

ENDOTOXINEN ROND STALLEN

IS EEN AANVULLEND TOETSINGSKADER NODIG?

In dit artikel beschrijven we een eerste aanzet gegeven tot een kwantitatief microbiel verspreidingsmodel. Dit moet een onderdeel gaan vormen van een modelketen die leidt tot een risico-beoordelingsmodel voor de volksgezondheidseffecten van endotoxinen uit de landbouw.

HANS ERBRINK, DICK HEEDERIK,
NICO OGINK, ALBERT WINKEL EN
INGE WOUTERS*

In sommige gebieden in Nederland bestaat zorg over gezondheidseffecten van veehouderijen. Stallen stoten met hun ventilatielucht stofdeeltjes met endotoxinen uit. Een projectteam van onderzoekers van Wageningen UR, IRAS-UU en Erbrink Stacks Consult onderzochten de omvang van de emissies van endotoxinen en tot welke afstanden geadviseerde grenswaarden voor endotoxinen worden overschreden. Uit het onderzoek blijkt dat bestaande toetsingskaders voor geur en fijn stof niet altijd voldoende beschermend zijn tegen te hoge endotoxineconcentraties in de buitenlucht.

Achtergronden

Endotoxinen maken deel uit van de celwand van Gram-negatieve bacteriën. Als deze organismen afsterven, komen endotoxinen vrij. De endotoxinen binden zich aan bacterieresten, stofdeeltjes of waterdeeltjes. Op die manier kunnen ze zich gemakkelijk in de omgeving verspreiden. Na inhalatie kunnen endotoxinen tot gezondheidsproblemen leiden. In 2010 heeft de Gezondheidsraad een gezondheidskundige advieswaarde voor werknemers afgeleid van 90 EU/m³ (EU staat voor endotoxine units) over een werkdag. In 2012 heeft de raad een advieswaarde voorgesteld voor blootstelling aan endotoxineconcentraties in de buitenlucht van 30 EU/m³. Deze advieswaarde is een factor drie lager dan de advieswaarde voor de werkomgeving. Hier is sprake van een veilig-



Figuur 1. Bij sommige stallen zijn de emissies goed op orde en sluiten aan op de regelgeving. Dat is niet overal het geval en over endotoxinen bestaan nog veel vragen. Dit artikel gaat over het laatste.

heidsmarge die vaker wordt gehanteerd om rekening te houden met gevoelige groepen (kinderen, ouderen). Het Ministerie van VWS vroeg advies naar aanleiding van een onderzoeksrapportage (Heederik e.a., 2011) waarin op korte afstand van veehouderijen, vooral pluimvee- en varkensbedrijven, verhoogde endotoxineconcentraties werden gevonden. Rond pluimveebedrijven werden concentraties tot 50 EU/m³ gemeten over maximaal een halve dag, maar de meetseries waren beperkt van omvang. De raad stelde dat studies naar relaties tussen blootstelling en gezondheidseffecten bij omwonenden van veehouderijen schaars zijn. Voor het ministerie van IenM waren de meetresultaten aanleiding om meer inzicht te vergaren in concentraties in de buitenlucht en in de mogelijkheden voor een eventueel toetsingskader voor de endotoxine-uitstoot uit stallen, naast reeds bestaande toetsingskaders voor de uitstoot van ammoniak, geur en fijn stof. Een oriënterend onderzoek is in 2013 opgestart door een samenwerkingsverband van WUR, IRAS-UU en ESC (Erbrink Stacks Consult). Het ging daar-

bij om drie aspecten:

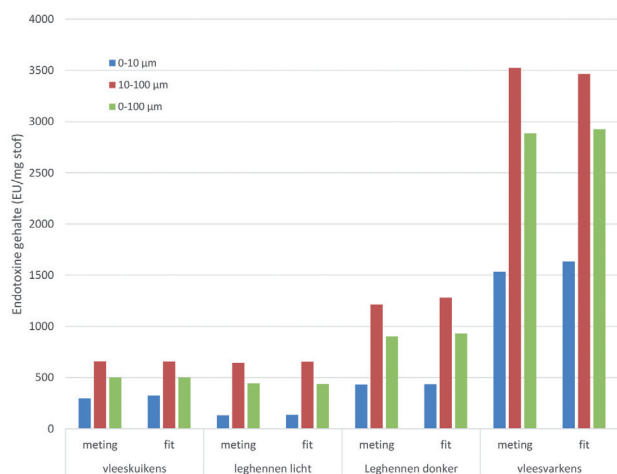
- 1 Wat zijn de emissies van endotoxine bij verschillende diersoorten- en staltypen?
- 2 Welke concentraties komen voor rond deze stallen: zowel individueel als cumulatief (dus bij clusters van stallen)?
- 3 Geven de bestaande grenswaarden voor geur en fijn stof (PM₁₀) al voldoende bescherming tegen onaanvaardbare endotoxineconcentraties?

Het onderzoek bestond uit twee delen:

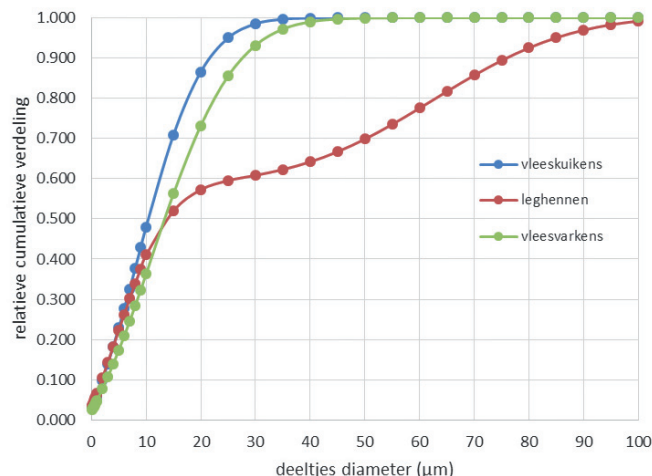
- a) het uitvoeren van een meetprogramma gericht op het vaststellen van de emissie bij enkele relevante diersoorten en b) het doen van verspreidingsberekeningen om de concentraties rond stallen te bepalen en te vergelijken met geur- en fijn stofconcentraties.

De metingen

In 2015 zijn 24 metingen bij zes stallen (leghennen, vleeskuikens en vleesvarkens) uitgevoerd. Over een aantal uur is stof verzameld in de uitgaande ventilatielucht in drie fracties: PM_{2,5}, PM₁₀ en inhaleerbaar stof. In deze fracties is



Figuur 2. Gemeten en gemodelleerde endotoxinegehalte versus drie deeltjesgrootteklassen.



Figuur 3. Deeltjesgrootteverdeling bij drie diersoorten, afgeleid uit metingen.

tevens het endotoxinegehalte bepaald. Door de stofemissie (in g/uur) te vermenigvuldigen met het endotoxinegehalte wordt de endotoxine-emissie (per stoffractie) verkregen. Ook is de deeltjesgrootteverdeling bepaald in het traject 0.25–32 µm. Het verschil tussen de hoeveelheid inhaalbaar stof en het stof tot 32 µm geeft de hoeveelheid in grover stof (32–100 µm). Deze metingen zijn verder geanalyseerd om een verfijnde schatting te krijgen van de endotoxine-emissies over meer deeltjesgrootteklassen: gekozen is voor tien grootteklassen. De deeltjesgrootteverdeling kon goed met een lognormale verdeling worden benaderd. Door het gemeten endotoxinegehalte in $PM_{2,5}$, PM_{10} en PM_{100} aan de gemodelleerde waarden te fitten, kon een redelijke benadering van de verdeling over de tien deeltjesgrootteklassen worden verkregen. In figuur 2 is het resultaat weergegeven. De daarbij gebruikte deeltjesgrootteverdelingen staat in figuur 3.

De metingen laten een aantal belangrijke aspecten zien:

- Het endotoxinegehalte in het stalstof is bij vleesvarkens belangrijk hoger dan bij de twee pluimveecategorieën (leghennen en vleeskuikens).
- Verder is bij de leghennen een sterk dag/nacht-verschil zichtbaar, met endotoxineconcentraties overdag die belangrijk hoger liggen dan 's nachts. Dit wordt veroorzaakt doordat zowel de stofconcentraties als de ventilatiedebieten overdag hoger zijn dan 's nachts. De hogere stofconcentraties overdag worden verklaard

door een hogere dieractiviteit.

- Het endotoxinegehalte is voor alle diercategorieën hoger in de 10–100 µm fractie dan in de fractie kleiner dan 10 µm. Door de grotere massa van de 10–100 µm deeltjes, in combinatie met een hoog endotoxinegehalte, kan hun bijdrage aanzienlijk zijn en dat vooral voor leghennen.
- De emissie is het hoogste voor een varken, gevolgd door een leghen en daarna een vleeskuiken.

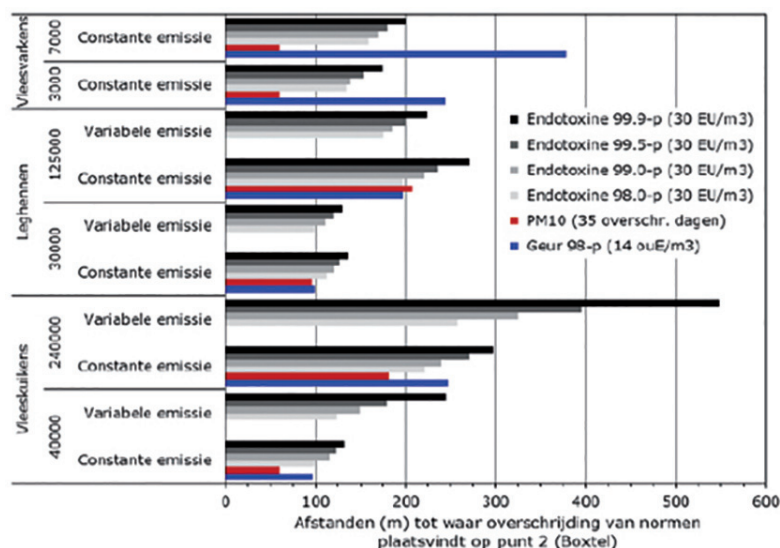
De modelberekeningen

Verspreidingsmodelleringen zijn uitgevoerd met het STACKS-model voor het jaar 2015. Varianten van dit model worden gebruikt in de vergunningverlening om de verspreiding van geur (V-Stacks) en fijn stof (PM_{10} : ISL3a) te berekenen. Voor deze studie is STACKS aangepast om de verspreiding van alle stofdeeltjes (PM_{100}) en het endotoxine daarin te beschrijven:

- de verdeling van de stofmassa en het endotoxinegehalte over de tien deeltjesgrootteklassen moest worden opgenomen in de modelberekeningen (in het NNM worden vijf deeltjesklassen gebruikt);
- de middelingstijd voor de endotoxine-percentielberekeningen is vier uur; in het NNM is dat één uur voor geur en 24 uur voor PM_{10} ;
- de depositie van (grotere) deeltjes moest in de berekeningen worden meegenomen als 'pluimdaling'. De grovere deeltjes zakken namelijk sneller uit zodat de 'pluim' uit een stal met toenemende afstand daalt. In het NNM echter waait de pluim altijd horizontaal van de bron weg. De berekeningen voor endotoxinen zijn

uitgevoerd voor vier zogenoemde 'percentielwaarden'. De percentielwaarde geeft aan hoe vaak er overschrijdingen zijn van de grenswaarde op een punt in de omgeving. De berekeningen zijn gedaan voor de percentielwaarden 98, 99, 99,5 en 99,9. Het 99,9-percentiel komt overeen met twee overschrijdingen per jaar van de grenswaarde van 30 EU/m³ over 4-uurs perioden. Het 99,5-, 99,0- en 98,0-percentiel komen overeen met een frequentie van respectievelijk tien, twintig en veertig overschrijdingen per jaar gedurende vier uur. De uiteindelijke keuze voor een percentielwaarde voor een eventueel toetsingskader ligt nog niet vast.

Voor elk van de drie staltypen zijn twee bedrijfsgroottes doorgerekend: een gemiddeld bedrijf (30.000 leghennen, 40.000 vleeskuikens en 3000 vleesvarkens) en een groot bedrijf (125.000 leghennen, 240.000 vleeskuikens en 7000 vleesvarkens). De bedrijven werden gedacht zich te bevinden in drie regio's, met verschillende PM_{10} -achtergrondconcentraties: één gebied met een lage PM_{10} achtergrondbelasting (Vorden, Gelderland), één gebied met een gemiddelde PM_{10} achtergrondbelasting (Boxtel, N.-Br.) en één gebied met een hoge PM_{10} achtergrondbelasting (Ysselsteyn, Limburg). Bij leghennen en vleeskuikens is zowel gerekend met een constante uitstoot van endotoxinen als met voor deze bedrijven typische vormen van tijdsvariatie in de uitstoot. Voor fijn stof en geur zijn de afstanden berekend vanaf het bedrijf tot waar de bijbehorende grenswaarde uit de regelgeving wordt overschreden (de zogenaamde 'overschrijdingsaf-



Figuur 4. Berekende overschrijdingsafstanden voor drie diersoorten, vergeleken met de overschrijdingsafstanden voor geur (bij 14 OUE/m³) en PM10 (35 dagen).

stand'). Bij fijn stof is daarbij de aanwezige achtergrondconcentratie in de omgeving belangrijk. Hoe hoger dit niveau, des te sneller wordt de grenswaarde voor fijn stof in de omgeving bereikt. Als gevolg hiervan neemt de overschrijdingsafstand toe met toenemende PM₁₀-achtergrondconcentratie. Voor het punt met een 'gemiddelde' PM₁₀-achtergrondconcentratie (Boxtel, N.-Br.), zijn in figuur 4 de overschrijdingsafstanden gegeven.

De resultaten van de berekeningen laten het volgende zien:

- Bij niet te hoge PM₁₀-achtergrondconcentraties zijn de overschrijdingsafstanden voor endotoxinen bij zowel vleeskuikens als leghennen groter dan die voor fijn stof en geur. Dat betekent dat de toetsingskaders voor geur en PM₁₀ onvoldoende bescherming bieden tegen (te) hoge blootstellingen aan endotoxinen. Endotoxine is hier dus het meest beperkend vooral voor bedrijven met kleinere bedrijfs-groottes en, afhankelijk van het te kiezen percentiel, wat meer wisselend voor de grote bedrijfsomvang. De overschrijdingsafstanden nemen toe naarmate strengere percentiel-waarden met minder overschrijdingstijd worden gehanteerd.
- In de diercategorie vleesvarkens is endotoxine bij de huidige aannames niet de eerst-beperkende component.
- De effecten van systematische variatie in de staluitstoot op overschrijdingsafstanden voor endotoxine is groter bij vleeskuikens dan bij leghennen. Dit wordt veroorzaakt

doordat bij de leghennen de hogere stofuitstoot overdag gekoppeld is aan gemiddeld betere verspreidingscondities. Bij vleeskuikens neemt de stofuitstoot toe naarmate de dieren groeien en is er geen koppeling met buitenklimaat.

De resultaten duiden erop dat een toetsingskader voor endotoxinen een aanvullende beschermende rol kan vervullen bij vleeskuikens en leghennen, maar wellicht niet in het geval van een individueel vleesvarkensbedrijf.

De berekeningen hebben wel beperkingen. Een belangrijk punt is dat de fictieve bedrijven doorgerekend zijn als een enkel, geïsoleerd bedrijf. Stapeling van bijdragen van nabijgelegen bedrijven die endotoxinen in hetzelfde gebied uitstoten zijn nog niet doorgerekend. In situaties met veel dichtbij elkaar gelegen bedrijven kan het hier geschetste beeld daarom anders zijn.

De gevoeligheid van de modelresultaten voor aannames in de uitgevoerde berekeningen zijn beperkt onderzocht. Het blijkt dat vooral de zogenaamde depositiesnelheid een groot effect heeft op de overschrijdingsafstanden voor endotoxinen. Het hanteren van accurate depositiesnelheden voor deeltjes is dus erg belangrijk. De precieze keus voor de reinruwheid is minder belangrijk, ook minder dan de keuze voor een uittredesnelheid van de ventilatielucht.

Conclusies

- Het endotoxinegehalte in het stof hangt af van de diercategorieën en

neemt aanzienlijk toe met de deeltjesgrootte. In een toetsingskader kan dus niet volstaan worden met een constant endotoxinegehalte in alle stofdeeltjes: er moet onderscheid gemaakt worden naar diercategorie en deeltjesgrootteklasse. De vraag daarbij is hoe de deeltjesgrootte gewogen moet worden: deeltjes tot 20 µm zijn zeker relevant en vanaf ongeveer 100 µm zeer waarschijnlijk niet.

- De huidige toetsingskaders voor geur en PM₁₀ bieden onvoldoende bescherming tegen het overschrijden van de gestelde endotoxinegrenswaarde (30 EU/m³).
- Bij vleesvarkensbedrijven biedt het toetsingskader voor geur wellicht voldoende bescherming. Dit kan anders uitpakken in gebieden met meerdere stallen.

Vervolg

Met het uitgevoerd onderzoek beginnen de contouren van de endotoxineblootstelling zichtbaar te worden. Er blijven genoeg onderzoekpunten staan:

- Situaties met meer bronnen (cumulatie) in een relatief klein gebied zijn nog niet doorgerekend. In een aantal gebieden in Nederland woont een aanzienlijk deel van de bevolking in de buurt van meerdere stallen. Dan zullen ook andere diersoorten kunnen bijdragen aan een eventuele overschrijding van de norm van 30 EU/m³. Voor de berekeningen zijn in het algemeen behoudende aannames gedaan met een dempend effect op de berekende endotoxineconcentraties in de buitenlucht; het gaat hier dus niet om 'worst case' berekeningen. Dit vraagt om verdere onderbouwing door metingen. Daarom wordt momenteel een vervolgstudie door WUR en IRAS-UU in samenwerking met ESC gedaan om situaties met

cumulatie te bestuderen. Dit vervolgonderzoek is nodig om de nu nog bestaande onzekerheden te verkleinen.

- Het effect van depositie is belangrijk vanwege de vermoedelijk aanzienlijke bijdrage van grovere deeltjes ($>PM_{10}$). Dat maakt dat de verdeling van endotoxine over deeltjes van 10 tot 100 μm – die nu als bijna uniform is aangenomen – beter bekend moet worden. Daarom wordt in het vervolgonderzoek naast PM_{10} en PM_{100} ook PM_{30} toegevoegd.
- Het aantal metingen (zes bedrijven, drie diersoorten) was nog beperkt. Om meer betrouwbare contouren rond bedrijven en betere schattingen van overschrijdingsafstanden te kunnen maken, worden meer metingen toegevoegd en bij meer diersoorten. Dit gebeurt door aanvullende metingen uit te voeren bij melkkoeien en stallen met zeugen en biggen. Daarnaast wordt ook gebruik gemaakt van waarden uit de literatuur, zoals voor paarden en geiten.
- De niet-systematische verschillen in stofuitstoot en endotoxinegehalten in het stof tussen bedrijven van

dezelfde dier- en stalcategorie wordt nu meegenomen. Deze inschatting is nodig om een veiligheidsmarge in te bouwen voor bedrijven die veel meer dan het gemiddelde uitstoten.

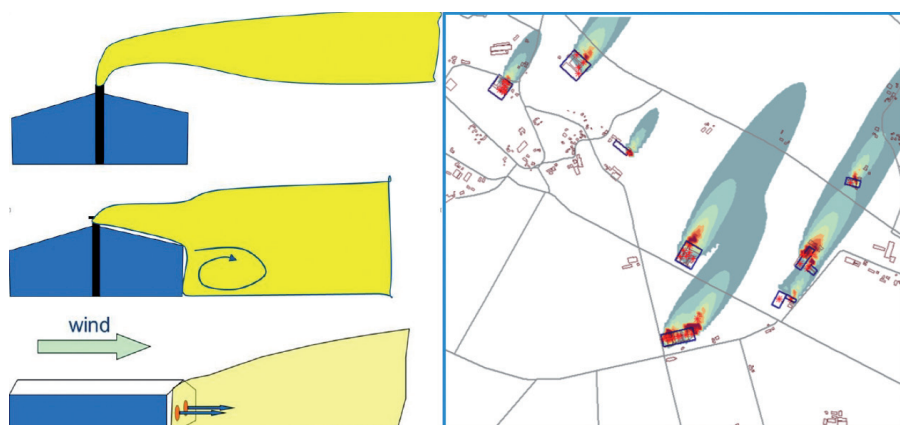
- De keuze voor een bepaalde percentielwaarde verdient betere onderbouwing. Een strengere percentielwaarde betekent een ruimere zoning rond stallen. Daarom wordt nu nader ingezoomd op gezondheidsimpact van endotoxineconcentraties in gebieden met hoge staldichtheid. Hierbij wordt gebruikt gemaakt van de gegevens die in het VGO onderzoek zijn verzameld. De relatie tussen gezondheidseffecten en blootstelling (bepaald uit de uitgebreidere meetset en daaropvolgende verspreidingsberekeningen) kan dan meer kwantitatief worden onderzocht.
- Met gevoeligheidsanalyses wordt nagegaan wat het effect is van verdere detaillering van de broninformatie ten opzichte van de beschikbare BVB-informatie. Voor de verspreidingsberekeningen zijn de precieze ligging van stal en emissiepunten relevant. Ook de uittreesnelheid van de ventilatielucht en de geometrie van de stal zullen van invloed zijn

(Figuur 5). Het belang ervan wordt nader gekwantificeerd. Dit is overigens ook van belang voor ammoniak, geur en fijn stof bij stallen.

Al met al betekent dit vervolg een aanzienlijke toename van de inzichten in de endotoxineblootstelling rondom veehouderijen.

Literatuur

- Gezondheidsraad (2012). Gezondheidsrisico's rond veehouderijen. Publicatienr. 2012/27. ISBN 978-90-5549-939-7. Den Haag: Gezondheidsraad.
- Heederik, D.J.J. en IJzermans, C.J. (eds.) (2011). Mogelijke effecten van intensieve-veehouderij op de gezondheid van omwonenden: onderzoek naar potentiële blootstelling en gezondheidsproblemen. Utrecht: IRAS-UU, NIVEL en RIVM.
- Winkel, A., Wouters, I.M., Aarnink, A.J.A., Heederik, D.J.J. en Ogink, N.W.M. (2014). Emissies van endotoxinen uit de veehouderij: een literatuurstudie voor ontwikkeling van een toetsingskader. Livestock Research Rapport 773. Wageningen: Wageningen UR, IRAS-UU en ESC.
- Ogink, N.W.M., Erbrink, H. (eindredactie) (2016). Emissies van endotoxinen uit de veehouderij: emissiemetingen en verspreidingsmodellering. Livestock Research rapport 959. Wageningen: Wageningen UR (Ogink, N.W.M., Winkel, A.), IRAS-UU (Wouters, I.M., Heederik, D.J.J.) en ESC (Erbrink, H.).
- * Hans Erbrink is werkzaam bij Erbrink Stacks Consult, Dick Heederik en Inge Wouters werken bij Institute for Risk Assessment Sciences, Universiteit Utrecht en Nico Ogink en Albert Winkel zijn verbonden aan Wageningen Livestock Research.



Figuur 5. Stalgeometrie, uittreehoogte en -snelheid (links) alsmede cumulatie (rechts) worden in vervolgonderzoek beschouwd.