

# Informatiedocument combineren stof reducerende technieken pluimveehouderij

Achtergrondinformatie bij het rekenmodel Vee-combistof V2.0 over  
combinaties die niet mogelijk of minder goed realiseerbaar zijn

Wageningen  
Livestock  
Research

DATUM  
8 januari 2024

AUTEUR  
Ing. H.(Hilko) Ellen  
Ir. R.(Roland) Melse

VERSIE  
3a

STATUS  
definitief



## Inhoudsopgave

Inleiding	5	
Aanleiding	5	
Leeswijzer	5	
1	Beperkingen bij het combineren van technieken	7
1.1	Brontechnieken	7
1.1.1	Strooiselschuif	7
1.1.2	Aanbrengen oliefilm	8
1.2	Technieken voor interne luchtreiniging	10
1.2.1	Ionisatietechnieken	10
1.3	End-of-pipe technieken	13
1.3.1	Warmtewisselaar	13
1.3.2	Droogtunnel	15
1.3.3	Luchtwastechnieken	16
1.3.4	Waterluchtwassysteem	18
1.3.5	Droogfilterwand	19
1.3.6	Ionisatiefilter	20
1.3.7	Luchtconditioneringsunit	21
1.3.8	Droog stoffilter	21
2	Investerings en (jaarlijkse) kosten	23
2.1	Opfoklegghennen	23
2.2	Leghennen	24
2.3	Opfokvleeskuikenouderdieren	25
2.4	Vleeskuikenouderdieren	26
2.5	Vleeskuikens	27
2.6	Vleeskalkoenen	28
2.7	Vleeseenden	28
3	Kosten van combinaties	30
3.1	Opfoklegghennen	30
3.2	Leghennen	33
3.3	Opfokvleeskuikenouderdieren	37
3.4	Vleeskuikenouderdieren	38
3.5	Vleeskuikens	40
3.6	Vleeskalkoenen	42
3.7	Vleeseenden	44
Literatuur		45
Bijlage 1: Notitie effect parallel plaatsen luchtwastechnieken op het verwijderingsrendement		48



## Inleiding

### Aanleiding

De pluimveehouderij is sinds 2005, toen eisen ten aanzien van de emissie van fijnstof werden opgenomen in de milieuwetgeving, geconfronteerd met de vraag om de emissie van fijnstof (PM<sub>10</sub>) uit de stallen te reduceren. Naar aanleiding van de resultaten van onderzoeken naar het effect van fijnstof op de gezondheid van omwonenden van veehouderijen heeft de overheid de ambitie gesteld om op termijn de emissie uit pluimveestallen generiek met respectievelijk 50 en 70% te reduceren voor bestaande en nieuw te bouwen stallen. Voor het reduceren van de emissie uit de stal kunnen de pluimveehouders gebruik maken van aanvullende technieken die zijn opgenomen in bijlage VI van de Omgevingsregeling. Voor de meeste van de daarin opgenomen technieken geldt echter dat ze niet zelfstandig kunnen voldoen aan de ambitie van 50 of 70% reductie. Door technieken te combineren is dat wel haalbaar.

Om inzicht te geven in de reductiepercentages die kunnen worden gerealiseerd als technieken worden gecombineerd, is in eerste instantie een tabel opgezet met daarin de beschikbare technieken en de berekende reductie voor combinaties van technieken. De afgelopen jaren zijn nieuwe technieken beschikbaar gekomen. Door deze technieken is het mogelijk om in sommige situaties meer dan twee technieken te combineren (bijvoorbeeld twee technieken in de stal en soms ook twee in de uitgaande luchtstroom). Hierdoor was de tabel ontoereikend geworden. Om meerdere combinaties door te kunnen rekenen, is in opdracht van het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (I&W) een rekenmodel ontwikkeld: rekenmodel 'Vee-combistof'. Dit rekenmodel is ook opgenomen als verplicht instrument voor het berekenen van het reductiepercentage van fijnstof uit pluimveestallen voor een combinatie van aanvullende technieken (artikel 4.7 van de Omgevingsregeling).

Naar aanleiding van de eerste versie van het rekenmodel kwamen er vanuit de praktijk een aantal wensen voor aanpassingen. Zoals het variabel maken van het debiet door de warmtewisselaar en droge stoffilters en het mogelijk maken van een deelstroom door 'end-of-pipe' technieken. Ook zou duidelijker moeten worden welke technieken wel en niet gecombineerd kunnen worden bij de diverse pluimveecategorieën. Deze wensen hebben geleid tot het ontwikkelen van het rekenmodel 'Vee-combistof V2.0'. Hierin zijn de luchtstromen door de warmtewisselaar en droge stoffilter te variëren, zijn er aparte rekenbladen per deelsector en zijn deelstromen mogelijk door bepaalde 'end-of-pipe' technieken. Een wens die niet is verwerkt is die van een deelstroom door 'end-of-pipe' technieken die ook de emissie van ammoniak en geur reduceren. Zoals de (chemische) luchtwassers. De reden is dat deze technieken dan maar een deel van het jaar lucht te verwerken krijgen of maar een beperkte hoeveelheid lucht. Dat heeft impact op het uiteindelijke verwijderingsrendement van de techniek.

In de praktijk zijn niet alle technieken te combineren. Bijvoorbeeld vanwege onderlinge beïnvloeding, omdat een techniek niet bij een pluimveecategorie is toegestaan, of vanwege praktische redenen. In het rekenmodel krijgt de gebruiker een melding als een combinatie van technieken niet mogelijk is of stuit op praktische bezwaren. In dit informatiedocument wordt aangegeven waarop deze meldingen zijn gebaseerd.

### Leeswijzer

De informatie over het wel of niet goed kunnen combineren van technieken is gekoppeld aan het werkingsprincipe en de plaats waar de techniek wordt toegepast. De indeling die daarbij is

aangehouden is: a) brontechnieken; technieken die voorkomen dat stof in de stallucht wordt opgenomen, b) interne luchtreiniging; het stof wordt uit de stallucht gehaald voordat deze via ventilatoren de stal verlaat, c) 'end-of-pipe' technieken, de techniek haalt het stof uit de stallucht nadat deze uit de stal is afgevoerd. Daarbij wordt ook ingegaan op de argumenten waarom bepaalde technieken alleen toegepast kunnen worden bij een bepaalde deelsector. Hoofdstuk 3 is vooral gericht op de jaarlijkse kosten van de diverse combinaties, gebaseerd op investeringen en jaarkosten zoals opgenomen in hoofdstuk 2.

# 1 Beperkingen bij het combineren van technieken

## 1.1 Brontechnieken

Onder de brontechnieken vallen de strooiselschuif en het aanbrengen van olie in/op het strooisel. Deze technieken voorkomen dat het stof wordt opgenomen in de stallucht. De strooiselschuif zorgt er voor dat de bron van het stof, de strooiselmest, regelmatig uit de stal wordt verwijderd. Het aanbrengen van olie voorkomt dat stof (opnieuw) in de stallucht kan worden opgenomen doordat het stof min of meer wordt vastgeplakt aan het strooiselmateriaal en aan andere oppervlakken waar de olie op terecht komt.

### 1.1.1 Strooiselschuif

#### **Werkingsprincipe**

Bij de strooiselschuif wordt de reductie van de emissies gerealiseerd door de bron hiervan, de strooiselmest, regelmatig uit de stal te verwijderen. Met name het scharrel- en stofbadgedrag van kippen zorgt voor het opnemen van de stofdeeltjes in de stallucht. Uit metingen (Mosquera et al., 2016) blijkt dat bij een dunnere laag strooiselmest de emissie van fijnstof (en ook die van ammoniak en mogelijk ook geur) afneemt. Hieruit is als maximale gemiddelde dikte een laag van 3 cm gekomen. Bij deze dikte van de strooisellaag is er geen negatieve invloed op het scharrel- en stofbadgedrag van de kippen (Emous et al., 2017). Op basis van beide rapporten is de strooiselschuif opgenomen in bijlage VI van de Omgevingsregeling voor toepassing bij leghennen in volièrestallen (AP100.2, OW 2017.02).

#### **Toepasbaarheid bij deelsectoren/staltypen**

De metingen aan het effect van een dunne laag strooiselmest zijn gedaan in stallen voor leghennen met volièrehuisvesting. Omdat de inrichting van deze stallen te veel afwijkt van andere staltypen binnen de legsector, zoals de traditionele scharrelstal, en ook staltypen bij andere deelsectoren, zoals volledig strooiselvloeren bij vleeskuikens, is toepassing van de strooiselschuif niet overgenomen naar deze andere staltypen.

De strooiselschuif is in feite ontwikkeld om het leggen van eieren in de laag strooiselmest zoveel mogelijk te voorkomen. Een dikke laag nodigt de hennen meer uit om daarin eieren te leggen. Vanwege dit argument is er voor legpluimveehouders een goede reden om een strooiselschuif toe te passen. Het argument van het voorkomen van buitennesteieren geldt niet voor opfokhennen in volièrehuisvesting. Hoewel verwacht mag worden dat ook bij deze diergroep een dunnere laag strooiselmest lagere emissies zal geven, is de techniek niet opgenomen in de regelgeving voor deze diercategorie. Een ander argument hierbij is dat er sprake is van een opbouw van mestproductie bij opfokhennen, waardoor het effect van een strooiselschuif pas later in de ronde merkbaar zal worden. Om hier goed inzicht in te krijgen zijn metingen nodig.

#### **Combinatie met andere reducerende technieken**

Omdat de strooiselschuif de bron van de fijnstofemissie verwijdert heeft deze techniek geen invloed op de werkingsprincipes van andere reducerende technieken. Ze is daarom toepasbaar in combinatie met alle andere technieken die mogelijk zijn bij leghennen in volièrehuisvesting.



**Figuur 1.1** Voorbeeld van een strooiselschuif.

### 1.1.2 Aanbrengen oliefilm

#### **Werkingsprincipe**

Het aanbrengen van een oliefilm in/op de laag strooiselmest, zorgt ervoor dat kleine stofdeeltjes zich hechten aan de grotere delen. De stofdeeltjes worden min of meer vastgeplakt. Als olie in de dierruimte wordt verneveld plakken stofdeeltjes ook vast aan delen van de inrichting waarop een laagje olie terecht is gekomen.

#### **Toepasbaarheid bij deelsectoren/staltypen**

Aan het systeem dat olie vernevelt met drukleidingen (AP1.1, OW 2009.17) zijn validatiemetingen<sup>1</sup> uitgevoerd in traditionele stallen met vleeskuikens (Winkel et al., 2011a). Dit zijn stallen met een volledig strooiselvloer met daarbij alleen de aanwezigheid van voer- en drinkwatersystemen. De olie kan daarbij redelijk gericht op het strooisel worden aangebracht. Dit in tegenstelling tot stallen met roostervloeren en stellingen. Vanwege dit aspect zijn de resultaten van de metingen bij vleeskuikens alleen vertaald naar pluimveecategorieën met een vergelijkbaar huisvestingssysteem: opfok vleeskuikenouderdieren en vleeskalkoenen.

Naar het aanbrengen van een oliefilm in een volièrestal (AP1.2, OW 2015.01) is specifiek onderzoek gedaan, met als resultaat de opname van de techniek na validatiemetingen in een praktijkstal (Winkel et al., 2013). De olie wordt hierbij op het strooisel aangebracht middels naar beneden gerichte nozzles, bevestigd aan de stellingen van het volièresysteem in de stal. Vanwege de combinatie van aanbrengen en de aanwezigheid van het volièresysteem, zijn de resultaten niet vertaalbaar naar andere huisvestingssystemen bij pluimvee en is deze wijze van het aanbrengen van een oliefilm alleen toepasbaar bij volièrehuisvesting.

De olierobot (AP1.3, OW 2015.02) is alleen getest in een traditionele scharrelstal. Door de grote verschillen in uitvoering ten opzichte van de andere huisvestingssystemen is het niet zeker of de olierobot daar eenzelfde resultaat geeft wat betreft de reductie van fijnstof. Daarom is de olierobot alleen toepasbaar in stallen met een scharrelstalinrichting; een verhoogde roostervloer (beun) met aan weerszijden een strooisel/scharrelruimte. Deze komen voor bij opfoklegghennen, leghennen en vleeskuikenouderdieren. NB: Het destijds gevalideerde prototype van de olierobot is niet verder ontwikkeld of op de markt beschikbaar gekomen.

---

<sup>1</sup> Validatiemetingen zijn metingen gericht op het vaststellen van een emissiefactor of reductiepercentage. De metingen voldoen aan het voor de betreffende emissie geldende meetprotocol.



Vanwege de andere samenstelling van de strooiselmest (vooral het lagere drogestofgehalte) en het regelmatig bijstrooien, is er onvoldoende zekerheid dat hiervoor genoemde principes van het aanbrengen van een oliefilm ook de gemeten reductiepercentages geeft bij toepassing in eendenstallen. Daarom zijn alle technieken met het aanbrengen van een oliefilm niet toepasbaar bij deze diercategorie.

### **Combinatie met andere reducerende technieken**

Bij de systemen waar olie door middel van drukleidingen wordt verneveld in de stal (AP1.1 en AP1.2) is er een risico dat er oliedruppeltjes mee worden genomen in de ventilatielucht. Dit ondanks het voorschrift dat de druppels een minimale grootte moeten hebben (maximaal 1% van de oliedruppeltjes heeft een diameter kleiner dan 10 µm). De aanwezigheid van deze oliedruppeltjes kan een negatief effect hebben op andere technieken die de emissie van fijnstof reduceren, behalve op de strooiselschuif. Omdat iedere dag opnieuw olie wordt aangebracht, heeft het verwijderen van de strooiselmest met olie waarschijnlijk niet tot gevolg dat de reductie door het aanbrengen van de olie minder wordt. Ook wordt niet alle strooiselmest verwijderd.

Bij ionisatiesystemen die werken op basis van het principe dat geladen stofdeeltjes zich hechten aan gearde oppervlakken, kan de olie zich ook hechten aan die oppervlakken in de stal, waardoor de aantrekkingskracht op de stofdeeltjes mogelijk minder wordt (zie ook paragraaf 2.2.1). Bij het aanbrengen van de oliefilm bij volièrehuisvesting wordt de olie gericht op het strooisel aangebracht en niet verneveld in de hele stalruimte. Hierdoor loopt ionisatie in combinatie met deze techniek mogelijk minder risico. Volledig uitsluiten van een negatief effect op de reductie van de ionisatie door de olie is echter niet mogelijk. Daarom wordt een combinatie van deze twee technieken ook afgeraden.

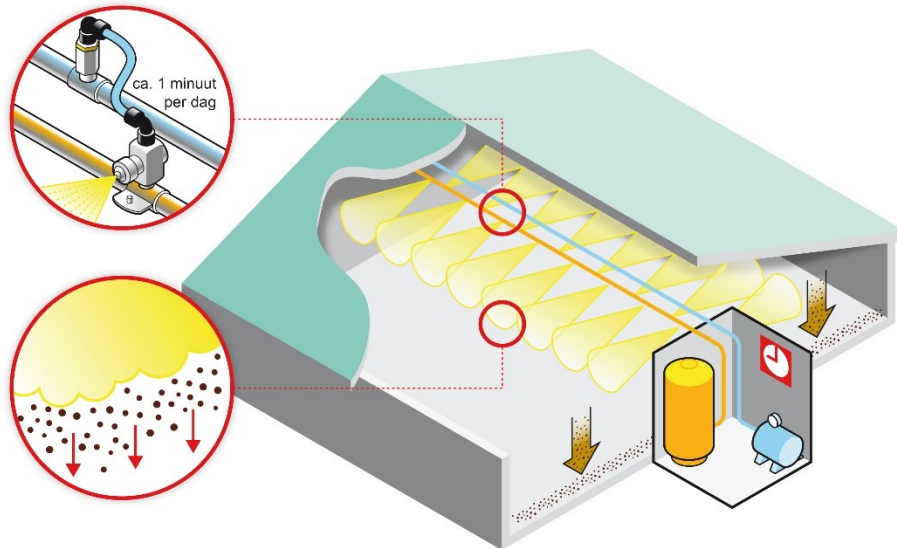
Bij luchtwastechnieken is het niet gewenst dat er olie in het waswater zit. Dit kan gevolgen hebben voor het werkingsprincipe, zowel in negatieve (minder verwijdering) als positieve zin (meer verwijdering).

In principe kunnen bij een warmtewisselaar de oliedruppels die worden verneveld in de ventilatielucht zorgen voor een hoger verwijderingsrendement, maar door de olie zal de warmtewisselaar sneller en zwaarder vervuild raken, waardoor het rendement mogelijk weer minder wordt als niet op tijd wordt gereinigd. Zonder onderzoek hiernaar is er geen uitspraak te doen op het uiteindelijke resultaat. Bij warmtewisselaars die zijn uitgerust met een filterreiniging zullen oliedruppeltjes in de lucht tot gevolg hebben dat de automatische reiniging van de filters niet meer functioneert. Het combineren van het vernevelen van olie door middel van drukleidingen met 'end-of-pipe' technieken is daarom uitgesloten.

Het aspect van oliedruppeltjes opgenomen in de stallucht geldt niet voor de olierobot (AP1.3), omdat de olie niet wordt verneveld in de hele stalruimte, maar direct boven het strooisel.

Daarom kan deze techniek wel met alle andere technieken worden gecombineerd.

NB: Na de eerste ontwikkeling van de olierobot en de validatiemetingen is de leverancier gestopt met het verder ontwikkelen van deze techniek. Daarmee is er voor de olierobot nu geen leverancier.



**Figuur 1.2 Principeschets van het aanbrengen van een oliefilm.**

## 1.2 Technieken voor interne luchtreiniging

Bij interne luchtreiniging wordt stof dat in de stallucht is opgenomen uit de lucht gehaald. Hierdoor wordt de stofconcentratie in de stallucht verlaagd en daarmee ook uiteindelijk de emissie. In bijlage VI van de Omgevingsregeling zijn tot nu toe alleen technieken op basis van ionisatie opgenomen. Maar er zijn ook mogelijkheden om lucht in de stal te circuleren en hierbij het stof uit de lucht te halen door bijvoorbeeld filters.

### 1.2.1 Ionisatietechnieken

#### Werkingsprincipe

Ionisatie werkt op basis van het geven van een lading aan in de stallucht zwevende stofdeeltjes. Afhankelijk van de uitvoering van het ionisatiesysteem hechten de geladen deeltjes zich aan alle gearde of tegengesteld geladen oppervlakken in de stal, of klonteren de deeltjes samen tot grotere stofdeeltjes en vallen dan neer (sedimenteren). Het eerste is vooral van toepassing bij systemen met coronadraden, het tweede bij het systeem met koolstofborsteltjes. Er is ook een ionisatietechniek die wordt ingezet in de uitgaande ventilatielucht. Deze techniek, een ionisatiefilter, wordt behandeld in paragraaf 1.3.6.

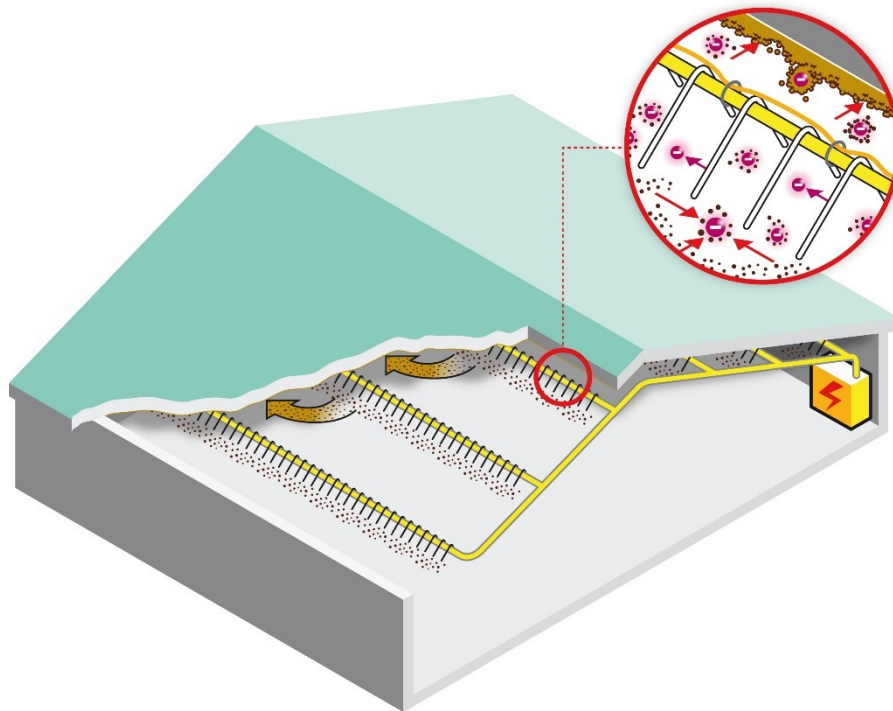
#### Toepasbaarheid bij deelsectoren/staltypen

##### *Ionisatie met coronadraden*

Na een uitgebreide literatuur studie (Kasper et al., 2008) zijn in 2009 de eerste onderzoeken in Nederland gedaan naar het effect van ionisatie met coronadraden in vleeskuikenstallen (Cambrá-López et al., 2009), gevolgd door validatiemetingen (Winkel et al., 2011b). Deze laatste hebben geleid tot opname van de eerste techniek met ionisatie via coronadraden langs het plafond (AP2.1, OW 2009.18). Onderzoek in de periode 2018-2020 (Ellen et al., 2020a; Ellen et al., 2020b) heeft geleid tot opname van nog twee uitvoeringen van ionisatie met coronadraden die fijnstof reduceren. Bij één van de uitvoeringen worden ook draden gespannen in de stal (AP2.4, OW 2020.04), bij de andere zijn de draden verwerkt in een omhulsel (AP2.5, OW 2020.05). Doordat geladen stofdeeltjes zich hechten aan gearde of tegengesteld geladen oppervlakken, ontstaat op deze oppervlakken een laagje stof. Hierdoor neemt het werkingsprincipe af; het stof vormt een elektrisch isolerende laag. Om de werking weer te optimaliseren is reiniging van de oppervlakken nodig. In vleeskuikenstallen is het gebruikelijk om na iedere productieperiode van

6 à 8 weken, afhankelijk van de productiewijze, de stal schoon te maken en te ontsmetten. Bij andere pluimveecategorieën is de periode dat er dieren in de stal aanwezig zijn veel langer; 15-17 weken bij opfokleghennen, 17-20 weken bij opfokvleeskuikenouderdieren, 16-20 weken bij vleeskalkoenen, 41-45 weken bij vleeskuikenouderdieren en 64-70 weken bij leghennen. Het schoonmaken van stallen in aanwezigheid van de dieren kan negatieve gevolgen hebben voor de productie door o.a. stress. Daarom is gekozen om de technieken van ionisatie d.m.v. coronadraden waarbij het stof zich hecht aan oppervlakken in de stal niet toe te passen bij deze pluimveecategorieën.

Ionisatie met coronadraden is niet toepasbaar bij eenden vanwege de afwijkende kwaliteit van de strooiselmest.



**Figuur 1.3** Basisprincipe van systeem met ionisatie via coronadraden langs plafond



**Figuur 1.4 Ionisatie-unit met ingebouwde coronadraden (niet zichtbaar)**

#### *Ionisatie met koolstofborsteltjes*

Onderzoek naar het effect van ionisatie via koolstofborsteltjes op de emissie van fijnstof is uitgevoerd in 2018/2019 (Goselink et al., 2020a). De metingen zijn uitgevoerd in een volièrestal met leghennen. Het systeem was voor de metingen al een ronde in gebruik geweest, waarbij de pluimveehouder geen stofaanhechting zag aan oppervlakken in de stal. Tijdens de ronde waarin is gemeten werd ook geen stofophoping gezien aan gearde of tegengestelde geladen oppervlakken in de stal of aan de koolstofborsteltjes, waardoor de werking van het systeem zou verminderen. Daarom is het ionisatiesysteem met koolstofborsteltjes ((AP2.5, OW 2020.03) toepasbaar bij alle pluimveecategorieën behalve bij eenden. Dit laatste weer vanwege de afwijkende strooiselkwaliteit.



**Figuur 1.5 Lichtarmatuur met daaraan bevestigd de koolstofborsteltjes voor ionisatie.**

### **Combinatie met andere reducerende technieken**

Ionisatie met behulp van coronadraden kan in principe met alle andere technieken worden gecombineerd, behalve met het vernevelen van olie (zie paragraaf 2.1.2) en een andere ionisatietechniek zoals de techniek met koolstofborsteltjes en het ionisatiefilter. Reden hiervoor is dat het niet zeker is of het effect van de tweede techniek gelijk zal blijven.

De ionisatietechniek via koolstofborsteltjes kan met nagenoeg alle andere technieken worden gecombineerd, behalve met andere ionisatietechnieken. Ook de combinatie met het aanbrengen van olie in stallen voor leghennen met een olierobot is mogelijk. Dit omdat wordt verwacht dat de olie niet in aanraking komt met de koolstofborsteltjes. Het aanbrengen van olie met behulp van drukleidingen kan wel gevolgen hebben voor de werking van de ionisatie. Door het vernevelen kan er olie op de borsteltjes terecht komen, waardoor de werking van de ionisatie wordt verstoord. Deze combinatie is daarom niet mogelijk.

## **1.3 End-of-pipe technieken**

Onder deze categorie vallen alle technieken die fijnstof (of andere stoffen en gassen) uit de lucht halen die de stal verlaten via de ventilatie. De bekendste end-of-pipe technieken in de pluimveesector zijn de warmtewisselaar en de droogtunnel. Daarnaast kan ook een chemische of een biologische luchtwasser of een biofilter toegepast worden in een pluimveestal. Ook de eenvoudige waterwasser, het ionisatiefilter en filtertechnieken (droogfilterwand, droge stoffilters) zijn als end-of-pipe technieken beschikbaar voor de pluimveesector. Bij stallen met mestbanden kan de mest worden (na-)gedroogd in een droogtunnel met stallucht. In de droogtunnel fungeert de mest als een soort filter en wordt stof verwijderd uit de lucht.

Behalve bij de warmtewisselaars, de droogtunnels en het droge stoffilter was in de systeembeschrijvingen het uitgangspunt bij end-of-pipe technieken dat alle stallucht door de techniek de stal verlaat. Daarom was het naast elkaar met gescheiden luchtstromen toepassen, de zogenaamde parallelle plaatsing, van deze technieken tot maart 2021 niet toegestaan. Samen met het uitkomen van het nieuwe rekenmodel Vee-combistof V2.0 is het parallel plaatsen van 'end-of-pipe' technieken die uitsluitend fijnstof reduceren toegestaan. Dit geldt voor het waterluchtwassysteem, de droogfilterwand en het ionisatiefilter. Deze technieken mogen parallel naast de warmtewisselaar, de droogtunnel en het droge stoffilter geplaatst worden.

### *1.3.1 Warmtewisselaar*

#### **Werkingsprincipe**

Bij de warmtewisselaars is er sprake van twee uitvoeringen: zonder en met stoffilters. Bij de eerste uitvoering wordt het stof afgevangen in het condenswater dat ontstaat door afkoeling van de uitgaande luchtstroom en het plakken van het stof aan de wanden van de kunststofelementen. Het reductiepercentage van deze uitvoering is gebaseerd op de metingen van Ellen et al. (2013). Bij de tweede uitvoering zorgen filters voor het afvangen van het stof, zodat de elementen voor de warmte-uitwisseling schoon blijven. Deze filters (ook wel absoluutfilters genoemd) hebben een verwijderingsrendement van 99% voor stof met een diameter van  $\geq 10$  micrometer. Dit verwijderingsrendement wordt geborgd via een certificaat.

Voor het berekenen van het reductiepercentage op stalniveau is gebruik gemaakt van berekeningen zoals uitgewerkt in bijlage B van Ellen et al. (2013). De berekende reductiepercentages zijn afhankelijk van de maximale luchtstroom door de warmtewisselaar. In de eerdere beschrijvingen was deze nog vastgelegd per diercategorie. In het rekenmodel Vee-combistof V2.0 is het maximale debiet dat door de warmtewisselaar gaat, vrij gelaten. En daarmee ook het reductiepercentage op stalniveau dat dan wordt gerealiseerd. Hiermee ontstaat meer vrijheid in het combineren van de warmtewisselaar met andere 'end-of-pipe' technieken (zie hierna).

### **Toepasbaarheid bij deelsectoren/staltypen**

De warmtewisselaar in bijlage VI van de Omgevingsregeling heeft een variabel reductie percentage variërend tussen 1 en 95%: OW 2021.01 (AP100.4). In het rekenmodel Vee-combistof V2.0 is het namelijk mogelijk om het debiet door de warmtewisselaar te variëren. Het reductiepercentage wordt vastgesteld op basis van de hoeveelheid ventilatielucht (in m<sup>3</sup>/dier/uur) die vanuit de stal door de warmtewisselaar gaat.

De warmtewisselaar is toepasbaar bij alle pluimveecategorieën (ook vleeseenden) en huisvestingssystemen.

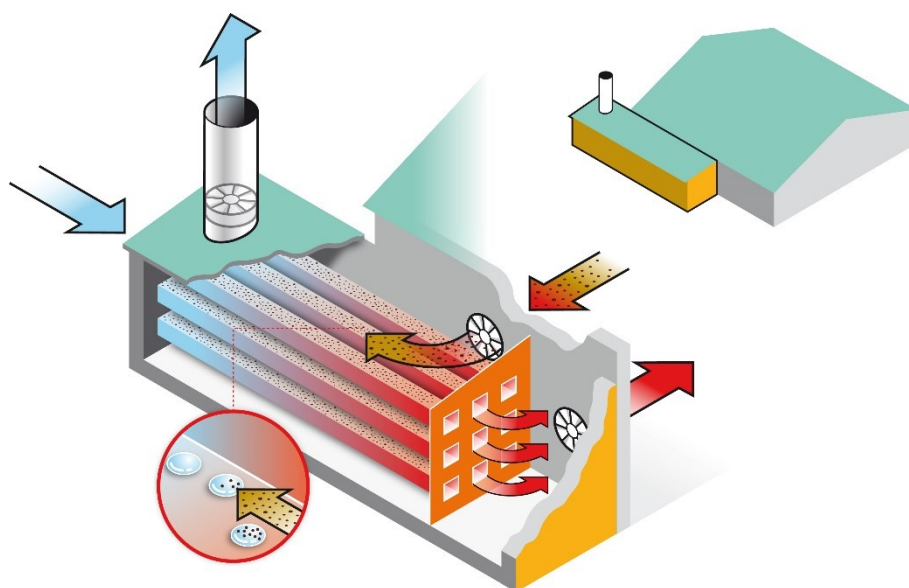
### **Combinatie met andere reducerende technieken**

Alleen bij technieken die oliedruppels middels een drukleiding in de stallucht brengen, wordt een effect verwacht op de werking van de warmtewisselaar (zie ook paragraaf 1.1 en 1.2). Bij de combinatie van de warmtewisselaar met andere in de dierruimte toepasbare technieken wordt geen effect verwacht.

De lucht die uit een warmtewisselaar komt, kan altijd verder worden gereinigd door een tweede 'end-of-pipe' techniek. Dit kan technische aanpassingen vragen, bijvoorbeeld voor de plaatsing van ventilatoren. De warmtewisselaars hebben voor zover bekend en te beredeneren valt, geen negatief effect op de vervolgtechnieken die in bijlage VI van de Omgevingsregeling zijn opgenomen.

Bij warmtewisselaars is altijd sprake van een deelstroom van de totale ventilatie van een stal. Vanwege dit aspect is een warmtewisselaar altijd te combineren met een andere techniek waar ook sprake is van een deelstroom. Dit is in het rekenmodel Vee-combistof V2.0 mogelijk voor die technieken die geen effect hebben op de emissies van ammoniak en/of geur. Dit zijn de droogtunnel, het waterluchtwassysteem, de droogfilterwand, het ionisatiefilter en de droge stof-filters.

Een warmtewisselaar kan niet parallel worden geplaatst met een luchtwasser of biofilter. Deze technieken verwijderen naast fijnstof ook geur en ammoniak. Bij de combinatie van een warmtewisselaar met een luchtwasser of het biofilter, krijgen deze technieken langere tijd geen lucht aangeboden en verliezen daarmee hun werking. Dit heeft negatieve gevolgen voor de reductie van ammoniak en geur (zie par. 1.3.3 en bijlage 1). In het rekenmodel Vee-combistof V2.0 is daarom deze combinatie niet toegestaan.



**Figuur 1.6 Principeschets van een warmtewisselaar.**

### 1.3.2 Droogtunnel

#### **Werkingsprincipe**

Droogtunnels zijn ontworpen om mest van pluimvee te drogen tot een droge stofgehalte boven de 80%. Hiervoor wordt stallucht gebruikt. Bij dit proces fungeert de mest als een filter voor het stof in de stallucht. Op basis van metingen van Winkel et al. (2011c, 2014b) en berekeningen volgens Emous et al. (2011) zijn reductiepercentages vastgesteld van 30 en 55% op jaarbasis en stalniveau, afhankelijk van de uitvoering van de droogtunnel.

#### **Toepasbaarheid bij deelsectoren/staltypen**

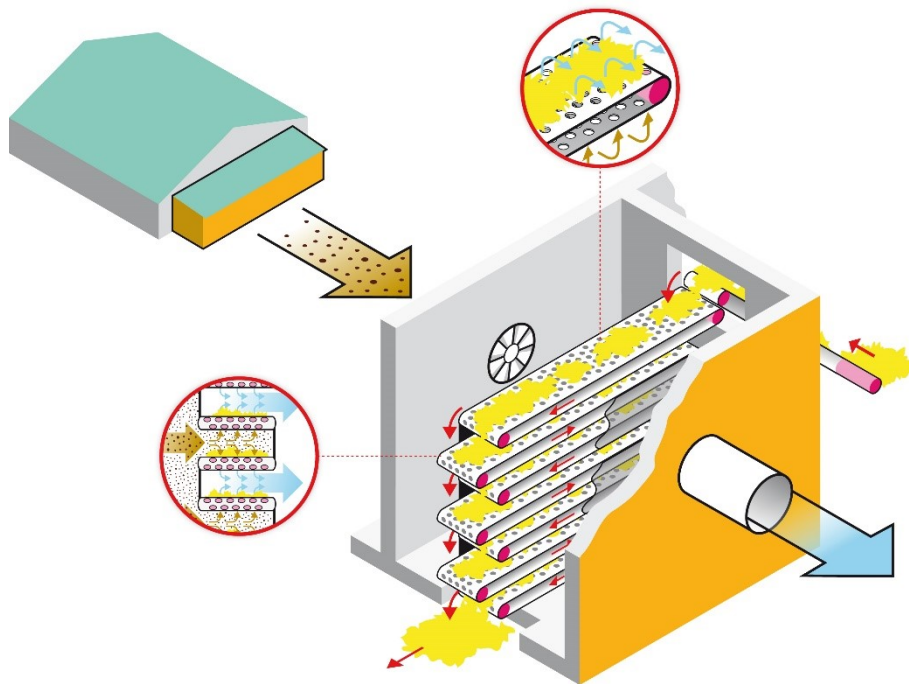
Droogtunnels zijn alleen toepasbaar bij huisvestingssystemen waarin mestbanden worden gebruikt om de mest regelmatig uit de stal te verwijderen. Dit zijn de diverse kooisystemen bij (opfok)leghennen, de groepskooi bij vleeskuikenouderdieren en de volièresystemen bij (opfok)leghennen. Bij deze diercategorieën wordt de mest minimaal één keer per week uit de stal verwijderd.

#### **Combinatie met andere reducerende technieken**

In principe wordt in een droogtunnel niet alle ventilatielucht uit de stal benut om de mest te drogen. In de basis is het de minimumventilatie en bij oplopende staltemperatuur het deel tot ca. 2 m<sup>3</sup>/dier/uur (Winkel et al., 2011c). Hierop zijn de beschrijvingen van de droogtunnel en de berekende reductiepercentages ook gebaseerd (AP3.1, OW 2005.06; AP32, OW 2007.09; AP3.3, OW 2001.36). Daarom is het goed mogelijk om een droogtunnel te combineren met andere 'end-of-pipe' technieken waarbij deze 'parallel' zijn geplaatst. Dat wil zeggen dat als de lucht door de droogtunnel op het ingestelde maximum zit, het meerdere door de aanvullende techniek gaat. Bij de publicatie van de lijst met emissiefactoren fijnstof voor de veehouderij in maart 2021 is dit voor een aantal technieken mogelijk gemaakt en het rekenmodel sluit hierop aan, namelijk voor de warmtewisselaars, de waterluchtwasser, de droogfilterwand en het ionisatiefilter. Het op parallelle wijze combineren van een droogtunnel met een luchtwasser of biofilter, die naast fijnstof ook geur en ammoniak verwijderen, is niet mogelijk. Het combineren van een droogtunnel met een luchtwasser of biofilter betekent dat deze technieken langere tijd niet in werking zijn en daardoor geen reductie zullen geven van ammoniak en geur (zie par. 1.3.3 en bijlage 1). Daarom is deze combinatie van technieken niet toegestaan.

Het parallel plaatsen van een warmtewisselaar met een droogtunnel zal zorgen dat bij minimumventilatie één van beide geen luchtaanvoer vanuit de stal heeft. Daarmee kan niet worden voldaan aan de eisen van een beschrijving, of komt een (economisch) voordeel te vervallen. Als wordt gekozen voor geen luchtaanvoer door de warmtewisselaar, zal bij lage buitentemperaturen de lucht voor de mestbandbeluchting, waarvoor de warmtewisselaar meestal wordt ingezet, op een andere manier op de minimale temperatuur moeten worden gebracht. Als er geen lucht door de droogtunnel gaat, zal de mest onvoldoende droog worden.

Het plaatsen van een tweede 'end-of-pipe' techniek na een droogtunnel (zogenaamd 'in serie') kan problemen geven vanwege de hoeveelheid grover stof dat vrijkomt tijdens het afdraaien van de banden. Dit kan voor een ernstige vervuiling zorgen tot eventueel verstopping toe als niet regelmatig wordt schoongemaakt. Bij de droogfilterwand en het ionisatiefilter zal de vervuiling door grover stof minder snel een rol spelen en zijn deze twee technieken op die manier te combineren met een droogtunnel. Dit geldt ook voor de warmtewisselaar met stoffilters waarbij de filters regelmatig automatisch worden schoon geblazen.



**Figuur 1.7 Principeschets van een droogtunnel.**

### 1.3.3 Luchtwastechnieken

#### **Werkingsprincipe**

Luchtwassers zoals de chemische en biologische (combi) luchtwassers en de biofilters, zijn vooral ontworpen om de emissies van ammoniak en geur te reduceren. Maar door het intensieve contact tussen lucht en water wordt ook fijnstof afgevangen. Het verwijderingsrendement voor fijnstof bij luchtwassers is vooral afhankelijk van de tijd die de lucht in het natte gedeelte van de wasser verblijft. Bij een biofilter is naast de verblijftijd ook van de fijnheid en vochtigheid van het vulmateriaal van het bed van belang. Op basis van metingen aan diverse luchtwassers (Mosquera et al., 2011) zijn de huidige verwijderingsrendementen bepaald. Hierbij is er van uitgegaan dat alle lucht uit een stal het hele jaar door de luchtwasser wordt afgevoerd. Als dit niet het geval zou zijn, omdat een deel de stal verlaat buiten de wastechniek om (zgn. bypass), neemt het totale reductiepercentage op stalniveau af. Het verwijderingsrendement dat in bijlage VI van de Omgevingsregeling staat, geldt immers alleen voor de lucht die door de wastechniek gaat.

#### **Toepasbaarheid bij deelsectoren/staltypen**

Luchtwassers en biofilters worden maar beperkt toegepast in de pluimveesector. Belangrijke redenen zijn de hoge stofconcentraties in de stallucht, waardoor de wassers sterk/snel vervuilen. Daarnaast vraagt deze techniek een relatief hoge investering voor een techniek die maar een beperkt deel van het jaar voor de volledige capaciteit wordt benut.

In de kalkoensector komen nog relatief veel stallen voor met natuurlijke ventilatie. Bij deze stallen is het toepassen van een luchtwastechniek of biofilter niet mogelijk.

#### **Combinatie met andere reducerende technieken**

Het werkingsprincipe voor het verwijderen van fijnstof door een luchtwasser is dat de stofdeeltjes door intensief contact met water uit de lucht worden gewassen. In de stallucht moet daarom geen vervuiling aanwezig zijn die deze werking tegengaat. Dat is mogelijk het geval bij het vernevelen van olie d.m.v. drukleidingen. Bij biologische wassers kan de aanwezigheid van

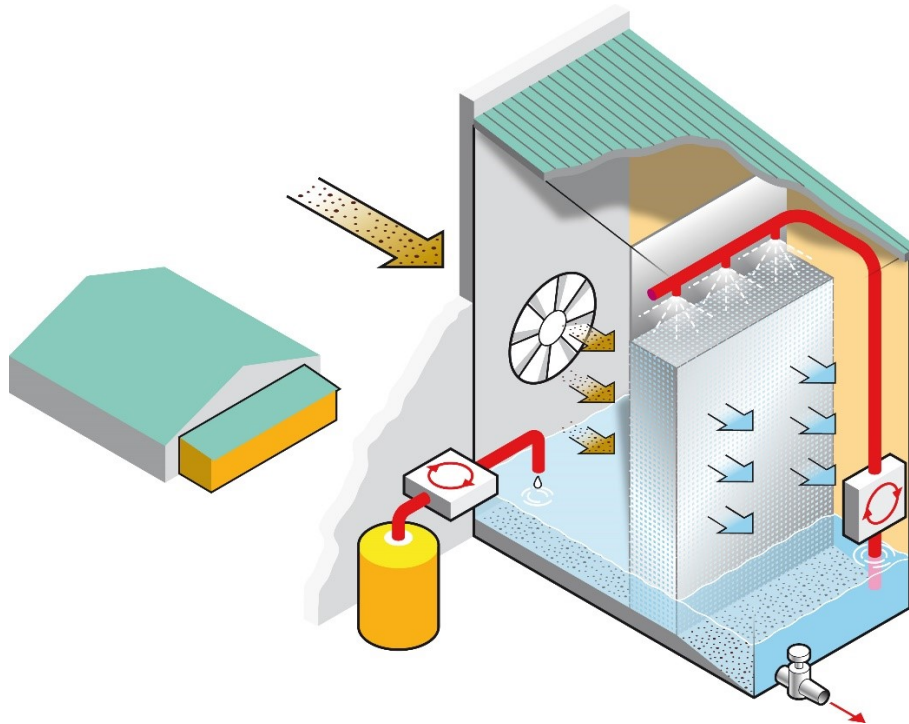


olie ook een effect hebben op de bacteriën die de ammoniak en geur omzetten in andere verbindingen. Hiernaar is tot op heden geen onderzoek gedaan. Vanwege deze reden is de combinatie van die technieken met een luchtwasser niet toegestaan. Andere technieken die de stofconcentratie in de stal verlagen hebben dit nadeel niet en kunnen wel worden gecombineerd met luchtwassers.

Het combineren van luchtwestechnieken na elkaar (serie schakeling) is over het algemeen niet aan te bevelen. Bij het plaatsen van een wasser met een biologische werking (biowasser, biofilter) na een chemische wasser kan het zuur uit de chemische wasser leiden tot afdoden van de bacteriën in de biologische stap. Daarom is deze combinatie niet toegestaan. Andersom, een chemische wasser na een biologische, is technisch wel mogelijk, maar is vanwege de hoge kosten minder zinvol. Omdat niet zeker is of het waterluchtwassysteem (OW 2009.19) hetzelfde verwijderingsrendement houdt als deze gecombineerd wordt met andere luchtwassystemen, is combinatie van deze technieken uitgesloten ,

Omdat is voorgeschreven dat alle lucht uit de stal door een luchtwasser moet, is het in serie combineren met andere 'end-of-pipe' technieken wel mogelijk, maar technisch minder eenvoudig te realiseren. Het plaatsen van een droogtunnel na een luchtwasser is niet aan te bevelen. Door de vochtige lucht uit een luchtwasser zal er geen droging van de mest meer plaatsvinden. Vanwege diezelfde vochtige lucht zal de werking van de droogfilterwand en het ionisatiefilter ook veranderen. Dit kan zowel positief (meer verwijdering) als negatief (minder verwijdering) uitpakken. Zonder metingen is hierover geen uitspraak te doen. Daarom is de in serie geplaatste combinatie van de droogtunnel, de droogfilterwand en het ionisatiefilter na een luchtwasser niet mogelijk in het rekenmodel Vee-combistof V2.0. Het plaatsen van een luchtwasser na een van deze technieken is wel mogelijk (zie paragrafen 1.3.2, 1.3.5 en 1.3.6)

Toepassen van een warmtewisselaar na een luchtwasser zal een negatief effect hebben op het thermisch rendement van de warmtewisselaar. Een deel van de warmte in de stallucht wordt opgenomen in het water van de warmtewisselaar. Ook zal deze combinatie een effect hebben op het verwijderingsrendement van fijnstof van de warmtewisselaar. Dit kan zowel positief als negatief zijn. De vochtige lucht kan zorgen dat er meer stof vastplakt in de warmtewisselaar, maar de warmtewisselaar kan ook zo vervuild raken dat, als er geen automatische reiniging is, er geen stof meer wordt afgevangen of de warmtewisselaar verstopt raakt. De filters in warmtewisselaars die zijn uitgerust met een stoffilter om de wisselaar schoon te houden, raken hoogst waarschijnlijk verstopt. Vanwege deze aspecten is het plaatsen van een warmtewisselaar na een luchtwestechniek niet zinvol en uitgesloten in het rekenmodel Vee-combistof V2.0.



**Figuur 1.8** Principeschets van een luchtwasser.

#### 1.3.4 Waterluchtwassysteem

##### **Werkingsprincipe**

Het werkingsprincipe van het waterluchtwassysteem is gelijk aan dat van de chemische en biologische luchtwassers. De basis voor het verwijderen van fijnstof is het intensieve contact tussen stofdeeltjes en het waswater in het waspakket. Het verwijderingsrendement is daarmee ook afhankelijk van de verblijftijd van de lucht in het waspakket. Op basis van validatiemetingen op twee pluimveebedrijven (Melse et al., 2011) is het systeem opgenomen in bijlage VI van de Omgevingsregeling (LW3.1, OW 2009.19).

##### **Toepasbaarheid bij deelsectoren/staltypen**

Net als de luchtwassers en biofilters is het waterluchtwassysteem toepasbaar bij alle diercategorieën en staltypen waarbij mechanische ventilatie wordt toegepast.

##### **Combinatie met andere reducerende technieken**

Voor het combineren van het waterluchtwassysteem met andere technieken gelden in principe dezelfde beperkingen als bij luchtwassers. De systemen waarbij olie in de stallucht wordt verneveld kunnen een negatief effect hebben op het werkingsprincipe en verwijderingsrendement van het waterluchtwassysteem en zijn daarom niet hiermee te combineren.

Omdat het waterluchtwassysteem geen reductie geeft op de emissies van ammoniak en geur is het parallel plaatsen van deze techniek met andere 'end-of-pipe' technieken mogelijk gemaakt met de wijziging van de lijst met emissiefactoren fijnstof voor de veehouderij in maart 2021. Het rekenmodel Vee-combistof V2.0 sluit hierop aan en maakt het mogelijk om het reductiepercentage van de combinatie van het waterluchtwassysteem met de warmtewisselaar en de droogtunnel te berekenen.

### 1.3.5 Droogfilterwand

#### Werkingsprincipe

De droogfilterwand is uitgevoerd met een dubbele V-vormige koker met daarin openingen waar de lucht door gaat. Door de dubbele V-vorm en plaatsing van de openingen in de wanden van het filter, schieten de grotere (massa-tragere) deeltjes uit de bocht en botsen tegen de tweede foliewand. Dan vallen ze in de V-vormige ruimte tussen de folies naar beneden. Ook plakken stofdeeltjes vast tegen de foliewanden. Op basis van dit principe is deze techniek opgenomen met een reductie voor fijnstof van 40% (AP100.1, OW 2010.29). Dit reductiepercentage is vastgesteld op basis van de validatiemetingen door Winkel et al. (2011d).

#### Toepasbaarheid bij deelsectoren/staltypen

Vanwege het werkingsprincipe is de droogfilterwand toepasbaar bij alle pluimveecategorieën en alle huisvestingssystemen.

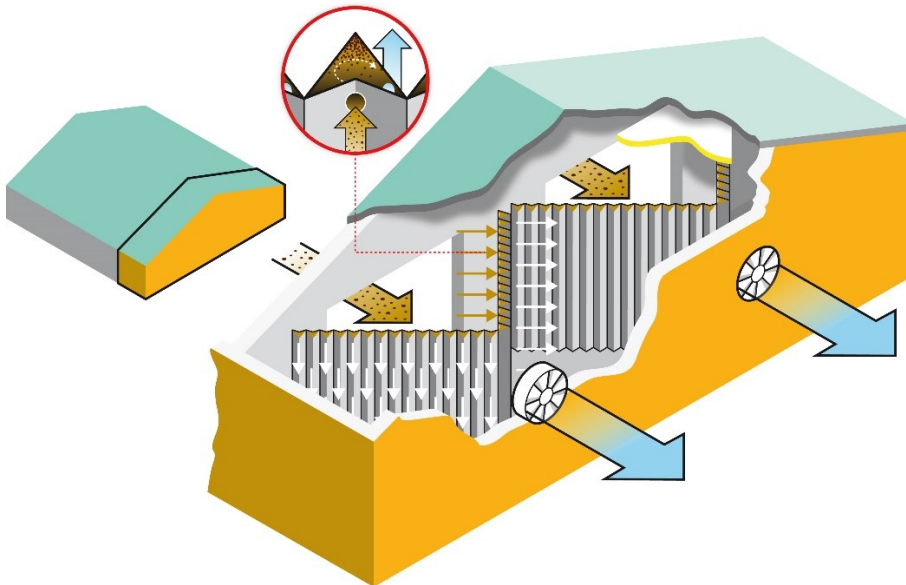
#### Combinatie met andere reducerende technieken

Wat betreft de technieken in de stal is de droogfilterwand alleen niet te combineren met systemen waarbij olie met drukleidingen in de stal wordt gebracht. Er is niets bekend over het effect van de olie op de werking van de filterwand. Zonder onderzoek hiernaar is deze combinatie daarom uitgesloten in het rekenmodel Vee-combistof V2.0.

Het is goed mogelijk om na de droogfilterwand andere 'end-of-pipe' technieken toe te passen, omdat de filterwand als een soort voorreiniging kan worden gezien bij bijvoorbeeld de luchtwassers om verstopping te voorkomen.

Omdat de droogfilterwand geen reductie geeft op de emissies van ammoniak en geur is het parallel plaatsen van deze techniek met andere 'end-of-pipe' technieken mogelijk gemaakt met de wijziging van de lijst met emissiefactoren voor fijnstof voor de veehouderij in maart 2021. Het rekenmodel Vee-combistof V2.0 sluit hierop aan en maakt het berekenen van het reductiepercentage mogelijk van de combinatie van de droogfilterwand met de warmtewisselaar en de droogtunnel.

Een aandachtspunt bij de droogfilterwand is het gebruik van nevelkoeling in de stal. Bij hoge luchtvochtigheid (RV-waarden) kan door het vocht stof aan de wanden van de folies gaan plakken en daardoor een sterke vervuiling geven.



**Figuur 1.9** Principeschets van de droogfilterwand.

### 1.3.6 Ionisatiefilter

#### Werkingsprincipe

Het stof in de uitgaande luchtstroom krijgt een lading door een coronadraad, waarna het neerslaat op een gearde band. Deze band wordt op regelmatige basis schoongemaakt en het stof wordt verzameld in een bak. Op basis van validatiemetingen bij praktijkstallen (Winkel et al., 2012) is de techniek opgenomen met een reductiepercentage voor fijnstof van 57% (AP2.2, OW 2011.01).

#### Toepasbaarheid bij deelsectoren/staltypen

Het ionisatiefilter is toepasbaar bij alle pluimveecategorieën en huisvestingssystemen.

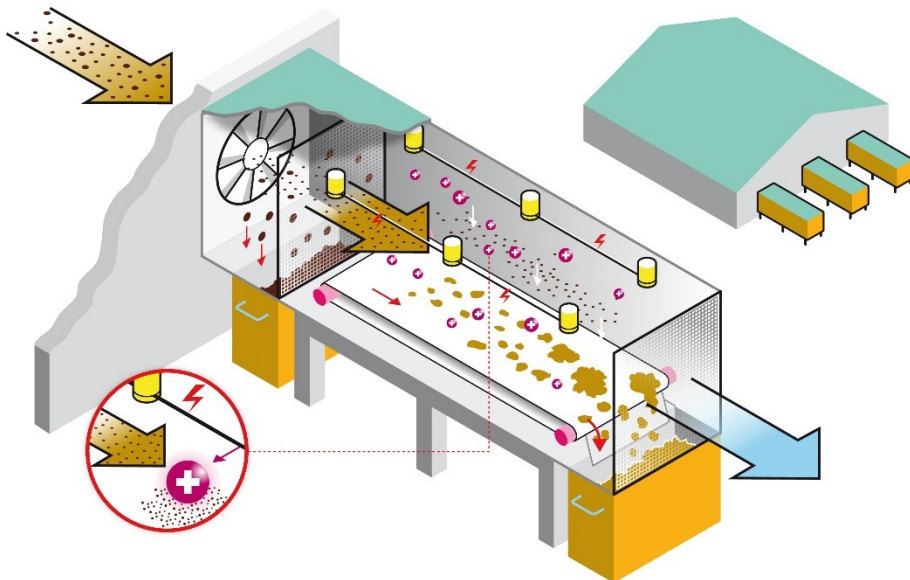
#### Combinatie met andere reducerende technieken

Bij technieken die oliedruppels met een drukleiding in de stallucht brengen, wordt een effect verwacht op de werking van de ionisatiefilter (zie ook paragraaf 1.1 en 1.2). Het combineren met deze technieken is daarom uitgesloten in het rekenmodel Vee-combistof V2.0. Ook is de combinatie van het ionisatiefilter met andere ionisatietechnieken in de stal niet mogelijk (zie paragraaf 1.2).

Net als de droogfilterwand kan deze techniek in een serieschakeling worden ingezet als een voorreiniging van luchtwastechnieken.

Met de wijziging van de lijst met emissiefactoren voor fijnstof voor de veehouderij in maart 2021 is het parallel plaatsen van het ionisatiefilter met andere 'end-of-pipe' technieken mogelijk gemaakt omdat deze techniek geen reductie geeft op de emissies van ammoniak en geur. Het is daardoor mogelijk om het ionisatiefilter parallel te plaatsen naast bijvoorbeeld de warmtewisselaar, waarbij een deelstroom van de totale ventilatiehoeveelheid door de techniek gaat.

NB: Na de metingen voor het vaststellen van het verwijderingsrendement heeft de leverancier besloten niet verder te werken aan de ontwikkeling van het ionisatiefilter. Daarmee is het filter nu niet leverbaar.



**Figuur 1.10 Principeschets van het ionisatiefilter.**

### 1.3.7 Luchtconditioneringsunit

#### **Werkingsprincipe**

De basis van de luchtconditioneringsunit is het principe van de warmtewisselaar zoals die op veel pluimveebedrijven wordt toegepast. Daarmee is ook het werkingsprincipe voor het verwijderen van fijnstof hetzelfde; afvangen in het condenswater dat ontstaat door afkoeling van de uitgaande luchtstroom en plakken aan de wanden van de kunststofelementen. Het verschil met de 'standaard' warmtewisselaar is dat bij de luchtconditioneringsunit de binnenkomende lucht ook kan worden gekoeld via verdamping van water in de uitgaande luchtstroom. Vanwege deze extra functie gaat alle in- en uitgaande ventilatielucht via de luchtconditioneringsunit. De stal heeft verder geen andere voorzieningen voor luchtinlaat of andere ventilatoren. Vanwege de koelmogelijkheid kan worden volstaan met ongeveer de helft van de normaal geïnstalleerde ventilatiecapaciteit.

Vanwege hetzelfde werkingsprincipe en opbouw van de luchtconditioneringsunit als de 'standaard' warmtewisselaar, is voor de luchtconditioneringsunit uitgegaan van het op basis van validatiemetingen (Ellen et al., 2013) vastgestelde verwijderingsrendement van 80%. De techniek is met dit reductiepercentage opgenomen, omdat alle lucht door de unit gaat (AP100.3, OW 2020.01).

#### **Toepasbaarheid bij deelsectoren/staltypen**

Net als de warmtewisselaar is de luchtconditioneringsunit ook toepasbaar bij alle pluimveecategorieën en huisvestingssystemen.

#### **Combinatie met andere reducerende technieken**

Ook bij de luchtconditioneringsunit geldt dat olie die met drukleidingen in de stal wordt verneveld, invloed kan hebben op het verwijderingsrendement van de unit. Daarom kan de luchtconditioneringsunit niet worden gecombineerd met deze staltechnieken. Een combinatie met de ionisatietechnieken in de stal is wel mogelijk.

Omdat alle uitgaande ventilatielucht door de luchtconditioneringsunit moet gaan, is alleen een combinatie met andere 'end-of-pipe' technieken in serie mogelijk.

### 1.3.8 Droog stoffilter

#### **Werkingsprincipe**

De droge stoffilters zijn ook wel bekend onder de naam 'absoluutfilters'. Deze naam is te danken aan het feit dat het filtermateriaal in staat is om 99% van stofdeeltjes groter dan 10 µm tegen te houden. Bij deze filters wordt een certificaat afgegeven waarin dit resultaat wordt vermeld. Vanwege dit certificaat zijn er ook geen metingen verricht aan de filters.

In de pluimveehouderij staan ze wel bekend onder de naam 'plofilter'. Ze worden toegepast in systemen waarbij lucht uit de stal wordt gemengd met koude buitenlucht om de mest op de mestbanden te drogen (zgn. luchtmengkast). Op regelmatige tijden worden de busvormige filters schoon geblazen door vanuit de schone zijde lucht onder hoge druk door het filter te blazen. Opgehoopt stof wordt daarmee van het filteroppervlak verwijderd. Dit reinigingsprincipe wordt ook toegepast op de uitvoering die is opgenomen in bijlage VI van de Omgevingsregeling met een variabel reductiepercentage variërend tussen 1 en 95% (AP100.5, OW 2021.02) (). In het rekenmodel Vee-combistof V2.0 is het namelijk mogelijk om het debiet door de stoffilters te variëren. Het maximale reductiepercentage voor deze aanvullende techniek is 95%, vanwege lekkluchtstromen die kunnen ontstaan tussen stalruimte en de ventilatoren die de lucht door de filters zuigen.

#### **Toepasbaarheid bij deelsectoren/staltypen**

Vanwege het werkingsprincipe is het droge stoffilter toe te passen bij alle pluimveecategorieën en huisvestingssystemen, mits hier mechanische ventilatie wordt toegepast.

### **Combinatie met andere reducerende technieken**

Vervuiling met olie zal de werking van de filters nadelig beïnvloeden. Daarom is het combineren van de filters met systemen waarmee olie met drukleidingen in de stal wordt verneveld uitgesloten. Andere technieken die de stofconcentratie in de stallucht verlagen zijn wel te combineren met het droge stoffilter.

Bij de genoemde uitvoering van de filters wordt veelal slechts een deel van de totale ventilatielucht door de filters geleid. Omdat het hier gaat om een deelstroom, is deze techniek ook te combineren met andere 'end-of-pipe' technieken. Zowel in de opstelling als serieschakeling als in de parallelschakeling. Alleen heeft het in serie schakelen van een droge stoffilter voor een andere techniek geen toegevoegde waarde, omdat een droge stoffilter al nagenoeg al het fijnstof uit de lucht haalt. Daarom is het combineren van de filters met andere 'end-of-pipe' technieken in deze opstelling aangegeven als niet mogelijk in het rekenmodel Vee-combistof V2.0.



***Figuur 1.11 Droge stoffilters in een pluimveestal.***

## 2 Investerings en (jaarlijkse) kosten

In onderstaande tabellen zijn de extra investeringen, jaarkosten investering (rente, afschrijving en onderhoud), exploitatiekosten en de totale kosten weergegeven voor de verschillende diercategorieën en technieken. De investeringen in € per dierplaats en de kosten in € per dierplaats per jaar. De financiële informatie in de tabellen is overgenomen uit KWIN-Veehouderij 2020/2021 (Blanken et al., 2020). Per diercategorie is in de tekst ook aangegeven ten opzichte van welk huisvestingssysteem de genoemde extra investeringen en kosten gelden en bij welk aantal dierplaatsen. In de tabellen zijn de reductiepercentages genoemd t.a.v. fijnstof en indien van toepassing op ammoniak en geur. De kosten zijn eveneens berekend per 10 procentpunten fijnstofreductie.

In de tabellen zijn alleen die systemen opgenomen die volgens de informatie in hoofdstuk 2 en de bijlage VI van de Omgevingsregeling bij de betreffende pluimveecategorie toegepast kunnen en/of mogen worden. Voor de olierobot (AP1.3) en het ionisatiefilter (AP2.2) zijn geen leveranciers (zie par. 1.1.2 en 1.3.6). Deze systemen zijn vanwege de volledigheid wel opgenomen in de tabellen bij de diercategorieën waar ze zijn toegestaan als hiervoor voldoende informatie beschikbaar was.

De benaming van de systemen in de tabellen zijn niet de officiële zoals vermeld op de systeembeschrijvingen en in bijlage V en bijlage VI van de Omgevingsregeling.

### 2.1 Opfokleghennen

Het referentiesysteem is HE1.2.1 Grondhuisvesting van legrassen. Dit is de standaardstal voor opfokleghennen. De kosten voor de aanvullende technieken in Tabel 1 zijn de kosten bovenop de prijs voor dit huisvestingssysteem. De kosten (stal voor 50.000 dieren, in € per dierplaats) voor dit referentiesysteem zijn de volgende:

- Investering: €20,50
- Jaarkosten investering: €1,75
- Jaarkosten energie: €0,60
- Jaarkosten totaal: €2,35

**Tabel 1** Extra investeringen voor fijnstofemissie reducerende systemen bij opfokleghennen in grond- en volièrehuisvesting (stal voor 50.000 dieren, in € per dierplaats)

Code	Systeem	Re- duc- tie % PM <sub>10</sub>	Re- duc- tie % NH <sub>3</sub>	Re- duc- tie % geur	Extra investe- ring	Extra jaar- kosten investe- ring	Extra jaar- kosten energie <sup>1)</sup>	Extra jaar- kosten totaal	Extra jaar- kosten /10% re- ductie PM <sub>10</sub>
LW2.5 LW2.6 LW2.8	Chemische luchtwasser	35%	90%	30%	3,35	0,42	0,52	0,94	0,27
LW1.4	Biologische luchtwasser (60% fijnstofreductie)	60%	70%	45%	3,55	0,48	0,65	1,13	0,19
LW1.1	Biologische luchtwasser (75% fijnstof reductie)	75%	70%	45%	2,00	0,39	0,40	0,79	0,11
LW1.6	Biofilter	80%	70%	45%	3,00	0,38	0,39	0,76	0,10
LW2.4	Chemische luchtwasser	35%	70%	30%	3,35	0,42	0,52	0,94	0,27
AP3.1	Droogtunnel met geper- foreerde banden	30%	n.v.t.	n.v.t.	2,20	0,28	0,01	0,29	0,10
AP3.2	Droogtunnel met geper- foreerde metalen platen	55%	n.v.t.	n.v.t.	3,50	0,46	0,03	0,49	0,09
LW3.1	Waterwasser	33%	n.v.t.	n.v.t.	2,85	0,38	0,32	0,70	0,21
AP100.1	Droogfilterwand	40%	n.v.t.	n.v.t.	0,36	0,045	0,036	0,08	0,02
AP2.2	Ionisatiefilter	57%	n.v.t.	n.v.t.	2,35	0,30	0	0,30	0,05

Code	Systeem	Re- duc- tie % PM <sub>10</sub>	Re- duc- tie % NH <sub>3</sub>	Re- duc- tie % geur	Extra investe- ring	Extra jaar- kosten investe- ring	Extra jaar- kosten energie <sup>1)</sup>	Extra jaar- kosten totaal	Extra jaar- kosten /10% re- ductie PM <sub>10</sub>
AP100.4	Warmtewisselaar	31%	n.v.t.	n.v.t.	1,20	0,12	-0,16	-0,04	-0,01
AP100.4	Warmtewisselaar	13%	n.v.t.	n.v.t.	0,80	0,08	-0,12	-0,04	-0,03
AP100.4	Warmtewisselaar	37%	n.v.t.	n.v.t.	1,65	0,20	-0,16	0,04	0,01
AP100.4	Warmtewisselaar	50%	n.v.t.	n.v.t.	2,10	0,26	-0,17	0,09	0,02
AP100.3	Luchtconditioneringsunit	80%	n.v.t.	n.v.t.	4,75	0,58	-0,16	0,42	0,05
AP100.5	Stoffilter 99% verwijde- ring	50%	n.v.t.	n.v.t.	0,36	0,04	0,02	0,06	0,01
AP2.3	Ionisatie d.m.v. koolstof- borsteltjes	31%	n.v.t.	n.v.t.	0,65	0,09	0,003	0,09	0,03

<sup>1)</sup> Bij de luchtwassers is dit inclusief andere exploitatiekosten zoals zuur en afzet spuiwater.

In bovenstaand overzicht zijn AP1.2 en AP1.3 (aanbrengen olielfilm) niet opgenomen. Hiervoor zijn onvoldoende gegevens beschikbaar. Ze zijn volgens bijlage VI van de Omgevingsregeling beide wel toegestaan bij deze diercategorie bij de vergelijkbare huisvestingssystemen. Uitgaande van de totale jaarkosten bij leghennen, komen deze voor opfokleghennen op ca. € 0,49 voor het aanbrengen van de olielfilm met de leidingen en € 0,074 voor de olierobot (bedragen per dierplaats per jaar).

## 2.2 Leghennen

Het referentiesysteem is HE2.2.1 Grondhuisvesting van legrassen. Dit is de standaardstal voor leghennen. De kosten voor de aanvullende technieken in Tabel 2 zijn de kosten bovenop de prijs voor dit huisvestingssysteem. De kosten (stal voor 40.000 dieren, in € per dierplaats) voor dit referentiesysteem zijn de volgende:

- Investering: €35,00
- Jaarkosten investering: €2,85
- Jaarkosten energie: €0,35
- Jaarkosten totaal: €3,20

**Tabel 2** Extra investeringen voor fijnstofemissie reducerende systemen bij leghennen in grond- en volièrehuisvesting (stal voor 40.000 dieren, in € per dierplaats)

Code	Systeem	Re- duc- tie% PM <sub>10</sub>	Re- duc- tie% NH <sub>3</sub>	Re- duc- tie% geur	Extra investe- ring	Extra jaar- kosten investe- ring	Extra jaar- kosten energie <sup>1)</sup>	Extra jaar- kosten totaal	Extra jaar- kosten /10% re- ductie PM <sub>10</sub>
LW2.5	Chemische luchtwasser	35%	90%	30%	4,45	0,57	0,80	1,37	0,39
LW2.6	scharrel								
LW2.8									
LW2.5	Chemische luchtwasser	35%	90%	30%	4,15	0,53	0,66	1,19	0,34
LW2.6	volière								
LW2.8									
LW1.4	Biologische luchtwasser (60% fijnstof reductie)	60%	70%	45%	4,15	0,58	0,72	1,30	0,22
LW1.1	Biologische luchtwasser (75% fijnstof reductie)	75%	70%	45%	4,15	0,58	0,72	1,30	0,17
LW1.6	Biofilter	80%	70%	45%	2,50	0,49	0,51	1,00	0,13
LW2.4	Chemische luchtwasser	35%	70%	30%	3,75	0,47	0,51	0,98	0,28
AP3.3	Geperforeerde doek	55%	n.v.t.	n.v.t.	3,30	0,41	0,01	0,42	0,08
AP3.1	Droogtunnel met geper- foreerde banden	30%	n.v.t.	n.v.t.	2,75	0,35	0,01	0,36	0,12
AP3.2	Droogtunnel met geper- foreerde metalen platen	55%	n.v.t.	n.v.t.	4,40	0,58	0,03	0,60	0,11



Code	Systeem	Re- duc- tie% PM <sub>10</sub>	Re- duc- tie% NH <sub>3</sub>	Re- duc- tie% geur	Extra investe- ring	Extra jaar- kosten investe- ring	Extra jaar- kosten energie <sup>1)</sup>	Extra jaar- kosten totaal	Extra jaar- kosten /10% re- ductie PM <sub>10</sub>
LW3.1	Waterwasser	33%	n.v.t.	n.v.t.	3,55	0,47	0,50	0,98	0,30
AP100.1	Droogfilterwand	40%	n.v.t.	n.v.t.	0,47	0,06	0,05	0,11	0,03
AP2.2	Ionisatiefilter	57%	n.v.t.	n.v.t.	3,00	0,39	0	0,39	0,07
AP100.4	Warmtewisselaar	31%	n.v.t.	n.v.t.	2,60	0,28	0,11	0,38	0,12
AP100.4	Warmtewisselaar	13%	n.v.t.	n.v.t.	1,38	0,14	0,04	0,18	0,14
AP1.2	Aanbrengen oliefilm d.m.v. leidingen met sproeikoppen <sup>2)</sup>	15%	n.v.t.	n.v.t.	1,38	0,19	0,43	0,62	0,41
AP1.3	Aanbrengen oliefilm d.m.v. olierobot <sup>3)</sup>	30%	n.v.t.	n.v.t.	0,55	0,09	0,83	0,92	0,31
AP100.2	Strooiselschuif bij volière- huisvesting	20%	20%	n.v.t.	0,50	0,075	0,005	0,08	0,04
AP100.4	Warmtewisselaar	37%	n.v.t.	n.v.t.	3,10	0,33	0,13	0,46	0,12
AP100.4	Warmtewisselaar	50%	n.v.t.	n.v.t.	4,20	0,45	0,19	0,64	0,13
AP100.3	Luchtconditioneringsunit	80%	n.v.t.	n.v.t.	4,50	0,52	0,14	0,66	0,08
AP100.5	Stoffilter 99% verwijde- ring	50%	n.v.t.	n.v.t.	0,85	0,10	0,04	0,14	0,03
AP2.3	Ionisatie d.m.v. koolstof- borsteltjes	31%	n.v.t.	n.v.t.	0,88	0,12	0,004	0,125	0,04

<sup>1)</sup> Bij de chemische luchtwassers is dit inclusief andere exploitatiekosten zoals afzet en spuiwater.

<sup>2)</sup> AP1.2 geldt voor volièrestallen.

<sup>3)</sup> AP1.3 voor stallen met gedeeltelijk roostervloer.

### 2.3 Opfokvleeskuikenouderdieren

Het referentiesysteem is HE3.100 Overige huisvestingssystemen. Dit is de standaardstal voor opfokvlees-kuikenouderdieren. De kosten voor de aanvullende technieken in Tabel 3 zijn de kosten bovenop de prijs voor dit huisvestingssysteem. De kosten (stal voor 33.000 dieren, in € per dierplaats) voor dit referentiesysteem zijn de volgende:

- Investering: €29,00
- Jaarkosten investering: €2,35
- Jaarkosten energie: €0,90
- Jaarkosten totaal: €3,25

**Tabel 3** Extra investeringen voor stofemissie reducerende systemen bij opfokvleeskuikenouderdieren in grondhuisvesting (stal voor 33.000 dieren, in € per dierplaats)

Code	Systeem	Re- duc- tie% PM <sub>10</sub>	Re- duc- tie% NH <sub>3</sub>	Re- duc- tie% geur	Extra investe- ring	Extra- jaar- kosten investe- ring	Extra jaar- kosten energie <sup>1)</sup>	Extra jaar- kosten totaal	Extra jaar- kosten /10% re- ductie PM <sub>10</sub>
LW2.5	Chemische luchtwasser	35%	90%	30%	4,75	0,60	0,78	1,38	0,39
LW2.6									
LW2.8									
LW1.4	Biologische luchtwasser (60% fijnstof reductie)	60%	70%	45%	5,10	0,69	1,00	1,69	0,28
LW1.1	Biologische luchtwasser (75% fijnstof reductie)	75%	70%	45%	5,10	0,69	1,00	1,69	0,23
LW1.6	Biofilter	80%	70%	45%	2,80	0,56	0,58	1,14	0,14
LW2.4	Chemische luchtwasser	35%	70%	30%	4,30	0,54	0,58	1,12	0,32
AP1.1	Oliefilmsysteem met drukleidingen	54%	n.v.t.	n.v.t.	1,00	0,17	0,50	0,67	0,12
LW3.1	Waterwasser	33%	n.v.t.	n.v.t.	4,00	0,53	0,52	1,05	0,32

Code	Systeem	Re- duc- tie% PM <sub>10</sub>	Re- duc- tie% NH <sub>3</sub>	Re- duc- tie% geur	Extra investe- ring	Extra- jaar- kosten investe- ring	Extra jaar- kosten energie <sup>1)</sup>	Extra jaar- kosten totaal	Extra jaar- kosten /10% re- ductie PM <sub>10</sub>
AP100.1	Droogfilterwand	40%	n.v.t.	n.v.t.	0,48	0,06	0,05	0,11	0,03
AP2.2	Ionisatiefilter	57%	n.v.t.	n.v.t.	3,35	0,43	0	0,43	0,08
AP100.4	Warmtewisselaar	31%	n.v.t.	n.v.t.	2,80	0,29	-0,40	-0,10	-0,03
AP100.4	Warmtewisselaar	13%	n.v.t.	n.v.t.	1,50	0,15	-0,28	-0,13	-0,10
AP100.4	Warmtewisselaar	37%	n.v.t.	n.v.t.	3,30	0,42	-0,42	0,00	0,00
AP100.4	Warmtewisselaar	50%	n.v.t.	n.v.t.	4,65	0,59	-0,46	0,13	0,03
AP100.3	Luchtconditioneringsunit	80%	n.v.t.	n.v.t.	3,75	0,44	-0,42	0,02	0,00
AP100.5	Stoffilter 99% verwijde- ring	50%	n.v.t.	n.v.t.	0,88	0,10	0,04	0,14	0,03
AP2.3	Ionisatie d.m.v. koolstof- borsteltjes	31%	n.v.t.	n.v.t.	0,70	0,10	0,002	0,10	0,03

<sup>1)</sup> Bij de luchtwassers is dit inclusief andere exploitatiekosten zoals afzet en spuiwater.

## 2.4 Vleeskuikenouderdieren

Het referentiesysteem is HE4.100 Overige huisvestingssystemen. Dit is de standaardstal voor vleeskuiken-ouderdieren. De kosten voor de aanvullende technieken in Tabel 4 zijn de kosten bovenop de prijs voor dit huisvestingssysteem. De kosten (stal voor 23.000 dieren, in € per dierplaats) voor dit referentiesysteem zijn de volgende:

- Investering: €49,50
- Jaarkosten investering: €4,10
- Jaarkosten energie: €0,80
- Jaarkosten totaal: €4,90

**Tabel 4** Extra investeringen voor stofemissie reducerende systemen bij vleeskuikenouderdieren in grondhuisvesting (stal voor 23.000 dieren, in € per dierplaats)

Code	Systeem	Re- duc- tie% PM <sub>10</sub>	Re- duc- tie% NH <sub>3</sub>	Re- duc- tie% geur	Extra investe- ring	Extra- jaar- kosten investe- ring	Extra jaar- kosten energie <sup>1)</sup>	Extra jaar- kosten totaal	Extra jaar- kosten /10% re- ductie PM <sub>10</sub>
LW2.5	Chemische luchtwasser	35%	90%	30%	9,10	1,15	1,52	2,67	0,76
LW2.6									
LW2.8									
LW1.4	Biologische luchtwasser (60% fijnstof reductie)	60%	70%	45%	9,90	1,32	2,06	3,38	0,56
LW1.1	Biologische luchtwasser (75% fijnstof reductie)	75%	70%	45%	9,90	1,32	2,06	3,38	0,45
LW1.6	Biofilter	80%	70%	45%	5,20	1,03	1,00	2,04	0,26
LW2.4	Chemische luchtwasser	35%	70%	30%	8,25	1,03	1,13	2,16	0,62
LW3.1	Waterwasser	33%	n.v.t.	n.v.t.	7,50	1,00	0,97	1,97	0,60
AP100.1	Droogfilterwand	40%	n.v.t.	n.v.t.	1,00	0,12	0,08	0,20	0,05
AP2.2	Ionisatiefilter	57%	n.v.t.	n.v.t.	6,40	0,82	0	0,82	0,14
AP100.4	Warmtewisselaar	31%	n.v.t.	n.v.t.	3,75	0,39	0,06	0,45	0,15
AP100.4	Warmtewisselaar	13%	n.v.t.	n.v.t.	2,30	0,23	-0,02	0,22	0,17
AP1.3	Aanbrengen oliefilm d.m.v. olierobot in stal met gedeeltelijk rooster	30%	n.v.t.	n.v.t.	1,15	0,19	0,50	0,70	0,23
AP100.4	Warmtewisselaar	37%	n.v.t.	n.v.t.	5,20	0,64	0,07	0,71	0,19
AP100.4	Warmtewisselaar	50%	n.v.t.	n.v.t.	7,20	0,92	0,17	1,09	0,22
AP100.3	Luchtconditioneringsunit	80%	n.v.t.	n.v.t.	8,90	1,05	0,24	1,29	0,16
AP100.5	Stoffilter 99% verwijde- ring	50%	n.v.t.	n.v.t.	1,25	0,15	0,06	0,21	0,04

Code	Systeem	Re- duc- tie% PM <sub>10</sub>	Re- duc- tie% NH <sub>3</sub>	Re- duc- tie% geur	Extra investe- ring	Extra jaar- kosten investe- ring	Extra jaar- kosten energie <sup>1)</sup>	Extra jaar- kosten totaal	Extra jaar- kosten /10% re- ductie PM <sub>10</sub>
AP2.3	Ionisatie d.m.v. koolstof- borsteltjes	31%	n.v.t.	n.v.t.	1,00	0,14	0,005	0,145	0,05

<sup>1)</sup> Bij de luchtwassers is dit inclusief andere exploitatiekosten zoals zuur, afzet spuiwater, arbeid enz.

## 2.5 Vleeskuikens

Het referentiesysteem is HE5.100 Overige huisvestingssystemen. Dit is de standaardstal voor vleeskuikens. De kosten voor de aanvullende technieken in Tabel 5 zijn de kosten bovenop de prijs voor dit huisvestingssysteem. De kosten (stal voor 90.000 dieren, in € per dierplaats) voor dit referentiesysteem zijn de volgende:

- Investering: €15,75
- Jaarkosten investering: €1,40
- Jaarkosten energie: €0,50
- Jaarkosten totaal: €1,90

**Tabel 5** Extra investeringen voor stofemissie reducerende systemen bij vleeskuikens in grondhuisvesting (voor 90.000 dieren, in € per dierplaats)

Code	Systeem	Re- duc- tie% PM <sub>10</sub>	Re- duc- tie% NH <sub>3</sub>	Re- duc- tie% geur	Extra investe- ring	Extra jaar- kosten investe- ring	Extra jaar- kosten energie <sup>1)</sup>	Extra jaar- kosten totaal	Extra jaar- kosten /10% re- ductie PM <sub>10</sub>
LW2.5	Chemische luchtwasser	35%	90%	30%	4,45	0,58	0,66	1,23	0,35
LW2.6									
LW2.8									
LW1.4	Biologische luchtwasser (60% fijnstof reductie)	60%	70%	45%	4,50	0,64	0,65	1,29	0,22
LW1.1	Biologische luchtwasser (75% fijnstof reductie)	75%	70%	45%	4,50	0,64	0,65	1,29	0,17
LW1.6	Biofilter	80%	70%	45%	2,80	0,56	0,56	1,12	0,14
LW2.4	Chemische luchtwasser	35%	70%	30%	4,00	0,51	0,44	0,95	0,27
AP1.1	Oliefilmsysteem met drukleidingen	54%	n.v.t.	n.v.t.	0,53	0,09	0,11	0,20	0,04
AP2.1	Negatieve ionisatie	49%	n.v.t.	n.v.t.	0,70	0,09	0,00	0,09	0,02
LW3.1	Waterwasser	33%	n.v.t.	n.v.t.	3,95	0,53	0,47	1,00	0,30
AP100.1	Droogfilterwand	40%	n.v.t.	n.v.t.	0,55	0,07	0,06	0,13	0,03
AP2.2	Ionisatiefilter	57%	n.v.t.	n.v.t.	3,05	0,39	0	0,39	0,07
AP100.4	Warmtewisselaar	31%	n.v.t.	n.v.t.	2,20	0,24	-0,11	0,12	0,04
AP100.4	Warmtewisselaar	13%	n.v.t.	n.v.t.	0,98	0,10	-0,15	-0,05	-0,04
AP100.4	Warmtewisselaar	37%	n.v.t.	n.v.t.	2,70	0,35	-0,10	0,25	0,07
AP100.4	Warmtewisselaar	50%	n.v.t.	n.v.t.	3,75	0,49	-0,06	0,42	0,08
AP100.3	Luchtconditioneringsunit	80%	n.v.t.	n.v.t.	4,25	0,50	-0,04	0,46	0,06
AP100.5	Stoffilter 99% verwijde- ring	50%	n.v.t.	n.v.t.	0,80	0,09	0,04	0,13	0,03
AP2.3	Ionisatie d.m.v. koolstof- borsteltjes	31%	n.v.t.	n.v.t.	0,35	0,05	0,001	0,05	0,02
AP2.4	Negatieve ionisatie d.m.v. coronadraden	52%	n.v.t.	n.v.t.	0,50	0,07	0,016	0,086	0,02
AP2.5	Positieve ionisatie d.m.v. ionisatie-units	16%	n.v.t.	n.v.t.	0,75	0,07	0,01	0,08	0,05

<sup>1)</sup> Bij de chemische luchtwasser is rekening gehouden met kosten voor water, zuur en spuiafzet.

## 2.6 Vleeskalkoenen

Het referentiesysteem is HG4.100 Overige huisvestingssystemen. Dit is de standaardstal voor vleeskalkoenen. De kosten voor de aanvullende technieken in Tabel 6 zijn de kosten bovenop de prijs voor dit huisvestingssysteem. De kosten (stal voor 20.000 dieren, in € per dierplaats) voor dit referentiesysteem zijn de volgende:

- Investering: €79,00
- Jaarkosten investering: €6,35
- Jaarkosten energie: €2,20
- Jaarkosten totaal: €8,55

**Tabel 6** Extra investeringen voor stofemissie reducerende systemen bij vleeskalkoenen (voor 20.000 dieren, in € per dierplaats)

Code	Systeem	Re- duc- tie% PM <sub>10</sub>	Re- duc- tie% NH <sub>3</sub>	Re- duc- tie% geur	Extra investe- ring	Extra jaar- kosten investe- ring	Extra jaar- kosten energie <sup>1)</sup>	Extra jaar- kosten totaal	Extra jaar- kosten /10% re- ductie PM <sub>10</sub>
LW2.5 LW2.6 LW2.8	Chemische luchtwasser	35%	90%	30%	30,00	3,90	4,50	8,40	2,40
LW1.4	Biologische luchtwasser (60% fijnstofreductie)	60%	70%	45%	31,50	4,40	4,40	8,80	1,47
LW1.1	Biologische luchtwasser (75% fijnstof reductie)	75%	70%	45%	31,50	4,40	4,40	8,80	1,17
LW1.6	Biofilter	80%	70%	45%	18,70	3,74	3,89	7,63	0,95
LW2.4	Chemische luchtwasser	35%	70%	30%	26,65	3,45	3,00	6,45	1,84
AP1.1	Oliefilmsysteem met drukleidingen	54%	n.v.t.	n.v.t.	2,40	0,40	1,13	1,54	0,29
LW3.1	Waterwasser	33%	n.v.t.	n.v.t.	27,30	3,65	3,20	6,85	2,08
AP100.1	Droogfilterwand	40%	n.v.t.	n.v.t.	2,85	0,39	0,25	0,64	0,16
AP2.2	Ionisatiefilter	57%	n.v.t.	n.v.t.	19,25	2,26	0,01	2,27	0,40
AP100.4	Warmtewisselaar	31%	n.v.t.	n.v.t.	10,45	1,13	-0,62	0,51	0,16
AP100.4	Warmtewisselaar	13%	n.v.t.	n.v.t.	4,95	0,52	-0,47	0,05	0,04
AP100.4	Warmtewisselaar	37%	n.v.t.	n.v.t.	12,00	1,56	-0,62	0,96	0,26
AP100.4	Warmtewisselaar	50%	n.v.t.	n.v.t.	16,50	2,15	-0,62	1,53	0,31
AP100.3	Luchtconditioneringsunit	80%	n.v.t.	n.v.t.	35,00	4,13	0,15	4,28	0,54
AP100.5	Stoffilter 99% verwijde- ring	50%	n.v.t.	n.v.t.	3,45	0,40	0,16	0,56	0,11
AP2.3	Ionisatie d.m.v. koolstof- borsteltjes	31%	n.v.t.	n.v.t.	1,05	0,14	0,005	0,15	0,05

<sup>1)</sup> Bij de chemische luchtwasser is rekening gehouden met kosten voor water, zuur en spuiafzet.

## 2.7 Vleeseenden

Het referentiesysteem is HH2.1.100 Overige huisvestingssystemen. Dit is de standaardstal voor vleeseenden. De kosten voor de aanvullende technieken in Tabel 7 zijn de kosten bovenop de prijs voor dit huisvestingssysteem. De kosten (stal voor 40.000 dieren, in € per dierplaats) voor dit referentiesysteem zijn de volgende:

- Investering: €29,50
- Jaarkosten investering: €2,25
- Jaarkosten energie: €1,25
- Jaarkosten totaal: €3,50

**Tabel 7** Extra investeringen voor stofemissie reducerende systemen bij vleeseenden (voor 40.000 dieren, in € per dierplaats)

Code	Systeem	Re- duc- tie% PM <sub>10</sub>	Re- duc- tie% NH <sub>3</sub>	Re- duc- tie% geur	Extra investe- ring	Extra jaar- kosten investe- ring	Extra jaar- kosten energie <sup>1)</sup>	Extra jaar- kosten totaal	Extra jaar- kosten /10% re- ductie PM <sub>10</sub>
LW2.5 LW2.6 LW2.8	Chemische luchtwasser	35%	90%	30%	6,80	0,87	0,97	1,84	0,53
LW1.4	Biologische luchtwasser (60% fijnstofreductie)	60%	70%	45%	7,00	0,97	1,05	2,02	0,34
LW1.1	Biologische luchtwasser (75% fijnstofreductie)	75%	70%	45%	6,10	0,78	0,70	1,47	0,27
LW1.6	Biofilter	80%	70%	45%	4,10	0,82	0,82	1,63	0,20
LW2.4	Chemische luchtwasser	35%	70%	30%	6,80	0,87	0,97	1,84	0,53
LW3.1	Waterwasser	33%	n.v.t.	n.v.t.	5,85	0,78	0,71	1,49	0,45
AP100.1	Droogfilterwand	40%	n.v.t.	n.v.t.	0,80	0,11	0,07	0,18	0,05
AP2.2	Ionisatiefilter	57%	n.v.t.	n.v.t.	4,80	0,57	0	0,57	0,10
AP100.4	Warmtewisselaar	31%	n.v.t.	n.v.t.	5,20	0,57	-0,09	0,49	0,16
AP100.4	Warmtewisselaar	13%	n.v.t.	n.v.t.	2,35	0,24	-0,03	0,21	0,16
AP100.4	Warmtewisselaar	37%	n.v.t.	n.v.t.	6,25	0,80	-0,03	0,77	0,21
AP100.4	Warmtewisselaar	50%	n.v.t.	n.v.t.	8,75	1,15	0,10	1,25	0,25
AP100.3	Luchtconditioneringsunit	80%	n.v.t.	n.v.t.	6,15	0,72	-0,47	0,25	0,03
AP100.5	Stoffilter 99% verwijde- ring	50%	n.v.t.	n.v.t.	8,00	1,05	0,09	1,14	0,23

<sup>1)</sup> Bij de chemische luchtwasser is rekening gehouden met kosten voor water, zuur en spuiafzet.

### 3 Kosten van combinaties

In de volgende paragrafen zijn per pluimveecategorie en voor verschillende huisvestingssy-temen de jaarlijkse kosten weergegeven voor verschillende combinaties (niet uitputtend) die mogelijk zijn. Hierbij zijn technieken die niet leverbaar zijn, zoals het ionisatiefilter en de oliero-bot, niet meegenomen. De bedragen per systeem zijn overgenomen uit KWIN-Veehouderij, ver-sie 2020/2021 (Blanken et al., 2020), zoals ook weergegeven in hoofdstuk 2.

Bij het opstellen van de combinatiemogelijkheden is steeds gestart met een bronmaatregel in de stal of interne luchtreiniging. Dit om het aantal combinaties per deelsector iets te beperken. Het is ook mogelijk om alleen 'end-of-pipe' technieken te combineren. Met behulp van het rekenmo-del Vee-combistof V2.0 kan hiervoor het uiteindelijke reductiepercentage worden bepaald. De kosten kunnen worden bepaald via de gegevens in de tabellen per deelsector of met behulp van KWIN-Veehouderij.

Om een indruk te geven van het effect van de kosten zijn per diercategorie de totale kosten per dierplaats per jaar doorgerekend naar de totale kosten voor een bedrijf met een gemiddelde omvang. De gemiddelde omvang is het aantal hennen per volwaardige arbeidskracht (VAK), overgenomen uit KWIN-Veehouderij (Blanken et al., 2020). Deze kosten worden vergeleken met het gemiddelde langjarig inkomen per arbeidsjaareenheid<sup>2</sup> voor leghennen of vleeskuikens (Bron: Agrimatie). Voor de kleinere sectoren zijn geen gegevens over het inkomen beschikbaar, maar deze zijn overwegend vergelijkbaar met de per paragraaf genoemde deelsector.

Om de tabellen overzichtelijk te houden, zijn combinaties van technieken waarbij de kosten re-latief hoog zijn, zoals de luchtwastechnieken, niet opgenomen. Een uitzondering hierop is de droogtunnel, omdat deze een besparing op de mestafzetkosten geeft. Ook is het aantal tech-nieken dat gecombineerd wordt beperkt tot drie, hoewel er, vooral als er een brongerichte tech-niek wordt toegepast, meer dan drie technieken kunnen worden gecombineerd.

#### 3.1 Opfokleghennen

##### Koloniehuisvesting

Zie bij leghennen koloniehuisvesting (par. 3.2).

##### Traditionele grondhuisvesting

Voor opfokleghennen in grondhuisvesting zijn voor de reductie van de fijnstofemissie geen bron-gerichte maatregelen toepasbaar, wel systemen met interne luchtreiniging en 'end-of-pipe' technieken. Vanwege de afwezigheid van mestbanden bij deze vorm van huisvesting, vervalt de mogelijkheid van een droogtunnel. Daarmee blijven alleen combinaties over van interne lucht-reiniging met andere 'end-of-pipe' technieken, zoals de warmtewisselaar, droogfilterwand, ioni-satiefilter en de luchtwastechnieken. Uitgaande van technieken met beperkte jaarlijkse kosten, zijn in tabel 8 mogelijke combinaties weergegeven, samen met de totale jaarlijkse kosten en het effect hiervan op het jaarinkomen van een gemiddeld bedrijf.

---

<sup>2</sup> Een andere maat voor de werkgelegenheid is het arbeidsvolume, die de werkgelegenheid uitdrukt in voltijdbanen. Hiervoor wordt binnen de land- en tuinbouw de term **arbeidsjaareenheid** (aje) gebruikt. Een volledige jaarrondbaan staat dan gelijk aan één aje.

**Tabel 8 a** Mogelijke combinaties van twee technieken voor reductie fijnstof met beperkte jaarkosten, de totale reductie, jaarlijkse kosten en het effect op het jaarinkomen bij 50.000 opfokleghennen in grondhuisvesting.

Techniek 1	Reductie	Jaarkosten (€/dierplaats per jaar)	Techniek 2	Reductie	Jaarkosten (€/dierplaats per jaar)	Totale reductie	Totale jaarkosten (€/dierplaats per jaar)	Effect jaarinkomen
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,09	warmtewisselaar	13%	€ -0,04	40%	€ 0,05	€ 2.500
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,09	warmtewisselaar	31%	€ -0,04	52%	€ 0,05	€ 2.500
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,09	warmtewisselaar	37%	€ 0,04	57%	€ 0,13	€ 6.500
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,09	warmtewisselaar	50%	€ 0,09	66%	€ 0,18	€ 9.000
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,09	droogfilter wand	40%	€ 0,08	59%	€ 0,17	€ 8.500
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,09	luchtconditioneringseenheid	80%	€ 0,42	86%	€ 0,51	€ 25.500
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,09	absoluutfilter 99%	50%	€ 0,06	66%	€ 0,15	€ 7.500

**Tabel 8 b** Mogelijke combinaties van drie technieken voor reductie fijnstof met beperkte jaarkosten, de totale reductie, jaarlijkse kosten en het effect op het jaarinkomen bij 50.000 opfokleghennen in grondhuisvesting.

Techniek 1	Reductie	Jaarkosten (€/dierplaats per jaar)	Techniek 2	Reductie	Jaarkosten (€/dierplaats per jaar)	Techniek 3 (in serie met 2)	Reductie	Jaarkosten (€/dierplaats per jaar)	Totale reductie	Totale jaarkosten (€/dierplaats per jaar)	Effect jaarinkomen
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,09	warmtewisselaar	13%	€ -0,04	droogfilterwand	40%	€ 0,08	64%	€ 0,13	€ 6.500
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,09	warmtewisselaar	31%	€ -0,04	droogfilterwand	40%	€ 0,08	71%	€ 0,13	€ 6.500
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,09	warmtewisselaar	37%	€ 0,04	droogfilterwand	40%	€ 0,08	74%	€ 0,21	€ 10.500
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,09	warmtewisselaar	50%	€ 0,09	droogfilterwand	40%	€ 0,08	79%	€ 0,26	€ 13.000
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,09	warmtewisselaar	13%	€ -0,04	absoluutfilter 99%	50%	€ 0,06	70%	€ 0,11	€ 5.500
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,09	warmtewisselaar	31%	€ -0,04	absoluutfilter 99%	50%	€ 0,06	76%	€ 0,11	€ 5.500
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,09	warmtewisselaar	37%	€ 0,04	absoluutfilter 99%	50%	€ 0,06	78%	€ 0,19	€ 9.500
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,09	warmtewisselaar	50%	€ 0,09	absoluutfilter 99%	50%	€ 0,06	83%	€ 0,24	€ 12.000

De totale reductie van de emissie van fijnstof van de combinaties van technieken varieert van 40% tot net boven de 85%. De extra jaarlijkse kosten van de combinaties van maatregelen variëren van € 0,05 tot € 0,51 per dierplaats. Bij een omvang van 50.000 opfokleghennen betekent dit een negatief inkomenseffect van € 2.500 tot € 25.500 per jaar. Ter vergelijking: het langjarig gemiddelde inkomen van leghennenbedrijven van 2008-2017 bedroeg € 45.000 per arbeidsjaareenheid. Dat van bedrijven met opfokleghennen is naar verwachting vergelijkbaar.

### Volièrehuisvesting

Bij volièrehuisvesting kunnen in de basis dezelfde technieken worden toegepast als bij grondhuisvesting. Maar hierbij is het wel mogelijk om de droogtunnel in te zetten. Daardoor ontstaan er meer mogelijkheden. In tabel 9 zijn deze weergegeven.

**Tabel 9a** Mogelijke combinaties van twee technieken voor reductie fijnstof met beperkte jaarkosten, de totale reductie, jaarlijkse kosten en het effect op het jaarinkomen bij 60.000 opfokhennen in volièrehuisvesting.

Techniek 1	Reductie	Jaarkosten (€/dierplaats per jaar)	Techniek 2	Reductie	Jaarkosten (€/dierplaats per jaar)	Totale reductie	Totale jaarkosten (€/dierplaats per jaar)	Effect jaarinkomen
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,09	warmtewisselaar	13%	€ -0,04	40%	€ 0,05	€ 3.000
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,09	warmtewisselaar	31%	€ -0,04	52%	€ 0,05	€ 3.000
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,09	warmtewisselaar	37%	€ 0,04	57%	€ 0,13	€ 7.800
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,09	warmtewisselaar	50%	€ 0,09	66%	€ 0,18	€ 10.800
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,09	droogfilterwand	40%	€ 0,08	59%	€ 0,17	€ 10.200
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,09	luchtconditioneringsunit	80%	€ 0,42	86%	€ 0,51	€ 30.600
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,09	absoluutfilter 99%	50%	€ 0,06	66%	€ 0,15	€ 9.000
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,09	droogtunnel	30%	€ 0,29	52%	€ 0,38	€ 22.800
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,09	droogtunnel	55%	€ 0,49	69%	€ 0,58	€ 34.800

**Tabel 9b** Mogelijke combinaties van drie technieken voor reductie fijnstof met beperkte jaarkosten, de totale reductie, jaarlijkse kosten en het effect op het jaarinkomen bij 60.000 opfokhennen in volièrehuisvesting.

Techniek 1	Reductie	Jaarkosten (€/dierplaats per jaar)	Techniek 2	Reductie	Jaarkosten (€/dierplaats per jaar)	Techniek 3 (in serie met 2)	Reductie	Jaarkosten (€/dierplaats per jaar)	Totale reductie	Totale jaarkosten (€/dierplaats per jaar)	Effect jaarinkomen
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,09	warmtewisselaar	13%	€ -0,04	droogfilterwand	40%	€ 0,08	64%	€ 0,13	€ 7.800
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,09	warmtewisselaar	13%	€ -0,04	absoluutfilter 99%	50%	€ 0,06	70%	€ 0,11	€ 6.600
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,09	warmtewisselaar	13%	€ -0,04	droogtunnel	30%	€ 0,29	58%	€ 0,34	€ 20.400
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,09	warmtewisselaar	13%	€ -0,04	droogtunnel	55%	€ 0,49	73%	€ 0,54	€ 32.400
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,09	warmtewisselaar	31%	€ -0,04	droogfilterwand	40%	€ 0,08	71%	€ 0,13	€ 7.800
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,09	warmtewisselaar	31%	€ -0,04	absoluutfilter 99%	50%	€ 0,06	76%	€ 0,11	€ 6.600
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,09	warmtewisselaar	31%	€ -0,04	droogtunnel	30%	€ 0,29	67%	€ 0,34	€ 20.400
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,09	warmtewisselaar	31%	€ -0,04	droogtunnel	55%	€ 0,49	79%	€ 0,54	€ 32.400
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,09	warmtewisselaar	37%	€ 0,04	Droogfilterwand	40%	€ 0,08	74%	€ 0,21	€ 12.600
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,09	warmtewisselaar	37%	€ 0,04	absoluutfilter 99%	50%	€ 0,06	78%	€ 0,19	€ 11.400
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,09	warmtewisselaar	37%	€ 0,04	droogtunnel	30%	€ 0,29	70%	€ 0,42	€ 25.200
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,09	warmtewisselaar	37%	€ 0,04	droogtunnel	55%	€ 0,49	80%	€ 0,62	€ 37.200
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,09	warmtewisselaar	50%	€ 0,09	Droogfilterwand	40%	€ 0,08	79%	€ 0,26	€ 15.600
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,09	warmtewisselaar	50%	€ 0,09	absoluutfilter 99%	50%	€ 0,06	83%	€ 0,24	€ 14.400
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,09	warmtewisselaar	50%	€ 0,09	droogtunnel	30%	€ 0,29	76%	€ 0,47	€ 28.200



Techniek 1	Reductie	Jaarkosten (€/dierplaats per jaar)	Techniek 2	Reductie	Jaarkosten (€/dierplaats per jaar)	Techniek 3 (in serie met 2)	Reductie	Jaarkosten (€/dierplaats per jaar)	Totale reductie	Totale jaarkosten (€/dierplaats per jaar)	Effect jaarinkomen
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,09	warmte-wisselaar	50%	€ 0,09	droogtunnel	55%	€ 0,49	84%	€ 0,67	€ 40.200

In de tabel is ook de droogtunnel opgenomen die in verhouding hogere jaarlijkse kosten geeft. De toepassing van een droogtunnel zal echter een besparing opleveren in de kosten voor de mestafzet. Op basis van afzetkosten van € 15,- per ton mest, geeft een verhoging van het drogestofgehalte van 40% naar 80% een besparing van ongeveer € 5.000 per jaar voor een bedrijf met 60.000 opfokleghennen. Door de betere kwaliteit van de mest worden de afzetkosten per ton mest mogelijk lager. Hierdoor kan de besparing verder toenemen. De emissiereductie varieert van 40% tot net boven de 85%. De extra jaarlijkse kosten van de combinaties van maatregelen variëren van € 0,05 tot € 0,67 per dierplaats. Bij een omvang van 60.000 opfokleghennen betekent dit een negatief inkomenseffect van € 3.000 tot ruim € 40.000 per jaar.

### 3.2 Leghennen

#### Koloniehuisvesting

Naast de 'end-of-pipe' technieken is het aantal in te zetten technieken om de emissie van fijnstof te reduceren bij Koloniehuisvesting beperkt. In tabel 10 is een overzicht gegeven van de mogelijke combinaties, met daarbij het totale reductiepercentage en het effect op het jaarinkomen.

**Tabel 10a** Mogelijke combinaties van twee technieken voor reductie fijnstof met beperkte jaarkosten, de totale reductie, jaarlijkse kosten en het effect op het jaarinkomen bij 65.000 leghennen in Koloniehuisvesting.

Techniek 1	Reductie	Jaarkosten (€/dierplaats per jaar)	Techniek 2	Reductie	Jaarkosten (€/dierplaats per jaar)	Totale reductie	Totale jaarkosten (€/dierplaats per jaar)	Effect jaarinkomen
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,125	warmtewisselaar	13%	€ 0,18	40%	€ 0,31	€ 19.825
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,125	warmtewisselaar	31%	€ 0,38	52%	€ 0,51	€ 32.825
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,125	warmtewisselaar	37%	€ 0,46	57%	€ 0,59	€ 38.025
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,125	warmtewisselaar	50%	€ 0,64	66%	€ 0,77	€ 49.725
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,125	droogfilterwand	40%	€ 0,11	59%	€ 0,24	€ 15.275
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,125	luchtconditioneringsunit	80%	€ 0,66	86%	€ 0,79	€ 51.025
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,125	absoluutfilter 99%	50%	€ 0,14	66%	€ 0,27	€ 17.225
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,125	droogtunnel	30%	€ 0,36	52%	€ 0,49	€ 31.525
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,125	droogtunnel	55%	€ 0,60	69%	€ 0,73	€ 47.125

**Tabel 10b** Mogelijke combinaties van technieken voor reductie fijnstof met beperkte jaarkosten, de totale reductie, jaarlijkse kosten en het effect op het jaarinkomen bij 65.000 leghennen in Koloniehuisvesting.

Techniek 1	Reductie	Jaarkosten (€/dierplaats per jaar)	Techniek 2	Reductie	Jaarkosten (€/dierplaats per jaar)	Techniek 3 (in serie met 2)	Reductie	Jaarkosten (€/dierplaats per jaar)	Totale reductie	Totale jaarkosten (€/dierplaats per jaar)	Effect jaarinkomen
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,125	warmte-wisselaar	13%	€ 0,18	absoluut-filter 99%	50%	€ 0,14	70%	€ 0,45	€ 28.925
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,125	warmte-wisselaar	13%	€ 0,18	droogtunnel	30%	€ 0,36	58%	€ 0,67	€ 43.225
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,125	warmte-wisselaar	13%	€ 0,18	droogtunnel	55%	€ 0,60	73%	€ 0,91	€ 58.825
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,125	warmte-wisselaar	31%	€ 0,38	absoluut-filter 99%	50%	€ 0,14	76%	€ 0,65	€ 41.925
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,125	warmte-wisselaar	31%	€ 0,38	droogtunnel	30%	€ 0,36	67%	€ 0,87	€ 56.225
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,125	warmte-wisselaar	31%	€ 0,38	droogtunnel	55%	€ 0,60	79%	€ 1,11	€ 71.825
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,125	warmte-wisselaar	37%	€ 0,44	absoluut-filter 99%	50%	€ 0,14	78%	€ 0,71	€ 45.825
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,125	warmte-wisselaar	37%	€ 0,44	droogtunnel	30%	€ 0,36	70%	€ 0,93	€ 60.125
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,125	warmte-wisselaar	37%	€ 0,44	droogtunnel	55%	€ 0,60	80%	€ 1,17	€ 75.725
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,125	warmte-wisselaar	50%	€ 0,62	absoluut-filter 99%	50%	€ 0,14	83%	€ 0,89	€ 57.525
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,125	warmte-wisselaar	50%	€ 0,62	droogtunnel	30%	€ 0,36	76%	€ 1,11	€ 71.825
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,125	warmte-wisselaar	50%	€ 0,62	droogtunnel	55%	€ 0,60	84%	€ 1,35	€ 87.425

In de tabel is ook de droogtunnel opgenomen die in verhouding hogere jaarlijkse kosten geeft. De toepassing van een droogtunnel zal echter een besparing opleveren in de kosten voor de mestafzet. Op basis van afzetkosten van € 15 per ton mest, geeft een verhoging van het drogestofgehalte van 40% naar 80% een besparing van ongeveer € 14.000 per jaar voor een bedrijf met 65.000 hennen. Door de betere kwaliteit van de mest worden de afzetkosten per ton mest mogelijk lager. Hierdoor kan de besparing verder toenemen. Het eindresultaat wat betreft reductie van fijnstof varieert van 40% tot ruim 80%. De jaarlijkse kosten van de combinaties variëren van € 0,24 tot €1,35 per dierplaats. Bij een omvang van 65.000 leghennen betekent dit een negatief inkomenseffect van ruim € 15.000 tot bijna € 87.500 per jaar. Het langjarig gemiddelde inkomen van leggenbedrijven van 2008-2017 bedroeg € 45.000 per arbeidsjaareenheid.

### Grondhuisvesting

Door de afwezigheid van mestbanden bij dit huisvestingssysteem wordt het aantal combinatie-mogelijkheden beperkt. In tabel 11 zijn de mogelijkheden weergegeven.

**Tabel 11a** Mogelijke combinaties van twee technieken voor reductie fijnstof met beperkte jaarkosten, de totale reductie, jaarlijkse kosten en het effect op het jaarinkomen bij 40.000 leghennen in grondhuisvesting (scharrelinrichting).

Techniek 1	Reductie	Jaarkosten (€/dierplaats per jaar)	Techniek 2	Reductie	Jaarkosten (€/dierplaats per jaar)	Totale reductie	Totale jaarkosten (€/dierplaats per jaar)	Effect jaarinkomen
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,13	warmte-wisselaar	13%	€ 0,18	40%	€ 0,31	€ 12.200
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,13	warmte-wisselaar	31%	€ 0,38	52%	€ 0,51	€ 20.000

Techniek 1	Reductie	Jaarkosten (€/dierplaats per jaar)	Techniek 2	Reductie	Jaarkosten (€/dierplaats per jaar)	Totale reductie	Totale jaarkosten (€/dierplaats per jaar)	Effect jaarinkomen
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,13	warmtewisselaar	37%	€ 0,46	57%	€ 0,59	€ 23.400
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,13	warmtewisselaar	50%	€ 0,64	66%	€ 0,77	€ 30.600
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,13	droogfilterwand	40%	€ 0,11	59%	€ 0,24	€ 9.400
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,13	luchtconditioneringsunit	80%	€ 0,66	86%	€ 0,79	€ 31.400
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,13	absoluutfilter 99%	50%	€ 0,14	66%	€ 0,27	€ 10.600

**Tabel 11b** Mogelijke combinaties van drie technieken voor reductie fijnstof met beperkte jaarkosten, de totale reductie, jaarlijkse kosten en het effect op het jaarinkomen bij 40.000 leghennen in grondhuisvesting (scharrelinrichting).

Techniek 1	Reductie	Jaarkosten (€/dierplaats per jaar)	Techniek 2	Reductie	Jaarkosten (€/dierplaats per jaar)	Techniek 3 (in serie met 2)	Reductie	Jaarkosten (€/dierplaats per jaar)	Totale reductie	Totale jaarkosten (€/dierplaats per jaar)	Effect jaarinkomen
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,13	warmtewisselaar	13%	€ 0,18	droogfilterwand	40%	€ 0,11	64%	€ 0,42	€ 16.600
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,13	warmtewisselaar	13%	€ 0,18	absoluutfilter 99%	50%	€ 0,14	70%	€ 0,45	€ 17.800
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,13	warmtewisselaar	31%	€ 0,38	droogfilterwand	40%	€ 0,11	71%	€ 0,62	€ 24.600
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,13	warmtewisselaar	31%	€ 0,38	absoluutfilter 99%	50%	€ 0,14	76%	€ 0,65	€ 25.800
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,13	warmtewisselaar	37%	€ 0,46	droogfilterwand	40%	€ 0,11	74%	€ 0,70	€ 27.800
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,13	warmtewisselaar	37%	€ 0,46	absoluutfilter 99%	50%	€ 0,14	78%	€ 0,73	€ 29.000
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,13	warmtewisselaar	50%	€ 0,64	droogfilterwand	40%	€ 0,11	79%	€ 0,88	€ 35.000
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,13	warmtewisselaar	50%	€ 0,64	absoluutfilter 99%	50%	€ 0,14	83%	€ 0,91	€ 36.200

Het eindresultaat wat betreft reductie van fijnstof varieert van 40% tot net boven 85%. De jaarlijkse kosten van de combinaties variëren van € 0,24 tot € 0,91 per dierplaats. Bij een omvang van 40.000 leghennen betekent dit een negatief inkomenseffect van € 9.400 tot ruim € 36.000 per jaar. Het langjarig gemiddelde inkomen van leghenbedrijven van 2008-2017 bedroeg € 45.000 per arbeidsjaareenheid.

### Volièrehuisvesting

Bij volièrehuisvesting van leghennen is het mogelijk om de strooiselschuif toe te passen in combinatie met andere technieken in de stal. Ook de droogtunnel is bij deze vorm van huisvesting mogelijk. Dit levert veel combinatiemogelijkheden op die, voor een groot deel, zijn weergegeven in tabel 12.

**Tabel 12a** Mogelijke combinaties van twee technieken voor reductie fijnstof met beperkte jaarkosten, de totale reductie, jaarlijkse kosten en het effect op het jaarinkomen bij 40.000 leghennen in volièrehuisvesting.

Techniek 1	Reductie	Jaarkosten (€/dierplaats per jaar)	Techniek 2	Reductie	Jaarkosten (€/dierplaats per jaar)	Totale reductie	Totale jaarkosten (€/dierplaats per jaar)	Effect jaarinkomen
strooiselschuif	20%	€ 0,08	ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,13	45%	€ 0,21	€ 8.200
strooiselschuif	20%	€ 0,08	warmtewisselaar	13%	€ 0,18	30%	€ 0,26	€ 10.400
strooiselschuif	20%	€ 0,08	warmtewisselaar	31%	€ 0,38	45%	€ 0,46	€ 18.400
strooiselschuif	20%	€ 0,08	warmtewisselaar	37%	€ 0,46	50%	€ 0,54	€ 21.600
strooiselschuif	20%	€ 0,08	warmtewisselaar	50%	€ 0,64	60%	€ 0,72	€ 28.800
strooiselschuif	20%	€ 0,08	droogfilterwand	40%	€ 0,11	52%	€ 0,19	€ 7.600
strooiselschuif	20%	€ 0,08	luchtconditioneringsunit	80%	€ 0,66	84%	€ 0,74	€ 29.600
strooiselschuif	20%	€ 0,08	absoluutfilter 99%	50%	€ 0,14	60%	€ 0,22	€ 8.800
strooiselschuif	20%	€ 0,08	droogtunnel	30%	€ 0,36	44%	€ 0,44	€ 17.600
strooiselschuif	20%	€ 0,08	droogtunnel	55%	€ 0,60	64%	€ 0,68	€ 27.200
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,13	warmtewisselaar	13%	€ 0,18	40%	€ 0,31	€ 12.200
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,13	warmtewisselaar	31%	€ 0,38	52%	€ 0,51	€ 20.200
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,13	warmtewisselaar	37%	€ 0,46	57%	€ 0,59	€ 23.400
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,13	warmtewisselaar	50%	€ 0,64	66%	€ 0,77	€ 30.600
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,13	droogfilterwand	40%	€ 0,11	59%	€ 0,24	€ 9.400
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,13	luchtconditioneringsunit	80%	€ 0,66	86%	€ 0,79	€ 31.400
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,13	absoluutfilter 99%	50%	€ 0,14	66%	€ 0,27	€ 10.600
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,13	droogtunnel	30%	€ 0,36	52%	€ 0,49	€ 19.400
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,13	droogtunnel	55%	€ 0,60	69%	€ 0,73	€ 29.000

**Tabel 12b** Mogelijke combinaties van drie technieken voor reductie fijnstof met beperkte jaarkosten, de totale reductie, jaarlijkse kosten en het effect op het jaarinkomen bij 40.000 leghennen in volièrehuisvesting.

Techniek 1	Reductie	Jaarkosten (€/dierplaats per jaar)	Techniek 2	Reductie	Jaarkosten (€/dierplaats per jaar)	Techniek 3 (in serie met 2)	Reductie	Jaarkosten (€/dierplaats per jaar)	Totale reductie	Totale jaarkosten (€/dierplaats per jaar)	Effect jaarinkomen
strooiselschuif	20%	€ 0,08	ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,13	warmtewisselaar	13%	€ 0,18	52%	€ 0,39	€ 15.400
strooiselschuif	20%	€ 0,08	ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,13	warmtewisselaar	31%	€ 0,38	62%	€ 0,59	€ 23.400
strooiselschuif	20%	€ 0,08	ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,13	warmtewisselaar	37%	€ 0,46	65%	€ 0,67	€ 26.600
strooiselschuif	20%	€ 0,08	ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,13	warmtewisselaar	50%	€ 0,64	72%	€ 0,85	€ 33.800
strooiselschuif	20%	€ 0,08	ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,13	droogfilterwand	40%	€ 0,11	67%	€ 0,32	€ 12.600
strooiselschuif	20%	€ 0,08	ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,13	luchtconditioneringsunit	80%	€ 0,66	89%	€ 0,87	€ 34.600
strooiselschuif	20%	€ 0,08	ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,13	absoluutfilter 99%	50%	€ 0,14	72%	€ 0,35	€ 13.800
strooiselschuif	20%	€ 0,08	ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,13	droogtunnel	30%	€ 0,36	61%	€ 0,57	€ 22.600

Techniek 1	Reductie	Jaarkosten (€/die rplaats per jaar)	Techniek 2	Reductie	Jaarkosten (€/die rplaats per jaar)	Techniek 3 (in serie met 2)	Reductie	Jaarkosten (€/die rplaats per jaar)	Totale reductie	Totale jaarkosten (€/die rplaats per jaar)	Effect jaarin-komen
strooiselschuif	20%	€ 0,08	ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,13	droogtunnel	55%	€ 0,60	75%	€ 0,81	€ 32.200
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,13	warmtewisselaar	13%	€ 0,18	droogfilterwand	40%	€ 0,11	64%	€ 0,42	€ 16.600
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,13	warmtewisselaar	13%	€ 0,18	absoluut-filter 99%	50%	€ 0,14	70%	€ 0,45	€ 17.800
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,13	warmtewisselaar	13%	€ 0,18	droogtunnel	30%	€ 0,36	58%	€ 0,67	€ 26.600
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,13	warmtewisselaar	13%	€ 0,18	droogtunnel	55%	€ 0,60	73%	€ 0,91	€ 36.200
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,13	warmtewisselaar	31%	€ 0,38	droogfilterwand	40%	€ 0,11	71%	€ 0,62	€ 24.600
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,13	warmtewisselaar	31%	€ 0,38	absoluut-filter 99%	50%	€ 0,14	76%	€ 0,65	€ 25.800
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,13	warmtewisselaar	31%	€ 0,38	droogtunnel	30%	€ 0,36	67%	€ 0,87	€ 34.600
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,13	warmtewisselaar	31%	€ 0,38	droogtunnel	55%	€ 0,60	79%	€ 1,11	€ 44.200
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,13	warmtewisselaar	37%	€ 0,46	droogfilterwand	40%	€ 0,11	74%	€ 0,70	€ 27.800
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,13	warmtewisselaar	37%	€ 0,46	absoluut-filter 99%	50%	€ 0,14	78%	€ 0,73	€ 29.000
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,13	warmtewisselaar	37%	€ 0,46	droogtunnel	30%	€ 0,36	70%	€ 0,95	€ 37.800
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,13	warmtewisselaar	37%	€ 0,46	droogtunnel	55%	€ 0,60	80%	€ 1,19	€ 47.400
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,13	warmtewisselaar	50%	€ 0,64	droogfilterwand	40%	€ 0,11	79%	€ 0,88	€ 35.000
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,13	warmtewisselaar	50%	€ 0,64	absoluut-filter 99%	50%	€ 0,14	83%	€ 0,91	€ 36.200
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,13	warmtewisselaar	50%	€ 0,64	droogtunnel	30%	€ 0,36	76%	€ 1,13	€ 45.000
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,13	warmtewisselaar	50%	€ 0,64	droogtunnel	55%	€ 0,60	84%	€ 1,37	€ 54.600

Op basis van de combinaties in tabel 5 varieert de reductie van de emissie van fijnstof van 30% tot bijna 90% en de jaarlijkse kosten van de combinaties van € 0,19 tot € 1,37 per dierplaats. Het negatieve effect op het inkomen varieert bij een omvang van 40.000 hennen dan van € 7.600 tot € 54.600 per jaar. Het langjarig gemiddelde inkomen van leghenbedrijven van 2008-2017 bedroeg € 45.000 per arbeidsjaareenheid.

### 3.3 Opfokvleeskuikenouderdieren

Hoewel de huisvesting van opfokvleeskuikenouderdieren vergelijkbaar is aan die van vleeskuikens, zijn niet alle reducerende technieken bemeten bij vleeskuikens, toepasbaar bij deze diergroep. Dit met name vanwege de lengte van de productieperiode in combinatie met het werkingsprincipe van de techniek. Alleen het systeem van ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes kan worden toegepast. Dit vanwege het feit dat de metingen aan deze techniek zijn uitgevoerd bij leghennen. Daarnaast zijn alle 'end-of-pipe' technieken toepasbaar, behalve de droogtunnel vanwege de afwezigheid van mestbanden. In tabel 13 zijn combinaties opgenomen van inzetbare technieken, waarbij is uitgegaan van technieken met relatief lage jaarkosten.

**Tabel 13a** Mogelijke combinaties van twee technieken voor reductie fijnstof met beperkte jaarkosten, de totale reductie, jaarlijkse kosten en het effect op het jaarinkomen bij 35.000 opfokvleeskuikenouderdieren.

Techniek 1	Reductie	Jaarkosten (€/dierplaats per jaar)	Techniek 2	Reductie	Jaarkosten (€/dierplaats per jaar)	Totale reductie	Totale jaarkosten (€/dierplaats per jaar)	Effect jaarinkomen
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,10	warmtewisselaar	13%	€ -0,13	40%	€ -0,03	€ -1.050
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,10	warmtewisselaar	31%	€ -0,10	52%	€ 0,00	€ 0
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,10	warmtewisselaar	37%	€ -0,00	57%	€ 0,10	€ 3.500
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,10	warmtewisselaar	50%	€ 0,13	66%	€ 0,23	€ 8.050
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,10	droogfilterwand	40%	€ 0,11	59%	€ 0,21	€ 7.350
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,10	luchtconditi-oneringsunit	80%	€ 0,02	86%	€ 0,12	€ 4.200
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,10	absoluutfilter 99%	50%	€ 0,14	66%	€ 0,24	€ 8.400

**Tabel 13b** Mogelijke combinaties van drie technieken voor reductie fijnstof met beperkte jaarkosten, de totale reductie, jaarlijkse kosten en het effect op het jaarinkomen bij 35.000 opfokvleeskuikenouderdieren.

Techniek 1	Reductie	Jaarkosten (€/dierplaats per jaar)	Techniek 2	Reductie	Jaarkosten (€/dierplaats per jaar)	Techniek 3 (in serie met 2)	Reductie	Jaarkosten (€/dierplaats per jaar)	Totale reductie	Totale jaarkosten (€/dierplaats per jaar)	Effect jaarinkomen
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,10	warmtewisselaar	13%	€ -0,13	droogfilterwand	40%	€ 0,11	64%	€ 0,08	€ 2.800
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,10	warmtewisselaar	13%	€ -0,13	absoluutfilter 99%	50%	€ 0,14	70%	€ 0,11	€ 3.850
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,10	warmtewisselaar	31%	€ -0,10	droogfilterwand	40%	€ 0,11	71%	€ 0,11	€ 3.850
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,10	warmtewisselaar	31%	€ -0,10	absoluutfilter 99%	50%	€ 0,14	76%	€ 0,14	€ 4.900
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,10	warmtewisselaar	37%	€ -0,00	droogfilterwand	40%	€ 0,11	74%	€ 0,21	€ 7.350
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,10	warmtewisselaar	37%	€ -0,00	absoluutfilter 99%	50%	€ 0,14	78%	€ 0,24	€ 8.400
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,10	warmtewisselaar	50%	€ 0,13	droogfilterwand	40%	€ 0,11	79%	€ 0,34	€ 11.900
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,10	warmtewisselaar	50%	€ 0,13	absoluutfilter 99%	50%	€ 0,14	83%	€ 0,37	€ 12.950

De emissie van fijnstof wordt gereduceerd met 40% tot ruim 80%. Vanwege de besparing op stookkosten geven de warmtewisselaars met een beperkt debiet een positief resultaat op het jaarinkomen van een bedrijf. Het effect van de andere combinaties is negatief op het inkomen, met extra kosten oplopend tot bijna € 13.000. Ter vergelijking: het langjarig gemiddelde inkomen van vleeskuikenbedrijven van 2008-2017 bedroeg € 66.500 per arbeidsjaareenheid.

### 3.4 Vleeskuikenouderdieren

Op basis van de informatie in hoofdstuk 2 is het aantal in te zetten technieken bij deze diergroep, o.a. vanwege de huisvestingsvorm, beperkt. Een droogtunnel is alleen toepasbaar als het bedrijf een vorm van volièrehuisvesting toepast (categorieën E 4.2 of E 4.3) of bij aanwezigheid

van groepskooi als huisvestingssysteem. Dit vanwege de aanwezigheid van mestbanden in deze systemen. Voor het systeem van grondhuisvesting zijn in tabel 14 een aantal mogelijke combinaties van technieken weergegeven, met daarbij het totale reductiepercentage, de totale jaarlijkse kosten en het effect op het jaarinkomen van een bedrijf met 21.000 moederdieren (hierbij komen ook nog ca 9% hanen).

**Tabel 14a** Mogelijke combinaties van twee technieken voor reductie fijnstof met beperkte jaarkosten, de totale reductie, jaarlijkse kosten en het effect op het jaarinkomen bij 21.000 moederdieren in grondhuisvesting.

Techniek 1	Reductie	Jaarkosten (€/dierplaats per jaar)	Techniek 2	Reductie	Jaarkosten (€/dierplaats per jaar)	Totale reductie	Totale jaarkosten (€/dierplaats per jaar)	Effect jaarinkomen
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,145	warmtewisselaar	13%	€ 0,22	40%	€ 0,37	€ 7.665
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,145	warmtewisselaar	31%	€ 0,45	52%	€ 0,60	€ 12.500
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,145	warmtewisselaar	37%	€ 0,71	57%	€ 0,86	€ 19.750
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,145	warmtewisselaar	50%	€ 1,09	66%	€ 1,24	€ 25.935
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,145	droogfilterwand	40%	€ 0,20	59%	€ 0,35	€ 7.250
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,145	luchtconditioneringsunit	80%	€ 1,29	86%	€ 1,44	€ 30.135
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,145	absoluutfilter 99%	50%	€ 0,21	66%	€ 0,36	€ 7.455

**Tabel 14b** Mogelijke combinaties van drie technieken voor reductie fijnstof met beperkte jaarkosten, de totale reductie, jaarlijkse kosten en het effect op het jaarinkomen bij 21.000 moederdieren in grondhuisvesting.

Techniek 1	Reductie	Jaarkosten (€/dierplaats per jaar)	Techniek 2	Reductie	Jaarkosten (€/dierplaats per jaar)	Techniek 3 (in serie met 2)	Reductie	Jaarkosten (€/dierplaats per jaar)	Totale reductie	Totale jaarkosten (€/dierplaats per jaar)	Effect jaarinkomen
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,145	warmtewisselaar	13%	€ 0,22	droogfilterwand	40%	€ 0,20	64%	€ 0,57	€ 11.865
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,145	warmtewisselaar	13%	€ 0,22	absoluutfilter 99%	50%	€ 0,21	70%	€ 0,58	€ 12.075
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,145	warmtewisselaar	31%	€ 0,45	droogfilterwand	40%	€ 0,20	71%	€ 0,80	€ 16.695
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,145	warmtewisselaar	31%	€ 0,45	absoluutfilter 99%	50%	€ 0,21	76%	€ 0,81	€ 16.905
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,145	warmtewisselaar	37%	€ 0,71	droogfilterwand	40%	€ 0,20	74%	€ 1,06	€ 22.155
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,145	warmtewisselaar	37%	€ 0,71	absoluutfilter 99%	50%	€ 0,21	78%	€ 1,07	€ 22.365
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,145	warmtewisselaar	50%	€ 1,09	droogfilterwand	40%	€ 0,20	79%	€ 1,44	€ 30.135
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,145	warmtewisselaar	50%	€ 1,09	absoluutfilter 99%	50%	€ 0,21	83%	€ 1,45	€ 30.345

Het resultaat op de reductie van fijnstof van de verschillende combinaties varieert van 40% tot ruim 85%. Omdat er geen warmtebehoefte is bij deze diergroep, is er geen besparing op de stookkosten bij het toepassen van een warmtewisselaar. Daardoor kan het (negatieve) effect op het jaarinkomen van een combinatie met deze techniek oplopen tot ruim € 30.000. Ter vergelijking: het langjarig gemiddelde inkomen van vleeskuikenbedrijven van 2008-2017 bedroeg € 66.500 per arbeidsjaareenheid.

### 3.5 Vleeskuikens

Voor vleeskuikens zijn meerdere technieken beschikbaar om de stofconcentratie in de stal te verlagen. Samen met 'end-of-pipe' technieken ontstaan daardoor veel mogelijke combinaties. Deze zijn voor het merendeel weergegeven in tabel 15.

**Tabel 15a** *Mogelijke combinaties van twee technieken voor reductie fijnstof met beperkte jaarkosten, de totale reductie, jaarlijkse kosten en het effect op het jaarinkomen bij 90.000 vleeskuikens (reguliere productie).*

Techniek 1	Reductie	Jaarkosten (€/dierplaats per jaar)	Techniek 2	Reductie	Jaarkosten (€/dierplaats per jaar)	Totale reductie	Totale jaarkosten (€/dierplaats per jaar)	Effect jaarinkomen
negatieve ionisatie d.m.v. coronadraden	49%	€ 0,09	warmtewis-selaar	13%	€ -0,05	56%	€ 0,04	€ 3.600
negatieve ionisatie d.m.v. coronadraden	49%	€ 0,09	warmtewis-selaar	31%	€ 0,12	65%	€ 0,21	€ 18.900
negatieve ionisatie d.m.v. coronadraden	49%	€ 0,09	warmtewis-selaar	37%	€ 0,25	68%	€ 0,34	€ 30.600
negatieve ionisatie d.m.v. coronadraden	49%	€ 0,09	warmtewis-selaar	50%	€ 0,42	75%	€ 0,51	€ 45.900
negatieve ionisatie d.m.v. coronadraden	49%	€ 0,09	droogfilterwand	40%	€ 0,13	69%	€ 0,22	€ 19.800
negatieve ionisatie d.m.v. coronadraden	49%	€ 0,09	luchtconditioneringsunit	80%	€ 0,46	90%	€ 0,55	€ 49.500
negatieve ionisatie d.m.v. coronadraden	49%	€ 0,09	absoluutfilter 99%	50%	€ 0,13	75%	€ 0,22	€ 19.800
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,05	warmtewis-selaar	13%	€ -0,05	40%	€ 0	€ 0
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,05	warmtewis-selaar	31%	€ 0,12	52%	€ 0,17	€ 15.300
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,05	warmtewis-selaar	37%	€ 0,25	57%	€ 0,30	€ 27.000
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,05	warmtewis-selaar	50%	€ 0,42	66%	€ 0,47	€ 42.300
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,05	droogfilterwand	40%	€ 0,13	59%	€ 0,18	€ 16.200
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,05	luchtconditioneringsunit	80%	€ 0,46	86%	€ 0,51	€ 45.900
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,05	absoluutfilter 99%	50%	€ 0,13	66%	€ 0,18	€ 16.200
negatieve ionisatie d.m.v. coronadraden (prikkeldraad)	52%	€ 0,09	warmtewis-selaar	13%	€ -0,05	58%	€ 0,04	€ 3.240
negatieve ionisatie d.m.v. coronadraden (prikkeldraad)	52%	€ 0,09	warmtewis-selaar	31%	€ 0,12	67%	€ 0,21	€ 18.540
negatieve ionisatie d.m.v. coronadraden (prikkeldraad)	52%	€ 0,09	warmtewis-selaar	37%	€ 0,25	70%	€ 0,34	€ 30.240
negatieve ionisatie d.m.v. coronadraden (prikkeldraad)	52%	€ 0,09	warmtewis-selaar	50%	€ 0,42	76%	€ 0,51	€ 45.540
negatieve ionisatie d.m.v. coronadraden (prikkeldraad)	52%	€ 0,09	droogfilterwand	40%	€ 0,13	71%	€ 0,22	€ 19.440
negatieve ionisatie d.m.v. coronadraden (prikkeldraad)	52%	€ 0,09	luchtconditioneringsunit	80%	€ 0,46	90%	€ 0,55	€ 49.140
negatieve ionisatie d.m.v. coronadraden (prikkeldraad)	52%	€ 0,09	absoluutfilter 99%	50%	€ 0,13	76%	€ 0,22	€ 19.440
Positieve ionisatie units	16%	€ 0,08	warmtewis-selaar	13%	€ -0,05	27%	€ 0,03	€ 2.700
positieve ionisatie units	16%	€ 0,08	warmtewis-selaar	31%	€ 0,12	42%	€ 0,20	€ 18.000



Techniek 1	Reductie	Jaarkosten (€/dierplaats per jaar)	Techniek 2	Reductie	Jaarkosten (€/dierplaats per jaar)	Totale reductie	Totale jaarkosten (€/dierplaats per jaar)	Effect jaarinkomen
positieve ionisatie units	16%	€ 0,08	warmtewisselaar	37%	€ 0,25	47%	€ 0,33	€ 29.700
positieve ionisatie units	16%	€ 0,08	warmtewisselaar	50%	€ 0,42	58%	€ 0,50	€ 45.000
positieve ionisatie units	16%	€ 0,08	droogfilterwand	40%	€ 0,13	50%	€ 0,21	€ 18.900
positieve ionisatie units	16%	€ 0,08	luchtconditioneringsunit	80%	€ 0,46	83%	€ 0,54	€ 48.600
positieve ionisatie units	16%	€ 0,08	absoluutfilter 99%	50%	€ 0,13	58%	€ 0,21	€ 18.900

**Tabel 15b** Mogelijke combinaties van drie technieken voor reductie fijnstof met beperkte jaarkosten, de totale reductie, jaarlijkse kosten en het effect op het jaarinkomen bij 90.000 vleeskuikens (reguliere productie).

Techniek 1	Reductie	Jaarkosten (€/dierplaats per jaar)	Techniek 2	Reductie	Jaarkosten (€/dierplaats per jaar)	Techniek 3 (in serie met 2)	Reductie	Jaarkosten (€/dierplaats per jaar)	Totale reductie	Totale jaarkosten (€/dierplaats per jaar)	Effect jaarinkomen
negatieve ionisatie d.m.v. coronadraden	49%	€ 0,09	warmtewisselaar	13%	€ - 0,05	droogfilterwand	40%	€ 0,13	73%	€ 0,17	€ 15.300
negatieve ionisatie d.m.v. coronadraden	49%	€ 0,09	warmtewisselaar	13%	€ - 0,05	absoluutfilter 99%	50%	€ 0,13	78%	€ 0,17	€ 15.300
negatieve ionisatie d.m.v. coronadraden	49%	€ 0,09	warmtewisselaar	31%	€ 0,12	droogfilterwand	40%	€ 0,13	79%	€ 0,34	€ 30.600
negatieve ionisatie d.m.v. coronadraden	49%	€ 0,09	warmtewisselaar	31%	€ 0,12	absoluutfilter 99%	50%	€ 0,13	82%	€ 0,34	€ 30.600
negatieve ionisatie d.m.v. coronadraden	49%	€ 0,09	warmtewisselaar	37%	€ 0,25	droogfilterwand	40%	€ 0,13	81%	€ 0,47	€ 42.300
negatieve ionisatie d.m.v. coronadraden	49%	€ 0,09	warmtewisselaar	37%	€ 0,25	absoluutfilter 99%	50%	€ 0,13	84%	€ 0,47	€ 42.300
negatieve ionisatie d.m.v. coronadraden	49%	€ 0,09	warmtewisselaar	50%	€ 0,42	droogfilterwand	40%	€ 0,13	85%	€ 0,64	€ 57.600
negatieve ionisatie d.m.v. coronadraden	49%	€ 0,09	warmtewisselaar	50%	€ 0,42	absoluutfilter 99%	50%	€ 0,13	87%	€ 0,64	€ 57.600
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,05	warmtewisselaar	13%	€ - 0,05	droogfilterwand	40%	€ 0,13	64%	€ 0,13	€ 11.700
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,05	warmtewisselaar	13%	€ - 0,05	absoluutfilter 99%	50%	€ 0,13	70%	€ 0,13	€ 11.700
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,05	warmtewisselaar	31%	€ 0,12	droogfilterwand	40%	€ 0,13	71%	€ 0,30	€ 27.000
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,05	warmtewisselaar	31%	€ 0,12	absoluutfilter 99%	50%	€ 0,13	76%	€ 0,30	€ 27.000
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,05	warmtewisselaar	37%	€ 0,25	droogfilterwand	40%	€ 0,13	74%	€ 0,43	€ 38.700
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,05	warmtewisselaar	37%	€ 0,25	absoluutfilter 99%	50%	€ 0,13	78%	€ 0,43	€ 38.700
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,05	warmtewisselaar	50%	€ 0,42	droogfilterwand	40%	€ 0,13	79%	€ 0,60	€ 54.000
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,05	warmtewisselaar	50%	€ 0,42	absoluutfilter 99%	50%	€ 0,13	83%	€ 0,60	€ 54.000
negatieve ionisatie d.m.v. coronadraden	52%	€ 0,09	warmtewisselaar	13%	€ - 0,05	droogfilterwand	40%	€ 0,13	75%	€ 0,17	€ 14.940

Techniek 1	Reductie	Jaarkosten (€/die rplaats per jaar)	Techniek 2	Reductie	Jaarkosten (€/die rplaats per jaar)	Techniek 3 (in serie met 2)	Reductie	Jaarkosten (€/die rplaats per jaar)	Totale reductie	Totale jaarkosten (€/die rplaats per jaar)	Effect jaarinkomen
draden (prikkeldraad)											
negatieve ionisatie d.m.v. coronadraden (prikkeldraad)	52%	€ 0,09	warmtewisselaar	13%	€ - 0,05	absoluutfilter 99%	50%	€ 0,13	79%	€ 0,17	€ 14.940
negatieve ionisatie d.m.v. coronadraden (prikkeldraad)	52%	€ 0,09	warmtewisselaar	31%	€ 0,12	droogfilterwand	40%	€ 0,13	80%	€ 0,34	€ 30.240
negatieve ionisatie d.m.v. coronadraden (prikkeldraad)	52%	€ 0,09	warmtewisselaar	31%	€ 0,12	absoluutfilter 99%	50%	€ 0,13	83%	€ 0,34	€ 30.240
negatieve ionisatie d.m.v. coronadraden (prikkeldraad)	52%	€ 0,09	warmtewisselaar	37%	€ 0,25	droogfilterwand	40%	€ 0,13	82%	€ 0,47	€ 41.940
negatieve ionisatie d.m.v. coronadraden (prikkeldraad)	52%	€ 0,09	warmtewisselaar	37%	€ 0,25	absoluutfilter 99%	50%	€ 0,13	85%	€ 0,47	€ 41.940
negatieve ionisatie d.m.v. coronadraden (prikkeldraad)	52%	€ 0,09	warmtewisselaar	50%	€ 0,42	droogfilterwand	40%	€ 0,13	86%	€ 0,64	€ 57.240
negatieve ionisatie d.m.v. coronadraden (prikkeldraad)	52%	€ 0,09	warmtewisselaar	50%	€ 0,42	absoluutfilter 99%	50%	€ 0,13	88%	€ 0,64	€ 57.240
positieve ionisatie units	16%	€ 0,08	warmtewisselaar	13%	€ - 0,05	droogfilterwand	40%	€ 0,13	56%	€ 0,16	€ 14.400
positieve ionisatie units	16%	€ 0,08	warmtewisselaar	13%	€ - 0,05	absoluutfilter 99%	50%	€ 0,13	63%	€ 0,16	€ 14.400
positieve ionisatie units	16%	€ 0,08	warmtewisselaar	31%	€ 0,12	droogfilterwand	40%	€ 0,13	65%	€ 0,33	€ 29.700
positieve ionisatie units	16%	€ 0,08	warmtewisselaar	31%	€ 0,12	absoluutfilter 99%	50%	€ 0,13	71%	€ 0,33	€ 29.700
positieve ionisatie units	16%	€ 0,08	warmtewisselaar	37%	€ 0,25	droogfilterwand	40%	€ 0,13	68%	€ 0,46	€ 41.400
positieve ionisatie units	16%	€ 0,08	warmtewisselaar	37%	€ 0,25	absoluutfilter 99%	50%	€ 0,13	74%	€ 0,46	€ 41.400
positieve ionisatie units	16%	€ 0,08	warmtewisselaar	50%	€ 0,42	droogfilterwand	40%	€ 0,13	75%	€ 0,63	€ 56.700
positieve ionisatie units	16%	€ 0,08	warmtewisselaar	50%	€ 0,42	absoluutfilter 99%	50%	€ 0,13	79%	€ 0,63	€ 56.700

De reductie van fijnstof door de combinaties varieert van 27% tot bijna 90%. De jaarlijkse kosten variëren daarbij van € 0,00 tot € 0,73 per dierplaats, met als gevolg een (negatief) effect op het jaarinkomen tot € 57.600. Ter vergelijking: het langjarig gemiddelde inkomen van vleeskui-kenbedrijven van 2008-2017 bedroeg € 66.500 per arbeidsjaareenheid.

### 3.6 Vleeskalkoenen

Bij de huisvesting van vleeskalkoenen is in de stal ook alleen de techniek van ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes toegestaan en, behalve de droogtunnel, de 'end of pipe' technieken. Daarbij geldt dat de droogfilterwand en de droge stoffilters alleen mogelijk zijn bij stallen met mechanische ventilatie. Een warmtewisselaar zou bij stallen met natuurlijke ventilatie kunnen worden

ingezet om als basisventilatie tijdens het eerste deel van de groeiperiode op de stookkosten te besparen. Maar omdat een warmtewisselaar gedurende de hele productieperiode aan moet blijven staan om het reductiepercentage voor fijnstof te mogen toepassen, is deze techniek een minder voor de hand liggende optie om te combineren. Er moet dan namelijk speciaal een warmtewisselaar worden geplaatst bij de afmeststal voor de hanen, terwijl in die stal amper warmtevraag is tijdens dat deel van de groeiperiode. Een vergelijkbare situatie geldt ook bij het toepassen van de luchtconditioneringsunit bij deze diercategorie.

In tabel 16 staan mogelijke combinaties van technieken met daarbij het eindresultaat wat betreft reductie, de totale jaarkosten en het effect op het jaarinkomen bij een stal met 20.000 vleeskalkoenen.

**Tabel 16a** Mogelijke combinaties van twee technieken voor reductie fijnstof met beperkte jaarkosten, de totale reductie, jaarlijkse kosten en het effect op het jaarinkomen bij 20.000 vleeskalkoenen.

Techniek 1	Reductie	Jaarkosten (€/dierplaats per jaar)	Techniek 2	Reductie	Jaarkosten (€/dierplaats per jaar)	Totale reductie	Totale jaarkosten (€/dierplaats per jaar)	Effect jaarinkomen
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,15	warmtewisselaar	13%	€ 0,05	40%	€ 0,20	€ 4.000
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,15	warmtewisselaar	31%	€ 0,51	52%	€ 0,66	€ 13.200
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,15	warmtewisselaar	37%	€ 0,96	57%	€ 1,11	€ 22.200
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,15	warmtewisselaar	50%	€ 1,53	66%	€ 1,68	€ 33.600
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,15	droogfilterwand	40%	€ 0,64	59%	€ 0,79	€ 15.800
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,15	luchtconditioneringsunit	80%	€ 4,28	86%	€ 4,43	€ 88.600
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,15	absoluutfilter 99%	50%	€ 0,56	66%	€ 0,71	€ 14.200

**Tabel 16b** Mogelijke combinaties van drie technieken voor reductie fijnstof met beperkte jaarkosten, de totale reductie, jaarlijkse kosten en het effect op het jaarinkomen bij 20.000 vleeskalkoenen.

Techniek 1	Reductie	Jaarkosten (€/dierplaats per jaar)	Techniek 2	Reductie	Jaarkosten (€/dierplaats per jaar)	Techniek 3 (in serie met 2)	Reductie	Jaarkosten (€/dierplaats per jaar)	Totale reductie	Totale jaarkosten (€/dierplaats per jaar)	Effect jaarinkomen
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,15	warmtewisselaar	13%	€ 0,05	droogfilterwand	40%	€ 0,64	64%	€ 0,84	€ 16.800
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,15	warmtewisselaar	13%	€ 0,05	absoluutfilter 99%	50%	€ 0,56	70%	€ 0,76	€ 15.200
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,15	warmtewisselaar	31%	€ 0,51	droogfilterwand	40%	€ 0,64	71%	€ 1,30	€ 26.000
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,15	warmtewisselaar	31%	€ 0,51	absoluutfilter 99%	50%	€ 0,56	76%	€ 1,22	€ 24.400
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,15	warmtewisselaar	37%	€ 0,96	droogfilterwand	40%	€ 0,64	74%	€ 1,75	€ 35.000
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,15	warmtewisselaar	37%	€ 0,96	absoluutfilter 99%	50%	€ 0,56	78%	€ 1,67	€ 33.400
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,15	warmtewisselaar	50%	€ 1,53	droogfilterwand	40%	€ 0,64	79%	€ 2,32	€ 46.400
ionisatie d.m.v. koolstofborsteltjes	31%	€ 0,15	warmtewisselaar	50%	€ 1,53	absoluutfilter 99%	50%	€ 0,56	83%	€ 2,24	€ 44.800

De eindreductie van de emissie van fijnstof varieert bij de combinaties van 40% tot ruim 85%. Het effect op het jaarinkomen bij het toepassen van de genoemde combinaties, varieert van € 4.000 tot bijna € 47.000. Vanwege de hoge ventilatiebehoefte nemen voor een bedrijf met vleeskalkoenen de kosten voor het toepassen van een luchtconditioneringsunit toe tot ruim € 88.000 per jaar. Ter vergelijking: het langjarig gemiddelde inkomen van vleeskuikenbedrijven van 2008-2017 bedroeg € 66.500 per arbeidsjaareenheid.

### **3.7 Vleeseenden**

Vanwege de afwijkende mestsamenvatting en het dagelijks instrooien zijn maar een beperkt aantal technieken inzetbaar om de emissie van fijnstof uit stallen voor vleeseenden te verlagen. Het aantal mogelijkheden blijft daarmee beperkt tot die in tabel 7 in hoofdstuk 2. De opties om technieken te combineren is ook beperkt. Dit o.a. vanwege het overplaatsen van de dieren op ongeveer drie weken leeftijd. Het inzetten van een warmtewisselaar of luchtconditioneringsunit is daarmee niet praktisch, omdat na het overplaatsen er amper warmtebehoefte is (zie ook bij vleeskalkoenen). Daarom is voor deze diergroep geen tabel opgenomen met combinatiemogelijkheden.

# Literatuur

- Blanken, K., F. de Buissonje, A. Evers, W. Ouweltjes, J. Verkaik, I. Vermeij, H. Wemmenhove, 2020. Kwantitatieve Informatie Veehouderij. Wageningen Livestock Research, Handboek 41.
- Cambra-López, M., A. Winkel, J. van Harn, N. Hannink, A.J.A. Aarnink, 2009. Measures to reduce fine dust emission from poultry houses: reduction from broiler houses by ionization. Animal Sciences Group van Wageningen UR, Rapport 215.
- Ellen, H., J. Mosquera, J.M.G. Hol, J.W.H. Huis in 't Veld, G. Nijeboer, J.P.M. Ploegaert, N.W.M. Ogink, 2013. *Maatregelen ter vermindering van fijnstofemissie uit de pluimveehouderij: validatie van een warmtewisselaar op vleeskuikenbedrijven*. Wageningen University and Research Centre, Livestock Research, Rapport 621.
- Ellen, H., Y. Goselink, J. Huis in 't Veld, A. Winkel, 2020a. *Pilots naar de vermindering van fijnstofemissie uit pluimveestallen: het PMX systeem van StaticAir*. Wageningen Livestock Research, Rapport 1215.
- Ellen, H., Y. Goselink, J. Huis in 't Veld, A. Winkel, 2020b. *Pilots naar de vermindering van fijnstofemissie uit pluimveestallen: het DUSTion systeem van Serutech-Agri en Optiklep*. Wageningen Livestock Research, Rapport 1216.
- Ellen, H., Y. Goselink, J. Huis in 't Veld, A. Winkel, 2020c. *Pilots naar de vermindering van fijnstofemissie uit pluimveestallen: ASPRA Agro van VFA-Solutions/Smits-Breda*. Wageningen Livestock Research, Rapport 1245 (in druk).
- Ellen, H., Y. Goselink, J. Huis in 't Veld, A. Winkel, 2020d. *Pilots naar de vermindering van fijnstofemissie uit pluimveestallen: Octafil met recirculatie van VEKO Ventilatie*. Wageningen Livestock Research, Rapport 1225.
- Emous, R.A. van, H.H. Ellen, A. Winkel, N.W.M. Ogink, 2011. *Emissiereductie fijnstof door droogtunnels*. Wageningen University and Research Centre, Livestock Research, Rapport 449.
- Emous, R.A. van, H. Gunnink, N.W.M. Ogink. 2017. *Effecten van strooisellaagdikte op het gedrag van leghennen*. Wageningen Livestock Research, Rapport 1036.
- Goselink, Y., H. Ellen, J. Huis in 't Veld, A. Winkel, 2020a. *Pilots naar de vermindering van fijnstofemissie uit pluimveestallen: de HD-ionisatielampen van Freshlight*. Wageningen Livestock Research, Rapport 1217.
- Goselink, Y., H. Ellen, J. Huis in 't Veld, A. Winkel, 2020b. *Pilots naar de vermindering van fijnstofemissie uit pluimveestallen: de warmtewisselaar van Granovi*. Wageningen Livestock Research, Rapport 1224.
- Hagenaars, T., Hoeksma, P., de Roda-Husman, A.M., Swart, A., Wouters, I., 2017. Veehouderij en Gezondheid Omwonenden (aanvullende studies). Analyse van gezondheidseffecten, risicofactoren en uitstoot van bioaerosolen. Rapport 2017-0062. Bilthoven: RIVM.
- Heederik, D.J.J. & IJzermans, C.J., 2011. Mogelijke effecten van intensieve-veehouderij op de gezondheid van omwonenden: onderzoek naar potentiële blootstelling en gezondheidsproblemen. Utrecht: IRAS-UU. Utrecht: NIVEL. Bilthoven: RIVM.
- Heederik, D., Erbrink, H., Farokhi, A., Hagenaars, T., Hoek, G., Ogink, N., de Rooij, M., Smit, L., Winkel, A., Wouters, I., 2019. Risicomodellering veehouderij en gezondheid (RVG): modellering van regionale endotoxineconcentraties en relaties met gezondheidseffecten. Rapport IRAS UU 2019-01 / WBVR-1910304. Utrecht: Institute for Risk Assessment Sciences. Leylstad: Wageningen Bioveterinary Research
- IJzermans, C.J., Smit, L.A.M., Heederik, D.J.J., Hagenaars, T.J., 2018. Veehouderij en gezondheid omwonenden III: longontsteking in de nabijheid van geiten-en pluimveehouderijen; actualisering van gegevens uit huisartspraktijken 2014-2016. Utrecht: NIVEL.

- Kasper, G.J., F.E. de Buissonjé, A.J.A. Aarnink, 2008. *Ionisatie voor reductie fijnstofemissie uit pluimveestallen. Fase I: Inventarisatie*. Animal Sciences Group van Wageningen UR, Rapport 155.
- Maassen, K., Smit, L., Wouters, I., van Duijkeren, E., Janse, I., Hagenaars, T., IJzermans, J., van der Hoek, W., Heederik, D., 2016. *Veehouderij en gezondheid omwonenden*. Rapport 2016-0058. Bilthoven, Nederland: RIVM.
- Melse, R.W., J.M.G. Hol, F.Dousma, G.M. Nijeboer en J.W.M. Huis in 't Veld, 2011. *Maatregelen ter vermindering van fijnstofemissie uit pluimveehouderij; validatie van een luchtwassysteem met water als wasvloeistof bij twee pluimveebedrijven*. Wageningen UR Livestock Research, Rapport 502.
- Mosquera, J., J.M.G. Hol, R.W. Melse, A. Winkel, G.M. Nijeboer, J.P.M. Ploegaert, N.W.M. Ogink, A.J.A. Aarnink, 2011. *Fijnstofemissie uit stallen: luchtwassers*. Wageningen UR (University & Research centre) Livestock Research, Rapport 295.
- Mosquera, J., R. van Emous, T. van Hattum, G. Nijeboer, J.M.G. Hol, H.J. van Dooren, en N.W.M. Ogink, 2016. *Effect van strooiselverwijdering bij leghennen in volièrehuisvesting op de emissie van ammoniak, geur, broeikasgassen en fijnstof*. Wageningen UR (University & Research centre) Livestock Research, Rapport 995.
- Ogink, N.W.M. en A.J.A. Aarnink, 2008. *Plan van aanpak bedrijfsoplossingen voor fijnstofreductie in de pluimveehouderij*. Animal Sciences Group van Wageningen UR, Rapport 113.
- Rijksoverheid, 2020, <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/publicaties/2020/03/13/emissiefactoren-fijn-stof-voor-veehouderij-2020>.
- Smit, L., A. Huss, J. Jacobs, C. Baliatsas, M. Dückers, G.J. Boender, C. McCarthy, T. Hagenaars, J. IJzermans, D. Heederik, 2020. *Veehouderij en Gezondheid Omwonenden III: Longontsteking in de nabijheid van geiten- en pluimveehouderijen in Gelderland, Overijssel en Utrecht*. Utrecht: Institute for Risk Assessment Sciences, Universiteit Utrecht.
- Winkel, A., J. Mosquera, J. van Harn, G.M. Nijeboer, N.W.M. Ogink en A.J.A. Aarnink, 2011a. *Maatregelen ter vermindering van fijnstofemissie uit de pluimveehouderij: validatie van een oliefilmsysteem op vleeskuikenbedrijven*. Wageningen University and Research Centre, Livestock Research, Report 392.
- Winkel, A., J. Mosquera, J.W.H. Huis in 't Veld, N.W.M. Ogink, A.J.A. Aarnink, 2011b. *Maatregelen ter vermindering van fijnstofemissie uit de pluimveehouderij: validatie van een ionisatiesysteem op vleeskuikenbedrijven*. Wageningen University and Research Centre, Livestock Research, Report 462.
- Winkel, A., J. Mosquera, H.H. Ellen, R.A. van Emous, J.M.G. Hol, G.M. Nijeboer, N.W.M. Ogink, A.J.A. Aarnink, 2011c. *Fijnstofemissie uit stallen: leghennen in stallen met een droogtunnel*. Wageningen University and Research Centre, Livestock Research, Rapport 280.
- Winkel, A., J. Mosquera, J.W.H. Huis in 't Veld, G.M. Nijeboer, N.W.M. Ogink, 2011d. *Maatregelen ter vermindering van fijnstofemissie uit de pluimveehouderij: validatie van een droogfilterwand op leghennenbedrijven*. Wageningen University and Research Centre, Livestock Research, Rapport 394.
- Winkel, A., J. Mosquera, T.G. van Hattum, J.W.H. Huis in 't Veld, G.M. Nijeboer, N.W.M. Ogink, 2012. *Maatregelen ter vermindering van fijnstofemissie uit de pluimveehouderij: validatie van een ionisatiefilter op leghennenbedrijven*. Wageningen University and Research Centre, Livestock Research, Rapport 440.
- Winkel, A., J.W.H. Huis in 't Veld, G.M. Nijeboer, K. Blanken, H. Schilder, T.G. Van Hattum en N.W.M. Ogink, 2013. *Maatregelen ter vermindering van fijnstofemissie uit de pluimveehouderij: validatie van een oliefilmrobot op een leghennenbedrijf*. Wageningen University and Research Centre, Livestock Research, Report 686.
- Winkel, A., J.W.H. Huis in 't Veld, G.M. Nijeboer en N.W.M. Ogink, 2014a. *Maatregelen ter vermindering van fijnstofemissie uit de pluimveehouderij: validatie van een oliefilmsysteem op een leghennenbedrijf*. Wageningen University and Research Centre, Livestock Research, Report 801.

- Winkel, A., J.W.H. Huis in 't Veld, G.M. Nijeboer, H. Schilder, T.G. van Hattum, H.H. Ellen, N.W.M. Ogink, 2014b. *Emissies uit mestdroogsystemen op leghennenbedrijven bij dagontmesting en versneld drogen*. Wageningen University and Research Centre, Livestock Research, Rapport 731.
- Winkel, A., J. Mosquera, P.W.G. Groot Koerkamp, N.W.M. Ogink, A.J.A. Aarnink. 2015. Aarnink Emissions of particulate matter from animal houses in the Netherlands. *Atmospheric Environment* 111:202-212.

# Bijlage 1: Notitie effect parallel plaatsen luchtwastechnieken op het verwijderingsrendement

## *Achtergrond*

Om de fijnstof uitstoot van pluimveestallen te beperken, is een aantal technieken beschikbaar. Soms zullen in een stal meerdere technieken worden toegepast en afhankelijk van het type techniek zal de ene techniek dan wel of geen invloed hebben op het verwijderingsrendement voor fijnstof van de andere techniek.

Daarnaast hebben sommige technieken niet alleen een effect op de emissie van fijnstof maar ook op de uitstoot van ammoniak en/of geur. Een voorbeeld van een dergelijke techniek is een luchtwasser of biofilter. Binnen de huidige regelgeving is toepassing van deze 'end-of-pipe' technieken (chemische/biologisch luchtwassers en biofilters) alleen mogelijk wanneer alle ventilatielucht van de stal door de luchtwasser geleid wordt. Het is echter goed denkbaar dat een 'end-of-pipe' techniek wordt gecombineerd met een droogtunnel en/of warmtewisselaar in een zogenaamde parallelle schakeling, wat betekent dat niet alle stallucht door de luchtwastechniek zal gaan (aangezien een deel van de ventilatielucht de stal via de droogtunnel en/of warmtewisselaar zal verlaten). In deze notitie wordt ingegaan op het effect op de verwijderingsrendementen van ammoniak en geur van luchtwastechnieken als deze niet continu worden belast met een luchtstroom uit de stal.

## *Eisen voor een goed functionerende luchtwastechniek*

### **- Voeding (ammoniak):**

Voor *biologische systemen (biologische luchtwasser en biofilter)* geldt dat bacteriën gaan groeien die ammoniak kunnen afbreken tot nitriet en nitraat. Dit zijn langzaam groeiende bacteriën. Om een dergelijk systeem 'actief' te houden, is het noodzakelijk dat de bacteriën voldoende 'voedsel' (= ammoniak) krijgen aangeboden. Een goed werkend systeem kan best een paar uur zonder aanbod van ammoniak, maar bij langere perioden zonder ammoniak-aanbod zal de bacteriepopulatie afsterven. Als vuistregel kan worden gehanteerd dat een biologisch systeem niet langer dan een week verstoken mag blijven van NH<sub>3</sub>-aanbod. Als het systeem langer zonder NH<sub>3</sub>-aanbod blijft, bestaat er een groot risico dat het rendement van de ammoniakverwijdering achterblijft wanneer later weer ammoniak houdende lucht door het systeem wordt geleid.

Bij een *chemische luchtwasser* speelt dit geen rol, aangezien het hier een chemisch proces betreft: zolang de pH van het water laag is, zal de ammoniak meteen verwijderd worden. Ook al is er misschien lange tijd geen ammoniakaanbod geweest.

*Effect op verwijdering van fijnstof* - Aangenomen wordt dat het ontbreken van 'voeding' geen invloed heeft op het verwijderingsrendement van fijnstof van de luchtwasser of biofilter.

*Effect op verwijdering van geur* - Of het ontbreken van 'voeding' invloed heeft op de verwijdering van geur is niet helemaal duidelijk. De verwachting is dat voor alle wassers geldt dat het proces van geurverwijdering eerst weer op gang moet komen. De tijd die hiervoor nodig is, is bij een chemische luchtwasser korter dan bij biologische luchtwassers en biofilters.

### **- Bevochtiging:**

Voor *biologische systemen (biologische luchtwasser en biofilter)* geldt dat er sprake moet zijn van een vochtig milieu. Alleen dan kunnen de bacteriën goed functioneren. Bij een luchtwasser wordt continu water rondgepompt, een biofilter wordt in de regel intermitterend bevochtigd met



sproeiers. Wanneer bij een biologische luchtwasser langere tijd geen water wordt rondgepompt, sterven de bacteriën op het filterpakket af. Als vuistregel kan gesteld worden dat de recirculatie pomp elke paar uur een aantal minuten moet draaien, om de biofilm vochtig en actief te houden, ook wanneer er geen ventilatielucht door de wasser gaat. Draait de recirculatiepomp gedurende lange tijd niet, dan zal de biofilm uitdrogen. Wanneer dan in een later stadium de pomp toch weer wordt aangezet (bijv. na enige weken stilstand) bestaat het risico dat de gedroogde stukjes loskomen en het filterpakket gaan verstopen.

Voor een biofilter geldt op vergelijkbare wijze dat uitdroging tot gevolg heeft dat de bacteriepopulatie afsterft, maar vanwege het vochtvasthoudende vermogen van het dragermateriaal (vaak een mengsel van houtsnippers, compost etc.) zal hier vaak sprake zijn van een bufferend effect. Het zal daardoor langer duren voordat de populatie geheel is afgestorven.

Bij een *chemische luchtwasser* speelt het afsterven van de bacteriepopulatie geen rol, aangezien het hier een chemisch proces betreft. Bij dit type wasser kan na een langere tijd van stilstand wel verstopping optreden door uitgezakte stofdeeltjes.

*Effect op verwijdering van fijnstof* - Aangenomen wordt dat het gedurende langer tijd 'droogstaan' geen invloed heeft op het verwijderingsrendement voor fijnstof van luchtwasser of biofilter, mits de luchtwasser na inschakeling niet verstopt raakt door ophoping van ingedroogd materiaal.

*Effect op verwijdering van geur* - Voor het verwijderen van geur is ook vocht nodig. De verwachting is daarmee dat het droogvallen van een wasser nadelig is voor het verwijderingsrendement van geur. Dit omdat het proces dan ook weer moet worden opgestart.

#### **- Zuurstof:**

Voor de biologische afbraak van ammoniak in *biologische systemen (biologische luchtwasser en biofilter)* is zuurstof nodig, aangezien het aerobe bacteriën betreft. Als er gedurende lange tijd geen lucht door de biologische luchtwasser of het biofilter, bestaat het risico op anaerobe omstandigheden en afsterving van de bacteriën. Een vuistregel is dat de luchttoevoer naar het systeem niet langer dan een dag onderbroken mag zijn (wanneer geen stallucht beschikbaar is, kan buitenlucht door het systeem worden geleid).

Bij een *chemische luchtwasser* speelt dit geen rol, aangezien het hier een chemisch proces betreft. Het is dus niet nodig om lucht door de chemische luchtwasser te leiden, in een periode dat er geen stallucht beschikbaar is.

*Effect op verwijdering van fijnstof* - Aangenomen wordt dat het ontbreken van zuurstof geen invloed heeft op het verwijderingsrendement voor fijnstof van luchtwasser of biofilter.

*Effect op verwijdering van geur* - De exacte invloed van zuurstof op het verwijderen van geur is niet bekend. Er mag echter van worden uitgegaan dat zuurstof ook een rol speelt.

### *Effect van het tijdelijk uitschakelen op verwijderingsrendementen van luchtwastechnieken*

#### Ammoniak

##### **- Biologische luchtwasser/biofilter**

Wanneer gedurende ca. een week geen sprake is van aanbod van stallucht, zal de conditie van een biologisch systeem (*biologische luchtwasser of biofilter*) verslechteren aangezien de bacteriën geen voeding van  $\text{NH}_3$  krijgen. Het ventilatieregime (hoe vaak gaat er wel/geen lucht gaat door de wasser? hoeveel lucht gaat er door de wasser?) van de stal bepaalt dan of toepassing van een standaard biologische luchtwasser of biofilter mogelijk is met betrekking tot ammoniakreductie.

##### **- Chemische luchtwasser**

De toepassing van een chemische luchtwasser is eenvoudiger aangezien een chemische luchtwasser in principe meteen 'werkt' wanneer hij wordt ingeschakeld. Aangenomen mag worden

dat een chemische luchtwasser vrijwel meteen na inschakelen zijn normale ammoniakrendement bereikt, mits er geen sprake is van verstoppingen in bijv. sproeiers, leiding of filterpakket (door ophoping van zoutkorsten e.d.).

### Geur

Over de processen en procescondities die het geurverwijderingsrendement in een luchtwasser of biofilter bepalen is weinig bekend. Er kan daarom geen uitspraak worden gedaan over de vraag in hoeverre bovenstaande factoren (het tijdelijk ontbreken van het aanbod van ammoniak, zuurstof en bevochtiging) een invloed op het geurverwijderingsrendement hebben, dan wel positief, dan wel negatief. Op basis van de hiervoor uitgewerkte eisen voor de luchtwastechnieken kan echter worden gesteld dat de kans groot is dat bij een tijdelijke stilstand ook het verwijderingsrendement voor geur negatief wordt beïnvloed.

### Fijnstof

Aangezien het verwijderen van fijnstof niet afhankelijk is van een biologisch proces, maar alleen van een intensief contact van stofdeeltjes met water, zal de verwijdering van fijnstof direct starten als er voldoende water over het waspakket van de wasser stroomt. Er wordt daarom geen negatief effect van een tijdelijke stilstand verwacht op het verwijderingsrendement van was-technieken wat betreft fijnstof.