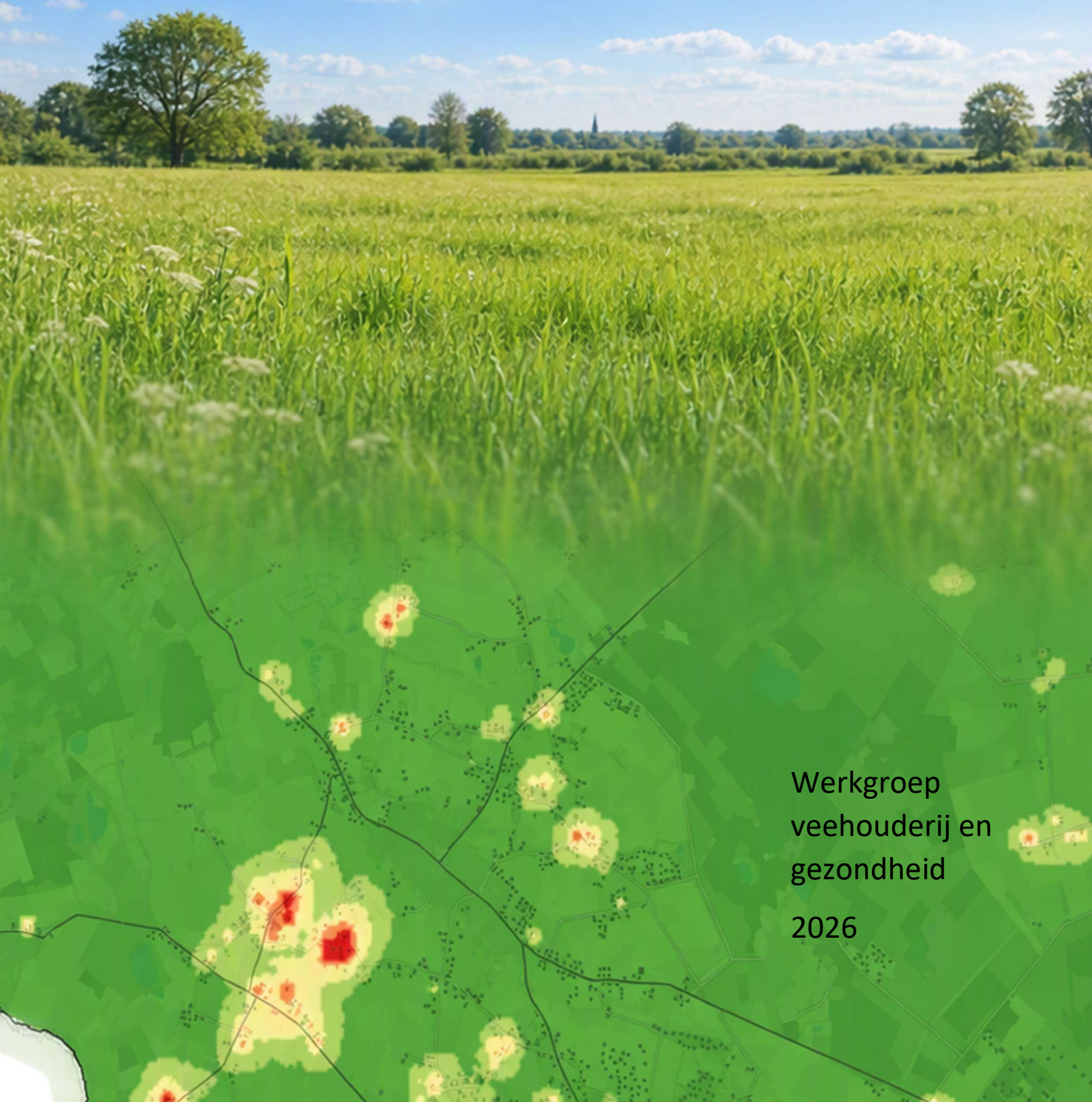


Endotoxine toetsingskader 1.5

Gezondheid en endotoxinebelasting rond
veehouderijen



Werkgroep
veehouderij en
gezondheid
2026

Samenvatting

1. Waarom wordt getoetst aan endotoxinen?

Endotoxinen zijn kleine deeltjes die afkomstig zijn van bepaalde bacteriën. Ze komen vrij in en rond stallen en hechten zich vaak aan stofdeeltjes in de lucht. Mensen kunnen deze deeltjes inademen. Uit onderzoek blijkt dat blootstelling aan endotoxinen kan leiden tot gezondheidsklachten, vooral aan de luchtwegen. Mensen kunnen bijvoorbeeld last krijgen van:

- hoesten;
- benauwdheid;
- een verminderde longfunctie;
- astma of chronische bronchitis.

De Gezondheidsraad ziet endotoxinen als een goede maat om gezondheidsrisico's van emissies uit veehouderijen te beoordelen. Voor omwonenden wordt een advieswaarde van 30 EU/m³ aangehouden. Deze waarde is geen wettelijke norm, maar wel een belangrijke gezondheidskundige richtlijn.

Waarom is dit belangrijk in Noord-Brabant?

Het Rijk heeft geconcludeerd dat endotoxinen landelijk gezien geen groot probleem zijn. Daarom is geen landelijk toetsingskader ontwikkeld.

In Noord-Brabant ligt de situatie anders. Hier zijn:

- veel veehouderijen dicht bij elkaar aanwezig;
- veel mensen woonachtig in het buitengebied;
- relatief veel locaties waar de advieswaarde wordt overschreden.

Daardoor is de kans groter dat inwoners worden blootgesteld aan verhoogde concentraties endotoxinen. Om die reden hebben Brabantse overheden besloten een eigen toetsingskader te ontwikkelen en te actualiseren.

2. Juridische achtergrond

De Omgevingswet vraagt overheden om gezondheid mee te wegen bij ruimtelijke plannen en vergunningen.

Voor endotoxinen bestaat geen wettelijke grenswaarde. Toch mogen overheden maatregelen nemen vanuit het voorzorgsbeginsel. Dat betekent dat zij gezondheidsrisico's mogen beperken, ook als nog niet alles wetenschappelijk zeker is.

Het Endotoxine Toetsingskader 1.5 geeft gemeenten en omgevingsdiensten handvatten om aanvragen en plannen op een uniforme manier te beoordelen.

3. Hoe wordt de belasting berekend?

Voor de beoordeling wordt gebruikgemaakt van een rekenmodel (Stacks-E).

Daarmee wordt berekend:

- hoeveel endotoxinen een veehouderij uitstoot;
- hoe deze zich verspreiden;
- welke belasting op woningen en andere gevoelige locaties ontstaat.

Het model kijkt zowel naar afzonderlijke bedrijven als naar de gezamenlijke belasting van meerdere bedrijven. Ook worden kaarten gebruikt waarop de cumulatieve belasting zichtbaar is.

4. Hoe wordt getoetst als er beleid is vastgesteld?

Wanneer een gemeente het toetsingskader heeft vastgesteld als beleid of heeft opgenomen in het omgevingsplan, wordt dit gebruikt bij:

- vergunningaanvragen en plannen van veehouderijen;
- plannen voor nieuwe woningen of andere gevoelige functies.

Twee soorten toetsen

Het kader kent twee toetsen:

1. Individuele toets

Hierbij wordt gekeken naar de bijdrage van één veehouderij.

Als een veehouderij op een woning of ander gevoelig object een belasting veroorzaakt van meer dan 30 EU/m³, is sprake van een overschrijding.

2. Cumulatieve toets

Hierbij wordt gekeken naar de gezamenlijke bijdrage van meerdere veehouderijen.

Ook als geen enkel bedrijf afzonderlijk boven de advieswaarde uitkomt, kan de totale belasting samen toch hoger zijn dan 30 EU/m³. In dat geval is eveneens sprake van een overschrijding. Deze cumulatieve toets is nieuw in versie 1.5 van het kader.

Wat gebeurt er bij een overschrijding?

Het uitgangspunt is dat de belasting stap voor stap omlaag gaat.

Daarvoor gelden de volgende maatregelen:

- bij een individuele overschrijding: minimaal 20% vermindering van de fijnstofemissie of zoveel als nodig is om de overschrijding op te lossen;
- bij een cumulatieve overschrijding waarbij een bedrijf aanzienlijk bijdraagt: minimaal 10% vermindering van de fijnstofemissie;
- bij een kleinere bijdrage geldt meestal een standstill: de situatie mag niet slechter worden.

De vermindering wordt gekoppeld aan fijnstof, omdat voor de vermindering van fijnstof technieken bekend zijn, en omdat endotoxinen sterk samenhangen met fijn stofemissies uit stallen.

5. Hoe wordt getoetst als er géén beleid is vastgesteld?

Ook als een gemeente nog geen specifieke regels over endotoxinen heeft opgenomen in het omgevingsplan, moet gezondheid worden meegewogen bij vergunningverlening.

In dat geval kan het Endotoxine Toetsingskader 1.5 worden gebruikt als beoordelingskader. Het bevoegd gezag gebruikt dan dezelfde methode om te bepalen:

- hoe hoog de endotoxinebelasting is;
- of sprake is van een gezondheidsrisico;
- welke maatregelen redelijk zijn.

Het kader helpt dan om invulling te geven aan het voorzorgsbeginsel uit de Omgevingswet. Het verschil is dus vooral juridisch:

- met vastgesteld beleid ligt vooraf vast hoe de overheid met endotoxinen omgaat;
- zonder vastgesteld beleid moet een afweging per aanvraag worden gemaakt, waarbij het toetsingskader als hulpmiddel kan worden gebruikt.

6. Conclusie

Het Endotoxine Toetsingskader 1.5 is ontwikkeld om gezondheidsrisico's voor omwonenden van veehouderijen beter te beschermen. Hoewel er nog onzekerheden bestaan in de wetenschap, is voldoende duidelijk dat endotoxinen schadelijke effecten op de luchtwegen kunnen veroorzaken. Het kader hanteert een advieswaarde van 30 EU/m³ en kijkt zowel naar de bijdrage van individuele bedrijven als naar de totale belasting van meerdere bedrijven samen. Wanneer beleid is vastgesteld, wordt dit kader rechtstreeks toegepast. Wanneer dat nog niet het geval is, kan het kader alsnog worden gebruikt als onderbouwing bij vergunningen en ruimtelijke besluiten. Daarmee krijgen gezondheid en voorzorg een duidelijke plaats in de besluitvorming.

Inhoudsopgave

Samenvatting.....	2
1. Waarom wordt getoetst aan endotoxinen?.....	2
2. Juridische achtergrond	2
3. Hoe wordt de belasting berekend?	3
4. Hoe wordt getoetst als er beleid is vastgesteld?	3
5. Hoe wordt getoetst als er géén beleid is vastgesteld?.....	3
6. Conclusie.....	4
Hoofdstuk 1 Inleiding	7
Hoofdstuk 2 Gezondheidseffecten van endotoxinen.....	8
2.1 Fijnstof	8
2.2 Endotoxinen	8
2.3 Gezondheidseffecten in Noord-Brabant	10
Hoofdstuk 3 Juridische aspecten.....	12
3.1 Wettelijke basis toetsing endotoxinen in omgevingsplan	12
3.2 Wettelijke basis toetsing endotoxinen in omgevingsvergunningen	13
3.3 keuzes systematiek toetsingskader.....	13
3.3 Bruidsschat	14
3.3 Relatie met andere beleidsvelden.....	14
Hoofdstuk 4 Verspreiding en blootstelling.....	16
4.1 Kenmerken verspreidingsmodel.....	16
4.2 Validatie verspreidingsmodel en relatie met afstandsgrafieken	17
4.3 Selectie van diercategorieën	19
Hoofdstuk 5 Economische effecten.....	20
5.1 Emissiereductie bij een veehouderij bij overbelasting.....	20
5.2 Standstill bij cumulatieve overbelasting door een veehouderij.....	23
5.3 Nieuwe gevoelige objecten bij overbelasting	23
Hoofdstuk 6 Beoordelingssystematiek.....	24
6.1 Algemene systematiek Endotoxine toetsingskader 1.5	24
6.2 Werkwijze bij ontwikkelingen bij veehouderijen	25
6.2.1 Situatie zonder toename in de fijnstofemissie.....	27
6.2.2 Situatie met toename van de fijnstofemissie.....	30
6.3 Werkwijze bij ontwikkelingen van gevoelige objecten	33
Literatuur.....	34
Bijlage 1 Overzicht onderzoeksprogramma's.....	36

Bijlage 2 Onderzoeken naar gezondheidseffecten.....	40
Bijlage 3 Onderzoeken naar blootstelling	42
Bijlage 4 Onderzoeken naar verspreidingsmodellering	45

Colofon:

Opgesteld door: Werkgroep veehouderij en gezondheid, een provinciale werkgroep met daarin vertegenwoordiging van GGD-en, omgevingsdiensten, gemeenten en provincie

In opdracht van: Provincie Noord-Brabant

Jaar van uitgave: 2026

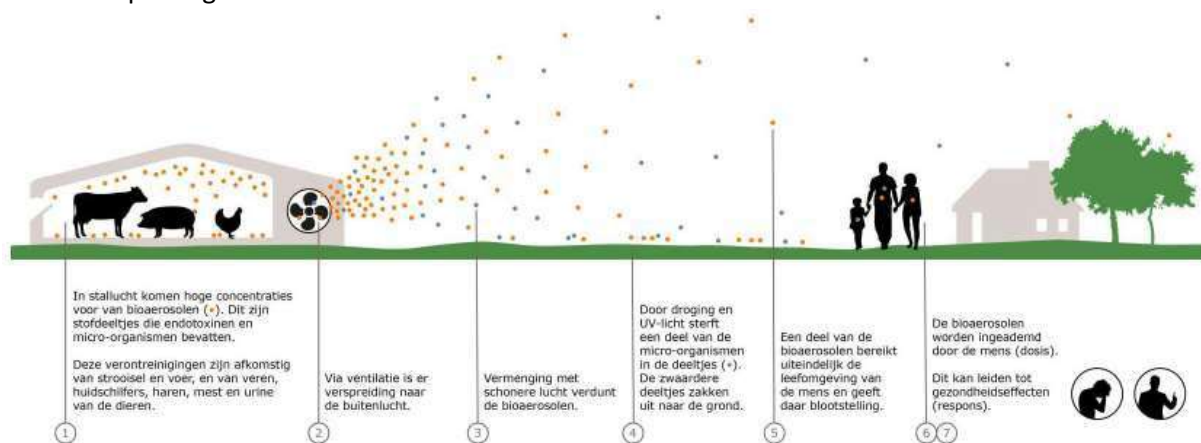
Hoofdstuk 1 Inleiding

Voor u ligt het *Endotoxine toetsingskader 1.5*. Dit is de opvolger van het Endotoxine toetsingskader 1.0. Het is geheel geactualiseerd met de meest recente wetenschappelijke inzichten. Het Endotoxine toetsingskader 1.5 is vormgegeven overeenkomstig de lijn die is geschetst in de brief van 13 juni 2019 aan de Tweede Kamer over het eindrapport endotoxine metingen (Van Veldhoven – Van der Meer, 2019) (Winkel et al., 2018) en het rapport Risicomodellering veehouderij en gezondheid (Heederik et al., 2019.). Om gemeenten te faciliteren is zowel de onderbouwing van het berekenen van endotoxinen als de impact en afweging bij de aanvaardbaarheid van de endotoxine concentratie opgenomen. Zo kan het als geheel als beleidsdocument worden vastgesteld.

Samenvattend heeft het Rijk geconcludeerd dat de advieswaarde voor endotoxinen op zo weinig plaatsen in het land wordt overschreden dat het geen landelijk probleem is. Dat houdt in dat het Rijk is gestopt met het ontwikkelen van een landelijk toetsingskader. De regionale overheden zijn aan zet om met het ruimtelijk model aan de slag te gaan. Tijdens de Brabantse bestuurlijke bijeenkomst op 9 oktober 2019 is gesproken over de nieuwste rapporten, inzichten en noodzaak om het (Brabantse) endotoxine toetsingskader 1.0 te actualiseren. De uitkomst van deze bijeenkomst was dat een endotoxine toetsingskader nodig is in Noord-Brabant, gezien de grote concentratie aan veehouderijen en de grote bevolkingsdichtheid in het buitengebied. Deze twee factoren leiden ertoe dat juist in Noord-Brabant relatief veel overschrijdingen voorkomen. Én dat er relatief veel mensen wonen ter plaatse van die overschrijdingen. Daarnaast bestaat in Noord-Brabant al een hoge milieudruk als gevolg van meerdere andere milieufactoren. Gelet daarop heeft de provincie Noord-Brabant opdracht gegeven tot de actualisatie van het endotoxinekader. De actualisatie heeft langer op zich laten wachten dan gedacht. Gewacht is op de uitkomsten van het in de kamerbrief van 2019 aangekondigde validatieonderzoek van het verspreidingsmodel. Deze was in 2020 verwacht. Het onderzoek heeft echter vertragingen opgelopen als gevolg van de coronacrisis en is uiteindelijk op 14 juli 2021 aan de Tweede Kamer aangeboden (Erbrink et al., 2021).

In periode 2019 tot 2024 zijn nog andere aanvullende onderzoeken verschenen. Alle nieuwe wetenschappelijke inzichten uit de onderzoeken van de afgelopen jaren zijn door de werkgroep veehouderij en gezondheid (voorheen het ondersteuningsteam) meegenomen bij het vormgeven van het endotoxine toetsingskader 1.5.

Een overzicht en samenvatting van de relevante VGO en endotoxinen onderzoeken is opgenomen in de bijlagen 1-4. De praktische toepassing van dit toetsingskader staat in hoofdstuk 6. Onderbouwing van de toepassing staat in hoofdstuk 2-5.



Emissies van endotoxine uit de Veehouderij. (Hagenaars et al., 2016)

Hoofdstuk 2 Gezondheidseffecten van endotoxinen

2.1 Fijnstof

Fijnstof (PM₁₀) is de verzamelnaam voor alle stofdeeltjes in de lucht, tot een grootte van maximaal 10µm. Het grootste gedeelte van het fijnstof wordt door de mens geproduceerd. Hierbij kan gedacht worden aan bronnen zoals industrieën, verkeer, land- en tuinbouw en veehouderijen. De samenstelling van het fijnstof varieert per bron. Stof dat direct in de lucht terecht komt, wordt primair fijnstof genoemd. Stofdeeltjes die gevormd worden door chemische reacties in de lucht, wordt secundair fijnstof genoemd. Zo reageert gasvormig ammoniak (uit bijvoorbeeld mest en stallen) met andere stoffen in de lucht tot secundair fijnstof. Het primair fijnstof afkomstig uit de veehouderij is veelal organisch van samenstelling. Hierbij kan gedacht worden aan deeltjes afkomstig van mest, huidschilfers, veren, haren, voer en strooisel. Omdat mest, maar ook voer, veel bacteriën bevatten, worden in de omgeving van veehouderijen veel bacteriën en bacteriefragmenten in de lucht gevonden. Dit kunnen micro-organismen zijn die ziekten bij de mens kunnen veroorzaken (zoönosen). (Bron: informatieblad fijnstof van het kennisplatform veehouderij)

Fijnstof komt via inademing in het lichaam terecht en kan daardoor vooral in de longen gezondheidseffecten teweegbrengen. Ook zijn er aanwijzingen dat de grotere deeltjes, die in de mond-neus-keelholte achterblijven, een verandering in het luchtwegmicrobioom¹ kunnen veroorzaken. Aangezien fijnstof altijd een mengsel is van veel verschillende stoffen, is het moeilijk om duidelijk aan te wijzen welke bron of welke deeltjes gezondheidseffecten veroorzaakt. Wat wel bekend is, is dat langdurige blootstelling aan fijnstof, ook bij relatief lage concentraties, en onder de wettelijke normen, kan leiden tot luchtwegklachten, verminderde longfunctie, vervroegde sterfte door met name luchtwegaandoeningen en hart- en vaatziekten. Kortdurende blootstelling kan leiden tot tijdelijke luchtwegklachten (Nijdam et al., 2020).

2.2 Endotoxinen

De Gezondheidsraad ziet endotoxine als een goede indicator voor de blootstelling van omwonenden aan stoffen uit stallen die een negatieve invloed hebben op de luchtwegen. (Gezondheidsraad, 2012) Endotoxinen zijn een onderdeel van het buitenmembraan van gramnegatieve bacteriën en cyanobacteriën (vaak blauwalgen genoemd). Ze komen vrij bij het afsterven van deze organismen en kunnen zich dan, gebonden aan onder meer fijnstof, verspreiden door de lucht. Endotoxine komt overigens niet alleen voor in fijnstof (PM₁₀) maar ook in de grotere deeltjes fracties (10-100 µm). Grotere deeltjes komen in het algemeen minder ver via de lucht en dringen minder diep door in de luchtwegen. Blootstelling aan endotoxine vindt plaats bij processen met organische stoffen. Naast veehouderijen geldt dit ook bijvoorbeeld in de katoenindustrie of bij rioolwaterzuiveringen. Omdat het dode deeltjes van bacteriën en cyanobacteriën zijn, hebben ze geen pathogene eigenschappen meer.

Het is een algemeen aanvaard wetenschappelijk inzicht dat blootstelling aan endotoxine negatieve gezondheidseffecten kan hebben op mensen (Gezondheidsraad, 2010). Het gaat dan om piekblootstellingen, niet om concentraties zoals die regulier in de buitenlucht voorkomen. Blootstelling aan de endotoxine die is gebonden aan de kleinere stofdeeltjes, die in de diepere luchtwegen doordringen, leiden tot een ontstekingsreactie in de longen, waardoor een scala aan

¹ Het luchtwegmicrobioom is een verzamelnaam voor micro-organismen die zich in de keel- en neusholte bevinden. Het microbioom beschermt de luchtwegen en voorkomt dat ziekteverwekkers kunnen binnendringen. Uit onderzoek blijkt dat de samenstelling van het luchtwegmicrobioom beïnvloed wordt door onder meer leeftijd, geslacht, seizoenen, omgevingsfactoren en ziekte (Odendaal et al., 2024)

acute en chronische klachten kan ontstaan.

Diverse onderzoeken hebben aangetoond dat endotoxinen bij piekbelasting acute luchtwegklachten zoals hoesten en kortademigheid veroorzaken.

Uit epidemiologisch onderzoek is duidelijk dat langdurige blootstelling aan endotoxinen kan leiden tot bijvoorbeeld astma, chronische bronchitis en vermindering van de longfunctie (Gezondheidsraad, 2010) (De Rooij et al., 2019).

In verscheidene onderzoeken wordt ook een beschermend effect van endotoxinen gesuggereerd, vooral op het gebied van atopie² en hooikoorts. De uitkomsten uit studies zijn echter erg wisselend. Uit een aantal onderzoeken blijkt dat allergisch astma minder voorkomt bij kinderen die op jonge leeftijd worden blootgesteld aan endotoxine. Dit beschermende effect wordt op latere leeftijd niet meer teruggezien. Dit komt mogelijk doordat blootstelling aan endotoxinen een verhoogd risico geeft op het ontstaan van niet-allergisch astma op latere leeftijd, waardoor het verminderd voorkomen van allergisch-astma gemaskeerd kan worden. Andere studies die verricht zijn onder kinderen laten juist een verhoogd voorkomen van astma en allergieën (zoals hooikoorts) en longfunctiedaling zien, bij lagere concentraties (mogelijk zelfs bij concentraties <10 EU/m³).

Er is nog weinig bekend over de langetermijneffecten van endotoxine blootstelling op jonge leeftijd. Studies naar effecten van blootstelling aan endotoxinen zijn vooral gericht op volwassenen in arbeidssituaties. Er is nog relatief weinig onderzoek gedaan naar gezondheidseffecten van aëroge endotoxine bij dagelijkse blootstelling en specifiek bij kinderen en risicogroepen (ouderen, mensen met een longaandoening). (Douwes et al., 2009) (Mueller-Anneling et al., 2004) (Gehring et al., 2020) (Yen et al., 2020)

Er bestaat een grote variatie in gebruikte uitkomstmaten³ (bijvoorbeeld objectieve longfunctietesten, subjectieve vragenlijsten over ervaren klachten). En ook in de mate van significantie van deze uitkomstmaten. Er zijn enkele factoren die een rol kunnen spelen in deze grote variatie van zowel de positieve (= beschermende), als de negatieve effecten van endotoxinen. Eén mogelijke verklaring is dat elke bacteriesoort een (in meer of mindere mate) uniek endotoxine heeft. Er zijn aanwijzingen dat er verschillende lichamelijke reacties kunnen ontstaan, afhankelijk van de specifieke opbouw van een endotoxine molecuul. Ook zouden genetische verschillen in de receptoren⁴ in het lichaam, of gelijktijdige blootstelling aan andere stoffen, kunnen bijdragen aan individuele verschillen na blootstelling met endotoxinen. Hierover is echter nog weinig bekend. (Douwes et al., 2009) (Mueller-Anneling et al., 2004) (Gehring et al., 2020) (Yen et al., 2020)

De inconsistenties tussen uitkomsten van de verschillende onderzoeken naar gezondheidseffecten van endotoxinen, maken het erg lastig om een no-effect level (NOEL⁵) of dosis-respons curve vast te stellen. Om gezondheidseffecten van endotoxinen te meten, kan het beste naar het FEV1 (parameter in longfunctietest, het maximaal uitgeblazen volume in de eerste seconde van de test) gekeken worden. Dit is de parameter die het meest consistent beïnvloed wordt door endotoxine blootstelling, en objectief beoordeeld kan worden (Gezondheidsraad, 2012). In onderzoeken, die specifiek zijn gericht op de situatie in Nederland, en waarbij emissies van vee/veehouderijen als bron zijn gehanteerd, is ook FEV1 als uitkomstmaat gebruikt, naast diverse gezondheidseffecten als benauwdheid en piepen op de borst. Daarnaast is gebruik gemaakt van gemodelleerde endotoxine concentraties, wat het mogelijk maakt om voor veel meer locaties een relatie tussen gezondheidsklachten en concentratie te bekijken.

In de studie Vervolgonderzoek risicomodellering veehouderij en gezondheid (Heederik et al., 2021)

² Aanleg voor overgevoeligheid of allergie voor verschillende stoffen of omstandigheden

³ Een uitkomstmaat is een parameter die gebruikt wordt om het resultaat van een interventie of behandeling te bepalen.

⁴ Stof in het lichaam die het binnengedrongen endotoxine deeltje registreert en vervolgens de afweerreactie in gang zet

⁵ De grootste concentratie of hoeveelheid van een stof waarbij geen waarneembare schadelijke effecten optreden in een blootgestelde populatie

wordt een (vrijwel) lineaire relatie tussen weekgemiddelde endotoxineconcentratie en gezondheidsklachten gevonden. Deze lineaire relatie maakt dat de theoretische NOEL 0 EU/m³ zou zijn. In zowel de studie Risicomodellering veehouderij en gezondheid als de opvolger hiervan blijkt dat bij blootstelling aan 10-20 EU/m³ diverse klachten zoals piepen op de borst en hoesten optreden. (Heederik et al., 2019) (Heederik et al., 2021). Ook in een onderzoek naar kortdurende blootstelling aan concentraties, namelijk weekgemiddeld, werden effecten op de longfunctie gevonden (De Rooij, et al., 2024). Omdat het bij deze concentraties gaat om een relatief beperkte daling van FEV1 is de klinische relevantie ervan nog niet duidelijk op dit moment.

Een richtwaarde van 0 EU/m³ is niet haalbaar, vanwege bestaande achtergrondconcentraties endotoxine in de leefomgeving en de belasting door veehouderij. De gezondheidsraad heeft in 2011 een advieswaarde van 90 EU/m³ voor arbeidsgerelateerde situaties vastgesteld als NOEL, op basis van de toen beschikbare wetenschappelijke kennis. Voor de algemene bevolking werd de advieswaarde in 2012 op 30 EU/m³ gesteld. Deze waarde werd bepaald door een standaard onzekerheidsfactor 3 toe te passen op de waarde van 90 EU/m³.

Concluderend is er nog relatief weinig wetenschappelijke kennis over gezondheidseffecten en risico's bij blootstelling aan lage concentraties endotoxine (<30 EU/m³). Wel is duidelijk dat er ook gezondheidseffecten kunnen optreden bij blootstelling aan dergelijke lage concentraties. Er is meer onderzoek nodig naar (lange termijn) effecten van blootstelling aan lage concentraties endotoxinen, effecten van blootstelling bij kinderen, specifieke risico's bij risicogroepen (bijvoorbeeld ouderen en mensen met longaandoeningen) en achtergrondconcentraties in gebieden waar veehouderij geen of een beperkte rol speelt (bijvoorbeeld stedelijke gebieden, kustgebieden, etc). Idealiter worden de gezondheidseffecten vastgesteld op basis van longfunctiedaling (FEV1), of medische diagnose (bijvoorbeeld astma of COPD), om in de toekomst analyses en adviezen zo objectief mogelijk te kunnen opstellen. Op dit moment wordt geen aanleiding gezien om de bestaande norm van 30 EU/m³ aan te passen, vanwege ontbrekende wetenschappelijke onderbouwing hiervoor. Er zijn statistische aanwijzingen dat bij blootstelling aan concentraties <30 EU/m³ gezondheidseffecten aannemelijk zijn. Maar de klinische relevantie is op dit moment niet voldoende aangetoond en op individueel niveau erg wisselend. De werkgroep ziet daarom op dit moment onvoldoende onderbouwing voor een lagere advieswaarde dan 30 EU/m³.

2.3 Gezondheidseffecten in Noord-Brabant

Door de diverse uitgevoerde onderzoeken is het mogelijk geworden om voor Noord-Brabant de endotoxine belasting door veehouderijen in kaart te brengen. Hieronder staan de aantallen overbelaste woningen voor de advieswaarde van 30 EU/m³ in 2023, en voor zones van endotoxine belasting, in vergelijking tot de aantallen overschrijdingen van fijnstof in Noord-Brabant zoals die opgenomen zijn in de NSL Monitoringsrapportage van 2023 (dus voor het jaar 2022) en het rapport Luchtkwaliteit en gezondheid in Noord-Brabant, ook over 2022 (Denissen, 2022):

Concentratie endotoxinen in EU/m ³	Aantal objecten dat de concentratie overschrijdt	Concentratie fijnstof PM10 jaargemiddeld µg/m ³	Aantal objecten dat de concentratie overschrijdt
0-5	114.0753		
5-10	46.869		
10-15	7.010		
15-20	2.921	>15	Alle woningen
20-30	1.372	>31,5	5
>30	756	>40	0

In verhouding tot het aantal woningen dat de wettelijke norm voor fijnstof overschrijdt, is er een relatief groot aantal overschrijdingen van de advieswaarde van endotoxinen. Ook zijn er tienduizenden woningen met een lagere endotoxine belasting, waarbij gezondheidseffecten toch kunnen optreden. Gelet op deze aantallen is er een niet onaanzienlijk gezondheidseffect als gevolg van endotoxinen te verwachten. Noord-Brabant is een gebied waar de gezondheidsdruk door meerdere milieueffecten, waaronder luchtverontreiniging, hoog is, zoals ook verwoord is in het provinciale milieubeleid (Provincie Noord-Brabant 2022). In onderzoek naar de ernst van het optreden van de coronapandemie in Nederland in relatie tot luchtverontreiniging kwam naar voren dat de coronapandemie duidelijk ernstiger is verlopen in gebieden met veel luchtverontreiniging waarbij fijnstof afkomstig van veehouderijen ook een duidelijke rol speelde. Er is toen geen onderzoek naar de samenstelling van het fijnstof uitgevoerd (Mughini-Gras et al., 2024). Dat is in een onderzoek van 2026 wel gedaan. In dat onderzoek van 2026 is de berekende endotoxinebelasting afgezet tegen het voorkomen van Covid-19. Hieruit blijkt dat bij een hogere endotoxine belasting het risico op het krijgen van Covid-19 toenam (Simões et al., 2026). Gelet hierop en omdat de concentratie endotoxinen afkomstig van veehouderijen een betere verklaring voor gezondheidseffecten geeft dan fijnstof van veehouderijen (Heederik et al., 2019) is het passend om voor het terugdringen van endotoxine belasting een grote ambitie te hanteren.

Hoofdstuk 3 Juridische aspecten

De Omgevingswet (Ow) vraagt meer aandacht voor gezondheid dan de voorgaande wetten op het vlak van de fysieke leefomgeving. Een van de hoofddoelen van de wet (artikel 1.3 Ow) is het bereiken en in stand houden van een gezonde fysieke leefomgeving. Hiervoor dient aandacht te zijn bij het opstellen van een omgevingsplan (artikel 2.1 lid 4 Ow) en in vergunningverlening (artikel 4.22 lid 1 Ow en artikel 8.7 Besluit kwaliteit leefomgeving (Bkl), en artikel 5.32 Ow). Dit vormt de wettelijke grondslag voor het endotoxine toetsingskader, in de zin van artikel 4.81 Algemene wet bestuursrecht (Awb). Het endotoxine toetsingskader vormt in het kader van de toetsing aan gezondheid één van de af te wegen onderdelen bij de behandeling van een vergunningaanvraag of concept-plan. Gemeenten dienen daarom vanuit het voorzorgbeginsel regels op te nemen over endotoxinen in hun omgevingsplan. De uitgevoerde onderzoeken naar onder meer endotoxinen bieden daarvoor voldoende grondslag⁶. Daar waar dat nog niet gebeurd is, kan dit toetsingskader als beoordelingskader dienen voor aanvragen voor omgevingsvergunningen, zowel voor omgevingsplanactiviteiten⁷ als milieubelastende activiteiten.

3.1 Wettelijke basis toetsing endotoxinen in omgevingsplan

Artikel 2.1 lid 4 Ow bepaalt dat het bevoegd gezag bij de evenwichtige toedeling van functies aan locaties in ieder geval rekening houdt met het belang van het beschermen van de gezondheid. De achterliggende gedachte van dit artikel is dat het aspect gezondheid een volwaardige rol dient te krijgen bij de toepassing van de bevoegdheden op grond van de Ow over individuele projecten

Bij een evenwichtige toedeling van functies aan locaties in het omgevingsplan kan het bevoegd gezag rekening houden met voorzorg. Voor endotoxinen kunnen regels worden opgenomen in het omgevingsplan, rekening houdend met het voorzorgbeginsel. De Raad van State heeft eerder al bij ruimtelijke ordeningsprocedures uitgesproken, dat de belasting van endotoxinen inzichtelijk gemaakt moet worden.⁸ Het bevoegd gezag moet vervolgens een afweging maken welke belasting zij aanvaardbaar acht. Als er nog geen omgevingsplan is, kan een dergelijke afweging in beleid worden vervat, zoals in dit Endotoxine toetsingskader 1.5.

Door beoordelingsregels voor omgevingsvergunningen en algemene regels kan via het omgevingsplan getoetst worden aan het aspect endotoxinen, op dezelfde manier als bijvoorbeeld geur van dierverblijven, zoals beschreven in de instructieregel in artikel 5.109 Bkl, bij activiteiten van burgers en bedrijven.

Voor endotoxinen bestaat geen wettelijke norm, maar het veroorzaakt wel negatieve gezondheidseffecten. Een bevoegd gezag heeft daarom vanuit het voorzorgsbeginsel een zekere beoordelingsruimte in hoe het met endotoxinen wil omgaan. Om dat nader in te kaderen is dit toetsingskader ontwikkeld. Wel is uiteraard nodig dat het toetsingskader evenredig is in de balans tussen de verwachte gezondheidseffecten enerzijds en de beperkingen voor bedrijven anderzijds. Op deze balans wordt in hoofdstuk 5 nader ingegaan.

⁶ Dit wordt bijvoorbeeld bevestigd in de uitspraak kenmerk ECLI:NL:RVS:2023:2791

⁷ Een omgevingsplanactiviteit is een activiteit in strijd met het (tijdelijk) omgevingsplan

⁸ zie de uitspraak kenmerk ECLI:NL:RVS:2022:166

3.2 Wettelijke basis toetsing endotoxinen in omgevingsvergunningen

Een omgevingsvergunning voor een veehouderij moet zowel voor een milieubelastende activiteit (mba) als voor een omgevingsplanactiviteit gezondheid expliciet meewegen. Voor de milieubelastende activiteiten die als vergunningplichtig zijn aangewezen in hoofdstuk 3 van het Besluit activiteiten leefomgeving (Bal) zijn in het Bkl beoordelingsregels gesteld met het oog op het waarborgen van de veiligheid en het beschermen van de gezondheid en het milieu (artikel 4.22 lid 1 Ow in relatie gezien tot 8.7 Bkl). Artikel 8.7 Bkl bepaalt onder andere dat milieuverontreiniging door de activiteit geïntegreerd wordt voorkomen. De aantasting van de gezondheid van de mens maakt onder het Bkl expliciet deel uit van het begrip ‘milieuverontreiniging’⁹. Dit betekent dat het bevoegd gezag mogelijke volksgezondheidsrisico’s die kunnen ontstaan door de mba ‘het houden van landbouwhuisdieren’, bij de beoordeling van de omgevingsvergunningaanvraag dient te betrekken.

Bij het onderwerp “Toepassen van voorzorg met het oog op gezondheid” staat in de Nota van Toelichting van het Bkl¹⁰: “Bij vergunningverlening of maatwerk kan voorzorg ook een rol spelen, zeker als dit past in de omgevingsvisie. Hierbij gaat het vooral om proportionele maatregelen om effecten/emissie zoveel mogelijk te vermijden.” Dit geldt niet bij al genormeerde milieuaspecten, het Rijk heeft voorzorg al in haar omgevingswaarden opgenomen. In het geval van endotoxinen is echter sprake van een niet genormeerd milieuaspect.¹¹ En het Endotoxine toetsingskader 1.5 grijpt in op deze werkwijze door eisen aan de emissie te stellen, in balans met de bekende stand der techniek, onzekerheid van de risico’s en de effectiviteit van de maatregelen in relatie tot de ernst van de gezondheidseffecten. Dezelfde paragraaf in de Nota van Toelichting van het Bkl stelt dat artikel 5.32 Ow ook is gebaseerd op het voorzorgbeginsel. Artikel 5.32 Bkl stelt dat een omgevingsvergunning in bijzondere omstandigheden geweigerd kan worden vanuit het aspect gezondheid, ook waar het enkel mogelijke gezondheidseffecten van de activiteit betreft. De EU-mededeling van 2000 over voorzorg dient hierbij als leidraad.

3.3 keuzes systematiek toetsingskader

In de toepassing van het toetsingskader zijn enkele keuzes gemaakt, die zijn geënt op de wettelijke systematiek voor geur en fijnstof. Hierop wordt hieronder nader ingegaan.

Zo is een keuze gemaakt welke objecten gevoelig zijn voor endotoxinen, en daarmee een toetsbaar object. Hierbij is aangesloten bij het gevoelig object voor fijnstof. Deze keuze is gemaakt omdat endotoxinen qua gezondheidseffecten beter aansluit bij fijnstof dan bij geur. Voor geur geldt een andere, minder uitgebreide, definitie van toetsobject dan voor fijnstof.

In het toetsingskader 1.0 was er één categorie aan toetsobjecten specifiek uitgesloten, namelijk sport- en recreatieterreinen (uitgezonderd zeer regelmatig gebruikte bebouwingen). Dit wordt niet overgenomen in het toetsingskader 1.5. Enerzijds was de definitie van ‘zeer regelmatig gebruikte bebouwingen’ erg ruim, wat soms tot verwarring leidde¹², anderzijds kunnen sport- en recreatieterreinen met reden een gevoelig object zijn vanuit het aspect fijnstof en zijn endotoxinen

⁹ zie bijlage I, onderdeel A, bij art. 1.1 Bkl

¹⁰ Stb 2018, nr 292, par 3.2.2

¹¹ Vergelijk ook de uitspraak rond voorzorg en de gezondheidseffecten van gewasbeschermingsmiddelen van de civiele rechter, kenmerk ECLI:NL:GHARL:2023:6083, waar wegens onvoldoende beschermende wetgeving, mogelijkheden tot extra bescherming als passend werden beoordeeld. En de uitspraak van de bestuursrechter, kenmerk ECLI:NL:RBDHA:2025:14482, waar de toenmalige stand van zaken van de kennis over PFAS aanleiding was deze vanuit voorzorg als ZZS te behandelen (dat was PFAS toen nog niet), ook onder de nieuwe jurisprudentielijn rond voorzorg in omgevingsvergunningen milieu (Wabo) zoals beschreven in de uitspraak kenmerk ECLI:NL:RVS:2022:556). De stappen van de risicoanalyse zoals beschreven in Mededeling van de Commissie over het voorzorgsbeginsel, COM/2000/0001 zijn hiervan van belang. Deze stappen zijn uitgevoerd in dit toetsingskader.

¹² Zie bijvoorbeeld de uitspraak ECLI:NL:RBOBR:2025:6286, waar een kantoor en werkplaats bij een kassenbedrijf als mogelijk toetsobject werden aangemerkt.

evenzeer een groot gezondheidsrisico, met een vergelijkbaar blootstellingscriterium als de etmaalsgemiddelde normering van PM10. Dezelfde toetsobjecten kunnen daardoor worden aangehouden.

Daarnaast wordt in de toepassing van dit toetsingskader expliciet gemaakt dat NIBM (Niet In Betekende Mate) toename van fijnstof ook een toename is voor de toepassing van dit toetsingskader. Als fijnstof NIBM toeneemt, wordt niet getoetst aan de norm, in het verleden is het voorgekomen dat er dan ook niet aan endotoxinen werd getoetst. De maatregelen die de NIBM-regeling mogelijk maken, zijn echter onvoldoende effectief voor endotoxinen, zodat er voor endotoxinen wel getoetst moet worden aan de norm. NIBM ziet immers op de regulering van fijnstof, niet van endotoxinen. Ook is NIBM gebaseerd op de landelijke maatregelen die de overall emissie van fijnstof, van diverse bronnen en daardoor samenstellingen, terugdringen zodat een NIBM-toename niet problematisch is. Een dergelijke landelijke strategie bestaat niet voor endotoxinen.¹³

3.3 Bruidsschat

Omgevingsvergunningen voor veehouderijen vallen niet onder de bruidsschat¹⁴. De aanvragen voor mba van veehouderijen worden beoordeeld op basis van de besluiten en regelingen onder de Ow. Zoals Bkl en Bal. Ze worden wel voor wat betreft de individuele geurbelasting getoetst aan de bruidsschat. Ook sommige veehouderijen vallen onder de bruidsschat, namelijk veehouderijen die minder dieren houden dan:

- 10 stuks rundvee.
- 15 varkens.
- 350 kippen.
- 25 overige landbouwhuisdieren

Het houden van paarden en pony's om te berijden, of als opfokbedrijf, valt ook onder de bruidsschat, dat wordt namelijk niet als veehouderij gezien onder de Omgevingswet. Dit is niet direct relevant omdat in het Endotoxine toetsingskader 1.5 paarden niet worden meegenomen. De aantallen dieren die hierboven genoemd worden zullen in de praktijk ook nooit tot een endotoxine belasting komen van 30 EU/m³. Veehouderijen die enkel volgens de bruidsschat een veehouderij zijn, hoeven daardoor niet te worden beoordeeld op basis van dit toetsingskader.

3.3 Relatie met andere beleidsvelden

Endotoxinen zijn niet de enige emissie die van veehouderijen afkomstig is, en waarvoor geen wettelijke norm bestaat. Diverse zoönosen veroorzaken eveneens risico voor de volksgezondheid en ook van ammoniak is bekend dat het bij acute, hoge, blootstelling een negatief effect op de longfunctie kan hebben (bijvoorbeeld bij het in de directe nabijheid uitrijden van mest). Endotoxinen vormen hiervan echter de enige emissie waar een kwantitatief beoordelingskader voor is opgesteld. Er bestaat samenhang met de emissie van wettelijk genormeerde milieuaspecten zoals geur en

¹³ Artikel 5.53 en 5.54 Bkl reguleren wanneer een NIBM-toename van fijnstof of stikstofdioxide toegestaan is, ongeacht de bestaande fijnstofconcentratie

¹⁴ De bruidsschat bestaat uit wettelijke regels die voor de inwerkingtreding van de Omgevingswet in wetgeving van het Rijk stonden. De regels in de bruidsschat vormen een tijdelijke overbrugging, zodat provincie, gemeenten en waterschappen tijd hebben om zelf in regels te voorzien in hun decentrale wetgeving.

fijnstof, het gaat immers om hetzelfde stalstof. Reductie van geur en fijnstof heeft daarmee ook impact op de endotoxinenuitstoot.

In een kamerbrief (Heijnen, 2023) is aangekondigd dat in navolging van het sectorplan van de pluimveesector er in de toekomst een emissiereductie-eis voor fijnstof van bestaande en nieuwe pluimveestallen zal worden gesteld. In hotspotgebieden zal er meer reductie van bestaande stallen worden gevraagd dan daarbuiten. Een lijst met hotspotgemeenten is reeds aangewezen¹⁵. Dit, samen met de aangekondigde aanscherping van normen voor de luchtkwaliteit door de Europese Unie in 2030, zal waarschijnlijk voor een verlaging van de fijnstofemissie en concentratie in de toekomst zorgen.

Ook de eisen die de Omgevingsverordening Noord-Brabant per 1 juli 2024 stelt aan de huisvestingssystemen voor pluimvee en varkensbedrijven, in combinatie met de landelijke uitkoopregelingen voor veehouderijen, de Lbv en Lbv+, zullen voor een afname van de emissie van veehouderijen zorgen. Dit houdt echter niet in dat er in de toekomst bij elke woning een aanvaardbaar endotoxine niveau zal zijn. Het houdt wel in dat het naar alle waarschijnlijkheid gemakkelijker wordt om aan dit toetsingskader te voldoen. Zeker waar het cumulatieve overschrijding betreft, die immers door meerdere bedrijven wordt veroorzaakt. Als het aantal en de belasting van veehouderijen afneemt zal het aantal cumulatieve overschrijdingen ook afnemen. Daarom is het ook belangrijk de cumulatie kaarten elk jaar te actualiseren. Wel is bij eerdere opkoopregelingen duidelijk geworden dat vrijkomende milieuruimte, zoals verlagingen van de geur- en fijnstofbelasting, veroorzaakt door stoppende bedrijven door groei van overblijvende bedrijven ingevuld kan worden. Dit tenzij er aanvullende normering plaatsvindt. Dit toetsingskader vervult een deel van die rol.

Wat de eisen in de Omgevingsverordening Noord-Brabant aan huisvestingssystemen ook bewerkstelligen is dat er op termijn aanzienlijk minder varkens- en pluimveehouderijen zullen zijn, die niet aan BBT voldoen. De eisen die vanaf 2026 voor rundvee en geiten gaan gelden, zullen voor die diercategorieën hetzelfde bewerkstelligen. Afname van fijnstofemissie door toepassing van BBT-technieken is daarmee niet zonder meer een doeltreffende eis in dit endotoxine toetsingskader. Hierop wordt in hoofdstuk 5 nader ingegaan.

¹⁵ Bijlage 2.2.3 bij de REGELING NATIONALE EZK- EN LNV-SUBSIDIES

Hoofdstuk 4 Verspreiding en blootstelling

De methodiek van dit endotoxine toetsingskader staat in hoofdstuk 6 uitgebreid beschreven. Om tot deze methodiek te komen zijn er diverse keuzes gemaakt. Deze keuzes zijn toegelicht in hoofdstuk 2, waar het de gezondheidseffecten betreft, en voor wat betreft het wettelijk kader in hoofdstuk 3. In dit hoofdstuk 4 worden de onderzoeken de verspreiding en blootstelling van endotoxinen besproken en de keuzes voor de toepassing die daarop zijn gebaseerd.

4.1 Kenmerken verspreidingsmodel

In de rechtspraak zijn een aantal onzekerheden besproken die aan het Endotoxine toetsingskader 1.0 kleven.¹⁶ Die onzekerheden, zoals de verdeling van endotoxinen in de verschillende stoffracties van inhaleerbaar stof en de aerodynamische eigenschappen van de deeltjes zijn opgelost door verder onderzoek in de versie 1.5. Deze versie representeert de laatste stand der techniek en heeft door aanvullende metingen een nauwkeuriger rekenmodel opgeleverd, zoals hieronder verder weergegeven.

Stacks-E, waarmee de cumulatieve belasting van endotoxinen wordt berekend, is gebaseerd op het Nieuw Nationaal Model net als V-Stacks en ISL3a (nu beiden onderdeel van Geomilieu). De individuele afstanden voor endotoxinen zijn afgeleid van Stacks-E (Erbrink Stacks Consult, 2020). Endotoxinen komen voor in diverse stoffracties, waaronder ook grover stof. De hoeveelheid endotoxinen wisselt per diercategorie, net als de verdeling van de endotoxinen over de stoffracties. Er zijn daardoor aanvullende parameters die doorgerekend moeten worden. Door de grotere omvang van de stofdeeltjes is bijvoorbeeld pluimdaling een relevante factor die doorgerekend moet worden. Ook wordt gerekend met warmte inhoud van de emissie, wat in V-Stacks en ISL3a niet gebeurt. (Heederik et al., 2019) (Heederik et al. 2021) Stacks-E rekent met een 99,5 percentiel¹⁷, vanwege de effecten van endotoxinen die al bij kortdurende blootstelling optreden. (Erbrink Stacks Consult, 2020) In V-Stacks wordt met 98 percentielen gerekend, in ISL3a met jaargemiddelde concentraties en een vast aantal overschrijdingsdagen. Stacks-E werkt met een vereenvoudigde gebouwmodule, net als V-Stacks. Het programma wijkt af van zowel ISL3a als V-stacks door niet uit te gaan van een gemiddelde ruwheid over het berekende gebied. Stacks-E bepaalt per rekenpunt de ruwheid apart, wel op basis van het wettelijk voorgeschreven ruwheidsbestand. Dit geeft een nauwkeuriger beeld.

Een complicerende factor in de verspreidingsberekeningen is de vorm van de endotoxinedeeltjes. Die vorm beïnvloedt hun verspreiding in de lucht. De vorm van endotoxinedeeltjes is sterk wisselend, afhankelijk van de bron (mest, veren, haren ed). Voor wat betreft de verspreidingsberekening wordt echter uitgegaan van een bolvormig deeltje, omdat in de metingen alleen die stofdeeltjes bemonsterd zijn op de aanwezigheid van endotoxinen die zich aerodynamisch gedroegen als een bolvormig deeltje. De verspreidingsmodellering wijkt daarin dus niet af van de metingen. Maar de metingen meten minder endotoxine dan er daadwerkelijk is. Dit omdat een deel van de deeltjes vanwege hun vorm niet gemeten wordt. De omvang van de impact hiervan is lastig in te schatten. (Heederik et al., 2019) (Erbrink Stacks Consult, 2019).

¹⁶ zie hiervoor de uitspraak met het kenmerk ECLI:NL:RVS:2018:2395

¹⁷ Bij een norm uitgedrukt in percentielen wordt bedoeld dat de genormeerde waarde niet meer dan dat percentage van het aantal uren per jaar mag worden overschreden. In dit geval mag de norm van 30 EU/m³ niet meer dan 99,5% van het aantal uren in een jaar worden overschreden. Hoe hoger het percentiel, hoe strenger de norm is.

De betrouwbaarheid van het modelleren van verspreiding is zoals hierboven al naar voren kwam, mede afhankelijk van de metingen die de basis van de modelinput vormen. Endotoxinen, geur en fijnstof hebben gemeen dat er een grote spreiding tussen metingen op dezelfde diercategorieën wordt aangetroffen. Dat is inherent aan de diversiteit van factoren zoals het stalmanagement, weersomstandigheden ten tijde van het meten, invloed van omringende bronnen, het jaargetijde, de ligging van de stallen, het ras van de dieren en het moment in de ronde waarop wordt gemeten. De metingen van fijnstof zijn vrij betrouwbaar mogelijk. Bij het meten van geur zijn er een aantal factoren die de betrouwbaarheid van de metingen beïnvloeden, zoals spreiding in de gevoeligheid van geurpanels, de werkwijze van het laboratorium en de kwaliteit van het monsternamemateriaal. Gelet op de onzekerheden bij de huidige vorm van geurmetingen wordt gewerkt aan een sensor om geur te meten.

De meting van endotoxinen lijkt meer op die van fijnstof, in die zin dat er met fysische apparatuur stof wordt gemeten. Dit wordt vervolgens chemisch geanalyseerd op de aanwezigheid van endotoxinen. Een belangrijke stap in dit proces is het bepalen in welke omvangfractie van inhaalbaar stof¹⁸ zich welke hoeveelheid endotoxinen bevindt. Omdat geur en fijnstof van veehouderijen al langer wordt gemeten zijn er al meerdere meetseries voor stalsystemen beschikbaar. De data hiervan variëren soms wel in de tijd, door bijvoorbeeld veranderingen in de huisvestingswijze. Dat was in 2016 aanleiding voor de aanpassing van de geuremissiefactoren van vleeskuikens. De manier waarop endotoxine als emissie van diervverblijven wordt gemeten is nog vrij nieuw zodat voor endotoxine minder metingen beschikbaar zijn. Voor zes diercategorieën zijn 60 metingen uitgevoerd, verdeeld over 18 stallen (Winkel et al., 2018). Het is duidelijk dat het om een relatief beperkt aantal metingen gaat, hoewel voor elke diercategorie meerdere stallen zijn bemeten en in elke stal meerdere metingen zijn uitgevoerd. De metingen zijn vergeleken met die gegevens die vanuit de literatuur beschikbaar zijn. Er is een onderscheid gemaakt in emissiearme en niet emissiearme huisvestingssystemen bij vleesvarkens, vleeskuikens en leghennen maar een endotoxinemeting is niet specifiek voor een bepaald huisvestingssysteem, zoals dat bij de andere emissies van veehouderijen wel het geval is. De categorieën bij endotoxinen zijn daardoor grofmaziger. Doordat de categorieën grofmaziger zijn wordt ervoor gekozen om niet uit te gaan van afstanden in meters, zoals in het Endotoxine toetsingskader 1.0, maar van bandbreedtes van telkens tien meter.

In de methodiek beschreven in hoofdstuk 6 wordt in sommige gevallen om afname van de fijnstofemissie gevraagd. Hier is voor gekozen, in plaats van reductie van de endotoxine belasting, omdat er nog weinig bekend is over welke technieken specifiek endotoxinen reduceren (Winkel et al., 2016). Maatregelen die enkel zien op reductie van de verspreiding van endotoxinen, zoals een hogere uittreesnelheid of het verleggen van een emissiepunt, hebben gelet op de grofmazigheid van de methodiek te weinig impact.

4.2 Validatie verspreidingsmodel en relatie met afstandsgrafieken

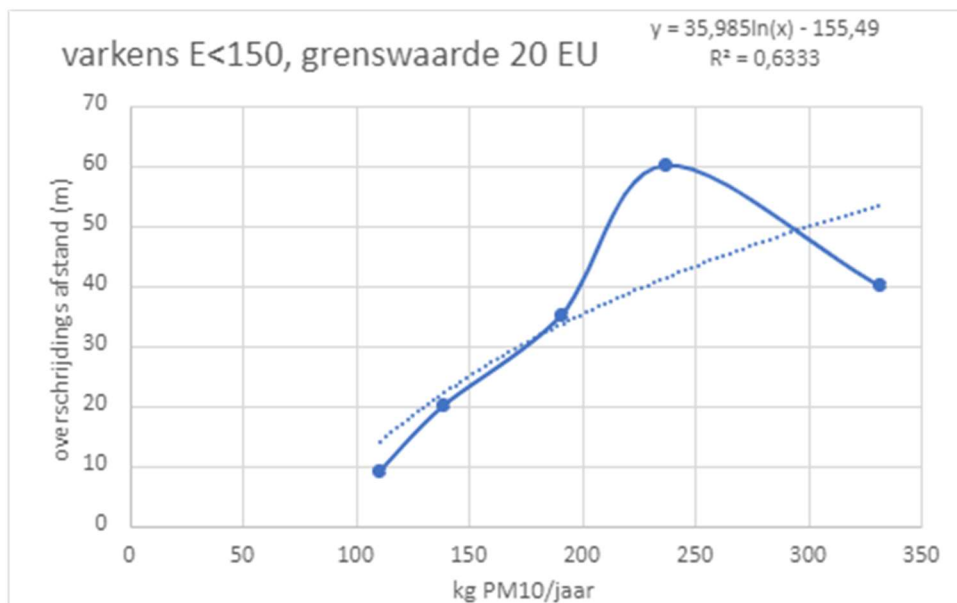
De validatie van het verspreidingsmodel is in twee stappen uitgevoerd. Één validatie naar de werking van het model over een groot gebied met vele bronnen. En één validatie naar de werking van het model bij één bron, die zoveel mogelijk geïsoleerd ligt. Die laatste validatie is uitgevoerd bij een vleeskuikenhouderij op korte afstand van de kust. De validatie op een groot gebied heeft plaatsgevonden in het RVG-onderzoek (Heederik et al. 2019). Uitkomst hiervan was dat de

¹⁸ Inhaleerbaar stof zijn die deeltjes die een persoon kan inademen, en hebben een omvang van 100 µm of kleiner. Dit is dus grover dan fijnstof, waarbij de deeltjes 10 µm of kleiner zijn.

voorspelde jaargemiddelde concentraties goed overeenkwamen met gemeten jaargemiddelde concentraties, als de warmte-emissie uit de stalgebouwen daarin werd meegenomen.

In de validatie voor één bron zijn steeds heel lage endotoxine concentraties gemeten, en ook gemodelleerd. De resultaten liggen met elkaar in lijn. Er is te weinig spreiding in de meetresultaten (er zijn geen feitelijke situaties met hoge belasting gemeten) om het model volledig te kunnen valideren (Erbrink et al., 2021). Er is reeds opdracht gegeven voor een aanvullende validatie, maar deze zal te veel tijd in beslag nemen om op te nemen in deze versie van het endotoxine toetsingskader. In hoofdzaak zal het verspreidingsmodel in dit toetsingskader voor cumulatieve berekeningen gebruikt worden, waar het volledig voor gevalideerd is. In twee situaties is het nodig om het verspreidingsmodel te gebruiken voor individuele belastingen. Het gaat dan om situaties met meerdere diercategorieën op één bedrijf, en om situaties waarin de belasting van 20 EU/m³ bij de diercategorie emissiearm gehuisveste vleesvarkens berekend moet worden, zie voor een toelichting op deze laatste situatie de alinea hieronder. In deze twee situaties biedt het verspreidingsmodel de beste weergave van de feitelijke belasting, naar de huidige stand van de techniek.

De individuele afstanden zijn gebaseerd op formules. Bij het invoeren van elke willekeurige fijnstofemissie in die formules wordt de bijbehorende afstand verkregen waarop de endotoxinenconcentratie een waarde van 10, 20 of 30 EU/m³ heeft voor die diercategorie, afhankelijk van de formule in kwestie. Deze formules zijn berekend over de uitkomsten van het cumulatieve model voor een aantal emissiehoeveelheden. Hoewel het aantal uitkomsten per grafiek klein is, namelijk acht, is de spreiding van de punten over de mogelijke emissies representatief en is de kennis van de context van de endotoxinenconcentratie groot genoeg om de formules te kunnen maken. Bij de grafieken is in vrijwel alle gevallen ook een goede determinatiecoëfficiënt verkregen (boven de 0,9). De determinatiecoëfficiënt geeft aan hoe goed de formule de variatie in de uitkomsten verklaart. 1 is hierbij de theoretische maximale waarde, die in de praktijk nooit voorkomt en 0 is de laagst mogelijk waarde. Een determinatiecoëfficiënt van 0,9 geeft een zeer sterke positieve samenhang aan. Deze hoge correlatie suggereert een betrouwbaar en consistent patroon. In één geval is er echter een relatief lagere waarde voor de determinatiecoëfficiënt verkregen, van 0,6333. Dit is ook zichtbaar in onderstaande grafiek, waarin de stippellijn de formule aangeeft, twee punten liggen ver van de lijn. In deze grafiek zijn de drie berekende emissies waarbij de afstand op 0 uitkomt niet weergegeven. De verwachting is dat de afwijking wordt verklaard door een verschuiving in de gebouwinvloed op de verspreiding. Dit is echter niet zeker. Gelet op het lage aantal punten en de grote afwijking in relatie tot het grote belang voor omwonenden en ondernemers bij de uitkomst van dit Endotoxine toetsingskader 1.5 wordt ervoor gekozen om deze formule niet voor dit doel te gebruiken. In hoofdstuk 6 is aangegeven dat in dit geval een berekening met kleine gridafstand wordt gemaakt, waarin enkel de diervverblijven van dit bedrijf worden berekend.



4.3 Selectie van diercategorieën

Om tot een verspreidingsmodel te komen voor endotoxinen op basis van de fijnstofemissie zijn metingen verricht naar een aantal criteria. Dat zijn:

- de emissie van endotoxinen,
- de emissie van fijnstof
- de verspreiding van endotoxinen in de verschillende stoffracties (variërend van 0-100 micrometer met een duidelijke nadruk op het grovere stof)
- de verhouding tussen PM10 en PM100 per diercategorie.

In de onderzoeken naar endotoxinen zijn bij een aantal diersoorten aannames over één of meerdere van deze criteria gemaakt, omdat er geen metingen beschikbaar waren. Hoewel deze aannames zijn gemaakt op basis van expert judgement, levert dit een extra onzekerheid op. Er wordt daarom voor gekozen om de diersoorten waarbij dit is gedaan niet op te nemen in het toetsingskader. Toetsing aan het endotoxine kader kan betekenen dat een plan of aanvraag, niet of niet in die vorm, doorgang kan vinden. De extra onzekerheid door de gemaakte aannames is dan niet evenredig met de gevolgen voor een initiatiefnemer of omwonende.

Dit houdt in dat er geen eenden, kalkoenen, paarden en konijnen worden opgenomen in het toetsingskader ook al is er wel onderzoek naar gedaan. Ook in de provinciebrede kaart zijn deze diersoorten niet opgenomen. Er zijn echter bij deze diersoorten geen metingen gedaan naar alle onderdelen van het model die nodig zijn om tot de verspreidingsberekening te komen. Deze diersoorten hebben overigens wel een endotoxine emissie. In het Endotoxine toetsingskader 1.0 zijn voor kalkoenen en eenden overigens wel afstanden gegeven, afgeleid van de afstanden voor de leghennen en vleeskuikens. Deze afstanden komen te vervallen met de inwerkingtreding van het Endotoxine toetsingskader 1.5. Dit heeft als reden dat uit de metingen, uitgevoerd na het opstellen van het Endotoxine toetsingskader 1.0, blijkt dat de spreiding tussen de verschillende diersoorten vrij groot is. Kalkoenen en eenden verschillen in hun leefwijze, omvang en voeding dusdanig van kippen, dat er naar verwachting een groot verschil bestaat tussen de afstanden voor deze diersoorten en kippen. Nu de metingen voor kalkoenen en eenden niet volledig zijn, werpt dit een extra onzekerheid over de juiste afstanden en wordt ervoor gekozen om voor hen geen afstanden op te nemen.

Hoofdstuk 5 Economische effecten

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de belangenafweging voor de afname van endotoxine belasting voor veehouderijen en ontwikkelende partijen van gevoelige objecten in relatie tot de te behalen gezondheidswinst. Dit hoofdstuk vormt daarmee een beleidsmatig onderdeel van het Endotoxine toetsingskader 1.5.

In artikel 3.4 tweede lid van de Algemene wet bestuursrecht (Awb) staat dat de voor een of meer belanghebbenden nadelige gevolgen van een besluit niet onevenredig mogen zijn in verhouding tot de met het besluit te dienen doelen. Dit geldt ook voor beleid en beleidsregels. In hoofdstuk 2 staat dat gelet op de gezondheidseffecten van veehouderijen een hoge ambitie passend is in het terugdringen van de endotoxine belasting. Dit uit voorzorg, want de effecten van de endotoxine belasting door veehouderijen zijn nog niet volledig bekend. De vernieuwde methodiek van het toetsingskader biedt, zoals in voorgaande hoofdstukken omschreven, een geschikt middel voor het beoordelen van de endotoxine belasting en het terugdringen van overbelasting. Deze ambitie, en dit middel, dienen afgewogen te worden tegen de nadelige economische effecten voor veehouderijen en ontwikkelende partijen van gevoelige objecten.

5.1 Emissiereductie bij een veehouderij bij overbelasting

In deze paragraaf worden de economische effecten afgewogen die optreden bij onderstaande eisen aan veehouderijen:

- Bij een individuele overschrijding, een afname van minimaal 20% van de fijnstofemissie, of zoveel emissiereductie dat de overbelasting niet meer bestaat, afhankelijk van wat de minste emissiereductie van de veehouderij vergt;
- Bij een cumulatieve overschrijding en een bijdrage van 20 EU/m³ door die veehouderij, een afname van minimaal 10% van de fijnstofemissie, of zoveel emissiereductie dat de overbelasting niet meer bestaat, afhankelijk van wat de minste emissiereductie van de veehouderij vergt;
- In geval van beiden, een afname van minimaal 20% van de fijnstofemissie, of zoveel emissiereductie dat de overbelasting niet meer bestaat, afhankelijk van wat de minste emissiereductie van de veehouderij vergt.

Een eis tot emissiereductie heeft twee effecten. Er is daadwerkelijk sprake van een afname van de endotoxine belasting, en er is sprake van een economische belasting van de veehouderij die endotoxine moet reduceren. Voor wat betreft veehouderijen verschillen de economische effecten per diercategorie omdat de mogelijkheden tot emissiereductie ook verschillen per diercategorie. Per diercategorie wordt besproken wat de impact van dit endotoxine toetsingskader zal zijn. Het gaat daarbij om varkens, pluimvee, geiten en rundvee.

Het endotoxine kader eist een afname van de fijnstofemissie in plaats van het toepassen van een emissiearm huisvestingssysteem. Hierdoor is het niet mogelijk om door extra dieren toe te voegen de emissiereductie van het huisvestingssysteem weer volledig op te vullen. Het staat een veehouderij wel vrij om een techniek toe te passen die meer reduceert dan de gevraagde emissiereductie. Die veehouderij kan ook het verschil tussen de reductie door die techniek en de geëiste reductie opvullen door groei van het aantal dieren.

Er kunnen redenen zijn dat dit opvullen niet mogelijk is. Bijvoorbeeld door een volledig bebouwd bouwvlak zonder mogelijkheid tot uitbreiding. Dit zal van geval tot geval verschillen. Er is gekozen voor een afname van de emissie in plaats van een afname van de overbelasting, omdat door een

afname van de emissie de endotoxine belasting eerder daalt dan bij een afname van de overbelasting. Zeker bij kleine overschrijdingen van endotoxinen kan bij een afname van de overbelasting, de overbelasting lang in stand blijven terwijl bij een afname van de emissie in zo'n geval, de overbelasting bij de eerste aanvraag is weggenomen. Dit heeft wel een grotere impact op de veehouderij dan een afname van de overbelasting, omdat er meer gereduceerd moet worden.

Bij het milieuaspect geurbelasting is er veel winst te halen met het in een aanvraag verleggen en anderszins veranderen van de kenmerken van de emissiepunten, wat bij nog niet gebouwde stallen relatief goedkoop mogelijk is. De methode voor de bepaling van de endotoxine concentratie is vrij grofmazig. Een verschuiving van een emissiepunt met een paar meters is niet relevant voor de berekende endotoxine belasting. Een grote verschuiving van enkele tientallen meters is vrijwel altijd erg kostbaar en daardoor niet evenredig. Daarnaast maken endotoxinen zowel deel uit van het grovere stof, dat relatief snel neerslaat, maar ook van de kleinere fracties stof, waaronder fijnstof. Fijnstof kan zich juist ver verspreiden. Verplaatsing van een emissiepunt is dan een minder geschikte methode, net zoals bij het milieuaspect fijnstof. Dit ook omdat de emissiepunten vaak al zo ver mogelijk van bestaande gevoelige objecten verwijderd liggen. Dit endotoxine toetsingskader gaat daarom uit van reductie van fijnstofemissie, veranderingen aan de emissiepunten zijn niet relevant voor het te bereiken doel.

Varkens

De fijnstofemissie van varkens heeft minder aandacht dan de geur en ammoniakemissie. Dit vertaalt zich in huisvestingssystemen die alle een gelijke emissie van fijnstof per dier kennen. Deze zijn opgenomen in Bijlage V van de Omgevingsregeling. Ook zijn de beschikbare nageschakelde technieken, opgenomen in Bijlage VI van de Omgevingsregeling, met name geënt op reductie van geur en ammoniak. Technieken hebben een range van emissiereductie van fijnstof die loopt van 35 tot 80%. Het gaat dan in alle gevallen om luchtwassers. Dit zijn technieken die voor varkens vrij gangbaar zijn en vaak al vanwege andere emissiereductie op het gebied van geur en ammoniak benodigd zijn.

Andere technieken die voor varkens beschikbaar zijn, reduceren geen fijnstof. Er is geen techniek die slechts 10 of 20% emissiereductie oplevert. Een reductiepercentage van 10 of 20% kan echter op twee manieren bereikt worden. Enerzijds is dat het toepassen van een techniek met een hoger percentage emissiereductie dan 10 of 20%, die niet wordt nageschakeld op het totaal aantal dieren, maar op een deel daarvan, zodat de totale *bedrijfsemissie* met 10 of 20% daalt. Bijvoorbeeld bij een bedrijf met meerdere stallen maar op één stal een luchtwasser toepassen. Anderzijds is het mogelijk een techniek toe te passen met een hoger percentage emissiereductie en de emissie daarna op te vullen tot een reductie van 10 of 20% door een groei in dieraantallen.

Pluimvee

Voor het verminderen van de fijnstofemissie van pluimveehouderijen zijn meerdere technieken toepasbaar volgens Bijlage VI van de Omgevingsregeling. Deze technieken zien vrijwel altijd enkel op fijnstof en hebben een range van emissiereductie die loopt van 1 tot 95%. Veel toegepaste technieken zoals warmtewisselaars (1-95% reductie) en mestdrogers (30-55% reductie) kennen vaak bijgaande voordelen, zoals een lagere energievraag bij warmtewisselaars en een betere afzetmarkt voor de mest bij mestdrogers. De reductie-eis bij overbelasting van endotoxinen ligt daarmee ruim lager dan de bovenkant van de range van emissiereducerende technieken. Daarnaast zijn in de huisvestingssystemen zelf ook verschillende opties met minder fijnstofbelasting opgenomen dan traditionele huisvesting.

De reductie-eis bij overbelasting van endotoxinen ligt nu lager dan de eisen aan de emissiereductie per dierplaats voor fijnstof voor pluimveehouderijen zoals aangekondigd in de Kamerbrief van 2 februari 2023 (Heijnen, 2023). Dit is namelijk 30% voor bestaande stallen, 50% voor nieuwe stallen en in hotspots 50% voor zowel bestaande als nieuwe stallen. Hotspots zijn pluimveedichte gemeenten¹⁹. Deze fijnstofaanpak voor pluimveehouderijen is nog niet vertaald in wetgeving. Ze geldt ten opzichte van traditionele huisvestingssystemen, als er bijvoorbeeld al een droogtunnel met metalen platen (emissiereductie van 55%) op alle stallen nageschakeld is, dan is er geen aanvullende reductie-eis vanuit deze aanpak. Vanuit dit endotoxine toetsingskader wel, omdat die ziet op een overbelasting van endotoxinen.

Geiten

Ook bij geiten staan er geen huisvestingssystemen met een verminderde fijnstofemissie in Bijlage V van de Omgevingsregeling. Er zijn wel nageschakelde technieken voor geiten met een range van emissiereductie voor fijnstof die loopt van 33 tot 76%. Het gaat in alle gevallen om luchtwassers. Deze technieken zijn bij geitenhouderijen minder gangbaar dan bij varkenshouderijen. Er is geen techniek die slechts 10 of 20% emissiereductie oplevert. Dit is bij geiten een grotere beperking dan bij varkens, omdat het oppervlak dierverblijf voor geiten in de provincie Noord-Brabant vooralsnog niet mag toenemen en er dus weinig tot geen mogelijkheden zijn om met dieren op te vullen. Mits uiteraard het dierverblijf al totaal gebruikt wordt voor het houden van dieren, wat niet altijd het geval zal zijn. Wat wel mogelijk is, is om de luchtwasser na te schakelen op een kleiner aantal dieren zodat de totale emissie van het bedrijf met 10 of 20% reduceert. De kosten van een luchtwastechniek zijn mede afhankelijk van de benodigde dimensionering, dwz de ventilatiebehoefte van het aantal dieren. In geval bijvoorbeeld van een luchtwasser die 33% fijnstof reduceert, zou grofweg op een derde van het aantal dieren een luchtwasser nageschakeld worden. Het is daarnaast ook mogelijk om meer te reduceren dan 10%, het gaat immers om een minimale reductie. De economische effecten zullen daardoor echter wel groter zijn. Uit het Veehouderij en Gezondheid Omwonenden III (VGO III) onderzoek blijkt volgens het advies van de Gezondheidsraad, dat binnen een straal van 1.000 meter een verhoogd risico op longontsteking bestaat. Het is nog onzeker wat dit voor de huidige beperkingen in de geitenhouderij betekent.

Rundvee

Het rundvee valt uiteen in vleesvee en melkvee. De belangrijkste emissie van rundvee is ammoniak, en bij vleesvee speelt ook geuremissie. De beschikbare technieken weerspiegelen dit. Bij de huisvestingssystemen in bijlage V van de Omgevingsregeling is er voor melk- en kalfkoeien ouder dan 2 jaar een huisvestingssysteem met iets minder dan de helft minder fijnstof dan de reguliere huisvesting, maar het gaat dan om een grupstal met drijfmest die vrijwel niet meer gebruikt wordt in Nederland²⁰. Bij vleeskalveren jonger dan één jaar is er één huisvestingssysteem met een derde minder fijnstofemissie dan de reguliere huisvesting. De andere diercategorieën waaronder ook het oudere vleesvee hebben alle een gelijke fijnstofemissie in de huisvestingssystemen zelf. Als nageschakelde techniek bestaat vervolgens voor melk- en kalfkoeien ouder dan 2 jaar beweiding, wat 20% emissiereductie van fijnstof oplevert. Een veehouderij dient dan wel de grond te hebben of te kunnen verkrijgen om te kunnen beweiden, wat dit tot een kostbare optie kan maken. En wellicht wordt al beweiding toegepast. Of deze technieken toepasbaar zijn, zal per geval verschillen, en zal per geval onderbouwd moeten worden. In die gevallen dat de technieken niet toepasbaar zijn, is een daling van fijnstofemissie niet evenredig.

¹⁹ Zoals gedefinieerd in Bijlage 2.2.3 bij de REGELING NATIONALE EZK- EN LNV-SUBSIDIES

²⁰ In de systeembeschrijving van dit systeem, OW 1993.09.V1, staat dat het minder geschikt is voor grotere stallen.

Voor vleeskalveren jonger dan één jaar zijn er wel diverse luchtwassers in bijlage VI van de Omgevingsregeling toepasbaar met een range van emissiereductie van fijnstof die loopt van 35 tot 80%. Bij vleeskalveren is het opvullen in dieraantallen een optie, zoals ook bij varkens het geval is. Bij vleeskalveren worden luchtwassers minder vaak toegepast dan bij varkensbedrijven.

Samenvattend zijn voor het merendeel van de dieren technieken toepasbaar die fijnstofemissie reduceren. Dit met uitzondering van bepaalde categorieën rundvee. Daar waar geen technieken beschikbaar zijn om de fijnstofemissie te reduceren, wordt een afname in fijnstofemissie niet gevraagd. Gelet daarop is het volledig ontbreken van emissiereducerende technieken op het gebied van fijnstof niet bezwaarlijk voor die veehouderijen die het betreft. Daar waar echter slechts een beperkt aantal vrij kostbare of om andere redenen moeilijk toepasbare technieken beschikbaar zijn, kan dit endotoxine toetsingskader relatief grote economische effecten hebben. Bijzondere vermelding behoeven hierbij de melk- en kalfkoeien ouder dan twee jaar die enkel via beweiding of een weinig gebruikt huisvestingssysteem fijnstof kunnen reduceren. Die laatste optie is mede bezwaarlijk omdat het huisvestingssysteem in kwestie niet goed werkt bij grote bedrijven en melkveehouderijen met een endotoxine overbelasting in zijn algemeenheid grote bedrijven zullen zijn. Bij geiten is de economische belasting ook wat zwaarder doordat het opvullen met dieren bij deze categorie weinig mogelijkheden biedt.

5.2 Standstill bij cumulatieve overbelasting door een veehouderij

In de methodiek beschreven in hoofdstuk 6 wordt bij een bijdrage van een veehouderij aan een cumulatieve overbelasting van endotoxinen tussen de 10 en 20 EU/m³ een standstill gevraagd van de endotoxinenbelasting en daarmee de fijnstofemissie. Als er dan een toename van fijnstof aangevraagd wordt, zal de aanvraag aangepast moeten worden naar een standstill. Die aanpassing zal economische effecten hebben op de veehouderij, maar deze zullen in verhouding tot de hierboven genoemde effecten relatief beperkt zijn.

5.3 Nieuwe gevoelige objecten bij overbelasting

Het hanteren van het Endotoxine toetsingskader 1.5 beperkt de locaties waar gevoelige objecten gebouwd kunnen worden. Het Endotoxine toetsingskader 1.0 leverde eveneens beperkingen op, maar het zal per geval verschillen of de versie 1.0 of 1.5 beperkender is. Het nieuwe rekenprogramma geeft namelijk kleinere verspreidingsafstanden voor endotoxinen dan het oude toetsingskader. Daardoor voldoet een individueel pluimvee of vleesvarkensbedrijf eerder aan het nieuwe toetsingskader. Als er meer bedrijven dicht bij elkaar liggen is het nieuwe toetsingskader, door de invoering van een cumulatieve toets, beperkender. Het gaat daarbij om planologische procedures, zodat bestaande rechten niet worden aangetast en economische effecten gering zullen zijn. Dit is anders daar waar er sprake is van lopende plannen. Er wordt daarom gekozen om bij plannen voor gevoelige objecten wel overgangsrecht op te nemen, daar waar de versie 1.5 beperkender is. Dit is hoofdstuk 5 nader gespecificeerd.

Effecten op de ontwikkelingen in de woningvoorraad zijn niet uit te sluiten in gebieden waar de ruimte schaars is. In de meeste gevallen, echter, zal in locaties waar de endotoxine belasting beperkend werkt ook sprake zijn van milieudruk van andere effecten van de veehouderij, zoals fijnstof- en geurbelasting.

Hoofdstuk 6 Beoordelingssystematiek

In dit hoofdstuk wordt de beoordelingssystematiek in stappen toegelicht. Eerst wordt ingegaan op de algemene systematiek en de verschillen met het Endotoxine toetsingskader 1.0. Dan volgt de werkwijze van de daadwerkelijke beoordeling zoals die bij een vergunning of omgevingsplan zal plaatsvinden. De keuzes die in deze beoordelingssystematiek zijn gemaakt, zijn toegelicht in de voorgaande hoofdstukken. De werkwijze ziet ook op het doorlopen van een stappenplan bij de beoordeling van een plan of aanvraag. Hoofdstuk 6 is een deels beleidsmatig onderdeel van het Endotoxine toetsingskader 1.5. Nadat de endotoxine belasting inzichtelijk is gemaakt, is de afweging hoe met de belasting om wordt gegaan, dus hoeveel als aanvaardbaar wordt beschouwd een beleidsmatige afweging.

6.1 Algemene systematiek Endotoxine toetsingskader 1.5

In deze paragraaf wordt ingegaan op de algemene systematiek van het toetsingskader 1.5 en waar die verschilt van de eerdere versie 1.0.

In het Endotoxine toetsingskader 1.0 was sprake van een individuele toets. Via een rekentabel werd de fijnstofemissie ingevoerd en werd een afstand verkregen. Die afstand gold in meters vanaf het emissiepunt tot een gevoelig object. Buiten de afstand werd voldaan aan de norm van 30 EU/m³. In het Endotoxine toetsingskader 1.5 wordt nog steeds gewerkt met een rekentabel die individuele afstanden berekent. Nu worden echter afstanden voor meerdere belastingen berekend, namelijk 10, 20 en 30 EU/m³. Die belastingen van 10 en 20 EU/m³ zijn nodig voor de cumulatieve toets. De cumulatieve toets is nieuw in het Endotoxine toetsingskader 1.5. De cumulatieve toets betekent dat ook als er geen individuele overschrijding is, maar de belasting van meerdere veehouderijen samen voor een hogere belasting dan 30 EU/m³ zorgt, er een overbelasting is. De cumulatieve toets is mogelijk gemaakt door de nieuwe onderzoeken en metingen. Die hebben een verspreidingsmodel opgeleverd, genaamd Stacks-E. Met gebruikmaking van dit model, en de kaarten die ervan afgeleid zijn, is het mogelijk om te zien of er sprake is van een cumulatieve overschrijding. De norm geldt voor alle gevoelige objecten, die in de toetsing aan fijnstof een gevoelig object zijn. De endotoxine belasting van een of meerdere veehouderijen heeft dezelfde gezondheidseffecten, zodat de cumulatieve norm identiek is aan de individuele norm. In het Endotoxine toetsingskader 1.5 is de norm, zowel individueel als cumulatief 30 EU/m³.

In het endotoxine toetsingskader 1.0 was bij een overbelasting van endotoxinen geen toename van de fijnstofemissie toegestaan. Sinds het opstellen van het Endotoxine toetsingskader 1.0 is er meer onderzoek uitgevoerd naar zowel de belasting van endotoxinen als de gezondheidseffecten ervan. Zoals in eerdere hoofdstukken beschreven leidt dat ertoe dat er voor het Endotoxine toetsingskader 1.5 een afname van de fijnstofemissie wordt gevraagd, bij een overbelasting van endotoxinen. Zo wordt er voor gezorgd dat er op termijn geen overbelasting meer is. De gevraagde afname in fijnstofemissie is beperkt, en is afhankelijk van de bijdrage die een veehouderij aan de overbelasting levert. Als één veehouderij al voor een overbelasting zorgt, dus meer dan 30 EU/m³ belasting op een gevoelig object veroorzaakt, wordt er 20% afname gevraagd. Als één veehouderij voor minimaal 20 EU/m³ belasting zorgt op een overbelast gevoelig object, maar niet meer dan 30, wordt er een afname van 10% gevraagd. Als één veehouderij minimaal 10 EU/m³ belasting op een gevoelig object veroorzaakt, maar minder dan 20, wordt een standstill gevraagd. (Ambtshalve) actualisatie van bestaande rechtsgeldige vergunningen wordt niet gevraagd. De toets aan het Endotoxine toetsingskader 1.5 vindt namelijk plaats bij aanvragen en verzoeken tot plannen.

In het Endotoxine toetsingskader 1.0 was er sprake van drie diercategorieën waarvoor endotoxine belastingen werden gegeven, namelijk vleeskuikens, leghennen en vleesvarkens. De beoordeling van andere categorieën pluimvee en varkens werd van die drie diercategorieën afgeleid. Sinds het opstellen van het Endotoxine toetsingskader 1.0 is door meer metingen en metingen bij meer diercategorieën en huisvestingssytemen meer duidelijk geworden over de endotoxinenemissie van de verschillende diercategorieën en huisvestingssytemen. Dit heeft geleid tot een preciezere beoordeling. En ook tot endotoxinenbelastingen voor meer diercategorieën en huisvestingssytemen. In het Endotoxine toetsingskader 1.5 wordt de endotoxinenbelasting gegeven voor:

- Leghennen en vleeskuikens in emissiearme en niet emissiearme huisvesting,
- Vleesvarkens in emissiearme en niet emissiearme huisvesting, gespeende biggen, dragende zeugen en kraamzeugen
- Rundvee
- Geiten

Andere diersoorten worden niet beoordeeld, en zijn ook niet opgenomen in de kaarten van de cumulatieve belasting. Deze andere diersoorten hebben wel een endotoxinenuitstoot. Er is echter onvoldoende over bekend om ze op te nemen in dit toetsingskader.

Het is nodig om voor het Endotoxine toetsingskader 1.5 overgangsrecht op te nemen als het als harde norm wordt opgenomen in een omgevingsplan, mede ook gelet op de geëiste reductie van fijnstofemissie in het nieuwe toetsingskader. Alle lopende aanvragen en wijzigingen van het omgevingsplan of ontwikkelingen waarvoor een geldig principestandpunt van maximaal vijf jaar oud voor is afgegeven, of een contract dat verplicht tot uitvoering van de ontwikkeling met een overheidsorgaan voor is ondertekend zouden bijvoorbeeld uitgezonderd kunnen worden van de werking ervan. Bij toepassing van dit toetsingskader in een omgevingsvergunning mba, is toepassing van de daling van de fijnstofemissie toepasbaar anderhalf jaar na de publicatie dat het bevoegd gezag dit Endotoxine toetsingskader 1.5 hanteert, en eveneens niet op de hierboven genoemde lopende wijzigingen en aanvragen, zoals die bestaan ten tijde van het moment van die publicatie door het bevoegd gezag.

De rekentabel voor individuele afstanden en de kaart zijn raadpleegbaar via www.brabant.nl.

6.2 Werkwijze bij ontwikkelingen bij veehouderijen

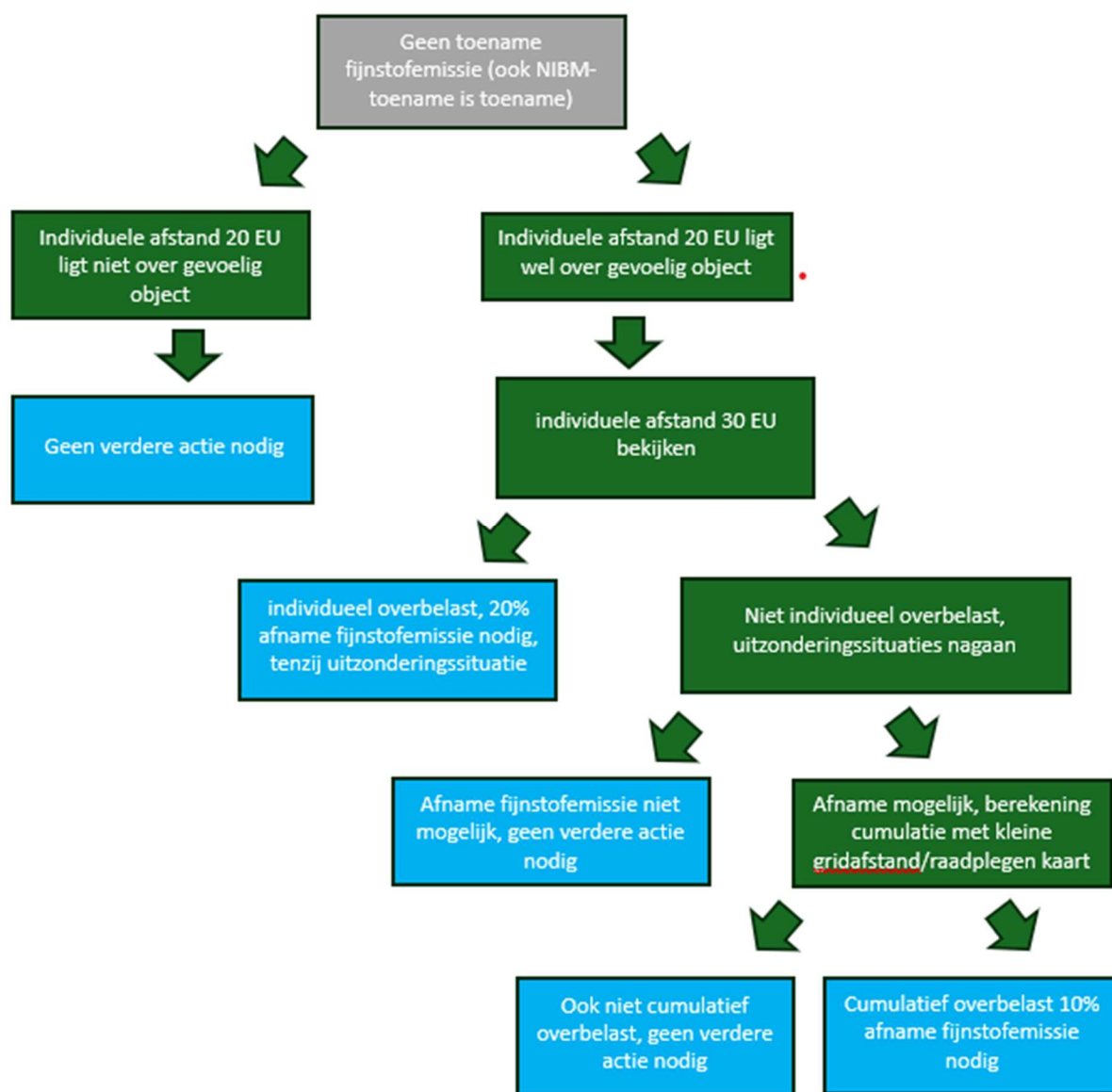
In onderstaande stroomschema's is de beoordeling van aanvragen om omgevingsvergunning voor een milieubelastende activiteit (MBA), omgevingsplan en een (buitenplanse) omgevingsplanactiviteit voor een ontwikkeling van een veehouderij weergegeven. Ingeval van een melding kan alleen gebruik van dit endotoxine toetsingskader worden gevraagd als dit in een omgevingsverordening of omgevingsplan als voorwaarde is opgenomen.

Er zijn twee stroomschema's opgesteld, omdat in situaties waarbij de fijnstofemissie van een veehouderij niet toeneemt, de beoordeling simpeler is. De stappen worden daarna toegelicht. Bij elk stroomschema zijn de stappen volledig toegelicht. Het is daardoor niet nodig om beide stroomschema's te kennen om er één te gebruiken.

In geval van een milieueffectrapport of mer-beoordeling dient altijd de totale belasting van endotoxinen inzichtelijk te worden gemaakt, individueel en cumulatief.

Als in de toekomst hetzelfde bedrijf opnieuw een aanvraag indient, en er is nog steeds sprake van een overbelasting, is dit toetsingskader opnieuw van toepassing.

6.2.1 Situatie zonder toename in de fijnstofemissie



Figuur 1 Stroomschema zonder toename in de fijnstofemissie

In dit stroomschema is sprake van een aanvraag van een veehouderij of een plan voor een veehouderij zonder toename van de fijnstofemissie van die veehouderij in de nieuwe situatie. Niet In Betekenende Mate (NIBM) toename van fijnstof is ook een toename van fijnstof voor zover het de toepassing van dit stroomschema betreft. Een aanvraag die ziet op een NIBM toename wordt niet via dit stroomschema afgehandeld, maar via het stroomschema in paragraaf 6.2.2.

Rekentabel vleesvarkens emissiearm bij 20 EU/m³

Het onderzoek naar endotoxinen heeft al veel informatie opgeleverd, waardoor ook reketabellen kunnen worden opgesteld met een goede betrouwbaarheid. Zie hierover ook hoofdstuk 4. Hier is een uitzondering op, namelijk de reketabel, behorend bij een belasting van 20 EU/m bij de

diercategorie vleesvarkens emissiearm. Dat is in dit stroomschema de eerste stap. Dit kan ondervangen worden door een individuele berekening te maken. Om te zorgen dat dit niet vaker voorkomt dan nodig, wordt bij de diercategorie vleesvarkens emissiearm altijd het stroomschema van paragraaf 6.2.2 gebruikt.

1. De eerste stap is het nagaan of de veehouderij dieren houdt waarvoor in het endotoxine toetsingskader concentraties van endotoxine kunnen worden uitgerekend. Dit zijn: biggen, zeugen, vleesvarkens, leghennen, vleeskuikens rundvee en geiten. De fijnstofemissie van andere diersoorten die eventueel op het bedrijf gehouden worden, worden niet meegenomen in de berekening.
2. Bij de toepassing van het stroomschema wordt eerst de rekentabel gevuld die de individuele afstanden geeft, omdat deze de minste onderzoekslast met zich meebrengt. Als er sprake is van een veehouderij met slechts één diercategorie en huisvestingssystemen in dezelfde categorie, wordt de totale fijnstofemissie van de veehouderij in de nieuwe situatie ingevuld in de rekentabel. Omdat de cumulatieve toets zonder toename van fijnstof consequenties heeft voor veehouderijen vanaf een individuele bijdrage van 20 EU/m^3 , wordt eerst naar deze afstand gekeken.

Meerdere diercategorieën op één bedrijf

In een aantal gevallen zal het voorkomen dat er meerdere diercategorieën op één bedrijf worden gehouden. Eén van de meest voorkomende situaties zal de combinatie van biggen, zeugen en eventueel vleesvarkens zijn. De fijnstofemissie wordt per diercategorie ingevuld in de rekentabel. Als voor meerdere diercategorieën een grotere afstand dan 0 meter uitkomt bij de belastingen van 30 en/of 20 EU/m^3 , is een berekening met kleine gridafstand nodig. In die berekening worden dan enkel de dierverblijven van dit bedrijf worden doorgerekend om tot een individuele belasting te komen. Als slechts voor één diercategorie een afstand groter dan 0 meter voorkomt is die afstand de richtafstand voor het bedrijf.

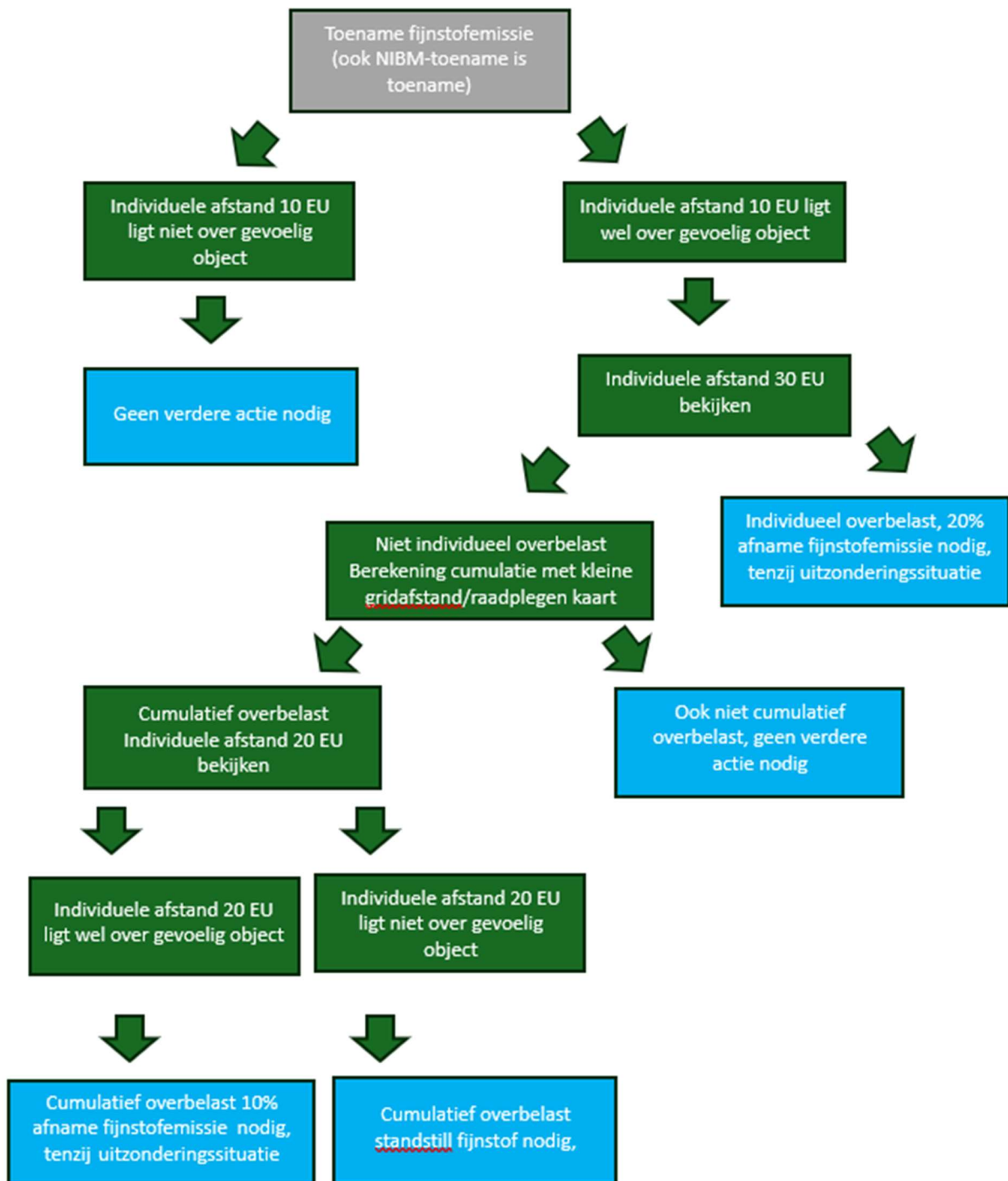
3. Er wordt met bandbreedtes van tientallen meters gewerkt. Dat houdt in dat de afstand die uit de rekentabel komt wordt afgerond naar het dichtstbijzijnde tiental. Bijvoorbeeld een afstand van 32 meter wordt afgerond naar 30. En een afstand van 246 meter wordt afgerond naar 250. De afstand wordt gemeten vanuit het dichtstbijzijnde emissiepunt van een veehouderij tot een gevoelig object. Tenzij er sprake is van een omgevingsplan of bopa, dan wordt de afstand gemeten vanaf het dichtstbijzijnde punt van het bouwvlak tot het gebied waarbinnen een gevoelig object aanwezig mag zijn.
4. Als er geen gevoelig object binnen de individuele afstand behorend bij de belasting van 20 EU/m^3 ligt, is er geen verdere actie nodig. Bij een belasting tussen de 10 en 20 EU/m^3 geldt bij een cumulatieve overbelasting een standstill op het gebied van de endotoxine belasting, en daardoor de fijnstofemissie. Nu er geen toename van fijnstofemissie plaatsvindt, voldoet de aanvraag hier reeds aan. Bij een lagere belasting is er eveneens geen reden tot verdere actie. De aanvraag/plan kan verder op reguliere wijze worden afgehandeld.
5. Als minimaal één gevoelig object binnen de individuele afstand behorend bij de belasting 20 EU/m^3 ligt, wordt gekeken of er sprake is van een individuele overbelasting. Dat wil zeggen een belasting van 30 EU/m^3 of meer door de veehouderij op een gevoelig object.
6. Als er een individuele overbelasting is, is een daling van de endotoxine belasting nodig. Deze is te behalen door een reductie van de fijnstofemissie. De daling van de fijnstofemissie ten opzichte van de totale fijnstofemissie van het bedrijf in de vergunde situatie dient minimaal 20% te bedragen of zoveel emissiereductie dat de overbelasting niet meer bestaat,

afhankelijk van wat de minste emissiereductie van de veehouderij vergt. Met de totale vergunde emissie wordt overigens niet de emissie bedoeld van andere diersoorten dan de in punt 1 genoemde diersoorten. Emissie van diersoorten waar dit toetsingskader niet op ziet wordt er buiten gelaten.

Dit betekent dan ook dat de aanvraag op dit punt aangepast moet worden. Dit tenzij er sprake is van een uitzonderingssituatie. Een uitzonderingssituatie houdt in dat:

- a. er geen technieken op het bedrijf toepasbaar zijn om de fijnstofemissie te reduceren
 - b. of dat toepassing van technieken dusdanig weinig fijnstof reduceert dat de endotoxine afstand niet wijzigt (de afgeronde afstand)
7. In een uitzonderingssituatie wordt geen daling van fijnstofemissie gevraagd maar een standstill. Verplaatsing van een emissiepunt wordt niet gevraagd. Ook een daling van dieren aantallen ten opzichte van de vigerende vergunning (de bestaande situatie) wordt niet gevraagd. Bij melk- en kalfkoeien ouder dan twee jaar zijn twee technieken beschikbaar, zie ook hoofdstuk 5. Of ze toepasbaar zijn, zal per geval verschillen, en zal per geval onderbouwd moeten worden. De aanvraag/plan dient dan op dit punt te worden aangepast.
 8. Ook als er geen individuele overschrijding is, wordt nagegaan of er sprake is van een uitzonderingssituatie. Het gaat dan om dezelfde uitzonderingssituaties als in punt 6. Als dat het geval is, is er geen verder onderzoek of actie nodig.
 9. Als er geen individuele overschrijding en/of een uitzonderingssituatie is, wordt de kaart geraadpleegd, om te zien of er sprake is van een cumulatieve overschrijding. Als de genoemde gevoelige object(en) op de kaart in een groen gebied liggen en er geen recente ontwikkelingen zijn die dat zouden kunnen veranderen, is er geen sprake van een cumulatieve overbelasting. Is er twijfel of een gevoelig object overbelast is, dan wordt een berekening met een kleine gridafstand gemaakt. Twijfel bestaat als de gevoelige objecten grenzen aan een gebied met een andere kleur dan groen, of in een gebied met een andere kleur liggen. In die gevallen dat er geen cumulatieve overbelasting is, is geen verdere actie nodig.
 10. Als er wel een cumulatieve overbelasting is, is een daling van de endotoxine belasting via de fijnstofemissie noodzakelijk. Doel is immers dat de concentratie van endotoxinen geleidelijk aan onder de norm komt. Er dient sprake te zijn van een daling van de fijnstofemissie ten opzichte van de totale fijnstofemissie van het bedrijf in de vergunde situatie van minimaal 10%, of zoveel emissiereductie dat de overbelasting niet meer bestaat, afhankelijk van wat de minste emissiereductie van de veehouderij vergt. Dit betekent dus ook dat de aanvraag/plan aangepast moet worden hieraan.
 11. In geval van zowel een individuele overbelasting als een bijdrage van minimaal 20 EU/m³ aan een cumulatieve overschrijding, geldt de emissiereductie van de individuele overbelasting.

6.2.2 Situatie met toename van de fijnstofemissie



Figuur 2 Stroomschema als er toename van fijnstof is

In dit stroomschema is sprake van een aanvraag van een veehouderij of een plan voor een veehouderij met een toename van de fijnstofemissie van die veehouderij in de nieuwe situatie. Deze situatie zal het bevoegd gezag niet zo snel tegenkomen, de adviseur zal meestal dit toetsingskader raadplegen voorafgaand aan het indienen van een aanvraag of plan. En dan kan blijken dat een

toename in fijnstof niet mogelijk is bij de betreffende veehouderij. Voor de adviseur kan dit stroomschema daarom juist wel behulpzaam zijn, bij de voorbereiding van een aanvraag of plan. Ook bij een Niet In Betekenende Mate (NIBM) toename van fijnstof is er sprake van een toename van fijnstof voor zover het de toepassing van dit toetsingskader betreft. Bij een aanvraag voor emissiearme vleesvarkens is het qua onderzoekslast gemakkelijker om dit stroomschema te gebruiken dan dat in 6.2.1.

1. De eerste stap is het nagaan of de veehouderij dieren houdt waarvoor in het endotoxine toetsingskader concentraties van endotoxinen kunnen worden uitgerekend. Dit zijn: biggen, zeugen, vleesvarkens, leghennen, vleeskuikens, rundvee en geiten. De fijnstofemissie van andere diersoorten die eventueel op het bedrijf gehouden worden, zoals paarden of kalkoenen, worden niet meegenomen in de berekening.
2. Bij de toepassing van het stroomschema wordt eerst de rekentabel gevuld die de individuele afstanden geeft, omdat deze de minste onderzoekslast met zich meebrengt. Als er sprake is van een veehouderij met slechts één diercategorie en huisvestingssystemen in dezelfde categorie, wordt de totale fijnstofemissie van de veehouderij in de nieuwe situatie ingevuld in de rekentabel.

Meerdere diercategorieën op één bedrijf

In een aantal gevallen zal het voorkomen dat er meerdere diercategorieën op één bedrijf worden gehouden. Eén van de meest voorkomende situaties zal de combinatie van biggen, zeugen en eventueel vleesvarkens zijn. De fijnstofemissie wordt per diercategorie ingevuld in de rekentabel. Als hier voor meerdere diercategorieën een grotere afstand dan 0 meter uit komt bij, is een berekening met kleine gridafstand nodig om duidelijkheid te verschaffen. In die berekening worden dan enkel de dierverblijven van dit bedrijf worden doorgerekend om tot een individuele belasting te komen. Als slechts voor één diercategorie een afstand groter dan 0 meter voorkomt is die afstand de richtafstand voor het bedrijf.

3. Er wordt met bandbreedtes van tientallen meters gewerkt. Dat houdt in dat de afstand die uit de rekentabel komt wordt afgerond naar het dichtstbijzijnde tiental. Bijvoorbeeld een afstand van 32 meter wordt afgerond naar 30. En een afstand van 246 meter wordt afgerond naar 250. De afstand wordt gemeten vanuit het dichtstbijzijnde emissiepunt van een veehouderij tot een gevoelig object. Tenzij er sprake is van een omgevingsplan, dan wordt de afstand gemeten vanaf het dichtstbijzijnde punt van het bouwvlak tot een gevoelig object.
4. Omdat de cumulatieve toets bij een toename van fijnstof consequenties heeft voor veehouderijen vanaf een individuele bijdrage van 10 EU/m^3 , wordt eerst naar deze afstand gekeken. Als die voldoet is geen verdere actie nodig voor de veehouderij. Bij een belasting van minder dan 10 EU/m^3 is de bijdrage van de veehouderij, ook aan een eventuele cumulatieve overschrijding, relatief beperkt en is het niet reëel om voor wat betreft endotoxine belasting eisen aan het bedrijf te stellen. De aanvraag kan verder op reguliere wijze worden afgehandeld.
5. Als binnen de individuele afstand behorend bij de belasting 10 EU/m^3 wel minimaal één gevoelig object ligt, wordt gekeken of er sprake is van een individuele overschrijding. Dat wil zeggen een belasting van 30 EU/m^3 of meer door de veehouderij op een gevoelig object. Als er geen individuele overschrijding is, zal gekeken worden of er een cumulatieve overschrijding is, deze toets begint bij punt 9.
6. Als er wel een individuele overbelasting is, is een daling van de endotoxine belasting nodig. Deze is te behalen door een reductie van de fijnstofemissie. De daling van de fijnstofemissie ten opzichte van de totale fijnstofemissie van het bedrijf in de vergunde situatie, dient

minimaal 20% te bedragen of zoveel emissiereductie dat de overbelasting niet meer bestaat, afhankelijk van wat de minste emissiereductie van de veehouderij vergt. Met de totale vergunde emissie wordt overigens niet de emissie bedoeld van andere diersoorten dan de in punt 1 genoemde diersoorten. Emissie van diersoorten waar dit toetsingskader niet op ziet wordt er buiten gelaten.

7. Dit betekent dan ook dat de aanvraag op dit punt geweigerd moet worden, tenzij ze wordt aangepast aan de eisen van dit toetsingskader. Dit tenzij er sprake is van een uitzonderingssituatie. Een uitzonderingssituatie houdt in dat:
 - a. er geen technieken op het bedrijf toepasbaar zijn om de fijnstofemissie te reduceren
 - b. of dat toepassing van technieken dusdanig weinig fijnstof reduceert dat de endotoxine afstand niet wijzigt (de afgeronde afstand)
8. In een uitzonderingssituatie wordt geen daling van fijnstofemissie gevraagd maar een standstill. Verplaatsing van een emissiepunt wordt niet gevraagd. Ook een daling van dieraantallen ten opzichte van de vigerende vergunning (de bestaande situatie) wordt niet gevraagd. Bij melk- en kalfkoeien ouder dan twee jaar zijn twee technieken beschikbaar, zie ook hoofdstuk 5. Of ze toepasbaar zijn, zal per geval verschillen, en zal per geval onderbouwd moeten worden. De aanvraag/plan dient dan op dit punt te worden aangepast.
9. Als er geen sprake is van een individuele overschrijding, maar er wel een of meerdere gevoelige objecten binnen de afstand behorende bij een endotoxine belasting van 10 EU/m³ liggen, wordt de cumulatieve endotoxine kaart geraadpleegd. Als de genoemde gevoelige object(en) op de kaart in een groen gebied liggen en er geen recente ontwikkelingen zijn die dat zouden kunnen veranderen, is er geen sprake van een cumulatieve overbelasting. Is er twijfel of een gevoelig object overbelast is, dan wordt een berekening met een kleine gridafstand gemaakt. Twijfel bestaat als de gevoelige objecten grenzen aan een gebied met een andere kleur dan groen, of in een gebied met een andere kleur liggen.
10. In die gevallen dat er geen cumulatieve of individuele overbelasting is van de grenswaarde van 30 EU/m³, is geen verdere actie nodig.
11. Als er wel een cumulatieve overbelasting is, wordt ook gekeken of er gevoelige objecten binnen de richtafstand van 20 EU/m³ liggen. Als hieruit blijkt dat de afstand behorend bij een concentratie van 20 EU/m³ overschreden wordt op een gevoelig object, is eveneens een daling van de endotoxine belasting via de fijnstofemissie noodzakelijk. Doel is immers dat de concentratie van endotoxinen geleidelijk aan onder de norm komt. Er dient sprake te zijn van een daling van de fijnstofemissie ten opzichte van de totale fijnstofemissie van het bedrijf in de vergunde situatie van minimaal 10%, of zoveel emissiereductie dat de overbelasting niet meer bestaat, afhankelijk van wat de minste emissiereductie van de veehouderij vergt. Dit betekent dus ook dat de aanvraag/plan aangepast moet worden hieraan. Er wordt 10% daling gevraagd in de plaats van 20% omdat de bijdrage van het bedrijf aan de endotoxine belasting bij een cumulatieve overschrijding kleiner is dan bij een individuele overschrijding. Ook hier geldt dat daling niet wordt gevraagd als sprake is van een uitzonderingssituatie. De uitzonderingssituaties zijn hetzelfde als onder punt 6.

Rekentabel vleesvarkens emissiearm bij 20 EU/m³

Het onderzoek naar endotoxinen heeft al veel informatie opgeleverd, waardoor ook rekentabellen kunnen worden opgesteld met een goede betrouwbaarheid. Zie hierover ook hoofdstuk 4. Hier is een uitzondering op, namelijk de rekentabel, behorend bij een belasting van 20 EU/m³ bij de diercategorie vleesvarkens emissiearm. Als deze berekening nodig is, zal die via het cumulatieve model berekend moeten worden, met een kleine gridafstand, waarin dan enkel de diervverblijven van dit bedrijf worden doorgerekend om tot een individuele belasting te komen.

12. Als er geen gevoelig object binnen de afstand behorend bij een belasting van 20 EU/m³ ligt, dan ligt de belasting tussen de 10 en 20 EU/m³. Er is dan wel sprake van een relevante bijdrage van een bedrijf maar geen hele grote. Er is dan geen daling van fijnstofemissie nodig maar een standstill ten opzichte van de vergunde situatie. De aanvraag/plan dient dan op dat punt aangepast te worden.
13. In geval van zowel een individuele overbelasting als een bijdrage van minimaal 20 EU/m³ aan een cumulatieve overschrijding geldt de emissiereductie van de individuele overbelasting.

6.3 Werkwijze bij ontwikkelingen van gevoelige objecten

In de voorafgaande paragrafen is ingegaan op volksgezondheid in relatie tot plannen en vergunningaanvragen van veehouderijen. Voor het beoordelen van plannen en aanvragen voor omgevingsvergunningen van omgevingsplanactiviteiten om gevoelige objecten mogelijk te maken, is de zogenaamde 'omgekeerde werking' aan de orde. Het doel hiervan is dat voorkomen wordt dat toekomstige bewoners worden blootgesteld aan te hoge concentraties endotoxinen in de buitenlucht. Bij concentraties boven de grenswaarde bestaat een verhoogd risico voor de volksgezondheid en is het woon- en leefklimaat in termen van een juiste toedeling van functies aan locaties onaanvaardbaar.

Bij plannen of omgevingsplanactiviteiten voor gevoelige objecten wordt enkel de cumulatieve toets verricht. Voor een gevoelig object is immers alleen relevant in de toetsing of er sprake is van een overbelasting, niet wat de bijdrage van elke veehouderij daarin is.

Bij het toevoegen van nieuwe gevoelige objecten is het mogelijk om door het bekijken van de cumulatieve kaart een schatting van de cumulatieve belasting te maken. Als de nieuwe gevoelige objecten ruim buiten gebieden met overbelasting liggen, dan is toetsing aan deze kaart in principe voldoende, tenzij er kennis is van recente ontwikkelingen van veehouderijen die nog niet in de kaart zijn verwerkt. Met gebieden met overbelasting wordt bedoeld, gebieden waar de belasting hoger ligt dan 30 EU/m³.

Is er twijfel of een locatie overbelast is, dan wordt een berekening met een kleine gridafstand gemaakt. Twijfel bestaat als de locatie grenst aan een gebied met een andere kleur dan groen, of in een gebied met een andere kleur ligt. Bij twijfel is een berekening met kleine gridafstand nodig van de cumulatieve belasting. Indien er geen sprake is van een cumulatieve overschrijding is er ook geen sprake van een individuele overschrijding. Als er wel sprake is van een cumulatieve overschrijding kan het initiatief op die wijze en locatie geen doorgang vinden.

Literatuur

- Agarwal, V., et al., (2023) Spatial and temporal distribution of endotoxins, antibiotic resistance genes and mobile genetic elements in the air of a dairy farm in Germany, *Environmental Pollution* vol. 336, issue 122404
- Surya Kumar Chhetry, B. et al. (2022) Endotoxins affecting human health during agricultural practices: an overview, *AppliedChem*, vol. 3(1), p. 11-31
- Denissen, S., (2022) Luchtkwaliteit en gezondheid in de provincie Noord-Brabant, Brabantse GGD-en
- De Rooij, M. M. T., (2019) Livestock-related microbial air pollution: residential exposure and health effects. Doctoral thesis (Research UU / Graduation UU), Utrecht
- De Rooij, M.M.T., Erbrink, H.J., Smit, L.A.M., Wouters, I.M., Hoek, G., Heederik, D.J.J., (2024) Short-term residential exposure to endotoxins emitted from livestock farms in relation to long function in non-farming residents, *Environmental Research* 243, issue 117821
- DGMR, (2023) Uitgangspunten verspreidingsberekening voor endotoxinenconcentraties in Noord-Brabant, Den Haag
- Douwes, J., Brooks, C., Pearce, N., (2009) Protective effects of farming on allergies and asthma: have we learnt anything since 1873?, *Expert Review of Clinical Immunology*, Volume 5, issue 3
- Erbrink, J.J., D.J.J. Heederik, N.W.M. Ogink, A. Winkel, and I.M. Wouters, (2016), Emissies van endotoxinen uit de veehouderij: emissiemetingen en verspreidingsmodellering, Wageningen, Wageningen University and Research, Wageningen Livestock Research report 959.
- Erbrink Stacks Consult, (2019), Endotoxine niveaus in VGO gebied, Arnhem
- Erbrink Stacks Consult, (2020a), Endotoxine concentraties rond stallen: modelberekeningen, Arnhem
- Erbrink Stacks Consult, (2020b) Bijdrage stallen aan endotoxine niveaus in Noord-Brabant, Arnhem
- Erbrink, J.J., Winkel, A., van Schothorst, I.M., Huis in 't Veld, J.W.H., Wouters, I.M., Heederik, D.J.J., Ogink, N.W.M., (2021), Validatie van het atmosferisch verspreidingsmodel Stacks voor stofdeeltjes en endotoxinen uit een pluimveebedrijf, Wageningen Livestock Research; Erbrink Stacks Consult; Institute for Risk Assessment Sciences, Universiteit Utrecht. Wageningen Livestock Research Openbaar Rapport 1255
- Gehring, U., Wijga, A.H., Koppelman, G.H., Vonk, J.M., Smit, H.A., Brunekreef, B., (2020) House dust endotoxin, asthma and allergic sensitization through childhood into adolescence, *Epidemiology of Allergic Disease*, 50:1055–1064. <https://doi.org/10.1111/cea.13705>
- Gezondheidsraad, (2012), Gezondheidsrisico's rond veehouderijen, Den Haag, Gezondheidsraad, publicatienr. 2012/27
- Hagenaars, T., Hoeksma, P., de Roda-Husman, A.M., Swart, A., Wouters, I., (2017) Veehouderij en Gezondheid Omwonenden (aanvullende studies). Analyse van gezondheidseffecten, risicofactoren en uitstoot van bio-aerosolen, Bilthoven, RIVM, RIVM rapport nr 2017-0062
- Heederik, D. J. J., IJzermans, C. J., (2011) Mogelijke effecten van intensieve veehouderij op de gezondheid van omwonenden (IVG). Utrecht, IRAS-UU/Nivel
- Heederik, D., Erbrink, H., Farokhi, A., Hagenaars, T., Hoek, G., Ogink, N., de Rooij, M., Smit, L., Winkel, A., & Wouters, I. (2019) Risicomodellering veehouderij en gezondheid (RVG): modellering van regionale endotoxineconcentraties en relaties met gezondheidseffecten. (IRAS UU; No. 2019-01), (WBVR; No. 1910304). Wageningen University & Research.
- Heederik, D., Erbrink, H., Smit, L., Wouters, I., Hoek, G., de Rooij, M., (2021) Vervolgonderzoek risicomodellering veehouderij en gezondheid (RVG): additionele analyses gericht op modellering van regionale endotoxineconcentraties over korte periodes en relaties met gezondheidseffecten (IRAS UU, WUR, Erbrink Stacks), Arnhem
- Heijnen, V.L.W.A., (2023, 2 februari), Aanscherping uitstootnormen fijnstof uit pluimveestallen [Kamerbrief], Geraadpleegd van pdf (overheid.nl)
- Heijnen, V.L.W.A., (2024, 24 mei) Nationaal Milieu Programma: voortgang [Kamerbrief] Geraadpleegd van nationaal-milieuprogramma-voortgang voorjaar 2024.pdf
- IJzermans, C.J., Smit, L.A.M., Heederik, D.J.J., Hagenaars, T.J., (2018), Veehouderij en gezondheid omwonenden III: longontsteking in de nabijheid van geiten- en pluimveehouderijen in Brabant en Limburg; actualisering 2014-2016., Utrecht, Nivel

- IJzermans, J., Smit, L., Dückers, M., Baliatsas, C., (2021) Longontsteking in de nabijheid van geitenhouderijen in Noord-Brabant en Limburg: Actualisering van gegevens uit huisartspraktijken 2017 – 2019, Nivel
- Khedher, S.B., Neri, M., Guida, F., Matrat, M., Cenée, S., Sanchez, M., Menvielle, G., Molinié, F., Luce, D., Stücker, I., (2017) Occupational exposure to endotoxins and lung cancer risk: results of the ICARE Study, *Occupational and environmental medicine*, Volume 74, Issue 9
- Maassen, K., Smit, L., Wouters, I., van Duijkeren, E., Janse, I., Hagenaars, T., IJzermans, J., van der Hoek, W., Heederik, D., (2016) Veehouderij en gezondheid omwonenden, Bilthoven, RIVM, RIVM rapport 2016-0058
- Mueller-Anneling, L., Avol, E., Peters, J.M., Thorne, P.S., (2004), Ambient endotoxin concentrations in PM10 from Southern California. *Environmental Health Perspectives*, Volume 112, issue 5
- Mughini-Gras, L., Zorn, J., Jacobs, J., Klinkenberg, D., Velders, G., van der Giessen, J., Gerlofs-Nijland, M., Simões, M., Smit, L., Vermeulen, R., Dijkema, M., van der Zee, S., Hagenaars, T., (2024) Luchtkwaliteit en COVID-19. Een onderzoek naar de mogelijke relaties tussen luchtverontreiniging en de incidentie en ernst van COVID-19 in Nederland, RIVM
- Nijdam, R., Dusseldorp, A., Elders-Meijerink, M., Jacobs, P., Maassen, C.B.M., van der Lelie, S., Pasnagel, M., van Strien, R., van de Waal, N., van de Weerd, R., Zock, J.P., (2020) GGD-richtlijn medische milieukunde: Veehouderij en gezondheid, RIVM
- Odendaal, M., Steenhuisen Pijters, de, W.A.A. Franz, E., Mei Ling, J.N.C., Groot, J.A., Logchem, van, E., Hasrat, R., Kuiling, S., Pijnacker, R., Mariman, R., Trzcinski, K., Klis, van der, F.R.M., Sanders, E.A.M., Smit, L.A.M., Bogaert, D., Bosch, T., (2024), Host and environmental factors shape upper airway microbiota and respiratory health across the human lifespan, *Cell*, Volume 187, issue 17
- Provincie Noord-Brabant, (2022), Een gezond milieu voor een gezonder leven: Beleidskader Milieu 2030, Den Bosch
- Simões, M., Taenzer, J., Smit, L.A.M., Vermeulen, R., Fricke, J.T., Zorn, J., Gerlofs-Nijland, M., Mughini-Gras, L., De Rooij, M.M.T., (2026) Impact of livestock-related air pollution on public health: A nationwide population-based study on COVID-19 in the Netherlands, *Environment International*, Volume 211, Article 110264
- Smit, L., Huss, A., Jacobs, J., Baliatsas, C., Dückers, M., Boender, G.J., McCarthy, C., Hagenaars, T., IJzermans, J., Heederik, D., (2019) Veehouderij en Gezondheid Omwonenden III: Longontsteking in de nabijheid van geiten- en pluimveehouderijen in Gelderland, Overijssel en Utrecht, IRAS, Utrecht
- Winkel A., Wouters, I. M., Aarnink, A. J. A., Heederik, D. J. J., Ogink, N. W. M., (2014), Emissies van endotoxinen uit de veehouderij: een literatuurstudie voor ontwikkeling van een toetsingskader, Wageningen
- Winkel, A., Wouters, I. M., (2016) Additionele maatregelen ter vermindering van emissies van bioaerosolen uit stallen: verkenning van opties, kosten en effecten op de gezondheidslast van omwonenden, Wageningen
- Winkel, A., Erbrink, J. J., Wouters, I. M., Huis in 't Veld, J. W. H., Heederik, D. J. J., & Ogink, N. W. M., (2018), Emissies van endotoxinen uit de veehouderij: eindrapport endotoxine metingen: Emissions of endotoxins from animal production: final report on endotoxin measurements, Wageningen, (Wageningen Livestock Research rapport; No. 1092)
- Wouters, I.M., van Schothorst I.J., Scherpenisse, P., Spithoven, J., Hoek, G., Heederik, D., (2019) Monitoring van luchtkwaliteit in een veehouderijrijke omgeving in de provincie Limburg: inzicht in verschillen en overeenkomsten tussen componenten, Utrecht
- Van Veldhoven – van der Meer, S., (2019, 13 juni) Toekomst veehouderij [Kamerbrief], Geraadpleegd van Kamerstuk 28973, nr. 214 | Overheid.nl > Officiële bekendmakingen (officielebekendmakingen.nl)
- Yen, Y.C., Yang, C.Y., Wang, T.N., Yen, P.C., Ho, C.K., Mena, K.D., Lee, T.C., Chen, K.S., Lin, Y.C., Chen, P.S., (2020) Household airborne endotoxin associated with asthma and allergy in elementary school-age children: a case–control study in Kaohsiung, Taiwan, *Environmental Science and Pollution Research*, 27:19502–19509, <https://doi.org/10.1007/s11356-020-07899-x>

Bijlage 1 Overzicht onderzoeksprogramma's

Er wordt al ruim 10 jaar onderzoek uitgevoerd naar veehouderij en volksgezondheid in een consortium van onderzoeksinstituten: Het RIVM (Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu), het IRAS van de Universiteit Utrecht (Institute of Risk Assessment), Nivel (Nederlands Instituut voor Onderzoek van de Gezondheidszorg) en de WLR Wageningen Universiteit (Wageningen Livestock Research). In deze bijlage wordt een overzicht van de drie grote onderzoeksprogramma's gegeven, in de bijlagen hierna volgen losse onderzoeken, gegroepeerd naar gezondheidseffecten, blootstelling en verspreiding. De meeste onderzoeken naar gezondheidseffecten zijn opgenomen in een van de drie onderzoeksprogramma's

Onderzoeksprogramma Veehouderij en Gezondheid Omwonenden (VGO)

(Heederik et al., 2011) (Maassen et al. 2016) (Hagenaars et al., 2017) (Smit et al., 2019) (IJzermans et al., 2021)

In 2012 verscheen het eerste rapport "Intensieve veehouderij en gezondheid (IVG)". Er werden duidelijke aanwijzingen gevonden voor gezondheidseffecten bij omwonenden. De Gezondheidsraad adviseerde in november 2012 om aanvullende onderzoeken uit te voeren. In 2012 is gestart met aanvullend onderzoek en verschillende deelonderzoeken in het RIVM programma "Veehouderij en Gezondheid Omwonenden (VGO)". De resultaten van het onderzoek zijn op 7 juli 2016 gepubliceerd en op diezelfde dag door de onderzoekers toegelicht op een symposium in 's-Hertogenbosch. - Voor de jaren 2010-2013 werden er nadelige én positieve verbanden gevonden tussen gezondheid en wonen in de buurt van een veehouderij. Positieve verbanden die gevonden werden waren bijvoorbeeld het verminderd voorkomen van astma en neusallergie. Negatieve aspecten die uit de onderzoeken naar voren kwamen, waren dat er sprake was van een verhoogd voorkomen van luchtwegklachten en een verminderde longfunctie in relatie tot de dichtheid van veehouderijbedrijven rond de woning (meer dan 15 veehouderijen binnen een straal van 1km), ongeacht het type bedrijf. Ook was sprake van een verlaagde longfunctie na dagen en weken met een verhoogde ammoniakconcentratie. Dit effect wordt waarschijnlijk niet door ammoniak zelf veroorzaakt maar door de vorming van secundair fijnstof in de lucht. Eén van de nadelige verbanden die in het eerste VGO onderzoek werd gevonden is een extra risico op longontsteking bij mensen die woonden in de buurt van geitenhouderijen en/of pluimveehouderijen.

In 2017 verscheen het tweede rapport; 'Veehouderij en gezondheid omwonenden - aanvullende analyses' (VGO-2) over het voorkomen van longontsteking in de nabijheid van geiten- en pluimveehouderijen. In 2018 verscheen de actualisatie van het onderzoek (VGO-3, Longontsteking in de nabijheid van geiten- en pluimveehouderijen). Uit de onderzoeken bleek nog steeds sprake te zijn van een extra risico op het krijgen van longontsteking voor omwonenden binnen een straal van 2 kilometer van geitenhouderijen. Voor omwonenden van pluimveebedrijven werd een dergelijke relatie niet in alle jaren meer aangetoond.

In 2019 is het programma Veehouderij en Gezondheid en Omwonenden III (VGO-III) gestart waarin onderzoek gedaan wordt naar oorzaken van longontstekingen rond geitenhouderijen. Het doel is om te achterhalen *waarom* mensen die wonen in de buurt van geitenhouderijen vaker een longontsteking hebben. Alle vervolgonderzoeken hebben ernstig vertraging opgelopen door de coronapandemie. Sommige deelstudies zijn uitgesteld. In 2020 is wel een deelstudie verschenen naar het voorkomen van longontsteking in Gelderland en Overijssel. Hierin werd het verband tussen de nabijheid van geitenhouderijen opnieuw vastgesteld. Ook is het verband tussen de nabijheid van pluimveehouderijen en longontsteking opnieuw aangetoond. In 2021 is een deelonderzoek

verschenen waarin gekeken is naar het voorkomen van longontsteking per maand. Was er bijvoorbeeld meer longontsteking rondom geitenhouderijen en pluimveehouderijen in het griep- of lammerseizoen? Dit blijkt niet het geval. Het verschil tussen de maanden is klein, en er lijkt eerder in de zomer een lichte toename van het aantal longontstekingen te zijn.

In 2024 is het VGO III onderzoek gepubliceerd dat specifiek zag op het voorkomen van longontstekingen bij geitenhouderijen en de oorzaken daarvan.

Onderzoeksprogramma ontwikkeling beoordelingskader endotoxinen (OBE) (2013-2019)

(Winkel et al., 2014) (Erbrink et al., 2016) (Winkel et al., 2018)

Vanaf 2013 is in opdracht van het Ministerie van I&W onderzocht of een toetsingskader voor endotoxine-emissies uit stallen mogelijk en zinvol is, naast de reeds bestaande toetsingskaders voor geur en PM10. Daartoe is eerst een literatuurstudie uitgevoerd waarin de kennis over endotoxine-emissies uit de veehouderij is samenvat en is verkend hoe een toetsingskader er uit zou moeten zien. Conclusie uit dit rapport was o.a. dat een toetsingskader, net zoals die voor geur en PM10, zou moeten bestaan uit:

- a) emissiefactoren per diercategorie/ huisvestingssysteem,
- b) een verspreidingsmodel dat de concentraties van endotoxinen berekent nabij gevoelige objecten,
- c) een grenswaarde waaraan de uitkomst van b) kan worden getoetst.

Met zo'n kwantitatieve/modelmatige aanpak kan recht worden gedaan aan specifieke situaties en gebieden in tegenstelling tot bijvoorbeeld generieke afstandsgrenzen. Er werd geconcludeerd dat het Stacks-model met een aantal aanpassingen (zie hierna) zou kunnen worden doorontwikkeld tot een verspreidingsmodel voor endotoxinen. Als grenswaarde werd voorgesteld om 30 endotoxine eenheden per kubieke meter lucht (EU Europese unie /m³) te nemen (de 99,5 percentielwaarde), d.i. de gezondheidkundige advieswaarde voor endotoxinen voor omwonenden zoals voorgesteld door de Gezondheidsraad in haar rapport "Gezondheidsrisico's rondom veehouderijen" (Gezondheidsraad, 2012).

Uit de literatuurstudie kwam naar voren dat er nauwelijks endotoxine-emissiecijfers voor stallen bestaan. In de vervolgfase van het onderzoek is daarom een eerste set endotoxine-emissiecijfers vastgesteld bij stallen voor vleesvarkens, leghennen en vleeskuikens. Deze diergroepen dragen het meeste bij aan de totale emissie van endotoxinen in een gebied. Tevens is het STACKS-model geschikt gemaakt om te rekenen met grotere stofdeeltjes (tussen 10 en 100 micrometer), met de depositie die daarbij plaatsvindt door de grotere deeltjes, en met een endotoxinegehalte in het stof. Met dit model zijn voor 18 fictieve stalsituaties verspreidingsberekeningen van endotoxinen en gelijktijdig berekeningen voor geur (met V-STACKS vergunningen) en PM10 (met ISL3a) gemaakt. Daaruit is geconcludeerd dat de bestaande toetsingskaders voor geur en PM10 niet altijd voldoende beschermend zijn om overschrijdingen van 30 EU/m³ te voorkomen, met name in de nabijheid van pluimvee (met weliswaar lagere concentraties endotoxinen per gram geëmitteerd stof, maar een grotere hoeveelheid geëmitteerd stof dan bv. varkens)

In de hierop volgende fase van dit OBE-onderzoek is de eerste set emissiefactoren uitgebreid naar meer diercategorieën en meer stallen per diercategorie. De thans beschikbare dataset bestaat uit 60 emissiemetingen uitgevoerd bij stallen voor zeugen, biggen, vleesvarkens, leghennen, vleeskuikens en melkkoeien.

Met deze onderzoeksfase is een verdere onderbouwing en detaillering van de emissiecijfers en de uitgangspunten voor de verspreidingsmodellering binnen het toetsingskader voor endotoxinen verkregen. In het onderzoeksproject 'Risicomodellering veehouderij en gezondheid' (RVG), is gebruik gemaakt van de endotoxine-emissies die binnen dit onderzoek zijn bepaald.

Onderzoeksprogramma Risicomodellering Veehouderij en Gezondheid (RVG)

(Heederik et al., 2019) (Heederik et al., 2021)

Het onderzoeksprogramma Risicomodellering Veehouderij en Gezondheid (RVG), verschenen in 2019, bestond uit twee hoofdonderdelen: (1) modellering van endotoxineconcentraties in de buitenlucht voor een groot gebied, en (2) onderzoek naar gezondheidseffecten die geassocieerd zijn met endotoxineblootstelling.

1. Binnen het RVG-project is de verspreidingsmodellering voor endotoxinen (zoals die ontwikkeld was binnen het OBE-onderzoek) verder doorontwikkeld en gevalideerd aan de hand van endotoxinemetingen in de buitenlucht op leefniveau. Hierbij is gebruik gemaakt van een bestaande dataset van endotoxine in de PM10-fractie, gemeten als tweewekelijks gemiddelde, op 60 meetlocaties in het VGO-gebied over een totaal tijdsbestek van circa anderhalf jaar (gerapporteerd in Maassen et al. (2016)). Vervolgens is de verspreidingsmodellering toegepast om voor het gehele VGO-gebied (oostelijk deel Noord-Brabant en noorden van Limburg; dit betrof 14.000 receptorpunten) 4-uurs waarden van endotoxineconcentraties in de lucht te berekenen. Hierdoor is voor dit gebied inzichtelijk gemaakt waar potentieel overschrijding plaatsvindt van de door de Gezondheidsraad voorgestelde gezondheidkundige advieswaarde van 30 EU/m³ (de 4-uurs waarden zijn representatief voor de acute luchtwegklachten waarop de gezondheidkundige advieswaarde is gebaseerd). Daarnaast leverde dit inzicht op in de bijdrage van onder meer de verschillende diercategorieën aan de endotoxineconcentraties in de lucht.
2. Het onderzoek naar gezondheidseffecten van endotoxineblootstelling bestond o.a. uit een systematische literatuurstudie naar effecten van endotoxine op de luchtwegen bij lage concentraties endotoxine (dwz minder dan 100 EU/m³) in de lucht. Circa 1.300 studies zijn onderzocht. De meeste studies kenden een kleine onderzoekspopulatie en zijn zeer heterogeen qua opzet zodat ze moeilijk vergelijkbaar zijn. Er zijn echter voor diverse gezondheidseffecten op de luchtwegen statistisch significante verbanden gevonden in een aantal studies. Het bewijs is het sterkst voor een lagere longfunctie. Daarnaast zijn voor de VGO-onderzoekspopulatie (in totaal ruim 12.000 deelnemers) de associaties tussen gezondheid en endotoxineblootstelling op het woonadres onderzocht. Hiervoor is voor elke VGO-gezondheidsstudiedeelnemer de jaargemiddelde blootstelling op het woonadres gemodelleerd en is het verband onderzocht met diverse gezondheidsuitkomsten, waaronder allergieën, longfunctie, luchtwegklachten en -aandoeningen. Het gevonden verband bleek sterker dan het verband tussen fijnstof en de gezondheidseffecten van de luchtwegen.

In 2021 is een vervolg verschenen op de RVG-studie. Het gaat om additionele analyses gericht op modellering van regionale endotoxineconcentraties over korte periodes en relaties met gezondheidseffecten, in tegenstelling tot het onderzoek van 2019 dat de correlatie van gezondheidseffecten met de jaargemiddelde concentratie van endotoxine onderzocht. Dit omdat jaargemiddelde concentraties endotoxine in de lucht zeer laag zijn en het plausibeler is dat effecten als gevolg van blootstelling aan endotoxine vooral door korter durende hoge concentraties (pieken in blootstelling) worden veroorzaakt.

Tevens is onderzocht of weekgemiddelde endotoxineniveaus geassocieerd zijn met de longfunctie van de deelnemers aan het VGO onderzoek, als indicatie voor het mogelijk optreden van acute effecten.

Uit de resultaten blijkt dat de 99,5-percentiel endotoxineconcentratie op jaarbasis en de jaargemiddelde concentratie endotoxine op het woonadres sterk correleren. Daardoor leveren analyses met de 99,5-percentiel waarde van de verdeling van 4-uurs gemiddelde endotoxineconcentraties vergelijkbare verbanden op met gezondheidsuitkomsten die in eerdere analyses met de jaargemiddelde endotoxineconcentraties zijn beschreven in het RVG onderzoek. De verbanden met de 99,5 percentielwaarden waren, behalve voor atopie, in het algemeen niet sterker dan voor de jaargemiddelde endotoxineconcentratie op het woonadres (geen betere fit van het model). Het sterke verband tussen de 99,5 percentiel endotoxineconcentratie met sensibilisatie is opmerkelijk.

Analyses gericht op acute effecten van blootstelling aan endotoxine de week voorafgaand aan de longfunctiemetingen bij deelnemers aan het VGO onderzoek hebben aanwijzingen opgeleverd voor een mogelijk acuut effect. De weekgemiddelde concentratie endotoxine op het woonadres, in de week voorafgaand aan longfunctiemetingen, is gerelateerd aan de longfunctie die bij de deelnemers aan het VGO onderzoek is vastgesteld. Deze bevinding is relevant maar vraagt om nader onderzoek naar deze associatie en validatie van de emissiemodellering van concentraties over kortere duur.

De blootstelling-respons relatie tussen de 99,5 percentiel endotoxineconcentratie en effecten die het sterkst zijn geassocieerd met de 99,5 percentielwaarde zoals hoesten, hoesten met kortademigheid en astma, suggereren dat effecten vooral optreden vanaf niveaus van 10-20 EU/m³. Andere analyses wijzen al op effecten bij lagere concentraties (zowel negatieve als beschermende effecten) en afwezigheid van een blootstellingsniveau waaronder geen effecten kunnen worden waargenomen. De omvang van de effecten is relatief gering, en klinisch niet direct relevant, maar bekend is dat geringe longfunctieveranderingen op populatieniveau vaak gepaard gaan met een toename van het aantal mensen met meer ziekteverschijnselen van de luchtwegen.

Bijlage 2 Onderzoeken naar gezondheidseffecten

Gezondheidsrisico's rond veehouderijen

(Gezondheidsraad, 2012)

In 2012 heeft de Gezondheidsraad geadviseerd over de gezondheidsrisico's voor omwonenden van veehouderijen. Een van de aspecten waar het advies op ziet, zijn endotoxinen. In 2010 heeft de Gezondheidsraad een gezondheidkundige advieswaarde van 90 EU/m³ op het gebied van endotoxinen gepubliceerd voor werknemers. Omdat niet uit te sluiten valt dat er bevolkingsgroepen zijn die gevoeliger zijn voor endotoxinen dan werknemers (en dat ouderen, kinderen en mensen met COPD en astma inderdaad gevoeliger zijn, is inmiddels ook uit ander onderzoek gebleken) is in dit advies een gezondheidkundige advieswaarde van 30 EU/m³ voor het algemene publiek gepubliceerd.

GGD-richtlijn medische milieukunde: Veehouderij en gezondheid

(Nijdam et al., 2020)

De aanwezigheid van intensieve veehouderij kan invloed hebben op de gezondheid van omwonenden. De GGD'en hebben de richtlijn 'Veehouderij en gezondheid' ontwikkeld zodat ze op dezelfde manier hierover kunnen adviseren.

Langdurige blootstelling aan fijn stof kan leiden tot luchtwegklachten, verminderde longfunctie, vervroegde sterfte door met name luchtwegaandoeningen en hart- en vaatziekten (Dijkema et al., 2018; Gezondheidsraad, 2012 en 2018; Heederik en IJzermans, 2011). Kortdurende effecten van fijn stof zijn hoesten en benauwdheid, verergering van luchtwegklachten en tijdelijke longfunctiedalingen. Uitgebreidere informatie is te vinden in de GGD-richtlijn Luchtkwaliteit en gezondheid (Dijkema et al., 2018). Fijn stof afkomstig van veehouderijen heeft een andere samenstelling dan fijn stof in stedelijke gebieden (Gezondheidsraad, 2012). In de veehouderij zijn de primaire stofdeeltjes over het algemeen groter (PM_{2,5-10}), waardoor ze minder diep in de longen door dringen. Ook deze grovere fractie is schadelijk (Gezondheidsraad, 2018). Ze dragen daarnaast microbiële agentia (bacteriën, parasieten, schimmels, virussen) en endotoxinen met zich mee (agentia die in stedelijke omgeving niet in die mate worden gevonden) waardoor de gezondheidseffecten waarschijnlijk anders zijn dan in een stedelijke omgeving (Gezondheidsraad, 2012 en 2018; Adar et al., 2014). Zo zijn er aanwijzingen dat fijn stof afkomstig van pluimveebedrijven mensen gevoeliger maakt voor luchtweginfecties door een verandering in de bacteriesamenstelling in de mond-keelholte (Smit et al., 2017).

Short-term residential exposure to endotoxin emitted from livestock farms in relation to lung function in non-farming residents

(De Rooij, et al. 2023)

Met gebruikmaking van de VGO dataset en een verspreidingsmodel voor endotoxinen zijn relaties gezocht tussen waargenomen gezondheidseffecten en de belasting van endotoxinen. Het ging daarbij om kortdurende belasting aan endotoxinen, namelijk om de belasting gemiddeld over een week. Meer specifiek om de week voorafgaand aan de datum van de longfunctietests, uitgevoerd in het kader van het VGO onderzoek. Deze longfunctietests zijn uitgevoerd bij 2.308 omwonenden van veehouderijen. Er is een statistisch significante daling van de longfunctie waargenomen bij deze omwonenden bij een hogere blootstelling aan endotoxinen, die groter is bij patiënten met COPD en astma. Er zijn vergelijkingen gemaakt met de blootstelling aan fijnstof (PM₁₀) en ammoniak en langdurige gemiddelde endotoxinen en het gevonden verband blijft statistisch significant.

Luchtkwaliteit en COVID-19: Een onderzoek naar de mogelijke relaties tussen luchtverontreiniging en de incidentie en ernst van COVID-19 in Nederland

(Mughini-Gras et al., 2024)

Onderzoek heeft plaatsgevonden naar het verloop van de coronapandemie in Nederland en de concentratie van fijnstof (PM10 en PM2,5), ozon en stikstofdioxide. Het ging daarbij om langdurige (drie jaar) en kortdurende (1-2 weken) blootstelling aan deze stoffen, voorafgaand aan het ziekteverloop. Nader onderzoek is verricht naar de blootstelling aan fijnstof van verschillende bronsoorten. Voor wat betreft de inlandse bronsoorten zijn de drie grootste bronnen geclusterd, namelijk wegverkeer, industrie en veehouderij. Onderzocht is of blootstelling aan luchtverontreiniging meer kans gaf op het krijgen van Covid-19, een ziekenhuisopname door een ernstiger verloop, en op sterfte na ziekenhuisopname. Bij langdurige blootstelling is voor sterfte geen significant verband gevonden, voor het krijgen van Covid-19 en ziekenhuisopname wel, bij de stoffen PM10, PM2,5 en NO2. Van de nader onderzochte binnenlandse bronnen van fijnstof (industrie, veehouderij, wegverkeer) droeg veehouderij bij aan zowel het risico op SARS-CoV-2-infectie (ook in vergelijking met andere luchtweginfecties dan COVID-19) als het risico op ernstige COVID-19. Wegverkeer leek meer invloed te hebben op de ernst van de ziekte dan op het infectierisico. Industrie leek geen significante invloed te hebben op deze risico's. Er is geen onderzoek gedaan naar de oorzaak van deze verdeling.

Bij kortdurende blootstelling werd een verband gevonden tussen ziekenhuisopname en sterfte en de verontreiniging door de stoffen PM10, PM2,5 en NO2.

Bijlage 3 Onderzoeken naar blootstelling

Additionele maatregelen ter vermindering van emissies van bio-aërosolen uit stallen:

Verkenning van opties, kosten en effecten op de gezondheidslast van omwonenden

(Winkel et al., 2016)

Met het oogpunt op het verminderen van gezondheidsrisico's voor omwonenden van stallen is in deze studie verkend welke bestaande en nieuwe maatregelen genomen zouden kunnen worden om stalemissies van bio-aërosolen met een groter percentage terug te dringen dan de 30% voor fijnstof die gevraagd wordt voor pluimveecategorieën in het 'Besluit emissiearme huisvesting'. Tevens is een verkennend rekenmodel uitgewerkt waarmee effecten van stalmaatregelen op de gezondheidsrisico's van omwonenden kunnen worden beoordeeld. De onzekerheden bleken echter te groot om dit beoordelingsmodel op dat moment voor beleidsdoeleinden te kunnen toepassen. Ten slotte heeft een synthese plaats gevonden welke emissiereductiemaatregelen op basis van hun reducties en kosteneffectiviteit perspectiefvol zijn. Het gaat dan sterk uiteenlopende maatregelen, en ook de kosten lopen sterk uiteen. Maatregelen zijn bijvoorbeeld een strooiselschuif bij leghennen of gecombineerde luchtwassers.

Onderzoek naar luchtkwaliteit in veehouderijrijke omgeving provincie Limburg

(Wouters et al., 2019)

Het Institute for Risk Assessment Sciences (IRAS Institute for Risk Assessment Sciences) van de Universiteit Utrecht heeft in opdracht van de Provincie Limburg onderzoek gedaan naar de luchtkwaliteit in veedichte gebieden. Doel van dit onderzoek was om meer inzicht te verkrijgen in de kortdurende veranderingen in concentratie en in tijd van een aantal componenten in de lucht die door veehouderijen worden geëmitteerd of met de aanwezigheid van veehouderijbedrijven kunnen samenhangen. Hiervoor zijn een aantal luchtkwaliteitsmetingen uitgevoerd op locaties met een hoge dichtheid aan veehouderijen waarbij de nadruk lag op metingen van ammoniak, fijnstof, secundair fijnstof en endotoxine in totaal stof. De meetlocaties bevonden zich in de gemeenten Nederweert, Venray en Horst. De meetcampagne in Limburg heeft ten aanzien van endotoxine laten zien dat kortdurende hoge piekconcentraties endotoxine voorkomen en meetbaar zijn. Niet eerder werden kortdurende metingen naar endotoxinen concentraties in totaal stof in de lucht uitgevoerd. In het eerdere RVG onderzoek werden piekconcentraties endotoxine in totaal stof gemodelleerd. De metingen zoals uitgevoerd in Limburg laten zien dat eerder gemodelleerde concentraties plausibel zijn.

Veehouderij gerelateerd microbiële luchtverontreiniging en blootstelling aan omwonenden

(De Rooij, 2019)

Endotoxinen zijn potente pro-inflammatoire agentia en kunnen na inademing diverse, met name respiratoire, verschijnselen veroorzaken. In het onderzoek werden relaties gevonden tussen de ruimtelijke variatie in endotoxineconcentraties en de aanwezigheid van veehouderijen in de omgeving van de meetlocaties. Hogere concentraties endotoxinen in de buitenlucht werden gemeten op woonadressen omgeven door veel veehouderijen. Dit vormt een aanwijzing dat endotoxinen mogelijk een rol spelen bij de gezondheidseffecten die waargenomen zijn bij mensen die in veehouderijdense gebieden wonen.

Na toepassing van modellering bleek dat over het algemeen de gezondheidsuitkomsten (atopische gevoeligheid, astma, luchtwegklachten) sterker geassocieerd waren met blootstelling aan veehouderij geëmitteerde endotoxinen dan aan PM10, afstand tot veehouderij, soort dieren en soort veehouderij. Uit de gezondheidsanalyses bleek voor zowel de prevalentie van atopische sensibilisatie als de prevalentie van astma een beschermend verband (negatieve associatie) met endotoxineblootstelling. Atopische gevoeligheid en astma komen vaker voor bij mensen die niet opgegroeid zijn op de boerderij, dit effect is aanzienlijk.

Analyses gedaan op de prevalentie van respiratoire symptomen lieten een dalende prevalentie zien met toenemende endotoxineconcentratie in de lagere range, terwijl in de hogere range de prevalentie toenam met toenemende concentratie. Het is op basis van de huidige inzichten in de effecten van endotoxinen plausibel dat blootstelling aan endotoxinen causaal geassocieerd is met deze gezondheidseffecten, aanvullend onderzoek is nodig om dit te verder onderbouwen. Er zijn in dit onderzoek geen significante associaties met longfunctieparameters geïdentificeerd; potentieel heeft dit te maken met dat alleen lange-termijn blootstelling is onderzocht terwijl mogelijk kortdurende blootstelling, van enkele uren, relevanter kan zijn voor de longfunctie. Analyses gedaan op de COPD prevalentie toonden een beschermend verband (negatieve associatie) met endotoxineblootstelling, biologisch gezien is dit onwaarschijnlijk en deze associatie is vooralsnog niet te verklaren. Dit kan komen door de manier van onderzoek (door zelf gerapporteerde COPD in combinatie met astma).

Doordat het LUR model en het verspreidingsmodel de concentraties goed voorspellen, zijn de resultaten robuust te noemen. In het proefschrift staat het verschil beschreven tussen endotoxinen en fijnstof verspreidingsmodellering, wat aangeeft dat er verschillen zijn in de resultaten van de berekeningen. In gebieden met veel pluimvee zijn de endotoxine concentraties relatief laag en fijnstof concentratie hoog. Bij gebieden met veel varkensbedrijven zijn endotoxine concentraties relatief hoog en de fijn stofconcentraties laag. Dit is te verklaren door het verschil in stofdeeltjes grootte en de concentratie endotoxinen hierin.

Er is een significante relatie gevonden tussen endotoxine blootstelling en gezondheidseffecten. Dit ondanks dat de concentratieniveaus laag zijn. Er moet rekening gehouden worden met het effect van kort durende blootstelling in de gestelde norm van 30 EU/m³. Dit is niet direct te vergelijken met de uitkomsten, omdat kortdurende pieken bij langdurige blootstelling hierin niet zijn meegewogen. Dit komt mede omdat stalemissies niet constant zijn en verspreiding afhankelijk is van weersinvloeden. Er is nog te weinig onderzoek naar de effecten op de lange termijn. De verschillende resultaten zowel positief als negatief laten zien dat dit de effecten goed weerspiegelt en dat de blootstelling bepaalt welke kant het op valt. Dit betekent dat het effect wordt bepaald door de dosis, duur en frequentie van blootstelling. Er zijn geen resultaten gevonden over kortdurende variatie van blootstelling in relatie tot gezondheidseffecten.

Over huis gerelateerde blootstelling is nog weinig informatie te vinden wat zorgt voor een beperking in het onderzoek.

Conclusie

Dit onderzoek laat zien dat emissie van de veehouderij van invloed is op de gezondheidseffecten bij omwonenden. De resultaten laten vooral zien dat microbiële blootstelling een groot effect hebben op de luchtwegen van mensen in vee dichte gebieden. Hierdoor is het van belang naast infectieziekten ook aandacht te hebben voor niet-besmettelijke gezondheidseffecten door restanten van microbiologische agentia (endotoxinen). De resultaten duiden op endotoxinen als bestanddeel in stalstof wat mogelijk onderliggende gezondheidseffecten duidt. De effecten kunnen zowel positief als negatief zijn.

Spatial and temporal distribution of endotoxins, antibiotic resistance genes and mobile genetic elements in the air of a dairy farm in Germany

(Agarwal et al., 2023)

In het kader van onderzoek naar antibioticaresistentie bij melkveehouderijen is gekeken naar de verspreiding van onder andere endotoxine bij een specifieke melkveehouderij, met 90 koeien, in Duitsland. Hiervoor zijn op verschillende locaties, zowel in de stal als daarbuiten, metingen verricht. Concentraties in de stal waren daarbij aanzienlijk hoger dan daarbuiten. Er zijn waarden gemeten in de stal die een risico voor werknemers van de veehouderij vormden (hoogste gevonden waarde in de

stal was 270 EU/m³). Op 25 meter afstand van de stal zijn gevonden waarden bijna 0 EU/m³. In de zomer is meer endotoxinen gevonden (vier keer zoveel), en ook andere genen van bacteriën, een waarschijnlijke oorzaak hiervan is de grotere groei van bacteriën in het warmere weer van de zomer. Er is in twee jaren gemeten en in het jaar met de warmere zomer is ook meer endotoxine gemeten. Het vee werd als belangrijke bron van endotoxine geduid doordat verschil werd gevonden in de metingen als het vee op stal of in de wei stond.

Bijlage 4 Onderzoeken naar verspreidingsmodellering

Emissies van endotoxinen uit de veehouderij: emissiemetingen en verspreidingsmodellering

(Erbrink Stacks Consult, 2019)

In opdracht van de Provincie Noord-Brabant zijn berekeningen gedaan om het effect na te gaan van generieke reducties van fijn stof bij stallen in het VGO gebied. De reducties bedragen 30, 50, 70 en 90%, ongeacht welke diersoort en staltype het betreft. Het gebied dat is berekend is 70 x 70 km, met een rasterafstand van 125 m; in totaal beslaan dit ongeveer 310.000 receptorpunten voor het jaar 2012. Door hier contourplots van te maken, is een beeld ontstaan van de endotoxineniveaus, gegeven de stand van het rekenmodel op moment van studie. Daarbij is gebruik gemaakt van de berekeningsresultaten die in het RVG project (RVG, 2019) zijn gegenereerd, maar die voor deze studie zijn geanonimiseerd.

De berekeningen zijn gedaan met hetzelfde model als in de validatiestudie waarmee endotoxine concentraties zijn berekend en vergeleken met gemeten endotoxine concentraties bij 61 bedrijven in het VGO (veehouderij en gezondheid omwonenden) gebied. Dat houdt in dat de warmte-emissie door de ventilatielucht is verrekend en tevens dat rekening is gehouden met de variatie van emissies bij vleeskuikens, vleesvarkens en leghennen.

Voorts is berekend wat de endotoxine niveaus zijn voor 622 bewonerslocaties uit het VGO studiegebied, waarbij minimaal 15 bedrijven binnen een afstand van 1 km gelegen zijn. Dit is berekend met hetzelfde model, alleen is er nu ook een selectie gemaakt voor de receptorlocaties die aan deze restrictie eisen voldoen.

Deze studie heeft gekeken naar de bijdrage van de stallen in een bepaald gebied. De invoerparameters voor die stallen zijn vrij generiek bepaald, met een standaard stalhoogte, emissiepunthoogte en uittreesnelheid per diercategorie. De concentraties endotoxinen die uit deze berekening naar voren kwamen correleren goed met de fijnstof concentraties als gevolg van de emissies van de veehouderijen. Dat wil zeggen, in een verspreidingsmodellering voor fijnstof, waarbij de achtergrondconcentratie wordt weggelaten zodat alleen de veehouderijbronnen bijdragen aan de concentratie op een gegeven punt, is een sterke correlatie met de endotoxine concentratie uit de verspreidingsmodellering zichtbaar. Wel is er ook een redelijke spreiding in de gegevens, en er wordt gewaarschuwd dat de gevonden relatie in dit onderzoek, waarbij voor veel stallen de bijdrage is berekend op een groot aantal receptorpunten, niet zomaar gebruikt kan worden voor individuele stallen.

Endotoxineconcentraties rond stallen: modelberekeningen

(Erbrink Stacks Consult, 2020a)

In dit rapport zijn de individuele rekentabellen opgesteld, waarbij de PM10 emissie van tien diersoorten is afgezet tegen de afstand waarop de concentraties 30, 20 en 10 EU/m³ worden overschreden bij diezelfde diersoorten. Dit is een verfijning en voortzetting van de bestaande rekentabellen in het Endotoxine toetsingskader 1.0, gebaseerd op het nieuwe rekenmodel dat op basis van de sinds 2016 uitgevoerde onderzoeken is opgesteld, namelijk Stacks-E. Tevens afwijkend is dat er nu een gemiddelde van de 12 windrichtingen is doorgerekend en dat de tabellen voor meer diercategorieën zijn opgesteld.

Voor telkens acht bedrijfsgroottes per diersoort is uitgerekend op welke afstand de drie eerder genoemde endotoxine concentraties behaald werden. Het gaat dan om berekeningen waarin de bijdrage van individuele stallen wordt doorgerekend. Voor deze berekeningen zijn stalgegevens, zoals de oppervlakte van de stallen, en emissie(punt)gegevens bepaald per bedrijfsomvang. De gebouwinvloed op de emissieverspreiding (downwash bijvoorbeeld) is daarin meegenomen. De aanname is dat elke stal een eigen emissiepunt heeft. Om dan een goede voorspelling te doen over

de warmte-emissie is het nodig om bij mechanisch geventileerde stallen het aantal stallen bij een bepaalde bedrijfsgrootte te bepalen. Dat is bij eerdere studies niet gebeurd. Die eerdere studies gingen namelijk uit van een vereenvoudigd model om veel punten in een groot gebied te kunnen berekenen. De relatie die op basis van de acht bedrijfsgroottes per diercategorie is gevonden, heeft vervolgens een formule opgeleverd. Die formule kan voor alle bedrijfsgroottes, niet alleen de acht berekende groottes, de afstand berekenen behorende bij een concentratie van 10, 20 en 30 EU/m³.

Bijdrage stallen aan endotoxine niveaus in Noord-Brabant

(Erbrink Stacks Consult, 2020b)

In opdracht van de Provincie Noord-Brabant heeft Erbrink stacks consult een meer uitgebreid overzicht gemaakt van de endotoxine-blootstellingen in de gehele provincie. Daarbij wordt niet alleen gekeken naar het niveau van 30 EU/m³, maar ook naar lagere niveaus om te bepalen hoe de blootstelling ruimtelijk is verdeeld.

Dit rapport beschrijft de methodiek en de resultaten van deze concentratieberekeningen. Van het 99,5 percentiel worden statistische kentallen gegeven. Over alle rekenpunten is op 1,4% van de punten het 99,5p hoger dan 30 EU/m³. De bijdrage aan de endotoxine niveaus kan voor meer dan 50% van de jaargemiddelde blootstelling aan de som van varkens, zeugen en biggen toegeschreven worden. Melkvee en kippen leveren ieder 15% aan de jaargemiddelde concentraties.

Contourplots van alle berekende 99,5 percentielwaarden zijn gemaakt.

Uit de figuren in het rapport kan worden opgemaakt dat er niet één gebied is aan te wijzen waar de niveaus op afstanden van vele kilometers hoog blijven. Het beeld is zo, dat er een aantal regio's is aan te wijzen waar een flink aantal kleinere gebiedjes die dicht bij elkaar liggen verhoogde niveaus (> 30 EU/m³) laten zien. Voor 4 van dergelijke regio's is een meer gedetailleerdere concentratie-kaart gemaakt. Duidelijk is dat er geen 'vlak' concentratieveld bestaat. De concentraties tonen een sterk variërend beeld, met de pieken uiteraard rond de (grotere) stallen.

Het aantal rasterpunten met een 99,5 percentielwaarde van 30 EU/m³ of meer bedraagt in het hele rekengebied 1,4% (ruwweg 7000 punten). Zoals in een eerdere studie al is geconcludeerd bestaat er een globale (maar wel sterke) correlatie tussen de jaargemiddelde endotoxineconcentratie en het 99,5 percentiel. Uit de samenhang tussen de jaargemiddelden endotoxinen concentraties en de 99,5 percentielwaarden is deze gegeven over alle 500.000 punten. Het 99,5 percentiel is ongeveer 10 maal het jaargemiddelde. De spreiding rond deze regressie lijn is tamelijk groot: voor individuele punten kan de afwijking bijna een halve decade (factor 5) bedragen.

De bijdrage naar deeltjesgrootte (van het PM10) is uitgezet tegen de relatieve bijdrage aan endotoxineblootstelling, weer als gemiddelde over alle 500.000 receptorpunten. De gewichtsfracties zijn overeenkomstig wat in een eerdere studie is gerapporteerd: relatief lagere bijdragen van deeltjes tussen 10 en 40 µm. Hoewel de grotere deeltjes (>40 µm) dus relatief snel deponeren, blijkt hun bijdrage dus toch niet te verwaarlozen. Er is gemiddeld over alle receptorpunten, dus over alle afstanden tot de stallen. Bij kleine afstanden is bijdrage van grotere deeltjes groot; bij grotere afstanden wordt het effect van grotere deeltjes minder.

Ook is de bijdrage per diersoort bepaald, gemiddeld over alle 500.000 punten, deze is gegeven in figuur 6 van het rapport. De onderverdeling naar diersoort kan om technische redenen alleen voor het jaargemiddelde gemaakt worden, niet voor percentielwaarden. Opvallend daarbij is dat de som van varkens, zeugen en biggen meer dan 50% van de jaargemiddelde blootstelling vertegenwoordigen. Melkvee en kippen leveren ieder 15% aan de blootstelling. In figuur 6 zijn voor leghennen en voor vleesvarkens meerdere staafjes opgenomen, dit hangt samen met de indeling van de diersoorten naar min of meer traditionele stallen, waarbij de PM10 emissie als maat is genomen: kippen met meer dan 40 g/dpl per jaar zijn onderscheiden van kippen met een lagere specifieke stof emissie (< 40 g/dpl per jaar). Hetzelfde is gedaan voor vleesvarkens, waarbij het onderscheid is gemaakt bij 150 g/dpl per jaar.

Uit de kaarten zou men op kunnen maken welke gebieden als hot-spots aangemerkt kunnen worden. Het beeld dat getoond wordt is echter sterk versnipperd. Er is niet één gebied aan te wijzen waar de niveaus op afstanden van vele kilometers hoog blijven. Het beeld is meer zo, dat er regio's zijn aan te wijzen waar een concentratie van een flink aantal gebieden die dicht bij elkaar liggen met verhoogde niveaus is aan te wijzen. Voor 4 van dergelijke mogelijke regio's is een meer gedetailleerdere concentratie-kaart gemaakt. Daarbij zijn wel dezelfde concentratie berekeningen gebruikt, maar bij het construeren van de plotfiguur is een hoger oplossend vermogen ingesteld, waardoor er scherpere (minder uitgemiddelde) concentratie gradiënten zichtbaar zijn. Duidelijk is dat er geen 'vlak' concentratieveld te zien is. De concentraties tonen een sterk variërend beeld, met de pieken uiteraard rond de (grotere) stallen.

Uitgangspunten verspreidingsberekening voor endotoxinenconcentraties in Noord-Brabant (DGMR, 2023)

De provincie Noord-Brabant heeft opdracht gegeven voor een gebiedsdekkende kaart van de provincie waarop de endotoxinenconcentraties als gevolg van alle veehouderijen zijn weergegeven. Om deze kaart te maken was een doorontwikkeling van het endotoxineverspreidingsmodel Stacks-E nodig. Er moesten namelijk voor veel meer stallen, rekenpunten en bronnen gegevens worden ingevoerd. Er is uiteindelijk voor een benaderende wijze gekozen. De met deze methode verkregen kaart heeft de volgende uitgangspunten en kenmerken:

- In afwijking van eerdere modellering is voor elk receptorpunt de terreinruwheid apart bepaald, deze wordt uit de PreSRM gehaald
- Voor wat betreft de emissie van PM10 is de wettelijke emissiefactor gebruikt
- Voor wat betreft de emissie van de overige stofcategorieën en de endotoxine belasting per categorie ie gebruikt gemaakt van de gegevens verkregen uit het onderzoeksprogramma naar endotoxinenemissie (Winkel et al., 2018)
- Er wordt uitgegaan van één emissiepunt per stal
- Er is een beperkt aantal stallen per gebied doorgerekend, namelijk de meest bepalende voor de gebruikte hoge percentielwaarden (99,5 percentiel)
- Er is één representatief jaar doorgerekend, deze komt goed overeen met een berekening over vijf jaar
- De verspreiding is bepaald met een deeltjesdichtheid van 1 g/cm³, dit is ook de dichtheid van de bemonsterde deeltjes
- Stalgegevens zijn verkregen uit de Kernregistratie Dierverblijven (KRD)
- Oppervlak van een stal staat niet in de KRD en is bepaald door het aantal dieren te vermenigvuldigen met een oppervlakte per dier
- Voor de oriëntatie van een stal(cluster) is een willekeurige waarde gekozen tussen 0 en 180 graden
- Er zijn meer dan 500.000 receptorpunten doorgerekend met een onderlinge gridafstand van 125 meter
- Er wordt rekening gehouden met de warmte inhoud van de stallucht, de depositiesnelheid van deeltjes is aangepast aan de deeltjesomvang en er wordt gerekend met een variabele emissie bij vleesvarkens, vleeskuikens en leghennen om de in de praktijk voorkomende variatie in emissie bij deze diercategorieën mee te nemen.