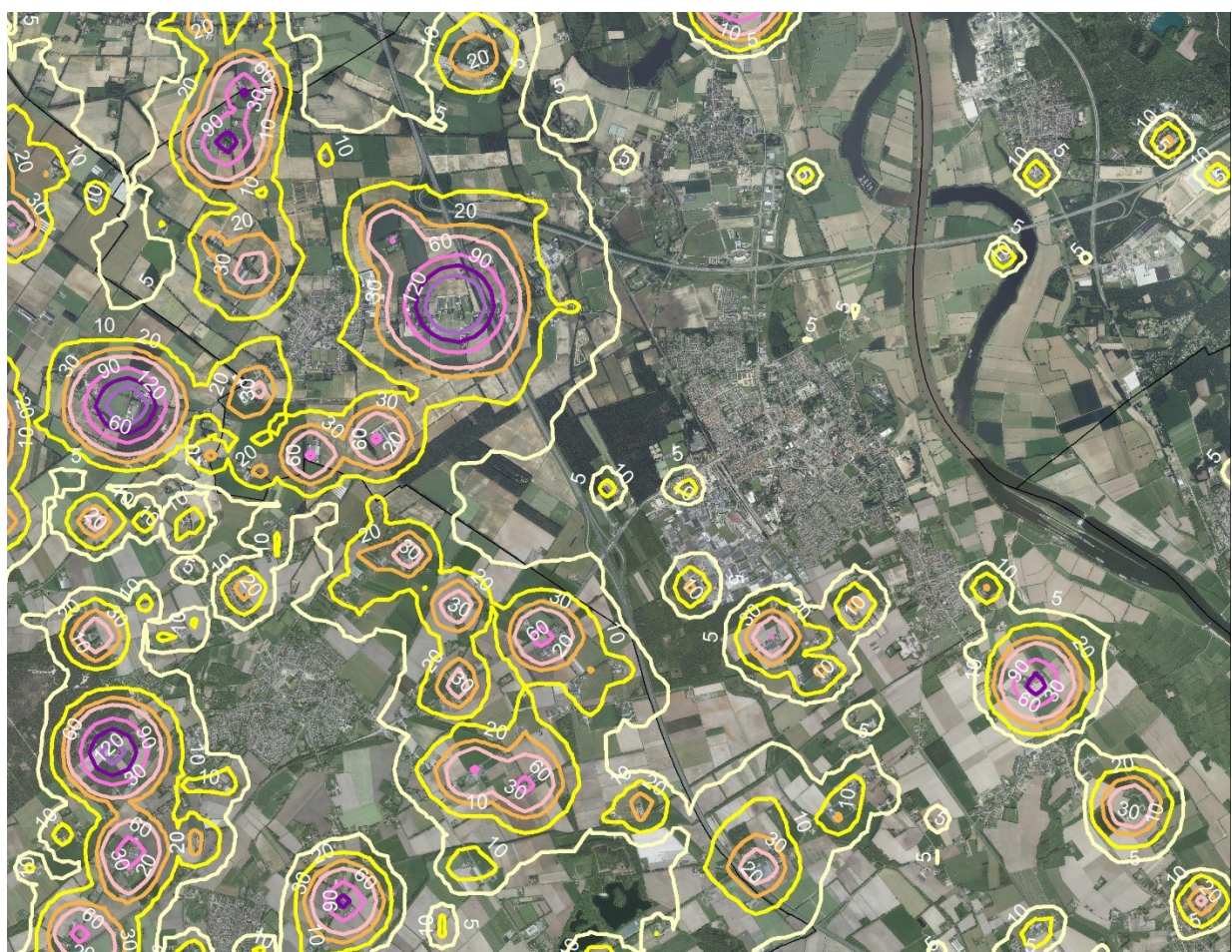


Risicomodellering veehouderij en gezondheid (RVG): modellering van regionale endotoxineconcentraties en relaties met gezondheidseffecten

Dick Heederik, Hans Erbrink, Azadeh Farokhi, Thomas Hagenaars, Gerard Hoek, Nico Ogink, Myrna de Rooij, Lidwien Smit, Albert Winkel, Inge Wouters

Utrecht, Wageningen, Arnhem, Lelystad, Februari 2019



Rapport nummer: IRAS UU 2019-01 / WBVR-1910304

Institute for Risk Assessment Sciences, Universiteit Utrecht, Utrecht; Wageningen Bioveterinary Research, Lelystad en Wageningen Livestock Research, Wageningen; Erbrink Advies, Arnhem



Universiteit Utrecht



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH



ERBRINK
STACKS
CONSULT

SAMENVATTING EN CONCLUSIES

Dit onderzoeksproject richt zich op de beoordeling van de betekenis van het voorstel van de Gezondheidsraad voor een grenswaarde voor endotoxine van 30 Endotoxine Units (EU)/m³ voor de algemene bevolking, in het bijzonder voor omwonenden van veehouderijbedrijven. De doelstellingen van het project zijn:

- Ontwikkelen van een regionaal (model)instrument waarmee de heersende blootstelling aan endotoxine in de omgevingslucht als gevolg van emissies van veehouderijen in een onderzoeksgebied kan worden onderzocht. Als voorbeeld is hiervoor het VGO onderzoeksgebied genomen. Het instrument moet ook geschikt zijn om het effect van nieuwvestigingen en emissie-reducerende maatregelen op de blootstelling van omwonenden te berekenen.
- Onderzoeken met behulp van dit instrument:
 - Wat de heersende blootstelling aan endotoxine in de omgevingslucht is als gevolg van emissies van veehouderijen en onderzoeken in welke mate de tentatieve grenswaarde voor endotoxine overschreden wordt op woonlocaties.
 - Welke relaties er zijn tussen endotoxineblootstelling en eerder in het VGO onderzoek gemeten gezondheidseffecten bij omwonenden en wat de omvang is op populatieniveau van de effecten gerelateerd aan endotoxineblootstelling.

Het project bestond uit twee hoofdonderdelen, modellering van endotoxineconcentraties in de lucht voor een groot gebied op basis van emissiegegevens en onderzoek naar gezondheidseffecten door endotoxine. Het modelleringsdeel van het project bestond uit de volgende onderdelen:

- Ontwikkeling van het modelinstrument in de vorm van pluimmodellering van de endotoxineconcentratie in een groter gebied op leefniveau (VGO-onderzoeksgebied in Noord-Brabant en Limburg). Hierin wordt voor de beschrijving van de bronemissie gebruik gemaakt van gegevens die afgelopen jaren verzameld zijn in een reeks projecten waarin de endotoxine-emissie is gekwantificeerd voor meerdere diersoorten en bedrijfstypen;
- Berekening van 4-uurs endotoxineconcentraties in het gehele gebied dat in de VGO-studie is onderzocht (oostelijk deel Noord-Brabant en noorden van Limburg). Dit geeft een beeld van de locaties waar regelmatig overschrijding van de door de Gezondheidsraad voorgestelde grenswaarde van 30 EU/m³ plaatsvindt;
- De bijdrage van deeltjesgrootte klassen en diercategorieën aan de endotoxine concentraties is bepaald. De ruimtelijke variatie in gemodelleerde endotoxine concentraties is onderzocht door middel van kaarten.
- Validatie van de gemodelleerde endotoxineconcentraties met omgevingsmetingen die in het kader van de VGO-studie zijn verzameld voor 61 meetlocaties gedurende een periode van anderhalf jaar.

Het onderzoek naar gezondheidseffecten van endotoxine bestond uit de volgende onderdelen:

- Systematisch literatuuronderzoek naar effecten van endotoxine op de luchtwegen bij lage concentraties endotoxine;
- Analyse van blootstelling-responsrelaties door de gemodelleerde jaargemiddelde PM10 en endotoxineconcentratie in de lucht op het woonadres te koppelen aan gezondheidsgegevens die verzameld zijn in het medisch onderzoek van de VGO-studie (respiratoire symptomen, longfunctie, allergische sensibilisatie). Deze analyses met

gemodelleerde concentraties PM₁₀ en endotoxine op het woonadres vormen een aanvulling op eerdere analyses met simpele proxies voor veehouderij gerelateerde blootstelling waaronder afstand tot veehouderijbedrijven en dichtheid van veehouderijbedrijven rond het woonadres. Indien relaties worden aangetoond tussen endotoxine-emissies en gezondheidseffecten bestaat de mogelijkheid de bijdrage van endotoxine aan het voorkomen van de gezondheidseffecten te onderzoeken.

De resultaten van dit onderzoek dragen bij aan een antwoord op de vraag of het huidige toetsingskader voor emissies van veehouderijbedrijven, dat gebaseerd is op beoordeling van geur- en fijnstofemissies, moet worden uitgebreid met een toetsing op endotoxineconcentraties in de omgeving. Dit onderzoek maakt gebruik van eerder uitgevoerde deelonderzoeken die gericht waren op het vaststellen van de emissie aan stof en endotoxine door veehouderijen. In dit rapport zijn alle emissiemetingen samengevoegd, zijn aanvullende emissiemetingen beschreven en is door extrapolatie en door gebruik te maken van literatuurgegevens voor alle typen veehouderijbedrijven en diersoorten een emissiefactor vastgesteld. Met deze informatie kan voor een groot gebied waarin zich verschillende diersoorten en typen veehouderijbedrijven bevinden het effect van emissie van stof en endotoxine op de concentraties stof en endotoxine in de lucht worden onderzocht.

Stof en endotoxinemodellering

De modellering van endotoxinen bestaat uit een aantal onderdelen: het rekenmodel, de invoer van het rekenmodel, en de toepassing van het rekenmodel op stallen. Het rekenmodel is een uitgebreide versie van het model STACKS. De berekeningen zijn uitgevoerd conform het 'Nieuw Nationaal Model (NNM)' én de 'Aanvullende afspraken NNM' zoals beschreven in de 'Standaardrekenmethode 3 (SRM3)' met uitbreidingen voor pluimdaling en als gevolg daarvan een proportioneel groter massaverlies voor grotere deeltjes. De invoer van het model bestaat uit stofemissiegegevens voor stallen aangevuld met informatie over het gehalte aan endotoxinen in het geëmitteerde stof.

In eerder onderzoek is door uitvoering van luchtmetingen in stallen stof verzameld, waarin het endotoxinegehalte is bepaald. Dat is gedaan in 4 stoffracties: PM_{2,5}, PM₃₀ (deel van de metingen), PM₁₀ en PM₁₀₀. Door een gedetailleerde gegevensanalyse zijn de meetresultaten omgerekend naar 10 stoffracties met elk een bepaald endotoxinegehalte. Van de stallen in het onderzoeksgebied zijn gegevens over de locatie en stal- en emissiehoogte gebruikt. Ook zijn terrein- en meteorologische gegevens gebruikt. Voor een groot aantal stallen zijn de stalgegevens verkregen uit het Bestand Veehouderij Bedrijven (BVB, vergunningengegevens): diersoort, aantal dieren, locatie, PM₁₀ emissie per dier. Per diersoort zijn generieke PM₁₀₀/PM₁₀ ratio's toegevoegd, zodat de PM₁₀₀ ('total suspended particles', 'TSP') emissie is geschat. Deze PM₁₀₀ emissie is opgedeeld in 10 stofdeeltjesfracties. Deze worden met STACKS doorgerekend (per stal) en op een groot aantal receptorpunten in het onderzoeksgebied wordt de gezamenlijke invloed van alle omliggende stallen berekend.

Er zijn voor de verschillende doelstellingen verschillende receptorpunten gebruikt:

- een vast raster van 310 000 punten voor een gebied van 70x70 km² waarmee endotoxinekaarten konden worden gemaakt voor dit gebied;
- de coördinaten van 61 meetlocaties op leefniveau die in het kader van het VGO-onderzoek zijn uitgevoerd zodat gemodelleerde en gemeten endotoxineconcentraties in de omgeving konden worden vergeleken;
- de woonadressen van deelnemers aan het VGO-gezondheidsonderzoek zodat de relatie gemodelleerde endotoxineconcentraties op het woonadres en gezondheidseffecten met gegevens afkomstig van de VGO-studie konden worden geanalyseerd.

De uitvoer bestaat uit jaargemiddelde endotoxineconcentraties en uurgemiddelde endotoxineconcentraties waarmee 4-uurs gemiddelde endotoxineconcentraties zijn berekend. Resultaten zijn ook uitgedrukt in percentielen over de periode van een jaar op de verschillende receptorpunten.

Sensitiviteitsanalyses en validatie van uitkomsten rekenmodel

Onderzocht is of het voor een receptorpunt nodig was alle bronnen in het onderzoeksgebied van 70x70 km² mee te nemen. Uit een sensitiviteitsanalyse bleek dat 70 bronnen per receptorpunt voldoende was om tot precieze schattingen van de endotoxineconcentratie te komen zodat berekeningen kosten-effectiever konden worden uitgevoerd.

Ook is een sensitiviteitsanalyse uitgevoerd voor ruwheidsparameters (voor een 2x2 km² gebied in plaats van een 5x5 km² gebied) om het effect van een verfijning van de ruwheidsinformatie te kwantificeren. Dit leidde tot gemiddeld een 7% lagere endotoxineconcentratie. Bij 70% van de receptorpunten was het effect kleiner dan 10%. De keuze voor een bepaalde periode voor de meteorologiegegevens leidde tot variaties in de berekende concentraties van maximaal 10%. Dergelijke veranderingen in uitkomsten kunnen als relatief gering beschouwd worden in verhouding tot onzekerheden in andere aspecten zoals de emissiegegevens en het endotoxinegehalte van het stof en de variatie daarin.

De validatiestudie, die bestaat uit het vergelijken van berekende endotoxineconcentraties met metingen op 61 locaties, laat zien dat modelberekeningen en metingen goed overeenkomen als een model wordt gebruikt dat uitgaat van warmte-emissies (pluimstijging door emissie van warme lucht na het verlaten van de stal). Als warmte-emissies niet worden meegenomen dan worden de jaargemiddelde endotoxineconcentraties op de 61 meetlocaties ongeveer met een factor 2,5 overschat. Overigens wordt in de huidige modellen voor geur- en stofemissies de warmte-emissie niet meegenomen zoals in deze studie wel is gedaan.

Als de warmte-emissie in de verspreidingsmodellering wordt meegenomen is de overeenkomst tussen de endotoxineconcentraties verkregen met het verspreidingsmodel en het LUR-model over het algemeen goed. De mate van variatie verklaard door het verspreidingsmodel is vergelijkbaar met de mate van variatie verklaard door het LUR-model. De validatiestudie geeft ook aanwijzingen dat op specifieke locaties de verschillen tussen gemodelleerde en gemeten concentraties aanzienlijk kunnen zijn. Een deel van deze verschillen is toe te schrijven aan de benaderende beschrijving van het verspreidingsproces door het model. Daarnaast kunnen onzekerheden in de volgende invoerfactoren hieraan ten grondslag liggen:

- Emissiefactoren voor endotoxine zijn afgeleid van stofemissiefactoren en gebaseerd op beperkte aantallen metingen en in sommige gevallen op extrapolaties of informatie afkomstig uit de literatuur. De emissiefactoren zijn daardoor onvermijdelijk beperkt in nauwkeurigheid.
- Emissiefactoren beschrijven de gemiddelde emissie per dier in een stalcategorie. Bekend is dat de emissie voor individuele bedrijven binnen een categorie aanzienlijk kan afwijken van deze gemiddelde emissie, vermoedelijk als gevolg van verschillen in structurele kenmerken van de bedrijven en bedrijfsvoering en management. Er is geen geschikte manier om deze variatie in emissie mee te nemen in de modellen zonder uitgebreide meetinspanningen op bedrijfsniveau.
- De emissiegegevens zijn toegepast op de vergunde dieraantallen. Op bedrijven kunnen de dieraantallen afwijken van de vergunde aantallen.
- In de verspreidingsmodellen wordt rekening gehouden met stalkenmerken en de aanwezigheid van emissiereductiemaatregelen. Recente resultaten van onderzoek naar de

effectiviteit van luchtwasininstallaties in de varkenshouderij voor geur en ammoniak (die overigens niet zondermeer naar stofdeeltjes te extrapoleren zijn) en ervaringen met het gebruik van deze maatregelen in de praktijk laten zien dat de gebruikte veronderstellingen in de verspreidingsmodellen niet altijd juist hoeven te zijn.

- Daarnaast zijn er nog andere onzekerheden in de modellering zoals de rol van bebouwing en begroeiing waar geen rekening mee wordt gehouden.

De uit deze factoren voortvloeiende onnauwkeurigheden, onzekerheden en inschattingfouten kunnen ertoe leiden dat modelvoorspellingen op specifieke locaties niet juist zijn.

Ook is een verkenning uitgevoerd of hybride modellen, waarbij verspreidingsmodellen en LUR-modellen gecombineerd worden, tot betere voorspellingen van de gemeten endotoxineconcentraties zouden leiden. Gebleken is dat hybride modellen niet tot een substantiële verbetering in de nauwkeurigheid van voorspelde endotoxineconcentraties leiden.

Gebiedsmodellering

De modelberekeningen voor het VGO-gebied laten een aanzienlijke ruimtelijke variatie in endotoxineconcentratie zien. Het aantal punten met een 99,5% percentielwaarde hoger dan 30 EU/m³ (dus 30 EU/m³ wordt in 0,5% van de tijd overschreden) is 1,8%. Deeltjes van alle groottes dragen bij aan de endotoxineconcentratie op een receptorpunt maar de variatie in de bijdrage is groot en hangt af van de combinatie van diersoort, aantallen bedrijven en dichtheid van de aantallen bedrijven en afstand tot een receptorpunt (woning). Er zijn meerdere 'hotspots' met zeer lokaal verhoogde concentraties endotoxine op locaties met een hoge dichtheid aan veehouderijbedrijven. Alle diersoorten dragen bij aan de concentratie endotoxine op de verschillende receptorpunten, maar de bijdrage varieert sterk en kan van 'hotspot' tot 'hotspot' variëren. Enkele diersectoren met maar een beperkt aantal bedrijven in de onderzochte regio kunnen op zeer lokaal niveau een markant bijdrage-patroon hebben (kalkoenen, konijnen), met alleen, op een paar locaties, een duidelijke bijdrage aan de endotoxineconcentratie. In het algemeen geldt dat de endotoxineconcentratie op de meeste locaties veel determinanten kent. In principe dragen alle diersoorten bij aan de endotoxine concentratie. Dit impliceert dat reductie van concentraties in de omgevingslucht maar beperkt realiseerbaar is door emissie-reducerende maatregelen die zich tot één enkele diersector of diersoort beperken.

Gezondheidseffecten literatuurstudie

Endotoxinen leiden tot respiratoire effecten op de gezondheid (luchtwegklachten, acute en chronische longfunctieveranderingen, ontstekingsreacties). Deze effecten zijn waargenomen in observationeel onderzoek en in experimentele studies, maar in het algemeen bij relatief hoge concentraties. In een systematische literatuurstudie op basis van 31 publicaties is (zwak) bewijs gevonden voor een aantal respiratoire effecten door blootstelling aan endotoxine aan lage blootstellingsniveaus in de lucht (< 100 EU/m³). Alleen nieuwe studies kunnen antwoord geven of potentiële respiratoire effecten van blootstelling aan lagere niveaus van endotoxinen voorkomen na blootstelling in de buitenlucht, in het bijzonder in gevoelige subgroepen van de populatie.

Analyse respiratoire effecten VGO in relatie tot omgevingsniveaus endotoxine

Her-analyse van de VGO medische onderzoeksgegevens voor atopie, gedefinieerd als sensibilisatie of aanwezigheid van antilichamen tegen algemeen voorkomende allergenen, luchtwegklachten en longfunctie met de berekende PM10- en endotoxineconcentratie op het woonadres levert een aantal statistisch significante verbanden op. Van de 12 variabelen die eerder in de VGO studie zijn onderzocht (atopie (sensibilisatie tegen minstens één allergeen uit een panel milieu-allergenen of verhoogd totaal IgE) (1)), longfunctie (4) en respiratoire aandoeningen/symptomen (7)) waren er,

uitgaande van de 'fit' van de modellen, 6 het sterkst geassocieerd met de endotoxineconcentratie in de lucht op het woonadres, 4 met dichtheid van veehouderijen rond de woning en 1 met de afstand tot de dichtstbijzijnde veehouderij en 1 met de PM10 concentratie in de lucht op het woonadres. In het kort betreft het de volgende verbanden:

- Er wordt een sterk en statistisch significant verband gevonden tussen atopie en de gemodelleerde endotoxine-concentratie op het woonadres van de deelnemers aan het VGO medisch onderzoek. Deze analyse bevestigt de eerder waargenomen beschermende effecten voor atopie bij omwonenden van veehouderijbedrijven, maar nu specifiek in relatie tot endotoxineconcentraties op het woonadres. De relatie tussen de PM10 concentratie op het woonadres en atopie was zwakker maar ook nog statistisch significant.
- In de VGO-studie bleken meerdere respiratoire symptomen samen te hangen met de dichtheid van veehouderijbedrijven rond de woning (maar niet de afstand tot het dichtstbijzijnde veehouderijbedrijf). Het betrof onder meer piepen op de borst, piepen op de borst en kortademigheid, en piepen op de borst in afwezigheid van een verkoudheid. In deze her-analyse zijn de gevonden associaties (nu tussen respiratoire symptomen en berekende endotoxineconcentraties) in grote lijnen vergelijkbaar. De associaties tussen endotoxineblootstelling, piepen op de borst, en piepen op de borst en benauwdheid waren sterker in vergelijking met de associaties die eerder in de VGO-studie beschreven zijn op basis van dichtheid van veehouderij rond de woning. Ook waren associaties tussen endotoxine en de gezondheidseffecten sterker dan voor de PM concentratie op het woonadres. De associatie tussen endotoxine en piepen op de borst wordt gekenmerkt door een initiële afname in klachtenprevalentie met toenemende omgevingsconcentraties endotoxine en bij verdere toename van de endotoxineconcentratie een toename in de klachtenprevalentie.
- De associaties tussen omgevingsconcentraties endotoxine en de longfunctie zijn in het algemeen relatief zwak. De richting en de vorm van de associaties zijn in grote lijnen vergelijkbaar met wat in het VGO-onderzoek is gevonden. Er zijn geen statistisch significante associaties gevonden tussen de PM10 concentratie op het woonadres en de longfunctie. In het VGO-onderzoek is daarnaast nog gevonden dat de longfunctie lager was op dagen met hoge ammoniakniveaus in de buitenlucht. In dit laatste geval was sprake van een veel sterker verband. Omdat met verspreidingsmodellen niet goed voorspeld kan worden op welk tijdstip de concentratie luchtverontreiniging (en dus ook endotoxine) is verhoogd, zijn geen verdere pogingen ondernomen om deze temporele associaties te onderzoeken met gemodelleerde endotoxineconcentraties.

De associaties tussen klachten en medicijngebruik en afstand van een veehouderijbedrijf/dichtheid van bedrijven rond de woning onder COPD-patiënten werden niet gereproduceerd voor endotoxineconcentraties op het woonadres, maar het onderscheidend vermogen van deze analyse is beperkt door het beperkte aantal personen dat in deze analyse is betrokken.

De PM10- en endotoxineconcentratie op een bepaald punt wordt bepaald door een combinatie van meerdere variabelen, waaronder het aantal veehouderijen, maar ook de afstand tot veehouderijen, het type veehouderij, de omvang van het bedrijf (aantallen dieren), ruigheid van het terrein. Zowel LUR- als dispersiemodellering nemen de invloed van deze variabelen in meer of mindere mate mee. Eerdere analyses in het VGO onderzoek zijn gebaseerd het gebruik van enkele geïsoleerde variabelen (afstand tot de woning, dichtheid veehouderijbedrijven rond de woning) die de PM10- en endotoxineblootstelling maar ten dele verklaren. Dit speelt een rol bij de interpretatie van deze

associaties op basis van gemodelleerde PM10- en endotoxineconcentraties in vergelijking met eerdere analyses in de VGO studie.

De endotoxine blootstelling is, uitgedrukt als jaargemiddelde endotoxineblootstelling, zelfs voor de allerhoogst blootgestelden, relatief laag en bedraagt enkele EU/m³. Gegeven de kennis over effecten van endotoxine, lijkt het niet waarschijnlijk dat dergelijke lage endotoxineniveaus tot effecten leiden. Het is waarschijnlijker dat een hogere jaargemiddelde blootstelling indicatief is voor regelmatige kortdurende blootstelling aan niveaus van tientallen EU/m³. Dergelijke niveaus komen op locaties met veel veehouderijbedrijven, afhankelijk van de precieze locatie, zo nu en dan tot regelmatig voor, afhankelijk van de specifieke meteorologische omstandigheden (windsnelheid, windrichting) en actuele emissies van omliggende bedrijven.

Samenvattend zijn vergelijkbare en vaak sterkere associaties gevonden voor endotoxineconcentraties in de lucht op het woonadres en gezondheidseffecten dan voor PM10 concentraties. Het sterke verband met sensibilisatie is opmerkelijk. Het feit dat associaties vaak sterker waren in termen van 'model fit' voor endotoxine in vergelijking met de PM10 concentratie op het woonadres, ondersteunt de hypothese dat endotoxine een relevante merker is van vee gerelateerde blootstelling, voorspellend voor gezondheidseffecten. Endotoxinen worden niet geëmitteerd door verkeer en de meeste industriële bronnen. Ook geeft dit aan dat primair fijnstof, geëmitteerd door veehouderijbedrijven, mogelijk specifieke effecten heeft. Het is mogelijk dat endotoxine zelf effecten veroorzaakt, maar stof van veehouderijen bevat tevens andere microbiële componenten die vergelijkbare effecten kunnen veroorzaken.

Algemene conclusies

Emissiegegevens

Met dit onderzoek is een eerste basis gelegd voor het beschrijven van endotoxineconcentraties in de lucht in de woonomgeving. Deze modellering is mogelijk gemaakt door allereerst endotoxine-emissie informatie op basis van metingen te verzamelen. Emissie-informatie is op basis van dit project en voorgaande projecten voor alle diersoorten beschikbaar gekomen, maar nog gebaseerd op een beperkt aantal metingen. Voor sommige diersoorten zijn emissiecijfers verkregen door gebruik te maken van beschikbare meetgegevens in stallen (maar geen emissiemetingen) en informatie uit de literatuur). Voor een aantal diersoorten zijn de emissiecijfers als gevolg hiervan met meer onzekerheid omgeven.

Omgevingsconcentraties endotoxine

Dit onderzoek geeft inzicht in concentraties endotoxine in de omgeving van veehouderijbedrijven. De resultaten laten zien dat op een aantal locaties de door de Gezondheidsraad voorgestelde grenswaarde van 30 EU/m³ wordt overschreden gedurende periodes van 4 uur. De concentratie endotoxine op een zekere plaats wordt bepaald door de aanwezigheid van veehouderijbedrijven. Verschillende typen veehouderijen dragen substantieel bij aan de berekende concentraties waarbij het niet zo is dat altijd een bepaald type veehouderij het sterkst bijdraagt. De bijdrage van verschillende diersoorten varieert van locatie tot locatie omdat de bijdrage wordt bepaald door een combinatie van factoren waaronder het type bedrijf (en diersoort), het aantal dieren per bedrijf en de afstanden tot en het aantal bedrijven van het type in kwestie.

Op dit moment zijn omgevingsconcentraties endotoxine beschikbaar voor een gebied van 70 x 70 km² dat zich bevindt in de Provincies Noord-Brabant en (het noorden van) Limburg. Deze informatie kan nog verder worden gebruikt om specifieke gebieden in kaart te brengen met hoge

endotoxineconcentraties. Het gebruik van deze informatie is in dit rapport maar voor een paar specifieke locaties verkend. Voor de betreffende Provincies kan deze informatie nog verder worden gebruikt om hotspots die specifieke aandacht vragen verder in kaart te brengen.

Hoe reductie van de endotoxineconcentratie op een bepaalde locatie kan worden gerealiseerd wordt bepaald door meerdere factoren en vooral hoe de combinatie van diersoort, bedrijfsomvang, bedrijfstypen en aantallen bedrijven samen de concentratie endotoxine op een locatie bepalen. Strategieën om op specifieke locaties tot blootstellingsreductie te komen zijn in hoge mate 'hotspot' specifiek.

Validatie van gemodelleerde endotoxine concentraties

Vergelijkingen van de gemodelleerde endotoxineconcentratie met de op 61 locaties gemeten endotoxineconcentratie laten zien dat gemodelleerde en gemeten concentraties goed overeenkomen als de warmte-emissie wordt meegenomen in de modelberekeningen. Het verspreidingsmodel verklaart een aanzienlijke mate van variatie in de gemeten concentraties op de verschillende locaties. Op specifieke locaties kunnen verschillen tussen gemeten en gemodelleerde concentraties aanzienlijk zijn. Deze afwijkingen kunnen ontstaan door een aantal mogelijke factoren: mogelijk vanwege onnauwkeurigheden in de emissiefactoren, doordat verondersteld wordt dat de emissie per dier constant is en in hoge mate vergelijkbaar tussen bedrijven en doordat de emissiefactoren worden toegepast op de vergunde dieren aantallen. Daarnaast zijn er nog andere onzekerheden in de modellering zoals de rol van bebouwing en begroeiing waar geen rekening mee wordt gehouden. Dit is een belangrijk aspect dat meegewogen moet worden in geval van het gebruik van verspreidingsmodellen als basis voor een toetsingskader voor vergunningverlening voor individuele bedrijven. Overigens zullen dergelijke afwijkingen gelden voor welke vorm van emissie dan ook (geur, stof of endotoxine in stof).

Gezondheidseffecten bij lage endotoxineconcentraties

Het literatuuronderzoek heeft 31 artikelen opgeleverd waarin associaties tussen endotoxineconcentraties < 100 EU/m³ worden beschreven in relatie tot respiratoire gezondheidseffecten. Verschillende studies lieten associaties zien tussen endotoxineblootstelling en het in verhoogde mate voorkomen van respiratoire klachten en een verlaagde longfunctie. De conclusie van een uitgebreide beoordeling van deze studies is dat effecten onder een niveau van 100 EU/m³ op de luchtwegen plausibel zijn, maar het beschikbare bewijs is relatief zwak en er is meer informatie nodig over endotoxineblootstelling bij deze lage niveaus, met name voor gevoelige groepen.

Analyse associaties endotoxineconcentraties en gezondheidseffecten in de VGO populatie

Her-analyse van de VGO medische onderzoeksgegevens voor sensibilisatie, luchtwegklachten en longfunctie levert meerdere bevindingen op. Van de 12 gezondheidsvariabelen die eerder in de VGO studie zijn onderzocht (atopie (sensibilisatie tegen minstens één allergeen uit een panel milieu-allergenen of een verhoogd IgE niveau) (1)), longfunctie (4) en respiratoire aandoeningen/symptomen (7)), waren er, uitgaande van de 'fit' van de modellen, 7 het sterkst geassocieerd met de endotoxineconcentratie in de lucht op het woonadres, 4 met dichtheid van veehouderijen rond de woning en 1 met de afstand tot de dichtstbijzijnde veehouderij. Samenvattend kan worden gesteld dat voor de omgevingsconcentraties endotoxine vergelijkbare en in meerdere gevallen sterkere (ruimtelijke) associaties zijn gevonden met de in de VGO-studie eerder onderzochte respiratoire gezondheidseffecten en atopie, waarbij met name de zeer sterke associatie tussen de endotoxineconcentratie op het woonadres en lagere prevalentie van atopie opvalt. Het is opvallend dat deze associaties niet duidelijk zijn waargenomen voor PM10

concentraties op het woonadres. Endotoxine lijkt hiermee een specifieke merker van de microbiële emissies vanuit de veehouderij die mogelijk relevant is voor het risico op gezondheidseffecten.

Aanbevelingen

De aanzet van dit onderzoek was de vraag of een beoordelingskader voor endotoxine moet worden ontwikkeld zoals dat bestaat voor geurhinder en fijnstof. Het antwoord op deze vraag valt buiten de scope van dit onderzoeksrapport. Echter, gezien de uitkomsten van dit onderzoek is het verstandig een mogelijke rol van endotoxine als veroorzaker van gezondheidseffecten mee te wegen in de beoordeling van PM10 emissies. De toxicologische eigenschappen van endotoxine-houdend stof afkomstig van veehouderijen verschilt naar alle waarschijnlijkheid van dat van PM10 van industriële en verkeersbronnen.

Met de nu uitgevoerde emissiemetingen in combinatie met verspreidingsmodellering is inzicht ontstaan in omgevingsconcentraties endotoxine in een groot gebied. Met de resultaten van dit onderzoek kan inzicht worden gegeven in effecten van ontwikkelingen in de veehouderij, zoals eventuele veranderingen van de omvang van de veestapel, mogelijke verdere concentratie van de veestapel in minder maar grotere bedrijven, verschuivingen tussen diersoorten (of diersectoren), en emissiereductie van veehouderijbedrijven door technologische ontwikkelingen of beleidsafspraken. Zo nodig kunnen effecten van voorgenomen beleid ook worden voorspeld. Daarom wordt verwacht dat de resultaten van dit onderzoek van belang zullen blijken te zijn in de nabije toekomst en bij zullen dragen aan de discussie en beleidsontwikkeling rondom veehouderij en gezondheid, ook los van de vraag of een beoordelingskader moet worden ontwikkeld.

Hoewel de overeenkomst tussen gemodelleerde en gemeten endotoxineconcentraties goed is, roepen de uitkomsten van het onderzoek ook vragen op. De overeenkomst was alleen goed als de warmte-emissie in de modellering werd meegenomen. De warmte-emissie wordt gewoonlijk niet meegenomen voor dispersiemodellering van emissies van de veehouderij (geur en fijnstof). Deze uitkomst kan mogelijk bredere consequenties hebben, in alle gevallen waarin gebruik wordt gemaakt van emissiemodellering voor beleidsdoeleinden, maar hiervoor is allereerst verder validatieonderzoek noodzakelijk.

Het is van belang om op te merken dat associaties tussen endotoxineblootstelling en het voorkomen van longontsteking niet nader zijn onderzocht; dit viel buiten het bestek van deze studie. Het was in het kader van deze studie niet mogelijk om analyses in een grote studiebevolking (VGO-bronbevolking van meer dan 100 000 personen) uit te voeren. Gezien de uitkomsten van dit onderzoek, en het feit dat voor longontstekingen op dit moment de duidelijkste aanwijzingen bestaan voor een associatie met (bepaalde typen) veehouderij, wordt aanbevolen deze associatie nader te onderzoeken gebruik makend van de gemodelleerde endotoxineconcentratie op leefniveau zoals in kaart gebracht in deze studie. Deeltjesvormige luchtverontreiniging is een oorzaak van longontsteking. Er zijn aanwijzingen in de literatuur te vinden dat endotoxineblootstelling dit risico kan vergroten.

De gegenereerde informatie over endotoxineconcentraties in de buitenlucht over een groot gebied in Nederland met veel intensieve veehouderij is in deze rapportage maar beperkt ontsloten. De beschikbare gegevens lenen zich voor een gebiedsgerichte benadering waarbij op basis van gemodelleerde gegevens 'hotspot' gebieden kunnen worden geïdentificeerd waar zich regelmatig hoge endotoxineniveaus voordoen. Voor deze gebieden kan onderzocht worden of aanvullende maatregelen voor fijnstofemissies of endotoxine-emissies wenselijk zijn om de omgevingsniveaus te beperken. Dat kan handvatten opleveren om effecten van emissies op omgevingsconcentraties endotoxine te verminderen, met name in de gebieden met een grote dichtheid van bedrijven.