

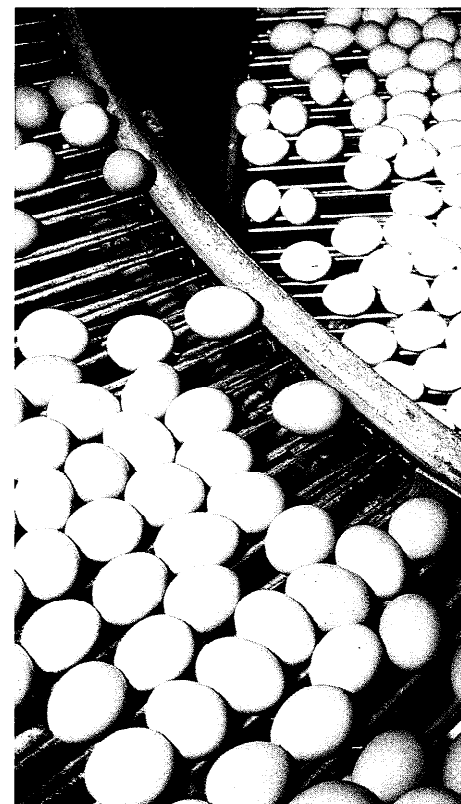
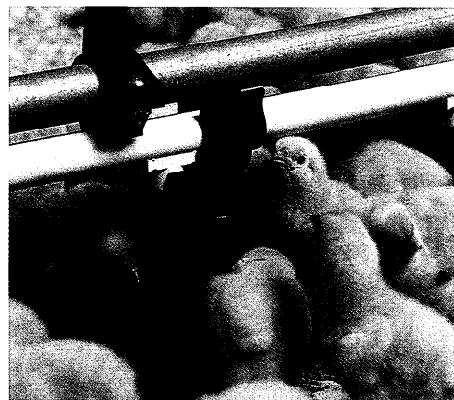
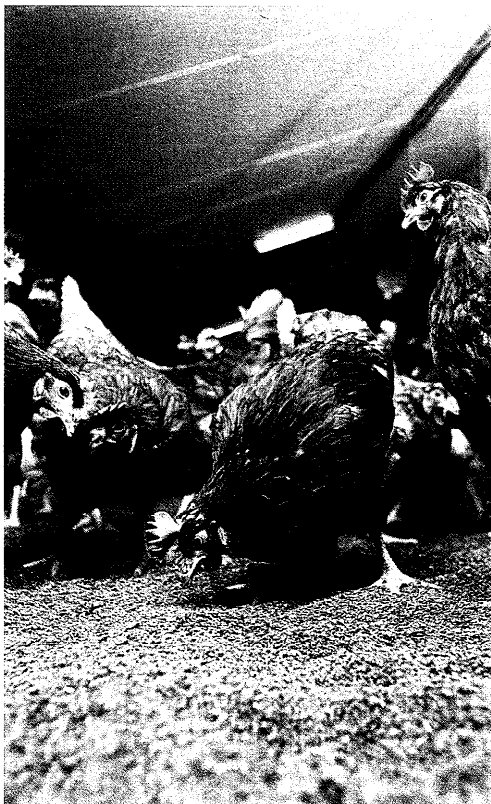


PP-uitgave no. 76

**EFFECTEN VAN HET VERNEVELEN VAN
VLOEISTOFFEN TER VERLAGING VAN
DE STOFCONCENTRATIE
IN PLUIMVEESTALLEN**

**Ing. H.H. Ellen
H. Drost**

Oktober 1998



PP-uitgave no. 76, oktober 1998

Losse nummers van de PP-uitgaven zijn verkrijgbaar door f 10,- over te maken op girorekening 3839554 of op bankrekening 30.83.04.837 t.n.v., Praktijkonderzoek Pluimveehouderij, onder vermelding van PP-uitgave no. . . .

PP-uitgave is een publicatie van praktijkonderzoek Pluimveehouderij "Het Spelderholt".

Redactie en administratie:

Postbus 3 1
7360 AA Beekbergen
Tel.no.: 055-5066500
Faxno.: 055-5064858

Overname:

Geheel of gedeeltelijk overnemen van de inhoud uit deze uitgave is toegestaan, mits de bron wordt vermeld.

ISSN: 0928-2076

**EFFECTEN VAN HET VERNEVELEN VAN VLOEISTOFFEN
TER VERLAGING VAN DE STOFCONCENTRATIE
IN PLUIMVEESTALLEN**

**The effect of spraying liquids
on the dust concentration in poultry houses**

H. Ellen (PP)
H. Drost (IMAG-DLO)

Oktober 1998

**Praktijkonderzoek Pluimveehouderij “Het Spelderholt”
PP-uitgave no. 76**

VOORWOORD

De afgelopen jaren heeft het Praktijkonderzoek Pluimveehouderij “Het Spelderholt” (PP) zich bij dit onderzoek niet alleen gericht op de dieren, maar ook op de mensen die de dieren moeten verzorgen. Dit uitte zich in onderzoek naar verbetering van de arbeidsomstandigheden in de stallen: programma 3.14 “Arbeid en arbeidsomstandigheden”. Speerpunt in dit programma is daarbij het reduceren van de stofconcentratie in de stallucht. In samenwerking met het Instituut voor Milieu- en Agritechniek (IMAG-DLO) is ten aanzien van dit onderwerp het project ‘Effecten van het vernevelen van vloeistoffen ter verlaging van de stofconcentratie in pluimveestallen’ uitgevoerd.

Door een extra financiële bijdrage heeft het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij de uitvoering van dit project mogelijk gemaakt. Landbouw Innovatie Noord-Brabant (LIB) stelt vooral belang bij het uitdragen van de resultaten, en was bereid een deel van de kosten van implementatie voor haar rekening te nemen.

In dit verslag vindt u een weergave van alle in het kader van dit project uitgevoerde proeven. Het is daarmee het eindverslag van dit project. Over de verschillende proeven zijn eerder publikaties verschenen, zowel in de vorm van rapporten als artikelen.

De resultaten van het project zijn voor beide deelnemende instituten aanleiding om het onderzoek naar de mogelijkheden om de stofconcentratie in pluimveestallen te verlagen, voort te zetten.

Oktober 1998
Ir. G.W.H. Heusinkveld
directeur

INHOUDSOPGAVE

	Pag.
SAMENVATTING	7
SUMMARY	9
1 INLEIDING	11
2 OPZET, UITVOERING EN RESULTATEN	13
2.1 Literatuurstudie	13
2.2 Vernevelen van water	13
2.3 Vernevelen van water en olie	15
2.4 Continue Relatieve Vochtigheid	16
3 DISCUSSIE	19
4 AANBEVELINGEN	21
4.1 Aanbevelingen voor de praktijk	21
4.2 Aanbevelingen voor het beleid	21
4.3 Aanbevelingen voor het onderzoek	21
LITERATUUR	23
BIJLAGEN:	
1 Overzicht publicaties	25
2 Samenvattingen van in het kader van dit project verschenen rapporten	26
2.1 Samenvatting van de nota P97-50; 'De effecten van het vernevelen van water op de stofconcentratie in pluimveestallen'	26
2.2 Samenvatting van het rapport R9804; 'Verlaging van stofconcentratie door vloeistofverneveling en niveau van Relatieve Vochtigheid in vleeskuikenstallen'	29
3 Overzicht gebruikte meetapparatuur en benaming verschillende stoffracties	30
4 List of English tables	32
5 List of English headings of figures	33

SAMENVATTING

Het Praktijkonderzoek Pluimveehouderij "Het Spelderholt" (PP) en het Instituut voor Milieu- en Agritechniek (IMAG-DLO) hebben gezamenlijk onderzoek opgestart naar verlaging van de stofconcentratie in pluimveestallen. Dit heeft geresulteerd in het project 'Effecten van het vernevelen van vloeistoffen ter verlaging van de stofconcentratie in pluimveestallen'.

Op basis van een literatuurstudie is binnen dit project gekozen om het terugdringen van de stofconcentratie in pluimveestallen door middel van het vernevelen van vloeistoffen nader te bekijken.

Het effect van het vernevelen van water is onderzocht op een bedrijf met twee vergelijkbare vleeskuikenstallen. Vernevelaars van Priva zijn gebruikt om waterdruppels kleiner dan 10 μm in de stal te vernevelen. Dit is gebeurd bij een stand van de ventilatoren van 10, 50 en 100 % van het maximale toerental en gedurende 1,5 en 10 minuten. De continue stofmetingen zijn uitgevoerd met een Miniram. De effectiviteit van het vernevelen werd berekend uit het verschil in stofconcentratie direct voor en na het vernevelen. Alle metingen lieten een geringe reductie van de stofconcentratie zien, variërend van 2 tot 12 %. Een verschil in stofconcentratie is niet gevonden bij de verschillende capaciteiten van de ventilatoren en bij de tijdsduren van het vernevelen.

Het vernevelen van water met 3 % koolzaadolie is uitgevoerd op een ander praktijkbedrijf met vleeskuikens. Ook hier is gebruikt gemaakt van Priva vernevelaars en er is verneveld gedurende 5 minuten. De continue stofmetingen vonden hier ook plaats met een Miniram. De resultaten zijn op dezelfde manier verwerkt als hierboven beschreven. Deze metingen lieten een stofreductie van 10 - 11 % zien.

In de stallen van de Provinciale Dienst voor de Land- en Tuinbouw (PDLT) in Antwerpen is vernevelapparatuur van Priva gebruikt om de Relatieve Vochtigheid (RV) in de lucht constant op een hoger niveau te houden, namelijk op 75 %. Inhaleerbaar en respirabel stofmetingen zijn uitgevoerd met de gravimetrische methode. Dit is gebeurd tijdens de mestronde en tijdens het afleveren. Voor inhaleerbaar stof werd tijdens de mestronde een gemiddelde stofreductie van 13 en 22,5 % gevonden. Voor het respirabel stof werd echter in de eerste proef een verhoging van 30 % gevonden. In de tweede proef bleef de concentratie voor respirabel stof nagenoeg gelijk. De resultaten tijdens het afleveren lieten een zeer wisselend beeld zien: zowel verhoging als verlaging van de stofconcentratie.

Op basis van de bovenstaande proeven is niet duidelijk geworden of door het vernevelen van vloeistoffen de stofconcentratie in pluimveestallen aanzienlijk kan worden verlaagd. Een verklaring hiervoor kan zijn dat de waterdruppels die door de vernevelapparatuur worden gemaakt te klein zijn ($< 10 \mu\text{m}$). Hierdoor verdampen ze snel en is het niet mogelijk voor het stof om aan de waterdruppeltjes te hechten. De oliedruppels zullen niet zo snel verdampen, maar wellicht zijn deze ook te klein om het in de lucht aanwezige stof te binden.

Het vernevelen van water met of zonder olie geeft een zeer geringe reductie van de stofconcentratie. Het is echter belangrijk dat onderzoek op dit gebied verder gaat. Hierbij kan gedacht worden aan andere methoden om water en/of olie in de stal te verspreiden.

SUMMARY

The Centre for Applied Poultry Research “The Spelderholt” (CAPR) and The Institute of Agricultural and Environmental Engineering (IMAG-DLO) started a research to **reduce** the dust concentration in poultry houses. This resulted in the project ‘The effect of spraying liquids on the dust concentration in poultry houses’.

As a **result** of a literature study, in this project the reduction of the dust concentration **will** be evaluated by **means** of spraying of liquids.

The effect of spraying water was measured at a commercial farm with two identical houses with broilers. Spraying equipment of Priva was used to spray water **droplets** smaller than 10 μm into the house. Spraying was performed with a capacity of 10, 50 and 100 % of the fans and a duration of 1, 5 and 10 minutes. Continuous dust measurements were **carried out** with a **Miniram**. The effectiveness of spraying on the dust concentration was estimated by comparing the dust concentrations before and **after** the spraying. **All** measurements showed a little reduction of the dust concentration, which varied between 2 and 12 %. There were no differences in dust concentration between the different capacities of the fans and the durations of spraying.

Spraying of water with 3 % oil was performed on an other commercial farm with broilers. **Also** in these measurements Priva equipment was used and spraying was performed for 5 minutes. Again the **Miniram** was used for the continuous dust measurements. The effectiveness was estimated as mentioned above. The dust concentration was reduced by 10 - 11%.

In the broiler houses of The **Provincial** Agricultural Research Institute of Antwerp (Belgium) spraying equipment of Priva was **also** used to keep the relative humidity at a constant level, namely at 75 %. Inhalable and respirable dust measurements were performed with the **gravimetric** method. This was performed during the growing period and during the delivery of the broilers. Reductions of inhalable dust concentrations during the growing period were 13 and 22.5 %. The respirable dust concentration in the **first** experiment increased 30 %, in the **second** experiment the concentrations were **almost** the same. The results of the dust concentration during the delivery varied, both increases and reductions of the dust concentrations were found.

The results of the experiments mentioned above did not prove that dust concentrations in poultry houses **can** be reduced **considerable** by spraying of liquids. It is possible that the **droplets** used were too small (< 10 μm). Owing to this the **droplets** are evaporating **very** soon and dust **can** not bind to the water droplets. **Droplets** of oil **will** not evaporate **very** soon, but perhaps these **droplets** are **also** too small to bind to the dust.

Spraying of water with or without oil resulted in a **very** little reduction of the dust concentration. **However**, it is **very** important to continue the research in this field, for example to evaluate other methods to bring water **and/or** oil into the poultry houses.

1 INLEIDING

De arbeidsomstandigheden in de landbouw krijgen steeds meer de aandacht, niet alleen vanuit de sector zelf, maar ook vanuit de ministeries Landbouw, Natuurbeheer en Visserij (LNV) en Sociale Zaken en Werkgelegenheid (SZW). Eén van de aandachtspunten is de vaak stoffige omgeving waarin personen werkzaam zijn. Dit geldt met name voor de pluimveesector, waar huisvestingssystemen met strooisel worden toegepast. Dat stof in de agrarische sector een risicofactor is voor de gezondheid van de mensen die er moeten werken, blijkt onder andere uit onderzoek in de varkenshouderij (Preller, 1995).

Deze problematiek was voor het Praktijkonderzoek Pluimveehouderij “Het Spelderholt” (PP) aanleiding om in samenwerking met het Instituut voor Milieu- en Agritechniek (IMAG-DLO) onderzoek op te starten naar de mogelijkheden om de stofconcentratie in pluimveestallen te verlagen. Dit heeft geresulteerd in het project ‘Effecten van het vernevelen van vloeistoffen ter verlaging van de stofconcentratie in pluimveestallen’.

De leden van de projectgroep waren:

- Van het PP; Dr.ir. J.H. van Middelkoop en ing. H.H. Ellen
- Van het IMAG-DLO; Ir. H.H.E. Oude Vrielink en Jr. W.C. Drost.

In het kader van dit project zijn diverse activiteiten uitgevoerd, waarbij ook praktijkbedrijven waren betrokken. De opzet, uitvoering en resultaten van de activiteiten zijn uitvoerig weergegeven in diverse publicaties (zie bijlage 1). In dit verslag worden de resultaten van het totale project kort weergegeven. Hoofdstuk 2 beschrijft de verschillende activiteiten, met hun onderlinge samenhang en de resultaten. Hoofdstuk 3 geeft de discussie over de resultaten van de diverse proeven. Naar aanleiding van de resultaten en de discussie worden in hoofdstuk 4 aanbevelingen gegeven, zowel voor de praktijk, het beleid als voor het onderzoek.

2 OPZET, UITVOERING EN RESULTATEN

Tijdens het gehele project zijn een aantal activiteiten uitgevoerd. Deze worden in de paragrafen 2.1 tot en met 2.4 verder toegelicht. Uitgebreide informatie over de activiteiten is te vinden in de rapporten en artikelen die zijn opgenomen in bijlage 1. Van twee rapporten zijn de samenvattingen opgenomen in bijlage 2.

2.1 Literatuurstudie

In de eerste fase van het project is in literatuur gezocht naar aangrijpingspunten om de stofconcentratie in stallen te verlagen. Hierbij is niet alleen gekeken naar de pluimveesector, maar ook naar de varkenssector, omdat in deze sector in Nederland de problematiek van stof als risicofactor al enige aandacht had gekregen.

De studie is verwerkt in een rapport (R9703, zie bijlage 1), waarin eerst wordt ingegaan op de stofproblematiek in de pluimveesector. Daarna worden algemene oplossingen gegeven voor alle pluimveesectoren, gevolgd door eventuele oplossingen voor strooiselhuisvesting en kooihuisvesting.

Op basis van de in de literatuur gevonden alternatieven is voor het verdere onderzoek in dit project gekozen om het vernevelen van vloeistoffen verder uit te werken.

2.2 Vernevelen van water

In met name de vleeskuikensector is de afgelopen jaren op veel bedrijven geïnvesteerd in vernevelapparatuur. Deze apparatuur is gericht op het beperken van de hitteschade door de stallucht te koelen met behulp van het vernevelen van water. Veel gebruikers van deze nevelapparatuur gaven aan dat het in de stallen 'helderder' werd vlak na het vernevelen. Er waren zelfs pluimveehouders die bewust vernevelden voordat ze de stal in gingen. Samen met literatuurgegevens over onderzoek naar het vernevelen van water in de varkenshouderij (Gustafsson, 1994) was dit aanleiding om een onderzoek te starten naar het effect van het vernevelen van water op de stofconcentratie.

Het onderzoek is gericht op het effect van het vernevelen van vloeistoffen op de stofconcentratie direct na het vernevelen. Op een vleeskuikenbedrijf met twee vergelijkbare stallen zijn metingen gedaan naar het verloop van de stofconcentratie rond het vernevelen van water.

Het vernevelen is uitgevoerd met vernevelaars van het merk Priva. Door water met een druk van 120 bar door de nozzles te stuwen, worden waterdruppels kleiner dan 10 μm gevormd. De waterdruppels zijn zo klein, omdat ze moeten verdampen voordat ze de grond bereiken. Het vernevelen is uitgevoerd bij verschillende instellingen van de apparatuur:

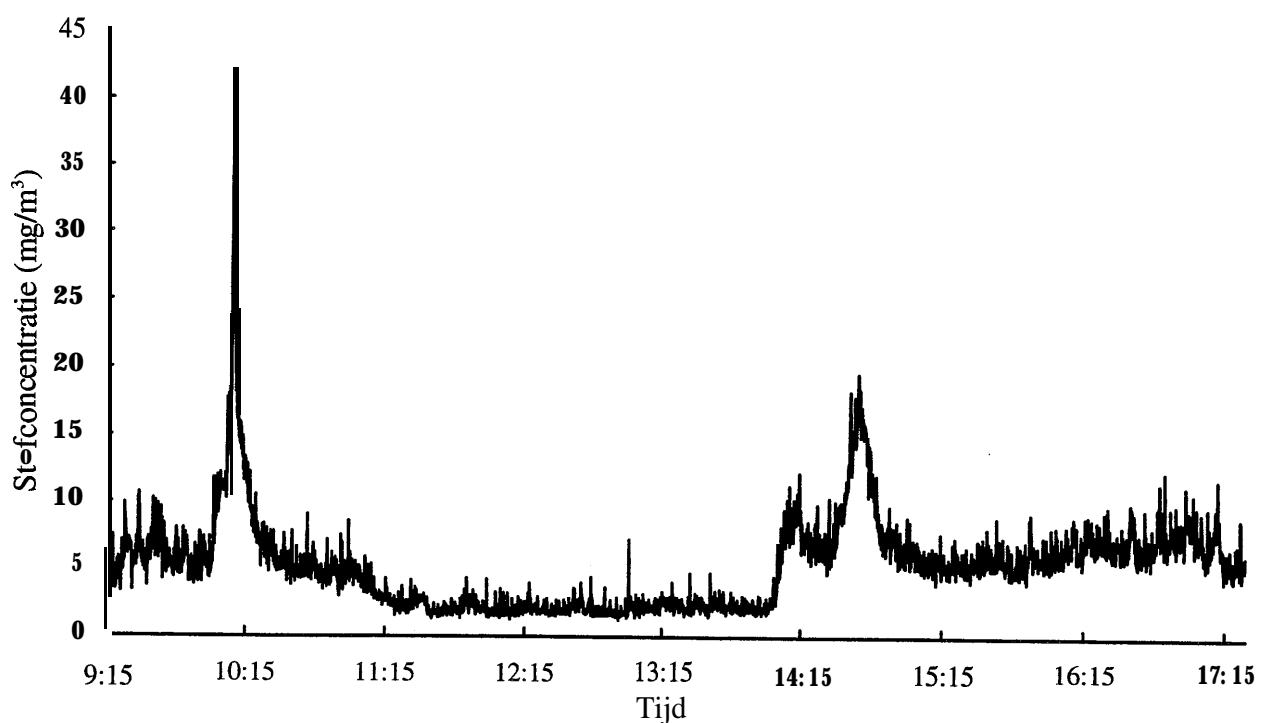
- Capaciteit van de ventilatoren: 10 %, 50 % en 100 %.
- Tijdsduur van het vernevelen: 1, 5 en 10 minuten.

De capaciteit van de ventilatoren is een indicatie voor het aantal omwentelingen van de ventilatoren. Hoe groter de capaciteit, hoe beter de waterdruppels zich in de stal zullen verdelen, wat tot een grotere stofreductie kan leiden.

Continue registratie van de stofconcentratie vond plaats met een **Miniram** PDM-3. Ter controle van de **Miniram** is ook thoracaal stof gemeten met een gravimetrische methode (voor

beknopte beschrijving van de meetapparatuur zie bijlage 3). Alle metingen zijn uitgevoerd gedurende 8 uur. Stofmetingen met de Miniram leverden problemen op tijdens het vernevelen. De waterdruppels die de vernevelaars in de stal verspreidden, werden ook door de Miniram gedetecteerd. Dit resulteerde in grote waarden (pieken) tijdens het vernevelen (zie figuur 2.1). Voordat de meetresultaten zijn geanalyseerd werden deze pieken eerst uit de resultaten gehaald. De effectiviteit van het vernevelen werd berekend door de gemiddelde concentratie over een periode voor het vernevelen te vergelijken met de gemiddelde concentratie over een evenlange periode na het vernevelen. Hiervoor zijn periodes gekozen met een redelijk stabiel verloop van de stofconcentratie. De lengte van de periodes varieerde van 7 tot 40 minuten.

Figuur 2.1 geeft een voorbeeld van de stofconcentratie gemeten met de Miniram tijdens het vernevelen. De twee pieken worden veroorzaakt door de waterdruppels die in de lucht aanwezig zijn tijdens het vernevelen.



Figuur 2.1: Het effect van het vernevelen op de stofconcentratie, gemeten met de Miniram.

De resultaten van het vernevelen staan in tabel 2.1. Alle metingen laten een reductie in de stofconcentratie zien; deze zijn echter zeer gering (tussen de 2 en 12 %). Er is geen verschil te zien in de reducties bij het variëren van de capaciteit van de ventilatoren. Er is een tendens naar een hogere reductie bij een langere tijdsduur, echter de meting bij 10 minuten en 100 % capaciteit spreekt dit tegen. Hiervoor is geen verklaring te vinden.

Op dit bedrijf zijn ook metingen verricht naar het verloop van de stofconcentratie bij het gebruik van een lichtschema en bij werkzaamheden in de stal. Samen met de hiervoor be-

schreven proef staan de resultaten van deze metingen in nota P97-50 van het IMAG-DL0 (zie bijlage 1).

Tabel 2.1: Vermindering van de stofconcentratie als gevolg van het vernevelen.

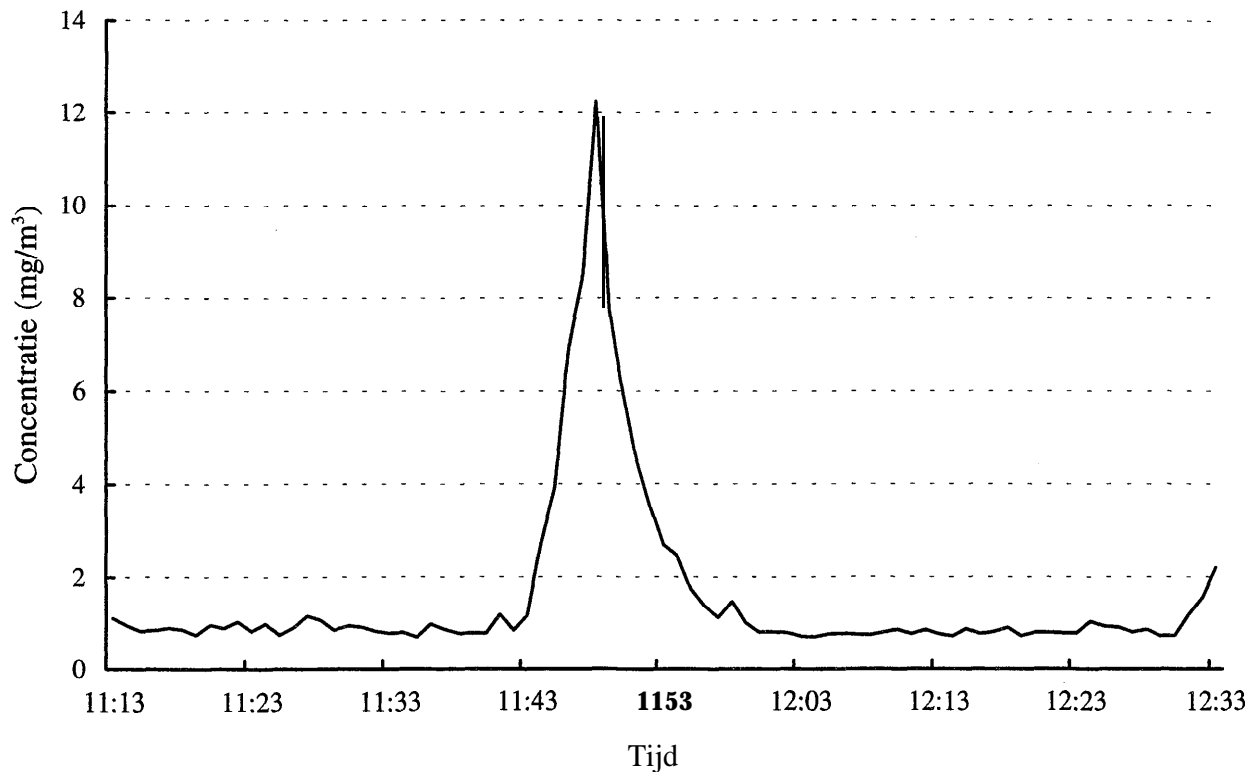
Tijdsduur	Capaciteit ventilatoren (%)	Reductie stofconcentratie (%)
1 minuut	10	1,82
1 minuut	100	1,99
5 minuten	10	5,91
5 minuten	50	6,15
5 minuten	100	8,64
10 minuten	50	11,92
10 minuten	100	3,30

2.3 Vernevelen van water en olie

Gezien de resultaten van de proef met alleen water vernevelen en de resultaten van proeven in de varkenshouderij, was de volgende stap om het effect te bekijken van het vernevelen van water met olie. Ook deze proef is uitgevoerd op een vleeskuikenbedrijf met twee vergelijkbare stallen, er is echter maar in één stal gemeten. Er waren metingen gepland met diverse concentraties olie, maar door onder andere de weersomstandigheden zijn alleen metingen verricht bij het vernevelen van water met 3 % olie. In de stallen waren ook vernevelaars van het merk Priva aanwezig. Er is gekozen voor een koolzaadolie die emulgeerbaar is gemaakt. Deze olie wordt ook gebruikt bij proeven bij het **Praktijkonderzoek Varkenshouderij**. De metingen zijn verricht met een **Miniram PDM-3** (voor beschrijving zie bijlage 3).

Net als bij het vernevelen van alleen water waren de metingen gericht op het effect, op de stofconcentratie direct na het vernevelen. In figuur 2.2 is het verloop van de stofconcentratie weergegeven van een periode waarop water met 3 % olie is verneveld gedurende 5 minuten.

Om het effect van het vernevelen te bepalen zijn van een periode voor en een periode na het vernevelen de gemiddelde concentratie bepaald. De beide periodes waren daarbij even lang (ongeveer 30 minuten) en de stofconcentratie redelijk stabiel. Hetzelfde is gedaan met de meetwaarden van een meting op een andere dag, ook met periodes van ongeveer 30 minuten voor en na het vernevelen van water met 3 % olie. Op basis van de gemiddelde waarden geeft het vernevelen van water met 3 % koolzaadolie een verlaging van de stofconcentratie van 10 - 11 %. De proef staat uitgebreid beschreven in rapport R9804 van het PP (zie bijlage 1).



Figuur 2.2: Verloop stofconcentratie in vleeskuikenstal tijdens het vernevelen van water met 3 % koolzaadolie, gemeten met de Miniram.

2.4 Continue Relatieve Vochtigheid

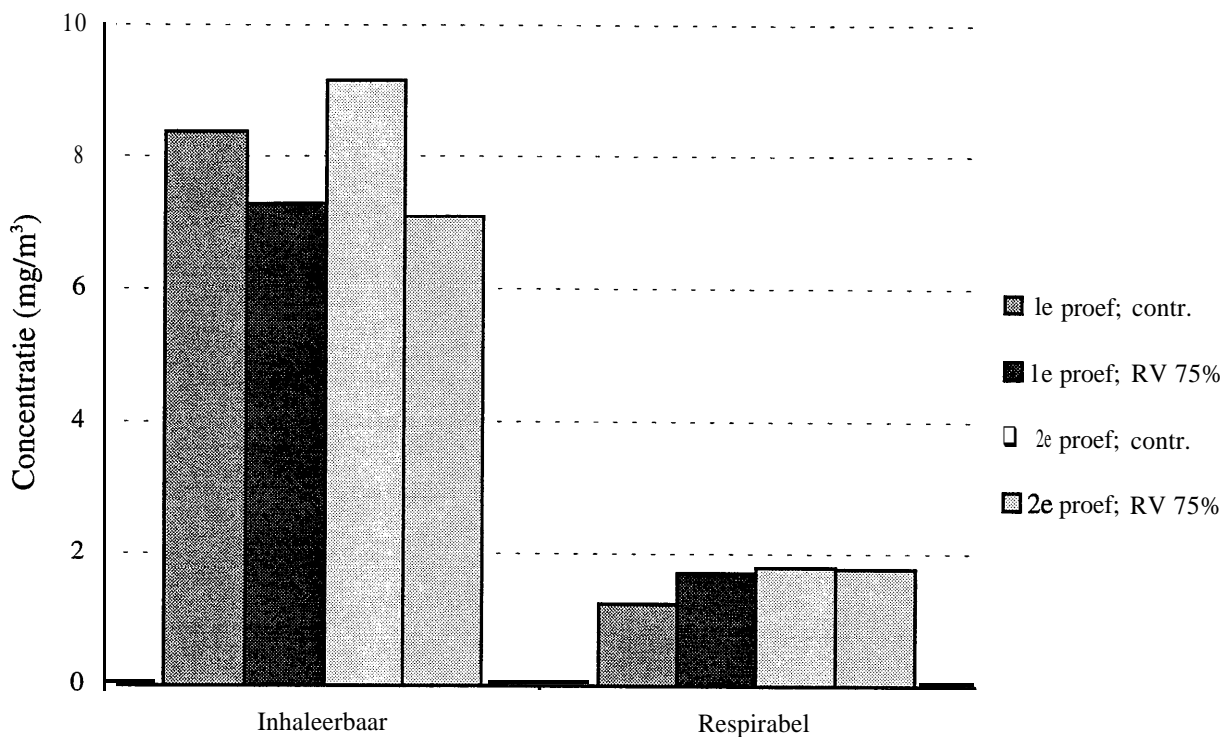
In de voorgaande twee proeven is alleen gekeken naar de stofconcentratie direct na het vernevelen van alleen water of water met koolzaadolie. De vernevelapparaat kan echter ook worden ingezet om de Relatieve Vochtigheid (RV) in de lucht te verhogen of op een bepaald niveau te houden. Een hogere RV kan een lagere stofconcentratie tot gevolg hebben. Om dit te onderzoeken is tijdens twee rondes met vleeskuikens in de stallen van de Provinciale Dienst voor de Land- en Tuinbouw (PDLT) van Antwerpen (België) een proef gedaan met een vaste RV. De eerste ronde startte op 18 augustus 1997, de tweede op 6 april 1998.

Tijdens de eerste ronde is de proef uitgevoerd in vier klimaat gescheiden afdelingen, twee met een verhoogde RV en twee controle-afdelingen. In de afdelingen zijn vernevelaars aanwezig van het merk Priva. De RV werd in eerste instantie op 70 % ingesteld, maar om voldoende verschil te houden met de controle-afdelingen is dit later verhoogd naar 75 %. In de tweede ronde is de RV vanaf 10 dagen leeftijd van de kuikens ingesteld op 75 % en uitgevoerd in twee klimaat gescheiden afdelingen.

Op regelmatige tijden en bij het afleveren is de stofconcentratie (inhaleerbaar en respirabel) gemeten met behulp van de gravimetrische methode (zie bijlage 3). Ook is het drogestofgehalte van het strooisel bepaald op verschillende tijdstippen tijdens de rondes.

In figuur 2.3 staan de gemiddelde stofconcentraties van alle metingen tijdens de beide rondes. Uit de figuur blijkt dat de concentraties tijdens de beide rondes niet sterk verschillen. Ook valt op dat de concentratie van inhaleerbaar stof in de afdelingen met een RV van 75 % lager is

dan in de controle-afdelingen: bij de eerste proef 13 % en bij de tweede proef 22,5 %. Uit statistische analyse van de meetresultaten van de eerste ronde bleek dat het verschil in concentratie voor inhaleerbaar stof significant was ($p < 0,05$). De concentratie van het respirabel stof werd niet lager. Tijdens de eerste ronde was in de afdelingen met een RV van 75 % de gemiddelde concentratie van het respirabel stof 30 % hoger. Tijdens de tweede ronde ongeveer gelijk

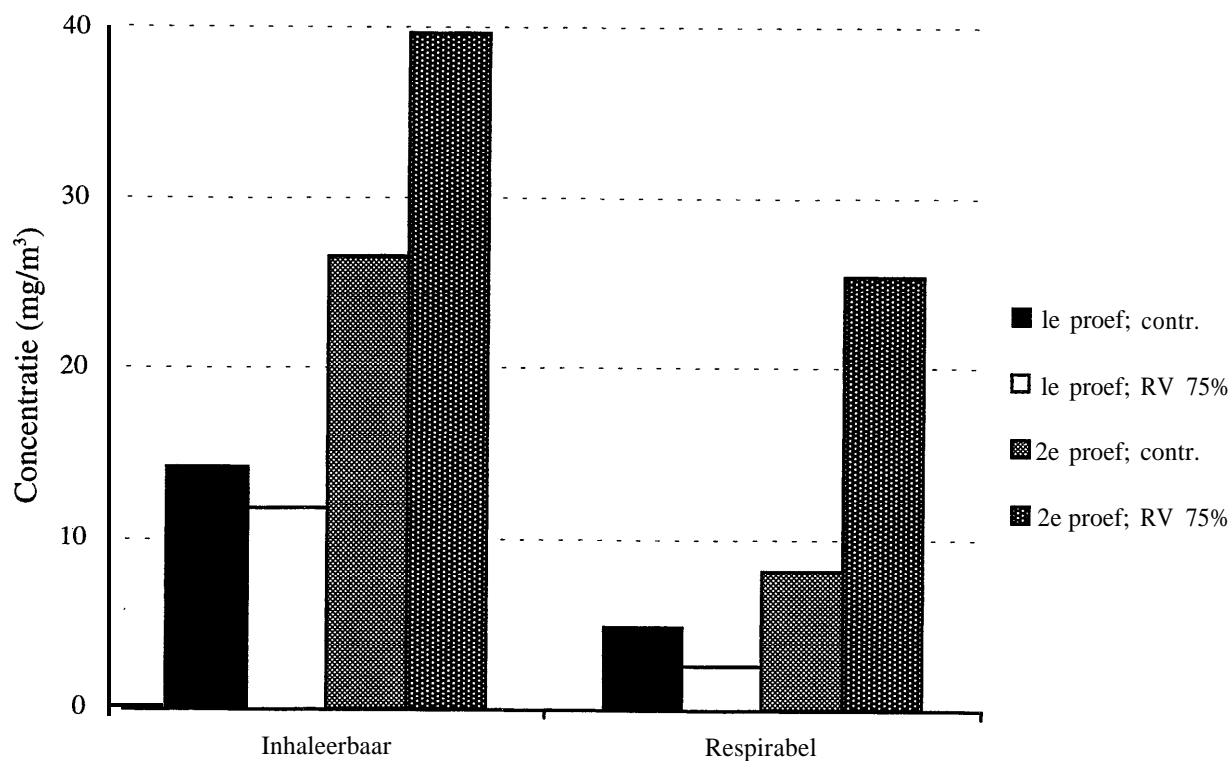


Figuur 2.3: Gemiddelde stofconcentraties van twee rondes met vleeskuikens met een RV van 75 %.

De stofconcentraties tijdens het afleveren waren sterk wisselend (zie figuur 2.4). Bij de tweede proef was de concentratie van zowel het inhaleerbaar als het respirabel stof hoger als bij de eerste ronde. Daarnaast waren de stofconcentraties bij de tweede ronde in de afdelingen met een RV van 75 % hoger dan in de controle-afdelingen. Hiervoor is geen verklaring.

Tabel 2.2 geeft de drogestofgehalten per afdeling weer van het strooisel tijdens de beide rondes. Er zijn geen duidelijke verschillen in de gehalten tussen de afdelingen met een RV van 75 % en de controle-afdelingen.

Beide proeven (opzet en resultaten) staan uitgebreider beschreven in het artikel “Hogere RV, minder stof?”, en de eerste proef ook in rapport R9804 (zie bijlage 1).



Figuur 2.4: Stofconcentraties tijdens het afleveren bij twee rondes met vleeskuikens met een RV van 7.5 %.

Tabel 2.2: Drogestofgehaltes mest (in %).

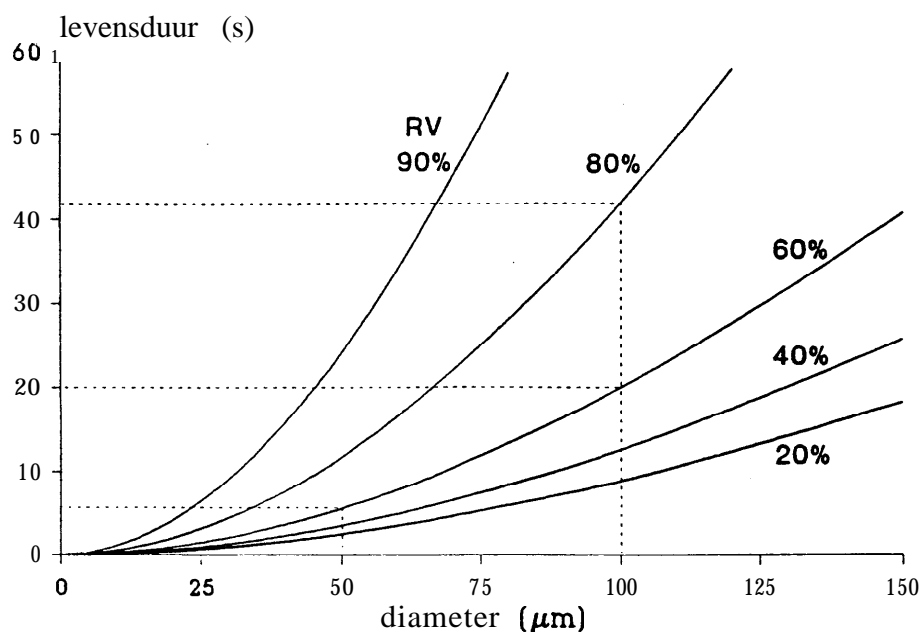
Leeftijd (dgn)	Eerste proef				Tweede proef		
	Contr.	RV 75%	Contr.	RV 75%	Leeftijd (dgn)	Contr.	RV 75%
11	80	80,4	80,2	81,4	16	81,5	80,9
30	72,8	70,4	73,4	68,6	30	68,7	65,1
36	71,4	67,2	66,3	73,4	37	66,8	63,9
na laden	73	68,7	74,5	67,9	na laden	68,8	70,2
gemiddeld	74,3	71,7	73,6	72,8	gemiddeld	71,5	70

3 DISCUSSIE

Op basis van de beschikbare literatuur en de opmerkingen uit de praktijk werd verwacht dat het vernevelen van water, al of niet vermengd met olie, de stofconcentratie zou verlagen. Uit de resultaten van de beide proeven met het vernevelen kwam dit echter niet naar voren. Oorzaak hiervan kan zijn dat de vernevelapparatuur erg kleine druppeltjes maakt ($<10\ \mu\text{m}$). Hierdoor verdampen ze snel (zie figuur 3.1), wat ook de bedoeling is bij de eigenlijke toepassing van deze apparatuur: **beperken/voorkomen** van hitteschade met behulp van koelen door verdampen van water. De snelle verdamping geeft echter geen hechtingsmogelijkheid van stof aan de waterdruppeltjes.

Ook bij het vernevelen van olie wordt slechts een geringe reductie van de stofconcentratie gevonden. Dit kan ook te maken hebben met de fijnheid van de gevormde nevel. De **oliedruppeltjes** verdampen niet zoals bij water, maar blijkbaar is de olie niet in staat om het in de lucht aanwezige stof te binden.

Bij alle metingen naar het directe effect van het vernevelen van vloeistoffen op de **stofconcentratie** is gebruik gemaakt van zogenaamde 'on-line' meetapparatuur (zie bijlage 3). Tijdens het verwerken van de meetresultaten bleek dat deze apparatuur ook de gevormde water- en oliedruppeltjes meet. Hierdoor is het moeilijk om de meetwaarden correct te interpreteren.



Figuur 3.1: Levensduur van verdampende waterdruppels bij verschillende diameters en relatieve vochtigheden (Bron: Beens, 1997).

Het op een constant hoger niveau houden van de Relatieve Vochtigheid (RV) van de stallucht, heeft wel een effect op de stofconcentratie, maar slechts alleen op de inhaleerbare fractie. In de beide proeven met een RV van 75 % werd deze lager. De concentratie aan respirabel stof werd echter niet lager. Een duidelijke verklaring voor dit verschil is niet te geven. De lagere concentratie van inhaleerbaar stof is niet direct een gevolg van natter strooisel/mest. Een

oorzaak kan zijn dat de grotere stofdeeltjes vocht opnemen, waardoor deze zwaarder worden en neerslaan. Hiermee kan ook de opmerking uit de praktijk worden verklaard dat de stal 'helderder' is. De 'grote' stofdeeltjes, die het zicht belemmeren, zijn uit de lucht verdwenen. De 'kleine', maar veel gevaarlijker, stofdeeltjes zijn er echter nog wel.

4 AANBEVELINGEN

Hoewel de diverse proeven slechts een geringe afname van de stofconcentratie gaven, kunnen naar aanleiding daarvan en op basis van de discussie een aantal aanbevelingen worden gedaan. Zowel aanbevelingen voor de praktijk, het beleid als voor het onderzoek.

4.1 Aanbevelingen voor de praktijk

Het vernevelen van water geeft slechts een lichte daling van de stofconcentratie direct na het vernevelen. Het aanzetten van de vernevelapparatuur vlak voor bijvoorbeeld het doen van controlerondes in een stal, lijkt weinig zinvol. De stofconcentratie is nog **dermate** hoog dat persoonlijke beschermingsmiddelen, zoals (half-)gelaatsmaskers of helmen met filters, nodig blij ven.

Uit de resultaten van de proef met het op 75 % houden van de RV van de stallucht, blijkt dat hiermee de concentratie van het inhaleerbaar stof kan worden verlaagd, maar niet de concentratie van het respirabel stof. Er is geen grote invloed op het drogestofgehalte van het strooisel.

Omdat de concentratie van het respirabel stof niet wordt verlaagd is het op een constant niveau houden van de RV niet aan te bevelen.

4.2 Aanbevelingen voor het beleid

De mogelijkheden om de stofconcentratie met behulp van vernevelapparatuur te verlagen blijken niet erg groot. Voor de overheid is het daarom niet zinvol om op dit gebied regelnd op te treden. Het is wel noodzakelijk om de nodige aandacht aan dit probleem te blijven geven. Dit kan binnen de huidige aansturing van het onderzoek.

4.3 Aanbevelingen voor het onderzoek

Naar aanleiding van de in de literatuur genoemde mogelijkheden om de stofconcentratie te verlagen, is in dit project de aandacht vooral gericht geweest op het vernevelen van vloeistoffen (water al of niet vermengd met olie). Het effect op de stofconcentratie bij de uitgevoerde behandelingen was echter gering. Wel is meer inzicht gekregen in hoe de stofconcentratie verder zou kunnen worden verlaagd. Daarbij zou het onderzoek zich moeten richten op:

- Onderzoek naar welke fysische en chemische eigenschappen van waterdruppels en stofdeeltjes een rol spelen bij de binding tussen deze twee.
- Onderzoeken van de bindingscapaciteit van (koolzaad)oliedruppels met betrekking tot stofdeeltjes.
- Andere methoden om (koolzaad)olie te verspreiden in de stal (bijvoorbeeld met behulp van een **rugs**puut aanbrengen op het strooisel) en het effect hiervan op de stofconcentratie.
- Onderzoeken of er naast een verlaging van de stofconcentratie ook een verlaging is van de concentratie van bacteriën, endotoxinen en schimmels in de stallucht.
- Onderzoek naar het effect van een hogere RV op de stofconcentratie, met name op het verschil tussen inhaleerbaar en respirabel stof.

LITERATUUR

Beens, N.A.T.A.L.I.E. (1997). *De effecten van het vernevelen van water op de stofconcentratie in pluimveestallen*. Instituut voor Milieu- en Agritechniek (IMAG-DLO), Wageningen, nota P 97-50.

Gustafsson, G. (1994). Efficiency of dust reducing methods in pig houses. *XII World Congress on Agricultural Engineering, Vol. 1, Proceedings of a conference., August 29 - September 1, Milan, Italy*, pp. 551 - 558.

Preller, L. (1995). *Respiratory health effects in pig farmers: Assessment of exposure and epidemiological studies of risk factors*. Proefschrift Landbouwniversiteit, Wageningen.

Bijlage 1: overzicht publicaties

Rapporten

Beens, N.; *De effecten van het vernevelen van water op de stofconcentratie in pluimveestallen.* Augustus 1997, IMAG-DLO Wageningen (Nota P97-50).

Doleghs, B.; *Verlaging van stofconcentratie door vloeistofverneveling en niveau van Relatieve Vochtigheid in vleeskuikenstallen.* Juni 1998, PP Beekbergen (R9804).

Ellen, H., Drost, H.; *Technische mogelijkheden om de stofconcentratie in pluimveestallen te verlagen.* Oktober 1997, PP Beekbergen (R9703).

Artikelen

Doleghs, B., Ellen, H.; *Vernevelen van olie; geen directe invloed op stofconcentratie.* Praktijkonderzoek 98/4.

Drost, H., Beens, N., Ellen, H., Oude Vrielink, H.; *Effectiveness offogging water as a method to reduce airborne dust concentration in poultry houses.* In: Transfer of knowledge in poultry production, 17 - 19 november 1997, World Poultry Science Association, European Symposium.

Ellen, H.; *Stofconcentratie in pluimveestallen.* Praktijkonderzoek 97/4, pp. 7-10, PP Beekbergen.

Ellen, H., Drost, H., Beens, N.; *Vernevelen van weinig invloed op stofconcentratie.* Pluimveehouderij 1998 nr 3, pp. 20-21, Elsevier Doetinchem.

Ellen, H., Zoons, J., Doleghs, B.; *Hogere RV; minder stof?* Pluimveehouderij 1998 nr.37, pp. 28-29, Elsevier Doetinchem.

Bijlage 2: samenvattingen van in het kader van dit project verschenen rapporten

Bijlage 2.1: samenvatting van nota P97-50; 'De effecten van het vernevelen van water op de stofconcentratie in pluimveestallen'

Het arbeidshygiënisch afstudeeronderzoek werd uitgevoerd in opdracht van IMAG-DLO te Wageningen. Binnen het onderzoek naar arbeidsomstandigheden in de agrarische sector vormt de gezondheidsbedreiging door omgevingsfactoren, met name stof, een belangrijk aandachtspunt. Stof vormt een probleem onder andere in de pluimveehouderij, waarbij de luchtwegen van de pluimveehouder risico lopen. Gezien de ervaringen met het vernevelen van vloeistoffen in de varkenshouderij en de positieve signalen vanuit de pluimveepraktijk zelf, leek deze techniek voldoende perspectief te bieden om te worden onderzocht op zijn stofreducerende eigenschappen. Tijdens dit onderzoek werd gekeken naar de effecten van het vernevelen van water op de stofconcentratie in pluimveestallen. Het onderzoek werd uitgevoerd bij een bedrijf dat grondhuisvestingssystemen hanteert voor het houden van vleeskuikens. Dit bedrijf is gevestigd in St. Oedenrode en is in het bezit van twee bijna identieke pluimveestallen.

Uit de literatuur komt naar voren dat stofdeeltjes in pluimveestallen voornamelijk afkomstig zijn van de dieren zelf door huidschilfers, faeces of veren en van hun voer en strooiselmateriaal. Verder blijkt dat respirabelstof het meest schadelijk is voor de gezondheid van de mens, doordat dit stof tot diep in de luchtwegen kan doordringen. Hierbij speelt voornamelijk de afmeting van het deeltje een rol. Voor de levensduur van waterdruppeltjes die ontstaan door het vernevelen spelen verschillende factoren een rol. Deze factoren zijn onder andere de afmeting van de druppel, de relatieve vochtigheid en de temperatuur van het medium waarin de druppel zich bevindt. Uit eerder gedaan onderzoek in de varkenshouderij blijkt dat het vernevelen van olie aanzienlijke reducties van de stofconcentraties kan geven.

Tijdens het onderzoek werd één stal als controle-stal gebruikt. Binnen deze controle-stal werd tijdens het onderzoek niet verneveld. In de twee stallen werden over een periode van 7 weken (=vleeskuiken-cyclus) op verschillende plaatsen de concentraties van thoracaalstof gemeten met behulp van continue registraties. Om de betrouwbaarheid van de continue registraties te controleren zijn ongeveer gelijktijdig aanvullende cumulatieve metingen verricht. Voordat deze metingen werden uitgevoerd, werden eerst de werkzaamheden van de pluimveehouder geïnventariseerd. De inventarisatie werd uitgevoerd om te bepalen op welke plaatsen binnen de stallen de pluimveehouder mogelijk het meeste risico op blootstelling aan stof liep. Op deze plaatsen werden metingen verricht met de Miniram voor continue registraties van stof en met gravimetrische apparatuur. Tijdens het onderzoek werden tevens de effecten op de stofconcentratie onderzocht van: het betreden van de stal, het aan- of uitgaan van de verlichting en het ventileren met de ventilatoren van de vernevelaars. De effecten van het vernevelen op de stofconcentraties werden bij verschillende instellingen van de vernevelapparatuur onderzocht. Ten aanzien van de instellingen werden het toerental (10, 50 of 100%) en de tijdsduur (1, 5 of 10 minuten) van het vernevelen gevarieerd. Tijdens het ventileren werd alleen het toerental (50 of 100%) gevarieerd, waarbij steeds gedurende dezelfde tijdsduur (10 minuten) deze activiteit werd uitgevoerd. De data verkregen met de Minirams werden met een programma geschreven in Matlab bewerkt. Met behulp van dit programma zijn de gemiddelde stofconcentraties van de gemeten dagen berekend die heersten voor, tijdens of na het uitvoeren van één van de onderzochte activiteiten. Tevens zijn hiermee de gemiddelde dagconcentra-

Vervolg bijlage 2.1: samenvatting van nota P97-50; 'De effecten van het vernevelen van water op de stofconcentratie in pluimveestallen'

ties berekend die heersten tijdens de gehele meetperioden. Het programma berekende bij elke gemiddelde concentratie tevens de standaarddeviatie en het aantal waarden waaruit dit gemiddelde werd berekend.

Om te beoordelen wat de betrouwbaarheid van de continue registraties was, werden de resultaten van de continue registraties en de cumulatieve metingen met elkaar vergeleken. De verlopen van de gemiddelde dagconcentraties over de gehele meetperiode, gevonden met beide meetmethoden, kwamen in de twee stallen redelijk overeen. Op de grafieken verkregen met de Minirams waren op de tijdstippen van het vernevelen pieken zichtbaar.

Om te bepalen of de pieken daadwerkelijk veroorzaakt werden door het vernevelen alleen, werd tijdens het onderzoek één dag een aantal keren verneveld in een schone stal. Op de grafiek van deze meting waren pieken te zien op de momenten dat er verneveld was. Het vernevelen met water veroorzaakte bij verschillende instellingen relatieve veranderingen van - 10,38 tot + 6,11% van de heersende stofconcentraties. Vanaf de 4e week werd er verneveld met water waarin 1% menthol-olie was opgelost. Hierbij werden relatieve veranderingen gevonden van - 3,24 en - 11,96%. Het aangaan van de verlichting veroorzaakte in alle gevallen stijgingen van de stofconcentraties en het uitgaan van de verlichting dalingen. Het ventileren met de ventilatoren van de vernevelaars veroorzaakte relatieve stijgingen van de stofconcentraties van 9,52 tot 22,90 % en het betreden van de stallen gaf relatieve stijgingen van 0,38 tot 22,35 %. Om een indruk te krijgen van de verdelingen van de stofconcentraties over de stallen, werden van beide stallen per meetpunt de gemiddelde concentraties van de cumulatieve metingen over de gehele meetperiode berekend. De verdeling van de stofconcentraties varieerde in stal 1 van 1,94 tot 4,29 mg/m³ en in stal 2 van 1,59 tot 3,55 mg/m³. Tevens werden met de cumulatieve metingen de verdelingen van de stoffracties in de stallen bepaald op de 42^e cyclusdag. Hierbij werden de fracties van inspirabelstof, thoracaalstof en respirabelstof gemeten. Uit de gevonden stofconcentraties bleek dat de verdelingen van de stoffracties in beide stallen praktisch gelijk waren. Waarbij in beide stallen de verhouding tussen de respirabele en thoracale stoffractie 1:4 was.

De gevonden resultaten van de Minirams zijn niet erg betrouwbaar. De Miniram geeft een redelijke benadering van de concentratie van thoracaalstof, maar wijkt op sommige meetdagen behoorlijk af van de met de gravimetrische apparatuur verkregen resultaten. Deze afwijking kan onder andere worden toegeschreven aan de meetfout en de gevoeligheid van de Miniram. De gevonden resultaten van de Minirams met betrekking tot het vernevelen, het ventileren en het betreden van de stallen zijn vrij onbetrouwbaar door de hoge standaardafwijkingen hiervan. De met de Minirams verkregen relatieve veranderingen waren in het begin van de meetperiode zeer onbetrouwbaar. Deze onbetrouwbaarheid werd veroorzaakt door de lage heersende stofconcentraties in deze periode, waardoor de absolute veranderingen (mg/m³) tevens laag waren. Het vernevelen met water gaf lage reducties van de stofconcentraties. Dit werd waarschijnlijk veroorzaakt doordat de kleine waterdruppeltjes verdampen voordat zij de grond hadden bereikt, waardoor de stofconcentratie weer snel op het oude niveau terugkeerde. De over de gehele meetperiode berekende gemiddelde stofconcentraties van de verschillende meetpunten geven een vertekend beeld van de verdelingen van de stofconcentraties over de stallen. Dit komt doordat bij het berekenen van deze gemiddelde stofconcentraties per meet-

Vervolg bijlage 2.1: samenvatting van nota P97-50; 'De effecten van het vernevelen van water op de stofconcentratie in pluimveestallen'

punt niet evenveel waarden zijn gebruikt. Tevens zijn hierbij de momenten van belang waarop de metingen zijn verricht binnen de vleeskuikencyclus. Wanneer voor een meetpunt de metingen vooral in het begin van de vleeskuikencyclus werden verricht, lag de gemiddelde stofconcentratie hiervan lager dan de over de gehele meetperiode werkelijke heersende stofconcentratie.

Het vernevelen van water veroorzaakte bij verschillende instellingen van de vernevelapparaatuur, ondanks de opgeloste menthol-olie, geen duidelijke reducties van de heersende stofconcentraties. Het uitgaan van de verlichting gaf aanzienlijke dalingen van de stofconcentraties en het aangaan gaf flinke stijgingen. Het ventileren veroorzaakte in de meeste gevallen geen grote stijgingen van de stofconcentraties. Alleen het langdurig betreden van de stal gaf een duidelijke stijging van de heersende stofconcentratie.

Het verdampen van waterdruppels is een relatief snel proces. Hierdoor verdampen de kleine waterdruppels in de stallen voordat zij de grond kunnen bereiken. Olie-druppeltjes daarentegen verdampen minder snel. Daarom is het de moeite waard om een vervolgonderzoek uit te voeren naar de effecten van het vernevelen van olie op de stofconcentratie in pluimveestallen.

Bijlage 2.2: samenvatting van rapport R9804; 'Verlaging van stofconcentratie door vloeistofverneveling en niveau van Relatieve Vochtigheid in vleeskuikenstallen'

Binnen het onderzoek naar arbeidsomstandigheden in de agrarische sector vormt de gezondheidsbedreiging door omgevingsfactoren, met name stof, een belangrijk aandachtspunt. Stof vormt een probleem in onder andere de pluimveehouderij, waarbij de luchtwegen van de pluimveehouder risico lopen. Gezien de ervaringen met het vernevelen van vloeistoffen in de varkenshouderij en de positieve signalen vanuit de pluimveepraktijk zelf, leek deze techniek voldoende perspectief te bieden om te worden onderzocht op zijn stofreducerende eigenschappen.

Tijdens een, in het kader van dit project, onderzoek waarbij verneveld werd met water is er een geringe stofreductie waargenomen. Voor vervolg onderzoek kunnen twee richtingen worden ingeslagen. De ene richting is dat de vernevelapparatuur ook kan worden toegepast om de Relatieve Luchtvochtigheid (RV) in een vleeskuikenstal op een bepaald niveau te houden. Het doel hiervan is om met behulp van de RV een verlaging van het heersende stofniveau in een vleeskuikenstal te krijgen. De andere richting is om te kijken of het vernevelen van water met een bepaalde concentratie van een olie een grotere stofreductie tot gevolg heeft. Uit eerder gedaan onderzoek in de varkenshouderij blijkt dat het vernevelen van olie aanzienlijke reducties (tot 90%) kan geven. Beide onderzoeken zijn uitgevoerd. Het eerste onderzoek het op een bepaald niveau houden van de RV is op de Provinciale Dienst voor Landbouw en Tuinbouw in Geel (B) gedaan. Het tweede onderzoek, het vernevelen met koolzaadolie, is op een praktijkbedrijf in Mierlo-'t Hout gedaan.

Bij het op een bepaald niveau houden van de RV door middel van vernevelen is er in twee afdelingen verneveld en in twee afdelingen niet verneveld. Met behulp van gravimetrische meetapparatuur is er gedurende acht uur in een afdeling gemeten. Zowel de inhaleerbare als de respirabele stofconcentratie zijn gemeten. Deze metingen zijn statistisch bekeken met SPSS. Hieruit blijkt dat de inhaleerbare stofconcentraties wel significant verschillen en de respirabele stofconcentraties niet significant verschillen.

Bij het vernevelen met behulp van koolzaadolie zijn er in een stal metingen gedaan. Deze metingen zijn met gravimetrische en on-line apparatuur gemeten. Voor de on-line metingen is er gebruik gemaakt van een Miniram en een Casella. Door het nog niet bekend zijn met de vernevelapparatuur zijn slechts twee metingen geschikt gebleken. Uit deze metingen blijkt dat er een stofreductie optreedt van 10- 11% door het vernevelen van water met koolzaadolie.

Het is de moeite waard om vervolgonderzoeken te doen naar zowel het vernevelen om de RV op een bepaald niveau te houden als te vernevelen met behulp van koolzaadolie of een andere olie.

Bijlage 3: overzicht gebruikte meetapparatuur en benaming verschillende stoffracties

Tijdens het onderzoek is de stofconcentratie gemeten via zowel de gravimetrische methode als met zogenaamde 'on-line' meetapparatuur. Per methode wordt de gebruikte apparatuur verder toegelicht.

Gravimetrische methode

Bij de gravimetrische methode om de stofconcentratie te meten, wordt lucht door een filter gezogen. Het filter is geplaatst in een meetkop. De vorm en afmetingen van de meetkop bepalen welke fractie (deeltjesgrootte) van het in de lucht aanwezige stof op het filter komt. Daarbij is ook de luchtsnelheid in de aanzuigopening van belang. Daarvoor wordt de meetkop aangesloten op een luchtpomp die op een vast debiet wordt ingesteld. De hoeveelheid stof die op het filter achterblijft wordt vastgesteld door het filter voor en na de meting te wegen. De stofconcentratie wordt berekend met behulp van de volgende formule:

$$S = \frac{(A_s - A_o) \times 1000}{(T \times D) / 1000}$$

- Waarbij: S = stofconcentratie in (mg/m³)
 A_s = massa van het filter na de meting in grammen (g)
 A_o = massa van het filter voor de meting in grammen (g)
 T = tijd van de meting in minuten (min)
 D = debiet van de luchtpomp in liters per minuut (l/min)

Bij de diverse metingen zijn de pompen en meetkoppen gebruikt volgens onderstaande tabel.

Meetapparatuur gravimetrische methode stofconcentratie-metingen

Apparatuur	Gebruikt bij het onderzoek naar:		
	alleen water vernevelen		RV op 75 %
<i>Stoffractie</i>	Thoracaal stof	Inhaleerbaar stof	Respirabel stof
<i>Pomp (merk/type)</i>	Becker VT-3	GilAir-5	GilAir-5
<i>Meetkop;</i>			
• <i>merk/type</i>	cycloon	Pas-6	Casella/cycloon
• <i>debiet (l/min)</i>	15	2,0	1,9
• <i>D₅₀ (µm)</i>	8,5	30	3,5
<i>Filters;</i>			
• <i>merk/type</i>	Whatmann GF/A	Whatmann GF/A	Whatmann GF/A
• <i>materiaal</i>	glasvezel	glasvezel	glasvezel
• <i>doorsnede (mm)</i>	47	25	25
<i>Weegschaal;</i>			
• <i>nauwkeurigheid (mg)</i>	0,01	0,1	0,1

Vervolg bijlage 3: overzicht gebruikte meetapparatuur en benaming verschillende stoffracties

Omdat bij alle proeven de metingen niet bij de deelnemende onderzoeksinstituten werden uitgevoerd, zijn de filters in petrischalen vervoerd. Voor en na de meting zijn de filters en petrischalen geconditioneerd: bij de eerste proef twee uur in een ruimte met dezelfde temperatuur en RV, bij de andere twee proeven 24 uur in een exsiccator.

On-line metingen

Voor de zogenaamde ‘on-line’ metingen of continue registraties is gebruik gemaakt van apparatuur die de stofconcentratie meet op basis van de lichtverstrooiing. De meetkamer van de apparatuur is open, zodat de lucht met stofdeeltjes door diffusie en luchtbeweging in de meetkamer kan komen. De gebruikte apparaten zijn:

- **Miniram PDM-3** (Miniture Real-time Aërosol Monitor);
Dit apparaat is het meest gevoelig voor stofdeeltjes van 0,1- 10 ,um. Het meetbereik loopt van 0,01- 100 mg/m³.
- **Casella AMS 950**;
Bij dit apparaat kunnen verschillende hulpstukken worden geleverd om de diverse **stoffracties** te meten. Zonder hulpstukken worden verhoudingsgetallen geregistreerd. Deze kunnen worden omgezet in werkelijke concentraties door de meting te combineren met een gravimetrische meting. Het meetbereik loopt van 0,01- 200 mg/m³.

Naast directe uitlezing geven beide apparaten ook een analog signaal af. Door dit signaal door te geven naar een datalogger kunnen de meetwaarden worden opgeslagen in digitale vorm. De meetwaarden kunnen dan worden bewerkt en vergeleken.

Benaming verschillende stoffracties

In de lucht aanwezig stof wordt ingedeeld in verschillende fracties, afhankelijk van de deeltjesgrootte. De in dit rapport genoemde fracties zijn:

- **Inhaleerbaar stof:** dat deel van het aanwezige stof dat kan worden ingeademd via **mond en/of neus**.
- **Respirabel stof:** dat deel van het inhaleerbare stof dat kan doordringen tot in de longblaasjes.
- **Thoracaal stof:** dat deel van het inhaleerbare stof dat het strottehoofd passeert.

De omschrijvingen van de eerste twee fracties komen uit “De Nationale MAC-lijst” van 1996 (MAC = Maximaal Aanvaarde Concentratie). In deze lijst zijn grenswaarden opgenomen voor concentraties van gassen, dampen, nevels of stofvormige agens. Deze omschrijvingen komen overeen met de omschrijvingen in de NEN-EN 481: 1993, waarin de meetmethoden voor de stoffracties zijn gedefinieerd. De omschrijving van het thoracale stof komt uit de NEN-EN 481:1993.

Bijlage 4: List of English tables

Table 2.1: Reduction of dust concentration as a result of spraying water.

Duration	Capacity fans (%)	Reduction dust concentration (%)
<i>1 minute</i>	10	1,82
<i>1 minute</i>	100	1,99
5 minutes	10	5,91
5 minutes	50	6,15
5 minutes	100	8,64
<i>10 minutes</i>	50	11,92
<i>10 minutes</i>	100	3,30

Table 2.2: Dry matter of the litter (in %) in a broilerhouse.

Age (days)	First experiment				Second experiment		
	Contr.	RH 75%	Contr.	RH 75%	Age (days)	Contr.	RH 75%
<i>11</i>	80	80,4	80,2	81,4	<i>16</i>	81,5	80,9
30	72,8	70,4	73,4	68,6	30	68,7	65,1
36	71,4	67,2	66,3	73,4	37	66,8	63,9
<i>After delivery</i>	73	68,7	74,5	67,9	<i>After delivery</i>	68,8	70,2
<i>Average</i>	74.3	71.7	73.6	72.8	<i>Average</i>	71.5	70

Bijlage 5: list of English headings of figures

Figure 2.1: The effect of spraying on the dust concentration, measured with a Miniram.

Figure 2.2: Dust concentration in a broiler house during spraying water with 3 % rapeseed oil, measured with a Miniram.

Figure 2.3: Average dust concentration of two experiments with broilers with an environmental RH of 75 %.

Figure 2.4: Dust concentrations during delivery at two rounds with broilers with a RH of 75 %.

Figure 3.1: Lifetime of evaporating water droplets of different sizes and environment with different relative humidity.