

# Animal Sciences Group

Divisie Veehouderij, kennispartner voor de toekomst



process for progress

Rapport 229

Maatregelen ter vermindering van fijnstofemissie  
uit de pluimveehouderij  
Labproef: karakterisering van olieverniveelaars  
(druppelgrootte en snelheid)

April 2009



ANIMAL SCIENCES GROUP

WAGENINGEN UR

Dit onderzoek is uitgevoerd in opdracht van het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit in het kader van het 'Plan van aanpak bedrijfsoplossingen voor fijnstofreductie in de pluimveehouderij' (Ogink en Aarnink, 2008).

### **Colofon**

#### **Uitgever**

Animal Sciences Group van Wageningen UR  
Postbus 65, 8200 AB Lelystad  
Telefoon 0320 - 238238  
Fax 0320 - 238050  
E-mail [Info.veehouderij.ASG@wur.nl](mailto:Info.veehouderij.ASG@wur.nl)  
Internet <http://www.asg.wur.nl>

#### **Redactie**

Communication Services

#### **Aansprakelijkheid**

Animal Sciences Group aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

#### **Liability**

Animal Sciences Group does not accept any liability for damages, if any, arising from the use of the results of this study or the application of the recommendations.

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 gedeponeerd bij de Arrondissementsrechtbank Zwolle.

### **Abstract**

Two spraying nozzles have been studied with respect to droplet size and velocity of the sprayed rapeseed oil depending on the applied liquid and air pressures. For the nozzle with a wide angle round spray the air pressure should be lower than the oil pressure and should be in the range of 1.5 and 2.5 bar. For the flat spray nozzle the variation in droplet size is small and the oil and air pressure may vary between 2.0 and 3.0 bar.

### **Keywords**

Fine dust, Oil film, Spraying nozzle

### **Referaat**

ISSN 1570 - 8616

### **Auteurs**

A.J.A. Aarnink en T.G. van Hattum

### **Titel**

Maatregelen ter vermindering van fijnstofemissie uit de pluimveehouderij  
Labproef: karakterisering van olieverniveelaars (druppelgrootte en snelheid)  
Rapport 229

### **Samenvatting**

Twee vernevelaars zijn onderzocht ten aanzien van druppelgrootte en uittredesnelheid van de vernevelde koolzaadolie. Bij de vernevelaar met een wijd en rond sproeibeeld moet de luchtdruk lager zijn dan de oliedruk en wel in de range van 1,5 tot 2,5 bar. Voor de vlakstraal vernevelaar is de variatie in druppelgrootte klein en mag de olie- en luchtdruk variëren tussen 2,0 en 3,0 bar.

### **Trefwoorden:**

Fijnstof, Oliefilm, Vernevelaar



Rapport 229

Maatregelen ter vermindering van fijnstofemissie  
uit de pluimveehouderij  
Labproef: karakterisering van olieverspuiters  
(druppelgrootte en snelheid)

Measures to reduce fine dust emission from poultry  
houses  
Laboratory study: characterizing oil spraying nozzles  
(droplet size and velocity)

A.J.A. Aarnink  
T.G. van Hattum

April 2009

## Samenvatting

Dit onderzoek is uitgevoerd in het kader van het 'Plan van aanpak bedrijfsoplossingen voor fijnstofreductie in de pluimveehouderij' (Ogink en Aarnink, 2008) en is uitgevoerd in opdracht van het Ministerie van LNV. Het doel van dit onderzoek was de optimale combinatie te bepalen van vernevelaar, vloeistof- en luchtdruk waarbij een minimale hoeveelheid druppels wordt gegenereerd kleiner dan 10  $\mu\text{m}$  en waarbij de snelheid van de druppels voldoende hoog is om een voldoende groot vloeroppervlak met de nevel te kunnen bestrijken.

Dit onderzoek is uitgevoerd door het laboratorium 'Spray Analysis and Research Services' van Spraying Systems Co. Er zijn twee vernevelaars uitgetest: SU26B-SSBR en SU240E (Spraying Systems Co, USA). De SU26B-SSBR heeft 6 sproeiopeningen en genereert een brede kegelvormige nevel. De SU240E vernevelaar heeft een ketsplaat waardoor de vloeistof wordt verneveld in een plat vlak. De vernevelaars werden uitgetest bij verschillende vloeistof- en luchtdrukken, variërend van 1,5 – 3,5 bar. De metingen van druppelgrootteverdeling en uittredesnelheid zijn gedaan op een afstand van 15 cm vanaf de vernevelaar. Er werd verneveld met pure koolzaadolie. De koolzaadolie werd in een drukvat gedaan. Met behulp van compressielucht werd de olie naar de vernevelaar getransporteerd. De oliedruk in het vat en de druk van de lucht in de vernevelaar werden geregeld met een Auto Jet controle-unit. De drukken werden gemeten met drukmeters bij de inlaat van de vernevelaars. Een tweedimensionale Phase Doppler Interferometer (Artium Technologies, USA) werd gebruikt om de druppelgrootte te bepalen en de snelheid van de druppels te meten.

Het sproeibeeld van de beide vernevelaars was duidelijk verschillend. Vernevelaar SU26B-SSBR gaf een kegelvormig sproeibeeld, waarbij 6 uitstulpingen zichtbaar waren, veroorzaakt door 6 openingen in de nozzle, terwijl vernevelaar SU240E een plat sproeibeeld gaf. Op basis van de gemeten druppelgrootteverdeling en de uittredesnelheid van de olienevel kan het volgende worden geconcludeerd:

- Voor nozzle SU26B-SSBR moet de luchtdruk lager zijn dan of maximaal gelijk zijn aan de oliedruk. De luchtdruk moet voor deze nozzle 1,5 – 2,5 bar bedragen (gemeten bij de nozzle).
- Voor nozzle SU240E zijn de variaties in druppelgrootte en snelheid van de nevel bij de verschillende geteste drukken relatief gering. Voor deze nozzle mogen de olie- en luchtdruk variëren tussen 2,0 en 3,0 bar.

## Summary

This study was performed within the framework of the 'Plan of action practical solutions for fine dust reduction from poultry houses' (Ogink and Aarnink, 2008), and this study was sponsored by the Ministry of Agriculture, Nature and Food Quality. The objective of this study was to determine the optimal combinations of spray nozzle, liquid and air pressures to achieve a minimum amount of droplets smaller than 10  $\mu\text{m}$  at which the velocity of the droplets is high enough to cover a sufficient floor area with the oil spray.

This study was performed by the laboratory 'Spray Analysis and Research Services' of Spraying Systems Co. Two spray nozzles have been tested: SU26B-SSBR and SU240E (Spraying Systems Co, USA). The SU26B-SSBR has 6 spray openings and produces a wide angle round spray (cone). The SU240E nozzle produces a deflected flat spray. The nozzles were tested at different liquid and air pressures, varying from 1.5 to 3.5 bar. Drop size distribution and spray velocity were measured at a distance of 15 cm from the nozzle. Pure rapeseed oil was sprayed. Rapeseed oil was stored in a pressurized vessel. With the aid of compressed air the oil was transported to the nozzle. Oil and air pressures in the nozzles were controlled by a Auto Jet control unit. Pressures were determined with pressure sensors at the inlet of the nozzles. A two dimensional Phase Doppler Interferometer (Artium Technologies, USA) was used to determine drop size and velocity of the droplets.

The spraying pattern of both nozzles was clearly different. Nozzle SU26B-SSBR gave a wide round spray plume with 6 knobs, caused by the 6 openings in the nozzle, while nozzle SU240E gave a flat spray plume. Based on the measured drop sizes and the measured spray velocity the following was concluded:

- For nozzle SU26B-SSBR the air pressure should be lower or maximal equal to the oil pressure. The air pressure should be within the range of 1.5 to 2.5 bar (measured near the nozzle).
- For nozzle SU240E

# Inhoudsopgave

## Samenvatting

## Summary

<b>1</b>	<b>Inleiding .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Materiaal en methode.....</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Resultaten en discussie .....</b>	<b>4</b>
<b>4</b>	<b>Conclusies.....</b>	<b>6</b>
	<b>Referenties .....</b>	<b>7</b>

## 1 Inleiding

De EU heeft normen gesteld voor maximale concentraties fijnstof in de buitenlucht. Er zijn normen gesteld voor deeltjes kleiner dan 10 µm (PM10) en voor deeltjes kleiner dan 2.5 µm (PM2.5). De veehouderij draagt, naast verkeer en industrie, mede bij aan de emissie van fijnstof in Nederland. Het merendeel van het fijne stof uit de veehouderij komt uit pluimvee- en varkensstallen. Aangezien een heel aantal pluimveebedrijven een overschrijding van de Europese luchtkwaliteitsnormen veroorzaken is in een onderzoek bepaald of via het aanbrengen van een oliefilm op het strooisel bij vleeskuikens de fijnstofemissie kon worden gereduceerd (Aarnink *et al.*, 2008). Uit dit onderzoek kwam naar voren dat de gebruikte olieverniveelaars, met bijbehorende instellingen van vloeistof- en luchtdruk, veel kleine druppeltjes genereerden, kleiner dan 10 µm. Hierdoor ontstaat een piek in PM10 en PM2,5 concentraties direct na het vernevelen van de olie. Deze kleine oliedeeltjes worden voor een belangrijk deel via de ventilatielucht afgevoerd. In het rapport werd de aanbeveling gedaan om te onderzoeken hoe het aandeel kleine druppeltjes belangrijk kan worden gereduceerd, terwijl het verspreidingsgebied van de vernevelaar niet teveel mag worden verkleind.

In een labproef, uitgevoerd door het laboratorium 'Spray Analysis and Research Services' van Spraying Systems Co., zijn twee typen vernevelaars onderzocht ten aanzien van druppelgrootteverdeling en uittredesnelheid van de nevel bij verschillende vloeistof- en luchtdrukken. De ene type vernevelaar (SU26B-SSBR) werd ook in het hiervoor genoemde onderzoek toegepast. De andere vernevelaar werd uitgekozen, aangezien deze toegepast zou kunnen worden bij verneveling dicht bij het strooisel, bijvoorbeeld bij gebruik in volièrestallen. Het doel van dit onderzoek was de optimale combinatie te bepalen van vernevelaar, vloeistof- en luchtdruk waarbij een minimale hoeveelheid druppels wordt gegenereerd kleiner dan 10 µm en de uittredesnelheid voldoende hoog is om een voldoende groot oppervlak te kunnen bestrijken.

Dit rapport geeft een samenvatting van de resultaten beschreven in het rapport van 'Spray Analysis and Research Services' (Malavé, 2008) en geeft een interpretatie van de resultaten en conclusies voor het gebruik van deze resultaten in het vervolgonderzoek naar het gebruik van een oliefilm voor stofreductie in de pluimveehouderij.

## 2 Materiaal en methode

Er zijn twee vernevelaars uitgetest (figuur 1): SU26B-SSBR en SU240E (Spraying Systems Co, USA). Bij de SU26B-SSBR worden olie en lucht intern gemengd en bestaat uit een vloeistofkap van roestvast staal (type 40100) en een luchtkapje van nikkel (Cap 140-6-37-70) gemonteerd op een vernevellichaam ( $\frac{1}{4}$  J nozzle body). Vernevelaar SU26B-SSBR heeft 6 sproeiopeningen en genereert een brede kegelvormige nevel. Vernevelaar SU240E heeft een ketsplaat waardoor de vloeistof wordt verneveld in een plat vlak. Deze vernevelaar bestaat uit een vloeistofkap (Cap 28150) en een luchtkap (Air Cap 189110-75).

**Figuur 1** De geteste vernevelaars in dit onderzoek. Foto links: SU26B-SSBR vernevelaar, foto rechts: SU240E vernevelaar. De foto's laten de vloeistof- en de luchtkappen zien.



De vernevelaars werden uitgetest bij verschillende vloeistof- en luchtdrukken, variërend van 1,5 – 3,5 bar. De metingen van druppelgrootteverdeling en uittredesnelheid zijn gedaan op een afstand van 15 cm vanaf de vernevelaar. Er werd verneveld met pure koolzaadolie. De rheologische eigenschappen van de olie worden weergegeven in Tabel 1.

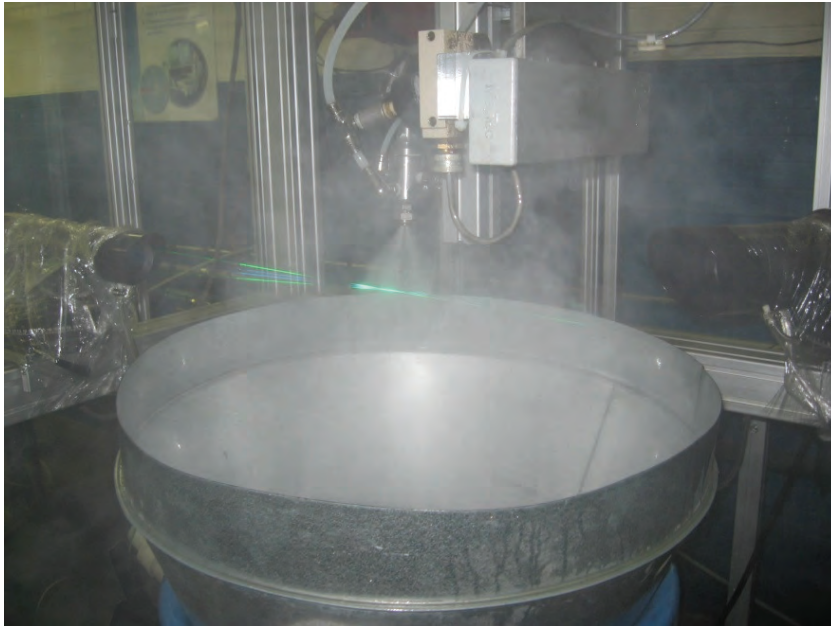
**Tabel 1** Rheologische eigenschappen van de gebruikte koolzaadolie in dit onderzoek

Materiaal	Dichtheid g/ml	Viscositeit (cP)	Oppervlaktespanning (mN/m)
Koolzaadolie	0,91	49,2	33,4

De koolzaadolie werd in een drukvat gedaan. Met behulp van compressielucht werd de olie naar de vernevelaar getransporteerd. De oliedruk in het vat en de druk van de lucht in de vernevelaar werden geregeld met een Auto Jet controle-unit. De drukken werden gemeten met drukmeters bij de inlaat van de vernevelaars. De meetopstelling wordt weergegeven in figuur 2.



**Figuur 2** De meetopstelling voor bepaling van grootteverdeling en snelheid van de druppels



Een tweedimensionale Phase Doppler Interferometer (Artium Technologies, USA) werd gebruikt om de druppelgrootte te bepalen en de snelheid van de druppels te meten. De volgende variabelen werden bepaald om de druppelgrootteverdeling te beschrijven:

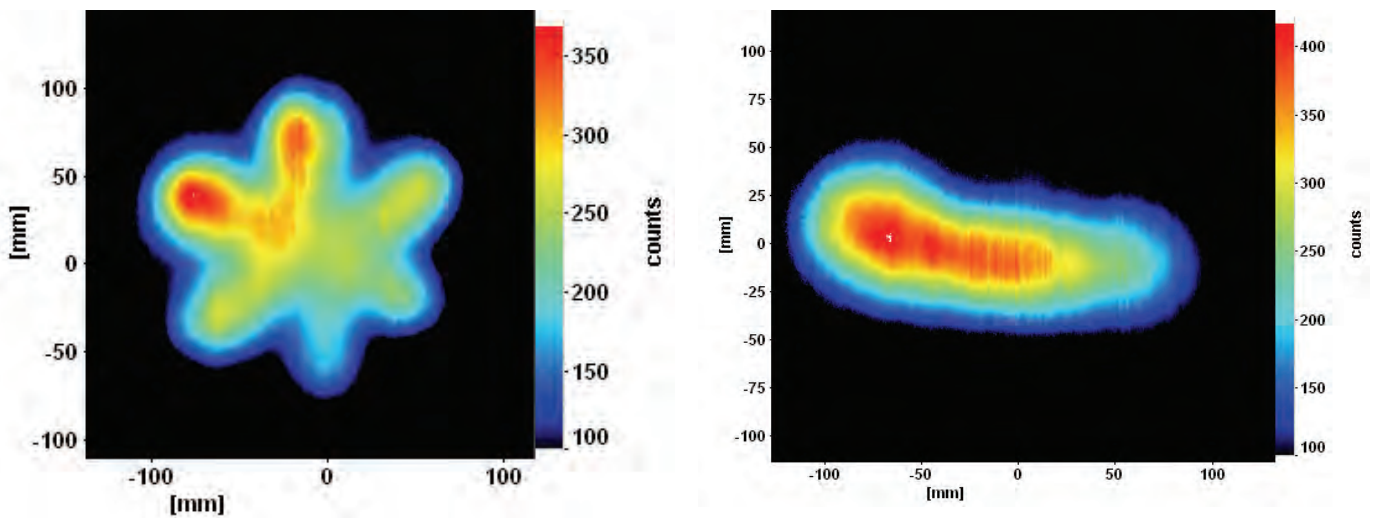
- $D_{V0.5}$ : dit is de 'Volume Median Diameter' (ook wel VMD of MVD genoemd). De VMD-waarde geeft aan dat 50% van de druppels (gemeten in volume) een grotere diameter heeft dan deze waarde en 50% een kleinere diameter.
- $D_{32}$ : dit is de 'Sauter Mean Diameter' (ook wel SMD genoemd). De SMD-waarde is een maat voor de fijnheid van de nevel en geeft de diameter weer van een druppel die dezelfde volume / oppervlakte verhouding heeft dan de verhouding tussen het totale volume en het totale oppervlakte van alle druppels.
- $D_{V0.1}$ : is de waarde waarbij 10% van het totale volume van de druppels een kleinere diameter heeft dan deze waarde.
- $D_{V0.9}$ : is de waarde waarbij 90% van het totale volume van de druppels een kleinere diameter heeft dan deze waarde.

### 3 Resultaten en discussie

Figuur 3 geeft typische plaatjes van het sproeibeeld van de beide vernevelaars. Het verschil tussen beide vernevelaars is duidelijk zichtbaar; vernevelaar SU26B-SSBR geeft een kegelvormig sproeibeeld, waarbij de 6 uitstulpingen worden veroorzaakt door de 6 openingen in de nozzle, terwijl vernevelaar SU240E een plat sproeibeeld geeft. De groter aantal druppels aan de linkerzijde van de foto's wordt waarschijnlijk veroorzaakt door de stand van de lasers ten opzichte van de vernevelaar. Bij vernevelaar SU26B-SSBR had de nevelpluim een diameter op 15 cm afstand van de nozzle van ca. 15 cm.

In tabel 2 worden de resultaten weergegeven van de metingen aan de deeltjesgrootteverdeling en de snelheid van de oliedruppels. Uit deze tabel blijkt dat voor nozzle SU26B-SSBR  $D_{V0.1}$  de grootste diameters had wanneer de oliedruk gelijk aan of groter was dan de luchtdruk (ca. 25  $\mu\text{m}$ ).  $D_{V0.1}$  leek enigszins kleiner te worden bij een toename van de luchtdruk. De Sauter Mean Diameter ( $D_{32}$ ) schommelde rond de 40  $\mu\text{m}$ , behalve wanneer de luchtdruk hoger was dan de oliedruk. In dat geval nam  $D_{32}$  af tot 25 – 28  $\mu\text{m}$ .  $D_{V0.5}$  liet vergelijkbare waarden zien als  $D_{32}$ .  $D_{V0.9}$  liet kleinere diameters zien wanneer de luchtdruk hoger was dan de oliedruk.  $D_{V0.9}$  nam duidelijk toe bij een olie- en luchtdruk van 3,0 of 3,5 bar. De snelheid van de oliedruppels was vergelijkbaar voor olie- en luchtdrukken tot en met 2,5 bar. Bij drukken van 3,0 of 3,5 bar nam de snelheid van de druppels duidelijk toe (van ca. 3,5 naar ca. 7,5 m/s). Nozzle Su240E liet veel minder variatie zien in de diameters. Alhoewel hier opgemerkt moet worden dat de variatie in de aangebrachte drukken minder groot was dan voor nozzle SU26B-SSBR.  $D_{V0.1}$  schommelde rond de 20,  $D_{32}$  en  $D_{V0.5}$  rond de 30 en  $D_{V0.9}$  rond de 60  $\mu\text{m}$ . Alleen een olie- en luchtdruk van 2 bar gaf hogere waarden.

**Figuur 3** Vernevelbeeld van de beide vernevelaars in dit onderzoek. Foto links: SU26B-SSBR (kegelvormige vernevelaar); Foto rechts: SU240E (vlakstraalvernevelaar). Bij beide foto's was zowel de vloeistof als de luchtdruk 3,0 bar.



**Tabel 2** Resultaten van de metingen aan de deeltjesgrootteverdeling en de snelheid van de oliedruppels

Test	Nozzle	Druk		DV0.1	D32	DV0.5	DV0.9	Snelheid	
		Olie (bar)	Lucht (bar)						
1	SU26B-SSBR	1,5	1,5	23	36	41	66	4,62	
2		1,5	2	15	25	29	50	3,91	
3		2	1,5	25	40	47	73	2,38	
4		2	2	28	41	45	67	3,62	
5		2	2,5	19	28	30	48	3,97	
7		2,5	2	26	40	44	68	3,59	
8		2,5	2,5	28	40	43	64	3,18	
12		3	3	18	38	49	157	7,23	
17		3,5	3,5	20	38	44	122	8,36	
19		SU240E	2	2	34	52	57	88	5,50
20			2	2,25	24	36	38	59	5,90
21			2	2,5	18	28	31	52	8,02
22			2,5	2	19	29	31	57	7,82
23			2,5	2,25	21	32	35	58	7,27
24			2,5	2,5	23	34	36	57	6,16
25			2,5	2,75	18	27	30	50	6,70
26			2,5	3	19	30	32	66	6,48
27	3		2,5	18	29	31	70	7,70	
28	3		2,75	19	29	31	51	7,61	
29	3		3	20	30	33	56	7,77	

Voor de toepassing waarin wij de vernevelaars willen gebruiken voldoet een optimale nozzle aan de volgende eisen:

- Druppels zijn groter dan 10  $\mu\text{m}$
- Er is een kleine spreiding in de grootte van de druppels
- De snelheid van de druppels is zo groot mogelijk om een groot oppervlak te kunnen bedekken met olie

Voorgaande betekent dat  $D_{v0.1}$  ruim boven de 10  $\mu\text{m}$  moet liggen en dat het interval tussen  $D_{v0.1}$  en  $D_{v0.9}$  zo klein mogelijk moet zijn. Op basis hiervan kan geconcludeerd worden dat voor nozzle SU26B-SSBR de luchtdruk lager moet zijn dan of maximaal gelijk mag zijn aan de oliedruk. De luchtdruk moet voor deze nozzle 1,5 – 2,5 bar bedragen (gemeten bij de nozzle). Bij hogere olie- en luchtdrukken zal het verspreidingsgebied van de olie groter worden, maar zal de variatie in druppelgrootte toenemen. Dit betekent waarschijnlijk ook een groter aandeel deeltjes kleiner dan 10  $\mu\text{m}$ . Voor nozzle SU240E zijn de variaties bij de verschillende geteste drukken gering. Voor deze nozzle mogen de olie- en luchtdruk variëren tussen 2,0 en 3,0 bar.

## 4 Conclusies

Op basis van dit labonderzoek kan het volgende worden geconcludeerd:

- De beide onderzochte vernevelaars laten een duidelijk verschillend sproeibeeld zien. De vernevelaar met 6 openingen in een cirkel (SU26B-SSBR) geeft een rond sproeibeeld, waarbij de plaatsen van de openingen zichtbaar zijn door een uitstulping van de cirkel (gemeten op 15 cm van de nozzle). De vernevelaar met ketsplaat (SU240E) geeft een ovaal sproeibeeld. Deze verneveld de olie meer in een plat vlak.
- Voor nozzle SU26B-SSBR moet de luchtdruk lager zijn dan of maximaal gelijk zijn aan de oliedruk. De luchtdruk moet voor deze nozzle 1,5 – 2,5 bar bedragen (gemeten bij de nozzle).
- Voor nozzle SU240E zijn de variaties bij de verschillende geteste drukken gering. Voor deze nozzle mogen de olie- en luchtdruk variëren tussen 2,0 en 3,0 bar.

## Referenties

- Aarnink, A. J. A. et al. 2008. Reductie stofemissie bij vleeskuikens door aanbrengen oliefilm. Rapport 54, Animal Sciences Group, Lelystad.
- Malavé, A. 2008. Spray nozzle characterization (drop size & velocity) and material rheology. Test Number: 2008T114, 'Spray Analysis and Research Services' laboratorium van Spraying Systems Co.
- Ogink, N. W. M., and A. J. A. Aarnink. 2008. Plan van aanpak bedrijfsoplossingen voor fijn stofreductie in de pluimveehouderij. Rapport 113, Animal Sciences Group, Divisie Veehouderij, Lelystad.