



Effecten van ammoniak (NH_3) op gezondheid en welzijn van varkens

H.M. Vermeer & K.H. de Greef

Rapport 1506



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Effecten van ammoniak (NH₃) op gezondheid en welzijn van varkens

H.M. Vermeer & K.H. de Greef

Wageningen Livestock Research

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen Livestock Research en gesubsidieerd door het ministerie van Landbouw, Visserij, Voedselzekerheid en Natuur, in het kader van het Beleidsondersteunend onderzoek Missie D: Gewaardeerd, gezond en veilig voedsel - Veilige en duurzame primaire productie (projectnummer BO-43-111-049).

Wageningen Livestock Research
Wageningen, september 2024

Rapport 1506

Samenvatting

In dit rapport is kennis over het effect van ammoniak (NH₃) op het welzijn van varkens verzameld. NH₃ in de stallucht prikkelt de slijmvliezen van varkens en daarom proberen de dieren het te vermijden. Handhaving van de open norm voor de luchtkwaliteit, deels op basis van dierenmerken, was niet effectief en de vraag is of een gesloten norm wel bruikbaar is. Literatuur over experimenten met verschillende concentraties NH₃ om de effecten op gezondheid en welzijn van varkens in beeld te brengen is verzameld en geanalyseerd. Uit de studies blijkt dat varkens kiezen voor ruimten met lage NH₃ concentraties. Hogere NH₃-concentraties kunnen schadelijk zijn voor de dieren, zowel qua gezondheid, als welzijn als productiviteit. Op basis van de literatuur is een gradueel effect van NH₃ te verwachten – hoger NH₃ is meer nadelig. Idealiter zou een dose-respons-relatie vastgesteld moeten worden voor zowel gezondheids- als welzijnsgerelateerde parameters. Het aantal bruikbare studies bleek hiervoor te gering. Wel is duidelijk dat een normstelling die 20 ppm of lager is welzijnsconsequenties bij varkens kan voorkomen.

Summary

In this report knowledge on the effect of ammonia (NH₃) on pig welfare is collected. NH₃ in the indoor air irritates the mucous membranes of pigs and that is why the animals try to avoid it. Enforcement of the open standard for air quality, partly based on animal based indicators, was not effective and the question is whether a closed standard is useful. Literature on experiments with different concentrations of NH₃ to visualize the effects on health and welfare of pigs was collected and analysed. The studies show that pigs choose areas with low NH₃ concentrations. Higher NH₃ concentrations can be harmful to the animals, both in terms of health, welfare and productivity. Based on literature a gradual effect of NH₃ can be expected – more NH₃ is more harmful. Ideally a dose-response relationship between NH₃ and health and welfare parameters would be best for an animal science based standard. However the number of studies for this relationship was too small. Setting a limit of 20 ppm or lower could prevent welfare consequences in pigs.

Dit rapport is gratis te downloaden op <https://doi.org/10.18174/673557> of op www.wur.nl/livestock-research (onder Wageningen Livestock Research publicaties).



Dit werk valt onder een Creative Commons Naamsvermelding-Niet Commercieel 4.0 Internationaal-licentie.

© Wageningen Livestock Research, onderdeel van Stichting Wageningen Research, 2024

De gebruiker mag het werk kopiëren, verspreiden en doorgeven en afgeleide werken maken. Materiaal van derden waarvan in het werk gebruik is gemaakt en waarop intellectuele eigendomsrechten berusten, mogen niet zonder voorafgaande toestemming van derden gebruikt worden. De gebruiker dient bij het werk de door de maker of de licentiegever aangegeven naam te vermelden, maar niet zodanig dat de indruk gewekt wordt dat zij daarmee instemmen met het werk van de gebruiker of het gebruik van het werk. De gebruiker mag het werk niet voor commerciële doeleinden gebruiken.

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.

Wageningen Livestock Research Rapport 1506

Inhoud

Voorwoord	5
Samenvatting	7
1 Inleiding	9
2 Methode	11
2.1 Evaluatie van het gebruik van het beoordelingsprotocol	11
2.2 Literatuuranalyse	11
3 Evaluatie van het gebruik van het beoordelingsprotocol (2017)	12
4 Resultaten literatuuranalyse	14
4.1 Effecten van NH ₃ (≤20 ppm) op varkens	14
4.2 Effecten van NH ₃ (>20 ppm) op varkens	17
4.3 Samenvattend: effecten van NH ₃ op varkens	19
5 EFSA opinie welzijn varkens (2022)	20
6 Discussie en conclusies	21
6.1 Discussie evaluatie huidige protocol	21
6.2 Discussie literatuuranalyse	21
6.3 Overall implicaties	24
Literatuur	25

Voorwoord

Open normen (wettelijk gestelde doelen) kunnen de regeldruk verminderen. Binnen deze open normen mag een veehouder zijn eigen invulling kiezen om aan het gestelde doel te voldoen. Het is dan wel een uitdaging te controleren of het wettelijk gestelde doel door de veehouder is behaald.

Een van de open normen in het Besluit houders van dieren betreft de luchtkwaliteit, die mag niet schadelijk zijn voor het dier. Wakker Dier heeft vanaf 2014 geijverd voor een betere luchtkwaliteit in varkensstallen. In 2016 is onderzoek (door WLR, in opdracht van LNVN) gestart op praktijkbedrijven en werden signaalindicatoren voor een slecht stalklimaat bepaald, een combinatie van gasconcentraties en dierindicatoren (Vermeer en Hopster, 2017; Vermeer en Hopster, 2018). Bij toepassing hiervan in het toezicht bleek de handhaving op basis van deze combinatie van indicatoren niet tot de verwachte toezichtresultaten te leiden (bij hoge gasconcentraties werden veelal geen dierindicatoren waargenomen). Wakker Dier en Varkens in Nood voerden wederom actie voor een beter stalklimaat en met name voor minder ammoniak (NH_3). Vervolgens is door het ministerie van LNVN aan Wageningen University & Research gevraagd om de wetenschappelijke achtergrond op een rij te zetten, inclusief een korte evaluatie van de methode zoals voorgesteld in Vermeer en Hopster (2017). De beschikbare grote hoeveelheid literatuur over de effecten van NH_3 op dier en mens is ingedikt tot een rapportage die op de causale relatie tussen NH_3 en gezondheids- en gedragsparameters van varkens gericht was.

We willen LNVN en NVWA-medewerkers bedanken voor het meedenken en meelesen. De twee WLR-reviewers en de anonieme commentator van EFSA hebben ook waardevol bijgedragen. De lange ontstaansgeschiedenis van deze rapportage heeft hopelijk bijgedragen aan een scherper inzicht in de nadelige effecten van NH_3 op varkens, evenals de wetenschappelijke onzekerheid daaromtrent.

Samenvatting

Het doel van het project is het bepalen van mogelijke grenswaarden voor de NH₃ concentratie in varkensstallen met als doel om schade aan dierwelzijn en/of -gezondheid te voorkomen op basis van een 'systematisch review' en/of '(meta)-analyse' van de (wetenschappelijke) literatuur en een evaluatie van de in het rapport van Vermeer en Hopster (2017) aangedragen methode.

Het stalklimaat voor varkens wordt sterk bepaald door de ammoniakconcentratie. Ammoniak (NH₃) prikkelt de slijmvliezen en varkens proberen het te vermijden. Het toezicht op basis van de open norm voor de luchtkwaliteit, deels op basis van dierenmerken, was niet effectief en de vraag is of een gesloten norm wél haalbaar is.

Het huidige toezicht is gebaseerd op een puntentelling uit het WLR-rapport met het beoordelingsprotocol uit 2017, en is een tussenvorm tussen een open en een gesloten norm. Deze methode met diergerichte en omgevingsgerichte indicatoren lijkt niet effectief, omdat een vergelijking tussen twee perioden van meten (voor en na deze methode) geen verbetering te zien gaf. De conclusie is dat de huidige open norm moeilijk handhaafbaar is en dat het gebruikte systeem met grenswaarden voor omgevings- en diergerichte waarnemingen aanpassing behoeft.

De huidige studie verkent of normstelling op basis van literatuurgegevens haalbaar is.

Voor het in beeld brengen van het effect van NH₃ op gezondheid en welzijn van varkens is literatuur verzameld waarin experimenten met verschillende concentraties zijn beschreven. Ook de passages uit de recente EFSA opinie met betrekking tot NH₃ zijn hiervoor geselecteerd.

Uit het literatuuronderzoek blijkt met name:

- 1) Er is een aanzienlijke hoeveelheid dierwetenschappelijke literatuur over effecten van NH₃ op productiedieren, het aantal hits bij een grondige literatuurrecherche overschrijdt de 400. Dit betreft overwegend studies met hoge concentraties, vergelijkingen tussen bedrijven en houderijsystemen en adviezen. Het aantal bronnen dat effecten van relatief lage concentraties (0-20 ppm) NH₃ op varkens systematisch onderzoekt en rapporteert is zeer beperkt;
- 2) Enkele bronnen (studies met NH₃ gehalten onder de 20 ppm) geven aan dat verhoging van het NH₃-gehalte
 - a. een minder aantrekkelijke omgeving is voor de varkens (ze mijden die ruimte);
 - b. ongunstige effecten op gedrag / stressfysiologie heeft: aanvankelijk meer agressieve interacties en aanvankelijk minder speelgedrag en zwaardere bijnamen;
 - c. een hoger risico inhoudt voor *Pasteurella* kolonisatie;
- 3) Ook het aantal experimentele studies met hogere NH₃-gehalten (boven 20 ppm) is beperkt, maar groter dan de studies bij 'normale' NH₃-gehalten (onder 20 ppm).
- 4) Uit de blootstellingsstudies boven 20 ppm blijken ongunstige effecten van hogere NH₃-concentraties op zowel productiviteits-, gezondheids- als gedragsgerelateerde parameters. Resultaten tussen studies lopen vrij sterk uiteen. Meerdere studies bevestigen het multifactoriële karakter van NH₃-invloeden: NH₃ veroorzaakt aandoeningen, maar heeft ook wisselwerkingen met andere ziekte-predisponerende factoren.

Het beeld dat uit de bronnen met concentraties NH₃ onder 20 ppm voortkomt is dat varkens hogere concentraties minder aantrekkelijk vinden, een studie toont ook aanvankelijke effecten op gedrag en stressfysiologie aan. Onderstreept moet worden dat dit beeld gebaseerd is op slechts enkele bronnen. Van hogere concentraties (> 20 ppm) zijn meer effecten gerapporteerd. Herhaald is aangetoond dat gevoeligheid voor respiratoire aandoeningen (m.n. *Pasteurella* gerelateerd, bv atrofische rhinitis) hoger is bij hoge NH₃-concentraties. Een effect dat ook onder 20 ppm mogelijk al speelt. Effecten die aangetoond zijn bij hogere (>20 ppm) concentraties betreffen effecten op alle drie de bestudeerde gebieden: gezondheid &

afweer, gedrag & stressfysiologie en productiviteit. Het aantal bronnen is te beperkt om een duidelijk cut off point of dose-response relatie voor de diverse dierenmerken te kunnen bepalen.

Tot ca 20 ppm is naar verwachting amper of geen sprake van schade, maar is de leefomgeving mogelijk wel minder aantrekkelijk voor de dieren. Al is niet bekend in hoeverre hier habituatie ('gewenning') optreedt. Onvermijdelijk zullen er fluctuaties optreden in de loop van de dag en over de seizoenen. Ook zullen er verschillen binnen de stal, afdeling of zelfs hok zijn. Dit alles pleit voor dierwaarnemingen, al zijn deze lastig te bepalen en mogelijk niet zo gevoelig.

De huidige studie onderbouwt de EFSA-opinie niet dat gehalten boven 10-15 ppm een risico voor de dieren vormen. De literatuur en normen in omliggende landen geven aanleiding om een eventuele norm niet hoger dan 20 ppm te hanteren. Er is te weinig dierwetenschappelijke informatie om uitspraken te kunnen doen over lagere normen. Dierwetenschappelijk mag ervan uitgegaan worden dat de effecten gradueel zijn. Elke grens is daarmee enigermate arbitrair.

In de range van waarden waar de normstelling zou kunnen plaatsvinden (ruwweg 5-50 ppm, afhankelijk van type meting: bv hoogst gemeten waarde of hokgemiddelde of stalgemiddelde, al dan niet momentaan of langduriger gemiddelde) zijn ook andere factoren redelijkerwijs relevant. Zoals aansluiting bij internationale standaarden, meetbaarheid en handhaafbaarheid en mogelijk ook de praktische haalbaarheid. Op basis van de literatuur en normen in omliggende landen ligt het niet voor de hand een gemiddeld gehalte van meer dan 20 ppm NH₃ te kiezen.

1 Inleiding

De luchtverversing in varkensstallen gebeurt in het algemeen automatisch op basis van binnentemperatuur. De aanwezigheid van schadelijke componenten in de stallucht speelt geen rol bij regeling van de luchtverversing. De afvoer gaat samen met de afvoer van warme lucht en in het geval van lage binnen- en buitentemperaturen vindt weinig verversing plaats. Varkens krijgen dan te maken met hogere concentraties van o.a. vocht, kooldioxide (CO₂) en ammoniak (NH₃). Van deze drie is NH₃ het meest schadelijk voor de dieren en de vraag is wat er kwantitatief bekend is over het effect van NH₃-concentraties op gezondheid en welzijn-gerelateerde parameters bij varkens.

Dieren hebben eiwit nodig om te groeien, maar dit levert ook stikstof (N) verliezen op. Ze scheiden de stikstofmoleculen van het overtollige eiwit als ureum via de urine uit, en deze ureum wordt door het enzym urease, dat aanwezig is in feces en op bevulde vloeren, omgezet naar NH₃. In de stal hebben hoge NH₃-concentraties een negatief effect op de gezondheid en het welzijn van landbouwhuisdieren.

De wettelijke eisen voor de varkenshouderij in het Besluit houders van dieren (zie kader) zijn open geformuleerd en bieden weinig mogelijkheden voor toezicht. Het invullen van deze open norm zou hierin kunnen voorzien. Deze regelgeving vormt een vertaling van Europese regels die eveneens open zijn geformuleerd.

Wettelijke eisen aan de luchtkwaliteit in varkensstallen

Nederland - Artikel 2.5, lid 4 Besluit houders van dieren

"De luchtcirculatie, het stofgehalte van de lucht, de temperatuur, de relatieve luchtvochtigheid en de gasconcentraties in de omgeving van het dier zijn niet schadelijk voor het dier."

EU - Directive 98/58/EC, Annex: Buildings and accommodation, Article 10:

"Air circulation, dust levels, temperature, relative air humidity and gas concentrations must be kept within limits which are not harmful to the animals."

Figuur 1 Open normen zoals verwoord in Nederlandse en Europese wet- en regelgeving (EC, 1998; Overheid.nl, 2014).

Het begrip Schade

Het begrip "schadelijk" in de Nederlandse wettekst wijst op "schade toebrengend" en is lastig in te vullen voor het aspect dierenwelzijn. De betekenis van schade als "waardevermindering als gevolg van beschadiging" (Van Dale) gaat zowel uit van 'waarde' als van een '(evt. blijvende) verandering', die beide vanuit dierenwelzijns perspectief niet aan de orde (behoeven) te zijn. Het internationaal gehanteerde begrip 'harmful' (causing or likely to cause harm) lijkt een vergelijkbare interpretatie te hebben. 'Harm' wordt vooral gedefinieerd als "physical or other injury or damage" (Cambridge). Voor beide begrippen ligt de interpretatie voor de hand dat er niet aan het betreffende artikel / directive voldaan wordt bij het optreden van fysieke of mentale schade aan het dier.

Door de interpretatie van de begrippen "schadelijk" of "harmful" wat ruimer te interpreteren kan het dierenwelzijnskader ook van toepassing gemaakt worden bij een onaangename luchtkwaliteit. De betekenis 'nadeel ondervinden door verlies, een ongeluk of een andere vervelende gebeurtenis' (Van Dale) kan verruimd worden door het in te vullen als "gemiste kwaliteit van leven", en daarmee binnen het dierenwelzijnsdomein passen. Dit is echter een ingrijpende interpretatie voor tijdelijk ongerief, zonder blijvende gevolgen. Vooral omdat een zekere mate van ongerief (met beperkte termijn en zonder restschade) altijd, ook in situaties van goed dierenwelzijn, aan de orde zal zijn bij 'sentient animals'. Dit laat onverlet dat ook licht en tijdelijk ongerief, zonder blijvende gevolgen als onwenselijk voor het dier gezien kan worden.

In de huidige notitie maken we geen keuze qua interpretatie van het begrip “Schadelijk”: zowel schade aan het dier in de letterlijke zin als condities die door dieren worden ervaren als onaangenaam worden geïntervalliseerd.

Literatuurbronnen

Wageningen Livestock Research (2024) heeft in een eerder project een uitgebreide tabel samengesteld waarin effecten van NH₃ op (met name) gezondheid, productiviteit, gedrag en fysiologie zijn verzameld. Dit betrof diverse types bronnen (experimenten, adviezen, literatuuroverzichten etc.) en meerdere soorten (zowel mens als diverse soorten landbouwhuisdieren).

Voor het beantwoorden van de vraagstelling van de huidige opdracht: “*in hoeverre ondervinden varkens nadelige effecten van NH₃ in stallucht*” is van deze dataset van Wageningen Livestock Research (2024) gebruik gemaakt. Er is onderscheid gemaakt tussen concentraties lager en hoger dan 20 ppm omdat die grenswaarde (of soms een lagere) in meerdere landen gebruikt wordt in wet- of regelgeving.

Bij het zoeken naar kwantitatieve informatie zijn alleen primaire (experimenteel opgelegde concentraties) bronnen over NH₃ gebruikt, uitsluitend gericht op varkens (alle categorieën). Het gaat dan met name om de relatie tussen de NH₃-concentratie en parameters op het gebied van gezondheid, gedrag en productie. Bronnen die gericht waren op andere dieren of mensen zijn slechts beschrijvend gebruikt. Op deze wijze blijft deze rapportage kwantitatief, specifiek voor varkens en experimenteel onderbouwd.

In een apart hoofdstuk wordt ook ingegaan op het protocol uit 2017 (Vermeer en Hopster, 2017) om de inspectie op varkensbedrijven uit te voeren door een combinatie van gasconcentraties en diergerichte parameters.

Doelstelling

In het project wordt het bepalen van mogelijke grenswaarden voor de NH₃ concentratie in varkensstallen onderzocht met als doel om schade aan dierwelzijn en/of -gezondheid te voorkomen op basis van een ‘systematisch review’ en/of ‘(meta)-analyse’ van de (wetenschappelijke) literatuur en een evaluatie van het rapport van Vermeer en Hopster (2017). De opdracht omvatte:

1. Een evaluatie van het protocol van Vermeer en Hopster (2017) met als doel om te zien of het mogelijk is om, in tegenstelling tot de huidige methodiek, de norm uit het Besluit houders van dieren te handhaven door het constateren van een overschrijding van de vast te stellen grenswaarden met betrekking tot bepaalde gasconcentraties, zonder hierbij noodzakelijkerwijs ook uiterlijke kenmerken (schade) aan het dier te hoeven constateren.
2. Een beknopte beschrijving van de empirische bevindingen en overige relevante wetenschappelijke kennis die zo goed mogelijk weergeeft wat de effecten zijn van NH₃ op de verschillende welzijns- en gezondheidsindicatoren van varkens in varkensstallen mede gebaseerd op de WD-rapportage en de EFSA-opinion. We streven daarbij naar een soort meta-analyse van de dosis-response relaties, of tabellen of figuren die dat inzichtelijk maken.
3. Een bespreking van de bevindingen in punt 1 in het licht van het bepalen van een mogelijke grenswaarde voor NH₃.
4. Een Nederlandstalig rapport met aanbevelingen en een Engelstalige samenvatting.

2 Methode

2.1 Evaluatie van het gebruik van het beoordelingsprotocol

Het gebruik van het huidige protocol, zoals dat tussen 2017 en 2020 is gebruikt, wordt beschreven en geëvalueerd op basis van de WLR rapportage (Vermeer en Hopster, 2017) over het toezicht op het klimaat in varkensstallen als open norm.

2.2 Literatuuranalyse

Door Wageningen Livestock Research (2024) is door middel van literatuurrecherche gezocht op de zoektermen "pigs", "ammonia" en "health" or "welfare" via Google Scholar en PubMed. Er is ook breder gezocht via meerdere zoektermen (diersoorten, praktijkervaringen, normen). De aangetroffen bronnen zijn vervolgens gecategoriseerd op diersoort, primaire/secundaire bron, type data (experimenteel, review, expert opinie, regelgeving/normen, advies).

De anatomische en fysiologische verschillen tussen verschillende diersoorten zijn dermate groot dat een kwantitatieve vergelijking niet mogelijk is, daarom beperken we ons tot de bronnen waarin varkens centraal staan.

Voor de huidige studie zijn uit deze set de publicaties geselecteerd die voldoen aan de volgende criteria:

- Betreft varkens;
- Experimenteel onderzoek (bewust aangelegd contrast tussen proefgroepen qua NH₃-blootstelling).

Bronnen over effecten op mensen en andere diersoorten dan varkens, alsmede wetgeving en normen zijn wel beschikbaar in de literatuurlijst van WLR (2024).

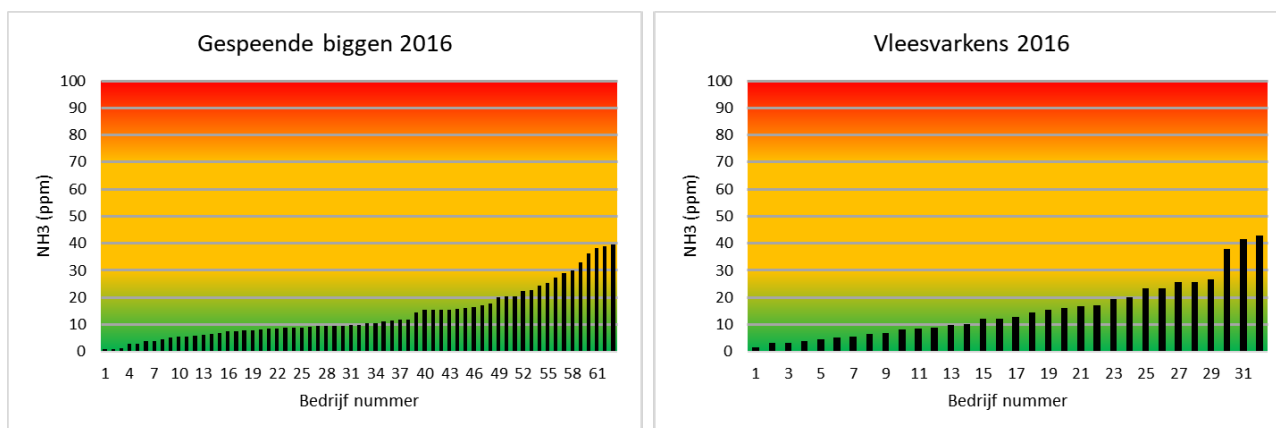
De resulterende bronnen worden gesplitst in tweeën: studies die informatie geven over effecten van concentraties lager of gelijk aan 20 ppm en effecten van concentraties hoger dan 20 ppm (tot wel 150 ppm). De eerste groep wordt op hoofdlijn besproken, van de studies met hoge NH₃-concentraties worden de effecten alleen benoemd, maar niet besproken.

De ambitie is om in dit traject een uitspraak te kunnen doen over de dose-response relatie tussen NH₃-concentratie (dose: verklarende variabele) en enkele diergebonden parameters (response: gedrag, gezondheid en eventueel productiviteit).

3 Evaluatie van het gebruik van het beoordelingsprotocol (2017)

In 2016 heeft de Nederlandse Voedsel en Waren Autoriteit (NVWA) onderzoek laten uitvoeren door Wageningen Livestock Research (WLR) naar signaalindicatoren voor de inspectie van klimaat in varkensstallen als pilot voor de invulling voor één van de open normen in het Besluit houders van dieren (Vermeer en Hopster, 2017). Dit gebeurde met behulp van een beoordelingsprotocol op basis van gemeten gasconcentraties en dierkenmerken. Tenzij anders vermeld verwijzen we in dit rapport met het woord 'protocol' naar het beoordelingsprotocol (beslisboom) in de discussie van het Nederlandstalige rapport (Vermeer en Hopster, 2017). Dit beoordelingsprotocol is later door de NVWA gebruikt als beoordelingsprotocol, om te beoordelen of een varkenshouder voldoet aan Artikel 2.5, vierde lid van het Besluit houders van dieren. In het rapport uit 2017 is ook een waarnemingsprotocol opgenomen dat beschrijft hoe de inspecteur de gasconcentraties en dierkenmerken in de stal moet registreren. Met het woord 'protocol' verwijzen we hierna dus niet naar dit waarnemingsprotocol, maar naar het beoordelingsprotocol. Tijdens het onderzoek in 2016 zijn door NVWA inspecteurs op 64 bedrijven met gespeende biggen en 32 bedrijven met vleesvarkens dier- en omgevingsparameters gemeten. Hieruit werd na analyse een set van signaalindicatoren vastgesteld, waaronder NH_3 en CO_2 als maat voor de luchtkwaliteit in de stal. Het onderzoek vond plaats in de koude helft van het jaar (maanden januari - mei), waarin gemiddeld de luchtkwaliteit minder goed is omdat er minder geventileerd wordt dan in de zomer. De NH_3 concentraties lagen in de range van 1 tot 68 ppm (gem. 14) bij de biggen en in de range van 1 tot 69 ppm (gem. 15) bij de vleesvarkens. Het protocol houdt in dat door een combinatie van diergerichte en omgevingsgerichte waarnemingen een uitspraak kan worden gedaan over het stalklimaat.

Figuren 2a en 2b zijn gemaakt met de dataset uit 2016 (Vermeer en Hopster, 2017). De graduele kleurovergang is indicatief: hoe groener hoe "schoner" hoe roder hoe "vuiler" de stallucht. Wat de figuren duidelijk maken is dat er veel variatie was tussen bedrijven.



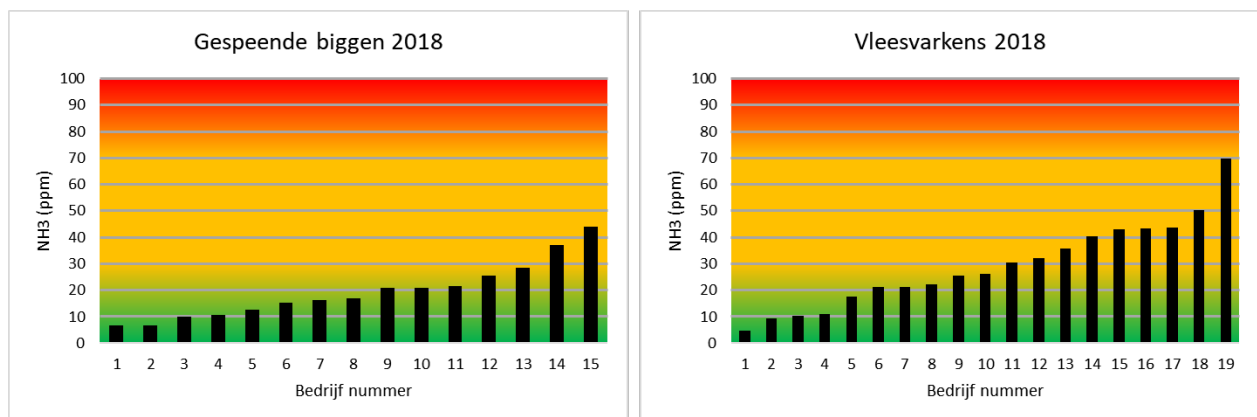
Figuur 2a en 2b Gemiddelde NH_3 -concentraties per bedrijf, voor biggen (links) en vleesvarkens (rechts) in 2016 (gemiddelde van 6 hokken per bedrijf).

Door diergerichte en omgevingsgerichte waarnemingen te combineren werd in het rapport een poging gedaan om tot een uitspraak te komen over de kwaliteit van het stalklimaat. Als gasconcentraties verhoogd zijn, maar er zijn geen zichtbare signalen bij de dieren dan hebben ze er mogelijk weinig last van. Als er daarentegen wel zichtbare signalen bij de dieren zijn (ogen, staart, bevuiling), maar in combinatie met lage gasconcentraties dan betekent dit dat er sprake is van verminderd dierenwelzijn, maar dat dit dan mogelijk naar verwachting niet veroorzaakt wordt door slechte stallucht op het moment van de observatie. Als zowel de gasconcentraties als de diergebonden indicatoren verhoogd zijn, dan is het aannemelijk dat er sprake is van verminderd dierenwelzijn ten gevolge van een slecht stalklimaat.

In het rapport is in de discussie een voorbeeld van een praktische toepassing weergegeven in de vorm van een beslisboom. In het voorbeeld zou met de voorgestelde puntentelling op 5 van de 96 bedrijven in het onderzoek het stalklimaat als onvoldoende worden beschouwd. Dit is een beoordeling op basis van het gemiddelde op bedrijfsniveau.

De NVWA heeft in het jaar na het verschijnen van het rapport in 2017 het voorgestelde handavingsprotocol toegepast op 15 bedrijven met gespeende biggen en op 18 bedrijven met vleesvarkens (zie Figuur 3). Er is na 2017 slechts incidenteel een overschrijding van de grenswaarden van de signaalindicatoren in het protocol geconstateerd, ondanks het feit dat er regelmatig hoge NH_3 waarden werden gemeten. De maximale gemeten waarden in 2016 waren 6200 ppm CO_2 en 69 ppm NH_3 ; de hoogst gemeten waarden in 2018 waren 6600 ppm CO_2 en 99 ppm NH_3 op hokniveau.

Een theoretische verklaring voor het niet overschrijden van de grenswaarden zou kunnen zijn dat er na het verschijnen van het rapport aandacht is geweest voor het klimaat in de vakbladen. De gemiddelde CO_2 -concentraties per bedrijf zijn echter niet verschillend tussen 2016 en 2018. De gemiddelde NH_3 waarden zijn in 2018 zelfs hoger dan in 2016, zowel voor biggen (19,6 vs 13,8 ppm) als voor vleesvarkens (29,0 vs 15,3 ppm).



Figuur 3a en 3b Gemiddelde NH_3 -concentraties per bedrijf, voor biggen (links) en vleesvarkens (rechts) in 2018 (gemiddelde van 6 hokken per bedrijf).

Voor de 6 dierenmerken vonden we dat in alle gevallen de gemiddelde scores voor 2018 lager (d.w.z. beter) waren dan in 2016, met name de oogscore en de dierbevuiling bij de vleesvarkens.

Dit maakt het onwaarschijnlijk dat het stalklimaat na de rapportage in 2017 beter was. Het lijkt erop dat de dierenmerken tijdens inspecties niet zo goed gecorreleerd zijn met gasconcentraties als vastgesteld in het rapport uit 2017 en dat de schade door hogere gasconcentraties minder duidelijk is dan verwacht. Het is ook mogelijk dat gebrek aan training en uniformering van de inspecteurs een rol heeft gespeeld. WLR heeft daar geen zicht op. Zelfs bij ervaren onderzoekers is periodiek "ijken" van scores en afstemming met collega's noodzakelijk. Ook behoeft het aantal overschrijdingen van de grenswaarden in de beslisboom wellicht aanpassing om een beter onderscheidend vermogen te krijgen.

Als wezenlijk onderdeel van bovengenoemde methode werd de training van de inspecteurs in het waarnemingsprotocol en het onderhoud van dit waarnemingsprotocol genoemd. Hier is in de jaren na 2017 geen extra aandacht voor geweest.

Artikel 2.5 (Besluit houders van dieren) richt zich in principe op het individuele dier. Het zou wellicht beter zijn om de huidige beoordeling op bedrijfsniveau op een lager niveau te doen: op afdelingsniveau, op hokniveau of zelfs op dierniveau. Nu is het zo dat een score voor een slecht stalklimaat in een afdeling gecompenseerd kan worden door betere omstandigheden in een andere afdeling. Bij de selectie van de hokken voor de dierenmerken werden zo mogelijk de slechtste hokken gekozen. Dit betekent dat er in deze gevallen niet kan worden gesproken over het bedrijfsgemiddelde. Voor de handhaving op hokniveau zou het beoordelingsprotocol per hok kunnen worden toegepast.

4 Resultaten literatuuranalyse

In hoofdstuk 4 benoemen we de effecten van lagere concentraties (4.1 – Effecten ≤ 20 ppm), hogere concentraties (4.2 - Effecten >20 ppm) en sluiten we af met een samenvattende tekst (4.3 - Samenvattend).

4.1 Effecten van NH_3 (≤ 20 ppm) op varkens

Voor het beschrijven van effecten van NH_3 op varkens zijn in eerste instantie alleen studies gebruikt met minstens twee niveaus van 20 ppm NH_3 en lager. 9 bronnen voldeden aan dit criterium (zie tabel 1).

Tabel 1 Studies* naar het effect van NH_3 (≤ 20 ppm) op gedrag, gezondheid en productie van varkens.

	Niveaus (ppm)	Tijdsduur	Categorie (gez/gedr/prod)	Toelichting effect
Jones et al. (1996)	0 ; 10 ; 20 ; 40	14 dgn, dieren 30-60 kg	Gedrag: mijding	Gedrag: dieren mijden hogere concentraties
Hamilton et al. (1996)	0,5 ; 10 ; 15 ; 25 ; 35 ; 50	5 wkn (dieren 1-6 wkn oud)	Gezondheid: neusafwijkingen	Vanaf 5ppm gevoeliger voor <i>P. multocida</i> , vanaf 10 ppm: ook schade zonder <i>P. multocida</i>
Hamilton et al. (1998)	~0 ; 20	15 dagen vanaf ca 3 wkn leeftijd	Gezondheid: gevoeligheid voor <i>Pasteurella</i> kolonisatie	Gezondheid: hoger NH_3 maakt dieren gevoeliger
Wathes et al. (2004)	0 ; 1 ; 10 ; 19 ; 37	5 weken	Gezondheid: longpathologie en pathogentelling; Productiviteit: groei en voerefficiëntie	Gezondheid : geen effect onder 20 ppm; Productiviteit: geen effect
O'Connor et al. (2010)	<5 ; 20	Vanaf 4wk oud, 15wkn lang	Gedrag: speelgedrag; Cortisol-effecten	Gedrag: eerste weken minder speelgedrag; lagere cortisolspiegels; zwaardere bijnamen
Parker et al. (2010)	<5 ; 20	Vanaf 4 wkn oud, 15 wkn lang	Gedrag: agressieve interacties	Gedrag: eerste weken meer agressieve interacties
Murphy (2011)	0 ; 10 ; 20 ; 50	enkele dagen 30 minuten blootstelling, 4 mnd oud	Gezondheid: gevoeligheid voor <i>Pasteurella</i> kolonisatie (gebaseerd op modelpathogeenstudie)	Gezondheid: hoger NH_3 maakt dieren gevoeliger
Cheng et al. (2014)	5 ; 20	Continue 4-15 wkn leeftijd	Gezondheid: lever-gen-expressie Productiviteit: groei	Gez: geen effect Prod: geen effect
Wang et al. (2019)	0 ; 5 ; 10 ; 15 ; 20 ; 25	30 kg, 4 weken	Gezondheid: microbiom-diversiteit	Gezondheid - microbiom-diversiteit: geen effect tot 20 ppm

*Studies die expliciet geen effect op de onderzochte parameters lieten zien zijn ook bekeken, maar deze staan niet in de tabel. In studies waar zowel wel als geen significante effecten gevonden werden, zijn alleen de significante effecten opgenomen in de tabel.

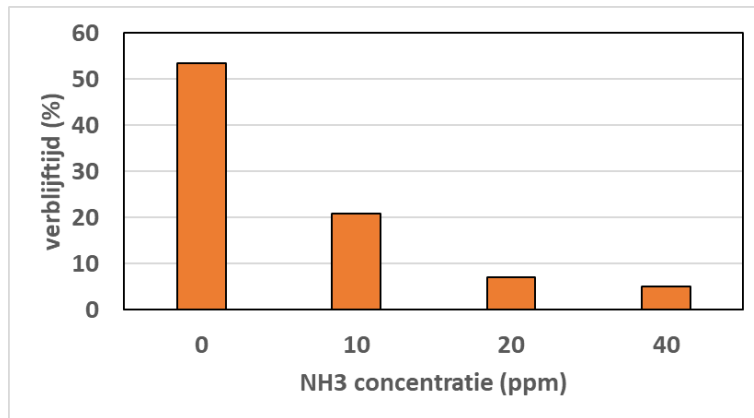
Korte toelichting op de relevante studies:

De in tabel 1 opgenomen studies zijn onderstaand kort toegelicht.

Jones et al. (1996) lieten met een keuzetest zien dat varkens ruimten met hogere NH_3 -concentraties mijden, dit effect is afhankelijk van de concentratie NH_3 : verblijftijd was aflopend met oplopende NH_3 -concentratie, zie de uit de publicatie overgenomen tabel 2 en figuur 2 die de verblijftijd weergeeft.

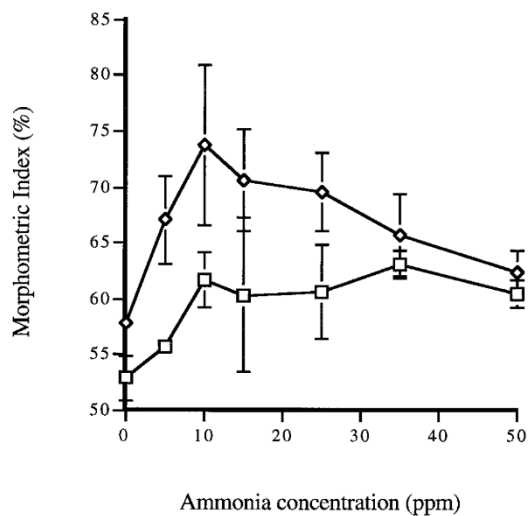
Tabel 2 Teruggetransformeerde waarden van gemiddelde verblijftijd, aantal bezoeken en bezoekduur (minuten) door alle varkens aan iedere NH₃ concentratie (n=8 varkens; Jones, 1996).

	NH ₃ concentratie (ppm)			
	0	10	20	40
Verblijftijd (%)	53,4	26,9	7,1	5,1
Aantal bezoeken	46,2	37,1	21,7	17,5
Bezoekduur (min)	101,4	72,0	39,6	32,1



Figuur 4 Verblijftijd van varkens bij verschillende NH₃ concentraties, gebaseerd op Jones (1996).

Hamilton et al. (1996) en **Hamilton et al. (1998)** laten zien dat ook gebruikelijke of lage NH₃ concentraties (≤ 20 ppm) de gevoeligheid voor kolonisatie van de neusholte door schadelijke *Pasteurella*-varianten bevordert ten opzichte van 0 ppm (figuur 3). Bij niet met *P. multocida* geïnfecteerde varkens is het verschil t.o.v. 0 ppm significant boven 5 ppm, bij wel geïnfecteerde varkens boven 0 ppm.

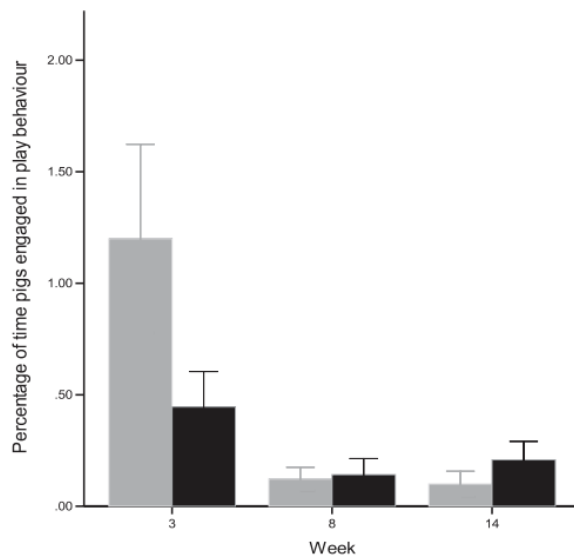


Figuur 5 Relatie tussen de ernst van de neusatrofie, zoals gemeten door de MI (Morphometric Index), en de blootstellingsniveaus aan NH₃; ◇ - varkens geïnfecteerd met *P. multocida*; □ - varkens vrij gehouden van *P. multocida* (Hamilton et al., 1996).

Wathes et al. (2004) vergeleek combinaties van meerdere niveaus van NH₃ en (kunstmatig) stof. Dit had effect op productiviteit, maar dit werd toegeschreven aan het effect van het stof.

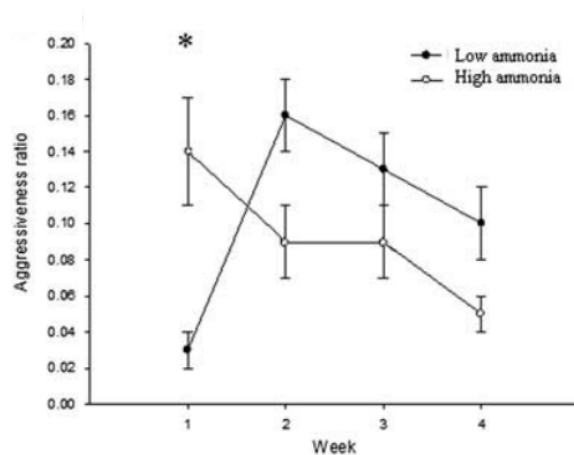
O'Connor et al. (2010)

Varkens gehouden bij 20 ppm NH_3 hadden zwaardere bijnieren en lagere speeksel-cortisolspiegels en vertoonden in het begin (alleen in week 3) van het experiment minder speelgedrag dan de controlegroep, die bij lage NH_3 concentraties gehouden werd (<5 ppm) ten opzichte van een hogere concentratie (20 ppm). Zie figuur 4. De lagere cortisolspiegels (ondanks de zwaardere bijnieren) worden door de auteurs verklaard als een down-regulatie van de HPA-as.



Figuur 6 Gemiddeld percentage tijd besteed aan speelgedrag op drie momenten gedurende het experiment met lage NH_3 (< 5 ppm, grijs) en hoge NH_3 (20 ppm, zwart); 8 afdelingen per behandeling (O'Connor et al, 2010).

Parker et al. (2010) gebruikten dezelfde dieren als in het experiment van O'Connor et al. (2010) en vergeleken 5 ppm NH_3 met 20 ppm NH_3 bij jonge varkens. Ze observeerden dat er meer agressieve sociale interacties bij de hoge NH_3 -concentratie optraden. Dit betrof alleen in de eerste week van het experiment.



Figuur 7 Verandering in gemiddelde ($\pm$ s.e.m.) agressie ratio (agressieve/totale interacties) in 4 weken observatie met NH_3 niveaus. * $P < 0.05$. (Parker et al., 2010).

Murphy (2011) liet zien dat hogere NH_3 gehalten (0-10-20-30 ppm, 30 minuten gedurende het eten) de dieren gevoeliger maakt voor de potentieel-pathogene commensaal *Pasteurella*.

Cheng et al. (2014) vergeleken 5 ppm NH_3 met 20 ppm NH_3 bij varkens gedurende 10 weken vanaf week 4. Ze vonden geen effect op gen-expressie van levercellen, waaruit ze concluderen dat er tussen 5 en 20 ppm NH_3 geen verandering plaatsvindt in de gezondheid of het metabolisme van varkens en het risico op welzijnsvermindering klein is.

Wang et al. (2019) vergeleken 0, 5, 10, 15, 20 en 25 ppm NH₃ gedurende 4 weken. Boven 20 ppm zagen ze effecten op de microbiom-diversiteit en aanwijzingen (in vitro) dat bij deze hogere concentraties celschade op kan treden.

4.2 Effecten van NH₃ (>20 ppm) op varkens

In Tabel 3 zijn de gerapporteerde¹ significante effecten² (met kleurcodes) weergegeven van NH₃-concentraties boven 20 ppm op **productiviteit**, **gezondheid & immunologie** en **gedrag en stressfysiologie**.

¹ Niet opgenomen zijn de gemeten effecten van Wang et al. (2019), die in een experimentele serie met diverse NH₃-niveau's vooral ingaan op meer fundamenteel microbiologische, fysiologische en cellulaire kenmerken.

² Benoemde effecten zijn uitgedrukt ten opzichte van de lagere concentratie. Dus bv "50, 100 ppm : **Neusschade**" moet gelezen worden als: 100 ppm NH₃ gaf significant meer neusschade dan de lagere concentratie.

Tabel 3 Samenvatting van studies naar het effect van NH₃ (boven 20 ppm) op gedrag, gezondheid en productie van varkens.

Bron	Proefopzet	Productiviteit	Gezondheid en immunologie	Gedrag en stressfysiologie
Stombaugh et al. (1969)	10, 50, 100, en 150 ppm	lagere groei en voeropname bij toename van concentratie		
Ewbank (1973)	80 ppm			induceerde geen staartbijten
Curtis et al. (1975)	niveaus niet eenduidig	geen effect op productiviteit	Geen effect op gezondheid	
Drummond et al. (1978)	50 en 75 ppm		meer coli bacteriën in de longen, maar geen longschade bij 75 t.o.v. 50 ppm	
Drummond et al. (1980)	50, 100 en 150 ppm	lagere groei bij hogere NH ₃ concentraties		
Drummond et al. (1981a)	50, 100 ppm		neusschade	
Drummond et al. (1981b)	0, 100 ppm	additief effect van NH ₃ (0 vs 100 ppm) en Ascaris-infectie op groei en voeropname,	geen effect op leverschade	
Morrison et al. (1993)	0, 15, 30, 45, 60 ppm			enige mijding bij hogere niveaus (sociaal effect overruledde NH ₃ -effect)
Gustin et al. (1994)	0, 25, 50, 75 en 100 ppm	groei-reductie boven 25ppm	geen effect vasculaire permeabiliteit, dosis-afhankelijk effect op endotoxine-verwerking (vanaf 50 ppm)	
Urbain et al. (1994)	0, 25, 50 en 100 ppm		hogere nasale neutrofiel-concentratie (lineaire dose-response)	
Urbain et al. (1996)	50, 100 en 150 ppm	verlaagde groei en voeropname bij 100	100 & 150: ontsteking	
Andreasen (1999)	5 – 50 ppm		geen effect op optreden pneumonie	
Hamilton et al. (1999)	0, 50 ppm		samen met stof effect op AR-schade in de neus	
Kristensen et al. (2001)	0, 36 ppm			geen effect op sociale herkenning, wel op sociale voorkeuren
Von Borell et al. (2007)	0, 35, 50 ppm	hogere NH ₃ leidde lineair tot lagere voeropname	hogere NH ₃ leidde lineair tot verhoging diverse immuuncel-parameters	hogere NH ₃ leidde tot hogere cortisolwaarden
Wang (2019)	0, 5, 10, 15, 20, 25		meer bacteriën in de longen	
Wang (2020a)	80 ppm		Longschade en ontsteking ten opzichte van 0 ppm	
Wang (2020b)	80 ppm		Verhoogde witte bloedcellen en mucosale veranderingen ten opzichte van 0 ppm	

De effecten van NH₃ concentraties boven 20 ppm zoals hierboven aangegeven betreffen vooral afweer- en gezondheidsgerelateerde kenmerken. Ook effecten op productiviteit zijn herhaald aangetoond. Effecten op gedrag en stressfysiologie zijn ook gerapporteerd, maar in geringere mate. Dit kan voortkomen uit de complexiteit om deze experimenteel vast te stellen. Hierin speelt mee dat de meerderheid van de studies van oudere datum is, het gros is meer dan 20 jaar oud.

Overall bezien zijn de gerapporteerde effecten in lijn met de effecten die bij blootstelling onder 20 ppm gerapporteerd zijn, maar bij deze hogere concentraties zijn ze duidelijker van aard.

4.3 Samenvattend: effecten van NH₃ op varkens

Samenvattend kan gesteld worden:

- 1) Het aantal aangetroffen studies dat effecten van relatief lage concentraties NH₃ op gezondheid en gedrag van varkens kwantificeert is zeer beperkt;
- 2) Enkele bronnen (studies met NH₃ gehalten onder de 20 ppm) geven aan dat verhoging van het NH₃-gehalte
 - a. een minder aantrekkelijke omgeving is voor de varkens (ze mijden die ruimte, Jones et al., 1996)
 - b. ongunstige effecten op gedrag / stressfysiologie heeft: aanvankelijk meer agressieve interacties (Parker et al., 2010) en aanvankelijk minder speelgedrag en zwaardere bijnieren (O'Connor et al., 2010)
 - c. een hoger risico inhoudt voor *Pasteurella* kolonisatie (Hamilton et al., 1998; Murphy, 2011)
- 3) Ook het aantal experimentele studies met hogere NH₃-gehalten (boven 20 ppm) is beperkt, maar groter dan de studies bij 'normale' NH₃-gehalten (onder 20 ppm).
- 4) Uit de blootstellingsstudies boven 20 ppm blijken ongunstige effecten van hogere NH₃-concentraties op zowel productiviteits-, gezondheids- als gedragsgerelateerde parameters. Resultaten tussen studies lopen vrij sterk uiteen. Meerdere studies bevestigen het multifactoriële karakter van NH₃-invloeden: NH₃ veroorzaakt aandoeningen, maar heeft ook wisselwerkingen met o.a. andere ziekte-predisponerende factoren.

5 EFSA opinie welzijn varkens (2022)

Het Animal Health and Welfare panel van de EFSA (European Food Safety Authority) heeft in 2022 een opinie gepubliceerd over factoren die het welzijn van varkens beïnvloeden (EFSA, 2022), gezien vanuit het perspectief van het varken. Hierin zijn ook de effecten op staartbijten van NH₃ opgenomen. De hoeveelheid geciteerde literatuur over het effect van NH₃ op varkens is zeer beperkt.

Naast de epidemiologische aanwijzing dat <10 ppm NH₃ een lagere risicofactor heeft voor staartbijten dan daarboven (p. 240, Scollo et al., 2016) noemt de EFSA-rapportage één effect en één risicofactor met bronnen:

1. p. 240: *"In pig facilities, high concentrations of NH₃ result in respiratory problems like coughing and sneezing (Scott et al., 2007b), increased respiration rate, irritation of the mucosa lining the respiratory tract at concentrations exceeding 15 ppm (Banhazi et al., 2008)."*

Dit statement bevestigt de schadelijke effecten van hogere NH₃ concentraties (uit Scott, 2007) maar heeft beperkte meerwaarde voor de huidige opdracht. Banhazi heeft bedrijfsvergelijkingen gedaan op Australische bedrijven met lineaire modellen. Maar hij schrijft niet over de irritatie van de mucosa lining boven 15 ppm.

2. P. 240: *"..the current standard " for safe NH₃ levels is 25 ppm, recent research reports indicate that maintaining a level of no more than 10 ppm may help prevent health risk in both pigs and humans (Colina et al., 2000)."*

Ook deze referentie biedt voor de huidige studie geen meerwaarde. Colina et al. (2000) is een non peer-reviewed rapport van 2 pagina's (zonder referenties) van een student. Ze stelt letterlijk in het document: *"Although the current standard for safe ammonia levels is 25 ppm, recent research reports indicate that maintaining a level of no more than 10 ppm may help prevent health risk in both pigs and humans."*, zonder inhoudelijke onderbouwing of verwijzing naar bronnen.

EFSA concludeert dat het 50-100% zeker is dat niveaus boven 10-15 ppm een risico vormen.

Het bovenstaande is voorgelegd aan EFSA. Desgevraagd geeft EFSA aan *"De genoemde zekerheidsmarge is een geconsolideerde inschatting van de auteurs, en is de laagste van de drie 'levels' die in de opinie gehanteerd worden (de anderen zijn 66-100% en 90-100%)."* Met de lage zekerheidsmarge geeft EFSA aan dat ze zelf ook twijfelt of de gepresenteerde waarden van 10-15 ppm daadwerkelijk de maximaal acceptabele waarden aangeven, vanuit het dier gezien.

Verder geeft EFSA aan dat *"The recommendation to maintain ammonia levels between 10 and 15 ppm is driven by the precautionary principle to safeguard animal health, focusing solely on welfare impacts rather than socio-economic or environmental considerations"*.

Samenvattend: De onderbouwing van EFSA voor haar advies lijkt niet zo grondig, ze is summier, en biedt geen objectieve toevoeging t.o.v. de in voorgaand hoofdstuk geciteerde bronnen.

6 Discussie en conclusies

6.1 Discussie evaluatie huidige protocol

Het door de NVWA gebruikte protocol wordt in de tekst van het rapport uit 2017 (Vermeer en Hopster) genoemd als “Voorbeeld van een beslisboom” met de noodzaak van periodieke ijking van de methode én de inspecteurs (training). De effectiviteit was beperkt en verbeteringen van het stalkimaat zijn in de praktijk niet waargenomen. Een tussentijdse evaluatie en eventuele aanpassing van de beslisboom had kunnen leiden tot een verbeterde methode van toezicht. Ook het middelen van de waarden op bedrijfsniveau kan de tekortkomingen in een enkele afdeling of hok minder zichtbaar maken. En uiteraard staat in het huidige rapport de NH₃-concentratie centraal, terwijl dat in 2016 de luchtkwaliteit in bredere zin was. Er was tussen 2016 en 2018 geen indicatie van een verlaging van de NH₃-concentratie in varkensstallen.

De praktijk leert dat de combinatie van diergerichte en omgevingsgerichte indicatoren een lastige is. Bij de diergerichte waarnemingen kunnen er (onbewuste) verschillen tussen inspecteurs bestaan. Bij de omgevingsgerichte waarnemingen (gasconcentratie) geeft de momentopname soms een te beperkt beeld van de luchtkwaliteit. Wel is het scoren van omgevingsparameters vaak makkelijker te automatiseren. Als de technische mogelijkheden toenemen om de emissie van NH₃ naar de buitenlucht continu te meten (milieubelasting), dan zou dit wellicht gelijktijdig kunnen plaatsvinden met het meten van de NH₃-concentratie in de binnenlucht (dierenwelzijn). Het eerste gebeurt in de ventilatiekamer, het tweede zou in het hok op varkensniveau kunnen gebeuren.

Indien het protocol gebruikt blijft worden zijn de volgende verbeterpunten noodzakelijk:

- De beslisboom (het aantal overschrijdingen) verdient aanpassing voor een beter onderscheidend vermogen door de (gecumuleerde) grenswaarden bij te stellen;
- Gebruik van de waarnemingen op hokniveau en niet op bedrijfsniveau;
- Optimaliseren van het protocol van dierwaarnemingen (verminderen van de variatie tussen inspecteurs)
- Periodieke training en organiseren van afstemming tussen inspecteurs.

6.2 Discussie literatuuranalyse

De doelstelling van de literatuuranalyse is om wetenschappelijk onderbouwde effecten van NH₃ concentraties op varkens in kaart te brengen. Hiervoor is een selectie gemaakt uit een uitgebreide lijst publicaties, zoals bijeengebracht door Wageningen Livestock Research (2024). Om wetenschappelijk gefundeerde effecten uit het grote aantal gerapporteerde adviezen, geobserveerde niveaus etc. te filteren is het criterium gehanteerd dat studies een vergelijking moesten betreffen tussen experimenteel opgelegde verschillen in NH₃-concentraties bij varkens.

Idealiter zou daarmee een dose-respons-relatie in beeld gebracht kunnen worden voor diverse dier-relevante kenmerken. De hoeveelheid beschikbare studies blijkt daarvoor te beperkt te zijn.

Er is een aanzienlijke hoeveelheid dierwetenschappelijke literatuur over effecten van NH₃ op productiedieren. Het aantal hits bij een grondige literatuurrecherche overschrijdt de 400. Dit betreft overwegend studies met hoge concentraties, vergelijkingen tussen bedrijven en houderijsystemen en adviezen. Het aantal bronnen dat effecten van relatief lage concentraties (0-20 ppm) NH₃ op varkens systematisch onderzoekt en rapporteert is zeer beperkt. Het beeld dat uit deze bronnen voortkomt is dat varkens hogere concentraties minder aantrekkelijk vinden, en een studie toont ook aanvankelijke effecten op gedrag en stressfysiologie aan. Onderstreept moet worden dat dit beeld gebaseerd is op letterlijk slechts enkele bronnen.

Van hogere concentraties (> 20 ppm) zijn meer effecten gerapporteerd. Herhaald is aangetoond dat gevoeligheid voor respiratoire aandoeningen (m.n. Pasteurella gerelateerd, bv atrofische rhinitis) hoger is bij

hoge NH₃-concentraties. Een effect dat ook onder 20 ppm al speelt. Effecten die aangetoond zijn bij hogere (>20 ppm) concentraties betreffen effecten op alle drie de bestudeerde gebieden: gezondheid & afweer, gedrag & stressfysiologie en productiviteit.

Bij de interpretatie van deze (beperkte) reeks moet in ogenschouw genomen worden dat er mogelijk enige publicatie-bias aan de orde is: experimenten waarin geen effect gevonden is worden niet altijd gepubliceerd. Met andere woorden: de studies die gevonden zijn waarin effecten aangetoond zijn worden geacht betrouwbaar te zijn, maar vormen mogelijk geen representatief beeld van het optreden van effecten.

De huidige studie is uitgebreider dan de in hoofdstuk 4 genoemde EFSA-opinie. De EFSA-opinie vermeldt geen onderliggend experimenteel bewijs, en voegde geen onderbouwde informatie toe aan hetgeen in hoofdstuk 3.1 en 3.2 is gerapporteerd. De huidige studie biedt geen bevestiging van de (niet expliciet onderbouwde) constatering van EFSA dat niveaus boven 10-15 ppm een risico vormen. Wel lijkt de (op basis van internationaal vastgelegde regels) gekozen grens van 20 ppm een verschil te maken. Studies er onder zijn schaars, maar rapporteren hooguit milde effecten, studies boven 20 ppm zijn duidelijker in het aantonen van effecten. Dierwetenschappelijk mag ervan uitgegaan worden dat de effecten gradueel zijn. Elke grens is daarmee enigermate arbitrair.

Normstelling zal afhankelijk zijn van meerdere factoren en afwegingen. Onder praktische omstandigheden fluctueert het NH₃-gehalte over de dag. Naar verwachting speelt er een onderscheid tussen kortstondige/fluctuerende concentraties en continue blootstelling aan hoge concentraties. De geraadpleegde literatuur biedt geen houvast om effecten van habituatie (gewenning) goed in kaart te brengen, al zijn er wel enkele aanwijzingen gevonden dat gewenning optreedt.

Achtergrond van de huidige analyse is de behoefte om te komen tot een concrete normstelling. De experimentele dierwetenschappelijke literatuur blijkt die niet te kunnen bieden. In meerdere omliggende landen zijn wel concrete normen opgesteld, of wordt daar aan gewerkt. Deze wettelijke normen voor NH₃ concentraties zijn allemaal 20 ppm of lager. Er zijn geen aanwijzingen gevonden dat er voor de verschillende diercategorieën verschillende gevoeligheden voor NH₃ bestaan.

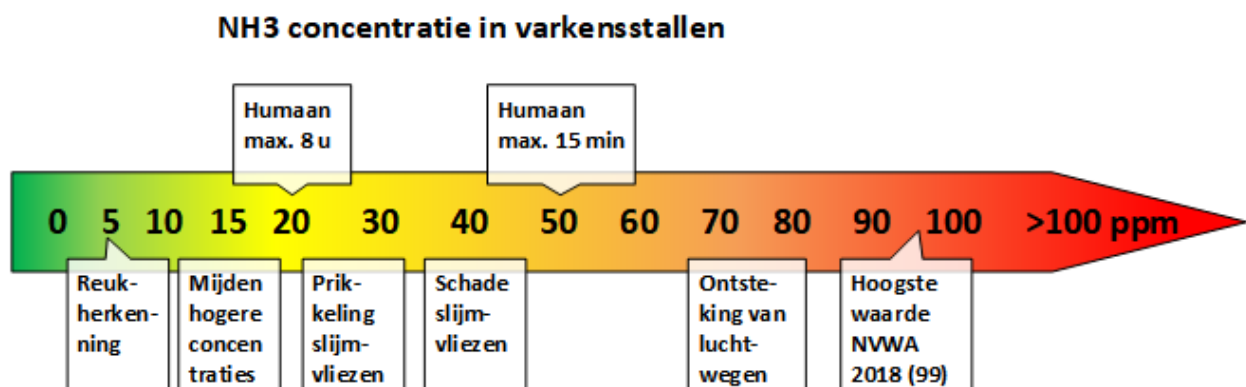
Ter illustratie is in Figuur 8 het effect op humane gezondheid weergegeven (SER, 2006). In de humane normstelling wordt een onderscheid gemaakt tussen kortdurende en langdurige blootstelling.

Figuur 8 Schadelijke effecten van verschillende concentraties NH_3 op de mens (PGS, 2014)).

Concentratie	Gevolg	Auteur(s), jaar
5 ppm	Reukherkenning	Patty (1981)
25 ppm	Waarde waarboven klachten ontstaan	Bur.Ind.Hyg.Detroit Dept.of Health. Onderzoeksrapporten '65-'70 (niet gepubliceerd)
50 ppm	Aanvankelijk lichte irritatie van neus, ogen en keel; later gewenning	Verbeek (1977) NIOSH (1974)
100 ppm	Prikkeling luchtwegen en oogbindvlies	Vigliani en Zurlo (1956)
134 ppm	Flinke irritatie (tranenvloed, keelirritatie enz.)	Industrial Biotest Laboratories Inc. (1973)
500 ppm	Onmiddellijke prikkeling slijmvliezen en verdieping van de ademhaling	Silverman (1949)
3 500 ppm – 3 700 ppm	Snel dodelijk na korte blootstelling	Henderson & Haggard (1943)
Direct huidcontact (1:1 waterige verdunning, langdurig)	Blaarvorming	Frosch & Kligman (1977)

Toelichting:
Genoemde effecten treden reeds op binnen een korte periode (minuten) na aanvang van de blootstelling.

Voor mensen zijn effecten van blootstelling aan NH_3 vrij gedetailleerd in kaart gebracht. SER (2006) heeft deze tabelsgewijs in beeld gebracht (figuur 8). Voor zover de informatie van de auteurs van huidig rapport strekt zijn er in Nederland twee concrete (arbo) normen voor blootstelling van mensen in de werkomgeving aan NH_3 . 50 ppm bij een korte blootstelling (15 minuten) en 20 ppm bij een blootstelling gedurende 8 uur. Ter illustratie zijn deze normen en de (kwalitatieve) effecten op varkens en mensen in figuur 9 samengebracht.



Figuur 9 Effecten van verschillende concentraties ammoniak op de mens en dier, combinatie van kwantitatieve en kwalitatieve informatie, uit humaan- en varkensgeoriënteerde bronnen.

6.3 Overall implicaties

Hoge ammoniakconcentraties in de stallucht zijn onwenselijk voor gezondheid, gedrag en productiviteit van varkens. De dierwetenschappelijke literatuur, zoals geselecteerd voor de huidige analyse, biedt onvoldoende handvatten voor een onderbouwde normstelling voor een maximum concentratie NH_3 in stallucht op dierniveau, omdat er te weinig informatie is over schade bij lage concentraties (< ca 20 ppm) en de negatieve effecten al vanaf zeer lage concentraties toenemen naarmate de concentratie hoger wordt. Er is geen heldere grenswaarde waarboven de concentratie onacceptabel genoemd kan worden.

Tot ca 20 ppm is naar verwachting amper of geen sprake van schade, maar is de leefomgeving mogelijk wel minder aantrekkelijk voor de dieren. Al is niet bekend in hoeverre hier habituatie optreedt.

Onvermijdelijk zullen er fluctuaties in NH_3 -concentraties optreden in de loop van de dag en over de seizoenen. Ook zullen er verschillen binnen de stal, afdeling of zelfs hok zijn. Hier zou rekening mee gehouden moeten worden in het beoordelingsprotocol.

In de range van waarden waar de normstelling zou kunnen plaatsvinden (ruwweg 5-50 ppm, afhankelijk van type meting: bv hoogst gemeten waarde of hokgemiddelde of stalgemiddelde), al dan niet momentaan of langdurig gemiddelde) zijn ook andere factoren redelijkerwijs relevant. Zoals aansluiting bij internationale standaarden, meetbaarheid en handhaafbaarheid en mogelijk ook de praktische haalbaarheid. Op basis van de literatuur en normen in omliggende landen ligt het niet voor de hand om een grenswaarde te kiezen die hoger ligt dan 20 ppm.

Literatuur

De literatuurbronnen die in de huidige rapportage gebruikt zijn, staan hieronder vermeld.
Voor de volledige literatuurlijst van de achterliggende studie wordt verwezen naar het rapport van Wageningen Livestock Research (2024).

- Andreasen, M. (1999). Seroepidemiologische og eksperimentelle undersøgelser af luftvejslidelser i svinebesætninger. (Seroepidemiological and experimental investigations of prevalence of respiratory diseases in swine herds especially of infections with *Mycoplasma hyopneumoniae*, *Actinobacillus pleuropneumoniae* and *Pasteurella multocida*). Ph.D.-Thesis, Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole, Copenhagen, Denmark.
- Banhazi, T.M., Seedorf, J., Rutley, D.L., Pitchford, W.S. (2008). Identification of Risk Factors for Sub-Optimal Housing Conditions in Australian Piggeries: Part 2. Airborne Pollutants. *J Agric Safety and Health* 14(1): 21-39
- Cheng, Z., O'Connor, E.A., Jia, Q., Demmers, T.G., Wathes, C.M., & Wathes, D.C. (2014). Chronic ammonia exposure does not influence hepatic gene expression in growing pigs. *Animal*, 8(2), 331-337. <https://doi.org/10.1017/s1751731113002127>
- Colina, J.J., Lewis, A., Miller, P.S. (2000). A review of the ammonia issue and pork production. *Nebraska Swine Reports*, University of Nebraska, Lincoln
- Curtis, S. E., C. R. Anderson, J. Simon, A. H. Jensen, D. L. Day and K. W. Kelley (1975). Effects of Aerial Ammonia, Hydrogen Sulfide and Swine-House Dust on Rate of Gain and Respiratory-Tract Structure in Swine. *Journal of Animal Science* 41(3): 735-739.
- Drummond, J.G., S.E. Curtis and J. Simon (1978). Effects of atmospheric ammonia on pulmonary bacterial clearance in the young pig. *American journal of veterinary research* 39(2): 211-212.
- Drummond, J.G., S.E. Curtis, J. Simon and H.W. Norton (1980). Effects of aerial ammonia on growth and health of young pigs. *Journal of Animal Science* 50(6): 1085-1091.
- Drummond, J.G., S.E. Curtis, J. Simon and H.W. Norton (1981b). Effects of atmospheric ammonia on young pigs experimentally infected with *Ascaris suum*. *Am J Vet Res* 42(6): 969-974.
- Drummond, J.G., S.E. Curtis, R.C. Meyer, J. Simon and H.W. Norton (1981a). Effects of atmospheric ammonia on young pigs experimentally infected with *Bordetella bronchiseptica*. *Am J Vet Res* 42(6): 963-968.
- EC. (1998). COUNCIL DIRECTIVE 98/58/EC of 20 July 1998 concerning the protection of animals kept for farming purposes. L 221/23. Official Journal of the European Communities. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/NL/TXT/PDF/?uri=CELEX:31998L0058>
- EFSA (2022). Welfare of pigs on farm, Scientific Opinion. *EFSA Journal*, 20(8). <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2022.7421>
- Ewbank, R. (1973). Abnormal behaviour and pig nutrition. An unsuccessful attempt to induce tail biting by feeding a high energy, low fibre vegetable protein ration. *Br Vet J* 129(4): 366-369.
- Gustin, P., B. Urbain, J. F. Prouvost and M. Ansay (1994). Effects of Atmospheric Ammonia on Pulmonary Hemodynamics and Vascular Permeability in Pigs: Interaction with Endotoxins. *Toxicology and Applied Pharmacology* 125(1): 17-26.
- Hamilton, T.D., J.M. Roe and A.J. Webster (1996). Synergistic role of gaseous ammonia in etiology of *Pasteurella multocida*-induced atrophic rhinitis in swine. *J Clin Microbiology* 34(9):2185-2190.
- Hamilton, T.D.C., J.M. Roe, C.M. Hayes, P. Jones, G.R. Pearson and A.J.F. Webster (1999). Contributory and exacerbating roles of gaseous ammonia and organic dust in the etiology of Atrophic Rhinitis. *Clinical and Diagnostic Laboratory Immunology* 6(2): 199-203.
- Hamilton, T.D.C., Roe, J.M., Hayes, C.M., & Webster, A.J.F. (1998). Effects of ammonia inhalation and acetic acid pretreatment on colonization kinetics of toxigenic *Pasteurella multocida* within upper respiratory tracts of swine. *J Clin Microb*, 36(5), 1260-1265. <https://doi.org/10.1128/jcm.36.5.1260-1265.1998>
- Jones, J.B., Burgess, L.R., Webster, A.J.F., & Wathes, C.M. (1996). Behavioural responses of pigs to atmospheric ammonia in a chronic choice test. *Animal Science*, 63(3), 437-445. <https://doi.org/10.1017/S1357729800015332>

- Kristensen, H. H., R. B. Jones, C. P. Schofield, R. P. White and C. M. Wathes (2001). The use of olfactory and other cues for social recognition by juvenile pigs. *Appl Anim Behav Sci* 72(4): 321-333.
- Morrison, W., P. Pirie, S. Perkins, L. Braithwaite, J. Smith, D. Waterfall and C. Doucett (1993). Gases and respirable dust in confinement buildings and the response of animals to such airborne contaminants. *Livestock Environment IV. Fourth International Symposium*. St Joseph, Michigan: American Society of Agricultural Engineers
- Murphy, T.W. (2011). The effects of individual and combinations of airborne pollutants on feed intake, immune function and physiology of the pig (PhD). School of Animal and Veterinary Sciences, University of Adelaide, Adelaide.
<https://digital.library.adelaide.edu.au/dspace/bitstream/2440/72151/8/02whole.pdf>
- O'Connor, E.A., Parker, M.O., McLeman, M.A., Demmers, T.G., Lowe, J.C., Cui, L., Davey, E.L., Owen, R.C., Wathes, C.M. and Abeyesinghe, S.M. (2010). The impact of chronic environmental stressors on growing pigs, *Sus scrofa* (Part 1): stress physiology, production and play behaviour. *Animal*, 4(11), 1899-1909.
<https://doi.org/10.1017/S1751731110001072>
- Overheid.nl. (2014). Besluit Houders van Dieren (Animal Welfare Act on Production Animals).
<https://wetten.overheid.nl/BWBR0035217/2023-10-07> Geraadpleegd 06-12-2023
- Parker, M.O., O'Connor, E.A., McLeman, M.A., Demmers, T.G., Lowe, J.C., Owen, R.C., Davey, E.L., Wathes, C.M. and Abeyesinghe, S.M. (2010). The impact of chronic environmental stressors on growing pigs, *Sus scrofa* (Part 2): social behaviour. *Animal*, 4(11), 1910-1921.
<https://doi.org/10.1017/S1751731110001084>
- PGS (Publicatiereeks Gevaarlijke Stoffen) (2014). Ammoniak: Opslag en Verlading. PGS Programmaraad, Delft, 96 p. <https://publicatiereeksgevaarlijkestoffen.nl/documents/81474/1664357555-pgs-12-2014-20pub.pdf>
- Scollo A, Contiero B and Gottardo F, 2016. Frequency of tail lesions and risk factors for tail biting in heavy pig production from weaning to 170 kg live weight. *Veterinary Journal*, 207, 92-98.
<https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2015.10.056> Scollo A, Gottardo F, Conti
- SER (2006). Grenswaarden Ammoniak. <https://www.ser.nl/nl/thema/arbeidsomstandigheden/Grenswaarden-gevaarlijke-stoffen/Grenswaarden/ammoniak>
- Stombaugh, D. P., H. S. Teague and W. L. Roller (1969). Effects of atmospheric ammonia on the pig. *J Anim Sci* 28(6): 844-847.
- Urbain, B., J.-F. Prouvost, D. Beerens, M. Ansay and P. Gustin (1996). Acute effects of endotoxin inhalation on the respiratory tract in pigs: Interaction with ammonia. *Inhalation Toxicology* 8(9): 947-968.
- Urbain, B., P. Gustin, J. F. Prouvost and M. Ansay (1994). Quantitative assessment of aerial ammonia toxicity to the nasal mucosa by use of the nasal lavage method in pigs. *Am J Vet Res* 55(9): 1335-1340
- Vermeer, H., & Hopster, H. (2017). Signaalindicatoren bij handhaving van "Open Normen" voor dierenwelzijn. Rapport 1017, Wageningen Livestock Research, 48 p. <https://edepot.wur.nl/409283> , Geraadpleegd op 6-12-2023.
- Vermeer, H.M., & Hopster, H. (2018). Operationalizing principle-based standards for animal welfare—indicators for climate problems in pig houses. *Animals*, 8(4), 44. <https://doi.org/10.3390/ani8040044>
- Von Borell, E., A. Zpinar and K. M. Eslinger (2007). Acute and prolonged effects of ammonia on hematological variables, stress responses, performance, and behavior of nursery pigs. *Journal of Swine Health and Production* 15(3): 137-145.
- Wageningen Livestock Research (2024). Effects of air quality on pig health and welfare - Towards improved decision making regarding this open norm in animal-welfare legislation, with special attention to the effects of aerial ammonia. Wageningen Livestock Research, Rapport 1509.
- Wang, Q., M. Wang, C. Liu, L. Huang, Y. Gao, M. Yu, S. Zhao and X. Li (2020b). Ammonia exposure induced cilia dysfunction of nasal mucosa in the piglets. *BioMed res. int.* 2020: 1705387-1705387.
- Wang, T., He, Q., Yao, W., Shao, Y., Li, J., & Huang, F. (2019). The variation of nasal microbiota caused by low levels of gaseous ammonia exposure in growing pigs. *Frontiers in Microbiology*, 10(1083).
<https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.01083>
- Wang, X., M. Wang, S. Chen, B. Wei, Y. Gao, L. Huang, C. Liu, T. Huang, M. Yu, S.-HZhao and X. Li (2020a). Ammonia exposure causes lung injuries and disturbs pulmonary circadian clock gene network in a pig study. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 205: 111050.
- Wathes, C.M., Demmers, T.G.M., Teer, N., White, R.P., Taylor, L.L., Bland, V., Jones, P., Armstrong, D., Gresham, A.C.J., Hartung, J., Chennells, D.J. and Done, S.H. (2004) Production responses of weaned

pigs after chronic exposure to airborne dust and ammonia. *Anim Sci*, 78(1):87–97, DOI:
<https://doi.org/10.1017/S135772980005387X>

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.

