

Wageningen UR Livestock Research

Partner in livestock innovations



Rapport 565

Maatregelen ter vermindering van
fijnstofemissie uit de pluimveehouderij:
effecten van de aanbrengfrequentie van een
waterfilm op het strooisel bij leghennen in
volièresystemen

April 2012



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, 2012

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

Aansprakelijkheid

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

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

Losse nummers zijn te verkrijgen via de website.



De certificering volgens ISO 9001 door DNV onderstreept ons kwaliteitsniveau. Op al onze onderzoeksopdrachten zijn de Algemene Voorwaarden van de Animal Sciences Group van toepassing. Deze zijn gedeponneerd bij de Arrondissementsrechtbank Zwolle.

Abstract

This report describes the effect of the frequency of spraying water (300 ml/m²) onto the litter floor of aviary housing for laying hens on PM10 and ammonia emissions.

Keywords

Laying hens, water film, litter floor, PM10 emission and ammonia emission

Referaat

ISSN 1570 - 8616

Auteurs

J. van Harn
H.H. Ellen
J.W.H. Huis in 't Veld
N.W.M. Ogink

Titel

Maatregelen ter vermindering van fijnstofemissie uit de pluimveehouderij: effecten van de aanbrengfrequentie van een waterfilm op het strooisel bij leghennen in voliëresystemen

Rapport 565

Samenvatting

In dit rapport worden de effecten beschreven van de aanbrengfrequentie van een waterfilm (300 ml/m²) op de strooiselvloer van voliërehuisvesting voor leghennen op de PM10- en ammoniakemissie.

Trefwoorden

Leghennen, waterfilm, strooisel, fijnstofemissie



Rapport 565

Maatregelen ter vermindering van fijnstofemissie uit de pluimveehouderij: effecten van de aanbrengfrequentie van een waterfilm op het strooisel bij leghennen in volièresystemen

Measures to reduce fine dust emission from poultry: effects of the frequency of water spraying on the litter floor in aviary housing systems for laying hens

J. van Harn
H.H. Ellen
J.W.H. Huis in 't Veld
N.W.M. Ogink

April 2012



Ministerie van Economische Zaken,
Landbouw en Innovatie

Dit onderzoek is uitgevoerd binnen het beleidsondersteunend onderzoek in het kader van het EL&I programma Verduurzaming Veehouderijketen incl. dierenwelzijn, projectnummer BO-12.02-009-001-ASG-V-13

Voorwoord

In dit rapport wordt verslag gedaan van een onderzoek naar de effecten van het frequenter aanbrengen van de waterfilm op de fijnstof- en ammoniakemissie uit leghennenstallen. De hypothese hierbij was dat het frequenter aanbrengen van een waterfilm de in eerder onderzoek waargenomen negatieve effecten op de ammoniak- en geuremissies vermindert, terwijl de positieve effecten op de fijnstofemissie behouden blijven. Het onderzoek werd uitgevoerd in leghennenstal P4 van praktijkcentrum Het Spelderholt te Lelystad.

Via deze weg wil ik de collega's van pluimveeproefbedrijf 'Het Spelderholt' bedanken voor hun inzet en zorgvuldigheid bij het verzorgen van de dieren en het uitvoeren van het experiment. Ook wil ik de opdrachtgever, het Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie (EL&I), bedanken voor het begeleiden van dit onderzoek en het beschikbaar stellen van de middelen om dit onderzoek te kunnen uitvoeren.

Dr. ir. N.W.M. Ogink
Coördinator programma 'Maatregelen ter vermindering van fijnstofemissie uit de pluimveehouderij'
Wageningen UR Livestock Research

Samenvatting

In de leghennensector zijn nog niet veel fijnstofemissie-arme technieken beschikbaar waarbij zowel de fijnstofconcentratie in de stal als de fijnstofemissie uit de stal wordt gereduceerd. Het is dus zaak dat voor deze sector emissiearme technieken worden ontwikkeld. Het aanbrengen van een waterfilm op het strooisel zou een dergelijke emissiearme techniek kunnen zijn. In een eerder onderzoek bleek namelijk dat dit een effectieve methode is om de fijnstofemissie uit leghennenstallen te reduceren, zij het dat de ammoniak- en geuremissie wel toenam bij deze methode. Het is mogelijk dat het frequenter aanbrengen van een waterfilm de negatieve effecten op de ammoniak- en geuremissies doet verminderen, terwijl de positieve effecten op de fijnstofemissie behouden blijven. In dit onderzoek is gekeken welk effect het frequenter aanbrengen van de waterfilm heeft op de fijnstof- en ammoniakemissie uit leghennenstallen.

Het onderzoek werd uitgevoerd in acht klimaatgescheiden afdelingen van de natuurlijk geventileerde leghennenstal P4 van pluimveeoproefbedrijf 'Het Spelderholt' te Lelystad. Vier van de acht afdelingen waren ingericht met een volièresysteem met niet-geïntegreerde legnesten, de andere vier met een portaalsysteem. In de afdelingen met het volièresysteem met niet-geïntegreerde legnesten werden 620 leghennen geplaatst, in de afdelingen met het portaalsysteem werden 604 leghennen geplaatst. De leghennen, van het merk Lohman Brown Lite, waren van eenzelfde herkomst. Ten tijde van de start van het onderzoek waren de hennen 402 dagen oud en nog goed in productie. Het onderzoek omvatte het leeftijdstraject van 402 – 423 dagen. In dit onderzoek werden de volgende behandelingen vergeleken:

Behandeling	Dagelijkse dosering water
1	0 ml water /m ² (Controle)
2	300 ml /m ² ; 2x daags 150 ml water/m ² (2 x 150 ml/m ²)
3	300 ml /m ² ; 6x daags 50 ml water/m ² (6 x 50 ml/m ²)

Behandeling 1 en 2 werden per volièresysteem in enkelvoud en behandeling 3 in duplo uitgevoerd. De waterfilm werd handmatig aangebracht met behulp van een accurugspuit met spuitlans. Naast de effecten van de behandelingen op de productieresultaten werden de effecten op de fijnstofemissie, ammoniakemissie en het drogestofgehalte van het strooisel onderzocht.

Uit dit onderzoek bleek dat het aanbrengen van een waterfilm resulteerde in een vermindering van de fijnstofconcentratie in de stal en reductie van de fijnstofemissie uit de stal. Gemiddeld over beide volièresystemen bedroeg de emissiereductie 44%. De aanbrengfrequentie van de waterfilm had geen effect op de fijnstofconcentratie en -emissies. Het aanbrengen van een waterfilm liet bij een van de beide volièresystemen een duidelijk toename van de ammoniakemissie zien. Bij het andere volièresysteem had het aanbrengen van de waterfilm geen effect op de ammoniakemissie. Het frequenter aanbrengen van de waterfilm leidde niet tot een vermindering van de ammoniakemissie. Het aanbrengen van een waterfilm resulteerde in een afname van het drogestofgehalte van het strooisel. Het frequenter aanbrengen van een waterfilm had geen effect op het uiteindelijke drogestofgehalte van het strooisel. Aan het eind van de meetperiode was er geen verschil in het drogestofgehalte van het strooisel tussen de beide 'waterfilmbehandelingen'. De conclusie van dit onderzoek is dat het op deze wijze frequenter aanbrengen van waterfilm geen oplossing biedt voor de ongewenste toename van ammoniakemissie.

Hoewel het frequenter aanbrengen van de waterfilm niet het beoogde effect had op de ammoniakemissie, leidde het aanbrengen van een waterfilm weer tot een duidelijke vermindering van de fijnstofemissie. Nader onderzoek naar mogelijkheden om de ammoniakemissie te reduceren lijkt wenselijk. Zoals bijvoorbeeld toevoegingen aan het water om de vorming van ammoniak te voorkomen/af te remmen.

Summary

To be able to comply with European standards on maximum fine dust concentrations in the ambient air, measures need to be taken in The Netherlands to reduce emissions of fine dust from major emission sources. In view of this, the Ministry of Economic Affairs, Agriculture and Innovation has commissioned Wageningen UR Livestock Research to set up a plan of action for the development of practical and effective solutions for the reduction of dust emissions from poultry facilities. A previous study showed that spraying water on the litter floor is an effective method to reduce the fine dust emissions from laying hen houses with aviary systems. However, spraying water on the litter floor increased the ammonia emissions. The aim of the current study was to reduce the negative effects of spraying water on the litter floor on the ammonia emissions by applying the water film more frequently.

The study was performed in eight climate separated rooms of the naturally ventilated layer house P4 of poultry research farm 'Het Spelderholt', Lelystad. Four of the eight rooms were furnished with an aviary system with non-integrated nestboxes, the other four with a portal system. In the rooms with the aviary system with non-integrated nestboxes and the portal system 620 and 604 laying hens (Lohman Brown Lite) were placed, respectively. The experimental period lasted 21 days and the age of the hens was 402 – 423 days. The following treatments were studied:

Treatment	Daily water dose
1	0 ml/m ² (control)
2	300 ml/m ² (2 x 150 ml/m ²)
3	300 ml/m ² (6 x 50 ml/m ²)

Treatment 1 and 2 were replicated once per aviary system, treatment 3 (6 x 50 ml/m²) was performed in duplicate for each of the two aviary systems. The water film was applied manually using a battery backpack sprayer.

This study shows that spraying water on the litter floor is an effective method for reducing fine dust emissions from laying hen houses with aviary housing systems. Spraying 300 ml water per m² resulted in a mean reduction of PM10 emissions of 44%. There was no difference in PM10 emissions between the tested frequencies of applying the water film. Spraying water on the litter floor resulted in an increase of the ammonia emissions in one of the two aviary systems. In the other aviary system no effect on ammonia emissions was found. The application frequency of the water film had no effect on the ammonia emissions. It is concluded that increasing the frequency of applying the water film, according to the method applied in this research, is not the solution to reduce the negative effects on the ammonia emissions.

Spraying water on litter floor could be a prospective technique to reduce fine dust emissions from aviary houses for laying hens, but the negative effects on the ammonia emissions should be solved first. The use of water additives that reduce ammonia emissions could be a possible solution. Further research is necessary to find out which additives are suitable.

Inhoudsopgave

Voorwoord

Samenvatting

Summary

1	Inleiding	1
2	Materiaal en methode	2
	2.1 Accommodatie	2
	2.2 Dieren.....	2
	2.3 Proefbehandelingen	5
	2.4 Aanbrengen waterfilm	5
	2.5 Voer en water.....	6
	2.6 Verlichting	6
	2.7 Klimaat	6
	2.8 Strooisel	6
	2.9 Waarnemingen.....	7
	2.10 Statistische analyse	8
3	Resultaten	9
	3.1 Verloop experiment: geplande en gerealiseerde waterdoseringen en productie	9
	3.2 Fijnstofemissie en – reducties.....	9
	3.3 Dagverloop PM10-concentratie	11
	3.4 Persoonlijke blootstelling aan fijnstof	12
	3.5 Ammoniakemissie	13
	3.6 Drogestofgehalte strooisel	14
4	Discussie	15
5	Conclusies	17
6	Aanbevelingen	18
	Literatuur	19
	Bijlagen	20
	Bijlage 1 Voersamenstelling	20
	Bijlage 2 PM10-concentraties	21
	Bijlage 3 Ammoniakconcentraties	22
	Bijlage 4 Ventilatie debieten	23

1 Inleiding

Om te kunnen voldoen aan de Europese norm voor fijnstof concentraties in de buitenlucht dienen in Nederland maatregelen te worden doorgevoerd die de uitstoot van fijnstof uit belangrijke bronnen terugdringen. In dit kader is door het Ministerie EL&I verzocht om het uitwerken van een plan van aanpak voor het ontwikkelen van praktijkrijpe bedrijfsoplossingen voor het terugdringen van de fijnstofemissie uit de pluimveehouderij. In tegenstelling tot de vleeskuikensector zijn er voor de legsector nog niet zoveel perspectiefvolle maatregelen voorhanden waarbij zowel de fijnstofconcentratie in de stal als de fijnstofemissie uit de stal wordt gereduceerd. Het is zaak dat er ook voor de legsector effectieve maatregelen voorhanden zijn. Een mogelijk perspectiefvolle maatregel zou het aanbrengen van een waterfilm op het strooisel kunnen zijn.

In de zomer van 2010 is het effect van het aanbrengen van een waterfilm op het strooisel op de emissies van fijnstof, ammoniak en geur bij leghennen gehouden in volièresystemen onderzocht. Het bleek dat het aanbrengen van een waterfilm zeer perspectiefvol is m.b.t. reducties van fijnstofemissies en -blootstellingen. Er werd echter wel een negatief effect op de ammoniak- en geuremissie gevonden. Bij dit onderzoek werd tweemaal daags een waterfilm aangebracht bij drie verschillende dagdoseringen (150, 300 en 600 ml/m²). Het is mogelijk dat het frequenter aanbrengen van een waterfilm de negatieve effecten op de ammoniak- en geuremissies doet verminderen, terwijl de positieve effecten op de fijnstofemissie behouden blijven. De onderliggende gedachte bij deze aanpak is dat het frequenter aanbrengen van geringere volumes per keer, leidt tot een netto minder vochtige bovenlaag van het strooisel en minder ammoniakemissie. Of dit daadwerkelijk het geval is, werd in dit onderzoek via indicatieve metingen vastgesteld.

Dit onderzoek werd uitgevoerd in leghennenstal P4 van pluimveeproefbedrijf 'Het Spelderholt' te Lelystad bij twee verschillende typen volièresystemen. De waterfilm werd handmatig op het strooisel aangebracht met behulp van een accurugspuit. Er werd een dagdosering gehanteerd van 300 ml water/m², welke in twee (2 x 150 ml/m²) of zes (6 x 50 ml/m²) keer werd aangebracht op het strooisel. In dit rapport worden de resultaten uiteengezet.

Doel van dit onderzoek was het bestuderen van de effecten van het frequenter aanbrengen van een waterfilm op het strooisel in volièresystemen voor leghennen op de fijnstof- en ammoniakemissie.

2 Materiaal en methode

2.1 Accommodatie

Het onderzoek werd uitgevoerd in leghennenstal P4 van praktijkcentrum Het Spelderholt in Lelystad (Figuur 1). Oorspronkelijk bestond stal P4 uit vier hoofdafdelingen welke d.m.v. kippengaas wanden verdeeld waren in twee niet-klimaatgescheiden subafdelingen. Voor dit onderzoek zijn de kippengaas wanden dicht gemaakt, zodat acht klimaatgescheiden afdelingen werden verkregen.



Figuur 1 Leghennenstal P4 van Praktijkcentrum Het Spelderholt in Lelystad

De acht afdelingen waren ingericht met volièresystemen (één zelfstandig functionerende stelling per afdeling). Vier afdelingen waren ingericht met een volièresysteem met niet-geïntegreerde legnesten (Natura Nova van de firma Big Dutchman, afdelingen 421, 422, 441 en 442 – hierna te noemen volièresysteem 1) en vier met een portaalsysteem (BLA van de firma Meller, afdelingen 431, 432, 451 en 452 – hierna te noemen volièresysteem 2). In Tabel 1 wordt een overzicht gegeven van de kenmerken van beide typen volièresystemen. In Figuur 2 worden de verschillen tussen de volièresystemen met foto's weergegeven.

2.2 Dieren

Het onderzoek werd uitgevoerd met Lohmann Brown Lite leghennen. De hennen waren afkomstig van Broederij en opfokbedrijf 'Het Anker' BV, Ochten. In de vier afdelingen met volièresysteem 1 en in de vier afdelingen met volièresysteem 2 werden per afdeling respectievelijk 620 en 604 leghennen geplaatst. Ten tijde van de start van dit onderzoek waren de hennen 402 dagen (57 weken + 3 dagen) oud en nog goed in productie (legpercentage in voorafgaande week: 89,3%). Op het moment van starten van dit onderzoek bedroeg de totale uitval 2,82%. Het onderzoek omvatte het leeftijdstraject van 402 – 423 dagen en liep van 4 – 25 februari 2011 (21 dagen).

Tabel 1 Kenmerken volièresystemen in legghennenstal P4

Kenmerk	Volièresysteem 1	Volièresysteem 2
Aantal afdelingen	4	4
Afdelingsnummers	2-1, 2-2, 4-1 en 4-2	3-1, 3-2, 5-1 en 5-2
Afmetingen afdeling binnenwerks (l x b x h ^{goot west} x h ^{goot oost} x h ^{nok})	5,25 x 10,00 x 4,27 x 4,73 x 6,45 m	5,25 x 10,00 x 4,27 x 4,73 x 6,45 m
Afmetingen dierverblijf in afdeling (l x b)	5,25 x 8,3 m	5,25 x 7,95 m
Afmetingen voorportaal in afdeling (l x b)	5,25 x 1,7 m	5,25 x 2,05 m
Oppervlakte afdeling	52,5 m ²	52,5 m ²
- oppervlak voorportaal in afdeling	8,9 m ²	10,8 m ²
- oppervlak mestafstort in afdeling	1,9 m ²	3,0 m ²
- oppervlak dierverblijf (strooiselvloer)	41,7 m ²	38,8 m ²
- waarvan onbedekt strooisel ¹⁾	21,3 m ² (51%)	15,6 m ² (40%)
Inhoud afdeling	Ca. 268 m ³	Ca. 268 m ³
Aantal hennen op dag 0	620	604
Bezetting per m ² vloeroppervlak	Ca. 14,9 hennen/m ²	Ca. 15,6 hennen/m ²
Bezetting per m ² onbedekt strooisel	Ca. 29,1 hennen/m ²	Ca. 38,7 hennen/m ²
Bezetting per m ³ stalinhoud	Ca. 2,3 hennen/m ³	Ca. 2,3 hennen/m ³
Type volièresysteem	Niet-geïntegr. legnesten	Portaalsysteem
Aantal volièreopstellingen per afdeling	1	1
Aantal leefniveaus	3	2
Afmetingen volièreopstelling (l x b)	Ca. 6 x 3 m	Ca. 6 x 3 m
Roosters	Kunststof	Draadgaas
Zitstokken		
- Materiaal	Staal	Staal
- Vorm	Rond en plat	Rond, plat en rechthoekig
Legnesten		
- Type	Gemeenschappelijk	Gemeenschappelijk
- Merk	Big Dutchman	Van Gent
- Aantal etages/nestvakken	2 etages x 5 nestvakken	2 etages x 5 nestvakken
- Afmetingen nestvak (breedte x diepte):	121 x 47 cm	120,5 x 48 cm
- Bodem	Kunstgrasbodem, Big D.	Kunstgrasbodem, Astro turf
- Uitdrijfsysteem	Ja	Ja
- Eierband	Kunststof, geperforeerd	Kunststof, geperforeerd
Voersysteem (per volièreopstelling)	3 Voergoten met ketting, ca. 13,40 m elk, ca. 40,20 m voerketting totaal	3 Voerlijnen met elk 9 voerpannen (LeïCa,Roxell; elk 12 vreetpl.)
Watersysteem (per volièreopstelling)	3 Waterlijnen met elk 30 drinknippels, met lekbakjes	2 Waterlijnen met elk 34 drinknippels, met lekbakjes
- Drinknippels in totaal	90	68
- Schrikdraad op drinklijnen	Nee	Ja
Mestbanden (per volièreopstelling)	3 stuks, Polypropyleen	2 stuks, Polypropyleen
- Afmetingen (l x b enkelzijdig)	7,35 x 1,80 m	6,90 x 1,06 m
- Frequentie van afdraaien	Wekelijks	Wekelijks
Mestbeluchting	Ja, 1 buis per mestband	Ja, 1 buis per mestband
- Aantal gaatjes per buis	57	36
- Diameter gaatje	8 mm	8 mm
Lichtsnoeren onder volièresysteem	Ja	Ja
Verlichting van boven	6 HF TL lampen en 6 regelbare lichtvensters in plafond	6 HF TL lampen en 6 regelbare lichtvensters in plafond

¹⁾ Onbedekt strooisel: strooiseloppervlak in m² waarbij er zich geen object bevindt tussen strooisel en plafond



Figuur 2 A: voorzijde volièresysteem 1
C: bovenzijde volièresysteem 1
E: achterzijde volièresysteem 1

B: voorzijde volièresysteem 2
D: bovenzijde volièresysteem 2
F: achterzijde volièresysteem 2

2.3 Proefbehandelingen

In dit onderzoek werden de volgende behandelingen toegepast (Tabel 2).

Tabel 2 De proefbehandelingen

Behandeling	Omschrijving
1	Controle; geen waterfilm (totaal: 0 ml water/m ²)
2	Aanbrengen van 2x daags 150 ml water/m ² (totaal: 300 ml water/m ² per dag)
3	Aanbrengen van 6x daags 50 ml water/m ² (totaal: 300 ml water/m ² per dag)

Behandeling 3 werd per volièresysteem in duplo uitgevoerd, terwijl de beide andere behandelingen per volièresysteem in enkelvoud werd uitgevoerd. De proefbehandelingen werden door middel van loting aan de afdelingen toegewezen (Tabel 3).

Tabel 3 Verdeling van de proefbehandelingen over de afdelingen

	Volièresysteem en subafdeling							
	Volièresysteem 1		Volièresysteem 2		Volièresysteem 1		Volièresysteem 2	
Afdeling nr.	421	422	431	432	441	442	451	452
Behandeling	3	1	3	2	2	3	1	3

2.4 Aanbrengen waterfilm

De waterfilm werd dagelijks handmatig aangebracht met behulp van een accurugspuit (SOLO[®] Type 416, SOLO Kleinmotoren GmbH, Germany, 20 L) met telescopische spuitlans (SOLO[®] artno. 4900457, 60 – 120 cm) met dubbele sproeikop (SOLO[®] artno. 4900477). De daghoeveelheid werd in twee of zes keer aangebracht. In tabel 4 staan de tijden aangegeven waarop de waterfilm werd aangebracht. Er werd verneveld bij een constante werkdruk van 2,65 bar (stand 2). Bij deze instelling bedroeg de wateropbrengst 1,55 l/min. De gerealiseerde waterdosering (gram) en benodigde verneveltijd werden per afdeling en dag geregistreerd.

Tabel 4 Tijdstippen waarop dagelijks de waterfilm werd aangebracht op het strooisel

	Behandeling 2	Behandeling 3
	(2x daags 150 ml/m ²)	(6x daags 50 ml/m ²)
1 ^e	06:00u	06:00u
2 ^e	13:30u	08:30u
3 ^e		11:00u
4 ^e		13:30u
5 ^e		16:00u
6 ^e		18:30u



Figuur 3 Het aanbrengen van een waterfilm m.b.v. accurugspuit

2.5 Voer en water

De hennen werden gevoerd met Legmeel 2 van de Superreeks van de producent ForFarmers (Bijlage 1). Naast dit legmeel werd 1% kippengrit verstrekt. Voertijden: 7:00, 11:00, 11:30, 13:00, 15:00, 17:00 en 19:00 uur. Er werd geen tarwe bijgestrooid. Water werd onbeperkt verstrekt tijdens lichttijden.

2.6 Verlichting

De afdelingen werden verlicht door een combinatie van daglicht (automatisch geregelde lamellenvensters in het plafond) en kunstlicht (hoogfrequente TL lampen). Er werd een lichtschema gehanteerd van 15L:9D. De lichtperiode liep van 06:00 tot 21:00 uur, van 21:00 tot 06:00 uur was het donker.

2.7 Klimaat

Leghennenstal P4 beschikt over natuurlijk ventilatie. Elke afdeling werd apart geventileerd door middel van mestbandbeluchting (= minimumventilatie, ca. 1 m^3 per hen per uur), automatisch geregelde inlaatventielen (6 per afdeling) en automatisch geregelde kleppen in de nok. De ventilatieregeling vond plaats met een klimaatcomputer (type FSU.4, Fancom BV, Panningen) op basis van staltemperatuur (streef temperatuur: $18 \text{ }^\circ\text{C}$). Voor de minimumventilatie van 1 m^3 per hen per uur werd de mestbandbeluchting van voliëresysteem 1 en 2 ingesteld op respectievelijk 55% en 35% ventilatiecapaciteit.

2.8 Strooisel

Het oorspronkelijke strooiselmateriaal was houtkrullen. In de afdelingen lag een laag van 3-5 cm strooisel.

2.9 Waarnemingen

PM10 metingen

Met behulp van optische meetapparatuur (DustTrak TM Aerosol Monitor, model 8520, TSI Incorporated, Shoreview, USA) werd continu de PM10 concentratie (mg/m^3) in de uitgaande stallucht gemeten. Op basis van deze metingen werd een beeld verkregen van het verloop van de PM10-concentratie gedurende de dag en kon de gemiddelde PM10 concentratie per dag worden bepaald. PM10 concentraties werden elke seconde gemeten en minuutgemiddelden werden gelogd in het geheugen van de DustTrak. Er werd wekelijks gemeten gedurende 2 x 46 uur, maandag 12:00u – woensdag 10:00u en woensdag 14:00 – vrijdag 12:00u.



Figuur 4 Links: de DustTrak model 8520. Rechts: het meten van de persoonlijke stofbelasting

Persoonlijke blootstelling aan fijnstof

Op dag 7, 10 en 17 van de proefperiode werd de persoonlijke belasting van de medewerker aan PM10 stof gemeten. Een DustTrak model 8520 (TSI, VS; Figuur 4, links) werd opgehangen aan de schouder van een medewerker (hoogte ca. 1,5 m, figuur 4, rechts). De medewerker liep gedurende 6 minuten door elke afdeling waarmee een routinecontrole werd nagebootst. PM10 concentraties werden elke seconde gemeten en minuutgemiddelden werden gelogd in het geheugen van de DustTrak. De minuutgemiddelden zijn uitgelezen en gebruikt voor de analyse.

CO₂-concentratie metingen

Dagelijks werd op een vast tijdstip (09:45u – 10:15u) de CO₂-concentratie gemeten m.b.v. Kitagawa detectiebuisjes (Tube No. 126SG; meetbereik 0,02 – 1,4%). Op basis van deze meting werd het ventilatiedebiet berekend (massabalansmethode).

Ammoniakconcentratie metingen

Dagelijks werd op een vast tijdstip (09:45u – 10:15u) de NH₃-concentratie gemeten m.b.v. Kitagawa detectiebuisjes (Tube No. 105SD; meetbereik 0 – 20 ppm).

Bepalen ventilatiedebiet

Op basis van de gemeten CO₂-concentratie werd het ventilatiedebiet (m^3/uur per dier) bepaald met behulp van de CO₂-massabalansmethode. De CO₂-productie van de dieren ($\text{m}^3 \text{CO}_2/\text{uur}$ per dier) in de stal werd berekend aan de hand van CIGR rekenregels voor leghennen (CIGR, 2002; Pedersen et al., 2008). Aangezien het hier een puntmeting betreft werd onder andere gecorrigeerd voor de dieractiviteit. Aangezien de buitenconcentratie niet werd gemeten, werd uitgegaan van een gemiddelde CO₂-concentratie (450 ppm). Het ventilatiedebiet V (m^3/uur per dier) wordt bepaald op basis van de volgende formule:

$$V = \frac{CO_2 - \text{productie}}{[CO_2]_{\text{stal}} - [CO_2]_{\text{buiten}}} \quad (1)$$

Berekenen emissies (PM10 en ammoniak)

Jaaremissies (E ; gram per dier per jaar) werden berekend door het ventilatie-debiet (V ; m^3 /uur per dier) te vermenigvuldigen met de gemiddelde PM10 concentratie (in mg/m^3) of de gemeten NH_3 -concentratie (in mg/m^3) van de uitgaande lucht (C_{stal} ; mg/m^3) te vermenigvuldigen met 24 uur, 365 dagen, een conversiefactor van mg naar g (0,001) en te corrigeren voor het aantal aanwezige dieren (Aa) en aantal dierplaatsen (Ap); volgens onderstaande formule:

$$E = (V \times C_{stal}) \times 24 \times 365 \times 0,001 \times (Aa / Ap) \quad (2)$$

Er is dus niet gecorrigeerd voor leegstand. Voor leghennen bedraagt deze 4% op jaarbasis.

In dit onderzoek werden de ammoniak- en PM10-concentraties niet conform de geldende meetprotocollen gemeten. Derhalve mogen de in dit rapport berekende emissies dus niet worden vergeleken met de emissiefactoren in de Rav. De in dit onderzoek gehanteerde methode om ammoniak- en PM10- concentraties te meten was wel geschikt om behandelingeneffecten te vergelijken.

Productie resultaten

Elke ochtend werden de eierbanden van de legnesten afgedraaid en werd een controleronde door elke afdeling afgelegd waarbij tevens buitennesteieren werden verzameld. Dagelijks werd de uitval per afdeling genoteerd. Per afdeling werd verder het aantal eieren geteld en genoteerd, uitgesplitst naar eieren van de eerste soort, eieren van de tweede soort, struifeieren en buitennesteieren.

Strooiselkwaliteit

Dagelijks werd, met uitzondering van de weekenden, het drogestofgehalte van het strooisel bepaald. Hiertoe werd per afdeling op drie plaatsen een strooiselmonster genomen. Deze strooiselmonsters werden samengevoegd tot één mengmonster van ± 500 gram. De mengmonsters werden in een RVS bak gedaan, waarna deze gedurende 24 uur gedroogd in een droogstoof bij $105^\circ C$. Via onderstaande formule werd het drogestofgehalte van het strooisel berekend:

$$X = (\text{bak}_{\text{droog}} - \text{bak}_{\text{leeg}}) / (\text{bak}_{\text{droog}} - \text{bak}_{\text{leeg}}) * 100$$

Waarbij:

X = drogestofgehalte in procenten;

Bak_{leeg} = gewicht lege RVS bak waarin strooisel werd gedroogd;

Bak_{nat} = gewicht RVS bak + 'vers' strooisel;

$\text{Bak}_{\text{droog}}$ = Gewicht RVS bak + 'droog' strooisel (na 24 drogen in droogstoof bij $105^\circ C$);

2.10 Statistische analyse

Alle data zijn statistisch geanalyseerd met de REML procedure van Genstat Release 14.1 (2011). De gegevens met betrekking tot fijnstof (emissies en persoonlijke blootstelling), ammoniak, productie en drogestofgehalte strooisel werden geanalyseerd gebruikmakend van een tijdreeksmodel (AR1) op basis van week, met als verklarende variabelen volièresysteem, behandeling, weeknummer en de interactie tussen deze variabelen. Het model kan als volgt worden genoteerd:

$$Y_{ijklm} = \mu + \text{Behandeling}_i + \text{Volière}_j + \text{Week}_k + \text{Behandeling}_i * \text{Volière}_j + \text{Behandeling}_i * \text{Week}_k + \text{Volière}_j * \text{Week}_k + \text{Behandeling}_i * \text{Volière}_j * \text{Week}_k + e_{ijklm}$$

Waarin: Y_{ijklm} = Kenmerk

μ = constante

Behandeling_i = effect behandeling (1 = controle; 2 = $2 \times 150 \text{ ml/m}^2$; 3 = $6 \times 50 \text{ ml/m}^2$)

Volière_j = effect volièresysteem (1 = volièresysteem 1; 2 = volièresysteem 2)

Week_k = effect van week ($k=1-3$)

$\text{Behandeling}_i * \text{Volière}_j$ = interactie effect tussen behandeling en volièresysteem

$\text{Behandeling}_i * \text{Week}_k$ = interactie effect tussen behandeling en week

$\text{Volière}_j * \text{Week}_k$ = interactie effect tussen volièresysteem en week

$\text{Behandeling}_i * \text{Volière}_j * \text{Dagnr}_k$ = drieweg interactie tussen behandeling, volièresysteem en week

e_{ijklm} = restvariatie

3 Resultaten

3.1 Verloop experiment: geplande en gerealiseerde waterdoseringen en productie

Het aanbrengen van het water op strooisel is conform plan verlopen. De geplande doseringen, respectievelijk 50 en 150 ml/m² per keer, werden tot op 1 gram nauwkeurig gerealiseerd (Tabel 5).

Tabel 5 Geplande en gerealiseerde waterdoseringen (in ml/m²; gemiddelde ± standaarddeviatie)

Geplande dosering	Gerealiseerde dosering	
	Volièresysteem 1	Volièresysteem 2
50 ml/m ²	50 ± 1	50 ± 1
150 ml/m ²	151 ± 2	150 ± 3

De productie van de hennen was goed (gelijk of net iets boven de norm; Tabel 6). Hoewel het aanbrengen van een waterfilm op het strooisel leidde tot een verslechtering van de strooiselkwaliteit (zie par. 3.6), werd geen effect gevonden op het % 2^e soort eieren.

Tabel 6 Productieresultaten per volièresysteem en behandeling

Volièresysteem	Kenmerk	0 ml/m ²	2 x 150 ml/m ²	6 x 50 ml/m ²
Volièresysteem 1	Uitval (%)	0,16	0,05	0,08
	Leg %	88,50	88,44	89,72
	1 ^e soort (%)	93,66	95,09	94,62
	2 ^e soort (%)	3,90	3,38	3,60
	Struif (%)	1,10	0,47	0,65
	BNE ¹⁾ (%)	1,34	1,07	1,14
Volièresysteem 2	Uitval (%)	0,11	0,11	0,03
	Leg %	89,76	92,25	91,39
	1 ^e soort (%)	93,66	94,39	95,19
	2 ^e soort (%)	3,96	4,01	3,47
	Struif (%)	0,51	0,76	0,48
	BNE ¹⁾ (%)	1,87	0,84	0,86

¹⁾ BNE = Buiten Nest Eieren

3.2 Fijnstofemissie en – reducties

In tabel 7 worden de PM10 emissies per volièresysteem bij de verschillende behandelingen weergegeven. Tevens worden de gerealiseerde reducties ten opzichte van de controle weergegeven. Het aanbrengen van een waterfilm op het strooisel resulteerde bij beide volièresystemen in een reductie van de PM10 emissie. Het frequenter aanbrengen van de waterfilm had geen aantoonbaar effect op de PM10 emissie; het 2 keer daags en het 6 keer daags aanbrengen van in totaal 300 ml water per m² leidde gemiddeld tot een reductie van respectievelijk 48 en 40 procent.

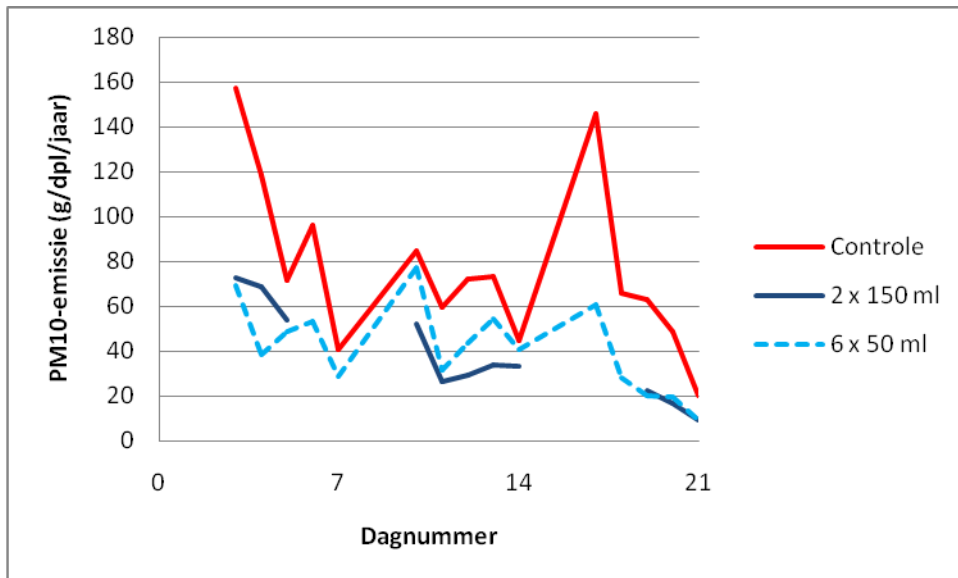
De PM10 emissie was bij volièresysteem 1 beduidend hoger dan bij volièresysteem 2; gemiddeld bedroeg de emissie per dierplaats op jaarbasis 52,6 gram bij volièresysteem 1 ten opzichte van 22,2 gram bij volièresysteem 2.

In figuren 5 en 6 wordt het verloop van de PM10-emissie over de meetperiode voor beide volièresystemen weergegeven. Uit deze figuren is op te maken dat beide volièresystemen de PM10-emissie bij de controlegroep continu hoger was dan de beide groepen waar een waterfilm werd aangebracht op het strooisel.

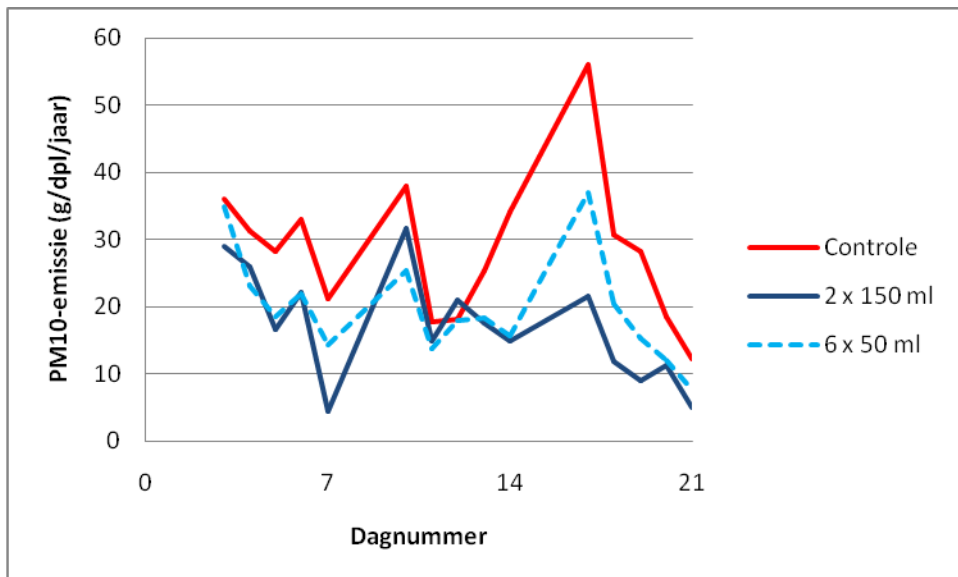
Tabel 7 PM10 emissie (in g/dierplaats per jaar) en reductie (in %) t.o.v. controle per behandeling en per voliëresysteem en gemiddeld over beide voliëresystemen

Volière	Controle	2 x 150 ml/m ²		6 x 50 ml/m ²	
	Emissie (g/dpl per jaar)	Emissie (g/dpl per jaar)	Reductie (%)	Emissie (g/dpl per jaar)	Reductie (%)
Voliëresysteem 1	77,5	38,0	51	42,4	45
Voliëresysteem 2	28,6	17,1	40	20,9	27
Gemiddeld	53,0 ^b	27,6 ^a	48	31,6 ^a	40

Verschillende letters geven significante verschillen aan (P≤0,05)



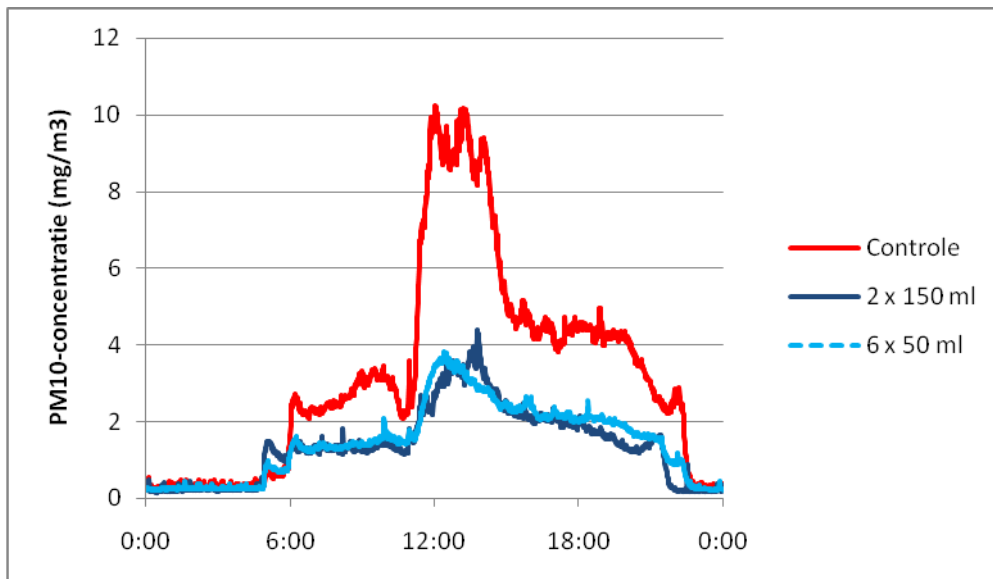
Figuur 5 Verloop PM10-emissie per behandeling bij voliëresysteem 1



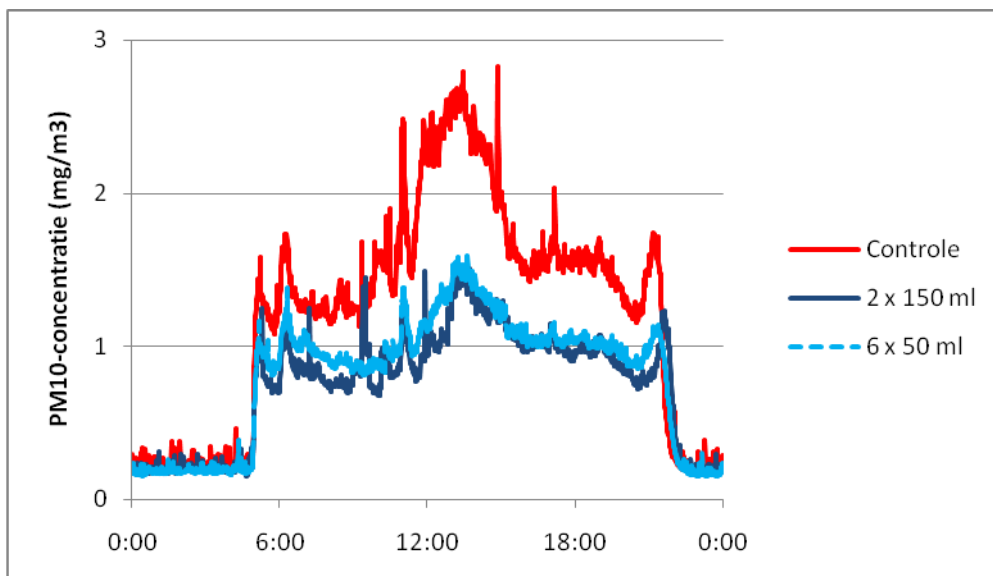
Figuur 6 Verloop PM10-emissie per behandeling bij voliëresysteem 2

3.3 Dagverloop PM10-concentratie

In figuur 7 en 8 wordt per behandeling het verloop van de PM10-concentratie over een etmaal weergegeven voor beide volièresystemen. Bij beide volières is een duidelijk dag / nacht patroon waarneembaar. Tijdens de lichtperiode (06:00 – 21:00 uur) is de PM10-concentratie hoger, met een piek tussen 11:00u en 14:00u. In deze periode vindt massaal stofbadgedrag plaats, wat leidt tot een toename van de PM10-concentratie. Het aanbrengen van een waterfilm op het strooisel resulteert in een aanmerkelijk lagere stof piek. Tijdens de donkerperiode (21:00 – 06:00 uur) is de PM10-concentratie beduidend lager dan in lichtperiode. Gemiddeld was de PM10-concentratie tijdens de lichtperiode 4,5 keer hoger dan die tijdens de donkerperiode (2,08 vs. 0,46 mg/m³). De gemiddelde PM10-concentraties lagen bij volièresysteem 1 hoger dan bij volièresysteem 2 (2,02 vs. 0,92 mg/m³).



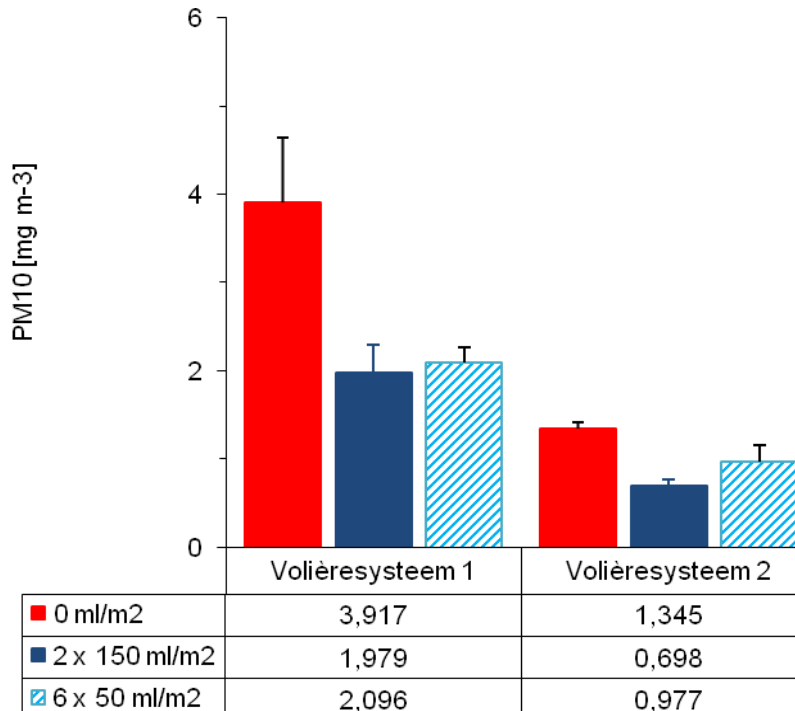
Figuur 7 Verloop PM10-concentratie per etmaal per behandeling bij volièresysteem 1



Figuur 8 Verloop PM10-concentratie per etmaal per behandeling bij volièresysteem 2

3.4 Persoonlijke blootstelling aan fijnstof

In Figuur 9 wordt het gemiddelde behandelingseffect over de drie metingen op de blootstelling aan PM10 stof weergegeven. De gemiddelde blootstelling aan PM10 stof was in de afdelingen met voliëresysteem 1 ruim 2,6 keer hoger in vergelijking met de afdelingen met voliëresysteem 2 (2,66 vs. 1,01 mg/m³). Het tweemaal daags aanbrengen van 150 ml water per m² op het strooisel resulteerde bij voliëresysteem 1 en bij voliëresysteem 2 tot een reductie van de blootstelling aan PM10 stof van respectievelijk 50 en 41%. Bij het 6 maal daags aanbrengen van 50 ml water per m² was dit respectievelijk 46 en 27%. Hoewel het verschil niet significant was lijkt het 2 maal daags in vergelijking met 6 maal daags aanbrengen van in totaal 300 ml water per m² effectiever.



Figuur 9 Gemiddelde blootstelling aan PM10 stof weergegeven per voliëresysteem en behandeling

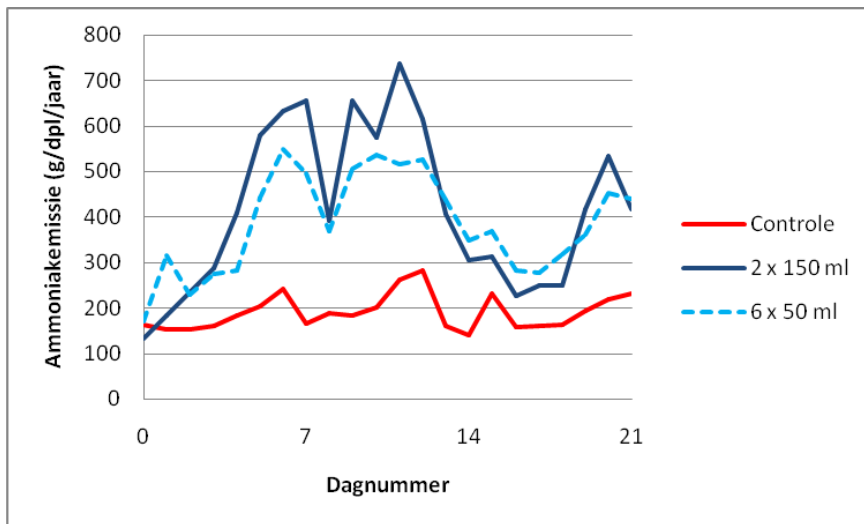
3.5 Ammoniakemissie

In tabel 8 worden per volièresysteem de behandelingseffecten op de ammoniakemissie weergegeven. Het aanbrengen van een waterfilm leidde bij volièresysteem 1 tot een (forse) toename van de ammoniakemissie. Bij volièresysteem 2 werd geen effect van het aanbrengen van een waterfilm op de ammoniakemissie gevonden (Tabel 8 en figuur 11). In figuur 10 is duidelijk zichtbaar dat bij volièresysteem 1 het aanbrengen van een waterfilm al vrij snel leidde tot een toename van de ammoniakemissie en dat de emissie tot het eind van de meetperiode duidelijk boven de controlegroep bleef. Het frequenter aanbrengen van de waterfilm leidde niet tot het beoogde effect, namelijk geen of slechts een geringere toename van de ammoniakemissie; het 6 keer daags aanbrengen van 50 ml water per m² leidde bij volièresysteem 1 tot een toename van de ammoniakemissie van 102%, het twee maal daags aanbrengen van 150 ml water per m² leidde tot een toename van 119%.

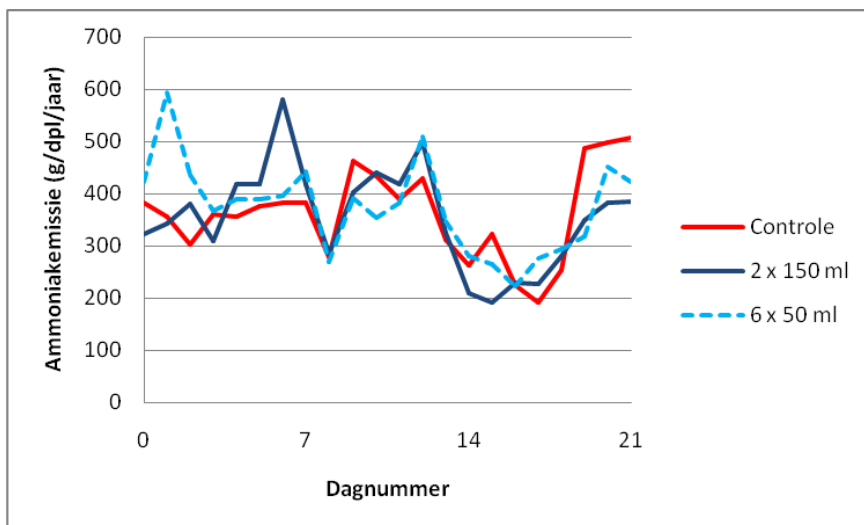
Tabel 8 Ammoniakemissie (in g/dierplaats per jaar) per behandeling per volièresysteem

Volière	Controle	2 x 150 ml/m ²	6 x 50 ml/m ²
Volièresysteem 1	191 ^a	419 ^b	386 ^b
Volièresysteem 2	361 ^b	355 ^b	373 ^b

Verschillende letters geven significante verschillen aan (P≤0,05)



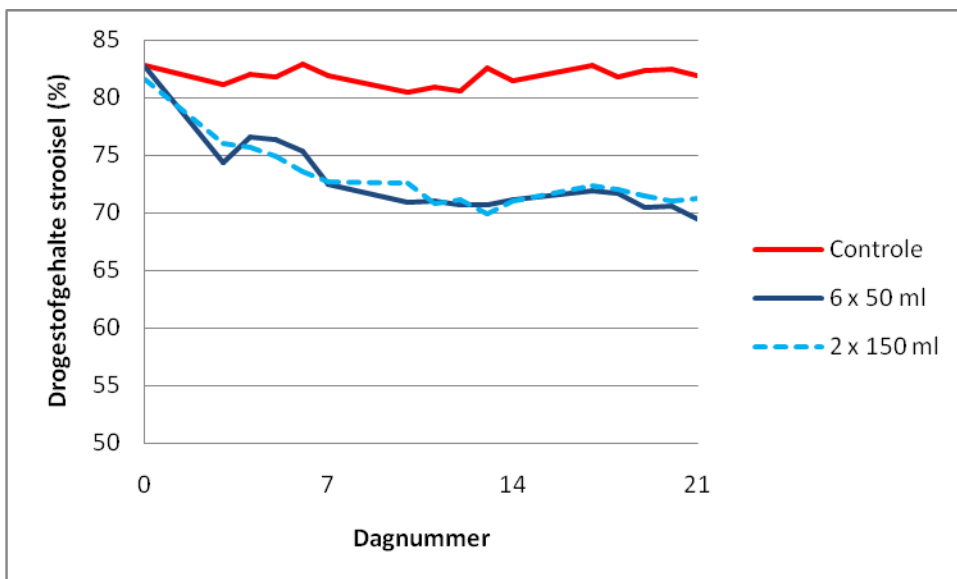
Figuur 10 Verloop ammoniakemissie per behandeling bij volièresysteem 1



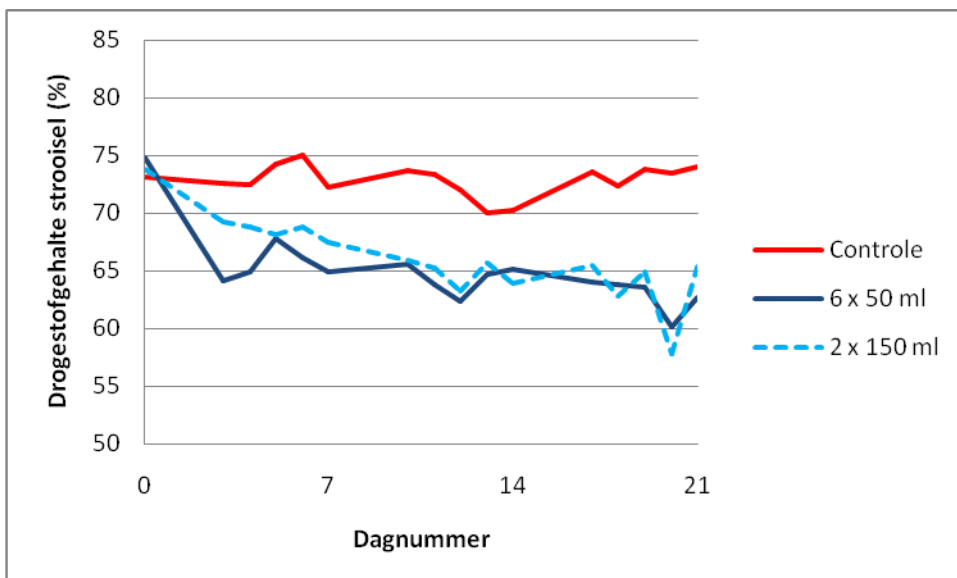
Figuur 11 Verloop ammoniakemissie per behandeling bij volièresysteem 2

3.6 Drogestofgehalte strooisel

In figuur 12 en 13 wordt het verloop weergegeven van het drogestofgehalte van het strooisel gedurende de meetperiode. Het aanbrengen van een waterfilm resulteerde al vrij snel tot een afname van het drogestofgehalte van het strooisel. Voor de start van het dagelijks aanbrengen van 300 ml water per m² bedroeg het drogestofgehalte bij volièresysteem 1 gemiddeld 82%, na 7 dagen aanbrengen was dit nog 73 %, na 14 dagen 71% en na 21 dagen 70%. Bij volièresysteem 2 was dit respectievelijk 74, 66, 65 en 64 procent. Bij de controle was het drogestofgehalte van het strooisel redelijk stabiel; bij volièresysteem 1 schommelde het drogestofgehalte ronde de 82%, bij volièresysteem 2 rond de 73%. Het strooisel bij volièresysteem 1 was duidelijk droger in vergelijking met het strooisel bij volièresysteem 2. Het 6 keer i.p.v. 2 keer daags aanbrengen van in totaal 300 ml water per m² had slechts een gering effect op het drogestofgehalte van het strooisel. Bij volièresysteem 2 was gedurende de eerste 10 dagen van het frequenter aanbrengen van de waterfilm het strooisel droger (figuur 13), daarna was het drogestofgehalte van het strooisel vergelijkbaar met 2 x 150 ml/m². Bij volièresysteem 1 was er vrijwel geen verschil in het verloop van het drogestofgehalte van het strooisel tussen deze beide behandelingsgroepen (figuur 12).



Figuur 12 Verloop van het drogestofgehalte van het strooisel per behandeling bij volièresysteem 1



Figuur 13 Verloop van het drogestofgehalte van het strooisel per behandeling bij volièresysteem 2

4 Discussie

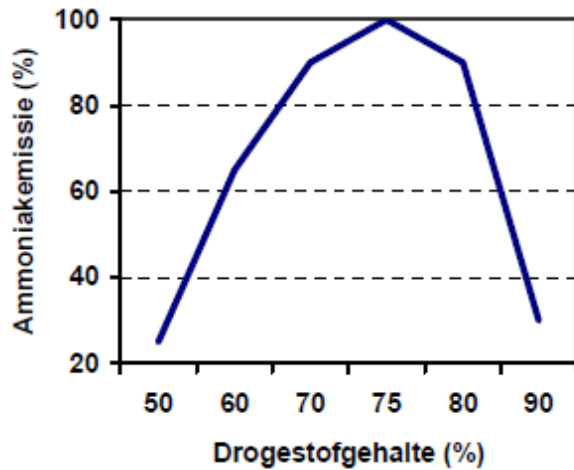
De resultaten van dit onderzoek met betrekking tot de fijnstofemissie komen in grote lijnen overeen met de resultaten van het voorgaande onderzoek (Van Harn e.a., 2011) waarbij verschillende dagdoseringen werden vergeleken. In het voorgaande onderzoek gaf het 2x daags aanwenden van 150 ml water/m² een reductie van de fijnstofemissie (PM10) van 48%. In dit onderzoek werd, gemiddeld over beide volièresystemen, eveneens een reductie van 48% gevonden. Ook was in dit onderzoek de PM10-emissie bij volièresysteem 2 duidelijk lager dan bij volièresysteem 1. De Buisonje en collega's (2009) gaf als mogelijke verklaring hiervoor het gebruik van andere materialen en een andere opbouw van het systeem waardoor minder stof wordt gevormd. Ook zou de uitvoering van het volièresysteem een rol kunnen spelen. Bij volièresysteem 2 is het oppervlakte aan 'onbedekt' strooisel geringer, hierdoor is het voor het dier mogelijk minder aantrekkelijk om te scharrelen in het strooisel en het verblijf op de etages juist meer aantrekkelijk. Wanneer er minder wordt gescharreld, wordt er minder stof in de lucht gebracht. Naast deze verklaringen was er in dit onderzoek een duidelijk verschil in strooiselkwaliteit tussen de beide volièresystemen en hoogst waarschijnlijk is dit de belangrijkste verklaring voor de gevonden verschillen in PM10-emissie. Het strooisel bij volièresysteem 1 was duidelijk droger (en ook visueel ruller) en droger strooisel leidt tot meer fijnstofemissie (Ellen en Van Harn, 2010). Het verschil in drogestofgehalte van het strooisel kan verschillende oorzaken hebben. De uitvoering van volièresysteem en het feit dat er bij volièresysteem 1 meer onbedekt strooisel is waardoor er bij dit systeem meer gescharreld wordt, zijn waarschijnlijk de belangrijkste oorzaken voor de gevonden verschillen in het drogestofgehalte van het strooisel.

Tabel 9 Reducties (in % t.o.v. de controle) gemiddeld over beide volièresystemen voor persoonlijke blootstelling aan fijn stof, PM10-, PM2.5-, ammoniak- en geuremissie

Parameter	Rapport 425 2 x150 ml/m ²	Dit onderzoek 2 x 150 ml/m ²	Dit onderzoek 6 x 50 ml/m ²
Persoonsgebonden stof	41	49	37
PM10 emissie	48	48	40
Ammoniak	- 65	-40	- 38

De verwachting dat het frequenter aanbrengen van de waterfilm op het strooisel leidt tot geen of slechts een geringe toename van het drogestofgehalte van het strooisel en dat als gevolg hiervan de ammoniakemissie ook niet of vrijwel niet toeneemt, wordt in dit onderzoek niet bevestigd. Het frequenter aanbrengen van de waterfilm leidde niet tot wezenlijk droger strooisel, waardoor er ook geen verschillen optraden in ammoniakemissie.

Er was een duidelijk verschil in respons op het aanbrengen van water op het strooisel tussen beide volièresystemen. Gemiddeld over beide volièresystemen nam de ammoniakemissie toe met bijna 40%, deze toename kan volledig worden toegeschreven aan volièresysteem 1. Bij volièresysteem 2 leidde het aanbrengen van een waterfilm niet tot een toename van de ammoniakemissie. Een mogelijke verklaring van dit verschil in respons zou de strooiselkwaliteit bij aanvang van het onderzoek kunnen zijn. Bij volièresysteem 1 was de strooiselkwaliteit beter (ruller en droger) dan bij volièresysteem 2. Bij aanvang van de proef was het drogestofpercentage van het strooisel bij volièresysteem 1 ruim 82%, terwijl bij volièresysteem 2 het drogestofpercentage bijna 74% bedroeg. Volgens Groot Koerkamp et al. (2000) neemt de ammoniakvorming in mest (of strooisel) bij vleeskuikens af als het drogestofpercentage in de mest lager is dan 60% of hoger dan 80%. (Figuur 14). Daartussen zijn de omstandigheden voor het vormen van ammoniak optimaal. Het aanbrengen van de waterfilm bij volièresysteem 1 leidde ertoe dat het drogestofpercentage binnen 4 dagen daalde naar 75%, bij dit percentage is volgens Groot Koerkamp de ammoniakontwikkeling maximaal. Het drogestofpercentage bij de controle bij volièresysteem 1 schommelde gedurende de proefperiode tussen de 80 en 85%. In dit traject is de ammoniakvorming beduidend lager dan in het traject zo rond de 70-75%. Bij volièresysteem 2 daalde het drogestofpercentage van het strooisel bij het aanbrengen van de waterfilm naar 66%. Gedurende de gehele proefperiode bleef het drogestofpercentage van het strooisel tussen de 60 en 65%, terwijl het drogestofpercentage bij de controle schommelde tussen de 70 en 75%.



Figuur 14 Schematisch verloop NH₃-emissie uit strooisel als functie van het drogestofgehalte van het strooisel (uit: Groot Koerkamp et al., 2000)

Hoewel in dit onderzoek het aanbrengen van een waterfilm resulteerde in een slechtere strooiselkwaliteit werd geen effect gevonden op het percentage tweede soort eieren. Een slechtere strooiselkwaliteit zou mogelijk kunnen leiden tot meer bevuilding van de legnesten met als mogelijk gevolg meer tweede soort eieren (Clauer, 2009), Mogelijk is de lengte van de proefperiode (3 weken) te kort geweest om effecten op de eikwaliteit (% 2^e soort) te vinden.

Samenvattend kan worden gesteld dat de aanbrengfrequentie (2x of 6x daags) bij eenzelfde dagdosering aan water (300 ml/m² strooisel) vrijwel geen effect heeft op de PM10-emissie, de persoonlijke blootstelling aan stof en de ammoniakemissie. Het lijkt daarom niet zinvol om de waterfilm frequenter aan te brengen.

5 Conclusies

Uit dit onderzoek kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- Het aanbrengen van een waterfilm (dagelijks 300 ml/m²) is een effectieve techniek om de fijnstofemissie uit leghennenstallen met volièresystemen te reduceren.
- De geteste aanbrengfrequenties (dagelijks 2x150 ml/m² of 6x50 ml/m²) hadden geen effect op de PM10-emissie. De reducties bij het dagelijks aanbrengen van 300 ml/m² in 2x150 ml/m² of 6x50 ml/m² waterfilm waren vergelijkbaar.
- Het aanbrengen van een waterfilm op het strooisel zoals toegepast in dit onderzoek (dagelijks 300 ml/m²) leidde tot een aanzienlijke verlaging van de persoonlijke blootstelling aan fijnstof. De geteste aanbrengfrequenties hadden geen invloed op de persoonlijke blootstelling aan fijnstof.
- Het aanbrengen van een waterfilm op het strooisel zoals toegepast in dit onderzoek (dagelijks 300 ml/m²) leidde bij volièresysteem 1 tot een toename van de ammoniakemissie, bij volièresysteem 2 echter niet. Het frequenter aanbrengen van de waterfilm (van dagelijks 2x150 ml/m² naar 6x50 ml/m²) leidde niet tot een vermindering van de ammoniakemissie.
- Het dagelijks aanbrengen van een waterfilm (300 ml/m²) op het strooisel leidde tot een afname van het drogestofgehalte van het strooisel. Het frequenter aanbrengen van de waterfilm zoals toegepast in dit onderzoek, had vrijwel geen effect op het verloop van het drogestofgehalte.

6 Aanbevelingen

Uit dit onderzoek is opnieuw gebleken dat het aanbrengen van een waterfilm op het strooisel een effectieve techniek is om de fijnstofemissie uit volièrestallen voor leghennen te reduceren. Echter; ook nu bleek dat dit gepaard ging met een toename van de ammoniakemissie. Het frequenter aanbrengen van de waterfilm (6 x daags 50 ml/m² i.p.v. 2 x daags 150 ml/m²) bood niet het verwachte (verminderende) effect op de ammoniakemissie. Het gebruik van toevoegmiddelen aan het water kan een oplossingsrichting zijn om de negatieve effecten op de ammoniakemissie te minimaliseren.

Aangezien het aanbrengen van een waterfilm een effectieve techniek is om de fijnstofemissie uit volièrestallen voor leghennen te verminderen, wordt nader onderzoek naar mogelijke toevoegmiddelen / additieven aan water aanbevolen.

Literatuur

- Buisonjé, F.E. de, N.G.J. Hannink, G.H. Vunderink, F. Pouls, J. Mosquera Losada en A.J.A. Aarnink (2009). Maatregelen ter vermindering van fijnstofemissie uit de pluimveehouderij; effect van een oliefilm op het strooisel in volièrehuisvesting voor leghennen. Rapport 195, Animal Sciences Group, Wageningen UR.
- 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).
- Clauer, P.J. (2009). Proper Handling of Eggs: From Hen to Consumption. Virginia Polytechnic Institute and State University 2902-1091.
- Ellen, H.H., J. van Harn (2010). Maatregelen ter vermindering van fijnstofemissie uit de pluimveehouderij; studie naar mogelijkheden van aanbrengen waterfilm op strooisel. Rapport 357, Wageningen UR Livestock Research.
- Groot Koerkamp, P.W.G., J.H. van Middelkoop, E. Evers (2000). Ammoniakemissie vleeskuikenstallen toegenomen. *Pluimveehouderij* (30)21:10-11.
- Harn, J. van, H.E. Ellen, R.A. van Emous, J. Mosquera Losada, G.M. Nijeboer, F.A. Gerrits, A.J.A. Aarnink en N.W.M. Ogink (2011). Maatregelen ter vermindering van fijnstofemissie uit de pluimveehouderij: effect van een waterfilm op het strooisel op de fijnstofemissie bij leghennen in volièresystemen. Rapport 425, Wageningen UR Livestock Research (in press).
- Ogink, N.W.M., A.J.A. Aarnink (2009). Plan van aanpak bedrijfsoplossingen voor fijnstofreductie in de pluimveehouderij. Rapport 113, Animal Sciences Group, Wageningen UR.
- 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.

Bijlagen

Bijlage 1 Voersamenstelling

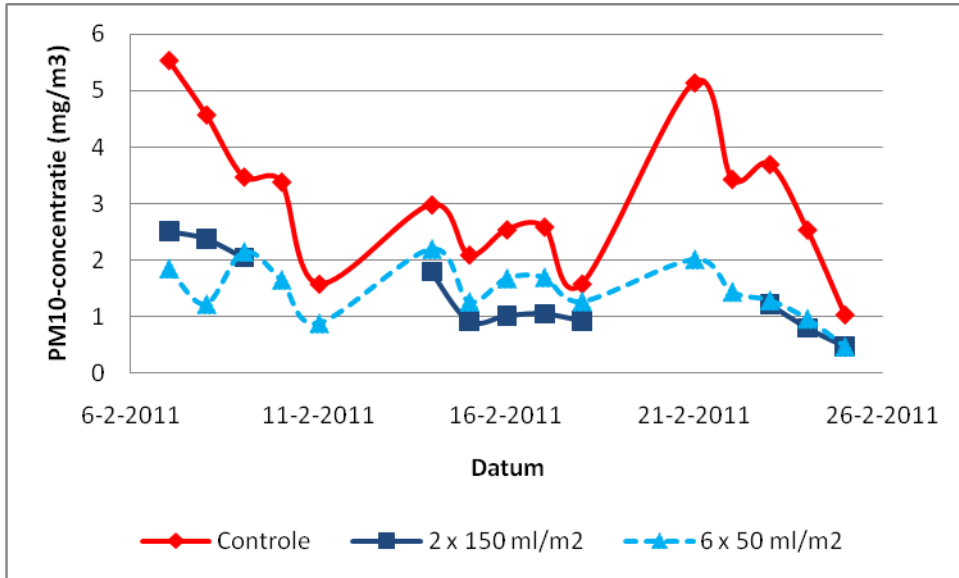
Nutriëntgehalten

OE leg (kcal/kg)	2776
Ruw eiwit (g/kg)	154
Ruw vet (g/kg)	49
Ruwe celstof (g/kg)	38
Ruw as (g/kg)	122
Vert. lysine (g/kg)	6,7
Vert. methionine (g/kg)	3,8
Vert. methionine+cystine (g/kg)	6,0
Vert. threonine (g/kg)	4,5
Vert. tryptofaan (g/kg)	1,5
Zetmeel (Eiwers) (g/kg)	423
Linolzuur (g/kg)	17
BCA (g/kg)	37,5
Opneembaar fosfor (g/kg)	2,5
Fosfor (g/kg)	4,0
Natrium (g/kg)	1,5
Kalium (g/kg)	6,2

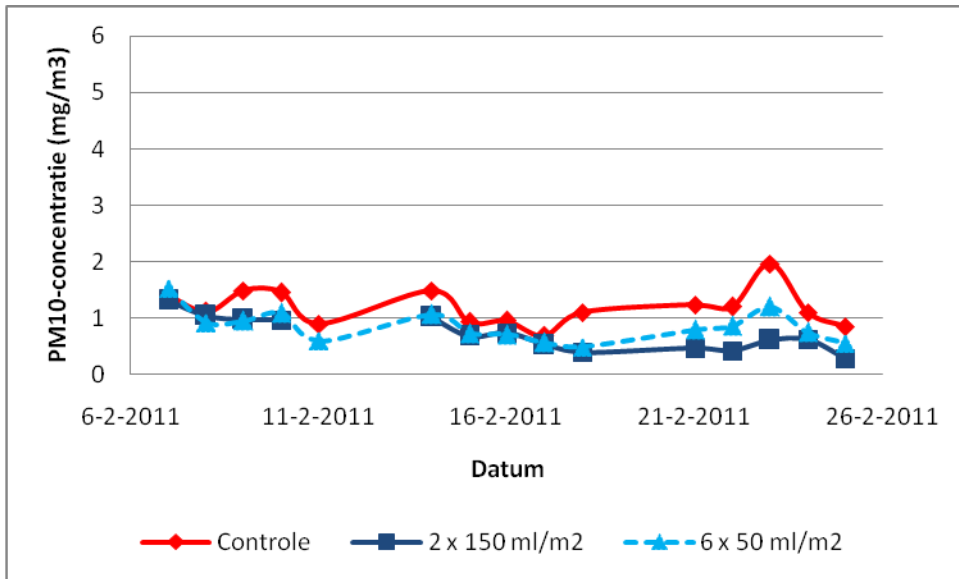
Grondstoffen

	(in %)
Mais	45,04
Tarwe	20,80
Sojaschroot	12,10
Zonnebloemzaadschroot	9,60
Calciumcarbonaat	9,18
Plantaardige olie	1,80
Voormengsel	1,09
Aminozuren	0,40

Bijlage 2 PM10-concentraties

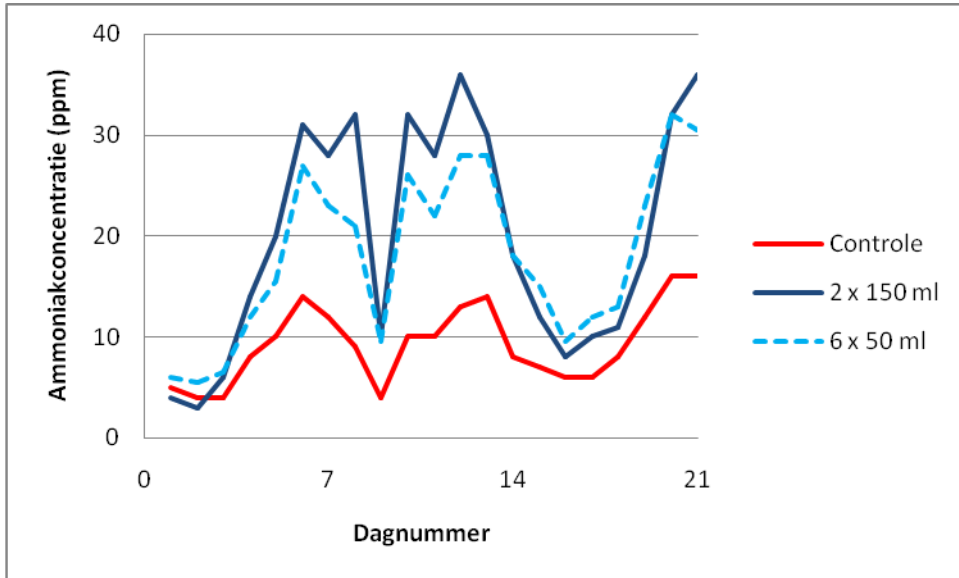


Figuur B1.1 Verloop PM10-concentratie per behandeling bij volièresysteem 1

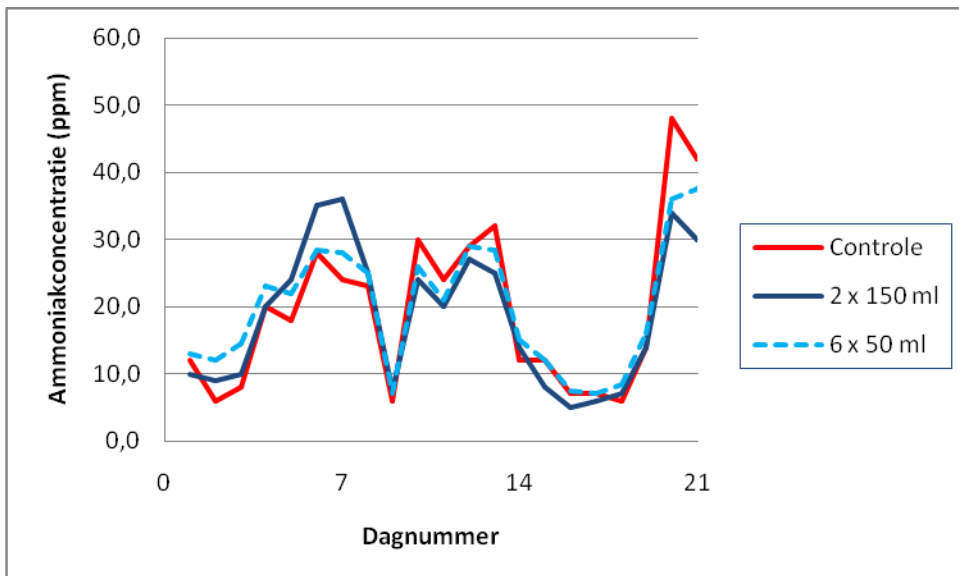


Figuur B1.2 Verloop PM10-concentratie per behandeling bij volièresysteem 2

Bijlage 3 Ammoniakconcentraties



Figuur B2.1 Verloop ammoniakconcentratie per behandeling bij voliëresysteem 1

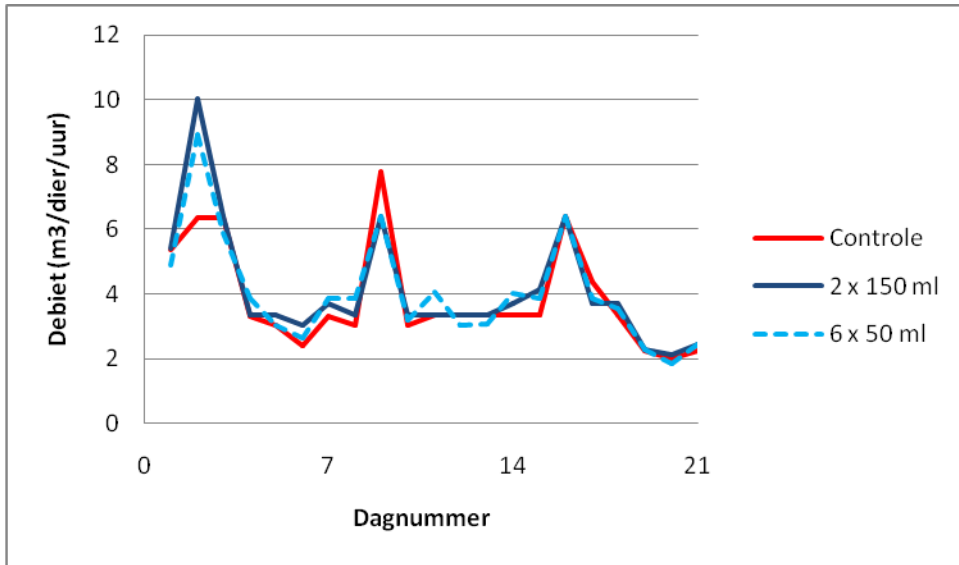


Figuur B2.2 Verloop ammoniakconcentratie per behandeling bij voliëresysteem 2

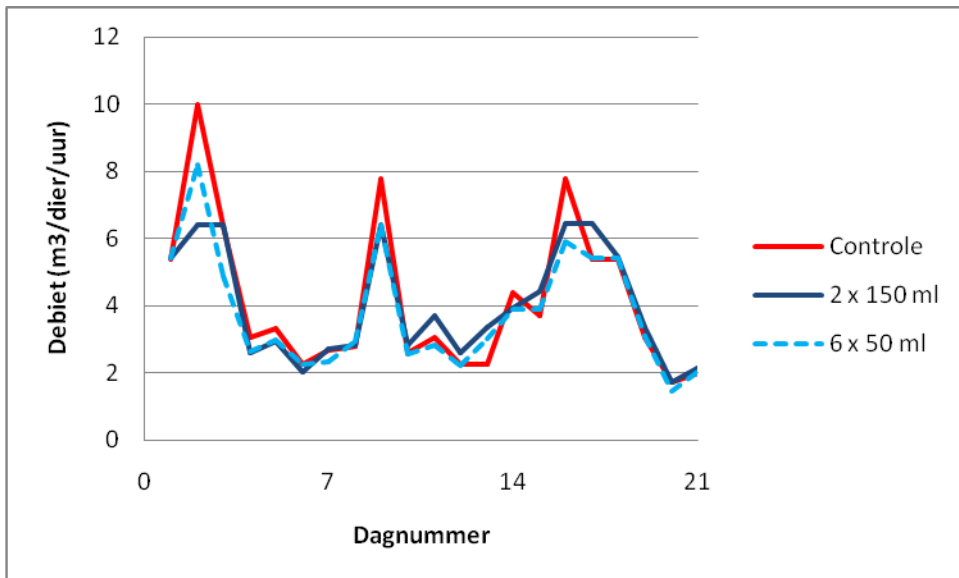
Bijlage 4 Ventilatie debieten

Tabel B4.1 Gemiddeld ventilatie debiet (in m³/dpl/uur) per behandeling per volièresysteem en gemiddeld over beide volièresystemen

Volière	Controle	2 x 150 ml/m ²	6 x 50 ml/m ²
Volièresysteem 1	3,81	4,05	3,97
Volièresysteem 2	4,04	3,92	3,70
Gemiddeld	3,92	3,99	3,83



Figuur B3.1 Verloop van het ventilatie debiet per behandeling bij volièresysteem 1



Figuur B3.2 Verloop van het ventilatie debiet per behandeling bij volièresysteem 2



Wageningen UR Livestock Research

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

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