

Wageningen UR Livestock Research

Partner in livestock innovations



Rapport 354

Maatregelen ter vermindering van fijnstof-
emissie uit pluimveehouderij; oriënterend
onderzoek naar stofafvang door een
waterwasser

Maart 2010



LIVESTOCK RESEARCH
WAGENINGEN UR

Colofon

Uitgever

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

Redactie

Communication Services

Copyright

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

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

Aansprakelijkheid

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

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

Losse nummers zijn te verkrijgen via de website.



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

Abstract

This report describes indicative research into the fine dust removal of a water scrubber treating ventilation air of a poultry house with young layers. Mean removal of fine dust, PM10 and PM2.5 amounted 62% and 9% respectively.

Keywords

Fine dust, poultry, air scrubber

Referaat

ISSN 1570 - 8616

Auteurs

J.M.G. Hol
C.M. Groenestein
F. Dousma
R.W. Melse
N.W.M. Ogink

Titel

Maatregelen ter vermindering van fijnstof-emissie uit pluimveehouderij; oriënterend onderzoek naar stofafvang door een waterwasser
Rapport 354

Samenvatting

Dit rapport beschrijft oriënterend onderzoek naar fijnstof afvang door een waterwasser op een bedrijf met opfokleghennen. De gemiddelde verwijdering van fijnstof (PM10) bedroeg respectievelijk 62% en 9%.

Trefwoorden

Fijnstof, pluimveehouderij, luchtwasser



LIVESTOCK RESEARCH

WAGENINGEN UR

Rapport 354

Maatregelen ter vermindering van fijnstof-emissie uit pluimveehouderij; oriënterend onderzoek naar stofafvang door een waterwasser

Measures to reduce fine dust emissions from poultry housings; indicative research into dust removal by a water scrubber

J.M.G. Hol

C.M. Groenestein

F. Dousma

R.W. Melse

N.W.M. Ogink

Maart 2010

Voorwoord

Om te kunnen voldoen aan de Europese norm voor fijnstofconcentraties in de buitenlucht dienen in Nederland maatregelen te worden doorgevoerd, die de uitstoot van fijnstof uit belangrijke bronnen terugdringen. In dit kader heeft het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit Wageningen UR Livestock Research verzocht om het uitwerken van een plan van aanpak voor het ontwikkelen van praktijkrijpe bedrijfsoplossingen voor het terugdringen van de fijnstofemissie uit stallen in de pluimveehouderij. Het plan van aanpak is begin 2008 gereed gekomen. Het beschrijft een onderzoeksprogramma waarmee op zo kort mogelijke termijn oplossingen voor de praktijk beschikbaar kunnen komen via de ontwikkeling van verschillende reductietechnieken. Eén van de genoemde richtingen betreft de inzet van eenvoudige waterwassers en watergordijnen voor de afvang van fijnstof uit de ventilatielucht van pluimveestallen (deelproject 6).

In opdracht van het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit heeft Livestock Research oriënterend onderzoek verricht naar de afvang van fijnstof door een waterwasser in een stal met opfokleghennen en een mestdroogstelsel. Het betreffende stelsel is ontwikkeld door de heer van Avendonk, pluimveehouder te Bladel. De metingen voor dit onderzoek hebben op zijn bedrijf plaatsgevonden. Onze dank gaat uit naar de heer van Avendonk voor zijn medewerking aan dit onderzoek.

Dr.ir. N.W.M. Ogink
Coördinator van het onderzoek naar stofreductie in de pluimveehouderij
Livestock Research van Wageningen UR

Samenvatting

Om te kunnen voldoen aan de Europese norm voor fijnstofconcentraties in de buitenlucht dienen in Nederland maatregelen te worden doorgevoerd die de uitstoot van fijn stof uit belangrijke bronnen terugdringen. In dit kader is in opdracht van het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit in 2008 een plan van aanpak uitgewerkt voor het praktijkklaar maken en testen van beschikbare bedrijfsoplossingen om de fijn stof emissie uit de pluimveehouderij te reduceren.

In een eerdere deskstudie naar waterwassersystemen zijn de perspectieven onderzocht voor toepassing als stofreductietechniek in de veehouderij. Door het invangen van stofdeeltjes door waterdruppels en depositie van stofdeeltjes op de bevochtigde oppervlaktes van pakkingmateriaal kan een deel van de stofdeeltjes uit de aangevoerde stallucht worden verwijderd. Eén van de onderzochte systemen in deze studie, een waterwasser, ontwikkeld door de heer van Avendonk, bleek perspectiefvol te zijn op basis van theoretische overwegingen. Om te kunnen beoordelen of deze techniek verder ontwikkeld dient te worden voor brede praktijktoepassing bestond er behoefte aan het toetsen van de genoemde theoretische verwachtingen.

Het doel van het onderzoek in dit rapport is te testen of de theoretische verwachtingen in de praktijk waar gemaakt kunnen worden. Op basis van deze toets kan beoordeeld worden of vervolgonderzoek aan deze techniek gewenst is in het kader van de ontwikkeling van stofreductiemaatregelen voor pluimveebedrijven. Voor het beantwoorden van de doelstelling werd een oriënterend onderzoek uitgevoerd naar de fijnstofverwijdering op een praktijkbedrijf met opfokleghennen en nageschakelde mestdroging.

Er werden vier 24-uursrendementsmetingen voor verwijdering van fijnstof (PM2.5 en PM10) verricht in het tijdvak van november/begin december 2008. De metingen vonden plaats op het opfokleghennenbedrijf van de heer van Avendonk te Bladel volgens een gravimetrische methode. De lucht die de wasser in ging werd op twee posities op twee verschillende hoogten gemeten. Vervolgens werd ter hoogte van de ingaande lucht ook de lucht bemonsterd die de wasser verliet. Per meetpunt werden de metingen in enkelvoud uitgevoerd.

De gemiddelde verwijderingrendementen voor PM2.5 en PM10 bedroegen respectievelijk 9 en 62%. Het waargenomen verwijderingniveau voor PM10 komt overeen met de eerder ingeschatte theoretische verwachtingen voor dit type waterwasser. Aanbevolen wordt deze stofverwijderingstechniek verder te ontwikkelen. Het onderzoek levert geen verklaring voor het relatief geringe verwijderingspercentage van de PM2.5 fractie. Hiervoor is nader onderzoek noodzakelijk.

Dit type waterwasser kan in principe eveneens worden toegepast in vleeskuiken en leghennenstallen mits zo gedimensioneerd dat verblijftijden in de wasser van de te behandelen lucht gelijk blijft. Voor het halen van vergelijkbare verwijderingrendementen dient dan wel voldoende water te worden gerecirculeerd om aan- en dichtslibbing van het pakkingmateriaal te voorkomen. Dit betekent dat het waargenomen verwijderingrendement niet zonder meer kan worden doorvertaald naar andere categorieën met hogere stofconcentraties in de stallucht.

Summary

In order to comply with European standards for fine dust concentrations in ambient air (PM_{10/2.5}), measures are required to reduce emissions of fine dust from the major sources in the Netherlands. The Ministry of Agriculture, Nature and Food quality has worked out a Plan of action to develop and test technical measures that can be implemented on poultry farms to reduce emissions of fine dust.

In an earlier published desk study perspectives were investigated of water scrubbers for application in animal production as a mitigation technology for dust emission. Catchment of dust particles by water droplets and deposition of dust particles on the surface of wetted packing material will lead to removal of dust from ventilation air. One of the investigated water scrubbers in this study, developed by Mr. van Avendonk who is a poultry producer from Bladel, was found to be promising on theoretical grounds. To justify further research and development of this scrubber for wider practical implementation, an indicative test with measurements on farm scale was considered necessary.

The aim of this research is to test the theoretical expectations of the fine dust removal of the specified waterscrubber by measurements on farm scale. The results from the test can be used to decide whether further development and research is justified. For this purpose an indicative measurement scheme was carried out on a poultry farm with non-productive raising layers on cages and a manure drying unit (Figure 1).

Evenly distributed over 4 weeks during November/December 2008, four measurements over 24 h sampling periods were carried out during which the removal efficiency of PM₁₀ and PM_{2.5} was measured by a gravimetric method. The ventilation air from the poultry house passed a belt manure dryer before it entered the water scrubber. The incoming air was sampled just before the scrubber wall on two positions at different width and height (Figure 2). Directly opposite the scrubber wall at the outlet side, the treated air was sampled similarly. Measurements at the four sampling points were taken in simple for both dust fractions.

Mean removal percentages for PM_{2.5} and PM₁₀ amounted 9 and 62% respectively. The observed removal percentage for PM₁₀ was in accordance with the theoretical assessment study. It is advised to continue the develop of this water scrubber for use in poultry production. The low removal performance for PM_{2.5} could not be explained. Additional research is required to find an explanation.

The investigated waterscrubber in principle can be applied as well in housings with other poultry categories like broilers and layers, on the condition that they are dimensioned such that equal residence time of air in the scrubber is provided. In order to achieve similar dust removal percentages it is necessary that sufficient water is recirculated over the packing material to avoid dust clogging in the packing. This means that the observed dust removal performance cannot be unconditionally transferred to other poultry categories with higher dust concentrations in the inlet air.

Inhoudsopgave

Voorwoord

Samenvatting

Summary

1	Inleiding	1
2	Materiaal en methode	2
2.1	Waterwasser	2
2.2	Stalbeschrijving	3
2.3	Meetmethode en -strategie	3
2.4	Metingen in de praktijk	4
3	Resultaten en Discussie	6
3.1	Metingen	6
3.2	Dimensionering waterwasser bij opfokleghennen en bij leghennen of vleeskuikens	7
4	Conclusie	9
	Literatuur	10
	Bijlagen	11
Bijlage 1	Tekening en foto's.....	11
Bijlage 2	Gebruikte analysemethode(n).....	12
Bijlage 3	Gegevens bedrijfsvoering	13

1 Inleiding

Om te kunnen voldoen aan de Europese norm voor fijnstofconcentraties in de buitenlucht dienen in Nederland maatregelen te worden doorgevoerd die de uitstoot van fijn stof uit belangrijke bronnen terugdringen. In dit kader is in opdracht van het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit een plan van aanpak uitgewerkt voor het praktijkklaar maken en testen van beschikbare bedrijfsoplossingen om de fijnstofemissie uit de pluimveehouderij te reduceren (Ogink en Aarnink, 2008). Een belangrijk uitgangspunt daarbij is dat zoveel mogelijk effectieve en praktijkrijpe maatregelen vóór 2010 gereed dienen te zijn.

Uit onderzoek met luchtwassers voor de reductie van ammoniak uit stallucht bleek dat luchtwassers ook een functie kunnen hebben bij de verwijdering van vaste deeltjes uit de te behandelen lucht. Starmans et al. (2008) onderzochten of waterwassersystemen efficiënt stofemissie zouden kunnen reduceren. Door het invangen van stofdeeltjes door waterdruppels en depositie van stofdeeltjes op de bevochtigde oppervlaktes van pakkingsmateriaal kan een deel van de stofdeeltjes uit de aangevoerde stallucht worden verwijderd. Een van de onderzochte systemen in deze studie, een waterwasser ontwikkeld door de heer van Avendonk, bleek perspectiefvol te zijn op basis van theoretische overwegingen. Starmans et al. komen tot een inschatting voor de fijnstofverwijdering die ligt in de bandbreedte 50-70%. Om te kunnen beoordelen of deze techniek verder ontwikkeld dient te worden voor brede praktijktoepassing bestond er behoefte aan het toetsen van de genoemde theoretische verwachtingen.

Het doel van het onderzoek in dit rapport is middels een aantal oriënterende metingen te testen of de theoretische verwachtingen in de praktijk waar gemaakt kunnen worden. Op basis van deze toets kan beoordeeld worden of doorontwikkeling van en/of vervolgmetingen aan deze techniek gewenst zijn in het kader van de ontwikkeling van stofreductiemaatregelen voor pluimveebedrijven. De vervolgmetingen zouden dan aanvullende metingen betreffen om aan de voorwaarden van het meetprotocol voor fijnstofemissies te voldoen (Hofschreuder e.a. (2008). Dit meetprotocol schrijft per locatie, verspreid over het jaar, 6 meetdagen van 24 uur. Voor het beantwoorden van de doelstelling werd een oriënterend onderzoek uitgevoerd naar de fijnstofverwijdering op een praktijkbedrijf met opfokleghennen en nageschakelde mestdroging. Er werden vier rendementmetingen verricht in een tijdvak van 2 maanden (oktober/november 2008). Het betreft primair de rendementen voor de verwijdering van fijn stof. Hierbij werd onderscheid gemaakt tussen deeltjes die kleiner zijn dan 10 μm (PM10) en deeltjes die kleiner zijn dan 2,5 μm (PM2.5). De terminologie PM2.5 is afkomstig uit Amerika en is de algemene aanduiding voor de genoemde deeltjes grootte.

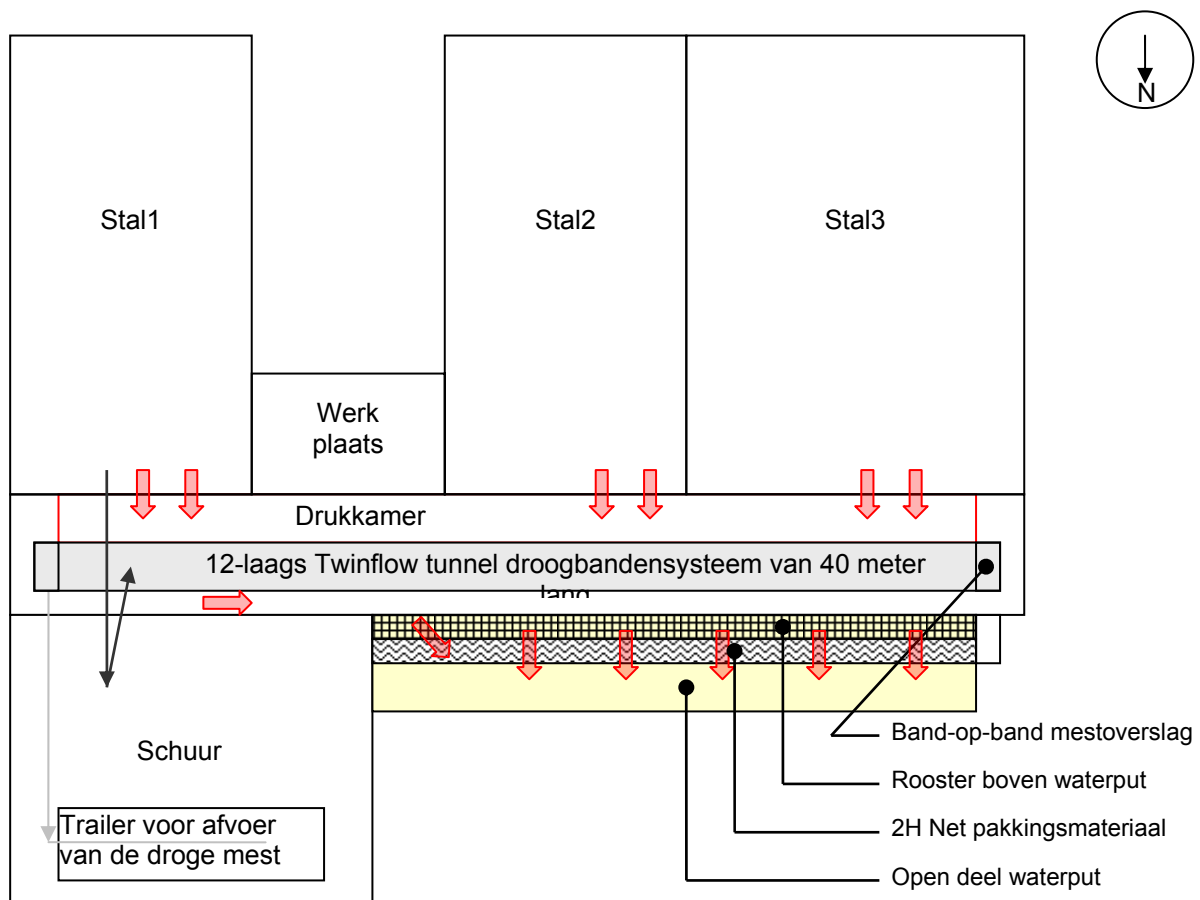
2 Materiaal en methode

2.1 Waterwasser

De onderzochte waterwasser is een wassysteem met een gepakt bed (fabrikant 2H, type Net), dat continu wordt bevochtigd met water. Door de hoge relatieve luchtvochtigheid in het systeem kunnen stofdeeltjes vergroot dan wel verzwaard worden waardoor de inertie wordt vergroot en de kans op verwijdering toeneemt. De stofdeeltjes kunnen weggevangen worden door zwevende waterdruppels in de pakketholtes maar zullen vooral door het wateroppervlak van het pakket zelf worden ingevangen. De stroomlijnrichting van de aangevoerde lucht zal door de holtes van het pakket vele malen drastisch worden gewijzigd waardoor inertiedepositie op het pakket wordt bewerkstelligd. Plaatselijk in het pakket zullen lichtsnelheden sterk toenemen en zullen wervelpatronen ontstaan waardoor de inertiedepositie zal worden gestimuleerd. Het afgevangen stof uit de ventilatielucht wordt meegevoerd met het recirculatiewater van de wasser en komt terecht in een open put. Van daaruit wordt het water weer opgepompt om over het gepakte bed te worden verdeeld. Een deel van het afgevangen stof zal mogelijk in de bak bezinken.

In dit onderzoek werd een uitvoering van de waterwasser onderzocht zoals ontwikkeld door de heer van Avendonk te Bladel. De metingen vonden plaats op zijn bedrijf met opfokleghennen en nageschakelde mestdroging. Een schematische voorstelling van het onderzochte systeem is weergegeven in figuur 1.

Figuur 1 Bovenaanzicht waterfilter met daarin de luchtstroming (dikke pijlen), de meststromen (natte mest donker grijs, droge mest licht grijs)



Het gepakte bed (afmetingen 25 m lang; 4,5 m hoog; 0,60 m diep) heeft een inhoud van 67,5 m³. Dit houdt in dat een pakketje lucht minimaal 0,51 seconden in het pakket verblijft (bij maximale ventilatie 480.000 m³/uur, volwassen dieren van 1.700 g)). Bij pluimvee wordt aangenomen dat gemiddeld in het jaar 30% van de maximale ventilatiecapaciteit wordt geventileerd. Gemiddeld over een jaar zou de verblijftijd van de lucht dan 1,7 s zijn. In bijlage 1 is een detailweergave van het pakkingsmateriaal met luchtstroom- en waterstroomrichting en zijn enkele foto's van het wassysteem weergegeven.

Het opgepompte water wordt via atmosferische uitloop door een drietal verdeelpijpen met uitstroomopeningen per pompsectie over de gehele lengte van het pakket verdeeld. Het geleverde debiet per buis kan per pompsectie worden aangepast. Hierdoor is het mogelijk om in het midden van het pakket meer water te doseren dan aan de randen. Dit is met name in de winterperiode van belang ter voorkoming van het aanvriezen van water.

Ondanks het feit dat het systeem al 4 jaar draait, is er gedurende deze periode geen vaste fase of water gespuid. Er is wel een dubbel rioleringsstelsel aangelegd bij de constructie van de waterput om eventueel te kunnen spuien. Voor verdamping van water wordt gecompenseerd door aanvoer van diep (200 m) grondwater. De verdamping bedraagt 6 tot 7 m³ per dag (normale temperatuur) en kan oplopen tot 26 m³ per dag bij extreem warm weer. Uitgaande van een jaargemiddelde van 10 m³ per dag, zal per 100 m³ geïnstalleerde ventilatiecapaciteit 2 liter water per dag worden verdampt.

2.2 Stalbeschrijving

In de drie stallen weergegeven in Figuur 1 is plaats voor 145.000 opfokleghennen. De dieren zijn gehuisvest in een mestbandbatterij met geforceerde mestdroging (code in de Regeling ammoniak en veehouderij, Rav is E 1.5.2). Op de kop van de stallen is een 12-laags droogbandensysteem (mestdroogstelsel met geperforeerd doek. RAV code E 6.1) Bij deze houderij worden de dieren vanaf kuiken tot aan een eindgewicht van ca. 1.700 g gehouden. Het eindgewicht wordt bereikt in ca. 18 weken. Dit betekent in de praktijk dat de belasting van het droogbandensysteem en de waterwaster toeneemt naarmate de dieren ouder worden. Maar ook dat de belasting van de systemen nagenoeg nul is aan het begin van een productieronde. Het droogbandensysteem, de waterwaster en de ventilatie zijn er op gedimensioneerd om aan het aanbod van mest en stof dan wel de ventilatievraag van de oudste dieren te voldoen. De maximale ventilatiebehoefte van de stallen is 480.000 m³/uur (uitgaande van ca 2 m³/uur per kg eindgewicht). Eén maal per dag worden de mestbanden gedurende een uur afgedraaid.

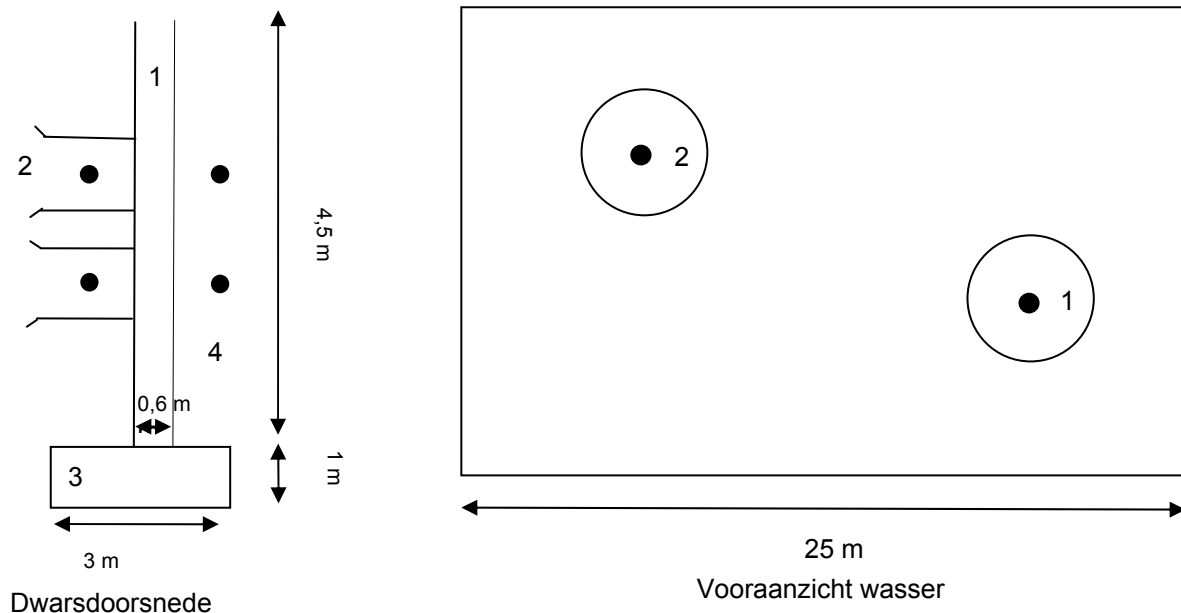
2.3 Meetmethode en -strategie

De metingen werden verricht in de laatste weken van de opfokperiode om zodoende bij de zwaarste stofbelasting van de waterwaster te kunnen meten. De lucht die de waster in ging werd op twee posities op twee verschillende hoogten gemeten. Vervolgens werd ter hoogte van de ingaande lucht ook de lucht bemonsterd die de waster verliet. Per meeteenheid (PM 2,5 en PM10) werden per meetpunt de metingen in enkelvoud uitgevoerd, waarbij de concentratie cumulatief over 24 uur werd gemeten. Om de uitgaande lucht te kunnen bemonsteren zonder hinder van wervelingen van buitenlucht, zijn ter afscherming aan de buitenkant van de waster kokers geplaatst waar de monsternamepunten in werden gehangen. In Figuur 2 zijn de monsternamepunten schematisch weergegeven.

De stofbelasting werd bepaald met behulp van de gravimetrische methode, waarbij de scheiding van de stofdeeltjes werd bereikt door gebruik te maken van specifieke cyclonen (PM10 of PM2.5 cycloon URG corp., VS). Het stof werd verzameld op een glasvezelfilters met een diameter van 47 mm (type GF 3, Macherey Nagel, Duitsland). De filters werden voor en na de metingen gewogen onder standaard condities: temperatuur 20 °C ± 1 °C en 50% ± 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. Voor de metingen werd gebruik gemaakt van 'constant flow' monsternamepomp (type Charlie HV roterend 6 m³/h; Ravebo Supply b.v., Brielle) Deze regelen het debiet automatisch op basis van de gemeten temperatuur bij de monsternamekop. Het debiet van deze pompen blijft ook constant bij toename van de drukval over het filter door hoge belasting met stof. 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 en omgerekend naar standaard condities (1 atmosfeer, 0°C). De gebruikte meetmethodiek en meetstrategie staat beschreven in Hofschreuder et al., 2008 en Zhao et al., 2009.

Figuur 2 Schematische weergave van de monsternamepunten



1. Filter van de waterwaster 25 x 4,5 m
2. Koker met daarin de monsternamepunten
3. Waterreservoir voor het recirculeren van het waswater
4. Drukkamer aan de kant van de droogtunnel

2.4 Metingen in de praktijk

Aan de waterwaster zijn in totaal vier metingen uitgevoerd. Een overzicht van de meetdata en meetomstandigheden worden weergegeven in tabel 1 en bijlage 3. De temperatuur en de relatieve luchtvochtigheid zijn gemeten met een Rotronic T/RV sensor. Missende waarnemingen zijn het gevolg van technische storingen. Op de meetdag van 3-12-2008 zijn de pompen voor de bemonstering van PM10 in de uitgaande lucht uitgevallen waardoor er op die datum geen resultaat gerapporteerd kan worden.

Tabel 1 Start en eind datum van de metingen en de in- en uitgaande temperatuur (OC) en relatieve luchtvochtigheid (%)

	Startdatum	Einddatum	Temperatuur		Relatieve luchtvochtigheid	
			Ingaande lucht	Uitgaande lucht	Ingaande lucht	Uitgaande lucht
Meting 1	8-11-2008	9-11-2008	-*	-*	-*	-*
Meting 2	19-11-2008	20-11-2008	21,7	17,6	72	100
Meting 3	27-11-2008	28-11-2008	21,3	-*	72	100
Meting 4	3-12-2008	4-12-2008	20,9	12,8	61	100

-* geen resultaat meting door storing meetapparatuur

De metingen zijn uitgevoerd gedurende de laatste weken van de opfok. De inschatting was dat in deze periode het meeste fijnstof vanuit de stal en de drooginstallatie werd geproduceerd waarmee de belasting van de wasser maximaal was. Daarnaast zal in de eindfase van de opfok de ventilatie ook het hoogst zijn wat voor de werking van de wasser mogelijk minder optimaal is. Voor de inschatting van het ventilatiedebiet werd per dag het aantal ventilatoren geregistreerd die op dat moment in werking waren.

3 Resultaten en Discussie

3.1 Metingen

In de tabellen 3 en 4 worden de resultaten van de fijnstofmetingen vermeld.

Tabel 3 Gemeten concentratie fijnstof deeltjes PM2.5 en PM10 (mg/m³) van de in- en uitgaande lucht per hoog of laag geplaatste meetpunt, gemiddelde waarden en de berekende standaarddeviatie (sd)

		PM2.5				PM10			
		hoog	sd	laag	sd	hoog	sd	laag	sd
Ingaande lucht	Meting 1	0,090		0,070		0,880		0,767	
	Meting 2	0,081		0,068		0,807		0,672	
	Meting 3	0,090		0,078*		0,776*		0,682	
	Meting 4	0,069*		0,066*		0,589*		0,490*	
	gemiddeld	0,087	0,005	0,069	0,001	0,843	0,052	0,707	0,053
Uitgaande lucht	Meting 1	0,070		0,071		0,341		0,317	
	Meting 2	0,090		0,065		0,249		0,325	
	Meting 3	0,067		-*		-*		0,258	
	Meting 4	-*		-*		-*		-*	
	gemiddeld	0,076	0,012	0,068	0,004	0,295	0,065	0,300	0,037

* meting niet meegenomen in de berekening van het gemiddelde

** onvoldoende gegevens beschikbaar voor de berekening

-* geen resultaat meting door storing meetapparatuur

De stofconcentraties van de ingaande lucht waren bij het hoge meetpunt zowel voor PM2.5 als voor PM10 gemiddeld wat hoger dan die van het lage meetpunt. Het niveau van de lage meetpunten lag 15-20% lager. De monsternamepunten in de uitgaande lucht toonde eenzelfde patroon zij het dat de verschillen wat kleiner waren en minder consistent. Voor PM2.5 ligt het niveau op het lage meetpunt 10% lager, maar voor PM10 is er gemiddeld geen verschil. Het gaat om relatief beperkte verschillen tussen monstername punten die niet alleen qua hoogte maar ook qua plaatsing in het horizontale vlak verschillen. Deze verschillen kunnen worden veroorzaakt door verschillend plaatselijk aanbod op de waterwand van stof uit de stal en nageschakelde drooginstallatie. Dit is voorstelbaar gezien de beperkte afstand tussen droogband en water waardoor de menging van ingaande lucht onvolledig zal zijn, bovendien geeft deze beperkte afstand een veel grotere kans op lokale drukverschillen. Niettemin leidt dit tot niet meer dan beperkte verschillen en mag verwacht worden dat beide meetpunten samengenomen zeer dicht bij de gemiddelde van het totale wasoppervlak zullen liggen. Omdat de monsternamepunten van in- en uitgaande lucht exact tegenover elkaar liggen mag verwacht worden dat dit in nog sterkere mate geldt voor de representativiteit van de verwijderingrendementen.

De standaarddeviatie die betrekking heeft op de spreiding tussen de meetrondes lag voor PM2.5 tussen 0,001 en 0,012 en voor PM10 tussen 0,037 en 0,065 mg. Uitgedrukt als percentage van het gemiddelde niveau over de meetrondes lag dit tussen de 2 en 16% voor PM2.5 en tussen 6 en 22% voor PM10. Het gaat hier om een vrij beperkte spreiding in de tijd die ook verwacht mag worden gezien de beperkte monsternameduur in het laatste deel van de opfokronde.

De gemeten massa van PM2.5 in de onbehandelde lucht uit stal en mestdroger bedroeg afgerond 10% van die van de ingevangen PM10 massa. In de behandelde uitgaande lucht bedroeg deze verhouding ca. 25%. Dit hogere percentage weerspiegelt de betere verwijdering van PM10. In Tabel 3 is te zien dat de PM10 concentraties in de uitgaande lucht altijd fors lager waren dan de concentraties in de ingaande lucht. Bij PM2.5 is te zien dat per meting en meetpunt de PM2,5 concentraties in de uitgaande lucht bij twee van de vijf waarnemingen hoger zijn.

Tabel 4 Berekende rendementen onderzochte waterwaster voor fijnstof deeltjes PM2.5 en PM 10 (%) en de berekende standaarddeviatie (sd)

	PM 2,5	sd	PM10	sd
Meting 1	12,4		60,1	
Meting 2	- 4,0		61,1	
Meting 3	19,8		64,7	
Meting 4	-*		-*	
gemiddelde	9,4**	12,0	62,0	2,4

* onvoldoende gegevens beschikbaar voor de berekening

** wijkt niet significant af van 0, $P > 0,10$

De verwijderingrendementen zijn uitgewerkt in Tabel 4. Omdat de dataset niet compleet was door storing in de meetapparatuur zijn enkel de gemiddelde rendementen over beide meetpunten met bijbehorende standaarddeviatie uitgerekend. Gezien de beperkte verschillen tussen beide meetpunten wordt deze benadering ook representatief geacht voor de derde meting waar waarnemingen voor meetpunten deels ontbreken. Uit de tabel blijkt dat voor PM 2.5 het gemiddelde rendement 9% bedraagt, variërend tussen -4 en 20%. De spreiding is hier, uitgedrukt in een standaarddeviatie van 12% (verwijderingprocenten), veel groter als voor PM10 waar deze slechts 2.4% bedroeg. Het is niet op voorhand duidelijk waar dit verschil in spreiding tussen PM2.5 en PM10 verwijdering aan te wijten is. De meetmethode is bij PM2.5 mogelijk wat gevoeliger voor weegfouten als gevolg van de geringere ingevangen stofmassa's maar dit kan de relatief grote spreiding niet alleen verklaren.

Het gemiddelde verwijderingrendement voor PM10 bedroeg 62%. Dit is een aantrekkelijk niveau voor toepassing in de pluimveehouderij. Het ligt boven het niveau van de 30% PM10 reductie waarvan momenteel wordt uitgegaan voor enkelvoudige chemische en biologische wassers (met relatief korte verblijftijd) (VROM, 2009). Hierbij dient echter wel de kanttekening te worden geplaatst dat een goede vergelijking alleen mogelijk is bij een vergelijkbare belasting, zie hiervoor ook paragraaf 2.6. Het waargenomen verwijderingniveau voor PM10 ondersteunt de eerder ingeschatte theoretische bandbreedte van 50-70% (Starmans et al., 2008)

De verwijdering voor PM10 is aanzienlijk groter dan die voor PM2.5. In eerder onderzoek naar PM10 en PM2.5 verwijdering in een gecombineerde luchtwasser bedroegen deze respectievelijk, 93 en 90% (Aarnink et al, 2007), dat wil zeggen dat er een veel kleiner verschil optrad tussen beide fracties. Verwacht mag worden dat de impactie van PM2.5 deeltjes in de wasser door de geringere massa minder vaak plaatsvindt dan die van de zwaardere fracties, waardoor de rendementen geringer zijn. Een afname van gemiddeld 62 naar 9% komt echter niet overeen met het beeld uit het onderzoek van Aarnink et al. en andere nog lopende onderzoeken aan chemische en biologische luchtwassers. Verklaring van het waargenomen verschil in deze studie vereist diepgaander onderzoek.

3.2 Dimensionering waterwaster bij opfokleghennen en bij leghennen of vleeskuikens

Het is mogelijk om deze wasser achter een vleeskuikenstal of een leghennenstal te plaatsen. Daarvoor dient dan wel een vergelijkbare dimensionering te worden vastgesteld om een vergelijkbaar rendement te behalen. Uit analyse van eerder uitgevoerde metingen aan andere wassystemen lijkt een verband te bestaan tussen verblijftijd van de lucht in de wasser en het PM10 verwijderingrendement. Het ligt daarom voor de hand de verblijftijd als uitgangspunt te nemen voor de dimensionering bij toepassing in andere pluimveecategorieën. Gelijke verblijftijden kunnen bereikt worden door per m^3 geïnstalleerde maximale ventilatiecapaciteit te beschikken over hetzelfde wasvolume (met vergelijkbare geometrie). Volgens het handboek voor de pluimveehouderij is de maximale ventilatiebehoefte 3,6 m^3 /uur/kg gewicht voor elke pluimveecategorie. In tabel 5 zijn de uitgangspunten uitgewerkt en daarmee is het aantal dieren berekend dat in een leghennen- dan wel vleeskuikenstal kan worden geplaatst. De te installeren ventilatiecapaciteit komt daarbij per dier gelijk uit voor leghennen en vleeskuikens omdat maximale gewichten van beide categorieën gelijk zijn. Op basis van de berekening voor een wasser van 67,5 m^3 (zie paragraaf 2.1) kunnen er 72.500 vleeskuikens of leghennen in een stal worden geplaatst. Met een dergelijke wasser kan één grote of twee stallen van gemiddelde afmeting worden bediend.

Tabel 5 Berekening van het aantal dieren voor een leghennen- of vleeskuikenbedrijf bij installatie van een gelijkwaardige waterwasser (67,5 m³ pakkingsmateriaal)

	Opfokleghennen met droogtunnel	Leghennen en vleeskuikens
Maximale ventilatie	3,3 m ³ /uur/dier*	6,8 m ³ /uur/dier**
Max ventilatie per 1000 dieren [m ³ /s]	0,92	1,80
Minimale verblijftijd (s)	0,51	0,51
Aantal dieren	145.000	72.500

* Praktische situatie op bedrijf (zie paragraaf 2.1)

** uit Handboek voor de pluimveehouderij 2004

De belasting van de waterwasser met PM10 bij de gemeten stal is relatief laag, 0,7 mg/m³ (gemiddelde van 8 meetresultaten). De stofconcentratie uit leghennenstallen en vleeskuikenstallen (zonder droogtunnel) ligt aanzienlijk hoger (ca. 2 en 4 mg/m³). Bij het huidige onderzoek was dan ook geen sprake van stallucht waar de fijnstofconcentratie van werd bepaald maar van ventilatielucht na een droogtunnel (de ventilatielucht uit de stallen met opfokleghennen wordt eerst door een droogtunnel geblazen). Uit onderzoek blijkt dat droogtunnels de emissie van fijnstof kunnen verlagen (pers. med. Aarnink, 2009). Bovendien zijn de opfokhennen in kooien geplaatst waardoor verhoudingsgewijs t.o.v. strooiselhuisvesting, zoals het geval voor vleeskuikens, een veel lagere fijnstofconcentratie in de uitgaande stallucht mag worden verwacht.

Bij de voorgestelde wijze van dimensioneren voor vleeskuikens/leghennen met strooiselhuisvesting mag verwacht worden dat de stofbelasting bij gelijke verblijftijd toeneemt omdat de stofconcentraties hoger zijn. De vraag rijst dan of het verwijderingrendement afneemt. De verwachting is dat de kans op impactie van deeltjes bij hogere stofbelasting gelijk blijft mits het contactoppervlakte gedurende de doorstroming van de wasser gelijk blijft. Dat wil zeggen mits er geen aan- of dichtslibbing van het pakkingsmateriaal plaatsvindt. De waterrecirculatie per tijdseenheid zal hierbij voldoende moeten zijn om aanslibbing te voorkomen. Het is mogelijk dat bij toepassing in andere categorieën met hogere stofconcentraties meer gerecirculeerd zal moeten worden om dit te bereiken; mogelijk moet er ook worden gespuid. Dit betekent dat verwijderingrendementen niet zonder meer naar andere categorieën kunnen worden vertaald. Gesteld echter dat waterrecirculatie aanslibbing voldoende tegengaat, dan zal de gelijke kans op impactie van stofdeeltjes leiden tot een gelijk verwijderingspercentage van PM10 en PM2.5.

4 Conclusie

De gemiddelde verwijderingrendementen voor PM2.5 en PM10 over de metingen bedroegen respectievelijk 9 en 62%. Het waargenomen verwijderingsniveau voor PM10 komt overeen met de eerder ingeschatte theoretische verwachtingen voor dit type waterwasser. Aanbevolen wordt het ontwikkeling- en implementatietraject van dit type wasser verder te ondersteunen.

Het onderzoek levert geen verklaring voor het geringe verwijderingspercentage van de PM2.5 fractie. Uitvoering van nader onderzoek kan hiervoor mogelijk een verklaring geven.

Dit type waterwasser kan in principe eveneens worden toegepast in vleeskuiken en leghennenstallen mits zo gedimensioneerd dat verblijftijden van de te behandelen lucht gelijk blijft. Voor het halen van vergelijkbare verwijderingrendementen dient dan wel voldoende water te worden gerecirculeerd om aan- en dichtslibbing van het pakkingmateriaal te voorkomen. Dit betekent dat het waargenomen verwijderingrendement niet zonder meer kan worden doorvertaald naar andere categorieën met hogere stofconcentraties in de stallucht.

Literatuur

Aarnink, A.J.A., T. van Hattum, A. Hol en Y. Zhao. 2007. Reduction of fine dust emission by combiscrubber of Big Dutchman. Report 66, Animal Sciences Group, Lelystad.

Handboek voor de pluimveehouderij, 2004. Animal Sciences Group, Wageningen UR, Lelystad.

Hofschreuder, P., Y. Zhao, A. J. A. Aarnink, and N. W. M. Ogink. 2008. Measurement protocol for emissions of fine dust from animal housings. Considerations, draft protocol and validation. Report 134, Animal Sciences Group, Lelystad.

NEN-EN 14907. 2005. Ambient air quality - standard gravimetric measurement method for the determination of the PM_{2.5} mass fraction of suspended particulate matter, Nederlands Normalisatie-instituut, Delft.

Starmans, D.A.J., N.W.M. Ogink en C.M. Groenestein, 2008. Maatregelen ter vermindering van fijnstofemissie uit de pluimveehouderij: inventarisatie waterwassystemen. Rapport 158, Animal Sciences Group, Lelystad.

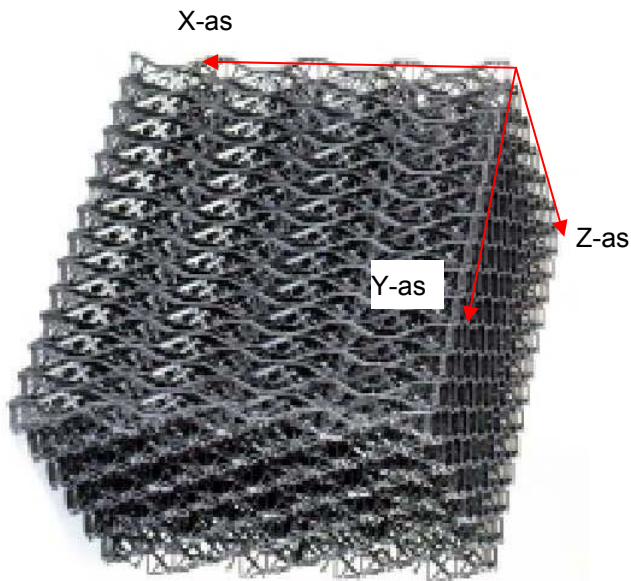
Ogink, N.W.M. en A.J.A. Aarnink. 2008. Plan van aanpak bedrijfsoplossingen voor fijnstofreductie in de pluimveehouderij. Rapport 113, Animal Sciences Group, Lelystad.

VROM, 2009. Emissiefactoren fijn stof voor veehouderij, gepubliceerd op 12 november 2009; Toelichting bij de emissiefactoren fijn stof voor veehouderij, gepubliceerd op 12 november 2009; <http://www.vrom.nl>.

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 Tekening en foto's



Tekening 1 Bovenaanblik van het pakkingmateriaal gebruikt in de waterfilter. Lucht stroomt door dit materiaal parallel aan de getekende X-as. De waterfase valt door de zwaartekracht in de richting van de getekende Z-as)



Foto 1 Droogtunnel met droogbanden (links) en waspakket (rechts)



Foto 3 Buitenkant wasser



Foto 4 Close up waterpakket

Bijlage 2 Gebruikte analysemethode(n)

WI 4.25-114	Bepaling van het gehalte aan ammoniumstikstof in vloeistof. Fotometrische methode
WI 4.25-119	Bepaling van het gehalte aan nitriet. Fotometrische methode
WI 4.25-120	Bepaling van het gehalte aan nitraat. Fotometrische methode
WI 4.25-115	Bepaling van het totale gehalte aan stikstof in afwezigheid van nitraat. Methode volgens Kjeldahl
WI 4.25-118	Bepaling van het totale gehalte aan stikstof in aanwezigheid van nitraat. V/W-methode
WI 4.25-111	Bepaling van het gehalte aan droge stof in dierlijke mest. Gravimetrische methode
WI 4.25-112	Bepaling van het gehalte aan organische stof in dierlijke mest. Gravimetrische methode
WI 4.25-113	Bepaling van de pH
WI 4.25-123	Bepaling van het geleidend vermogen. Conductometrische methode
WI 4.25-135	Bepaling van de gehalten aan CO ₂ , CH ₄ en N ₂ O in lucht. Gaschromatografische methode



Wageningen UR Livestock Research

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

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

Bijlage 3 Gegevens bedrijfsvoering

	Startdatum	Leeftijd dieren (dagen)	Gewicht dieren (g)	Aantal dieren (-)
Meting 1	8-11-2008	88	977	130.028
Meting 2	19-11-2008	99	1.062	129.623
Meting 3	27-11-2008	107	1.114	129.610
Meting 4	3-12-2008	113	1.157	129.589