

	Advies Dossier 2023.1 Actualisering van de PAS-lijst Deel 1: R-1 Vloersystemen Versie: Finaal advies Datum: 22/05/2026
---	---

Advies Dossier 2023.1 Actualisering van de PAS-lijst

Deel 1: R-1 Vloersystemen

Samenvatting

Adviesvraag

Het Wetenschappelijk Comité (WeComV) ontving van het Administratief Team (AT) een vraag tot advies betreffende de actualisering van de PAS-lijst Deel 1: R1-vloersystemen.

Er wordt door AT aan het WeComV gevraagd om 1) de expertopinie methode aan de basis van het vastleggen van de reductiepercentages van de emissiereducerende vloersystemen op de PAS-lijst voor de categorie R-1 te herbekijken en 2) de hiermee vastgelegde reductiepercentages te bevestigen of aan te passen.

Methode

Het advies is gebaseerd op expertopinie, vertrekkende vanuit literatuuronderzoek, op basis van studies met ammoniakmetingen in stalomgeving.

Evaluatie en conclusie

Gezien de veelheid aan varianten van vloersystemen op de markt oordeelt het WeComV dat het gebruik van een generiek kader waarin de technieken en maatregelen gegroepeerd worden en een reductie toegekend krijgen per categorie nog steeds de meest aangewezen methodiek is. Gezien er sinds de ontwikkeling van het generiek kader nieuwe wetenschappelijke literatuur is verschenen en er ook nieuwe inzichten zijn rond de werking en praktische toepasbaarheid van reducerende ingrepen, dringt een actualisatie van het generieke kader zich op.

Op basis van de bestaande wetenschappelijke kennis en expertise werden de verschillende aspecten van het huidig geldende generiek kader opnieuw geëvalueerd en eventuele nieuwe aspecten die vanuit de literatuur potentieel tonen, overlopen. Op basis hiervan werd **een nieuw generiek kader** opgesteld, waarbij onderscheid wordt gemaakt tussen 4 verschillende vloertypes en 3 types emissiereducerende ingrepen die toegepast kunnen worden.

Toepassingen met luchtkleppen en vloerperforaties acht het WeComV onvoldoende robuust. Hiervoor wordt bijgevolg geadviseerd om hieraan geen reducties meer toe te kennen. Vloeren met perforaties kunnen niet a priori ondergebracht worden onder vloertype van categorie a. Dit zal per indiening op basis van expert judgement bepaald worden.

De toegekende reductiepercentages werden ingeschat, rekening houdend met onzekerheden gerelateerd aan de werking in de praktijk bij een 'conform' management. Naast het generieke kader staat het bedrijven steeds vrij om via een dossier op basis van meetdata een hoger reductiepercentage aan te vragen voor hun specifieke vloersysteem. Hierbij dient de aangevraagde ammoniakemissie reductie gebaseerd te zijn op resultaten van praktijkmetingen op stalniveau. Deze praktijkmetingen dienen uitgevoerd te zijn volgens de huidige geldende meetrichtlijnen (zie <https://wecomv.be/nl/meetrichtlijnen>).

Adviesvraag

Het Wetenschappelijk Comité (WeComV) ontving van het Administratief Team (AT) een vraag tot advies betreffende de actualisering van de PAS-lijst Deel 1: R1-vloersystemen. Deze adviesvraag stelde de volgende vragen:

- Kunnen de huidige technieken en maatregelen van de PAS/AEA-lijst op deze lijsten blijven staan?
- Kunnen de emissiefactoren/emissiereducties van de PAS/AEA-lijst geactualiseerd worden rekening houdend met de praktijkomstandigheden en rekening houdend met de recente uitspraken van de rechtbank en rapporten?

Binnen deze omvangrijke taak werd gevraagd om prioriteit te geven aan de evaluatie van de vloersystemen van de rundercategorie R-1 'Melk- en kalfkoeien ouder dan 2 jaar' op de PAS-lijst (<https://ilvo.vlaanderen.be/nl/pas-lijst#rundvee>).

Er wordt door AT gevraagd aan het WeComV om 1) de expertopinie methode aan de basis van het vastleggen van de reductiepercentages van de emissiereducerende vloersystemen op PAS-lijst voor de categorie R-1 te herbekijken en 2) de hiermee vastgelegde reductiepercentages te bevestigen of aan te passen.

Hieruit heeft het wetenschappelijk comité volgende referentietermen weerhouden:

Concreet worden volgende vragen gesteld:

1. Kan het generiek kader dat gehanteerd werd bij de opmaak van het wetenschappelijk advies rond ammoniakemissie van de emissiereducerende vloersystemen (zoals momenteel vermeld op de PAS-lijst voor de categorie R-1) aangehouden worden?
2. Welke actualisaties worden op basis van nieuwe wetenschappelijke literatuur en nieuwe inzichten inclusief rond de praktische toepasbaarheid en robuustheid van reducerende maatregelen geadviseerd? Welke emissiereducties kunnen vervolgens op basis van wetenschappelijke expertise en kennis geadviseerd worden aan de weerhouden systemen van de PAS-lijst die vallen onder de categorie R1 vloersystemen?
3. Met welke randvoorwaarden inzake uitvoering en gebruik werd rekening gehouden bij het adviseren van emissiereducties?
4. Met welke punten werd rekening gehouden bij de actualisatie zodat de geadviseerde reducties geldig zijn in praktijkomstandigheden?

Achtergrond en duiding

Bij het in voege stellen van de PAS-lijst in 2015 was er weinig kennis beschikbaar over het ammoniakreducerend vermogen van specifieke vloersystemen. In een eerste fase werd vanaf 2015 daarom gesteund op een mechanistisch modelmatige benadering. Hierover staat in het advies PAS/2017.6 van het toenmalige Wetenschappelijk Team (WT) het volgende te lezen: *Het inschatten van de reductie van emissiereducerende vloersystemen bij melkvee, waarvoor geen betrouwbare metingen voorhanden zijn, wordt uitgevoerd met behulp van modelvoorspellingen. De modellen die voor dit doeleinde tot nu toe werden gebruikt zijn het rekenmodel van Monteny (2000) en een Vlaams model dat hiervan werd afgeleid ontwikkeld door ILVO. In deze modellen wordt de ammoniakemissie afkomstig van de vloer ingeschat door de urineplassen als bron te beschouwen. Het volume van deze plassen wordt afgeleid met behulp van het oppervlak en de dikte van deze plassen.*

Op basis van nieuwe inzichten vanuit het onderzoek bleek half 2017 dat dit model niet langer bruikbaar was en werd door het toenmalige WT overgeschakeld naar een nieuw generiek beoordelingskader: (uit Advies PAS/2017.6) *Het Wetenschappelijk Team (WT) heeft in dit kader kennisgenomen van het doctoraatsonderzoek van Dennis Snoek (2016) (Wageningen University and Research). De bevindingen van dit onderzoek wijzen erop dat de aannames die gebruikt worden in het rekenmodel van Monteny NIET representatief zijn voor de praktijk. Bijgevolg moet de manier waarop tot nu toe de reducties werden toegekend aan de emissiereducerende vloeren, bij afwezigheid van betrouwbare metingen, in vraag worden gesteld. Het WT stelt bijkomend vast dat het niet zinvol is om emissiereductie-percentages tot op 1% nauwkeurig vast te stellen.*

In afwachting van nieuwe informatie en met het oog op uniformiteit en continuïteit in de adviesverlening heeft het WT een meer generieke aanpak uitgewerkt voor de beoordeling van vloersystemen die (nog) niet werden bemeten. Hierbij wordt rekening gehouden met een gelimiteerd aantal vloerkenmerken met een duidelijk te verwachten effect op emissiereductie. Deze generieke aanpak gaat hoofdzakelijk uit van algemeen geldende inzichten en expertopinie aangevuld met een relatieve toetsing o.b.v. modelresultaten en beschikbare metingen. Dit kader werd gebruikt vanaf half 2017, waar het initieel is toegepast om alle niet-bemeten vloersystemen en PAS R-1.2, R-1.3 en R-1.4 op de PAS-lijst te herbeoordelen en vervolgens tot eind 2019 (laatste vergadering van het WT) voor nieuwe aanvragen.

In Nederland verscheen in 2023 het rapport “Schatting van stikstofverliezen uit stallen op basis van de stikstof-fosfaat verhouding in afgevoerde mest.” van Groenestein *et al.* (2023). Gezien de resultaten van deze studie, nl. het mogelijks grote verschil tussen het theoretisch potentieel van deze vloersystemen ten opzichte van de in de praktijk effectief gehaalde reductie, en gezien de vraag van AT om specifiek aandacht te hebben naar de werkzaamheid in de praktijk, werd beslist om deze studie grondig te evalueren. Op basis van een selftask publiceerde het WeComV een advies over deze studie en de relevantie voor Vlaanderen. In het kader van de vloeren voor de categorie R1 is de volgende passage uit het [bisadvies bij Dossier 2023.ST.A](#) relevant:

Het WeComV oordeelt voor de PAS-lijst (maatregelen melkvee) dat op basis van de voorliggende studie niet besloten kan worden dat maatregelen geschrapt moeten worden of de reducties ervan aangepast moeten worden en evenmin dat nieuwe technieken erop toegelaten kunnen worden. Deze methodiek blijkt met de huidige kennis onvoldoende onderscheidend binnen de Vlaamse context om retrospectief een indicatie te krijgen van de daadwerkelijk behaalde reducties onder praktijkomstandigheden in vergelijking met de toegekende reducties voor specifieke stalsystemen vermeld op de Vlaamse PAS-lijst. Dit gebrek aan onderscheidend vermogen komt deels door de lagere emissiereducties die zijn toegekend aan stalsystemen in Vlaanderen in vergelijking met Nederland en door een andere referentiegroep in de Nederlandse t.o.v. de Vlaamse context.

Als achtergrond kan ook worden verwezen naar enkele grootschalige Nederlandse en Duitse onderzoeken waaruit is gebleken dat de emissiereductieprestaties van vloersystemen in de praktijk beduidend lager kunnen liggen dan voorheen vastgesteld bij metingen uitgevoerd in het kader van certificering (Mosquera *et al.*, 2021, Schep *et al.* 2022 & 2024, Janke *et al.* 2023). Deze problematiek wordt ook aangekaart in het Nederlandse rapport “Verbetering van effectiviteit emissiearme stalsystemen in de praktijk” (Bremmer *et al.*, 2022).

Verklarende woordenlijst

Basisemissiereductie - De emissiereductie die in het beoordelingskader wordt gehanteerd, voor (1) een bepaald type vloersysteem of (2) een ingreep die toegepast wordt op een vloersysteem, in de berekening van de emissiereductie bij combinaties van (1) en (2).

Conform management - Een management dat verwacht kan worden bij de toepassing van goede praktijken gelinkt aan de stalsystemen die aanwezig zijn.

Robuustheid van het reducerend systeem - Is een inschatting van de mate waarin de werking of efficiëntie van het reducerend systeem onderhevig is aan het stalmanagement en/of andere factoren. Bij de beoordeling in dit dossier is rekening gehouden met de robuustheid van elk systeem om het toegekende reductiepercentage te kunnen garanderen bij een conform management en onder normale omstandigheden.

Advies

VRAAG 1

Kan het generiek kader dat gehanteerd werd bij de opmaak van het wetenschappelijk advies rond ammoniakemissie van de emissiereducerende vloersystemen (zoals momenteel vermeld op de PAS-lijst voor de categorie R-1) aangehouden worden?

Het generiek kader werd ontwikkeld in 2017 op basis van de toenmalig beschikbare wetenschappelijke kennis en expertise. De methodiek die gebruikt werd om dit kader uit te werken was het toekennen van een emissiereductie aan een gelimiteerd aantal generieke technieken / kenmerken / maatregelen op basis van wetenschappelijke literatuur en expertopinie.

Nu, op basis van de huidige beschikbare wetenschappelijke literatuur blijken bepaalde vloertypes en bepaalde emissiereducerende ingrepen (vloertechniek, -kenmerken en -management-maatregelen) inderdaad een aantoonbaar reducerend effect te hebben op de emissies van ammoniak vanaf de loopvloer en/of de onderliggende mestopslag bij melkvee. De achterliggende werkingsmechanismen zijn gekend en ondersteunen een significante emissiereductie. Op vloerniveau is een zo snel en efficiënt mogelijke scheiding van mest en urine hierbij cruciaal. Hiervoor worden emissiereducerende vloeren onder andere uitgerust met groeven/ urinegoten/ urinegaatjes/bolle kunststofstroken en/of worden deze vloeren hellend gelegd. Eveneens cruciaal is het maximaal proper houden van de vloeren waarvoor bijvoorbeeld mest(zuig)robots, mestschuiven en sproeisystemen ingezet worden. Emissies uit de mestput tracht men te beperken door zonder mestkelder onder de stal te bouwen of roostervloeren te voorzien van kleppen/luchtdichtingen. Ondertussen werden tientallen technieken en maatregelen ontwikkeld die ook reeds in tientallen studies geëvalueerd zijn, al dan niet gecombineerd met elkaar. **Gezien de veelheid aan varianten en combinaties oordeelt het WeComV dat het gebruik van een generiek kader waarin de technieken en maatregelen gegroepeerd worden en een reductie toegekend krijgen per categorie nog steeds de meest aangewezen methodiek is.**

Gezien er sinds de ontwikkeling van het eerste generiek kader in 2017 nieuwe wetenschappelijke literatuur is verschenen en er ook nieuwe inzichten zijn rond de praktische toepasbaarheid van reducerende ingrepen, dringt een actualisatie van het generieke kader zich op.

De emissiereductie die effectief behaald wordt in de praktijk, is het resultaat van enerzijds het intrinsieke potentieel en de robuustheid van het systeem en anderzijds van de omstandigheden en het management/onderhoud van het systeem en de stal. Deze aspecten leiden tot extra onzekerheid rond de gehaalde emissiereducties onder praktijkomstandigheden en moeten bijgevolg in rekening gebracht worden bij het adviseren van emissiereductiepercentages per systeem.

Het toegekende reductiepercentage door toepassing van het generiek kader moet een conservatieve inschatting zijn die de toegewezen reductie garandeert bij een conform management. Maar, op initiatief van de producent, moet dit eventueel bijgesteld kunnen worden voor een specifiek vloersysteem na indiening van een dossier met metingen volgens de bestaande richtlijnen.

Antwoord op vraag 1

Het WeComV geeft aan dat de gebruikte methodiek van het generieke kader op basis van expertopinie nog steeds gezien wordt als meest valabele methodiek. Het generieke kader dient wel geactualiseerd te worden op basis van nieuwe wetenschappelijke literatuur en nieuwe inzichten rond de praktische toepasbaarheid van reducerende ingrepen.

VRAAG 2

Welke actualisaties worden op basis van nieuwe wetenschappelijke literatuur en nieuwe inzichten inclusief rond de praktische toepasbaarheid en robuustheid van reducerende maatregelen geadviseerd? Welke emissiereducties kunnen vervolgens op basis van wetenschappelijke expertise en kennis geadviseerd worden aan de weerhouden systemen van de PAS-lijst die vallen onder de categorie R1 vloersystemen?

Op basis van huidige wetenschappelijke kennis en expertise werd een studie gemaakt van de verschillende aspecten van het huidig geldende generiek kader en de eventuele nieuwe aspecten die vanuit de literatuur potentieel tonen. Ook informatie aangeleverd door de fabrikanten en de sector over de bestaande technieken werd hierin aangewend. Op basis hiervan werd **een nieuw generiek kader** opgesteld, waarbij onderscheid gemaakt wordt tussen het vloertype enerzijds en de emissiereducerende ingreep anderzijds (techniek, kenmerk, maatregel) welke bij een bepaald vloertype kan toegepast worden. Het ontwikkelde kader laat toe om de ammoniakemissiereductie in te schatten op basis van de kenmerken van een bepaalde combinatie vloertype-emissiereducerende ingreep. Deze inschattingen gebeurden eerder conservatief gezien het expertopinie betreft en in het licht van de eerder geschetste achtergrond waarbij recent onderzoek aangeeft dat de emissiereductieprestaties van vloersystemen in de praktijk beduidend lager kunnen liggen dan verwacht.

Hieronder volgt een korte beschrijving van de bestudeerde vloertypes en emissiereducerende ingrepen, alsook mogelijke combinaties en bijhorende ammoniakreducties die geadviseerd worden. In een laatste onderdeel worden deze nieuw geadviseerde reducties toegepast op de huidige PAS-maatregelen.

1. Vloertypes

Op basis van de literatuur en op de markt aangeboden vloertypes, worden de vloertypes in 4 groepen ingedeeld. Deze onderscheiden zich van elkaar door de potentiële ammoniakemissie reductie die ervan kan verwacht worden op basis van hun eigenschappen. De belangrijkste eigenschappen houden verband met (1) het versneld afvoeren van urine en (2) het beperken van het met mest bevuild oppervlak.

Een overzicht van de wetenschappelijke studies die hiervoor werden gebruikt is terug te vinden in de lijst met referenties.

- a. *Standaard roostervloer, standaard dichte vloer met regelmatige mestafstorten en overige vloeren die niet voldoen aan de beschrijving van de categorieën b, c en d*

Voor deze groep vloertypes wordt geadviseerd om geen basisemissiereductie (zie **Verklarende woordenlijst**) te hanteren in de berekeningen van het beoordelingskader. Een reductie van ammoniakemissie kan met deze vloertypes wel behaald worden door toepassing van een emissiereducerende ingreep (zie **3 Combinatie vloertype en emissiereducerende ingrepen**).

- b. *Dichte vloer met enkel mestafstorten op het einde van de loopvloer*

Deze groep vloertypes heeft geen regelmatige mestafstorten. Er zijn enkel mestafstorten op het einde van de loopvloer die zijn uitgerust met luchtafsluiting. **Voor dit vloertype wordt een basisemissiereductie van 5% gehanteerd in de berekeningen van het beoordelingskader.**

Door de afwezigheid van regelmatige mestafstorten en een vloerhelling zijn extra maatregelen nodig om de mest en urine te verwijderen. Daarom wordt pas een reductie geadviseerd indien dit vloertype gecombineerd wordt met minimaal 2 emissiereducerende ingrepen.

- c. *Dichte hellende vloer met maximale afstand van 3 m tot de giergoot*

Dit vloertype laat toe dat de urine op natuurlijke wijze kan afstromen naar een giergoot. Daarom **wordt een basisemissiereductie van 5% gehanteerd in de berekeningen van het beoordelingskader.**

De vloer heeft een helling tussen 1,5% en 3,0% richting de giergoot. De afstand die de urine moet afleggen naar de goot is maximaal 3 meter. De giergoot vangt de urine en dunne mestfractie op, terwijl de vaste mest mechanisch wordt verwijderd. Er wordt geadviseerd dit vloertype steeds te combineren met minimaal 1 emissiereducerende ingreep.

- d. *Dichte hellende vloer met een maximale afstand van 2 m tot de giergoot*

Dit vloertype laat toe dat de urine op natuurlijke wijze afstroomt naar één of meerdere giergoten. De vloer heeft een helling tussen 1,5% en 3,0%, met een maximale afstand van minder dan 2 meter tot de giergoot. De giergoten vangen de urine en dunne mestfractie op, terwijl de vaste mest mechanisch wordt verwijderd. Daarom **wordt een basisemissiereductie van 10% gehanteerd in de berekeningen van het beoordelingskader.** Er wordt geadviseerd dit vloertype steeds te combineren met minimaal 1 emissiereducerende ingreep.

2. Emissiereducerende ingrepen

Naast de vloertypes werden op basis van wetenschappelijke literatuur ook vloertechnieken, -kenmerken en -managementmaatregelen bestudeerd waarvan een potentiële reductie kan verwacht worden op de ammoniakemissie. De belangrijkste eigenschappen houden verband met het versneld afvoeren of scheiden van mest en urine, het zo proper mogelijk houden van het vloeroppervlak en het beperken van emissies vanuit de kelderopslag. De meest relevante systemen worden hieronder kort beschreven.

- a. *Afdichtkleppen in roostervloeren*

In het rapport van van Dooren & Mosquera (2016) wordt de volgende opmerking gemaakt: *Waarnemingen tijdens de metingen duiden erop dat het functioneren van de kleppen voor het afsluiten van de roosterspleten een aandachtspunt is, vooral het functioneren op lange termijn.*

In het onderzoek van van Dooren *et al.* (2016) werd in een case-controle proefopzet op de Dairy Campus vastgesteld dat de ammoniakemissiereductie van de Comfort Slat Mat niet significant verschilde tussen de varianten met (32,3% ± 13,3%) en zonder kleppen (39,4% ± 7,3%). Als mogelijke redenen voor de lagere emissiereductie van vloeren met kleppen worden (1) het openstaan van de kleppen of (2) het verstopt zitten van de kleppen met mest aangehaald.

De volgende publicatie werd geraadpleegd:
Van Dooren & Mosquera (2016)
van Dooren et al. (2016)

Er zijn signalen uit de praktijk dat het gebruik van kleppen in vloersystemen gepaard gaat met praktische problemen. In de eindbrochure van het project Goed Gepast (2018) wordt bij het onderdeel knelpunten van vloeren met kleppen het volgende gemeld: *Landbouwers geven aan dat de vloersystemen niet altijd even goed werken. Er zijn twee vaak voorkomende problemen: de kleppen geraken na enige tijd dicht met mest of de kleppen blijven open staan.*

Op basis van bovenstaande argumenten adviseert het WeComV om in het generiek kader geen reductie toe te kennen aan afdichtkleppen in roostervloeren. Dergelijke kleppen hebben een reducerend potentieel maar zijn te sterk afhankelijk van de omstandigheden en het management om de gegarandeerde reducties voldoende systematisch te behalen. Ook de lange termijn effectiviteit van de kleppen is onvoldoende bewezen.

b. Perforaties en groeven voor versnelde afvoer van urine

Het urine-afvoerend vermogen van een vloer met perforaties en/of groeven is bepalend voor de behaalde ammoniak emissiereductie. Het urine-afvoerend vermogen wordt bepaald door de hoeveelheid urine die afgevoerd wordt én de snelheid waarmee de urine wordt afgevoerd naar de put nadat de urine op de vloer is terechtgekomen.

Er bestaat twijfel over de effectiviteit van dergelijke ingrepen in de praktijk. De gangbare managementtechnieken zijn onvoldoende robuust om te kunnen voorkomen dat vloeren met groeven en perforaties dikwijls verstopt raken met mest of urine. Dit vermindert de effectiviteit van de afvoer waardoor de ammoniakvorming en -vervluchtiging ter hoogte van het vloeroppervlak blijft doorgaan. Het kan de ammoniakemissie zelfs verhogen door ophoping van organisch materiaal. Het blijven staan van urine in de groeven of op de vloer kan ook leiden tot een verhoogde luchtvochtigheid in de stal, wat de volatiliteit van ammoniak verhoogt. In vochtige omgevingen kan ureum sneller worden omgezet in ammoniak, waardoor de reductie-effecten minder effectief zijn dan verwacht. De effectiviteit van de groeven en perforaties zal dan ook sterk variëren afhankelijk van het management, de specifieke omstandigheden in de stal, zoals ventilatie, temperatuur, luchtstroom en de wijze van mestverwerking. In sommige stallen kunnen deze factoren de werking van de vloeren zelf negatief beïnvloeden.

Deze twijfels worden bevestigd door signalen/waarnemingen uit de praktijk die aangeven dat groeven in vloeren vaak verstopt zitten met mest (Eindbrochure Goed Gepast, 2018).

Op basis van bovenstaande argumenten adviseert het WeComV om in het generiek kader geen specifieke reductie toe te kennen aan vloeren met perforaties of groeven. Dergelijke perforaties of groeven hebben theoretisch een reducerend potentieel maar zijn te sterk afhankelijk van de omstandigheden en het management om de gegarandeerde reducties voldoende systematisch te behalen. Vloeren met perforaties kunnen niet a priori ondergebracht worden onder vloertype van categorie a. Dit zal per indiening op basis van expert judgement bepaald worden.

c. Loopvloer reinigen met mestschuif of mest(zuig)robot

Door het inzetten van een automatisch mestverwijderingssysteem die meerdere keren per dag de roostervloeren schoonmaakt, wordt de verblijftijd van mest en urine op de loopvloer aanzienlijk

verkort. Hierdoor wordt de hydrolyse van ureum beperkt, wat resulteert in een lagere ammoniakproductie en -emissie vanop de loopvloer. Naast de reductie van ammoniakemissie draagt frequent reinigen met een mestrobot ook bij aan een schoner vloeroppervlak, wat de hygiëne en het welzijn van de dieren verbetert. Het vermindert ook de kans op klauwproblemen en andere gezondheidsproblemen bij het vee.

De volgende publicaties werden geraadpleegd:

Kroodsmas et al. (1993)

Braam et al. (1997)

Swierstra (2001)

Rotz (2004)

Rotz and Oenema (2005)

Sommer et al. (2006)

Baldini et al. (2013)

Winkel et al. (2020)

Dinuuccio et al. (2024)

Op basis van deze publicaties adviseert het WeComV om het reinigen van de volledige loopvloer (exclusief de voerstoept en een afgesloten wachtruimte) met mestschuif of mestrobot te behouden als reducerende maatregel. Op basis van bovenstaande argumenten en de wetenschappelijke studies adviseert het comité om bij toepassing van deze maatregel met een minimum van 12 keer reinigen per dag een ammoniakreductie van 10% toe te kennen. Voor een afgesloten wachtruimte volstaat het reinigen na elk gebruik.

d. Loopvloer reinigen met water

Frequent reinigen van roostervloeren in melkveestallen door middel van het sproeien van water kan de ammoniakemissie aanzienlijk verminderen. Door regelmatig de roostervloeren te spoelen met water, worden mest en urine verdund en sneller afgevoerd, wat resulteert in een verlaagde vloeremissie, een lagere pH en een lager ammoniumgehalte in de toplaag van de mest. Wetenschappelijk onderzoek onderbouwt dat het implementeren van een water gebaseerd reinigingssysteem dat de toegediende hoeveelheid water homogeen over het volledige loopvloeroppervlak verdeelt, een effectieve strategie kan zijn om ammoniakemissies te reduceren in melkveestallen.

Onder andere de volgende publicaties werden geraadpleegd:

Kroodsmas et al. (1993)

Ogink and Kroodsmas (1996)

Braam et al. (1997)

van Dooren & Mosquera (2016)

van Dooren et al (2022)

Het WeComV adviseert om het reinigen van de loopvloer met water te erkennen als reducerende maatregel. Het comité adviseert om bij toepassing van deze maatregel bij een dagelijks volume van 6 l water per m², homogeen verdeeld over het volledige vloeroppervlak en over 12 speelbeurten per dag, een ammoniakreductie van 10% toe te kennen.

In combinatie met een mestschuif of mest(zuig)robot met een reinigingsfrequentie van minimaal 12 keer per dag, adviseert het comité om aan deze maatregel bij een dagelijks volume van 3 l water per m², homogeen verdeeld over het volledige vloeroppervlak en over 6 speelbeurten per dag een extra ammoniakreductie van 5% toe te kennen (zie Bijlage 1: Generiek kader). Het

comité geeft eveneens aan dat er geen wetenschappelijke onderbouwing is om bij 12 keer schuiven extra reductie te halen door meer dan 6 keer per dag te spoelen.

e. Loopvloer uitrusten met kunststof oppervlak

Het gebruik van kunststof roostervloeren in melkveestallen kan bijdragen aan de reductie van ammoniakemissie door hun gladde en niet-poreuze oppervlak, waardoor mest en urine snel kunnen worden afgevoerd en de vorming van ammoniak wordt verminderd. De belangrijkste factor die deze reductie bevordert is de lagere oppervlakteruwheid van kunststofmaterialen in vergelijking met traditionele betonvloeren en de verminderde adsorptie van urine en urease. Door de hogere gladheid van kunststof ten opzichte van beton, kan mest en urine sneller worden afgevoerd en verloopt het reinigen ook makkelijker. Tevens kan een kunststof oppervlak aanleiding geven tot een lagere pH van de mest aanwezig op het vloeroppervlak met een positieve impact op de vermindering van ammoniakvorming. Onderzoek heeft aangetoond dat de combinatie van de fysische eigenschappen van kunststof, zoals de verminderde adsorptiecapaciteit en de verbeterde afvoer van urine, kan leiden tot een significante vermindering van ammoniakemissies in vergelijking met traditionele betonnen vloeren.

De volgende publicaties werden geraadpleegd:

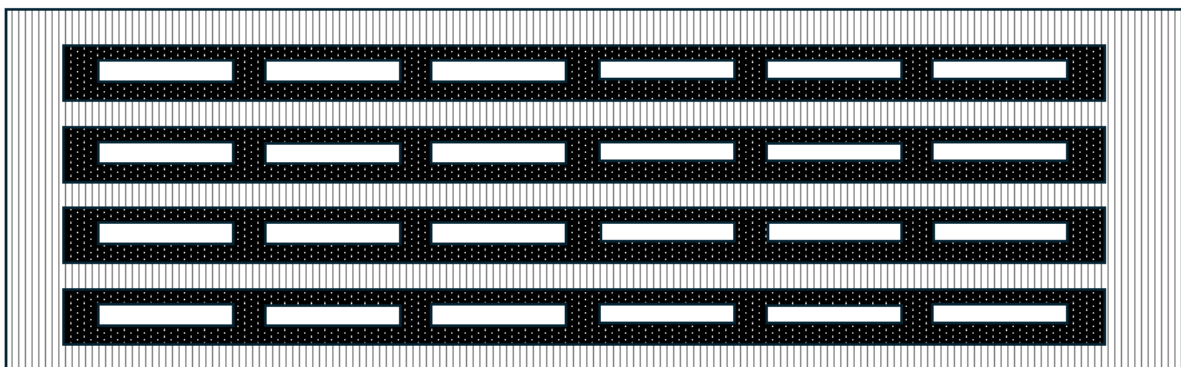
van Dooren et al. (2016)

Winkel et al. (2020)

Het WeComV raadt aan om het gebruik van kunststof als oppervlak van een loopvloer op te nemen in het generiek kader en hierbij onderscheid te maken naargelang het percentage van de totale beloopbare vloeroppervlakte dat is bedekt met kunststof. Het comité adviseert om bij toepassing van deze maatregel bij een bedekking van respectievelijk meer dan 40 en 90% van het dicht vloeroppervlak enkel een reductie toe te kennen van 10% en 15 % indien het wordt toegepast in combinatie met een extra emissiereducerende ingreep (zie tabel). In het geval van een roostervloer moet de 40% en 90% norm van het dicht vloeroppervlak (dus exclusief de gleufoppervlakte in roostervloerelementen; zie figuur 1) behaald worden op niveau van het roostervloerelement.

Figuur 1

Theoretische weergave van een roostervloerelement met roosterspleten (wit), kunststofelement (zwart) en betonstructuur (grijs). Het dicht vloeroppervlak is de combinatie van het kunststof en het betonoppervlak. Het zwart oppervlak moet per roostervloerelement dus 40% of 90% bedragen ten opzichte van de som van de oppervlaktes van het zwart en grijs oppervlak.



3. Combinatie vloertype en emissiereducerende ingrepen

Door combinaties te maken van enerzijds het vloertype (zie 1.) en anderzijds emissiereducerende ingrepen (zie 2.) wordt het volledige generiek kader bekomen (zie Bijlage 1: Generiek kader).

Reducties van combinaties worden berekend op basis van multiplicativiteit. Omdat het combineren van technieken voor extra onzekerheden zorgt, worden bijkomend veiligheidsfactoren toegepast, nl. -10% bij een combinatie van een vloertype met 1 bijkomende emissiereducerende ingreep en -20% bij een combinatie van een vloertype met meer dan 1 bijkomende emissiereducerende ingreep. Er wordt finaal afgerond op de dichtstbijzijnde eenheid.

Een voorbeeld: We combineren een vloertype met een reductie van 10% met een emissie-reducerende ingreep met een reductie van 15% plus een andere emissiereducerende ingreep van 10%. De resterende emissies (0.9, 0.85 en 0.9) worden eerst met elkaar vermenigvuldigd ($=0.689$) om daaruit de reductie te berekenen ($=0.311$) en op dat resultaat passen we een veiligheidsfactor 0.8 toe. Dit levert finaal 25% op als reductie van de combinatie.

4. Toepassing van nieuw generiek kader op huidige PAS-maatregelen

De huidige PAS-maatregelen werden gescreend met behulp van het nieuw generiek kader. Bijlage 2: Overzicht wijzigingen vloeren PAS-lijst R-1 geeft een overzicht van de (al dan niet) gewijzigde reducties en eventuele aanpassingen van de voorwaarden verbonden aan de nieuwe reducties.

Antwoord op vraag 2

Het WeComV adviseert een aantal wijzigingen in het generieke kader op basis van wetenschappelijke literatuur, expertopinie en nieuwe inzichten rond de praktische toepasbaarheid van reducerende ingrepen. Zo is een nieuw generiek kader opgesteld voor vloersystemen, waarbij onderscheid wordt gemaakt tussen 4 groepen van vloertypes en 3 types emissiereducerende ingrepen. Dit kader maakt het mogelijk om zowel bestaande als nieuwe vloeren in te schatten op hun realistisch te verwachten reducerend vermogen in de praktijk op basis van hun kenmerken. De belangrijkste eigenschappen in dit verband zijn een versnelde afvoer van urine, het minimaliseren van het met mest/urine bevuilde vloeroppervlak en het beperken van luchtuitwisseling met de mestopslag.

Het comité adviseert om bij toepassing van bepaalde vloersystemen, een basis-emissiereductie toe te kennen. Voor emissiereducerende ingrepen zoals het reinigen van loopvloeren met mestschuif of mest(zuig)robot, met water en het gebruik van kunststof vloeroppervlakken, worden specifieke reductiepercentages geadviseerd. Voor de toepassing van afdichtkleppen in roostervloeren en vloeren met perforaties of groeven adviseert het WeComV om geen reducties toe te kennen. Vloeren met perforaties kunnen niet a priori ondergebracht worden onder vloertype van categorie a. Dit zal per indiening op basis van expert judgement bepaald worden.

Samenvattend, het generieke kader biedt een gestructureerde aanpak om de ammoniak-emissiereducties van verschillende vloersystemen in combinatie met emissie-reducerende ingrepen te beoordelen. De vloeren op de huidige PAS-lijst kunnen ingedeeld worden in functie van het respectievelijke vloertype, in combinatie met één of meerdere emissiereducerende ingrepen.

VRAAG 3

Met welke randvoorwaarden inzake uitvoering en gebruik werd rekening gehouden bij het adviseren van emissiereducties?

Per vloertype en per emissiereducerende ingreep worden de belangrijkste randvoorwaarden geformuleerd als minimaal te realiseren doelstellingen zodat de beoogde emissiereducties kunnen gehaald worden.

1. Dichte vloer zonder regelmatige afstort

a. Loopvloer

Er zijn meerdere mogelijkheden om een dichte vloer te realiseren. Vanuit emissieoogpunt is een goede reinigbaarheid van de loopvloer van essentieel belang. Er kunnen groeven/sleuven/uitsparingen in de vloer aanwezig zijn die zorgen voor een betere beloopbaarheid voor de dieren en een versnelde afvoer van de urine. Indien er in het oppervlak ook sleuven in de lengterichting aanwezig zijn, moet het ontwerp van de mestschuif dusdanig zijn dat de sleuven mee gereinigd worden. Bij het ontwerp moet er aandacht zijn dat de groeven/sleuven/uitsparingen niet verstoppert tijdens het gebruik in de praktijk.

b. Mestafstort

Aan één of beide uiteinden van de loopgang is in de vloer een afstort gemaakt voor de afvoer van de mest. Deze mestafstorten dienen voorzien te zijn van een afsluiting, bv. rubberen flappen of een andere voorziening die emissie vanuit de mestkelder zoveel mogelijk voorkomt.

2. Dichte hellende vloer met maximale afstand van 3 m tot giergoot

a. Loopvloer

Er zijn meerdere mogelijkheden om een hellende dichte vloer te realiseren. Het principe is om de scheiding tussen urine en mest te versnellen door een helling te creëren in het vloeroppervlak tussen 1,5 en 3%. De helling doet de urine aflopen naar 1 of meerdere urinegoten. **Voor deze categorie zal de afstand die de urine moet afleggen tot een giergoot maximaal 3 meter zijn.** Meest voorkomend zal dit zijn in stallen met een relatief smalle gang waarvan het vloeroppervlak in 1 helling (1,5-3%) naar de zijkant wordt gelegd. Aan de zijkant, d.w.z. ter hoogte van de ligboxafscheiding of het voederhek is dan een giergoot aanwezig. De giergoot is een holte waarin de afstromende urine zich verzamelt voor een vlotte afvoer van de urine (1) via gaten in de giergoot of (2) naar het uiteinde van de stal, waar het via een mestafstort wordt afgevoerd naar een onder de stal gelegen gier/mestkelder of naar een mestopslag buiten de stal.

Alternatief kan ook een giergoot voorzien worden in het midden van de gang, waardoor een V-vormige vloer ontstaat (de giergoot is het laagste punt en langs beide zijden loopt de vloer af naar de giergoot toe) met aflooptlengtes tussen 2 en 3 meter.

Een derde optie is om een omgekeerde v-vloer te creëren door de helling vanaf het midden naar de zijkanten te leggen met aflooptlengtes tussen 2 en 3 meter en aan beide zijkanten een urinegoot te voorzien.

De uitvoering van het vloeroppervlak kan in 1 materiaal of een combinatie zijn van geprofileerd composiet/beton/rubber.

Er kunnen groeven/sleuven/uitsparingen in de vloer aanwezig zijn die zorgen voor een betere beloopbaarheid voor de dieren en een versnelde afvoer van de urine naar de giergoot. Indien er in het oppervlak ook sleuven in de lengterichting aanwezig zijn, moet het ontwerp van de mestschuif dusdanig zijn dat de sleuven mee gereinigd worden.

Bij het ontwerp moet er aandacht zijn dat de groeven/sleuven/uitsparingen niet verstoppert tijdens het gebruik in praktijk.

b. Giergoot

Essentieel is een goede giergootdimensionering: deze moet breed en diep genoeg zijn om verstoppingen te vermijden. De dimensionering moet aangepast zijn aan de grootte van het afstroomoppervlak en het aantal dieren. De giergoot moet samen met de vloeren gereinigd worden.

c. Mestafstort

Aan één of beide uiteinden van de loopgang is in de vloer een afstort gemaakt voor de afvoer van de mest. Deze mestafstorten dienen voorzien te zijn van een afsluiting, bv. een brievenbussluiting, rubberen flappen of een andere voorziening die emissie vanuit de mestkelder zoveel mogelijk voorkomt.

3. Dichte hellende vloer met een maximale afstand van 2 m tot giergoot

a. Loopvloer

Er zijn meerdere mogelijkheden om een hellende dichte vloer te realiseren. Het principe is om de scheiding tussen urine en mest te versnellen door een helling te creëren in het vloeroppervlak tussen 1,5 en 3%. **Voor deze categorie zal de afstand die de urine moet afleggen tot de giergoot maximaal 2 meter bedragen.** Daartoe kan een giergoot voorzien worden in het midden van de gang, waardoor een V-vormige vloer ontstaat (de giergoot is het laagste punt en langs beide zijden loopt de vloer af naar de giergoot toe). In het midden van de vloer bevindt zich een (stalen) giergoot die voldoende breed en diep is voor een vlotte afvoer van de urine via gaten in de giergoot of naar het uiteinde van de stal, waar het via een mestafstort wordt afgevoerd naar een onder de stal gelegen gier/mestkelder of naar een mestopslag buiten de stal.

Een tweede optie is om een omgekeerde V-vloer te creëren door de helling vanaf het midden naar de zijkanten te leggen en aan beide zijkanten een urinegoot te voorzien. Aan de zijkanten, d.w.z. ter hoogte van de ligboxafscheiding of het voederhek is dan een uitsparing aanwezig voor een eventuele kabel of ketting van de mestschuif. De uitsparing is een holte waarin de afstromende urine zich verzamelt.

De uitvoering van het oppervlak kan in beide gevallen een uitvoering zijn in 1 materiaal of een combinatie zijn van geprofileerd composiet/beton/rubber.

Er kunnen groeven/sleuven/uitsparingen in de vloer aanwezig zijn die zorgen voor een betere beloopbaarheid voor de dieren en een versnelde afvoer van de urine naar de giergoot. Indien er in het oppervlak ook sleuven in de lengterichting aanwezig zijn, moet het ontwerp van de mestschuif dusdanig zijn dat de sleuven mee gereinigd worden en verstoppingen vermeden worden.

b. Giergoot

Essentieel is een goede giergootdimensionering: deze moet breed en diep genoeg zijn om verstoppingen te vermijden. De dimensionering moet aangepast zijn aan de grootte van het afstroomoppervlak en het aantal dieren. De giergoot moet samen met de vloeren gereinigd worden.

c. Mestafstort

Aan één of beide uiteinden van de loopgang is in de vloer een afstort gemaakt voor de afvoer van de mest. Deze mestafstorten dienen voorzien te zijn van een afsluiting, bv. een brievenbussluiting, rubberen flappen of een andere voorziening die emissie vanuit de mestkelder zoveel mogelijk voorkomt.

4. Loopvloer reinigen met mestschuif of mest(zuig)robot

a. Mestschuif of -(zuig)robot

De mestschuif of mest(zuig)robot moet **minstens 12 keer per dag** elk deel van de loopvloer reinigen en dit maximaal **om de 2 uur**. De mestschuif/mest(zuig)robot dient zodanig te worden uitgevoerd dat het bovenoppervlak van de vloer adequaat wordt gereinigd en de vloer na passage van de schuif/robot mestvrij achterblijft.

De mestschuif moet zodanig gedimensioneerd en ontworpen zijn, zodat alle aanwezige mest wordt meegenomen zonder dat mest over de bovenrand van de mestschuif komt. Indien langssleuven in het vloeroppervlak aanwezig zijn, dient de mestschuif zo ontworpen te zijn dat de langssleuven mee gereinigd worden bij passage van de mestschuif en verstoppingen vermeden worden.

De mestschuif/mest(zuig)robot moet regelmatig nagekeken worden op effectiviteit. Indien nodig moeten aanpassingen/vervangingen gebeuren aan het toestel of onderdelen ervan (bv. voorzieningen voor een goede aansluiting met de loopvloer zoals de borstels bij een mestzuigrobot).

De doorgangen tussen of naast de rijen ligboxen die niet bereikbaar zijn voor de mestschuif/robot moeten zoveel als mogelijk beperkt blijven in oppervlak en minstens dagelijks handmatig of met rijdend/geduwd materieel worden gereinigd.

b. Mestafstort

Bij een vaste mestschuif zal de mestafstort tenminste de lengte moeten hebben van de naar voren gerichte mestgeleiders. Bij een mest(zuig)robot moet de stortplaats zodanig ontworpen zijn dat alle mest gedeponeerd wordt in de voorziene mestkelder.

5. Loopvloer reinigen met water

Het besproeien kan gebeuren met sproeikoppen gemonteerd op een mestrobot of geïnstalleerd op de roosters of in de boxrand van ligboxen. Het aantal, de plaatsing en het sproeibeeld van de sproeikoppen moeten samen toelaten om het watervolume evenredig te verdelen over het volledige loopvloeroppervlak. Er moet ook aandacht zijn voor een voldoende grote druppelgrootte om verdamping tijdens het luchttraject tegen te gaan.

Bij deze maatregel kan uit twee varianten worden gekozen:

- een dagelijks volume van 3 l water per m² verdeeld over 6 spoelbeurten per dag (deze variant kan enkel in combinatie met een bijkomende emissiereducerende ingreep)
- een dagelijks volume van 6 l water per m² verdeeld over 12 spoelbeurten per dag

6. Loopvloer uitgerust met kunststof oppervlak

De kunststof moet waterafstotend zijn, een minimale oppervlakteruwheid hebben en moet de chemische invloeden van mest en urine weerstaan om de integriteit te behouden. Het is ook belangrijk dat vloeren gemakkelijk schoon te maken en te desinfecteren zijn voor goede stalhygiëne. Tegelijk moet er aandacht zijn om voldoende grip (minimale stroefheid/beloopbaarheid) te bieden om uitglijden en verwondingen te voorkomen. Daarnaast moet de kunststof slijtvast genoeg zijn om het gewicht van het vee en de wrijving van de dagelijkse activiteiten in de stal te dragen zonder beschadiging. De beperkte oppervlakteruwheid en de stroefheid moeten regelmatig gecontroleerd worden. Indien nodig moet de kunststof vervangen worden.

Bij deze maatregel kan uit twee varianten worden gekozen:

- 40% van het dicht vloeroppervlak (dus exclusief de gleufoppervlakte in roostervloeren) is uitgerust in kunststof
- 90% van het dicht vloeroppervlak (dus exclusief de gleufoppervlakte in roostervloeren) is uitgerust in kunststof

Antwoord op vraag 3

Het WeComV heeft per vloertype en per emissiereducerende ingreep de belangrijkste randvoorwaarden inzake uitvoering en gebruik aangehaald. Deze randvoorwaarden werden geformuleerd als verplicht te realiseren minimale doelstellingen zodat de beoogde emissiereducties kunnen gehaald worden.

VRAAG 4

Met welke punten werd er rekening gehouden bij de actualisatie zodat de geadviseerde reducties geldig zijn in praktijkomstandigheden?

1. Vloertypes en emissiereducerende ingrepen

Het nieuwe generiek kader houdt rekening met **praktische problemen** die kunnen optreden bij de toepassing van bepaalde emissiereducerende vloersystemen. Zo werden de kleppen geschrapt en wordt geen reductie toegekend aan groeven en perforaties in de vloeren die in theorie moeten leiden tot een betere urine afvoer.

2. Het effect van management van de veehouder

De effectiviteit van emissiearme vloersystemen hangt sterk af van het dagelijkse beheer door de veehouder, inclusief het dagelijks schoonmaken om ophoping van mest en urine te voorkomen. Dit is belangrijk om zowel de emissiereductie te optimaliseren als de gezondheid van de dieren te waarborgen. Soms kunnen aanpassingen in managementpraktijken, zoals het aanpassen van het rantsoen, nodig zijn om de effectiviteit van de vloeren te verbeteren. Het is essentieel dat veehouders voldoende aandacht besteden aan het onderhoud van de vloeren en ondersteund worden bij het implementeren van gerichte managementmaatregelen, afgestemd op de specifieke werking van de vloersystemen. Regelmatige inspecties zijn ook aanbevolen om slijtage of schade te detecteren, zodat gebreken direct gerepareerd worden.

De installatie van de vloer/techniek moet uiteraard nauwkeurig volgens de specificaties van de fabrikant plaatsvinden, aangezien een onjuiste installatie de effectiviteit kan verminderen. Daarnaast moeten fabrikanten ervoor zorgen dat veehouders goed getraind worden in het gebruik en onderhoud van de systemen.

De uiteindelijke reducties op een praktijkbedrijf zijn afhankelijk van de omstandigheden en het management, die zowel in de tijd als ruimte kunnen variëren. Om overschatting van de reducties in de praktijk te voorkomen, zijn de toegekende reducties in het vernieuwde generieke kader ingeschat op basis van onzekerheden gerelateerd aan de werking in de praktijk bij een 'conform' management.

Bedrijven die specifieke emissiereducerende technieken toepassen, kunnen via een dossier op basis van meetdata een hoger reductiepercentage aanvragen voor hun vloersysteem (zie Aandachtspunten > Nieuwe aanvragen tot opname op de lijst).

Antwoord op vraag 4

Het WeComV heeft punten aangehaald waarmee rekening werd gehouden bij de actualisatie zodat de geadviseerde reducties geldig zijn in praktijkomstandigheden. Dit betreffen onder andere: (1) gekende praktische problemen die optreden bij de toepassing van bepaalde emissiereducerende vloersystemen (2) het effect van management van de veehouder en (3) nieuwe aanvragen tot opname op de lijst.

Kritische (controle)punten

Voor de vloertypes en de emissiereducerende ingrepen werden enkele kritische (controle)punten gedefinieerd waaraan minimaal voldaan moet worden om de goede werking ervan te kunnen garanderen.

1. Voor alle vloertypes en kunststofoppervlaktes moet de loopvloer visueel zuiver zijn. Dat wil zeggen vrij van aangekoekte mest. De vloer moet steeds intact zijn en vrij van overmatige slijtage.
2. Voor alle mestafstorten geldt dat de afdichtvoorzieningen in de mestafstorten ten allen tijde goed afdichten. De afdichtvoorzieningen in de mestafstorten moeten op regelmatige basis (minimaal 1 keer per jaar) onderhouden worden en gecontroleerd worden op hun goede werking.
3. Voor de maatregel loopvloer reinigen met mestschuif of mest(zuig)robot: na de passage van de mestschuif of mest(zuig)robot is de mest afdoende verwijderd van de vloer inclusief de groeven/sleuven. De vloer moet visueel zuiver zijn. Dat wil zeggen vrij van opengesmeerde en aangekoekte mest. De mestschuif of mest(zuig)robot moet tenminste eenmaal per jaar onderhouden worden. Voor een mestzuigrobot moeten de borstels vervangen worden met een frequentie in overeenstemming met de richtlijnen van de constructeur, om een permanente goede werking te garanderen.
4. Voor de maatregel loopvloer reinigen met water: de sproeikoppen en andere onderdelen moeten dagelijks geïnspecteerd worden om verstoppingen tijdig op te merken en om een consistente homogene waterverdeling te garanderen.

Onzekerheden en beperkingen

Afwijking van de hierboven gedefinieerde vloersystemen en emissiereducerende maatregelen vallen buiten dit advies. Afwijkingen kunnen aangevraagd worden via een aanvraagprocedure bij het AT. In geval van twijfel raadt het WeComV het AT aan om een wetenschappelijk advies aan het WeComV te vragen.

Aandachtspunten

1 Loopvloer reinigen met water

Het WeComV adviseert om deze maatregel enkel toe te passen met regenwater. Dit impliceert dat er enerzijds een voldoende voorraad regenwater moet zijn en anderzijds dat er in de mestkelders en/of de externe mestopslag voldoende ruimte moet zijn voor het bijkomende volume nodig voor mestopslag. Het capteren van het regenwater kan bijdragen aan de verplichte opvang van regenwater ter voorkoming van wateroverlast.

2 Loopvloer uitgerust met kunststof oppervlak

Bij het gebruik van kunststof is het belangrijk om enerzijds de gladheid van het oppervlak te hebben (zie hoger) maar anderzijds voldoende indrukbaarheid en/of stroefheid om grip te geven aan de klauwen van de dieren bij het stappen. Dit moet garanderen dat de koeien vlot kunnen stappen zonder risico op uitglijden.

3 Doorgangen en andere zones (bv wachtruimte) die niet uitgevoerd kunnen worden zoals de loopgangen

De doorgangen tussen of naast de rijen ligboxen en andere zones die niet bereikbaar zijn voor de mestschuif/robot moeten zoveel als mogelijk beperkt blijven in oppervlak en minstens dagelijks 2 x handmatig of met rijdend/geduwd materieel worden gereinigd. Als in die zones een ander vloersysteem wordt toegepast, kan daardoor extra emissie vanuit de mestkelder optreden (luchtcirculatie onder de vloer). Daarom dient in de mestkelder en ter hoogte van elke overgang van vloersysteem een afsluitende voorziening te worden aangebracht die verplaatsing van luchtstromen voorkomt. Dit is niet van toepassing als het andere vloersysteem in de doorgangen of andere zones een dichte vloer is. Deze zones mogen maximaal 15% van de totale bevuilde oppervlakte uitmaken en in dat geval kan het toegekende reductiepercentage zonder aanpassing toegepast worden op de ganse stal.. Indien de totale oppervlakte van deze zones toch meer dan 15% bedraagt van de totale bevuilde oppervlakte en indien die zones een lager/hoger reductiepercentage hebben, adviseren we om voor het deel boven de 15% (bv. 5% indien de zones 20% van de oppervlakte innemen) een proportionele verrekening te doen zoals die zoals beschreven in punt 5 m.b.t. een combinatie van 2 vloertypes of emissiereducerende maatregelen.

4 Aandachtspunten bij nieuwe aanvragen tot opname op de lijst

Met het nieuwe generieke kader worden de ammoniakemissie reducties voor vloersystemen ingeschat via expertopinie. Daarnaast bestaat nog steeds de mogelijkheid om een aanvraag bij het AT in te dienen voor de opname van een specifiek vloersysteem (al dan niet in combinatie met één of meerdere emissiereducerende ingre(p(en))). Om te kunnen afwijken van het generieke kader, dient hierbij de aangevraagde ammoniakemissie reductie gebaseerd te zijn op voldoende betrouwbare resultaten van metingen op stalniveau onder praktijkomstandigheden. Deze praktijkmetingen dienen uitgevoerd te zijn volgens de geldende meetrichtlijnen (zie <https://wecomv.be/nl/meetrichtlijnen>). Voor het adviseren van de betreffende emissiereductie zal WeComV zich dan bijkomend baseren op de actuele wetenschappelijke inzichten.

5 Combinatie van verschillende vloertypes en emissiereducerende maatregelen

Een combinatie van vloertypes en emissiereducerende maatregelen binnen een stal is mogelijk. Het emissiereductiepercentage kan dan proportioneel op basis van dierplaatsen berekend worden. In het geval de reductiepercentages verschillend zijn, moet er aandacht zijn dat de gemiddelde dierbezetting/dieraanwezigheid op de verschillende vloeren vergelijkbaar is of dat de gemiddelde dierbezetting/dieraanwezigheid op het vloertype met de kleinste reductie kleiner is dan deze op de vloer met de hoogste reductie. Ook indien de 40% kunststof behaald zou worden door een combinatie van soorten vloeren, moet er aandacht zijn dat de gemiddelde dierbezetting/dieraanwezigheid op de verschillende vloeren vergelijkbaar is. In geval een verrekening op basis van dierplaatsen niet kan, kan die best gebeuren op basis van oppervlakte (bijvoorbeeld in geval van doorsteken en wachtruimtes).

Conclusie

Het WeComV oordeelt dat het gebruik van een generiek kader waarin technieken en maatregelen gegroepeerd worden en een reductie toegekend krijgen per categorie, nog steeds de meest aangewezen methodiek is.

Op basis van de huidige wetenschappelijke kennis en expertise is een nieuw generiek kader opgesteld voor vloersystemen, waarbij onderscheid wordt gemaakt tussen 4 verschillende vloertypes en 3 types emissiereducerende ingrepen die toegepast kunnen worden. Voor de toepassing van afdichtkleppen in roostervloeren en vloeren met perforaties of groeven raadt het WeComV aan om geen reducties meer toe te kennen vanwege een onvoldoende robuust systeem.

Vloeren met perforaties kunnen niet a priori ondergebracht worden onder vloertype van categorie a. Dit zal per indiening op basis van expert judgement bepaald worden. Het ontwikkelde generieke kader biedt een gestructureerde aanpak om de ammoniak-emissiereducties van verschillende vloersystemen al dan niet in combinatie met emissie-reducerende ingrepen in te schatten. De vloeren op de huidige PAS-lijst kunnen aldus ingedeeld worden in functie van vloertype, al dan niet in combinatie met één of meerdere emissiereducerende ingrepen.

Het WeComV heeft per vloertype en per emissiereducerende ingreep de belangrijkste randvoorwaarden inzake uitvoering en gebruik aangehaald.

Het WeComV heeft punten aangehaald waarmee er rekening werd gehouden bij de actualisatie zodat de geadviseerde reducties geldig zijn in praktijkomstandigheden.

Dit betreffen onder andere: (1) gekende praktische problemen die optreden bij de toepassing van bepaalde emissiereducerende vloersystemen (2) het effect van management van de veehouder en (3) nieuwe aanvragen tot opname op de lijst.

Het WeComV heeft kritische (controle)punten en aandachtspunten gedefinieerd waaraan voldaan moet worden om de goede werking van de vloersystemen en de emissiereducerende ingrepen te garanderen.

Bijlage 1: Generiek kader

	Vloertype			
	Vloeren die niet vallen onder type b/c/d ¹	Dichte vloer zonder regelmatige afstort	Dichte hellende vloer met maximale afstand van 3 m tot giergoot	Dichte hellende vloer met maximale afstand van 2 m tot giergoot
	a	b	c	d
Emissiereducerende ingrepen?				
GEEN	/	/	/	/
1. Loopvloer reinigen met mestschuif of mest(zuig)robot 12x	10	/	13	17
Loopvloer reinigen met water				
2. 3 l/m ² , 6x/dag	/	/	/	/
3. 6 l/m ² , 12x/dag	10	/	13	17
Loopvloer uitrusten met kunststof oppervlak				
4. 40% van dicht vloeroppervlak	/	/	/	/
5. 90% van dicht vloeroppervlak	/	/	/	/
Combinaties				
1. Loopvloer reinigen met mestschuif of mest(zuig)robot 12x	12	15	15	18
2. Loopvloer reinigen met water - 3 l/m ² , 6x/dag				
1. Loopvloer reinigen met mestschuif of mest(zuig)robot 12x	15	18	18	22
4. Loopvloer uitrusten met kunststof oppervlak - 40%				
3. Loopvloer reinigen met water - 6 l/m ² , 12x/dag	19	22	22	25
5. Loopvloer uitrusten met kunststof oppervlak - 90%				

¹ Vloeren met perforaties kunnen niet a priori ondergebracht worden onder vloertype van categorie a. Dit zal per indiening op basis van expert judgement bepaald worden.

1. Loopvloer reinigen met mestschuif of mest(zuig)robot 12x	19	22	22	25
5. Loopvloer uitrusten met kunststof oppervlak - 90%				
1. Loopvloer reinigen met mestschuif of mest(zuig)robot 12x	18	22	22	25
2. Loopvloer reinigen met water - 3 l/m ² , 6x/dag				
4. Loopvloer uitrusten met kunststof oppervlak - 40%				
1. Loopvloer reinigen met mestschuif of mest(zuig)robot 12x	22	25	25	28
2. Loopvloer reinigen met water - 3 l/m ² , 6x/dag				
5. Loopvloer uitrusten met kunststof oppervlak - 90%				

Bijlage 2: Overzicht wijzigingen vloeren PAS-lijst R-1

Huidige PAS-lijst			Nieuwe lijst		
Fiche	Naam maatregel	Reductie	Vloer en bijkomende ingrepen	Reductie	Aanpassing voorwaarden?
PAS R-1.2	Loopvloer reinigen met mestschuif of mestrobot	10-15%	a.1	10%	12 ipv 6 en 10 keer schuiven
PAS R-1.3	Loopvloer reinigen met mestschuif of mestrobot en water	15-20%	a.1+2	12%	12 ipv 6 en 10 keer schuiven Voorwaarde 6 keer per dag met water sproeien staat niet in de maatregelfiche.
PAS R-1.4	Scheiden van vaste mest en urine onder de rooster gecombineerd met het reinigen van de roostervloer door middel van een mestrobot of mestschuif en sproeisysteem	20%	a.1+2	12%	12 ipv 6 keer schuiven Voorwaarde 6 keer per dag met water sproeien staat niet in de maatregelfiche.
PAS R-1.5	Combi profiel- en roostervloer voorzien van mestschuif en sproeisysteem	25%	a.1+2	12%	Voorwaarde 6 keer per dag met water sproeien staat niet in de maatregelfiche.
PAS R-1.6	Roostervloer voorzien van cassettes in de roosterspleten en reinigen met mestschuif of mestrobot	25%	a.1+4	15%	Afsluitkleppen niet meer verplicht % van oppervlakte in rubber staat niet in de fiche
PAS R-1.9	Hellende V-vormige vloer met centrale giergoot en voorzien van geprofileerde rubber matten en mestschuif	25%	c.1+5 d.1+5	22% 25%	Voorwaarde ivm afstand tot giergoot staat niet expliciet in de maatregelfiche.

					% van oppervlakte in rubber staat niet in de fiche
PAS R-1.10	Roostervloer voorzien van een bolle thermoplastisch rubber toplaag en met mestschuif of mestrobot	25%	a.1+5	19%	% van oppervlakte in rubber staat niet in de fiche
PAS R-1.12	Vloer voorzien van perforaties en hellende profilering en mestschuif	25%	a.1	10%	
PAS R-1.13	Geprofileerde vlakke vloer met hellende sleuven, regelmatige mestafstorten voorzien van hangende afdichtflappen met mestschuif of mestrobot	25%	a.1	10%	Afsluitkleppen niet meer verplicht
PAS R-1.14	V-vormige vloer van geprofileerde vloerelementen in combinatie met een gieraafvoerbuis en met mestschuif	25%	c.1 d.1	13% 17%	Voorwaarde ivm afstand tot giergoot staat niet expliciet in de maatregelfiche.
PAS R-1.15	Roostervloer met hellende groeven of hellend gelegd, voorzien van afdichtkleppen in de roosterspleten, met mestschuif of mestrobot en water	30%	a.1+2	12%	Afsluitkleppen niet meer verplicht Voorwaarde 6 keer per dag met water sproeien staat niet in de maatregelfiche Voorwaarde om 24 keer per dag te reinigen vervangen door minimum 12 keer per dag.
PAS R-1.16	Geprofileerde vloerplaten met sterk hellende langsgleuven met urineafvoergat en hellende dwarsgroeven, aangesloten gelegd of gescheiden door mestafstorten voorzien van emissiereductiekleppen, met mestschuif - variant 1 vloerplaten aaneengesloten	25%	Variant 1: a.1 Variant 2: a.1	Variant 1: 10% Variant 2: 10%	Afsluitkleppen niet meer verplicht (enkel van toepassing bij variant 2)

	- variant 2 regelmatige mestafstorten met kleppen				
PAS R-1.17	Roostervloer voorzien van rubber matten en composiet nokken met een hellend profiel, kunststofcassettes met kleppen in de roosterspleten en met mestschuif of mestrobot	25%	a.1+5	19%	Afsluitkleppen niet meer verplicht % van oppervlakte in rubber staat niet in de fiche
PAS R-1.18	Geprofileerde vlakke vloer met hellende sleuven, regelmatige mestafstorten voorzien van emissiereductiekleppen en met mestschuif of mestrobot	25%	a.1	10%	Enkel versie met regelmatige mestafstorten toegelaten. Bij 2°C staat ook een systeem beschreven met enkel aan einden een afstort?
PAS R-1.19	Geprofileerde hellende vloer met holtes voor gieropvang en gierafvoer aan de zijkant en met mestschuif	25%	c.1 d.1	13% 17%	Voorwaarde ivm afstand tot giergoot staat niet expliciet in de maatregelfiche.
PAS R-1.21	V-vormige vloer van geprofileerde vloerelementen in combinatie met een gierafvoerbuis en met mestschuif	25%	c.1 d.1	13% 17%	Voorwaarde ivm afstand tot giergoot staat niet expliciet in de maatregelfiche.
PAS R-1.22	Roostervloer met inleg-roosterbalken met een hellend profiel, voorzien van afsluitflappen in de roosterspleten en met mestschuif of mestrobot	25%	a.1	10%	Afsluitkleppen niet meer verplicht
PAS R-1.23	Roostervloer voorzien van rubber matten en composiet nokken met een hellend profiel en met mestschuif of mestrobot	20%	a.1+5	19%	% van oppervlakte in rubber staat niet in de fiche
PAS R-1.24	Dichte vloer voorzien van rubber matten en composiet of beton nokken met een hellend profiel en met mestschuif	25%	b.1+5	22%	% van oppervlakte in rubber staat niet in de fiche
PAS R-1.25	Roostervloer voorzien van rubber elementen en kleppen in de	25%	a.1+4	15%	Afsluitkleppen niet meer verplicht

	roosterspleten en reinigen met mestschuif of mestrobot				Concreet vermelden dat de mestschuif elke 2 uur moet langskomen (nu enkel 12 keer per dag in fiche) % van oppervlakte in rubber staat niet in de fiche
PAS R-1.26	Dichte vloer voorzien van rubbermatten en groeven met een hellend profiel en met mestschuif	25%	b.1+5	22%	
PAS R-1.27	Dichte geprofileerde systeemvloer voorzien van sleuven en rubberpaden met een beperkt roosteroppervlak voorzien van bolle kunststofprofielen en met mestschuif	25%	b.1+4 wachtruimtes, teruglooppaden en doorsteken met PAS R-1.10 of a.1+5 (19% reductie)	18%	Afsluitkleppen niet meer verplicht (vloer wachtruimte, teruglooppaden en doorsteken) % van oppervlakte kan afgeleid worden obv de tekst in de fiche, maar staat niet als dusdanig in de fiche.

Aangeleverde documenten

- 1_Nota werkagenda actualisering PAS lijst
- 2_2023.1_Werkagenda R1 Vloertechnieken_Vraag WeComV
- 3_221116_Voorstel van werkagenda WeComV

Behandeling

Plenaire vergaderingen

- | | |
|--------------|--------------|
| - 01/03/2023 | - 27/05/2025 |
| - 21/04/2023 | - 01/07/2025 |
| - 22/06/2023 | - 15/01/2026 |
| - 14/06/2024 | - 10/02/2026 |
| - 19/12/2024 | - 22/05/2026 |

Bijeenkomsten werkgroep

- | | |
|--------------|--------------|
| - 13/04/2023 | - 23/05/2024 |
| - 15/05/2023 | - 22/08/2024 |
| - 29/06/2023 | - 11/10/2024 |
| - 21/08/2023 | - 08/11/2024 |
| - 09/04/2024 | |

Samenstelling experts

Leden WeComV

Veerle Fievez (voorzitter), Sam De Campeneere, Gert Otten, Eveline Volcke en Christophe Walgraeve, Peter Demeyer, Johan Buyse, Ben Aernouts

Leden Werkgroep dossier

Sam De Campeneere (werkgroepvoorzitter), Peter Demeyer en Gert Otten

Externe experts

Bart Sonck, Nico Ogink

WeComV secretariaat

Nikita Standaert, Eva Brusselman, Caro Devisscher

Veerle Fievez, voorzitter WeComV,

Goedgekeurd op de plenaire vergadering van 22/05/2026

Disclaimer**Niet bindend karakter van adviezen**

Volledigheidshalve vermelden we dat, krachtens artikel 2.17.1, 4e lid van het besluit van de Vlaamse Regering van 1 juni 1995 houdende algemene en sectorale bepalingen inzake milieuhygiëne, de advisering van het WeComV steeds niet-bindend is.

Rol van externe experts

Externe experts worden binnen de werkgroep geconsulteerd omwille van hun technische inbreng. Hoewel externe experts betrokken kunnen zijn bij de initiële opmaak van het ontwerpadvies, zijn zij dit niet meer bij de opmaak van het finale advies. Bijgevolg dragen externe experts geen verantwoordelijkheid voor de inhoud van het finale advies.

Referenties

- Baldini, C., Borgonovo, F., Coppolecchia, D., Brambilla, M., & Navarotto, P. (2013). *Role of housing solutions in reducing GHG emissions from dairy cattle farms* Emissions of Gas and Dust from Livestock, Saint-Malo, France.
- Braam, C. R., Ketelaars, J. J. M. H., & Smits, M. C. J. (1997a). Effects of floor design and floor cleaning on ammonia emission from cubicle houses for dairy cows. *Netherlands Journal of Agricultural Science*, 45(1), 49-64. <https://doi.org/10.18174/njas.v45i1.525>
- Braam, C. R., Smits, M. C. J., Gunnink, H., & Swierstra, D. (1997b). Ammonia emission from a double-sloped solid floor in a cubicle house for dairy cows. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 68(4), 375-386. <https://doi.org/10.1006/jaer.1997.0215>
- Braam, C. R., & Swierstra, D. (1999). Volatilization of Ammonia from Dairy Housing Floors with Different Surface Characteristics. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 72(1), 59-69. <https://doi.org/10.1006/jaer.1998.0345>
- Braam, C. R., & van den Hoorn, C. J. (1996). *Ammoniakemissie-arme betonnen stalvloeren: resultaten van experimenteel en toegepast onderzoek*. IMAG-DLO & CUR.
- Bremmer, B., I. Huisman, F. Toemen, H.H. Ellen, J. van Harn, H.J. van Dooren, I. de Jonge, F. Stouthart, N.W.M. Ogink, 2022. Verbetering van effectiviteit emissiearme stalsystemen in de praktijk: inventarisatie, analyse kritische factoren en advies voor verbetering van toepassing van ammoniak reducerende technieken. Wageningen Livestock Research, Openbaar Rapport 1380.
- Brusselman, E., Beck, B., De Campeneere, S., Demeyer, P., Goossens, K., Kerselaers, E., Maertens, L., Millet, S., Reubens, B., Riebbels, G., Vandaele, L., Vangeyte, J., & Zwervaegher, I. (2016). *Screening van maatregelen die kunnen leiden tot de reductie van ammoniakemissie afkomstig van landbouw*. Instituut voor Landbouw en Visserijonderzoek (ILVO).
- Chiumenti, A., da Borso, F., Pezzuolo, A., Sartori, L., & Chiumenti, R. (2018). Ammonia and greenhouse gas emissions from slatted dairy barn floors cleaned by robotic scrapers. *Research in Agricultural Engineering*, 64(1), 26-33. <https://doi.org/10.17221/33/2017-RAE>
- Dinuccio, E., F. D. P., & L. R. (2024, 24-26 September 2024). *Strategies to improve the environmental sustainability in dairy farming systems* 5th International Symposium on gas and dust emissions from livestock, Valencia.
- EAAP. (2021). Book of Abstracts of the 72nd Annual Meeting of the European Federation of Animal Science. Davos, Switzerland.
- Goed Gepast, eindbrochure (2018). pp. 35. <https://www.vemis.be/eindbrochure-demoproject-goed-gepast>
- Groenestein K., Goedhart P.W., van Bruggen C., de Jonge I., Ogink N. (2023). Schatting van stikstofverliezen uit stallen op basis van de stikstof-fosfaat verhouding in afgevoerde mest. WUR Rapport 1426. pp. 78 <https://edepot.wur.nl/631641>
- Hassouna, M., & Guingand, N. (2013). *Emissions of gas and dust from Livestock*. IFIP - Institut Technique du Porc. <https://hal.science/hal-01190848>
- Innovatiesteunpunt. (2018). *Eindbrochure Demoproject Goed GePAST*.
- Janke, D., Ammon, C., Doumbia, M., Vu, H., Hempel, S., Amon, T. (2023). Ammoniak- und Treibhausgasemissionen der Nutztierhaltung und Minderung – Rinderhaltung. https://www.ktbl.de/fileadmin/user_upload/Allgemeines/Download/Tagungen_2023/Emissionen_Nutztierhaltung/Vortraege/Janke.pdf
- Kai, P., Adamsen, A. P. S., Jensen, M. L., Kasper, P., & Feilberg, A. (2017). *Ammonia emission from danish cubicle barns for dairy cows - effect of floor type and manure scraping* (Report no. 110). DCA - Danish Centre for Food and Agriculture.
- Kroodsmas, W., Huis in 't veld, J. W. H., & Scholtens, R. (1993). Ammonia Emission and Its Reduction from Cubicle Houses by Flushing. *Livestock Production Science*, 35(3-4), 293-302. [https://doi.org/10.1016/0301-6226\(93\)90099-4](https://doi.org/10.1016/0301-6226(93)90099-4)

- Mendes, L. B., Pieters, J. G., Snoek, D., Ogink, N. W. M., Brusselman, E., & Demeyer, P. (2017). Reduction of ammonia emissions from dairy cattle cubicle houses via improved management- or design-based strategies: A modeling approach. *Science of the Total Environment*, 574, 520-531. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.09.079>
- Monteny, G. J. (2000). Modelling of ammonia emissions from dairy cow houses. Doctoraal proefschrift <https://edepot.wur.nl/194569>
- Monteny, G. J., Schulte, D. D., Elzing, A., & Lamaker, E. J. J. (1998). A conceptual mechanistic model for the ammonia emissions from free stall cubicle dairy cow houses. *Transactions of the Asae*, 41(1), 193-201.
- Mosquera, J., van Dooren, H. J. C., Ogink, N. W. M., van Well, E. A. P., & Monteny, G. J. (2021). *Monitoring van methaan-, ammoniak-, en lachgasemissies uit melkveestallen: Praktijkmetingen in de periode oktober 2018 - februari 2020* (Openbaar Rapport 1286). Wageningen Livestock Research.
- Ogink, N. W. M., & Kroodsmas, W. (1996). Reduction of ammonia emission from a cow cubicle house by flushing with water or a formalin solution. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 63(3), 197-204. <https://doi.org/10.1006/jaer.1996.0021>
- Poteko, J., Zahner, M., & Schrade, S. (2019). Effects of housing system, floor type and temperature on ammonia and methane emissions from dairy farming: A meta-analysis [Article]. *Biosystems Engineering*, 182, 16-28. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2019.03.012>
- Qu, Q. B., Groot, J. C. J., Zhang, K. Q., & Schulte, R. P. O. (2021). Effects of housing system, measurement methods and environmental factors on estimating ammonia and methane emission rates in dairy barns: A meta-analysis. *Biosystems Engineering*, 205, 64-75. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2021.02.012>
- Rotz, C. A. (2004). Management to reduce nitrogen losses in animal production. *Journal of Animal Science*, 82 E-Suppl, E119-137. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15471791>
- Rotz, A., & Oenema, J. (2005). *Predicting Management Effects on Ammonia Emissions from Dairy and Beef Farms* St. Joseph, MI. <https://elibrary.asabe.org/abstract.asp?aid=19071&t=5>
- Schep, C. A., van Dooren, H. J. C., Mosquera, J., van Well, E. A. P., Keuskamp, J. A., & Ogink, N. W. M. (2022). *Monitoring van methaan-, ammoniak- en lachgasemissies uit melkveestallen: Praktijkmetingen in de periode oktober 2018-oktober 2020* (Openbaar Rapport 1388). Wageningen Livestock Research.
- Schep, C. A., Vermeulen, E. D. W., van Dooren, H. J. C., Keuskamp, J. A., van Well, E. A. P., & van Deest, K. (2024). *Emissies van ammoniak en methaan uit melkveestallen in het Netwerk Praktijkbedrijven; Tussenresultaten van praktijkmetingen op 15 onderzoeksbedrijven*. (Rapport 1487). Wageningen Livestock Research.
- Schiefler, I. (2013). Greenhouse gas and ammonia emissions from dairy barns. 84-84. <http://hss.ulb.uni-bonn.de/2013/3450/3450.pdf>
- Schrade, S., Zeyer, K., Mohn, J., & Zähler, M. (2022). NH₃ and CH₄ emissions from a naturally ventilated dairy housing: comparison of solid and perforated floors [Presentatie]. AAB conference, Edinburgh.
- Snoek, D. (2016). *Refining a model-based assessment strategy to estimate the ammonia emission from floors in dairy cow houses* [PhD thesis, Wageningen University, Wageningen].
- Snoek, D. J. W., Stigter, J. D., Ogink, N. W. M., & Groot Koerkamp, P. W. G. (2014). Sensitivity analysis of mechanistic models for estimating ammonia emission from dairy cow urine puddles. *Biosystems Engineering*, 121, 12-24. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2014.02.003>
- Sommer, S. G., Zhang, G. Q., Bannink, A., Chadwick, D., Misselbrook, T., Harrison, R., Hutchings, N. J., Menzi, H., Monteny, G. J., Ni, J. Q., Oenema, O., & Webb, J. (2006). Algorithms determining ammonia emission from buildings housing cattle and pigs and from manure stores. *Advances in Agronomy*, Vol 89, 89(05), 261-335. [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(05\)89006-6](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(05)89006-6)

- Swierstra, D., Braam, C. R., & Smits, M. C. J. (2001). Grooved floor system for cattle housing: ammonia emission reduction and good slip resistance. *Applied Engineering in Agriculture*, 17, 1-90. <https://doi.org/https://edepot.wur.nl/198524>
- Swierstra, D., Smits, M. C. J., & Kroodsmas, W. (1995). Ammonia Emission from Cubicle Houses for Cattle with Slatted and Solid Floors. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 62(2), 127-131. <https://doi.org/10.1006/jaer.1995.1071>
- Universitat Politècnica de València (UPV). (2024). Book of abstracts EmiLi 2024 conference. 5th International Symposium on Gas and Dust Emissions from Livestock, Valencia, Spain.
- van Dooren, H. J. C., & Mosquera, J. (2016). *Maatregelen ter vermindering van de ammoniakemissie uit de melkveehouderij: indicatieve beoordelingen van vloer- en keldermaatregelen* (Livestock Research Rapport 915). Wageningen UR Livestock Research.
- van Dooren, H. J. C., Blanken, K., & Ogink, N. W. M. (2022). *Reductie van ammoniakemissie door gebruik van water in melkveestallen: resultaten van emissiemetingen op Dairy Campus* (Openbaar Rapport 1304). Wageningen Livestock Research.
- van Dooren, H. J. C., Zonderland, J. L., Blanken, K., & Bokma, S. (2016). *Effect of Comfort Slat Mats with and without valves on ammonia emission from dairy housing: case control measurements at Dairy Campus Leeuwarden*. Wageningen UR Livestock Research.
- Winkel, A., Bokma, S., Hol, J. M. G., & Blanken, K. (2020). *Ammonia emission of the MeadowFloor CL for dairy barns: A case-control study in the Environmental Research Barn of Dairy Campus* (Report 1275). Wageningen Livestock Research.
- Zähner, M., Poteko, J., Zeyer, K., & Schrade, S. (2017). *Laufflächengestaltung: Emissionsminderung und verfahrenstechnische Aspekte - erste Ergebnisse aus dem Emissionsversuchsstall Tänikon* Bautagung Raumberg-Gumpenstein, <https://ira.agroscope.ch/en-US/publication/36692>
- Zhang, G., Strom, J. S., Li, B., Rom, H. B., Morsing, S., Dahl, P., & Wang, C. (2005). Emission of ammonia and other contaminant gases from naturally ventilated dairy cattle buildings. *Biosystems Engineering*, 92(3), 355-364. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2005.08.002>