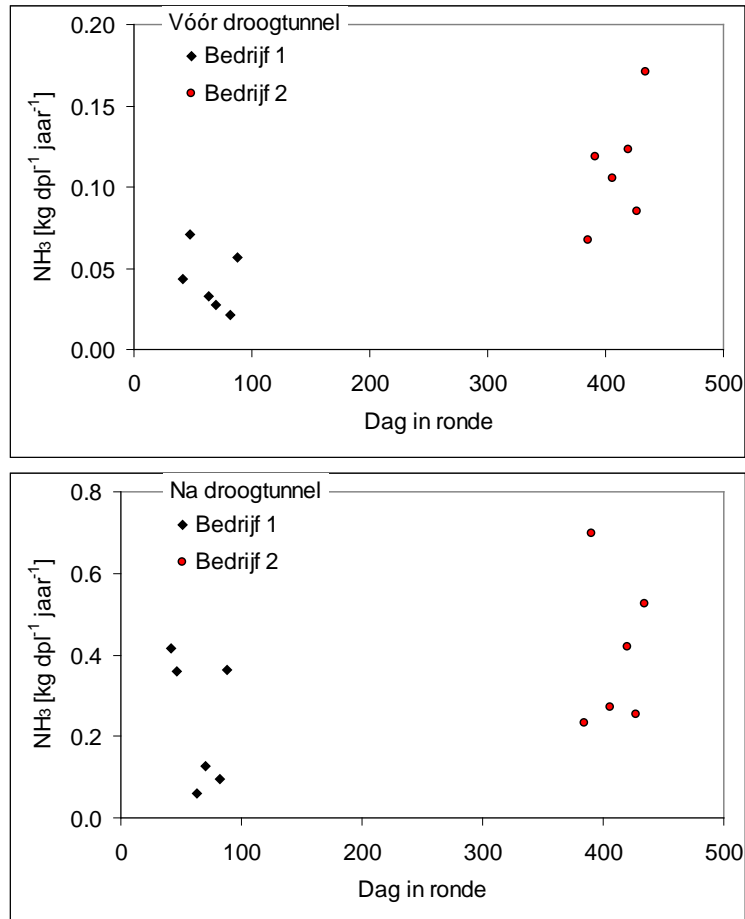


Figuur 6 Gemiddelde totaalstofemissies op de verschillende meetdagen voor de twee droogtunnelstallen

De emissiereductie voor bedrijf 1 (gemiddeld over alle metingen) was 69%. De jaaremmissie voor totaalstof per dierplaats (niet gecorrigeerd voor leegstand) was 74,5 g/jaar uit de stal vóór de droogtunnel en 31,8 g/jaar na de droogtunnel.

3.5 Ammoniakemissie

In Figuur 7 wordt de ammoniakemissie op de verschillende meetdagen voor de twee droogtunnelstallen weergegeven. De resultaten laten zien wat de emissie zou zijn geweest zonder de droogtunnel (emissie uit de stal vóór de droogtunnel) en wat de gemeten emissie is na de droogtunnel.

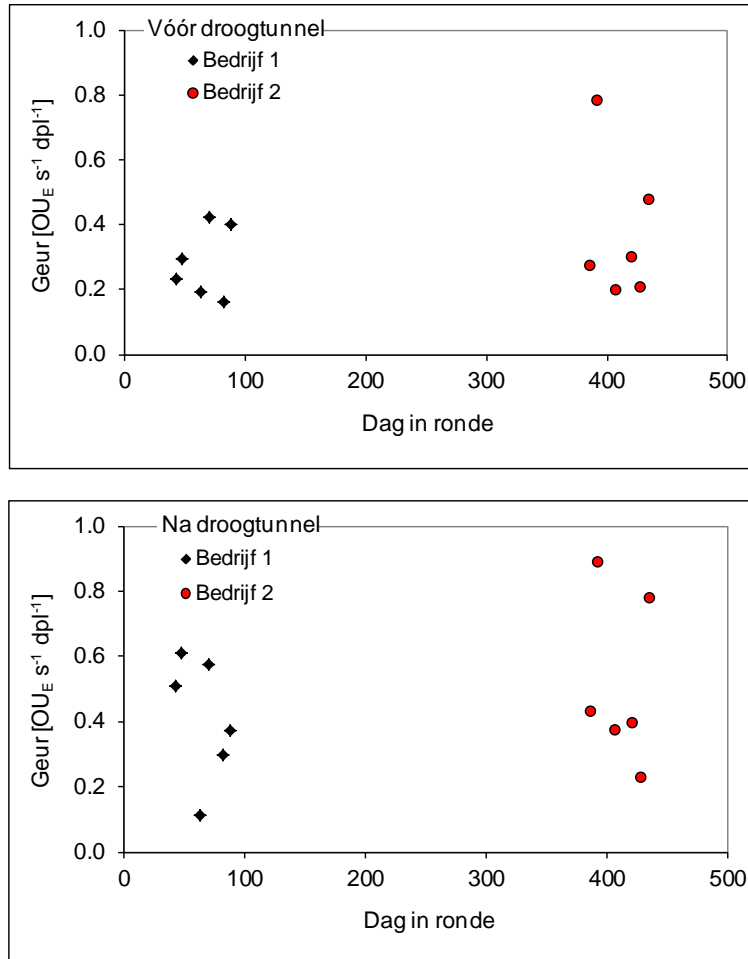


Figuur 7 Gemiddelde ammoniakemissies op de verschillende meetdagen voor de twee droogtunnelstallen

Uit deze figuur blijkt dat de NH_3 emissies zowel vóór als na de droogtunnel lager waren op bedrijf 1 (met jonge dieren en volièrehuisvesting) dan op bedrijf 2 (met oude dieren en kooihuisvesting). De emissies na de droogtunnel waren aanzienlijk hoger dan vóór de droogtunnel. Op basis van deze gegevens werd een jaaremisse berekend voor NH_3 per dierplaats (niet gecorrigeerd voor leegstand) van $76,8 \pm 49,3$ g/jaar uit de stal vóór de droogtunnel, en van $318,1 \pm 115,5$ g/jaar na de droogtunnel.

3.6 Geuremissie

In Figuur 8 wordt de geuremissie op de verschillende meetdagen voor de twee droogtunnelstallen weergegeven. De resultaten laten zien wat de emissie zou zijn geweest zonder de droogtunnel (emissie uit de stal vóór de droogtunnel) en wat de gemeten emissie is na de droogtunnel.

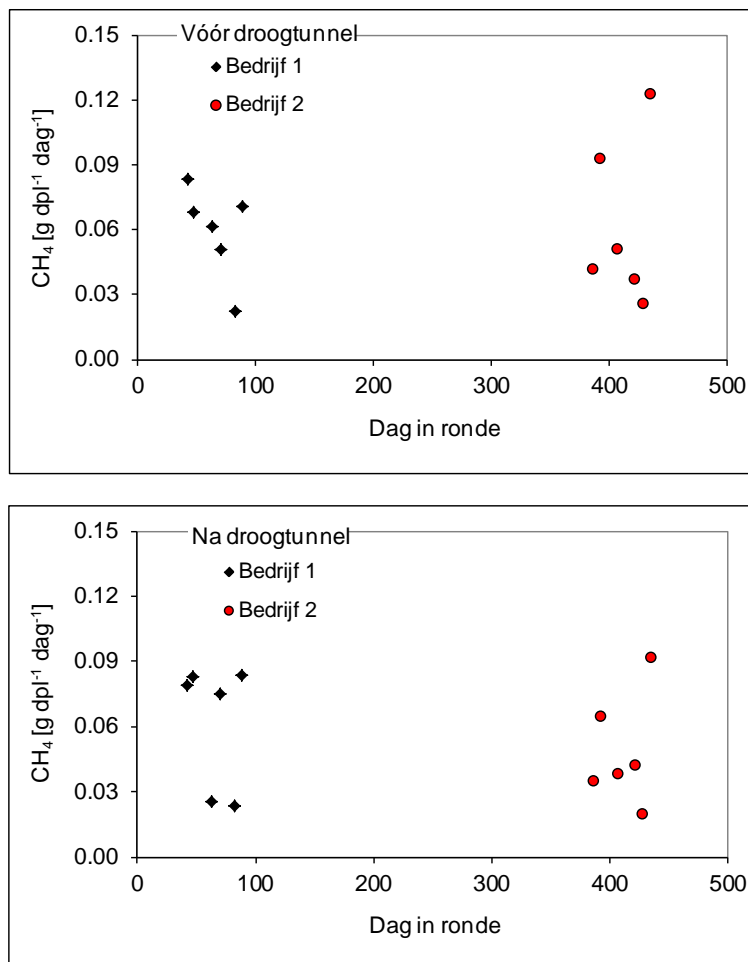


Figuur 8 Gemiddelde geuremissies op de verschillende meetdagen voor de twee droogtunnelstallen

Uit deze figuur blijkt dat de geuremissies zowel vóór als na de droogtunnel lager waren op bedrijf 1 (met jonge dieren en volièrehuisvesting) dan op bedrijf 2 (met oude dieren en kooihuisvesting). De emissies na de droogtunnel waren hoger dan vóór de droogtunnel. Op basis van deze gegevens werd een emissie berekend voor geur per dierplaats (niet gecorrigeerd voor leegstand) van $0,30 \pm 0,05$ OU_E/s uit de stal vóór de droogtunnel, en van $0,41 \pm 0,07$ OU_E/s na de droogtunnel.

3.7 Methaanemissie

In Figuur 9 wordt de methaanemissie op de verschillende meetdagen voor de twee droogtunnelstallen weergegeven. De resultaten laten zien wat de emissie zou zijn geweest zonder de droogtunnel (emissie uit de stal vóór de droogtunnel) en wat de gemeten emissie is na de droogtunnel.

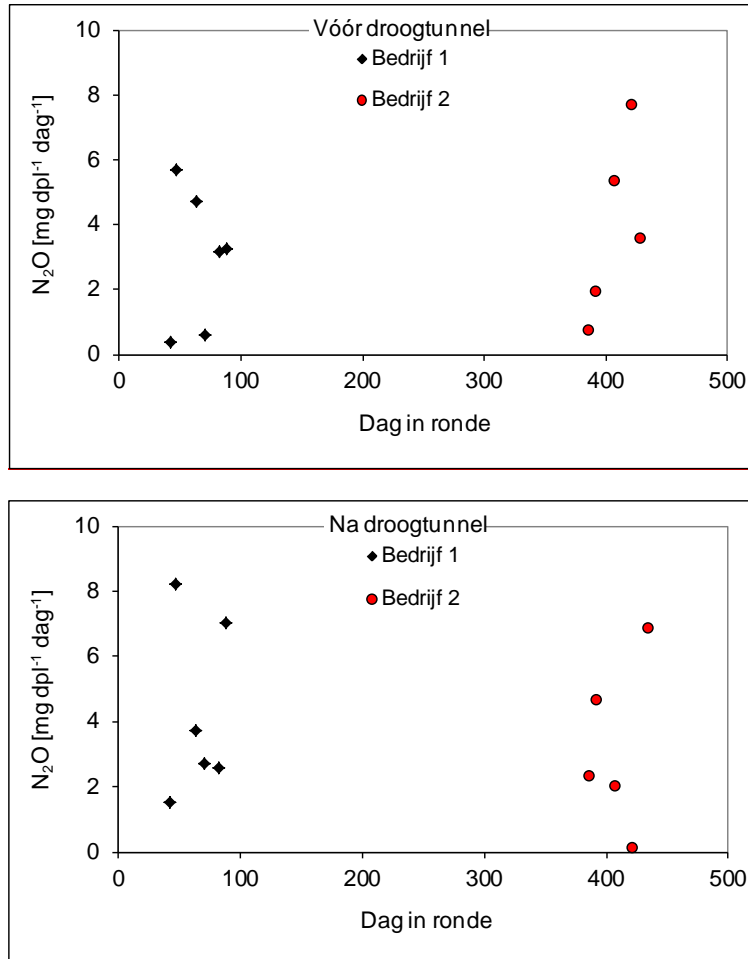


Figuur 9 Gemiddelde methaanemissies op de verschillende meetdagen voor de twee droogtunnelstallen

Uit deze figuur blijkt dat de CH₄ emissies voor beide bedrijven vergelijkbaar waren, zowel vóór als na de droogtunnel. De emissies na de droogtunnel waren op bedrijf 1 hoger en op bedrijf 2 lager dan vóór de droogtunnel. Op basis van deze gegevens werd een gemiddelde emissie berekend voor CH₄ per dierplaats (niet gecorrigeerd voor leegstand) van $22,2 \pm 0,7$ g/jaar uit de stal vóór de droogtunnel, en van $20,2 \pm 3,3$ g/jaar na de droogtunnel.

3.8 Lachgasemissie

In Figuur 10 wordt de lachgasemissie op de verschillende meetdagen voor de twee droogtunnelstallen weergegeven. De resultaten laten zien wat de emissie zou zijn geweest zonder de droogtunnel (emissie uit de stal vóór de droogtunnel) en wat de gemeten emissie is na de droogtunnel.



Figuur 10 Gemiddelde lachgasemissies op de verschillende meetdagen voor de twee droogtunnelstallen

Uit deze figuur blijkt dat de N₂O emissies voor beide bedrijven vergelijkbaar waren, zowel vóór als na de droogtunnel. Over het algemeen waren voor beide bedrijven de emissies na de droogtunnel hoger dan vóór de droogtunnel. Op basis van deze gegevens werd een gemiddelde emissie berekend voor N₂O per dierplaats (niet gecorrigeerd voor leegstand) van $1,2 \pm 0,2$ g/jaar uit de stal vóór de droogtunnel, en van $1,4 \pm 0,3$ g/jaar na de droogtunnel.

4 Aanvullende fijnstof- en ammoniakmetingen

De resultaten van de metingen aan de twee leghennenstallen met een droogtunnel laten zien dat de droogtunnels een substantieel deel van het fijnstof uit de uitgaande stallucht verwijderen. Daarnaast geven de droogtunnels echter een aanzienlijk hogere emissie van ammoniak dan verwacht mag worden op basis van de huidige emissiefactoren in de bijlage van de Rav. Deze resultaten leiden tot de vraag in hoeverre de waargenomen reductie van fijnstof en de fors hogere ammoniakemissies representatief zijn voor droogtunnels in de pluimveehouderij en welke factoren deze emissies beïnvloeden. Om deze vragen te beantwoorden zijn additioneel korte en indicatieve metingen en waarnemingen uitgevoerd op acht leghennenbedrijven met een droogtunnel, waaronder de twee waar de uitgebreide metingen zijn gedaan. Foto-impressies van deze acht bedrijven worden weergegeven in bijlagen 1 t/m 8. De werkwijze en resultaten van de aanvullende metingen worden in dit hoofdstuk weergegeven.

4.1 Meetmethode en meetstrategie

Typen droogtunnels

De metingen zijn zoveel mogelijk verricht aan merken droogtunnels die het meest worden toegepast. In het onderzoek zijn de volgende merken droogtunnels betrokken (met tussen haakjes het aantal geplaatste droogtunnels op Nederlandse leghennenbedrijven): Dorset/Farmer-Automatic (17), Salmet/Zonne-ei-farm (16), Jansen Poultry Equipment (10), Rijvers (± 25) en Big Dutchman (0).

Fijnstof (PM₁₀, mg/m³)

De concentratie van PM₁₀ stof in de ingaande lucht (stal en drukkamer) en uitgaande lucht van de droogtunnel is gemeten met een DustTrak apparaat (DustTrak TM Aerosol Monitor, model 8520, TSI Incorporated, Shoreview, USA). De PM₁₀ concentratie werd elke seconde gemeten en minuutgemiddelde concentraties werden gelogd in het geheugen van de DustTrak. Om variatie t.g.v. het gebruik van verschillende DustTrak apparaten te voorkomen is er eenzelfde DustTrak gebruikt voor alle metingen en bedrijven. De concentraties in de ingaande en uitgaande lucht van de droogtunnel werden telkens 'om en om' gemeten gedurende 15 minuten per positie. Na een meting van de ingaande lucht gedurende 15 minuten, werd het apparaat verplaatst naar de meetpositie voor de uitgaande lucht, waarna de volgende meting werd gestart, enzovoort. Ingaande en uitgaande lucht werden op deze manier elk viermaal bemeten. Op alle bedrijven vonden de metingen plaats tussen 10.00 en 16.00 uur. Van elke meting is de eerste en laatste minuutwaarde niet gebruikt in de analyse om beïnvloeding van de gemeten PM₁₀ concentratie door het benaderen en weglopen van de DustTrak (en het daardoor opwerpen van stof) uit te sluiten. Bij lange droogtunnels (bedrijf 2, 4, 5, 6) werd de PM₁₀ concentratie van ingaande en uitgaande lucht op verschillende posities langs de lengte van de droogtunnel gemeten. Bij hoge droogtunnels (bedrijf 2, 5, 6, 7) werden daarnaast metingen van zowel hogere (verse mest) als lagere (droge mest) banden verricht.

Ammoniak (NH₃, ppm)

De concentratie van ammoniak in de ingaande lucht (stal en drukkamer) en uitgaande lucht van de droogtunnel is gemeten met een handpomp (Kitagawa gas detector, Komyo Rikagaku Kogyo, Japan) en gasdetectiebuisjes (Kitagawa gas detection tube No 105SD, Ammonia, range 0,2–20 ppm, Komyo Rikagaku Kogyo, Japan). De ammoniakmeting werd uitgevoerd voor het starten van elke fijnstofmeting. De ingaande en uitgaande lucht werden ook elk viermaal bemeten. Bij een meting van de ingaande lucht (stal en drukkamer) werd de ammoniakconcentratie achtereenvolgens op vier verschillende posities langs de lengte van de droogtunnel bepaald. Bij een meting van de uitgaande lucht werd de ammoniakconcentratie in elk van de uitstroomopeningen (van boven naar beneden; van verse naar droge mest) van de droogtunnel bepaald.

Temperatuur, relatieve luchtvochtigheid en lichtsnelheid

De temperatuur, relatieve luchtvochtigheid en lichtsnelheid van de uitgaande lucht van de droogtunnel werd gemeten met een gecombineerd klimaatmeetapparaat (Testo 435-4, Testo BV, Almere, Nederland). Daarnaast werden temperatuur en relatieve luchtvochtigheid in de stal en buiten gemeten. De weersomstandigheden op de dag van meting werden genoteerd.

Droogtunnel en ventilatie

Tijdens het bedrijfsbezoek werd de technische uitvoering en dimensionering van de droogtunnel in kaart gebracht, waaronder: de afmetingen van de droogtunnel, het aantal lagen en materiaal van de platen of banden, de weg van de luchtstroom, het luchtdoorlatend oppervlak, de methode en frequentie van afdraaien, het drogestofgehalte (DS%) van de laatst geleverde container mest, enzovoort. Het aantal droogtunnel- en bypassventilatoren en de diameter/maximale ventilatiecapaciteit per ventilator werden genoteerd.

Mest

Van de mest werd een monster genomen van het begin (aanvoerband of eerste droogtunnelband) en het einde (laatste band of container) van de droogtunnel ter bepaling van het drogestofgehalte. Daarnaast werd de mestlaagdikte en mesttemperatuur gemeten op verschillende plekken in de droogtunnel.

Bedrijfsituatie

Tijdens het bedrijfsbezoek werden de belangrijkste kenmerken van de stal en het bedrijfsmanagement in kaart gebracht, waaronder: het aantal dierplaatsen en aanwezige hennen, de week in productie, enzovoort.

Alle metingen zijn uitgevoerd terwijl de droogtunnel normaal in bedrijf was, dus niet tijdens het afdraaien van de mestbanden.

4.2 Resultaten

In Tabel 5 wordt een beschrijving gegeven van de acht bezochte leghennenbedrijven met een droogtunnel. In bijlagen 1 t/m 8 zijn foto's opgenomen van deze bedrijven. In Tabel 6 zijn gegevens opgenomen van algemene waarnemingen en bepalingen die zijn verricht tijdens het bedrijfsbezoek. In Tabel 4 worden de resultaten weergegeven van de metingen van de concentraties van PM10-stof en ammoniak.

Tabel 4 Gemiddelde PM10 en NH₃ concentraties gemeten in de ingaande en uitgaande lucht van de droogtunnel

	PM10			NH ₃		
	Ingaande lucht (stal of drukkamer)	Uitgaande lucht (uitgang droogtunnel)	Reductie	Ingaande lucht (stal of drukkamer)	Uitgaande lucht (uitgang droogtunnel)	Reductie
	[mg/m ³]	[mg/m ³]	(%)	[ppm]	[ppm]	(%)
Bedrijf 1	1,165	0,326	72	2,3	8,8	-293
Bedrijf 2	0,311	0,206	34	2,1	4,4	-106
Bedrijf 3	1,978	0,371	81	6,5	20,6	-219
Bedrijf 4	1,731	0,664	62	6,3	13,0	-105
Bedrijf 5	0,377	0,204	46	2,1	9,0	-331
Bedrijf 6	0,465	0,271	42	1,0	3,0	-200
Bedrijf 7	5,159	2,511	51	3,0	3,6	-20
Bedrijf 8	4,245	2,114	50	4,8	4,9	-3

Uit de waarnemingen, metingen en bepalingen blijkt het volgende.

- Er is een grote verscheidenheid in uitvoering en gebruik van de droogtunnels. Hoewel de aanpak per merk en bedrijf verschilt, wordt de mest in alle tunnels uiteindelijk wel droog (Tabel 6).
- Bij alle acht droogtunnels waren tijdens het bedrijfsbezoek de ventilatoren voor de droogtunnel maximaal in werking. Bij zeven van de acht droogtunnels wordt ook bij minimumventilatie de

ventilatiecapaciteit door de droogtunnel maximaal ingezet; de minimumventilatie gaat op deze bedrijven altijd door de droogtunnel. Alleen bij bedrijf 5 is de minimumventilatie van de stal lager dan de maximale ventilatiecapaciteit door de droogtunnel. Bij een minimale ventilatiebehoefte worden op bedrijf 5 ook droogtunnelventilatoren uitgeschakeld. Bij bedrijven 1, 4 en 5 zijn verder nokventilatoren aanwezig die vooral worden ingeschakeld om een goede verdeling van verse lucht over de stal te krijgen bij een lage ventilatiebehoefte.

- De relatieve luchtvochtigheid van de uitgaande lucht was ongeveer 2 tot 8 RV procenten hoger dan de relatieve luchtvochtigheid van de ingaande lucht, waarschijnlijk t.g.v. van verdamping van water uit de mest.
- De PM10 concentratie van de ingaande lucht (stal of drukkamer) is het hoogste bij het scharrelbedrijf (bedrijf 7 met gemiddeld $5,16 \text{ mg/m}^3$), gevolgd door de volièrebedrijven (bedrijven 1, 3, 4, 8 met gemiddeld respectievelijk $1,17$, $1,98$, $1,73$ en $4,25 \text{ mg/m}^3$) en tot slot de kooibedrijven (bedrijven 2, 5, 6 met gemiddeld respectievelijk $0,31$, $0,38$ en $0,47 \text{ mg/m}^3$).
- Tijdens de extra emissiemetingen uitgevoerd op acht bedrijven in augustus 2009 waren de gemiddelde ammoniakconcentraties van de uitgaande lucht ca. twee tot vijf maal hoger dan de gemiddelde ammoniakconcentraties van de ingaande de lucht van de droogtunnel (Tabel 4).
- De ammoniakconcentratie is het hoogst in de uitgaande lucht van de eerste mestbanden (verse mest) en het laagst in de uitgaande lucht van de laatste mestbanden (gedroogde mest). Op bedrijf 5 bijvoorbeeld, bedroeg de ammoniakconcentratie van de uitgaande lucht van mestbanden 1, 2/3, 4/5, 6/7, 8/9 en 10 gemiddeld respectievelijk 14, 14, 10, 7, 5 en 4 ppm.

Tabel 5 Resultaten waarnemingen bedrijfssituatie en droogtunnel

	Bedrijf 1	Bedrijf 2	Bedrijf 3	Bedrijf 4	Bedrijf 5	Bedrijf 6	Bedrijf 7	Bedrijf 8
Datum meting	24-7-2009	28-7-2009	3-8-2009	3-8-2009	4-8-2009	5-8-2009	6-8-2009	20-8-2009
Stal	Stal + overdekte uitloop	2 Stallen	Stal + overdekte uitloop	1 Stal	1 Stal	1 Stal	1 Stal	Stal + overdekte uitloop
Afmetingen (l x b), (m)	100 x 21 (+5)	120x19/118x21	65 x 18 (+ 5/5)	60 x 18	64 x 14	100 x 18	85 x 16	97 x 16 (+5/5)
Etages	2 etages	2 + 1 etages	1 etage	1 etage	2 etages	1 etage	2 etages	1 etage
Huisvestingssysteem	Volièresysteem 3 rijen stellingen Merk: Farmer-Automatic	Voorverrijkte kooien, 5 rijen, 3+3 lagen / Reguliere kooien, 6 rijen, 4 lagen	Volièresysteem 5 rijen stellingen Merk: Farmer-Automatic	Volièresysteem 6 rijen stellingen Merk: Volito	Reguliere kooien, 6 rijen 3+4 lagen Merk: Salmel	Voorverrijkte kooien 6 rijen, 6 lagen Merk: Salmel	Scharrel/ Grondhuisvesting Merk: Jansen Poultry Equipm.	Volièresysteem 3 rijen stellingen Merk: Big Dutchman
Productieweek	38	8	19	68	32	14	12	41
Merk leghennen	Lohmann LSL Lite	Lohmann LSL Lite	Lohmann Brown Lite	Lohmann Brown Lite	Lohmann LSL Classic	Lohmann LSL Classic	Lohmann Brown Lite	Lohmann LSL Classic
Aantal hennen bij opzet	Ca. 65.000	76.800+49.600	Ca. 27.000	Ca. 22.500	Ca. 48.000	Ca. 65.300	2 x 12.000	30.000
Aantal aanwezige hennen	Ca. 61.000	Ca. 125.000	Ca. 26.800	Ca. 21.000	Ca. 47.600	Ca. 65.000	Ca. 23.900	29.150
Fabrikant/leverancier droogtunnel	A	B	A	C	D	D	B	E
Positionering droogtunnel	Langszij achtergevel, onder verlengd staldak	In schuur langszij en tussen stallen in	Langszij achtergevel in inpandige ruimte 18x8 m	In schuur, haaks op achtergevel aan de stal vast	Langszij zijgevel stal, onder afdak met open front	Langszij zijgevel stal, onder afdak met open front	Langszij achtergevel in inpandige ruimte 18x15 m	In schuur, haaks op achtergevel aan de stal vast
Luchtuitlaat droogtunnel	Direct naar buiten	Door nok schuur	Door open kap in achtergevel stal	Door open kap in achtergevel schuur	Door open front	Door open front	Opening 15x0,6 m in zijgevels + achterdeuren	Opening in achtergevel schuur + achterdeuren
Uitvoering	Metalen platen	Polyprop. banden	Metalen platen	Polyprop. banden	Polyprop. banden	Polyprop. banden	Polyprop. banden	Polyprop. banden
Aantal platen/banden	1 opstelling van 4 lagen	2 opstellingen Elk 10 lagen	1 opstelling van 2 lagen	1 opstelling van 5 lagen	1 opstelling van 10 lagen	1 opstelling van 8 lagen	1 opstelling van 12 lagen	1 opstelling van 8 lagen
Afmetingen (l x b; m)	18/19x1,96	40 x 1,50	16,5 x 1,96	30 x 1,26	43,5 x 1,11	73 x 1,11	12 x 1,50	15,5 x 1,75
Totaal oppervlak (m ²)	145	1200	65	189	483	648	216	217
oppervlak per hen (cm ²)	22,3	94,9	24,0	84,0	100,6	99,3	90,0	72,3
Geperforeerd opp. (%)	35	10,4	35	10	8	8	10,4	8
Max. vent. capaciteit door droogtunnel	5 drukvent. Ø 95 cm Elk 26.700 m ³ /h	12 v-snaar vent. Elk 25.000 m ³ /h	2 drukvent. Ø 95 cm Elk 25.000 m ³ /h	2 drukvent. Ø 85 cm Elk 18.800 m ³ /h 2+1 v-snaarvent. Ø 130 / 95 cm	3 v-snaar vent. Ø 130 cm Elk 40.000 m ³ /h	6 v-snaar vent. Ø 130 cm Elk 40.000 m ³ /h	4 drukvent. Ø 95 cm Elk 20.000 m ³ /h	5 v-snaar vent. Ø 130 cm
Max. vent. capaciteit door bypass	7 v-snaar vent. Elk 36.000 m ³ /h 3 nokventilatoren	18 v-snaar vent. Elk 25.000 m ³ /h	4 v-snaar vent. Elk 30.000 m ³ /h 3 nokventilatoren	3 v-snaar vent. Ø 130 cm Elk 40.000 m ³ /h 4 nokvent.	9 v-snaar vent. Ø 130 cm Elk 40.000 m ³ /h	10 v-snaar vent. Ø 130 cm Elk 40.000 m ³ /h	6 v-snaar vent. Ø 130 cm Elk 40.000 m ³ /h 2 v-snaar vent. Ø 95 cm Elk 20.000 m ³ /h	3 v-snaar vent. Ø 130 cm

Rapport 280

	Bedrijf 1	Bedrijf 2	Bedrijf 3	Bedrijf 4	Bedrijf 5	Bedrijf 6	Bedrijf 7	Bedrijf 8
Max. vent. capaciteit door droogtunnel, per hen	2,1 m ³ /uur	2,4 m ³ /uur	1,9 m ³ /uur	3,9 m ³ /uur	2,5 m ³ /uur	3,7 m ³ /uur	3,3 m ³ /uur	4,0 m ³ /uur

Tabel 6 Resultaten van waarnemingen, metingen en bepalingen tijdens het bedrijfsbezoek

	Bedrijf 1	Bedrijf 2	Bedrijf 3	Bedrijf 4	Bedrijf 5	Bedrijf 6	Bedrijf 7	Bedrijf 8
Datum meting	24-7-2009	28-7-2009	3-8-2009	3-8-2009	4-8-2009	5-8-2009	6-8-2009	20-8-2009
Temp. 10.00 uur (°C)	17	17	17	17	20	21	22	27
Temp. 16.00 uur (°C)	20	19	22	22	25	26	30	36
RV buiten (%)	70–90	60–85	70–85	60-70	60-65	60	50–60	30-50
Bewolgingsgraad	Half tot zwaar bewolkt	Half tot zwaar bewolkt	Half tot zwaar bewolkt	Half bewolkt	Onbewolkt tot licht bewolkt	Onbewolkt tot licht bewolkt	Onbewolkt	Licht tot half bewolkt
Neerslag	Buien	Geen	Buien	Geen	Geen	Geen	Geen	Geen
Wind	ZW 3–4 Bft	ZW 3–4 Bft	ZW 2–3 Bft	W 2–3 Bft	Z 2–3 Bft	ZO 2–3 Bft	ZO 2–3 Bft	Z 2–3 Bft
Vent. niveau (%)	86	Ca. 80	Ca. 70	Ca. 75	Ca. 70	>70	>70	100
Vent. niveau tunnel (%)	100	100	100	100	100	100	100	100
T lucht ingaand (°C)	-	23	21	25–26	24,8	26,5	26,0	34,0
RV lucht ingaand (%)	-	62–66	78–80	58–67	67	65–66	65	50,0
T lucht uitgaand (°C)	20,5	23	20,5	23,7	24	26,1–26,6	26,0	33,6
RV lucht uitgaand (%)	73–82	68–69	80–84	66–69	75	65–67	65–68	51,5
Luchtsnelheid (m/s)	3,6–4,8	0,5–1,3	0,3–0,7	0,9–1,2	1,3–1,6	1,6–2,2	1,6–1,9	2,6–2,9
Voordroging in stal?	Ja	Alleen stal 1	Nee	Nee	Ja	Ja	Nee	Ja
DS% aanvoerband	31,8	*)	33,7	39,0	*)	*)	*)	*)
DS% begin tunnel (%)	*)	*)	*)	87,9	46,4	58,2	52,5	87,6
DS% halverw. tunnel (%)	85,1	76,1	*)	*)	73,7	*)	*)	*)
DS% einde tunnel (%)	72,9	87,4	65,8	90,0	87,6	84,6	88,4	85,4
DS% container	*)	*)	88,1	*)	*)	*)	*)	*)
Tijd na laatste keer afdr.	Ca. 10 uren	Ca. 6 uren	<6 uren	Ca. 48 uren	Ca. 6 uren	Ca. 7 uren	Ca. 29 uren	Ca. 72 uren
T mest in droogtunnel	*)	*)	Band 1: 18,3–19,0 Band 2: 19,8–21,0	Band 1: 25,0 Band 3: 25,1 Band 5: 26,6	Band 3: 20–22 Band 7: 25,1 Band 9: 25,8	Band 3: 22,0 Band 7: 26,2	Band 1: 25,0 Band 11: 26,0	Band 1: 32,0 Band 5: 32,4 Band 7: 32,7
Mestlaagdikte (cm)	Band 3/4: 11–17	Alle banden: 9–10	Band 1: 13–20 Band 2: ca. 15	Band 1: 10–12 Band 3: 13 Band 5: 11	Band 3: 8–9 Band 7: 7–8 Band 9: 6–8	Band 3: 6–7 Band 7: 4–5	Band 1: 5–6 Band 11: 5–6	Alle banden: 8–11
Afdraaien mestbanden	2x per dag Ca. 25% van stal Op tijd klok 04:00 + 16:00 uur	1x per dag Ca. 20% van stal Handmatig rond 06:00 uur	1x per dag Ca. 25% van stal Handmatig Onregelmatig	1x per dag Ca. 1/3 van stal Handmatig Onregelmatig	1x per dag Ca. 1/3 van stal Op tijd klok 05:00 uur	1x per dag Ca. 50% van stal Handmatig 04:30 uur	1x per dag Ca. 1/3 van stal Handmatig 's Ochtends	2x per week De gehele stal Handmatig 's Ochtends
Verblijftijd mest in tunnel	Ca. 4 dagen	Ca. 5 dagen	Ca. 4 dagen	Ca. 3 dagen	Ca. 3 dagen	Ca. 2 dagen	Ca. 3 dagen	3 of 4 dagen

*) geen meting / monsternamen

5 Discussie

De initiële metingen op de twee bedrijven met droogtunnels was gericht op de vraag of een droogtunnel een bijdrage kan leveren aan de reductie van de emissie van fijnstof uit een pluimveestal. Net als bij andere metingen in het kader van de problematiek van de emissie van fijnstof, zijn niet alleen metingen uitgevoerd aan PM10, maar ook aan andere emissies, zoals ammoniak. Uit de resultaten (hoofdstuk 3) blijkt dat de droogtunnels een aanzienlijk hogere emissie van ammoniak geven dan verwacht op basis van de emissiewaarden in de bijlage van de Rav. Daarom zijn aanvullende metingen gedaan (alleen PM10 en ammoniak) op de voornoemde twee bedrijven en op nog eens zes andere bedrijven met droogtunnels (hoofdstuk 4).

Uit de registratie van de technische kenmerken van de droogtunnels op de acht bedrijven blijkt dat er een grote diversiteit is in uitvoering (afmetingen, materiaal, luchtdoorvoer) en gebruik (laagdikte, ventilatie-debiet, mest handling). Deze diversiteit zou ten grondslag kunnen liggen aan de grote verschillen in de meetresultaten. Een aantal factoren die een rol kunnen spelen bij de reductie van PM10 en de extra emissie van ammoniak door de droogtunnel worden weergegeven in Tabel 7, 8a en 8b.

Tabel 7 Factoren bij droogtunnels die van invloed kunnen zijn op de reductie van PM10 en de extra ammoniakemissie en hun waarden bij de acht bedrijven tijdens de extra waarnemingen

Bedrijf	Reductie		Geïnstalleerd debiet door droogtunnel	Oppervlakte banden	Geperforeerd oppervlak	Voordroging in stal?	Tijd na laatste keer afdraaien	Mestlaagdikte	Droge stof mest (%)			Luchttemperatuur (°C)		
	PM10	NH ₃							in	helft	uit	lucht in	lucht uit	mest
	%	%	m ³ /dier per uur	cm ² /hen	%	ja/nee	uur	cm						
1	72	-293	2,1	22	35	ja	10	11-17	32 ¹⁾	85	73		21	-
2	34	-106	2,4	95	10	stal 1	6	9-10	-	76	87	23	23	-
3	81	-219	1,9	24	35	nee	6	13-20	34 ¹⁾	-	66 ³⁾	21	21	18-21
4	62	-105	3,9	84	10	nee	48	10-13	39 ^{1), 4)}	-	90	26	24	25-27
5	46	-331	2,5	101	ca. 8	ja	6	6-9	46 ²⁾	74	88	25	24	20-26
6	42	-200	3,7	99	ca. 8	ja	7	4-7	58 ²⁾	-	85	27	27	22-26
7	51	-20	3,3	90	10	nee	5	5-6	53 ²⁾	-	88	26	26	25-26
8	50	-3	4,0	72	ca. 8	ja	72	8-11	88 ²⁾	-	85	34	34	32-33

¹⁾ Drogestofgehalte van mestmonster genomen van de aanvoerband van stal naar droogtunnel

²⁾ Drogestofgehalte van mestmonster genomen van het begin van de eerste band van de droogtunnel

³⁾ Drogestofgehalte van de mest in de container was 88,1%

⁴⁾ Drogestofgehalte op de eerste band aan het begin van de tunnel was 87,9%

Tabel 8a Vergelijking tussen de systeemeisen aan droogtunnels volgens BWL 2005.6 (E 6.4.1; droogtunnel met geperforeerde banden) en de werkelijke situatie op de bemeten bedrijven

Eis in BWL 2005.6	Werkelijke situatie					
	Bedrijf					
	2	4	5	6	7	8
<i>Bandoppervlak bij laagdikte van 10 cm:</i> minimaal 1 m ² per 200 leghennen	(9-10) 1,90	(10-13) 1,68	(6-9) 2,01	(4-7) 1,99	(5-6) 1,80	(8-11) 1,45
<i>Luchtdoorlatend oppervlak:</i> minimaal 10%	10,4	10,0	ca. 8	ca. 8	10,4	ca. 8,0
<i>Drooglucht door tunnel en mest:</i> minimaal 0,2 m ³ /uur per leggen	≤2,4	≤3,9	≤2,5	≤3,7	≤3,3	≤4,0
<i>Opbouw tegendruk ventilatoren:</i> minimaal 150 Pascal mogelijk	v- snaar vent.	druk- en v-snaar vent.	v- snaar vent.	v- snaar vent.	druk- vent.	v- snaar vent.
<i>Drogestofgehalte bij inbrengen mest:</i> minimaal 45%	-	39 ^{a)}	46 ^{b)}	58 ^{c)}	53 ^{d)}	-
<i>Drogestofgehalte na 72 uur drogen:</i> minimaal 80%	87	90	88	85	88	85

a) Mestmonster van aanvoerband naar droogtunnel; ongedroogd

b) Mestmonster van eerste droogband na ca. 6 uren drogen

c) Mestmonster van eerste droogband na ca. 7 uren drogen

d) Mestmonster van eerste droogband na ca. 29 uren drogen

Tabel 8b Vergelijking tussen de systeemeisen aan droogtunnels volgens BWL 2007.9 (E 6.4.2; droogtunnel met geperforeerde metalen platen) en de werkelijke situatie op de bemeten bedrijven

Eis in BWL 2007.9	Werkelijke situatie	
	Bedrijf	
	1	3
<i>Bandoppervlak bij laagdikte van 10 cm:</i> minimaal 1 m ² per 420 leghennen	0,94	1,01
<i>Luchtdoorlatend oppervlak:</i> minimaal 35%	35	35
<i>Drooglucht door tunnel en mest:</i> minimaal 0,2 m ³ /uur per leggen	≤2,1	≤1,9
<i>Opbouw tegendruk ventilatoren</i> minimaal 100 Pascal mogelijk	druk- vent.	druk- vent.
<i>Drogestofgehalte bij inbrengen mest:</i> minimaal 45%	32 ^{a)}	34 ^{a)}
<i>Drogestofgehalte na 72 uur drogen:</i> minimaal 80%	73 ^{b)}	88 ^{c)}

a) Mestmonster van aanvoerband naar droogtunnel; ongedroogd

b) Mestmonster van laatste droogplaat; nog ca. 14 drooguren te gaan

c) Mestmonster uit container (geheel gedroogde mest)

Uit de resultaten in hoofdstuk 4 en uit de vergelijking van deze gegevens in Tabellen 7, 8a en 8b kan het volgende worden opgemerkt.

De bemeten droogtunnels voldoen grotendeels aan de eisen die worden gesteld in BWL 2005.6 (voor E 6.4.1; droogtunnel met geperforeerde banden) en BWL 2007.9 (voor E 6.4.2; droogtunnel met geperforeerde metalen platen).

In alle bemeten droogtunnels wordt de mest (onder de toen heersende zomerse weersomstandigheden) goed droog (>80%). In tegenstelling tot hetgeen de systeembeschrijving voorschrijft komt echter op bedrijven 1, 3 en 4 en vermoedelijk ook bedrijven 5 en 6 de mest met een drogestofgehalte van minder dan 45% de droogtunnel binnen.

Verder valt op dat de drogestofgehalten van de mest van de aanvoerband naar de droogtunnel (bedrijven 1, 3 en 4) en van de mest aan het begin van de eerste band van de droogtunnel (bedrijven 5 t/m 8) niet duidelijk hoger waren op bedrijven met voordroging in de stal t.o.v. bedrijven zonder voordroging in de stal. Dit zou erop kunnen duiden dat de voordroging in de stal niet voldoende effectief is.

Waarschijnlijk komt de mest in de onderzochte droogtunnels in het algemeen te nat aan en wordt deze onvoldoende snel gedroogd, waardoor ammoniakvorming door microbiële activiteit onvoldoende wordt stilgelegd.

Van hoge mestbanden (verse mest) naar lage mestbanden (droge mest):

- nam de mestlaagdikte enigszins af (zichtbaar bij droogtunnels waar de mest even dik op alle banden wordt gestort, bedrijf 4 en 5). Dit wordt waarschijnlijk veroorzaakt door de verdamping van vocht uit de keutels;
- nam de mesttemperatuur toe (bedrijven 3 t/m 7). Dit wordt wellicht veroorzaakt doordat de laag harde, droge en gekrompen keutels op de onderste banden meer stallucht doorlaten t.o.v. de bovenste banden en daardoor de staltemperatuur aannemen die hoger is dan de temperatuur van de verse mest. Daarnaast wordt door een grotere verdamping van water uit de verse keutels op de bovenste banden meer warmte onttrokken aan de lucht.

De reductie van PM10 stof over de droogtunnel wordt waarschijnlijk beïnvloed door:

- het aantal mestlagen dat de stallucht achtereenvolgens moet passeren; twee mestlagen reduceren meer dan één. Bedrijven 1 en 3 (de twee droogtunnels van merk B) hebben de hoogste reductie van PM10 stof (respectievelijk 72% en 81%). Op bedrijf 1 wordt de helft van de ventilatielucht van de droogtunnel achtereenvolgens door 2 mestlagen gestuwd voordat het de droogtunnel verlaat. De andere helft passeert één mestlaag. Op bedrijf 3 wordt alle droogtunnellucht achtereenvolgens door de twee mestlagen gestuwd. Bij de andere gemeten droogtunnels passeert de luchtstroom 1 mestlaag.
- de dikte van de mestlaag; een dikkere mestlaag geeft waarschijnlijk een hogere afvang efficiëntie. De twee bedrijven met de hoogste reductie van PM10 stof (bedrijven 1 en 3; respectievelijk 72% en 81% reductie) hebben – naast een passage van de luchtstroom door twee mestlagen – tevens de grootste mestlaagdikte (max. 17 tot 20 cm). Bedrijf 4 heeft een PM10 reductie van 62% bij een mestlaagdikte van 10–13 cm. Bedrijven 2, 5, 6 en 7 hebben een PM10 reductie tussen 34 en 51% bij een mestlaagdikte van 4–10 cm.
- de droogte/consistentie van de keutels; droge, harde, gekrompen mestkeutels hebben grotere poriën tussen de keutels en zijn minder plakkerig. Dit resulteert waarschijnlijk in een lagere afvang efficiëntie.

Op bedrijf 8 is de ammoniakconcentratie van de uitgaande lucht van de droogtunnel niet of nauwelijks hoger dan die van de ingaande lucht. Op dit bedrijf wordt tweemaal per week alle mest in de stal in de droogtunnel gedraaid dat vervolgens gedurende 3 of 4 dagen wordt gedroogd. Er is dus geen verschil in drogestofgehalte van de mest tussen banden. De meting vond plaats op de derde dag na afdraaien bij een bijna voltooide droging. Dit verklaart waarschijnlijk de lage ammoniakconcentratie in de uitgaande lucht van de droogtunnel.

Uit de gegevens van Tabel 7 blijkt dat er geen factor is waarmee het verschil in ammoniakemissies tussen bedrijven (Tabel 4) kan worden verklaard. Wel is duidelijk dat op het moment dat de mest droog is er nauwelijks ammoniak (meer) wordt gevormd (bedrijf 8). Ook op bedrijf 4 lijkt dit het geval, maar minder sterk. Mogelijk dat het ontbreken van de voordroging in de stal hier een rol in speelt.

Uit de waarnemingen komt een veel hogere ammoniakemissie dan de niveaus die verwacht mogen worden op basis van de waarde in de bijlage van de Rav. Deze laatste waarde is gebaseerd op metingen aan een droogtunnel nageschakeld aan een stal met ca. 17.820 legouderdieren in volièrehuisvesting (Huis in 't Veld e.a., 1999). De droogtunnel verwerkte ook de mest uit een tweede (niet bemeten) stal. In totaal werd de mest van 35.640 legouderdieren in de droogtunnel gebracht. De droogtunnel bestond uit 7 geperforeerde banden van elk 26,3 m lang en 1,15 m breed. De mestlaagdikte bedroeg ca. 10 cm. In de stal werd afwisselend de mest op de mestbanden in het volièresysteem (01:00 tot 18:00 uur; 0,82 m³/uur per dier) en het strooisel (18:00 tot 01:00 uur; eveneens 0,82 m³/uur per dier) belucht. In de zomermeetperiode bedroeg de gemiddelde ingaande ammoniakconcentratie 1,9 mg/m³ (ca. 3 ppm), de gemiddelde uitgaande ammoniakconcentratie 3,9

mg/m³ (ca. 6 ppm); een toename over de droogtunnel van gemiddeld 50%. In de wintermeetperiode bedroeg de gemiddelde ingaande ammoniakconcentratie 11,1 mg/m³ (ca. 16 ppm), de gemiddelde uitgaande ammoniakconcentratie 13,1 mg/m³ (ca. 18 ppm); een toename over de droogtunnel van gemiddeld 18%. Uit de droogtunnel werd een extra ammoniakemissie vastgesteld van 2,3 (zomermetingen) en 1,8 (wintermetingen) g/dierplaats per jaar. De metingen werden uitgevoerd bij een laag ventilatiedebiet door de droogtunnel (continue beluchting; 0,14 m³/uur per dier; 5000 m³/uur totaal). Dit heeft vermoedelijk de lage (extra) emissie van ammoniak uit de droogtunnel tot gevolg gehad. Er werden geen gegevens gerapporteerd t.a.v. het drogestofgehalte van de mest.

Ten aanzien van de berekende emissies moet worden opgemerkt dat het slechts om een deel van de totale emissie van de bedrijven gaat. De in dit rapport vastgestelde emissies en emissiereducties hebben alleen betrekking op het deel van de ventilatielucht die via de droogtunnel de stal verlaat. Veelal is dit deel gelijk aan de minimumventilatie van de stal. Als meer ventilatie nodig is, bij hogere temperaturen, gaat deze extra hoeveelheid ventilatielucht buiten de tunnel om naar buiten.

6 Conclusies

Op basis van dit onderzoek in twee leghennenstallen met een droogtunnel zijn de volgende jaaremissies (niet gecorrigeerd voor leegstand) en gemiddelde emissiereducties (\pm standaarddeviatie tussen bedrijven) bepaald:

	Emissie vóór de droogtunnel	Emissie na de droogtunnel	Gemiddelde emissiereductie (%)
PM10 (g/dierplaats per jaar)	20,0 \pm 22,0	3,9 \pm 1,7	58 \pm 35 ¹⁾
PM2,5 (g/dierplaats per jaar)	1,2 \pm 1,4	0,4 \pm 0,4	44 \pm 18 ¹⁾
NH ₃ (g/dierplaats per jaar)	76,8 \pm 49,3	318,1 \pm 15,5	-
Geur (OU _E /dierplaats per s)	0,30 \pm 0,05	0,41 \pm 0,07	-
CH ₄ (g/dierplaats per jaar)	22,2 \pm 0,7	20,2 \pm 3,3	-
N ₂ O (g/dierplaats per jaar)	1,2 \pm 0,2	1,4 \pm 0,3	-

¹⁾ De emissiereducties van PM10, PM2,5 en totaalstof werden berekend door voor elke afzonderlijke meting een emissiereductie vast te stellen en van deze twaalf emissiereducties het totaal gemiddelde te bepalen.

²⁾ Totaalstof is alleen gemeten op bedrijf 1

Uit het aanvullend onderzoek kan het volgende worden geconcludeerd:

- er is een grote verscheidenheid in uitvoering en gebruik van de droogtunnels;
- de emissies en emissiereducties van PM10 en ammoniak uit de aanvullende metingen op zes bedrijven komen goed overeen met het beeld uit de initiële metingen;
- de reductie van fijnstof door de droogtunnels varieert sterk, maar is substantieel (34–81%);
- de extra emissie van ammoniak door de droogtunnels varieert ook sterk en lijkt beduidend hoger te zijn dan de waarden die nu in de bijlage van de Rav zijn opgenomen;
- de reductie van fijnstof wordt beïnvloed door de dikte van de mestlaag en het aantal mestlagen dat de lucht moet passeren. Hoe dikker de mestlaag hoe hoger de fijnstofreductie. Twee mestlagen reduceren meer dan één;
- de emissie van ammoniak wordt beïnvloed door het drogestofgehalte van de mest; de emissie uit verse mestlagen is aanzienlijk hoger dan de emissie uit gedroogde mestlagen.

De in dit rapport vastgestelde emissies hebben alleen betrekking op de lucht die door de droogtunnels is gegaan. Daarnaast wordt ook ventilatielucht rechtstreeks naar buiten geblazen. In het onderzoek zijn geen waarnemingen gedaan ten aanzien van de concentraties in die luchtstroom. De emissies zijn niet gecorrigeerd voor leegstand. Zonder rekening te houden met voornoemde aspecten mogen de emissiewaarden niet worden vergeleken met de emissiewaarden uit ander onderzoek of de bijlage van de Rav.

Literatuur

- CEN standard 13725. 2003. Air quality - Determination of odour concentration by dynamic olfactometry. European Committee for Standardization, Brussels, Belgium.
- Chardon, W.J., K.W. Van der Hoek. 2002. Berekeningsmethode voor de emissie van fijn stof vanuit de landbouw. Alterra-rapport 682 / RIVM-rapport 773004014. 36 pp.
- 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 UR.
- 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, Wageningen UR.
- Huis in 't Veld, J.W.H., P.W.G. Groot Koerkamp en R. Scholtens. 1999. Onderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XLVI; Voletage volièresysteem voor legouderdieren en een droogtunnel met geperforeerde mestbanden. Rapport 99-10, Instituut voor Milieu- en Agritechniek, Wageningen.
- 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 UR.
- 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. Luchtkwaliteit - Algemene gravimetrische referentiemethode voor de bepaling van de PM2,5-massafractie van zwevende stof in de buitenlucht, 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 UR.
- 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 UR.
- 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.
- Wintjens, Y. 1993. Gaswasfles. In: Meetmethoden NH3-emissie uit stallen. Onderzoek inzake de mesten ammoniakproblematiek in de veehouderij 16 (eds E.N.J. van Ouwkerk). DLO, Wageningen. pp. 38-40.
- Winkel, A., J. Mosquera, J.M.G. Hol, G.M. Nijeboer, N.W.M. Ogink, A.J.A. Aarnink. 2009. Fijnstofemissie uit stallen: leghennen in volièreshuisvesting. Rapport 278 (herziene versie januari 2011), Wageningen UR Livestock Research.
- 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 leghennenstal 1



Achtergevel leghennenstal met droogtunnel onder het verlengde dak



Detailfoto van de droogtunnel langsij de achtergevel onder het verlengde dak

1 – 4: de posities van de vier lagen metalen platen met mest.

5: houten bekisting die stallucht vanuit een drukventilator van de eerste etage naar de drukkamer geleid. De drukkamer (niet zichtbaar) bevindt zich tussen achterwand en droogtunnel over de hele lengte van de droogtunnel.

6: bypass ventilator (eerste etage) die de lucht over de bovenste mestlaag (laag 1) naar buiten blaast.

De bypass ventilatoren van de begane grond (niet zichtbaar) blazen de lucht tussen laag 2 en 3 door naar buiten.

De droogtunnellucht stroomt:

- achtereenvolgens door band 4 en 3 omhoog en tussen band 3 en 2 naar buiten;
- door band 2 naar beneden en tussen band 3 en 2 naar buiten;
- door band 1 omhoog en samen met de bypasslucht van de eerste etage over band 1 naar buiten.



Foto van de binnenzijde van de stal, grondetage



Binnenzijde ventilatoren in de achtergevel



Meetpositie ingaande lucht van de droogtunnel (laag, platen 3 en 4) in de drukkamer



Meetpositie ingaande lucht van de droogtunnel (hoog, platen 1 en 2) in de drukkamer



Twee meetopstellingen voor de uitgaande lucht



Detailfoto meetpositie uitgaande lucht

Bijlage 2 Foto's leghennenstal 2



Achtergevels stallen (links stal 1, rechts stal 2)



Schuur met droogtunnel tussen de stallen in



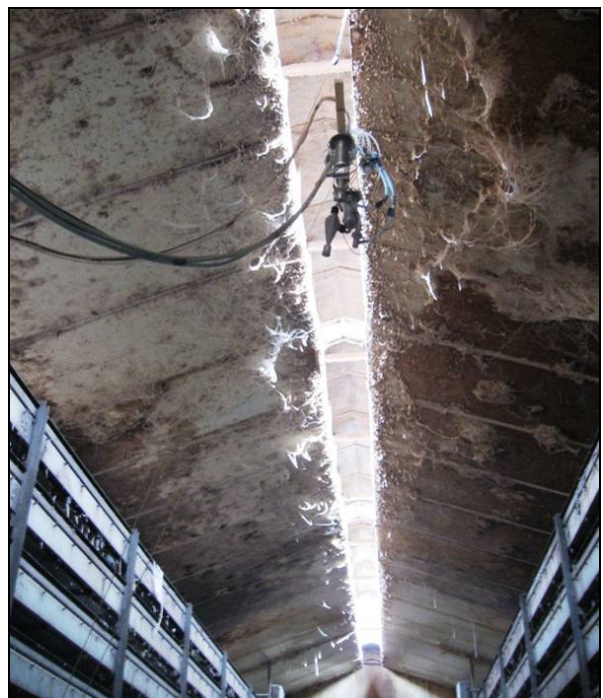
Bypass ventilatoren (5x) in zijgevel stal 1



Meting ingaande lucht, in de drukkamer



Meting uitgaande lucht, nok, binnenzijde tunnel
De banden zijn genummerd van vers naar droog



Detailfoto meting uitgaande lucht in de nok

Bijlage 3 Foto's leghennenstal 3



Achterzijde stal met in pandige droogtunnel en container



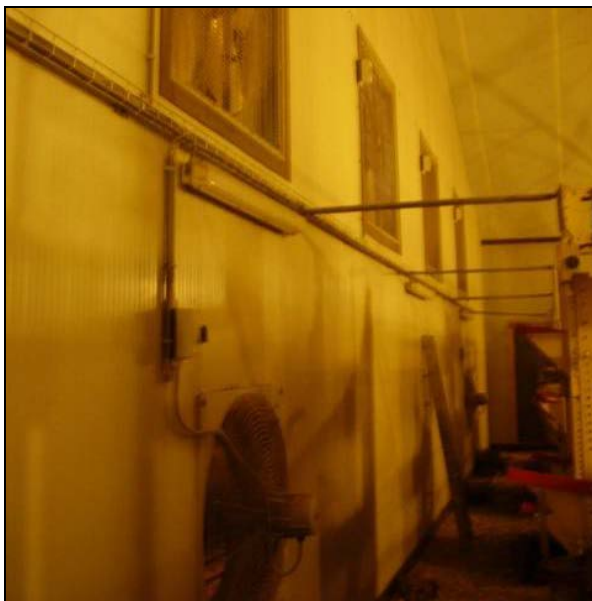
Overdekte en onbedekte uitloop



Voliëresysteem



Droogtunnel met 4 bypassventilatoren (boven)



2 Druk- (onder) en 4 bypassventilatoren (boven)



Drukkamer tussen achtergevel stal en droogtunnel
De posities van de mestbanden zijn genummerd
Lucht stroomt door laag 2 en 1 omhoog naar buiten

Bijlage 4 Foto's leghennenstal 4



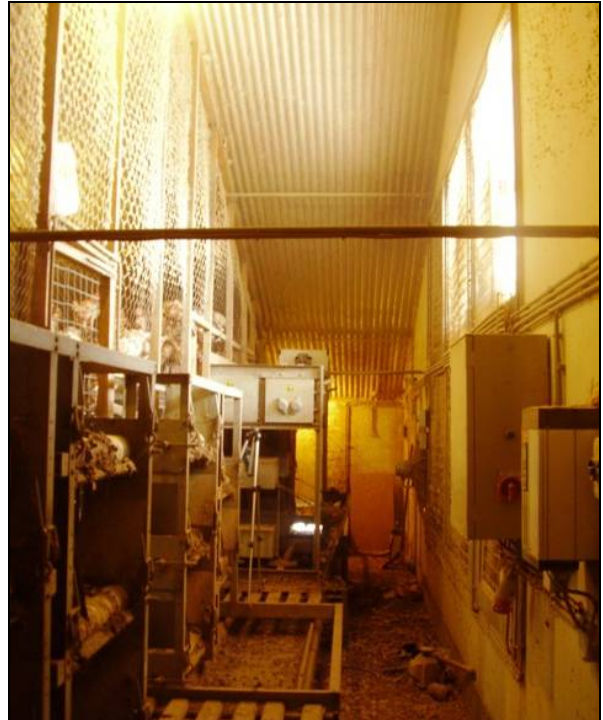
Schuur met droogtunnel haaks op achtergevel



Meting ingaande lucht in drukkamer



Meting van de uitgaande lucht (tussen band 3-4)



Achtergevel stal met bypassventilatoren (bovenin)



Geperforeerde polypropyleen mestbanden



Drukventilator in achtergevel naar drukkamer

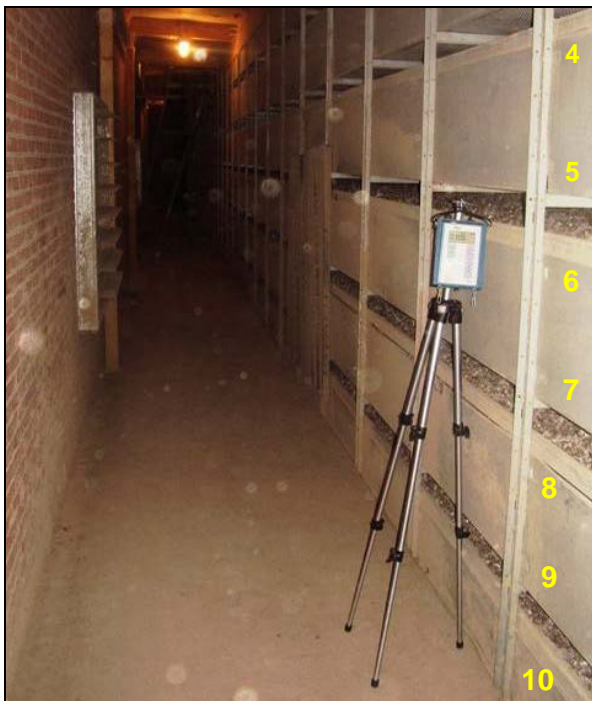
Bijlage 5 Foto's leghennenstal 5



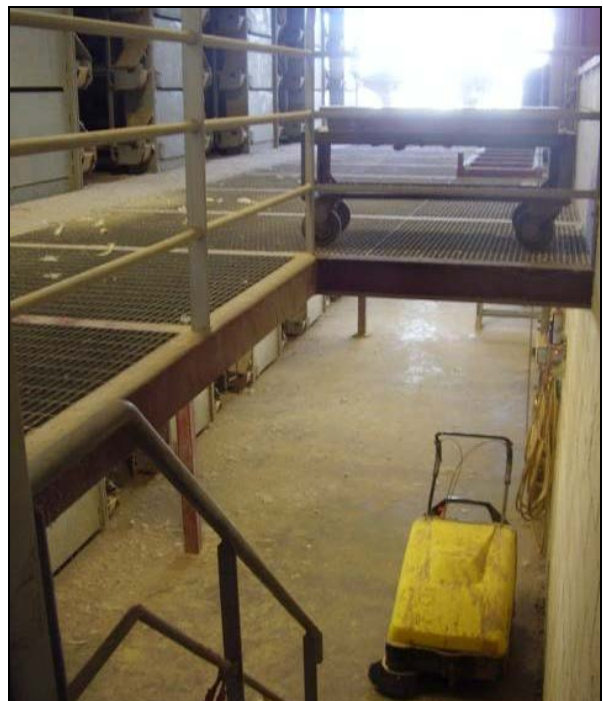
Droogtunnel (43,5 m) onder afdak met open front



Meting uitgaande lucht, tussen band 6 en 7



Een meting van de ingaande lucht in drukkamer



Binnenzijde stal met 2 etages voorverrijkte kooien



Geperforeerde polypropyleen mestband

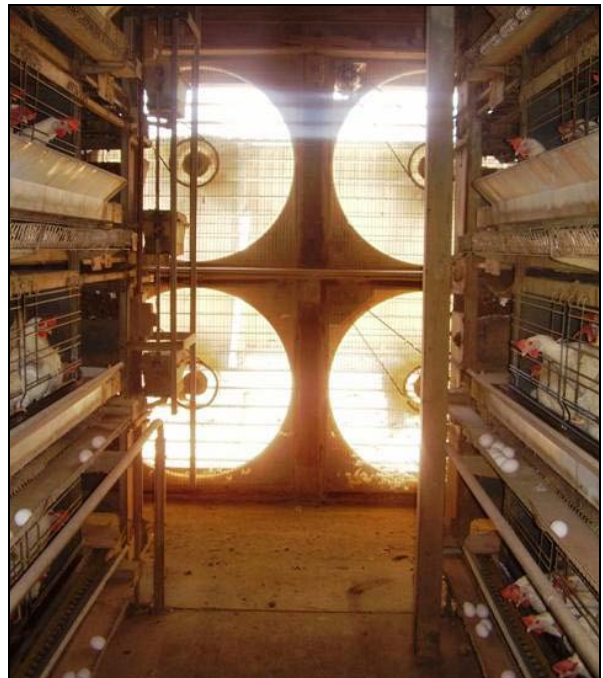


Groep van 9 bypassventilatoren (6 zichtbaar)

Bijlage 6 Foto's leghennenstal 6



Links en rechts: droogtunnel (73 m) onder afdak met open front (banden genummerd in geel, van verse naar droge mest)



Groep van 10 bypassventilatoren in achtergevel



Loods voor mestopslag

Bijlage 7 Foto's leghennenstal 7



Scharrelstal (rechts): twee etages en droogtunnel



Groep van 4 bypassventilatoren (begane grond)



Groep van 4 bypassventilatoren (eerste etage)
De eerste vier mestbanden zijn geel genummerd



Luchtuitlaat: open strook in zijgevel en achterdeur



Droogtunnel (12 lagen), mestopslag in kisten



Meting van de uitgaande lucht (tussen band 10-11)

Bijlage 8 Foto's leghennenstal 8



Leghennenstal met overdekte uitloop



Schuur met droogtunnel haaks op achtergevel stal



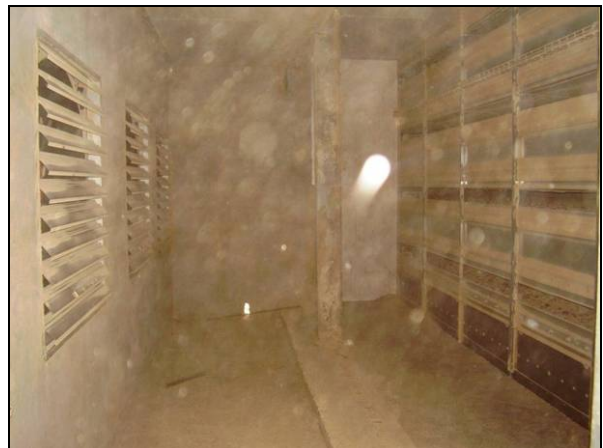
Droogtunnel



Droogtunnel en mestopslag



Bovenzijde droogtunnel



Drukkamer met v-snaar ventilatoren in achtergevel

Bijlage 9 Berekening jaargemiddelde PM10-emissiereductie droogtunnels op stalniveau

R.A. van Emous, H.H. Ellen, A. Winkel en N.W.M. Ogink

Inleiding

In dit rapport zijn metingen verricht aan twee leghennenstallen met een nageschakeld mestdroogsysteem. Uit dit onderzoek blijkt dat mestdroogsystemen een aanzienlijke reductie van de fijnstofemissie kunnen bewerkstelligen. Om mestdroogsystemen aan te merken als techniek voor emissiereductie van fijnstof ontstond de behoefte om de jaargemiddelde emissiereductie van droogtunnels voor fijnstof op stalniveau zo accuraat mogelijk in te schatten. Hiertoe worden in deze bijlage additionele berekeningen gerapporteerd.

In deze bijlage wordt via berekeningen nagegaan wat de jaargemiddelde reductie van een droogtunnel is op de totale PM10 emissie van een volièrestal. Deze berekeningen zijn gebaseerd op een gestandaardiseerde weergave van de fijnstofemissie en fijnstofconcentratie gedurende een jaar. Voor twee variabelen (ventilatie-niveau en verwijderingsrendement van de droogtunnel) is een aantal verschillende niveaus doorgerekend omdat deze variabelen in de praktijk behoorlijk kunnen verschillen in de loop van een kalenderjaar. Hierna worden vervolgens de wijze van berekeningen, de instelniveaus van de variabelen in de scenarioberekeningen en de resultaten toegelicht en bediscussieerd.

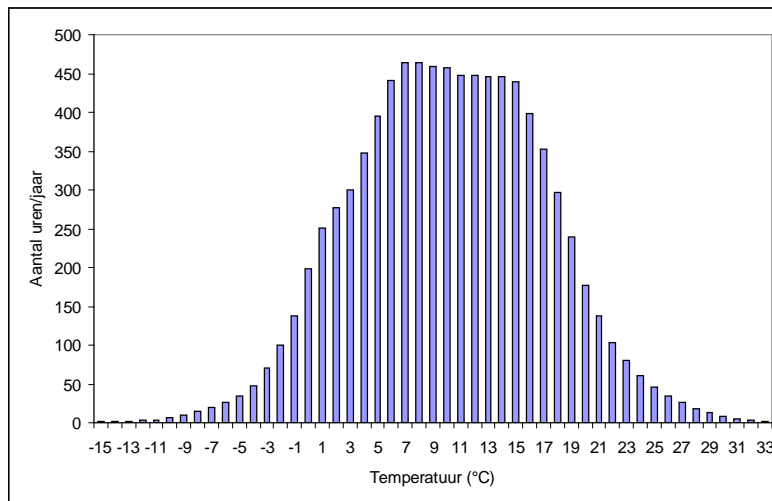
Methoden

Voor het berekenen van de jaargemiddelde PM10-emissiereductie van een droogtunnel nageschakeld aan een volièrestal is een aantal gegevens nodig:

1. verdeling van de buitentemperatuur over het jaar (zogenaamde graaduren);
2. het ventilatiedebiet van een volièrestal als functie van de buitentemperatuur;
3. de PM10 concentratie in de stal als functie van de buitentemperatuur;
4. het ventilatiedebiet door de droogtunnel;
5. het verwijderingsrendement van de droogtunnel voor PM10.

Ad 1: verdeling van de buitentemperatuur over het jaar

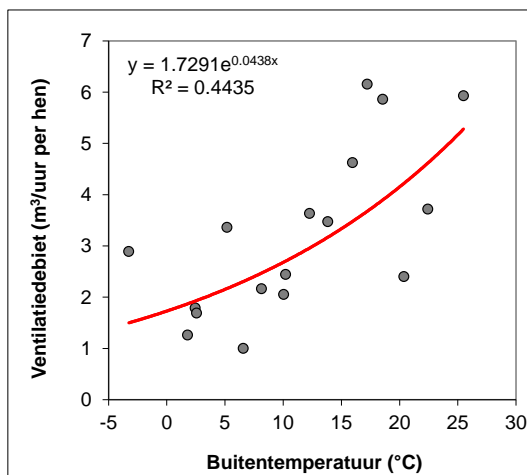
Om inzicht te krijgen in het verloop van de buitentemperatuur in Nederland zijn gegevens van het KNMI gebruikt (<http://www.knmi.nl/klimatologie/uurgegevens/>). De uurwaarden van temperatuur van de jaren 1951 tot en met 2009 zijn gemiddeld en worden weergegeven in Figuur A.



Figuur A – De verdeling van het optreden van een buitentemperatuur over het kalenderjaar weergegeven in zogenaamde ‘graaduren’ per jaar

Ad 2: het ventilatie-debiet van een volièrestal als functie van de buitentemperatuur

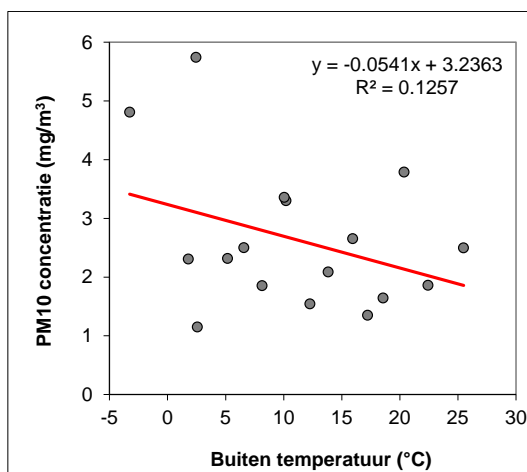
De relatie tussen het ventilatie-debiet en de buitentemperatuur is bepaald aan de hand van gegevens van vier volièrestallen die in het kader van het project 'Actualisering emissiefactoren fijnstof' gemeten zijn (Winkel e.a., 2009). Dit waren gangbare en representatieve praktijkstallen van gemiddeld 27.250 dieren groot. De basisgegevens en de trendlijn voor het verloop van het totale ventilatie-debiet in relatie tot verschillende buitentemperaturen zijn weergegeven in Figuur B. Het verband tussen de buitentemperatuur en het debiet (m³/uur per hen) is exponentieel verondersteld. Er is gekozen voor een exponentieel verband omdat dat de meest waarschijnlijke trend is en bij een lineaire trend zou de minimumventilatie bij -12 °C negatief zijn. In de praktijk zal bij temperaturen onder de 0 graden Celsius altijd met een bepaald minimum worden geventileerd. Bij volwassen legkippen van 1,7 kg is dat ca. 0,7 m³/uur per kg lichaamsgewicht, ofwel 1,2 m³/uur per hen. De trendlijn is gebruikt in de reductieberekeningen voor PM10.



Figuur B – Het ventilatie-debiet als functie van de buitentemperatuur zoals gemeten op vier leghennenbedrijven (Winkel e.a., 2009)

Ad 3: de PM10 concentratie in de stal als functie van de buitentemperatuur

De relatie tussen de PM10 concentratie in de stal en de buitentemperatuur is eveneens bepaald aan de hand van de gegevens van de vier volièrestallen die in het kader van het project 'Actualisering emissiefactoren fijnstof' gemeten zijn (Winkel e.a., 2009). De basisgegevens en de trendlijn voor het verloop van de PM10 concentratie in relatie tot de buitentemperatuur zijn weergegeven in figuur 3. Uit de figuur blijkt dat de PM10 concentratie afneemt met de buitentemperatuur (en daarmee ook met het ventilatie-debiet). Dit wordt eveneens waargenomen bij ammoniak. De lineaire trendlijn is gebruikt in de reductieberekeningen voor PM10.



Figuur C – De PM10 concentratie in de stal als functie van de buitentemperatuur zoals gemeten op vier leghennenbedrijven (Winkel e.a., 2009)

Ad 4: het ventilatie-debiet door de droogtunnel

Informatie voor dit onderdeel is verzameld uit de gegevens van dit rapport (bedrijfsbeschrijvingen van stallen 1 t/m 8). In dit rapport zijn acht legpluimveebedrijven met een droogtunnel bezocht. Drie daarvan waren nageschakeld aan een kooisysteem, vier aan een volièrestal en één aan een bedrijf met grondhuisvesting (2 stallen). Voor de berekeningen zijn de gegevens gebruikt van de bedrijven met volièrehuisvesting. Het gemiddeld geïnstalleerd ventilatie-debiet over de droogtunnel bedroeg bij deze bedrijven 3,0 m³/uur per hen. Het laagst geïnstalleerde droogdebiet bedroeg 1,9 en de hoogste 4,0 m³/uur per hen. Dit is duidelijk hoger dan het minimum zoals voorgeschreven in de Rav-beschrijving. Daar wordt uitgegaan van minimaal 0,2 m³/uur per hen. Ook uit informatie van fabrikanten van droogtunnels is bekend dat het geïnstalleerd vermogen bij praktijk bedrijven hoger is.

In de berekeningen is uitgegaan van meerdere ventilatieniveaus: 1,2 / 2,0 / 3,0 en 4,0 m³/uur per hen. Over de gehele legperiode gezien betekent dit dat respectievelijk 42, 69, 90 en 98% van de totale ventilatielucht door de droogtunnel gaat. Voor 1,2 m³/uur per hen is gekozen omdat dit de minimumventilatie is in een stal met volwassen legkippen van 1,7 kg en een minimumventilatie van 0,7 m³/uur per kg. Het gewicht van 1,7 kg is het gemiddelde gewicht van legkippen over een legperiode. Bij opzet wegen de dieren ca. 1,5 en bij afvoeren aan het einde van de legperiode ca. 1,9 kg.

Resultaten

De bovenstaande uitgangspunten zijn in MS Excel ingebracht en doorgerekend. In tabel A zijn de resultaten van deze berekeningen weergegeven. Uit de tabel blijkt dat het toepassen van een droogtunnel bij een volièrestal de jaarlijkse PM10 emissie aanzienlijk kan reduceren. De mate van emissiereductie is sterk afhankelijk van zowel het ventilatie-debiet dat door de droogtunnel gaat als het verwijderingsrendement voor PM10 over de mestlaag in de droogtunnel.

Tabel A – Jaargemiddelde emissiereducties voor PM10 van een droogtunnel doorgerekend voor verschillende uitgangspunten voor het droogtunneldebiet en verwijderingsrendement

Debiet droogtunnel (m ³ /uur per hen)	Verwijderingsrendement over de mestlaag in de tunnel (%)				
	40	50	65	80	Gemiddeld
1,2	17,7	22,2	28,8	35,5	26,1
2,0	28,8	36,0	46,7	57,5	42,3
3,0	36,8	46,1	59,9	73,7	54,1
4,0	39,4	49,3	64,0	78,8	57,9
Gemiddeld	30,7	38,4	49,9	61,4	45,1

Bij een ventilatie-debiet door de droogtunnel van 1,2 m³/uur per hen zal de jaargemiddelde emissiereductie voor PM10 ca. 26% bedragen. Dit neemt toe tot een gemiddelde emissiereductie van ca. 58% bij een debiet door de droogtunnel van 4,0 m³/uur per hen. Gemiddeld voor alle scenario's bedraagt de jaargemiddelde emissiereductie voor PM10 emissie ca. 45%.

Discussie

In dit onderzoek zijn emissiemetingen uitgevoerd op twee locaties. Dit waren uitvoerige metingen. Het verschil in uitvoering tussen beide doorgemeten droogtunnels was dat op het ene bedrijf de tunnel was uitgevoerd volgens Rav-code E 6.4.2 (met geperforeerde metalen platen) en op het andere bedrijf volgens Rav-code E 6.4.1 (met geperforeerde banden). Uit de metingen bleek een verschil in reductie ten aanzien van fijnstof, waarschijnlijk vanwege een dikkere laag mest. Dit verschil kwam ook naar voren tijdens de aanvullende indicatieve metingen (Hoofdstuk 4). Op basis van de beschikbare gegevens is het verantwoord om uit te gaan van twee verschillende verwijderingsrendementen: 40% voor de droogtunnel met geperforeerde mestbanden (Rav-code E 6.4.1) en 80% voor de droogtunnel met geperforeerde metalen platen (Rav-code E 6.4.2). Dit zijn de verwijderingsrendementen die optreden in de luchtstroom die de mestlaag passeert.

De reductie op stalniveau hangt, naast het verwijderingsrendement, af van het aandeel stallucht dat door de droogtunnel wordt geventileerd. In de praktijk verschillen droogtunnels met betrekking tot de hoeveelheid ventilatielucht die maximaal door de droogmest wordt geleid. Op de gemeten bedrijven varieerde de maximaal geïnstalleerde capaciteit tussen 1,9 en 4,0 m³/uur per hen. Dit verschil in maximale capaciteit lucht door de mest heeft een effect op de jaargemiddelde emissiereductie voor

PM10 die voor het totale systeem van stal en droogtunnel geldt. Dit effect is door middel van de berekeningen in dit rapport zo accuraat mogelijk in beeld gebracht.

Naast de eerder genoemde twee mestdroogsystemen binnen Rav-categorie E 6.4, is er nog een nadroogtechniek met een in grote mate vergelijkbare uitvoering. Deze is beschreven in Rav-code E 6.1 en in de praktijk bekend onder de term 'droogzolder'. In onderstaande tabel zijn de eisen volgens de beschrijving van de drie systemen weergegeven.

Tabel B – Eisen aan de drie verschillende nadroogtechnieken (Bron: Rav stalbeschrijvingen)

	E 6.4.1 (bandendroger)	E 6.4.2 (platendroger)	E 6.1 (droogzolder)
Droogoppervlak	1 m ² /200 hennen	1m ² /420 hennen	1m ² /400 hennen
Luchtdoorlaat	>10%	>35%	>10%
Vent. capaciteit	>0,2 m ³ /hen/uur	>0,2 m ³ /hen/uur	>1,0 m ³ /hen/uur
Tegendruk	150 Pa	100 Pa	geen eis
DS% mest in	>45%	>45%	>45%
DS% mest uit	>80% binnen 72 uur	>80% binnen 72 uur	>80% binnen 72 uur

Uit de tabel blijkt dat de droogzolder voor wat betreft de laagdikte van de mest (een belangrijke factor t.a.v. het filteren van het fijnstof) het meest overeenkomt met categorie E 6.4.2 (platendroger). Op basis van deze overeenkomst kan worden besloten voor categorie E 6.1 dezelfde jaargemiddelde emissiereductie aan te houden als voor categorie E 6.4.2.

Advies

Op basis van de berekeningen in deze bijlage worden de volgende jaargemiddelde emissiereducties voor PM10 op stalniveau voorgesteld, waarbij wordt uitgegaan van een ventilatiedebiet door de droogtunnel van gemiddeld 2 m³/uur per dier:

- voor het mestdroogstelsysteem met geperforeerde banden (Rav-code E 6.4.1): **30%**;
- voor het mestdroogstelsysteem met geperforeerde metalen platen (Rav-code E 6.4.2): **55%**.



Wageningen UR Livestock Research

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

E info.livestockresearch@wur.nl | www.livestockresearch.wur.nl