



Indicatieve emissiemetingen aan de mestschuifel

Yvo Goselink & Bram Bos

OPENBAAR
RAPPORT 1603



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Indicatieve emissiemetingen aan de mestschuifel

Yvo Goselink & Bram Bos

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen Livestock Research en gesubsidieerd door de provincie Gelderland, Avined, Rabobank en regio Foodvalley.

Wageningen Livestock Research
Wageningen, augustus 2026

Rapport 1603

Samenvatting NL - De mestschuifel is een brongerichte maatregel om de emissies van ammoniak en fijnstof te reduceren in pluimveestallen door droge mestdeeltjes dagelijks vanonder een houtig substraat af te voeren. Het effect van de mestschuifel is bemeten in een kleine praktijkstal met biologische leghennen. Hiertoe werd deze stal opgesplitst in twee aparte scharrelruimten: één werd ingericht met een houtig substraat en de mestschuifel (case) en de andere werd traditioneel ingericht (control). Met de dynamische fluxkamer werd gedurende zes metingen verspreid over een half jaar de ammoniakemissie vastgesteld uit het substraat/strooisel in beide scharrelruimten. De metingen wijzen uit dat vanuit het houtige substraat in combinatie met de mestschuifel trendmatig 71% ($P=0,099$) minder ammoniak emitteert dan vanuit het traditionele meststrooisel. Voor fijnstofemissie kon geen waarde worden vastgesteld, omdat een betrouwbare en gevalideerde meetmethode ontbrak om dit op een specifiek oppervlak vast te stellen in een stal, en een in dit project ontwikkelde methode te gevoelig bleek voor toevallige verschillen in instelling en diepte van de meetopstelling.

Summary UK - The manure shuffle is a source-oriented measure to reduce ammonia and particulate matter emissions from poultry houses by daily removal of dry manure particles from below a woody substrate. The effect of the manure shuffle was measured in a small practice barn housing organic laying hens. For this purpose, the barn was divided into two separate foraging areas: one was equipped with a woody substrate and the manure shuffle (case) and the other was equipped with a traditional substrate of dried chicken manure (control). Ammonia emissions from the substrate/litter in both scratching areas—the case and the control—were determined using the dynamic flux chamber during six measurements spread over six months. The measurements indicated a trend toward lower ammonia emissions from the woody substrate in combination with the manure scraper, with emissions being 71% lower ($P = 0,099$) than those from the conventional manure-litter system. The effect on particulate matter emission could not be determined, due to the lack of a validated method to measure this on a specific surface within a barn. A method developed within this project turned out to be too sensitive for random differences in set-up and depth.

- 1) Dit rapport is gratis te downloaden op <https://doi.org/10.18174/704180> of op www.wur.nl/livestock-research (onder Wageningen Livestock Research publicaties).

© 2026 Stichting Wageningen Research, Wageningen Livestock Research
Postbus 338, 6700 AH Wageningen, T 0317 48 39 53, wur.nl/livestock-research



Dit werk is gelicentieerd onder de Creative Commons CC BY-NC-ND 4.0 licentie. Deze licentie stelt hergebruikers in staat om het materiaal te verveelvoudigen en te delen in elk medium of bestandsformaat, mits in onaangepaste vorm, alleen voor niet-commerciële doeleinden en alleen zolang de maker en de bron worden vermeld. Verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor die gedeelten van deze uitgave waarvan duidelijk is dat de auteursrechten liggen bij derden of zijn voorbehouden.

Wageningen Livestock Research aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Wageningen Livestock Research is NEN-EN-ISO 9001:2015 gecertificeerd.

Op al onze onderzoeksopdrachten zijn de Algemene Voorwaarden van de Animal Sciences Group van toepassing. Deze zijn gedeponeerd bij de Arrondissementsrechtbank Zwolle.

Inhoud

Woord vooraf	5
Samenvatting	7
1 Introductie	9
2 Materiaal en methoden	11
2.1 De mestschuifel en het stofbadhuis	11
2.2 Praktijkproef met legkippen	13
2.3 Doelstelling onderzoek	13
2.4 Beschrijving stal	14
2.5 Meetmethoden ammoniak	14
2.6 Dataverwerking en analyse metingen ammoniak	16
2.6.1 Berekening ventilatiedebiet	16
2.6.2 Berekening ammoniakemissie	16
2.6.3 Statistische analyses	16
2.7 Meetmethode aerosolisatie fijnstof	16
3 Resultaten	19
4 Discussie en conclusie	21
4.1 Ammoniak	21
4.2 Fijnstof	21
5 Literatuur	23
6 Bijlage	24

Woord vooraf

De mestschuifel en het stofbadhuis zijn al enige jaren in ontwikkeling als veelbelovende praktijken om brongericht emissies uit pluimveestallen te reduceren en tegelijkertijd dierwaardigheid te versterken. Deze vernieuwingen vinden hun oorsprong in de interactieve ontwerppraktijk van Wageningen Livestock Research (Reflexief Interactief Ontwerpen – RIO), waarin een heterogene groep van stakeholders (waaronder boeren, ketenpartijen, ngo's, overheden en experts) samen met een open blik op een gestructureerde manier kijken hoe ze op een ontwerpende manier nieuwe antwoorden kunnen vinden op schijnbaar tegengestelde wensen vanuit de praktijk en de maatschappij. In eerdere ontwerpende RIO-projecten (Well-fair Eggs, 2012; Ontwerpen voor een gezondere pluimveehouderij 2017-2021) ontstonden zo de basisideeën voor vernieuwingen die nu steeds dichterbij de praktijk komen, door een vruchtbare samenwerking van Livestock Robotics, Geerts Chaam, Poultry Expertise Centre en Wageningen Livestock Research.

Dit rapport doet verslag van de eerste praktijkmetingen aan het ammoniak-reducerende effect van de mestschuifel. De resultaten stemmen hoopvol over de verdere toekomst.

Onze dank gaat uit naar iedereen die meegewerkt heeft aan dit onderzoek. Speciale dank gaat uit naar de agrariërs, die bereid zijn geweest hun pluimveestal langdurig ter beschikking te stellen voor dit onderzoek én de optimalisatie van de techniek.

Frank Gort
Afdelingshoofd Animal Farming Systems, WLR.

Samenvatting

De mestschuifel is een vernieuwing die in staat is om pluimveemest frequent (dagelijks) uit het leefgebied van kippen te verwijderen en ze tegelijkertijd blijvend een geschikt ander scharrelsubstraat aan te bieden. Droge mest valt uiteen door scharrelgedrag van de hennen en zakt door een grofkorrelig substraat (bv. houtsnippers) in kleine deeltjes naar beneden. De mestschuifel –een diamantvormige constructie van enkele centimeters hoog met een rooster aan de bovenzijde– beweegt onder het substraat door, en verzamelt de droge mestdeeltjes, via een rooster aan de bovenkant mestschuifel. De mestschuifel stort aan het einde van de werkgang de mest naar beneden af, waarna een transportband de mest verder afvoert buiten de stal. Door de frequente mestverwijdering wordt de emissie van ammoniak sterk gereduceerd. Door de isolatie van fijne deeltjes door het grovere substraat wordt de opwerveling (aerosolisatie) van fijnstof door het gedrag van de kippen geremd, en daardoor ook de emissie.

In dit onderzoek is de mestschuifel als brongerichte maatregel om de emissies van ammoniak en fijnstof te reduceren in pluimveestallen bemeten in een kleine praktijkstal met biologische leghennen. Twee aparte scharrelruimten in dezelfde stal waren ingericht als proef- (met mestschuifel en houtig substraat, hierna 'case' genoemd) en controle-oppervlak (traditioneel meststrooisel, hierna 'control' genoemd). Met de dynamische fluxkamer is de ammoniakemissie vastgesteld uit het substraat in de case en de control, in zes metingen verspreid over een half jaar. De metingen wijzen uit dat het houtige substraat met de mestschuifel op strooiselniveau trendmatig 71% ($P=0,099$) minder ammoniak emitteert dan het traditionele meststrooisel. Voor emissie van fijnstof kon geen waarde worden vastgesteld, omdat een betrouwbare en gevalideerde meetmethode ontbrak om dit op een specifiek oppervlak vast te stellen in een stal, en een in dit project ontwikkeld alternatief te gevoelig bleek voor toevallige verschillen in instelling en diepte.

1 Introductie

De emissies van ammoniak en fijnstof uit de pluimveehouderij in Nederland vormen om verschillende redenen een probleem. Voor de natuur vanwege de depositie van ammoniak in kwetsbare natuurgebieden, voor de volksgezondheid vanwege het schadelijke effect van fijnstof in ingeademde lucht, en voor de gezondheid en het welzijn van de mensen en dieren die leven en werken in pluimveestallen. Vanwege twee uitspraken van de Raad van State in 2019 (ECLI:NL:RVS:2019:1604 en ECLI:NL:RVS:2019:1764) is de ammoniakuitstoot ('stikstof') ook een fundamenteel probleem voor de verdere ontwikkeling van pluimveebedrijven, omdat vergunningen vrijwel niet meer worden verleend.

Daarbij komt dat het zeer aannemelijk is dat de op dit moment geldende emissiefactoren voor volièrestallen voor legpluimvee te laag zijn in verhouding tot de daadwerkelijke emissies (Ellen et al., 2017). Dit heeft tot gevolg dat deze emissiefactoren op termijn herzien zullen worden, wat de ontwikkeling van de legpluimveesector verder belemmert. Tot slot geldt dat in de vleeskuikenhouderij het inzicht is gegroeid dat met de omslag naar Beter Leven Keurmerk 1-ster kuikens in een groot deel van de vleeskuikenstallen in Nederland, de ammoniakemissies zeer waarschijnlijk hoger zullen zijn, zowel per dierplaats als in absolute zin.

Er is dus grote behoefte aan mogelijkheden om de emissies van ammoniak en fijnstof substantieel te reduceren, maar zowel in legpluimveehouderij als de vleespluimveehouderij is het aantal daarvan beperkt.

Vanzelfsprekend effectief zijn de *end-of-pipe* oplossingen, waarbij de uitgaande lucht van de stal wordt behandeld met een luchtwasser, of in een meer geavanceerde vorm via klimatisering met warmtewisselaars in combinatie met een luchtwasser en de afvang van fijnstof (zoals de Eco Air Care van Vencomatic). Dergelijke technieken vergen echter hoge investeringen, en doen niets (luchtwassers) of in beperkte mate aan verbetering van het binnenklimaat.

In de legpluimveehouderij kan de emissie van het deel van de mest dat op de mestbanden valt sterk worden gereduceerd via mestbandbeluchting en het frequent afdraaien van de mestbanden (Groot Koerkamp et al., 1996). Daarnaast biedt de inzet van de zogenoemde strooiselschuif onder de stellingen van de volière de mogelijkheid om de dikte van de laag meststrooisel in het scharrelgebied beperkt te houden door het surplus geautomatiseerd af te romen en uit de stal te verwijderen en zodoende de ammoniakemissie te reduceren (Mosquera et al., 2016). Deze maatregelen zijn te typeren als bronmaatregelen, omdat ze aangrijpen op de bron van de emissies van zowel ammoniak als fijnstof: de mest.

Verdergaande reducties aan deze bron worden echter tot nu toe beperkt door de systematische keuze in pluimveestallen om mest achter te laten in het scharrelgebied om als scharrel- en stofbadsubstraat te dienen. De wettelijke (EU en NL) vereisten voor scharrelhuisvesting vereisen immers dat minimaal 30% (legpluimvee) of 100% (vleespluimvee) van het leefgebied is ingestrooid met een geschikt scharrelsubstraat. De meest praktische en kosteneffectieve manier om dat te doen is om een dun laagje strooisel (bijv. houtkrullen, gehakseld tarwestro) bij opzet van de koppel in te brengen. De dieren mesten hierop en naar mate de dieren ouder worden neemt het aandeel mest in het 'strooisel/bodemschubstraat' toe. Leg- en vleespluimvee in de scharrelhouderij scharrelt en stofbaadt derhalve grotendeels in haar eigen mest.

Dat is weliswaar praktisch en kosteneffectief, maar is ook een belangrijke oorzaak van de emissies van ammoniak en fijnstof vanuit pluimveestallen, en het veroorzaakt een ongezond binnenklimaat. Zeker bij frequent afdraaien van de mestbanden en/of mestbandbeluchting zal de meststrooisellaag de belangrijkste resterende bron van ammoniak zijn (Ellen et al., 2017), en hoe dan ook de hoofdbron van fijnstof (Aarnink et al., 2011, Cambra-López et al., 2011). Een brongerichte emissie-reducerende techniek die de mest frequent (dagelijks) uit het leefgebied verwijderd, maar tegelijkertijd een geschikt (ander) substraat kan aanbieden, kan in potentie een groot reducerend vermogen hebben. De mestschuifel zou zo'n brongerichte techniek kunnen zijn. Bij de mestschuifel zakken door het scharrelen van de kippen de fijne mestdeeltjes naar

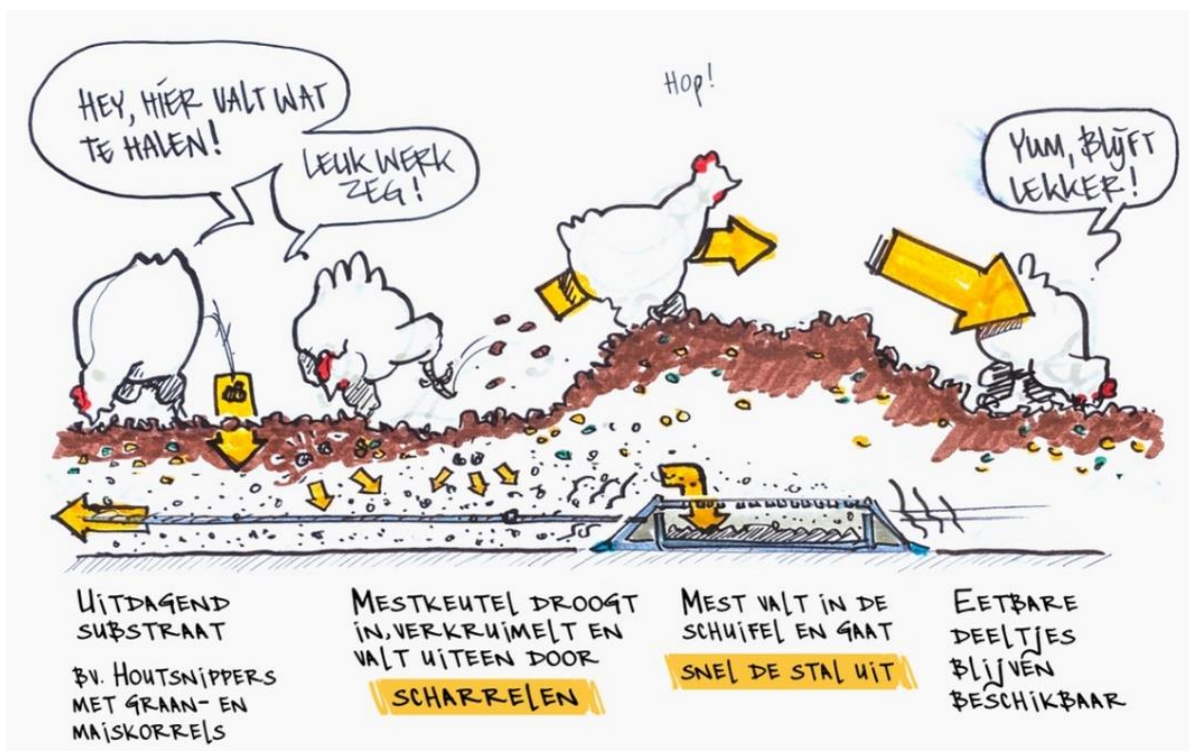
beneden waarna deze door de mestschuifel worden afgevoerd naar een opslag buiten de stal. Hierdoor wordt de bron van ammoniak (deels) verwijderd, waardoor de ammoniakemissie vanuit de stal reduceert. In dit onderzoek wordt het reductiepotentieel van de mestschuifel via eerste oriënterende metingen beproefd.

2 Materiaal en methoden

2.1 De mestschuifel en het stofbadhuis

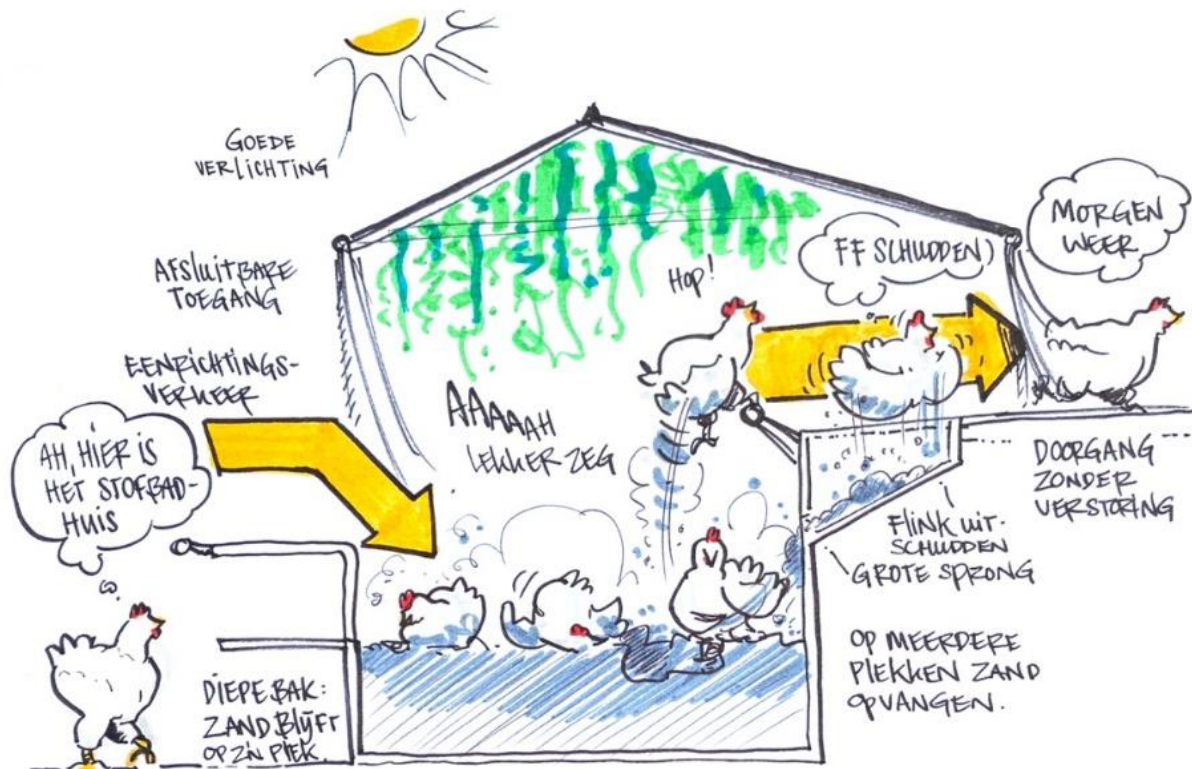
Sinds 2020 werkt Wageningen Livestock Research aan een combinatie van twee vernieuwingen die samen in staat zijn om pluimveemest frequent (dagelijks) uit het leefgebied van kippen te verwijderen en ze tegelijkertijd blijvend geschikte andere substraten aan te bieden voor belangrijke natuurlijke gedragingen als scharrelen, foerageren en stofbaden. Deze vernieuwingen betreffen de mestschuifel en het stofbadhuis. Dit onderzoek beperkt zich tot metingen aan de mestschuifel.

Het principe van de mestschuifel (Bos et al., 2021, Goselink et al., 2020) wordt weergegeven in Figuur 1: droge mest valt uiteen door scharrelgedrag van de hennen, zakt door het grofkorrelig substraat (bv. houtsnippers) in kleine deeltjes naar beneden. Daar wordt de mest, via een rooster aan de bovenkant, verzameld door de mestschuifel. De mestschuifel stort aan het einde van de werkgang de mest naar beneden af, waarna een transportband de mest verder afvoert buiten de stal.



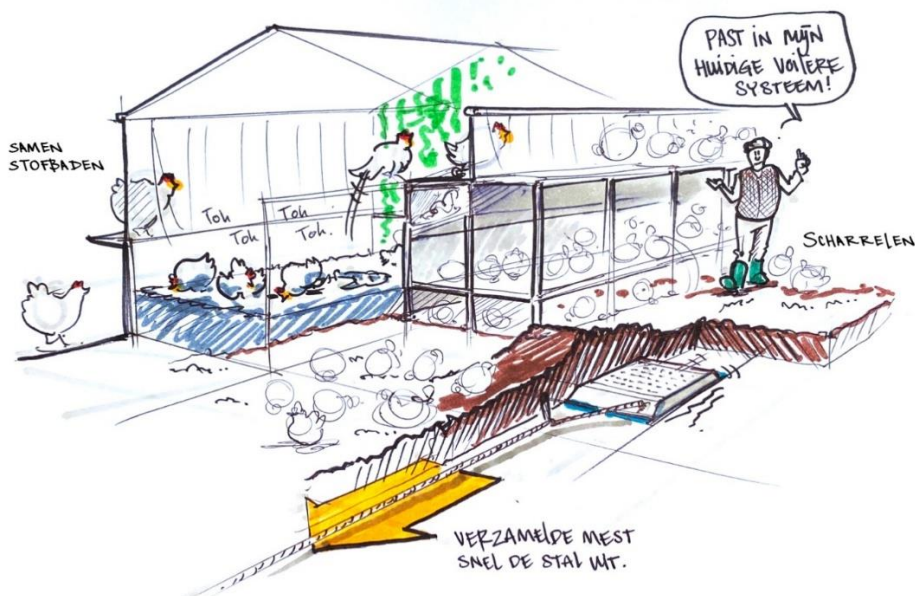
Figuur 1 Principe van de mestschuifel.

Het principe van het stofbadhuis wordt weergegeven in Figuur 2: een aparte omsloten ruimte met een dikke laag zand of ander substraat (zoals turf, kokosvezel, gecomposteerde koemest) biedt een afgeschermd omgeving voor een ongestoord stofbad. Door de sprong die kippen na afloop moeten maken, wordt zoveel mogelijk zand al uitgeschud voordat de kip het stofbadhuis verlaat.



Figuur 2 Principe van het stofbadhuis.

De mestschuifel en het stofbadhuis worden gecombineerd ingezet in de stal (Figuur 3). Het scharrelsubstraat dat geschikt is voor het scharrelen én voor de mestschuifel is namelijk niet zo geschikt (te grof) voor stofbaden, terwijl substraat dat geschikt is om in te stofbaden weer te fijn is om te gebruiken voor het werkingsprincipe van de mestschuifel.

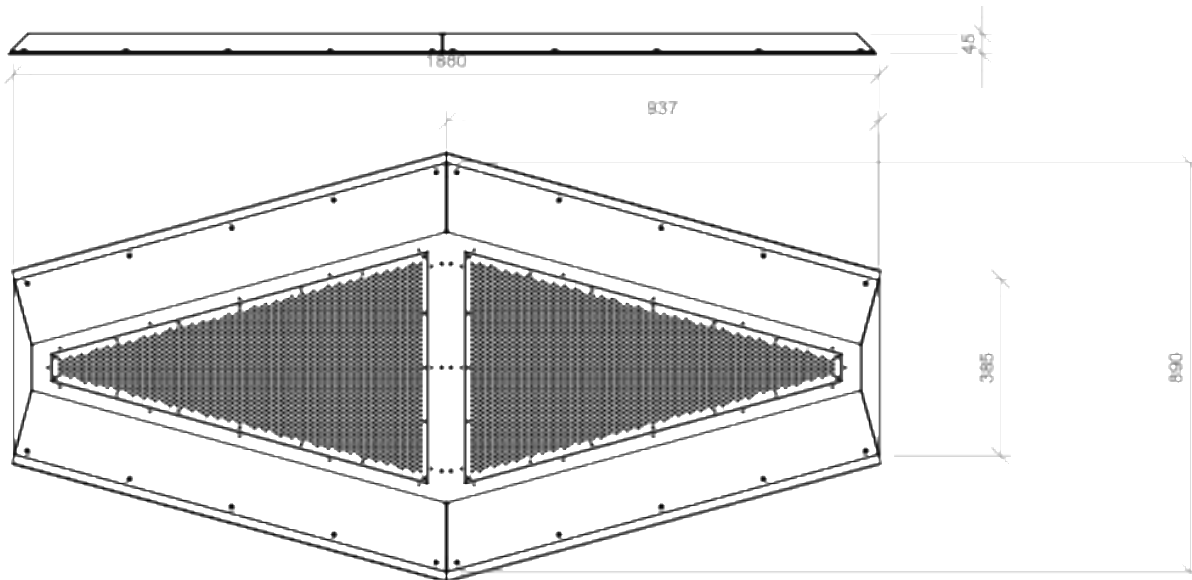


Figuur 3 Combinatie van mestschuifel en stofbadhuis in een bestaand huisvestingssysteem. Het stofbadhuis wordt in deze combinatie ingebouwd in de stellingen van de volière-huisvesting, zodat de mestschuifel het gehele grondoppervlak kan bestrijken.

De combinatie wordt ontwikkeld met het oog op toepassing in zowel bestaande als nieuwe stallen, waarbij de eerste focus ligt op doorontwikkeling voor gangbare volièresystemen voor de legpluimveehouderij, omdat op grond van een eerder demonstratie-experiment al is aangetoond dat de techniek in ieder geval werkt met volwassen kippen die dagelijks veel scharrelen.

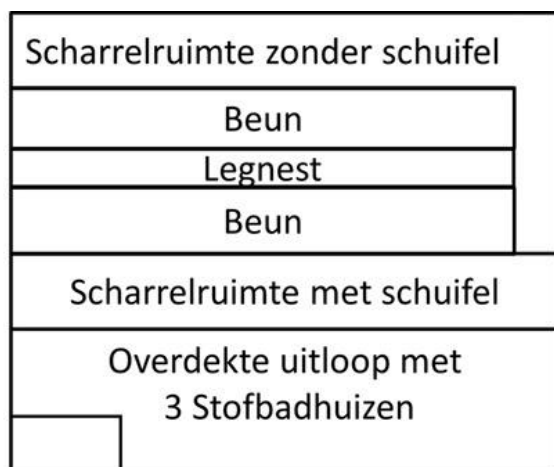
2.2 Praktijkproef met legkippen

De mestschuifel (zie Figuur 4) is in december 2023 ingebouwd bij een klein biologisch legpluimveebedrijf in de Gelderse Vallei, voorafgaand aan de start van een nieuwe ronde met een koppel van ca. 2.700 legkippen. Het betreft een beunstal, met aan weerszijden van de verhoogde beun twee scharrelruimtes van ongeveer 2x40 meter. De mestschuifel werd in één van die twee scharrelruimtes (zie Figuur 5) geïnstalleerd, zodat het



Figuur 4 Zij- en bovenaanzicht mestschuifel (maten in mm).

emissiereducerend effect van het emitterend oppervlak op basis van case/control kon worden vergeleken met de andere (onveranderde) scharrelruimte. Direct naast de scharrelruimte met de mestschuifel bevond



Figuur 5 Schematische indeling oppervlakten proefstal.

zich de overdekte uitloop, waarin drie stofbadhuizen werden geplaatst. Zoals dat bij een biologisch gecertificeerd bedrijf hoort gaf de overdekte uitloop vervolgens weer toegang tot een grote buitenuitloop, tenminste zolang er geen ophokplicht gold.

Deze praktijkproef was zowel bedoeld om beide technieken (mestschuifel én stofbadhuis) verder en langduriger uit te testen in de praktijk, als ook om indicatieve cijfers te krijgen m.b.t. de emissiereducerende potentie van de mestschuifel voor wat betreft ammoniak en fijnstof.

Het eerste jaar van deze ronde (2024) bleek nodig voor verdere technische optimalisatie van de mestschuifel. Dit had met name te maken met de relatief kleine schaal van de stal, waardoor technische voorzieningen voor met

name de afvoer krap bemeten waren, en daardoor gevoeliger voor storingen. Pas begin 2025 liep het systeem betrouwbaar genoeg om een meetreeks te starten.

2.3 Doelstelling onderzoek

Dit onderzoek was bedoeld om een goede indicatie krijgen van het reductiepotentieel van de mestschuifel voor wat betreft ammoniak en fijnstof. Een indicatie, omdat de techniek vanwege het gelijktijdige oogmerk van verdere technische optimalisatie ingebouwd was in een kleine stal met een systeem dat niet representatief is voor wat er op dit moment in de commerciële pluimveehouderij gangbaar is.

Het gaat hier dus puur om eerste oriënterende metingen m.b.t. het reductiepotentieel van de mestschuifel. In deze context zou een protocollaire meting t.b.v. een emissiefactor daarom hoe dan ook weinig zinvol zijn.

2.4 Beschrijving stal

De metingen zijn uitgevoerd in een stal voor leghennen. In de stal werden circa 2.700 witte biologische leghennen (Novogen White) gehouden. De kippen waren gehuisvest in een traditionele grondstal met aan beide zijden een scharrelruimte, in het midden een beun met daarop de voer- en waterlijnen, en tevens in het midden van de beun de legnesten. De lucht kwam de stal binnen via inlaten in beide zijwanden en werd met behulp van ventilatoren in de nok naar buiten gebracht. Aan de zuidwestzijde was de stal voorzien van een inpandig overdekte uitloop van waaruit de leghennen ook naar buiten konden. Tijdens de metingen was de buitenuitloop vanwege dreiging van vogelgriep niet toegankelijk voor de kippen.

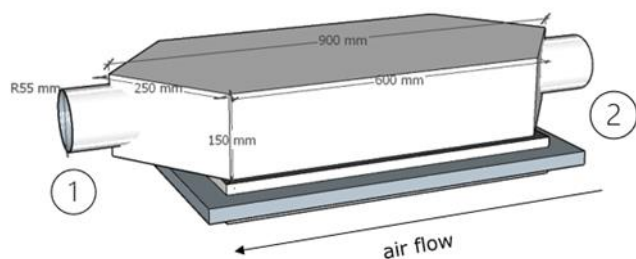
Van de twee scharrelruimtes (beide ca. 80 m²) was er één traditioneel ingestrooid met meststrooisel (mest met een beetje initieel organisch strooisel), de andere scharrelruimte was bedekt met een houtig substraat van initieel circa 10 cm dik waar onderdoor de mestschuifel liep. In de loop van de praktijkproef, maar voorafgaand aan de metingen, is overigens een deel (zo'n 15% of 1,5 m³ van in totaal 10 m³ houtsnippers) van het substraat in de case verwijderd, omdat er teveel ophoping plaatsvond aan het einde van de werkgang. Bij aanvang van de metingen was de laagdikte van houtig substraat in de case zodoende 8,5 cm. In de control bestond de laag bij aanvang van de metingen vrijwel volledig uit meststrooisel, en was circa 6 cm dik.

De mestschuifel werd heen en weer getrokken door een motor via een staalkabel. Er werd gestuurd op een periode van vijf uur per dag waarin de mestschuifel heen en weer bewoog. Zonder tussentijdse storingen leidde dat tot 30 à 40 slagen (heen en weer). Afstort vond bij elke slag plaats aan de rechterzijde van het case-oppervlak (in *Figuur 5*).

2.5 Meetmethoden ammoniak

De metingen aan de twee strooiseltypes zijn uitgevoerd met de zogenaamde dynamische fluxkamer. Daarbij wordt een rechthoekige box (zie figuur 6 en 7) over een gedeelte van de scharrelruimte geplaatst. Door een ventilator wordt een constante en bekende luchtstroom gecreëerd. Deze luchtstroom wordt aangezogen van buiten en bevat daardoor de relatief lage achtergrondconcentraties van CO₂ en NH₃. Vervolgens wordt deze over het afgesloten oppervlak gestuurd en wordt de uitgaande lucht bemeten. Door het ventilatiedebiet vast te stellen met een meetwaaier is de ammoniakemissie van de te bemeten oppervlakte te berekenen. Door beide strooiseltypes te bemeten kan het effect van verschillende strooiseltypes op de ammoniakemissie van het bemeten oppervlak worden bepaald. Tijdens elk bezoek is op elk strooiseltype op vijf verschillende locaties gemeten en is vervolgens hiervan een gemiddelde berekend.

Deze meetmethode is primair ontwikkeld om emissieverschillen vast te stellen en niet om een absolute stalemissie te bepalen. Bij de dynamische box methode wordt ervan uitgegaan dat gedurende de meting het debiet door de box en het vrijkomen van het te meten gas constant zijn. Hierdoor ontstaat na enige tijd (veelal enkele minuten) een evenwichtsconcentratie in de meetbox (stabilisatietijd). Een verdere beschrijving van de meetmethodiek met de dynamische meetbox (fluxkamer) is te vinden in Mosquera Losada et al., (2010). De afmetingen van de box zijn 60 x 40 x 15 cm (l x b x h), de oppervlakte 0,24 m² en de inhoud 0,036 m³.



Figuur 6 Dynamische fluxkamer

De ammoniakconcentratie van de uitgaande lucht is tijdens de eerste drie metingen gemeten met *Gasera One*. Dit is een multigas-monitor met een foto-akoestisch meetprincipe. De monitor neemt elke twee minuten een luchtmonster ter analyse.

Naast ammoniak is ook de concentratie methaan en CO₂ gemeten. Er werd gemeten

gedurende 10-30 minuten per locatie afhankelijk van de stabiliteit van de ammoniakconcentratie. Alleen de metingen van de laatste 5 minuten werden gebruikt voor de emissiebepalingen, omdat de gemeten concentraties eerder niet stabiel waren.

Na drie metingen is gekozen om de ammoniak te meten met een elektrochemische Draeger sensor (Polytron 8000). De gegevens van de meetwaaiers zijn vastgelegd in een datalogger van het type Koenders CR1000X. De achtergrondconcentratie CO₂ is gemeten met behulp van een Vaisala CO₂-sensor (Vaisala; Vantaa, Finland; CARBOCAP® Carbon Dioxide Probe GMP252).



Figuur 7 Dynamische fluxkamer in de bemeten stal op het houtachtig substraat.

In totaal zijn zeven metingen uitgevoerd in de periode van 10 januari 2025 tot en met 17 juni 2025 met tussenpozen van ongeveer 4 weken. Tijdens meting 1 t/m 3 is de ammoniakconcentratie gemeten met de *Gasera One*, vanaf meting 4 is de Draeger P8000 gebruikt. De *Gasera One* bleek een stabilisatieperiode van 15 tot 30 minuten nodig te hebben voordat de concentratie stabiel genoeg was om te meten. Het instrument gaf echter veel variatie tussen de metingen en bleek hierdoor minder geschikt voor deze vergelijkende metingen. De Draeger P8000 bleek beter geschikt te zijn om de ammoniakconcentratie te meten.

2.6 Dataverwerking en analyse metingen ammoniak

2.6.1 Berekening ventilatiedebiet

Voor het berekenen van het ventilatiedebiet is gebruik gemaakt van een reeds bekende ijklijn van de meetventilator en de loggegevens uit de datalogger.

2.6.2 Berekening ammoniakemissie

Per meting werden de emissies (E ; mg NH_3/m^2 strooiseloppervlak) van ammoniak bepaald met behulp van het ventilatiedebiet door de dynamische fluxkamer over de meetperiode (V [m^3/uur]) en de bijbehorende concentratie in de uitgaande lucht (C_{uit} [$\text{mg NH}_3/\text{m}^3$]). De emissies werden uitgedrukt in milligram ammoniak per vierkante meter strooiseloppervlak (A) per uur.

$$E = \frac{V \times C_{\text{uit}}}{A}$$

waarbij:

- E = emissie ammoniak in mg ammoniak per m^2
- V = ventilatiedebiet in m^3/uur door de dynamische fluxkamer
- C_{uit} = concentratie in uitgaande luchtstroom in $\text{mg NH}_3/\text{m}^3$
- A = oppervlakte dynamische fluxkamer

2.6.3 Statistische analyses

Verschillen tussen de twee strooiseltypes voor de variabelen die gerelateerd zijn aan het emissieproces, zijn getoetst op significantie door middel van een gepaarde t -toets. Het gaat daarbij om de factoren:

- Ventilatiedebiet door de dynamische fluxkamer;
- NH_3 -concentratie in de uitgaande lucht vanuit de fluxkamer
- Ammoniakemissie.

De eerste variabele is tweezijdig getoetst. De laatste twee genoemde variabelen zijn eenzijdig getoetst, uitgaande van de onderzoekshypothese van hogere waarden in het traditionele strooisel.

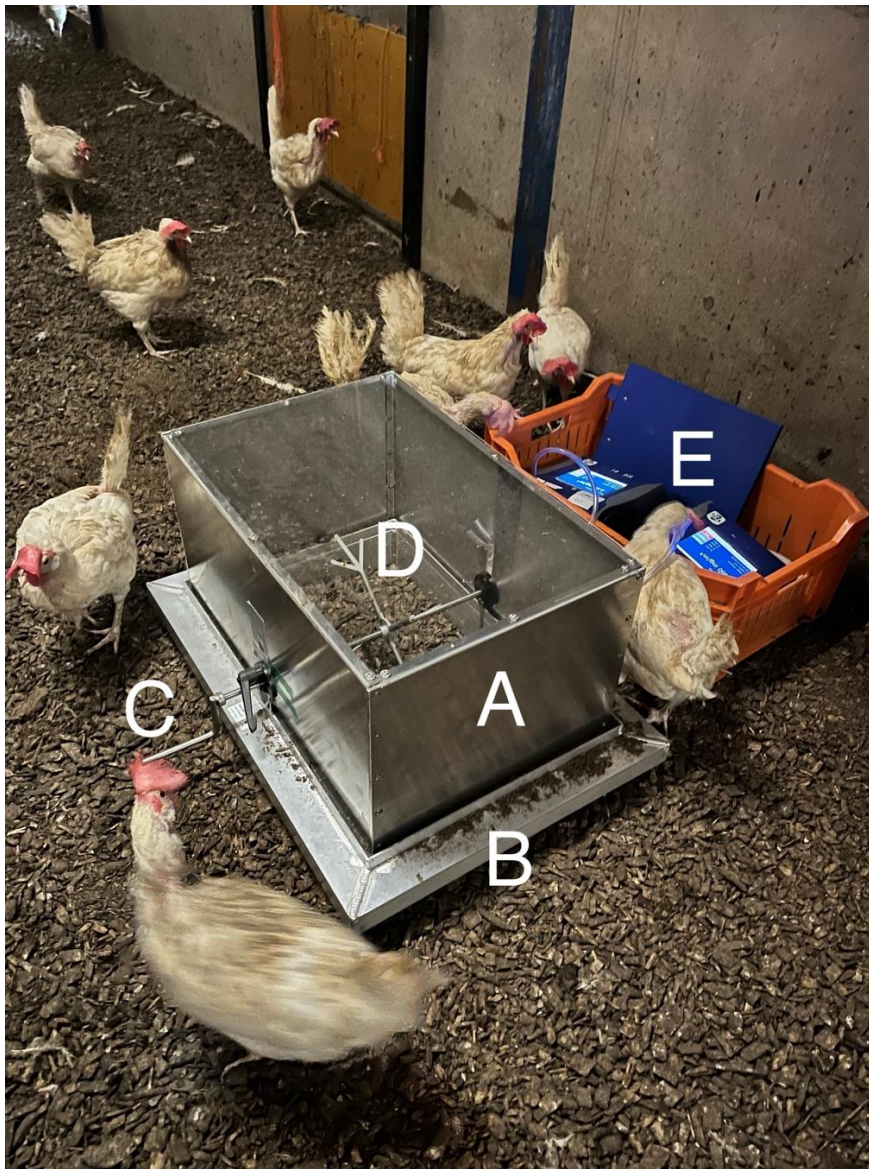
Voor de analyses werden de gepaarde waarnemingen als statistisch onafhankelijk beschouwd. Verschillen of relaties werden als statistisch significant beschouwd bij een P -waarde $<0,05$ en als trendmatig bij een P -waarde tussen $0,05$ en $0,10$. Alle analyses werden uitgevoerd met behulp van het statistische programma GenStat versie 22 (VSN, 2019).

2.7 Meetmethode aerosolisatie fijnstof

De emissie van fijnstof uit pluimveestallen is nauw gecorreleerd met de activiteit van de kippen zelf. Dit in tegenstelling tot de emissie van ammoniak, dat voortkomt uit de biologische omzetting van urinezuur naar ammonium en vervolgens de vervluchtiging daarvan als ammoniak door een fysisch-chemisch proces.

Het is bekend dat 80-90% van het fijnstof dat pluimveestallen via het ventilatiesysteem verlaat bestaat uit deeltjes afkomstig van de mest van de dieren (Aarnink et al., 2011, Cambra-López et al., 2011). Deeltjes van de ingedroogde en uiteengevallen mest in de strooisellaag worden de lucht in gewerveld (aerosolisatie) door het natuurlijke gedrag van de kippen, m.n. scharrelen en stofbaden, en uiteindelijk via de luchtbeweging in de stal vanwege de noodzakelijke ventilatie naar buiten geblazen (emissie).

Omdat de case en control zich in dezelfde stal bevonden en de ventilatie op stalniveau plaatsvond, was het niet mogelijk om fijnstof-emissiemetingen op stalniveau uit te voeren voor de case en control. Onze hoop voorafgaand aan deze studie was echter wel dat we de aerosolisatie van fijnstof vanuit een specifiek stuk van case en control zouden kunnen vaststellen. In eerste instantie was daarvoor de speciale meetmethode van (Maffia et al., 2021) in beeld, waarbij een tentje wordt geplaatst over het te bemeten oppervlak,



Figuur 8 Kipstofsimulator met DustTraks in de proefstal op het houtig substraat. Omkisting (A) met transparante bovenplaat, geplaatst op onderframe (B), in hoogte verstelbare as met draaihendel (C), zij-assen met 'kippenpootjes' haaks op as (D), DustTraks (E) verbonden via flexibele aanzuigbuis aan interne volume van de Kipstofsimulator.

waar kippen aan één kant vrij in en uit kunnen lopen. Door vervolgens een gecontroleerde luchtstroom vanaf de andere zijde door het tentje heen te leiden, konden Maffia et al de aerosolisatie van fijnstof door scharrelgedrag van de kippen in het tentje vaststellen door het verschil in concentratie te meten tussen de ingaande en de uitgaande lucht. In de loop van dit project moesten we echter constateren dat deze methode niet geschikt is om binnen in een stal te gebruiken, omdat de achtergrondconcentratie daar al zo hoog is, dat de bijdrage van fijnstof vanuit het bemeten oppervlak daarbij in het niet zou vallen.

Vervolgens is geprobeerd om een alternatieve methode te ontwikkelen om de aerosolisatie van fijnstof te bepalen in een afgesloten ruimte, waarbij het kippengedrag mechanisch werd gesimuleerd. Hiertoe is een speciaal ontworpen zogenoemde 'Kipstofsimulator' gebouwd. Dit betrof een omkisting van rvs met een transparante bovenplaat, met dezelfde maatvoering als de dynamische fluxkamer (zie Figuur 6), die met de open onderkant op eenzelfde frame

kon worden geplaatst zoals gebruikt voor de dynamische fluxkamer.

Aan de lange zijde van de omkisting was een as gemonteerd, waaraan vier staken waren bevestigd met aan de uiteinden enigszins flexibele plastic vorken in de vorm en grootte van een kippenpoot. De as was in hoogte verstelbaar, om de plastic kippenpootjes op de gewenste diepte in het strooisel te laten neerkomen. Door handmatig de as rond te draaien beroerden de 'kippenpootjes' het strooiselmateriaal, en zo zou op een min of meer gestandaardiseerde manier aerosoliserend kippengedrag op het te bemeten oppervlak kunnen worden gesimuleerd. Het effect daarvan kon vervolgens worden gemeten door een DustTrak die via een flexibele buis was aangesloten op het inwendige volume van de Kipstofsimulator (zie Figuur 8). De DustTrak is een apparaat dat werkt op basis van lichtverstrooiing: een laserstraal verlicht de deeltjes in de lucht, en de hoeveelheid verstrooid licht wordt omgezet naar een massaconcentratie. Met dit apparaat kan relatief makkelijk een continue fijnstofconcentratie (PM10) worden gemeten.

Deze kipfijnstofsimulator is getest in de praktijkstal, zowel in het meststrooisel als in het scharrelsubstraat met de mestschuifel. Metingen leverden echter zeer wisselende resultaten op, waarbij de concentratie fijnstof in de simulator sterk varieerde, afhankelijk van de plek, en de diepte van het frame onder de simulator in

het strooisel, en de kracht waarmee de as werd rondgedraaid. Een beetje droge mest in het houtige substraat kon afhankelijk van voornoemde variabelen tot heel verschillende concentraties leiden.

We hebben vervolgens moeten concluderen dat op het niveau van de strooisellaag met dit instrument geen goede inschatting kan worden gemaakt van het effect van de mestschuifel op de aerosolisatie van fijnstof naar de stallucht.

Bij de resultaten in het volgende hoofdstuk kunnen we dan ook geen resultaten op het gebied van fijnstof rapporteren. In de discussie zullen we wel enkele kwalitatieve inzichten delen.

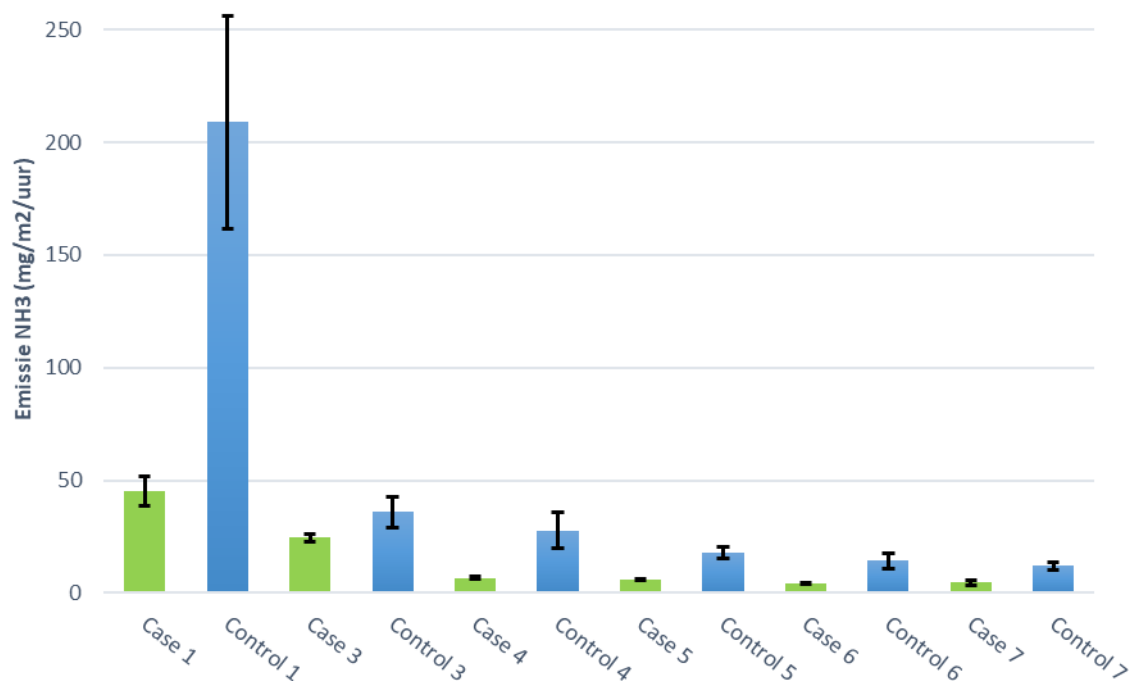
3 Resultaten

Tabel 1 Samenvatting van de zes uitgevoerde vergelijkende metingen. Elke meting bestond uit 5 metingen op verschillende plekken in zowel de case als de control scharrelruimte.

METING	CASE/CONTROL	NH ₃ CONCENTRATIE (PPM)	CO ₂ CONCENTRATIE (PPM)	FLOW (M ³ /H)	EMISSION NH ₃ (MG/M ² /UUR)
1	Case	1,7	467	8,8	45,3
1	Control	7,6	535	9,3	209,0
3	Case	1,4	453	6,1	24,7
3	Control	2,2	365	5,6	36,0
4	Case	0,5	440	4,5	6,7
4	Control	1,8	465	5,2	27,8
5	Case	0,5	-	4,2	6,1
5	Control	1,5	-	4,0	17,9
6	Case	0,6	424	2,2	4,3
6	Control	2,0	427	2,4	14,4
7	Case	0,7	467	2,4	4,6
7	Control	1,6	463	2,6	12,1
GEM	Case	0,9	450	4,7	15,3
GEM	Control	2,8	451	4,9	52,8

In de tabel hierboven worden voor zes geslaagde meetdagen de gemiddelde ammoniak-concentraties, ventilatiedebieten, CO₂-concentraties en ammoniakemissies weergegeven van de vijfvoudige metingen bij zowel de case, met het houtachtig substraat waar de mestschuifel doorheen gaat, als de control met het reguliere strooisel. Van elke individuele meting zijn de resultaten tot aan de emissie berekend (zie paragraaf 2.6.2), vervolgens zijn deze verwerkt tot een gemiddelde zoals weergegeven in de tabel hierboven. Hieronder zijn de ammoniakemissies vanaf het oppervlak van de dynamische fluxkamer voor beide strooiseltypes weergegeven in een grafiek. Ook is hierbij de standaarddeviatie toegevoegd.

Nota bene: de als tweede uitgevoerde meting (M2) is weggelaten uit de analyse van de resultaten, omdat bleek dat de gemeten achtergrondconcentratie CO₂ veel te hoog was. In de bijlage zijn de gegevens van meting M2 wel opgenomen. Tijdens meting 5 is geen meting uitgevoerd voor de CO₂ achtergrondconcentratie.



Figuur 9 Emissies per geslaagde meting vanaf het case en control scharrelgebied met de bijbehorende standaarddeviatie.

- De gemiddelde NH_3 concentratie was 2,8 ppm voor het reguliere strooisel en 0,9 ppm voor het houtachtig substraat, dit verschil is statistisch significant ($P=0,033$).
- De gemiddelde NH_3 emissie was 52,8 mg/uur per m^2 voor het reguliere strooisel en 15,3 mg/uur per m^2 voor het houtachtig substraat. De emissie was dus 37,6 mg/uur per m^2 lager in het houtachtig substraat ten opzichte van het reguliere strooisel. Dit verschil is trendmatig ($P=0,099$).
- Dit komt neer op een (trendmatige) reductie van 71%.

4 Discussie en conclusie

4.1 Ammoniak

Op basis van zes van de zeven uitgevoerde metingen is een statistisch trendmatige reductie behaald van 71% ($P=0,099$). De luchtstroom over het oppervlak van de dynamische fluxkamer was tijdens meting 1 hoger dan tijdens de daaropvolgende metingen. De emissie van ammoniak van een oppervlak stijgt met een hogere luchtsnelheid over dit oppervlak. De hogere luchtsnelheid kan ervoor gezorgd hebben dat de emissie van het oppervlak tijdens deze meting relatief hoog is geweest. Tijdens meting 2 is gezien dat de CO₂-concentratie van de ingaande lucht 648 ppm hoger was bij de case afdeling dan bij de controle afdeling. Dit kan erop duiden dat de aangevoerde lucht niet schoon was en deze ook ammoniak bevatte. Na meting 2 is de aanvoer van schone lucht gewijzigd. In plaats van de lucht aan te zuigen tot vlak voor de dynamische fluxkamer, is de ventilator dichtbij de plek gezet waar schone lucht werd aangezogen. Hierdoor is er een overdruk in de aanvoerbuis van schone lucht in plaats van een onderdruk. Na deze aanpassing zijn de CO₂-concentraties op een achtergrondniveau gebleven en vergelijkbaar geweest tussen de twee oppervlakten. Tijdens de vijfde meting is geen CO₂-concentratie gemeten door een technische storing, de verwachting is dat na de aanpassing van de aangevoerde lucht de CO₂-concentratie ook tijdens deze meting stabiel is gebleven net zoals de ammoniakconcentraties tijdens deze meting. Op basis van deze bevindingen is in de resultaten het gemiddelde reductiepercentage van alle metingen exclusief meting 2 uitgerekend. Na meting 3 is een ander meetinstrument gebruikt, vanwege de langere stabilisatietijd van de gebruikte *Gasera One*. Daarom is vanaf meting vier gebruik gemaakt van de Draeger. Dit resulteerde in een constanter reductiepercentage van 62% tot 76%. De variatie binnen de metingen was ook veel kleiner wat ook blijkt uit een relatief lagere standaarddeviatie tijdens deze metingen. De metingen 1 en 3 t/m 7 resulteren in een trendmatige reductie van 71% ($P=0,099$).

Deze reductie is nadrukkelijk alleen gebaseerd op de emissies op strooiselniveau, en is dus niet direct te vertalen naar emissies vanuit een stal die geheel is uitgerust met mestschuifels. Immers, in een leghennenstal komt een gedeelte van de ammoniakemissie ook van de mestbanden/mestopslag onder de roosters. Het is afhankelijk van de effectiviteit van andere reducerende maatregelen die bij en met de mestbanden en eventuele mestopslagen in de stal worden genomen of ook op stalniveau een reductie wordt behaald. Denk bijvoorbeeld aan mestbandbeluchting en het frequent afdraaien van de mestbanden. Door storingen aan met name de afvoer van strooisel door de mestschuifel is de strooisellaag niet gedurende de gehele meetperiode consequent schoon gebleven, waardoor er meer mestdeeltjes tussen het houtachtig substraat bleven liggen. Bij een constant goed werkende mestschuifel is de verwachting dat het houtachtig substraat schoner blijft en de emissie van dit oppervlak nog lager is dan de in dit rapport beschreven waarde.

Voor een betrouwbaar reductiepercentage en een daadwerkelijke emissiefactor voor de techniek van de mestschuifel zal er volgens protocol (Werkgroep Richtlijnen Emissies Veehouderij, 2024) op meerdere locaties op stalniveau gemeten moeten worden.

4.2 Fijnstof

We hebben in de ontwikkeling van de alternatieve methode van de kipstofsimulator moeten constateren dat op het niveau van de strooisellaag met dit instrument geen goede inschatting kan worden gemaakt van het effect van de mestschuifel op de aerosolisatie van fijnstof naar de stallucht. We schatten op dit moment in dat er drie deels tegengestelde effecten zijn van de mestschuifel op die kans op aerosolisatie:

1. De hoeveelheid mest in het scharrelgebied neemt sterk af, waardoor de potentiële stofbron wordt verkleind.
2. De mest die achterblijft is deels geïsoleerd van de kippen door de substraatlaag, wat de kans op aerosolisatie verkleint.

3. Echter, de mest die achterblijft is wel droger (en fijner), wat de kans op aerosolisatie vergroot als de kippen er toch bij kunnen tijdens het scharrelen.

Onze verwachting is dat deze effecten samen tot een netto verlaging zullen leiden van de hoeveelheid fijnstof in de stal, en daarmee ook een lagere emissie van fijnstof, maar het daadwerkelijke effect zal op stalniveau vastgesteld moeten worden.

Aandachtspunt is verder dat de mest die geoogst wordt met de mestschuifel veel droger is dan wat gangbaar wordt afgevoerd uit de legpluimveehouderij, omdat de mest in het (absorberende) houtige substraat niet alleen sneller indroogt, maar ook snel wordt verwijderd, waardoor het niet opnieuw vochtig kan worden. Zowel in opslag, transport, overslag en verwerking dient daarmee rekening gehouden te worden om te voorkomen dat daar vervolgens de emissies van fijnstof toenemen.

5 Literatuur

- Aarnink, A. J. A., Cambra-López, M., Lai, H. T. L. & Ogink, N. W. M. 2011. Deeltjesgrootteverdeling en bronnen van stof in stallen. Wageningen/Lelystad: Wageningen UR Livestock Research.
- Bos, A. P., Goselink, Y. S. M. & Vroegindewij, B. A. The 'Manure Shuffle': a System for Frequent Removal of Fine Manure Particles from the Foraging Area of Poultry Houses. European Conference on Agricultural Engineering AgEng2021, July 4–8, 2021, 2021 Évora, Portugal. 777-784.
- Cambra-López, M., Hermosilla, T., Lai, H. T. L., Aarnink, A. J. A. & Ogink, N. W. M. 2011. Particulate matter emitted from poultry and pig houses: Source identification and quantification. *Trans. ASABE*, 54, 629-642.
- Ellen, H. H., Groenestein, C. M. & Ogink, N. W. M. 2017. Actualisering ammoniak emissiefactoren pluimvee; Advies voor aanpassing van ammoniak emissiefactoren van pluimvee in de Regeling ammoniak en veehouderij (Rav). Wageningen Livestock Research.
- Goselink, Y. S. M., Blaauw, S. K., Bos, A. P. & Derks, M. 2020. *Manure removal device*. EP20193172.2.
- Maffia, J., Aarnink, A. J. A., Ploegaert, J. P. M., Dinuccio, E., Balsari, P. & Ellen, H. H. 2021. Assessing particulate matter (PM10) emissions from outdoor runs in laying hen houses by integrating wind tunnel and lab-scale measurements. *Biosystems Engineering*, 210, 1-12.
- Mosquera Losada, J., Kasper, G. J., Blanken, K., Dousma, F. & Aarnink, A. J. A. 2010. Ontwikkeling snelle meetmethode ter bepaling van ammoniakemissiereductie van vloergebonden maatregelen = Development of a fast measurement method for the determination of ammonia emission reduction from floor related measures. Wageningen: Wageningen Livestock Research.
- Werkgroep Richtlijnen Emissies Veehouderij 2024. Richtlijnen voor het bepalen van emissies uit veestallen - [Guidelines for determination of emissions from livestock barns]. Wageningen Livestock Research.

6 Bijlage

Tabel 2 Individuele meetresultaten van de zeven uitgevoerde metingen.

Meting	Plek	NH ₃ concentratie (ppm)	Flow (m ³ /h)	Emissie NH ₃ (mg/m ² /uur)	Meetmethode
M1	Houtsnippers	1,978232	9,250057	54,03467668	Gasera
M1	Houtsnippers	1,604628	8,816898	41,78780548	Gasera
M1	Houtsnippers	1,834426	8,49758533	46,11903938	Gasera
M1	Houtsnippers	1,520382	8,74903133	39,24704434	Gasera
M1	Regulier strooisel	6,06059	9,32555867	166,8317488	Gasera
M1	Regulier strooisel	6,304228	9,59583767	178,519988	Gasera
M1	Regulier strooisel	7,771736	9,547822	219,298365	Gasera
M1	Regulier strooisel	10,325424	8,89732	271,1979938	Gasera
M2	Houtsnippers	9,798654	6,35152342	183,7169996	Gasera
M2	Houtsnippers	8,388176	5,91604049	146,7685172	Gasera
M2	Houtsnippers	7,615942	5,97772807	134,3598918	Gasera
M2	Houtsnippers	10,171474	6,09115295	182,8249224	Gasera
M2	Houtsnippers	7,787394	5,95404056	136,8613007	Gasera
M2	Regulier strooisel	6,891556	6,27634904	127,7283129	Gasera
M2	Regulier strooisel	5,744956	6,30855041	107,0632453	Gasera
M2	Regulier strooisel	6,519198	6,26288785	120,5022745	Gasera
M2	Regulier strooisel	5,11355	6,26288785	94,519971	Gasera
M2	Regulier strooisel	4,49957	6,26288785	83,17103107	Gasera
M3	Houtsnippers	1,40959384	5,7844382	24,05216479	Gasera
M3	Houtsnippers	1,55769912	5,27046894	24,21310694	Gasera
M3	Houtsnippers	1,29130392	6,16102692	23,41191413	Gasera
M3	Houtsnippers	1,37374144	6,81186047	27,6315733	Gasera
M3	Houtsnippers	1,2799824	6,38250438	24,11363042	Gasera
M3	Regulier strooisel	2,47963112	5,64799312	41,31503921	Gasera
M3	Regulier strooisel	2,6769656	5,15809757	40,80599471	Gasera
M3	Regulier strooisel	2,62830312	5,18466939	40,1513072	Gasera
M3	Regulier strooisel	1,685638	6,39456361	31,82688906	Gasera
M3	Regulier strooisel	1,54731048	5,68959275	25,97272657	Gasera
M4	Houtsnippers	0,5	4,21009936	6,212820232	Draeger P8000
M4	Houtsnippers	0,503224987	4,43293955	6,58413017	Draeger P8000
M4	Houtsnippers	0,5	4,51977283	6,669803652	Draeger P8000
M4	Houtsnippers	0,5	4,71005706	6,950605034	Draeger P8000
M4	Houtsnippers	0,521466108	4,71510276	7,257051109	Draeger P8000
M4	Regulier strooisel	1,238052753	5,01550785	18,31393966	Draeger P8000
M4	Regulier strooisel	1,510095503	5,08857077	22,68168196	Draeger P8000
M4	Regulier strooisel	1,74088026	5,77093365	29,64050148	Draeger P8000
M4	Regulier strooisel	1,967820405	5,00196114	29,0166814	Draeger P8000
M4	Regulier strooisel	2,580774778	5,13756715	39,13723955	Draeger P8000
M5	Houtsnippers	0,5	3,79337718	5,597865625	Draeger P8000
M5	Houtsnippers	0,5	4,36391317	6,439802415	Draeger P8000
M5	Houtsnippers	0,5	4,23007516	6,242298418	Draeger P8000

M5	Houtsnippers	0,5	4,17823631	6,165800116	Draeger P8000
M5	Houtsnippers	0,5	4,23217804	6,245401628	Draeger P8000
M5	Regulier strooisel	1,320046824	3,7561595	14,62865428	Draeger P8000
M5	Regulier strooisel	1,324932058	4,13848878	16,18151759	Draeger P8000
M5	Regulier strooisel	1,671894393	4,25796463	21,01476663	Draeger P8000
M5	Regulier strooisel	1,544886371	3,97602954	18,12917963	Draeger P8000
M5	Regulier strooisel	1,695579897	3,90245264	19,54124142	Draeger P8000
M6	Houtsnippers	0,663949333	2,12068223	4,152615781	Draeger P8000
M6	Houtsnippers	0,606564833	2,25667948	4,038424232	Draeger P8000
M6	Houtsnippers	0,691262667	2,2909443	4,686832324	Draeger P8000
M6	Houtsnippers	0,640494333	2,284583	4,313463328	Draeger P8000
M6	Houtsnippers	0,610719167	2,27587301	4,102452889	Draeger P8000
M6	Regulier strooisel	1,570210333	2,47886473	11,49321727	Draeger P8000
M6	Regulier strooisel	1,585234417	2,54417567	11,89225679	Draeger P8000
M6	Regulier strooisel	1,759252667	2,33206667	12,09404101	Draeger P8000
M6	Regulier strooisel	2,393504667	2,5290102	17,87383768	Draeger P8000
M6	Regulier strooisel	2,665080333	2,34493137	18,40719128	Draeger P8000
M7	Houtsnippers	0,606636667	2,32295709	4,159073455	Draeger P8000
M7	Houtsnippers	0,8027115	2,28157049	5,404742785	Draeger P8000
M7	Houtsnippers	0,809780333	2,43846537	5,827110849	Draeger P8000
M7	Houtsnippers	0,517446833	2,45547956	3,74968795	Draeger P8000
M7	Houtsnippers	0,527986333	2,44312382	3,805407776	Draeger P8000
M7	Regulier strooisel	1,334621167	2,51801511	9,918562467	Draeger P8000
M7	Regulier strooisel	1,276020167	2,77235488	10,43516886	Draeger P8000
M7	Regulier strooisel	1,638094333	2,68856757	12,99753294	Draeger P8000
M7	Regulier strooisel	1,877025333	2,51271202	13,92172815	Draeger P8000
M7	Regulier strooisel	1,8080965	2,46664375	13,16337827	Draeger P8000

Meting	Plek	NH ₃ concentratie (ppm)	CO ₂ concentratie (ppm)	Flow (m ³ /h)	Emissie NH ₃ (mg/m ² /uur)	Meetmethode
M1	Case	2,0	478,6	9,3	54,0	Gasera
M1	Case	1,6	454,6	8,8	41,8	Gasera
M1	Case	1,8	434,9	8,5	46,1	Gasera
M1	Case	1,5	485,1	8,7	39,2	Gasera
M1	Control	6,1	480,1	9,3	166,8	Gasera
M1	Control	6,3	461,3	9,6	178,5	Gasera
M1	Control	7,8	543,3	9,5	219,3	Gasera
M1	Control	10,3	603,7	8,9	271,2	Gasera
M2	Case	9,8	1341,1	6,4	183,7	Gasera
M2	Case	8,4	1290,5	5,9	146,8	Gasera
M2	Case	7,6	1132,4	6,0	134,4	Gasera
M2	Case	10,2	1240,2	6,1	182,8	Gasera
M2	Case	7,8	897,1	6,0	136,9	Gasera
M2	Control	6,9	768,9	6,3	127,7	Gasera
M2	Control	5,7	532,4	6,3	107,1	Gasera
M2	Control	6,5	546,0	6,3	120,5	Gasera
M2	Control	5,1	411,1	6,3	94,5	Gasera

M2	Control	4,5	366,3	6,3	83,2	Gasera
M3	Case	1,4	492,0	5,8	24,1	Gasera
M3	Case	1,6	446,4	5,3	24,2	Gasera
M3	Case	1,3	434,9	6,2	23,4	Gasera
M3	Case	1,4	452,8	6,8	27,6	Gasera
M3	Case	1,3	438,5	6,4	24,1	Gasera
M3	Control	2,5	353,0	5,6	41,3	Gasera
M3	Control	2,7	360,1	5,2	40,8	Gasera
M3	Control	2,6	368,9	5,2	40,2	Gasera
M3	Control	1,7	375,7	6,4	31,8	Gasera
M3	Control	1,5	354,8	5,7	26,0	Gasera
M4	Case	0,5	433,5	4,2	6,2	Draeger
M4	Case	0,5	439,9	4,4	6,6	Draeger
M4	Case	0,5	435,2	4,5	6,7	Draeger
M4	Case	0,5	442,5	4,7	7,0	Draeger
M4	Case	0,5	449,9	4,7	7,3	Draeger
M4	Control	1,2	452,5	5,0	18,3	Draeger
M4	Control	1,5	457,5	5,1	22,7	Draeger
M4	Control	1,7	467,7	5,8	29,6	Draeger
M4	Control	2,0	469,9	5,0	29,0	Draeger
M4	Control	2,6	475,3	5,1	39,1	Draeger
M5	Case	0,5	-	3,8	5,6	Draeger
M5	Case	0,5	-	4,4	6,4	Draeger
M5	Case	0,5	-	4,2	6,2	Draeger
M5	Case	0,5	-	4,2	6,2	Draeger
M5	Case	0,5	-	4,2	6,2	Draeger
M5	Control	1,3	-	3,8	14,6	Draeger
M5	Control	1,3	-	4,1	16,2	Draeger
M5	Control	1,7	-	4,3	21,0	Draeger
M5	Control	1,5	-	4,0	18,1	Draeger
M5	Control	1,7	-	3,9	19,5	Draeger
M6	Case	0,7	426,6	2,1	4,2	Draeger
M6	Case	0,6	420,3	2,3	4,0	Draeger
M6	Case	0,7	424,1	2,3	4,7	Draeger
M6	Case	0,6	428,6	2,3	4,3	Draeger
M6	Case	0,6	422,7	2,3	4,1	Draeger
M6	Control	1,6	424,0	2,5	11,5	Draeger
M6	Control	1,6	423,3	2,5	11,9	Draeger
M6	Control	1,8	432,6	2,3	12,1	Draeger
M6	Control	2,4	429,2	2,5	17,9	Draeger
M6	Control	2,7	425,8	2,3	18,4	Draeger

M7	Case	0,6	461,3	2,3	4,2	Draeger
M7	Case	0,8	486,3	2,3	5,4	Draeger
M7	Case	0,8	474,5	2,4	5,8	Draeger
M7	Case	0,5	454,0	2,5	3,7	Draeger
M7	Case	0,5	460,7	2,4	3,8	Draeger
M7	Control	1,3	450,9	2,5	9,9	Draeger
M7	Control	1,3	465,1	2,8	10,4	Draeger
M7	Control	1,6	471,5	2,7	13,0	Draeger
M7	Control	1,9	469,7	2,5	13,9	Draeger
M7	Control	1,8	458,1	2,5	13,2	Draeger

To explore
the potential
of nature to
improve the
quality of life



Wageningen Livestock Research
Postbus 338
6700 AH Wageningen
T 0317 48 39 53
E info.livestockresearch@wur.nl
www.wur.nl/livestock-research

Wageningen Livestock Research ontwikkelt kennis voor een zorgvuldige en renderende veehouderij, vertaalt deze naar praktijkgerichte oplossingen en innovaties, en zorgt voor doorstroming van deze kennis. Onze wetenschappelijke kennis op het gebied van veehouderijsystemen en van voeding, genetica, welzijn en milieu-impact van landbouwhuisdieren integreren we, samen met onze klanten, tot veehouderijconcepten voor de 21e eeuw.

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research en Wageningen University hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.500 medewerkers en 10.000 studenten behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

