

Animal Sciences Group

Kennispartner voor de toekomst



process for progress

Rapport 128

Opties voor reductie van stofemissies in pluimveestallen

Quick scan van de pluimveesectoren en bedrijven met de hoogste fijnstofemissie

Mei 2008



ANIMAL SCIENCES GROUP
WAGENINGEN UR

Dit onderzoek is uitgevoerd in opdracht van het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit.

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
Internet <http://www.asg.wur.nl>

Redactie

Communication Services

Aansprakelijkheid

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

Liability

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

Losse nummers zijn te verkrijgen via de website.



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

Abstract

Poultry farms are largely contributing to fine dust emission from livestock production. Within this report a quick scan is made on possibilities to reduce dust emissions from poultry houses.

Keywords

Poultry, fine dust, reduction techniques

Referaat

ISSN 1570 - 8616

Auteur(s) F.E. de Buissonjé, A.J.A. Aarnink

Titel: Opties voor reductie van stofemissies in pluimveestallen
Rapport 128

Samenvatting

De Nederlandse pluimveehouderij draagt belangrijk bij aan de totale fijnstofemissie uit de veehouderij. In dit rapport is een quick scan uitgevoerd naar de mogelijkheden om de stofemissie uit pluimveestallen te verminderen.

Trefwoorden:

Pluimvee, fijnstof, reductietechnieken



Rapport 128

Opties voor reductie van stofemissies in pluimveestalen

Options for reduction of dust emissions from poultry houses

F.E. de Buisonjé
A.J.A. Aarnink

Mei 2008

Samenvatting

De Nederlandse pluimveehouderij draagt belangrijk bij aan de totale fijnstofemissie uit de veehouderij, naar schatting ruim de helft. De varkenshouderij draagt voor ongeveer één derde bij en de rundveehouderij voor ongeveer een tiende. Van de fijnstofemissie uit de pluimveehouderij is circa tweederde afkomstig uit de vleeskuikenhouderij (inclusief kalkoenen). Veel pluimveebedrijven veroorzaken een overschrijding van de luchtkwaliteitsnormen. In opdracht van het ministerie van LNV heeft de Animal Sciences Group van Wageningen UR een quick scan uitgevoerd naar de mogelijkheden om de stofemissie uit pluimveestallen te verminderen.

Eerst is nagegaan welke pluimveesectoren en stalsystemen het meeste fijnstof emitteren. Vervolgens zijn per gangbaar staltype met een hoge emissie van fijnstof, zoals bij grondhuisvesting en volière, maatregelen geïnventariseerd die de fijnstofemissie kunnen reduceren. Daarbij is aangegeven of deze maatregelen op de korte termijn (implementatierijp in 2009) of op de langere termijn (implementatierijp in 2011) toegepast kunnen worden in de praktijk. In deze quick scan is alleen gekeken naar de fijnstofemissie uit stallen.

Bedrijven met meer dan 50.000 leghennen zijn nu nog vaak bedrijven met kooihuisvesting. Kooihuisvesting geeft een veel lagere uitstoot van fijnstof dan alternatieve huisvestingssystemen. Bij bedrijven met leghennen, opfokhennen en ouderdieren in alternatieve huisvesting is, qua stofemissie, met name de categorie vanaf 10.000 dierplaatsen van belang. Dit betreft circa 500 bedrijven. Door het verbod op legbatterijen per 1-1-2012 schakelen de bedrijven met kooihuisvesting de komende jaren over op alternatieve huisvesting. Dit heeft gevolgen voor de totale fijnstofemissie.

Bij vleeskuikens zijn er 182 bedrijven met meer dan 75.000 dierplaatsen (55% van de stapel). Ook de grotere kalkoenbedrijven stoten veel fijnstof uit; dit zijn er echter weinig (enkele tientallen).

Mogelijke technieken voor het reduceren van stofemissies uit pluimveestallen zijn:

- luchtbehandeling (luchtwassen, filteren, watergordijn, elektrostatisch filter, nevelgordijn e.d.);
- aanbrengen van een plantaardige olie- en/of een waterfilm over het strooisel (zodat stof wordt gebonden in het strooisel);
- verbeteren van het strooiselmanagement (zodat minder stof wordt gevormd of in de stallucht komt);
- sturen van het gedrag van de dieren (minder activiteit, zodat minder stof in de stallucht komt).

Luchtbehandeling kan het beste toegepast worden bij stallen met lengteventilatie of met een combinatie van nok- en lengteventilatie. Maatregelen als een verbeterd strooiselmanagement, het aanbrengen van een film van plantaardige olie over het strooisel en het bevorderen van rustig gedrag kunnen in principe bij alle ventilatiesystemen, dus in alle stallen, worden toegepast.

Voor een substantiële reductie van de fijnstofemissie uit pluimveestallen op de korte termijn zijn toepassing van een luchtwasser of het aanbrengen van een plantaardige oliefilm over het strooisel in de stal het meest geëigend vanwege het grote reductiepotentieel. Eenvoudiger maatregelen met een geringer reductiepotentieel die algemeen toepasbaar zijn, zijn verbetering van het strooiselmanagement en toepassing van relatief eenvoudige watergordijnen en nevelgordijnen. In de vleespluimveehouderij kan men fijnstof ook reduceren door het bevorderen van rustig diergedrag door aangepaste lichtschema's. Een techniek die ook vrij snel inpasbaar gemaakt kan worden, is ionisatie van lucht. Voor alle reductietechnieken geldt echter dat nog onderzoek nodig is voordat de systemen breed in de praktijk kunnen worden geïmplementeerd.

Maatregelen die naar verwachting implementatierijp zijn in 2011 in de pluimveehouderij zijn elektrostatische filters, water vernevelen in de stal en een dikke laag strooisel. Het verdient aanbeveling om ook hieraan onderzoek te doen, omdat deze maatregelen op termijn kosteneffectiever kunnen zijn dan voornoemde maatregelen.

Summary

Dutch poultry farms are largely contributing to the total fine dust emission from livestock production. It is estimated that they are responsible for more than half of the emission from animal houses. Pig production contributes for approximately one third and cattle for approximately one tenth. Approximately two third of the fine dust emission from poultry farms originates from broiler houses (including turkey houses). A lot of poultry farms exceed the present air quality standards. Ordered by the Dutch Ministry of LNV the Animal Sciences Group of Wageningen UR made a quick scan on the possibilities to reduce dust emissions from poultry houses.

Firstly, it is studied which poultry sectors and which housing systems emit the most fine dust. Secondly, for current housing systems with high dust emissions, e.g. floor systems and aviary systems, an inventory has been made of measures to reduce fine dust emissions. Measures are reported that can be implemented in practice in the short term (ready for implementation in 2009) or in the longer term (ready for implementation in 2011). In this quick scan focus is given to fine dust emissions, not to other emissions.

Farms with more than 50 000 layers mostly have battery cages. Housing with battery cages have lot lower fine dust emissions than alternative housing systems. For farms with layers, rearing hens and broiler breeders in alternative housing systems, mainly the category with more than 10 000 heads is of importance with respect to dust emissions. This concerns approximately 500 farms. Because of the ban on battery cages per 01-01-2012, farms with battery cages will switch to alternative housing systems the coming years. This will increase the fine dust emission on these farms.

In The Netherlands 182 farms have more than 75 000 broilers (55% of total number). Also the big turkey farms emit a lot of fine dust, but this is a minor sector (only a few dozens).

Possible dust reduction methods for poultry houses are:

- air cleaning techniques (air scrubber, filter, water curtain, electrostatic filter, water fogging, etc.),
- application of a film of plant oil or water on top of the bedding material (in this way dust is bound in the bedding material),
- improvement of the management of the bedding material (causing less dust to be formed or causing less dust to get airborne),
- controlling the behaviour of the animals (promoting calm behaviour, causing less dust to become airborne).

Air cleaning techniques can be best implemented in animal houses with tunnel ventilation or with a combination of roof and tunnel ventilation. Measures like improvement of bedding management, application of an oil film on top of the bedding material and promoting calm behaviour of the animals can be applied for all ventilation systems, within all animal houses.

For a substantial reduction of fine dust emissions from poultry houses in the short term application of an air scrubber or the application of a film of plant oil on top of the bedding material are most feasible. Simpler measures, but with a smaller reduction potential, that can be applied in all poultry houses are improvement of bedding management and implementation of relative simple water or fogging curtains. In broilers dust can be reduced by promoting calm behaviour of the birds via adapted light regimes. A technique that can also be implemented in a short term is ionization of the air. For all reduction techniques, however, research is still necessary before the systems can be widely implemented in practice.

Measures that are foreseen to be implementable in 2011 in poultry production are electrostatic filtration, water spraying inside the animal house and a thick layer of bedding material. It is recommended that more research is done on these systems, as well, because these measures might be more cost effective in future than the reduction techniques mentioned before.

Inhoudsopgave

Samenvatting

Summary

1	Inleiding	1
2	Structuur van de pluimveesector in Nederland.....	2
2.1	Bedrijven met leghennen	2
2.2	Vleeskuikenbedrijven.....	3
2.3	Vermeerderingsbedrijven	3
2.4	Opfokhennen.....	3
2.5	Kalkoenen en eenden.....	3
2.6	Waar komt het meeste fijnstof vrij ?.....	4
3	Reductie van fijnstofemissie	6
3.1	Stofreductie door aanpak van de bron.....	6
3.2	Stofreductie door het voorkómen van stofvorming	6
3.3	Stofreductie door het voorkómen van stofopname in de lucht.....	6
3.4	Stofreductie door middel van luchtbehandeling.....	7
4	Overzicht van perspectiefvolle reductiemaatregelen voor fijnstof	9
5	Conclusies	11
6	Aanbevelingen	12

Literatuur

1 Inleiding

Fijnstof in de buitenlucht kan gezondheidsschade en vroegtijdige sterfte veroorzaken bij de mens vooral als gevolg van hart- en luchtwegaandoeningen (Brunekreef and Holgate, 2002; Buringh and Opperhuizen, 2002). Daarom zijn in de EU grenswaarden voor fijnstof (PM 10¹) vastgelegd in een Europese richtlijn, de 'eerste dochterrichtlijn luchtkwaliteit' (EU, 1999). Per 1 januari 2005 gelden de volgende grenswaarden voor alle EU-lidstaten: jaargemiddeld max. 40 µg/m³ en daggemiddeld 50 µg/m³ met max. 35 overschrijdingen. In 2008 zal waarschijnlijk een nieuwe richtlijn van kracht worden waarin tevens maximale normen zijn vastgesteld voor concentraties deeltjes kleiner dan 2.5 µm (zeer fijnstof, PM2.5) (Matthijsen and Ten Brink, 2007).

Om te kunnen voldoen aan de Europese normen voor fijnstofconcentraties dienen in Nederland maatregelen te worden doorgevoerd die de uitstoot van fijnstof uit belangrijke bronnen terugdringen. Uit berekeningen blijkt dat de veehouderij in Nederland voor circa 23% bijdraagt aan de totale primaire² fijnstofemissie (Emissieregistratie, 2007). De Nederlandse pluimveehouderij draagt volgens berekeningen (Chardon and Van der Hoek, 2002) voor meer dan de helft bij aan de totale stofemissie uit de veehouderij; de varkenshouderij voor ongeveer een derde en de rundveehouderij voor ongeveer een tiende. Van de fijnstofemissie uit de pluimveehouderij is ongeveer tweederde afkomstig uit de vleeskuikenhouderij (inclusief kalkoenen).

Bleeker *e.a.* (2006) geven aan dat de meeste normoverschrijdingen voor fijnstof in de veehouderij worden veroorzaakt door pluimveebedrijven. In opdracht van het ministerie van LNV heeft de Animal Sciences Group van Wageningen UR een quick scan uitgevoerd naar de mogelijkheden om de stofemissie uit pluimveestallen te verminderen. De quick scan is in twee stappen uitgevoerd:

1. Eerst is nagegaan welke pluimveesectoren en stalsystemen het meeste fijnstof emitteren. De stofemissie van een bedrijf is vooral afhankelijk van bedrijfsgrootte, diersoort (leghennen, vleeskuikens e.d.) en stalsysteem (kooi- of scharrelhuisvesting e.d.).
2. Vervolgens zijn per gangbaar staltype met een hoge emissie van fijnstof, zoals bij grondhuisvesting (scharrel) en volière, de maatregelen geïnventariseerd die de fijnstofemissie kunnen reduceren. Daarbij is aangegeven of deze maatregelen op de korte termijn (implementatierijp in 2009) of op de langere termijn (implementatierijp in 2011) toegepast kunnen worden in de praktijk. In deze quick scan is alleen gekeken naar de emissie van fijnstof uit stallen en niet naar andere emissies.

¹ PM 10: fijnstof is stof dat voor het merendeel bestaat uit deeltjes met een aerodynamische diameter kleiner dan 10 µm. Dit stof wordt aangeduid als PM10. De aerodynamische diameter van een deeltje is de diameter van een bolvormig deeltje met een dichtheid van 1 kg/dm³ dat dezelfde valsnelheid heeft als het betreffende deeltje.

² Primair fijnstof is stof dat als zodanig emitteert vanaf een bron. Dit in tegenstelling tot secundair fijnstof dat ontstaat door reactie van gasvormige componenten in de buitenlucht.

2 Structuur van de pluimveesector in Nederland

2.1 Bedrijven met leghennen

In 2006 werden ruim 30 miljoen leghennen gehouden op circa 1.200 bedrijven. Dit is gemiddeld ruim 26.000 leghennen per bedrijf. In tabel 1 wordt, afhankelijk van het aantal dierplaatsen (=bedrijfs grootte), het aantal bedrijven en het aandeel van de totale leghennenstapel weergegeven per categorie.

Tabel 1 Bedrijfs grootte van bedrijven met leghennen (Anonymus, 2007)

Aantal dierplaatsen voor leghennen	Aantal bedrijven 2005	Raming aantal bedrijven 2006	Aandeel leghennen 2006 (%)
1.000 – 4.999	178	172	2
5.000 – 9.999	245	190	4
10.000 – 19.999	301	276	13
20.000 – 49.999	360	377	38
50.000 en meer	138	148	43
Totaal	1.222	1.163	100

De circa 148 bedrijven met meer dan 50.000 leghennen zijn vaak bedrijven met kooihuisvesting. Dit zijn bedrijven met een lage uitstoot van fijnstof ten opzichte van alternatieve huisvestingssystemen. De meeste grote bedrijven met alternatieve houderijssystemen zitten in de categorie van 10.000 tot 49.999 leghennen, maar er zijn ook enkele bedrijven met alternatieve huisvesting met meer dan 50.000 leghennen. Er zijn circa 500 bedrijven met meer dan 10.000 dierplaatsen in alternatieve huisvestingssystemen.

Tabel 2 Gemiddeld aantal leghennen/bedrijven per alternatief houderijstelsel en procentueel aandeel van het totaal aantal hennen (inclusief kooihuisvesting) (Anonymus, 2007)

Alternatief houderijstelsel	Aantal bedrijven	Aantal henplaatsen	Henplaatsen per bedrijf	Aandeel alternatief gehouden hennen van de totale stapel (%)
Scharrel	583	11.456.000	19.650	37
Vrije uitloop	227	4.232.000	18.643	14
Biologisch	72	593.000	8.236	2
Totaal	882	19.281.000		53

De scharrelhouderij (inclusief volièrehuisvesting) levert naar verwachting de grootste bijdrage aan de fijnstofemissie van de alternatieve houderij van leghennen. Navraag naar het aandeel van de verschillende stelsystemen binnen de scharrelsector (dus exclusief vrije uitloop en biologisch) levert de cijfers in tabel 3.

Tabel 3 Onderverdeling binnen de scharrelhouderij voor leghennen (Emous, R.A. van, 2007, pers. meded.)

Scharrelstelsel	Aandeel van de alternatieve bedrijven (%)
Traditioneel scharrel	15
Meerlaags scharrel	25
Volière inrichting	55
Meerlaags volière	5

De grotere alternatieve bedrijven met leghennen hebben in het algemeen een meerlaags scharrel- of meerlaags volièresysteem (samen circa 30% van de bedrijven). Circa 90% van deze stallen is uitgevoerd met lengteventilatie. Bij lengteventilatie is in één van de kopgevels een aantal grote ventilatoren geplaatst met daarnaast enkele kleinere. In de nok zijn dan geen ventilatoren meer aanwezig.

Gebaseerd op bedrijfs grootte (Emous, R.A. van, 2007, pers. meded.) komen de hoogste stofemissies per bedrijf, in aflopende rangorde, voor in meerlaags volières, daarna komen volières en meerlaags scharrel, tenslotte volgt traditioneel scharrel.

2.2 Vleeskuikenbedrijven

In 2006 waren er circa 38 miljoen vleeskuikenplaatsen, verdeeld over ruim 600 bedrijven. Gemiddeld is dit ruim 60.000 vleeskuikenplaatsen per bedrijf.

Tabel 4 Bedrijfsgrootte van bedrijven met vleeskuikens (Anonymus, 2007)

Aantal dierplaatsen voor vleeskuikens	Aantal bedrijven 2005	Raming aantal bedrijven 2006	Aandeel van de stapel 2006 (%)
1 – 9.999	20	18	0
10.000 – 24.999	102	67	3
25.000 – 49.999	259	212	20
50.000 – 74.999	162	132	22
75.000 en meer	178	182	55
Totaal	721	611	100

Navraag leverde op dat men naar schatting 60 – 70% van de vleeskuikens houdt in stallen met alleen lengteventilatie (Harn, J. van, 2007, pers. meded.). Dit zijn vaak de nieuwere en grotere stallen. Het aandeel van stallen met alleen lengteventilatie op het totaal aantal stallen wordt geschat op 40%. Het aandeel met een combinatie van lengte- en nokventilatie wordt geschat op 40 – 50% waarvan circa 20% nieuwe stallen. Oudere, veelal kleinere stallen zijn vaak met nokventilatie uitgerust (aandeel 10 – 20%). Voor het aantal dierplaatsen, en daarmee van de totale fijnstofemissie, is de laatste categorie van weinig belang.

In de stallen met een combinatie van lengte- en nokventilatie wordt de nok vooral gebruikt in het begin van de mestperiode, bij lage ventilatiehoeveelheden. Verderop in de mestperiode, bij hoge ventilatiehoeveelheden, wordt alle of het merendeel van de lucht door lengteventilatie afgevoerd. Vrijwel alle vleeskuikens worden gehouden in grondhuisvesting op strooisel.

De hoogste stofconcentraties zijn gemeten in de laatste weken van een mestrondte en op het eind daarvan, tijdens het vangen en inladen van de dieren voor transport naar de slachterij.

Ook vleeskuikens kunnen in meerlaagssystemen worden gehouden. Dit komt nu nog sporadisch voor, maar wel vooral op grote bedrijven; denk hierbij aan een bedrijfsgrootte vanaf 90.000 dierplaatsen.

2.3 Vermeerderingsbedrijven

Ten behoeve van de productie van broedeieren voor (opfok)leghennen en vleeskuikens worden er jaarlijks circa 5,2 miljoen ouderdieren opgezet op circa 300 vermeerderingsbedrijven (gemiddeld 18.000 – 20.000 ouderdierplaatsen per bedrijf). Nieuwe stallen zijn vrijwel uitsluitend uitgerust als traditioneel scharrel (strooisel, beun en legnest). Veel nieuwe stallen zijn 24 – 25 meter breed en 80 – 100 meter lang met twee rijen legnesten. Meer dan 85% van de nieuwe stallen is uitgerust met lengteventilatie. De overige stallen hebben vaak een combinatie van lengte- en nokventilatie.

2.4 Opfokhennen

Op enkele honderden bedrijven worden jonge hennen opgefokt tot een leeftijd van circa 18 weken. Daarna zet men deze dieren in als vleeskuikenouderdier of leghen. Dit betreft in totaal bijna 13 miljoen dierplaatsen. Er zijn ook legbedrijven en bedrijven met vleeskuikenouderdieren die zelf de hennen opfokken. Er is een aantal grote opfokbedrijven (> 80.000 dierplaatsen); ook de legbedrijven die zelf de hennen opfokken, kunnen zeer groot zijn (> 100.000 dierplaatsen) (Ellen, H.H. 2002).

2.5 Kalkoenen en eenden

In 2006 werden op 67 bedrijven 944.000 vleeskalkoenen gehouden (dierplaatsen). De gemiddelde bedrijfsgrootte was circa 14.000 dierplaatsen. Kalkoenen hebben grondhuisvesting op strooisel (meestal houtkrullen). In de kalkoenhouderij komt mechanische nokventilatie nog steeds het meest voor. Echter,

nieuwbouwstallen worden de laatste jaren vrijwel allemaal uitgerust met lengteventilatie. Grote bedrijven gaan allemaal over op lengteventilatie. Enkele grote bedrijven hebben nu circa 40.000 kalkoenen. Vaak zijn deze bedrijven verdeeld over meerdere locaties met ongeveer 4.000 – 5.000 kalkoenen per stal (Veldkamp, T., 2007, pers. meded.).

Jaarlijks produceert de eendensector ongeveer 4 miljoen vleeseenden (Pekingeseenden) op circa 100 bedrijven. De gemiddelde bedrijfsgrootte wordt geschat op 10.000 dierplaatsen. Door de milieubelasting bij toepassing van buitenuitloop, moet men de dieren sinds 1998 in stallen op strooisel houden (overwegend tarwestro dat dagelijks wordt bijgestrooid).

2.6 Waar komt het meeste fijnstof vrij ?

In tabel 5 geven we de fijnstofconcentraties, -emissies en emissiefactoren weer voor leghennen in kooi- en scharrelhuisvesting en voor vleeskuikens. In tabel 6 worden de emissiefactoren voor fijnstof weergegeven van opfokhennen, leghennen, ouderdieren van leghennen en vleeskuikens, kalkoenen en eenden.

Tabel 5 Concentraties en emissiefactoren voor fijnstof (PM10), zoals berekend door Chardon en Van der Hoek (2002)

Diercategorie	PM10-concentratie (mg/m ³)	Emissie mg/(uur.dier)	Emissiefactor g/(jaar.dier)
Leghennen (kooihuisvesting)	0,31	0,6	5,4
Leghennen (scharrel)	3,78	7,0	61,0
Vleeskuikens	5,31	7,5	65,0

De concentratie fijnstof is in een scharrelstal voor leghennen meer dan een factor 10 hoger dan in een stal met kooihuisvesting (tabel 5). Eenzelfde verschil is terug te vinden in de emissie per dier en dus ook in de emissiefactor. Opvallend is dat vleeskuikens een vergelijkbare emissiefactor hebben als legpluimvee in een scharrelstal. Kalkoenen hebben per dierplaats de hoogste fijnstof emissiefactor van alle pluimveesoorten.

Voor leghennen in kleinvolières (een vorm van verrijkte kooien) wordt dezelfde waarde aangehouden als voor batterijkooien, omdat hiervoor geen gegevens beschikbaar zijn uit metingen. De emissie van fijnstof uit een kleinvolière kan echter hoger liggen. Vooral als meerdere keren per dag een hoeveelheid strooiselmateriaal wordt verstrekt. De emissie is echter lager dan bij scharrel of volière (Horne, P.L.M. van *et al.* 2007).

Per 01-01-2012 wordt in de EU de traditionele kooihuisvesting voor leghennen en opfokleghennen verboden en vervangen door kleinvolières of alternatieve systemen, zoals scharrelhuisvesting. Door het toepassen van strooisel en meer bewegingsvrijheid van de dieren is de emissie van fijnstof bij alternatieve huisvesting veel hoger dan bij kooihuisvesting. Uit tabel 5 blijkt dat de emissie ruim elf keer hoger is (61 g/dier/jaar versus 5,4 g/dier/jaar). Bij omschakeling naar alternatieve huisvesting neemt de emissie van fijnstof, bij gelijk aantal dieren, dus toe. Of een bedrijf kan omschakelen naar alternatieve huisvesting is afhankelijk van de achtergrondconcentratie van fijnstof in de omgeving van het bedrijf. Als deze al te hoog is, zoals in delen van Zuid-Nederland, mag de emissie niet toenemen. Omschakelen kan dan alleen door of het aantal dieren te verminderen of een systeem toe te passen dat de emissie voldoende reduceert (Horne, P.L.M. van *et al.* 2007).

Tabel 6 Fijnstofemissies (PM10) van opfokleghennen, kalkoenen en eenden zoals berekend door ECN (Bleeker, A. *et al.*, 2006)

Diercategorie	Emissiefactor g/jaar/dier
Opfokhennen (< 5 maanden) voor leghennen en vleeskuikenouderdieren	24
Kalkoenen	214
Eenden	73

Tabel 7 Gemiddelde bedrijfsgrootte in dierplaatsen per pluimveecategorie (Anonymus, 2007)

Pluimveecategorie	Gemiddelde bedrijfsgrootte (dierplaatsen)
Vleeskuikens	60.000
Leghennen (scharrel)	20.000
Ouderdieren van vleeskuikens en van (opfok)leghennen	18.000 – 20.000
Opfokhennen	40.00 – 50.000
Vleeskalkoenen	14.000
Vleeseenden	10.000

Gezien de grote aantallen bedrijven met alternatieve huisvesting voor leghennen en met grondhuisvesting voor vleeskuikens en gezien de hoge stofemissies uit deze stallen (tabellen 1 t/m 7), ligt het voor de hand om de focus te richten op deze bedrijven. Bij bedrijven met (opfok)leghennen en ouderdieren in alternatieve huisvesting is met name de categorie vanaf 10.000 dierplaatsen van belang. In deze categorie valt ruim 60% van de bedrijven met alternatieve huisvesting van leghennen. Bij vleeskuikens zijn er 182 bedrijven met meer dan 75.000 dierplaatsen (55% van de stapel). Ook grote kalkoenbedrijven stoten veel fijnstof uit; dit zijn er echter weinig (enkele tientallen).

3 Reductie van fijnstofemissie

Hoewel niet alle (vlees)pluimveesoorten kunnen vliegen, behoort het fladderen en met de vleugels slaan tot het natuurlijk gedragsrepertoire. Dit veroorzaakt veel luchtbeweging rond de dieren en over de mest en het strooisel. Hierdoor kan stof in de lucht worden gebracht. Daarnaast hebben met name kippen de gewoonte om in het strooisel te scharrelen door middel van krabben met de poten en pikken met de snavel. Dit draagt bij aan het verkleinen en daardoor sneller indrogen van strooisel en mest. Door slijtage van het verenpak komen ook (delen van) veren in het strooisel terecht.

Verschillende factoren en processen zijn van invloed op de vorming en emissie van stof in de veehouderij. Het belang van individuele stofbronnen kan sterk variëren tussen verschillende diersoorten en stalsystemen (Aarnink, en Ellen, 2006). In een vleeskuikenstal bleek het stof vooral afkomstig van veertjes en kristallen (waarschijnlijk afkomstig van mineralen in de mest (urinezuur)). Voer, strooisel en micro-organismen dragen in mindere mate bij.

Emissies van fijnstof kunnen worden gereduceerd door een of meer van de volgende maatregelen:

- aanpak bij de bron;
- het voorkómen van stofvorming;
- voorkómen van stofopname in de lucht;
- voorkómen van stofemissie door luchtzuivering.

Hieronder lichten we de meest perspectiefvolle maatregelen voor reductie van fijnstofemissies in pluimveestallen nader toe. De beoordeling van het perspectief is destijds gebaseerd op “expert judgement”, waarbij criteria als effectiviteit, inpasbaarheid en technische haalbaarheid zijn gewogen (Aarnink en Ellen, 2006). Bij de beoordeling of een maatregel wel of niet implementatierijp is in 2009, is vooral gekeken naar het ontwikkelstadium en nog benodigd onderzoek.

3.1 Stofreductie door aanpak van de bron

Uit kostenoverwegingen past men in pluimveestallen vaak slechts een minimale hoeveelheid strooiselmateriaal toe. In de loop van de tijd gaat dit verteren en verstoffen en de hoeveelheid mest in het strooisel neemt verder toe. Deze mest is ook een belangrijke bron van stof. In veel stallen voor leghennen wordt overigens zonder strooisel begonnen (Ellen, H.H., 2007, pers. meded.)

De eigenschappen van het strooiselmateriaal, de frequentie van bijstrooien of vervanging van strooisel en de dikte en het vochtgehalte van de strooisellaag kunnen van invloed zijn op de stofemissie. Een geschatte haalbare emissiereductie door aangepast strooiselmanagement bedraagt 10 – 50%. Houtkrullen geven bijvoorbeeld minder stof dan gehakseld stro (Aarnink e.a., 2004). Daarnaast is het mogelijk strooisel vooraf te ontstoffen.

Er zijn aanwijzingen uit de varkenshouderij voor lagere stofconcentraties in de stallucht door toepassing van een dikke laag stro(oisel). Het is de vraag of dit bij pluimvee een vergelijkbaar effect kan hebben.

3.2 Stofreductie door het voorkómen van stofvorming

Er zijn maatregelen die voorkómen dat stof wordt gevormd. Hierbij kunnen we denken aan verbeterde, gesloten transportsystemen voor voer en strooiselmateriaal in de stal. De korrelkwaliteit van het voer is ook van belang, zodat de korrels tijdens het transport en in de stal niet uit elkaar vallen en verstoffen. In de pluimveehouderij zijn gesloten voersystemen gangbaar en aan de korrelkwaliteit wordt veel aandacht geschonken. Daarom lijkt het perspectief van maatregelen op dit vlak binnen de pluimveehouderij tamelijk beperkt.

3.3 Stofreductie door het voorkómen van stofopname in de lucht

Voorbeelden van maatregelen waardoor minder stof in de lucht wordt opgenomen, zijn het bevorderen van rustig gedrag van de dieren (bijvoorbeeld door een extra schemerperiode of een langere donkerperiode te geven) en het aanbrengen van een film van plantaardige olie en/of water in de stal (waardoor het stof wordt gebonden aan alle oppervlakken in de stal, met name in het strooisel). Het aanbrengen van een oliefilm lijkt perspectief te bieden op een hoge reductie met 50 – 90 % en is in principe bij alle ventilatiesystemen toepasbaar. Op dit moment

wordt onderzoek uitgevoerd aan een systeem voor het aanbrengen van een oliefilm in vleeskuikenstallen. De plantaardige olie kan puur worden verneveld onder luchtdruk of als een emulsie in water. In het laatste geval moeten emulgatoren worden toegevoegd om geen ontmenging te krijgen van olie en water. Deze emulgatoren zijn relatief duur en maken het systeem daardoor minder kosteneffectief. Het aanbrengen van een oliefilm kan mogelijk bijdragen aan de bestrijding van bloedluizen (vogelmijten) in de legsector. Bloedluizen vormen een groot probleem in alternatieve stalsystemen voor leghennen. Op dit moment doet men proeven met het aanbrengen van plantaardige oliën op stalinventaris om de mijten te immobiliseren (ze blijven erin plakken), zodat ze geen bloed kunnen gaan zuigen bij de kippen. Vernevelen is waarschijnlijk effectiever om bloedluizen te bestrijden dan handmatig aanbrengen.

Bij het vernevelen van alleen water zijn wisselende resultaten verkregen. Water verdampt snel en daardoor moet er regelmatig worden verneveld. Belangrijk is om een optimaal vochtgehalte van het strooisel te verkrijgen. Te vochtig strooisel heeft een negatief effect op de ammoniakemissie en kan tevens problemen geven met de voetzolen van de dieren. Dit laatste verdient ook aandacht bij het gebruik van olie. Het vernevelen van water wordt op veel pluimveebedrijven al toegepast om de temperatuur in de stal te verlagen tijdens zeer warme dagen (verdampingskoeling). Hierbij wordt een beperkte hoeveelheid water zeer fijn verneveld in de inkomende lucht, waardoor de temperatuur een aantal graden daalt. Doordat dit water snel in de lucht verdampt, komt het niet in het strooisel terecht waardoor het stof door dieractiviteit alsnog in de lucht komt. Voor een effectieve stofreductie moet meer water worden gebruikt, zodat het strooisel vochtig wordt. Dit vergt aanpassing van het vernevelsysteem.

Het verminderen van de stofopname door rustig diergedrag, door toepassing van een extra schemerperiode en/of langere donkerperiode, geeft naar verwachting een beperkte reductie van de stofemissie (10 – 30%), maar is eenvoudig te realiseren, vooral op (vlees)pluimveebedrijven die (semi)continu verlichting toepassen. Het bevorderen van rustig gedrag door lichtsturing zal bij leghennen moeilijker zijn dan bij vleespluimvee, door de sterke relatie tussen lichtschema en eierenproductie. Ook bij vleeskuikens moet men naar een optimum zoeken tussen het lichtschema, vigerende welzijnseisen en de productie van de dieren.

3.4 Stofreductie door middel van luchtbehandeling

Een reductie van fijnstofemissie kan op vrij korte termijn worden gerealiseerd door toepassing van luchtwassers op bestaande stallen met mechanische ventilatie. Bedrijven met lengteventilatie (te beschouwen als één emissiepunt per stal) zijn hiervoor het meest geschikt. Uit recent onderzoek is gebleken dat met een combiwasser een belangrijke reductie van de emissie van fijnstof en zeer fijnstof (PM10 resp. PM2.5) kan worden verkregen. In dit onderzoek (gedaan bij varkens bij een relatief lage belasting (lage ventilatiehoeveelheden) van de combiwasser), werden reducties gemeten van 93 en 90% voor respectievelijk PM10 en PM2.5 emissies. Daarnaast kunnen ook ammoniak- en geuremissies aanzienlijk worden verminderd door toepassing van combiwassers.

Toepassing van luchtwassers op pluimveebedrijven met alternatieve huisvesting (legghennen) en grondhuisvesting (vleeskuikens, kalkoenen) stelt echter hoge eisen aan de capaciteit van de luchtwasser. De stofconcentraties kunnen hoog zijn, waardoor snel vervuiling en verstopping van het waspakket kan optreden. Wanneer de verblijftijd van de lucht in de wasser te kort is, zal de emissiereductie ook lager zijn dan hierboven vermeld. Momenteel zijn uitsluitend enkelvoudige wassers beschikbaar voor de pluimveehouderij. Zij worden echter maar op zeer beperkte schaal toegepast door de hierboven genoemde technische knelpunten. Combiwassers zijn tot nu toe alleen ontwikkeld voor de varkenshouderij. Omdat de emissie van fijnstof voor de pluimveehouderij eerder beperkend is dan de emissie van geur of ammoniak, is het de vraag of ingezet moet worden op relatief complexe combiwassers of dat volstaan kan worden met eenvoudige, robuuste enkelvoudige wassers.

Door de ventilatielucht als drooglucht toe te passen in een tunneldroger voor mest buiten de stal, kan men naar verwachting een emissiereductie bereiken, doordat stofdeeltjes zich binden aan de mest.

Meer onderzoek is nodig naar relatief eenvoudige luchtbehandelingsystemen om stofemissies te beperken, zoals nevelgordijnen. Hierbij wordt de lucht door een tunnel geblazen, waarin een fijne waternevel hangt, al dan niet aangezuurd om ook ammoniak af te vangen. De stofdeeltjes worden op deze manier bevochtigd en slaan neer.

Bij toepassing van watergordijnen wordt de ventilatielucht tegen en door een bevochtigd weefsel of lamellenconstructie geblazen (figuur 1). Naar verwachting wordt hierbij overwegend grof stof afgevangen en is de reductie van fijnstofemissie waarschijnlijk beperkt. Metingen moeten hierover uitsluitsel geven.

Figuur 1 Toepassing van verticale watergordijnen voor het afvangen van stof uit ventilatielucht
(Foto gemaakt in Taiwan)



Tabel 9 toont welke ventilatiesystemen overwegend worden aangetroffen, waar deze worden toegepast en of luchtwassing daarbij kan worden toegepast.

Tabel 9 Voornaamste ventilatiesystemen, toepassing daarvan in de pluimveehouderij, toepasbaarheid van externe luchtbehandeling (luchtwassing e.d.)

	Ventilatiesysteem			
	Natuurlijke ventilatie via zijkleppen en open nok	Mechanische ventilatie via nokventilatoren	Mechanische ventilatie via nokventilatoren en lengteventilatie	Mechanische ventilatie via lengteventilatie
Toepassing	Kleinere stallen, stallen met vrije uitloop, biologisch, veelal met lage dierbezetting	Wat oudere, vaak middelgrote stallen, soms met uitloop	Grotere, wat nieuwere stallen, bij maximale ventilatie veelal uitsluitend lengteventilatie	Grote, nieuwe en brede stallen voor alle pluimveesoorten
Toepasbaarheid externe luchtbehandeling	Nee	Niet zonder ingrijpende aanpassingen	Ja, bij toepassing lengteventilatie	Ja

Uit tabel 9 blijkt dat externe luchtbehandeling toegepast kan worden op stallen met lengteventilatie, al dan niet in combinatie met nokventilatie (wanneer het merendeel van de lucht door lengteventilatie wordt afgevoerd). De meeste nieuwe en grote stallen zijn uitgerust met lengteventilatie. Maatregelen als een verbeterd strooiselmanagement, het aanbrengen van een oliefilm en het bevorderen van rustig gedrag, kan men in principe bij alle ventilatiesystemen, dus in alle stallen, toepassen.

(Doeken)filters van het type Medium kunnen een hoge reductie realiseren van fijnstof (> 95%). Een belangrijk nadeel van deze filters is dat de energiekosten voor ventilatie belangrijk kunnen toenemen als gevolg van de hoge drukval over het filter. Meer onderzoek is nodig om (doeken)filters geschikt te maken voor (pluimvee)stallen. Door de hoge stofbelasting in pluimveestallen moeten filters automatisch gereinigd worden. Er zijn op dit moment al zelfreinigende “doekenfilters” op de markt met keramische filterelementen.

4 Overzicht van perspectiefvolle reductiemaatregelen voor fijnstof

Tabel 10 is een overzicht van de meest perspectiefvolle maatregelen om de stofemissie uit pluimveestallen te reduceren. De stofreducties in deze tabel zijn gebaseerd op tabel 4 uit het rapport van Aarnink en Ellen (2006). Het perspectief bij pluimvee en of de maatregel implementatierijp is in 2009 en in welke pluimveestallen, is gebaseerd op "expert judgement".

Tabel 10 Perspectiefvolle maatregelen voor fijnstofreducties uit pluimveestallen, zoals gerapporteerd door Aarnink en Ellen (2006), en geschat perspectief voor toepassing in de pluimveehouderij.

Maatregel	Stofreduc-tie (%)	Perspectief bij pluimvee	Implemen-tatierijp in 2009	Implemen-tatierijp in 2011	Toepasbaarheid op pluimveebedrijven	RAV-codes
Aanpak bron						
Soort strooisel	10-20%	+	Ja	Ja	Alle pluimvee; alle ent.syst.	EFGLJ uitz.:batterijen
Ontstoffen strooisel	10%	+	Ja	Ja	Alle pluimvee; alle vent.syst	.EFGLJ uitz.:batterijen
Verversen/bijstrooien	30-50%	+	Ja	Ja	Alle pluimvee; alle vent.syst	EFGLJ uitz.:batterijen
Voorkómen stofvorming						
Indrogen mest voorkómen	10%	-	Nee	?	Alle pluimvee; alle vent.syst	EFGLJ
Proces verbeteren bij maken en transport voer en strooisel	10%	+/-	Nee	?	Alle pluimvee; alle vent.syst	EFGLJ
Voorkómen stofopname in lucht						
Activiteit dieren beperken	10-30%	+	Ja	Ja	Vooraf vleespluimvee; alle vent.syst.	(E)FGLJ
Voersysteem verbeteren	10%	+/-	Nee	?	Alle pluimvee; alle vent.syst	EFGLJ
Aanbrengen oliefilm	50-90%	++	Ja	Ja	Alle pluimvee; vooral strooiselsys.; alle vent.syst	EFGLJ uitz.:batterijen
Aanbrengen waterfilm	30 -50%	+	Nee	Ja	Alle pluimvee; vooral strooiselsys.; alle vent.syst	EFGLJ uitz.:batterijen ?
Dikke laag strooisel	? %	+	Nee	Ja	Alle pluimvee; alleen strooiselsyst.; alle vent.syst	EFGLJ uitz.:batterijen
Voorkómen stofemissie						
<i>Interne luchtzuivering</i>						
Elektrostatisch filter	10-50%	+?	Nee	Ja	Alle pluimvee; alle vent.syst	EFGLJ
Ionisatie	10-40%	+?	Ja	Ja	Alle pluimvee; alle vent.syst	EFGLJ
Filter (doeken- of slangenfilter)	30-50%	+	Ja	Ja	Alle pluimvee; alle vent.syst	EFGLJ
<i>Externe luchtzuivering</i>						
Luchtwater	70-90%	++	Ja	Ja	Alle pluimvee; vooral lengtevent.	EFGLJ
Filter (doeken- of slangenfilter)	95%	+	Ja	Ja	Alle pluimvee; vooral lengtevent	EFGLJ
Elektrostatisch filter	20-70%	+	Nee	Ja	Alle pluimvee; vooral lengtevent	EFGLJ
Nevelgordijn	20-40%	++	Ja	Ja	Alle pluimvee; vooral lengtevent	EFGLJ
Watergordijn	20-40%	+	Ja	Ja	Alle pluimvee; vooral lengtevent	EFGLJ
Droogtunnel (met stallucht)	50%	+	Ja	Ja	Vooraf leghennen; bij lengtevent.	E

Uit tabel 10 blijkt dat luchtwassers, (doeken)filters en het aanbrengen van een oliefilm van plantaardige olie het meeste perspectief bieden op een hoge reductie van fijnstofemissie (tot 90 à 95% reductie). Implementatie in de praktijk in 2009 wordt haalbaar geacht voor luchtwassers en het oliesysteem. Luchtwassers (en andere vormen van externe luchtzuivering) zijn vooral toepasbaar bij stallen met lengteventilatie.

5 Conclusies

Alternatieve huisvestingsvormen voor leghennen, opfokhennen, scharrelhuisvesting van ouderdieren en grondhuisvesting van vleeskuikens en –kalkoenen leveren de grootste bijdrage aan de fijnstofemissie uit de pluimveehouderij. De bijbehorende bedrijfsgrootte is vooral in de categorie vanaf 10.000 leghenplaatsen, vanaf 75.000 vleeskuikenplaatsen en vanaf circa 10.000 kalkoenplaatsen.

Veel van de grootste bedrijven met leghennen zijn bedrijven met kooihuisvesting die relatief weinig stof per hen emitteren. Deze bedrijven moeten vóór 2012 omschakelen naar huisvesting in verrijkte kooien of scharrelstallen. Zonder maatregelen zal dit een verhoging geven van de totale fijnstofemissie van de pluimveehouderij.

Voor een substantiële reductie van de fijnstofemissie uit pluimveestallen op korte termijn (implementatierijp in 2009) zijn de toepassing van een luchtwasser of een systeem voor het aanbrengen van een film van plantaardige olie over het strooisel het meest geëigend vanwege het grote reductiepotentieel. Eenvoudiger maatregelen met een geringer reductiepotentieel die algemeen toepasbaar zijn, zijn verbetering van het strooiselmanagement en toepassing van relatief eenvoudige watergordijnen en nevelgordijnen. In de vleespluimveehouderij kan men fijnstof ook reduceren door het bevorderen van rustig diergedrag door aangepaste lichtschema's. Voor alle reductietechnieken geldt echter dat nog onderzoek nodig is voordat de systemen breed in de praktijk kunnen worden geïmplementeerd.

Luchtwassers kunnen alleen effectief worden toegepast bij bedrijven met lengteventilatie (in veel gevallen ook bij bedrijven met gecombineerde nok- en lengteventilatie). Dit zijn de meest moderne en grootste pluimveebedrijven voor alternatieve huisvesting van (opfok)leghennen, scharrelhuisvesting van ouderdieren en grondhuisvesting van vleeskuikens en –kalkoenen.

Maatregelen die naar verwachting in 2011 implementatierijp zijn voor de praktijk zijn elektrostatische filters, water vernevelen in de stal en toepassing van een dikke laag strooisel. Het verdient aanbeveling om ook hieraan onderzoek te doen, omdat deze maatregelen op termijn kosteneffectiever kunnen zijn dan voornoemde maatregelen.

6 Aanbevelingen

Om de grootste bronnen van fijnstof in de pluimveehouderij per (eind) 2009 aan te kunnen pakken, moeten we de komende 2 jaar sterk inzetten op het toepasbaar maken voor de pluimveehouderij van (simpele) luchtwassystemen en systemen voor het aanbrengen van een plantaardige oliefilm over het strooisel.

Andere maatregelen die iets minder reductie geven, maar wel perspectiefvol zijn om op korte termijn ingezet te worden, zijn strooiselmanagement, ionisatie van de lucht, nevel- en watergordijnen en droogtunnels. Voor het toepasbaar maken van deze systemen is de komende jaren extra onderzoek nodig.

Daarnaast zal gekeken moeten worden naar oplossingen die perspectief bieden voor de iets langere termijn (implementatierijp in 2011). Met name lijkt er perspectief voor toepassing van elektrostatische filters, water vernevelen in de stal en een dikke laag strooisel. Gezien het grote reductiepotentieel en de snelle technologische ontwikkeling op het gebied van industriële doeken- en slangenfilters, bevelen we aan hier ook bijzondere aandacht aan te geven.

Het verdient aanbeveling onderzoek te doen naar de fijnstofemissie van verschillende alternatieve huisvestingsvormen van pluimvee. Er zijn verschillende varianten beschikbaar op de markt, die waarschijnlijk behoorlijk in fijnstofemissie kunnen verschillen.

Literatuur

- Aarnink, A.J.A., Ellen H.H. 2006. Processen en factoren bij fijnstofemissie in de veehouderij. ASG-Rapport 11, Animal Sciences Group, Lelystad.
- Aarnink, A. J. A., T. Van Hattum, A. Hol, Y. Zhao. 2007. Reductie van fijnstofemissie door combiwater van Big Dutchman. Rapport 66, Animal Sciences Group, Lelystad.
- Anonymus. 2007. Statistisch Jaarrapport Pluimveevlees en Eieren, uitgave aug. 2007, Productschappen Vee, Vlees en Eieren, Zoetermeer.
- Anonymus. 2004. Projectgroep Veerkrachtige Pluimveevleesproductie. Verantwoorde Veehouderij, A&F rapport 308, Agrotechnology and Food Sciences, Wageningen.
- Anonymus. 2006. Land- en tuinbouwcijfers 2006, Landbouw Economisch Instituut/Centraal Bureau voor de Statistiek.
- Bleeker, A., Gies, E., Kraai, A., 2006. fijnstof uit stallen, berekeningen in het kader van het NSL, ECN-E-06-045, Energieonderzoek Centrum Nederland, Petten.
- Bleeker, A, Kraai, A., Gies, E. 2007. fijnstof uit stallen, verfijningsslag i.h.k.v. het NSL, concept, ECN-C-07-000, Energieonderzoek Centrum Nederland, Petten.
- Brunekreef, B., Holgate, S.T., 2002. Air pollution and health. The Lancet 360: 1233-1242
- Buringh, E., Opperhuizen, A. (editors.) 2002. On health risks of ambient pm in the Netherlands, Executive summary. RIVM, Bilthoven.
- Buissonjé, F.E. de. 1998. Niet alle stro is hetzelfde; stof ook niet; Praktijkonderzoek Pluimveehouderij 98/3, Beekbergen.
- Chardon, W. J., en K. W. Van der Hoek. 2002. Berekeningsmethode voor de emissie van fijnstof vanuit de landbouw. p 35. Alterra / RIVM, Wageningen.
- Cramer, J.,. 2007. Brief aan de Tweede Kamer van de Staten-Generaal. Vergaderjaar 2006-2007, 29383, nr.66, 23 april 2007, Ministerie van VROM.
- Ellen, H.H.. 1997. Stofconcentraties in pluimveestallen, Praktijkonderzoek Pluimveehouderij 97/4. Beekbergen.
- Ellen, H.H., Heuvel, E.M.van den, Dooren, H.J.C. van, Hartman, E., 2002. Arbeid en gezondheid in de pluimveehouderij, PraktijkRapport Pluimvee 2, Praktijkonderzoek Veehouderij, Lelystad.
- Emissieregistratie. 2007. Milieu en natuurcompendium; emissies koolmonoxide, fijnstof en vos per doelgroep (nec), 2006. <http://www.milieuennatuurcompendium.nl/indicatoren/nl0181-CO%2C-fijn-stof%2C-en-VOS-emissies-per-doelgroep%2C-volgens-NEC.html?i=14-70>, Milieu en Natuur Planbureau, Bilthoven.
- Emous, R. van. 2007. Persoonlijke mededeling, Animal Sciences Group, Lelystad.
- EU. 1999. Richtlijn 1999/30/EG van de Raad van 22 april 1999 betreffende de grenswaarden voor zwaveldioxide, stikstofdioxide en stikstofoxiden, zwevende deeltjes en lood in de lucht. Publicatieblad van de Europese Gemeenschappen No. L 313/12, Brussel.
- Harn, J. van. 2007. Persoonlijke mededeling, Animal Sciences Group, Lelystad.
- Horne, P.L.M. van, Tacken, G.M.L., Ellen, H.H., Fiks-van Niekerk, Th.G.C.M., Immink, V.M., Bondt, N., 2007. Verbod op verrijkte kooien voor leghennen in Nederland, een verkenning van de gevolgen. LEI-rapport nr. 2.07.10, Landbouw Economisch Instituut, Den Haag.

Janse, P.. 2007. Cumulatie luchtverontreiniging als gevolg van Niet-IBM-projecten, CE Delft

Infomil. 2007. <http://www.infomil.nl>

Matthijssen, J., Brink, H.M. ten. 2007. Pm2.5 in the Netherlands; consequences of the new European air quality standards. MNP Report 500099001/2007.

Veldkamp, T.. 2007. Persoonlijke mededeling, De Schothorst, Lelystad.