

# Animal Sciences Group

Kennispartner voor de toekomst



process for progress

Rapport 154

## Reductie stofemissie bij vleeskuikens door aanbrengen oliefilm

November 2008



ANIMAL SCIENCES GROUP  
WAGENINGEN UR

Dit onderzoek is uitgevoerd in opdracht van de Provincie Gelderland, het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit en de Gemeente Ede.

## 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 gedeponneerd bij de Arrondissementsrechtbank Zwolle.

### Abstract

The effect of application of an oil film on bedding on dust reduction in a broiler house was studied. The system proved to be effective.

### Keywords:

Broilers, fine dust, oil film, bedding

### Referaat

ISSN 1570 - 8616

**Auteurs:** A.J.A. Aarnink, J. van Harn, T.G. van Hattum, Y. Zhao, J.W. Snoek, I. Vermeij, J. Mosquera

**Titel:** Reductie stofemissie bij vleeskuikens door aanbrenge(n) oliefilm  
Rapport 154

### Samenvatting

Het effect is onderzocht van het aanbrenge(n) van een oliefilm op strooisel op de stofreductie in een vleeskuikenstal. Deze studie heeft de effectiviteit van dit systeem aangetoond.

### Trefwoorden:

Vleeskuikens, fijnstof, oliefilm, strooisel



Rapport 154

## Reductie stofemissie bij vleeskuikens door aanbrengen oliefilm

## Reduction of dust emission from broilers by application of an oil film

A.J.A. Aarnink  
J. van Harn  
T.G. van Hattum  
Y. Zhao  
J.W. Snoek  
I. Vermeij  
J. Mosquera

November 2008

## Samenvatting

De EU heeft normen gesteld voor de maximale concentraties fijnstof in de buitenlucht. Er zijn normen gesteld voor deeltjes kleiner dan 10  $\mu\text{m}$  (PM10) en voor deeltjes kleiner dan 2.5  $\mu\text{m}$  (PM2.5). Een aantal pluimveebedrijven veroorzaken een overschrijding van deze luchtkwaliteitsnormen. De doelstelling van dit onderzoek was om te bepalen wat het effect is van het aanbrengen van een oliefilm op het strooisel in vleeskuikenstallen op de fijnstofemissie en –concentratie en op de productie en de gezondheid en welzijn van de dieren. De belangrijkste vragen die in deze studie moesten worden beantwoord waren:

1. Hoeveel olie is nodig om een bepaalde stofreductie te verkrijgen?
2. Wat is het effect van de olie op de strooiselkwaliteit?
3. Wat is het effect van de olie op de emissie van ammoniak?
4. Wat zijn de gevolgen van de olie voor de dieren (productie en gezondheid-/welzijnkenmerken, vooral voetzoolaandoeningen bij vleeskuikens)?
5. Is er mogelijk extra risico op brandgevaar als gevolg van het aanbrengen van de oliefilm?
6. Wat is het effect op de benodigde tijd voor het schoonmaken van de stal?
7. Wat zijn de kosten van het oliefilmsysteem?

In de voorbereidende fase was een belangrijke vraag hoe het olie/water vernevelsysteem technisch uitgevoerd moest worden. De vraag hierbij was of met een emulsie van olie/water moest worden gewerkt of met pure olie. Uit kostenoverweging is besloten om met pure koolzaadolie te werken. Voor het ontwerp van het systeem zijn testen uitgevoerd om te bepalen welke sproeinozzles en welke vloeistof- en luchtdrukken gebruikt moesten worden voor een goede verspreiding van de olie in de stal. Uit deze testen is geconcludeerd dat de kegelvormige nozzle bij 3,5 bar oliedruk en 3,5 bar luchtdruk vooralsnog de beste keuze was, omdat met een gering aantal nozzles de gehele stal bestreken kon worden, waardoor de kosten beperkt bleven.

Na installatie van het oliefilmsysteem zijn de effecten van de oliedosering onderzocht gedurende drie ronden in vier (ronde 1) of vijf (ronde 2 en 3) afdelingen met vleeskuikens in een mechanisch geventileerde donkerstal op Het Spelderholt in Lelystad. Alle afdelingen waren identiek aan elkaar en hadden een oppervlak van 8,3 x 16,0 m. Per afdeling werden 2.675 eendagskuikens opgezet. De kuikens werden afgeleverd op een leeftijd van 35 dagen (streefgewicht: 1900-2000 gram). In ronde 1 werden de volgende doseringen onderzocht: 0, 8, 16 en 24 ml olie per  $\text{m}^2$  per dag; in ronde 2: 0, 6, 12, 18 en 24 ml olie per  $\text{m}^2$  per dag; in ronde 3: 0, 8, 16, 16 en 24 ml olie per  $\text{m}^2$  per dag. De behandelingen werden aselekt toegewezen aan de afdelingen. In ronden 1 en 3 werd op dag 12 na opzet van de kuikens gestart met het aanbrengen van een oliefilm; in ronde 2 was dit na 4 dagen. In ronde 3 startte één van de behandelingen met 16  $\text{ml}/\text{m}^2$  per dag op dag 21. De olie werd iedere ochtend tussen 08:00 en 08:30 uur aangebracht. Om 24 ml olie per  $\text{m}^2$  aan te brengen was een verneveltijd nodig van 60 sec. Andere hoeveelheden konden worden aangebracht door de verneveltijd evenredig te verlagen.

PM10, PM2.5 en ammoniakconcentraties werden gemeten bij de ventilatiekoker van de uitgaande stallucht en van de inkomende stallucht. Het ventilatiedebiet werd gemeten met meetventilatoren. Ammoniak en ventilatie werden continu gemeten, terwijl de stofconcentraties gedurende 22 uur op 2 dagen in ronde 1, op 4 dagen in ronde 2 en op 6 dagen in ronde 3 werden gemeten. Om te voorkomen dat de stofmeetapparatuur vervuild zou raken met olie, startte de stofmeting 1,5 uur na het aanbrengen van de olie om 09:30 en stopte een half uur voor de start van het aanbrengen van de olie om 07:30. Om het verloop van de stofconcentratie vast te stellen werd op enkele dagen de PM10 concentratie tevens continu gemeten gedurende 22 uur. Daarnaast werd op 4 dagen de persoonlijke belasting van de stalmedewerker aan PM10 stof gemeten. In ronde 3 werd op 2 dagen de PM10 en PM2.5 concentratie bepaald gedurende 15 minuten voor tot 45 minuten na het aanbrengen van de olie. Naast deze metingen werden nog de volgende metingen / waarnemingen gedaan: groei kuikens, voeropname kuikens, voederconversie kuikens, uitval kuikens, strooiselkwaliteit, borstbevuilding, borstirritatie, dijkkrassen, brandhakken, voetzoolaandoeningen en drogestofgehalte van het strooisel. In de statistische analyse zijn lineaire dosis – respons relaties vastgesteld voor de verschillende gemeten en waargenomen parameters. Om een beter inzicht te krijgen in de brandgevaaren van koolzaadolie in de buurt van een warmtebron is een proef opgezet waarin olie op een vergelijkbare manier werd verneveld zoals in het onderzoek op Het Spelderholt. Hierbij is de nevel blootgesteld aan open vuur. Tevens is onderzocht of het strooisel met olie brandgevaarlijker was dan strooisel zonder olie.

Uit de resultaten van dit onderzoek konden de volgende conclusies worden getrokken:

- Het aanbrengen van een oliefilm op het strooisel in een vleeskuikenstal is een zeer effectieve methode om stofconcentraties in de stal en stofemissies uit de stal te reduceren.
- Een oliefilmsysteem, zoals gebruikt in dit onderzoek, waarbij pure, koud geperste en geraffineerde koolzaadolie werd verneveld, kan zonder noemenswaardig onderhoud probleemloos gedurende een lange tijd functioneren. In dit onderzoek draaide het systeem vrijwel probleemloos gedurende drie ronden verspreid over 8 maanden.
- De reductie van de PM10 stofconcentratie en de –emissie is afhankelijk van de gedoseerde hoeveelheid olie. De reductie nam toe van ca. 58 tot 85% bij een toename van de hoeveelheid olie van 8 tot 24 ml/m<sup>2</sup>. Voor PM2.5 was de reductie vrijwel constant over de hele range van 6 tot 24 ml /m<sup>2</sup> en bedroeg ca. 80%. Dat de reductie niet werd beïnvloed door de hoeveelheid gedoseerde olie was waarschijnlijk het gevolg van de gecreëerde kleine oliedeeltjes tijdens het vernevelen.
- De PM10 en PM2.5 emissies nemen exponentieel toe met de leeftijd van de vleeskuikens. Dit betekent dat het aanbrengen van een oliefilm alleen gedurende de laatste 1 of 2 weken van de ronde al een belangrijke reductie oplevert van de fijnstofemissie.
- Het oliefilmsysteem biedt een belangrijk voordeel ten opzichte van systemen die de uitgaande lucht reinigen van stof, namelijk dat de stofconcentratie in de stal ook belangrijk wordt gereduceerd. Dit verbetert de arbo-omstandigheden van de stalmedewerkers.
- Het huidig geteste oliefilmsysteem, met de gehanteerde instellingen van vloeistof- en luchtdruk, genereerde veel kleine oliedruppeltjes. Hierdoor ontstond een piek in PM10 en PM2.5 concentraties direct na het vernevelen van de olie. Een deel van de olie zal daardoor als fijnstof met de ventilatielucht worden afgevoerd.
- Het verloop van de PM10-concentratie en –emissie gedurende de dag is sterk afhankelijk van het gehanteerde lichtschema. Tijdens donkerperiodes zijn de stofconcentraties zeer laag en deze stijgen zeer sterk bij het aanschakelen van de verlichting.
- De gedoseerde hoeveelheid olie heeft geen invloed op de ammoniakemissie uit de stal.
- De gedoseerde hoeveelheid olie heeft geen invloed op de productieparameters groei, uitval, voerconversie en productiegetal. De water/voer verhouding neemt iets toe met een stijging van de oliedosering.
- Voetzoolproblemen namen toe met de gedoseerde hoeveelheid olie.
- Het vernevelen van koolzaadolie in een stal levert geen extra brandgevaar op.
- Het schoonmaken van een stal waarin olie is verneveld vergt ongeveer de dubbele tijd ten opzichte van een stal waarin geen olie is verneveld. De stal zal tevens vooraf ingeweekt moeten worden om het schoonmaken te vergemakkelijken.
- De totale kosten van het oliefilmsysteem zijn afhankelijk van de gedoseerde hoeveelheid olie en variëren, exclusief extra arbeid voor schoonmaken, van 1,8 tot 3,4 Eurocent per opgezet vleeskuiken bij een oliedosering variërend van 6 tot 24 ml/m<sup>2</sup> staloppervlak. Voor de extra arbeid voor het schoonmaken bedragen de kosten circa 0,5 cent per opgezet kuiken.

Op basis van de resultaten zijn de volgende aanbevelingen gedaan:

- Onderzocht moet worden hoe het aandeel kleine druppeltjes (<PM10) kan worden gereduceerd, terwijl het verspreidingsgebied van de nozzle niet teveel wordt verkleind.
- Innovaties moeten gestimuleerd worden om de olie dichter bij het strooisel aan te brengen. Op deze manier kan de olie zeer gericht als een film op het strooisel worden aangebracht.

## Summary

The EU has set standards for the maximum concentration fine dust in the ambient air. Standards were defined for dust particles smaller than 10 µm (PM10) and for particles smaller than 2.5 µm (PM2.5). A number of poultry farms are causing crossings of the defined threshold values. The objective of this study was to determine the effect of application of an oil film on bedding of broiler houses on fine dust emission and concentration and on the production, health and welfare of the birds. The following questions were answered within this study:

1. How much oil is needed to achieve a certain dust reduction?
2. What is the effect of the oil on the bedding quality?
3. What is the effect of the oil on ammonia emission?
4. What are the effects of the oil on the broilers (production and animal health and welfare, in particular the occurrence of footpad lesions of the broilers)?
5. Is there an extra risk for fire in the animal house caused by the application of the oil film?
6. What is the effect on cleaning time of the house?
7. What are the costs of the oil film system?

In a preliminary study it was investigated how the oil/water spraying system needed to be performed technically. The question in this phase of the study was whether an emulsion of oil/water should be sprayed or pure oil. Because of lower costs it was decided to use pure rapeseed oil. Tests were performed to determine what kind of spraying nozzles and what levels of oil and air pressures should be used for a good distribution of the oil in the broiler house. From these tests it was concluded that a cone-spray nozzle spraying at oil and air pressures of both 3.5 bar seemed to be the best choice, because with a small number of nozzles the whole broiler house could be covered with a film of oil.

After installing the oil film system the effect of oil dose was investigated during 3 rounds in 4 rooms (round 1) or 5 rooms (rounds 2 and 3) with broilers in a mechanical ventilated house without daylight at 'Het Spelderholt' in Lelystad. All rooms were identical and had an area of 8.3 x 16.0 m. In each room 2675 one day old broilers were placed. The broilers were delivered at an age of 35 days (opted end weight: 1900-2000 grams). In round 1 the following doses were tested: 0, 8, 16, 24 ml oil per m<sup>2</sup> per day; in round 2: 0, 6, 12, 18, 24 ml oil per m<sup>2</sup> per day; in round 3: 0, 8, 16, 16, 24 ml oil per m<sup>2</sup> per day. Treatments were randomly assigned to the different rooms. In round 1 and 3 oil application started at day 12 after the broilers were placed in the rooms; in round 2 oil application started at day 4. In round 3 one treatment with 16 ml/m<sup>2</sup> per day started at day 21. The oil was applied every morning between 08:00 and 08:30 h. A spraying time of 60 sec was needed to apply 24 ml of oil per m<sup>2</sup>. Other doses could be applied by linearly decreasing the spraying time.

PM10, PM2.5 and ammonia concentrations were measured at the ventilation shaft of the exhaust air and of the incoming air. Ventilation rate was measured by anemometers with the same diameter as the ventilation shaft. Ammonia and ventilation rate were measured continuously, while dust concentrations were measured during 22 h at 2 days in round 1, at 4 days in round 2 and at 6 days in round 3. To prevent fouling of the dust measuring equipment with oil dust measurements started 1.5 h after oil application at 09:30 h and ended at 07:30, half an hour before the start of oil spraying. To determine dust concentration pattern during the day PM10 concentrations were continuously measured at a number of days during 22 h. Furthermore, personal dust load was determined 4 times. In round 3 during 2 days PM10 and PM2.5 concentrations were measured during 15 min before until 45 min after application of the oil. Beside these measurements the following was determined, as well: daily gain, feed intake, feed conversion rate, death chickens, bedding quality, breast fouling, breast irritations, upper leg scratches, burning heels, footpad lesions and dry matter content of the bedding. By statistical analyses linear dose – response relationships were determined for the different measured and observed parameters. To get a better insight in the fire risk of rapeseed oil in the presence of a heater a test was performed in which the oil was sprayed in a similar way as in the broiler rooms at 'Het Spelderholt'. In this test the spray was subjected to an open fire. Furthermore, it was investigated whether the bedding material with oil had a higher risk of fire than bedding without oil.

From the results of this study the following was concluded:

- Application of an oil film on bedding in a broiler house is very effective to reduce dust concentrations within the room and dust emissions from the room.
- An oil film system as tested in this study, in which pure, cold pressed and refined rapeseed oil was sprayed, can function well with little maintenance during a long period. Within this study the system functioned almost without problems during 3 broiler rearing periods spread over a period of 8 months.

- Reduction of PM10 concentration and emission is depending on the oil dose. Reduction increased from approximately 58% to 85% when oil dose increased from 8 to 24 ml/m<sup>2</sup>. For PM2.5 reduction was almost constant over the whole oil dose range and amounted approximately 80%. The lack of relationship between oil dose and PM2.5 reduction was probably caused by the small oil droplets after spraying.
- PM10 and PM2.5 emissions increase exponentially with broilers' age. This means that application of an oil film only during the last 1 or 2 weeks of the rearing period already can achieve a considerable dust reduction.
- The oil film system has an important benefit when compared to end of pipe solutions, namely that dust concentrations inside the animal house are reduced, as well. This benefits labor conditions of the farm workers.
- The oil film system tested within this study, with the used oil and air pressures, generated a lot of small oil droplets. This caused a peak in PM10 and PM2.5 concentrations directly after oil spraying. A part of the oil, therefore, will be removed as fine dust with the exhaust air.
- The daily pattern of PM10 concentration and emission is depending strongly on the light scheme. During dark periods dust concentrations are very low and they strongly increase when lights are turned on.
- Ammonia emissions from the broiler rooms were not affected by the oil.
- Dose of oil had no influence on production parameters daily gain, death of birds, feed conversion and production score. Water/feed ratio increased slightly with increasing oil dose.
- Footpad lesions increased with increasing oil dose.
- Oil spraying does not increase fire risks.
- Cleaning of the broiler rooms where oil had been sprayed required approximately double the time compared to the control room without oil application. Oil rooms need to be soaked before cleaning to ease the cleaning and reduce the cleaning time.
- Total costs of the oil film system are depending on the daily oil dose and are varying, excluding extra labor costs, from 1.8 to 3.4 Eurocent per bird placed in the room with oil doses varying from 6 to 24 ml/m<sup>2</sup> room area. Extra labor costs for cleaning the room are approximately 0.5 cent per bird placed in the room.

Based on the results the following is advised:

- It should be studied how the amount of small droplets (<PM10) can be reduced, while the spraying area of the nozzle is not reduced to a large extent.
- Innovations should be stimulated to apply the oil closer to the bedding.

# Inhoudsopgave

## Samenvatting

## Summary

<b>1</b>	<b>Inleiding</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Materiaal en methode</b> .....	<b>3</b>
2.1	Materiaal.....	3
2.1.1	Oliefilmsysteem .....	3
2.1.2	Accommodatie .....	5
2.1.3	Diermateriaal .....	5
2.1.4	Speciale voorzieningen.....	5
2.2	Methoden.....	6
2.2.1	Proefbehandelingen.....	6
2.2.2	Voer en water .....	6
2.2.3	Strooisel .....	6
2.2.4	Verlichting .....	6
2.2.5	Klimaat .....	7
2.2.6	Entingen.....	7
2.2.7	Metingen en waarnemingen.....	7
2.2.8	Analyse gegevens .....	10
2.3	Test brandgevaar .....	11
<b>3</b>	<b>Resultaten</b> .....	<b>12</b>
3.1	Oliefilmsysteem .....	12
3.2	Effecten op stofconcentraties en –emissies in de stal .....	12
3.3	Effecten op de persoonlijke belasting .....	17
3.4	Stofconcentratie tijdens het aanbrengen van de oliefilm.....	18
3.5	Verloop stofconcentratie gedurende de dag .....	19
3.6	Effect olie op de ammoniakemissie .....	20
3.7	Effect olie op productie vleeskuikens .....	22
3.8	Effect olie op uitwendige kuikenkwaliteit .....	23
3.9	Effect olie op de strooiselkwaliteit .....	23
3.10	Brandgevaar.....	24
3.10.1	Brandgevaar olienevel .....	24
3.10.2	Brandgevaar mest met olie .....	25
3.11	Schoonmaken .....	26
3.12	Kosten.....	26
<b>4</b>	<b>Discussie</b> .....	<b>28</b>
<b>5</b>	<b>Conclusies</b> .....	<b>31</b>
<b>6</b>	<b>Aanbevelingen</b> .....	<b>32</b>



<b>Literatuur</b> .....	<b>33</b>
<b>Bijlagen</b> .....	<b>34</b>
Bijlage 1 Definities van begrippen gebruikt in dit rapport .....	34
Bijlage 2 Visuele beoordeling strooiselkwaliteit en monsternamen strooisel voor bepaling drogestofgehalte .....	35
Bijlage 3 Ventilatie-debiet in de verschillende afdelingen en in de verschillende rondes .....	37
Bijlage 4 Temperatuur en RV in verschillende afdelingen en verschillende rondes .....	38
Bijlage 5 Verloop van de ammoniakemissie in de verschillende afdelingen en in de verschillende rondes.....	39
Bijlage 6 Effect olie op de uitwendige beoordeling van vleeskuikens in de verschillende rondes .....	40

## 1 Inleiding

Stof in de veehouderij is al jarenlang een aandachtspunt vooral uit arbo-overwegingen en uit oogpunt van diergezondheid. De laatste jaren is daar de emissie van fijnstof naar de buitenlucht bijgekomen, aangezien de EU normen heeft 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.

Veehouders, vooral pluimvee- en varkenshouders, worden in stallen blootgesteld aan stofconcentraties die een factor 10 tot 200 maal hoger liggen dan in de buitenlucht. De laatste decennia is veel onderzoek gedaan naar de effecten van deze hoge concentraties stof op de gezondheid van de veehouder. Hieruit blijkt dat longproblemen duidelijk meer voor komen bij veehouders, dan bij andere beroepsgroepen (Bongers *et al.*, 1987). Er werd aangetoond dat inademing van stalstof aandoeningen aan de luchtwegen en aan de longen veroorzaakt (Donham *et al.*, 1984; Dosman *et al.*, 1997). Recent onderzoek wijst er op dat aan stof gehechte endotoxinen waarschijnlijk belangrijk bijdragen aan longproblemen bij veehouders (Preller *et al.*, 1995).

Voorgaande overwegingen pleiten voor een aanpak van het stofprobleem die niet alleen leidt tot lagere stofemissies uit de stal, maar tevens tot een betere luchtkwaliteit in de stal. De belangrijkste bronnen van stof in pluimveestallen zijn: veertjes, gedroogde mest, voer, strooisel en micro-organismen/schimmels (Aarnink *et al.*, 1999). Het belang van individuele stofbronnen kan sterk variëren tussen verschillende diercategorieën en verschillende stalsystemen.

In het optiedocument van Aarnink en Van der Hoek (2004) komt het vernevelen van olie/water als één van de meest kosteneffectieve methoden naar voren om stof in stallen te reduceren. De laatste 15 jaar is hieraan in verschillende landen al vrij veel onderzoek gedaan, vooral in varkensstallen. Inmiddels zijn in Denemarken en Canada al een aantal varkensbedrijven uitgerust met zo'n systeem. Het belangrijkste effect van het vernevelen van olie/water is het aanbrengen van een olie/water film op vloeroppervlakken, waardoor voorkomen wordt dat het aanwezige stof op deze oppervlakken (weer) in de lucht komt. In het vervolg van het rapport wordt daarom ook gesproken over het aanbrengen van een oliefilm.

Bij een goede uitvoering van het systeem kunnen stofreducties worden bereikt van 90% (Lemay *et al.*, 2000). Takai *et al.* (1995) vonden geen negatief effect van de olie op de gezondheid van de dieren. Integendeel, de varkens in de afdelingen waar de oliefilm werd aangebracht vertoonden geen effect op de longfunctie tijdens het wegen, terwijl de longfunctie in de controlegroep duidelijk afnam. Volgens Gustafsson en Von Wachenfelt (2004) is een stofreductie van 50% mogelijk in strooiselsystemen voor pluimvee wanneer alleen met water wordt verneveld. Het nadeel van het vernevelen van water is dat veel water nodig is om een redelijke stofreductie te bereiken, waardoor de luchtvochtigheid in de stal toeneemt en de strooiselkwaliteit afneemt. Tot nu toe is nog weinig onderzoek gedaan aan het testen van het aanbrengen van een oliefilm in stallen met strooisel, ondanks dat deze stallen in het algemeen de hoogste stofconcentraties en -emissies hebben (Takai *et al.*, 1998).

Tijdens een studiereis naar Denemarken (Ellen and Aarnink, 2006) is gebleken dat het vernevelen van een mengsel van olie en water problemen geeft met ontmenging en verstopt raken van de sproeinippels. Ontmenging werd voorkomen door toevoeging van emulgatoren. Het verstopt raken van sproeinippels bleek echter nog steeds een probleem. Door de hoge kosten van emulgatoren is besloten om in dit onderzoek te kiezen voor het vernevelen van zuivere koolzaadolie.

Aangezien een heel aantal pluimveebedrijven een overschrijding van de Europese luchtkwaliteitsnormen veroorzaken is in dit onderzoek bepaald of via het aanbrengen van een oliefilm op het strooisel bij vleeskuikens de fijnstofemissie kan worden gereduceerd. Naast het effect van de olie op de fijnstofemissie en -concentratie was de doelstelling van dit onderzoek te bepalen wat het effect is van het aanbrengen van een oliefilm op de productie en de gezondheid en welzijn van de dieren.

De belangrijkste vragen die in deze studie moesten worden beantwoord waren:

1. Hoeveel olie is nodig om een bepaalde stofreductie te verkrijgen?
2. Wat is het effect van de olie op de strooiselkwaliteit?
3. Wat is het effect van de olie op de emissie van ammoniak?
4. Wat zijn de gevolgen van het aanbrengen van een oliefilm voor de dieren (productie en gezondheid-/welzijnkenmerken, vooral voetzoolaandoeningen bij vleeskuikens)?
5. Is er mogelijk extra risico op brandgevaar als gevolg van het aanbrengen van een oliefilm via verneveling?
6. Wat is het effect op de benodigde tijd voor het schoonmaken van de stal?
7. Wat is de kosteneffectiviteit van dit systeem ten opzichte van combiwassers?

In eerste instantie zijn testen uitgevoerd om te bepalen welke sproeinozzles en welke vloeistof- en luchtdrukken gebruikt moesten worden voor een goede verspreiding van de olie in de stal. Na installatie van het oliefilmsysteem zijn de effecten van het aanbrengen van een oliefilm onderzocht gedurende 3 ronden in 4 of 5 afdelingen met vleeskuikens op Het Spelderholt in Lelystad.

Voor definities van begrippen gebruikt in dit rapport zie bijlage 1.

## 2 Materiaal en methode

### 2.1 Materiaal

#### 2.1.1 Oliefilmsysteem

In de voorbereidende fase was een belangrijke vraag hoe het olie/water vernevelsysteem technisch uitgevoerd moest worden. De vraag hierbij was of met een emulsie van olie/water moest worden verneveld of met pure olie. Het voordeel van het laatste was dat geen emulgatoren nodig zijn om de olie met het water te vermengen, wat de toepassing beduidend goedkoper maakt. Het nadeel was dat olie te visceus is om alleen met vloeistofdruk te vernevelen. De kostenoverweging was het belangrijkste argument om pure koolzaadolie te vernevelen. Om de olie te vernevelen moest deze met behulp van compressielucht in de lucht worden gebracht. Bij het ontwerp van het oliesysteem was het verder van belang om met zo min mogelijk nozzles een groot staloppervlak te bereiken, zonder dat de vernevelde druppels te klein zouden worden, zodat ze ingeademd zouden kunnen worden. Gedurende het gehele onderzoek is als olie koolzaadolie gebruikt. De koolzaadolie was koud geperst en geraffineerd en geschikt als biobrandstof voor automotoren.

#### *Uitgeteste nozzles*

Twee nozzels waren qua sproeibeeld het meest geschikt: de ketsplaat nozzle (type SU240E, Spraying Systems, Ridderkerk) en de kegelvormige nozzle (type SU26B-SSBR, Spraying Systems, Ridderkerk). Andere geteste nozzles gaven qua vorm, worplengte en druppeluitval of nevelsproeibeeld geen goed beeld. Bij het testen is gekeken naar sproei breedte, -hoogte, worplengte, druppelgrootte (veel of weinig nevel) en uitval van druppels olie direct na de uitstroom.

De ketsplaat nozzle bracht de koolzaadolie in een mooi horizontaal vlak, echter bij lage druk van 2 bar olie en 2 bar luchtdruk was er met deze nozzle te veel uitval van grove druppels in de eerste 1 à 1,5 meter. Bij een werkdruk van 2,5 bar was de grove druppeluitval veel minder tot nihil maar voor het oog ontstond er een fijne koolzaadolienevel. Deze nevel is minder gewenst vanwege de fijne druppels die gevormd worden. De kegelvormige nozzle gaf een goed sproei beeld bij verschillende drukken. Voordeel van de kegelvormige nozzle is een gelijkmatige vloeistofverdeling met een lange worp. Nadeel van een kegelvormig sproei beeld is dat het hoogte vraagt voor een voldoende groot verspreidingsoppervlak.

Uit deze testen is geconcludeerd dat de kegelvormige nozzle vooralsnog de beste keuze was, omdat met een gering aantal nozzles de gehele stal bestreken kon worden, waardoor de kosten beperkt bleven. Punt van aandacht is wel dat bij een druk van 3,5 bar vloeistof- en luchtdruk er redelijk veel nevel ontstaat, waardoor misschien teveel druppels kleiner zijn dan 10 µm.

Mede op basis van de resultaten van de testmetingen is een oliefilmsysteem geïnstalleerd in vier afdelingen van vleeskuikenstal P1 van Het Spelderholt. De koolzaadolie werd verneveld door acht nozzles per afdeling. Deze nozzles waren gemonteerd op twee parallelle olieleidingen die in het midden over de breedte van de afdeling waren bevestigd op een hoogte van 2,5 m (figuur 1). Op beide olieleidingen waren vier nozzles gemonteerd die ieder een helft van de afdeling bestreken; een oppervlakte van circa 8 x 8 m<sup>2</sup>. Olie werd verneveld door gelijktijdige injectie van olie en lucht in de nozzle onder hoge druk (3,5 bar oliedruk en 3,5 bar luchtdruk).

- Gebruikte nozzles: kegelvormige nozzle (type SU26B-SSBR, Spraying Systems, Ridderkerk).
- Kompressor (Werkdruk 10 bar, 200 liter inhoud, CV 40 / kW 3.0, 400 Volt / 50 Hz) met persluchtdroger (Model DE 101, 230 Volt, 0.36 kW, Max. 16 bar, min. 5 °C max. 43 °C) (Airpress, euro series, V.R.B. Friesland b.v., Leeuwarden) (figuur 2).
- Weegschaal voor het wegen van de dagelijks gebruikte hoeveelheid olie (Sartoris, type FB 64EDE571205413; maximum capaciteit 64 kg, uitlezing: 1 g; plateau: 0,4 x 0,3 m).
- Leidingen: PVC Kiwa Buis diameter 32 mm als leidingwerk voor olie en lucht, inclusief kunststofkranen. Koper leidingwerk voor perslucht op olie drukvat. Kiwa DN 15 koperkranen voor regeling aan – en afvoer perslucht op olievat.
- Kleppen voor olie en lucht: Danfoss BE 024AS, 24 Volt, 50 Hz, 10 Watt kleppen. Binnenwerk kleppen is voor olie en lucht verschillend. Kleppen werden gebruikt voor gelijktijdige werking en aansturing van olie en lucht per afdeling.
- Drukregelaar: ½ midireg 15S voor olie en luchtdrukregeling.

- Drukvat olie: 24 liter, Model N24, Precharge 15 bar, MAP 8 bar, gemaakt van Mondeo IDROBAR M24 RVS (figuur 2).
- Sturing vernevelinstallatie: regelkast: Moeller easy 821-DC-TC; software: Fancom F centraal.
- Olie- en luchtdruk: in stilstand 4,1 bar; tijdens vernevelen 3,5 bar.

**Figuur 1** Leidingsysteem met nozzles om de oliefilm aan te brengen



**Figuur 2** Compressor met luchtdroger (links) en het oliedrukvat (rechts)



**Figuur 3** Het voer- en drinkstelsel

### 2.1.2 Accommodatie

Het onderzoek werd in de eerste ronde uitgevoerd in vier afdelingen en in de tweede en derde ronden in vijf afdelingen van de mechanisch geventileerde donkerstal P1 van het Praktijkcentrum Het Spelderholt te Lelystad. Alle afdelingen waren identiek aan elkaar. Elke afdeling bestond uit een ruimte van 8,3 m breed en 16,0 m lang (133,6 m<sup>2</sup>). Iedere afdeling was voorzien van vier voerlijnen met zeven voerpannen (Minimax ,Roxell, Maldegem, België) en acht drinklijnen met in totaal 180 nippels met opvangschoteltjes (Ziggity, Middlebury, USA) (zie figuur 2). De afdelingen werden verwarmd via een centraal verwarmingssysteem met radiatoren op de zijgevel, onder de kleppen voor de inkomende lucht. In iedere afdeling hingen drie ventilatoren (Ø 60 cm, maximum capaciteit 7000 m<sup>3</sup>/uur; Fancor, Panningen) waarvan één ventilator continu draaide en de andere twee bijgeschakeld konden worden. De luchtinlaat werd per afdeling geregeld door 12 inlaatkantelkleppen (Tulderhof, Poppel, België), zes aan weerszijden van de stal. Voor de verlichting werd gebruik gemaakt van hoogfrequente TL lampen.

### 2.1.3 Diermateriaal

Het onderzoek werd uitgevoerd met in totaal 37.450 Ross 308 vleeskuikens; één ronde van 10.700 kuikens voor vier afdelingen en twee ronden van 13.375 kuikens voor vijf afdelingen. De eendagskuikens werden geleverd door Cobroed en Sloot te Groenlo. De kuikens werden gemengd opgezet. Per afdeling werden 2.675 kuikens opgezet en de bezetting was 20 kuikens/m<sup>2</sup>. Dit was lager dan in de praktijk, omdat in de praktijk vaak wordt uitgeladen. Dit betekent dat een deel van de kuikens eerder wordt afgeleverd. Het uitladen was echter om proeftechnische redenen niet realiseerbaar; om deze reden is gekozen voor eenzelfde eindbezetting (in kg/m<sup>2</sup>) als in de praktijk. De kuikens werden afgeleverd op een leeftijd van 35 dagen (streefgewicht: 1900-2000 gram).

### 2.1.4 Speciale voorzieningen

In de afdelingen was een nevelsysteem aanwezig dat kon worden gebruikt om hittestress te voorkomen door boven een bepaalde staltemperatuur water te vernevelen in de inkomende lucht. Het verdampen van het water onttrekt warmte aan de stallucht waardoor de staltemperatuur wordt verlaagd.

Dit vernevelsysteem was niet geschikt voor het aanbrengen van olie, aangezien het oliefilmsysteem speciale nozzles vereist waarin de olie met behulp van luchtdruk wordt verneveld. Daarom is voor het vernevelen van de olie een apart systeem aangelegd.

## 2.2 Methoden

### 2.2.1 Proefbehandelingen

Het effect van het oliefilmsysteem op de verschillende gemeten parameters werd gedurende drie ronden onderzocht in een zogenaamde dosis – respons proefopzet. In de eerste ronde werd het onderzoek uitgevoerd in vier afdelingen en in de tweede en de derde ronde in vijf afdelingen. De behandelingen met het oliefilmsysteem werden aselekt toegewezen aan de afdelingen 5 t/m 8 waarin het oliefilmsysteem was geïnstalleerd. De controlebehandeling werd in de eerste ronde tevens aselekt toegewezen aan één van de afdelingen 5 t/m 6. In de tweede en derde ronde werd de controlebehandeling toegewezen aan afdeling 1 of 4. In testen vooraf werd vastgesteld dat bij een olievernleving van 60 sec. circa 30 ml olie werd verneveld per m<sup>2</sup> staloppervlak. In tabel 1 worden de ingestelde verneveltijden per dag voor de verschillende afdelingen aangegeven. Het werkelijke oliegebruik werd één maal per week per afdeling bepaald.

**Tabel 1** Verneveltijden van de olie in de verschillende afdelingen in stal P1 van Het Spelderholt (in sec/dag). De niet ingevulde afdelingen werden niet gebruikt in dit onderzoek

Proefronde	Opzet – afleveren kuikens	Afdelingen in stal P1							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	19-04-2007 – 24-05-2007					60	40	20	0
2	07-06-2007 – 12-07-2007	0				60	15	45	30
3	15-11-2007 – 20-12-2007				0	20	60	40	40 <sup>a)</sup>

<sup>a)</sup> Start met aanbrenge van olie op 3 weken leeftijd van de dieren

De olie werd afdeling na afdeling aangebracht en de vernevelling startte om 08:00 uur. In de eerste ronde werd op dag 12 begonnen met het aanbrenge van de olie. In de tweede ronde is voordat de kuikens werden opgezet een dubbele dagelijkse hoeveelheid aangebracht, waarna op dag 5 na het opzetten van de kuikens begonnen is met het dagelijks aanbrenge van de oliefilm. Gezien de gesignaleerde effecten op de prestaties en de uitwendige kwaliteit van de kuikens is besloten in de derde ronde vooraf geen olie te aan te brengen en pas op dag 12, conform de eerste ronde, te beginnen met het aanbrenge van de olie. In de derde ronde is bij één behandeling (afd. 8) pas op een leeftijd van 21 dagen begonnen worden met het aanbrenge van een oliefilm. Uit de eerste twee ronden was gebleken dat in de laatste twee weken van de ronde de grootste hoeveelheid stof emitteerde. Op deze manier zou minder olie nodig zijn, waardoor eventuele negatieve effecten op de productie en voetzolen misschien konden worden verminderd, bij een slechts geringe vermindering van de fijnstofreductie.

### 2.2.2 Voer en water

Voer en water werden gedurende de gehele proefperiode onbeperkt aangeboden. Er werd een 3-fasenvoeding toegepast (Super reeks). Het voer werd geproduceerd en geleverd door ForFarmers te Lochem. De eerste 10 dagen kregen de kuikens kruimelvoer, daarna pellets.

### 2.2.3 Strooisel

Het strooisel werd één dag voor plaatsing van de kuikens ingestrooid. Als strooisel werden witte houtkrullen gebruikt (1 kg/m<sup>2</sup>).

### 2.2.4 Verlichting

De vleeskuikens kregen de eerste 2 dagen continu licht (24L:0D). Daarna werd in alle afdelingen een intermitterend lichtschema gehanteerd van 8 uur licht en 4 uur donker (2x(8L:4D)); (07:45 – 15:45 (licht); 15:45 – 19:45 (donker); 19:45 – 03:45 (licht); 03:45 – 07:45 (donker)). De lichtsterkte was in alle afdelingen gelijk.

### 2.2.5 Klimaat

Alle afdelingen werden drie dagen voor plaatsing van de kuikens opgewarmd tot 33 °C. De temperatuur bij opzet was 33 °C, waarna deze geleidelijk werd verlaagd naar 19 °C (tabel 2).

**Tabel 2** Instelling temperatuurverloop gedurende de vleeskuikensronde

Knikpunt	Leeftijd (dagen)	Streef temperatuur (°C)
1	1	33
2	7	28
3	14	25
4	21	22
5	35	20
6	42	19

De minimum ventilatie was ingesteld op 1 m<sup>3</sup> per kg levend gewicht per uur. De maximum ventilatie in de afdeling was 21.000 m<sup>3</sup> per uur, ofwel 7,85 m<sup>3</sup> per dier per uur. Er hingen drie ventilatoren in elke afdeling. Bij minimum ventilatie draaide slechts één ventilator; wanneer deze meer dan het maximum moest draaien, vielen de andere ventilatoren bij. Op dat moment gingen alle ventilatoren op hetzelfde niveau draaien.

### 2.2.6 Entingen

De kuikens werden gevaccineerd volgens het 'Spelderholt vaccinatieschema, d.d. 1-6-'04' (tabel 3). Op dag 1 werd een vaccinatie uitgevoerd met Poulvac IB primer tegen IB. Afhankelijk van de Gumboro-titer werd op of rond dag 21 een Gumboro-vaccinatie uitgevoerd via het drinkwater met D78 afhankelijk van de gemiddelde titer van de eendagskuikens. Op dag 14 werd eveneens een NCD vaccinatie met Clone 30 uitgevoerd (spray).

**Tabel 3** Vaccinatieschema ('Spelderholt schema vanaf 01-06-2004')

Leeftijd	Ziekte	Entstof	Toediening
1 <sup>e</sup> dag	I.B.	Poulvac IB primer D274/H120 (1 dosis) Of : Nobilis IB MA5 (1 dosis)	In de broederij
14 dagen	N.D.	Clone 30 <sup>1</sup> (1 dosis)	Spray
21 dagen	Gumboro	D78 (1 dosis)	Drinkwater (20liter/1000doses)

<sup>1</sup> Eventueel alternatief voor de Clone 30 kan Avinew van Merial zijn

### 2.2.7 Metingen en waarnemingen

Tijdens elke ronde werden de volgende metingen in elke afdeling uitgevoerd:

#### Stofmetingen

De stofmetingen van deeltjes kleiner dan 10 µm (PM10) en van deeltjes kleiner dan 2,5 µm (PM2.5) zijn gedaan op de volgende leeftijden van de dieren in de verschillende ronden:

- Ronde 1: dag 20 en 33
- Ronde 2: dag 8, 22, 26 en 33
- Ronde 3: dag 1, 8, 15, 22, 29 en dag 32

Stofconcentraties werden bij de ventilator gemeten die continue draaide (middelste ventilator) op circa 0,5 m afstand vanaf de instroomring van de ventilatorkoker in het horizontale vlak en op 0,10 m onder de instroomring in het verticale vlak. Stof werd gedurende 22 uur verzameld van 09:30 tot 07:30 uur. Het stof werd niet verzameld rondom het aanbrengen van olie om te voorkomen dat de stofmeetapparatuur vervuild zou raken door de olie. De olie werd om 08:00 verneveld. Het stof werd verzameld op een filter, nadat de grotere deeltjes waren afgescheiden met behulp van een PM10 of PM2,5 cycloon (URG corp., VS). Het stof werd verzameld op 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 pompen van het type Charlie HV (roterend 6 m<sup>3</sup>/h; Ravebo Supply b.v., Brielle) monsternamepomp. Deze 'constant flow' pompen 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. Hierdoor werd een stabiele luchtstroom verkregen binnen 2% van de nominale waarde. De pompen werden geprogrammeerd op een flow van 1.0 m<sup>3</sup>/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).

**Figuur 4** Monsterapparatuur voor PM10 en PM2,5. De linkerfoto laat de inlaat, de PM10 en PM2.5 cyclonen en de filterhouder zien (van links naar rechts). De rechterfoto laat de constructie van de inlaat zien.



In de tweede ronde zijn de pompen een paar keer fout ingesteld, namelijk op een luchtstroom van 2,3 m<sup>3</sup>/uur in plaats van 1,0 m<sup>3</sup>/uur. Daarom is in de derde ronde in afdeling 4 en 7 tevens een PM10 en PM2.5 meting gedaan met een luchtstroom van 2,3 m<sup>3</sup>/uur op dezelfde dagen als de reguliere metingen. Dit om een correctiefactor vast te stellen voor omrekening van een luchtstroom van 2,3 naar 1,0 m<sup>3</sup>/uur. De berekende correctiefactor was 3.01. Voor een uitvoerige beschrijving van het stofmeetprotocol, de achtergronden en de stofmeetapparatuur wordt verwezen naar Hofschreuder e.a. (2008). In voornoemd rapport staan tevens correctielijnen vermeld voor omrekening van de concentraties gevonden met cycloon monsternamekoppen naar impactor monsternamekoppen. De impactor monsternamekoppen voor PM10 en PM2.5 zijn de standaard referentie monsternamekoppen voor de buitenlucht (NEN-EN 12341, 1998; NEN-EN 14907, 2005). De volgende correcties zijn uitgevoerd:

PM10: < 222,6 µg/m<sup>3</sup>:  $Y = 1,0877 X$   
 > 222,6 µg/m<sup>3</sup>:  $Y = 0,8304 X + 57,492$   
 PM2.5: geen correctie

Op enkele dagen werden tevens continu metingen van PM10 in de uitgaande stallucht gedaan met de Dusttrak (1 apparaat per afdeling; TSI, VS). Deze metingen waren bedoeld om het verloop van de stofconcentratie gedurende de dag te bepalen.

Tweemaal per ronde in de tweede (dag 26 en 34) en derde (dag 17 en 31) ronde werd de persoonlijke belasting van de medewerker aan PM10 stof gemeten. Hiertoe werd een DustTrak opgehangen aan de schouder van een stalmedewerker (aanzuighoogte ca. 1,50 m; figuur 5). De stalmedewerker liep gedurende circa 8 minuten door elke afdeling voor controle van de dieren. Elke minuut werd de stofconcentratie geregistreerd. Het gemiddelde hiervan werd gebruikt in de analyse.

**Figuur 5** Meten van de persoonlijke stofbelasting met behulp van de DustTrak

Tweemaal tijdens de derde ronde, op dag 17 en 33 zijn de PM10 en PM2.5 stofconcentraties bepaald gedurende 15 minuten voor tot 45 minuten na het vernevelen van de olie in vier afdelingen (verneveltijden 0, 20, 40 en 60 ml olie per m<sup>2</sup>). PM10 en PM2,5 concentraties werden gemeten op circa 3 m afstand van de nozzles op circa 1 m hoogte vanaf de vloer.

#### *Ammoniakmetingen*

Ammoniakconcentraties werden continu gemeten in de uitgaande stallucht met de NOx-monitor (model ML8840, Monitor Labs, Englewood, VS). De lucht werd bemonsterd in de koker met de ventilator die continu draaide. De lucht werd aangezogen via verwarmde teflonleidingen naar een zogenaamde convertor die de ammoniak (NH<sub>3</sub>) bij 775 °C omzette naar stikstofoxide (NO). Deze lucht werd vervolgens via verwarmde teflonleidingen naar de monitor geleid waar de concentratie werd bepaald volgens het principe van chemiluminescentie. Op dezelfde wijze werd één achtergrondconcentratie gemeten van de inkomende lucht.

#### *Debietmetingen*

Het debiet van de uitgaande stallucht werd bepaald via de uitgelezen pulsen van de meetventilatoren in de ventilatorkokers. In elke afdeling werd het debiet van alle drie ventilatoren gemeten. De meetventilatoren werden geijkt door een in de windtunnel geijkte meetventilator onder de ventilatiekokers te hangen en van de pulsen gemeten met beide ventilatoren bij verschillende instellingen een regressielijn te maken.

#### *RV en staltemperatuur*

De relatieve luchtvochtigheid en de temperatuur van de ingaande en uitgaande stallucht werden continu gemeten met behulp van gecombineerde sensoren (Rotronic; ROTRONIC Instrument Corp., VS) en data werden opgeslagen in het datalogstelsel.

Tijdens elke ronde werden de volgende waarnemingen in elke afdeling verricht:

#### *Productie*

De kuikens werden bij aankomst en bij aflevering gewogen ter vaststelling van respectievelijk het begin- en eindgewicht. De wegingen bij aankomst en aflevering waren groepswegingen waarbij alle kuikens werden gewogen. Daarnaast werd op dag 21 en 1 dag voor het afleveren (dag 34) het gewicht bepaald door een steekproefweging van circa 100 kuikens per afdeling. Het gewichtsverloop van de kuikens werd tevens vastgelegd via een automatisch dierweegstelsel in de afdelingen. Het voerverbruik werd op dag 21 en bij afleveren exact bepaald. Bij het uitrekenen van de voerconversie werd gecorrigeerd voor de voeropname van de uitgevallen dieren. De uitval en het gewicht van de uitval werd dagelijks genoteerd.

Het productiegetal is een maatstaf voor de technische resultaten van het bedrijf. Voor de berekening van het productiegetal is gebruikt gemaakt van de volgende technische parameters:

- Dagelijkse groei, uitgedrukt als het resultaat van de deling van het gemiddelde gewicht per afgeleverd kuiken door de productieduur
- Voerconversie
- Uitval

De formule voor het productiegetal is zo opgesteld dat (financieel) gunstige resultaten van deze parameters (groei, voerconversie en uitval) de waarde van het productiegetal doen stijgen. Dat wil zeggen een hogere daggroei en/of een lagere voerconversie en/of een lagere uitval resulteren in een hoger productiegetal. Het productiegetal is als volgt berekend:

$$\text{Productiegetal} = ((100 - \text{uitvalspercentage}) \times \text{daggroei in grammen}) / (\text{voerconversie} \times 10)$$

#### *Beoordeling uitwendige kuikenkwaliteit*

Vlak voor het afleveren van de kuikens werd de kuikenkwaliteit vastgesteld. Hierbij werd een steekproef van 100 dieren (50 hanen en 50 hennen) per afdeling visueel beoordeeld op het voorkomen en de ernst van borstbevuilding, borstirritatie, dijkkrassen, brandhakken en voetzoolaandoeningen. De beoordeling van borstbevuilding, borstirritatie, dijkkrassen en brandhakken werd gedaan volgens het protocol beschreven door Van Harn (2008; concept). De beoordeling van voetzoolaandoeningen is gedaan volgens het protocol van Berg (1998). Op basis van de beoordeling van de voetzoolaandoeningen werd de welzijnsscore als volgt berekend:  $((n \text{ dieren met score } 0 \times 0) + (n \text{ dieren met score } 1 \times 0,5) + (n \text{ dieren met score } 2 \times 2)) / \text{totaal aantal dieren} \times 100$ .

#### *Vaststellen drogestofgehalte strooisel en (oppervlakte)temperatuur van het strooisel (alleen derde<sup>e</sup> ronde)*

Op drie tijdstippen (dag 14, 28 en 35) werd een monster genomen ter bepaling van het drogestofgehalte van het strooisel, conform het protocol 'Visuele beoordeling en bemonstering van pluimveemest/strooisel' (bijlage 2).

#### *Visuele beoordeling van de strooiselkwaliteit*

De strooiselkwaliteit werd driemaal per ronde (op dag 14, 28 en 35) visueel beoordeeld volgens het protocol 'Visuele beoordeling en bemonstering van pluimveemest/strooisel' (bijlage 2).

#### *Olieverbruik*

Dagelijks werd het voorraadvat voor de olie bijgevoerd. De totale hoeveelheid aangebrachte olie werd genoteerd. Het olieverbruik per afdeling werd minimaal eenmaal per week gemeten. Dit werd gedaan door het voorraadvat van de olie voor en na verneveling in elke afdeling te wegen.

#### *Overige waarnemingen*

Ervaringsfeiten van het systeem: technisch functioneren en schoonmaken van de stal.

### *2.2.8 Analyse gegevens*

Fijnstof- en ammoniakemissies zijn berekend door het concentratieverschil tussen uitgaande en ingaande stallucht te vermenigvuldigen met het ventilatiedebiet. Lineaire dosis (hoeveelheid olie per m<sup>2</sup> per dag) – respons relaties zijn vastgesteld voor de volgende te meten variabelen: PM10 en PM2,5 emissies, persoonlijke belasting van PM10 stof, ammoniakemissie, groei kuikens, voeropname kuikens, voederconversie kuikens, uitval kuikens, strooiselkwaliteit, borstbevuilding, borstirritatie, dijkkrassen, brandhakken, voetzoolaandoeningen en drogestofgehalte van het strooisel. De lineaire verbanden zijn statistisch getoetst op significantie met behulp van regressieanalyse met GENSTAT (Genstat Committee, 2003). Voor PM10 en PM2,5 zijn lineaire regressies

uitgevoerd op stofreducties ten opzichte van de controlebehandeling zonder olie in dezelfde ronde. Voor de overige parameters zijn regressies uitgevoerd op de gemeten waarden, gecorrigeerd voor het gemiddelde niveau per ronde.

### 2.3 Test brandgevaar

Om een beter inzicht te krijgen in de brandgevaaren van koolzaadolie in de buurt van een warmtebron is een proef opgezet waarin olie op een vergelijkbare manier werd verneveld zoals in het onderzoek op Het Spelderholt. Tevens is onderzocht of het strooisel met olie brandgevaarlijker was dan strooisel zonder olie. Hierbij is strooisel uit de afdeling waar olie dagelijks 60 sec. werd verneveld vergeleken met strooisel uit de afdeling waar geen olie was gebruikt. Het strooisel werd aan het eind van de derde ronde bemonsterd.

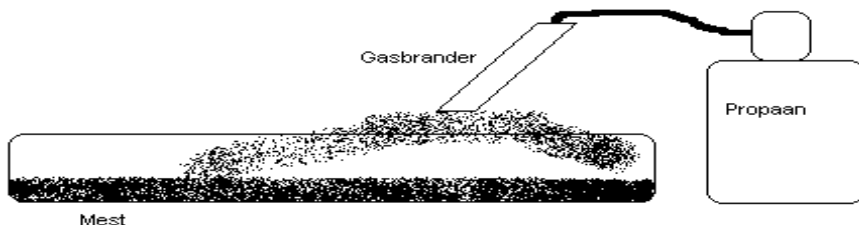
De proef is uitgevoerd in een zeecontainer van het brandweertrainingscentrum in Arnhem. Deze container had afmetingen van circa 12 x 2,2 x 2,2 m (l x b x h). Een nozzle, van hetzelfde type als werd gebruikt in het onderzoek op Het Spelderholt, werd ophangen bij de ingang van de container (figuur 6). De nozzle werd bediend met een drukvat en werd ingesteld op een olie- en luchtdruk van 3,5 bar. Dit is dezelfde druk als werd toegepast in het onderzoek op Het Spelderholt. In de container werd een vuurkorf opgesteld. Het hout in deze korf werd voor het vernevelen van de olie in brand gestoken. Daarnaast werd een gasbrander in de olienevel gehouden en werd het effect op de brandbaarheid van de vernevelde olie bekeken.

**Figuur 6** Container waarin de brandproef werd gedaan met de locatie van de nozzle en van het warmtekanon. Het gestippelde oppervlak geeft een indicatie van de olienevel. De olienevel vulde de gehele container. De heater is in dit onderzoek vervangen door een vuurkorf en een gasbrander.



Om de mest te verbranden werd 0,5 kg van de mest van de afdeling zonder olie en van de mest van de afdeling met 60 sec verneveling per dag apart in een bakje gedaan. Om de mest te verbranden werd een gasbrander gebruikt (figuur 7).

**Figuur 7** Bakje met daarin mest uit de stal. De mest werd verbrand met behulp van een gasbrander (het lichtgestippelde gedeelte indiceert de vlam uit de gasbrander, het donker gestippelde gedeelte onderin de bak indiceert de mest).



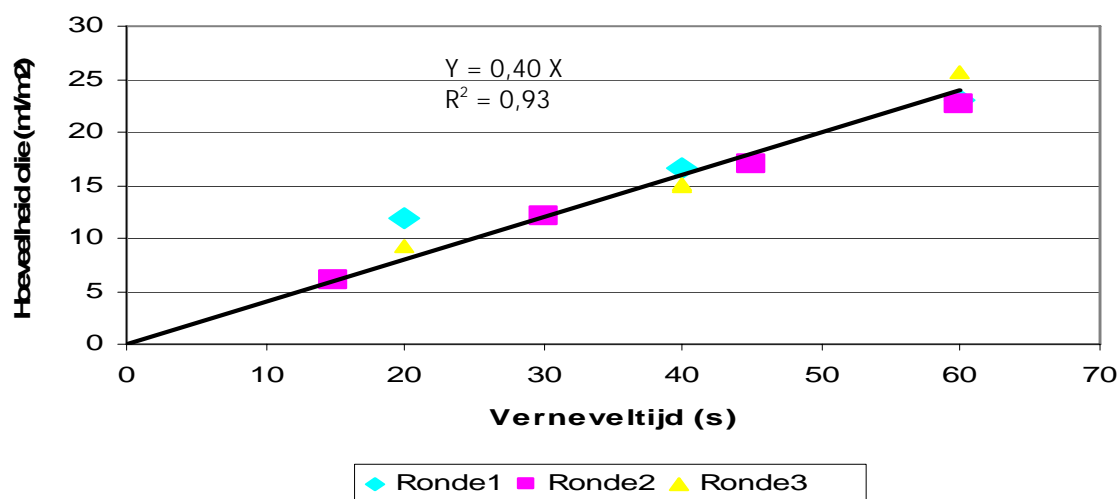
### 3 Resultaten

#### 3.1 Oliefilmsysteem

Het oliefilmsysteem heeft gedurende het gehele onderzoek vrijwel probleemloos gedraaid. Het enige probleem was dat uit sommige nozzles olie bleef nadruppelen. In dit onderzoek is dit ondervangen door emmers onder de nozzles te hangen. Tussen de tweede en derde ronde zat een periode van circa. 4 maanden waarin het systeem niet gebruikt is. Het vernevelsysteem kon echter zonder problemen weer opgestart worden. In dit onderzoek hebben we geen problemen gehad met verstopte nozzles.

Uit de analyse van het olieverbruik blijkt dat het oliefilmsysteem minder olie vernevelde dan was verwacht uit testmetingen voor de start van de ronden. Tijdens de testmetingen werd in één minuut gemiddeld 30 ml olie per m<sup>2</sup> per dag verneveld. In figuur 8 wordt het werkelijke olieverbruik per afdeling en ronde weergegeven. Uit deze figuur blijkt een rechtevenredig verband te bestaan tussen verneveltijd en de hoeveelheid olie per m<sup>2</sup> staloppervlak per dag. Uit deze figuur blijkt dat gedurende 1 minuut geen 30 ml, maar 24 ml olie per m<sup>2</sup> staloppervlak werd aangebracht. Op basis van de regressielijn zijn in tabel 4 de toegediende hoeveelheden olie per m<sup>2</sup> staloppervlak per dag in de verschillende afdelingen en ronden berekend.

**Figuur 8** Gemeten olieverbruik in de verschillende ronden bij verschillende verneveltijden



**Tabel 4** Toegediende hoeveelheden olie in ml per m<sup>2</sup> staloppervlak per dag, berekend op basis van de regressielijn van figuur 8

Proefronde	Afdelingen in stal P1							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1					24	16	8	0
2	0				24	6	18	12
3				0	8	24	16	16 <sup>a)</sup>

Visuele waarnemingen lieten zien dat de olie over het gehele staloppervlak werd verdeeld. Uit deze waarnemingen is echter ook gebleken dat de verdeling niet uniform was, op het strooisel onder de olieleidingen en in het strooisel aan de zijkanten van de stal (bij de luchtinlaatkleppen) kwam minder olie dan tussen deze twee gebieden.

#### 3.2 Effecten op stofconcentraties en -emissies in de stal

In figuren 9, 10 en 11 zijn de PM10 en de PM2,5 concentraties weergegeven voor respectievelijk de ronden 1, 2 en 3. Uit de grafieken blijkt dat de PM10 en PM2,5 concentraties sterk stegen in het loop van de ronde. Er blijkt een sterk effect te zijn van het aanbrengen van een oliefilm op de concentraties PM10 en PM2,5 in de stal. Hierbij is opvallend dat het effect van de stofreductie voor PM10 evenredig lijkt te verlopen met de hoeveelheid

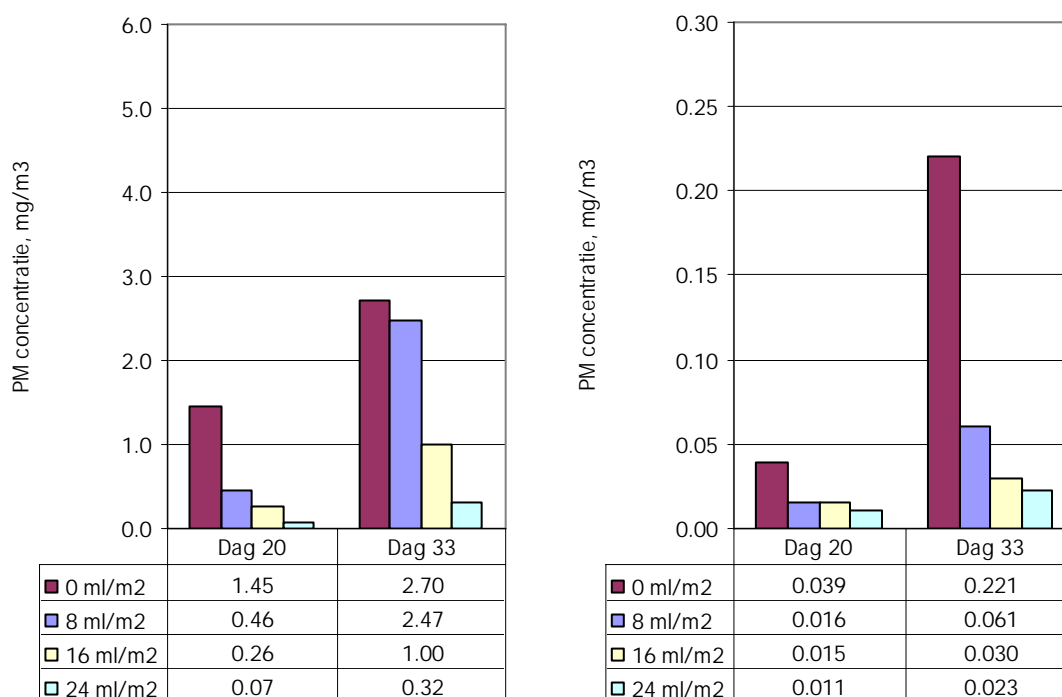
aangebrachte olie per m<sup>2</sup>, terwijl deze relatie er niet is voor PM<sub>2,5</sub>. Gemiddeld over de verschillende ronden bedroeg de PM<sub>2,5</sub> concentratie van de controleafdelingen circa 5% van de PM<sub>10</sub> concentratie.

Voor PM<sub>10</sub> en PM<sub>2,5</sub> emissies kan hetzelfde gezegd worden als voor de concentratie (figuren 12, 13 en 14). De PM emissies nemen tijdens de ronde echter nog veel sterker toe dan de concentraties. Dit wordt veroorzaakt door de sterke toename van het ventilatie-debiet tijdens de ronde. Het ventilatie-debiet was zeer vergelijkbaar tussen de verschillende afdelingen in dit onderzoek. Het verloop van de ventilatiehoeveelheden in de ronden 1, 2 en 3 worden voor de verschillende behandelingen weergegeven in bijlage 3. De gemiddelde temperaturen en RV's en het verloop gedurende de ronden in de verschillende afdelingen wordt weergegeven in bijlage 4.

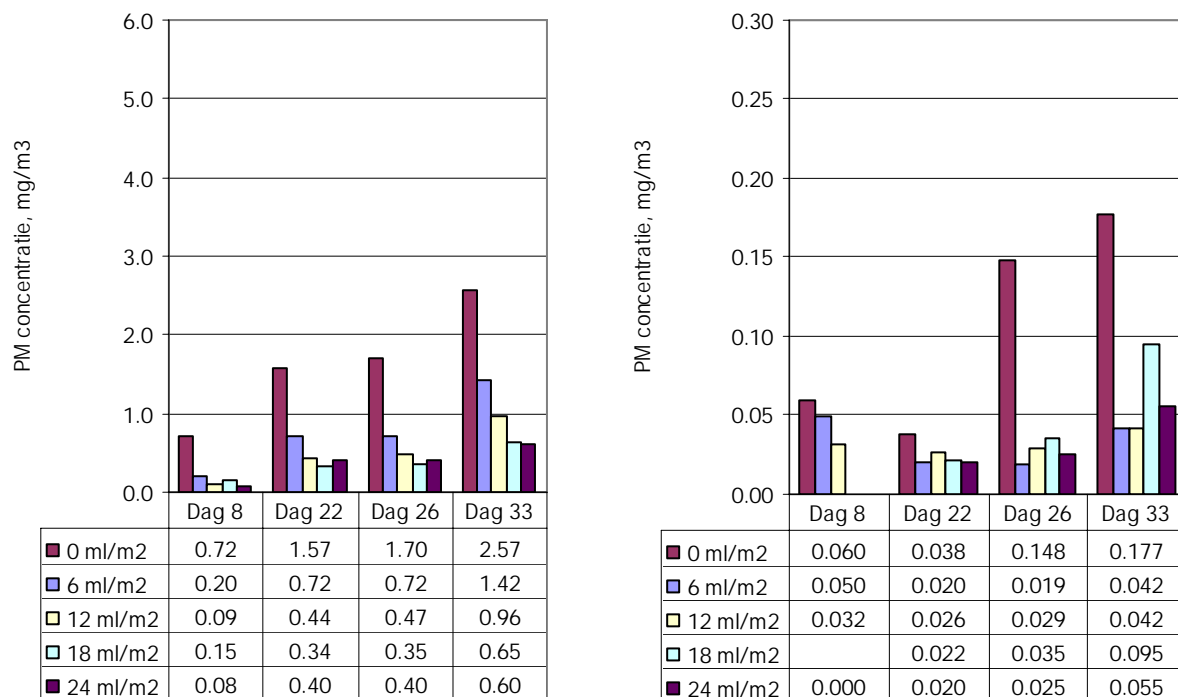
In figuur 15 wordt de gemiddelde stofemissiereductie voor PM<sub>10</sub> en PM<sub>2,5</sub> weergegeven in relatie tot de gebruikte hoeveelheid olie. De verschillende punten in deze grafieken geven de gemiddelde reductie per ronde weer voor de verschillende behandelingen (hoeveelheden olie per m<sup>2</sup>). Daarbij zijn alleen de metingen gebruikt tijdens de periode waarin een oliedebiet is aangebracht, dus vanaf dag 12 in ronde 1 en 3 en vanaf dag 4 in ronde 2. Deze grafieken laten nog eens duidelijk zien dat voor PM<sub>10</sub> de stofreductie toeneemt bij een toename van de hoeveelheid aangebrachte olie. De PM<sub>10</sub> emissie reduceerde van ca. 58 tot 85% bij een oliehoeveelheid van 8 tot 24 ml/m<sup>2</sup>. Voor PM<sub>2,5</sub> is deze relatie niet aanwezig en is de reductie onafhankelijk van de hoeveelheid gebruikte olie ca. 80%.

In figuren 16 en 17 wordt het verloop van de emissies van PM<sub>10</sub> en PM<sub>2,5</sub> tijdens de derde ronde weergegeven voor de controleafdeling (geen oliedebiet). Op basis van de meetpunten is een asymptotische logaritmische regressielijn berekend. Op basis van deze regressielijn is de cumulatieve PM emissie berekend als percentage van de totale emissie in deze ronde (ook berekend met de regressielijn). Uit de rechter grafieken van figuren 16 en 17 komt naar voren dat veruit het meeste stof in de laatste twee weken van de ronde emitterde. Voor PM<sub>10</sub> emitterde gedurende de eerste 3 weken van de derde proefronde slechts 12% van de totale emissie tijdens die ronde. Voor PM<sub>2,5</sub> was dit slechts 5%.

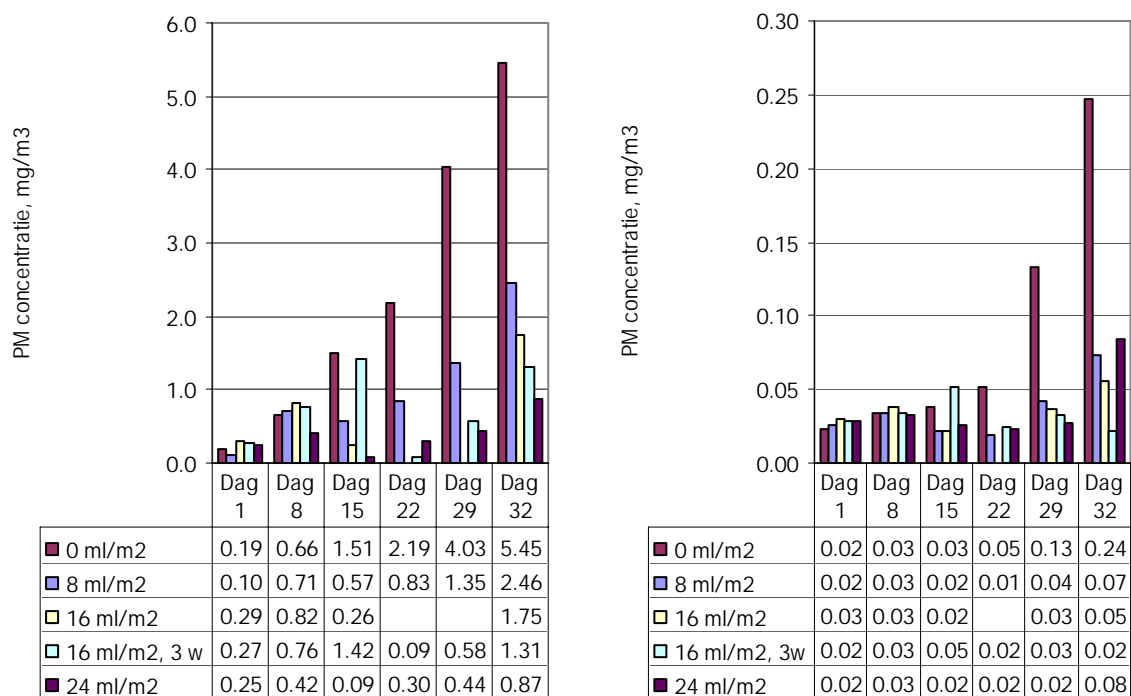
**Figuur 9** Resultaten PM<sub>10</sub> concentraties (links) en PM<sub>2,5</sub> concentraties (rechts) ronde 1



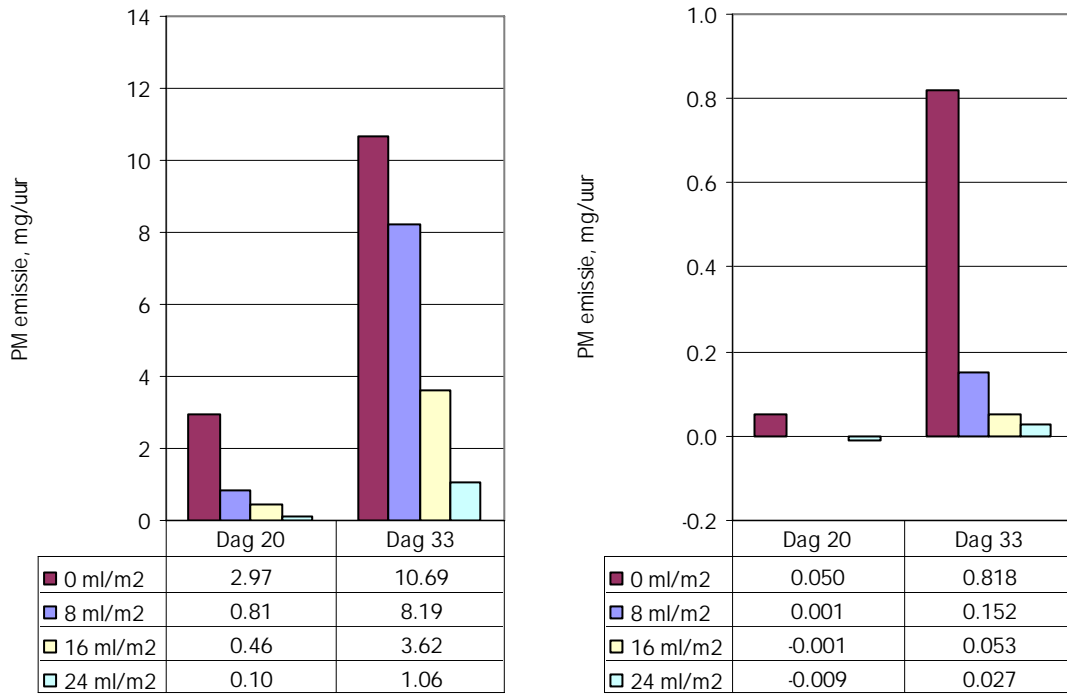
**Figuur 10** Resultaten PM10 concentraties (links) en PM2,5 concentraties (rechts) ronde 2



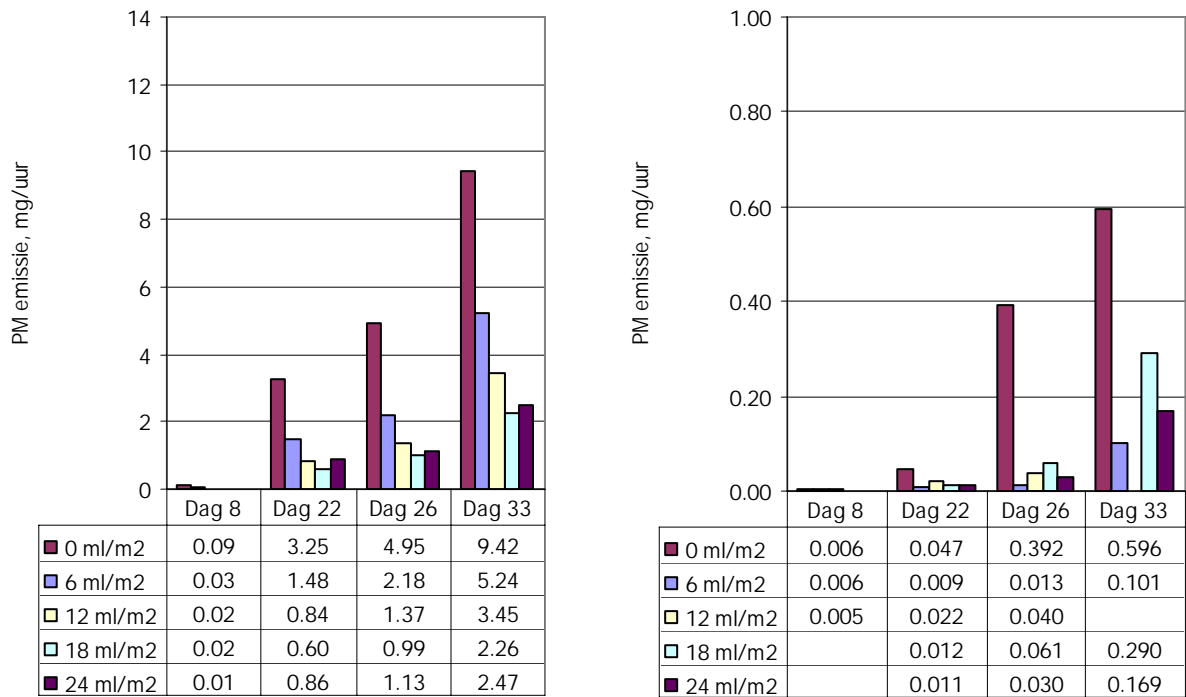
**Figuur 11** Resultaten PM10 concentraties (links) en PM2,5 concentraties (rechts) ronde 3. De open vakjes in de tabellen onder de figuren geven missende waarden aan.



**Figuur 12** Resultaten PM10 emissies (links) en PM2,5 emissies (rechts) in ronde 1

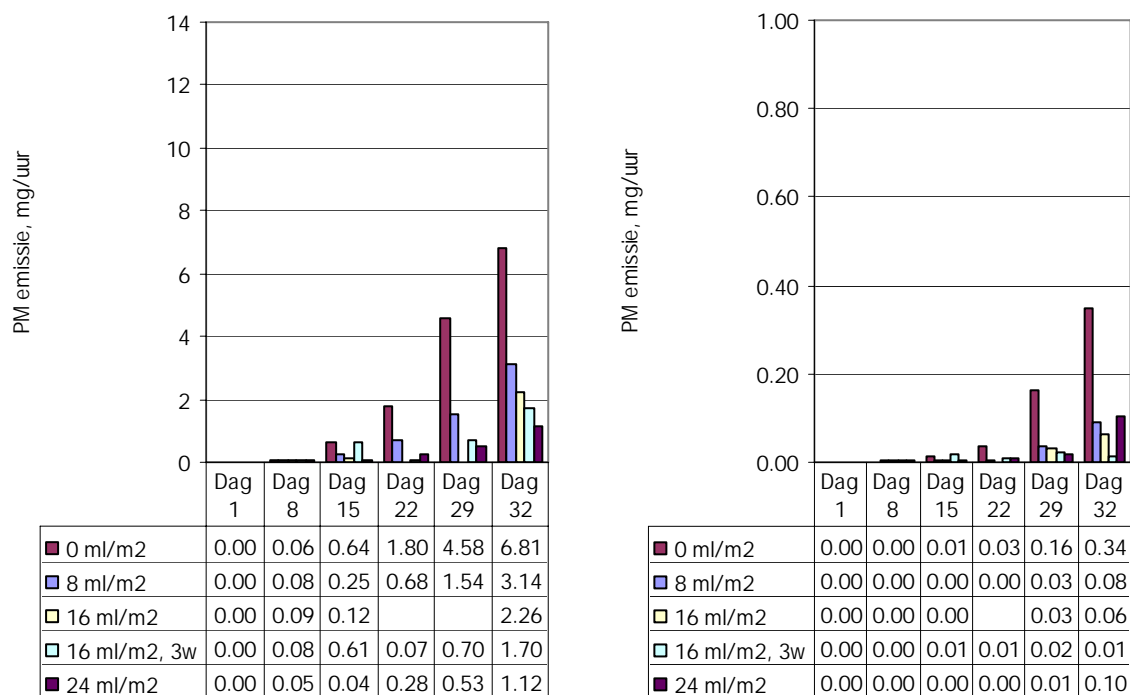


**Figuur 13** Resultaten PM10 emissies (links) en PM2,5 emissies (rechts) in ronde 2

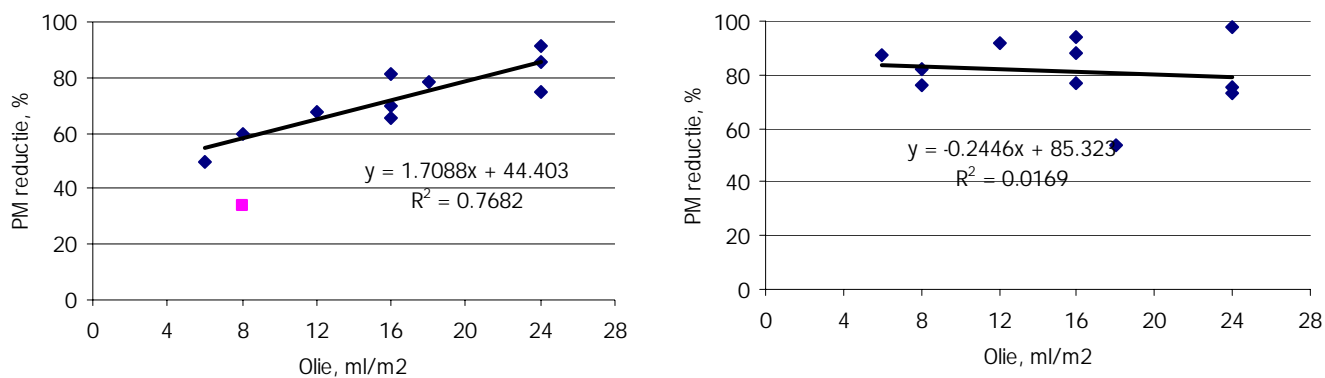




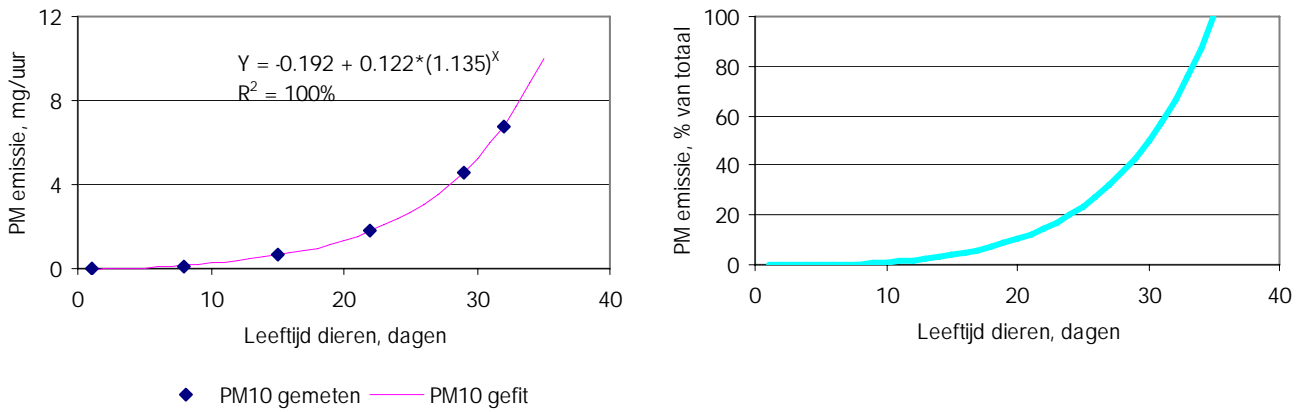
**Figuur 14** Resultaten PM10 emissies (links) en PM2,5 emissies (rechts) in ronde 3



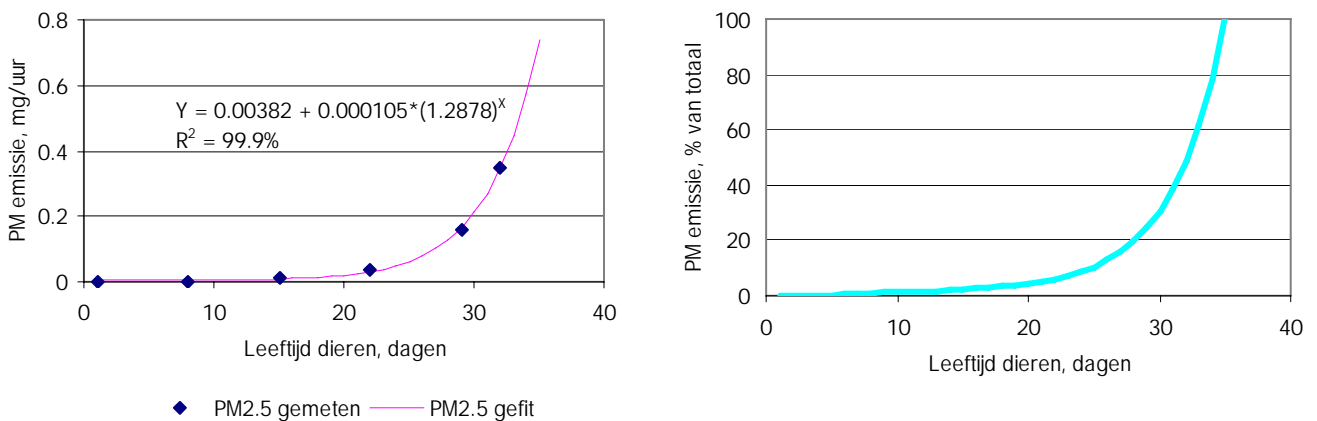
**Figuur 15** Effect van een oliefilm op de emissiereductie van PM10 (links) en van PM2.5 (rechts). Het vierkante punt in de linkergrafiek is een uitbijter en is niet meegenomen in de berekening van de regressielijn.



**Figuur 16** Verloop van de PM10 emissie tijdens de derde ronde voor de controlebehandeling (geen oliefilm). De linkergrafiek geeft de gemeten emissie weer in mg/uur per vleeskuiken en de gefitte regressielijn. Met behulp van deze regressielijn is de cumulatieve emissie in de rechterfiguur weergegeven als percentage van de totale PM10 emissie tijdens deze ronde.



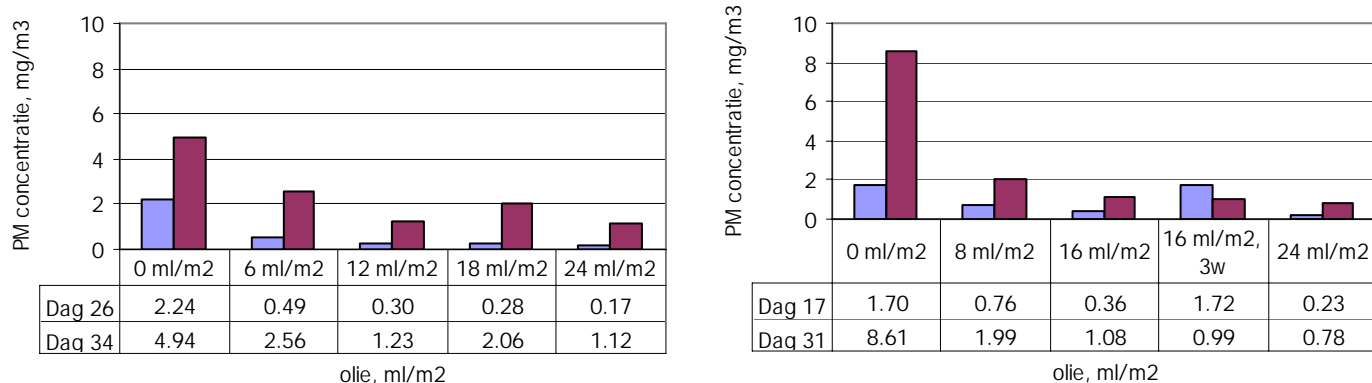
**Figuur 17** Verloop van de PM2.5 emissie tijdens de derde ronde voor de controlebehandeling (geen oliefilm). De linkergrafiek geeft de emissie weer in mg/uur per vleeskuiken en de gefitte regressielijn. Met behulp van deze regressielijn is de cumulatieve emissie in de rechterfiguur weergegeven als percentage van de totale PM2.5 emissie tijdens deze ronde.



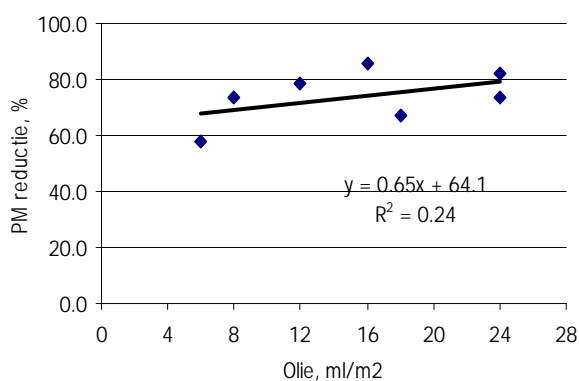
### 3.3 Effecten op de persoonlijke belasting

In figuur 18 wordt het effect van verschillende hoeveelheden olie per m<sup>2</sup> op de stofbelasting van de stalmedewerker weergegeven. In figuur 19 wordt het effect van de hoeveelheid olie in een regressielijn weergegeven. De resultaten zijn vergelijkbaar met de resultaten van de PM10 emissie. Stofreducties nemen toe met een toename van de hoeveelheid olie. Opvallend is wel dat met een beperkte hoeveelheid olie (6 – 8 ml/m<sup>2</sup>) al een stofreductie bereikt kan worden van bijna 70%. Bij 24 ml olie per m<sup>2</sup> was de stofreductie circa 80%. Dit is iets lager dan werd gevonden voor de PM10 emissie (ongeveer 85% reductie).

**Figuur 18** Persoonlijke PM10 stofbelasting stalmedewerker bij verschillende niveaus van oliegebruik per m<sup>2</sup> in de tweede (links) en derde (rechts) ronde



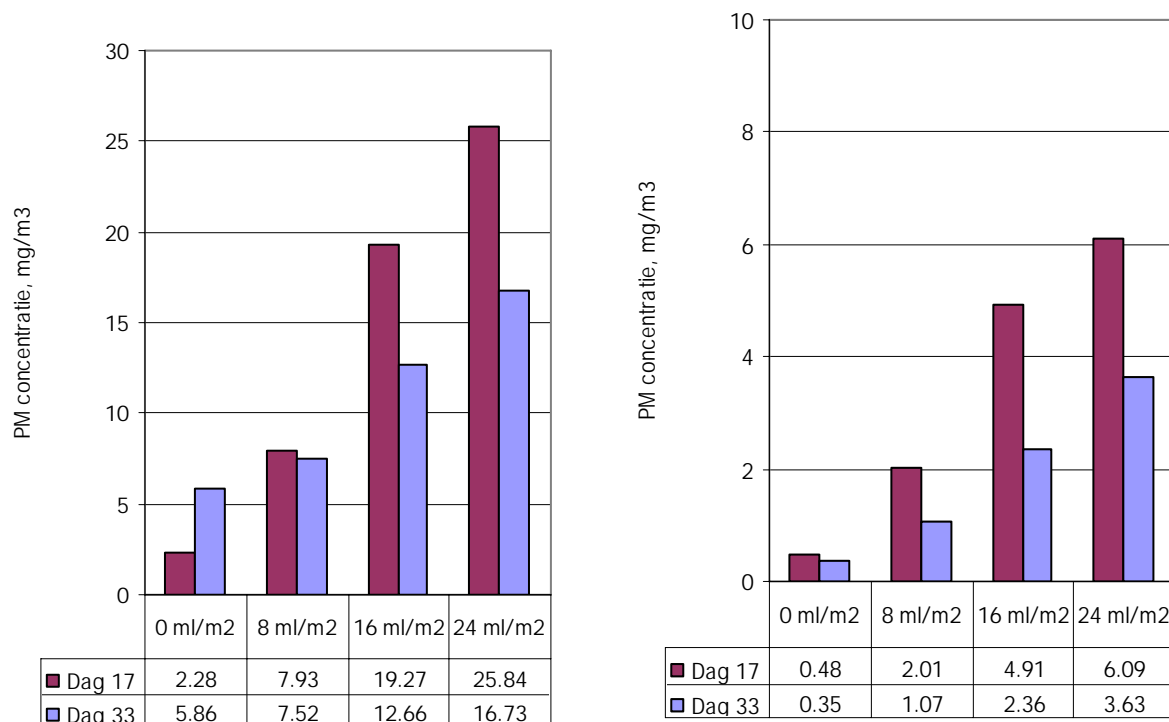
**Figuur 19** Effect van niveau van oliegebruik per m<sup>2</sup> op de reductie van de persoonlijke PM10 stofbelasting van de stalmedewerker



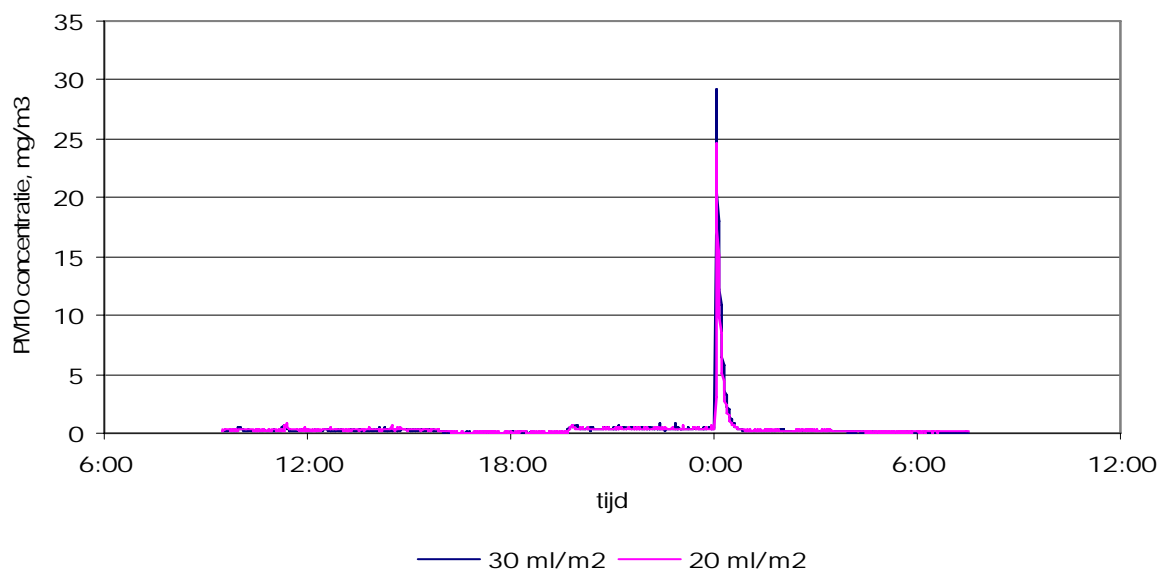
### 3.4 Stofconcentratie tijdens het aanbrengen van de oliedeklaag

In figuur 20 worden de resultaten gegeven van de PM10 concentraties rond het vernevelen van olie tijdens ronde 3 op dag 17 en 33. De metingen liepen van 15 min voor tot 45 min na de start van het olie vernevelen. Uit deze figuur blijkt dat de vernevelinstallatie ook (olie)deeltjes creëerde die in de range vallen van het fijne stof. Voor PM10 werd de concentratie rond het vernevelen van 24 ml olie per m<sup>2</sup> daardoor een factor 3 tot meer dan 10 x hoger dan de concentratie in de controleafdeling. Voor PM2,5 was dat een factor van circa 12 x hoger. In figuur 21 wordt de piek weergegeven die gemeten is met de DustTrak bij continue metingen van PM10. Deze piek werd per ongeluk gemeten doordat de olievernueveling op die dag, door een verkeerde instelling, om 0:00 uur startte in plaats van 08:00 uur.

**Figuur 20** PM10 (links) en PM2,5 (rechts) concentraties van de stallucht gedurende een uur rond het verneveln van olie (15 minuten voor tot 45 minuten na start vernevelen) in ronde 3



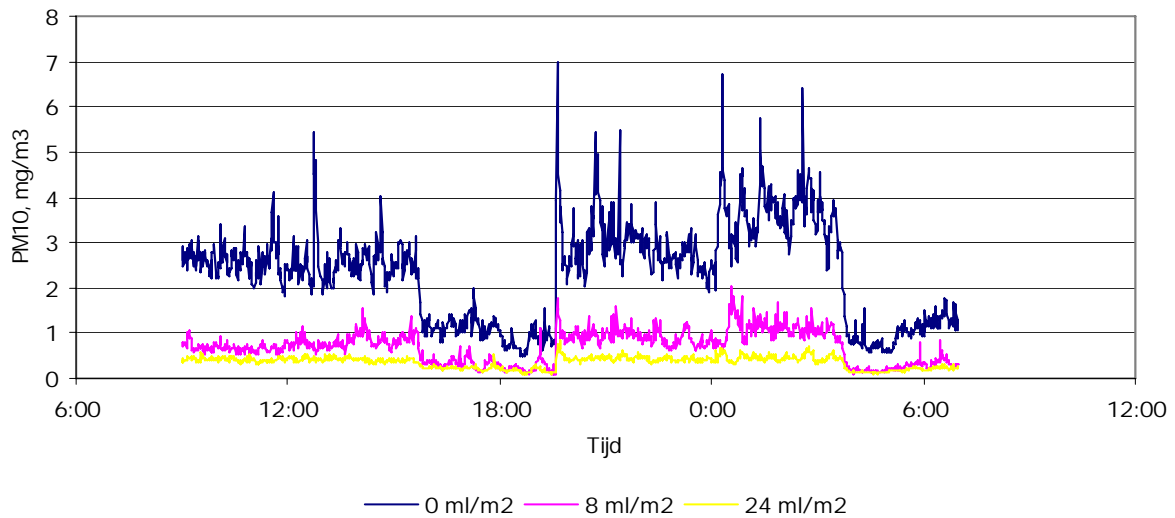
**Figuur 21** Verloop PM10 concentratie rond het verneveln van olie (om 0:00 uur) bij verneveling van 16 en 24 ml olie per m<sup>2</sup> op dag 26/27



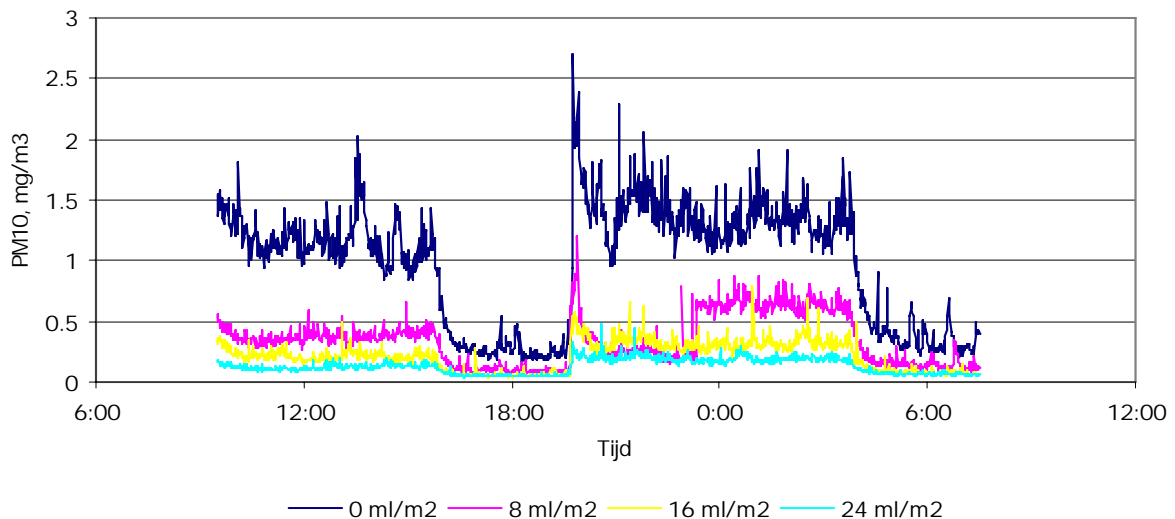
### 3.5 Verloop stofconcentratie gedurende de dag

In figuren 22 en 23 wordt het typische verloop van de PM10 concentratie tijdens de dag gegeven gedurende een dag in ronde 1 en een dag in ronde 3. Duidelijk zijn de licht- en donkerperiodes in de stal te zien aan de stofconcentraties in de stal, met lage concentraties in de donkerperiodes en hoge concentraties in de lichtperiodes.

**Figuur 22** Typisch verloop van de PM10 concentratie gedurende de dag bij 0, 8 en 24 ml olie per m<sup>2</sup> op dag 33/34 van ronde 1



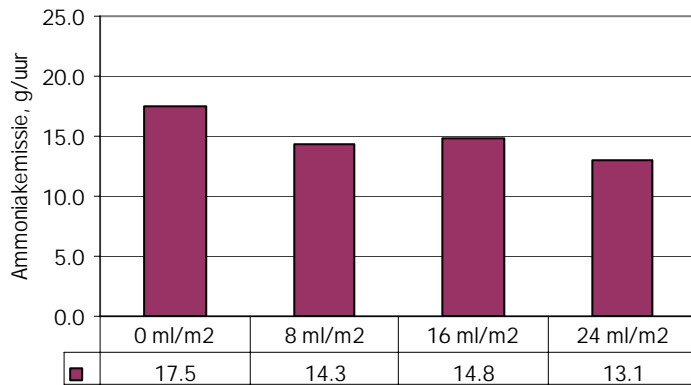
**Figuur 23** Typisch verloop van de PM10 concentratie gedurende de dag bij 0, 8, 16 en 24 ml olie per m<sup>2</sup> op dag 22/23 van ronde 3



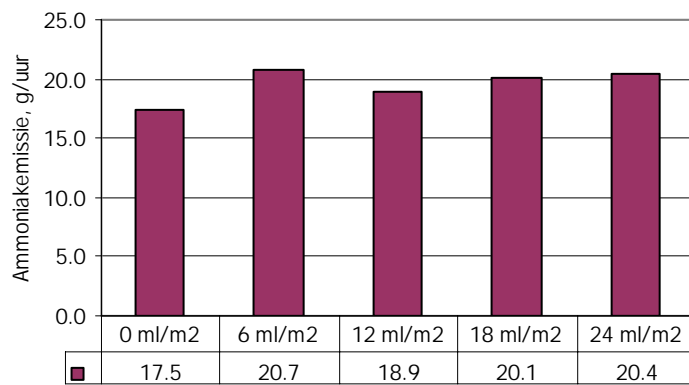
### 3.6 Effect olie op de ammoniakemissie

In figuren 24, 25 en 26 worden de gemiddelde ammoniakemissies gegeven per ronde voor de verschillende hoeveelheden aangebrachte olie per m<sup>2</sup>. Uit deze figuren blijkt dat de ammoniakemissies weinig verschillen tussen de verschillende behandelingen. Een regressieanalyse tussen de hoeveelheid aangewende olie per m<sup>2</sup> en de ammoniakemissie in g/uur werd geen verband gevonden (regressiecoëfficiënt  $-0,0137 \pm 0,090$ ; t prob. = 0,85). Het verloop van de ammoniakemissie over de verschillende ronden in de verschillende afdelingen wordt weergegeven in bijlage 5.

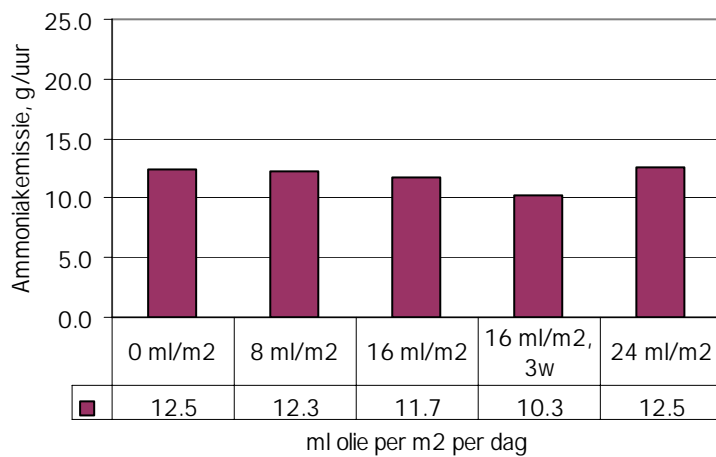
**Figuur 24** Gemiddelde ammoniakemissie tijdens ronde 1 bij verschillende niveaus van oliegebruik



**Figuur 25** Gemiddelde ammoniakemissie tijdens ronde 2 bij verschillende niveaus van oliegebruik



**Figuur 26** Gemiddelde ammoniakemissie tijdens ronde 3 bij verschillende niveaus van oliegebruik



### 3.7 Effect olie op productie vleeskuikens

In tabellen 5, 6 en 7 worden de productieresultaten gegeven van respectievelijk ronden 1, 2 en 3. De productieparameters groei, uitval, voerconversie en productiegetal werden geen van allen significant beïnvloed door het aanbrengen van olie. De water/voer verhouding nam met 0,0021 L/kg voer toe per 10 ml olie per m<sup>2</sup> (P=0,001).

**Tabel 5** Productieresultaten vleeskuikens in de eerste ronde

Kenmerk	Afdeling 8 Controle	Afdeling 7 Olie 8 ml/m <sup>2</sup>	Afdeling 6 Olie 16 ml/m <sup>2</sup>	Afdeling 5 Olie 24 ml/m <sup>2</sup>
Begingewicht (g)	43	42	44	44
Eindgewicht (g)	2140	2054	2140	2079
Groei (g)	2097	2012	2096	2035
Groei (g/(dier.dag))	59,9	57,5	59,9	58,2
Uitval (%)	2	2,5	2,7	2,7
Voerconversie (kg voer/kg groei)	1.574	1.595	1.585	1.591
Voer (g)	3300	3210	3323	3238
Voer (g/(dier.dag))	94,3	91,7	94,9	92,5
Water/Voer	1,71	1,71	1,77	1,79
Productiegetal	373	351	368	356

**Tabel 6** Productieresultaten vleeskuikens in de tweede ronde

Kenmerk	Afdeling 1 Controle	Afdeling 6 Olie 6 ml/m <sup>2</sup>	Afdeling 8 Olie 12 ml/m <sup>2</sup>	Afdeling 7 Olie 18 ml/m <sup>2</sup>	Afdeling 5 Olie 24 ml/m <sup>2</sup>
Begingewicht (g)	44	44	44	44	44
Eindgewicht (g)	2022	1955	1955	1871	1992
Groei (g)	1978	1911	1911	1827	1948
Groei (g/(dier.dag))	56,5	54,6	54,6	52,2	55,6
Uitval (%)	3	3,4	2,9	3,6	2,8
Voerconversie (kg voer/kg groei)	1.56	1.601	1.61	1.633	1.577
Voer (g)	3086	3060	3075	2983	3071
Voer (g/(dier.dag))	88,2	87,4	87,9	85,2	87,7
Water/Voer	1,68	1,71	1,71	1,71	1,76
Productiegetal	351	329	329	308	343

**Tabel 7** Productieresultaten vleeskuikens in de derde ronde

	Afdeling 4 Controle (0 ml/m <sup>2</sup> )	Afdeling 5 Olie 8 ml/m <sup>2</sup>	Afdeling 7 Olie 16 ml/m <sup>2</sup>	Afdeling 8 Olie 16 ml/m <sup>2</sup>	Afdeling 6 Olie 24 ml/m <sup>2</sup>
Start aanbrengen olie	n.v.t.	Dag 12	Dag 12	Dag 21	Dag 12
Begingewicht (g)	42	41	41	41	42
Eindgewicht (g)	2052	2088	2085	2119	2122
Groei (g)	2010	2047	2044	2078	2081
Groei (g/(dier.dag))	57,4	58,5	58,4	59,4	59,4
Uitval (%)	2,4	1,9	1,8	1,9	3
Voerconversie (kg voer/kg groei)	1.605	1.608	1.607	1.597	1.604
Voer (g)	3227	3292	3285	3318	3337
Voer (g/(dier.dag))	92,2	94,1	93,9	94,8	95,4
Water/Voer	1,69	1,71	1,69	1,68	1,74
Productiegetal	349	357	357	365	359

### 3.8 Effect olie op uitwendige kuikenkwaliteit

In bijlage 6 worden alle resultaten van de waarnemingen aan de uitwendige kuikenkwaliteit in ronde 1, 2 en 3 gegeven. Uit de statistische analyse, waarbij het lineaire effect van de aangebrachte hoeveelheid olie is bepaald, gecorrigeerd voor ronde-effect, komt het volgende naar voren:

- Er is geen significant effect gevonden van de olie op de mate van voorkomen van brandhakken.
- Matige borstbevuiling nam toe met 5,8% per 8 ml olie per m<sup>2</sup> (P<0,05). Geen en geringe borstbevuiling namen samen met ongeveer hetzelfde percentage af.
- Geringe borstirritatie nam af met 5,3% per 8 ml olie per m<sup>2</sup> (P<0,01). Geen borstirritatie nam met ongeveer hetzelfde percentage toe.
- Ernstige dijkkrassen nam toe met 0,77% per 8 ml olie per m<sup>2</sup> (P<0,05). Geen, geringe en matige dijkkrassen werden niet significant beïnvloed door olie.
- Voetzoolproblemen met score 2 nam toe met 4,6% per 8 ml olie per m<sup>2</sup> (P<0,05), terwijl voetzoolproblemen met score 0 afnam met 5,3% per 8 ml olie per m<sup>2</sup> (P<0,05).
- De welzijnsscore nam toe met 12,6 punten per 8 ml olie per m<sup>2</sup> (P<0,01).

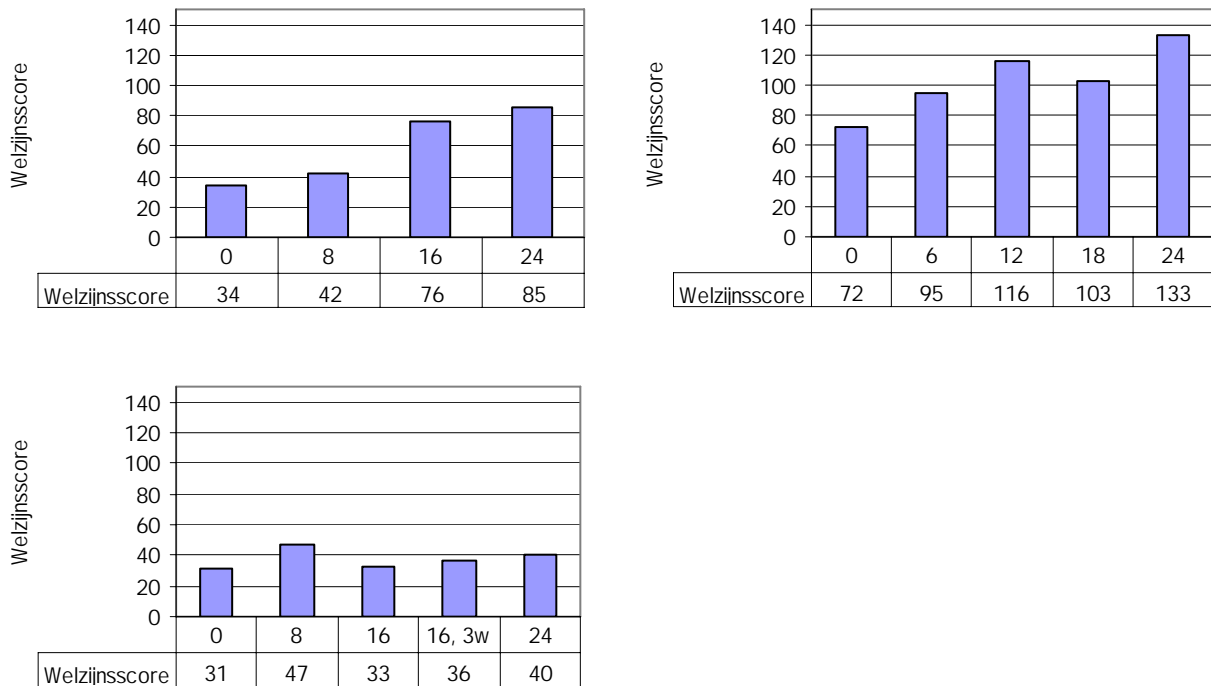
In figuur 27 wordt het effect weergegeven van de olie op de welzijnsscore in de verschillende ronden. De welzijnsscore wordt volledig berekend uit de scores voor de voetzolen. De welzijnsscore moet als volgt worden beoordeeld: < 50 gradatie 0 (prima), 50 – 100 gradatie 1 (voor verbetering vatbaar), > 100 gradatie 2 (slecht – direct maatregelen nemen). Opvallend zijn de hoge welzijnsscores in de tweede ronde, met waarden boven de 100.

### 3.9 Effect olie op de strooiselkwaliteit

De rulheid van het strooisel op dag 14 nam enigszins af met een toename van de hoeveelheid olie. De rulheid nam met 0,46 punten af per 8 ml olie per m<sup>2</sup> (P<0,05). De controleafdeling had een score van 8,0. Op dag 28 en 35 was er geen effect van de olie op de rulheid van het strooisel. Er was geen significant effect van de olie op de subjectieve beoordeling van het vochtgehalte van het strooisel. Ook de objectieve meting van het drogestofgehalte van het strooisel op het lab liet geen effect van de olie zien (tabel 8).



**Figuur 27** Effect van olie op de welzijnsscore in ronde 1 (links), 2 (rechts) en 3 (onder)



**Tabel 8** Effect van olie op het drogestofgehalte van de strooiselmest in ronde 3

	Afdeling 4 Controle (0 ml/m <sup>2</sup> )	Afdeling 5 Olie 8 ml/m <sup>2</sup>	Afdeling 7 Olie 16 ml/m <sup>2</sup>	Afdeling 8 Olie 16 ml/m <sup>2</sup>	Afdeling 6 Olie 24 ml/m <sup>2</sup>
Start aanbrengen olie	n.v.t.	Dag 12	Dag 12	Dag 21	Dag 12
Dag 14	77,9	75,4	77	72,5	70
Dag 28	55,3	54,9	60,7	65,7	59,7
Dag 35	70,6	72,3	71,2	68,3	72,8
Gem.	67,9	67,5	69,6	68,8	67,5

### 3.10 Brandgevaar

#### 3.10.1 Brandgevaar olienevel

In figuur 28, op de linkerfoto, is te zien dat er koolzaadolienevel boven een vuurkorf hangt. Ondanks het open vuur ontbrandde de olie niet, tevens ondersteunde de olie geen vlam.

Op de rechterfoto van figuur 28 werd een vlam van een gasbrander in de koolzaadolienevel gehouden. Helemaal links op deze foto is te zien dat de nozzle de koolzaadolie vernevelde. In deze nevel werd (van achter de nozzle) een open vlam van een gasbrander gehouden. Deze vlam werd circa 500 °C. Ondanks het open vuur en een hoge temperatuur ontbrandde de koolzaadolienevel niet. Ook ondersteunde de koolzaadolie geen vlam.

**Figuur 28** Foto links: vuurkorf met open vuur. Foto rechts: links op de foto werd koolzaadolie verneveld, met behulp van een gasbrander werd een vlam midden in de koolzaadolienevel gehouden. In beide situaties ontbrandde de koolzaadolienevel niet; ook ondersteunde de koolzaadolienevel in beide situaties geen vlam.



In figuur 29 is in stappen te zien dat er enkele liters koolzaadolie in een bak is gedaan. Met een gasbrander is vervolgens geprobeerd om deze koolzaadolie te ontbranden. Eerst werd de olie opgewarmd. Zodra de temperatuur hoog genoeg was begon de koolzaadolie te verdampen. Deze damp ondersteunde de vlam van de gasbrander. Zodra de gasbrander werd weggehaald verdween de vlam boven de koolzaadolie. Als de gasbrander recht boven de koolzaadolie werd gehouden, warmde de koolzaadolie verder op, nu ondersteunde de koolzaadoliedamp geen vlam. De damp werd in deze situatie aan de kant gedrukt.

**Figuur 29** Van links naar rechts: koolzaadolie in een bak, die eerst werd opgewarmd, vervolgens verdampte er olie. Deze damp ondersteunde een vlam maar kon geen vlam in stand houden. Zodra de gasbrander weg was, verdween de vlam.



### 3.10.2 Brandgevaar mest met olie

De vergelijking tussen figuur 30 en figuur 31 laat zien dat er nauwelijks verschil was tussen de mest uit de ruimte waar wel of geen oliefilm werd aangebracht. De mest uit de afdeling zonder olietoepassing ging smeulen. Na een tijdje kwam er een zwarte korst op de mest. De mest uit de afdeling met olietoepassing ging ook smeulen. Door de koolzaadolie rook de verbranding anders (frituurvetreuk). Na enkele seconden kwam er ook op deze mest een korst, deze korst was meer krokant en minder zwart. Er werd geen verschil in brandbaarheid geconstateerd.

**Figuur 30** Verbranding van mest van Het Spelderholt waar geen koolzaadolie was verneveld



**Figuur 31** Verbranding van mest van Het Spelderholt waar 24 ml per m<sup>2</sup> koolzaadolie was verneveld



### 3.11 Schoonmaken

In de afdelingen waarin olie werd aangebracht vergt het schoonmaken extra aandacht. Hieronder zijn een aantal relevante zaken bij het schoonmaken van de afdelingen op Het Spelderholt op een rij gezet.

- De vier olieafdelingen zijn twee maal ingeweekt met MS Foam Cleaner (Schippers, Bladel). In totaal is 45 L inweekmiddel verbruikt. De controleafdelingen zijn niet ingeweekt.
- In de olieafdelingen zitten meer mestkoeken op de vloer.
- Er is veel tijd nodig om alle leidingwerk schoon te maken.
- De luchtkokers werden van onderen m.b.v. een stijger schoongemaakt. De ventilatoren zullen ook regelmatig schoongemaakt moeten worden.
- Voor het schoonmaken van afdelingen 1 t/m 4 (zonder olie) was circa 2,5 à 3 uren nodig. Voor de olieafdelingen was dit ca. 5 uren, dus bijna het dubbele.
- Om de olieafdelingen 100% zuiver te krijgen, zou alles nog een keer ingezeept en schoongespoten moeten worden. Dit gold vooral voor het leidingwerk in de stal.
- De muren waren wat gelig geworden door de olie.

In de rioolput bij de stal waar het schoonmaakwater inliep hoopte de olie zich op en er vormde zich daar een dikke laag olie op het water. Dit zal regelmatig weggehaald moeten worden.

### 3.12 Kosten

Op basis van de hieronder weergegeven uitgangspunten is een kostenberekening gemaakt van het oliefilmsysteem, zoals toegepast tijdens het onderzoek op Het Spelderholt. Voor een stal met 30.000 vleeskuikens bedragen de kosten van het systeem op jaarbasis € 2 489,- (tabel 9). De kosten van de olie zijn afhankelijk van de hoeveelheid olie die per m<sup>2</sup> per dag wordt aangebracht en van het moment in de ronde dat gestart wordt met het aanbrengen van de olie. De kosten voor olie liggen tussen € 164,- en € 658,- per ronde (tabel 10). Per opgezet vleeskuiken variëren de totale kosten van 1,8 tot 3,4 eurocent. Door op 21 dagen in plaats van op 12 dagen leeftijd te starten met olietoeassing worden de kosten verlaagd met 0,5 eurocent per opgezet vleeskuiken (van 2,7 naar 2,2 eurocent). Het schoonmaken van de stal vergt extra arbeid. Stel dat dit 8 uur extra werk kost, dan zijn de kosten hiervan circa 0,5 cent per opgezet vleeskuiken.

Gehanteerde uitgangspunten bij de kostenberekening van het oliefilmsysteem

- Aantal kuikens: 30 0000
- Staloppervlak: 1305 m<sup>2</sup>
- Rente: 4,8%
- Prijs koolzaadolie per L: € 0,70
- Aantal rondes per jaar: 6,89
- Duur vleeskuikenronde: 42 dagen

**Tabel 9** Investeringskosten oliefilmsysteem

Investeringen	Aantal	€/stuk	Excl. btw	Afschrijving	Onderhoud	Jaarkosten
Olievernevelleidingen + toebehoren	2		€ 4.675,-	10%	5%	€ 813,-
Nozzels	58	€ 103,-	€ 5.953,-	20%	5%	€ 1.631,-
Oliepomp	1	€ 62,-	€ 62,-	20%	5%	€ 17,-
Compressor	1	€ 100,-	€ 100,-	20%	5%	€ 27,-
<b>Totaal</b>			<b>€ 10.789,-</b>			<b>€ 2.489,-</b>

**Tabel 10** Kosten olie en totale kosten oliefilmsysteem bij verschillende hoeveelheden olie per m<sup>2</sup> staloppervlak

Olieverbruik	Ml/m <sup>2</sup>	Liter/ronde	€/ronde	Totale kosten (ex btw)	
				Per ronde	Pov <sup>1)</sup>
Vanaf 12 dagen	6	235	€ 164,-	€ 526,-	€ 0,018
Vanaf 12 dagen	8	313	€ 219,-	€ 581,-	€ 0,019
Vanaf 12 dagen	16	626	€ 438,-	€ 800,-	€ 0,027
Vanaf 21 dagen	16	438	€ 307,-	€ 668,-	€ 0,022
Vanaf 12 dagen	24	940	€ 658,-	€ 1019,-	€ 0,034

<sup>1)</sup> Per opgezet vleeskuiken

## 4 Discussie

Het oliefilmsysteem heeft gedurende het gehele onderzoek (vrijwel) probleemloos gedraaid. Tijdens een studiereis in Denemarken (Ellen and Aarnink, 2006) bleek dat het verstopt gaan zitten van de sproeinnozzles een belangrijk probleem was. De nozzles moesten daarom na elke vleesvarkenronde schoongemaakt worden. In Denemarken werd met een emulsie van olie in water verneveld en werd alleen met vloeistofdruk verneveld. Door in dit onderzoek te kiezen voor het vernevelen van pure koolzaadolie met vloeistofdruk en luchtdruk kon het probleem van verstopte nozzles worden voorkomen. Daarnaast hoeven geen dure emulgatoren te worden toegevoegd om de olie te mengen met het water, waardoor de kosten lager zijn.

In dit onderzoek vonden we reducties van PM10 stofemissies die toenamen van ca. 58% bij 8 ml olie per m<sup>2</sup> staloppervlak per dag tot 85% reductie bij 24 ml/m<sup>2</sup>. Dit komt goed overeen met de range die Takai (2007) aangeeft op basis van een literatuuronderzoek. In de onderzoeken die Takai (2007) citeerde is overigens geen PM10 gemeten, maar totaal (of inhaleerbaar) stof of respirabel stof. Totaal (of inhaleerbaar) is niet goed gedefinieerd, maar komt ongeveer overeen met PM50 – PM100. Respirabel stof komt overeen met PM4 of PM5. Opvallend is dat in ons onderzoek geen relatie werd gevonden tussen de hoeveelheid gebruikte olie per m<sup>2</sup> staloppervlak en de reductie van de PM2,5 emissie. Dit zou mogelijk verklaard kunnen worden door de kleine oliedeeltjes. Door de lage concentraties PM2,5 in de vleeskuikenstal in dit onderzoek wordt de concentratie vrij snel beïnvloedt door de gevormde kleine oliedeeltjes. Alhoewel we gedurende 2 uur rond het vernevelen van de olie de lucht niet hebben bemonsterd voor concentratiebepalingen, was een deel van de oliedeeltjes misschien nog niet verdwenen uit de stallucht. Het lijkt er dus op dat de extra reductie van PM2,5 emissie bij het vernevelen van meer olie per m<sup>2</sup> staloppervlak werd gecompenseerd door een toename van de kleine oliedeeltjes. Voor PM10 was de relatieve bijdrage van de oliedeeltjes minder en waarschijnlijk bleven deze deeltjes ook minder lang in de lucht hangen. Ofwel ze werden weg geventileerd, ofwel ze sedimenteerden.

Uit de metingen blijkt dat het aandeel van de PM2.5-fractie in de controleafdelingen gemiddeld ca. 5% bedroeg van de PM10-fractie. Dit is beduidend lager dan is ingeschat door Chardon & Van der Hoek (2002). Deze auteurs hebben de bijdragen van de PM2,5-fractie en de PM10-fractie op de fractie totaalstof ingeschat op respectievelijk 8% en 45%. Dit betekent een geschatte bijdrage van de PM2,5-fractie op de PM10-fractie van  $8/45 \times 100\% = 17,8\%$ .

De metingen laten zien dat de PM10 emissie exponentieel toenam met de leeftijd van de dieren (figuur 16). Dit betekent dat de bijdrage aan de PM10 emissie tijdens de eerste weken van de groeiperiode van de kuikens heel gering is. Door op dag 21 te starten met het aanbrengen van de olie kon vanaf dat moment een vergelijkbare dagelijkse reductie worden bereikt dan door te starten op dag 12. Tussen dag 12 en dag 21 emitteerde slechts circa 10% van de totale PM10 emissie tijdens een vleeskuikenronde. Bij een PM10 reductie van 72% bij aanbrengen van 16 ml/m<sup>2</sup> olie betekent dit dat door te starten op dag 21 de totale PM10 emissiereductie afneemt van ca. 72 naar ca. 65%. Het later starten met het aanbrengen van een oliefilm zou belangrijke voordelen kunnen bieden ten aanzien van effecten op bijvoorbeeld de voetzolen van de kuikens. Daarnaast worden de kosten met ca. 18% gereduceerd (zie tabel 10). Door alleen in de laatste week van een vleeskuikenronde olie aan te brengen zou bij een dosering van 16 ml olie per m<sup>2</sup> zelfs nog een totale PM10 emissiereductie van meer dan 45% kunnen worden bereikt. Voor PM2,5 emissie geldt hetzelfde, maar dan nog in versterkte mate. Tussen dag 12 en dag 21 emitteerde slechts ongeveer 3,5% van de totale hoeveelheid geëmitteerde PM2.5. Gedurende de laatste week emitteerde circa 80% van de totale hoeveelheid geëmitteerde PM2,5.

De effecten van de olie op de persoonlijke belasting van de stalmedewerkers lieten vergelijkbare reducties zijn als voor de emissies, oplopend van ongeveer 70% reductie bij 8 ml olie per m<sup>2</sup> per dag tot 80% bij 24 ml olie per m<sup>2</sup> per dag. Naast de reductie van de stofemissies is dit een belangrijk effect van het oliefilmsysteem. De arbo-omstandigheden in de stal verbeterden als gevolg van het aanbrengen van een oliefilm. Dit is een belangrijk voordeel van deze bron aanpak ten opzichte van een systeem dat de stof uit de uitgaande stallucht haalt. De resultaten laten zien dat in de controleafdeling de PM10-concentraties kunnen oplopen tot 5,5 mg/m<sup>3</sup> lucht. Dit is 110 maal hoger dan de toegestane daggemiddelde concentratie voor de buitenlucht (0,05 mg/m<sup>3</sup> ofwel 50 µg/m<sup>3</sup>). De laatste decennia is veel onderzoek gedaan naar de effecten van hoge stofconcentraties op de gezondheid van de veehouder. Hieruit blijkt dat longproblemen duidelijk meer voor komen bij veehouders, dan bij andere beroepsgroepen (Bongers et al., 1987). Er werd aangetoond dat inademing van stalstof aandoeningen aan de luchtwegen en aan de longen veroorzaakt (Donham et al., 1984; Dosman et al., 1997; Preller and Vogelzang, 1993; Von Essen et al., 2005). Recent onderzoek wijst er op dat aan stof gehechte endotoxinen waarschijnlijk belangrijk bijdragen aan longproblemen bij veehouders (Preller, 1995; Vogelzang, 1999; Von Essen

et al., 2005). Er bestaan op dit moment echter geen wettelijke bepalingen ten aanzien van maximale stofconcentraties in stallen. Er bestaat ook geen echte drempelwaarde waaronder stof niet schadelijk is; longproblemen nemen toe bij een toename van de blootstelling (concentratie x tijd) (Buringh and Opperhuizen, 2002).

Het belangrijkste probleem dat geconstateerd is tijdens dit onderzoek is dat het gebruikte oliefilmsysteem veel kleine druppeltjes genereerde, waardoor piekconcentraties PM<sub>10</sub> en PM<sub>2,5</sub> ontstonden direct na het vernevelen van de olie. Deze piekconcentraties verhogen de PM<sub>10</sub> en PM<sub>2,5</sub> emissies. Uit berekeningen blijkt dat ongeveer 1,7% van de vernevelde olie als PM<sub>10</sub> emitteerde via de ventilatielucht; voor PM<sub>2,5</sub> was dit circa 0,4%. Wanneer de PM<sub>10</sub> oliedeeltjes uitgesmeerd zouden worden over de dag, geeft dit een verhoging van de PM<sub>10</sub> stofconcentratie van ongeveer 1 mg/m<sup>3</sup>. Voor PM<sub>2,5</sub> zou deze verhoging circa 0,2 mg/m<sup>3</sup> bedragen. Dit zou voor PM<sub>10</sub>, maar zeker voor PM<sub>2,5</sub> een niet te verwaarlozen toename geven van de emissies. Zoals hierboven al aangegeven kan dit de oorzaak zijn van het ontbreken van een relatie tussen de aangebrachte hoeveelheid olie en de reductie van de PM<sub>2,5</sub> emissie. In vervolgonderzoek zal aandacht moeten worden gegeven aan de deeltjesgrootte van de olienevel. Een belangrijke doelstelling wordt dan om grotere druppeltjes olie te vernevelen of een kleinere bandbreedte te creëren rond de gemiddelde druppelgrootte, waarbij toch een redelijk staloppervlak met één nozzle wordt bestreken. De kosten van de nozzles maken een belangrijk deel uit van de investeringskosten van het oliefilmsysteem (zie tabel 9). Druppelgrootte en verspreidingsgebied zijn belangrijk aan elkaar gekoppeld (negatieve relatie) en er zal dus een optimalisering moeten plaatsvinden.

Uit het verloop van de PM<sub>10</sub> concentratie gedurende de dag (figuren 22 en 23) blijkt dat de stofconcentratie en – emissie belangrijk beïnvloed worden door de activiteit van de dieren. Tijdens de donkerperioden waren de stofconcentraties zeer laag en deze stegen direct zeer sterk bij het aanschakelen van de verlichting. De relatie tussen dieractiviteit en stofconcentraties werd ook in eerdere onderzoeken aangetoond (Pedersen, 1993; Pedersen and Takai, 1999). Het gehanteerde lichtschema zou daardoor de fijnstofemissie weleens belangrijk kunnen beïnvloeden.

Uit de resultaten is geen relatie gebleken tussen de dosering van olie en de ammoniakemissie. Uit eerder onderzoek is gebleken dat de ammoniakemissie sterk samenhangt met het drogestofgehalte van de strooiselmest (Groot Koerkamp et al., 1995). Zoals uit metingen in ronde 3 is gebleken had de olie geen invloed op het drogestofgehalte van het strooisel (tabel 8).

De oliedosering had geen invloed op de productieparameters (groei, uitval, voerconversie en productiegel) van de vleeskuikens. Opvallend is dat de water/voer verhouding licht steeg bij een toename van de hoeveelheid olie per m<sup>2</sup>. Deze toename is niet direct te verklaren.

De oliedosering had invloed op een aantal uitwendige beoordelingen van de vleeskuikens. Borstbevulling, dijkkrassen en voetzoolproblemen namen toe, terwijl borstirritatie afnam bij een toename van de hoeveelheid oliedosering per m<sup>2</sup> staloppervlak. De toename van voetzoolproblemen is hierbij het meest relevant. Voetzoolproblemen wordt gezien als een belangrijk welzijnsskenmerk van vleeskuikens. De welzijnsscore wordt ook volledig uit de scores van de voetzolen berekend. Uit de regressieanalyse bleek dat de score toenam met 12,6 punten per 8 ml olie per m<sup>2</sup>. Bij een dosering van 24 ml olie per m<sup>2</sup> betekent dit een gemiddelde toename van de welzijnsscore van 37,8 punten. Dit betekent dat de kuikens bij deze dosering al snel boven een score van 50 punten uitkomen. In ronde 2 kwamen de kuikens in de afdeling met 24 ml olie per m<sup>2</sup> zelfs beduidend boven de 100 punten uit. Het effect van de olie op de voetzolen kan waarschijnlijk vooral verklaard worden uit het feit dat de strooiselmest wat sneller gaat vastplakken aan de voetzolen, waardoor eerder irritaties kunnen ontstaan. Ronde 3 laat echter zien dat andere factoren hierbij ook een belangrijke rol spelen, aangezien in deze ronde geen effect van de olie zichtbaar was. Door later te starten met het aanbrengen van de olie kan het negatieve effect op de voetzolen misschien worden verminderd. De hoge scores in ronde 2, ook van de controleafdeling, zouden misschien verklaard kunnen worden door de hoge relatieve luchtvochtigheid in de afdelingen (zie bijlage 4). Een hoge relatieve luchtvochtigheid zorgt voor vochtiger strooisel en vochtig strooisel is ongunstig voor de gezondheid van de voetzolen van de kuikens.

Uit de testen naar het brandgevaar van koolzaadolie is gebleken dat de vernevelde olie niet ontbrand, ook niet bij een open vuur van een vuurkorf of zelfs met het vuur van een gasbrander (± 500 °C). Dit betekent dat koolzaadolieverneveling geen extra brandgevaar oplevert in een stal.

De extra benodigde tijd voor het schoonmaken van de stal is een belangrijk nadeel van het vernevelen van olie. De olieleidingen zijn hoog opgehangen in de stal om een zo groot mogelijk verspreidingsgebied te hebben van de olie en daardoor zo min mogelijk nozzles nodig te hebben. Het nadeel van hoog vernevelen is wel dat de hele stal, inclusief de inrichting wordt bedekt met een laagje olie. Het zou de voorkeur hebben als de olie zo dicht mogelijk bij het strooisel aangebracht kon worden. Om te voorkomen dat de olie toch overal terecht komt mag de druppelgrootte niet te klein zijn. De nevel zou zich immers dan nog over de hele stalinhoud gaan verspreiden. Het streven naar de toekomst toe is daarom het zo dicht mogelijk bij het strooisel aanbrengen van de olie met een druppelgrootte die ruim boven de 10  $\mu\text{m}$  ligt. Dit zou bijvoorbeeld gerealiseerd kunnen worden met een sproeiboom die van de ene kant van de stal naar de andere kant van de stal wordt geleid. Een probleem in vleeskuikenstallen is echter dat de voer- en drinkleidingen in de weg zitten om dit eenvoudig te realiseren.

De kosten van het oliefilmsysteem zijn relatief gering wanneer deze vergeleken worden met de kosten voor een luchtwassysteem. Bij een dosering van 16 ml olie per  $\text{m}^2$  per dag en een start van het aanbrengen van een oliefilm op een leeftijd van 21 dagen bedragen de kosten 2,2 eurocent per opgezet kuiken. Voor een combiwasser zijn deze kosten minstens viermaal zo hoog.

## 5 Conclusies

Uit dit onderzoek kunnen we het volgende concluderen.

- Het aanbrengen van een oliefilm op het strooisel in een vleeskuikenstal is een zeer effectieve methode om stofconcentraties in de stal en stofemissies uit de stal te reduceren.
- Een oliefilmsysteem, zoals gebruikt in dit onderzoek, waarbij pure, koud geperste en geraffineerde koolzaadolie werd verneveld, kan zonder noemenswaardig onderhoud probleemloos gedurende een lange tijd functioneren. In dit onderzoek draaide het systeem vrijwel probleemloos gedurende drie ronden verspreid over 8 maanden.
- De reductie van de PM10 stofconcentratie en de –emissie is afhankelijk van de gedoseerde hoeveelheid olie. De reductie nam toe van circa 58 tot 85% bij een toename van de hoeveelheid olie van 8 tot 24 ml/m<sup>2</sup>. Voor PM2,5 was de reductie vrijwel constant over de hele range van 6 tot 24 ml /m<sup>2</sup> en bedroeg circa 80%. Dat de reductie niet werd beïnvloed door de hoeveelheid gedoseerde olie was waarschijnlijk het gevolg van de gecreëerde kleine oliedeeltjes tijdens het vernevelen.
- De PM10 en PM2,5 emissies nemen exponentieel toe met de leeftijd van de vleeskuikens. Dit betekent dat het aanbrengen van een oliefilm alleen in de laatste 1 of 2 weken van de ronde al een belangrijke reductie oplevert van de fijnstofemissie.
- Het oliefilmsysteem biedt een belangrijk voordeel ten opzichte van systemen die de uitgaande lucht reinigen van stof, namelijk dat de stofconcentratie in de stal ook belangrijk wordt gereduceerd. Dit verbetert de arbeidsomstandigheden van de stalmedewerkers.
- Het huidig geteste oliefilmsysteem, met de gehanteerde instellingen van vloeistof- en luchtdruk, genereerde veel kleine oliedruppeltjes. Hierdoor ontstond een piek in PM10- en PM2,5-concentraties direct na het vernevelen van de olie. Een deel van de olie zal daardoor als fijnstof met de ventilatielucht worden afgevoerd.
- Het verloop van de PM10-concentratie en –emissie gedurende de dag is sterk afhankelijk van het gehanteerde lichtschema. Tijdens donkerperioden zijn de stofconcentraties zeer laag en deze stijgen zeer sterk bij het aanschakelen van de verlichting.
- De gedoseerde hoeveelheid olie heeft geen invloed op de ammoniakemissie uit de stal.
- De gedoseerde hoeveelheid olie heeft geen invloed op de productieparameters groei, uitval, voerconversie en productiegetal. De water/voer verhouding neemt iets toe met een stijging van de oliedosering.
- Voetzoolproblemen namen toe met de gedoseerde hoeveelheid olie.
- Het vernevelen van koolzaadolie in een stal levert geen extra brandgevaar op.
- Het schoonmaken van een stal waarin olie is verneveld vergt ongeveer de dubbele tijd ten opzichte van een stal waarin geen olie is verneveld. De stal zal tevens vooraf ingeweekt moeten worden om het schoonmaken te vergemakkelijken.
- De totale kosten van het oliefilmsysteem zijn afhankelijk van de gedoseerde hoeveelheid olie en variëren, exclusief extra arbeid voor schoonmaken, van 1,8 tot 3,4 eurocent per opgezet vleeskuiken bij een oliedosering variërend van 6 tot 24 ml/m<sup>2</sup> staloppervlak. Voor de extra arbeid voor het schoonmaken bedragen de kosten circa 0,5 cent per opgezet kuiken.



## 6 Aanbevelingen

Op basis van de resultaten van dit onderzoek worden de volgende aanbevelingen gedaan.

- Er is nog extra onderzoek onder de gecontroleerde omstandigheden van een proefaccommodatie nodig om een aantal problemen te tackelen voordat het systeem in de praktijk kan worden geïntroduceerd:
  - Het aantal kleine oliedruppeltjes, kleiner dan 10 µm, zal moeten worden verminderd. Met het huidige systeem, met bijbehorende instellingen van vloeistof- en luchtdruk, worden veel kleine druppels verneveld. 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. Onderzocht zal moeten worden hoe het aandeel kleine druppeltjes belangrijk kan worden gereduceerd, terwijl het verspreidingsgebied van de nozzle niet teveel mag worden verkleind.
  - De olie geeft extra voetzoolproblemen bij de kuikens. Door later te starten met het aanbrenge van de olie of door minder frequent de oliefilm aan te brengen zou dit effect misschien kunnen worden verkleind.
- Innovaties moeten gestimuleerd worden om de olie dicht bij het strooisel aan te brengen, bijvoorbeeld met een mobiele spuitboom. Op deze manier kan de olie zeer gericht als een film op het strooisel worden aangebracht, waardoor minder olie verloren gaat met de ventilatielucht en de inrichting van de stal minder bevuild wordt met olie, waardoor het schoonmaken van de stal minder problemen geeft.

## Literatuur

- Aarnink, A. J. A., P. F. M. M. Roelofs, H. Ellen, and H. Gunnink. 1999. Dust sources in animal houses. In: Proceedings Int. Symp. on Dust Control in Animal Production Facilities, 30 May - 2 June., Aarhus, Denmark. p 34-40.
- Berg, C. 1998. Footpad dermatitis in broilers and turkeys - prevalence, risk factors and prevention. .
- Bongers, P., D. Houthuijs, B. Remijn, R. Brouwer, and K. Biersteker. 1987. Lung function and respiratory symptoms in pig farmers. *British Journal of Industrial Medicine* 44: 819-823.
- Buringh, E., and A. Opperhuizen (Editors). 2002. On health risks of ambient pm in the netherlands. RIVM, Bilthoven, Bilthoven.
- Chardon, W. J., and K. W. Van der Hoek. 2002. Berekeningsmethode voor de emissie van fijnstof vanuit de landbouw. p 35. Alterra / RIVM, Wageningen.
- Donham, K. J., D. C. Zavala, and J. A. Merchant. 1984. Respiratory symptoms and lung function among workers in swine confinement buildings: A cross-sectional epidemiological study. *Archives of Environmental Health* Vol. 39(no. 2): 96-101.
- Dosman, J. A. et al. 1997. Lung function measurements in swine confinement workers: Longitudinal decline, shift change, environmental intervention. Proceedings of the Fifth International Symposium on Livestock Environment, p. 15-16, ASAE, St. Joseph Mich., USA.
- Ellen, H., and A. Aarnink. 2006. Denen verlagen stofemissie in stal met vernevelde olie. V-focus No. april 2006. p 44-45.
- Genstat Committee. 2003. Genstat users guide, 7th edition. VSN International Ltd, Hemel Hempstead, UK.
- Groot Koerkamp, P. W. G., A. Keen, T. G. C. M. Van Niekerk, and S. Smit. 1995. The effect of manure and litter handling and indoor climatic conditions on ammonia emissions from a battery cage and an aviary housing system for laying hens. *Neth. J. Agric. Sci.* 43: 351-373.
- Gustafsson, G., and E. Von Wachenfelt. 2004. Dust in floor housing systems for laying hens. In: Engineering the Future, AgEng conference, Leuven, Belgium. p session 22.
- Hofschreuder, P., N. W. M. Ogink, and A. J. A. Aarnink. 2008. Measurement protocol for emissions of fine dust from animal housings. Considerations and draft protocol. Concept Report, Animal Sciences Group.
- Lemay, S. P., L. Chenard, E. M. Barber, and R. Fengler. 2000. Optimization of a sprinkling system using undiluted canola oil for dust control in pig buildings. In: Proceedings on the 2nd International Conference on Air Pollution from Agricultural Operations., Des Moines, Iowa. p 337-344.
- NEN-EN 12341. 1998. Luchtkwaliteit - bepaling van de pm 10 fractie van zwevend stof - referentiemethode en veldonderzoek om de referentie gelijkwaardigheid aan te tonen van meetmethoden., Nederlands Normalisatie-instituut, Delft.
- NEN-EN 14907. 2005. Ambient air quality - standard gravimetric measurement method for the determination of the pm<sub>2,5</sub> mass fraction of suspended particulate matter., Nederlands Normalisatie-instituut, Delft.
- Pedersen, S. 1993. Time based variation in airborne dust in respect to animal activity. Proceedings Fourth International Livestock Environment Symposium, Warwick-England, 6-9 July. p. 718-725.
- Pedersen, S., and H. Takai. 1999. Dust response to animal activity. In: Proceedings Int. Symp. on Dust Control in Animal Production Facilities, 30 May - 2 June., Aarhus, Denmark. p 306-309.
- Preller, L. 1995. Respiratory health effects of pig farmers. Assessment of exposure and epidemiological studies of risk factors. PhD-thesis Agricultural University Wageningen, 1995: 173 pp.
- Preller, L., D. Heederik, J. S. M. Boleij, P. F. J. Vogelzang, and M. J. M. Tielen. 1995. Lung function and chronic respiratory symptoms of pig farmers: Focus on exposure to endotoxins and ammonia and use of disinfectants. *Occupational and Environmental Medicine* 52: 654-660.
- Preller, L., and P. Vogelzang. 1993. Gezondheid varkenshouder aan risico's blootgesteld! Rapport 93.001, Stichting Gezondheidsdienst voor dieren in Zuid-Nederland.
- Takai, H. 2007. Factors influencing dust reduction efficiency of spraying of oil-water mixtures in pig buildings. In: DustConf 2007, How to improve air quality. International Conference, 23-24 April, Maastricht, The Netherlands. <http://www.dustconf.org/client/dustconf/upload/S6/Takai%20DK%20pap.pdf>
- Takai, H., F. Möller, M. Iversen, S. E. Jorsal, and V. Bille-Hansen. 1995. Dust control in pig houses by spraying rapeseed oil. *Transactions of the ASAE* Vol. 38(5): 1513-1518.
- Takai, H. et al. 1998. Concentrations and emissions of airborne dust in livestock buildings in northern europe. *J. agric. Engng Res.* 70: 59-77.
- Vogelzang, P. 1999. Airway disease and risk factors in pig farmers. PhD-thesis Medical Science, Catholic University Nijmegen, The Netherlands, 135 pp.
- Von Essen, S. G., C. I. Andersen, and L. M. Smith. 2005. Organic dust toxic syndrome: A noninfectious febrile illness after exposure to the hog barn environment. *Journal of Swine Health and Production* 13: 273-276.

## Bijlagen

### Bijlage 1 Definities van begrippen gebruikt in dit rapport

Arbo	Arbeidsomstandigheden
Chemiluminescentie	Is het verschijnsel dat bij een chemische reactie energie vrijkomt in de vorm van licht (luminescentie). De lichthoeveelheid (fotonen) die vrijkomen is een maat voor de concentratie van een bepaalde verbinding, in dit onderzoek van NO.
Combiwasser	Wasser die de uitgaande stallucht zuivert ten aanzien van ammoniak, geur en fijnstof.
Convertor	Een apparaat dat ammoniak met behulp van een katalysator (molybdeen) onder een hoge temperatuur (775 °C) omzet in NO.
Emulgator	Stof die een homogene menging van twee of meer onmengbare fasen in een diervoeder mogelijk maakt of in stand houdt.
Endotoxine	Celwandbestanddelen van gramnegatieve bacteriën.
Fijnstof	Fijnstof is stof dat voor het merendeel bestaat uit deeltjes met een aërodynamische diameter kleiner dan 10 µm. Dit stof wordt aangeduid als PM10. De aërodynamische diameter van een deeltje is de diameter van een bolvormig deeltje met een dichtheid van 1 kg/dm <sup>3</sup> dat dezelfde valsnelheid heeft als het betreffende deeltje.
Ketsplaat	Een klein plaatje in de nozzle waar de vloeistof onder druk tegen aan wordt geblazen om een mooi horizontaal sproeibeeld te verkrijgen.
Nominale waarde	Ingestelde waarde; in dit onderzoek is dit de ingestelde luchtstroom door de stofmeetkop.
Nozzle	Sproeidop voor het vernevelen van een vloeistof; in dit onderzoek voor vernevelen van koolzaadolie.
Oliefilm	Een zeer dun laagje olie; in dit onderzoek aangebracht over het strooisel; de aangebrachte laagdikte per dag varieerde in dit onderzoek van circa 0,01 – 0,03 mm.
PM10	PM = particulate matter; PM10 is gelijk aan fijnstof (zie fijnstof).
PM2,5	PM = particulate matter; PM2,5 is stof dat voor het merendeel bestaat uit deeltjes met een aërodynamische diameter kleiner dan 2.5 µm (zie ook fijnstof).
Productiegetal	Het productiegetal is een maatstaf voor de productieresultaten van het bedrijf. Het productiegetal is als volgt berekend: $\text{Productiegetal} = ((100 - \text{uitvalspercentage}) \times \text{daggroei in grammen}) / (\text{voerconversie} \times 10)$ .
Welzijnsscore	Deze wordt volledig bepaald door de voetzoolscores en als volgt berekend: $\frac{((n \text{ dieren met score } 0 \times 0) + (n \text{ dieren met score } 1 \times 0,5) + (n \text{ dieren met score } 2 \times 2))}{\text{totaal aantal dieren} \times 100}$

## Bijlage 2 Visuele beoordeling strooiselkwaliteit en monstername strooisel voor bepaling drogestofgehalte

Een panel van 3-4 personen beoordeelt visueel de mate van rulheid en de vochtigheid van het strooisel.

Waarderingschaal: 1 – 10 (1= zeer slecht en 10 = uitmuntend).

In de onderstaande tabellen staat voor rulheid en vochtigheid de waardering met de bijhorende beeld van het strooisel.

Noteer de beoordelingen op het invulformulier Visuele strooiselbeoordeling.

<b>Rulheid</b>	
<b>Waardering</b>	<b>Omschrijving</b>
<b>1</b>	Volledig dichtgeslagen strooisel, één grote plaat/koek
<b>2</b>	80-90 % van het strooiseloppervlak is dichtgeslagen
<b>3</b>	70-80 % van het strooiseloppervlak is dichtgeslagen
<b>4</b>	60-70 % van het strooiseloppervlak is dichtgeslagen
<b>5</b>	50-60 % van het strooiseloppervlak is dichtgeslagen
<b>6</b>	40 % van het strooiseloppervlak is dichtgeslagen
<b>7</b>	30 % van het strooiseloppervlak is dichtgeslagen
<b>8</b>	10 % van het strooiseloppervlak is dichtgeslagen
<b>9</b>	Volledig rul strooisel, beginnende plaatjes vorming
<b>10</b>	Volledig rul strooisel, nog geen 'plaatjes' vorming

<b>Vocht</b>	
<b>Waardering</b>	<b>Omschrijving</b>
<b>1</b>	Nat strooisel, laars zakt vrijwel overal weg in strooisel en water treedt naar buiten. (Wordt zelden waargenomen).
<b>2</b>	Nat strooisel, onder drinklijn zakt laars weg in strooisel en water treedt naar buiten
<b>3</b>	Nat strooisel, onder drinklijn zakt laars weg in strooisel, maar er treedt geen water naar buiten
<b>4</b>	Nat strooisel, donker van kleur. Van het strooisel kan een bal gemaakt worden. Flinke rug onder drinklijn.
<b>5</b>	Nat strooisel, donker van kleur, rug onder drinklijn, rest van het strooisel begint dicht te 'slaan'
<b>6</b>	Rel. droog strooisel, strooisel vrij donker van kleur, kleine 'rugvorming' onder drinklijn. Strooisel tussen drinklijn en voer lijn nog rul.
<b>7</b>	Rel. droog strooisel, onder drinklijn vrij donker van kleur, de rest licht/donker van kleur, beginnende 'rugvorming' onder drinklijn
<b>8</b>	Rel. droog strooisel, licht donker van kleur, nog geen 'rugvorming' onder drinklijn
<b>9</b>	Droog strooisel, licht van kleur
<b>10</b>	Zeer droog strooisel (wordt alleen gesignaleerd bij opzet)

## Bemonstering

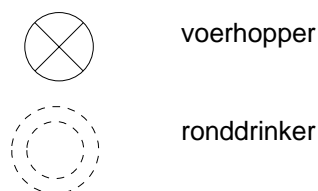
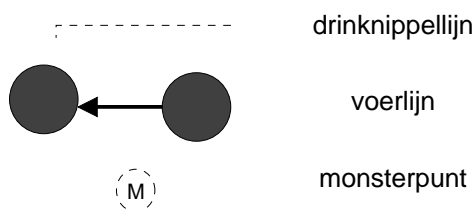
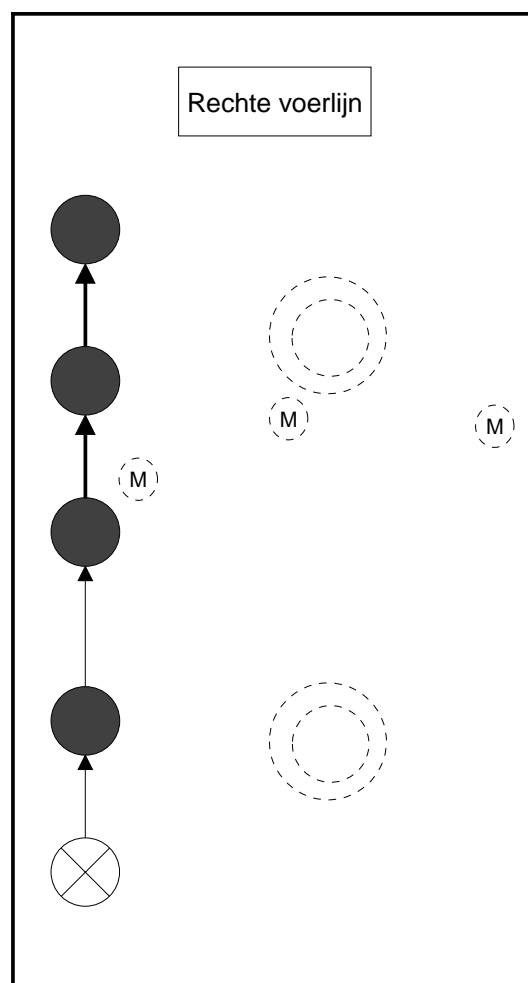
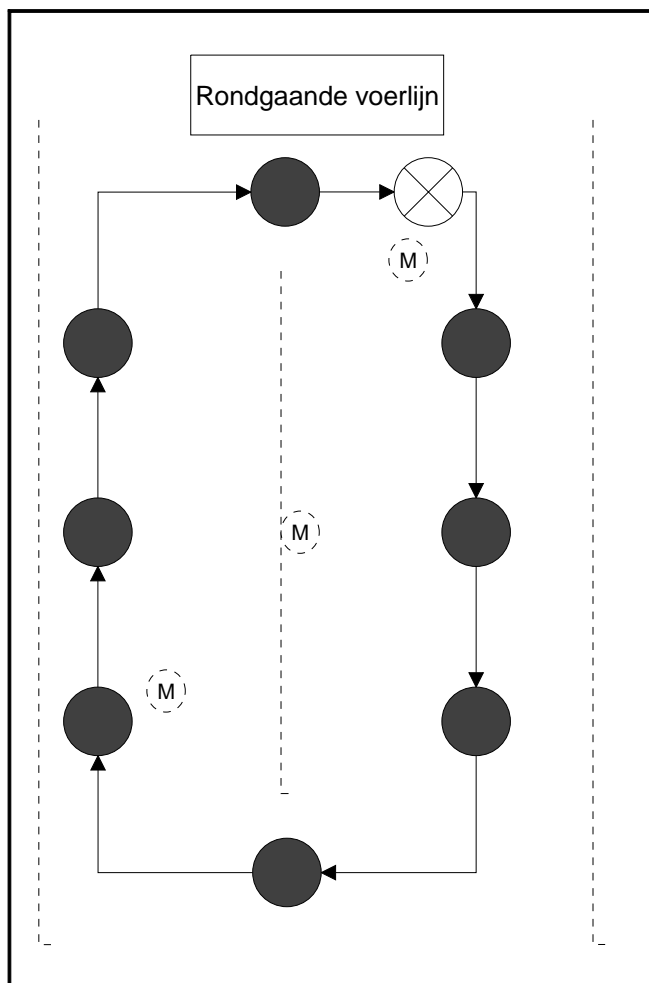
Neem per subafdeling op drie plaatsen een monster van mest/strooisel.

De plaats van bemonsteren is afhankelijk van het voersysteem.

Neem bij een rondgaande voercircuit drie monsters langs een diagonaal beginnende bij de voerhopper; bij de voerlijn en -pan en bij/onder drinklijn en tussen de voerlijn en drinklijn (tekening 1).

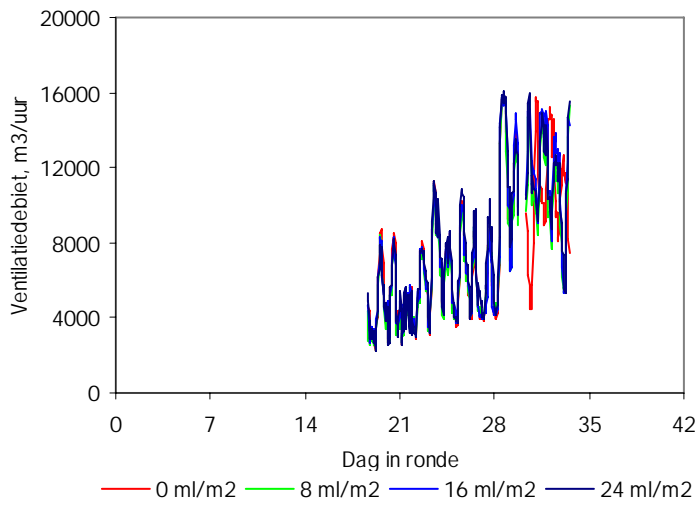
Neem bij een rechte voerlijn drie monsters: bij de voerlijn; bij de drinker; bij afscheiding met andere subafdeling (tekening 2).

Neem de monsters met een mestboor of maak de mest eerst los met een greep. Neem daarna met de hand een monster. Verzamel de monsters per (sub) afdeling in een emmer, plastic zak of RVS bakje.

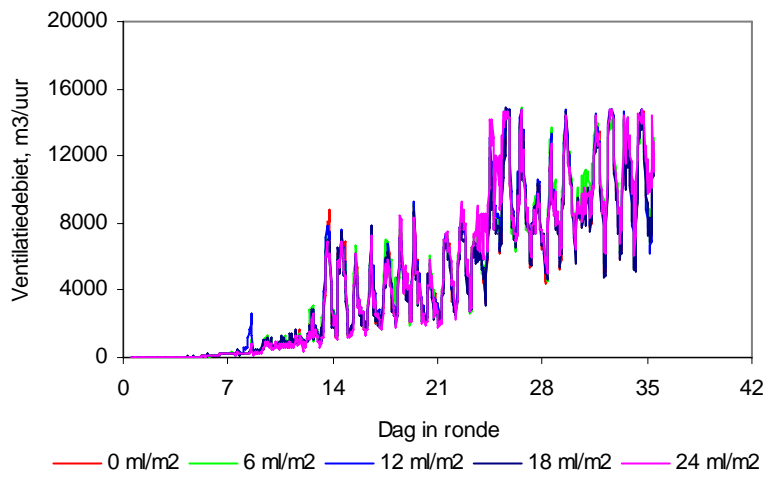


**Bijlage 3 Ventilatie-debiet in de verschillende afdelingen en in de verschillende rondes**

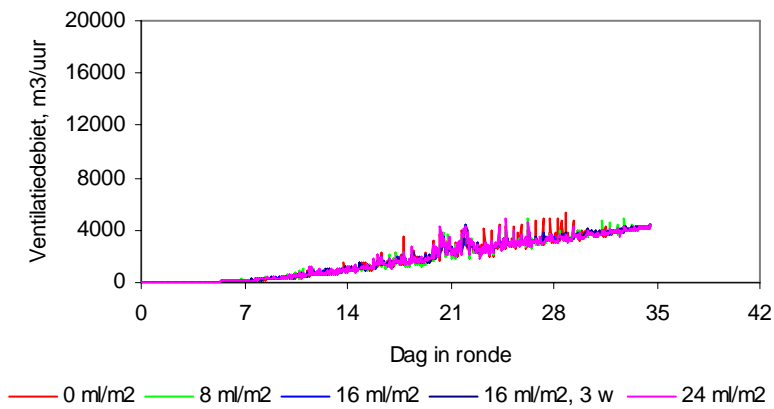
Ronde 1



Ronde 2



Ronde 3

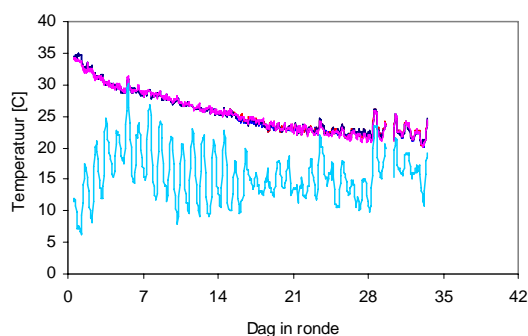


## Bijlage 4 Temperatuur en RV in verschillende afdelingen en verschillende ronden

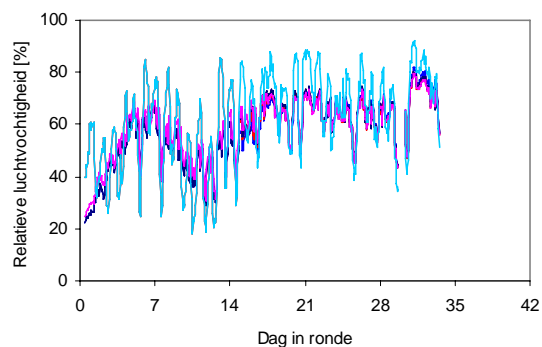
Gemiddelde temperaturen en RV's in de afdelingen en buiten gedurende de verschillende ronden

Ronde	Temp. afd. (°C)	RV Afd. (%)	Temp. buiten (oC)	RV buiten (%)
1	25,6	58,0	15,8	62,0
2	26,0	66,4	19,3	71,4
3	25,9	54,0	7,2	91,4

### Ronde 1

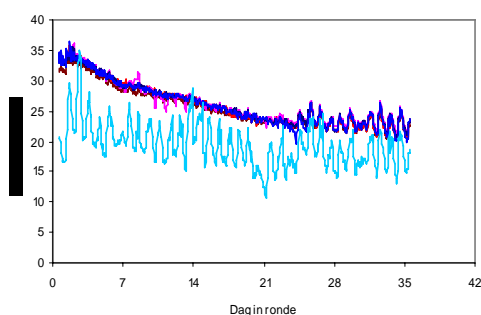


— 0 ml/m<sup>2</sup> — 8 ml/m<sup>2</sup> — 16 ml/m<sup>2</sup> — 24 ml/m<sup>2</sup> — buiten

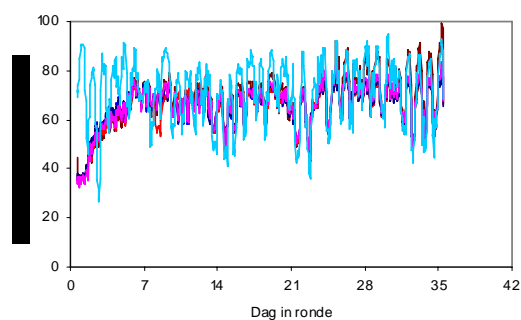


— 0 ml/m<sup>2</sup> — 8 ml/m<sup>2</sup> — 16 ml/m<sup>2</sup> — 24 ml/m<sup>2</sup> — buiten

### Ronde 2

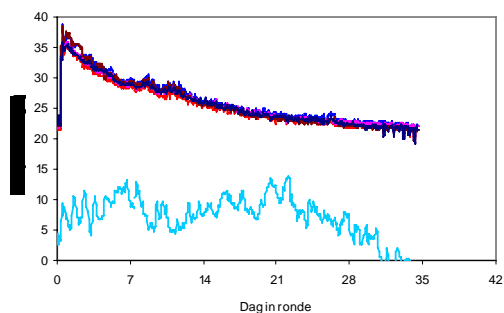


— 0 ml/m<sup>2</sup> — 6 ml/m<sup>2</sup> — 12 ml/m<sup>2</sup>  
— 18 ml/m<sup>2</sup> — 24 ml/m<sup>2</sup> — buiten

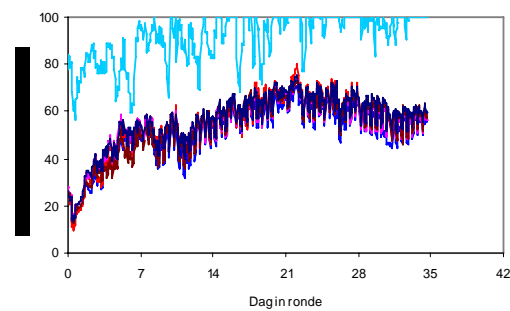


— 0 ml/m<sup>2</sup> — 6 ml/m<sup>2</sup> — 12 ml/m<sup>2</sup>  
— 18 ml/m<sup>2</sup> — 24 ml/m<sup>2</sup> — buiten

### Ronde 3



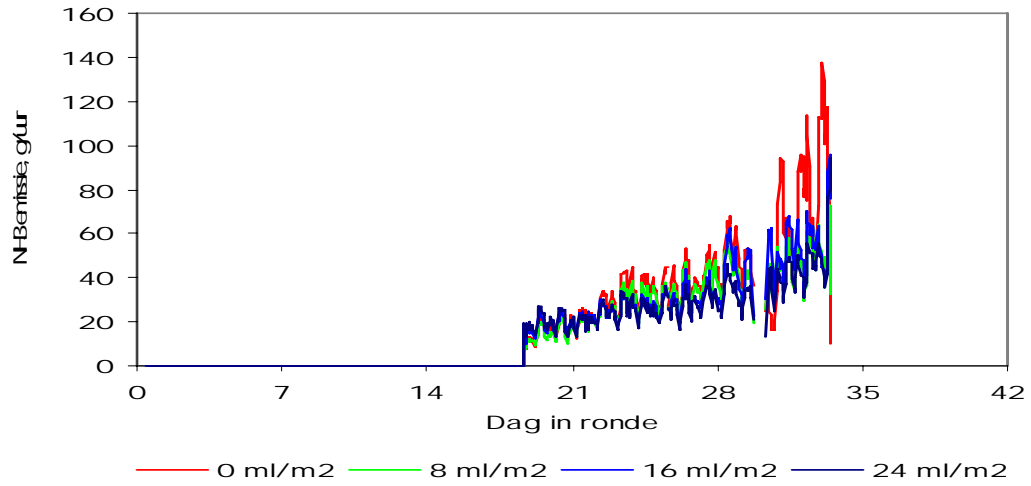
— 0 ml/m<sup>2</sup> — 8 ml/m<sup>2</sup> — 16 ml/m<sup>2</sup>  
— 16 ml/m<sup>2</sup>, 3w — 24 ml/m<sup>2</sup> — buiten



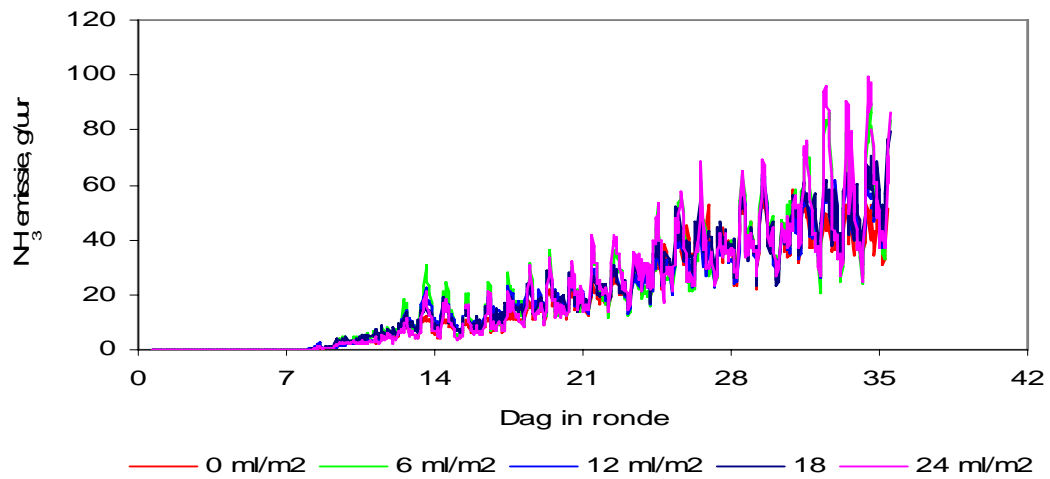
— 0 ml/m<sup>2</sup> — 8 ml/m<sup>2</sup> — 16 ml/m<sup>2</sup>  
— 16 ml/m<sup>2</sup>, 3w — 24 ml/m<sup>2</sup> — buiten

**Bijlage 5 Verloop van de ammoniakemissie in de verschillende afdelingen en in de verschillende rondes**

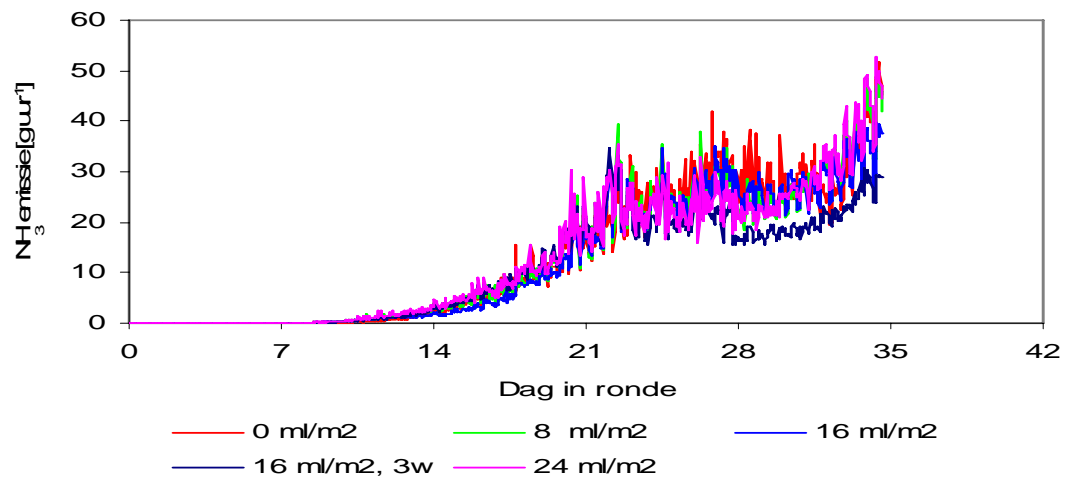
Ronde 1



Ronde 2



Ronde 3





**Bijlage 6 Effect olie op de uitwendige beoordeling van vleeskuikens in de verschillende ronden**Ronde 1

Kenmerk	Afdeling 8 Controle	Afdeling 7 Olie 8 ml/m <sup>2</sup>	Afdeling 6 Olie 16 ml/m <sup>2</sup>	Afdeling 5 Olie 24 ml/m <sup>2</sup>
<i>Borstbevulling</i>				
Geen	0.06	0.02	0.00	0.00
Gering	0.90	0.74	0.78	0.84
Matig	0.04	0.24	0.22	0.16
Ernstig	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Borstirritaties</i>				
Geen	0.60	0.80	0.80	0.78
Gering	0.36	0.16	0.16	0.20
Matig	0.04	0.04	0.04	0.02
Ernstig	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Dijkwassen</i>				
Geen	0.70	0.74	0.76	0.72
Gering	0.24	0.22	0.20	0.24
Matig	0.06	0.04	0.04	0.00
Ernstig	0.00	0.00	0.00	0.04
<i>Brandhakken</i>				
Geen	0.48	0.26	0.34	0.14
Gering	0.46	0.68	0.54	0.70
Matig	0.06	0.06	0.12	0.16
Ernstig	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Voetzoolirritaties</i>				
Klasse 0	0.32	0.28	0.08	0.14
Klasse 1	0.68	0.68	0.72	0.58
Klasse 2	0.00	0.04	0.20	0.28
Welzijnscore	34	42	76	85

Ronde 2

Kenmerk	Afdeling 1 Controle	Afdeling 6 Olie 6 ml/m <sup>2</sup>	Afdeling 8 Olie 12 ml/m <sup>2</sup>	Afdeling 7 Olie 18 ml/m <sup>2</sup>	Afdeling 5 Olie 24 ml/m <sup>2</sup>
<i>Borstbevuiling</i>					
Geen	0.03	0.06	0.02	0.00	0.00
Gering	0.83	0.75	0.68	0.70	0.75
Matig	0.14	0.18	0.30	0.30	0.25
Ernstig	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
<i>Borstirritaties</i>					
Geen	0.73	0.75	0.75	0.83	0.86
Gering	0.25	0.23	0.21	0.16	0.13
Matig	0.02	0.02	0.04	0.01	0.01
Ernstig	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Dijkkrassen</i>					
Geen	0.88	0.89	0.93	0.83	0.83
Gering	0.07	0.06	0.03	0.12	0.12
Matig	0.04	0.05	0.03	0.05	0.03
Ernstig	0.01	0.00	0.01	0.00	0.02
<i>Brandhakken</i>					
Geen	0.70	0.60	0.48	0.58	0.67
Gering	0.29	0.33	0.41	0.36	0.28
Matig	0.01	0.06	0.11	0.05	0.04
Ernstig	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01
<i>Voetzoolirritaties</i>					
Klasse 0	0.34	0.17	0.11	0.18	0.12
Klasse 1	0.64	0.79	0.80	0.75	0.73
Klasse 2	0.02	0.04	0.09	0.07	0.15
Welzijnscore	72	95	116	103	133

## Ronde 3

	Afdeling 4 Controle (0 ml/m <sup>2</sup> )	Afdeling 5 Olie 8 ml/m <sup>2</sup>	Afdeling 7 Olie 16 ml/m <sup>2</sup>	Afdeling 8 Olie 20 ml/m <sup>2</sup>	Afdeling 6 Olie 24 ml/m <sup>2</sup>
Start aanbrengen oliefilm	n.v.t.	Dag 12	Dag 12	Dag 21	Dag 12
<i>Borstbevuiling</i>					
Geen	0.01	0.00	0.02	0.01	0.00
Gering	0.42	0.23	0.23	0.17	0.10
Matig	0.57	0.77	0.75	0.80	0.90
Ernstig	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00
<i>Borstirritaties</i>					
Geen	0.68	0.69	0.87	0.72	0.83
Gering	0.30	0.26	0.11	0.23	0.11
Matig	0.02	0.05	0.02	0.05	0.06
Ernstig	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Dijkkrassen</i>					
Geen	0.85	0.77	0.81	0.80	0.81
Gering	0.12	0.18	0.13	0.14	0.11
Matig	0.03	0.04	0.05	0.06	0.05
Ernstig	0.00	0.01	0.01	0.00	0.03
<i>Brandhakken</i>					
Geen	0.29	0.27	0.40	0.30	0.19
Gering	0.58	0.51	0.49	0.59	0.68
Matig	0.13	0.22	0.11	0.11	0.13
Ernstig	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Voetzoolirritaties</i>					
Klasse 0	0.45	0.28	0.38	0.34	0.33
Klasse 1	0.53	0.65	0.61	0.64	0.63
Klasse 2	0.02	0.07	0.01	0.02	0.04
Welzijnscore	31	47	33	36	40