



---

# Definitie van bedrijfs- en dierdichtheid

T.J. Hagens, J.L. Gonzales, E. de Freitas Costa, E. Kuiper, G.J. Boender,  
E.G.M. van Klink

Rapport 2341828  
DOI 10.18174/641696

22 november 2023

# Definitie van bedrijfs- en dierdichtheid

Thomas J. Hagens, Jose L. Gonzales, Eduardo de Freitas Costa, Erik Kuiper, Gert Jan Boender en Ed G.M. van Klink  
Wageningen Bioveterinary Research (WBVR)  
Lelystad

Mart C.M. de Jong (Wageningen Universiteit) en Don Klinkenberg (RIVM) waren in dit project als adviseur betrokken.

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen Bioveterinary Research en gesubsidieerd door het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, in het kader van het Beleidsondersteunend onderzoeksthema Veilige en Duurzame Primaire Productie (projectnummer BO-43-111-098 / KD-2023-033).

Wageningen Bioveterinary Research  
Lelystad, 22 november 2023

---

Report 2341828  
DOI: 10.18174/641696

---

Hagenaars, T.J., J.L. Gonzales, E. de Freitas Costa, E. Kuiper, G.J. Boender, E.G.M. van Klink, 2023. Definitie van bedrijfs- en dierdichtheid. Lelystad, Wageningen Bioveterinary Research, Report 2341828. 54 bladzijden; 25 figuren; 7 tabellen; 3 bijlagen; 5 referenties.

**Korte samenvatting NL** De meekoppelende structurerende keuze (MSK) dierziekten en zoönosen is een onderdeel van het Nationaal Programma Landelijk Gebied (NPLG). Bij besluitvorming door decentrale overheden aangaande ruimtelijke ordeningsvraagstukken kan op basis van de adviezen bij deze MSK zoals beschreven in de handreiking NPLG, rekening worden gehouden met o.a. bedrijfs- en dierdichtheid als risicofactor voor tussen-bedrijfstransmissie van dierziekten en zoönosen. Om dit te kunnen doen is een definitie van bedrijfs- en dierdichtheid nodig, met een bijbehorende grenswaarde voor die dichtheid waarboven sprake is van een bedrijfs- en dierdichte locatie. In dit rapport werden verschillende mogelijke keuzes voor de definitie van bedrijfs- en dierdichtheid getoetst aan de kennis over transmissierisico's van dierziekten, aan een bestaande definitie van concentratiegebieden uit de Meststoffenwet en aan een bestaande lijst van pluimveedichte gebieden in verband met fijnstof. De resultaten van dit rapport leveren kandidaat-definities met beschrijving van hun kwaliteit.

**Brief summary UK** - The so-called MSK animal diseases and zoonotic diseases is part of the Dutch National Rural Area Programme (NPLG). For decision-making by local authorities on spatial planning issues, the advice related to this MSK, as described in the NPLG guidance document, is to take into account, among other things, farm and animal density as a risk factor for the between-farm transmission of livestock diseases and zoonoses. In order to do this, a definition of farm and livestock density is needed, accompanied with a density threshold value above which a location is considered as a farm and animal dense location. In this report, various possible choices for the definition of farm and animal density were tested against the knowledge about transmission risks of livestock diseases, against an existing definition of concentration areas from the Dutch Fertilizers Act and to an existing list of poultry-dense areas related to particulate matter. The results of this report provide candidate definitions with descriptions of their quality.

Dit rapport is gratis te downloaden op <https://doi.org/10.18174/641696> of op [www.wur.nl/bioveterinary-research](http://www.wur.nl/bioveterinary-research) (onder Wageningen Bioveterinary Research publicaties).

© 2023 Wageningen Bioveterinary Research  
Postbus 65, 8200 AB Lelystad, T 0320 23 82 38, E [info.bvr@wur.nl](mailto:info.bvr@wur.nl), [www.wur.nl/bioveterinary-research](http://www.wur.nl/bioveterinary-research).  
Wageningen Bioveterinary Research.

Dit rapport is uitgegeven onder een Creative Commons (CC) license: CC **BY-NC-ND**.

BY: het werk kan worden geredistribueerd (kopiëren, publiceren, communiceren etc.), bij gebruik van het werk moet er wel worden gerefereerd naar het originele werk.

NC: non-commercial use; ND: no derivative works.



---

# Inhoud

<b>Samenvatting</b>	<b>7</b>
<b>1 Inleiding</b>	<b>9</b>
<b>2 Materiaal en methoden</b>	<b>10</b>
<b>3 Resultaten</b>	<b>16</b>
3.1 Pluimvee	16
3.2 Varkens	25
3.3 Varkens & runderen & kleine herkauwers	30
3.4 Evaluatie van gebruik van alternatieve gegevensbronnen bij toepassing van definities	39
<b>4 Conclusies en Discussie</b>	<b>43</b>
<b>Literatuur</b>	<b>47</b>
<b>Bijlage 1 Gebruikte modellen voor tussen-bedrijfstransmissie</b>	<b>48</b>
<b>Bijlage 2 Resultaten lineaire regressie</b>	<b>50</b>
<b>Bijlage 3 Gebruik van gegevens uit de Kernregistratie Dierverblijven</b>	<b>53</b>

---

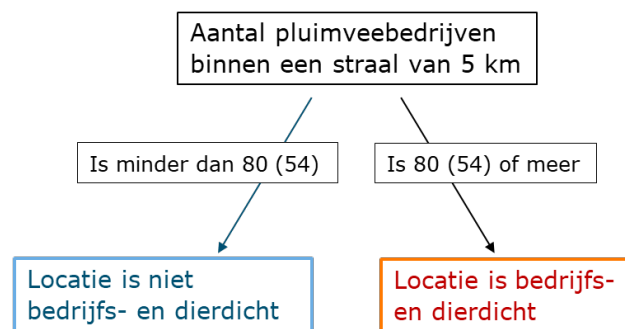
---

# Samenvatting

De meekoppelende structurerende keuze (MSK) dierziekten en zoönosen is een onderdeel van het Nationaal Programma Landelijk Gebied (NPLG). Bij besluitvorming door decentrale overheden aangaande ruimtelijke ordeningsvraagstukken kan op basis van de adviezen bij deze MSK zoals beschreven in de handreiking NPLG, rekening worden gehouden met o.a. bedrijfs- en dierdichtheid als risicofactor. Om dit te kunnen doen is een definitie van bedrijfs- en dierdichtheid nodig, met een bijbehorende grenswaarde voor die dichtheid waarboven sprake is van een bedrijfs- en dierdichte locatie. In dit rapport worden verschillende mogelijke keuzes voor de definitie van bedrijfs- en dierdichtheid getoetst aan de kennis over transmissierisico's van dierziekten, aan bestaande concentratiegebieden uit de Meststoffenwet en aan een bestaande lijst van pluimveedichte gebieden in verband met fijnstof, om de bruikbaarheid van deze verschillende mogelijke definities te onderzoeken.

De volgende kandidaat-definities komen in dit rapport naar voren als 'best presterend' in de toetsing:

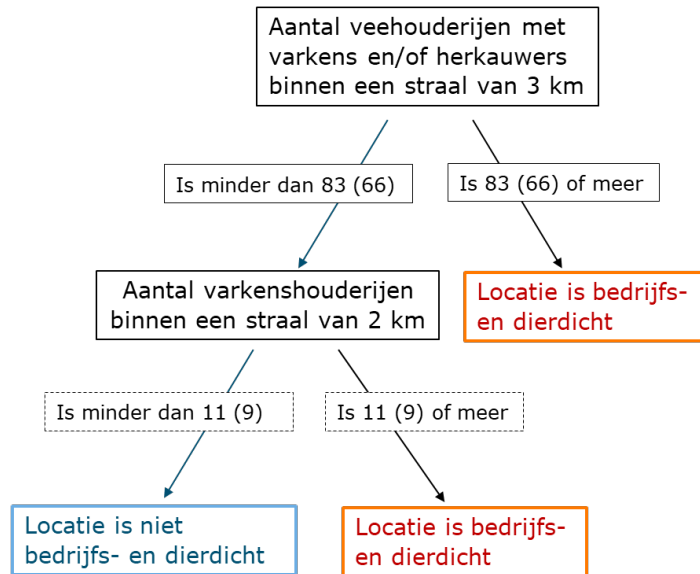
- Voor pluimvee levert *het aantal bedrijfsmatige pluimveehouderijen binnen een straal van 5 km* rondom de locatie de best presterende definitie op. Deze definitie is getoetst aan de gemodelleerde transmissierisico's van vogelgriep tussen pluimveebedrijven, en vervolgens is onderzocht hoe deze zich verhoudt tot de lijst van pluimveedichte gebieden in verband met fijnstof. De definitie verloopt langs de lijnen van de volgende beslisboom:



Gebruik van de grenswaarde 80 dan wel 54 correspondeert met verschillende keuzes die in de toetsing aan vogelgriep-transmissierisico's kunnen worden gemaakt.

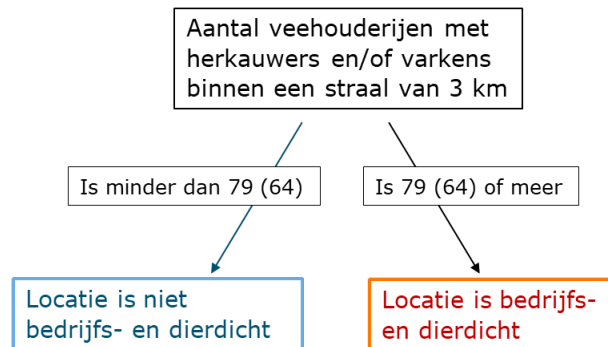
- Voor varkens wordt een kandidaat-definitie voorgesteld die is getoetst aan transmissierisico's van klassieke varkenspest tussen varkensbedrijven en transmissierisico's van mond- en klauwzeer tussen bedrijven met varkens of herkauwers. Vervolgens is onderzocht hoe deze definitie zich verhoudt tot de concentratiegebieden uit de Meststoffenwet. De definitie maakt zowel gebruik van *het aantal varkenshouderijen binnen een straal van 2 km* rondom de locatie, als van *het aantal veehouderijen binnen een straal van 3 km*, waarbij alle geregistreerde varkens-, rundvee-, schapen- en geitenhouderijen worden meegerekend, en verloopt langs de lijnen van de volgende beslisboom:





Gebruik van de grenswaarden 83 en 11, dan wel 54 en 9, correspondeert met verschillende keuzes die in de toetsing aan transmissierisico's voor mond-en-klauwzeer en varkenspest kunnen worden gemaakt.

- Voor rundvee, schapen en geiten levert een straal van 3 km de best presterende definitie: *het aantal houderijen binnen een straal van 3 km, waarbij alle geregistreerde varkens-, rundvee-, schapen- en geitenhouderijen worden meegerekend*. Deze definitie is getoetst aan de transmissierisico's voor mond-en-klauwzeer, en aan de concentratiegebieden uit de Meststoffenwet. De definitie verloopt langs de lijnen van de volgende beslisboom:



Gebruik van de grenswaarden 79 dan wel 64 correspondeert met verschillende keuzes die in de toetsing aan transmissierisico's voor mond-en-klauwzeer kunnen worden gemaakt.

De grenswaarden in de bovengenoemde definities zijn gebaseerd op toetsing aan modellen voor transmissierisico's tussen veehouderijen. In deze rapportage worden de bijbehorende prestatie-indicatoren zoals sensitiviteit en specificiteit, en ook de verdere context inclusief modelonzekerheid besproken. Met inbegrip van deze context vormen de bovengenoemde definities een concreet, onderbouwd richtsnoer voor beleidskeuzes voor deze grenswaarden.

# 1 Inleiding

De aanleiding voor het onderzoek beschreven in deze rapportage is de meekoppelende structurerende keuze (MSK) dierziekten en zoönosen in het Nationaal Programma Landelijk Gebied (NPLG). Het NPLG is een beleidsprogramma onder de Nationale Omgevingsvisie, met als opdrachtgevers het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV), het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (IenW) en het ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties (BZK). Met de MSK's binnen het NPLG krijgen decentrale overheden handvatten voor hun besluitvormingsproces binnen het NPLG, zoals in situaties waarin keuzes gemaakt worden over bedrijfsbeëindiging of vergunningverlening bij nieuwvestiging, uitbreiding, of omschakeling. De MSK dierziekten en zoönosen is opgenomen in de meest recente update van de handreiking NPLG (maart 2023).

Met het NPLG wordt beoogd om hoofddoelen voor de natuur, water en klimaat uit te werken tot regionale doelen en structurerende keuzes, waaronder ook de relatie met de landbouw. Het NPLG omvat naast landelijke maatregelen de ontwikkeling van gebiedsgericht beleid, om te komen tot toekomstbestendige ontwikkeling van het landelijk gebied met toekomstperspectief voor de landbouw. Provincies kunnen maatregelenpakketten opstellen die van invloed zijn op de inrichting van het landelijk gebied. Dat kan bijvoorbeeld betekenen dat (veehouderij)bedrijven worden verplaatst of beëindigd. Wanneer er keuzes gemaakt moeten worden tussen bijvoorbeeld twee mogelijke bedrijfsbeëindigingen met nagenoeg gelijke resultaten op de hoofddoelen, kan gebruik worden gemaakt van de MSK's. Er zijn adviezen voor drie MSK's in de handreiking NPLG opgenomen:

- Verminderen risico's voor de gezondheid van omwonenden
- Verminderen van risico's op uitbraken met en de verspreiding van (zoönotische) ziekteverwekkers
- Geurhinder en fijnstof

Voor wat betreft het verminderen van de risico's van dierziekten en zoönosen, wordt onder andere aangegeven dat de mate van bedrijfs- en dierdichtheid een risicofactor is voor de verspreiding van de meeste zeer besmettelijke dierziekten en zoönosen. Om met deze dichtheid rekening te kunnen houden is het noodzakelijk om vast te kunnen stellen wanneer een locatie in een bedrijfs- en dierdicht ligt. Met andere woorden: Er is een definitie nodig. De benodigde definitie zal naast gebruik binnen het NPLG mogelijk ook worden gebruikt voor de verdere uitwerking van dierziekten- en zoönosenbeleid. De definitie moet aan de volgende criteria voldoen:

- De definitie moet zo worden geformuleerd, dat deze zowel juridisch juist en praktisch toepasbaar is en ondubbelzinnig uitlegbaar is.
- De definitie moet toepasbaar zijn per diersoort (eventueel zijn dat verschillende definities).
- De definitie moet praktisch toepasbaar zijn voor provincies en gemeenten. Het moet als een instrument dienen dat zij gemakkelijk zelf kunnen toepassen. Iedereen moet op basis van de definitie kunnen vaststellen of een bepaalde locatie in Nederland bedrijfs- en dierdicht is (m.a.w. de hiervoor benodigde data moeten toegankelijk en beschikbaar zijn voor decentrale overheden).

In dit rapport zijn de resultaten vastgelegd van het onderzoek dat naar mogelijke definities van bedrijfs- en dierdichtheid. Een aantal eenvoudige definities zullen worden beschouwd die mogelijk breder dan alleen in relatie tot dierziekten en zoönosen bruikbaar zijn. Hoofdstuk 2 geeft weer welke methoden er zijn gebruikt om tot de onderbouwing van mogelijke definitie(s) te komen. Hoofdstuk 3 beschrijft de resultaten van de studie, per diersoort of groep diersoorten. In Hoofdstuk 4 bevat conclusies en discussie.

---

## 2 Materiaal en methoden

Het doel van deze studie is om mogelijke definities van bedrijfs- en dierdichtheid te toetsen aan kennis over transmissie (overdracht) van dierziekten, aan bestaande concentratiegebieden uit de Meststoffenwet, en aan een bestaande lijst van pluimveedichte gebieden in verband met fijnstof. Dit is beoogd als basis voor de beleidsmakers om te komen tot het vaststellen van een geschikte definitie van bedrijfs- en dierdichtheid en een geschikte bijbehorende grenswaarde voor die dichtheid waarboven sprake is van een bedrijfs- en dierdichte locatie. Voor de toetsing aan kennis over dierziekte-transmissie zijn dierziekten gebruikt waarvoor de kwantitatieve kennis aanwezig is over transmissierisico's in relatie tot bedrijfs- en dierdichtheid. De toetsing aan de bestaande concentratiegebieden uit de Meststoffenwet en aan een bestaande lijst van pluimveedichte gebieden in verband met fijnstof, wordt gedaan om inzicht te krijgen in hoe de kandidaat-definities zich verhouden tot bestaande aan dier- en bedrijfsdichtheid gerelateerde definities in het milieubeleid. Hoewel ook voor andere milieuaspecten een zeker verband met bedrijfs- en dierdichtheid kan bestaan, zijn de concentratiegebieden in verband met mest en pluimveedichte gebieden in verband met fijnstof de enige voorbeelden die bij de auteurs van dit rapport bekend zijn waarbij in het beleid een expliciete koppeling met gebieden die in verband staan met bedrijfs- en dierdichtheid, is vastgelegd. De concentratiegebieden uit de Meststoffenwet staan beschreven in Bijlage 1 bij die wet [1] en zijn hieronder weergegeven in Figuur 1. De pluimveedichte gebieden in verband met fijnstof staan beschreven als onderdeel van Regeling nr. WJZ/20084109 in de Staatscourant 2020 [2], en zijn hieronder weergegeven in Figuur 2.

Als kandidaat-definities zijn in deze studie bedrijfsdichtheden in een cirkelvormig gebied rond een locatie bestudeerd, voor verschillende mogelijke keuzes van de straal van het gebied: 1, 2, 3, 5 en 10 km; elk van deze keuzes voor de straal bepaalt een kandidaat-definitie van bedrijfs- en dierdichtheid. De bedrijfsdichtheid rond een gegeven locatie wordt hierbij berekend door het aantal bedrijven in het cirkelvormige gebied rondom de locatie te delen door de oppervlakte van dat gebied in vierkante km. Een bedrijf op de locatie zelf, indien aanwezig, wordt niet meegerekend. Met 'bedrijf' wordt hier bedoeld een geregistreerde veehouderijlocatie, d.w.z. veehouderijlocatie die voorkomt in de identificatie- en registratiegegevens van Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO). Welke bedrijfslocaties (met welke diertypen) meetellen voor de berekening van de bedrijfs- en dierdichtheid hangt af van de diersector waarvoor de mogelijke definitie is bedoeld (zie verderop). De reden om bedrijfsdichtheid als uitgangspunt te nemen voor de kandidaat-definities is, dat deze grootheid beter dan dierdichtheid aansluit bij transmissierisico's van dierziekten in de veehouderij: Deze zijn in het algemeen beter af te meten aan de dichtheid van bedrijven dan aan de dierdichtheid, zoals uitgelegd in het rapport van de werkgroep 'Preventie van efficiënte transmissie van zoonotische ziektekiemen tussen veehouderijbedrijven' [3]. De toetsing aan de kwantitatieve kennis over transmissierisico's geeft inzicht in hoeverre de definities op basis van bedrijfsdichtheid matchen met de transmissie-risico's berekend met transmissiemodellen.

Elk van de kandidaatdefinities is getoetst door voor alle bedrijven uit de RVO gegevens, voor elk van de definities de bedrijfsdichtheid uit te rekenen, en met de uitkomsten een toetsing uit te voeren aan:

1. De kennis over dierziekte-transmissierisico's, zoals beschreven door bestaande transmissiemodellen voor vogelgriep (hoog-pathogene aviaire influenza, HPAI) in pluimvee, klassieke varkenspest (KVP) in varkens, en mond-en-klauwzeer (MKZ) in runderen, schapen, geiten en varkens.
2. De concentratiegebieden uit de Meststoffenwet (Figuur 1).
3. De gebieden van de RIVM-lijst van pluimveedichte gebieden in verband met fijnstof (Figuur 2).

Bij de kandidaat-definities van bedrijfs- en dierdichtheid voor pluimvee tellen alleen pluimveebedrijven mee in de berekende bedrijfsdichtheid. Voor varkens zijn twee analyses gedaan: één gebruikmakend van dichtheden van varkenshouderijen (rondom varkenshouderijlocaties), en waarbij voor de dierziekte-transmissierisico's getoetst werd aan KVP; en een tweede waarbij gezamenlijke dichtheden van veehouderijen met varkens, rundvee of kleine herkauwers (schapen en geiten) rondom varkensbedrijfslocaties werden berekend en waarbij voor de dierziekte-transmissierisico's getoetst werd aan MKZ. Voor rundvee en kleine herkauwers gaat het opnieuw om gezamenlijke dichtheden van veehouderijen met varkens, rundvee of kleine herkauwers en werd voor de dierziekte-transmissierisico's getoetst aan MKZ.

Specifieke dierziekten en/of zoonosen in de veehouderij kunnen van elkaar verschillen in de mate waarin ze zich verspreiden tussen veehouderijen. De keuze voor de dierziekten HPAI, KVP en MKZ als basis voor de toetsing aan de kennis over dierziekte-transmissierisico's is gebaseerd op de verwachting, zoals vermeld in [3], dat deze specifieke dierpathogenen een relatief goed beeld geven van de mate waarin een goed aan een

diersoort geadapteerd pathogeen zich tussen veehouderijbedrijven kan verspreiden. Dat laat onverlet dat het scenario dat een nieuw pathogeen of een nieuwe variant van een bekend pathogeen zich in de toekomst in sterkere mate zou verspreiden tussen veehouderijen, niet uit te sluiten is.

Preventieve maatregelen en bestrijdingsmaatregelen kunnen een grote invloed hebben de tussen-bedrijfstransmissie van dierziekten [3]. Vaccinatie is een voorbeeld daarvan. De gemodelleerde transmissierisico's voor HPAI, KVP en MKZ hebben betrekking op een situatie waarin door de EU voorgeschreven minimum bestrijdingsmaatregelen van kracht zijn. Onderdeel hiervan zijn vervoersbeperkingen; vaccinatie is hiervan geen onderdeel. In een situatie zonder vervoersbeperkingen heeft het transmissierisico in het algemeen geen duidelijke relatie met lokale bedrijfsdichtheid. Dit laatste is in [3] verwoord aan de hand van het gemodelleerde basale reproductiegetal  $R_h$ , als volgt: 'De  $R_h$  is alleen relevant om uitspraken te doen over bedrijfsdichtheid wanneer er vervoersbeperkingen gelden'. In een situatie zonder vervoersbeperkingen is het transmissierisico logischerwijs groter dan met vervoersbeperkingen. Het volgende citaat uit [3] is in dit verband van belang: 'Voor een nieuwe zoönose geldt dat al veel verspreiding kan hebben plaatsgevonden voordat structurele preventieve maatregelen zoals vervoersbeperkingen worden opgelegd. Dat betekent dat bij introductie van een nieuwe, onbekende dierziekte, door het ontbreken van verplichte maatregelen, de tussen-bedrijfstransmissie per definitie groter is dan in geval van maatregelen en dus, afhankelijk van het pathogeen, eerder een  $R$  waarde groter dan 1 zal kunnen voorkomen. Vergelijk bijvoorbeeld de Q-koorts uitbraken tussen 2007 en 2010 waar in 2008 beperkingen op mesttransport zijn ingevoerd en pas in 2009 beperkingen op diertransport zijn opgelegd.' Uit dit citaat volgt ook dat, gezien de afwezigheid van beperkingen van diertransport gedurende de periode waarin het leeuwendeel van de Q-koortsbedrijven besmet raakte, het aan deze epidemie in geiten gefitte model [4] niet geschikt is als basis om uitspraken te doen over bedrijfs- en dierdichtheid.

In het rapport [3] zijn zowel de kracht als de beperkingen van beschikbare modellen voor transmissierisico's tussen veehouderijen beschreven. De gebruikte modellen voor tussen-bedrijfstransmissie van HPAI, KVP en MKZ zijn gebaseerd op de gegevens van epidemieën uit het verleden. De sindsdien toegenomen bedrijfsgroottes en, tegelijkertijd, afgenomen aantallen bedrijven, worden in de modellen voor HPAI en KVP rekening gebracht met behulp van bedrijfsgrootte-afhankelijke transmissieparameters [3]. Bij MKZ was het, in tegenstelling tot HPAI en KVP, niet mogelijk om bedrijfsgrootte-afhankelijke transmissieparameters te bepalen op basis van de Nederlandse epidemie uit het verleden. In plaats daarvan is een schaalfactor gebruikt om te extrapoleren naar de huidige gemiddelde bedrijfsgroottes, die onderbouwd wordt door bedrijfsgrootte-afhankelijke transmissieparameters bepaald uit de MKZ epidemie in 2001 in Groot-Brittannië (voor details zie Bijlage 1). Alle drie gebruikte modellen maken de benaderende veronderstelling dat alle verdere veranderingen die hebben plaatsgevonden sinds de periode van de epidemieën uit het verleden, inclusief veranderingen in kenmerken van geïntroduceerde pathogenen, geen verandering teweeg brengen in het netto effect van de wel in het model opgenomen factoren [3]. Dit is omdat kwantitatieve gegevens ontbreken die noodzakelijk zouden zijn om de effecten van de verdere veranderingen te kunnen berekenen. Een voorbeeld van een mogelijke verandering waarvan het effect (nog) niet berekenbaar is, is de mogelijkheid dat de bio-veiligheid in een situatie dat door de EU voorgeschreven bestrijdingsmaatregelen van kracht zijn, nu verbeterd zou zijn ten opzichte van de periodes van de epidemieën in het verleden.

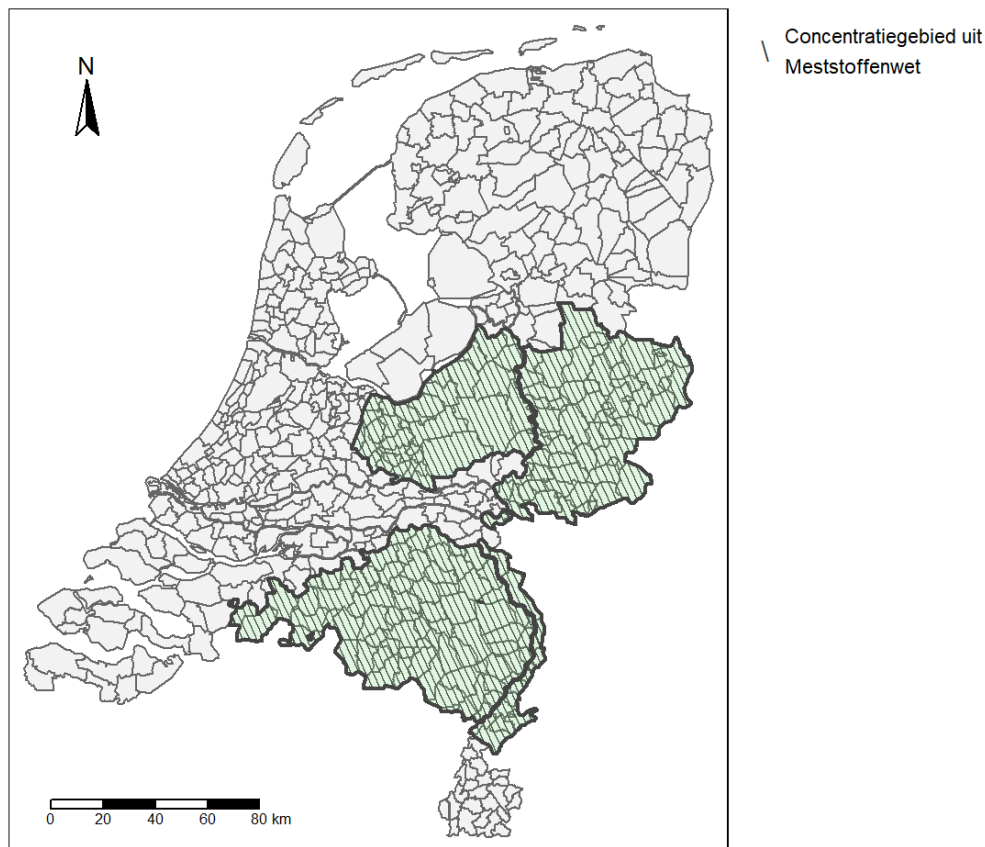
In het rapport [3] is ook een toetsing beschreven van het transmissiemodel voor HPAI aan gegevens van recente uitbraken. Het model voorspelt dat transmissierisico's in de pluimveedichte gebieden zijn verlaagd t.o.v. 2003 en dit is consistent met het patroon van de recente uitbraken. In het meer recente rapport 'Preventief ruimen bij vogelgriep in pluimveedichte gebieden en mogelijkheden voor aanvullende bemonstering' [5] is deze modelvalidatie verder uitgewerkt, gebruik makend van de uitbraakgegevens uit 2021 en 2022. Voor de modellen voor KVP en voor MKZ was validatie met recente epidemische gegevens niet mogelijk en als gevolg hiervan, zoals ook vermeld in [3], is de modelonzekerheid groter dan voor HPAI in pluimvee. Voor MKZ is er bovendien extra modelonzekerheid in verband met de verschillende diersoorten, afhankelijkheid van virusvarianten, en beperkter gegevensbasis voor het verdisconteren van de toegenomen bedrijfsgroottes [3].

De toetsing aan de concentratiegebieden uit de Meststoffenwet en de toetsing aan de RIVM-lijst van pluimveedichte gebieden i.v.m. fijnstof dienen om in beeld te brengen hoe de kandidaat-definities zich verhouden tot bestaande aan dier- en bedrijfsdichtheid gerelateerde definities in het milieubeleid. De wijzen waarop zowel de concentratiegebieden uit de Meststoffenwet als de pluimveedichte gebieden in verband met fijnstof zijn vastgesteld, zijn beide deels pragmatisch van karakter. Om deze reden heeft de hier uitgevoerde 'toetsing' van de kandidaat-definities voor bedrijfs- en dierdichtheid aan deze bestaande gebieden geen formeel statistisch karakter, zoals dit wel het geval is bij de toetsing aan de kennis over dierziekte-transmissierisico's omdat daarvoor een kwantitatieve berekening met bestaande modellen voor transmissie kan worden gedaan. In plaats daarvan bestaat de toetsing aan de bestaande gebieden uit geografische (en grafische) vergelijkingen

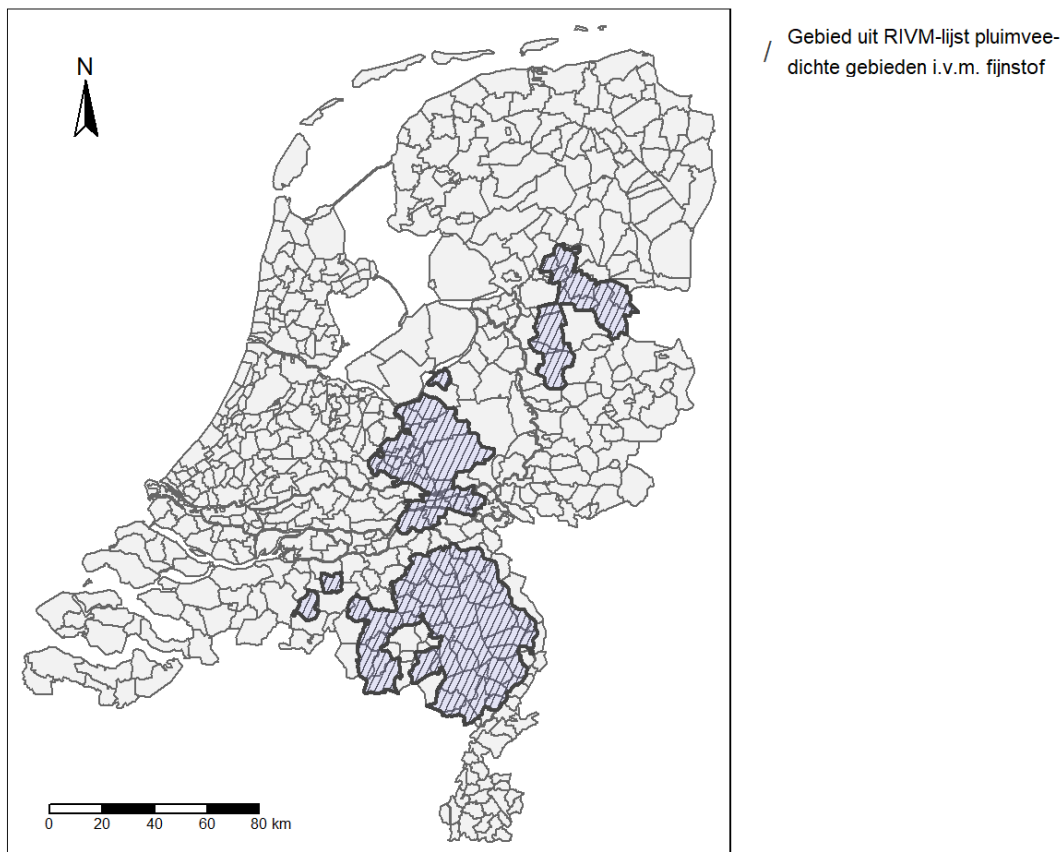
tussen uitkomsten van kandidaat-definities en de bestaande gebieden. Zoals hieronder wordt uitgelegd, worden de grenswaarden die onderdeel zijn van de kandidaat-definities, bepaald in de statistische toetsing aan de gemodelleerde dierziekte-transmissierisico's.

De concentratiegebieden uit de Meststoffenwet zijn gedefinieerd gebruikmakend van gemeentegrenzen uit 1997, waarbij naast het voorkomen van mestoverschotten, ook vergelijkbaarheid van agrarische structuur en aaneensluiting van de gebieden, rekening houdend met provincie- en gemeentegrenzen, bepalend zijn geweest. Het gaat hierbij dus om een afspraak die deels is gebaseerd is op groottes van mestoverschotten en deels op pragmatische keuzes.

Ook de pluimveedichte gebieden in verband met fijnstof, opgesteld door het RIVM op verzoek van de pluimveesector, zijn deels op pragmatische keuzes gebaseerd. Het betreft hier de top 15% gemeenten in Nederland waar de concentratie fijnstof in de lucht hoog is én pluimveehouderijen daaraan een substantiële bijdrage leveren. De pragmatische keuzes betreffen die voor de top 15% procent en die voor een numerieke invulling voor 'substantieel'.



**Figuur 1** Mintgroen en gearceerd: Concentratiegebieden zoals gedefinieerd in de Meststoffenwet [1]. De hier gebruikte polygonen zoals beschikbaar voor gemeentegebieden uit 1997 sluiten ter plekke van de IJssel en de Maas niet naadloos aan, waardoor beide rivieren als een vette lijn zichtbaar zijn in de gebieden.



**Figuur 2** *Blauw en gearceerd: Gebieden zoals opgenomen in de RIVM-lijst van pluimveedichte gebieden in verband met fijnstof [2]. Deze kaart is geconstrueerd door de gebieden van alle in de lijst opgenomen gemeentes blauw gearceerd weer te geven.*

#### *Toetsing aan de kennis over dierziekte-transmissierisico's*

Hierbij zijn de berekende bedrijfsdichtheden vergeleken met het basale reproductiegetal  $R_h$ , de maat voor het transmissierisico tussen bedrijven, berekend met epidemiologische modellen op dezelfde veehouderijlocaties uit de gegevens van RVO. De  $R_h$  is hier gedefinieerd als het aantal andere bedrijven dat het bedrijf op de locatie, na zelf besmet te zijn geraakt met de betreffende dierziekte, op zijn beurt naar verwachting zou besmetten in een volledig gevoelige omgeving en waarbij standaard-maatregelen voorgeschreven door de EU worden toegepast (voor toelichting op dit laatste verwijzen we naar Bijlage 1).

In statistische analyses kunnen de berekende dichtheden en  $R_h$  waarden 'tegen elkaar worden afgezet' waarbij de mate van correlatie tussen de dichtheid en  $R_h$  waarde wordt bepaald. Hierbij kunnen tevens grenswaarden voor de kandidaat-definities worden bepaald waarboven een locatie (of preciezer: de omgeving van een locatie) zou gelden als bedrijfs- en dierdicht.

In de epidemiologische modellen is de zogenaamde transmissiekernel-formulering gebruikt (zie o.a. Boender et al., 2007). De transmissiekernel, kortweg 'kernel', berekent transmissie vanuit bedrijven waarbij alle mogelijke transmissieroutes bijeen worden genomen. Door de kernel - in combinatie met de gemiddelde infectieuze periode van besmette bedrijven - te bepalen aan de hand van beschikbare gegevens van een eerdere epidemie, en deze vervolgens te combineren met huidige gegevens over locaties, typen en groottes van veehouderijbedrijven, kan voor de huidige situatie voor elke veehouderij een  $R_h$  worden berekend. Voor de verdere details van de gebruikte modellen voor tussen-bedrijfstransmissie verwijzen we naar de Bijlage 1.

Bij de toetsing aan de dierziekte-transmissierisico's zijn eerst lineaire regressiemodellen gebruikt om statistisch een relatie te bepalen. Hierbij kan op basis van de  $R^2$  waarde (een maat voor het deel van de variabiliteit dat wordt verklaard door het statistisch model, dus hoe hoger hoe beter) worden bepaald welke keuze voor de straal de hoogste correlatie tussen dichtheid en  $R_h$  oplevert, en welke dus correspondeert met de best passende definitie van de straal. Voor de kandidaat-definities met best passende straal zijn vervolgens logistische regressies uitgevoerd om de kwaliteit verder te evalueren en tegelijkertijd een grenswaarde te bepalen. De logistische regressies maken gebruik van de AIC (=Akaike information criterion) in plaats van de  $R^2$  waarde; hier geldt hoe lager de AIC, hoe beter het resultaat.

---

De reden om bedrijfsdichtheid als uitgangspunt te nemen voor de kandidaat-definities is dat transmissierisico's van dierziekten tussen veehouderijen in het algemeen beter af te meten zijn aan de dichtheid van bedrijven dan aan de dierdichtheid [3]. Dit laatste wordt gestaafd door controleberekeningen (niet opgenomen in deze rapportage) waarbij dierdichtheden (i.p.v. bedrijfsdichtheden) werden uitgezet tegen  $R_h$  waarden, en een (veel) minder goede correlatie wordt gevonden.

Omdat de definitie van bedrijfs- en dierdichtheid bedoeld is als instrument om vast te kunnen stellen wanneer een locatie in een bedrijfs- en dierdicht ligt, ook als op de betreffende locatie (nog) geen veehouderij gevestigd is, worden in de kandidaat-definities geen individuele bedrijfsfactoren (bijv. bedrijfsgrootte, houderijsysteem, hygiënestatus) in rekening gebracht. Echter in de toetsing aan de gemodelleerde dierziekte-transmissierisico's wordt noodzakelijkerwijs gebruik gemaakt van veehouderijlocaties en geldt voor HPAI en KVP dat de bedrijfsgrootte op de betreffende locatie een medebepalende factor is in de  $R_h$ . Als gevolg van dit laatste kunnen relatief kleinschalige veehouderijen waaromheen veel bedrijven met  $R_h > 1$  liggen, zelf toch een  $R_h < 1$  hebben vanwege hun lagere bedrijfsgrootte. In de toetsing met logistische regressie wordt in zulke gevallen een feitelijk correcte classificatie van de locatie als 'bedrijfs- en dierdicht' als misclassificatie beschouwd (immers  $R_h < 1$ ). Dit is in deze toetsing niet te vermijden en daarom moet bij de interpretatie van de specificiteit als maat voor de kwaliteit van de definitie rekening worden gehouden met vertekening bij HPAI en KVP, namelijk een onderschatting van de werkelijke kwaliteit.

#### *Verschillende mogelijke keuzes bij toetsing aan transmissie-risico's*

In de genoemde logistische regressies is bepaald welke grenswaarde voor de bedrijfsdichtheid het best voorspelt of de  $R_h$  hoger dan 1 is (dit is de waarde waarbij de uitbraak van een ziekte epidemische vormen kan aannemen). Deze analyses leveren ook een bijbehorende kwantificatie van de sensitiviteit en specificiteit van de definitie. Dit zijn maten voor de betrouwbaarheid van het resultaat. Hoe dichter bij 1, hoe groter de betrouwbaarheid. De grenswaarde wordt in deze analyses geoptimaliseerd zodanig dat de som van specificiteit en sensitiviteit wordt gemaximaliseerd. Mocht vanuit beleidsoverwegingen een van beide grootheden belangrijker worden geacht dan de andere bij het toepassen van de definitie, dan zou een daartoe aangepaste grenswaarde kunnen worden berekend aan de hand van een weging van het belang van sensitiviteit en specificiteit. De toetsing is herhaald met gebruik van de waarde 0,8 in plaats van 1 als grenswaarde voor de  $R_h$ . Deze alternatieve keuze voor 0,8 als grenswaarde is een binnen de veterinaire epidemiologie bestaand alternatief om nog meer "aan de veilige kant" te blijven, voor grotere zekerheid dat locaties of gebieden met een hoog transmissierisico met de definitie worden geïdentificeerd als bedrijfs- en dierdicht. Het gebruik van de waarde 0,8 in de toetsing resulteert in het algemeen in een lagere grenswaarde voor de bedrijfsdichtheid waarboven de locatie als bedrijfs- en dierdicht wordt bestempeld dan gebruik van de waarde 1 als grenswaarde voor de  $R_h$ . Deze lagere grenswaarde voor de bedrijfsdichtheid, die is geoptimaliseerd voor  $R_h = 0,8$  zodanig dat de som van specificiteit en sensitiviteit wordt gemaximaliseerd, is vervolgens ook aan  $R_h = 1$  getoetst (= bepaling sensitiviteit en specificiteit m.b.t.  $R_h = 1$ , zonder optimalisatie) - dit als voorbeeld van een grenswaarde voor  $R_h = 1$  met een hogere sensitiviteit maar lagere specificiteit dan de geoptimaliseerde grenswaarde voor  $R_h = 1$ . De resulterende hogere waarde van de sensitiviteit is tevens een manier van kwantificeren van de boven genoemde 'grotere zekerheid dat locaties of gebieden met een hoog transmissierisico met de definitie worden geïdentificeerd als bedrijfs- en dierdicht' bij gebruik van de grenswaarde voor de bedrijfsdichtheid verkregen met behulp van  $R_h = 0,8$  in plaats van met  $R_h = 1$ . Voor de volledigheid wordt bij de resultaten van de logistische regressies ook de positief voorspellende waarde en de negatief voorspellende waarde gegeven. De positief voorspellende waarde is hier het deel van de veehouderijlocaties die volgens de kandidaat-definitie bedrijfs- en dierdicht zijn waarvoor de  $R_h > 1$  is. De negatief voorspellende waarde is hier het deel van de veehouderijlocaties die volgens de kandidaat-definitie niet bedrijfs- en dierdicht zijn waarvoor de  $R_h < 1$  is.

De resultaten van deze analyses vormen een basis om voor verschillende diersectoren, op grond van bestaande kennis over dierziekte-transmissierisico's, een kandidaat definitie van bedrijfs- en dierdichtheid, met bijbehorende grenswaarde, op te stellen. De grenswaarde van de dichtheid correspondeert hierbij direct met een waarde voor het aantal bedrijven binnen de gegeven straal waarboven (met een hoge waarschijnlijkheid) de  $R_h$  hoger is dan 1, respectievelijk hoger dan 0,8. De definitie kan worden toegepast op elke locatie in Nederland, al dan niet met een bedrijf (niettegenstaande het feit dat de evaluatie van de definitie is gedaan met behulp van bedrijfslocaties). Op basis van gemeenschappelijke patronen in de bekende ruimtelijke transmissierisico's van dierziekten wordt aan het eind van dit rapport kort bediscussieerd in hoeverre de definities, met bijbehorende grenswaarden, maatgevend zouden kunnen zijn voor nog onbekende transmissierisico's in dezelfde diersectoren.

#### *Toetsing aan de concentratiegebieden uit de Meststoffenwet en aan de gebieden van de RIVM-lijst van pluimveedichte gebieden in verband met fijnstof*

Zowel in de Meststoffenwet als in de RIVM-lijst van pluimveedichte gebieden, zijn de gebieden opgebouwd uit gemeente-gebieden. Bij de concentratiegebieden uit de Meststoffenwet gaat het daarbij overigens, als gevolg

van herindelingen van later datum dan het moment (1997) waarop de concentratiegebieden werden vastgesteld, deels om gemeentegebieden die niet meer corresponderen met actuele gemeentes. Op elke locatie in een gemeentegebied kan met de kandidaat-definities de bedrijfs- en dierdichtheid worden berekend, en de waarde verschilt in het algemeen tussen locaties. We vergelijken de kandidaat-definities voor bedrijfs- en dierdichtheid als berekend in deze studie op de volgende verschillende manieren met de concentratiegebieden en pluimveedichte gebieden:

- Door kaarten waarop zowel de concentratiegebieden en/of pluimveedichte gebieden als de huidige bedrijfs- en dierdichte locaties/gebieden volgens de kandidaat-definitie worden weergegeven, in verschillende varianten:

- o Bedrijfs- en dierdichte versus niet-bedrijfs- en dierdichte veehouderijlocaties weergegeven als stippen met verschillende kleur;
- o Bedrijfs- en dierdichtheid ruimtelijk continu weergegeven;
- o Gemeenten met bedrijfs- en dierdichte locaties versus gemeenten zonder bedrijfs- en dierdichte locaties weergegeven als gebieden met verschillende kleur.

- Door de gemeentes in de pluimveedichte gebieden op volgorde van de mediane waarde van de bedrijfs- en dierdichtheid van in de gemeente aanwezige pluimveehouderijlocaties te rangschikken en daarbij de laagste, mediane en hoogste waarde per gemeente aan te geven.

Laatstgenoemde variant was voor de concentratiegebieden uit de Meststoffenwet niet haalbaar vanwege technische complicaties door de verouderde gemeente-indeling (1997) in de definitie van deze concentratiegebieden.

#### *Gebruikte gegevens over veehouderij*

Voor modelberekeningen van de  $R_h$  en voor het vaststellen van de bedrijfsdichtheden zoals benodigd voor de analyses in deze studie, is gebruik gemaakt van de meest recente gegevens (2022) omtrent locaties (en groottes) van bedrijven van de Rijksdienst voor Ondernemend Nederland.

#### *Evaluatie van gebruik van alternatieve gegevens over veehouderij bij toepassing definities*

Zijn publiek toegankelijke gegevens over omgevingsvergunningen een geschikt alternatief voor RVO gegevens bij het toepassen van de kandidaat-definities? Om dit te evalueren is een databestand gebruikt dat voor de provincies Gelderland, Noord-Brabant en Limburg de omgevingsvergunningen en meldingen van veehouderijbedrijven vastlegt, de Kernregistratie Dierverblijven (KRD, <https://krd.igoview.nl/>). Daartoe is bij elk van de combinaties van diersoort en dierziekte bepaald in welke mate de resultaten overeenstemmen als in plaats van RVO gegevens deze KRD gegevens worden gebruikt voor het vaststellen of veehouderijlocaties in Gelderland, Noord-Brabant en Limburg al dan niet als bedrijfs- en dierdicht gelden volgens de betreffende definitie. Voor meer informatie over de KRD gegevens en hoe deze voor deze studie zijn gebruikt, verwijzen we naar Bijlage 3.



---

## 3 Resultaten

### 3.1 Pluimvee

#### *Toetsing aan de kennis over dierziekte-transmissierisico's*

In Tabel 1 zijn de belangrijkste resultaten weergegeven van de toetsing aan vogelgriep-transmissierisico's voor mogelijke definities voor bedrijfs- en dierdichtheid voor pluimvee. Dit zijn resultaten van de logistische regressieanalyses. De resultaten van de lineaire regressie zijn ondersteunend daaraan en voor de details daarvan verwijzen we naar de Bijlage 2.

De hoogste  $R^2$  waarden werden in de lineaire regressieanalyses gevonden voor cirkels met een straal van 5 kilometer. In de logistische regressieanalyse was, in overeenstemming hiermee, de AIC het laagst bij een straal van 5 kilometer. Beide waarden geven aan dat de resultaten van het model berekend over een cirkel met een straal van 5 kilometer de meest betrouwbare resultaten oplevert. In de onderste helft van de tabel wordt voor de cirkel met straal 5 kilometer de grenswaarde voor de bedrijfsdichtheid (aantal bedrijven per vierkante kilometer) die correspondeert met toetsing voor  $R_h=1$  (of 0,8). Verder is aangegeven hoeveel bedrijven binnen de cirkel dit dan betreft, en zijn diverse betrouwbaarheidsindicatoren (specificiteit, sensitiviteit en area under the curve) berekend. Hoe dichter deze laatste bij 1 komen, hoe beter de correlatie tussen de grenswaarde voor de bedrijfsdichtheid en de grenswaarde voor  $R_h$ .

In de scatterplots in Figuur 3 zijn de individuele  $R_h$  van pluimveebedrijfslocaties afgezet tegen de bedrijfsdichtheden rondom deze locaties, voor elk van de onderzochte waarden van de cirkelstraal. Hoe sterker de puntenwolk is geconcentreerd rond de lijn  $y=x$  hoe hoger de correlatie tussen de twee grootheden. De AIC uit Tabel 1 geeft aan dat deze het hoogst is voor een straal van 5 km.

In Figuur 4 zijn de huidige bedrijfs- en dierdichte locaties van pluimveebedrijven volgens de beste kandidaat-definities uit Tabel 1 weergegeven. De grenswaarde gebaseerd op een toetsing en optimalisatie van de definitie aan vogelgriep voor grenswaarde  $R_h=1$  is 80 pluimveebedrijven binnen een straal van 5 km, overeenkomend met een grenswaarde van de bedrijfs- en dierdichtheid van 1,019 pluimveebedrijven per  $\text{km}^2$ . Met deze grenswaarde heeft de definitie een sensitiviteit van 0,99 t.o.v.  $R_h=1$  hetgeen betekent dat 1% van de pluimveehouderijlocaties die een  $R_h$  groter dan of gelijk aan 1 hebben volgens de modellering, volgens de definitie als *niet* bedrijfs- en dierdicht worden aangemerkt. De specificiteit t.o.v.  $R_h=1$  is 0,97 hetgeen betekent dat 3% van de pluimveehouderijlocaties die een  $R_h$  lager dan 1 hebben volgens de modellering, volgens de definitie toch als bedrijfs- en dierdicht worden aangemerkt.

De grenswaarde gebaseerd op een toetsing en optimalisatie van de definitie aan vogelgriep voor grenswaarde  $R_h=0,8$  is 54 pluimveebedrijven binnen een straal van 5 km, overeenkomend met een grenswaarde van de bedrijfs- en dierdichtheid van 0,688 pluimveebedrijven per  $\text{km}^2$ . Met deze grenswaarde heeft definitie heeft een sensitiviteit van 0,98 t.o.v.  $R_h=0,8$  hetgeen betekent dat 2% van de pluimveehouderijlocaties die een  $R_h$  groter dan of gelijk aan 0,8 hebben volgens de modellering, volgens de definitie als *niet* bedrijfs- en dierdicht worden aangemerkt. De specificiteit t.o.v.  $R_h=0,8$  is 0,96 hetgeen betekent dat 4% van de pluimveehouderijlocaties die volgens de definitie als bedrijfs- en dierdicht worden aangemerkt, een  $R_h$  lager dan 0,8 hebben volgens de modellering. Bij toetsing, zonder optimalisatie, van de grenswaarde van 54 pluimveebedrijven (binnen een straal van 5 km) t.o.v.  $R_h=1$  (in plaats van  $R_h=0,8$ ) resulteert een sensitiviteit van 1,00 en een specificiteit van 0,92.

**Tabel 1** Resultaten van logistische regressieanalyse van de relatie tussen transmissierisico voor hoog-pathogene aviaire influenza en bedrijfsdichtheid in de pluimveehouderij.

**AIC<sup>1</sup>**

Straal (km)	$R_h = 0,8$	$R_h = 1$
1	835,30	572,31
2	532,83	395,78
3	451,45	340,70
5	411,59	257,09
10	484,79	322,06

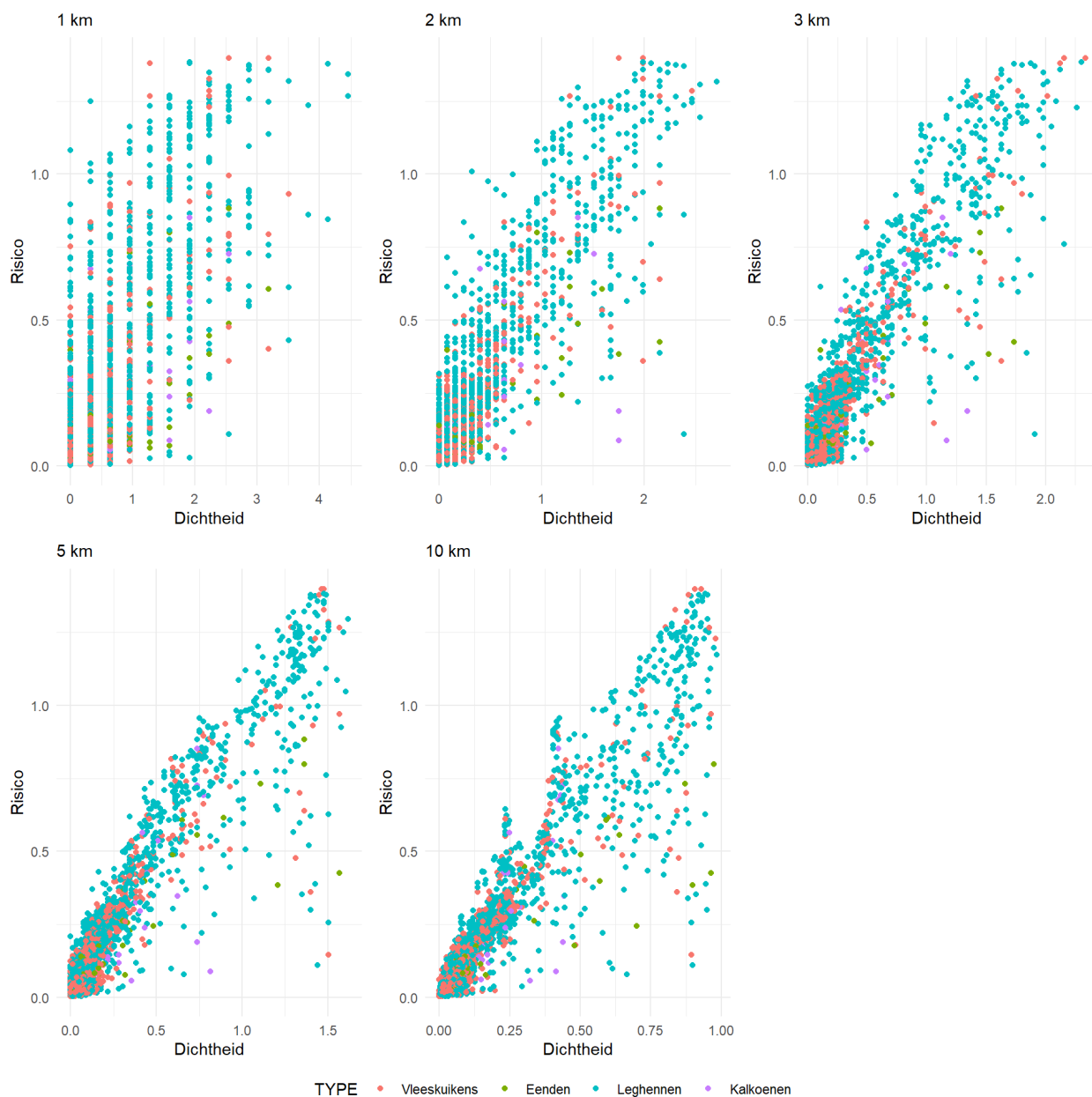
**Dichtheidsdefinities berekend met een straal van 5 km en prestatie-indicatoren**

Keuze $R_h$ grenswaarde	$R_h = 0,8$	$R_h = 1$
Grenswaarde dichtheid (D per km <sup>2</sup> )	0,688	1,019
Grenswaarde aantal bedrijven binnen cirkel (D × oppervlakte cirkel in km <sup>2</sup> )	54	80
AUC (Area Under the Curve, gebied onder de curve) <sup>2</sup>	0,986	0,988
Sensitiviteit	0,98 <sup>3</sup>	0,99
Specificiteit	0,96 <sup>3</sup>	0,97
Positief voorspellende waarde	0,70 <sup>3</sup>	0,62
Negatief voorspellende waarde	1,00 <sup>3</sup>	1,00

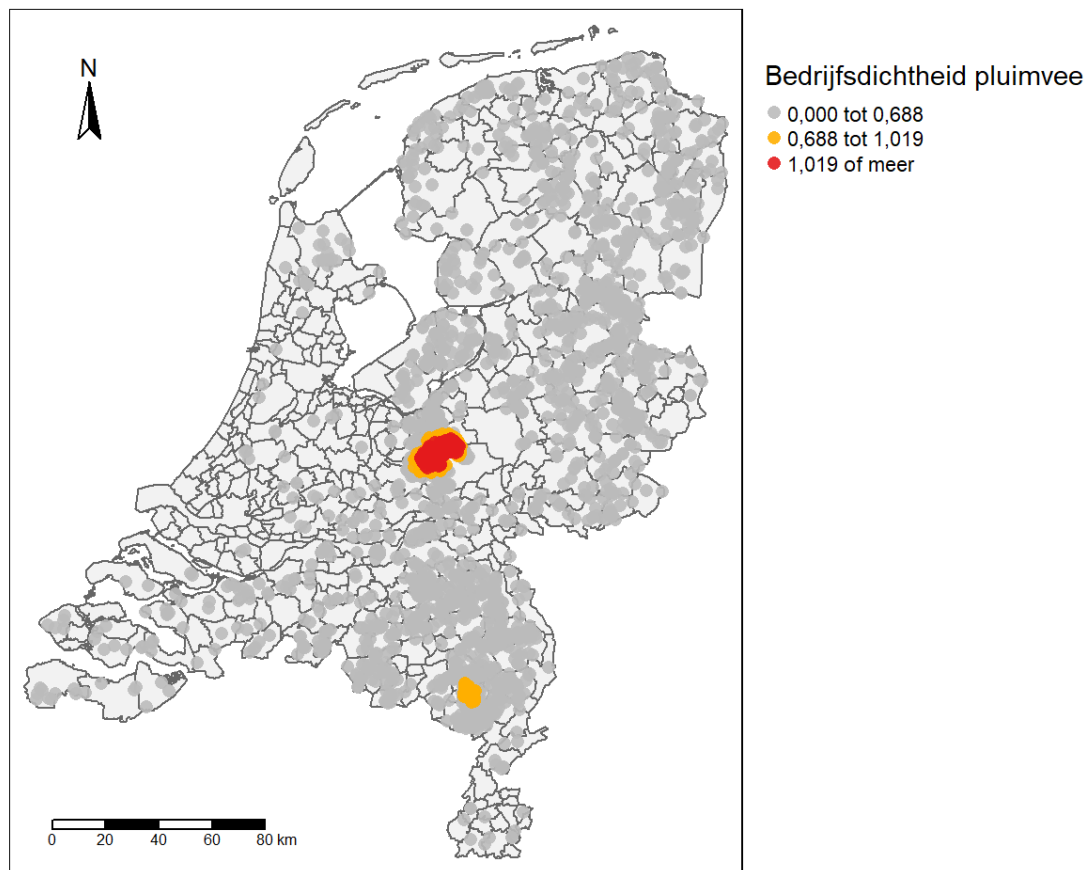
<sup>1</sup> De AIC (Akaike information criterion) geeft een schatting voor de voorspellingsfout en daarmee een waarde voor de relatieve kwaliteit van een model (in dit geval: van een definitie). Hoe lager de waarde, hoe minder kans op een foute voorspelling.

<sup>2</sup> De AUC geeft een samengestelde maat voor de prestatie van een model (in dit geval: een definitie) over alle mogelijke classificatie-grenswaarden. Hoe dichterbij de waarde bij 1 ligt, hoe beter de prestatie.

<sup>3</sup> Aanvullende toetsing: Bij toetsing aan  $R_h=1$  heeft de grenswaarde van 0,688 een sensitiviteit van 1,00, een specificiteit van 0,92, een positief voorspellende waarde van 0,40 en een negatief voorspellende waarde van 1,00.



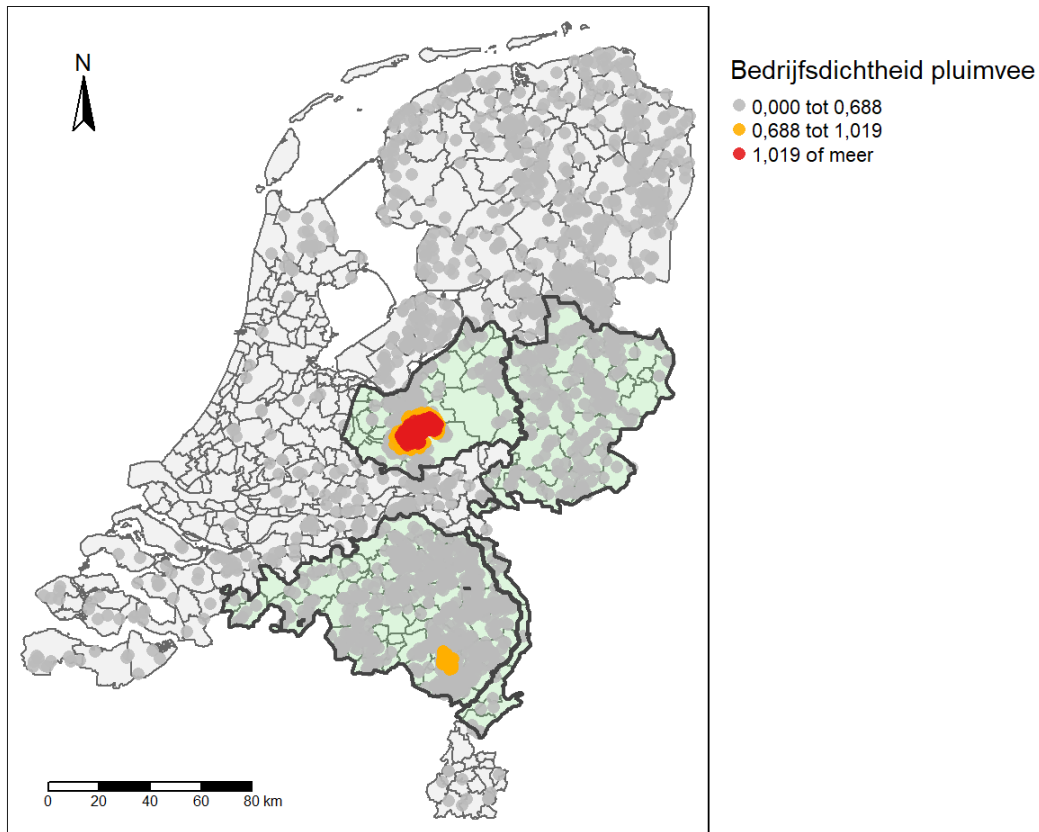
**Figuur 3** Scatter-plots voor de relatie tussen transmissierisico voor aviaire influenza en dichtheid van bedrijven in de pluimveehouderij berekend met een straal van respectievelijk 1, 2, 3, 5 en 10 kilometer. Om de mate van (lineaire) correlatie tussen beide grootheden goed in beeld te brengen, is de schaal van de horizontale as afhankelijk gekozen van de straal.



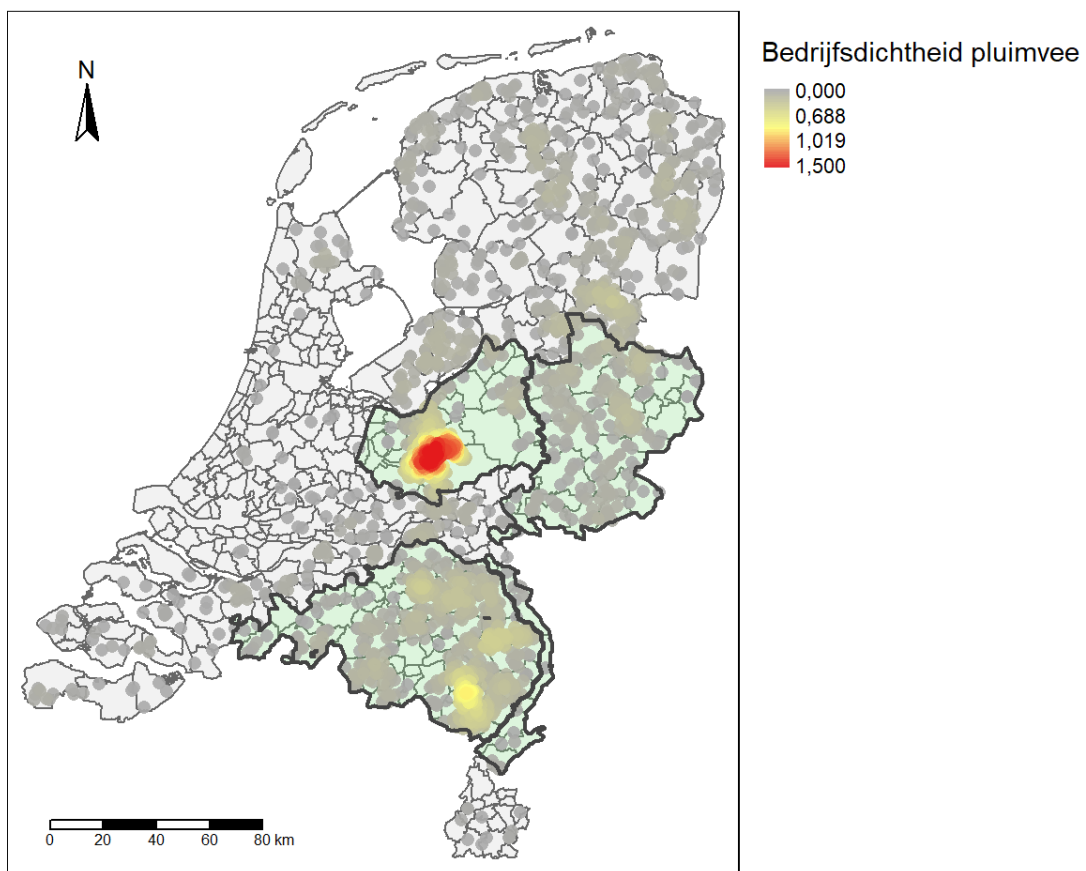
**Figuur 4** Relatie tussen geografische locatie van bedrijven in de pluimveehouderij en bedrijfs- en dierdichtheid voor pluimvee berekend met een straal van 5 km. De als rode stip weergegeven locaties zijn bedrijfs- en dierdicht als een grenswaarde van 1,019 (overeenkomend met 80 bedrijven binnen de straal van 5 km) wordt gehanteerd; als gekozen wordt voor een grenswaarde van 0,688 (overeenkomend met 54 bedrijven binnen de straal van 5 km) zijn ook de oranje weergegeven locaties bedrijfs- en dierdicht. De overige pluimveehouderijlocaties (met dichtheid lager dan 0,688) zijn weergegeven als grijze stippen.

#### *Toetsing aan de concentratiegebieden uit de Meststoffenwet*

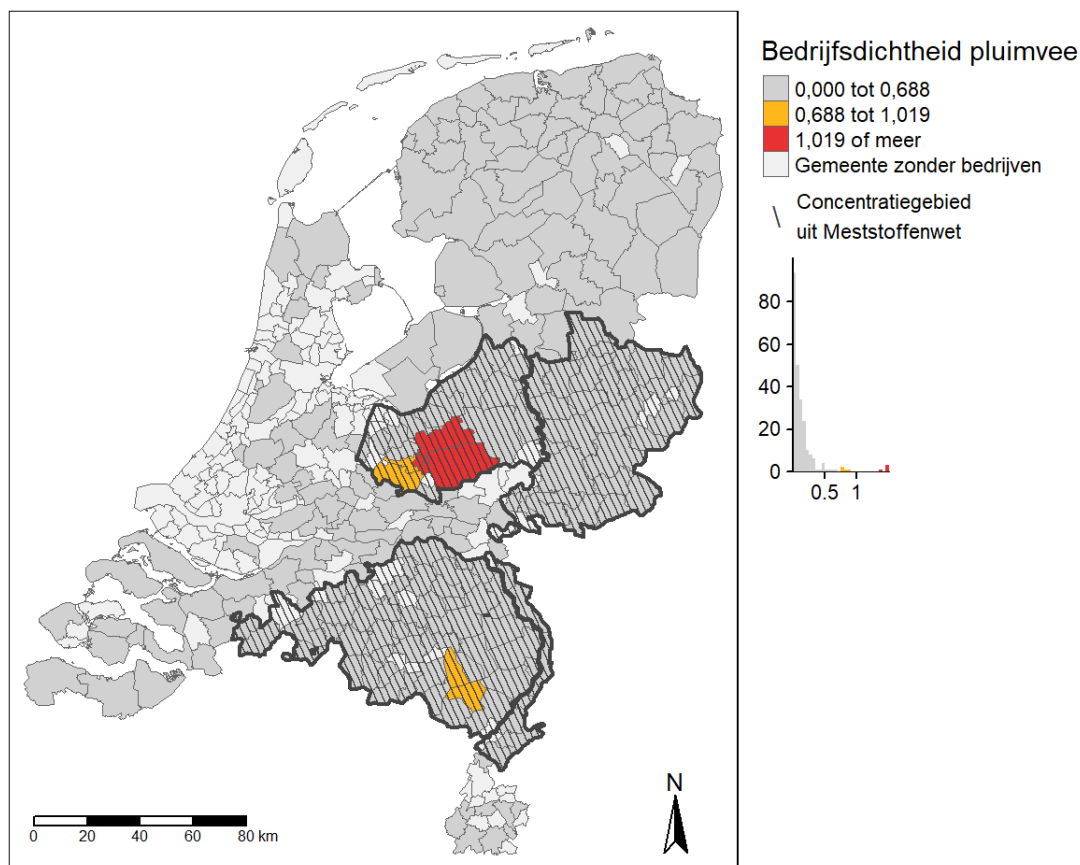
Figuren 5 - 7 bevatten de verschillende varianten van geografische weergave van de bedrijfs- en dierdichte locaties of gebieden in combinatie met de concentratiegebieden uit de Meststoffenwet. Figuur 5 laat zien dat maar klein deel van concentratiegebieden ook bedrijfs- en dierdicht is voor pluimvee volgens de kandidaat-definitie. Op de continue schaal van Figuur 6 is bovendien te zien dat er geen grote gebieden zijn die 'bijna bedrijfs- en dierdicht' zijn. In Figuur 7 is de vergelijking op gemeenteniveau gemaakt. Gebruikmakend van de grenswaarde 1,019 worden slechts vier gemeenten als pluimveedicht gekwalificeerd; dit aantal verdubbelt naar acht gemeenten bij gebruik van 0,688.



**Figuur 5** Gecombineerde weergave van de concentratiegebieden uit de Meststoffenwet (mintgroen) en de relatie uit Figuur 4 tussen geografische locatie van bedrijven in de pluimveehouderij en bedrijfs- en dierdichtheid voor pluimvee berekend met een straal van 5 km.



**Figuur 6** Concentratiegebieden uit de Meststoffenwet (mintgroen) gecombineerd met een continue weergave van de bedrijfs- en dierdichtheid voor pluimvee berekend met een straal van 5 km.

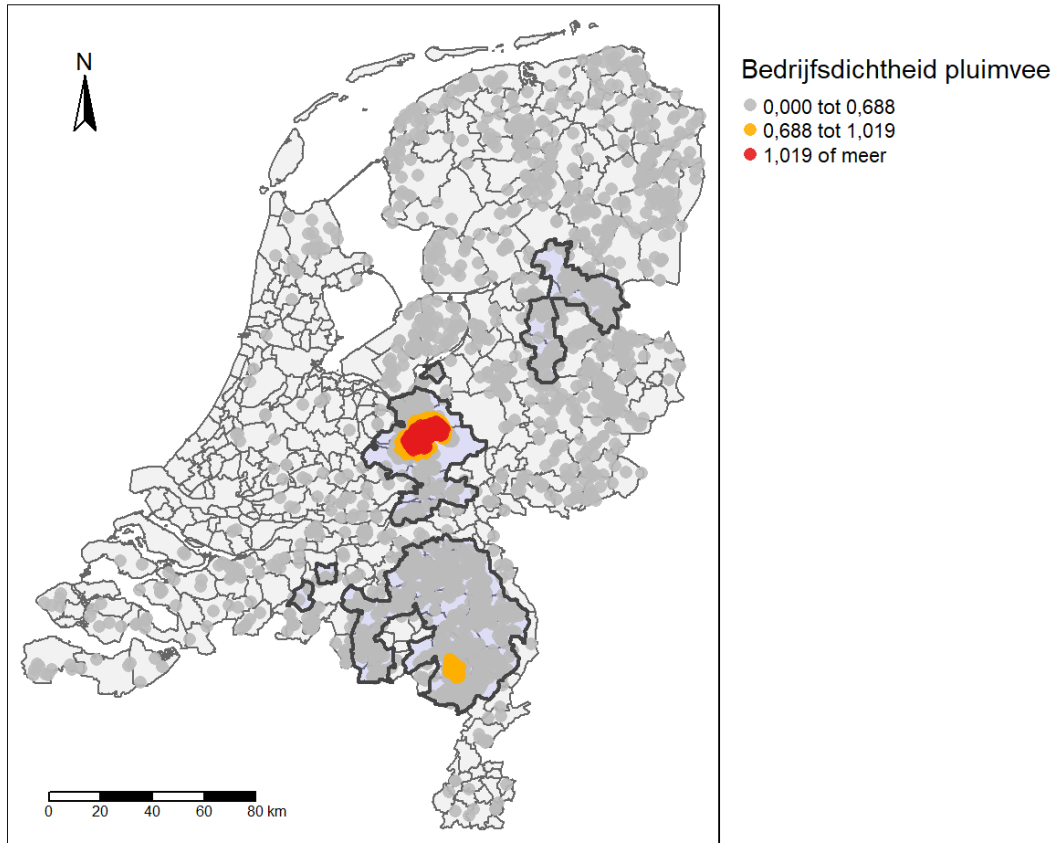


**Figuur 7** Concentratiegebieden uit de Meststoffenwet en gemeentegebieden gekleurd naar het waardenbereik waarbinnen de hoogste bedrijfs- en dierdichtheid (berekend met een straal van 5 km) van pluimveehouderijlocaties aanwezig in de gemeente valt. Rechtsboven onder legenda: frequentieverdeling van de hoogste waarde van bedrijfs- en dierdichtheid voor pluimvee per gemeente.

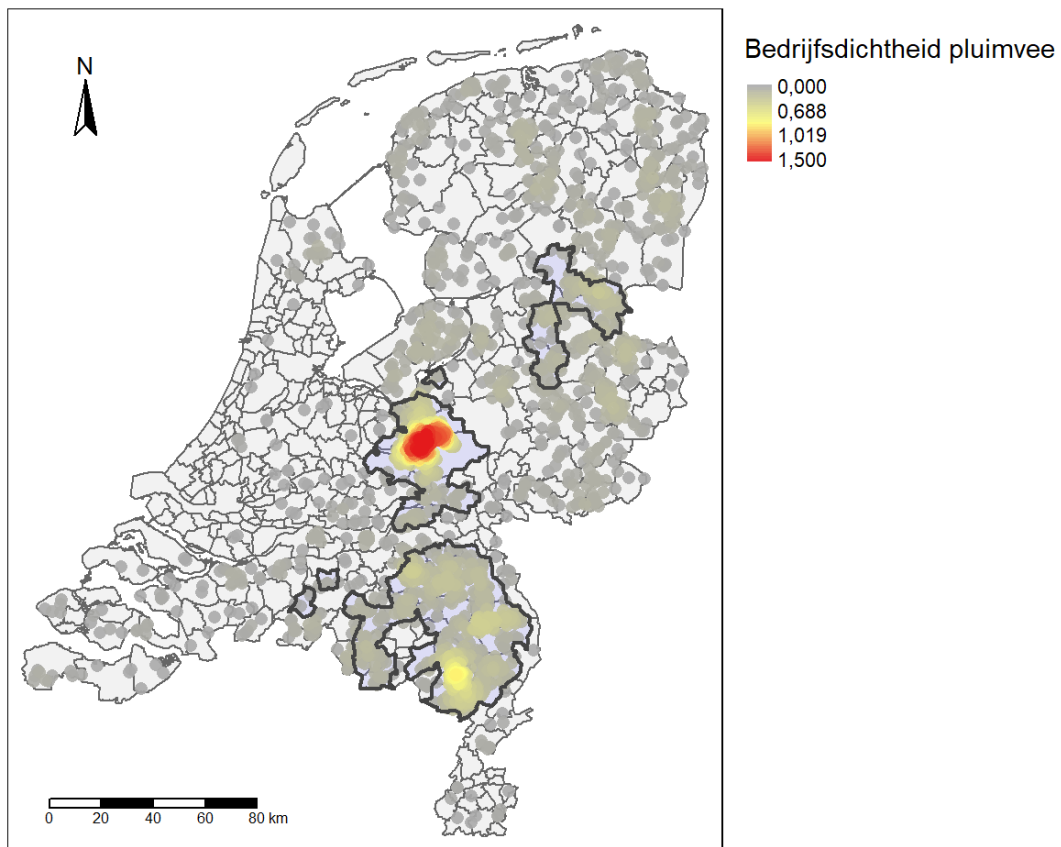
*Toetsing aan de gebieden van de RIVM-lijst van pluimveedichte gemeenten in verband met fijnstof.*

Figuren 8 t/m 10 bevatten de verschillende varianten van geografische weergave van de bedrijfs- en dierdichte locaties of gebieden in combinatie met de pluimveedichte gemeenten in verband met fijnstof. Figuur 8 laat zien dat maar klein deel van pluimveedichte gebieden uit de RIVM-lijst ook bedrijfs- en dierdicht is voor pluimvee volgens de kandidaat-definities. Op de continue schaal van Figuur 9 is bovendien te zien dat er geen grote gebieden zijn die 'bijna bedrijfs- en dierdicht' zijn (zie ook frequentieverdeling in Figuur 10). In Figuur 10 is de vergelijking op gemeenteniveau gemaakt. Gebruikmakend van de grenswaarde 1,019 worden slechts vier gemeenten als pluimveedicht gekwalificeerd; dit aantal verdubbelt naar acht gemeenten bij gebruik van 0,688.

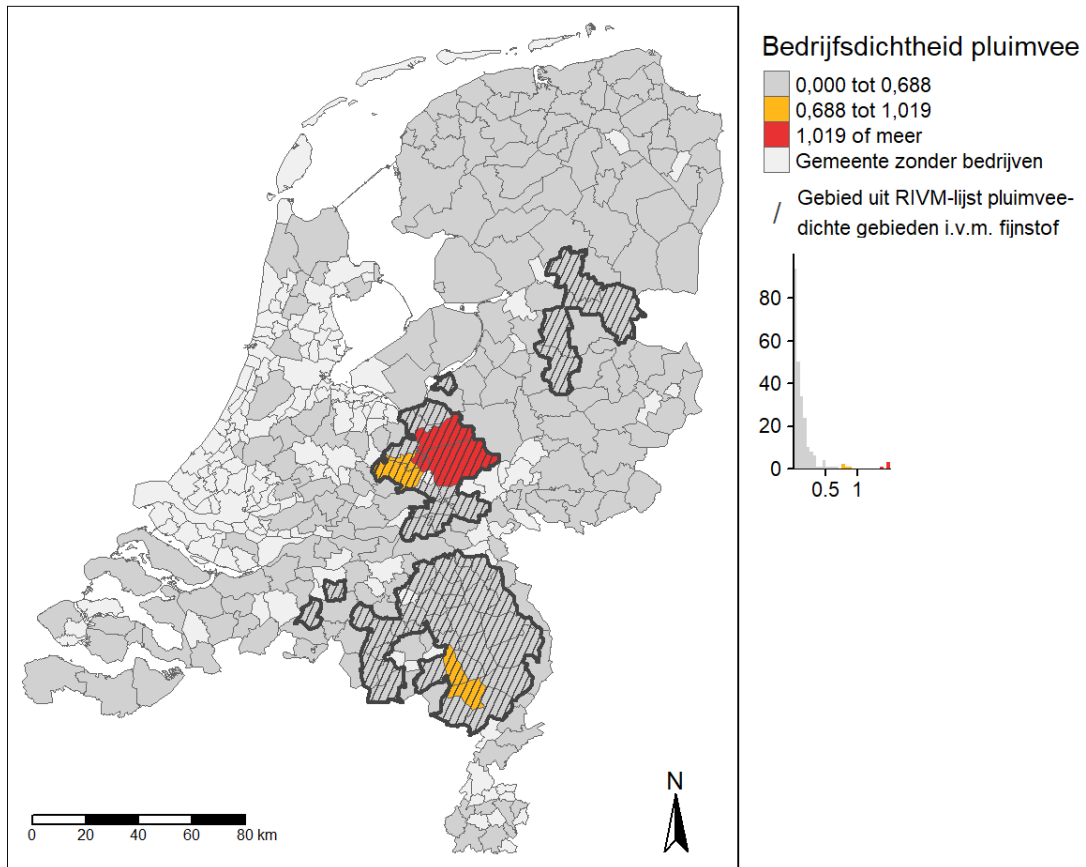
In Figuur 11 is de laagste, mediane en hoogste waarde uitgezet van de bedrijfs- en dierdichtheid van aanwezige veehouderijlocaties per gemeenten uit de RIVM lijst, gerangschikt op mediane waarde. Deze resultaten laten duidelijk zien dat ook gemeenten op de lijst voorkomen met relatief lage waarden voor de bedrijfs- en dierdichtheid voor pluimvee. Dit betekent dat de kandidaat-definities voor bedrijfs- en dierdichtheid voor pluimvee zonder aanvullende criteria geen geschikte basis vormen om pluimveedichte gebieden in verband met fijnstof zoals gedefinieerd in de RIVM lijst vast te stellen. Dit is wellicht ook niet verwonderlijk gezien het belang van de fijnstofuitstoot van andere bedrijfstypen dan pluimvee in de criteria op basis waarvan de RIVM lijst tot stand is gekomen.



**Figuur 8** Gecombineerde weergave van de pluimveedichte gebieden uit de RIVM-lijst in verband met fijnstof (lavendelblauw en omsloten door zwarte lijnen) en de relatie uit Figuur 4 tussen geografische locatie van pluimveehouderijbedrijven en bedrijfs- en dierdichtheid voor pluimvee berekend met een straal van 5 km.

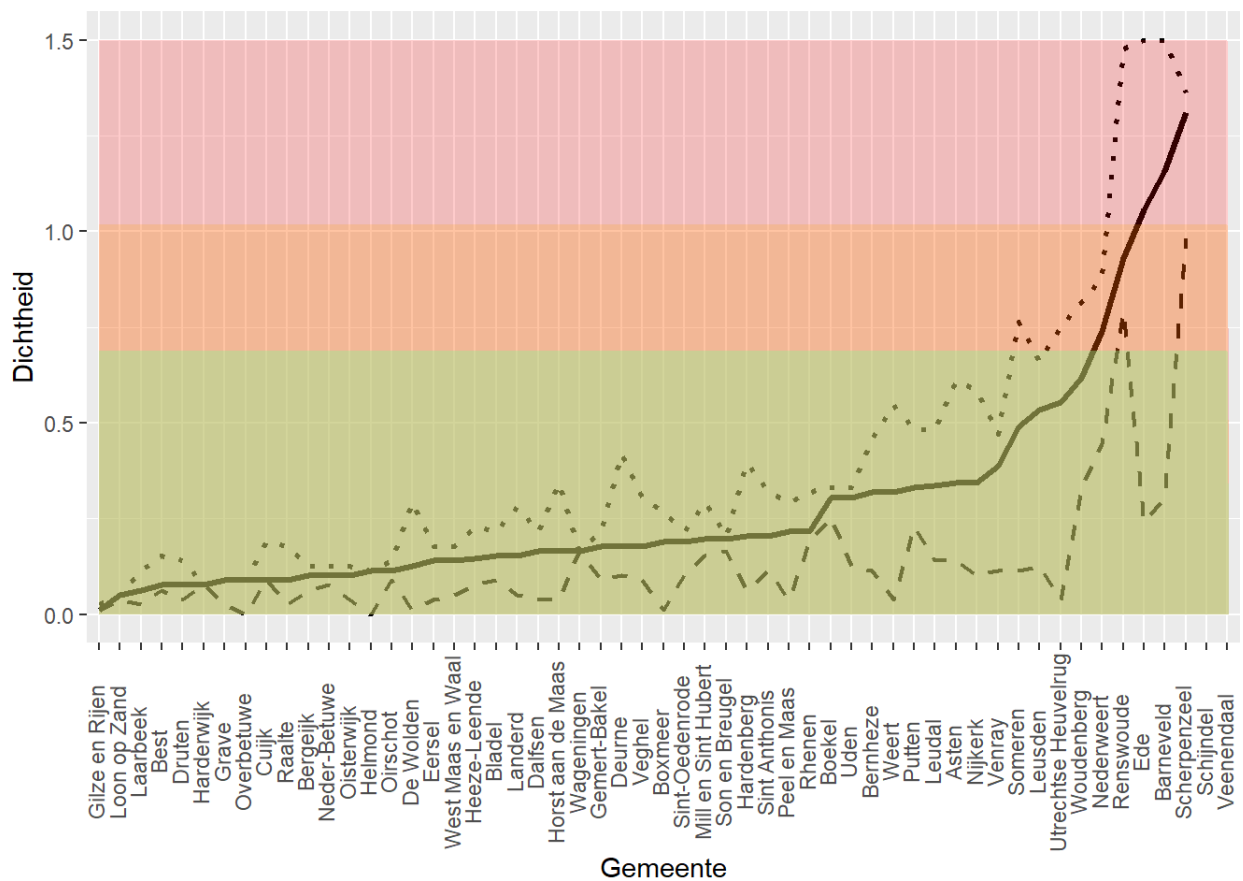


**Figuur 9** Pluimveedichte gebieden volgens de RIVM-lijst in verband met fijnstof (lavendelblauw en omsloten door zwarte lijnen) gecombineerd met een continue weergave van de bedrijfs- en dierdichtheid voor pluimvee berekend met een straal van 5 km.



**Figuur 10** Pluimveedichte gebieden volgens de RIVM-lijst in verband met fijnstof en gemeentegebieden gekleurd naar het waardenbereik waarbinnen de hoogste bedrijfs- en dierdichtheid (berekend met een straal van 5 km) van pluimveehouderijlocaties aanwezig in de gemeente valt. Rechtsboven onder legenda: Frequentieverdeling van de hoogste waarde van bedrijfs- en dierdichtheid voor pluimvee per gemeente.





**Figuur 11** Gemeentes in de pluimveedichte gebieden volgens de RIVM in verband met fijnstof, gerangschikt op de horizontale as op volgorde van de mediane waarde (getrokken lijn) van de bedrijfs- en dierdichtheid van in de gemeente aanwezige pluimveehouderijlocaties. Ook worden de laagste (gestreepte lijn) en hoogste (gestippelde lijn) waarde per gemeente weergegeven. Voor de gemeentes Schijndel en Veenendaal (uiterst rechts op de as) is de gekozen weergave niet informatief omdat deze gemeentes geen pluimveehouderijlocaties hebben in de RVO gegevens.

## 3.2 Varkens

### *Toetsing aan de kennis over dierziekte-transmissierisico's*

In Tabel 2 zijn de belangrijkste resultaten weergegeven voor mogelijke definities voor bedrijfs- en dierdichtheid voor varkens, wanneer getoetst aan klassieke varkenspest.

De hoogste  $R^2$  waarden werden voor de lineaire regressieanalyses gevonden in cirkels met een straal van 2 kilometer (zie Bijlage 2). In de logistische regressieanalyse was, in overeenstemming hiermee, de AIC het laagst bij een straal van 2 kilometer. Beide waarden geven aan dat de resultaten van het model berekend over een cirkel met een straal van 2 kilometer de meest betrouwbare resultaten oplevert.

In de onderste helft van Tabel 2 wordt voor de cirkel met straal 2 kilometer de grenswaarde voor de bedrijfsdichtheid (aantal bedrijven per vierkante kilometer) die correspondeert met  $R_h=1$  (of 0,8) weergegeven. Verder is aangegeven hoeveel bedrijven binnen de cirkel dit dan betreft, en zijn diverse betrouwbaarheidsindicatoren (specificiteit, sensitiviteit en area under the curve) berekend. Hoe dichter deze laatste bij 1 komen, hoe beter de correlatie tussen de grenswaarde voor de bedrijfsdichtheid en de grenswaarde voor  $R_h$ . In de scatterplots in Figuur 12 zijn de individuele  $R_h$  van varkenshouderijlocaties afgezet tegen de bedrijfsdichtheden rondom deze locaties, voor elk van de onderzochte waarden van de cirkelstraal. Hoe sterker de puntenwolk geconcentreerd rond de lijn  $y=x$  hoe hoger de correlatie tussen de twee grootheden. De AIC uit Tabel 2 geeft aan dat deze het hoogst is voor een straal van 2 km.

In Figuur 13 zijn de huidige bedrijfs- en dierdichte locaties van varkenshouderijen volgens de beste kandidaat-definities uit Tabel 2 weergegeven. De grenswaarde gebaseerd op een toetsing en optimalisatie van de definitie aan klassieke varkenspest voor grenswaarde  $R_h=1$  is 11 varkenshouderijen binnen een straal van 2 km, overeenkomend met een grenswaarde van de bedrijfs- en dierdichtheid van 0,875 varkenshouderijen per  $\text{km}^2$ . Met deze grenswaarde heeft definitie heeft een sensitiviteit van 0,91 t.o.v.  $R_h=1$  hetgeen betekent dat 9% van de varkenshouderijlocaties die een  $R_h$  groter dan of gelijk aan 1 hebben volgens de modellering, volgens de definitie als *niet* bedrijfs- en dierdicht worden aangemerkt. De specificiteit t.o.v.  $R_h=1$  is 0,88 hetgeen betekent dat 12% van de varkenshouderijlocaties die een  $R_h$  lager dan 1 hebben volgens de modellering, volgens de definitie toch als bedrijfs- en dierdicht worden aangemerkt.

De grenswaarde gebaseerd op een toetsing en optimalisatie van de definitie aan klassieke varkenspest voor grenswaarde  $R_h=0,8$  is 9 varkenshouderijen binnen een straal van 2 km, overeenkomend met een grenswaarde van de bedrijfs- en dierdichtheid van 0,716 varkenshouderijen per  $\text{km}^2$ . Met deze grenswaarde heeft definitie heeft een sensitiviteit van 0,90 t.o.v.  $R_h=0,8$  hetgeen betekent dat 10% van de varkenshouderijlocaties die een  $R_h$  groter dan of gelijk aan 0,8 hebben volgens de modellering, volgens de definitie als *niet* bedrijfs- en dierdicht worden aangemerkt. De specificiteit t.o.v.  $R_h=0,8$  is 0,84 hetgeen betekent dat 16% van de varkenshouderijlocaties die volgens de definitie als bedrijfs- en dierdicht worden aangemerkt, een  $R_h$  lager dan 0,8 hebben volgens de modellering. Bij toetsing, zonder optimalisatie, van de grenswaarde van 9 varkenshouderijen (binnen een straal van 3 km) t.o.v.  $R_h=1$  (in plaats van  $R_h=0,8$ ) resulteert een sensitiviteit van 0,97 en een specificiteit van 0,81.

**Tabel 2** Resultaten van logistische regressieanalyse van de relatie tussen transmissierisico voor klassieke varkenspest en bedrijfsdichtheid in de varkenshouderij.

**AIC<sup>1</sup>**

Straal (km)	$R_h = 0,8$	$R_h = 1,0$
1	1786,5	1165,4
2	1725,6	1127,4
3	1818,3	1237,6
5	1881,9	1324,8
10	1893,4	1317,5

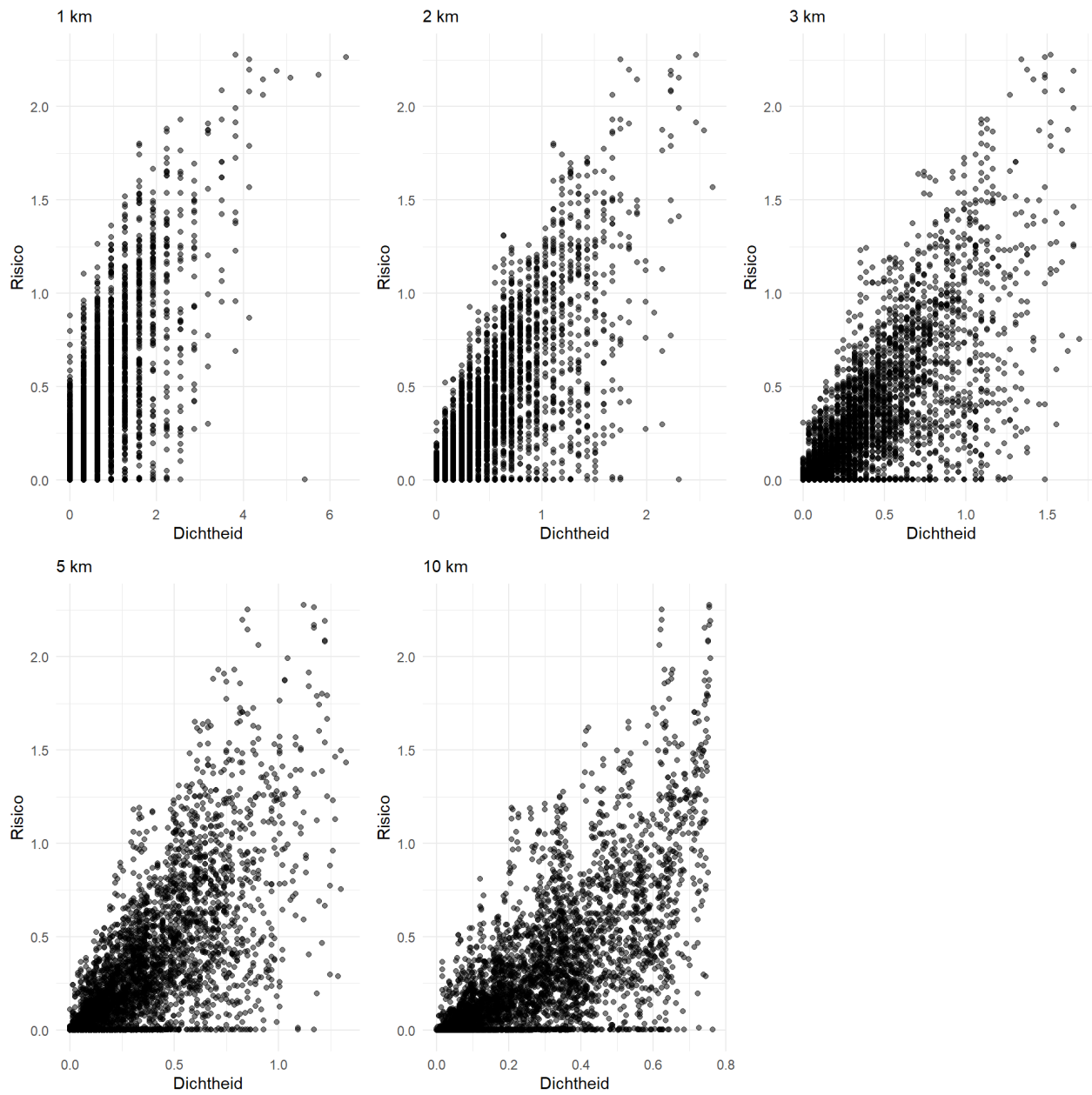
**Dichtheidsdefinities berekend met een straal van 2 km en prestatie-indicatoren**

Keuze $R_h$ grenswaarde	$R_h = 0,8$	$R_h = 1$
Grenswaarde dichtheid (D)	0,716	0,875
Grenswaarde aantal bedrijven binnen straal (D x oppervlakte cirkel in km <sup>2</sup> )	9	11
AUC (Area Under the Curve, gebied onder de curve) <sup>2</sup>	0,934	0,950
Sensitiviteit	0,90 <sup>3</sup>	0,91
Specificiteit	0,84 <sup>3</sup>	0,88
Positief voorspellende waarde	0,44 <sup>3</sup>	0,36
Negatief voorspellende waarde	0,98 <sup>3</sup>	0,99

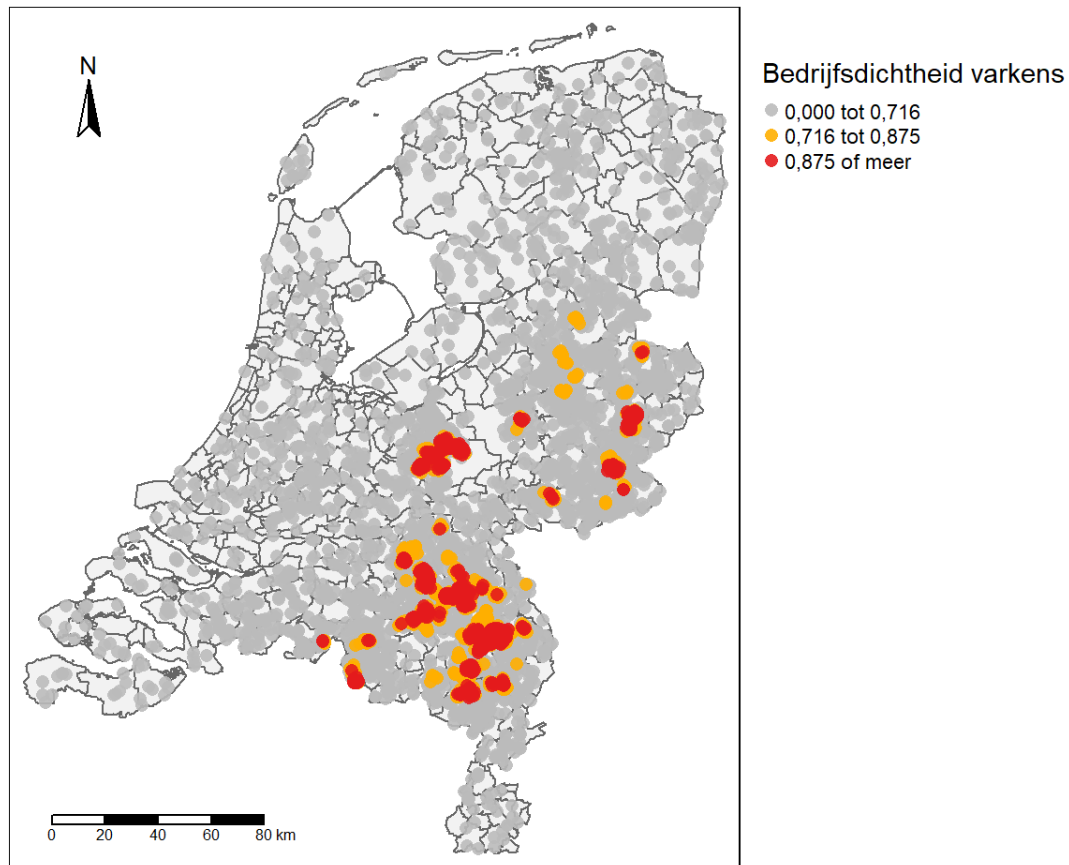
<sup>1</sup> De AIC (Akaike information criterion) geeft een schatting voor de voorspellingsfout en daarmee een waarde voor de relatieve kwaliteit van modellen. Hoe lager de waarde, hoe minder kans op een foute voorspelling.

<sup>2</sup> De AUC geeft een samengestelde maat voor de prestatie van een model (in dit geval: een definitie) over alle mogelijke klassificatiegrenswaarden. Hoe dichter de waarde bij 1 ligt, hoe beter de prestatie.

<sup>3</sup> Aanvullende toetsing: Bij toetsing voor  $R_h=1$  heeft de grenswaarde van 0,716 een sensitiviteit van 0,97, een specificiteit van 0,81, een positief voorspellende waarde van 0,28 en een negatief voorspellende waarde van 1,00.



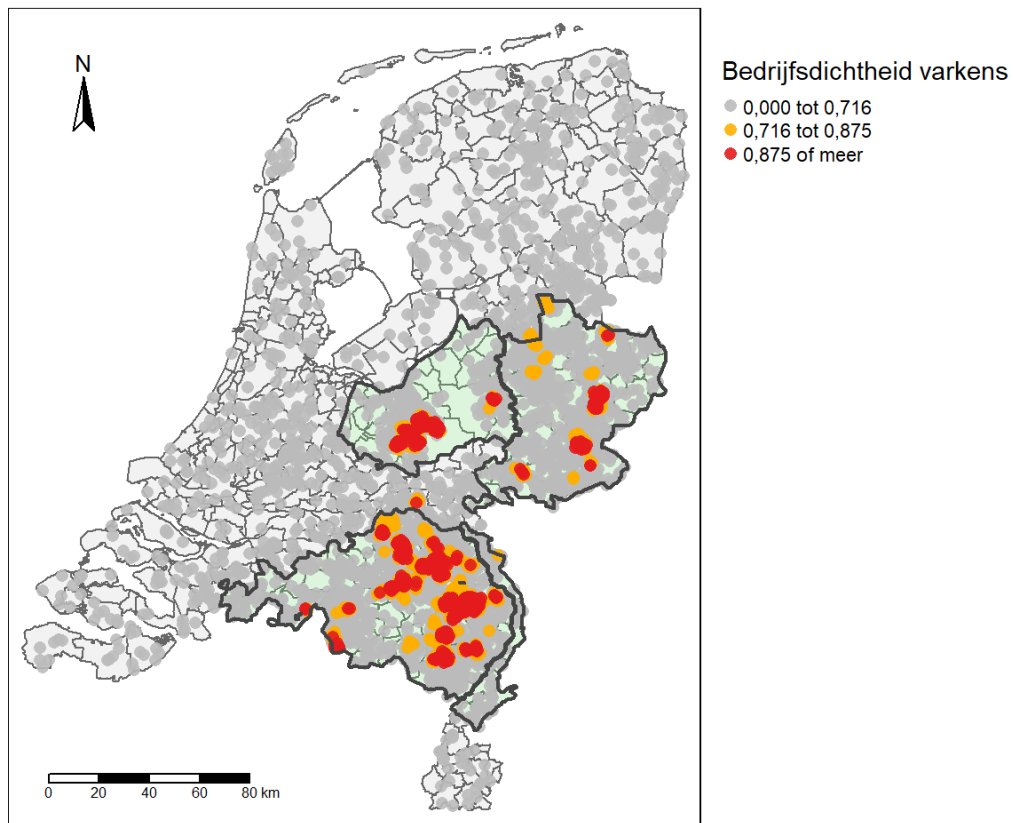
**Figuur 12** Scatter-plots voor de relatie tussen transmissierisico voor klassieke varkenspest en bedrijfsdichtheid in de varkenshouderij berekend met een straal van respectievelijk 1, 2, 3, 5 en 10 km. Om de mate van (lineaire) correlatie tussen beide grootheden goed in beeld te brengen, is de schaal van de horizontale as afhankelijk gekozen van de straal.



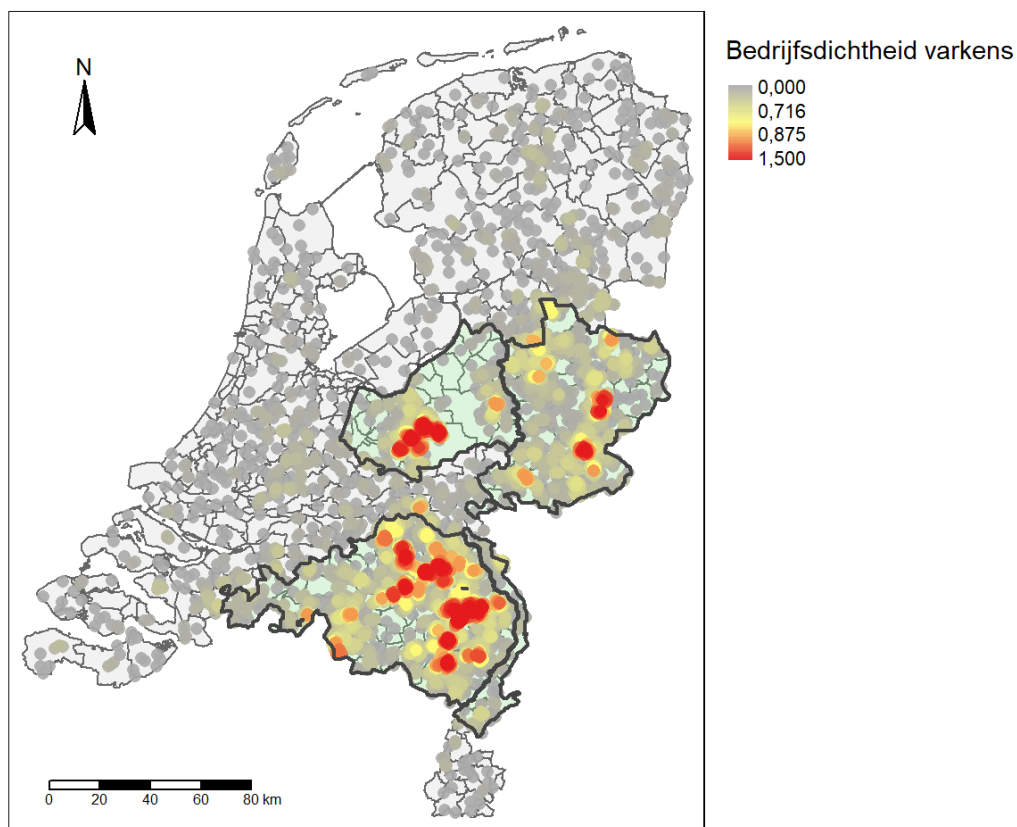
**Figuur 13** Relatie tussen geografische locatie van bedrijven in de varkenshouderij en bedrijfs- en dierdichtheid voor varkens berekend op basis van het aantal varkenshouderijen binnen een straal van 2 km. De als rode stip weergegeven locaties zijn bedrijfs- en dierdicht als een grenswaarde van 0,875 wordt gehanteerd (overeenkomend met 11 varkenshouderijen binnen de straal van 2 km); als gekozen wordt voor een grenswaarde van 0,716 (overeenkomend met 9 varkenshouderijen binnen de straal van 2 km) zijn ook de oranje weergegeven locaties bedrijfs- en dierdicht. De overige varkenshouderijlocaties (met dichtheid lager dan 0,716) zijn weergegeven als grijze stippen.

#### *Toetsing aan de concentratiegebieden uit de Meststoffenwet*

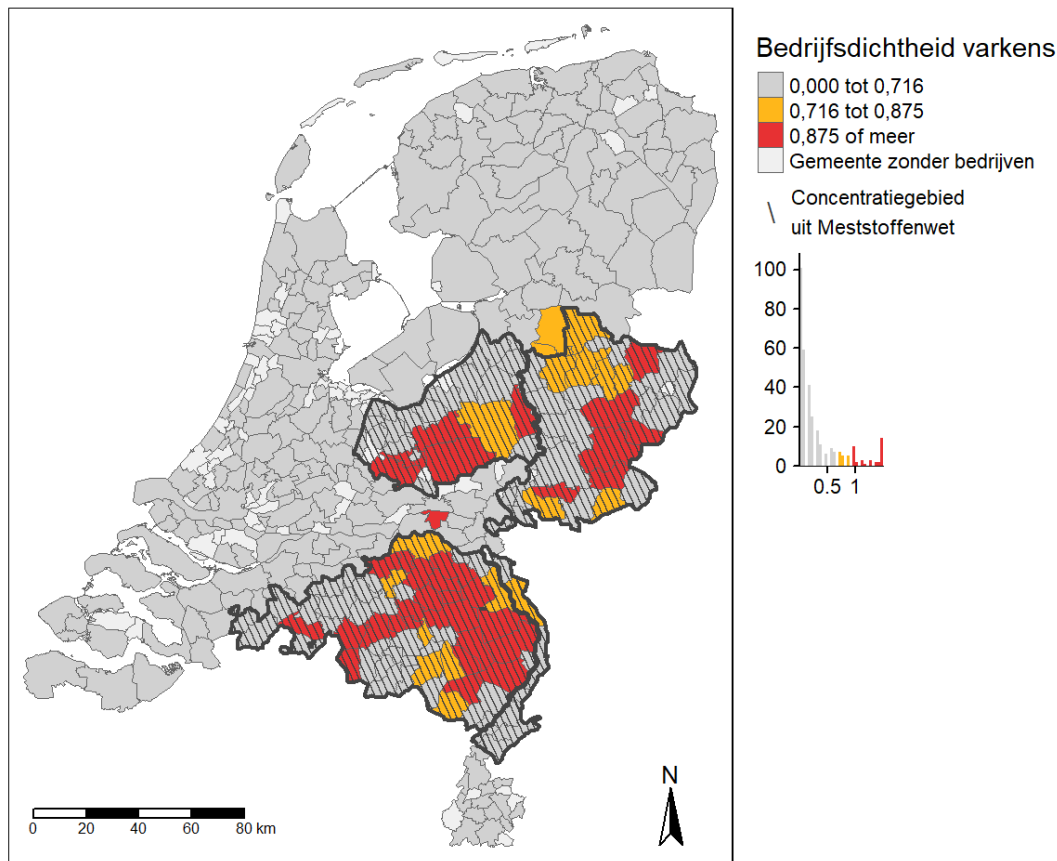
Figuren 14-16 bevatten de verschillende varianten van geografische weergave van de bedrijfs- en dierdichte locaties of gebieden voor varkens, berekend met behulp van het aantal varkensbedrijven in een straal van 2 km, in combinatie met de concentratiegebieden uit de Meststoffenwet. De drie figuren laten zien dat er duidelijke overlap is tussen de concentratiegebieden en gebieden met bedrijfs- en dierdichte locaties volgens het aantal varkensbedrijven in een straal van 2 km. In Figuur 16 is te zien dat slechts één gemeente met bedrijfs- en dierdichte varkenslocaties (berekend met het aantal varkenshouderijen in een straal van 2 km) buiten de concentratiegebieden valt. Omgekeerd zijn slechts ongeveer de helft van de gemeentes in de concentratiegebieden volgens deze definitie bedrijfs- en dierdicht voor varkens.



**Figuur 14** Gecombineerde weergave van de concentratiegebieden uit de Meststoffenwet (mintgroen en omsloten door zwarte lijnen) en de relatie uit Figuur 13 tussen geografische locatie van varkenshouderijen en bedrijfs- en dierdichtheid voor varkens berekend op basis van het aantal varkenshouderijen binnen een straal van 2 km.



**Figuur 15** Concentratiegebieden uit de Meststoffenwet (mintgroen en omsloten door zwarte lijnen) gecombineerd met een continue weergave van de bedrijfs- en dierdichtheid voor varkens berekend op basis van het aantal varkenshouderijen binnen een straal van 2 km.



**Figuur 16** Concentratiegebieden uit de Meststoffenwet en gemeentegebieden gekleurd naar het waardenbereik waarbinnen de hoogste bedrijfs- en dierdichtheid (berekend op basis van het aantal varkenshouderijen binnen een straal van 2 km) van varkenshouderijlocaties aanwezig in de gemeente valt. Rechtsboven onder legenda: Frequentieverdeling van de hoogste waarde van bedrijfs- en dierdichtheid voor varkenshouderijen per gemeente.

### 3.3 Varkens & runderen & kleine herkauwers

#### *Toetsing aan de kennis over dierziekte-transmissierisico's.*

In Tabel 3 zijn de belangrijkste resultaten weergegeven voor mogelijke definities voor bedrijfs- en dierdichtheid voor varkens & runderen & kleine herkauwers, wanneer getoetst aan de transmissie-risico's voor mond-en-klauwzeer (MKZ).

De hoogste  $R^2$  waarden werden voor de lineaire regressieanalyses gevonden in cirkels met een straal van 3 kilometer (zie Bijlage 2). In de logistische regressieanalyse was, in overeenstemming hiermee, de AIC het laagst bij een straal van 3 kilometer. Beide waarden geven aan dat de resultaten van het model berekend over een cirkel met een straal van 3 kilometer de meest betrouwbare resultaten oplevert. In de onderste helft van Tabel 3 wordt voor de cirkel met straal 3 kilometer de grenswaarde aangegeven voor de bedrijfsdichtheid (aantal bedrijven per vierkante kilometer) die correspondeert met  $R_h=1$  (of 0,8). Verder is aangegeven hoeveel bedrijven binnen de cirkel dit dan betreft, en zijn diverse betrouwbaarheidsindicatoren (specificiteit, sensitiviteit en area under the curve) berekend. Hoe dichter deze laatste bij 1 komen, hoe beter de correlatie tussen de grenswaarde voor de bedrijfsdichtheid en de grenswaarde voor  $R_h$ .

In de scatterplots in Figuur 17 zijn de individuele  $R_h$  van veehouderijlocaties afgezet tegen de bedrijfsdichtheden rondom deze locaties, voor elk van de onderzochte waarden van de cirkelstraal. Hoe sterker de puntenwolk geconcentreerd rond de lijn  $y=x$  hoe hoger de correlatie tussen de twee grootheden. De AIC uit Tabel 3 geeft aan dat deze het hoogst is voor een straal van 3 km.

In Figuur 18 en 19 zijn de huidige bedrijfs- en dierdichte locaties van veehouderijen met herkauwers respectievelijk met varkens weergegeven volgens de beste kandidaat-definities uit Tabel 3. De bedrijfs- en dierdichte gebieden op deze figuren sluiten aan op de hoog-risicogebieden voor MKZ verspreiding die worden gevonden in de transmissiemodellering.

De grenswaarde gebaseerd op een toetsing en optimalisatie van de definitie aan MKZ voor grenswaarde  $R_h=1$  is voor veehouderijlocaties met herkauwers (respectievelijk varkens) 79 (resp. 83) veehouderijen met herkauwers of varkens binnen een straal van 3 km, overeenkomend met een grenswaarde van de bedrijfs- en dierdichtheid van 2,794 (2,936) veehouderijen per km<sup>2</sup>. Met deze grenswaarde heeft definitie heeft een sensitiviteit van 0,92 (0,93) t.o.v.  $R_h=1$  hetgeen betekent dat 8% (7%) van de veehouderijlocaties met herkauwers (resp. varkens) die een  $R_h$  groter dan of gelijk aan 1 hebben volgens de modellering, volgens de definitie als *niet* bedrijfs- en dierdicht worden aangemerkt. De specificiteit t.o.v.  $R_h=1$  is ook 0,92 (0,94) hetgeen betekent dat 8% (6%) van de veehouderijlocaties met herkauwers (resp. varkens) die een  $R_h$  lager dan 1 hebben volgens de modellering, volgens de definitie toch als bedrijfs- en dierdicht worden aangemerkt. De grenswaarde gebaseerd op een toetsing en optimalisatie van de definitie aan MKZ voor grenswaarde  $R_h=0,8$  is 64 (66) veehouderijen binnen een straal van 3 km, overeenkomend met een grenswaarde van de bedrijfs- en dierdichtheid van 2,264 (2,334) veehouderijen per km<sup>2</sup>. Met deze grenswaarde heeft definitie heeft een sensitiviteit van 0,90 t.o.v.  $R_h=0,8$  hetgeen betekent dat 10% van de veehouderijlocaties die een  $R_h$  groter dan of gelijk aan 0,8 hebben volgens de modellering, volgens de definitie als *niet* bedrijfs- en dierdicht worden aangemerkt. De specificiteit t.o.v.  $R_h=0,8$  is 0,89 (0,90) hetgeen betekent dat 11% (10%) van de veehouderijlocaties die volgens de definitie als bedrijfs- en dierdicht worden aangemerkt, een  $R_h$  lager dan 0,8 hebben volgens de modellering. Bij toetsing, zonder optimalisatie, van de grenswaarde van 79 (83) veehouderijen (binnen een straal van 3 km) t.o.v.  $R_h=1$  (in plaats van  $R_h=0,8$ ) resulteert een sensitiviteit van 0,99 (1,00) en een specificiteit van 0,76 (0,73).



**Tabel 3** Resultaten van logistische regressieanalyse van de relatie tussen transmissierisico voor mond- en klauwzeer en bedrijfsdichtheid in de houderij van herkauwers (rundvee, schapen en geiten) en de varkenshouderij.

**AIC<sup>1</sup>**

Straal (km)	R <sub>h</sub> = 0,8	R <sub>h</sub> = 1
1	42720,26	34638,18
2	38361,39	33306,24
3	37639,93	33515,79
5	38038,83	34142,00
10	41912,04	36549,26

**Dichtheidsdefinities berekend met een straal van 3 km en prestatie-indicatoren - herkauwers**

Keuze R <sub>h</sub> grenswaarde	R <sub>h</sub> = 0,8	R <sub>h</sub> = 1
Grenswaarde dichtheid (D)	2,264	2,794
Grenswaarde aantal houderijen binnen straal (D x oppervlakte cirkel in km <sup>2</sup> )	64	79
AUC (Area Under the Curve, gebied onder de curve) <sup>2</sup>	0,964	0,976
Sensitiviteit	0,90 <sup>3</sup>	0,92
Specificiteit	0,89 <sup>3</sup>	0,92
Positief voorspellende waarde	0,71	0,49
Negatief voorspellende waarde	0,97	0,99

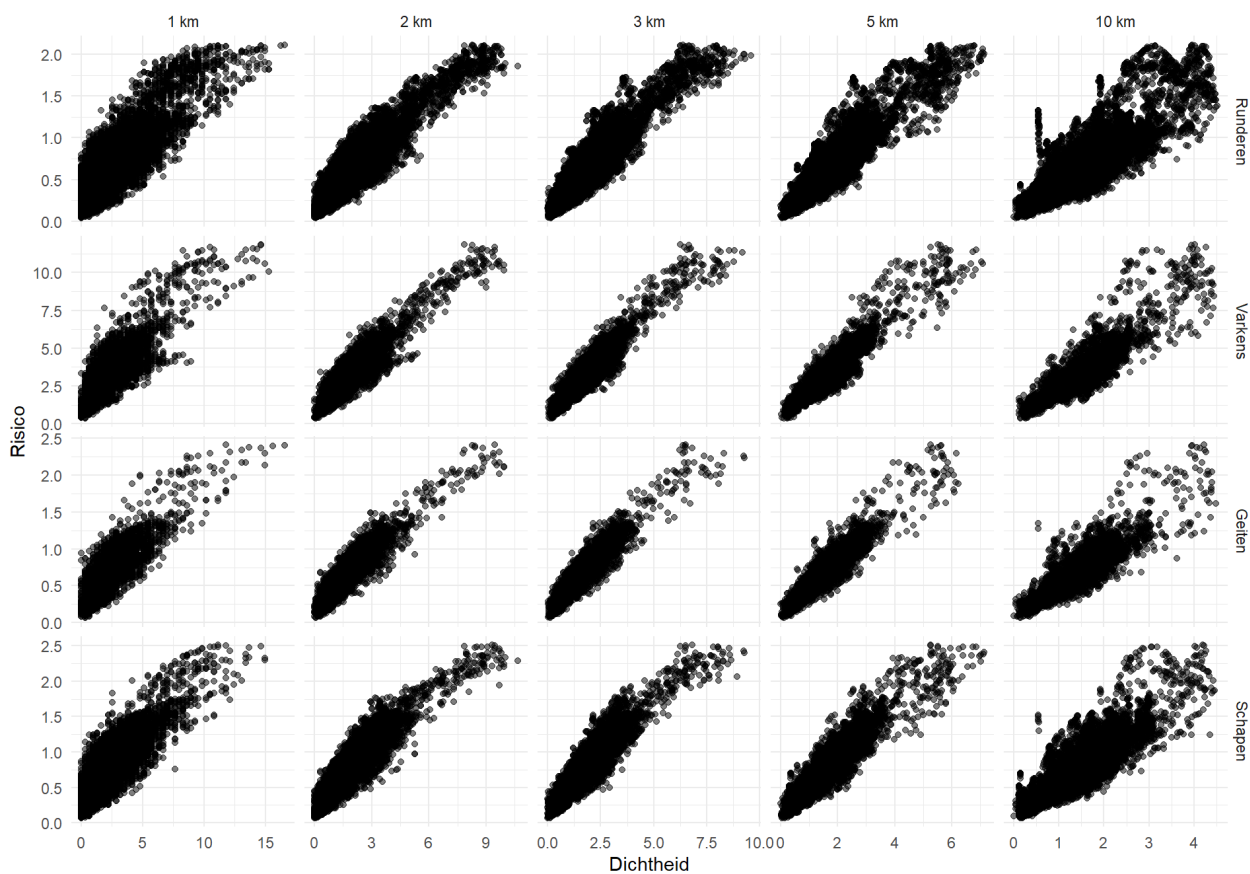
**Dichtheidsdefinities berekend met een straal van 3 km en prestatie-indicatoren - varkens**

Keuze R <sub>h</sub> grenswaarde	R <sub>h</sub> = 0,8	R <sub>h</sub> = 1
Grenswaarde dichtheid (D)	2,334	2,936
Grenswaarde aantal houderijen binnen straal (D x oppervlakte cirkel in km <sup>2</sup> )	66	83
AUC (Area Under the Curve, gebied onder de curve) <sup>2</sup>	0,966	0,983
Sensitiviteit	0,90 <sup>3</sup>	0,93
Specificiteit	0,90 <sup>3</sup>	0,94
Positief voorspellende waarde	0,79	0,63
Negatief voorspellende waarde	0,95	0,99

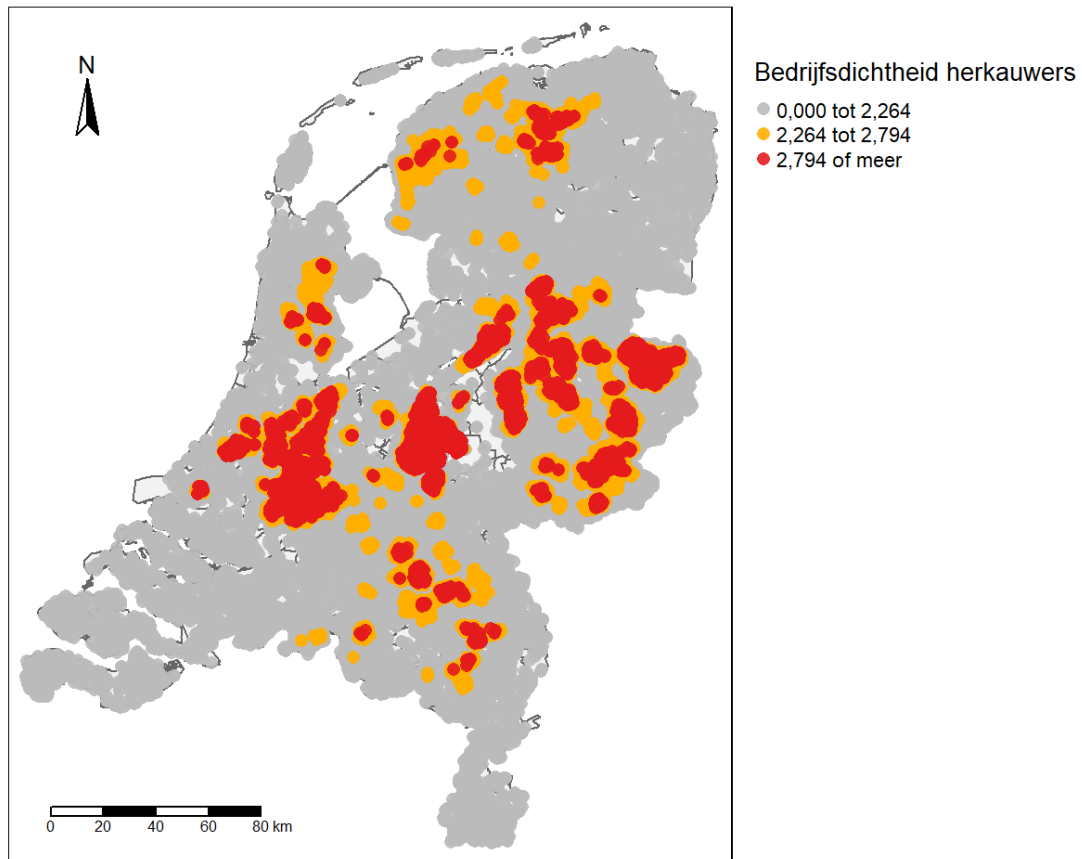
<sup>1</sup> De AIC (Akaike information criterion) geeft een schatting voor de voorspellingsfout en daarmee een waarde voor de relatieve kwaliteit van modellen. Hoe lager de waarde, hoe minder kans op een foute voorspelling.

<sup>2</sup> De AUC geeft een samengestelde maat voor de prestatie van een model (in dit geval: een definitie) over alle mogelijke klassificatiegrenswaarden. Hoe dichter de waarde bij 1 ligt, hoe beter de prestatie.

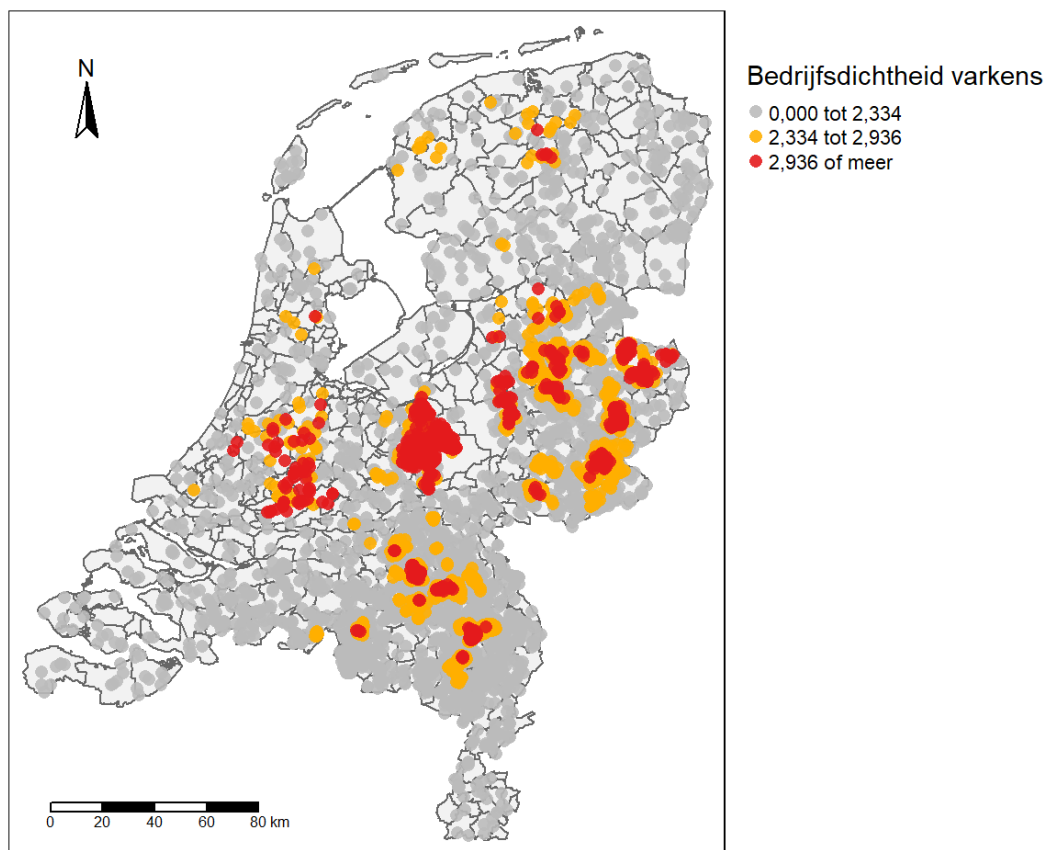
<sup>3</sup> Aanvullende toetsing: Bij toetsing voor R<sub>h</sub>=1 heeft de grenswaarde van 2,264 (herkauwers) een sensitiviteit van 0,99, een specificiteit van 0,76, een positief voorspellende waarde van 0,27 en een negatief voorspellende waarde van 1,00; en heeft de grenswaarde van 2,334 (varkens) een sensitiviteit van 1,00, een specificiteit van 0,73, een positief voorspellende waarde van 0,30 en een negatief voorspellende waarde van 1,00.



**Figuur 17** Scatter-plots voor de relatie tussen risico op mond- en klauwzeer en dichtheid van bedrijven in de rundvee-, varkens-, geiten- en schapenhouderij. Bovenaan is aangegeven welke plots betrekking hebben op een cirkel met een straal van respectievelijk 1, 2, 3, 5 en 10 kilometer. Om de mate van (lineaire) correlatie tussen beide grootheden goed in beeld te brengen, is de schaal van de horizontale as afhankelijk gekozen van de straal.



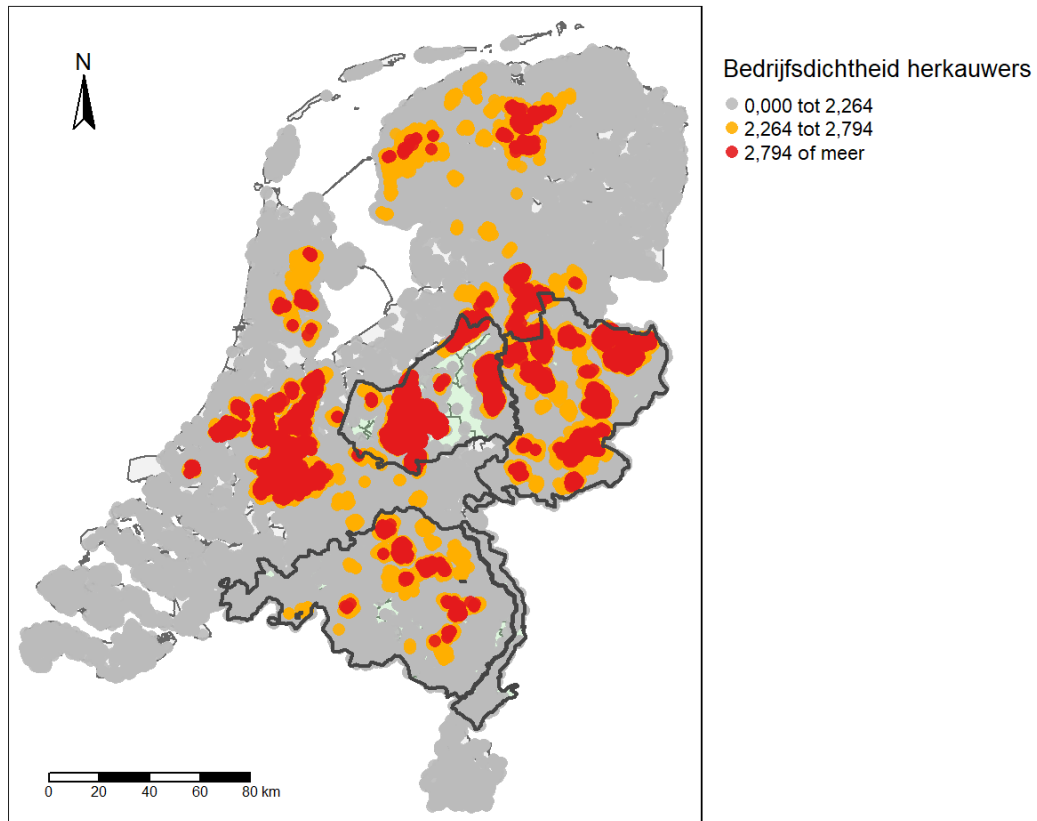
**Figuur 18** Relatie tussen geografische locatie van veehouderijen met rundvee, schapen of geiten en bedrijfs- en dierdichtheid voor herkauwers en varkens berekend met een straal van 3 km. De als rode stip weergegeven locaties zijn bedrijfs- en dierdicht als een grenswaarde van 2,794 wordt gehanteerd (overeenkomend met 79 veehouderijen met herkauwers of varkens binnen een straal van 3 km); als gekozen wordt voor een grenswaarde van 2,264 (overeenkomend met 64 veehouderijen met herkauwers of varkens binnen een straal van 3 km) zijn ook de oranje weergegeven locaties bedrijfs- en dierdicht. De overige veehouderijlocaties (met dichtheid lager dan 2,264) zijn weergegeven als grijze stippen.



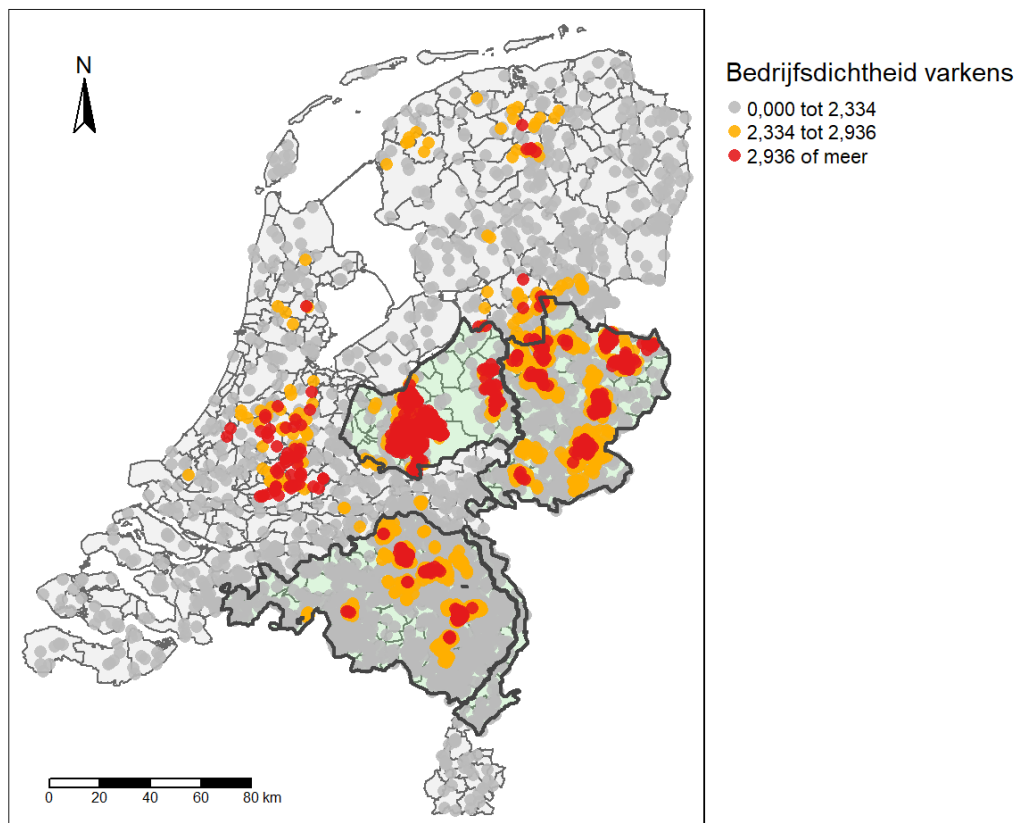
**Figuur 19** Relatie tussen geografische locatie van varkenshouderijen en bedrijfs- en dierdichtheid voor varkens en herkauwers berekend met een straal van 3 km. De als rode stip weergegeven locaties zijn bedrijfs- en dierdicht als een grenswaarde van 2,936 wordt gehanteerd (overeenkomend met 83 veehouderijen met herkauwers of varkens binnen een straal van 3 km); als gekozen wordt voor een grenswaarde van 2,334 (overeenkomend met 66 veehouderijen met herkauwers of varkens binnen een straal van 3 km) zijn ook de oranje weergegeven locaties bedrijfs- en dierdicht. De overige varkenshouderijlocaties (met dichtheid lager dan 2,334) zijn weergegeven als grijze stippen.

#### *Toetsing aan de concentratiegebieden uit de Meststoffenwet.*

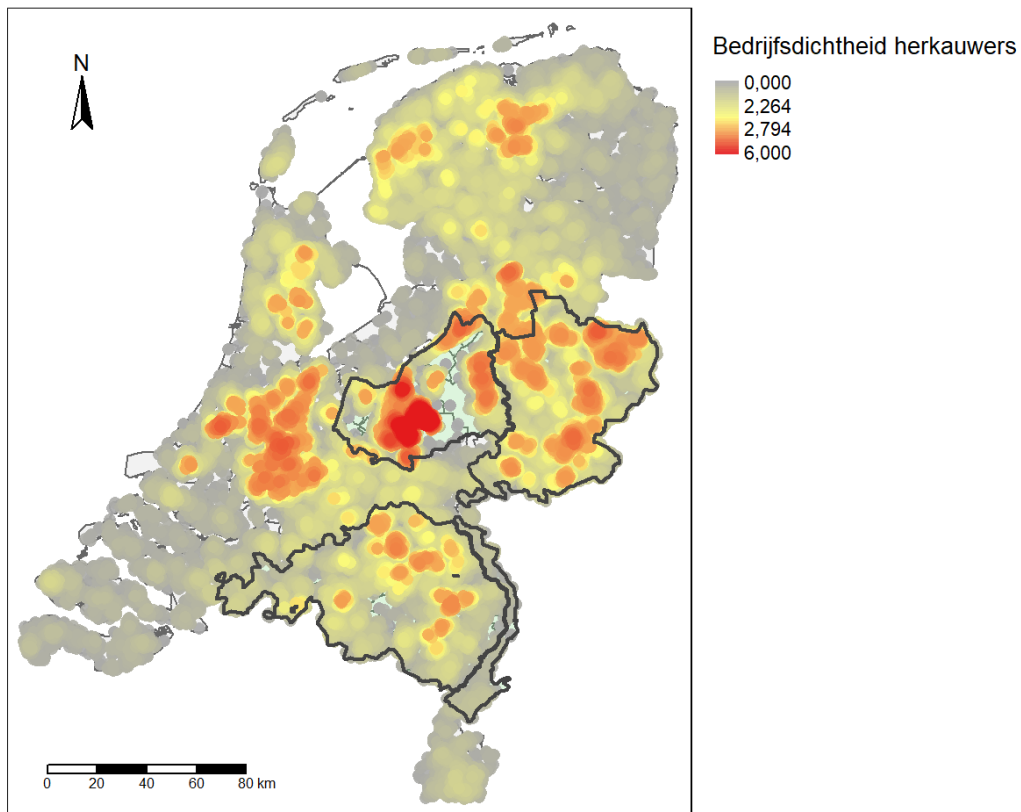
Figuren 20-25 bevatten de verschillende varianten van geografische weergave van de bedrijfs- en dierdichte locaties of gebieden voor herkauwers en varkens, berekend met behulp van het aantal veehouderijen met herkauwers of varkens in een straal van 3 km, in combinatie met de concentratiegebieden uit de Meststoffenwet. Vergelijking van de huidige bedrijfs- en dierdichte gebieden op grond van de kandidaat-definitie(s) met de concentratiegebieden zoals gedefinieerd in de Meststoffenwet laten een duidelijke overlap zien. Tegelijkertijd laten de resultaten zien dat er gebieden (bestaande uit meerdere gemeentes) zijn die volgens deze definities bedrijfs- en dierdicht zijn en buiten de concentratiegebieden liggen. Omgekeerd zijn niet de gehele concentratiegebieden bedrijfs- en dierdicht volgens de kandidaat-definities.



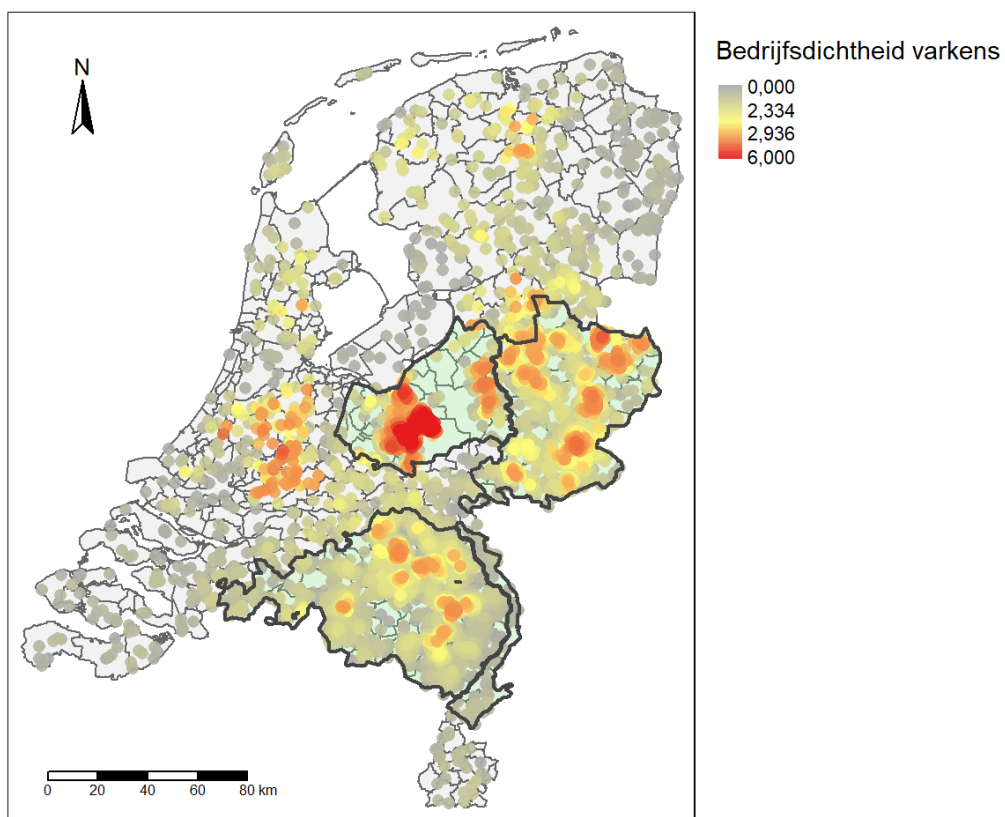
**Figuur 20** Gecombineerde weergave van de concentratiegebieden uit de Meststoffenwet (mintgroen en omsloten door zwarte lijnen) en de relatie uit Figuur 18 tussen geografische locatie van veehouderijen met herkauwers en bedrijfs- en dierdichtheid op basis van veehouderijen met herkauwers of varkens binnen een straal van 3 km.



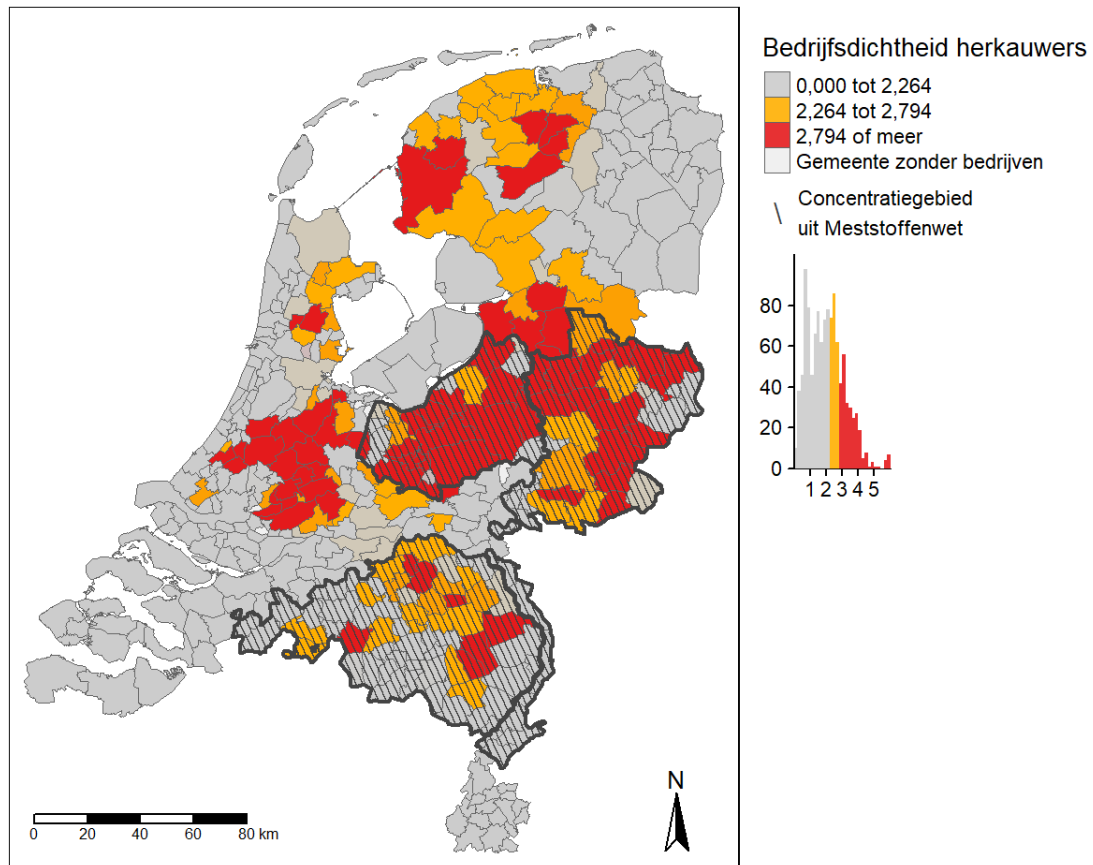
**Figuur 21** Gecombineerde weergave van de concentratiegebieden uit de Meststoffenwet (mintgroen en omsloten door zwarte lijnen) en de relatie uit Figuur 19 tussen geografische locatie van varkenshouderijen en bedrijfs- en dierdichtheid op basis van veehouderijen met herkauwers of varkens binnen een straal van 3 km.



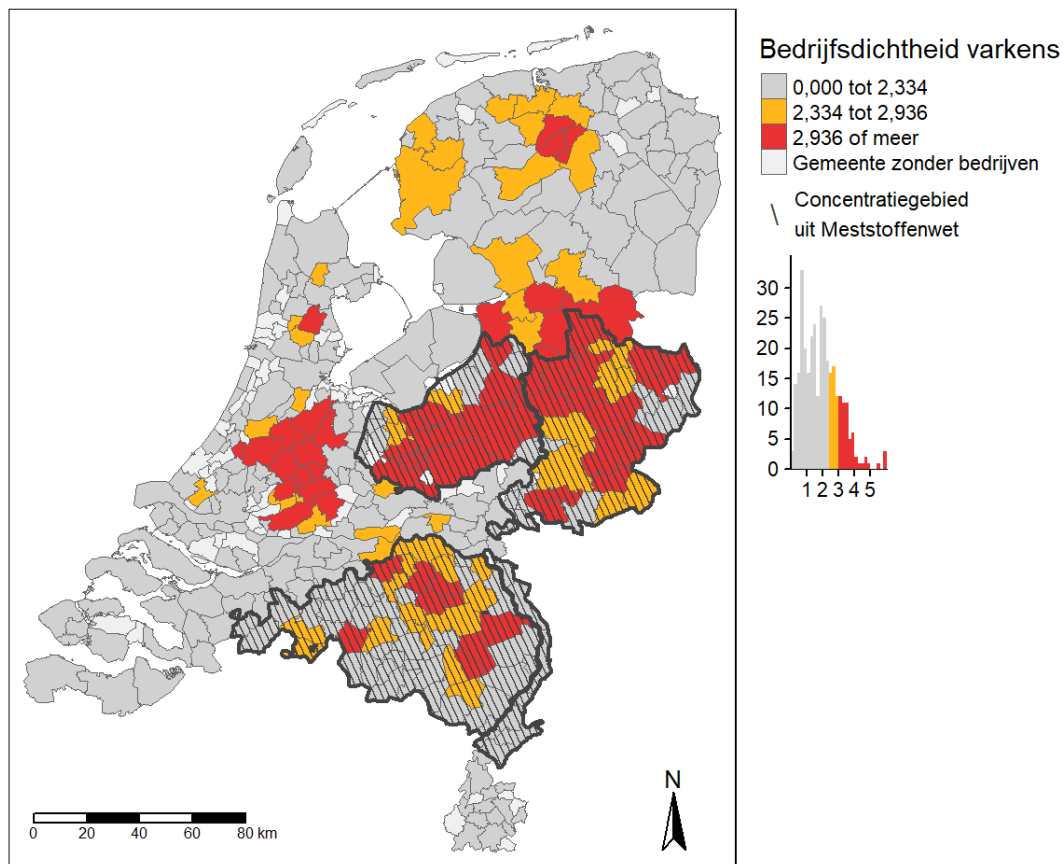
**Figuur 22** Concentratiegebieden uit de Meststoffenwet (mintgroen en omsloten door zwarte lijnen) gecombineerd met een continue weergave van de bedrijfs- en dierdichtheid voor veehouderijen met herkauwers op basis van het aantal veehouderijen met herkauwers of varkens binnen een straal van 3 km.



**Figuur 23** Concentratiegebieden uit de Meststoffenwet (mintgroen en omsloten door zwarte lijnen) gecombineerd met een continue weergave van de bedrijfs- en dierdichtheid voor varkenshouderijen op basis van het aantal veehouderijen met herkauwers of varkens binnen een straal van 3 km.



**Figuur 24** Concentratiegebieden uit de Meststoffenwet en gemeentegebieden gekleurd naar het waardenbereik waarbinnen de hoogste bedrijfs- en dierdichtheid (op basis van het aantal veehouderijen met herkauwers of varkens binnen een straal van 3 km) van veehouderijlocaties met herkauwers aanwezig in de gemeente valt. Rechtsboven onder legenda: Frequentieverdeling van de hoogste waarde van bedrijfs- en dierdichtheid voor veehouderijen met herkauwers per gemeente.



**Figuur 25** Concentratiegebieden uit de Meststoffenwet en gemeentegebieden gekleurd naar het waardenbereik waarbinnen de hoogste bedrijfs- en dierdichtheid (op basis van het aantal veehouderijen met herkauwers of varkens binnen een straal van 3 km) van varkenshouderijlocaties aanwezig in de gemeente valt. Rechtsboven onder legenda: Frequentieverdeling van de hoogste waarde van bedrijfs- en dierdichtheid voor varkenshouderijen per gemeente.

### 3.4 Evaluatie van gebruik van alternatieve gegevensbronnen bij toepassing van definities

#### *Pluimvee*

De resultaten voor de validatie van het toepassen van de definitie(s) op de publiek toegankelijke KRD gegevens voor de provincies Gelderland, Noord-Brabant en Limburg zijn weergegeven in Tabel 4. Hierbij zijn de definities toegepast op een deel van het databestand van de RVO (dat deel dat van toepassing is op Brabant, Limburg, Gelderland en Twente) en op het KDV bestand. Idealiter zouden beide dezelfde uitslag moeten geven; de verschillen zijn in kaart gebracht in een kruistabel. Hoe hoger de berekende Kappa coëfficiënt (waarde tussen 0 en 1) is, hoe beter de uitslagen van de berekeningen o.b.v. KRD gegevens met die o.b.v. RVO gegevens overeenstemmen. De waarde van deze coëfficiënt is 0,75 voor beide grenswaarden  $R_h=1$  en  $R_h=0,8$ . In Hoofdstuk 4 wordt besproken wat dit betekent voor de mate van overeenstemming.



**Tabel 4** Evaluatie van het gebruik van KRД gegevens in plaats van RVO gegevens bij het toepassen in de provincies Gelderland, Limburg en Noord-Brabant van de mogelijke definitie van bedrijfs- en dierdichtheid in de pluimveehouderij.

<b>R<sub>h</sub> = 1,0</b>		Bedrijfsdatabestand RVO	
		Positief	Negatief
Kernregistratie Dierverblijven (KRД)	Positief	162	79
	Negatief	8	1015
	Totalen	170	1094
<u>Kappa coëfficiënt</u>	Waarde	Betrouwbaarheidsinterval	
		Ondergrens	Bovengrens
	0,7487	0,6991	0,7983

<b>R<sub>h</sub> = 0,8</b>		Bedrijfsdatabestand RVO	
		Positief	Negatief
Kernregistratie Dierverblijven (KRД)	Positief	255	119
	Negatief	1	889
	Totalen	256	1008
<u>Kappa coëfficiënt</u>	Waarde	Betrouwbaarheidsinterval	
		Ondergrens	Bovengrens
	0,7492	0,7079	0,7906

*Varkens, bedrijfs- en dierdichtheid op basis van aantal varkenshouderijen binnen 2 km*

De resultaten voor de validatie van het toepassen van de definitie(s) voor varkenshouderij, op basis van aantal varkenshouderijen binnen een straal van 2 km, op de publiek toegankelijke KRД gegevens voor de provincies Gelderland, Noord-Brabant en Limburg zijn weergegeven in Tabel 5. Hierbij zijn de modellen uitgevoerd op een deel van het databestand van de RVO (dat deel dat van toepassing is op Brabant, Limburg, Gelderland en Twente) en op het KDV bestand. Idealiter zouden beide dezelfde uitslag moeten geven; de verschillen zijn in kaart gebracht in een kruistabel. Hoe hoger de berekende Kappa coëfficiënt (waarde tussen 0 en 1) is, hoe beter de uitslagen van de berekeningen o.b.v. KRД gegevens met die o.b.v. RVO gegevens overeenstemmen. De waarden van deze coëfficiënt zijn 0,75 (R<sub>h</sub>=1,0) en 0,65 (R<sub>h</sub>=0,8). In Hoofdstuk 4 wordt besproken wat dit betekent voor de mate van overeenstemming.

**Tabel 5** Evaluatie van het gebruik van KRD gegevens in plaats van RVO gegevens bij het toepassen in de provincies Gelderland, Limburg en Noord-Brabant van de mogelijke definitie van bedrijfs- en dierdichtheid voor varkens op basis van aantal varkenshouderijen binnen 2 km.

<b>R<sub>h</sub> = 1</b>		Bedrijfsdatabestand RVO	
		Positief	Negatief
Kernregistratie Dierverblijven	Positief	516	413
	Negatief	12	1633
	Totalen	528	2046
<u>Kappa coëfficiënt</u>		Betrouwbaarheidsinterval	
	Waarde	Ondergrens	Bovengrens
	0,7528	0,7261	0,7796
<b>R<sub>h</sub> = 0,8</b>		Bedrijfsdatabestand RVO	
		Positief	Negatief
Kernregistratie Dierverblijven	Positief	830	427
	Negatief	19	1298
	Totalen	849	1725
<u>Kappa coëfficiënt</u>		Betrouwbaarheidsinterval	
	Waarde	Ondergrens	Bovengrens
	0,6507	0,6228	0,6786

*Varkens en herkauwers, bedrijfs- en dierdichtheid op basis van aantal veehouderijen met varkens of herkauwers binnen 3 km*

De resultaten voor de validatie van het toepassen van de definitie(s) voor veehouderij met herkauwers of varkens, op basis van aantal veehouderijen met varkens of herkauwers binnen een straal van 3 km, op de publiek toegankelijke KRD gegevens voor de provincies Gelderland, Noord-Brabant en Limburg zijn weergegeven in Tabel 6. Hierbij zijn de modellen uitgevoerd op een deel van het databestand van de RVO (dat deel dat van toepassing is op Brabant, Limburg, Gelderland en Twente) en op het KDV bestand. Idealiter zouden beide dezelfde uitslag moeten geven; de verschillen zijn in kaart gebracht in een kruistabel. Hoe hoger de berekende Kappa coëfficiënt (waarde tussen 0 en 1) is, hoe beter de uitslagen van de berekeningen o.b.v. KRD gegevens met die o.b.v. RVO gegevens overeenstemmen. In Hoofdstuk 4 wordt besproken wat dit betekent voor de mate van overeenstemming.

**Tabel 6** Evaluatie van het gebruik van KRD gegevens in plaats van RVO gegevens bij het toepassen in de provincies Gelderland, Limburg en Noord-Brabant van de mogelijke definitie van bedrijfs- en dierdichtheid voor herkauwers en voor varkens op basis van aantal houderijen met varkens of herkauwers binnen 3 km.

---

**Herkauwers: rundveehouderij, schapehouderij en geitenhouderij**

---

<b>R<sub>n</sub> = 1</b>		Bedrijfsdatabestand RVO	
		Positief	Negatief
Kernregistratie	Positief	2040	1318
Diervverblijven	Negatief	307	10165
	Totalen	2347	11483
Kappa coëfficiënt	Waarde	Betrouwbaarheidsinterval	
		Ondergrens	Bovengrens
	0,6441	0,6284	0,6597

---

<b>R<sub>n</sub> = 0,8</b>		Bedrijfsdatabestand RVO	
		Positief	Negatief
Kernregistratie	Positief	3307	1658
Diervverblijven	Negatief	629	8236
	Totalen	3936	9894
Kappa coëfficiënt	Waarde	Betrouwbaarheidsinterval	
		Ondergrens	Bovengrens
	0,6235	0,6098	0,6373

---

**Varkenshouderij**

---

<b>R<sub>n</sub> = 1</b>		Bedrijfsdatabestand RVO	
		Positief	Negatief
Kernregistratie	Positief	345	452
Diervverblijven	Negatief	17	1760
	Totalen	362	2212
Kappa coëfficiënt	Waarde	Betrouwbaarheidsinterval	
		Ondergrens	Bovengrens
	0,4983	0,4622	0,5344

---

<b>R<sub>n</sub> = 0,8</b>		Bedrijfsdatabestand RVO	
		Positief	Negatief
Kernregistratie	Positief	738	555
Diervverblijven	Negatief	79	1202
	Totalen	817	1757
Kappa coëfficiënt	Waarde	Betrouwbaarheidsinterval	
		Ondergrens	Bovengrens
	0,5082	0,4773	0,5391

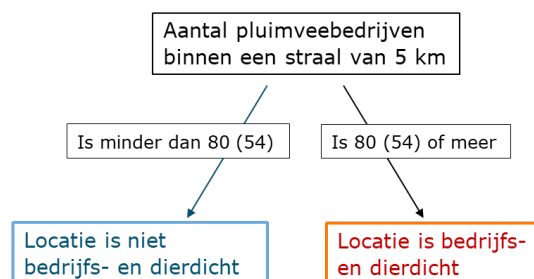
---

## 4 Conclusies en Discussie

In dit rapport zijn meerdere mogelijke definities voor bedrijfs- en dierdichtheid opgesteld en getoetst. Dit om de bruikbaarheid te onderzoeken van verschillende mogelijke keuzes voor de definitie van bedrijfs- en dierdichtheid, gekoppeld aan grenswaarden waarboven een locatie als bedrijfs- en dierdicht wordt beschouwd. De toetsing is gedaan aan transmissierisico's zoals beschreven door epidemiologische modellen beschikbaar voor de tussenbedrijfstransmissie van dierziekten, aan concentratiegebieden zoals gebruikt in de mestwetgeving, en pluimveedichte gebieden zoals gedefinieerd voor de fijnstofproblematiek.

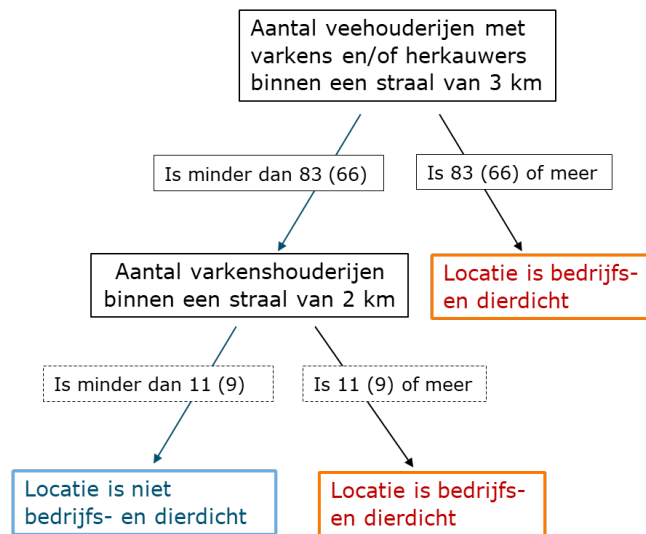
Uit deze toetsing blijkt dat een relatief eenvoudige definitie voor bedrijfs- en dierdichtheid goed kan aansluiten op transmissierisico's van dierziekten tussen veehouderijen zoals beschreven door de epidemiologische modellen. De definitie wordt gebaseerd op het aantal bedrijven binnen een bepaalde straal rondom een gegeven locatie, waarbij de straal en de grenswaarde voor het aantal bedrijven binnen die straal kunnen worden gekozen zodat de best mogelijke aansluiting op de transmissierisico's wordt bereikt. De bedrijfs- en dierdichte gebieden volgens een dergelijke definitie blijken wezenlijk te verschillen van de concentratiegebieden zoals gebruikt in de mestwetgeving, en ook van de pluimveedichte gebieden zoals gedefinieerd voor de fijnstofproblematiek. Dit illustreert dat definities van bedrijfs- en dierdicht die zijn ontworpen binnen een bepaalde beleidscontext, niet geschikt hoeven te zijn voor een andere beleidscontext. De verschillen tussen de bedrijfs- en dierdichte gebieden voor varkens en herkauwers op grond van de kandidaat-definities met de concentratiegebieden zoals gedefinieerd in de Meststoffenwet zijn als volgt: Er zijn gebieden die volgens de kandidaat-definities bedrijfs- en dierdicht zijn voor herkauwers of varkens en die buiten de concentratiegebieden liggen; omgekeerd zijn niet de gehele concentratiegebieden bedrijfs- en dierdicht voor varkens of herkauwers volgens deze definities. Daarnaast hebben de bedrijfs- en dierdichte gebieden meer ruimtelijk detail dan de concentratiegebieden. De verschillen tussen de bedrijfs- en dierdichte gebieden voor pluimvee op grond van de kandidaat-definities en de pluimveedichte gebieden zoals bepaald door RIVM in het kader van fijnstofuitstoot zijn als volgt: De gebieden die volgens de kandidaat-definities bedrijfs- en dierdicht zijn voor pluimvee vallen zeer ruim binnen de pluimveedichte gebieden volgens de RIVM-lijst in verband met fijnstof. Met andere woorden, de meerderheid van gemeenten op de RIVM lijst heeft een pluimveedichtheid beneden de grenswaarden van de kandidaat-definities.

Tabel 7 vat samen welke definities, afhankelijk van diertype, de beste correlatie hebben met risico-uitkomsten op basis van de modelberekeningen voor transmissie-risico's van dierziekten. Voor pluimvee geeft een straal van 5 km de best presterende definitie wanneer getoetst aan transmissierisico's voor vogelgriep. De optimale grenswaarde die correleert met  $R_h=1,0$  ( $R_h=0,8$ ) is 1,019 (0,688) pluimveebedrijven per vierkante kilometer. De grenswaarde uitgedrukt als aantal bedrijven is 80 (54) pluimveebedrijven binnen een straal van 5 km rondom de locatie. De definitie kan worden weergegeven als de onderstaande eenvoudige beslisboom voor pluimveelocaties:

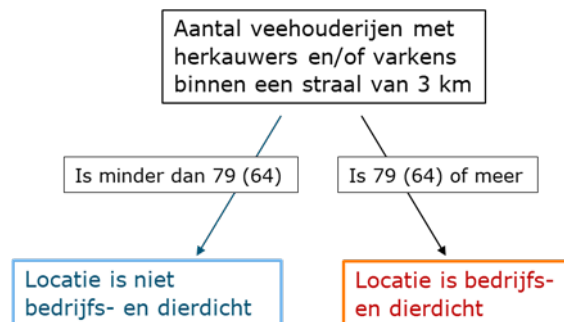


Voor varkens geeft een straal van 2 km de best presterende definitie wanneer getoetst aan de gemodelleerde transmissie-risico's voor KVP. De optimale grenswaarde die correleert met  $R_h=1,0$  ( $R_h=0,8$ ) is 0,875 (0,716) varkensbedrijven per vierkante kilometer. Deze grenswaarde uitgedrukt als aantal bedrijven is 11 (9) varkensbedrijven binnen een straal van 2 km rondom de locatie. Voor varkens geeft een straal van 3 km de best presterende definitie wanneer getoetst aan de gemodelleerde transmissie-risico's voor MKZ. De optimale grenswaarde die correleert met  $R_h=1,0$  ( $R_h=0,8$ ) is 2,936 (2,334) bedrijven/houderijen per vierkante kilometer, waarbij alle geregistreerde varkensbedrijven, rundveebedrijven, schapenhouderijen en

geitenhouderijen worden meegerekend. Deze grenswaarde komt overeen met de aanwezigheid een totaal van 83 (66) bedrijven/houderijen binnen een straal van 3 km rondom de locatie. Op basis van deze resultaten kan een gecombineerde definitie worden opgesteld volgens onderstaande beslisboom voor varkenslocaties.



Voor rundvee, schapen en geiten geeft een straal van 3 km de best presterende definitie. De optimale grenswaarde die correleert met  $R_h=1,0$  ( $R_h=0,8$ ) in een toetsing aan MKZ is 2,794 (2,334) bedrijven/houderijen per vierkante kilometer, waarbij alle geregistreerde varkenshouderijen, rundveehouderijen, schapenhouderijen en geitenhouderijen worden meegerekend. Deze grenswaarde komt overeen met de aanwezigheid van een totaal van 79 (64) bedrijven/houderijen binnen een straal van 3 km rondom de locatie. De definitie kan worden weergegeven als de onderstaande eenvoudige beslisboom voor locaties met herkauwers.



#### Hoe goed sluiten de definities aan bij de gemodelleerde transmissierisico's?

De conclusie dat de boven beschreven definities voor bedrijfs- en dierdichtheid goed aansluiten op transmissierisico's van dierziekten tussen veehouderijen zoals beschreven door de epidemiologische modellen, wordt onderbouwd door de waarden van de sensitiviteit en specificiteit uit de Tabellen 1 t/m 3. De laagste twee waarden betreffen de specificiteit in Tabel 2 (varkens – KVP): 0,88 wanneer getoetst aan  $R_h=1$  en 0,84 wanneer getoetst aan  $R_h=0,8$ . Overigens weten we dat juist deze waarden een onderschatting geven van de werkelijke kwaliteit van de definities. Immers zoals eerder uitgelegd in Hoofdstuk 2 geeft de waarde van de specificiteit in de resultaten m.b.t. KVP (en ook HPAI) een vertekend beeld als gevolg van de bedrijfsgrootteafhankelijkheid die is opgenomen in de gemodelleerde transmissierisico's. De resultaten uit de Tabellen 1 t/m 3 voor de positief en negatief voorspellende waarden zijn verklaarbaar uit de waarden voor sensitiviteit en de specificiteit in combinatie met de proportie (prevalentie) van houderijen met een  $R_h>1$ . Zo wordt de positief voorspellende waarde in hoge mate bepaald door de specificiteit in combinatie met de genoemde proportie. Ook de gevonden positief voorspellende waarde m.b.t. HPAI en KVP geven, om dezelfde reden als bij de specificiteit, een vertekend beeld, namelijk een onderschatting van de werkelijke kwaliteit van de definities. De gevonden negatief voorspellende waarden zijn voor alle definities in Tabellen 1 t/m 3 hoog; i.h.b. zijn deze gelijk aan 0,99 of hoger voor de definities getoetst aan  $R_h=1$ . Dit betekent dat er hoog vertrouwen kan zijn dat het vestigen van een bedrijf op een volgens de definitie *niet* bedrijfs- en dierdichte locatie veilig is vanuit de optiek van de gemodelleerde dierziekte-transmissierisico's.

### *Context bij de grenswaarden uit de best-presterende definities*

De grenswaarden in de definities zoals weergegeven in de bovenstaande diagrammen (en samengevat in Tabel 7) zijn gebaseerd op optimalisatie van sensitiviteit en specificiteit bij toetsing aan modellen voor transmissierisico's tussen veehouderijen. Deze grenswaarden vormen een concreet, onderbouwd richtsnoer voor beleidskeuzes voor deze grenswaarden. De gemodelleerde transmissierisico's, waar de definities goed op aansluiten, gaan gepaard met modelonzekerheden die zijn besproken in Hoofdstuk 2 van dit rapport.

### *Sensitiviteit versus specificiteit*

De grenswaarde werd in deze analyses geoptimaliseerd zoals gebruikelijk, d.w.z. voor een doelstelling waarin hoge specificiteit en hoge sensitiviteit even belangrijk zijn. Als voorbeeld van een grenswaarde voor  $R_h=1$  met een hogere sensitiviteit maar lagere specificiteit dan de op gebruikelijke wijze geoptimaliseerde grenswaarde, is in deze rapportage de grenswaarde voor de bedrijfsdichtheid, die is geoptimaliseerd voor  $R_h=0,8$  genomen. De prestatie-indicatoren m.b.t.  $R_h=1$  voor deze gegeven grenswaarde wordt gegeven in voetnoot nr. 3 bij elk van de Tabellen 1 t/m 3. Hierbij is in alle gevallen de negatief voorspellende waarde gelijk aan 1,00 (wanneer afgerond op twee decimalen). Dit betekent dat er zeer hoog vertrouwen kan zijn dat het vestigen van een bedrijf op een volgens de op toetsing aan  $R_h=0,8$  gebaseerde grenswaarde *niet* bedrijfs- en dierdichte locatie veilig is vanuit de optiek van de gemodelleerde dierziekte-transmissierisico's.

### *Generalisatie naar dierziekte/zoönose X*

De in dit rapport gebruikte ziekten staan bekend als ziekten die goed zijn aangepast aan de diersoorten, dus er kan worden verwacht dat de definities en i.h.b. de grenswaarden ook waardevol zijn met het oog op nog onbekende nieuwe zoönotische bedreigingen in de betreffende veehouderijsectoren met vergelijkbare verspreidingsmechanismen. Immers, als bedrijfs- en dierdichtheden verminderen leidt dit tot een reductie van zoonotische risico's in de veehouderij en dus van mogelijke blootstelling van de mens. Daarbij moet worden opgemerkt dat niet te voorspellen is of het reduceren van bedrijfs- en dierdichtheden tot onder de grenswaarde ook voor de nieuwe dierziekte of zoonose voldoende zou zijn om de  $R_h$  beneden 1,0 of 0,8 te houden.

### *Kanttekeningen bij de definities*

Toekomstige veranderingen in de *gemiddelde* bedrijfsgrootte (over heel Nederland of over regio's) kunnen invloed hebben op de kwaliteit van de huidige kandidaat-definities. Bij toename van de gemiddelde bedrijfsgrootte (gemiddeld over alle veehouderijen met een bepaalde diersoort in Nederland) t.o.v. de huidige gemiddelden wordt in het algemeen een toename van transmissierisico's verwacht (als de aantallen bedrijven gelijk zouden blijven). Als er in de toekomst veranderingen optreden in de structuur van veehouderijsectoren, zodanig dat in Nederland als geheel, of in bepaalde regio's, gemiddelde bedrijfsgroottes veel groter of juist kleiner worden dan de huidige, kan dit daarom van invloed zijn op de kwaliteit van hier beschreven definities. Een specifiek en extreem scenario van structuurverandering zou het ontstaan van een gebied of gebieden zijn met heel veel kleinschalige veehouderijen en relatief weinig niet-kleinschalige. Een dergelijk ruimtelijk cluster van kleinschalige veehouderij zou met de huidige kandidaat-definitie(s) als bedrijfs- en dierdicht kunnen worden aangemerkt terwijl dit gezien vanuit transmissierisico's ten onrechte zou kunnen zijn. Op dit moment echter is de ruimtelijke verdeling van kleinschalige veehouderijen die voorkomen in de RVO gegevens - en die daarom meetellen in de voorgestelde definitie(s) - zodanig dat deze kleinschalige veehouderijen geen belangrijke rol spelen bij het bepalen welke gebieden bedrijfs- en dierdicht zijn en welke niet. Vooralsnog is er daarom ook geen reden om de kandidaat-definitie(s) complexer te maken door ook rekening te houden met bedrijfsgroottes of aantal dieren per km<sup>2</sup>.

### *Evaluatie van gebruik van alternatieve gegevensbronnen bij toepassing definities*

Toepassing van de mogelijke definities uit dit rapport op locaties in Limburg, Noord-Brabant en Gelderland met gebruik van de publiek toegankelijke KRK gegevens in plaats van RVO gegevens geeft resultaten voor de Kappa coëfficiënt tussen 0,50 en 0,75. Volgens standaardmaatstaven duiden deze waarden op 'redelijk tot goede' overeenkomst. Deze 'redelijk tot goede overeenkomst' betekent echter niet dat de overeenkomst goed genoeg is voor beleidsdoeleinden. Als een database zoals de KRK zou worden gebruikt voor het toepassen van de definities is er een hoog risico op misclassificatie. Bijvoorbeeld, bij gebruik van de grenswaarde 79 veehouderijen met herkauwers of varkens (corresponderend met  $R_h=1$  voor MKZ) worden met behulp van KRK data 307 herkauwerlocaties niet als bedrijfs- en dierdicht geïdentificeerd terwijl deze dat bij gebruik van RVO gegevens wel zijn (Tabel 6).

**Tabel 7** Samenvattende tabel op basis van de logistische regressieanalyses. Per diersoort en dierziekte-combinatie wordt de optimale grenswaarde voor de dichtheid (aantal bedrijven per vierkante kilometer in het cirkelvormige gebied) gegeven met het bijbehorende aantal bedrijven in de cirkel, alsmede de sensitiviteit en specificiteit als prestatie-indicatoren.

Diersoort – dierziekte combinatie	R <sub>n</sub> grenswaarde	Straal van de cirkel (in km)	Dichtheid (# per km <sup>2</sup> )	Aantal bedrijven binnen de cirkel	Sensitiviteit	Specificiteit
Pluimvee – aviaire influenza	0,8	5	0,688	54	0,98	0,96
	1	5	1,019	80	0,99	0,97
Varkens – klassieke varkenspest	0,8	2	0,716	9	0,90	0,84
	1	2	0,875	11	0,91	0,88
Varkens – mond-en-klauwzeer	0,8	3	2,334	66	0,90	0,90
	1	3	2,936	83	0,93	0,94
Herkauwers – mond- en klauwzeer	0,8	3	2,264	64	0,90	0,89
	1	3	2,794	79	0,92	0,92

# Literatuur

- [1]. <https://wetten.overheid.nl/BWBR0004054/2023-04-19#BijlageI>
- [2]. Regeling nr. WJZ/20084109 in de Staatscourant 2020, 31403; Bijlage 2.2.3. Zie Bijlage 2.2.3 in <https://zoek.officielebekendmakingen.nl/stcrt-2020-31403.html>
- [3]. T. Hagenaars, M.C.M. de Jong, G. van Schaik, E. Fischer, M. Bonten, M. Koopmans, D. Klinkenberg, M. Kretzschmar, W. van der Poel, L. Smit, A. Stegeman, D. Heederik (voorzitter). Rapportage van de werkgroep "Preventie van efficiënte transmissie van zoönotische ziektekiemen tussen veehouderijbedrijven". Projectkenmerk 202112101. Utrecht, 19 september 2022.
- [4]. A.A. de Koeijer, T.J. Hagenaars, J.P.G. Van Leuken, A.N. Swart, G.J. Boender (2020). Spatial transmission risk during the 2007-2010 Q fever epidemic in The Netherlands: Analysis of the farm-to-farm and farm-to-resident transmission. PLoS ONE 15(2): e0227491.
- [5]. T. Hagenaars, G.J. Boender, A.R.W. Elbers, J.L. Gonzales, P. Hobbelen, 2023. Preventief ruimen bij vogelgriep in pluimveedichte gebieden en mogelijkheden voor aanvullende bemonstering. Lelystad, Wageningen Bioveterinary Research, Report 2321589.



# Bijlage 1 Gebruikte modellen voor tussen- bedrijfstransmissie

## HPAI in pluimvee

Het tussenbedrijfstransmissiemodel voor HPAI in pluimvee is een in 2018 herziene versie van het model beschreven in Ref. B1. Het bevat nu zeven (in plaats van drie [B1]) parameters die gezamenlijk zijn geschat door het model te fitten aan de gegevens uit 2003:

- Eén overall transmissieparameter, namelijk de amplitude van de '(transmissie)kernel'. De kernel modelleert de afstandsafhankelijke transmissiekans per dag tussen een bronbedrijf en een ontvangend bedrijf, in aanwezigheid van 'EU minimum maatregelen'. De kernel beschrijft de totale kans per dag op transmissie van alle mogelijke transmissieroutes samen, d.w.z. het model onderscheidt geen verschillende transmissieroutes.
- Twee parameters voor de afstandsafhankelijkheid van de kernel ('vorm van de curve');
- Eén parameter voor de afhankelijkheid van bedrijfsgrootte. Deze parameter komt tweemaal met dezelfde waarde voor in het model: éénmaal voor de bedrijfsgrootteafhankelijkheid van de gevoeligheid van een ontvangend bedrijf, en éénmaal voor de bedrijfsgrootteafhankelijkheid van de besmettelijkheid van een bronbedrijf. Een alternatief model met twee verschillende waarden voor deze parameter geeft geen betere fit.
- Drie parameters die de transmissiematrix tussen verschillende bedrijfstypen bepalen.

De kans per dag op transmissie tussen bronbedrijf (gelabeld met 1) met locatie  $(x_1, y_1)$  en ontvangend bedrijf (gelabeld met 2) met locatie  $(x_2, y_2)$  wordt gemodelleerd als de volgende kernel:

$$h(r_{12}, N_1, N_2, b_1, b_2) = M_{b_2 b_1} \frac{h_0}{1 + \left(\frac{r}{r_0}\right)^\alpha} \left(1 - \exp\left(-\frac{N_1}{\Phi}\right)\right) \left(1 - \exp\left(-\frac{N_2}{\Phi}\right)\right),$$

$$r_{12} = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}.$$

Hierin is  $r_{12}$  de rechte-lijnafstand tussen de twee bedrijven,  $N_1$  de bedrijfsgrootte van het bronbedrijf,  $N_2$  de bedrijfsgrootte van het ontvangende bedrijf,  $M_{b_2 b_1}$  het element uit de transmissiematrix  $M$  behorend bij transmissie van een bronbedrijf met bedrijfstype  $b_1$  en een ontvangend bedrijf met bedrijfstype  $b_2$ , en  $\Phi$  de parameter voor de afhankelijkheid van bedrijfsgrootte.  $h_0$  is de amplitude van de kernel,  $\alpha$  en  $r_0$  de twee parameters voor de afstandsafhankelijkheid van de kernel. De matrix  $M$  heeft de volgende structuur:

$$M = \begin{pmatrix} g_B & g_B & g_B & g_B \\ 1 & 1 & 1 & 1 \\ g_D & g_D & g_D & g_D \\ g_T & g_T & g_T & g_T \end{pmatrix}$$

De drie parameters  $g_B, g_D$  en  $g_T$  kunnen worden geïnterpreteerd als de relatieve gevoeligheid van respectievelijk vleeskuiken-, eenden-, en kalkoenbedrijven, ten opzichte van leghennenbedrijven. De (absolute) besmettelijkheid en vatbaarheid van leghennenbedrijven zijn samen vervat in de amplitude  $h_0$ . De (maximum-likelihood) parameterwaarden en de 95%-betrouwbaarheidsgrenzen (berekend met likelihood-ratio test) zijn weergegeven in onderstaande tabel:

parameter	puntschatting	ondergrens	bovengrens	eenheid
$h_0$	0,00216	0,00120	0,00410	1/dag
$\alpha$	2,20	1,87	2,63	n.v.t.
$r_0$	2,50	1,47	3,89	km
$\Phi$	7490	4510	11900	n.v.t.
$g_B$	0,134	0,0414	0,322	n.v.t.
$g_D$	0,377	0,0929	0,999	n.v.t.
$g_T$	3,00	1,82	4,67	n.v.t.

### *KVP in varkens*

Het tussen-bedrijfstransmissiemodel voor KVP in varkens is beschreven in Ref. B2.

### *MKZ in varkens en herkauwers*

Het hier gebruikte tussen-bedrijfstransmissiemodel voor MKZ is beschreven in Ref. B3, met uitzondering van de waarde voor  $h_0$ , welke is geschaald met een factor 2,2. Deze factor is toegepast om de schaalvergroting in de Nederlandse veehouderij tussen 2001 en 2022 in rekening te brengen en is gebaseerd op de behoudende aanname, ondersteund door bevindingen in Ref. B4, dat de toename in gemiddelde bedrijfsgrootte in dit geval evenredig doorwerkt in de transmissiekansen per dag.

### *Standaard EU maatregelen*

Alle drie de bovenstaande modellen beschrijven tussen-bedrijfstransmissie in aanwezigheid van standaard EU maatregelen, te weten: ruiming van het bronbedrijf, vervoersbeperkingen en verscherpte bioveiligheidsmaatregelen.

### *Referenties*

- B1. G.J. Boender, T.J. Hagenaars, A. Bouma, G. Nodelijk, A.R.W. Elbers, M.C.M. de Jong, M. van Boven. (2007). Risk maps for the spread of highly pathogenic avian influenza in poultry. *PLoS Comput. Biol.* 3, e71.
- B2. G.J. Boender, R. van den Hengel, H.J.W. van Roermund, T.J. Hagenaars. (2014). The Influence of Between-Farm Distance and Farm Size on the Spread of Classical Swine Fever during the 1997–1998 Epidemic in The Netherlands. *PLoS ONE* 9(4): e95278.
- B3. G.J. Boender, H.J.W. van Roermund, M.C.M. de Jong, T.J. Hagenaars. (2010). Transmission risks and control of foot-and-mouth disease in The Netherlands: Spatial patterns. *Epidemics* 2, 36-47.
- B4. I. Chis Ster, B.K. Singh, N.M. Ferguson. (2009). Epidemiological inference for partially observed epidemics: The example of the 2001 foot and mouth epidemic in Great Britain. *Epidemics* 1, 21-34.

---

## Bijlage 2 Resultaten lineaire regressie

In de onderstaande tabellen zijn de resultaten van lineaire regressiemodellen opgenomen. Voor de combinaties pluimvee en HPAI, en varkens en KVP zijn twee sets berekeningen uitgevoerd, één waarbij niet (ongewogen), en één waarbij wel (gewogen) de bedrijfsgrootte (aantal dieren op bedrijf) is meegewogen. Zoals verwacht op basis van het feit dat de bedrijfsgrootte een element is in de modellen waarmee de  $R_h$  berekeningen voor HPAI en KVP zijn uitgevoerd, leveren de gewogen analyses een betere (hogere)  $R^2$ . De  $R^2$  – waarde is een maat voor de variatie die door het model wordt verklaard. Hoe hoger de waarde, hoe beter het model de variatie verklaart.

**Tabel B.1** Resultaten van lineaire regressieanalyse van de relatie tussen transmissierisico voor hoogpathogene aviaire influenza en bedrijfsdichtheid in de pluimveehouderij.

### $R^2$

Straal (Km)	Ongewogen	Gewogen
1	0,5484	0,5961
2	0,769	0,8357
3	0,8322	0,8976
5	0,8634	0,945
10	0,8415	0,9208

### Dichtheidsdefinities berekend met een straal van 5 km en prestatie-indicatoren

Keuze $R_h$ grenswaarde	$R_h = 0,8$	$R_h = 1$
Grenswaarde dichtheid (D per km <sup>2</sup> )	0,85	1,05
Grenswaarde aantal bedrijven binnen cirkel (D × oppervlakte cirkel in km <sup>2</sup> )	66,76	82,47
Sensitiviteit	0,86	0,98
Specificiteit	0,97	0,97

**Tabel B.2** Resultaten van lineaire regressieanalyse van de relatie tussen transmissierisico voor klassieke varkenspest en bedrijfsdichtheid in de varkenshouderij.

**R<sup>2</sup>**

Straal (Km)	Ongewogen	Gewogen
1	0,5641	0,705
2	0,5886	0,763
3	0,5461	0,697
5	0,5224	0,644
10	0,499	0,583

**Dichtheidsdefinities berekend met een straal van 2 km en prestatie-indicatoren**

Keuze R <sub>h</sub> grenswaarde	R <sub>h</sub> = 0,8	R <sub>h</sub> = 1
Grenswaarde dichtheid (D per km <sup>2</sup> )	0,87	1,11
Grenswaarde aantal bedrijven binnen cirkel (D × oppervlakte cirkel in km <sup>2</sup> )	10,90	13,96
Sensitiviteit	0,75	0,73
Specificiteit	0,91	0,94

**Tabel B.3** Resultaten van lineaire regressieanalyse van de relatie tussen transmissierisico voor mond- en klauwzeer en bedrijfsdichtheid in de runder-, varkens-, geiten- en schapenhouderij.

**R<sup>2</sup>**

Straal (Km)	R <sup>2</sup>
1	0,6987
2	0,8722
3	0,8918
5	0,8746
10	0,7482

**Dichtheidsdefinities berekend met een straal van 3 km en prestatie-indicatoren**

Keuze R <sub>h</sub> grenswaarde	R <sub>h</sub> = 0,8	R <sub>h</sub> = 1
Grenswaarde dichtheid (D per km <sup>2</sup> )	2,5195	3,3093
Grenswaarde aantal bedrijven binnen cirkel (D × oppervlakte cirkel in km <sup>2</sup> )	71,24	93,57
Sensitiviteit	0,77	0,71
Specificiteit	0,96	0,98



# Bijlage 3    Gebruik van gegevens uit de Kernregistratie Dierverblijven

De Kernregistratie dierverblijven (KRD) is een database waarin voor de provincies Gelderland, Noord-Brabant en Limburg vergunningen worden geregistreerd over veehouderijbedrijven<sup>1,2</sup>. Per locatie wordt onder andere de vergunningsdatum en het type vergunning geregistreerd. Per vergunning zijn de diercategorie, het aantal dieren, en de stalsystemen geregistreerd.

Voor de analyses in paragraaf 3.4 van dit rapport is gebruikgemaakt van de mogelijkheid om de gegevens per provincie (Limburg, Noord-Brabant, Gelderland) te downloaden als Excel (of CSV) bestand. Na het verwijderen van de beëindigde vergunningen uit de gegevens resulteerde een bestand met de bronhouder, het object ID, het adres, het aantal dieren, de diercategorie, en daarnaast o.a. het jaar waarin de vergunning is afgegeven als variabelen. Voor het toevoegen van coördinaten is gebruik gemaakt van het openbare Nationaal Georegister van Publieke Dienstverlening Op de Kaart (PDOK)<sup>3</sup>. Uit dit register kan op basis van een postcode en een huisnummer geografische informatie worden opgehaald over een adres. De diercategorie-kolom bevat een omschrijving zoals vastgesteld als deel van de regeling ammoniak en veehouderij.<sup>4</sup> Voor de doeleinden van de analyses in dit rapport zijn is deze omschrijving omgezet naar het minder gedetailleerde niveau van hoofdcategorie/diersoort.

---

<sup>1</sup> Over I-GO (igoview.nl) - <https://www.igoview.nl/over-ons/>

<sup>2</sup> I-GO Veehouderijen (igoview.nl) - <https://veehouderijen.igoview.nl/>

<sup>3</sup> Over PDOK (pdok.nl) - <https://www.pdok.nl/over-pdok>

<sup>4</sup> Regeling ammoniak en veehouderij - BWBR0013629 (wetten.nl) - <https://wetten.overheid.nl/BWBR0013629/2023-04-01#Bijlage1>

---

Wageningen Bioveterinary Research  
Postbus 65  
8200 AB Lelystad  
T 0320 23 82 38  
info.bvr@wur.nl  
wur.nl/bioveterinary-research  
Wageningen Bioveterinary Research  
Report 2341828

---

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 7.200 medewerkers (6.400 fte) en 13.200 studenten en ruim 150.000 Leven Lang Leren-deelnemers behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.