

ILVO

Instituut voor Landbouw-,
Visserij- en Voedingsonderzoek

Intensieve veeteelt en de gezondheid van omwonenden

Analyse van de problematiek op basis van een literatuurstudie

Auteurs:

Brusselman E, Van Coillie E, Van Pamel E, Verhegghe M, Demeyer P, Willekens K, Heyndrickx M & Herman L

Instituut voor Landbouw-, Visserij- en Voedingsonderzoek

2018

Dit rapport werd onderworpen aan een kritische review door:

ir. An Derden – BBT-kenniscentrum van VITO (Hoofdstukken 1, 2 en 5)

Prof. dr. Jeroen De Wulf - Faculteit Diergeneeskunde van Universiteit Gent

Prof. dr. Nik van Larebeke - Ereprofessor Faculteit Geneeskunde van Universiteit Gent, Studiecentrum voor Carcinogenese en Primaire preventie van Kanker, gewezen Promotorwoordvoerder van het Steunpunt Milieu en Gezondheid

© Alle rechten zijn voorbehouden aan ILVO. De gebruiker van dit rapport ziet af van elke klacht tegen het Vlaams Gewest of zijn ambtenaren, van welke aard ook, met betrekking tot het gebruik van de via dit rapport beschikbaar gestelde informatie. In geen geval zal het Vlaams Gewest of zijn ambtenaren aansprakelijk gesteld kunnen worden voor eventuele nadelige gevolgen die voortvloeien uit het gebruik van de via dit rapport beschikbaar gestelde informatie.

VOORWOORD

In het voorjaar was er enige commotie ontstaan rond het al dan niet voorkomen van gezondheidseffecten van de intensieve veehouderij voor omwonenden. Een rapport van de West-Vlaamse Milieufederatie, maar ook van het Nederlandse Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, brachten een debat op gang. De berichtgeving zorgde ook voor onrust.

De provincie West-Vlaanderen is een veerrijke provincie. De ruimtelijke ordening in Vlaanderen en ook in West-Vlaanderen, heeft er toe geleid dat er rond de veehouderijen vaak woningen gelegen zijn. Het provinciebestuur is bevoegd voor de vergunningverlening van de grotere veehouderijen. Bij elke vergunningverlening wordt de afweging gemaakt of de hinder en de risico's beheersbaar en aanvaardbaar zijn. Ook het aspect van de gezondheid van de omwonenden is uiteraard heel belangrijk.

Als provincie vinden we het belangrijk om duidelijkheid te brengen in het al of niet bestaan van gezondheidsrisico's, gelinkt aan de nabijheid van intensieve veeteeltbedrijven. Daarom gaf de provincie opdracht aan het ILVO als wetenschappelijke instelling om op basis van een literatuurstudie na te gaan wat de wetenschap vandaag vertelt over de aangehaalde risico's.

De verdienste van deze studie is dat ze op een degelijke en heldere wijze de beschikbare kennis samenbrengt over mogelijke risico's. Dit gebeurt vanuit een gedegen wetenschappelijke basis. Deze wordt niet enkel gegarandeerd door de ILVO-onderzoekers, maar ook door de 3 reviewers, die elk vanuit een andere discipline het rapport kritisch nagelezen en becommentarieerd hebben.

Deze literatuurstudie geeft niet alle antwoorden. Toch biedt ze op een aantal punten duidelijkheid en brengt ze kennishiaten aan het licht. Er is dus nog werk aan de winkel. In een verder traject willen we, in overleg met betrokken partijen, uitklaren welke de volgende stappen zijn. Wat moet er gebeuren om bijkomende antwoorden te vinden? Dit mag niet alleen resulteren in een actieplan, maar moet uitmonden in daadwerkelijke actie. Het provinciebestuur kan dit echter niet alleen opnemen. Er zal een engagement nodig zijn van andere partijen.

Bart Naeyaert
Gedeputeerde Provincie West-Vlaanderen
Bevoegd voor landbouw en omgevingsvergunningen

December 2017

INHOUDSOPGAVE

Voorwoord.....	4
1 Inleiding.....	6
2 Analyse van risico's verbonden aan geregementeerde stalemissies.....	7
2.1 Ammoniak.....	7
2.2 Fijn stof.....	11
2.3 Geur.....	17
3 Analyse van risico's verbonden aan niet-geregementeerde emissies.....	20
3.1 Endotoxines.....	20
3.2 Bacteriën.....	23
3.3 De problematiek van antibioticaresistentie.....	25
3.4 Virussen.....	29
3.5 Parasieten.....	30
3.6 Azoleresistente schimmels.....	32
4 Analyse van de mogelijke gezondheidseffecten door het wonen in de nabijheid van veehouderij – Nederlands onderzoek.....	34
5 Conclusies en aanbevelingen voor het beleid.....	36
6 Lijst van referenties.....	39

1 INLEIDING

De problematiek omtrent veehouderij en gezondheid is reeds lange tijd actueel in Nederland en werd onlangs ook in Vlaanderen onder de publieke aandacht gebracht. Recent concentreert de discussie zich rond twee Nederlandstalige documenten die via internet beschikbaar zijn:

- 1) 'Veehouderij en Gezondheid Omwonenden (VGO)', een rapport van het Nederlandse Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM, 2016) van het Ministerie van Volksgezondheid, Welzijn en Sport¹
- 2) 'Intensieve Veeteelt en Gezondheid Omwonenden West-Vlaanderen' vanwege de West-Vlaamse Milieufederatie (WMF)²

Het VGO rapport beperkt de analyse van de mogelijke gezondheidsrisico's tot de specifieke doelgroep van mensen die in de directe nabijheid van veestallen wonen. Het WMF rapport gaat veel breder en behandelt, zonder in het document het onderscheid te maken, mogelijke risico's voor de landbouwer (dierenartsen, slachthuispersoneel), voor de omwonenden van veestallen en voor de algehele volksgezondheid. Tabel 1 geeft een overzicht van deze verschillende risicogroepen in functie van de blootstelling.

In dit synthesesdocument zullen we de mogelijke risico's toelichten vanuit de beschikbare literatuur en wetenschappelijke kennis. Dit synthesesdocument heeft echter niet als doel een alomvattend overzicht te geven van alle beschikbare wetenschappelijke publicaties betreffende dit thema. Het omvat echter wel die wetenschappelijke onderzoeken die van belang zijn om de vermelde risico's op een correcte manier te kunnen inschatten op basis van de beschikbare kennis. Op deze wijze hopen we bij te dragen tot de objectivering van de maatschappelijke discussie over het onderwerp veehouderij en volksgezondheid. Eveneens zullen we aanbevelingen doen voor verder onderzoek en opvolging.

Tabel 1: Indeling van de risicogroepen in functie van de blootstelling

Vormen van blootstelling	Landbouwer/ Beroepsrisico	Omwonenden	Volksgezondheid
Effecten door blootstelling aan componenten die vanuit stallen in de omgeving terecht komen	+	+	+/-
Effecten door direct contact met de dieren	+	-	-
Effecten door componenten aanwezig in de stal	+	-	-

De problematiek die in dit document wordt bekeken, is heel ruim en kan op verschillende manieren benaderd worden. Enerzijds kan je alle emissies screenen die de veestallen verlaten én een mogelijk risico kunnen betekenen voor de omwonenden. Anderzijds kan je ook wetenschappelijke studies bekijken waarin een mogelijk verband wordt gezocht tussen de aanwezigheid van stallen en de gezondheid van omwonenden. De eerste aanpak is terug te vinden in Hoofdstuk 2 en 3, de tweede aanpak in Hoofdstuk 4.

In Hoofdstuk 2 worden de mogelijke risico's geanalyseerd die verbonden zijn aan de gereguleerde emissies zoals ammoniak, fijn stof en geur. In Hoofdstuk 3 worden de mogelijke risico's verbonden aan de emissies, waarop geen reglementering rust, zoals endotoxines, bacteriën, virussen, parasieten en schimmels, besproken. Met reglementering bedoelen we maatregelen die bij de vergunningverlening worden opgelegd om de emissies te beperken. In Hoofdstuk 5 worden conclusies getrokken en aanbevelingen naar het beleid toe geformuleerd.

2 ANALYSE VAN RISICO'S VERBONDEN AAN GERELEMENTEERDE STALEMISSIES

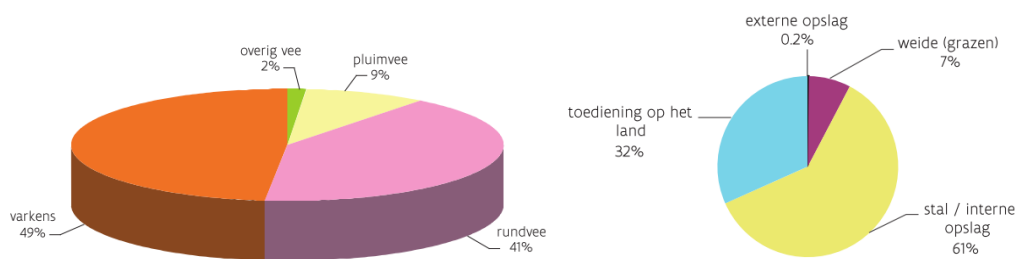
2.1 Ammoniak

Emissies van ammoniak (NH_3) geven aanleiding tot verzuring en vermisting van de bodem waardoor uitspoeling van nitraat en metalen naar het grondwater toe gestimuleerd wordt. In de omgevingslucht kan ammoniak ook aanleiding geven tot de vorming van secundair fijn stof. Landbouw en vooral de intensieve veeteelt zijn de belangrijkste bronnen voor ammoniak.

SITUATIE IN VLAANDEREN

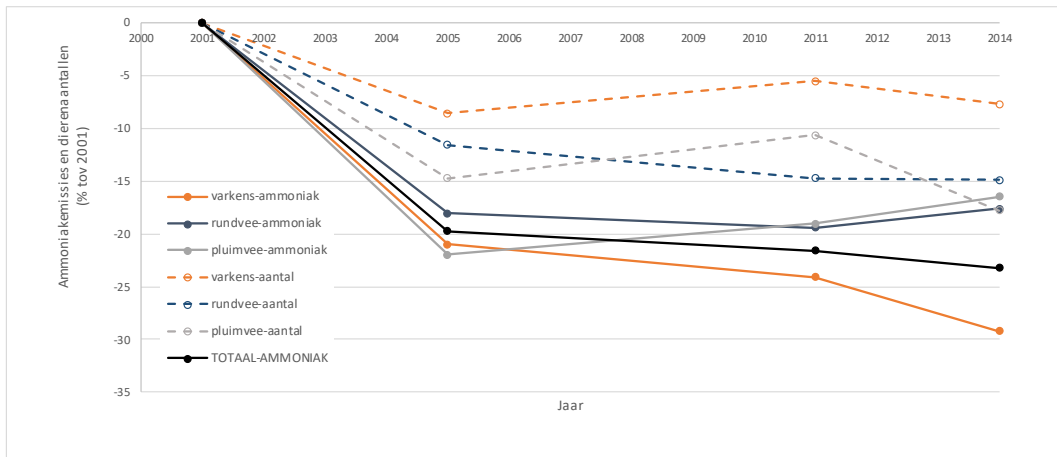
In Vlaanderen is dierlijke mest de belangrijkste bron van ammoniakemissie. In 2015 was het goed voor 84% van de totale ammoniakemissie of 37.129 ton/jaar. Als we de opdeling maken per diercategorie, dan is te zien dat varkens 49% voor hun rekening nemen, gevolgd door runderen met 41%. Het pluimvee is slechts verantwoordelijk voor 9% van deze emissies (Figuur 1).³

Kijken we naar de opdeling per emissiestadium, dan is te zien dat het grootste deel van de ammoniakemissie uit mest afkomstig is uit de stal (61%) (Figuur 1). Het uitrijden van mest op het land leidt tot 32% van de ammoniakemissies. Weidegang draagt 7% bij tot de ammoniakemissie uit mest.³



Figuur 1: Aandeel (%) van de verschillende diersoorten (links) en emissiestadia (rechts) in de totale NH_3 -emissie in Vlaanderen (2015) Bron: Vlaamse Milieumaatschappij³

Onder impuls van de Europese Nitraat- en NEC-richtlijnen werd Vlaamse regelgeving ingevoerd rond het emissie-arm aanwenden van mest én ammoniakemissiearme (AEA) stalsystemen voor varkens en pluimvee. Hierdoor vertonen de ammoniakemissies afkomstig uit veeteelt een dalende trend (Figuur 2). In 2014 zijn de ammoniakemissies afkomstig uit veeteelt gedaald met 23% in vergelijking met 2001. De sterk dalende trend van 2001 tot 2005 kan hoofdzakelijk verklaard worden door de regelgeving rond de emissiearme aanwending van mest. Bij varkens is er een bijkomend reducerend effect door de invoering van emissiearme stalsystemen sinds 2004. De daling in emissies wordt bovendien groter naarmate de tijd vordert. Dit komt door de geleidelijke vervanging van oude stallen door nieuwe emissie-arme stallen. In 2015 zaten 24% van de varkens niet langer in een traditionele stal (11% in stallen met luchtwassers en 13% in een ander systeem van de [AEA-lijst](#)). In 2015 zaten 43% van de kippen in emissiearme stallen.⁴



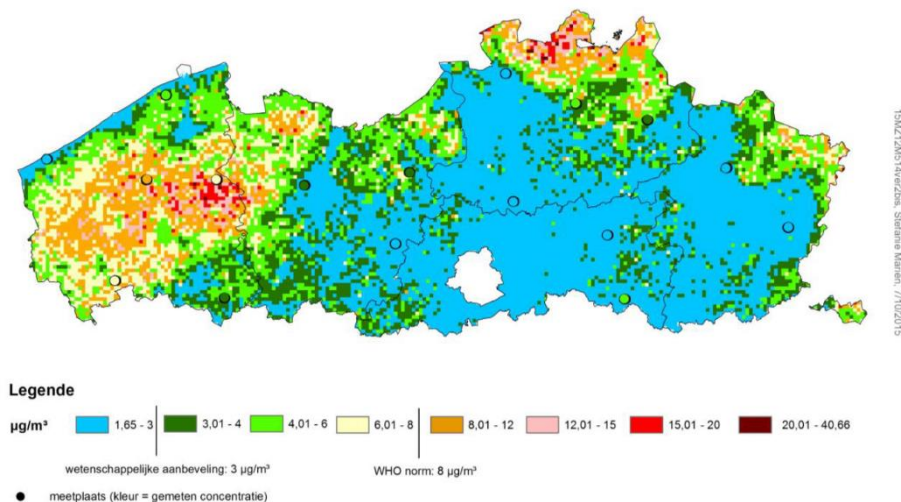
Figuur 2: Evolutie in ammoniakemissies en dierenaantallen in Vlaanderen uitgedrukt in % t.o.v. 2001 (samengesteld op basis van cijfers uit *Lozingen in de lucht 2000-2015*³ en *FOD Economie – Algemene Directie Statistiek*). Bij pluimvee werden enkel de diercategorieën gerekend die voorkomen in de lijst van ammoniakemissiearme stalsystemen.

EFFECTEN OP VOLKSGEZONDHEID

Zijn er directe effecten op omwonenden?

Of een chemische stof directe schadelijke effecten bij de mens kan veroorzaken, is afhankelijk van de concentratie waarin deze aanwezig is én de duur van de blootstelling. In stallen worden ammoniakconcentraties gemeten in grootteorde 1-30 mg/m³. Eenmaal de lucht de stal verlaat, treden er verdunningseffecten op. VMM meet in Vlaanderen ammoniakconcentraties in de lucht op 17 meetplaatsen.⁵ Deze bevinden zich echter in grasland of heidevegetatie in of nabij natuurgebieden, en zijn dus niet relevant om de blootstelling van omwonenden van stallen in te schatten. Voor zover gekend zijn er geen Vlaamse meetgegevens beschikbaar van ammoniakconcentraties die voorkomen bij omwonenden van landbouwbedrijven.

Op basis van modellering worden wel inschattingen gemaakt van de jaargemiddelde ammoniakconcentraties voor het volledige grondgebied Vlaanderen, zoals te vinden in het rapport *Verzurende en vermistende luchtverontreiniging in Vlaanderen*.⁶ De hoogste ammoniakconcentraties zijn te vinden in regio's met intensieve veeteelt, nl. het oosten van West-Vlaanderen en het noorden van Antwerpen. De hoogste jaargemiddelde concentratie werd voor 2014 gemodelleerd op 40,66 µg/m³ (Figuur 3).



Figuur 3: Gemodelleerde NH₃-jaargemiddelde achtergrondconcentraties in Vlaanderen voor 2014.
Bron: Vlaamse Milieumaatschappij⁶

De EPA (U.S. Environmental Protection Agency) bracht in september 2016 een studie uit waarin een toxicologische review wordt uitgevoerd voor de inhalatie van ammoniak.⁷ De NOAEL_{ADJ} (No Observed Adverse Effect Level voor continue blootstelling) wordt hierin vastgelegd op 4,9 mg/m³. Na het toepassen van een onzekerheidsfactor van 10, om rekening te houden met gevoelige individuen, komt de chronische referentiegrenswaarde op 0,5 mg/m³ of 500 µg/m³. Deze waarde ligt dus meer dan 10 maal hoger dan de gemodelleerde jaargemiddelde maximale waarde voor de ammoniakconcentratie in Vlaanderen. Op basis van deze vergelijking lijkt de kans dat de (geschatte) ammoniakconcentraties in de lucht bij omwonenden van stallen op een rechtstreekse manier een negatief effect teweeg kunnen brengen door chronische blootstelling eerder beperkt. Deze conclusie is echter enkel geldig indien er geen interacties optreden met andere vervuulende verbindingen. In een Amerikaanse studie naar de gezondheid van pluimveehouders heeft men vastgesteld dat het effect van de aanwezigheid van ammoniak en fijn stof samen op de longfunctie 53% tot 156% hoger was dan de individuele effecten van de gassen.⁸ De concentraties waaraan pluimveehouders blootgesteld worden, zijn echter veel hoger dan deze waaraan omwonenden blootgesteld worden. Anderzijds kunnen omwonenden van veehouderijen ook blootgesteld worden aan gassen en fijn stof die niet afkomstig zijn van de veehouderij. Het is vooralsnog onduidelijk in welke mate dit fenomeen optreedt bij omwonenden van veehouderijen in Vlaanderen. Het is dan ook raadzaam om dit verder te onderzoeken.

Zijn er indirecte effecten op omwonenden?

Ammoniak speelt ook een belangrijke rol bij de vorming van zgn. secundair fijn stof in de atmosfeer. Dit zijn o.a. ammoniumzouten die ontstaan door reactie van ammoniak met verbindingen zoals zwavelzuur (H₂SO₄), salpeterzuur (HNO₃), salpeterigzuur (HNO₂) of waterstofchloride (HCl) die hoofdzakelijk uitgestoten worden door niet-landbouw bronnen. De vorming van deze ammoniumzouten heeft tijd nodig. Hierdoor worden er geen lokale concentratieverschillen in secundair fijn stof nabij bronnen van ammoniak gevonden.⁹ De problematiek van de vorming van secundair fijn stof bevindt zich daarom niet op het vlak van omwonenden van stallen, maar is een algemeen probleem voor de volksgezondheid (zie 2.2 Fijn stof).

Emissierestricties bij vergunningverlening landbouwbedrijven

Alle veeteeltbedrijven dienen de Best Beschikbare Techniek (BBT) inzake voorkomen en reduceren van ammoniakemissies toe te passen^a. Sinds 2003 moeten nieuwe varkens- en pluimveestallen gebouwd worden volgens één van de technieken die opgenomen zijn in een lijst van stalsystemen voor ammoniakemissiereductie. De lijst met ammoniakemissiearme stalsystemen is terug te vinden in het ministerieel besluit van 31 mei 2011 (B.S. 8.07.11). In latere ministeriële besluiten zijn toevoegingen aan deze lijst opgenomen^b. Voor stallen zoals bv. oude stallen of stallen voor diercategorieën die niet onder deze wetgeving vallen kunnen maatregelen van de PAS-lijst^c toegepast worden om de ammoniakemissie van het bedrijf verder te doen dalen.

Voor MER-plichtige bedrijven alsook voor alle andere veeteeltbedrijven die door hun ammoniakemissie een mogelijke impact kunnen hebben op nabijgelegen natuurgebieden dient bij een vergunningsaanvraag een gedetailleerde modellering uitgevoerd te worden van de ammoniakemissies. Als input in het model wordt gebruik gemaakt van ammoniakemissiefactoren zoals opgelijst in [de bijlage van het MER-richtlijnenboek landbouwdieren](#) (de meest recente versie

^a emis.vito.be/nl/bbt-voor-de-sector-veeteelt en voor IPPC bedrijven: eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/irpp.html

^b www.vlm.be/nl/themas/Mestbank/mest/emissie/emissiearme%20stallen/Paginas/default.aspx

^c www.ilvo.vlaanderen.be/pas-lijst

dateert van juni 2017). Dit richtlijnenboek wordt om de 3 tot 4 jaar grondig gescreend door ILVO om na te gaan of er actualisaties nodig zijn.

In het kader van de Programmatische Aanpak Stikstof werd een beoordelingskader opgesteld met als doel de stikstofafzetting op de beschermde natuur te doen afnemen^d. Bij deze beoordeling wordt nagegaan of het kritieke ammoniakniveau van de aanwezige plantensoorten al dan niet wordt overschreden. De Wereldgezondheidsorganisatie (WGO) definieerde een kritiek ammoniakniveau voor vegetatie van 8 µg/m³ op jaarbasis. Uit wetenschappelijke literatuur blijkt echter dat deze waarde te hoog is en dat eerder 3 µg/m³ aanbevolen is als kritiek ammoniakniveau voor de bescherming van hogere plantensoorten.¹⁰

Is er een link tussen ammoniak en nitraat/nitriet in groenten?

De ammoniak uit de veehouderij komt via de lucht ook op de bodem terecht. Deze ammoniakdepositie zorgt, in eerste instantie, voor een verhoogde ammoniumconcentratie in het bodemvocht. Planten kunnen (eerder beperkt) ammoniumstikstof vanuit de bodem opnemen, maar bij een normale bodemtemperatuur (> 5°C) en goede lucht- en waterhuishouding (voldoende vocht en voldoende zuurstof) wordt ammoniumstikstof snel bacterieel omgezet naar nitraatstikstof dat gemakkelijker opneembaar is voor de plant. Na opname komt nitraat voor in het plantensap en wordt het van daaruit benut voor de aanmaak van stikstofhoudende organische moleculen zoals aminozuren en DNA. Planten rijk aan nitraat zijn bladgroenten zoals spinazie maar bijvoorbeeld ook wortel, bieten en aardappelen.

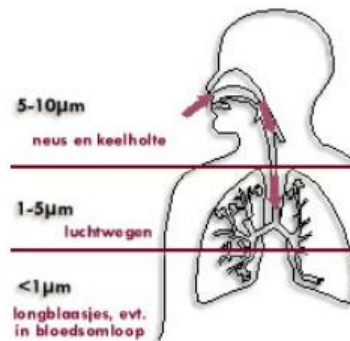
Nitraat (en nitriet) uit plantaardige voeding vormt een belangrijk reservoir voor NO in het menselijk gezondheidsevenwicht, wordt gezien als een therapeutisch en zelfs essentieel voedingselement¹¹ en wordt als een belangrijke factor gezien in het gezondheidseffect van groenten en fruit.^{12,13} Het menselijk lichaam zet nitraat om in nitriet en verder in N-oxide moleculen. Het gunstig effect van het rode bietensap voor sporters zou bv. gelinkt zijn aan de effecten van N-oxides die positief zijn voor wat betreft vasodilatatie. Dit is het verwijden van de bloedvaten waardoor de bloeddruk verlaagt.

Nitraat/nitriet in groenten is op zich niet direct goed of slecht voor de mens. De inname dient in balans te zijn in functie van de leeftijd, de activiteit en de gezondheidstoestand. Nitriet in de voeding heeft een negatief imago gekregen door de mogelijke link tussen de aanwezigheid hiervan in vleesproducten en een verhoogde kans op het ontstaan van darmkanker. Plantaardig nitraat/nitriet vormt in dit verband geen risico. Onderzoekers veronderstellen dat de balans tussen positieve en negatieve effecten van nitraat/nitriet in de voeding afhankelijk is van de matrix waarin het voedingsmiddel zit (bv. plantaardig of dierlijk).¹⁴ Vitamine C, evenals andere plantaardige minor componenten zoals polyfenolen, zouden hierbij een rol spelen en zouden de vorming van kankerverwekkende nitrosamines verhinderen bij de consumptie van groenten en fruit zodat er bij een dergelijke consumptie overwegend een positief gezondheidseffect wordt vastgesteld van de inname van nitraat/nitriet.

^d www.natura2000.vlaanderen.be/pas

2.2 Fijn stof

Fijn stof is een verzamelnaam voor zeer kleine deeltjes die in de lucht aanwezig zijn. Deze deeltjes worden ingedeeld op basis van hun grootte, omdat dit iets zegt over hun schadelijkheid. Hoe kleiner de deeltjes, hoe dieper ze namelijk in de luchtwegen kunnen binnendringen (Figuur 4). Wetenschappers en beleidsmakers spreken hoofdzakelijk over twee fracties, nl. PM10 en PM2,5. Dit zijn respectievelijk deeltjes die kleiner zijn dan 10 en 2,5 μm .



Figuur 4: Capaciteit van deeltjes om door te dringen in de longen in functie van hun grootte.
Bron: www.fijnstofmeter.com

Fijn stof wordt ook nog op een andere manier ingedeeld, nl. in primair en secundair fijn stof. De primaire fijn stof deeltjes worden direct in de atmosfeer geëmitteerd door emissiebronnen die zowel van natuurlijke oorsprong als antropogeen kunnen zijn. Het secundair fijn stof ontstaat in de atmosfeer na chemische reacties uit gasvormige componenten zoals SO_2 , NH_3 en NO_x .³

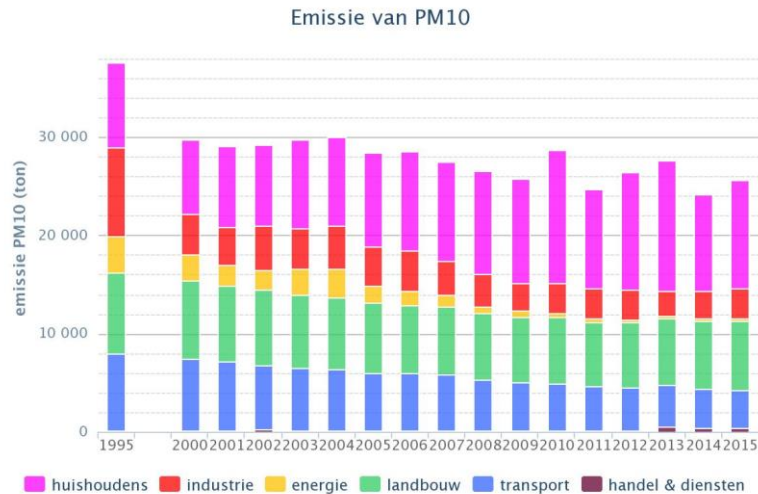
SITUATIE IN VLAANDEREN

Primair fijn stof

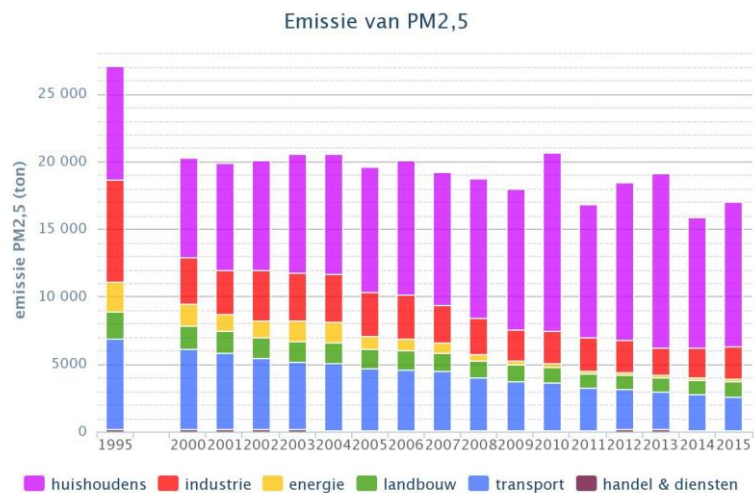
Voor wat het primair fijn stof betreft, wordt geschat dat de land- en tuinbouw in 2015 verantwoordelijk was voor de emissie van 6.893 ton PM10^e en 1.055 ton PM2,5. Dit komt overeen met een aandeel van respectievelijk 25% en 6% van het totaal geëmitteerde primair PM10 en PM2,5 in Vlaanderen (Figuur 5 en Figuur 6).³ Het aandeel van veeteelt in de totale landbouwemissies wordt voor PM10 in 2015 ingeschat op 61%, of **15%** op de totale **PM10** emissie in Vlaanderen. Het aandeel van veeteelt in de totale landbouwemissies wordt voor PM2,5 in 2015 geschat op 82%. Dit komt overeen met een aandeel van **5%** van het totaal geëmitteerde primair **PM2,5** in Vlaanderen.

Zowel voor het primair geëmitteerde PM10 als voor PM2,5 leverden de huishoudens in 2015 de grootste bijdrage, nl. 40% voor PM10 en 56% voor PM2,5. Het is vooral de huishoudelijke houtverbranding die een aanzienlijke bijdrage levert aan de emissie van fijn stof door huishoudens. Uit een VMM studie blijkt dat deze bijdrage van huishoudelijke houtverbranding het grootste is in de winter (oktober-maart) (gemiddeld 3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). In de zomer was dit slechts 0,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.¹⁵

^e Som van de categorie Land- en tuinbouw en resuspensie door Bewerken van landbouwgronden



*Figuur 5: Evolutie van het aandeel van de verschillende sectoren in de PM10 emissie in Vlaanderen.
Bron: VMM, www.milieurapport.be*



*Figuur 6: Evolutie van het aandeel van de verschillende sectoren in de PM2,5 emissie in Vlaanderen.
Bron: VMM, www.milieurapport.be*

Primair en secundair fijn stof

In de studie van Deutsch *et al.*¹⁶ wordt geschat dat slechts een kwart van de jaarlijkse gemiddelde PM10 en PM2,5 concentratie in Vlaanderen, bepaald als de som van primair en secundair fijn stof, afkomstig is van Vlaamse emissies veroorzaakt door de mens (geciteerd door Buekers *et al.*¹⁷). Het overige deel is afkomstig van niet-Vlaamse emissies of van natuurlijke bronnen. Het grootste deel van de Vlaamse emissies veroorzaakt door de mens wordt voor 2007 toegeschreven aan de landbouwsector (54%) (Figuur 7). Daarbinnen is meer dan de helft toe te schrijven aan secundaire anorganische componenten zoals ammoniumzouten die ontstaan na reacties in de atmosfeer. Het exacte aandeel van deze componenten zal variëren, afhankelijk van de meteorologische omstandigheden en de specifieke locatie. De Vlaamse ammoniakemissies leverden, via secundair fijn stof vorming, in 2007 naar schatting een bijdrage van 8% aan de PM10 concentratie in Vlaanderen en 10% aan de PM2,5 concentratie.

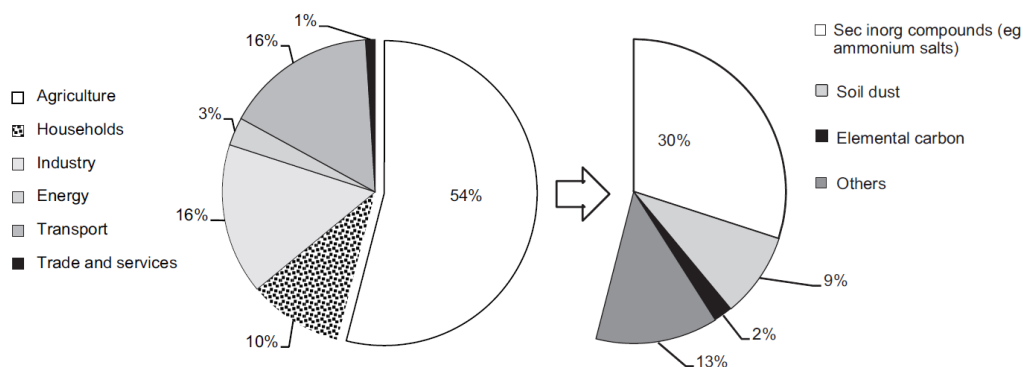


Figure 1. Contribution of Flemish emissions from different sectors to the spatial, annual averaged PM₁₀ concentrations of Flemish origin in 2007.

Note: Uncertainty in the contribution of elemental carbon and soil dust may be relatively large.

Source: Left pie diagram from Deutsch *et al* (2010).

Figuur 7: Bijdrage van antropogene Vlaamse emissies aan de PM₁₀ concentraties in Vlaanderen in 2007.

Bron: Buekers *et al.*¹⁷ en Deutsch *et al.*¹⁶.

EFFECTEN OP VOLKSGEZONDHEID

Onderzoek heeft aangetoond dat er een verband is tussen de blootstelling aan fijn stof en vroegtijdige sterfte. Fijn stof kan negatieve effecten hebben op de longen en het centraal zenuwstelsel en kan cardiovasculaire aandoeningen veroorzaken.^{18,19,20}

Door de Europese Unie en de Wereldgezondheidsorganisatie werden respectievelijk grens- en advieswaarden opgesteld voor PM₁₀ en PM_{2.5}. De Europese grenswaarden zijn minder streng dan deze geadviseerd door de WGO omdat Europa ook rekening houdt met de economische gevolgen en technische haalbaarheid om tot deze doelstellingen te kunnen komen (IRCEL²¹ en VMM²²).

Tabel 2: Grens- en advieswaarden voor PM₁₀ en PM_{2.5} (µg/m³) zoals voorgeschreven door respectievelijk EU en WGO (tussen haakjes het aantal maximum toegestane overschrijdingsdagen). Bron: IRCEL²¹

	EU		WGO	
	jaargrenswaarde	daggrenswaarde	jaaradvieswaarde	dagadvieswaarde
PM ₁₀	40	50 (35x)	20	50 (3x)
PM _{2,5}	25		10	25 (3x)

De Vlaamse Milieumaatschappij (VMM) meet PM₁₀ en PM_{2.5} op respectievelijk 37 en 39 meetplaatsen in Vlaanderen. In het jaarverslag Immissiemeetnetten – 2015 van VMM staat het volgende:

“In 2015 haalden alle Vlaamse meetplaatsen de Europese jaargrenswaarde voor PM₁₀. Voor het tweede jaar op rij respecteerden alle meetplaatsen in Vlaanderen de Europese daggrenswaarde voor PM₁₀. Voor PM_{2,5} haalden we overal in Vlaanderen de jaargrenswaarde en ook de lagere indicatieve grenswaarde die vanaf 2020 geldt. De doelstelling voor 2020 van de Vlaamse streefwaarde inzake de vermindering van de blootstelling werd in 2015 gehaald.

*Als we de luchtkwaliteitsresultaten voor 2015 toetsen aan de advieswaarden van de Wereldgezondheidsorganisatie (WGO) zien we dat vooral **fijn stof**, ozon en zwaveldioxide een probleem vormen... Als we kijken naar de PM₁₀-concentraties dan lag op een totaal van **37 meetplaatsen** geen enkele onder de dagadvieswaarde en drie onder de jaaradvieswaarde. Via RIO-IFDM-modellering schatten we dat 20% van de bevolking (of zo'n 1.308.000 Vlamingen) in 2015*

woonde in een gebied met een te hoog jaargemiddelde en 96% van de bevolking (of 6.154.000 Vlamingen) in een gebied met een te hoog daggemiddelde voor PM10. Voor PM2,5 lag de concentratie op alle 39 meetplaatsen hoger dan wat de WGO op jaarbasis adviseert. Via RIO-IFDM-modellering schatten we dat 94% van de bevolking (of zo'n 6.003.000 Vlamingen) in 2015 woonde in een gebied waar de jaaradvieswaarde voor PM2,5 werd overschreden. Ook waren er op elke meetplaats meer dan drie dagen met een gemiddelde concentratie hoger dan 25 µg/m³, wat de WGO adviseert. Alle Vlamingen werden blootgesteld aan te hoge PM2,5-concentraties op dagniveau...

Samenvattend kunnen we stellen dat er vanuit gezondheidkundig oogpunt verdere acties nodig zijn om de concentraties van een aantal stoffen te verlagen, zelfs voor stoffen die ruim voldoen aan de Europese regelgeving."

Tabel 3: Toetsing Vlaamse luchtkwaliteit in 2015 aan de Europese regelgeving. Bron: VMM²²

2008/50/EG - grenswaarde	Gemiddelde op basis van				Aantal meetplaatsen die norm halen
	uur	8-uur	dag	jaar	
Zwavel dioxide – SO ₂	✓		✓		31/31
Stikstof dioxide – NO ₂	✓			✗	57/58
Fijn stof – PM ₁₀ -fractie			✓	✓	37/37
Fijn stof – PM _{2,5} -fractie				✓	39/39
Koolstofmonoxide – CO		✓			4/4
Lood – Pb				✗	11/12
Benzeen				✓	10/10

Tabel 4: Toetsing Vlaamse luchtkwaliteit in 2015 aan de advieswaarden van de WGO. Bron: VMM²²

WGO-advieswaarde gezondheid	Gemiddelde op basis van				Aantal meetplaatsen die advieswaarde halen
	uur	8-uur	dag	jaar	
Zwavel dioxide – SO ₂			✗		17/31
Stikstof dioxide – NO ₂	✗			✗	55/58 – uurgemiddelde 57/58 – jaargemiddelde
Fijn stof – PM ₁₀ -fractie			✗	✗	0/37 – daggemiddelde 3/37 – jaargemiddelde
Fijn stof – PM _{2,5} -fractie			✗	✗	0/39 – daggemiddelde 0/39 – jaargemiddelde
Koolstofmonoxide – CO		✓			4/4
Ozon – O ₃		✗			0/19
Lood – Pb				✓	11/12
Cadmium – Cd				✗	2/6
Kwik – Hg				✓	2/2
Mangaan – Mn				✓	12/12
WGO-advieswaarde vegetatie					
Ammoniak – NH ₃				✓	17/17

Onderstaande kaarten tonen de gemeten waarden voor PM10 (Figuur 8) en PM2,5 (Figuur 9) in 2015 in Vlaanderen (symbool "o": aanduiding van de meetstations ingevuld met een kleur dat overeenstemt met de gemeten concentratie). Met behulp van interpolatie, aangevuld met hoge resolutiemodellering, werd de ruimtelijke spreiding bepaald over Vlaanderen. VMM merkt op dat de concentraties lokaal hoger of lager kunnen zijn, dat de onzekerheid op de gemodelleerde concentraties stijgt naarmate je verder van een meetplaats gaat en dat er geen rekening wordt gehouden met topografie, obstakels langs de weg en gesloten huizenrijen. Er zijn geen meetstations in de Vlaamse regio's met intensieve veeteelt. Op basis van de beschikbare gegevens is het dan ook moeilijk om in te schatten aan welke fijn stof concentraties omwonenden van stallen precies blootgesteld worden.

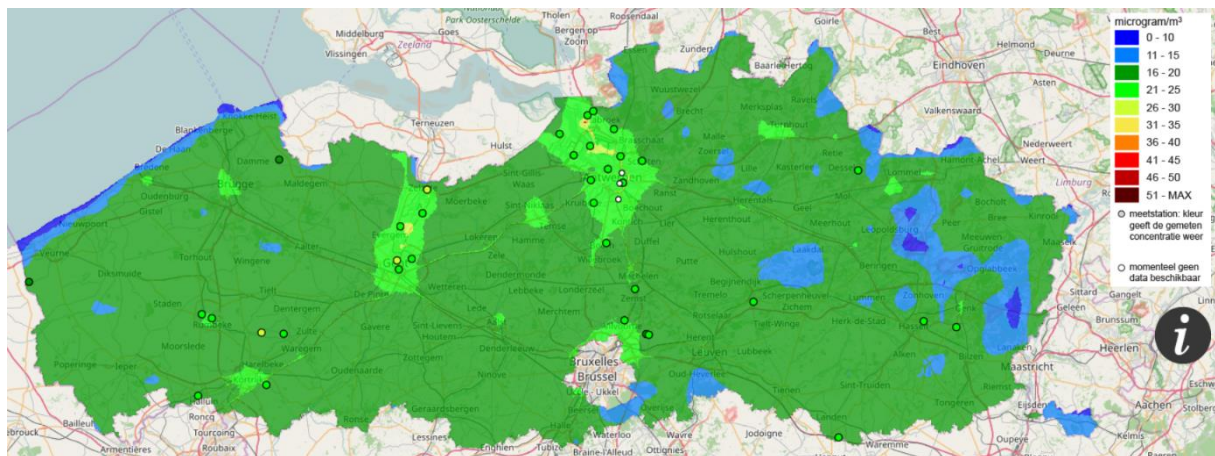
In tegenstelling tot ammoniak, zijn er in het geval van fijn stof verschillende andere bronnen naast landbouw die bijdragen aan de fijn stof concentraties in de lucht zoals huishoudens, verkeer en

industrie. Het aandeel van lokale landbouwbedrijven aan fijn stof concentraties in hun omgeving zal dan ook een stuk lager zijn dan deze aan ammoniak.

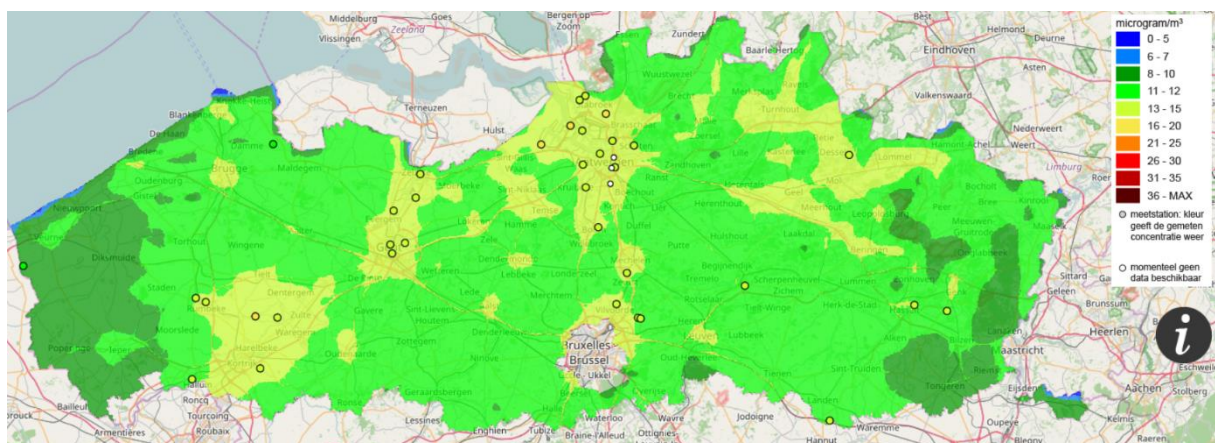
Daarnaast is het ook belangrijk om de schadelijkheid van de fijn stof deeltjes in beschouwing te nemen. Op basis van epidemiologische studies wijst men momenteel elementaire koolstof, organische koolstof en zwarte koolstof aan als de meest gevaarlijke deeltjes (Janssen *et al.*²³ geciteerd door Buekers *et al.*¹⁷). Dit zijn de deeltjes die gevormd worden bij verbrandingsprocessen gelinkt aan verkeer, energieverbruik en industriële activiteiten.

De toxiciteit van fijn stof deeltjes die door vee- en landbouwbedrijven en hun randactiviteiten geproduceerd worden varieert sterk. Het lokale bodemstof dat ontstaat door bewerkingen van het land wordt geacht minder schadelijk te zijn omdat ze inert zijn en vrij groot (2,5 – 10 µm).

Uit toxicologische testen blijkt dat zuivere ammoniumnitraat en ammoniumsulfaat (secundair fijn stof) in de concentraties waarin ze in de atmosfeer voorkomen niet toxisch zijn (OECD²⁴ en Martel *et al.*²⁵ geciteerd door Buekers *et al.*¹⁷). Experimenten met dieren hebben aangetoond dat nitraat op zich niet toxisch is, maar dat het de negatieve effecten van diesel emissies op de longfunctie en witte bloedcellen bevordert.²⁶



*Figuur 8: Ruimtelijke spreiding van de jaargemiddelde PM10-concentratie in Vlaanderen in 2015. Gebaseerd op de interpolatie van de resultaten van de meetstations, aangevuld met hoge resolutiemodellering.
Bron: www.vmm.be/data/fijn-stof-pm10-jaargemiddelde*



*Figuur 9: Ruimtelijke spreiding van de jaargemiddelde PM2.5-concentratie in Vlaanderen in 2015. Gebaseerd op de interpolatie van de resultaten van de meetstations, aangevuld met hoge resolutiemodellering.
Bron: www.vmm.be/data/fijn-stof-pm2-5-jaargemiddelde*

EMISSIERESTRICTIES BIJ VERGUNNINGVERLENING LANDBOUWBEDRIJVEN

Alle veeteeltbedrijven dienen de Best Beschikbare Techniek (BBT) inzake voorkomen en reduceren van fijn stof emissies toe te passen^f.

Bij MER-plichtige bedrijven dient een MER deskundige een inschatting te maken van de fijn stof emissie uit stallen. Hiervoor kan de deskundige gebruik maken van de emissiefactoren voor fijn stof in [de bijlage van het MER-richtlijnenboek landbouwdieren](#) (de meest recente versie dateert van juni 2017). Dit richtlijnenboek wordt om de 3 tot 4 jaar grondig gescreend door ILVO om na te gaan of er actualisaties nodig zijn. Het richtlijnenboek omvat emissiefactoren voor PM10 en PM2,5 voor de traditionele stallen en de staltechnieken die op de lijst van ammoniakemissiearme stalsystemen staan (incl. luchtbehandelingstechnieken). Een uitzondering hierop zijn de biobedden, aangezien hiervoor geen gegevens beschikbaar zijn. Enkel de emissiefactor voor PM10 en PM2,5 voor de vleesvarkensstallen zijn gebaseerd op Vlaamse metingen. Voor de overige diercategorieën zijn geen Vlaamse meetgegevens beschikbaar en worden de cijfers uit Nederland overgenomen. Nederland is namelijk het enige buurland waarbij de ammoniakemissiearme stalsystemen vergelijkbaar zijn met deze in Vlaanderen. In 2016 werd op ILVO een emissiemeetploeg opgericht, gefinancierd door het Beleidsdomein Omgeving. In de toekomst zullen er dus meer Vlaamse fijn stof (PM10 en PM2,5) emissiecijfers ter beschikking komen.

In een MER van een veeteeltbedrijf dient een toetsing te gebeuren van de bijdrage van het project aan de jaargemiddelde concentraties van PM10 en PM2,5. Voor PM10 moet getoetst worden aan de jaargrenswaarde 31,3 µg/m³ (dit werd omgerekend op basis van de EU daggrenswaarde)²⁷. Voor PM2,5 moet getoetst worden aan de grenswaarde 20 µg/m³. Voor de beoordeling wordt gebruik gemaakt van het significantiekader in Tabel 5.

Tabel 5: Significantiekader gebruikt in landbouw MER's voor de beoordeling van de bijdrage van het project aan de PM10 en PM2,5 concentraties in de lucht. Bron: Richtlijnenboek Lucht²⁸

Berekende bijdrage aan de concentratie in de lucht (uitgedrukt in % van de norm of richtwaarde)	Bijdrage	Conclusie
> 1%	beperkt	onderzoek naar milderende maatregelen is minder dwingend, tenzij de milieukwaliteitsnorm al voor 80% is ingenomen
> 3%	belangrijk	milderende maatregelen moeten gezocht worden in het MER met zicht op implementatie ervan op korte termijn
> 10%	zeer belangrijk	milderende maatregelen zijn essentieel

Voor wat de toepassing van fijn stof reducerende maatregelen betreft is er een verschil op te merken tussen varkens- en pluimveestallen. In Vlaanderen zitten reeds 11% van de varkens in stallen met luchtwassystemen. Er bestaan luchtwassystemen die fijn stof reducties tot 80% voor PM10 en 75% voor PM2,5 halen. In Vlaanderen zijn luchtwassystemen op pluimveestallen een zeldzaamheid. Er zijn enkele ammoniakemissiearme systemen voor pluimveestallen die ook fijn stof reduceren. De reducties zijn echter een stuk lager dan deze die luchtwassers kunnen behalen^g. In verschillende literatuurbronnen zie je onenigheid over het mogelijke effect van de hoge stofbelading van pluimveestallen op de praktische werkbaarheid van luchtwassers.²⁹ De meest recente luchtwassers op de markt zijn voorzien van specifieke aanpassingen zoals een extra voorfiltering van grove deeltjes. Bij onze buurlanden Nederland en Duitsland lijken luchtwassers ondertussen meer en

^f emis.vito.be/nl/bbt-voor-de-sector-veeteelt en voor IPPC bedrijven: eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/irpp.html

^g Legkippen: 4 AEA systemen – PM10: -23%
Vleeskippen: 3 AEA systemen – PM10: -9 tot -23%
2 AEA systemen – PM2,5: -6 tot -19%

meer ingang te vinden bij pluimveestallen. In Duitsland worden certificaten toegekend aan luchtwassers op basis van effectief gemeten emissiereducties. Op de Duitse DLG website (www.dlg.org) zijn testrapporten beschikbaar voor verschillende luchtwassystemen. Eind 2016 bevatte deze website 20 testrapporten met betrekking tot luchtwassers, waarvan 6 voor kippenstallen.³⁰

2.3 Geur

De geur die geproduceerd wordt bij dierlijke productie is vooral afkomstig van afbraak- en verteringsprocessen die zich afspelen in het diervoeder, in de dieren zelf en in de mest. De geurproductie wordt beïnvloed door vele factoren, zoals de samenstelling van het voeder en omgevingsfactoren (bv. temperatuur en luchtsnelheid).

Door VMM wordt geurhinder als volgt geformuleerd^h:

“Geurhinder begint met de emissie van vluchtige verbindingen die zich in de lucht verspreiden en waargenomen worden met de menselijke neus. Stank treedt op wanneer het waarnemen van geuren als hinderlijk wordt ervaren. De mate van hinder wordt bepaald door de frequentie, duur, intensiteit en aard van de geur, door de variabiliteit in de tijd van de geurconcentratie en door context en sociaal psychologische factoren.”

SITUATIE IN VLAANDEREN

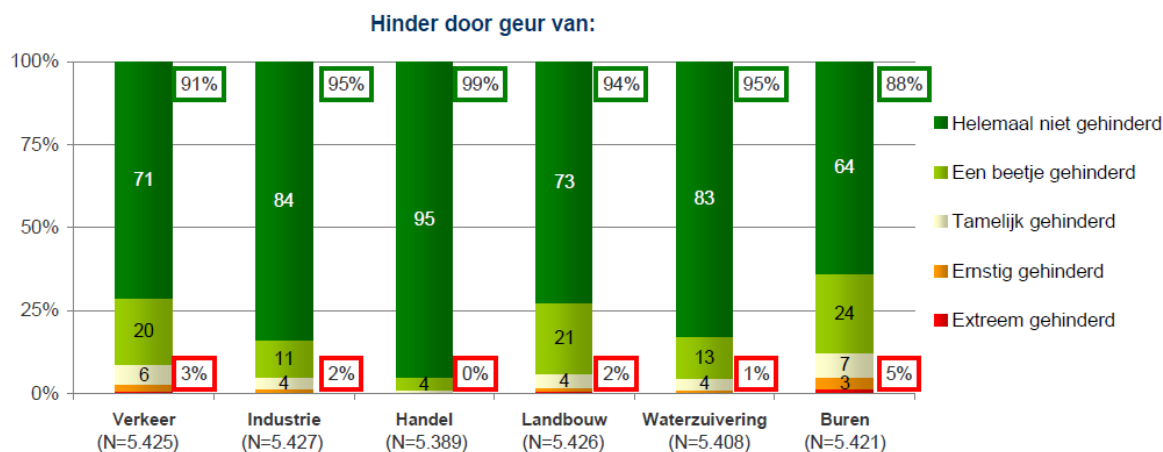
De Vlaamse overheid voert op regelmatige basis een Schriftelijk Leefomgevingsonderzoek (SLO) uit. Dit is een enquête over geluids-, geur- en lichthinder bij een representatief deel van de Vlaamse bevolking. De meest recente SLO dateert van 2013. In dit jaar gaf 59% van de respondenten aan helemaal niet gehinderd te zijn door geur, 3,4% voelde zich ernstig gehinderd, 0,8% extreem gehinderd. Voor wat landbouw betreft geven 73% van de respondenten aan helemaal niet gehinderd te zijn, 21% een beetje gehinderd, 4% tamelijk gehinderd en 2% ernstig tot extreem gehinderd (Figuur 10).

In het SLO rapport wordt de volgende analyse gemaakt voor wat betreft de verschillen tussen de provincies met betrekking tot tamelijke, ernstige tot extreme hinder door geurhinderbronnen:

“In alle provincies zijn burens de meest frequente bron van tamelijke tot extreme geurhinder (8% tot 14%). De tweede belangrijkste bron van geurhinder betreft voor alle provincies het verkeer en vervoer (7% tot 10%), met uitzondering van de provincie West-Vlaanderen waar geurhinder van land- en tuinbouw de tweede plaats bezet (7%). De derde belangrijkste bron van geurhinder verschilt al naargelang de provincie: in Antwerpen wordt de derde plaats ingenomen door bedrijven en industrie (5%), in Limburg en Oost-Vlaanderen door land- en tuinbouw (resp. 7% en 8%), in Vlaams-Brabant door water en zuivering (6%) en in West-Vlaanderen ten slotte door verkeer en vervoer (6%).”

Als verder ingezoomd wordt op de oorzaken van geurhinder bij landbouw, wordt door de SLO aangegeven dat vooral het uitspreiden van dierlijke mest hiervan de oorzaak is (4,7% van de respondenten ondervindt hiervan tamelijk tot extreme geurhinder). Varkensstallen zorgen voor 1,6% tamelijk tot extreem gehinderden, pluimveehouderijen en rundveekwekerijen respectievelijk voor 0,8% en 0,6% tamelijk tot extreem gehinderden. Ook wanneer enkel gekeken wordt naar de ernstig tot extreem gehinderden, dan staat het uitspreiden van dierlijke mest op de eerste plaats (1,4%).

^h <http://www.milieuraapport.be/nl/feitencijfers/milieuthemas/hinder-door-lawaai-geur-en-licht/>



Figuur 10: Mate van hinder afkomstig van verschillende hinderbronnen m.b.t. geur – Vlaamse Gewest.
Bron: Vlaamse overheid³¹

Tabel 6: Significante verschillen tussen de provincies m.b.t. tamelijke, ernstige tot extreme hinder door geurhinderbronnen – Vlaamse provincies. Bron: Vlaamse overheid³¹

Geurhinderbron	Antwerpen (A)	Limburg (B)	Oost-Vlaanderen (C)	Vlaams-Brabant (D)	West-Vlaanderen (E)	Vlaanderen
Verkeer en vervoer	9,9 ^E	7,4	9,1	10,2 ^E	6,2	8,7
Bedrijven en industrie	5,1	5,8	5,6	4,4	4,5	5,1
Handel, diensten, recreatie en toerisme	0,9	0,9	1,3	0,6	0,7	0,9
Land- en tuinbouw	3,5	6,8 ^A	7,9 ^A	6,2 ^A	6,5 ^A	6,0
Water en zuivering	4,7	4,3	4,1	6,4	4,5	4,8
Buren	13,0 ^E	12,2	12,9 ^E	14,2 ^E	8,2	12,2

^{A B C D E} = significant verschil ($p < 0,05$) t.o.v. aangegeven subgroep

EFFECTEN OP VOLKSGEZONDHEID

Het effect van geurhinder is vooral lokaal en veroorzaakt een gevoel van individueel onbehagen en is dus voornamelijk te vinden op psychisch vlak. Geurhinder kan leiden tot een gevoel van onrust, vaak omdat men deze geur in verband brengt met gevaar. Nochtans is er in de meeste gevallen geen directe relatie tussen de geur van de lucht en de toxiciteit van de moleculen die deze geur veroorzaken. Er werden wel al niet-toxische fysiologische reacties waargenomen door inwerking op het centraal zenuwstelsel. Uit bevragingen tijdens periodes van geurhinder wordt soms melding gemaakt van hoofdpijn, slaapverstoring en verlies van eetlust.³²

EMISSIERESTRICTIES BIJ VERGUNNINGVERLENING LANDBOUWBEDRIJVEN

Alle veeteeltbedrijven dienen de Best Beschikbare Techniek (BBT) inzake voorkomen en reduceren van geuremissies toe te passenⁱ.

Bij MER-plichtige bedrijven dient een MER deskundige een inschatting te maken van de mogelijke geurhinder die het project zou kunnen veroorzaken. Dit gebeurt aan de hand van een modellering van de geurconcentraties rond het bedrijf en de toetsing ervan met vooropgestelde normen. Indien dit nodig blijkt, worden aanvullende geurbepalende maatregelen (BBT) opgelegd in functie van de specifieke bedrijfssituatie en de lokale omstandigheden.

ⁱ emis.vito.be/nl/bbt-voor-de-sector-veeteelt en voor IPPC bedrijven: eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/irpp.html

Als input in het model wordt gebruik gemaakt van geuremissiefactoren zoals opgelijst in [de bijlage van het MER-richtlijnenboek landbouwdieren](#) (de meest recente versie dateert van juni 2017). Dit richtlijnenboek wordt om de 3 tot 4 jaar grondig gescreend door ILVO om na te gaan of er actualisaties nodig zijn. Enkel de geuremissiefactoren voor varkens en zeugen zijn gebaseerd op Vlaamse metingen. Voor de overige diercategorieën zijn geen Vlaamse meetgegevens beschikbaar en worden de cijfers uit Nederland overgenomen. In 2016 werd op ILVO een emissiemeetploeg opgericht, gefinancierd door het Beleidsdomein Omgeving. In de toekomst zullen er dus meer Vlaamse geuremissiecijfers ter beschikking komen.

3 ANALYSE VAN RISICO'S VERBONDEN AAN NIET-GEREGLEMENTEERDE EMISSIES

3.1 Endotoxines

In tegenstelling tot exotoxines, die extracellulair vrijgesteld worden gedurende de groei van bepaalde bacteriën, maken endotoxines deel uit van bacteriële cellen. Het zijn meer bepaald onderdelen van de buitenste membraan van Gram-negatieve bacteriën. Endotoxines zijn dus gebonden aan de bacteriële cel en worden vrijgesteld wanneer de cel afsterft.

Naargelang de manier waarop het menselijk lichaam in contact komt met endotoxines, kunnen verschillende toxische effecten optreden. Deze zijn afhankelijk van de concentratie waaraan het lichaam wordt blootgesteld en de gevoeligheid van de persoon.

Systemische toxiciteit is het effect wanneer endotoxines in de bloedbaan terecht komen. Het is gekend dat zeer kleine hoeveelheden endotoxine (1-4 ng/kg lichaamsgewicht) in de bloedbaan acute ontstekingsreacties kunnen veroorzaken die kunnen leiden tot ernstige gezondheidsstoornissen.

Orale inname van endotoxines daarentegen veroorzaakt weinig schade bij gezonde personen en kan zelfs bepaalde ziekten voorkomen.³³ Mensen worden via voeding constant blootgesteld aan grote hoeveelheden endotoxines (1 ng-1 µg/g voedsel). Bovendien zijn in de menselijke darm hoge hoeveelheden (Gram-negatieve) bacteriën en dus ook endotoxines aanwezig. Deze constante blootstelling blijkt belangrijk voor het behoud van de immunbalans (verstoring hiervan kan leiden tot allergieën) én voor bescherming tegen bacteriële darminfecties. Normaal gezien komen endotoxines die oraal worden opgenomen niet in de bloedbaan terecht. Door bijvoorbeeld een defect aan de barrièrefunctie van de darmwand bij bepaalde darmziekten, kunnen endotoxines wel in de bloedbaan terecht komen.

Blootstelling aan endotoxines via boerderijstof gebeurt voornamelijk via **inademing**, waardoor ze in de luchtwegen terechtkomen. Het is onwaarschijnlijk dat endotoxines via deze weg in de bloedbaan komen. Uit literatuurgegevens blijkt dat blootstelling van werknemers aan hoge endotoxineniveaus gelinkt aan stofdeeltjes door inhalatie kan leiden tot een verminderde longfunctie.^{34,35}

De Nederlandse gezondheidsraad heeft een grenswaarde van 90 endotoxine-eenheden per kubieke meter lucht (EU/m³) vastgesteld voor beroepsmatige blootstelling aan endotoxines via de lucht.³⁶ Deze waarde is gebaseerd op enerzijds een dosis-respons studie waarbij het effect op de longfunctie van acute blootstelling van vrijwilligers aan endotoxines werd nagegaan³⁷ en anderzijds twee studies waarbij het effect op chronische blootstelling werd onderzocht.^{34,35} Hierbij ging het telkens over een blootstelling aan endotoxines gebonden op stofdeeltjes. De Nederlandse Gezondheidsraad heeft deze grenswaarde in 2012 bijgesteld tot 30 EU/m³ om extra gevoelige personen te beschermen.³⁸

Het effect van een acute piekdosis aan zuivere endotoxine-oplossing (zonder stofdeeltjes) op de longcapaciteit van testpersonen werd in de literatuur beschreven. Michel *et al.*³⁹ vergeleken acute blootstelling aan endotoxines bij astmatische versus niet-astmatische personen, en stelde een gering maar significant effect vast bij de astmatische personen bij blootstelling aan 22,2 µg, terwijl er bij 2,2 µg (2200 ng) geen effect werd waargenomen. Bij de niet-astmatische personen werd geen effect waargenomen. In de studie van Kline *et al.*⁴⁰, waarin enkel niet-astmatische personen werden getest, werd een groot verschil in de gevoeligheid van de testpersonen vastgesteld. In de voorgestelde experimenten werd bij de meest gevoelige personen een reactie waargenomen vanaf een blootstelling aan 1,5 µg endotoxines; geen enkele persoon reageerde op een dosis van 0,5 µg of 500 ng. Een exacte omzetting van endotoxine units naar gewicht is niet mogelijk omdat de endotoxine unit gelinkt is aan een bepaalde labotest en zo corrigeert voor een mogelijk verschil

in activiteit van de endotoxines afhankelijk van hun microbiële oorsprong. Toch suggereerden Heederik en Douwes⁴¹ een omzettingfactor van 1 ng endotoxines naar ongeveer 10-15 endotoxine eenheden (EU). Als we hiermee rekening houden zou een blootstelling aan 2200 ng en 500 ng pure endotoxines overeenkomen met ongeveer 22.000 en 5000 EU. Dit is ver boven de grenswaarden van 90 of 30 EU/m³ (90 EU/m³ komt overeen met een blootstelling aan een dosis van ongeveer 190 EU in 6 uur tijd (acute blootstelling) voor een volwassen persoon) die werden vastgesteld op basis van de studies waar de endotoxines gelinkt zijn aan fijn stof.³⁷

Bij de emissies uit stallen blijken de endotoxines hoofdzakelijk gelinkt te zijn aan de grovere fijnstoffractie. Uit recent Nederlands onderzoek blijkt dat de endotoxinegehalten zowel in vleesvarkens-, leghennen- en vleeskippenstallen hoger zijn in de PM100 fractie dan in de PM10 fractie die hiervan een onderdeel uitmaakt. Bovendien bevindt het merendeel van de stofmassa zich in deeltjes groter dan 10 µm.⁴² Endotoxinen die in de grovere fracties van stofdeeltjes aanwezig zijn, zullen een grotere massa hebben waardoor deze deeltjes sneller neerslaan. Dit verklaart waarom de endotoxine concentraties snel dalen in functie van de afstand tot de stal. Door de link van de endotoxines met de grovere stoffracties kan worden verondersteld dat ze bij inademing vooral in de bovenste luchtwegen (neus- en keelholte; zie Figuur 4) zouden terecht komen⁴³ en dat de eventuele gezondheidseffecten zich daar preferentieel zouden situeren. Echter in de studie uit Nederland waar de algemene gezondheidsrisico's werden bestudeerd in relatie tot omwonenden van de veehouderij⁴⁴, (zie hoofdstuk 4 in dit document) werd een mogelijke verhoging van het risico in de onderste luchtwegen (longontsteking) vastgesteld terwijl er eerder een positief effect waargenomen werd op de bovenste luchtwegen. Het lijkt bijgevolg weinig waarschijnlijk dat deze verhoging toe te wijzen zou zijn aan louter de endotoxinefractie.

Naast de negatieve effecten zou blootstelling aan endotoxines via inhalatie ook positieve effecten op de gezondheid hebben. Uit recent onderzoek blijkt bijvoorbeeld dat blootstelling op jonge leeftijd aan boerderijstof bescherming biedt tegen astma en allergieën en endotoxines zouden hierbij een belangrijke rol spelen.⁴⁵ Er zijn ook steeds meer aanwijzingen dat het (darm)microbioom (waar ook gramnegatieve bacteriën en endotoxines aan gekoppeld zijn), van belang zou zijn voor bescherming tegen astma en allergieën.^{46,47} Deze literatuurgegevens zouden de positieve effecten voor omwonenden in de veehouderij die in de hierboven aangehaalde studie uit Nederland worden vastgesteld, kunnen verklaren.

ENDOTOXINELIMIETEN VAN 90 EN 30 EU/M³

In 2010 besloot de Nederlandse Gezondheidsraad het volgende³⁶:

“Op basis van een studie naar de effecten van 6 uur blootstelling aan endotoxines in vrijwilligers die geselecteerd werden op basis van gevoeligheid voor endotoxines, wordt een No-Observed-Effect-Level (NOEL) van 90 EU/m³ vastgesteld. Een extrapolatiefactor om rekening te houden met individuele gevoeligheid wordt niet nodig geacht. Op basis van een cross-sectionele studie in de diervoederindustrie waarbij rekening gehouden wordt met een blootstelling van 40 jaar aan de limiet van 90 EU/m³, beschermt deze limiet eveneens tegen de effecten van langdurige blootstelling aan endotoxines. Daarom stelt de Commissie Gezondheid en Beroepsmatige Blootstelling aan Stoffen (GBBS) vast dat een gezondheidkundige advieswaarde voor endotoxines van 90 EU/m³ (8 uur tijd gewogen gemiddelde) zowel tegen de effecten van acute, kortdurende als langdurige blootstelling beschermt.”

Deze limiet is vastgesteld op basis van het testen van personen geselecteerd omwille van hun gevoeligheid voor endotoxines en rekening houdende met een blootstelling van 40 jaar aan deze limiet. In het rapport van 2012 van de Gezondheidsraad³⁸ wordt een extra veiligheidsfactor van 3 ingevoerd voor omwonenden van veestallen om extra gevoelige personen (eventueel gevoeliger dan de werknemers die deelnamen aan de studie hierboven vermeld) te beschermen. Zo komt men aan een grenswaarde van 30 EU/m³.

MEETWAARDEN ENDOTOXINES IN EN ROND VEEHOUDERIJEN

In het Nederlandse VGO onderzoek werden endotoxineconcentraties gemeten op verschillende niveaus:¹

- Binnenin en rondom stallen (100 m bovenwinds en 25, 50 en 100 m benedenwinds)
 - o 2 vleeskuikenbedrijven
 - o 3 leghennenbedrijven
 - o 3 vleesvarkensbedrijven
 - o 1 zeugenbedrijf

- Op meetlocaties op woonniveau verspreid over het VGO-onderzoeksgebied^j
 - o 61 meetlocaties met afstanden tot het dichtstbijzijnde veehouderijbedrijf variërend van minder dan 250 m tot meer dan 1000 m.

De endotoxinemetingen rondom de stallen lieten een duidelijk afstandspatroon zien, nl. lage concentraties bovenwinds, hoge concentraties in de stallen en een afname met de afstand benedenwinds.

De gemeten endotoxineconcentraties van de meetlocaties verspreid over het VGO-onderzoeksgebied variëren van 0,04 tot 2,3 EU/m³.¹ Gemiddeld bedroeg de endotoxineconcentratie op de meetlocaties op minder dan 250 m van de dichtstbijzijnde veehouderij 0,36 EU/m³. Deze concentraties liggen ongeveer een factor 10 lager dan deze gemeten op 100 m van de stallen. Dit wordt mogelijk verklaard omdat de metingen bij de woningen jaarrond uitgevoerd werden onder alle weersomstandigheden, terwijl de metingen bij de bedrijven alleen tijdens ideale weersomstandigheden ten behoeve van de metingen (droog weer, bepaalde windsnelheid en bij hogere temperaturen) plaatsvonden. Ook zijn de metingen bij de bedrijven specifiek zo geplaatst dat ze op het moment van de meting benedenwinds van de stal, dus onder invloed van de stalemissie zijn.

Met een gemiddelde concentratie aan endotoxines van 0,36 EU/m³ bij woningen op minder dan 250 m van de dichtstbijzijnde veehouderij lijkt de kans dat er in de onderzochte regio chronische effecten zouden optreden door langdurige blootstelling beperkt.

Met de huidig beschikbare informatie uit het VGO onderzoek is het niet mogelijk om het risico op acute effecten door blootstelling aan endotoxinebevattende stoffracties in te schatten. Acute effecten zouden kunnen optreden bij een kortstondige blootstelling aan een piekconcentratie. Bijkomend onderzoek is nodig om een eventueel causaal verband aan te tonen tussen endotoxineconcentraties, al of niet gelinkt aan bepaalde stoffracties en hun zuiverheid, en het effect op de gezondheid van de mens. Er zijn momenteel geen wetenschappelijke data voorhanden om hieromtrent een uitspraak te doen. Verder onderzoek is bijgevolg noodzakelijk om richting te geven aan de vaststelling van een norm voor endotoxineconcentraties en de wijze waarop deze zou kunnen toegepast worden.

CONCLUSIE

Op basis van de beschikbare info is het vooralsnog onmogelijk om te concluderen welk effect endotoxine bevattende stoffracties kunnen hebben op omwonenden van stallen en om een veiligheidsnorm te definiëren. Terwijl lage concentraties aan de basis zouden kunnen liggen van mogelijk positieve effecten, zouden hoge concentraties gekoppeld aan fijn stoffracties negatieve effecten teweeg kunnen brengen.

^j Het VGO onderzoeksgebied ligt in het oostelijk deel van de Nederlandse provincie Noord-Brabant en het noordelijk deel van de Nederlandse provincie Limburg.

3.2 Bacteriën

SALMONELLA, CAMPYLOBACTER EN HUMAAN PATHOGENE E. COLI

Hoewel niet vermeld in het VGO rapport¹ en in het WMF rapport² is er heel wat informatie bekend over de gekende bacteriën die vanuit de veehouderij de mens kunnen besmetten. De voornaamste kiemen zijn *Salmonella*, *Campylobacter* en humaan pathogene *E. coli*. Thermotolerante *Campylobacter* (voornamelijk *C. jejuni* en *C. coli*) is de belangrijkste bacteriële oorzaak van humane gastro-enteritis in de geïndustrialiseerde wereld, *Salmonella* is de tweede belangrijkste en humaan pathogene *E. coli* bacteriën nemen de vijfde plaats in. **De voornaamste overdracht naar de mens verloopt via de orale route en de problematiek voor de volksgezondheid situeert zich voornamelijk ter hoogte van de voedselveiligheid.** In dit verband zijn de dierlijke producten die onvoldoende worden verhit de belangrijkste oorzaak. Kruiscontaminatie in de keuken bijvoorbeeld van vers vlees naar groenten die rauw worden gegeten, is een bijkomende belangrijke oorzaak van menselijke infectie. Ook worden infecties vastgesteld via besmette plantaardige producten. Hierbij wordt het irrigatiewater als belangrijkste contaminatiebron aangeduid. Voor deze kiemen is er ook humane infectie mogelijk via direct dier-mens contact (risico voor de veehouder).

Risico van overdracht via besmette luchtpartikels

Gezien een hoog percentage van onze landbouwdieren (asymptomatische) drager is van deze kiemen, is het aannemelijk dat luchtpartikels kunnen besmet zijn. Bacteriële besmetting van luchtpartikels blijkt sterk af te nemen in concentratie met de afstand tot de veestal.⁴⁸ Daar waar er binnen de varkensstal een gemiddelde bacteriële concentratie werd gemeten van $1,8 \times 10^4$ kve/m³ werd in de meest voorkomende windrichting ('downwind') een 10 maal en 100 maal lagere concentratie op respectievelijk 25m en 100m afstand gemeten. Tegen de windrichting ('upwind') werd reeds op 25m afstand een 100 maal lagere concentratie gemeten. De metingen gebeurden in een open veldsituatie, zonder obstakels tussen de stal en de meetpunten. De meest voorkomende bacteriële soorten in de luchtpartikels waren *Staphylococcus aureus* (76%) en coliformen (7%). *Salmonella* en *E. coli* behoren tot deze laatste groep.

De pathogenen zullen slechts een kleine fractie bedragen van de algehele bacteriële belasting van luchtpartikels. Dit kan ingeschat worden op basis van twee publicaties die concentraties geven van de pathogenen binnen in de stal. Chinivasagam *et al.*⁴⁹ vonden *Salmonella* terug in de lucht binnen in 2 van de 4 *Salmonella* positieve braadkippenstallen (in 11/36 totaal genomen stalen) en dit met concentraties tussen 0,65 en 4,4 kve/m³ lucht^k; *Campylobacter* werd slechts gevonden in de lucht van 1 van de 4 *Campylobacter* positieve stallen (in 1/36 genomen stalen) en dit met een gehalte van 2,2 kve/m³ lucht^m. De auteurs besluiten dat het gezondheidsrisico voor de mens ten gevolge van een besmetting via de lucht minimaal is. Adell *et al.*⁵⁰ testten de lucht op *Salmonella* aanwezigheid na een kunstmatige besmetting van 2 braadkippenstallen. Zij vonden met de impactie luchtbemonsteringstechniek enkel een besmetting in 1 van de 2 geteste stallen en dit uitsluitend naar het einde van de ronde (dagen 24 en 38) met concentraties aan *Salmonella* tussen 0,14 en 0,29 kve/m³.

Via besmette luchtpartikels zouden mensen deze kiemen kunnen inademen. Een andere mogelijkheid is dat de kiemen via de lucht op groenten en fruit terecht zouden komen en dan zo via de voeding de mens zouden kunnen besmetten. Daarnaast kan ook internalisatie of het binnendringen van de bacteriële cel in plantenweefsel optreden (bijvoorbeeld via bloesems of het wortelsysteem). Via een kunstmatige besmetting van vooraf gesteriliseerd stof met een hoge dosis aan *Salmonella* (veel hoger dan in de praktijk op stof wordt teruggevonden) werd vastgesteld dat tomaten via een besmetting van de bloesem intern konden worden besmet met *Salmonella*.⁵¹ De mogelijkheid dat tomaten via de bloesems en ook via de bodem en het wortelsysteem intern

^k Geschat via Most Probable Number (MPN)

kunnen worden besmet met *Salmonella* bleek echter stamafhankelijk te zijn; zo werden geen besmettingen waargenomen met een stam behorende tot het *S. Typhimurium* serotype.⁵² Groei en overleving van *Salmonella* in en op tomaten is mogelijk en de mate van kolonisatie blijkt sterk afhankelijk van omstandigheden van temperatuur, tomatenras en *Salmonella* stam.⁵³

Wellicht is het risico voor de mens om via deze route besmet te geraken in de praktijk zeer beperkt omdat er in het stof dat op groenten en fruit neerkomt en in de bodem, geen of nauwelijks groei optreedt van de bacterie⁵² en groenten en fruit meestal gewassen worden voor consumptie. Het risico op besmetting van de mens via kiemen die binnen in de groenten en fruit zijn beland via een infectieroute langs de bloesem of de bodem lijkt ook beperkt. Deze internalisatie van kiemen blijkt mogelijk maar treedt slechts op bij hogere concentraties dan courant in de praktijk gevonden op besmette luchtpartikels en slechts bij bepaalde bacteriële stammen. Door de combinatie van factoren is het weinig aannemelijk dat de infectieuze dosis voor de mens via deze route frequent wordt bereikt. Tot op heden werden geen menselijke besmettingen beschreven via deze route.

Conclusie

De voornaamste overdracht naar de mens van *Salmonella*, *Campylobacter* en humaan pathogene *E. coli* verloopt via de orale route en de problematiek voor de volksgezondheid situeert zich dan ook ter hoogte van de voedselveiligheid. Het risico voor de mens om via de luchtemissie uit de stal besmet te raken, is in de praktijk uiterst beperkt omdat er in de stoffractie die de omwonenden bereiken geen of nauwelijks *Salmonella* en *Campylobacter* bacteriën aanwezig zijn en er ook geen (*Campylobacter*) of nauwelijks (*Salmonella*) groei optreedt van de bacterie die zich in de stofpartikels bevinden. Als gevolg hiervan is het ook niet waarschijnlijk dat er internalisatie optreedt in groenten en fruit via deze route.

CLOSTRIDIUM DIFFICILE

Clostridium difficile is een darmbacterie die wijdverspreid voorkomt in het milieu. Daarnaast komt de bacterie voor bij zowel gezonde mensen en dieren als bij mensen en dieren met diarree. Knetsch *et al.*⁵⁴ toonden aan dat in Nederland dezelfde stamtypes circuleren bij veehouders en bij productiedieren. Bepaalde stammen zijn meer virulent voor de mens en worden als ziekenhuisbacterie gekarakteriseerd.⁵⁵ Ook bij deze bacteriële stammen speelt antimicrobiële resistentie een rol (zie paragraaf 3.3). Direct contact met varkens is de belangrijkste risicofactor.

Resultaten VGO studie

De resultaten van de VGO studie tonen geen associatie tussen het wonen in de buurt van veehouderijen en *C. difficile* dragerschap. Zowel het aantal dieren als het aantal veehouderijen (van eender welk type dus ook niet van varkensbedrijven) heeft geen invloed op het aantal omwonenden die drager zijn van *C. difficile*.

Conclusie

C. difficile wordt vanuit menselijk klinisch perspectief voornamelijk beschouwd als een ziekenhuisbacterie. In relatie tot de dierlijke productie zijn de beroeps categorieën die rechtstreeks met dieren in contact komen in een hogere frequentie drager van deze bacterie. De resultaten van de VGO studie tonen geen associatie tussen het wonen in de buurt van veehouderijen en *C. difficile* dragerschap.

Q-KOORTS

Informatie over Q-koorts is samengevat in adviezen van het wetenschappelijk comité van het FAVV.^{56,57} Q-koorts is een bacteriële ziekte die wordt veroorzaakt door *Coxiella burnetii*. Herkauwers zijn de belangrijkste gastheren; varkens en pluimvee worden niet beschouwd als een belangrijke

bron voor deze bacterie. De ziekte kan op de mens worden overgedragen voornamelijk door inademing van stof of aerosolen afkomstig van besmette geboorteweefsels en verwerpingen. Besmette dieren scheiden de bacterie uit in melk, urine, feces, vaginaal slijm, sperma en vooral in vruchtwater en placentair weefsel. Dieren scheiden voornamelijk zeer grote hoeveelheden bacteriën uit bij het verwerpen en in mindere mate tijdens het werpen of via hierbij betrokken materiaal. Ze kunnen nadien opnieuw kiemen uitscheiden op onregelmatige tijdstippen. De uitscheiding verloopt heel verschillend van dier tot dier en de besmette dieren blijven meestal levenslang drager en verspreider van de bacterie. De uitgescheiden kiemen kunnen zeer goed in de omgeving overleven.

Kleine herkauwers

Schape en geiten zijn meestal betrokken als bron van besmettingen bij de mens.^{58,59} Dat lijkt eveneens zo te zijn in Nederland waar een epidemiologisch verband werd vastgesteld tussen humane infecties en infecties bij kleine herkauwers.

Ook in Belgische bedrijven komt *Coxiella burnetii* voor in schape- en geitenbedrijven. Het voorkomen wordt geschat op circa 5% (studie van het nationaal referentielaboratorium CODA). De epidemiologische situatie in België toont aan dat de toestand in België niet ongunstig is geëvolueerd als gevolg van de epidemie in Nederland in 2007-2010.

Runderen

Coxiella burnetii komt niet alleen voor in bedrijven met kleine herkauwers, maar ook in rundveebedrijven. Omdat abortussen bij besmette runderen zeldzamer zijn dan bij kleine herkauwers, vormen deze bij runderen een relatief kleiner risico voor de volksgezondheid dan abortussen bij geiten. De via een placenta uitgescheiden bacteriële infectiedruk is daarentegen wel vergelijkbaar. De epidemiologische toestand bij runderen in België kan als stabiel beschouwd worden en er zijn geen indicaties op een exponentiële uitbreiding van een epidemie.

Resultaten VGO studie

In de VGO studie werden de antistoffen tegen *Coxiella burnetii* gemeten in het bloed van mensen die wonen op diverse afstanden van een veehouderij. Er werd enkel een significant verband gevonden tussen de aanwezigheid van antistoffen en het wonen in de nabijheid van een besmet geitenbedrijf tijdens de Q-koorts epidemie die in Nederland heerste; het wonen in de nabijheid van een geitenbedrijf die niet betrokken was in de epidemie, een schapebedrijf of een rundveebedrijf bleek geen risicofactor te zijn.

Conclusie

Het risico voor omwonenden voor een besmetting met Q-koorts is gelinkt met het optreden van een epidemie bij kleine herkauwers. Dit dient beheerst te worden in het kader van het risicomanagement in geval er zich een epidemie zou voordoen. Het risico vanuit besmette rundveebedrijven is lager dan bij kleine herkauwers omdat de uitscheiding in de omgeving geringer is wegens het optreden van een geringer aantal abortussen bij ziekte.

3.3 De problematiek van antibioticaresistentie

Antibioticaresistentie vormt wereldwijd een zeer ernstige bedreiging voor de volksgezondheid. Er zijn duidelijke aanwijzingen dat de dierlijke sector bijdraagt aan humane infecties met antibioticumresistente bacteriën, maar de mate waarin en de routes hiertoe zijn nog niet uitgeklaard. Een recent gezamenlijk rapport opgesteld door drie Europese instanties (ECDC/EFSA/EMA) bevestigt de positieve associatie tussen consumptie van antimicrobiële middelen en resistentie in zowel mensen als productiedieren.⁶⁰ Zo werd vastgesteld dat resistentie tegen fluoroquinolone bij *Salmonella* en *Campylobacter* afkomstig van mensen gerelateerd was aan het gebruik van fluoroquinolones bij dieren. Deze antimicrobiële resistentie kan naar menselijke

pathogenen worden overgedragen enerzijds via de voeding en anderzijds via de mest en het oppervlaktewater.

Voor de overdracht via de voeding worden twee mechanismen onderscheiden:

- Enerzijds is er het rechtstreekse risico waaronder de opname van antimicrobieel resistente pathogene bacteriën zoals bijvoorbeeld *Salmonella* en *Campylobacter* aanwezig op het voedingsmiddel wordt verstaan. Hoewel bij voedselinfecties preferentieel geen antibiotica worden toegediend, blijkt uit epidemiologisch onderzoek dat de antimicrobiële resistentie van deze pathogenen toch het risico voor complicaties bij de mens verhogen.⁶¹⁻⁶⁴ Ook werd de overdracht beschreven via de voeding van pathogene *E. coli* bacteriën die infecties van de urinewegen kunnen veroorzaken (reviewed door⁶⁵).
- Anderzijds is er het onrechtstreekse risico, namelijk het risico dat niet-pathogene (commensale) antimicrobieel resistente bacteriën worden opgenomen via de voeding en resistentiegenen overdragen naar andere bacteriën, die mogelijk pathogeen zijn voor de mens.⁶⁶ Er zijn onvoldoende gegevens voorhanden om uitspraken te kunnen doen over welke hoeveelheid van deze resistente kiemen opgenomen moet worden om kolonisatie van het spijsverteringskanaal en/of overdracht van resistentiegenen naar andere kiemen te bewerkstelligen.

Jaarlijks wordt in Vlaanderen bijna 160 000 ton N dierlijke mest geproduceerd, waarvan meer dan 100 000 ton N mest op landbouwgrond uitgereden wordt.⁶⁷ Deze mest wordt voornamelijk gebruikt om graslanden te bemesten en maïs en graangewassen te telen. Een kleine fractie (4%) wordt gebruikt om groenten te telen. Ongeveer 40% van de geproduceerde mest is afkomstig van varkens. Deze mest kan een bron zijn van antibioticaresistente pathogene en niet-pathogene kiemen. Anderzijds worden vele antibiotica in grote hoeveelheden, onveranderd of als metabolieten, uitgescheiden in de mest.

Deze gegevens leiden tot drie mogelijke risico's voor de volksgezondheid:

- Ten eerste bestaat er een sanitair risico waarbij bovenvermelde bacteriën direct of indirect (terug) in contact komen met landbouwdieren of voor humane consumptie bedoelde groenteteelten (zie hoger).
- Ten tweede kunnen in de mest aanwezige antibioticaresistentiegenen uitgewisseld worden tussen micro-organismen tijdens de mestopslag, in de bodem, op de plant of in het menselijk lichaam.
- Tot slot kunnen antibioticaresiduen of -resistentiegenen aanwezig in de mest, in de bodem en grond- of oppervlaktewater terechtkomen. In deze verschillende agrarische niches kunnen ze mogelijk zorgen voor een selectiedruk naar een verdere verspreiding van antibioticumresistente en eventueel pathogene kiemen.

ESBL MET FOCUS OP *E. COLI*

ESBL ('Extended Spectrum Beta-Lactamase') is een antibioticaresistentie die voorkomt bij Gram-negatieve bacteriën (meestal gemeten bij *Escherichia coli* maar kan ook voorkomen bij bijvoorbeeld *Salmonella*). Via ESBL worden deze bacteriën resistent tegen verschillende β -lactam antibiotica waaronder de groep van de cefalosporines van de derde en hogere generaties die volgens de WGO behoren tot de 'highest priority critical important antimicrobials'.¹

E. coli is een Gram-negatieve bacterie die algemeen voorkomt in de omgeving en als commensaal in de darm van zowel dieren als mensen. Er bestaan ook humaan pathogene *E. coli* stammen. Deze resistentie van *E. coli* komt voor bij alle diersoorten, maar wordt een steeds prominenter probleem

¹ www.who.int/foodsafety/cia/en/

in de intensieve vleeskippenhouderij over de gehele wereld en ook in onze regio's,⁶⁸⁻⁷¹ doch wijzen de meest recente data van de monitoring in België op een substantiële daling van ESBL bij vleeskippen (zie verder bij [Aanpak van de antimicrobiële resistentieproblematiek in de veehouderij](#)). Ook het aantal menselijke dragers van ESBL neemt toe in alle werelddelen, maar de stijging is minder uitgesproken in Europa dan in bijvoorbeeld Azië.⁷²

Resultaten VGO studie

In Nederland werd een voorkomen van ESBL dragerschap bij de mens gevonden van 5,1% en 8,6%.^{73,74} Huijbers *et al.*⁷³ vonden geen verhoogd risico voor de bevolking in een gebied met veel pluimvee. Ook in de VGO studie werd geen verband gevonden tussen het ESBL dragerschap en het wonen in de omgeving van veehouderijen (voor geen enkel type veehouderij).

Conclusie

Het dragerschap van ESBL producerende bacteriën komt niet vaker voor in een gebied met een hoge veehouderij dichtheid ten opzichte van de algemene Nederlandse bevolking. De problematiek van ESBL producerende bacteriën situeert zich op het niveau van de volledige volksgezondheid in het licht van de antimicrobiële resistentieproblematiek en niet ter hoogte van de omwonenden van de veehouderij. Deze dient aangepakt te worden door het beperken van het gebruik van deze antimicrobiële middelen in de veehouderij (zie verder).

MRSA

De hieronder samengevatte informatie is terug te vinden in een recente review.⁷⁵

MRSA of Meticilline-resistente *Staphylococcus aureus* zijn *Staphylococcus aureus* stammen die resistent zijn aan het antibioticum meticilline. Afhankelijk van het MRSA type zijn de stammen ook resistent aan additionele antibiotica. Er zijn drie types MRSA, met elk hun specifieke eigenschappen. De eerste en oudste is de **ziekenhuisgebonden of "hospital-acquired" MRSA (HA-MRSA)** die slechts 2 jaar na het eerste gebruik van meticilline ontdekt werd. HA-MRSA zijn multiresistent aan antibiotica gebruikt in het ziekenhuizen zoals macroliden, aminoglycosiden en sommige MRSA stammen zijn resistent tegen nagenoeg alle gebruikte antibiotica (bijvoorbeeld ook tegen vancomycine).

Een tweede soort is de **gemeenschapsgebonden of "community-acquired" MRSA (CA-MRSA)** die begin jaren '90 ontdekt werden bij patiënten zonder blootstelling aan het ziekenhuis. Dit MRSA type is virulenter dan het HA-MRSA type. Vroeger vertoonde dit type enkel resistentie tegen β -lactamantibiotica, maar tegenwoordig ook tegen andere zoals erythromycine en fluoroquinolones. Het derde en meest recente MRSA type is **diergebonden of "livestock-associated" MRSA (LA-MRSA)** en wordt voornamelijk bij veeteeldieren (voornamelijk varkens en vleeskalveren, maar ook pluimvee en runderen) teruggevonden. Dit type komt hoofdzakelijk voor bij mensen die veelvuldig in contact komen met vee, zoals veehouders en dierenartsen. LA-MRSA vertoont bijkomende resistenties tegen antibiotica gebruikt in de veeteelt, zoals tetracycline en trimethoprim.

Staphylococcus aureus stammen komen frequent voor op de huid van mensen en ook in de slijmvliezen van bijvoorbeeld de neusholte. Zij veroorzaken normaal geen ziekte maar bij beschadiging van de huid en de slijmvliezen kunnen infecties ontstaan die behandeld kunnen worden met antibiotica.

Waar de HA-MRSA, gelinkt aan het gebruik van antibiotica in ziekenhuizen, vroeger veel infecties veroorzaakte blijkt dat de invasieve infecties van deze soort de laatste 10 jaar aan het dalen zijn. Sommige CA-MRSA stammen die vroeger niet zo ernstige infecties veroorzaakten (vooral infecties van de huid en zachte weefsels), veroorzaken tegenwoordig meer invasieve infecties en komen ook meer en meer in het ziekenhuis voor. LA-MRSA stammen, gelinkt aan de productie van nutsdieren, blijken, in vergelijking met HA-MRSA en CA-MRSA, een geringere capaciteit te hebben om verder te verspreiden en ziekte te veroorzaken eens ze in ziekenhuizen terecht komen.⁷⁶ Dit type is tot 2,9

keer minder virulent dan de andere twee types, wat wil zeggen dat het minder snel doorgegeven wordt van mens tot mens.

(LA-)MRSA wordt niet als een belangrijke voedingsgerelateerde pathogeen beschouwd. In zowel rauwe als ready-to-eat voedingsproducten worden de drie soorten MRSA teruggevonden. Meestal werd er de LA-MRSA stam CC398 en CA-MRSA gevonden en slechts sporadisch HA-MRSA. Bij goede (hygiëne)handelingen in de keuken en goed koken/bakken van het vlees bestaat er een laag risico op overdracht naar de mens.

Het is algemeen bekend dat bepaalde *S. aureus* stammen enterotoxines kunnen produceren en zo een voedselintoxicatie kunnen veroorzaken als ze in grote hoeveelheden aanwezig zijn in het voedingsmiddel. Zowel bij HA- als CA-MRSA stammen werd de potentie om enterotoxine te produceren, gevonden. Er werden nog maar zelden LA-MRSA stammen gevonden die enterotoxines kunnen produceren. Er zijn weinig voedingsgerelateerde infecties veroorzaakt door MRSA: 2 gastro-intestinale infecties in Frankrijk, zes gevallen van colitis in de US sinds 2006 en 11 gevallen van diarree in 2005 in de US (tot 10^8 kve MRSA per gram feces). In 1993 werd in Nederland de enige uitbraak beschreven waarbij een CA-MRSA uit voeding de oorzaak was en deze verspreid raakte in het ziekenhuis (zowel patiënten als verzorgend personeel). Er werd nog geen uitbraak gelinkt aan een LA-MRSA stam.⁷⁷

LA-MRSA wordt beschouwd als **een beroepsziekte** voor veehouders en hun familie, diervverzorgers, dierenartsen en slachthuismedewerkers en in mindere mate de slagers. Risicofactoren voor dragerschap van LA-MRSA zijn hoofdzakelijk contact met levende dieren (voornamelijk varkens). Familieleden van veehouders kunnen drager zijn van LA-MRSA, maar vaak zijn het de personen die ook in contact komen met de dieren. LA-MRSA wordt binnen een (varkens)bedrijf teruggevonden in de lucht, in stof, op de wanden, vloeren en andere oppervlakten.

De studie van Schulz *et al.*⁷⁸ heeft in de lucht van de overheersende windrichting ('downwind') van varkensstallen LA-MRSA teruggevonden in 5 van de 48 stalen op 50 m (concentratie van 14 kve/m^3 in twee stalen en 11 kve/m^3 in 1 staal) en 150 m (1 staal met 2 kve/m^3) van varkensbedrijven. In de lucht in de hieraan tegengestelde windrichting ('upwind') werd geen LA-MRSA gevonden. De positieve stalen werden gevonden in de lente (1 staal), de zomer (2 stalen) en de herfst (1 staal). Er werd ook LA-MRSA gevonden in de bodem op een afstand van 300 m in de overheersende windrichting van varkensstallen (15/24 stalen positief) en op 100 m in de hieraan tegengestelde windrichting (6/18 stalen positief). Friese *et al.* (2013) vonden de aanwezigheid van LA-MRSA in de lucht van braadkippenstallen (3/6 stalen positief), maar niet in de lucht 'downwind' op 50 m (5 stalen getest), op 150 m (2 stalen getest) en 'upwind' op 100 m (5 stalen getest). In de bodem werd LA-MRSA gevonden 'downwind' op 50 m (4/6 stalen positief), 150 m (4/6 stalen positief), 300 m (3/5 stalen positief), 500 m (1/2 stalen positief) en 'upwind' op 100 m (2/6 stalen positief).

Resultaten VGO studie

In de VGO studie werd het dragerschap van MRSA vergeleken tussen omwonenden van de veehouderij en een controlegroep die woont in een gebied zonder veehouderij. Over het algemeen was de prevalentie van MRSA dragerschap bij mensen die in de omgeving van veehouderij wonen laag. De prevalentie van MRSA zou wel licht verhoogd zijn voor omwonenden ten opzichte van de algemene bevolking, maar deze verhoging was niet statistisch significant. Omdat het absolute aantal dragers laag is, had de studie niet genoeg statistische power om risicofactoren in kaart te brengen.

Conclusie

"Lifestock-associated" MRSA (LA-MRSA) wordt beschouwd als een beroepsziekte met als belangrijkste risicofactor voor dragerschap het contact met levende dieren. Er werd in de VGO studie in Nederland slechts een gering aantal mensen gevonden die drager waren van MRSA, ook

in de omgeving van veehouderij. Er konden hierdoor geen significante verbanden gevonden worden tussen het dragerschap van LA-MRSA en het wonen in de nabijheid van veehouderij. Onderzoek hieromtrent is noodzakelijk om het risico voor omwonenden verder te evalueren.

AANPAK VAN DE ANTIMICROBIËLE RESISTENTIEPROBLEMATIEK IN DE VEEHOUDERIJ

De belangrijkste maatregel om de antimicrobiële resistentieproblematiek in de veehouderij aan te pakken is het gebruik van antimicrobiële middelen te beperken. Een belangrijke stap hierbij werd gezet in 2006 toen de antibiotica als groeipromotor in geheel Europa werden verboden. In België is sinds 2012 het AMCRA operationeel. AMCRA is het kenniscentrum inzake antibioticagebruik en – resistentie in België en heeft als algemene doelstelling het bereiken van een duurzaam antibioticabeleid in de diergeneeskunde. AMCRA formuleert adviezen en sensibiliseert om tot een rationele vermindering te komen van het antibioticagebruik in de diergeneeskunde. Via een uitgebreide adviesraad, waarin zowel overheden, beroepsverenigingen als universiteiten zetelen, wordt gestreefd naar een maximale participatie van alle betrokken partijen. Momenteel loopt op vraag van het AMCRA in België een convenant tussen de Federale Overheid en alle betrokken sectorpartners betreffende de vermindering van het gebruik van antibiotica in het algemeen in de dierlijke sector met 50% tegen 2020, van kritische antibiotica met 75% tegen 2020 en van met antibiotica gemediceerde voeders met 50% tegen 2017 t.o.v. referentiejaar 2011. Volgens het laatste activiteitenverslag van AMCRA⁷⁹ in 2017, is in 2016 t.o.v. 2011 het totaal gebruik van antibiotica bij dieren gedaald met 20%, het gebruik van kritisch belangrijke antibiotica met 56,1% en van gemediceerde voeders met 38,2%. Er werd een daling van ESBL *E. coli* vastgesteld bij voedselproducerende dieren, nl. 10,2% in 2016 t.o.v. 19,1% in 2011 voor vleeskippen, een halvering tot 2,9% voor varkens sinds 2011 en voor vleeskalveren sinds 2012 en 1,1% in 2016 t.o.v. 4,6% in 2011 voor jonge vleesveerunderen.⁷⁹

Een andere belangrijke verwezenlijking van AMCRA is de opmaak van gidsen voor de varkens, pluim- en rundvee voor goed gebruik van antibacteriële middelen.

3.4 Virussen

HEPATITIS E

De informatie over hepatitis E werd recent samengevat in een EFSA opinie.⁸⁰ Het Hepatitis E virus (genotype 3) wordt in Nederland en België frequent gevonden in varkens. Het is vooral aanwezig in de lever, maar wordt ook uitgescheiden in mest van varkens die drager zijn. Via faecale besmetting tijdens het slachten kan ook het varkensvlees besmet worden. De mens kan besmet raken met hepatitis E via het eten van onvoldoende verhit besmet varkensvlees. Vooral lever gerelateerde vleesproducten worden beschouwd als de voornaamste besmettingsbron. Het voorkomen van eenzelfde predominant genotype bij mens en dier in een Belgische studie ondersteunen het risico op zoönotische overdracht.⁸¹ Hoewel heel wat mensen antistoffen hebben tegen hepatitis E, is de frequentie van ziekte bij de mens laag. Ernstige complicaties zouden bijna uitsluitend optreden bij verzwakte bevolkingsgroepen (bijvoorbeeld mensen die een transplantatie hebben ondergaan). Er is hieromtrent nog meer diepgaand onderzoek nodig.

Resultaten VGO studie

In de VGO studie werd de aanwezigheid van antistoffen tegen hepatitis E in het bloed gemeten bij mensen die wonen op diverse afstanden van veehouderij. De deelnemers met een positieve antistofuitslag woonden niet dicht bij varkensbedrijven dan deelnemers met een negatieve uitslag. Ook was er geen associatie tussen het aantal varkens of het aantal varkensbedrijven binnen 1 000 m rond het woonadres en het hebben van antistoffen tegen hepatitis E.

Conclusie

Varkens zijn in onze regio's de belangrijkste bron voor hepatitis E. Hepatitis E wordt beschouwd als een risico voor vooral verzwakte mensen en dient beheerst te worden in het kader van de voedselveiligheid. Er werd in de VGO studie geen verhoogde blootstelling aan hepatitis E gevonden ten gevolge van het wonen in de buurt van varkensbedrijven.

VOGELGRIEP

Van de stammen die vogelgriep (aviaire influenza) veroorzaken in Europa zijn er geen aanwijzingen dat deze ziekte bij de mens veroorzaken. Er werden wel infecties genoteerd bij veehouders en mensen die in dicht contact stonden met besmet pluimvee^m. Symptomen zijn meestal gelijkaardig als bij gewone griep, maar er werd ook oogontsteking vastgesteld. De ziekte verloopt meestal mild, maar vooral in Azië zijn er verschillende typen vogelgriepvirussen die ernstige symptomen veroorzaken en die in beperkte mate van mens tot mens kunnen worden overgedragen. Het risico voor zowel dieren als voor de mens dat dergelijke virussen onze regio's bereiken, wordt intens gemonitord door de WGO en de bevoegde diensten (in België het FAVV).

Resultaten VGO studie

In de VGO studie werd de aanwezigheid van antistoffen tegen de vogelgriep bepaald in het bloed van omwonenden op diverse afstanden van pluimveebedrijven. Slechts een klein deel van de bevolking blijkt specifieke antistoffen te hebben tegen aviaire influenzavirussen. Een relatie tussen de aanwezigheid van antistoffen en de nabijheid tot pluimvee werd niet gevonden.

Conclusie

Slechts een klein deel van de bevolking heeft specifieke antistoffen tegen aviaire influenzavirussen. Een relatie tussen de aanwezigheid van antistoffen en de nabijheid tot pluimvee werd niet gevonden. De beheersing van deze problematiek situeert zich op het terrein van de beheersing van de diergezondheid en de verantwoordelijk hiervoor ligt in Vlaanderen bij het FAVV.

ENTEROVIRUSSEN EN PARECHOVIRUSSEN

Enterovirussen en parechovirussen zijn virussen die in een Nederlandse studie gelinkt werden aan recreatieve activiteiten van kinderen waarin ze in contact kwamen met oppervlaktewater.⁸² In deze publicatie wordt geen link gemaakt met de veeteelt. Er zijn geen duidelijke indicaties dat deze virussen via de veehouderij worden overgedragen naar de mens. Infecties via recreatiewater worden gelinkt aan een besmetting door virussen van menselijke oorsprong. De publicatie van Tansarli *et al.*⁸³ die vermeld wordt in het WMF document handelt niet over enterovirussen of parechovirussen maar over *Enterobacteriaceae*.

Conclusie

Enterovirussen en parechovirussen zijn pathogene virussen zonder link met overdracht via de veehouderij. Er is bijgevolg geen verhoogd risico voor omwonenden van veehouderijen.

3.5 Parasieten

RESISTENTE WORMEN

Onderstaande behandelt de problematiek van resistente wormen, in het bijzonder resistente leverbot, zoals aangehaald in het WMF rapport.²

^m www.wur.nl/nl/Dossiers/dossier/Vogelgriep-en-vogelpest-aviaire-influenza.htm

Platwormen bijvoorbeeld *Fasciola hepatica* (of leverbot) komen wereldwijd voor en voornamelijk bij herkauwers. De mens kan ook een gastheer zijn waarbij de worm zich nestelt in de lever en waarbij eitjes via feces worden uitgescheiden. De eitjes kunnen via de feces in een waterige omgeving terecht komen en dienen door een slak (tussengastheer) te worden opgenomen voor het doorlopen van de verdere levenscyclus. Hierbij zullen de larven na vrijstelling uit de slak zich vasthechten aan planten in de waterige omgeving en cystes vormen die vervolgens kunnen opgenomen worden door de gastheer (bijvoorbeeld na begrazing door dieren of via waterkers bij mensen)ⁿ.

In Europa zijn er meldingen van menselijke besmettingen met platwormen, maar het aantal ziektegevallen is eerder laag. Men spreekt van sporadische humane gevallen in Nederland.⁸⁴ De laatste jaren zouden deze wel wereldwijd toegenomen zijn, ook in Europa.ⁿ In de literatuur linkt men de toename vaak met klimaatsverandering.⁸⁵ Naast klimaat hebben ook onder andere factoren als bodemtype, ligging van de boerderij en weidemanagement een effect op de prevalentie van leverbot.⁸⁶

Als herkauwers behandeld worden tegen leverbot is het voornamelijk met het middel triclabendazole. Het voorkomen van wormen die resistent zijn tegen dit middel wordt beschreven in de literatuur en dit zowel bij dieren als mensen.⁸⁶ Ook in Nederland werd het voorkomen van een humaan resistentiegeval beschreven.⁸⁴

Ten gevolge van de stijging van het aantal leverbotbesmettingen en van de rapportering van resistentieopbouw worden platwormen beschouwd als een mogelijk opduikend risico voor de volksgezondheid.

Conclusie

Er wordt aangeraden de evolutie van het aantal humane gevallen en de resistentie-ontwikkeling verder op te volgen. Meer onderzoek naar alternatieve behandelingswijzen (bijvoorbeeld vaccinatie bij dieren) of preventiestrategieën is vereist. Gezien de complexe cyclus van de platwormen is er geen directe link tussen stof of verspreiding van lucht vanuit de veehouderij en besmetting van de mens.

TOXOPLASMA GONDII

In de cyclus van de parasiet *Toxoplasma gondii* is de kat de eindgastheer. Deze scheidt eitjes uit in het milieu. De mens en de dieren in de veehouderij kunnen enkel optreden als tussengastheer. Dit betekent dat ze de parasiet niet via eitjes verder kunnen doorgeven. Bij de mens betekent dit dat er geen mens/mens overdracht mogelijk is behalve voor zwangere vrouwen die de besmetting kunnen overdragen naar het ongeboren kind. De mens kan besmet raken door onder andere het eten van onvoldoende verhit besmet vlees of van onvoldoende gewassen besmette groenten. Dieren kunnen besmet raken door het eten van besmette andere dieren (bijvoorbeeld een besmette muis) of door contact met de eitjes. Bij onze productiedieren zijn varkens de belangrijkste tussengastheren en vormen varkens met een buitenloop het grootste risico. Het voorkomen van parasietinfecties zoals *Toxoplasma gondii* blijkt dus lager in intensieve varkenshouderij waarbij varkens binnen worden gehouden in vergelijking met varkens met buitenloop.⁸⁷

Toxoplasmose bij de mens kan ernstige gevolgen hebben voor verzwakte personen en zwangere vrouwen. Veranderde culinaire gewoonten en verschuivingen in het dieetpatroon (consumptie van rauwe eventueel ongewassen groenten, consumptie van onvoldoende verhit vlees) dienen opgevolgd te worden in relatie tot het voorkomen van toxoplasmose.

Behandeling van toxoplasmose betreft meestal een combinatie van een sulfamide met pyrimethamine. Wanneer er sprake is van het niet aanslaan van behandelingen tegen toxoplasmose, is de vraag in welke mate dit gerelateerd is aan ontwikkelde resistentie of lagere gevoeligheid bij de parasiet, of eerder aan gastheerfactoren.⁸⁸ In de literatuur werd onder labo-

ⁿ www.who.int/foodborne-trematode-infections/fascioliasis/en/

omstandigheden de mogelijkheid aangetoond voor resistentievorming tegen artemisinine⁸⁹ en atovaquone.⁹⁰ In deze laatste studie bleken de atovaquoneresistente mutanten niet multidrugresistent (gevoelig voor onder andere sulfadiazine).⁹⁰ Resistentie tegen sulfadiazine werd vastgesteld in natuurlijke *T. gondii* stammen.⁸⁸ Sulfamiden zijn actief tegen toxoplasmen, maar de voornaamste indicatie voor gebruik in de dierlijke sector is de behandeling van coccidiose bij pluimvee en herkauwers of bij urinaire of gastro-intestinale infecties bij carnivoren.

CONCLUSIE

Om een besmetting van de mens met *T. gondii* te voorkomen dient vooral aandacht besteed te worden aan het zorgvuldig wassen van rauwe groenten en het voldoende verhitten van vlees. Het consumeren van onvoldoende verhit vlees van varkens met buitenloop houdt het belangrijkste risico in. De vermelde resistentievorming van geneesmiddelen wordt momenteel niet beschouwd als zorgwekkend, maar verdient toch verdere aandacht.

3.6 Azoleresistente schimmels

Onderstaande spitst zich specifiek toe op de problematiek van azoleresistente schimmels in relatie tot fungicidegebruik in de landbouw, zoals aangehaald in het WMF rapport.²

DE PROBLEMATIEK VAN FUNGICIDE RESISTENTIE

Azole fungiciden worden gebruikt in de landbouw als gewasbeschermingsmiddel voor de controle van diverse plantgerelateerde schimmels van granen, fruit, groenten en siergewassen en ook in de houtsector om het hout te beschermen.⁹¹ Meer dan een derde van alle fungicides die verkocht worden, blijken azolen te zijn. In de landbouw worden meer dan 25 types azolen gebruikt. In de medische sector worden voor de behandeling van aspergillose drie types toegepast.⁹¹ Aspergillose is een ziekte die ontstaat door inhalatie van sporen van voornamelijk *Aspergillus fumigatus* uit de omgeving en is voornamelijk een risico voor mensen met een verzwakt immuunsysteem.⁹² *A. fumigatus* is een saprofytische en opportunistisch pathogene schimmel die alomtegenwoordig voorkomt. De sporen van deze schimmel worden veelvuldig en zeer makkelijk via de lucht verspreid. Deze worden dus dagelijks door mensen ingeademd en vervolgens geëlimineerd in het geval van immunocompetente personen.

De resistentie van *Aspergillus* schimmels aan azole fungiciden ontstaat zowel bij klinische stammen in patiënten door langdurige medische behandeling met azolen als bij omgevingsstammen door gebruik van fungiciden in o.a. de landbouw.⁹³ Resistentie wordt meest frequent veroorzaakt door een modificatie van de molecule waarop de azolen inwerken, maar ook bijvoorbeeld door een efficiëntieverhoging van de pompen die azolen uit de cel weren.⁹³ Berger *et al.*⁹⁴ geven aan dat azoleresistentie ook opduikt bij azole-naïve patiënten, verwijzend naar een mogelijke link met resistente omgevingsstammen. Resistentie van *Aspergillus* stammen wordt dan ook als een opduikend risico beschouwd voor de menselijke gezondheid. Garcia-Rubio *et al.*⁹⁵ geven aan dat een multidisciplinaire aanpak (met integratie van epidemiologische studies bij omgevingsstammen en klinische stammen) vereist is om de ontwikkeling en verspreiding van resistentie in *A. fumigatus* te bestuderen in kader van preventie of het reduceren van de impact ervan.

RISICO VOOR DE VOLKSGEZONDHEID EN LINK MET VEETEELT

De inductie van azoleresistentie bij schimmels is gelinkt aan het gebruik van fungiciden in de omgeving waaronder deze in landbouw in het kader van de plantaardige productie. De link met de veeteelt is bijgevolg indirect via de productie van plantaardig materiaal dat als veevoeder wordt gebruikt. Het mogelijk risico wordt niet gelinkt aan het wonen in de nabijheid van veehouderij,

maar wordt beschouwd als een algemeen op te volgen risico voor de volksgezondheid en dit in het bijzonder voor mensen met een verzwakt immuunsysteem.

De azoleresistentie van schimmels door gebruik van fungiciden in de plantaardige landbouwproductie zal in het kader van de volksgezondheid zorgvuldig dienen afgewogen te worden. Diverse schimmels gerelateerd aan plantaardige productie hebben immers het vermogen om planten aan te tasten met economische gevolgen alsook om schadelijke mycotoxines te produceren (bijvoorbeeld aflatoxines, *Fusarium* mycotoxines, etc.) met negatieve gezondheidseffecten voor mens en dier. Bestrijden van schimmelgroei op plantaardige voeder- en voedingsgrondstoffen is bijgevolg te verantwoorden in het kader van voeder- en voedselveiligheid en voeder-/voedselzekerheid. Verder onderzoek is nodig om schimmelbestrijding in dit afwegingskader te optimaliseren. Bovendien is verder onderzoek nodig voor wat betreft de zoektocht naar nieuwe, veilige en effectieve antischimmelmiddelen en -strategieën.

CONCLUSIE

Het ontstaan van opportunistisch humaan pathogene schimmels die resistent zijn voor azolen door het gebruik van deze producten in de landbouw wordt beschouwd als een opduikend risico voor de volksgezondheid. De link met de veeteelt is eerder indirect en wordt niet beschouwd als een risico voor de omwonenden van veehouderij. Schimmelbestrijding in de plantaardige landbouwproductie dient te worden geoptimaliseerd met aandacht voor verschillende aspecten zoals onder andere het risico op de productie van mycotoxines, de mogelijke inductie van azoleresistentie en mogelijke productieverliezen door schimmelaantasting.

4 ANALYSE VAN DE MOGELIJKE GEZONDHEIDSEFFECTEN DOOR HET WONEN IN DE NABIJHEID VAN VEEHOUDERIJ – NEDERLANDS ONDERZOEK

In Nederland werd een grootschalige observationele studie uitgevoerd waarbij de gezondheidsklachten van omwonenden nabij veehouderij werden vergeleken met deze van een controlegebied, nl. een plattelandsregio in Nederland met beduidend minder veehouderijen.⁴⁴ De testregio was gelokaliseerd in het oosten van Noord-Brabant en het noorden van Limburg. De gezondheidsdossiers van 156 690 patiënten behorende tot 33 artspraktijken uit de testregio werden vergeleken voor 7 opeenvolgende jaren met deze van 101 015 patiënten behorende tot 23 artspraktijken in de controleregio.

Bij de interpretatie van de resultaten dient eerst en vooral opgemerkt te worden dat, gezien de grote testgroep, kleine verschillen statistisch significant bevonden worden én dat statistisch significant niet automatisch betekent dat de verschillen ook een substantieel effect hebben op de menselijke gezondheid. Bovendien betreft het hier een observationele studie die op zich geen causaal verband aantoonde tussen de geobserveerde gezondheidseffecten en de blootstelling vanuit de veehouderij. Belangrijk om hierbij te vermelden is dat in het onderzoeksgebied hoge fijn stof achtergrondconcentraties aanwezig zijn, waarbij de bijdrage van de veehouderij niet te onderscheiden is van de bijdrage van andere bronnen, zoals verkeer en (buitenlandse) industrie. De conclusies van deze studie zijn dan ook enkel geldig voor gebieden met een gelijkaardige combinatie van hoge veedichtheid en hoge fijn stof achtergrondconcentraties.

De studie toonde, afhankelijk van de gezondheidsparemeter, een hoger of lager voorkomen bij omwonenden van de veehouderij t.o.v. patiënten in de controleregio. Hieronder worden de resultaten in detail getoond, met telkens tussen haakjes het gemiddeld voorkomen per 1 000 patiënten voor de jaren 2007-2013 voor de testregio – controleregio. Alle bevolkingsgroepen werden meegenomen, tenzij anders vermeld.

De studie vond voor de volgende gezondheidsparematere een **verlaagd voorkomen** bij omwonenden van de veehouderij t.o.v. bij patiënten in de testregio:

- minder chronische obstructieve longziekte ('Chronic Obstructive Pulmonary Disease' COPD) (42,6 – 47,1) (voorkomen enkel berekend voor patiënten van 40 jaar en ouder)
- minder infecties van de hogere luchtwegen (115,5 – 134,8)
- minder respiratoire symptomen (75,3 – 83,3)
- minder allergische rhinitis (50,6 – 56,1)
- minder astma (49,8 – 53,3)
- minder depressies (35,8 – 40,4)
- minder gastro-intestinale infecties (13,2 – 13,3)
- minder duizeligheid ('vertigo/dizziness') (14,6 – 15,3)

De studie vond voor de volgende gezondheidsparematere een **verhoogd voorkomen** bij omwonenden van de veehouderij t.o.v. bij patiënten in de testregio:

- meer infecties van de lagere luchtwegen (19,7 – 14,6)
- meer chronische bronchitis (9,2 – 5,3) (voorkomen berekend voor patiënten van 40 jaar en ouder)
- meer longontstekingen (16,3 – 11,9)
- meer constitutioneel (atopisch) eczeem (36,8 – 31,5)
- meer chronische darmontstekingen (4,9 – 4,0)
- meer duizeligheidssyndroom ('vertiginous syndrome') (19,3 – 15,4)

Via dezelfde dataset rapporteerden de onderzoekers in een afzonderlijke publicatie⁹⁶ dat er meer COPD opstoten (hogere 'exacerbation rate') werden waargenomen bij COPD patiënten in de testregio t.o.v. de controleregio; dit werd echter niet vastgesteld voor astmapatiënten. Eveneens gebaseerd op dezelfde dataset konden Baliatsas *et al.*⁹⁷ geen evidentie vinden voor een associatie tussen het optreden van neven-ziekteverschijnselen bij COPD patiënten en het leven in de nabijheid van veehouderij. Hun studie kon de bevindingen van Borlée *et al.*⁹⁸ die een effect vaststelden van de nabijheid van veehouderij op een verhoging van piepende ademhaling ('wheezing') bij COPD patiënten niet bevestigen. In tegenstelling tot Borlée *et al.*⁹⁸ baseerden Baliatsas *et al.*⁹⁷ zich op de geregistreerde gegevens in dokterspraktijken en niet op de zelf-gerapporteerde symptomen op basis van een bevraging.

De positieve effecten van het leven in de nabijheid van veehouderij werden ook door andere studies vastgesteld bij kinderen van veehouders. Er werd in diverse studies minder frequent astma, hooikoorts en ontstekingen van de dikke darm genoteerd. Schuijs *et al.*⁴⁵ onderbouwden de hypothese dat endotoxines (celwandcomponenten van micro-organismen, zie Endotoxines) hierbij een belangrijke rol zouden spelen. Frei *et al.*⁹⁹ stelden vast dat naast een verhoogde blootstelling aan micro-organismen en hun componenten, ook een verhoogde blootstelling aan de niet-microbiële molecule N-glycolylneuraminezuur (Neu5GC) (een component die wordt aangemaakt door cellen van zoogdieren maar niet door menselijke cellen) mogelijk aan de basis ligt van de beschermende effecten van de boerderijomgeving.

Smit *et al.*¹⁰⁰ analyseerden de bacteriële samenstelling van de bovenste luchtwegen bij patiënten met longontstekingen die wonen op een afstand van minder dan 1 km van pluimveehouderij (100 patiënten) en die wonen op een afstand van meer dan 1 km van pluimveehouderij (26 patiënten). Bij de patiënten die leven op minder dan 1 km van pluimveehouderij werd met een hogere frequentie de bacterie *Streptococcus pneumoniae* weergevonden (gemiddeld relatief voorkomen 34,9% versus 22,5%, $p = 0,058$) en een lagere frequentie van lactobacilli (1,4% versus 3,8%; $p = 0,049$). Of er een causaal verband bestaat tussen de frequentie van voorkomen van deze bacteriën in de bovenste luchtwegen en de frequentie van het optreden van longontstekingen dient bestudeerd te worden in vervolgstudies.

Conclusie

De studie betreft een observationele studie die op zich geen causaal verband aantoonde tussen de geobserveerde gezondheidseffecten en de blootstelling vanuit de veehouderij. De conclusies van deze studie zijn enkel geldig voor gebieden met een gelijkaardige combinatie van hoge veedichtheid en hoge fijn stof achtergrondconcentraties t.g.v. verkeer en industrie. De studie toonde, afhankelijk van de gezondheidsparameter, een hoger of lager voorkomen bij omwonenden van de veehouderij t.o.v. patiënten in de controleregio.

5 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN VOOR HET BELEID

De emissies uit de veehouderij van ammoniak, fijn stof en geur zijn in Vlaanderen onderhevig aan regelgeving en restricties bij de vergunningverlening. Zo dient elke exploitant van een veeteeltbedrijf steeds de beste beschikbare technieken toe te passen om emissies van ammoniak, fijn stof en geur zoveel mogelijk te voorkomen en hinder te beperken. Voor elke van deze milieuaspecten kan de impact op het milieu en/of de omwonenden ingeschat worden aan de hand van emissiefactoren en via modellering.

De regelgeving rond ammoniak heeft gezorgd voor een daling van ammoniakemissies bij de toediening van mest op het land (via emissie-arme mestaanwendingstechnieken) en uit de stallen waar varkens en pluimvee worden gehuisvest (nieuwe AEA-stallen). De restricties bij vergunningverlening zijn gelinkt aan de beperking van verzuring en vermisting en niet rechtstreeks aan mogelijke gevolgen voor de gezondheid van omwonenden van stallen. Een rechtstreeks effect van ammoniakconcentraties in de buurt van veeteeltbedrijven op omwonenden lijkt niet aan de orde, aangezien de gemodelleerde jaargemiddelde maximale ammoniakconcentraties voor Vlaanderen meer dan een factor 10 lager liggen dan de concentraties die bij chronische blootstelling tot negatieve effecten kunnen leiden. Deze conclusie is echter enkel geldig indien er geen interacties optreden met andere vervuilende verbindingen. Het is voorsnog onduidelijk of dit fenomeen kan optreden bij omwonenden van veehouderijen in Vlaanderen. Het is dan ook raadzaam om dit verder te onderzoeken.

De chemische stoffen die reageren met ammoniak met vorming van secundair stof worden voornamelijk uitgestoten door niet-landbouw bronnen. Het gaat hierbij om een algemene problematiek voor de volksgezondheid en niet zozeer om een problematiek die louter betrekking heeft op omwonenden van stallen.

Een verhoogd gehalte aan ammoniumstikstof in de bodem door ammoniakemissies door toedoen van de veehouderij omvat evenmin een risico voor de omwonenden van stallen, noch voor de volksgezondheid

De rechtstreekse emissie van fijn stof uit veeteeltbedrijven wordt beperkt door de toetsing van hun individuele bijdrage aan de PM10 en PM2,5 grenswaarden opgesteld door de EU. Vanaf een bijdrage van meer dan 3% moeten er milderende maatregelen gezocht worden. Alle Vlaamse meetplaatsen voldeden in 2015 aan de Europese jaargrenswaarde en daggrenswaarde voor PM10. Ook voor PM2,5 werden overal in Vlaanderen de jaargrenswaarden gehaald. Wanneer echter getoetst wordt aan de advieswaarden van de Wereldgezondheidsorganisatie dan vormt fijn stof vanuit gezondheidkundig oogpunt wel een probleem. De Vlaamse Milieumaatschappij stelt daarom dat verdere acties nodig zijn om de fijn stof concentraties verder te laten dalen. Voor zover gekend zijn er geen fijn stof metingen beschikbaar bij omwonenden van veeteeltbedrijven in de intensieve veeteeltregio's in Vlaanderen. Het is dan ook moeilijk in te schatten aan welke fijn stof concentraties omwonenden van stallen precies blootgesteld worden. Om hier meer zicht op te verkrijgen, is een uitbreiding van het meetnetwerk van VMM met meestations in de intensieve veeteeltregio's aan te raden.

In vergelijking met ammoniakemissie en fijn stof emissie, is geuremissie een milieuaspect dat voornamelijk een lokaal effect veroorzaakt. Bij het proces van de vergunningverlening moet een inschatting gemaakt worden van de mogelijke geurhinder die het project zou kunnen veroorzaken. Dit gebeurt aan de hand van een modellering van de geurconcentraties rond het bedrijf en de toetsing ervan met vooropgestelde normen. Indien dit nodig blijkt, worden aanvullende geurbeperkende maatregelen (BBT) opgelegd in functie van de specifieke bedrijfssituatie en de lokale omstandigheden.

Voor wat betreft de overige gevaren of risico's die vermeld werden in de documenten 'Veehouderij en Gezondheid Omwonenden (VGO)' en 'Intensieve Veeteelt en Gezondheid' vanwege de West-Vlaamse Milieufederatie (WMF), omvat Tabel 7 een samenvatting van onze evaluatie.

In het kader van de algemene volksgezondheid en in het kader van de specifieke beroepsrisico's voor landbouwers werden een aantal mogelijke risico's geïdentificeerd die verdere opvolging en/of verder onderzoek vergen. Er zijn algemeen aanvaarde en gekende risico's met bijhorend actieprogramma voor hun beheersing:

- Gekende zoönosen (bijvoorbeeld *Salmonella*, *Campylobacter*, humaan pathogene *E. coli*)
- Antibioticaresistentie door veterinair en humaan antibioticagebruik
- Q-koorts en aviaire influenza: epidemiologie wordt opgevolgd

Er zijn opduikende risico's die verder onderzoek vereisen:

- Hepatitis E
- Resistente parasieten
- Fungicideresistente schimmels

Op basis van dit literatuuronderzoek kan geconcludeerd worden dat een groot aandeel van de onderzochte potentiële gezondheidsrisico's niet aanwezig zijn en/of niet specifiek zijn voor omwonenden van veehouderijen. Het risico voor omwonenden voor een besmetting met Q-koorts is gelinkt met het optreden van een epidemie bij kleine herkauwers (schapen en geiten) wat in het kader van de beheersing van de diergezondheid strikt wordt opgevolgd vanuit het FAVV. Het mogelijk negatief effect van fijn stof gecombineerd met ammoniak op de menselijke gezondheid dient verder onderzocht te worden.

De kans dat zuivere endotoxines een risico vormen voor de omwonenden wordt als beperkt ingeschat. Op basis van de beschikbare informatie is het vooralsnog onmogelijk om te concluderen welk effect endotoxines bevattende stoffracties kunnen hebben op omwonenden van stallen en om een veiligheidsnorm te definiëren en te hanteren.

Voor wat het Nederlandse VGO onderzoek betreft, is het vooralsnog onduidelijk hoe het meer voorkomen van longontstekingen in de omgeving van pluimvee- en geitenhouderijen kan worden verklaard. Bijkomend onderzoek is noodzakelijk om een causaal verband vast te stellen met een bepaalde emissie vanuit de veehouderij. Belangrijk hierbij is na te gaan of gelijkaardige effecten ook in andere intensieve veehouderijregio's vastgesteld worden.

Tabel 7: Evaluatie van de mogelijke sanitaire gevaren vermeld in de VGO- en WMF rapporten: samenvattende tabel

Blootstelling	Gevaren	Risicogroep bij de mens	Belangrijkste niveau voor beheersing	Aanbeveling voor verder onderzoek
Via voeding en ruimere leefomgeving	<i>Salmonella</i> , <i>Campylobacter</i> ; humaan pathogene <i>E. coli</i> Hepatitis E ESBL/Antibioticaresistente bacteriën Resistente schimmels Resistente platwormen (leverbot) Resistente parasieten (<i>T. gondii</i>)	Algemene volksgezondheid Algemene volksgezondheid Algemene volksgezondheid Algemene volksgezondheid, doch eerder mensen met een verzwakt immuunsysteem in geval van <i>Aspergillus fumigatus</i> Beperkt risico Beperkt/zwangere vrouwen en mensen met een verzwakt immuunsysteem	Voedselveiligheid Voedselveiligheid Beperken antibioticagebruik veterinair en humaan Oordeelkundig gebruik fungiciden humaan en plantaardige productie Voedselveiligheid / link met klimaatopwarming Voedselveiligheid/vooral via buitenloop varkens en beperking gebruik antibiotica en parasitaire middelen veterinair en humaan	Verdere opvolging in kader van internationale kennis Opduikend risico Overdracht antibioticaresistentie veterinair/humaan Resistentie-ontwikkeling en link landbouw/humane besmetting
Via directe leefomgeving bij veehouderij	Endotoxines/stof Diverse aandoeningen in Nederlandse VGO studie Nitraat/nitriet in groenten Q-koorts	Omwonenden veehouderij Omwonenden veehouderij Omwonenden via moestuin en lokale teelt Omwonenden veehouderij en landbouwer/beroepsrisico	Onduidelijk / mogelijk ook positief effect Balans van negatieve en positieve effecten / aandacht voor mogelijke verhoging longontstekingen Eerder positief effect Beheersing uitbraken vooral bij kleine herkauwers	Differentiëren tussen effect endotoxines en fijn stoffracties op de menselijke gezondheid Causaal verband met de geziene effecten bij de mens
Via contacten met dieren	LA-MRSA <i>Clostridium difficile</i> Vogelgriep	Landbouwer/beroepsrisico Landbouwer/beroepsrisico Landbouwer/beroepsrisico	Voorkomen van overdracht bij ziekenhuisopname Voorkomen van overdracht bij ziekenhuisopname Beheersing uitbraken	
Via componenten in de stal Louter via humane overdracht	Endotoxines/stof in hoge concentratie Enterovirussen en parechovirussen	Landbouwer/beroepsrisico Algemene volksgezondheid	Dragen beschermingsmiddelen Beperken humane overdracht Geen link met veehouderij	

6 LIJST VAN REFERENTIES

1. RIVM (2016). *Veehouderij en gezondheid omwonenden*, 134pp.
2. West-Vlaamse Milieufederatie (2017). *Intensieve veeteelt en gezondheid omwonenden West-Vlaanderen*, 47pp.
3. Vlaamse Milieumaatschappij (2016). *Lozingen in de lucht 2000-2015*, 330pp.
4. VLM (2017). *Mestrapport 2016*, 193pp.
5. Vlaamse Milieumaatschappij (2017). *Tijdelijk meetnet ammoniak in Natura 2000-gebieden*, 41pp.
6. Vlaamse Milieumaatschappij (2015). *Verzurende en vermestende luchtverontreiniging in Vlaanderen 2014*, 73pp.
7. EPA (2016). *Toxicological review of ammonia (noncancer inhalation): executive summary*, 10pp.
8. Donham, K, Cumro, D & Reynolds, S (2002). Synergistic effects of dust and ammonia on the occupational health effects of poultry production workers. *J. Agromedicine* **8**.
9. Hendriks, C, Kranenburg, R & Schaap, M (2015). *De bijdrage van de Vlaamse ammoniakemissies tot de (piek) concentraties van fijnstof in Vlaanderen*, 100pp.
10. Van Peteghem, M (2014). *Verzurende en vermestende luchtverontreiniging in Vlaanderen*, 73pp.
11. Bryan, N & Ivy, J (2015). Inorganic nitrite and nitrate: evidence to support consideration as dietary nutrients. *Nutr. Res.* **35**: 643–654.
12. Machha, A & Schechter, A (2012). Inorganic nitrate: a major player in cardiovascular health benefits of vegetables? *Nutr. Rev.* **70**: 367–372.
13. Kobayashi, J, Ohtake, K & Uchida, H (2015). No-rich diet for lifestyle-related diseases. *Nutrients* **7**: 4911–4937.
14. Hord, N, Tang, Y & Bryan, N (2009). Food sources of nitrates and nitrites: the physiologic contact for potential health benefits. *Am. J. Clin. Nutr.* **90**: 1–10.
15. Vlaamse Milieumaatschappij. *Stookadvies als maatregel tegen luchtverontreiniging door houtstook*, 38pp.
16. Deutsch, F, Vankerom, J, Veldeman, B, Peelaerts, W, Fierens, F, Vanpoucke, C, Trimpeneers, E, Vancraeynest, L, Bossuyt, M & Buysse, H (2010). *Verklarende factoren voor evoluties in luchtkwaliteit*, 80pp.
17. Buekers, J, Deutsch, F, Veldeman, N, Janssen, S & Panis, L (2014). Fine atmospheric particles from agricultural practices in flanders: From emissions to health effects and limit values. *Outlook Agric.* **43**: 39–44.
18. Du, Y, Xu, X, Chu, M, Guo, Y & Wang, J (2016). Air particulate matter and cardiovascular disease: The epidemiological, biomedical and clinical evidence. *J. Thorac. Dis.* **8**: E8–E19.
19. Dockery, D, Pope, C, Xu, X, Spengler, J, Ware, J, Fay, M, Erris, B & Speizer, F (1993). An association between air-pollution and mortality in 6 United-States cities. *N. Engl. J. Med.* **329**: 1753–1759.
20. Pope, CA, Burnett, RT, Thurston, GD, Thun, MJ, Calle, EE, Krewski, D & Godleski, JJ (2004). Cardiovascular mortality and long-term exposure to particulate air pollution: epidemiological evidence of general pathophysiological pathways of disease. *Circulation*

109: 71–77.

21. Fierens, F, Vanpoucke, C, Trimpeneers, E, Peeters, O, Quidé, S, Vos, T de, Maetz, P & Hutseméker, V (2016). *Jaarrapport luchtkwaliteit in België 2015*, 102pp.
22. Vlaamse Milieumaatschappij (2015). *Luchtkwaliteit in het Vlaamse Gewest Jaarverslag Immissiemeetnetten - 2015*, 229pp.
23. Janssen, N, Hoek, G, Simic-Lawson, M, Fischer, P, van Bree, L, ten Brink, H, Keuken, M, Atkinson, R, Anderson, H, Brunekreef, B & Cassee, F (2011). Black carbon as an additional indicator of the adverse health effects of airborne particles compared with PM10 and PM2.5. *Environ. Health Perspect.* **119**: 1691–1699.
24. OECD - Organisation for Economic Cooperation and Development (2004). *SIDS screening information data sets - ammonium sulphate, CAS No 7783-20-2*.
25. Martel, B & Cassidy, K (2004). *Chemical risk analysis: a practical handbook*, Butterworth-Heinemann, Oxford.
26. Lippmann, M, Chen, L, Gordon, T, Ito, K & Thurston, G. *National particle component toxicity (NPACT) initiative: integrated epidemiologic and toxicity studies of the health effects of particulate matter components, HEI Research Report nr177*, Boston, MA.
27. Celis, D & Vercauteren, J (2009). *Bepaling van de vergelijking tussen de jaargemiddelde concentratie en het aantal overschrijdingsdagen PM10*.
28. LNE dienst Mer (2012). *Richtlijnenboek Lucht*, 212pp.
29. UNECE (2014). Guidance document on preventing and abating ammonia emissions from agricultural sources: 1–100.
30. Brusselman, E, Demeyer, P, Van der Heyden, C & Zwertvaegher, I (2017). *Analyse van de wettelijk erkende luchtwassystemen in Nederland en Duitsland*, 42pp.
31. Vlaamse Overheid - Departement LNE (2013). Uitvoeren van een uitgebreide schriftelijke enquête en een beperkte CAWI-enquête ter bepaling van het percentage gehinderden door geur, geluid en licht in Vlaanderen – SLO-3. *Management*. 254.
32. Willems, E, Monseré, T & Dierickx, J (2011). *Geactualiseerd richtlijnenboek milieueffectrapportage „Basisrichtlijnen per activiteitengroep – Landbouwdieren*, 172pp.
33. Inagawa, H, Kohchi, C & Soma, GI (2011). Oral administration of lipopolysaccharides for the prevention of various diseases: Benefit and usefulness. *Anticancer Res.* **31**: 2431–2436.
34. Smid, T, Heederik, D, Houba, R & Quanjer, P (1992). Dust- and endotoxin-related respiratory effects in the animal feed industry. *Am. Rev. Respir. Dis.* **146**: 1474–1479.
35. Post, W, Heederik, D & Houba, R (1998). Decline in lung function related to exposure and selection processes among workers in the grain processing and animal feed industry. *Occup. Environ. Med.* **55**: 349–355.
36. Nederlandse Gezondheidsraad (2010). *Endotoxins - health based recommended occupational exposure limit (publicatienummer 2010/04OSH, ISBN: 978-90-5549-804-8)*.
37. Castellan, R, Olenchock, S, Kinsley, K & Hankinson, J (1987). Inhaled endotoxin and decreased spirometric values - An exposure-response relation for cotton dust. *N. Engl. J. Med.* **317**: 605–610.
38. Nederlandse Gezondheidsraad (2012). *Gezondheidsrisico's rond veehouderijen (publicatienummer 2012/27, ISBN 978-90-5549-939-7)*.
39. Michel, O, Duchateau, J & Sergysels, R (1989). Effect of inhaled endotoxin on bronchial reactivity in asthmatic and normal subjects. *J. Appl. Physiol.* **66**: 1059–1064.

40. Kline, JN, Cowden, JD, Hunninghake, GW, Schutte, BC, Watt, JL, Wohlford-Lenane, CL, Powers, LS, Jones, MP & Schwartz, DA (1999). Variable airway responsiveness to inhaled lipopolysaccharide. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* **160**: 297–303.
41. Heederik, D & Douwes, J (1997). Towards an occupational exposure limit for endotoxins. *Ann. Agric. Environ. Med.* **4**: 17–19.
42. Ogink, N, Erbrink, J, Heederik, D, Winkel, A & Wouters, I (2016). *Emissies van endotoxinen uit de veehouderij: emissiemetingen en verspreidingsmodellering*, 96pp.
43. National Radiological Protection Board (2004). *Particle Deposition in the Vicinity of Power Lines and Possible Effects on Health* **15**, 55pp.
44. van Dijk, C, Zock, J, Baliatsas, C, Smit, L, Borlée, F, Spreeuwenberg, P, Heederik, D & Yzermans, C (2017). Health conditions in rural areas with high livestock density: Analysis of seven consecutive years. *Environ. Pollut.* **222**: 374–382.
45. Schuijs, MJ, Willart, MA, Vergote, K, Gras, D, Deswarte, K, Ege, MJ, Madeira, FB, Beyaert, R, van Loo, G, Bracher, F, von Mutius, E, Chanez, P, Lambrecht, BN & Hammad, H (2015). Farm dust and endotoxin protect against allergy through A20 induction in lung epithelial cells. *Science* **349** (6252): 1106–1110.
46. Sullivan, A, Hunt, E, MacSharry, J & Murphy, DM (2016). The microbiome and the pathophysiology of asthma. *Respir. Res.* **17**: 163.
47. Stiemsma, LT & Turvey, SE (2017). Asthma and the microbiome: defining the critical window in early life. *Allergy, Asthma Clin. Immunol.* **13**: 3.
48. Green, C, Gibbs, S, Tarwater, P, Mota, L & Scarpino, P (2006). Bacterial plume emanating from the air surrounding swine confinement operations. *J. Occup. Environ. Hyg.* **3**: 9–15.
49. Chinivasagam, HN, Tran, T, Maddock, L, Gale, A & Blackall, PJ (2009). Mechanically ventilated broiler sheds: A possible source of aerosolized Salmonella, Campylobacter, and Escherichia coli. *Appl. Environ. Microbiol.* **75**: 7417–7425.
50. Adell, E, Moset, V, Zhao, Y, Jiménez-belenguer, A & Cerisuelo, A (2014). Comparative performance of three sampling techniques to detect airborne Salmonella species in poultry farms. *Ann. Agric. Environ. Med.* **21**: 15–24.
51. Kumar, GD, Williams, RC, Al Qublan, HM, Sriranganathan, N, Boyer, RR & Eifert, JD (2017). Airborne soil particulates as vehicles for Salmonella contamination of tomatoes. *Int. J. Food Microbiol.* **243**: 90–95.
52. Zheng, J, Allard, S, Reynolds, S, Millner, P, Arce, G, Blodgett, RJ & Brown, EW (2013). Colonization and internalization of salmonella enterica in tomato plants. *Appl. Environ. Microbiol.* **79**: 2494–2502.
53. Han, S & Micallef, S (2014). Salmonella Newport and Typhimurium colonization of fruit differs from leaves in various tomato cultivars. *J. Food Prot.* **77**: 1844–1850.
54. Knetsch, CW, Connor, TR, Mutreja, A, van Dorp, SM, Sanders, IM, Browne, HP, Harris, D, Lipman, L, Keessen, EC, Corver, J, Kuijper, EJ & Lawley, TD (2014). Whole genome sequencing reveals potential spread of Clostridium difficile between humans and farm animals in the Netherlands, 2002 to 2011. *Euro Surveill.* **19**: 20954.
55. Smits, WK (2013). Hype or hypervirulence: a reflection on problematic C. difficile strains. *Virulence* **4**: 592–6.
56. Sci Com Advies (2010). *Evaluatie van een programma voor de bewaking, de preventie en de bestrijding van Coxiella burnetii bij kleine herkauwers (dossier Sci Com 2010/11)*.
57. Sci Com Advies (2010). *Bewaking, preventie en bestrijding van Coxiella burnetii in*

rundveebedrijven (dossier Sci Com 2010/12).

58. EFSA (2010). Scientific opinion on Q fever. *EFSA J.* **8**: 1595.
59. Rodolakis, A, Berri, M, Héchar, C, Caudron, C, Souriau, A, Bodier, CC, Blanchard, B, Camuset, P, Devillechaise, P, Natorp, JC, Vadet, JP & Arricau-Bouvery, N (2017). Comparison of *Coxiella burnetii* shedding in milk of dairy bovine, caprine, and ovine herds. *J. Dairy Sci.* **90**: 5352–5360.
60. ECDC, EFSA & EMA (2017). ECDC/EFSA/EMA second report joint report on the integrated analysis of the consumption of antimicrobial agents and occurrence of antimicrobial resistance in bacteria from humans and food-processing animals - Joint Interagency Antimicrobial Consumption and. *EFSA J.* **15**: 4872.
61. Mølbak, K (2004). Spread of resistant bacteria and resistance genes from animals to humans - the public health consequences. *J. Vet. Med. B. Infect. Dis. Vet. Public Heal.* **51**: 364–369.
62. Mølbak, K (2005). Human health consequences of antimicrobial drug-resistant *Salmonella* and other foodborne pathogens. *Clin. Infect. Dis.* **41**: 1613–1620.
63. Streit, J, Jones, R, Toleman MA, Stratchounski, L & Fritsche, T (2006). Prevalence and antimicrobial susceptibility patterns among gastroenteritis-causing pathogens recovered in Europe and Latin America and *Salmonella* isolates recovered from bloodstream infections in North America and Latin America: report from the SENTRY Ant. *Int. J. Antimicrob. Agents* **27**.
64. Varma, J, Greene, K, Ovitt, J, Barrett, T, Medalla, F & Angulo, F (2005). Hospitalization and antimicrobial resistance in *Salmonella* outbreaks, 1984-2002. *Emerg. Infect. Dis.* **11**: 943–6.
65. Nordstrom, L, Liu, C & Price, L (2013). Foodborne urinary tract infections: a new paradigm for antimicrobial-resistant foodborne illness. *Front. Microbiol.* **4294**.
66. EFSA (2008). Scientific opinion of the panel on biological hazards on a request from the European Food Safety Authority on foodborne antimicrobial resistance as a biological hazard. *EFSA J.* **765**: 1–87.
67. VLM (2011). *Voortgangsrapport Mestbank*.
68. Diarrassouba, F, Diarra, M, Bach, S, Delaquis, P, Pritchard, J, Topp, E & Skura, B. Antibiotic resistance and virulence genes in commensal *Escherichia coli* and *Salmonella* isolates from commercial broiler chicken farms. *J. Food Prot.* **70**: 1316–27.
69. Kojima, A, Asai, T, Ishihara, K, Morioka, A, Akimoto, K, Sugimoto, Y, Sato, T, Tamura, Y & Takahashi, T (2009). National monitoring for antimicrobial resistance among indicator bacteria isolated from food-producing animals in Japan. *J. Vet. Med. Sci.* **71**: 1301–8.
70. Smet, A, Martel, A, Persoons, D, Dewulf, J, Heyndrickx, M, Catry, B, Herman, L, Haesebrouck, F & Butaye, P (2008). Diversity of extended-spectrum beta-lactamases and class C beta-lactamases among cloacal *Escherichia coli* isolates in Belgian broiler farms. *Antimicrob. Agents Chemother.* **52**: 1238–1243.
71. Bortolaia, V, Guardabassi, L, Trevisani, M, Bisgaard, M, Venturi, L & Bojesen, AM (2010). High diversity of extended-spectrum β -lactamases in *Escherichia coli* isolates from Italian broiler flocks. *Antimicrob. Agents Chemother.* **54**: 1623–1626.
72. Woerther, P, Burdet, C, Chachaty, E & Andremont, A (2013). Trends in human fecal carriage of extended-spectrum β -lactamases in the community: Toward the globalization of CTX-M. *Clin. Microbiol. Rev.* **26**: 744–758.
73. Huijbers, PMC, de Kraker, M, Graat, EAM, van Hoek, AHAM, van Santen, MG, de Jong, MCM, van Duijkeren, E & de Greeff, SC (2013). Prevalence of extended-spectrum beta-lactamase-

- producing Enterobacteriaceae in humans living in municipalities with high and low broiler density. *Clin. Microbiol. Infect.* **19**.
74. Reuland, EA, Al Naiemi, N, Kaiser, AM, Heck, M, Kluytmans, JAJW, Savelkoul, PHM, Elders, PJM & Vandenbroucke-Grauls, CMJE (2016). Prevalence and risk factors for carriage of ESBL-producing Enterobacteriaceae in Amsterdam. *J. Antimicrob. Chemother.* **71**: 1076–1082.
 75. Aires-de-Sousa, M (2017). Methicillin-resistant Staphylococcus aureus among animals: current overview. *Clin. Microbiol. Infect.* **23**: 373–380.
 76. Hetem, DJ, Bootsma, MCJ, Troelstra, A & Bonten, MJM (2013). Transmissibility of livestock-associated methicillin-resistant Staphylococcus aureus. *Emerg. Infect. Dis.* **19**: 1797–1802.
 77. Sergelidis, D & Angelidis, AS (2017). Methicillin-resistant Staphylococcus aureus: a controversial food-borne pathogen. *Lett. Appl. Microbiol.* **64**: 409–418.
 78. Schulz, J, Friese, A, Klees, S, Tenhagen, BA, Fetsch, A, Rösler, U & Hartung, J (2012). Longitudinal study of the contamination of air and of soil surfaces in the vicinity of pig barns by livestock-associated methicillin-resistant Staphylococcus aureus. *Appl. Environ. Microbiol.* **78**: 5666–5671.
 79. AMCRA (2017). *Activiteiten en realiaties met betrekking tot reductie van antibioticumgebruik en resistentie in de diergeneeskunde in België in 2016*.
 80. EFSA (2017). Public health risks associated with hepatitis E virus (HEV) as a food-borne pathogen. *EFSA J.* **15**: 4886.
 81. Thiry, D, Mauroy, A, Saegerman, C, Thomas, I, Wautier, M, Miry, C, Czaplicki, G, Berkvens, D, Praet, N, van der Poel, W, Cariolet, R, Brochier, B & Thiry, E (2014). Estimation of hepatitis E virus (HEV) pig seroprevalence using ELISA and Western blot and comparison between human and pig HEV sequences in Belgium. *Vet. Microbiol.* **172**: 407–414.
 82. Lodder, WJ, Schijven, JF, Rutjes, SA, de Roda Husman, AM & Teunis, PFM (2015). Enterovirus and parechovirus distributions in surface water and probabilities of exposure to these viruses during water recreation. *Water Res.* **75**: 25–32.
 83. Tansarli, GS, Karageorgopoulos, DE, Kapaskelis, A & Falagas, ME (2013). Impact of antimicrobial multidrug resistance on inpatient care cost: an evaluation of the evidence. *Expert Rev. Anti. Infect. Ther.* **11**: 321–331.
 84. Winkelhagen, AJS, Mank, T, de Vries, PJ & Soetekouw, R (2012). Apparent triclabendazole-resistant human Fasciola hepatica infection, the Netherlands. *Emerg. Infect. Dis.* **18**: 1028–1029.
 85. van Dijk, J, Sargison, N. D, Kenyon, F & Skuce, P. J (2010). Climate change and infectious disease: helminthological challenges to farmed ruminants in temperate regions. *Animal* **4**: 377–92.
 86. Kelley, JM, Elliott, TP, Beddoe, T, Anderson, G, Skuce, P & Spithill, TW (2016). Current threat of triclabendazole resistance in Fasciola hepatica. *Trends Parasitol.* **32**: 458–469.
 87. van der Giessen, J, Fonville, M, Bouwknegt, M, Langelaar, M & Vollema, A (2007). Seroprevalence of Trichinella spiralis and Toxoplasma gondii in pigs from different housing systems in The Netherlands. *Vet. Parasitol.* **148**: 371–374.
 88. Doliwa, C, Escotte-Binet, S, Aubert, D, Sauvage, V, Velard, F, Schmid, A & Villena, I (2013). Sulfadiazine resistance in Toxoplasma gondii: no involvement of overexpression or polymorphisms in genes of therapeutic targets and ABC transporters. *Parasite* **20**: 19.
 89. Nagamune, K, Moreno, SNJ & Sibley, LD (2007). Artemisinin-resistant mutants of Toxoplasma gondii have altered calcium homeostasis. *Antimicrob. Agents Chemother.* **51**: 3816–3823.

90. McFadden, DC, Tomavo, S, Berry, EA & Boothroyd, JC (2000). Characterization of cytochrome b from *Toxoplasma gondii* and Q(o) domain mutations as a mechanism of atovaquone-resistance. *Mol. Biochem. Parasitol.* **108**: 1–12.
91. Chowdhary, A, Kathuria, S, Xu, J & Meis, JF (2013). Emergence of azole-resistant *Aspergillus fumigatus* strains due to agricultural azole use creates an increasing threat to human health. *PLoS Pathog.* **9**: 3–7.
92. Latgé, J (1999). *Aspergillus fumigatus* and Aspergillosis. *Clin. Microbiol. Rev.* **12**: 310–350.
93. Rivero-Menendez, O, Alastruey-Izquierdo, A, Mellado, E & Cuenca-Estrella, M (2016). Triazole resistance in *Aspergillus* spp.: A worldwide problem? *J. Fungi* **2**: 21.
94. Berger, S, Chazli, Y El, Babu, AF & Coste, AT (2017). Azole resistance in *Aspergillus fumigatus*: A consequence of antifungal use in agriculture? *Front. Microbiol.* **8**: 1–6.
95. Garcia-Rubio, R, Cuenca-Estrella, M & Mellado, E (2017). Triazole resistance in *Aspergillus* Species: An emerging problem. *Drugs* **77**: 599–613.
96. van Dijk, CE, Garcia-Aymerich, J, Carsin, AE, Smit, LAM, Borlée, F, Heederik, DJ, Donker, GA, Yzermans, CJ & Zock, JP (2016). Risk of exacerbations in COPD and asthma patients living in the neighbourhood of livestock farms: Observational study using longitudinal data. *Int. J. Hyg. Environ. Health* **219**: 278–287.
97. Baliatsas, C, Borlée, F, van Dijk, CE, van der Star, B, Zock, JP, Smit, LAM, Spreeuwenberg, P, Heederik, D & Yzermans, CJ (2017). Comorbidity and coexisting symptoms and infections presented in general practice by COPD patients: Does livestock density in the residential environment play a role? *Int. J. Hyg. Environ. Health* **220**: 704–710.
98. Borlée, F, Yzermans, CJ, Van Dijk, CE, Heederik, D & Smit, LAM (2015). Increased respiratory symptoms in COPD patients living in the vicinity of livestock farms. *Eur. Respir. J.* **46**: 1605–1614.
99. Frei, R, Ferstl, R, Roduit, C, Dipl-Ing, MZ, Schiavi, E, Barcik, W, Rodriguez-Perez, N, Wirz, OF, Wawrzyniak, M, Pugin, B, Nehrbass, D, Jutel, M, Smolinska, S, Konieczna, P, Bieli, C, Loeliger, S, Waser, M, Pershagen, G, Riedler, J, Depner, M, Schaub, B, Genuneit, J, Renz, H, Pekkanen, J, Karvonen, AM, Dalphin, J-C, van Hage, M, Doekes, G, Akdis, M, Braun-Fahrländer, C, Akdis, CA, von Mutius, E, O'Mahony, L & Lauener, RP. Exposure to non-microbial N-Glycolylneuraminic acid protects farmers' children against airway inflammation and colitis. *J. Allergy Clin. Immunol.* **In press**.
100. Smit, LAM, Boender, GJ, de Steenhuijsen Piters, WAA, Hagens, TJ, Huijskens, EGW, Rossen, JWA, Koopmans, M, Nodelijk, G, Sanders, EAM, Yzermans, J, Bogaert, D & Heederik, D (2017). Increased risk of pneumonia in residents living near poultry farms: does the upper respiratory tract microbiota play a role? *Pneumonia* **9**: 3.

