

Wageningen UR Livestock Research

Partner in livestock innovations



Rapport 295

Fijnstofemissie uit stallen: luchtwassers

Januari 2011



LIVESTOCK RESEARCH

WAGENINGEN UR

Colofon

Uitgever

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

Redactie

Communication Services

Copyright

© Wageningen UR Livestock Research, onderdeel
van Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek,
2011

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 pig and poultry houses provided with air filtration techniques were determined. In addition, emissions of ammonia, greenhouse gases and odour were determined.

Keywords

Fine dust, emission, air filtration techniques, pigs, poultry

Referaat

ISSN 1570-8616

Auteurs

J. Mosquera
J.M.G. Hol
R.W. Melse
A. Winkel
G.M. Nijeboer
J.P.M. Ploegaert
N.W.M. Ogink
A.J.A. Aarnink

Titel

Fijnstofemissie uit stallen: luchtwassers
Rapport 295

Samenvatting

In dit onderzoek zijn de emissies bepaald van
fijnstof (PM10 en PM2,5) uit varkens- en
pluimveestallen voorzien van een wasser.
Additioneel zijn de emissies van ammoniak,
broeikasgassen en geur bepaald.

Trefwoorden

Fijnstof, emissie, varkens, pluimvee, wassers



LIVESTOCK RESEARCH

WAGENINGEN UR

Rapport 295

Fijnstofemissie uit stallen: luchtwassers

Dust emission from animal houses: air scrubbing techniques

J. Mosquera

J.M.G. Hol

R.W. Melse

A. Winkel

G.M. Nijeboer

J.P.M. Ploegaert

N.W.M. Ogink

A.J.A. Aarnink

Januari 2011

Voorwoord

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

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

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

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. 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 twee varkensstallen met een chemisch luchtwassysteem, twee varkensstallen met een biologisch luchtwassysteem, vier pluimveestallen met een chemisch luchtwassysteem, en 1 pluimveestal met een biologisch luchtwassysteem.

Alle metingen zijn uitgevoerd conform een werkwijze die gelijkwaardig is aan eerder vastgestelde meetprotocollen. De metingen zijn gedaan aan stallen op verschillende locaties. Voor de varkenslocaties zijn vijf en voor de pluimveelocaties een tot acht metingen van 24 uur (voor geur twee uur) verricht, verspreid over het jaar.

Voor de drie pluimveestallen met een chemisch (90% NH₃-reductie) luchtwassysteem zijn de volgende rendementen bepaald (gemiddelde ± de standaarddeviatie tussen de bedrijven):

- PM10-rendement: 32,7 ± 16,9 %
- PM2,5-rendement: 28,4 ± 22,3 %
- Ammoniakrendement: 76,9 ± 30,7 %
- Geurrendement: 48,3 ± 21,7 %
- Methaanrendement: -0,6 ± 25,4 %
- Lachgasrendement: 0,8 ± 11,9 %

Voor de drie stallen (twee varkens- en een pluimveestallen) met een chemisch (70% NH₃-reductie) luchtwassysteem zijn de volgende rendementen bepaald (gemiddelde ± de standaarddeviatie tussen de bedrijven):

- PM10-rendement: 41,1 ± 18,8 %
- PM2,5-rendement: 32,9 ± 23,3 %
- Ammoniakrendement: 76,4 ± 20,1 %
- Geurrendement: 19,2 ± 27,6 %
- Methaanrendement: -5,0 ± 30,9 %
- Lachgasrendement: -0,9 ± 12,3 %

Voor de twee stallen (een varkens- en een pluimveestal) met een biologisch (70% NH₃-reductie) luchtwassysteem met een lange verblijfstijd van de lucht in de wasser zijn de volgende rendementen bepaald:

- PM10-rendement: 74,4 ± 13,1 %
- PM2,5-rendement: 75,2 ± 10,5 %
- Ammoniakrendement: 58,6 ± 33,3 %
- Geurrendement: -3,3 ± 48,5 %
- Methaanrendement: 9,7 ± 17,0 %
- Lachgasrendement: -207,8 ± 154,0 %

Voor de varkensstal met een biologisch (70% NH₃-reductie) luchtwassysteem met een korte verblijfstijd van de lucht in de wasser zijn de volgende rendementen bepaald:

- PM10-rendement: 48,4 ± 3,6 %
- PM2,5-rendement: 36,6 ± 15,8 %
- Ammoniakrendement: 76,0 ± 16,0 %
- Geurrendement: 42,1 ± 30,3 %
- Methaanrendement: 4,1 ± 7,1 %
- Lachgasrendement: -69,8 ± 42,3 %

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

- het rendement van PM10 bij een 90% NH₃-reductie chemisch luchtwasser lag hoger dan de eerder gehanteerde emissiefactor voor PM10 voor pluimvee (30% reductie);
- het rendement van PM10 bij een 70% NH₃-reductie chemisch luchtwasser lag lager dan de eerder gehanteerde emissiefactor voor PM10 voor varkens (60% reductie), maar hoger dan de eerder gehanteerde emissiefactor voor PM10 voor pluimvee (30% reductie);
- het rendement van PM10 bij een 70% NH₃-reductie biologische luchtwasser met een lange verblijfstijd van de lucht in de wasser lag hoger dan de eerder gehanteerde emissiefactor voor PM10 voor varkens (60% reductie) en is vergelijkbaar met de eerder gehanteerde emissiefactor voor PM10 voor pluimvee (70% reductie).
- het rendement van PM10 bij een 70% NH₃-reductie biologische luchtwasser met een korte verblijfstijd van de lucht in de wasser lag lager dan de eerder gehanteerde emissiefactor voor PM10 voor varkens (60% reductie).

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). 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 two pig houses provided with a chemical air filtration technique, two pig houses with a biological air filtration technique, four poultry houses with a chemical air filtration technique, and one poultry house with a biological air filtration technique, are reported that were carried out in the framework of the overall measurement program.

All measurements have been performed according to a procedure similar to described protocols. Measurements have been done at different locations. For each pig location five and for each poultry location one to eight 24-h measurements (for odour two h) have been performed spread over the year.

For the three poultry houses with a chemical (90% NH₃-reduction) air filtration technique the following removal efficiencies have been determined (average ± standard deviation between locations)

- PM10 removal efficiency: 32.7 ± 16.9 %
- PM2,5 removal efficiency: 28.4 ± 22.3 %
- Ammonia removal efficiency: 76.9 ± 30.7 %
- Odour removal efficiency: 48.3 ± 21.7 %
- Methane removal efficiency: -0.6 ± 25.4 %
- Nitrous oxide removal efficiency: 0.8 ± 11.9 %

For the three animal houses (two pig and one poultry) with a chemical (70% NH₃-reduction) air filtration technique the following removal efficiencies have been determined (average ± standard deviation between locations)

- PM10 removal efficiency: 41.1 ± 18.8 %
- PM2,5 removal efficiency: 32.9 ± 23.3 %
- Ammonia removal efficiency: 76.4 ± 20.1 %
- Odour removal efficiency: 19.2 ± 27.6 %
- Methane removal efficiency: -5.0 ± 30.9 %
- Nitrous oxide removal efficiency: -0.9 ± 12.3 %

For the two animal houses (one pig and one poultry) with a biological (70% NH₃-reduction) air filtration technique (long residence time of the air within the scrubber) the following removal efficiencies have been determined (average ± standard deviation between locations)

- PM10 removal efficiency: 74.4 ± 13.1 %
- PM2,5 removal efficiency: 75.2 ± 10.5 %
- Ammonia removal efficiency: 58.6 ± 33.3 %
- Odour removal efficiency: -3.3 ± 48.5 %
- Methane removal efficiency: 9.7 ± 17.0 %
- Nitrous oxide removal efficiency: -207.8 ± 154.0 %

For the pig house with a biological (70% NH₃-reduction) air filtration technique (short residence time of the air within the scrubber) the following removal efficiencies have been determined (average ± standard deviation between locations)

- PM10 removal efficiency: 48.4 ± 3.6 %
- PM2,5 removal efficiency: 36.6 ± 15.8 %
- Ammonia removal efficiency: 76.0 ± 16.0 %
- Odour removal efficiency: 42.1 ± 30.3 %
- Methane removal efficiency: 4.1 ± 7.1 %
- Nitrous oxide removal efficiency: -69.8 ± 42.3 %

The following conclusions could be drawn with respect to dust removal efficiency:

- the removal efficiency for PM₁₀ for a 90% NH₃ reduction chemical air filtration technique was higher than the previously used removal efficiency for poultry (30%);
- the removal efficiency for PM₁₀ for a 70% NH₃ reduction chemical air filtration technique was lower than the previously used removal efficiency for pigs (60%), but higher than the previously used removal efficiency for poultry (30%);
- the removal efficiency for PM₁₀ for a 70% NH₃ reduction biological air filtration technique (long residence time of the air within the scrubber) was higher than the previously used removal efficiency for pigs (60%), and similar to the previously used removal efficiency for poultry (70%);
- the removal efficiency for PM₁₀ for a 70% NH₃ reduction biological air filtration technique (short residence time of the air within the scrubber) was lower than the previously used removal efficiency for pigs (60%);

Inhoudsopgave

Voorwoord

Samenvatting

Summary

1	Inleiding	1
2	Materiaal en methode	2
2.1	Hoofddijn opzet meetprogramma's	2
2.1.1	Emissiefactoren fijnstof	2
2.1.2	Programma gecombineerde luchtwassers	3
2.2	Beschrijving luchtwassystemen	4
2.2.1	Chemische wasser 90% NH ₃ -reductie	4
2.2.2	Chemische wasser 70% NH ₃ -reductie	4
2.2.3	Biologische wasser 70% NH ₃ -reductie	5
2.3	Metingen	5
2.3.1	Stofmetingen	8
2.3.2	Ammoniakmetingen	9
2.3.3	Geurmetingen	9
2.3.4	Broeikasgasmetingen	10
2.3.5	Ventilatie-debiet	10
2.3.6	Metingen temperatuur en RV	11
2.3.7	Waswater	11
2.4	Verwerking gegevens	11
3	Resultaten	12
3.1	Meetomstandigheden	12
3.2	Waswater	13
3.3	Ventilatie-debiet	17
3.4	PM10-rendement	19
3.5	PM2,5-rendement	20
3.6	Ammoniakrendement	21
3.7	Geurrendement	22
3.8	Methaanrendement	23
3.9	Lachgasrendement	24
4	Discussie	26
5	Conclusies	28
	Literatuur	29

Bijlagen	30
Bijlage 1 Wasserkenmerken chemisch luchtwatersysteem, bedrijf 1*	30
Bijlage 2 Wasserkenmerken chemisch luchtwatersysteem, bedrijf 2*	31
Bijlage 3 Wasserkenmerken chemisch luchtwatersysteem, bedrijf 3*	32
Bijlage 4 Wasserkenmerken chemisch luchtwatersysteem, bedrijf 4*	33
Bijlage 5 Wasserkenmerken chemisch luchtwatersysteem, bedrijf 5*	35
Bijlage 6 Wasserkenmerken chemisch luchtwatersysteem, bedrijf 6*	37
Bijlage 7 Wasserkenmerken biologisch luchtwatersysteem, bedrijf 7*	38
Bijlage 8 Wasserkenmerken biologisch luchtwatersysteem, bedrijf 8*	40
Bijlage 9 Wasserkenmerken biologisch luchtwatersysteem, bedrijf 9*	42

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. Tevens zijn binnen het Programma Gecombineerde Luchtwassers (PGL) metingen bij een vijftal pluimveestallen uitgevoerd.

Vanwege de nieuwe richtlijn voor PM2,5 is binnen beide projecten naast PM10 gelijktijdig ook PM2,5 gemeten. Aangezien er ook behoefte is aan emissiecijfers van methaan en lachgas, zijn deze tevens meegenomen in het meetprogramma. Daarnaast werden 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 de hiervoor genoemde onderzoeksprogramma's uitgevoerd zijn in twee varkensstallen met een chemisch luchtwassysteem, twee varkensstallen met een biologisch luchtwassysteem, vier pluimveestallen met een chemisch luchtwassysteem, en 1 pluimveestal met een biologisch luchtwassysteem.

2 Materiaal en methode

2.1 Hoofdlijn opzet meetprogramma's

2.1.1 Emissiefactoren fijnstof

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

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

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

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

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

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

In het onderzoeksprogramma zijn PM10 en PM2,5 metingen uitgevoerd gelijkwaardig aan het protocol zoals beschreven in het rapport van Hofschreuder e.a. (2008). Dit meetprotocol schrijft per locatie, verspreid over het jaar, minimaal vijf 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 stalssystemen afgeweken. Voor deze systemen is het aantal locaties teruggebracht van vier naar twee (Tabel 1).

Bij een aantal stalssystemen zijn tevens metingen uitgevoerd voor het bepalen van de emissie van totaalstof. Deze stalssystemen 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.

2.1.2 *Programma gecombineerde luchtwassers*

Het Programma Gecombineerde Luchtwassystemen (PGL) werd ingezet met als doel de uitstoot van ammoniak, fijnstof en geur in de intensieve veehouderij te verminderen. Het programma bevordert de introductie en ontwikkeling van gecombineerde luchtwassystemen door middel van onderzoek, demonstraties en investeringsregelingen. In de periode 2007-2009 werd op een vijftal onderzoeks- en demonstratielocaties ('pilotlocaties') de werking van de wassers gemonitord. Dit met als doel het verkrijgen van ervaring en kennis rondom gebruiksaspecten van de systemen, zoals emissieprestaties, onderhoud, controle, levensduur, spuiwaterstroom, energieverbruik en zuurverbruik. Daarnaast zijn PM10 en PM2,5 metingen uitgevoerd volgens het protocol zoals beschreven in het rapport van Hofschreuder e.a. (2008). Naast fijnstof 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).

Bij het bepalen van de pilotlocaties is rekening gehouden met een spreiding over verschillende diergroepen en regio's. De pilotlocaties zijn in overleg met de provincies geselecteerd op grond van een aantal basisvoorwaarden:

- er moest sprake zijn van een representatieve stal, zodat uit het onderzoek conclusies getrokken zouden kunnen worden voor zoveel mogelijk andere locaties.
- de benodigde vergunningen moesten op korte termijn verkregen kunnen worden.
- de veehouder moest bereid zijn om gedurende langere tijd (2 à 3 jaar) onderzoek toe te laten op zijn terrein en mee te werken aan communicatieactiviteiten.

Dit heeft geleid tot de volgende lijst met pilotlocaties (Tabel 2).

Tabel 2 Stalsystemen die zijn opgenomen in het meetprogramma gecombineerde luchtwassers (PGL) met nummer Regeling ammoniak en veehouderij (Rav-nummer), stalomschrijving en aantal stallen per bemeten systeem

Rav-nummer (mei 2009)	Omschrijving stalsysteem	Aantal stallen
E1.9	Chemisch luchtwassysteem (90% NH ₃ -reductie), opfokleghennen	1
E2.13	Biologisch luchtwassysteem (70% NH ₃ -reductie), leghennen	
E5.4	Chemisch luchtwassysteem (90% NH ₃ -reductie), vleeskuikens	2
Niet in Rav-lijst, VDR gegevens uit Duitsland	Chemisch luchtwassysteem (70% NH ₃ -reductie), vleeskuikens	1

2.2 Beschrijving luchtwassystemen

2.2.1 Chemische wasser 90% NH₃-reductie

De geselecteerde chemische luchtwassystemen hebben als algemene kenmerk dat 90% van de aangevoerde NH₃ in de stallucht wordt gereduceerd na behandeling door de luchtwasser. In de praktijk bleek dat de wassers soms iets anders gedimensioneerd waren dan zoals beschreven in de Rav. In de bijlagen worden de luchtwassystemen omschreven zoals ze zijn geplaatst op de meetlocaties. Op alle drie bedrijven werd het chemische luchtwassysteem voorzien van een gepakt bed van kunststof. Voor de eerste twee locaties was de diergroep vleeskuikens. Bij bedrijf 3 was de diergroep opfokleghennen. De belangrijkste kenmerken en foto-impressies van alle luchtwassystemen in dit onderzoek worden weergegeven in Tabel 3 en in bijlagen 1 t/m 3.

Tabel 3 Belangrijkste kenmerken van de stallen met chemische (90% NH₃-reductie) luchtwassystemen

Kenmerk	Bedrijf 1	Bedrijf 2	Bedrijf 3
Diergroep(en)	Vleeskuikens	Vleeskuikens	Opfokleghennen
Aantal dieren	26.000	35.000	35.000
Capaciteit wasser (m ³ /uur)	90.000	140.000	168.000
Minimale luchtverblijftijd in het pakket (sec.) *	0,23	0,22	0,20
Spui regeling	Na iedere ronde wordt waswater gespuid	EC > 180 mS/cm	EC > 180 mS/cm En na iedere ronde 19-20 wk) wordt waswater gespuid

* dit wordt berekend door het pakkingsvolume (m³) te delen door het maximale luchtdebiet (m³/s)

2.2.2 Chemische wasser 70% NH₃-reductie

De geselecteerde chemische luchtwassystemen hebben als algemene kenmerk dat 70% van de aangevoerde NH₃ in de stallucht wordt gereduceerd na behandeling door de luchtwasser. In de praktijk bleek dat de wassers soms iets anders gedimensioneerd waren dan in de Rav. In de bijlagen worden de luchtwassystemen omschreven zoals ze zijn geplaatst op de meetlocaties. Bij de chemische luchtwassystemen werden twee typen gemeten, één met een gepakt bed van kunststof (bedrijf 4 en bedrijf 6) en één met een lamellenfilter (bedrijf 5). Voor de eerste twee locaties was de diergroep vleesvarkens. Bij bedrijf 6 was de diergroep vleeskuikens. De belangrijkste kenmerken en foto-impressies van alle luchtwassystemen in dit onderzoek worden weergegeven in Tabel 4 en in bijlagen 4 t/m 6.

Tabel 4 Belangrijkste kenmerken van de stallen met chemische (70% NH₃-reductie) luchtwassystemen

Kenmerk	Bedrijf 4	Bedrijf 5	Bedrijf 6
Diergroep(en)	Vleesvarkens	Vleesvarkens	Vleeskuikens
Aantal dieren	480	1200	30.000
Capaciteit water (m ³ /uur)	40.000	96.000	180.000
Minimale luchtverblijftijd in het pakket (sec.) *	0,23	0,18	0,20
Spui regeling	EC > 180 mS/cm	Na 5 maal zuur toevoegen water verversen	Na iedere ronde wordt waswater gespuid (9 maal/jaar)

* dit wordt berekend door het pakkingsvolume (m³) te delen door het maximale luchtdebiet (m³/s)

2.2.3 Biologische wasser 70% NH₃-reductie

De geselecteerde biologische luchtwassystemen hebben als algemene kenmerk dat 70% van de aangevoerde NH₃ in de stallucht wordt gereduceerd na behandeling door de luchtwasser. In de praktijk bleek dat de wassers soms iets anders gedimensioneerd waren dan in de Rav. In de bijlagen worden de luchtwassystemen omschreven zoals ze zijn geplaatst op de meetlocaties. Bij de biologische luchtwassystemen werden twee typen gemeten, één met een gepakt bed van kunststof (bedrijf 7) en twee met een gepakt bed van kunststof en een natte tussenruimte (bedrijf 8 en bedrijf 9). Bij bedrijf 7 was de diergroep opfokzeugen (vergelijkbaar met vleesvarkens), bij bedrijf 8 bestond de diergroep uit zeugen en biggen en bij bedrijf 9 bestond de diergroep uit leghennen. De belangrijkste kenmerken en foto-impressies van alle luchtwassystemen in dit onderzoek worden weergegeven in Tabel 5 en in bijlagen 7 t/m 9.

Tabel 5 Belangrijkste kenmerken van de stallen met biologische (70% NH₃-reductie) luchtwassystemen

Kenmerk	Bedrijf 7	Bedrijf 8	Bedrijf 9
Diergroep(en)	Opfok zeugen	Zeugen en biggen	Leghennen
Aantal dieren	616	960 en 4160	36.200
Capaciteit water (m ³ /uur)	49.280	206.400	230.000
Minimale luchtverblijftijd in het pakket (sec.) ***	0,28*	2,72**	2,72**
Spui regeling	EC 10-25 mS/cm	EC > 15 mS/cm	EC > 15 mS/cm

* slechts 1 van de 2 wasseties werd gebruikt, een min verblijftijd van 0,56 sec was geïnstalleerd

** pakket inclusief de natte tussenruimte

*** dit wordt berekend door het pakkingsvolume (m³) te delen door het maximale luchtdebiet (m³/s)

2.3 Metingen

In Tabel 6a t/m Tabel 6c worden de data van de metingen aangegeven op de meetdagen voor de stallen met respectievelijk een chemisch (90% NH₃-reductie) luchtwassysteem (Tabel 6a), een chemisch (70% NH₃-reductie) luchtwassysteem (Tabel 6b), en een biologisch (70% NH₃-reductie) luchtwassysteem (Tabel 6c).

Tabel 6a Data waarop metingen zijn uitgevoerd in de stallen met een chemisch (90% NH₃-reductie) luchtwassysteem, met de gemiddelde 24-uurs klimaatgegevens: temperatuur (°C) ingaande lucht van de wasser gemeten in de drukkamer (T-ingaand) en uitgaande lucht van de wasser (T-uitgaand), en relatieve luchtvochtigheid (%) ingaande lucht van de wasser gemeten in de drukkamer (RV-ingaand) en uitgaande lucht van de wasser (RV-uitgaand). Bedrijven 1 en 2: vleeskuikens; Bedrijf 3: opfokleghennen.

Bedrijf		Meting							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	Datum	09/06/2008	09/07/2008	25/08/2008	08/09/2008	20/10/2008	15/12/2008	04/02/2009	16/02/2009
	T-ingaand	23,8	¹⁾	26,0	19,2	23,6	25,4	24,2	23,1
	RV-ingaand	61,6	¹⁾	72,5	100,0	74,3	94,9	83,0	86,8
	T-uitgaand	18,8	¹⁾	22,4	18,8	20,3	22,5	20,6	20,6
	RV-uitgaand	99,8	¹⁾	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
2	Datum	03/11/2008	13/11/2008	29/12/2008	07/01/2009	²⁾	²⁾	²⁾	²⁾
	T-ingaand	21,4	¹⁾	20,4	20,3	²⁾	²⁾	²⁾	²⁾
	RV-ingaand	77,5	¹⁾	86,4	80,3	²⁾	²⁾	²⁾	²⁾
	T-uitgaand	19,6	¹⁾	18,1	18,4	²⁾	²⁾	²⁾	²⁾
	RV-uitgaand	96,5	¹⁾	99,9	100,0	²⁾	²⁾	²⁾	²⁾
3	Datum	15/10/2008	²⁾	²⁾	²⁾	²⁾	²⁾	²⁾	²⁾
	T-ingaand	22,1	²⁾	²⁾	²⁾	²⁾	²⁾	²⁾	²⁾
	RV-ingaand	66,1	²⁾	²⁾	²⁾	²⁾	²⁾	²⁾	²⁾
	T-uitgaand	18,0	²⁾	²⁾	²⁾	²⁾	²⁾	²⁾	²⁾
	RV-uitgaand	97,8	²⁾	²⁾	²⁾	²⁾	²⁾	²⁾	²⁾

¹⁾ Ontbrekende of onbruikbare data (technische storingen)

²⁾ Niet gemeten

Tabel 6b Data waarop metingen zijn uitgevoerd in de stallen met een chemisch (70% NH₃-reductie) luchtwassersysteem, met de gemiddelde 24-uurs klimaatgegevens: temperatuur (°C) ingaande lucht van de wasser gemeten in de drukkamer (T-ingaand) en uitgaande lucht van de wasser (T-uitgaand), en relatieve luchtvochtigheid ([%]) ingaande lucht van de wasser gemeten in de drukkamer (RV-ingaand) en uitgaande lucht van de wasser (RV-uitgaand). Bedrijven 4 en 5: vleesvarkens; Bedrijf 6: vleeskuikens.

Bedrijf		Meting				
		1	2	3	4	5
4	Datum	27/05/2009	07/07/2009	10/08/2009	16/09/2009	19/10/2009
	T-ingaand	26,4	25,6	26,2	22,9	20,5
	RV-ingaand	69,1	61,9 ¹⁾	62,9	66,4	68,1
	T-uitgaand	18,0	1)	22,3	19,4	16,8
	RV-uitgaand	66,5	1)	98,5	100,0	1)
5	Datum	06/05/2009	23/06/2009	22/07/2009	20/10/2009	17/11/2009
	T-ingaand	23,6	25,9	24,1	21,2	23,6
	RV-ingaand	74,8	50,1	84,0	55,0	56,8
	T-uitgaand	21,3	21,9	26,8	17,7	20,1
	RV-uitgaand	87,6	76,4	99,9	79,4	73,3
6	Datum	17/11/2008	25/11/2008	2)	2)	2)
	T-ingaand	1)	20,9	2)	2)	2)
	RV-ingaand	1)	13,4	2)	2)	2)
	T-uitgaand	1)	18,1	2)	2)	2)
	RV-uitgaand	1)	100,0	2)	2)	2)

¹⁾ Ontbrekende of onbruikbare data (technische storingen)

²⁾ Niet gemeten

Tabel 6c Data waarop metingen zijn uitgevoerd in de stallen met een biologisch (70% NH₃-reductie) luchtwassersysteem, met de gemiddelde 24-uurs klimaatgegevens: temperatuur (°C) ingaande lucht van de wasser gemeten in de drukkamer (T-ingaand) en uitgaande lucht van de wasser (T-uitgaand), en relatieve luchtvochtigheid ([%]) ingaande lucht van de wasser gemeten in de drukkamer (RV-ingaand) en uitgaande lucht van de wasser (RV-uitgaand). Bedrijf 7: opfok zeugen; Bedrijf 8: zeugen en biggen; Bedrijf 9: leghennen.

Bedrijf		Meting					
		1	2	3	4	5	6
7	Datum	15/09/2008	08/12/2008	09/02/2009	23/03/2009	01/07/2009	2)
	T-ingaand	21,8	17,9	18,9	20,1	27,2	2)
	RV-ingaand	60,1	72,0	67,9	65,3	58,1	2)
	T-uitgaand	17,3	14,7	14,7	15,8	22,4	2)
	RV-uitgaand	100,0	100,0	1)	1)	1)	2)
8	Datum	11/05/2009	15/06/2009	20/07/2009	14/09/2009	09/11/2009	2)
	T-ingaand	22,7	24,9	24,6	22,6	12,3	2)
	RV-ingaand	53,1	64,8	58,6	67,1	71,4	2)
	T-uitgaand	17,0	19,0	19,6	18,9	15,7	2)
	RV-uitgaand	100,0	100,0	98,7	1)	99,8	2)
9	Datum	02/07/2008	20/08/2008	03/09/2008	17/09/2008	13/10/2008	29/10/2008
	T-ingaand	30,1	26,7	25,2	22,0	26,7	21,5
	RV-ingaand	61,8	64,1	61,3	56,0	63,4	58,4
	T-uitgaand	24,3	21,8	19,2	16,4	20,9	15,3
	RV-uitgaand	96,1	100,0	100,0	100,0	100,0	99,8

¹⁾ Ontbrekende of onbruikbare data (technische storingen)

²⁾ Niet gemeten

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.



Figuur 1 Monsterapparatuur voor PM10 en PM2,5. Boven: de 'constant flow' monsternamepomp. 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 e.a., 2009).

PM10 en PM2,5 werd verzameld op een filter, nadat de grotere stofdeeltjes waren afgescheiden met behulp van een PM10 of PM2,5 cycloon (URG corp., Chapel Hill, VS). Het stof werd verzameld op glasvezelfilters met een diameter van 47 mm (type MN GF-3, Macherey-Nagel GmbH & Co., Düren, Duitsland). De filters werden voor en na de stofmonstername gewogen onder standaard condities: temperatuur 20 °C \pm 1 °C en 50% \pm 5% relatieve luchtvochtigheid. Deze voorwaarden staan beschreven in NEN-EN 14907 (2005). Het verschil in gewicht voor en na de metingen werd gebruikt

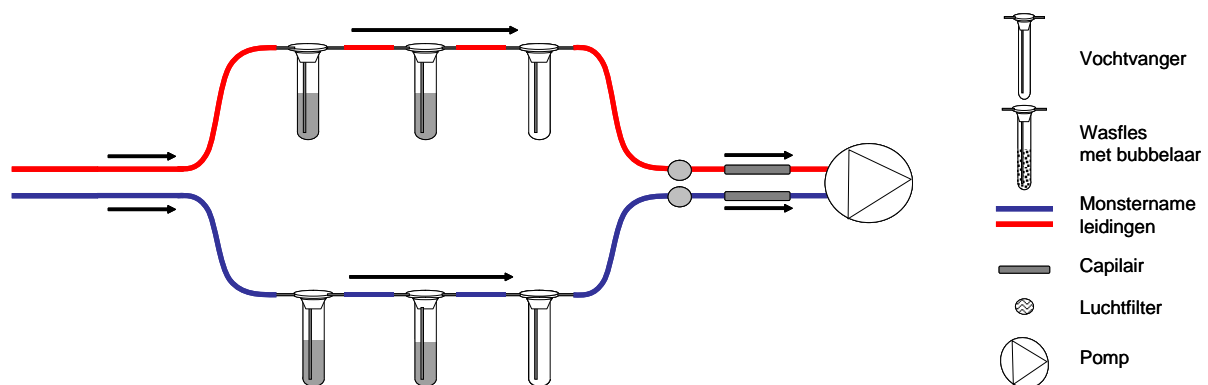
om de hoeveelheid verzameld stof te bepalen. Lucht werd door inlaat, cycloon en filter gezogen met monsternamepompen van het type Charlie HV (roterend, 6 m³/uur, Ravebo Supply BV, Brielle). Deze 'constant flow' pompen regelen het debiet automatisch op basis van de gemeten temperatuur bij de monsternamekop (inlaat). Het debiet van deze pompen blijft ook constant bij toename van de drukval over het filter. Hierdoor werd een stabiele luchtstroom verkregen binnen 2% van de nominale waarde. De pompen werden geprogrammeerd op een flow van 1,0 m³/uur en op een start- en eindtijd van de monsternameperiode. De werkelijke hoeveelheid lucht die bij de monsternamepunten werd aangezogen werd met een gasmeter gemeten (gecorrigeerd naar de temperatuur bij de monsternamepunten).

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

PM10: < 222,6 µg/m³: $Y = 1,0877 X$
 > 222,6 µg/m³: $Y = 0,8304 X + 57,492$
 PM2,5: geen correctie

2.3.2 Ammoniakmetingen

De ammoniakconcentratie werd volgens de natchemische meetmethode voor NH₃ (Wintjes, 1993) gemeten. Bij deze meetmethode wordt de lucht via een monsternameleiding met een constante luchtstroom (~1,0 l/min) aangezogen met behulp van een pomp (Thomas Industries Inc., model 607CD32, Wabasha, Minnesota, VS) en een kritische capillair die een luchtstroom geeft van ~1,0 l/min. Alle lucht wordt door een impinger (geplaatst in een wasfles met 100 ml salpeterzuur) geleid, waarbij de NH₃ 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 3). De molariteit van de zure oplossing in de wasflessen is afhankelijk van het aanbod van NH₃ dat moet worden gebonden; voor deze stallen was deze 0,05 M. Na de bemonsteringstijd (24 uur) wordt de concentratie gebonden NH₃ 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 NH₄⁺ gehalte en de hoeveelheid opvangvloeistof te verrekenen kan de NH₃-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.

2.3.4 Broeikasgasmetingen

De bepaling van de CH₄-, N₂O- en CO₂-concentraties in de uitgaande stallucht werd op dezelfde wijze gedaan als voor een geurmonster (zie de longmethode hierboven beschreven). De monsterzak werd continu in 24 uur gevuld met een vaste luchtstroom van 0,02 l/min. 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 (CH₄, CO₂), Haysep Q (N₂O)); detector: CH₄: FID, N₂O: ECD, CO₂: HWD).

2.3.5 Ventilatie-debiet

Het ventilatie-debiet (m³/uur) werd met behulp van meetventilatoren (Van Ouwkerk, 1993; Mosquera e.a., 2002) continu tijdens de metingen geregistreerd en vastgelegd in een datalogger (Koenders boxen, typen: CR10, CR10X, CR23 en CR23X, Campbell Scientific Inc., Logan, VS). Meetventilatoren zijn groot formaat anemometers met een diameter gelijk aan de diameter van de ventilatiekoker. De meetventilator wordt aangedreven door de luchtstroom in de ventilatiekoker en is daardoor niet gekoppeld aan de motor van de ventilator. Voor het berekenen van het debiet werd gebruik gemaakt van een ijklijn waarin de relatie tussen de geregistreerde pulsen en het debiet was vastgesteld.

Wanneer het ventilatie-debiet niet met meetventilatoren werd bepaald dan werd het ventilatie-debiet bepaald met behulp van de CO₂-massabalansmethode. Bij deze methode wordt de gemiddelde CO₂-concentratie van de ingaande lucht van de wasser ($[CO_2]_{stal}$; 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 kan de totale CO₂-productie per afdeling worden berekend, deze worden opgeteld tot de totale productie van de stal. Voor de CO₂ concentratie in de buitenlucht werd 400 ppm genomen. Het ventilatie-debiet V (m³/uur) wordt dan bepaald op basis van:

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

Bij bedrijf 4 werd het ventilatie-debiet vastgesteld op basis van de registratie van de drukval en het toerental door de wasserfabrikant.

De relatie tussen ventilatie-debiet (V, omgerekend naar m³/s) en de geplaatste wasser (met een inhoud I_{wasser} in m³) wordt in dit rapport weergegeven in de gemiddelde verblijftijd (sec.; T_{verbl}) van de lucht in wasser per meting. Dit wordt als volgt berekend:

$$T_{verbl} = \frac{I_{wasser}}{V}$$

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 $\pm 1,0$ °C en $\pm 2\%$, en de data werden opgeslagen in een datalogstelsel (typen: CR10, CR10X, CR23 en CR23X, Campbell Scientific Inc., Logan, VS).

2.3.7 Waswater

Voor alle locaties werden op alle meetdagen monsters genomen van het waswater. Deze monsters werden geanalyseerd op totaal-N, ammonium-N, drogestof, anorganische stof, pH en geleidbaarheid. In het waswater van de biologische wassers werd ook het nitriet-N en nitraat-N bepaald.

2.4 Verwerking gegevens

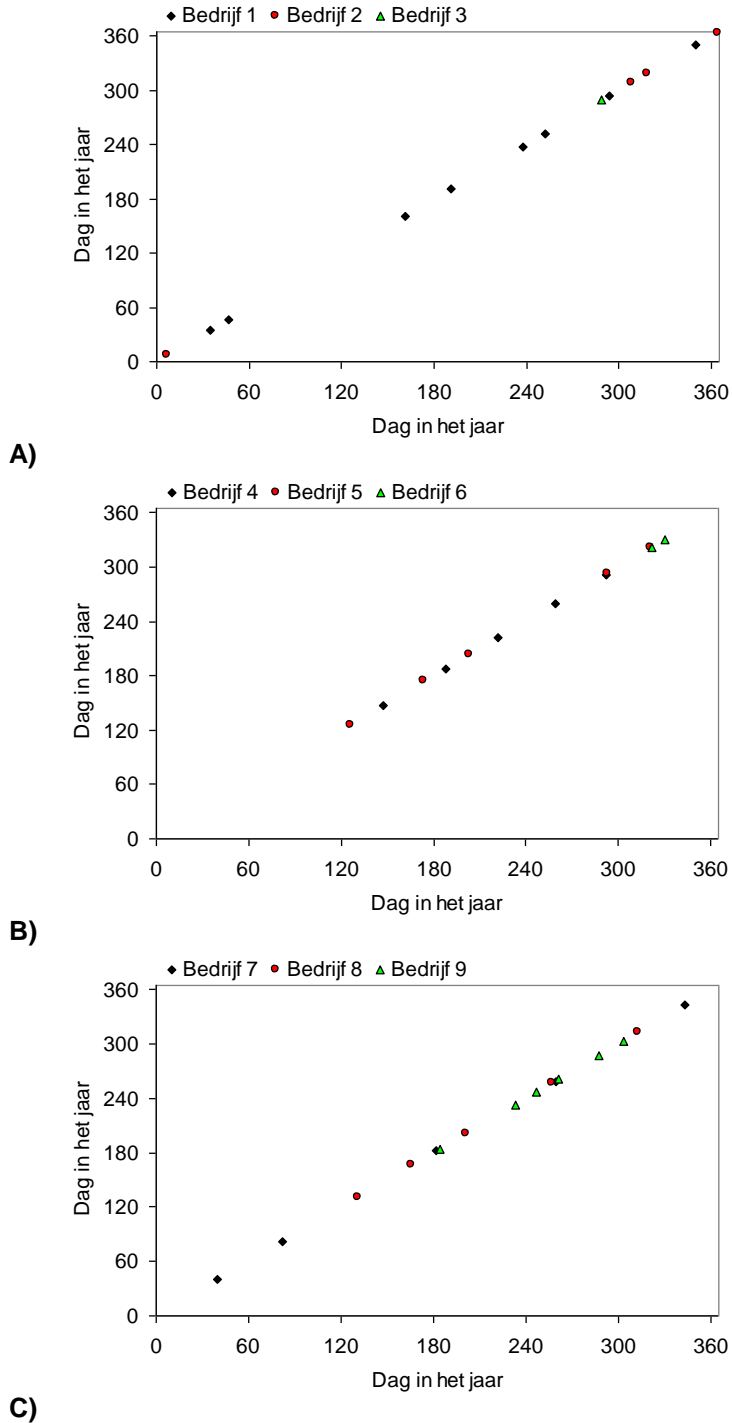
Het verwijderingsrendement van de wassers werd berekend door de concentratie van de betreffende component in de behandelde lucht (C_{uitgaand}) te vergelijken met de concentratie van de betreffende component in de ingaande lucht van de wasser (C_{ingaand}). Hierbij werd de volgende formule gebruikt:

$$\text{Verwijderingsrendement} = \frac{C_{\text{ingaand}} - C_{\text{uitgaand}}}{C_{\text{ingaand}}} \times 100\%$$

3 Resultaten

3.1 Meetomstandigheden

De gebruikte meetprotocollen schrijven voor dat, op alle bemeten bedrijven, zes maal gemeten moet worden. Minimaal 80% van deze metingen (vijf metingen per locatie) moet betrouwbare resultaten opleveren. De metingen moeten verdeeld over een jaar verricht worden. Figuur 3 laat zien hoe de metingen in dit onderzoek in werkelijkheid verdeeld waren.



Figuur 3 Verdeling van de metingen over het jaar. A) chemisch luchtwassysteem (90% NH₃-reductie); B) chemisch luchtwassysteem (70% NH₃-reductie); C) biologisch luchtwassysteem (70% NH₃-reductie).

Het gemiddeld dagnummer voor de metingen op de bedrijven met respectievelijk een chemisch luchtwassysteem (90% NH₃-reductie), een chemisch luchtwassysteem (70% NH₃-reductie) en een biologisch luchtwassysteem (70% NH₃-reductie) was respectievelijk 220, 240 en 218.

3.2 Waswater

In Tabel 7a t/m Tabel 7c worden de resultaten van de analyses van de waswatermonsters weergegeven voor de bedrijven met respectievelijk een chemisch (90% NH₃-reductie) luchtwassysteem (Tabel 7a), een chemisch (70% NH₃-reductie) luchtwassysteem (Tabel 7b), en een biologisch (70% NH₃-reductie) luchtwassysteem (Tabel 7c).

Bij de chemisch (90% NH₃-reductie) luchtwassystemen (bedrijf 1 t/m 3) was de pH waarde lager dan 5 behalve voor meting 3 en 4 op bedrijf 2. Bij de chemisch (70% NH₃-reductie) luchtwassystemen (bedrijf 4 t/m 6) was de pH waarde lager dan 5. Bij de tweede meting op bedrijf 4 bleek echter dat in de loop van de 24 uur meting het zuur voor de zuurdosering van de wasser op was. De pH-waarde van de wasser (af te lezen bij de wasser) was >7.

De samenstelling van het waswater van de eerste biologische wasser (bedrijf 7) is over de verschillende metingen gelijkwaardig. De pH was laag (wenselijk niveau tussen 6,5 en 7,5) (www.infomil, 2010). En het totaal-N gehalte was hoog (wenselijk niveau tussen 0,8 en 3,2 g/liter). De laatste meting zat tegen het moment van spuien aan (EC-waarde van 25 mS/cm). Bij de tweede biologische wasser (bedrijf 8) blijkt uit de samenstelling van het waswater dat bij de eerste meting nitriet werd gevormd en weinig nitraat. Bij de derde biologische wasser (bedrijf 9) werd weinig nitriet gevormd, behalve bij metingen 4 en 5. De verhouding tussen ammonium-N en nitriet-N + nitraat-N lag boven de gewenste waarde van 1,2 (www.infomil, 2010)

De afwijkingen van het waswater ten opzichte van de gewenste niveaus zouden een verminderde werking voor NH₃-reductie kunnen verklaren. Het effect hiervan op de overige gemeten componenten is niet bekend.

Tabel 7a Waswatermonsters (Ammonium-N, Totaal-N, Drogestof en As in [g/kg]; Geleidbaarheid (EC) in [mS/cm]) voor de stallen met een chemisch (90% NH₃-reductie) luchtwassysteem. Bedrijven 1 en 2: vleeskuikens; Bedrijf 3: opfokleghennen.

Bedrijf		Meting							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	Datum	09/06/2008	09/07/2008	25/08/2008	08/09/2008	20/10/2008	15/12/2008	04/02/2009	16/02/2009 ³⁾
	Ammonium-N	7,43	10,79	15,89	20,70	41,88	38,93	12,79	11,10
	Totaal-N	7,84	12,13	16,70	21,64	41,01	42,33	12,47	11,73
	Drogestof	51,64	76,83	98,25	123,33	233,27	240,07	78,59	70,60
	As	¹⁾	¹⁾	¹⁾	¹⁾	15,66	13,40	5,07	3,81
	pH	1,87	1,91	1,86	1,83	1,60	1,48	1,48	1,69
	EC	61,70	¹⁾	106,80	130,60	¹⁾	> 200	106,00	85,30
2	Datum	03/11/2008	13/11/2008	29/12/2008	07/01/2009	²⁾	²⁾	²⁾	²⁾
	Ammonium-N	35,39	12,34	16,35	15,94	²⁾	²⁾	²⁾	²⁾
	Totaal-N	36,29	13,93	16,58	16,69	²⁾	²⁾	²⁾	²⁾
	Drogestof	190,91	73,90	106,12	101,78	²⁾	²⁾	²⁾	²⁾
	As	¹⁾	¹⁾	6,87	7,54	²⁾	²⁾	²⁾	²⁾
	pH	3,25	3,15	6,39	5,89	²⁾	²⁾	²⁾	²⁾
	EC	172,00	71,60	96,90	95,90	²⁾	²⁾	²⁾	²⁾
3	Datum	15/10/2008	²⁾	²⁾	²⁾	²⁾	²⁾	²⁾	²⁾
	Ammonium-N	24,88	²⁾	²⁾	²⁾	²⁾	²⁾	²⁾	²⁾
	Totaal-N	27,45	²⁾	²⁾	²⁾	²⁾	²⁾	²⁾	²⁾
	Drogestof	129,54	²⁾	²⁾	²⁾	²⁾	²⁾	²⁾	²⁾
	As	9,86	²⁾	²⁾	²⁾	²⁾	²⁾	²⁾	²⁾
	pH	3,03	²⁾	²⁾	²⁾	²⁾	²⁾	²⁾	²⁾
	EC	139,70	²⁾	²⁾	²⁾	²⁾	²⁾	²⁾	²⁾

¹⁾ Ontbrekende of onbruikbare data (technische storingen)

²⁾ Niet gemeten

³⁾ Bij aankomst op de locatie bleek de wasser in storting te zijn: het waterniveau was te laag. Het waterniveau is handmatig verhoogd en vervolgens is gestart met de metingen. Na de metingen bleek het niveau nog steeds in orde te zijn.

Tabel 7b Waswatermonsters (Ammonium-N, Totaal-N, Drogestof en As in [g/kg]; Geleidbaarheid (EC) in [mS/cm]) voor de stallen met een chemisch (70% NH₃-reductie) luchtwassysteem. Bedrijven 4 en 5: vleesvarkens; Bedrijf 6: vleeskuikens.

Bedrijf		Meting				
		1	2	3	4	5
4	Datum	27/05/2009	07/07/2009	10/08/2009	16/09/2009	19/10/2009
	Ammonium-N	18,99	28,87	34,44	34,90	24,07
	Totaal-N	21,92	30,68	33,26	37,05	25,55
	Drogestof	109,50	152,08	164,38	172,24	125,73
	As	2,50	4,03	7,00	5,48	1,96
	pH	3,31	2,64	3,58	3,16	1,96
	EC	122,70	153,50	170,60	174,40	140,70
5	Datum	06/05/2009	23/06/2009	22/07/2009	20/10/2009	17/11/2009
	Ammonium-N	¹⁾	18,95	32,51	48,15	49,74
	Totaal-N	¹⁾	19,81	32,83	50,29	50,79
	Drogestof	¹⁾	112,04	162,32	236,59	253,43
	As	¹⁾	4,28	11,61	5,68	8,54
	pH	¹⁾	1,46	2,30	4,48	1,88
	EC	¹⁾	132,80	173,70	> 200	> 200
6	Datum	17/11/2008	25/11/2008	²⁾	²⁾	²⁾
	Ammonium-N	35,39	12,34	²⁾	²⁾	²⁾
	Totaal-N	36,29	13,93	²⁾	²⁾	²⁾
	Drogestof	190,91	73,90	²⁾	²⁾	²⁾
	As	¹⁾	¹⁾	²⁾	²⁾	²⁾
	pH	3,25	3,15	²⁾	²⁾	²⁾
	EC	172,00	71,60	²⁾	²⁾	²⁾

¹⁾ Ontbrekende of onbruikbare data (technische storingen)²⁾ Niet gemeten

Tabel 7c Waswatermonsters (Ammonium-N, Totaal-N, Drogestof en As in [g/kg]; Geleidbaarheid (EC) in [mS/cm]; Nitriet-N, Nitraat-N in [g/kg]) voor de stallen met een biologisch (70% NH₃-reductie) luchtwassysteem. Bedrijf 7: opfok zeugen; Bedrijf 8: zeugen en biggen; Bedrijf 9: leghennen.

Bedrijf		Meting					
		1	2	3	4	5	6
4	Datum	15/09/2008	08/12/2008	09/02/2009	23/03/2009	01/07/2009	2)
	Ammonium-N	0,96	1,23	2,33	2,15	2,57	2)
	Totaal-N	2,36	2,43	4,58	4,14	5,52	2)
	Drogestof	5,90	7,24	12,80	13,00	17,31	2)
	As	1,02	1,08	1,60	1,25	2,31	2)
	pH	6,60	6,00	5,90	6,60	5,86	2)
	EC	10,10	12,30	22,00	20,30	25,60	2)
	Nitriet-N	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	< 0,01	2)
	Nitraat-N	1,07	0,99	1,96	1,83	3,11	2)
5	Datum	11/05/2009	15/06/2009	20/07/2009	14/09/2009	09/11/2009	2)
	Ammonium-N	1,98	1,38	1,33	1,12	1,63	2)
	Totaal-N	3,36	3,94	2,52	2,57	3,29	2)
	Drogestof	6,87	4,68	2,91	5,55	5,41	2)
	As	2,93	2,37	1,21	2,94	2,32	2)
	pH	7,80	6,99	7,42	7,25	7,39	2)
	EC	17,09	19,70	12,99	13,70	16,51	2)
	Nitriet-N	0,70	0,19	< 0,01	< 0,01	< 0,01	2)
	Nitraat-N	0,36	1,38	1,36	1,06	1,30	2)
6	Datum	02/07/2008	20/08/2008	03/09/2008	17/09/2008	13/10/2008	29/10/2008
	Ammonium-N	0,36	0,76	1,80	1,36	0,50	1,46
	Totaal-N	1,01	1,81	3,66	3,11	1,02	2,78
	Drogestof	4,65	6,03	8,41	6,66	2,04	4,63
	As	3,28	3,85	5,65	4,55	1,46	2,90
	pH	7,69	6,73	7,12	7,86	7,84	7,30
	EC	8,24	12,22	21,60	16,63	6,54	15,50
	Nitriet-N	< 0,01	< 0,01	< 0,01	1,35	0,49	< 0,01
	Nitraat-N	0,71	0,71	1,87	0,30	0,10	1,05

¹⁾ Ontbrekende of onbruikbare data (technische storingen)

²⁾ Niet gemeten

3.3 Ventilatie-debiet

In Tabel 7 wordt per bedrijf en per meting aangegeven welke meetmethode werd gebruikt om het ventilatie-debiet te bepalen. Om de verschillende wassers met elkaar te kunnen vergelijken wordt de verblijftijd van de lucht in de wasser in de grafieken weergegeven. Dit is een combinatie van ventilatie en omvang van de wasser. In Figuur 4 wordt de verblijftijd van de lucht in de wasser op de verschillende meetdagen voor de vier luchtwassers weergegeven.

Tabel 7 Meetmethode die toegepast werd om het ventilatie-debiet te bepalen. MV: meetventilator; MB: CO₂-massabalans methode; WF: wasserfabrikant

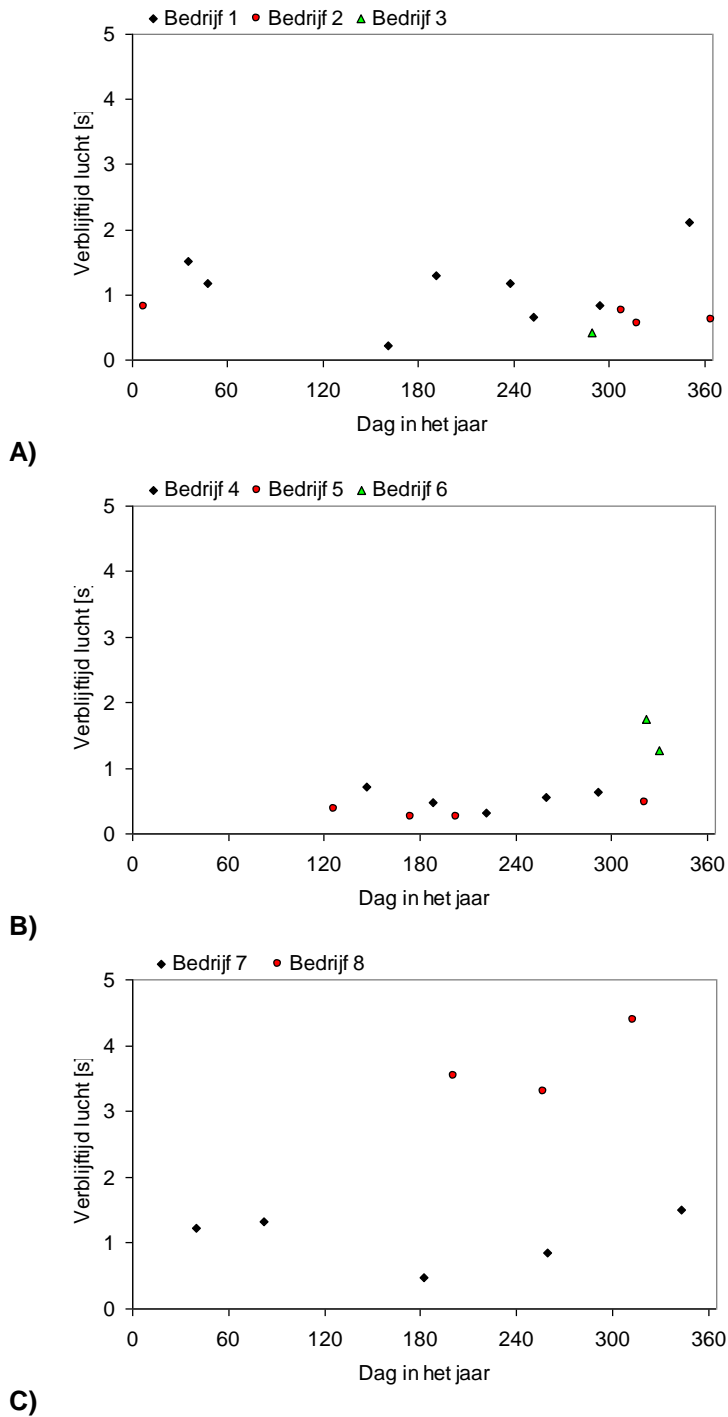
Bedrijf	Meting							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	³⁾	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB ⁴⁾
2	MB	MB	MB	MB	²⁾	²⁾	²⁾	²⁾
3	MB	²⁾	²⁾	²⁾	²⁾	²⁾	²⁾	²⁾
4	MB	MB	MB	MB	MB	²⁾	²⁾	²⁾
5	MV	MV	MV	MV	MV	²⁾	²⁾	²⁾
6	MB	MB				²⁾	²⁾	²⁾
7	MV	MV	MV	MV	MV	²⁾	²⁾	²⁾
8	WF	WF	WF	WF	WF	²⁾	²⁾	²⁾
9	¹⁾	¹⁾	¹⁾	¹⁾	¹⁾	¹⁾	²⁾	²⁾

¹⁾ Ontbrekende of onbruikbare data

²⁾ Niet gemeten

³⁾ Tijdens deze meting was de bypass in werking waardoor het luchtdebiet door de wasser onbekend is

⁴⁾ Bij aankomst op de locatie bleek de wasser in storing te zijn: het waterniveau was te laag. Het waterniveau is handmatig verhoogd en vervolgens is gestart met de metingen. Na de metingen bleek het niveau nog steeds in orde te zijn.

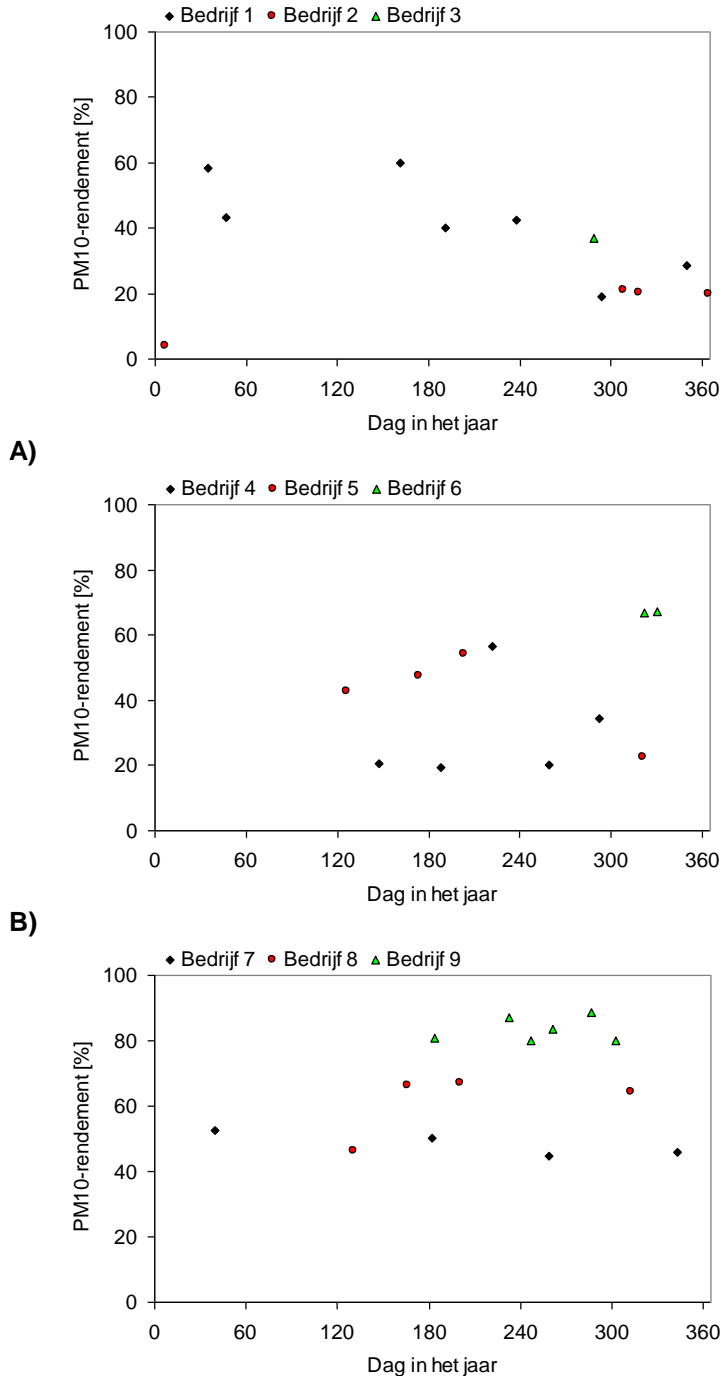


Figuur 4 Gemiddelde verblijftijd over 24 uur van de lucht in de wasser op de verschillende meetdagen voor alle gemeten wassers. A) chemisch luchtwassysteem (90% NH₃-reductie); B) chemisch luchtwassysteem (70% NH₃-reductie); C) biologisch luchtwassysteem (70% NH₃-reductie).

Uit deze figuur blijkt dat de verblijftijd van de lucht in de chemische wassers geen seizoenspatroon vertoont. Figuur 4 laat zien voor de biologische wassers kortere verblijftijden tijdens de warme maanden, en langere verblijftijden tijdens de koude maanden. De gemiddelde verblijftijd in de chemische wassers was 0,8 sec. De gemiddelde verblijftijd bij de biologische wasser met een korte verblijftijd was 1,1 sec. Voor de biologische wasser met een lange verblijftijd was dit 3,7 sec.

3.4 PM10-rendement

In Figuur 5 wordt het rendement voor PM10 op de verschillende meetdagen voor alle bemeten stallen met luchtwassystemen weergegeven.

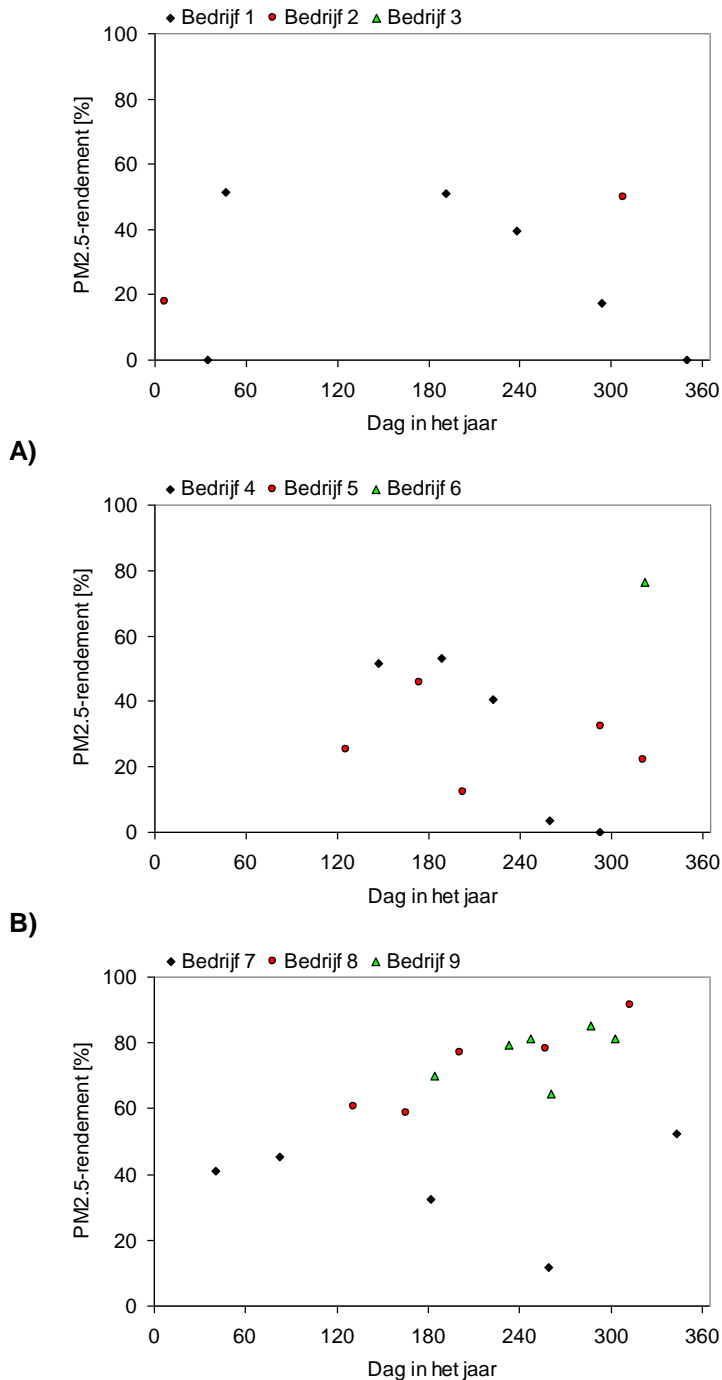


C)
Figuur 5 Gemiddelde PM10-rendementen op de verschillende voor alle gemeten wassers. A) chemisch (90% NH₃-reductie); B) chemisch (70% NH₃-reductie); C) biologisch (70% NH₃-reductie).

Uit deze figuur blijkt dat het rendement voor PM10 een grote variatie toonde voor zowel chemische als voor biologische wassers. Op basis van deze resultaten werd een gemiddeld rendement berekend voor PM10 van $32,7 \pm 16,9$ % voor chemische (90% NH₃-reductie) wassers, van $41,1 \pm 18,8$ % voor chemische (70% NH₃-reductie) wassers, van $48,4 \pm 3,6$ % voor biologische (70% NH₃-reductie) wassers met een korte verblijfstijd van de lucht in de wasser, en van $74,4 \pm 13,1$ % voor biologische (70% NH₃-reductie) wassers met een lange verblijfstijd van de lucht in de wasser.

3.5 PM2,5-rendement

In Figuur 6 wordt het rendement voor PM2,5 op de verschillende meetdagen voor alle bemeeten stallen met luchtwassystemen weergegeven.

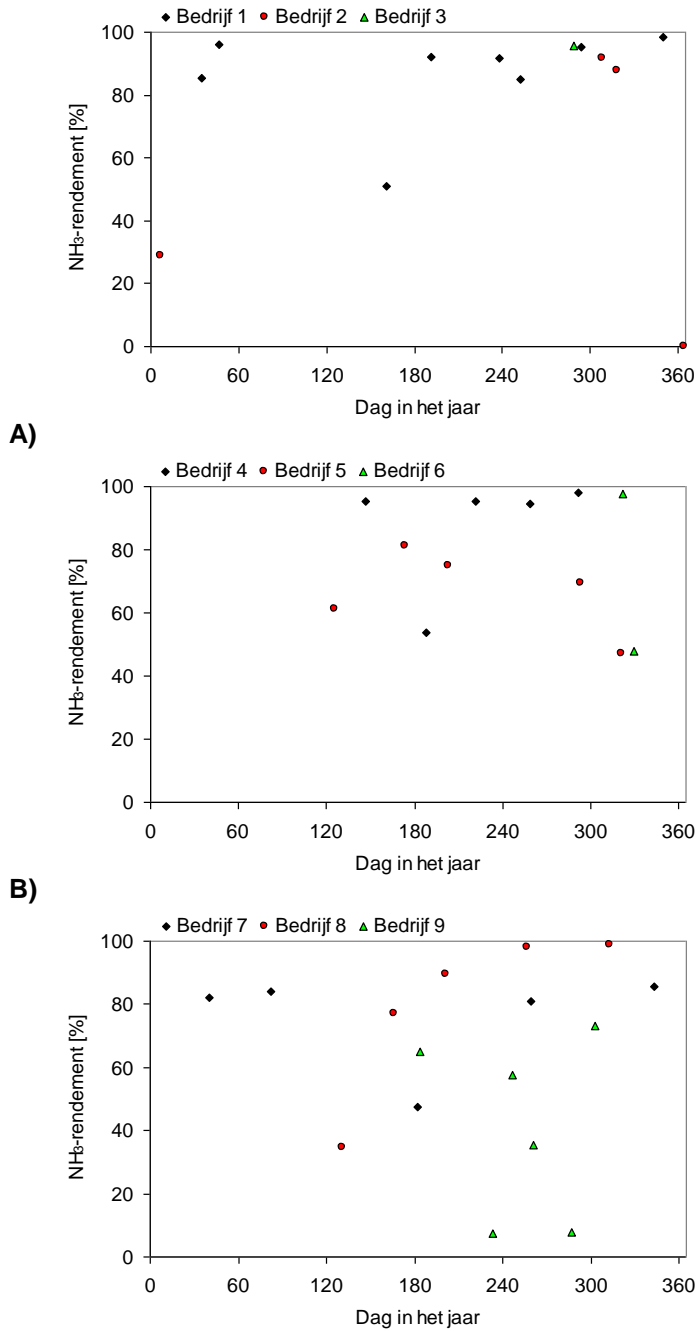


C)
Figuur 6 Gemiddelde PM2,5-rendementen op de verschillende meetdagen voor alle gemeten wassers. A) chemisch (90% NH₃-reductie); B) chemisch (70% NH₃-reductie); C) biologisch (70% NH₃-reductie).

Uit deze figuur blijkt dat het rendement voor PM2,5 een grote variatie toonde voor zowel chemische als biologische luchtwassystemen. Op basis van deze resultaten werd een gemiddeld rendement berekend voor PM2,5 van $28,4 \pm 22,3$ % voor chemische (90% NH₃-reductie) wassers, van $32,9 \pm 23,3$ % voor chemische (70% NH₃-reductie) wassers, van $36,6 \pm 15,8$ % voor biologische (70% NH₃-reductie) wassers met een korte verblijfstijd van de lucht in de wasser, en van $75,2 \pm 10,5$ % voor biologische (70% NH₃-reductie) wassers met een lange verblijfstijd van de lucht in de wasser.

3.6 Ammoniakrendement

In Figuur 7 wordt het rendement voor ammoniak op de verschillende meetdagen voor alle bemeten stallen met luchtwassersystemen weergegeven.

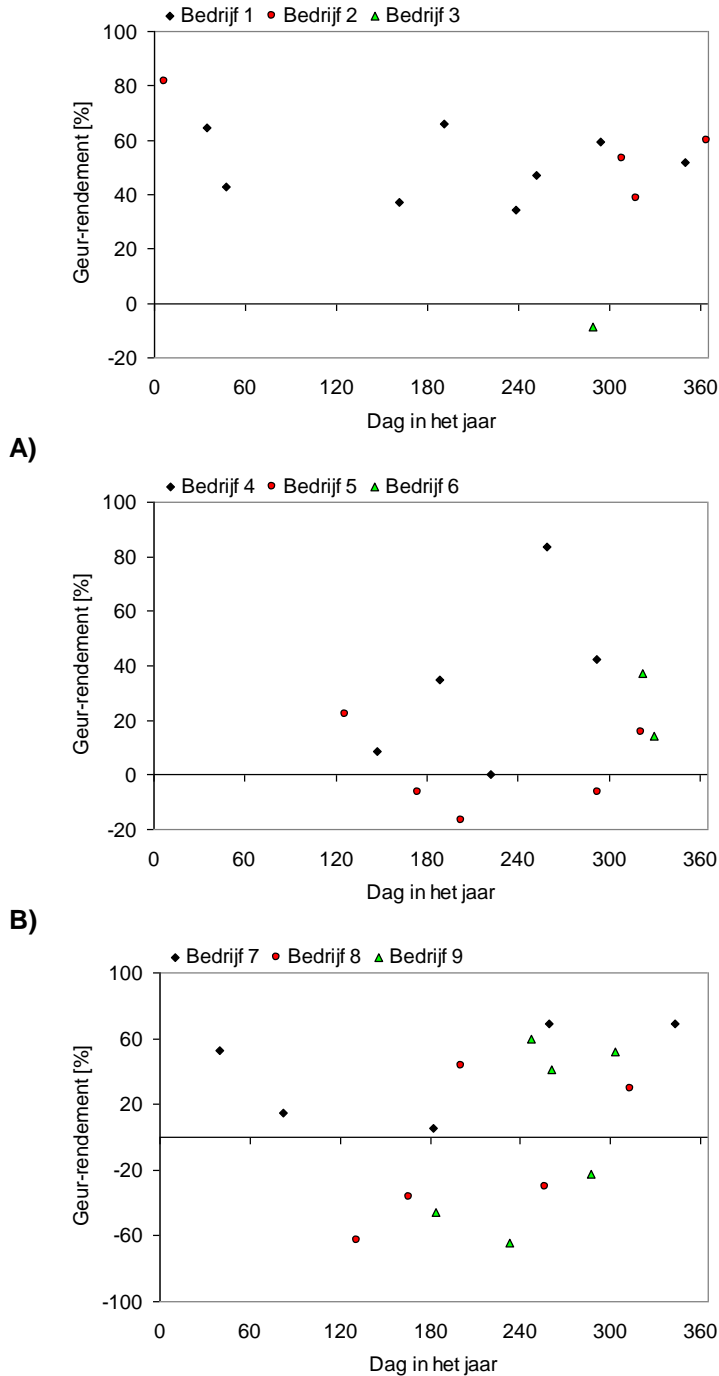


C)
Figuur 7 Gemiddelde ammoniakrendementen op de verschillende meetdagen voor alle gemeten wassers. A) chemisch (90% NH₃-reductie); B) chemisch (70% NH₃-reductie); C) biologisch (70% NH₃-reductie).

Uit deze figuur blijkt dat het rendement voor ammoniak een groot variatie toonde voor zowel chemische als biologische wassers. De lage ammoniakrendementen op bedrijf 2 werden veroorzaakt door een storing in de zuurdosering van de wasser, waardoor de pH is opgelopen tot ongeveer 6. Op basis van deze resultaten werd een gemiddeld rendement berekend voor ammoniak van $76,9 \pm 30,7$ % voor chemische (90% NH₃-reductie) wassers, van $76,4 \pm 20,1$ % voor chemische (70% NH₃-reductie) wassers, van $76,0 \pm 16,0$ % voor biologische (70% NH₃-reductie) wassers met een korte verblijfstijd van de lucht in de wasser, en van $58,6 \pm 33,3$ % voor biologische (70% NH₃-reductie) wassers met een lange verblijfstijd van de lucht in de wasser.

3.7 Geurrendement

In Figuur 8 wordt het rendement voor geur op de verschillende meetdagen voor alle gemeten stallen met luchtwassystemen weergegeven.

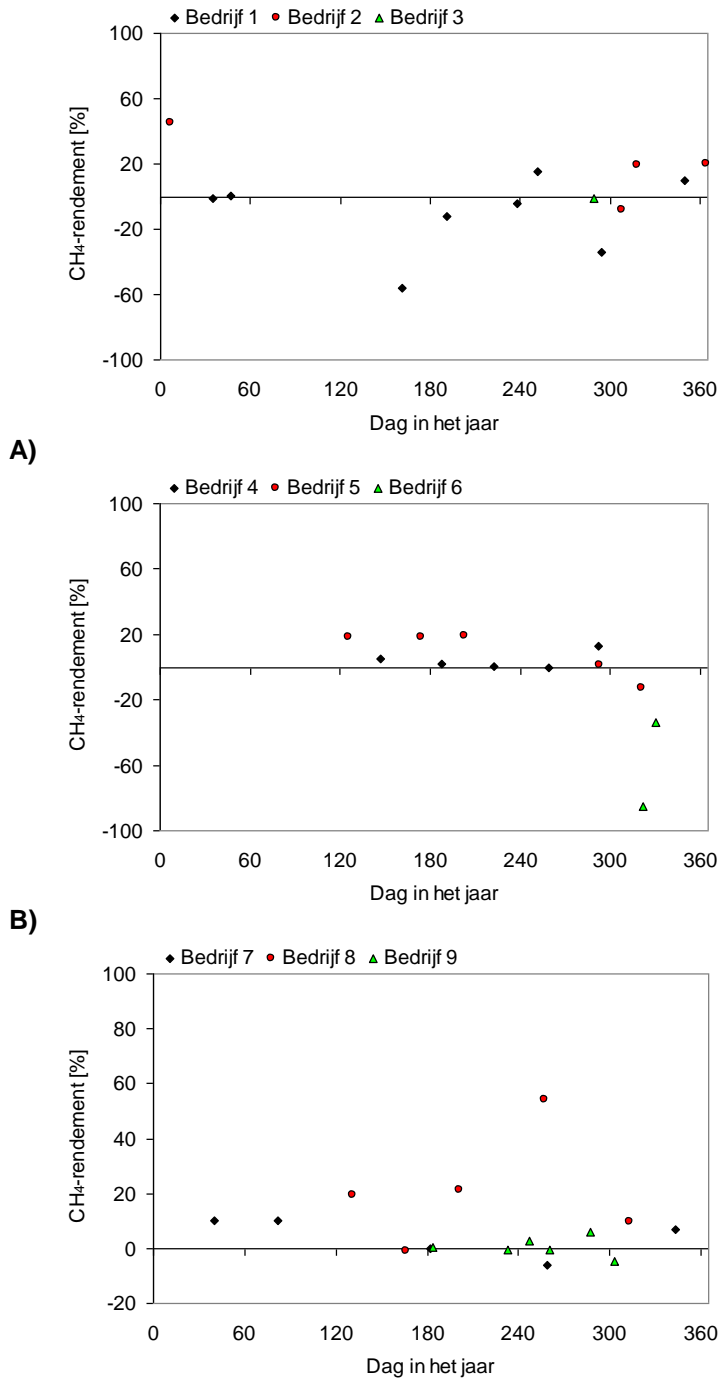


C)
Figuur 8 Gemiddelde geurrendementen op de verschillende meetdagen voor alle gemeten wassers. A) chemisch (90% NH₃-reductie); B) chemisch (70% NH₃-reductie); C) biologisch (70% NH₃-reductie).

Uit deze figuur blijkt dat het rendement voor geur een grote variatie toonde voor zowel chemische als biologische wassers. Op basis van deze resultaten werd een gemiddeld rendement berekend voor geur van $48,3 \pm 21,7$ % voor chemische (90% NH₃-reductie) wassers, van $19,2 \pm 27,6$ % voor chemische (70% NH₃-reductie) wassers, van $42,1 \pm 30,3$ % voor biologische (70% NH₃-reductie) wassers met een korte verblijfstijd van de lucht in de wasser, en van $-3,3 \pm 48,5$ % voor biologische (70% NH₃-reductie) wassers met een lange verblijfstijd van de lucht in de wasser.

3.8 Methaanrendement

In Figuur 9 wordt het rendement voor methaan op de verschillende meetdagen voor alle bemeten stallen met luchtwassersystemen weergegeven.

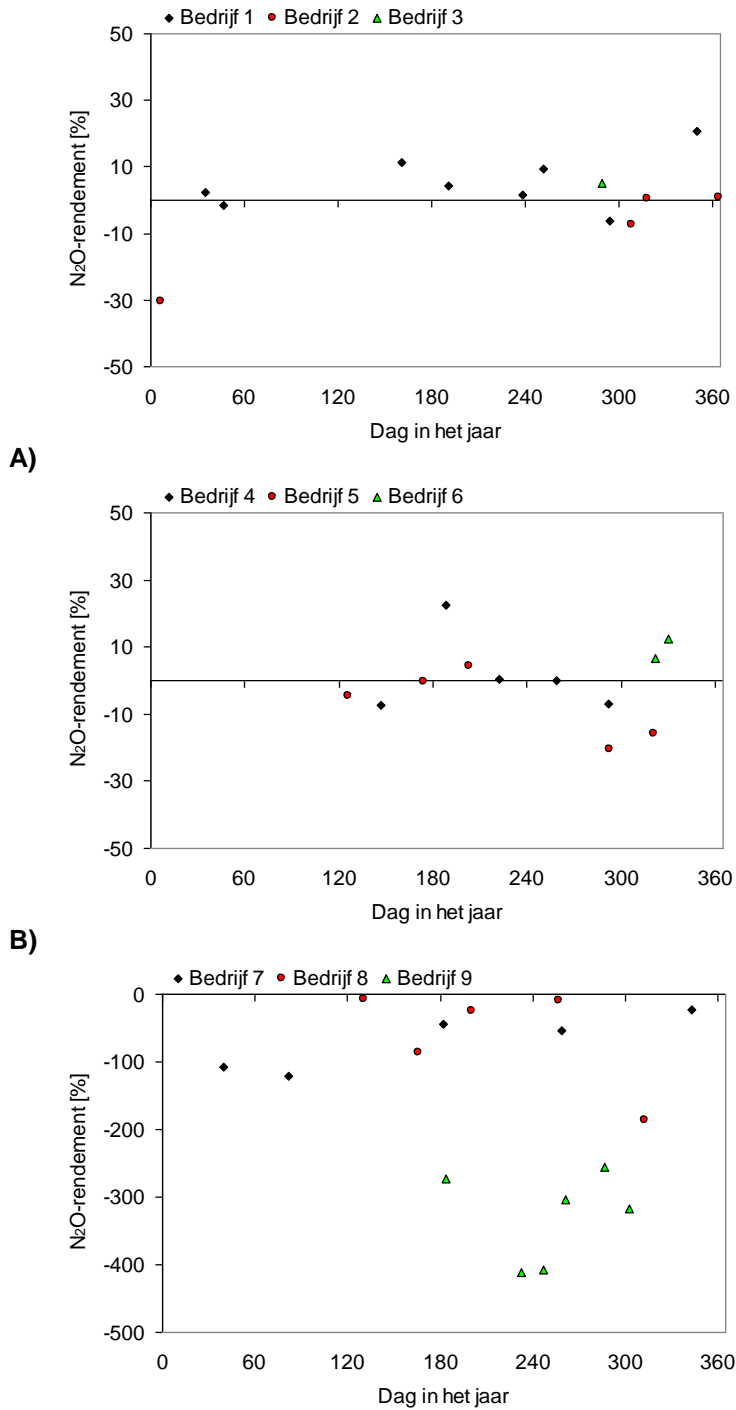


C)
Figuur 9 Gemiddelde methaanrendementen op de verschillende meetdagen voor alle gemeten wassers. A) chemisch (90% NH₃-reductie); B) chemisch (70% NH₃-reductie); C) biologisch (70% NH₃-reductie).

Uit deze figuur blijkt dat het rendement voor methaan enige variatie toonde voor zowel chemische als biologische luchtwassersystemen. Op basis van deze resultaten werd een gemiddeld rendement berekend voor methaan van $-0,6 \pm 25,4$ % voor chemische (90% NH₃-reductie) wassers, van $-5,0 \pm 30,9$ % voor chemische (70% NH₃-reductie) wassers, van $4,1 \pm 7,1$ % voor biologische (70% NH₃-reductie) wassers met een korte verblijfstijd van de lucht in de wasser, en van $9,7 \pm 17,0$ % voor biologische (70% NH₃-reductie) wassers met een lange verblijfstijd van de lucht in de wasser.

3.9 Lachgasrendement

In Figuur 10 wordt het rendement voor lachgas op de verschillende meetdagen voor alle bemeten stallen met luchtwassystemen weergegeven.



Figuur 10 Gemiddelde lachgasrendementen op de verschillende meetdagen voor alle gemeten wassers. A) chemisch (90% NH₃-reductie); B) chemisch (70% NH₃-reductie); C) biologisch (70% NH₃-reductie).

Uit deze figuur blijkt dat luchtwassersystemen geen lachgas verwijderen, en met name voor biologische luchtwassersystemen tot een hogere emissie (negatieve rendement) kunnen leiden. De gemeten concentraties waren over het algemeen laag, aan de onderkant van het meetbereik van de meetmethode, en soms niet te onderscheiden van achtergrondwaarden. De nauwkeurigheid van deze cijfers is daardoor beperkt. Op basis van deze resultaten werd een gemiddeld rendement berekend voor lachgas van $0,8 \pm 11,9$ % voor chemische (90% NH_3 -reductie) wassers, van $-0,9 \pm 12,3$ % voor chemische (70% NH_3 -reductie) wassers, van $-69,8 \pm 42,3$ % voor biologische (70% NH_3 -reductie) wassers met een korte verblijfstijd van de lucht in de wasser, en van $-207,8 \pm 154,0$ % voor biologische (70% NH_3 -reductie) wassers met een lange verblijfstijd van de lucht in de wasser.

4 Discussie

In Tabel 8 worden de in dit onderzoek gemeten rendement weergegeven voor bedrijven met een chemisch luchtwassysteem (90% NH₃-reductie, Tabel 8a; 70% NH₃-reductie; Tabel 8b), en de bedrijven met een biologisch luchtwassysteem (70% NH₃-reductie, lange verblijfstijd van de lucht in de wasser, Tabel 8c; 70% NH₃-reductie, korte verblijfstijd van de lucht in de wasser, Tabel 8d). Ter vergelijking zijn de gehanteerde rendementen in relatie tot de Regeling beoordeling luchtkwaliteit (Rbl) 2007, Regeling ammoniak en veehouderij (Rav) mei 2009, en Regeling geur en veehouderij (Rgv) april 2009 weergegeven. In de Rbl worden de emissiefactoren voor de verschillende luchtwassystemen onderscheiden per diergroep (varkens/pluimvee). In de Rav en Rgv wordt alleen onderscheid gemaakt in luchtwassertype.

Tabel 8a Rendementen voor verwijdering van PM10, PM2,5, ammoniak, geur, methaan en lachgas voor de drie pluimveestallen met een chemisch (90% NH₃-reductie) luchtwassysteem, en gehanteerde rendementen in relatie tot de Rbl, Rav- en Rgv (zie tekst)

Emissie	Waarde huidige metingen	Gehanteerde rendementen
PM10 (%)	32,7 +/- 16,9	30
PM2,5 (%)	28,4 +/- 22,3	-
Ammoniak (%)	76,9 +/- 30,7	70
Geur (%)	48,3 +/- 21,7	30
Methaan (%)	-0,6 +/- 25,4	-
Lachgas (%)	0,8 +/- 11,9	-

Tabel 8b Rendementen voor verwijdering van PM10, PM2,5, ammoniak, geur, methaan en lachgas voor de drie stallen (twee varkens- en een pluimveestallen) met een chemisch (70% NH₃-reductie), en gehanteerde rendementen in relatie tot de Rbl, Rav- en Rgv (zie tekst)

Emissie	Waarde huidige metingen	Gehanteerde rendementen
PM10 (%)	41,1 +/- 18,8	⁽¹⁾
PM2,5 (%)	32,9 +/- 23,3	-
Ammoniak (%)	76,4 +/- 20,1	70
Geur (%)	19,2 +/- 27,6	30
Methaan (%)	-5,0 +/- 30,9	-
Lachgas (%)	-0,9 +/- 12,3	-

⁽¹⁾ Voor varkens wordt een rendement van 60% gehanteerd, voor pluimvee wordt een rendement van 30% gehanteerd

Tabel 8c Rendementen voor verwijdering van PM10, PM2,5, ammoniak, geur, methaan en lachgas voor de twee stallen (een varkens- en een pluimveestal) met een biologisch (70% NH₃-reductie) luchtwassysteem met een lange verblijfstijd van de lucht in de wasser, en gehanteerde rendementen in relatie tot de Rbl, Rav- en Rgv (zie tekst)

Emissie	Waarde huidige metingen	Gehanteerde rendementen
PM10 (%)	74,4 +/- 13,1	⁽¹⁾
PM2,5 (%)	75,2 +/- 10,5	-
Ammoniak (%)	58,6 +/- 33,3	70
Geur (%)	-3,3 +/- 48,5	45
Methaan (%)	9,7 +/- 17,0	-
Lachgas (%)	-207,8 +/- 154,0	-

⁽¹⁾ Voor varkens wordt een rendement van 60% gehanteerd, voor pluimvee wordt een rendement van 70% gehanteerd

Tabel 8d Rendementen voor verwijdering van PM10, PM2,5, ammoniak, geur, methaan en lachgas voor de varkensstal met een biologische luchtwassystemen (70% NH₃-reductie) met een korte verblijfstijd van de lucht in de wasser, en gehanteerde rendementen in relatie tot de Rbl, Rav- en Rgv (zie tekst)

Emissie	Waarde huidige metingen	Gehanteerde rendementen
PM10 (%)	48,4 +/- 3,6	60
PM2,5 (%)	36,6 +/- 15,8	-
Ammoniak (%)	76,0 +/- 16,0	70
Geur (%)	42,1 +/- 30,3	45
Methaan (%)	4,1 +/- 7,1	-
Lachgas (%)	-69,8 +/- 42,3	-

Op basis van de huidige metingen aan de chemische luchtwassers (Tabel 8a en Tabel 8b) bleek dat het rendement voor fijnstof (PM10) lager was dan het gehanteerde rendement voor varkens (60%), maar hoger dan het gehanteerde rendement voor pluimvee (30%). Het rendement voor ammoniak was lager voor de 90% NH₃-reductie wassers en vergelijkbaar voor de 70% NH₃-reductie wassers ten opzichte van de gehanteerde rendementen (respectievelijk 90% en 70%). Het rendement voor geur was voor de 90% NH₃-reductie wassers hoger, en voor de 70% NH₃-reductie wassers lager dan het gehanteerde rendement (30%).

Op basis van de huidige metingen aan de biologische luchtwassers bleek dat het rendement voor fijnstof (PM10) voor de wassers met een lange verblijfstijd van de lucht in de wasser hoger was dan het gehanteerde rendement van 60% voor varkens, en vergelijkbaar met het gehanteerde rendement van 70% voor pluimvee. Voor de wassers met een korte verblijfstijd van de lucht in de wasser was het gemeten rendement lager dan het gehanteerde rendement. Het rendement voor ammoniak en geur was lager dan het gehanteerde rendement voor de wassers met een lange verblijfstijd van de lucht in de wasser. Voor de wassers met een korte verblijfstijd van de lucht in de wasser werd een hogere rendement gemeten voor ammoniak, maar lagere voor geur, ten opzichte van het gehanteerde rendement.

Het gemiddeld dagnummer voor de metingen op de bedrijven met respectievelijk een chemisch luchtwassysteem (90% NH₃-reductie), een chemisch luchtwassysteem (70% NH₃-reductie) en een biologisch luchtwassysteem (70% NH₃-reductie) was respectievelijk 220, 240 en 218.

5 Conclusies

Voor de drie pluimveestallen met een chemisch (90% NH₃-reductie) luchtwassysteem zijn de volgende rendementen bepaald (gemiddelde ± de standaarddeviatie tussen de bedrijven):

- PM10-rendement: 32,7 ± 16,9 %
- PM2,5-rendement: 28,4 ± 22,3 %
- Ammoniakrendement: 76,9 ± 30,7 %
- Geurrendement: 48,3 ± 21,7 %
- Methaanrendement: -0,6 ± 25,4 %
- Lachgasrendement: 0,8 ± 11,9 %

Voor de drie stallen (twee varkens- en een pluimveestallen) met een chemisch (70% NH₃-reductie) luchtwassysteem zijn de volgende rendementen bepaald (gemiddelde ± de standaarddeviatie tussen de bedrijven):

- PM10-rendement: 41,1 ± 18,8 %
- PM2,5-rendement: 32,9 ± 23,3 %
- Ammoniakrendement: 76,4 ± 20,1 %
- Geurrendement: 19,2 ± 27,6 %
- Methaanrendement: -5,0 ± 30,9 %
- Lachgasrendement: -0,9 ± 12,3 %

Voor de twee stallen (een varkens- en een pluimveestal) met een biologisch (70% NH₃-reductie) luchtwassysteem met een lange verblijfstijd van de lucht in de wasser zijn de volgende rendementen bepaald:

- PM10-rendement: 74,4 ± 13,1 %
- PM2,5-rendement: 75,2 ± 10,5 %
- Ammoniakrendement: 58,6 ± 33,3 %
- Geurrendement: -3,3 ± 48,5 %
- Methaanrendement: 9,7 ± 17,0 %
- Lachgasrendement: -207,8 ± 154,0 %

Voor de varkensstal met een biologisch (70% NH₃-reductie) luchtwassysteem met een korte verblijfstijd van de lucht in de wasser zijn de volgende rendementen bepaald:

- PM10-rendement: 48,4 ± 3,6 %
- PM2,5-rendement: 36,6 ± 15,8 %
- Ammoniakrendement: 76,0 ± 16,0 %
- Geurrendement: 42,1 ± 30,3 %
- Methaanrendement: 4,1 ± 7,1 %
- Lachgasrendement: -69,8 ± 42,3 %

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

- het rendement van PM10 bij een 90% NH₃-reductie chemisch luchtwasser lag hoger dan de eerder gehanteerde emissiefactor voor PM10 voor pluimvee (30% reductie);
- het rendement van PM10 bij een 70% NH₃-reductie chemisch luchtwasser lag lager dan de eerder gehanteerde emissiefactor voor PM10 voor varkens (60% reductie), maar hoger dan de eerder gehanteerde emissiefactor voor PM10 voor pluimvee (30% reductie);
- het rendement van PM10 bij een 70% NH₃-reductie biologische luchtwasser met een lange verblijfstijd van de lucht in de wasser lag hoger dan de eerder gehanteerde emissiefactor voor PM10 voor varkens (60% reductie) en is vergelijkbaar met de eerder gehanteerde emissiefactor voor PM10 voor pluimvee (70% reductie).
- het rendement van PM10 bij een 70% NH₃-reductie biologische luchtwasser met een korte verblijfstijd van de lucht in de wasser lag lager dan de eerder gehanteerde emissiefactor voor PM10 voor varkens (60% reductie).

Literatuur

- Aarnink, A. J. A., J. van Harn, T.G. van Hattum, Y. Zhao, J.W. Snoek, I. Vermeij en J. Mosquera. 2008. Reductie stofemissie bij vleeskuikens door aanbrengen oliefilm. Rapport 154, Animal Sciences Group, Lelystad.
- CEN standard 13725. 2003. Air quality - determination of odour concentration by dynamic olfactometry, European Committee for Standardization, Brussels, Belgium.
- Chardon, W. J., and K. W. Van der Hoek. 2002. Berekeningsmethode voor de emissie van fijn stof vanuit de landbouw. p 35. Alterra / RIVM, Wageningen.
- CIGR. 2002. 4th Report of Working Group on Climatization of animal houses. Heat and moisture production at animal and house levels (eds. Pedersen, S.; K. Sällvik).
- Groot Koerkamp, P. W. G., G. H. Uenk, and H. Drost. 1996. De uitstoot van respirabelstof door de Nederlandse veehouderij. Rapport 96-10, Instituut voor Milieu- en Agritechneik.
- Groenestein, C.M., 2006. Environmental aspects of improving sow welfare with group housing and straw bedding. PhD thesis Wageningen University.
- Groenestein, C.M., J. Mosquera, N.W.M. Ogink en J.M.G. Hol. 2007 Meetprotocol voor het bepalen van een emissiefactor voor methaan uit stalsystemen. Intern rapport, Animal Sciences Group, Wageningen.
- Hofschreuder, P., Y. Zhao, A. J. A. Aarnink, en N. W. M. Ogink. 2008. Measurement protocol for emissions of fine dust from animal housings. Considerations, draft protocol and validation. Report 134, Animal Sciences Group, Lelystad.
- Mosquera, J., P. Hofschreuder, J.W. Erisman, E. Mulder, C.E. van 't Klooster, N. Ogink, D. Swierstra en N. Verdoes. 2002. Meetmethode gasvormige emissies uit de veehouderij. Wageningen, IMAG rapport 2002-12.
- Mosquera, J. en C.M. Groenestein. 2008. Bouwstenen voor een meetprotocol voor het bepalen van een emissiefactor voor lachgas uit stalsystemen. Intern rapport, Animal Sciences Group, Wageningen.
- NEN-EN 12341. 1998. Luchtkwaliteit - bepaling van de pm10 fractie van zwevend stof - referentiemethode en veldonderzoek om de referentiegelijkwaardigheid aan te tonen van meetmethoden, Nederlands Normalisatie-instituut, Delft.
- NEN-EN 14907. 2005. Ambient air quality - standard gravimetric measurement method for the determination of the pm2,5 mass fraction of suspended particulate matter, Nederlands Normalisatie-instituut, Delft.
- Ogink, N.W.M. 2008. Protocol voor het meten van de geuremissie uit stalsystemen in de veehouderij. Intern rapport, Animal Sciences Group, Wageningen.
- Ogink, N. W. M., J. M. G. Hol, J. Mosquera, and H. M. Vermeer. 2008. Bouwstenen voor een nieuw meetprotocol ammoniak emissiemetingen voor huisvestingssystemen in de veehouderij. Intern rapport, Animal Sciences Group, Wageningen.
- Ogink, N.W.M., G. Mol. 2002. Uitwerking van een protocol voor het meten van de geuremissie uit stallocaties en stalsystemen in de veehouderij. IMAG nota P 2002-57, 31 pp.
- Pedersen, S., V. Blanes-Vidal, 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 mest- en ammoniak- problematiek in de veehouderij 16 (eds E.N.J. van Ouwerkerk), pp. 38-40. DLO, Wageningen.
- Zhao, Y., A. J. A. Aarnink, P. Hofschreuder, and P. W. G. Groot Koerkamp. 2009. Validation of cyclone as a pre-separator for airborne dust sampling in animal houses. Journal of Aerosol Science, submitted.

Bijlagen

Bijlage 1 Wasserkenmerken chemisch luchtwassysteem, bedrijf 1*

Algemeen	chemische wasser 90% NH₃-reductie
Rav-code mei 2009 (www.infomil.nl)	E5.4 NH ₃ : 90% reductie Geur: 30% reductie Fijnstof PM10: 60% reductie
Huisvestingssysteem	Chemisch luchtwassysteem (90% emissiereductie)
Diergroep	Vleeskuikens
Aantal dierplaatsen	26.000
Wasser	
Wassertype	Dwarsstroom
Capaciteit	90.000 m ³ lucht/uur
Type pakkingsmateriaal	Kunststof structuurpakking; merk en type: 2H NET 150 specifiek oppervlak: 150 m ² /m ³ Druppelvanger aanwezig
Aanstroomoppervlak	13 m ² (6 modules à 2,4 (h) x 0,9 (b))
Pakketdikte	0,45 m
Pakketvolume	5,8 m ³
Minimale luchtverblijftijd in pakket	0,23 sec.**
Hoeveelheid watercirculatie	28 m ³ /uur (continu)
Hoeveelheid spuiwater	Onbekend
Spuiregeling	Bij een (gemeten) geleidbaarheid boven 240 mS/cm wordt gespuid. Echter omdat het waswater na iedere productieronde van de vleeskuikens (duur 6 tot 7 weken) wordt ververs wordt het setpoint van 240 mS/cm nooit bereikt
PH regeling	Setpoint 1,5 – 2,0

* Volgens opgave van wasserleverancier

** Berekend als pakketvolume (m³) / ontwerpcapaciteit (m³/s)

Bijlage 2 Wasserkenmerken chemisch luchtwassysteem, bedrijf 2*

Algemeen	chemische wasser 90% NH₃-reductie
Rav-code mei 2009 (www.infomil.nl)	E5.4 NH ₃ : 90% reductie Geur: 30% reductie Fijnstof PM10: 60% reductie
Huisvestingssysteem	Chemisch luchtwassysteem (90% emissiereductie)
Diergroep	Vleeskuikens
Aantal dierplaatsen	35.000
Wasser	
Wassertype	Dwarsstroom
Capaciteit	140.000 m ³ lucht/uur
Type pakkingsmateriaal	Kunststof structuurpakking; merk en type: 2H NET 150 specifiek oppervlak: 150 m ² /m ³ Druppelvanger aanwezig
Aanstroomoppervlak	28,8 m ² (7 modules à 2,25 (h) x 1,83 (b))
Pakketdikte	0,38 m, waarvan 0,3 m pakkingsmateriaal en 0,08 m druppelvanger
Pakketvolume	8,6 m ³ (exclusief druppelvanger)
Minimale luchtverblijftijd in pakket	0,22 sec.**
Hoeveelheid watercirculatie	140 m ³ /uur (continu)
Hoeveelheid spuiwater	59 m ³ /jaar***
Spuiregeling	Bij een (gemeten) geleidbaarheid boven 180 mS/cm wordt gespuid.
PH regeling	Setpoint 3,0

* Volgens opgave van wasserleverancier

** Berekend als pakketvolume (m³) / ontwerpcapaciteit (m³/s)

*** Berekend op grond van de NH₃ emissiewaarde RAV (0,107 kg NH₃/dpl/jaar), rendement van 90% en N-concentratie in het spuiwater van 35 g N/liter

Bijlage 3 Wasserkenmerken chemisch luchtwassysteem, bedrijf 3*

Algemeen	chemische wasser 90% NH₃-reductie
Rav-code mei 2009 (www.infomil.nl)	E1.9 NH ₃ : 90% reductie Geur: 30% reductie Fijnstof PM10: 60% reductie
Huisvestingssysteem	Chemisch luchtwassysteem (90% emissiereductie)
Diergroep	Opfokleghennen
Aantal dierplaatsen	35.000
Wasser	
Wassertype	Dwarsstroom
Capaciteit	168.000 m ³ lucht/uur
Type pakkingsmateriaal	Kunststof structuurpakking; merk en type: 2H NET 150 specifiek oppervlak: 150 m ² /m ³ Druppelvanger aanwezig
Aanstroomoppervlak	34,6 m ² (7 modules à 2,7 (h) x 1,83 (b))
Pakketdikte	0,38 m, waarvan 0,3 m pakkingsmateriaal en 0,08 m druppelvanger
Pakketvolume	10,4 m ³ (exclusief druppelvanger)
Minimale luchtverblijftijd in pakket	0,22 sec.**
Hoeveelheid watercirculatie	150 m ³ /uur (continu)
Hoeveelheid spuiwater	126 m ³ /jaar***
Spuiregeling	Bij een (gemeten) geleidbaarheid boven 180 mS/cm wordt gespuid.
PH regeling	Setpoint 3,0
* Volgens opgave van wasserleverancier	
** Berekend als pakketvolume (m ³) / ontwerpcapaciteit (m ³ /s)	
*** Berekend op grond van de NH ₃ emissiewaarde RAV (0,107 kg NH ₃ /dpl/jaar), rendement van 90% en N-concentratie in het spuiwater van 35 g N/liter	

Bijlage 4 Wasserkenmerken chemisch luchtwassysteem, bedrijf 4*

Algemeen	chemische wasser 70% NH₃-reductie
Rav-code mei 2009 (www.infomil.nl)	D3.2.9 NH ₃ : 70% reductie Geur: 30% reductie Fijnstof PM10: 60% reductie
Huisvestingssysteem	Chemisch luchtwassysteem (70% emissiereductie)
Diergroep	Vleesvarkens
Aantal dierplaatsen	480
Wasser	
Wassertype	Dwarsstroom
Capaciteit	40.000 m ³ lucht/uur
Type pakkingsmateriaal	Kunststof structuurpakking; merk en type: 2H NET 150 specifiek oppervlak: 150 m ² /m ³ Druppelvanger aanwezig
Aanstroomoppervlak	8,24 m ² (2 modules à 2,25 (h) x 1,83 (b))
Pakketdikte	0,38 m, waarvan 0,3 m pakkingsmateriaal en 0,08 m druppelvanger
Pakketvolume	2,47 m ³ (exclusief druppelvanger)
Minimale luchtverblijftijd in pakket	0,23 sec.**
Hoeveelheid watercirculatie	20 m ³ /uur (continu)
Hoeveelheid spuiwater	19,2 m ³ /jaar* (19,7 m ³ /jaar ***)
Spuiregeling	Bij een (gemeten) geleidbaarheid boven 180 mS/cm wordt gespuid.
PH regeling	Setpoint 3,0
* Volgens opgave van wasserleverancier	
** Berekend als pakketvolume (m ³) / ontwerpcapaciteit (m ³ /s)	
*** Berekend op grond van de NH ₃ emissiewaarde RAV (2,5 kg NH ₃ /dpl/jaar), rendement van 70% en N-concentratie in het spuiwater van 35 g N/liter	



Ingaande lucht (drukkamer)



Uitgaande lucht



Overzicht water



Meetapparatuur water

Bijlage 5 Wasserkenmerken chemisch luchtwassysteem, bedrijf 5*

Algemeen	chemische wasser 70% NH₃-reductie
Rav-code mei 2009 (www.infomil.nl)	D3.2.9 NH ₃ : 70% reductie Geur: 30% reductie Fijnstof PM10: 60% reductie
Huisvestingssysteem	Chemisch luchtwassysteem (70% emissiereductie)
Diergroep	Vleesvarkens
Aantal dierplaatsen	1.200
Wasser	
Wassertype	Dwarsstroom
Capaciteit	78.000 m ³ lucht/uur
Type pakkingsmateriaal	Lamellenfilter waarover om de 20 minuten gedurende 1 minuut aangezuurde wasvloeistof wordt gespreid. Druppelvanger aanwezig
Aanstroomoppervlak	7,6 m ²
Pakketdikte	0,5 m
Pakketvolume	3,78 m ³ (exclusief druppelvanger)
Minimale luchtverblijftijd in pakket	0,18 sec.**
Hoeveelheid watercirculatie	Onbekend
Hoeveelheid spuiwater	48 m ³ /jaar*
Spuiregeling	Wanneer pH 4 wordt bereikt na de 5 ^e maal werd al het waswater gespuid en vers water aangezuurd tot pH 0,5.
PH regeling	Bij pH-waarde 4 wordt het waswater aangezuurd tot pH 0,5

* Volgens opgave van wasserleverancier

** Berekend als pakketvolume (m³) / ontwerpcapaciteit (m³/s)



Ingaande lucht (drukkamer)



Uitgaande lucht



Overzicht water



Meetapparatuur water

Bijlage 6 Wasserkenmerken chemisch luchtwassysteem, bedrijf 6*

Algemeen	chemische wasser 70% NH₃-reductie
Rav-code mei 2009 (www.infomil.nl)	Staat niet in de RAV-lijst volgens VDR gegevens uit Duitsland NH ₃ : 70% reductie Geur: 30% reductie Fijnstof PM10: 60% reductie
Huisvestingssysteem	Chemisch luchtwassysteem (70% emissiereductie)
Diergroep	Vleeskuikens
Aantal dierplaatsen	30.000
Wasser	
Wassertype	Dwarsstroom
Capaciteit	180.000 m ³ lucht/uur
Type pakkingsmateriaal	Kunststof structuurpakking; merk en type: Hewitech AK 150 specifiek oppervlak: 200 m ² /m ³ Druppelvanger aanwezig
Aanstroomoppervlak	68,0 m ² (3 modules à 2,7 (h) x 8,4 (b))
Pakketdikte	0,15 m
Pakketvolume	10,2 m ³ (exclusief druppelvanger)
Minimale luchtverblijftijd in pakket	0,20 sec.**
Hoeveelheid watercirculatie	57 m ³ /uur (continu)
Hoeveelheid spuiwater	122 m ³ /jaar***
Spuiregeling	Na elke productieronde van de vleeskuikens (6 tot 7 weken) werd al het waswater gespuid
PH regeling	Setpoint 4,0

* Volgens opgave van waterleverancier

** Berekend als pakketvolume (m³) / ontwerpcapaciteit (m³/s)

*** Berekend op grond 9 productierondes per jaar, per module 4,5 m³ waterbasin, 3 modules.

Bijlage 7 Wasserkenmerken biologisch luchtwassysteem, bedrijf 7*

Algemeen	biologische wasser 70% NH₃-reductie
Rav-code mei 2009 (www.infomil.nl)	D3.2.8 NH ₃ : 70% reductie Geur: 45% reductie Fijnstof PM10: 60% reductie
Huisvestingssysteem	Biologisch luchtwassysteem (70% emissiereductie)
Diergroep	Opfokzeugen (25 kg – tot eerste dekking)
Aantal dierplaatsen	616
Wasser	
Wassertype	Tegenstroom
Capaciteit	49.280 m ³ lucht/uur
Type pakkingsmateriaal	Geperforeerd kunststof buizen specifiek oppervlak is onbekend druppelvanger aanwezig
Aanstroomoppervlak	3,4 m ^{2**} (1 module 2,42 (h) x 1,24 (b))
Pakketdikte	1,1 m
Pakketvolume	3,8 m ³ (exclusief druppelvanger)
Minimale luchtverblijftijd in pakket	0,28 sec.***
Hoeveelheid watercirculatie	57 m ³ /uur (continu)
Hoeveelheid spuiwater	30,6 m ³ /jaar
Spuiregeling	Ieder uur wordt de EC waarde van het waswater gecontroleerd en indien nodig wordt enkele minuten gespuid zodat de EC waarde weer aan de norm voldoet. De EC norm lag tussen de 10 en 25 mS/cm
PH regeling	geen

* Volgens opgave van wasserleverancier

** door een mechanisch defect in de wasser werd slechts 1 wassectie gebruikt i.p.v. de geïnstalleerde 2 wassecties. Alle omschrijvingen en berekeningen zijn gebaseerd op 1 wassectie

*** Berekend als pakketvolume (m³) / ontwerpcapaciteit (m³/s)



Ingaande lucht (drukkamer)



Uitgaande lucht



Overzicht water

Bijlage 8 Wasserkenmerken biologisch luchtwassysteem, bedrijf 8*

Algemeen	Biologische wasser 70% NH₃-reductie
Rav-code mei 2009 (www.infomil.nl)	D1.3.6 NH ₃ : 70% reductie Geur: 45% reductie Fijnstof PM10: 60% reductie
Huisvestingssysteem Diergroep	Biologisch luchtwassysteem (70% emissiereductie) Guste en dragende zeugen; kraamzeugen en biggen
Aantal dierplaatsen	960 zeugen 4.160 biggen
Wasser	
Wassertype	Tegenstroom
Capaciteit	206.400 m ³ lucht/uur
Type pakkingsmateriaal	Kunststof filtermateriaal; specifiek oppervlak: 243 m ² /m ³
Aanstroomoppervlak	71,04 m ² (2,4 (h) x 29,6 (b))
Pakketdikte	0,9 m
Tussenruimte (ruimte tussen pakket en waterniveau)	1,3 m
Pakketvolume exclusief tussenruimte	64 m ³
Pakketvolume inclusief tussenruimte	156 m ³
Minimale luchtverblijftijd in pakket**	
exclusief tussenruimte	1,12 seconde
inclusief tussenruimte	2,72 seconde
Hoeveelheid watercirculatie	69 m ³ /uur (continu)
Hoeveelheid spuiwater	1450 m ³ /jaar
Spuiregeling	Op basis van geleidbaarheid
PH regeling	Geen

* Volgens opgave van wasserleverancier

** Berekend als pakketvolume (m³) / ontwerpcapaciteit (m³/s)



Ingaande lucht (drukkamer)



Uitgaande lucht



Overzicht water



Meetapparatuur water

Bijlage 9 Wasserkenmerken biologisch luchtwassysteem, bedrijf 9*

Algemeen	Biologische wasser 70% NH₃-reductie
Rav-code mei 2009 (www.infomil.nl)	E2.13** NH ₃ : 70% reductie Geur: 45% reductie Fijnstof PM10: 60% reductie
Huisvestingssysteem	Biologisch luchtwassysteem (70% emissiereductie)
Diergroep	Lehennen met uitloop en wintergarten
Aantal dierplaatsen	36.200
Wasser	
Wassertype	Tegenstroom
Capaciteit	230.000 m ³ lucht/uur
Type pakkingsmateriaal	Kunststof structuur pakking; merk en type: 2H FKP327 specifiek oppervlak: 125 m ² /m ³
Aanstroomoppervlak	60 m ²
Pakketdikte	1,2 m
Tussenruimte (ruimte tussen pakket en waterniveau)	1,7 m
Pakketvolume exclusief tussenruimte	72 m ³
Pakketvolume inclusief tussenruimte	102 m ³
Minimale luchtverblijftijd in pakket***	
exclusief tussenruimte	1,13 seconde
inclusief tussenruimte	2,72 seconde
Hoeveelheid watercirculatie	94 m ³ /uur (continu)
Hoeveelheid spuiwater	587 m ³ /jaar
Spuiregeling	Op basis van geleidbaarheid van circa 15 mS/cm
PH regeling	Geen

* Volgens opgave van waterleverancier

** afwijkende uitvoering: de lucht wordt voor bevochtigd in een extra vernevelingsstap en de wasser is gedimensioneerd op een ventilatiebehoefte van 6,35 m³/uur/dier.

*** Berekend als pakketvolume (m³) / ontwerpcapaciteit (m³/s)



Wageningen UR Livestock Research

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

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