



Achtergronddocument windenergie gevoeligheidskaart vogels

Henk Sierdsema,
Ruud Foppen,
Paul van Els,
Christian Kampichler &
Julia Stahl

Sovon-rapport 2021/09



Achtergronddocument windenergie gevoeligheidskaart vogels

Henk Sierdsema, Ruud Foppen, Paul van Els, Christian
Kampichler & Julia Stahl



Dit rapport is samengesteld in opdracht van het
Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedsel-
kwaliteit



Ministerie van Landbouw,
Natuur en Voedselkwaliteit

Colofon

© Sovon Vogelonderzoek Nederland 2021

Dit rapport is samengesteld in opdracht van het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit

Wijze van citeren: Sierdsema H., Foppen R., van Els P., Kampichler C. & Stahl J. 2021. Achtergronddocument windenergie gevoeligheidskaart vogels. Sovon-rapport 2021/09. Sovon Vogelonderzoek Nederland, Nijmegen.

Foto's omslag: Windmolens bij natuurgebied Aaltens Goor (Peter Eekelder), Zeearend, Grutto (Harvey van Diek)

Opmaak: John van Betteray, Sovon Vogelonderzoek Nederland

ISSN-nummer: 2212 5027

Sovon Vogelonderzoek Nederland
Toernooiveld 1
6525 ED Nijmegen
e-mail: info@sovon.nl
website: www.sovon.nl

Niets uit dit rapport mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar worden gemaakt d.m.v. druk, fotokopie, microfilm, of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Sovon.

Inhoud

Dankwoord	2
Samenvatting	3
1. Achtergrondinformatie	5
2. Bepaling van de soortenmatrix	7
2.1. In beeld brengen van de soorten	7
2.1.1. Typering voorkomen in Nederland	7
2.1.2. Gevoeligheid soort	7
2.1.3. Aandachtsoorten: mate van bedreiging	9
2.2. Criteria en systematiek voor het bepalen van de risico's	9
2.2.1. Aanvaringsrisico	9
2.2.2. Verstoringsrisico	9
2.2.3. Combinatie en cumulatie	10
2.2.4. Aandachtsoorten: mate van bedreiging	10
2.3. Criteria en systematiek voor het bepalen van de kwetsbaarheid	10
3. Methodiek Kaartbeelden	13
3.1. Broed- en niet-broedvogels	13
Box 1. Random Forest Modelling	14
3.1.1. Specifieke bewerkingen voor broedvogels	16
3.1.2. Modelling van vliegbewegingen tussen foerageergebied en slaappleats	17
3.1.3. Maken van de gevoeligheidskaarten	20
3.2. Trekvogels	20
4. Kaartbeelden	22
4.1. Broed- en niet-broedvogels	22
4.2. Trekvogels	27
4.3. Disclaimer voor het gebruik van de kaartbeelden	29
Box 2: Hoe moet ik de kaarten lezen? De rol van de kaartschalen	29
Literatuur	31
Bijlage	32
Bijlage 1. Kaartbeelden van de Nederlandse RES regio's	32

Dankwoord

Namens het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit hebben Sandra van der Graaf en Pieter Joop het project begeleid en kritisch meegedacht. Ralph Buij (WEnR) en Roland van der Vliet (Bureau Waardenburg) hebben inhoudelijk meegedacht bij het opstellen van de soortenmatrix en de modellering van de vliegbewegingen. Gerard Troost van Sovon maakte data vanuit Trektellen.nl beschik-

baar voor het opstellen van de kaartbeelden voor trekbewegingen. Harm Dotinga leverde waardevol commentaar op een eerdere versie van dit rapport. Onze dank gaat ook uit naar de duizenden vrijwilligers die met hun bijdrage aan de Sovon vogelmonitoring meetnetten, de Vogelatlas en aan trektellen deze analyses mogelijk maken.

Samenvatting

Het Rijk, Provincies, NWEA, TenneT en groene partijen (Vogelbescherming Nederland, Zoogdierverseniging en de Natuur en Milieu Federaties) werken samen aan het traject Natuurinclusieve Energietransitie voor wind en hoogspanning op land. De voorziene ontwikkelingen hebben gevolgen voor de biodiversiteit, waarbij onder meer via aanvaringen en verstoring negatieve effecten op vogelpopulaties kunnen optreden.

De meest recente gegevens over de verspreiding, aantallen en vliegbewegingen van vogels op landelijk niveau kunnen worden gebruikt om in beeld te brengen waar gevoelige soorten in grotere concentraties voorkomen. Deze informatie geeft een ruimtelijke gedifferentieerd beeld van de (relatieve) risico's.

Om voor vogels tot een gevoeligheidskaart in relatie tot windenergie op land te komen zijn de volgende stappen doorlopen:

- Opstellen soortenmatrix ter bepaling van relevante vogelsoorten
- Verspreiding in beeld brengen op basis van monitoringinformatie
- Modelleren van dagelijkse vliegbewegingen
- Vervaardigen van cumulatieve kaartbeelden voor broedvogels en niet-broedvogels

Daarnaast is op basis van zichtbare landtrek een modellering van de vogeltrek (seizoensgebonden vliegbewegingen) uitgevoerd om zo te komen tot een treksterktekaart.

In Nederland komen verspreid over het jaar meer dan 400 vogelsoorten voor en lang niet alle soorten lopen een even groot risico op negatieve effecten door windturbines vanwege sterfte en verstoring. Aspecten die hierbij een rol spelen zijn tijd van het jaar (broedvogel, niet-broedvogel, trekvogel), maar ook bijvoorbeeld grootte en vlieggedrag. Er is daarom een soortenmatrix opgesteld waarin naast de gevoeligheid van een soort voor aanvaringen, habitatverlies en verstoring (de risico's) ook de mate van bedreiging wordt meegenomen zoals de Rode Lijst-status en de status in het kader van de Vogelrichtlijn. Samen wordt daarmee de kwetsbaarheid van een soort bepaald.

Als eerste stap in de modellering is het belangrijk om op soortniveau te beschikken over goede en actuele monitoringinformatie van het voorkomen van broedvogels en niet-broedvogels. Actuele data

voor vrijwel alle soorten broedvogels is beschikbaar vanuit het Meetnet Broedvogels. Gegevens over overwinterende vogels, watervogel-concentraties en ligging van slaapplekken worden verzameld in het Watervogelmeetnet en Slaapplekkenproject. Deze meetnetten, gecoördineerd door Sovon en in samenwerking met het CBS, de provincies en Rijkswaterstaat, zijn onderdeel van het Netwerk Ecologische Monitoring. Informatie over het voorkomen van soorten is voor grote gebieden zoals een regio, provincie of land maar zelden gebiedsdekkend. Met behulp van ruimtelijke modellen kunnen kaarten worden opgesteld met een voorspelling van de kans op voorkomen en/of de relatieve dichtheid. In een tweede stap moet de ruimtelijke informatie over het voorkomen van de relevante vogelsoorten worden gebruikt om dagelijkse vliegbewegingen te modelleren. Dagelijkse vliegbewegingen treden op tussen foerageergebied en slaapplek.

Tenslotte zijn de soortspecifieke kaartbeelden in een ruimtelijk-statische modelleringsstap met een weging voor de kwetsbaarheidsscore uit de soortenselectie gecombineerd tot een cumulatief kaartbeeld van zowel broed- als ook niet-broedvogels. De kaarten geven in kleuren de mate weer waarin in een bepaald gebied vogelsoorten worden verwacht die gevoelig zijn voor de negatieve impacts van windturbines hetzij doordat er een reële kans is op aanvaringen waardoor relevante sterfte optreedt, hetzij doordat er een reële kans is dat dusdanige verstoring optreedt dat effecten op populaties te zien zijn. Vanuit de optiek van vogels zijn deze kansen dus in feite risico's, ze geven de kans aan dat negatieve gevolgen optreden.

Naast vliegbewegingen op dagelijkse basis zijn ook seizoensgebonden trekbewegingen van vogels relevant. Er zijn echter geen gebiedsdekkende gegevens beschikbaar over de omvang en het aandeel van verschillende soorten tijdens de voor- en najaarstrek. Om een kaartbeeld te kunnen schetsen van gebieden waar grote hoeveelheden vogels tijdens de trek vliegen is gebruik gemaakt van een analyse op grond van de gegevens uit Trektellen.nl, dit in combinatie met bestaande literatuur over trekbewegingen en ecologische kennis over vogelbewegingen.

In dit achtergronddocument staat de methodiek in detail toegelicht, in de volgorde van bovengenoemde stappen.

1. Achtergrondinformatie

Het Rijk, Provincies, NWEA, TenneT en groene partijen (Vogelbescherming Nederland, Zoogdiervereniging en de Natuur en Milieu Federaties) werken samen aan het traject Natuurinclusieve Energietransitie voor wind en hoogspanning op land. De voorziene ontwikkelingen hebben gevolgen voor de biodiversiteit, waarbij onder meer via aanvaringen en verstoring negatieve effecten op vogelpopulaties kunnen optreden.

Om de ruimtelijke spreiding en de mate van risico's van windturbines voor vogels inzichtelijk te maken is in 2009 een nationale windmolenrisicokaart¹ opgesteld door ecologisch adviesbureau Altenburg & Wymenga en Sovon Vogelonderzoek Nederland in opdracht van Vogelbescherming Nederland. In deze kaart is de toenmalige kennis over de distributie van vogelsoorten omgezet in risicokaarten voor aanvaringen en verstoring door windturbines.

Sinds de verschijning van de kaart is de behoefte aan goede informatie over kansen en risico's van de plaatsing van windturbines alleen maar toegenomen. Vanwege een aantal redenen ligt het voor de hand om de bestaande zoekkaarten te actualiseren. Dit levert een zoekkaart op voor realisatie van windenergievoorzieningen waarin inzichtelijk wordt gemaakt waar locaties liggen die vanuit ecologisch perspectief het meeste perspectief bieden voor windenergie. Dit is een uitermate gunstig moment om een dergelijke kaart te maken. Hier een aantal redenen:

- In het Klimaatakkoord is de doelstelling opgenomen om in 2030 tenminste 35 TWh duurzame elektriciteit op land te produceren; tegelijkertijd conflicteert windenergie met natuurdoelen. De noodzaak voor ruimtelijke planning van windenergie ten behoeve van natuur is daarmee urgenter dan ooit.
- Er is recente gebiedsdekkende informatie beschikbaar over het voorkomen van vogels in Nederland door de publicatie van de Vogelatlas (2018) door Sovon. Niet alleen geldt dit voor broedvogels, maar ook voor vogels in de winterperiode.
- Er is betere informatie dan tien jaar geleden over het voorkomen, buiten het broedseizoen, van specifieke gevoelige vogelsoorten, zoals soorten die gemeenschappelijke slaappleaatsen hebben (Meetnet Slaappleaatsen, Netwerk Ecologische Monitoring).
- Trekbewegingen van vogels worden tegenwoordig op zeer veel plekken in Nederland bijgehouden en kunnen voor dit doeleinde worden gebruikt (trektellen.nl).
- We hebben beter zicht op de echte risicosoorten,

d.w.z. de soorten met relatief frequente aanvaringen, doordat er in Europa veel (slachtoffer) monitoring is uitgevoerd.

- Naast meer kennis over slachtoffers zijn er inmiddels ook een aantal analyses naar de versturende werking van windturbines op vogelsoorten, door habitatverlies, vermijdingsgedrag en/of barrière werking.
- Door een betere beschikbaarheid van geostatistische analysemethoden kunnen betrouwbare modellen worden gebruikt om voorkomen en vliegbevingen in ruimte en tijd te beschrijven.

De meest recente gegevens over de verspreiding, aantallen en vliegbewegingen van vogels op landelijk niveau kunnen worden gebruikt om in beeld te brengen waar gevoelige soorten in grotere concentraties voorkomen. Deze informatie geeft een ruimtelijke gedifferentieerd beeld van de (relatieve) risico's.

Het detailniveau van deze gevoeligheidskaarten maakt het mogelijk om naast een landelijk beeld ook een beeld te maken per provincie of RES. Hierdoor is de kaart expliciet toepasbaar op regionaal niveau.

De door Sovon georganiseerde meetnetten (NEM) en atlasprojecten vormen de belangrijkste bron voor informatie over het voorkomen van wilde vogels in Nederland. Deze informatie vormt vanzelfsprekend de basis om een beoordeling te kunnen maken van het risico op aanvaringen en verstoring van het leefgebied. Veel informatie is echter niet vlakdekkend aanwezig. Hiervoor gebruiken we onze uitgebreide kennis van ruimtelijke statistiek om vlakdekkende verspreidingsbeelden te kunnen maken.

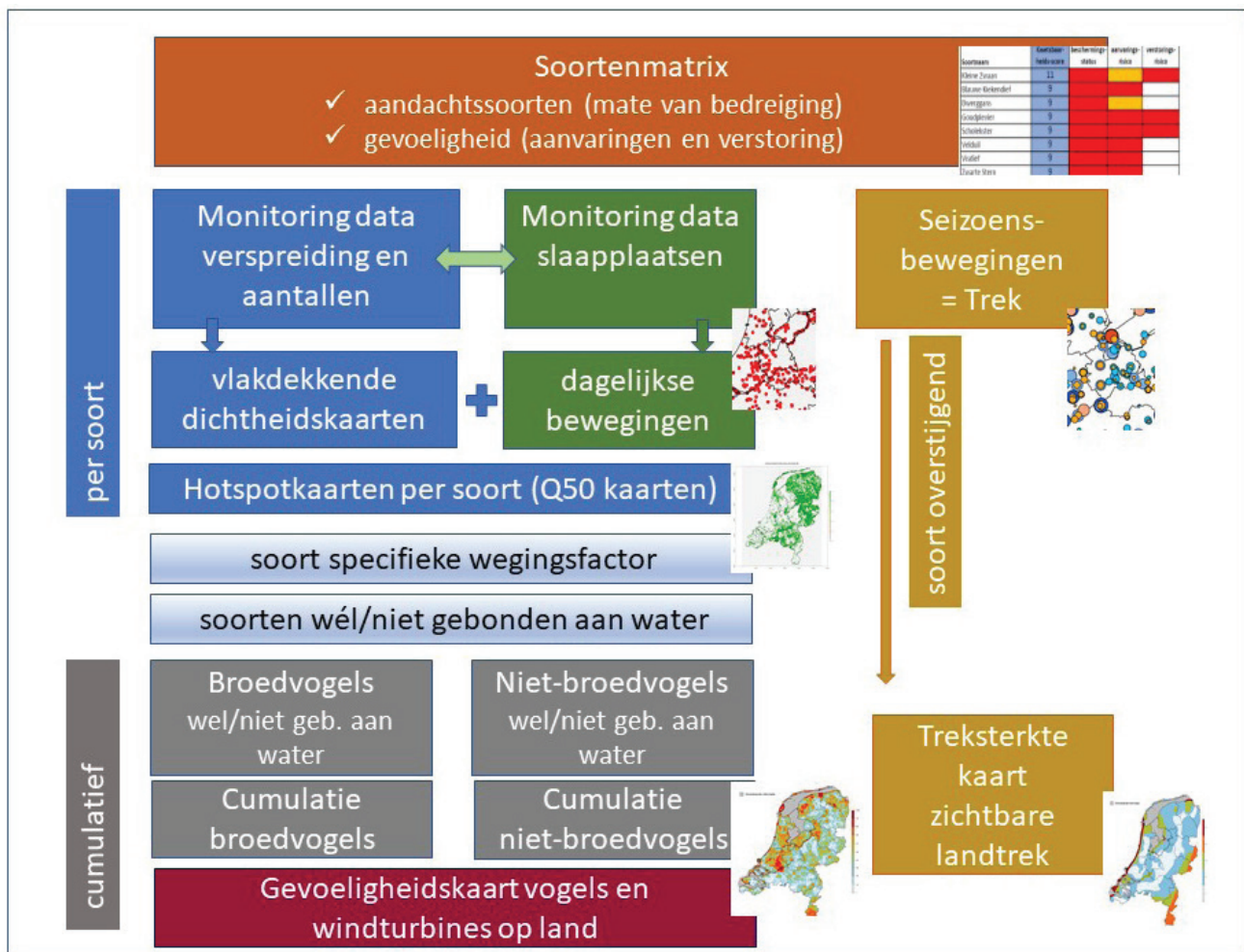
Windturbines hebben verschillende effecten op vogels. Welke dat precies zijn hangt af van:

- de betreffende vogelsoort;
- de locatie, het aantal en de hoogte van de windturbines;
- de opstelling en de uitvoering van de windturbines;
- de periode (dag of nacht, de seizoenen);
- de weersomstandigheden.

De effecten op vogels zijn onder te verdelen in:

1. Directe sterfte: vogels kunnen zich doodvliegen tegen de rotorbladen of tegen de mast. Vooral 's nachts en bij slecht weer kunnen er slachtoffers vallen.
2. Verlies aan (kwaliteit van) leefgebied: veel vogels mijden windturbines en de omgeving ervan.

¹ https://assets.vogelbescherming.nl/docs/e3b4524d-5cc2-4565-a65e-3226a124837e.pdf?_ga=2.14586416.689432344.1597042185-2141449262.1597042185



Schema 1: Modelleringsstappen om te komen tot cumulatieve kaartbeelden.

Daardoor worden die gebieden ongeschikt als voedsel-, rust- of broedgebied. Dit effect geldt bijvoorbeeld voor sommige soorten weidevogels en akkervogels.

3. Barrièrevorming: door windturbineopstellingen kunnen barrières ontstaan. Vogels op trek en vogels op weg van en naar de broed- of slaapplekken vliegen om. Dat kost extra tijd en energie. Vogels moeten daardoor extra eten terwijl er minder foerageertijd beschikbaar is.

Voor een beoordeling van de risico's zoals deze ook is toegepast voor de windmolenrisicokaart uit 2009 kunnen de volgende belangrijke aspecten worden meegenomen:

- Aanwezigheid van risicosoorten in broedperiode en niet-broedperiode waarbij de aanname wordt gedaan dat indien er grotere aantallen van de risicosoorten in een gebied verblijven dit de kans op aanvaringen verhoogt (punt 1).
- Soortspecifieke verstoringsafstanden door windturbines waarbij wordt aangenomen dat binnen een verstoringszone om windturbines heen de dichtheid en aantallen van de gevoelige soorten

zullen afnemen (punt 2).

- Grotere vliegbewegingen van gevoelige soorten zoals door foerageervluchten, slaapplekkenbewegingen en trekbewegingen kunnen in kaart worden gebracht door soortspecifieke informatie en kennis te gebruiken (punt 1 en 3).

Om voor vogels tot een gevoeligheidskaart in relatie tot windenergie op land te komen zijn de volgende stappen doorlopen:

- Opstellen soortenmatrix ter bepaling van relevante vogelsoorten
- Verspreiding in beeld brengen op basis van monitoringinformatie
- Modellering van dagelijkse vliegbewegingen
- Vervaardigen van cumulatieve kaartbeelden voor broedvogels en niet-broedvogels

Daarnaast is op basis van zichtbare landtrek een modellering van de vogeltrek (seizoensgebonden vliegbewegingen) uitgevoerd om zo te komen tot een treksterktekaart.

In Schema 1 zijn de stappen weergegeven.

2. Bepaling van de soortenmatrix

In Nederland komen verspreid over het jaar meer dan 400 vogelsoorten voor en lang niet alle soorten lopen een even groot risico op negatieve effecten door windturbines vanwege sterfte en verstoring. Aspecten die hierbij een rol spelen zijn tijd van het jaar (trekvoegel, broedvoegel, wintergast), maar ook bijvoorbeeld vlieggedrag.

Als eerste stap wordt in beeld gebracht welke vogelsoorten als gevoelig kunnen worden gezien. Als basis hiervoor wordt gebruik gemaakt van bestaande lijsten op grond van allerlei overzichten uit binnen en buitenland.

Het is belangrijk om een soortenmatrix op te stellen waarin naast de gevoeligheid van een soort voor aanvaringen, habitatverlies en barrièrewerking (de risico's) ook de mate van bedreiging wordt meegenomen zoals de Rode Lijst-status en de status in het kader van de Vogelrichtlijn, hierna genoemd aandachtsoorten. De combinatie van scores voor gevoeligheid en mate van bedreiging levert uiteindelijk een kwetsbaarheidsscore. De soortenmatrix met de resulterende kwetsbaarheidsscores vormt de basis voor de afbakening van de soortenselectie waarvoor uiteindelijk kaartbeelden worden opgesteld.

2.1. In beeld brengen van de soorten

Voor het maken van een windenergie zoekkaart als vervolg op de uit 2009 stammende windmolenrisicokaart (Aarts en Bruinzeel, 2009) moeten eerste allerlei kenmerken en aspecten van soorten in beeld worden gebracht waarop via criteria selecties kunnen worden gemaakt.

Voor iedere in Nederland regelmatig voorkomende vogelsoort (dus dwaalgasten uitgezonderd) zijn naast soortcoderingen (Euring en IOC-code), naamgeving (NL-Latijns), de status van voorkomen, allerlei gevoeligheidsaspecten voor windenergie en de mate van bedreiging weergegeven. Deze aspecten worden in de volgende paragrafen nader uitgewerkt.

2.1.1. Typering voorkomen in Nederland

Het voorkomen in Nederland verschilt voor veel soorten per maand. Omdat informatie per maand over de verspreiding voor bijna geen enkele soort aanwezig is wordt vaak gewerkt met voorkomen per seizoen gecombineerd aan de activiteit binnen

dat seizoen. Vogels worden vaak ingedeeld in de volgende categorieën: (1) Broedvogels waarbij een nader onderscheid kan worden gemaakt in soorten die jaarrond in hetzelfde gebied aanwezig zijn, soorten die geheel of gedeeltelijk wegtrekken en soorten waarvoor de broedvogels gedurende de doortrek en winter aangevuld worden met vogels van elders, (2) doortrekkers dat zijn soorten die alleen tijdens de voor- en/of najaarstrek ons land aan doen en (3) wintergasten waarbij er veel soorten zijn waarbij zowel doortrek als overwintering voor komt als ook soorten zonder noemenswaardige doortrek. Voor de indeling en keuze van prioritaire soorten is gekozen voor het combineren van trek en overwintering waardoor een tweedeling van vogels wordt gemaakt, (1) gedurende het broedseizoen (=broedvogels) en (2) gedurende het niet-broedseizoen (=niet-broedvogels). Voor beide seizoenen worden per soort kaartbeelden met voorspelbare verspreiding gemaakt. Per seizoen per soort wordt de status aangegeven:

1. Status broedvoegel

De status van de soort als broedvoegel wordt weergegeven in de termen algemeen, schaars, zeldzaam, incidenteel, jaarrond of niet aanwezig.

2. Status niet-broedvoegel

De status van de soort als trekvoegel en/of wintergast wordt weergegeven in de termen algemeen, schaars, zeldzaam, incidenteel of niet aanwezig.

2.1.2. Gevoeligheid soort

De gevoeligheid van een soort voor de aanwezigheid van windturbines is gescoord door te kijken naar verzamelstudies ("species assessments studies") in ons land of omliggende landen waarbij voor (bijna) alle soorten of soortgroepen een indicatie is gegeven van de gevoeligheid voor negatieve effecten van windturbines. Dat kan zijn op grond van veldstudies (bijv. aantal aangetroffen slachtoffers) of door het bepalen van risicoprofielen.

Daarbij zijn twee aspecten apart in kaart gebracht:

- (1) gevoeligheid voor aanvaringen met windturbines en
- (2) mijding of verstoring door aanwezigheid windturbines.

In tabel 1 staan de studies die zijn gebruikt met overzichten van risicosoorten in relatie tot aanvaringen. In tabel 2 staan de studies met overzichten voor verstoring/mijding.

Tabel 1. Achtergrondliteratuur aanvaringsrisico's

Type informatie	referentie	omschrijving
Aanvaringsrisico's per groep, NL studie	Buij <i>et al.</i> (2018)	berekening van een relatieve score voor aanvaringsrisico's van soortgroepen, deze scores zijn toegekend aan alle soorten die bij de desbetreffende soortgroepen horen. Alleen scores >0.02.
Risico-bepaling aanvaringen voor Bulgarije	BSPB (2013)	Per soort die in Bulgarije voorkomt is op grond van een groot aantal soorteigenschappen een risicoscore voor aanvaringen bepaald en deze is hier opgenomen
Modellering statistische aanvaringskans UK	Thaxter <i>et al.</i> (2017)	Op basis van een statistisch model zijn voorspellingen gemaakt van het aantal aanvaringen per jaar en dat is gemiddeld over soortgroepen. De waardes zijn weergegeven voor groepen met waardes >1500
Aanvaringsrisico's bosvogels Duitsland	Richarz (2014)	Op grond van ervaringen en monitoringgegevens is voor bosvogels in Duitsland ingeschat welke soorten gevoelig zijn voor aanvaringen
Index risico per soort uit Progress studie Duitsland	Grünkorn <i>et al.</i> (2016)	Op grond van een benadering van Lekuona en Ursua is een inschatting gemaakt van de Species Risk Index voor aanvaringen voor een groot aantal soorten in Noord-Duitsland
Overzichten monitoring aanvaringslachtoffers Duitsland	Grünkorn <i>et al.</i> (2016)	Op grond van slachtofferstudies is een lijst gemaakt met soorten die vaak in Noord-Duitsland als slachtoffer zijn gemeld met daarbij een correctie voor vindkansen
Risico-bepaling soorten a.h.v. soortenkenmerken, Duitsland*	Bernotat & Dierschke (2016)	Score van risico's (windturbines, hoogspanningslijnen, verkeer) op basis van gedrag en kwetsbaarheid voor verschillende soortgroepen, waaronder vogels. kwetsbaarheidsmatrix waarin risico voor aanvaringen, gevoeligheid, soorteigenschappen en status van de soort in Duitsland bij elkaar worden gebracht. PSI (Populationsbiologisch Sensitivitäts-Index) op grond van soorteigenschappen samen met Naturschutzfachlichem Wert-Index (NWI) verwerkt in een MGI (Mortalitäts-Gefährdungs-Index). Tenslotte wordt deze MGI gematcht met specifieke mortaliteitsrisico's voor bijv. wegen, hoogspanningslijnen en windturbines, de zogenaamde AK's (Artspezifische Einstufung des Kollisionsrisikos)

*zie uitleg met interpretatie in het kader

Interpretatie risico-analyses van Bernotat & Dierschke

In Duitsland is een uitgebreide en complexe analyse gedaan naar de risico's voor soorten voor effecten van infrastructuur (verkeer, hoogspanningslijnen, windturbines). De auteurs hebben een kwetsbaarheidsmatrix opstellen waarin risico voor aanvaringen, gevoeligheid, soorteigenschappen en status van de soort in Duitsland bij elkaar worden gebracht. Omdat de uiteindelijke risico-scores die worden bepaald afhangen van de status van de soort in een bepaalde situatie, is er voor gekozen om niet de voor Duitsland gehanteerde waarden te hanteren maar om via de afzonderlijke onderdelen een eigen score te maken voor de Nederlandse situatie. Daartoe zijn de in het rapport opgenomen bijlagetabellen met scores voor een aantal afzonderlijke aspecten er uit gehaald. Vervolgens is daarmee een windenergiegevoeligheidsscore gemaakt. In het rapport wordt gewerkt met een zogenaamde PSI (Populationsbiologisch Sensitivitäts-Index), een populatie-biologische gevoeligheidsindex op grond van soorteigenschappen. Deze wordt samen met Naturschutzfachlichem Wert-Index (NWI), een waarde die de zeldzaamheidsstatus van een soort vertegenwoordigt, verwerkt in een MGI (Mortalitäts-Gefährdungs-Index= mortaliteitsbedreigingsindex). Uiteindelijk wordt deze gecombineerd met specifieke sterfterisico's voor de infrastructuurtypen (wegen, hoogspanningslijnen en windturbines), de zogenaamde AK's (Artspezifische Einstufung des Kollisionsrisikos= soortspecifieke klassificatie van sterfterisico's).

Voor deze studie zijn alleen de PSI scores gecombineerd met de AK's volgens het schema hiernaast. Dat levert een risicoscore op die vergelijkbaar is met de andere gescoorde risico's in de literatuur. Uiteindelijk levert het 5 klassen op van 1=laag risico tot 5= zeer hoog risico.

AK	PSI-klasse			
	2-3	3-4	4-5	>5
5	5	5	4	4
4	2	2	3	3
3	2	3	2	2
2	3	2	1	1
1	2	1	1	1

Tabel 2. Achtergrondliteratuur verstoring

Type informatie	referentie	omschrijving
Verstoring bosvogels Duitsland	Richarz (2014)	Op grond van ervaringen en monitoringgegevens is voor bosvogels in Duitsland ingeschat welke soorten gevoelig zijn voor verstoring
Verstoringsinschatting weidevogels	Buij <i>et al.</i> (2018)	In deze studie wordt aangegeven dat weidevogels gevoelig zijn voor verstoring. Alle typische weidevogelsoorten zijn daarom als gevoelig aangegeven
Sovon analyse verstoring in de broedtijd	Sierdsema <i>et al.</i> (2019)	Op basis van een ruimtelijke analyse van verspreidingsgegevens is gekeken naar negatieve effecten van de aanwezigheid van windturbines op de dichtheid
Sovon analyse verstoring in de winter (trend)	Sierdsema <i>et al.</i> (2019)	Op basis van een temporele analyse van monitoringgegevens is gekeken naar negatieve effecten van de aanwezigheid van windturbines op de trend
Verstoringsafstanden Duitsland	Länderarbeitsgemeinschaften der Vogelschutzwarten (LAG VSW) (2015)	beoordeling van verstoringseffecten, deels op basis van gemeten verstoringsafstanden/reactieafstanden windturbines

2.1.3. Aandachtsoorten: mate van bedreiging

In tabel 2.3 staan de criteria vermeld waarmee de mate van bedreiging voor een soort wordt bepaald. Dat wordt voor een belangrijke mate be-

paald door o.a. een Rode Lijststatus of de Staat van Instandhouding, maar ook wordt meegenomen of de soort vanwege een beleidsmatig aspect (Vogelrichtlijn, Natura 2000-beleid) een aandachtsoort is. Verdere uitleg staat in tabel 2.3.

Tabel 2.3. Bepalen mate van bedreiging

Status	Referentie	Omschrijving
RL brv 2017	Van Kleunen <i>et al.</i> (2017)	De laatste rode lijst voor broedvogels, RL soorten scoren 1
RL trek/wint 2016	Van Kleunen <i>et al.</i> (2016)	De Rode Lijst voor trekkers en overwinteraars, RL soorten scoren 1
Oranje lijst Winter-Trekvogels 2016	Van Kleunen <i>et al.</i> (2016)	De Oranje lijst, OL soorten scoren 1
Oranje lijst Broedvogels	Sovon 2017	De Oranje lijst, OL soorten scoren 1
Blauwe lijst 2016	Van Kleunen <i>et al.</i> (2016)	De Blauwe lijst, soorten op deze lijst scoren 1
Natura 2000-soorten	www.sovon.nl	Soorten waarvoor Nederland op gebiedsniveau Instandhoudingsdoelen heeft gebaseerd op de Vogelrichtlijn scoren 1
Staat Van Instandhouding (SVI)-waarde	www.sovon.nl	Indien SVI zeer ongunstig is dan 2, matig ongunstig 1

2.2. Criteria en systematiek voor het bepalen van de risico's

2.2.1. Aanvaringsrisico

Voor respectievelijk broedvogels en niet-broedvogels afzonderlijk wordt het risico voor aanvaringen en verstoring ingeschat.

1. De gevoeligheid voor aanvaringen wordt bepaald door per kolom soorten in 5 categorieën in te delen (rood= zeer gevoelig, oranje= gevoelig, geel= matig gevoelig, groen= niet gevoelig, blanco= niet gescoord)
2. Vervolgens wordt een conclusie-kolom gescoord waarbij een 'eindscore' wordt bepaald

2.2.2. Verstoringsrisico

1. De verstoringsrisico's worden op dezelfde wijze per kolom gescoord in 5 categorieën als de aanvaringsrisico's
2. Ook hier wordt een 'eindscore' bepaald

Tabel 2.4. Wegingsfactoren voor combinatie uit aanvaringsrisico en verstoringsgevoeligheid

aanvaring	verstoring			
	0	1	2	3
0	0	1	1	1
1	1	1	2	2
2	2	2	2	2
3	3	3	3	3

2.2.3. Combinatie en cumulatie

Voor de gecombineerde score wordt uitgegaan van de aanvaringsrisicoscore en deze wordt met 1 klasse opgehoogd indien de verstoringsscore hoger is dan de score voor aanvaringsrisico.

2.2.4. Aandachtsoorten: mate van bedreiging

Om de mate van bedreiging te bepalen is voor iedere soort voor het broed- resp. niet-broedseizoen gesommeerd wat de scores zijn op grond van de criteria in tabel 2.3 zoals bijvoorbeeld de Rode Lijststatus en de landelijke Staat Van Instandhouding voor de broedvogelsoorten. De uiteindelijke score voor de status van een soort is deze sommatie.

2.3. Criteria en systematiek voor het bepalen van de kwetsbaarheid

Uitgangspunt voor prioriteren is dat het gaat om soorten die in een bepaald seizoen in Nederland aanwezig zijn, dat ze gevoelig zijn en dat ze een urgentie hebben t.a.v. de mate van bedreiging.

Voor de eindscore wordt een opsplitsing gemaakt voor broed en niet-broedvogels. Voor de uiteinde-

lijke kaartbeelden wordt daar een kaartlaag aan toegevoegd voor de (algemene) trekvogels. Deze soorten zijn verder niet gespecificeerd. Het gaat om een algemeen beeld van waar in Nederland in het trekseizoen geconcentreerde aantallen voorkomen van algemeen doortrekkende vogels die op zicht (en dus windturbine-rotorhoogte) vliegen. Exoten worden uitgesloten van de kaartbeelden, evenals de incidenteel voorkomende soorten buiten het broedseizoen in de veronderstelling dat het voorkomen van dergelijke soorten een grote mate van toeval betreft en dus een zeer geringe voorspelbaarheid heeft m.b.t. de risico-gebieden.

De kwetsbaarheidsscore is bepaald door de risicoscore (= maat voor gevoeligheid voor aanvaring en verstoring) op te tellen bij de score voor de mate van bedreiging van de soort waarbij de risicoscore dubbel meetelt. De MGA soortenlijst is meegenomen. De uiteindelijke scores variëren tussen 0 en 11 (2×3 als maximale gevoeligheid + maximaal 5 punten voor status). Besloten is om alle soorten met een score ≥ 4 als prioritair te beschouwen. Deze soorten tellen mee bij het vervaardigen van de kaartbeelden.

Tabel 2.5a. Broedvogels met hun kwetsbaarheidsscore (gerangschikt op score van hoog naar laag), aanvullend wordt voor de mate van bedreiging, aanvaringsrisico en verstoringsscore middels een kleurcode een indicatie gegeven hoe zwaar deze factor voor de soort meeweegt bij de bepaling van de kwetsbaarheidsscore (rood = zwaar via oranje en geel tot wit = niet/weinig)

Soortnaam	Kwetsbaarheids-score	mate van bedreiging	aanvaringsrisico	verstoringsscore	Soortnaam	Kwetsbaarheids-score	mate van bedreiging	aanvaringsrisico	verstoringsscore
Visdief	10				Wespendief	8			
Zwarte Stern	10				Zeearend	8			
Blauwe Kiekendief	9				Zilvermeeuw	8			
Bruine Kiekendief	9				Blauwe Reiger	7			
Rode Wouw	9				Draaihals	7			
Scholekster	9				Grauwe Kiekendief	7			
Wulp	9				Kokmeeuw	7			
Buizerd	8				Nachtzwaluw	7			
Dwergstern	8				Ooievaar	7			
Gierzwaluw	8				Ransuil	7			
Grote Stern	8				Slechtvalk	7			
Grutto	8				Stormmeeuw	7			
Kievit	8				Tureluur	7			
Kleine Mantelmeeuw	8				Zwarte Wouw	7			
Noordse Stern	8				Zwartkopmeeuw	7			
Steppiekiekendief	8				Bontbekplevier	6			
Strandplevier	8				Boomvalk	6			
Torenvalk	8				Dwergmeeuw	6			
Velduil	8				Geelpootmeeuw	6			
Visarend	8				Grauwe Gors	6			

Soortnaam	Kwetsbaarheids-score	mate van bedreiging	aanvaringsrisico	verstoringsrisico	Soortnaam	Kwetsbaarheids-score	mate van bedreiging	aanvaringsrisico	verstoringsrisico
Havik	6				Korhoen	5			
Houtsnip	6				Raaf	5			
Kemphaan	6				Ringmus	5			
Kraanvogel	6				Sperwer	5			
Kwartelkoning	6				Zomertortel	5			
Oehoe	6				Aalscholver	4			
Pontische Meeuw	6				Bergeend	4			
Purperreiger	6				Europese Kanarie	4			
Roek	6				Kleine Plevier	4			
Roerdomp	6				Kleine Zilverreiger	4			
Steltkluut	6				Koekoek	4			
Veldleeuwerik	6				Kwak	4			
Wilde Eend	6				Middelste Bonte Specht	4			
Woudaap	6				Porseleinhoen	4			
Eider	5				Steenuil	4			
Grote Mantelmeeuw	5				Watersnip	4			
Kluut	5								

Tabel 2.5b. Niet-Broedvogels met hun kwetsbaarheidsscore (gerangschikt op score van hoog naar laag), aanvullend wordt voor de mate van bedreiging, aanvaringsrisico en verstoringsrisico middels een kleurcode een indicatie gegeven hoe zwaar deze factor voor de soort meeweegt bij de bepaling van de kwetsbaarheidsscore (rood = zwaar via oranje en geel tot wit = niet/weinig)

Soortnaam	Kwetsbaarheids-score	mate van bedreiging	aanvaringsrisico	verstoringsrisico	Soortnaam	Kwetsbaarheids-score	mate van bedreiging	aanvaringsrisico	verstoringsrisico
Kleine Zwaan	11				Reuzenstern	7			
Blauwe Kiekendief	9				Slechtvalk	7			
Dwerggans	9				Visarend	7			
Goudplevier	9				Bontbekplevier	6			
Scholekster	9				Boomvalk	6			
Velduil	9				Gierzwaluw	6			
Visdief	9				Gauwe Gors	6			
Zwarte Stern	9				Gauwe Kiekendief	6			
Bruine Kiekendief	8				Havik	6			
Buizerd	8				Kokmeeuw	6			
Dwergstern	8				Paarse Strandloper	6			
Kleine Mantelmeeuw	8				Pontische Meeuw	6			
Kraanvogel	8				Ransuil	6			
Lachstern	8				Regenwulp	6			
Noordse Stern	8				Rosse Grutto	6			
Rode Wouw	8				Smient	6			
Ruigpootbuizerd	8				Steenloper	6			
Torenvalk	8				Stormmeeuw	6			
Wespendief	8				Wulp	6			
Zeearend	8				Zwarte Wouw	6			
Zilvermeeuw	8				Blauwe Reiger	5			
Zwartbuikrotgans	8				Bonte Strandloper	5			
Grote Stern	7				Grote Zilverreiger	5			
Ooievaar	7				Grutto	5			

Soortnaam	Kwetsbaarheids-score	mate van bedreiging	aanvaringsrisico	verstoringsrisico	Soortnaam	Kwetsbaarheids-score	mate van bedreiging	aanvaringsrisico	verstoringsrisico
Kievit	5				Geelpootmeeuw	4			
Nachtzwaluw	5				Grauwe Gans	4			
Nonnetje	5				Grote Mantelmeeuw	4			
Oehoe	5				Houtsnip	4			
Ortolaan	5				IJslandse Grutto	4			
Roek	5				Kemphaan	4			
Roerdomp	5				Kluut	4			
Smelleken	5				Korhoen	4			
Strandleeuwerik	5				Kuifduiker	4			
Toendrarietgans	5				Middelste Bonte Specht	4			
Tureluur	5				Patrijs	4			
Veldleeuwerik	5				Purperreiger	4			
Wilde Eend	5				Raaf	4			
Wilde Zwaan	5				Sperwer	4			
Woudaap	5				Tafeleend	4			
Zwartkopmeeuw	5				Topper	4			
Aalscholver	4				Watersnip	4			
Dwergmeeuw	4				Witgat	4			
Eider	4				Zomertortel	4			
Fuut	4								

3. Methodiek Kaartbeelden

3.1. Broed- en niet-broedvogels

In deze paragraaf wordt beschreven hoe de gevoeligheidskaarten voor broedvogels en niet-broedvogels zijn gemaakt. Onder 'niet-broedvogels' worden vogels verstaan die hier verblijven, maar op dat moment niet broeden. Het betreft zowel Nederlands broedvogels die hier verblijven na het broedseizoen als vogels van elders die hier in de trektijd of in de winter verblijven. Voor vogels op trek tussen broedgebieden en overwinteringsgebieden en vice versa is een afzonderlijke benadering gebruikt die is beschreven in 3.2.

Beschikbare gegevens

Actuele data voor vrijwel alle soorten broedvogels is beschikbaar vanuit het Meetnet Broedvogels. Daarin worden met specifieke telmethodieken (zoals het Broedvogel Monitoring Project en de Kolonievogeltellingen) tellingen verricht. Gegevens over niet-broedende vogels, watervogel-concentraties en ligging van slaapplekken worden verzameld in het Watervogelmeetnet. Beide meetnetten, gecoördineerd door Sovon en in samenwerking met het CBS, de provincies en Rijkswaterstaat, zijn onderdeel van het Netwerk Ecologische Monitoring. Naast de landelijke meetnetten zijn gegevens beschikbaar van de meest recente Vogelatlas, waarvoor de verspreiding en dichtheden van broed- en wintervogels in 2013-2015 in kaart zijn gebracht (Sovon 2018). Voor schaarse soorten en onder meer het bepalen van de foerageergebieden van kolonievogels en leefgebieden van kwetsbare broedvogels zijn gegevens van waarneming.nl/NDFF gebruikt.

Modellering van de verspreiding

Informatie over het voorkomen van soorten is voor grote gebieden zoals een regio, provincie of land maar zelden gebiedsdekkend. Alleen van enkele soorten die beperkt zijn in hun voorkomen én gemakkelijk te tellen zijn, zoals kolonievogels, wordt jaarlijks bijgehouden waar ze voorkomen en hoeveel het er zijn. Van de meeste andere soorten wordt steekproefsgewijs vastgesteld waar ze voorkomen, zowel in de tijd als in de ruimte. Ook worden van veel soorten losse waarnemingen verzameld. Losse waarnemingen hebben als nadeel dat het vaak alleen maar de 'krenten in de pap' worden doorgegeven: dat leidt tot een vertekend beeld van het voorkomen van soorten, waarvoor bij het gebruik van die informatie terdege rekening mee moet worden gehouden.

De afgelopen jaren zijn vanuit verschillende invalshoeken methoden ontwikkeld om onvolledige

datasets om te zetten naar landsdekkende betrouwbare verspreidingsbeelden (Guisan & Zimmermann 2000; Sierdsema *et al.* 2005). Met behulp van modellen kunnen kaarten worden opgesteld met een voorspelling van de kans op voorkomen en/of de (relatieve) dichtheid, zogenaamde predictiekaarten. Voor de hier toegepaste ruimtelijke modellering is gebruik gemaakt van informatie over het landgebruik en andere omgevingskenmerken. Deze informatie wordt gebruikt om relaties te kunnen beschrijven in statistische modellen tussen de waarnemingen en de omgevingskenmerken. Deze relaties zijn vervolgens gebruikt om het verwachte voorkomen te voorspellen in vierkante vakken van 1 x 1 km. Deze vakken worden aangeduid met de term 'gridcellen' of 'kilometerhokken'.

Het ruimtelijk model is opgebouwd uit een combinatie van een regressiemodel en de ruimtelijk geïnterpoleerde residuen van het regressiemodel. Zie o.a. Hengl *et al.* (2007), Hengl *et al.* (2009), Pebesma *et al.* (2005) en Sierdsema & van Loon (2008) voor meer informatie over deze methodiek. Voor de ruimtelijke analyse is gebruik gemaakt van Random Forest-modellen (zie Breiman 2001 en Boulesteix *et al.* 2012 voor een uitgebreide toelichting en box 1).

Met behulp van de modellen wordt een voorspelling gemaakt voor alle kilometerhokken op grond van de beschikbare en relevante omgevingsvariabelen die zijn opgenomen in het model. Een regressiemodel voorspelt echter zelden precies de waarnemingen: er is altijd verschil tussen de werkelijke waarnemingen en de modelvoorspellingen, de zogenaamde 'residuen'. De residuen vertellen ons waar het model blijkbaar nog niet helemaal goed zit. Vooral als we gebieden zien met overwegend positieve residuen (het voorkomen wordt onderschat) of negatieve residuen (het voorkomen wordt overschat), is er blijkbaar sprake van lokale omstandigheden die niet goed worden beschreven door de variabelen die zijn opgenomen in het regressiemodel. Een vervolgstap kan dan zijn om op zoek te gaan naar variabelen die het gevonden patroon in de residuen kunnen verklaren. Dit zijn dan zogenaamde 'taylor-made'-modellen: voor elke soort afzonderlijk wordt de meest relevante set aan omgevingsvariabelen bij elkaar gezocht en gemodelleerd. Voor een aantal soorten zal zelfs dat geen soelaas bieden: de relevante informatie is simpelweg niet beschikbaar voor elke locatie in Nederland. Voor de hier gepresenteerde kansenskaarten zijn (vrijwel) geen 'taylor-made'-modellen gemaakt omdat die per soort (zeer) veel tijd kosten om te maken. Er is echter nog een andere oplossing om

Box 1. Random Forest Modelling

Random Forests zijn geschikt voor deze analyses omdat ze kunnen omgaan met hoog-dimensionale, niet-lineaire en collineaire gegevens en omdat ze weinig vatbaar zijn voor over-fitting. Random Forests worden regelmatig gebruikt voor de modellering van de verspreiding van soorten (o.a. Benito-Garzon *et al.* 2006, Cutler *et al.* 2007, Kampichler *et al.* 2010, Mascaro *et al.* 2014) en in recente vogelatlasprojecten zoals de atlas van broed- en wintervogels van Groot-Brittannië en Ierland (Balmer *et al.* 2013), de atlas van algemene broedvogels van Polen (Kuczyński & Chylarecki 2012) en de nieuwe Vogelatlas van Nederland (Sovon 2018).

Random Forests zijn gebaseerd op het genereren en selecteren van een groot aantal regressiebomen. Regressiebomen zijn een klassieke machine learning-methode die al drie decennia geleden werd ontwikkeld (Breiman *et al.* 1984). Voor elk van de bomen in een Random Forest wordt alleen een gebootstrapte steekproef van de waarnemingen gebruikt en in elke tweedeling van de boom wordt slechts een toevallig gekozen subset van de verklarende variabelen gekozen. Elke boom in de Random Forest zal dus andere predicties opleveren, afhankelijk van de gebruikte cases en omgevingsvariabelen. Uiteindelijk wordt voor elke waarneming de gemiddelde predictie van het aantal gebruikte bomen berekend. De niet-gebruikte waarnemingen om een boom te maken - de zogenaamde 'out-of-the-bag (OOB)' cases - worden benut voor de bepaling van de kwaliteit van de Random Forest modellering en van de importantie van de omgevingsvariabelen. Zo wordt dus informatie verkregen over het relatieve belang van elke variabele bij het verklaren van het voorkomen van een soort.

de voorspelde verspreiding te verbeteren: interpolatie van de residuen.

Door de residuen te interpoleren naar een vlakdekend kaartbeeld ontstaat een kaart met gebieden die overwegend onderschat of overschat worden. Voor interpolatie van de residuen kan gebruik worden gemaakt van (block-) Inverse Distance Weighting (IDW) en Kriging. De laatste methode is veel rekenintensiever dan de eerste: in deze versie van de predictiekaarten is daarom gebruik gemaakt van IDW. Voor een beschrijving van de twee bovengenoemde interpolatie methodieken zie Bivand *et al.* 2013. De modelvoorspellingen per kilometerhok en de geïnterpoleerde residuen worden tenslotte bij elkaar opgeteld (Sierdsema & van Loon 2008).

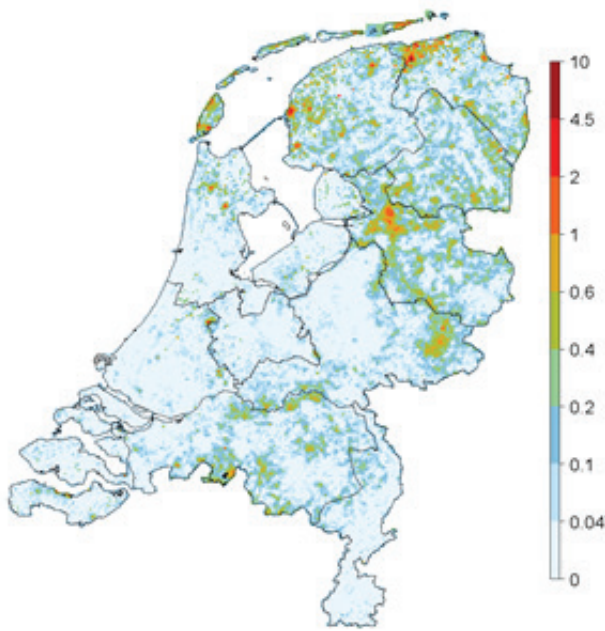
Technische uitvoering

De berekeningen voor de predictiekaarten zijn uitgevoerd met het statistische programma R (R Core Team 2020), versie 3.6.3 (64-bits versie). Voor de analyses werd het R-package 'SDMmaps' (Kampichler *et al.* 2020), versie 0.15-4 gebruikt. SDMmaps vat functies uit een grote aantal van R-packages samen die zorgdragen voor het inlezen van de waarnemingen, samenvoegen met ruimtelijke data, uitvoeren van de ruimtelijke modellen, projecteren van de modellen op het hele land en maken van de kaarten. Specifiek werd voor de RandomForest-modellen gebruik gemaakt van de snelle algoritme 'ranger' van Wright & Ziegler (2017). Naast de echte en de 'slimme' nullen zijn 10.000 random nullen gegenereerd. De interpolaties met IDW zijn uitgevoerd met functies uit het R-package 'gstat' (Pebesma & Wesseling 1998) waarbij gebruik is gemaakt van een block van 2x2 km en punten tot een maximale afstand van 50 km (Bivand *et al.* 2013).

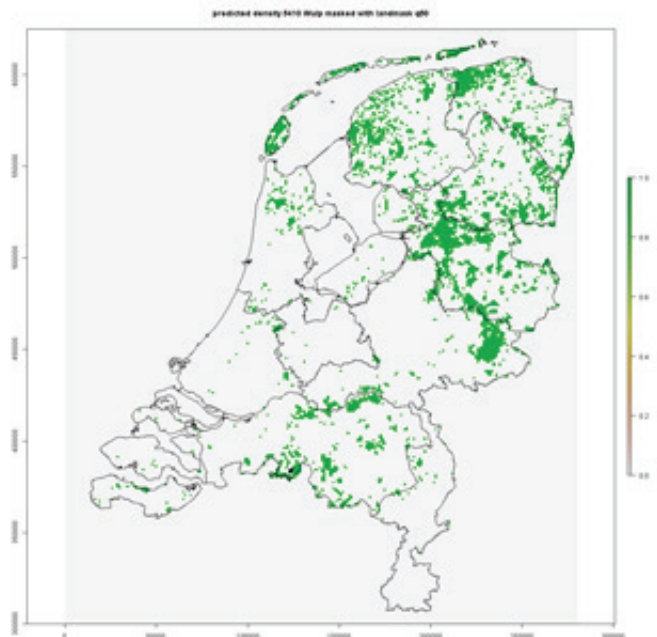
Kwantielkaarten

De hiervoor beschreven modelleertechniek levert gebiedsdekkende verspreidingskaarten per soort op. Maar hoe kunnen deze worden gecombineerd tot risicokaarten? De kaarten voor de verschillende soorten kunnen namelijk niet zonder meer worden opgeteld. Met name voor abundantiekaarten, die een dichtheid voorspellen, geldt dat de dichtheden tussen de soorten zeer sterk kunnen verschillen: het zo maar combineren van soortkaarten door sommatie of middeling zou ertoe leiden dat de resulterende kaart vooral het voorkomen van een aantal zeer algemene soorten in beeld brengt.

De meest eenvoudige manier om de kaarten vergelijkbaar te maken tussen soorten is om deze om te zetten in een kaart met aan- en afwezigheid. De optelling van de kaarten levert dan een kaart op met de soortenrijkdom. Alle informatie over verschillen in dichtheid die beschikbaar is in de abundantiekaarten gaat dan echter verloren. Dit is op te lossen door in plaats van aan- of afwezigheid van een soort, gebieden met hoge- en lage dichtheden te onderscheiden of gebieden met een hoge en lage kans op voorkomen. Maar hoe doe je dat? Voor elke soort zullen immers soort- en zelfs kaart-specifieke criteria nodig zijn. Dat is opgelost door het maken van zogenaamde kwantielkaarten. Deze kaarten laten zien wat het kleinste mogelijke gebied is waar zich bijvoorbeeld 10% of 25% van de populatie bevindt. Om bijvoorbeeld een 25%-kwantielkaart (kort: q25) te maken wordt eerst het totale aantal voor de hele kaart berekend. Vervolgens wordt bepaald wat hiervan 25% is. Vervolgens worden alle waarden van de afzonderlijke gridcellen gesorteerd van groot naar klein. Deze worden dan één voor één bij elkaar opgeteld van groot naar klein, net zo lang tot de waarde van 25%



Verspreidingskaart Wulp (broedvogels)



Q50-kwantielkaart Wulp



Q75-kwantielkaart Wulp



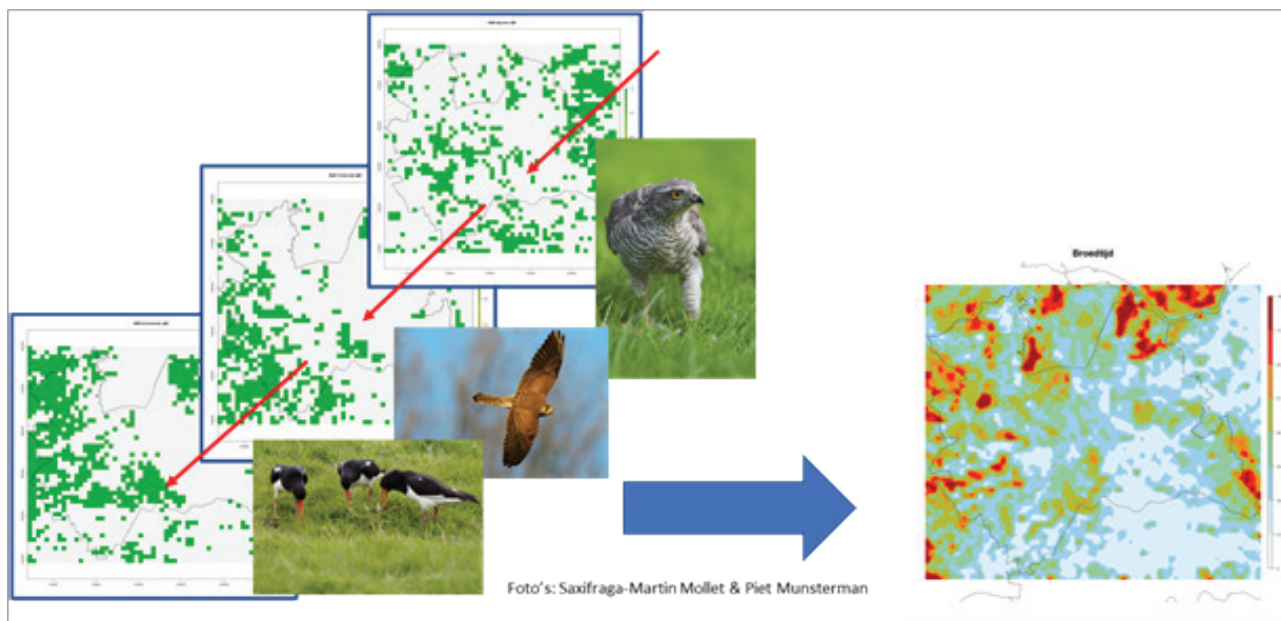
Q90-kwantielkaart Wulp

Figuur 3.1. Voorbeeld van de broedvogelverspreidingskaart van de Wulp en de q50-, q75- en q90-kwantielkaarten. De q50-kaart geeft de hotspots voor de Wulp in Nederland weer, terwijl de q90-kaart met name in beeld brengt waar in Nederland Wulpen broeden.

van de populatieomvang is bereikt. Alle gridcellen die tot dan toe bij elkaar zijn opgeteld vormen dan het 25%-kwantielgebied. In dat gebied komt dan dus 25% van de populatie voor op een zo klein mogelijke oppervlakte. Op deze manier kan voor elke soort afzonderlijk in beeld worden gebracht wat de meest belangrijke gebieden voor deze soort zijn. Voor de kans-op-voorkomen-kaarten kan een vergelijkbare

procedure worden toegepast. Hiervoor worden alle kansen bij elkaar opgeteld en op een vergelijkbare manier kwantielkaarten gemaakt.

De gekozen kwantielwaarde hangt af van de toepassing van de kaarten. Indien alleen de echte topgebieden in beeld gebracht moeten worden kan de 10%-kwantielwaarde worden gebruikt. Maar wanneer de belangrijkste gebieden voor een soort in



Figuur 3.2. Schematisch voorbeeld hoe het gebruik van kwantielkaarten de stapeling van kaartbeelden van verschillende soorten mogelijk maakt om vervolgens een cumulatief kaartbeeld af te leiden. Dit voorbeeld laat slechts drie soorten zien, het totaalbeeld is op veel meer soorten gebaseerd.

beeld gebracht moeten worden dan blijkt meestal een waarde tussen 25 en 50% goed bruikbaar te zijn.

Met de kwantielbenadering kunnen soorten met grote verschillen in talrijkheid en geheel verschillende typen kaarten toch bij elkaar worden opgeteld om tot een totaalbeeld over een groot aantal soorten te komen. Door nu de afzonderlijke kwantielkaarten per soort op te tellen, kan een kaart gemaakt worden die in detail de lokale 'soortenrijkdom', of beter, diversiteit, weergeeft. 'Soortenrijkdom' tussen aanhalingstekens omdat door de verwerking van verschillen in abundantie en kans op voorkomen in de kaarten, deze een informatiever beeld geven over de biodiversiteit dan simpelweg soortenrijkdom. Om verwarring te voorkomen met de gangbare kaarten die soortenrijkdom weergeven, gebruiken we voor deze kaarten de term 'hotspotkaarten'. Met behulp van hotspotkaarten wordt dus aangegeven waar zich het zwaartepunt van de verspreiding van een groep van soorten bevindt.

Keuze kwantielkaarten

Er zijn tijdens de projectuitvoering drie verschillende gevoeligheidskaarten gemaakt op basis van de 50%, 75%- en 90%-kwantielkaarten. De 50%-kwantielkaart (=q50) brengt met name in beeld waar zich belangrijke populaties van gevoelige soorten bevinden, terwijl de 90%-kwantielkaart (=q90) in sterke mate is gebaseerd op het al dan niet voorkomen van de gevoelige soorten. Vanuit de wens om de impact van windturbines op de populaties van soorten zoveel

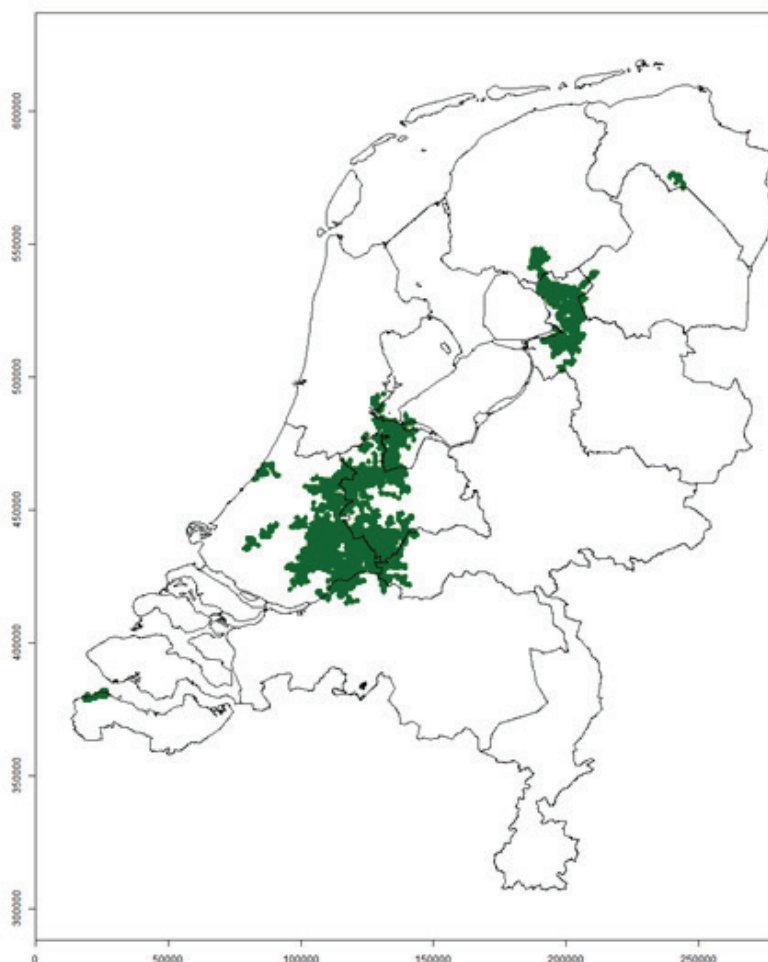
mogelijk te beperken is de 50%-kwantielkaart het meest geschikt. Met deze keuze komen de belangrijke gebieden voor het soortvoorkomen duidelijk in beeld. Deze benadering is eveneens gekozen voor vergelijkbare analyses op provinciaal niveau (Stahl & Epe 2021). Een verdere uitwerking in dit rapport wordt dan ook alleen getoond voor de 50%-kwantielkaarten.

3.1.1. Specifieke bewerkingen voor broedvogels

Foerageergebieden

Veel van de kwetsbare soorten voor windturbines verplaatsen zich dagelijks of meerdere malen per dag tussen broedkolonies en slaapplekken naar foerageergebieden. Van alle kolonievogels is de locatie en omvang van de belangrijke kolonies bekend. Met behulp van aanvullende gegevensbronnen van Sovon en het patroon van waarnemingen van soorten zoals beschikbaar in de NDFF is een kaartbeeld gemaakt van de foerageergebieden van de vogels. Verbindingen tussen de kolonies en de foerageergebieden geven een beeld van waarschijnlijke vogelbewegingen die plaats vinden in het broedseizoen. Met name van watervogels zoals reigerachtigen zijn de locaties en omvangen van de meeste slaapplekken goed bekend. Ook voor deze soorten zijn met behulp van de eerder genoemde watervogeltellingen gegevens gecombineerd om een inschatting te kunnen geven van gebieden of trajecten waar veel dagelijkse bewegingen naar slaapplekken of tussen foerageergebieden plaatsvinden.

Figuur 3.3. Voorbeeld van de gebieden met foerageertrek rondom Purperreiger-broedkolonies, afgeleid van waarnemingen in mei en juni uit de NDFF (2013-15).



De foerageergebieden van kolonievogels zijn in kaart gebracht door waarnemingen uit de NDFF om te zetten in zogenaamde 'kernel density-kaarten'. Hiervoor worden de afzonderlijke waarnemingen gecombineerd tot vlakdekkende kaarten die het aantal waarnemingen per vierkante km weergeven. Uit deze kaarten zijn vervolgens de meest belangrijke foerageergebieden geselecteerd door de 50%-cellen met de hoogste waarneemdichtheid te selecteren (figuur 3.3).

Kwetsbare broedvogels met grote leefgebieden

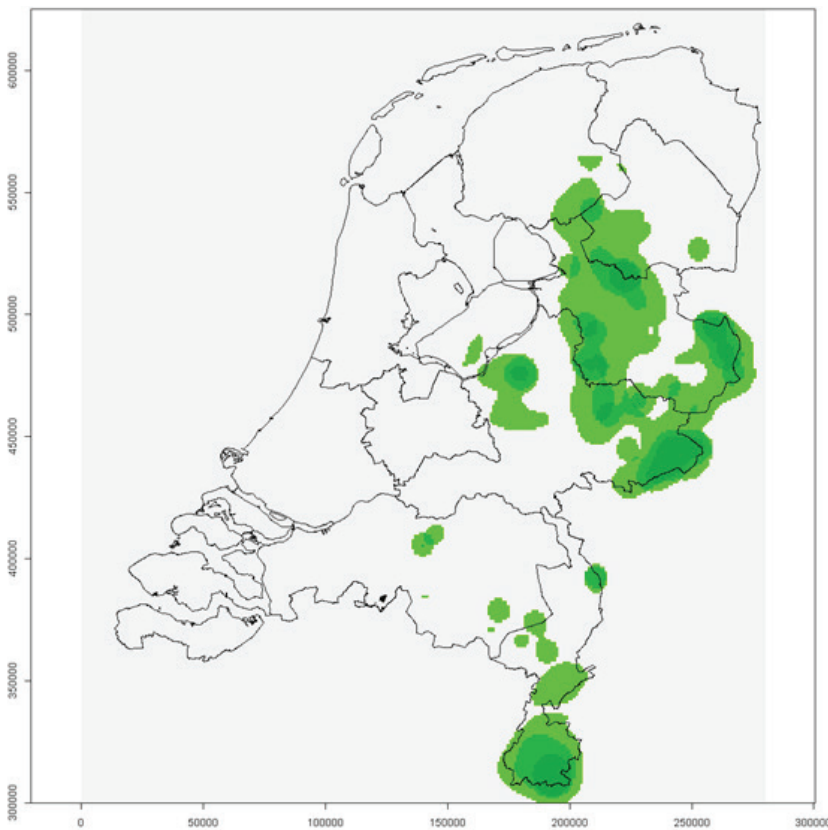
Een aantal kwetsbare broedvogelsoorten met grote leefgebieden komt maar op een (zeer) beperkt aantal locaties voor in ons land. Een deel van deze soorten heeft leefgebieden die zich tot verschillende kilometers vanaf de broedlocatie kunnen uitstrekken. Voor zover het kolonievogels betreft is dit verwerkt in de hiervoor beschreven kaarten van foerageergebieden. Dit is niet van toepassing voor de volgende soorten: Blauwe Kiekendief, Boomvalk, Bruine Kiekendief, Grauwe Kiekendief, Rode Wouw, Slechtvalk, Steppekikendief, Visarend, Zeearend, Zwarte Wouw, Velduil en Oehoe.

Voor deze soorten is eerst met behulp van een kernel density-benadering een gebied van ca 3 km bepaald

rondom bekende territoria en nesten. Er worden echter ook regelmatig vogels waargenomen in het broedseizoen op grotere afstand: dit zijn de locaties waar de soort misschien nu niet broedt, maar dat wel in de nabije toekomst zou kunnen gaan doen. Dit zou kunnen betekenen dat de kaarten bij oplevering vrijwel meteen verouderd zijn. Daarom is ook met behulp van juni-waarnemingen uit de NDFF bepaald waar de soort nog meer regelmatig is waargenomen tot op een maximale afstand van 15 km van bekende territoria en nesten. Bij de bepaling van de gevoeligheidsscore voor een locatie hebben gebieden verder weg van bekende territoria wel een iets lagere gevoeligheidsscore gekregen (75-90% van hoogste waarde).

3.1.2. Modelleren van vliegbewegingen tussen foerageergebied en slaappleaats

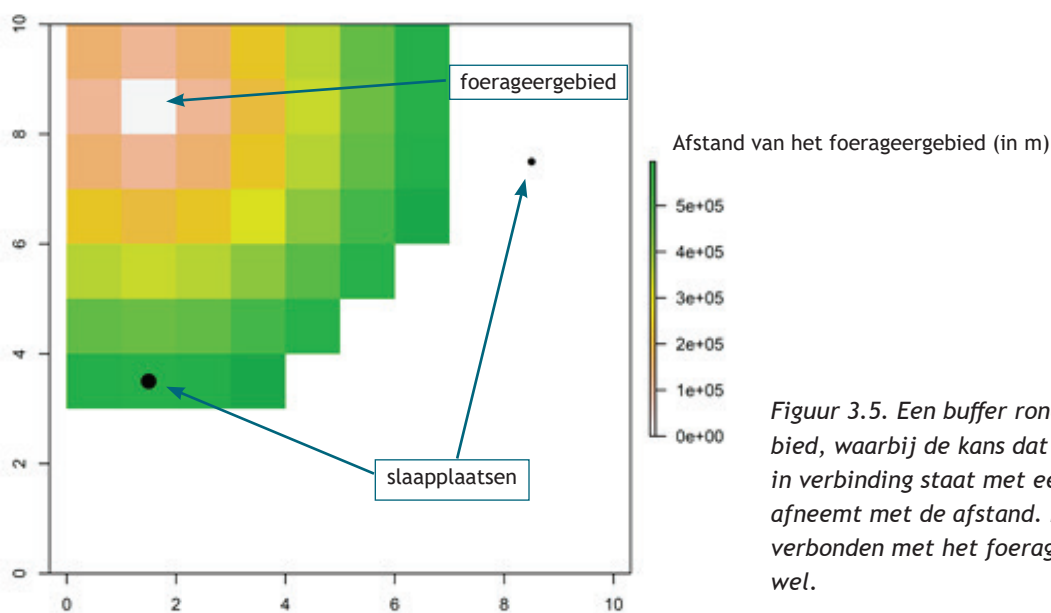
Voor het ontwikkelen van een kaartbeeld van vliegbewegingen van vogels is onder meer van belang waar vogels dagelijkse bewegingen vertonen. Vaak is dit tussen foerageergebied en slaappleaats. Om deze reden modelleren we deze vliegbewegingen tussen foerageergebieden en slaappleaats, maar ook lokale vliegbewegingen op de slaappleaats en binnen de foerageergebieden.



Figuur 3.4. Voorbeeld van de leefgebiedenkaart van de Rode Wouw. Gebieden rondom bekende territoria in donkergroene tinten en andere gebieden in de omgeving waar de soort regelmatig is waargenomen in het broedseizoen in lichtgroen.

Omdat slaappleatsengegevens een minder goede spreiding kennen dan de modelkaarten van overdag foeragerende vogels, wordt er gemodelleerd van foerageergebied naar slaappleats. Eerst wordt de maximale foerageerafstand in acht genomen, dit is de maximale afstand die een soort dagelijks aflegt om van de slaappleats op de foerageergronden te geraken. Deze afstand is soortspecifiek en komt voort uit verschillende bronnen (o.a. van der Vliet *et al.* 2011). In het geval van het ontbreken van een bekende foerageerafstand is de afstand van een ecologisch verge-

lijkbare nauw verwante soort genomen. Op basis van de maximale foerageerafstand wordt er een buffer (figuur 3.5) getrokken rondom de foerageergebieden. De kans dat een slaappleats in verbinding wordt gesteld met een foerageergebied neemt toe naarmate de afstand vanaf het foerageergebied afneemt. Alle cellen die buiten de maximale foerageerafstand vallen, krijgen een nul toegewezen (d.w.z. er is geen kans dat de slaappleats in verbinding staat met het foerageergebied).



Figuur 3.5. Een buffer rondom een foerageergebied, waarbij de kans dat een slaappleats (stip) in verbinding staat met een foerageergebied afneemt met de afstand. De kleine stip is niet verbonden met het foerageergebied, de grote wel.

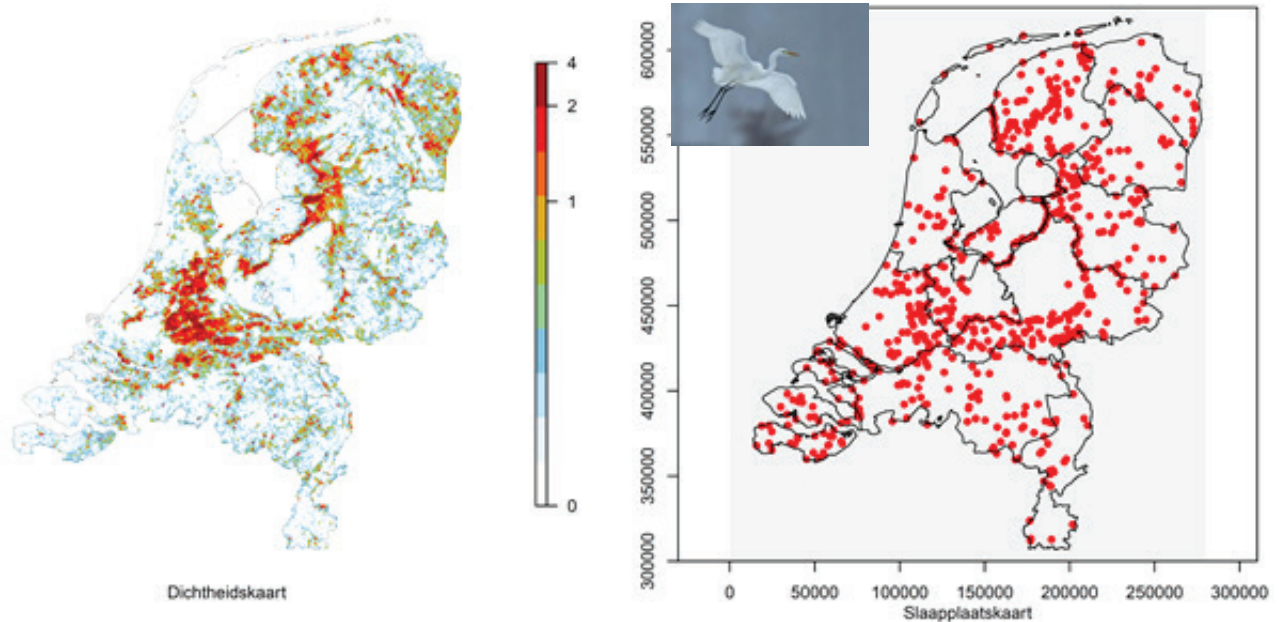
Daarna wordt een denkbeeldige lijn getrokken tussen het foerageergebied en de slaappleats en alle rasterhokken die worden geraakt door de lijn, krijgen een aantalstoekenning, op basis van het aantal in het foerageergebied, maar gewogen met het aantal op de slaappleats.

Dit wordt gedaan voor alle rasterhokken die lig-

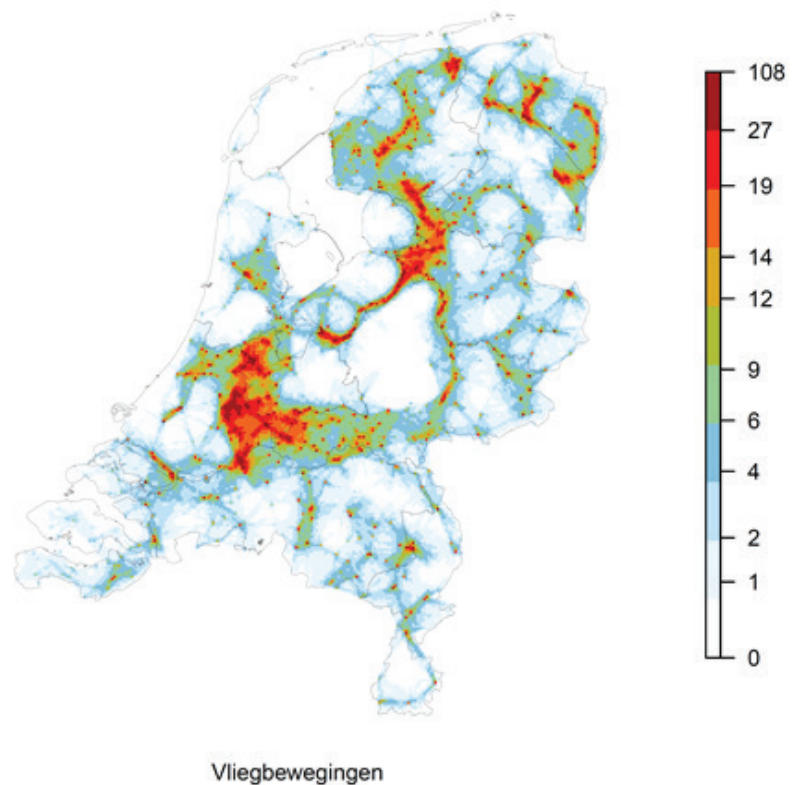
gen tussen foerageergebieden en alle slaappleatsen, zodat dit uiteindelijk een totaalplaatje oplevert van lokale vliegbewegingen.

Voorbeelduitwerking voor Grote Zilverreiger

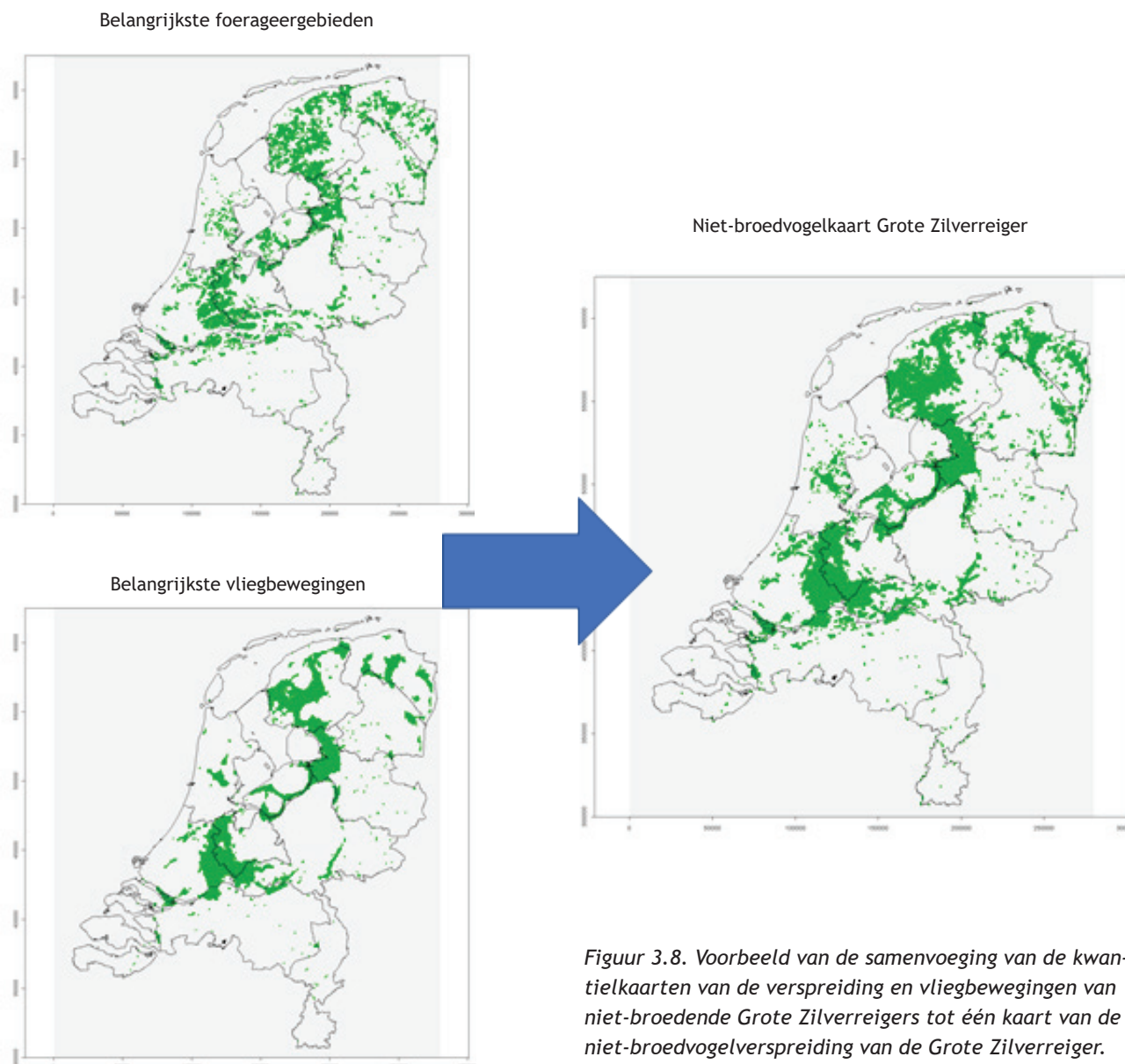
We tonen hier als voorbeeld de kaartbeelden voor Grote Zilverreiger (Fig. 3.6 en 3.7), een soort waarvan we goede slaappleatsgegevens hebben:



Figuur 3.6. Links: gemodelleerde dichtheidskaart van niet-broedende Grote Zilverreigers, rechts: rasterkaart met slaappleatsenlocaties.



Figuur 3.7. Vliegbewegingenkaart van de Grote Zilverreiger buiten het broedseizoen tussen slaappleats en foerageergebied.



Figuur 3.8. Voorbeeld van de samenvoeging van de kwantielkaarten van de verspreiding en vliegbewegingen van niet-broedende Grote Zilverreigers tot één kaart van de niet-broedvogelverspreiding van de Grote Zilverreiger.

De vliegbewegingenkaarten zijn, vergelijkbaar met de verspreidingskaarten, omgezet in kwantielkaarten. Deze kwantielkaarten van de verspreiding en de vliegbewegingen zijn samengevoegd tot één kaartbeeld om te zorgen dat er per soort, per seizoen, maar één kaart overblijft.

3.1.3. Maken van de gevoeligheidskaarten

Als uitvloeisel van de soortenselectie is aan elke soort een waarde (kwetsbaarheidsscore) toegekend waarbij kwetsbare soorten met afnemende populaties die een hoog risico lopen de hoogste waarde is toegekend. De kwantielkaarten per soort zijn vermenigvuldigd met deze waardering en vervolgens bij elkaar opgeteld. Dit levert per seizoen een gevoeligheidskaart op.

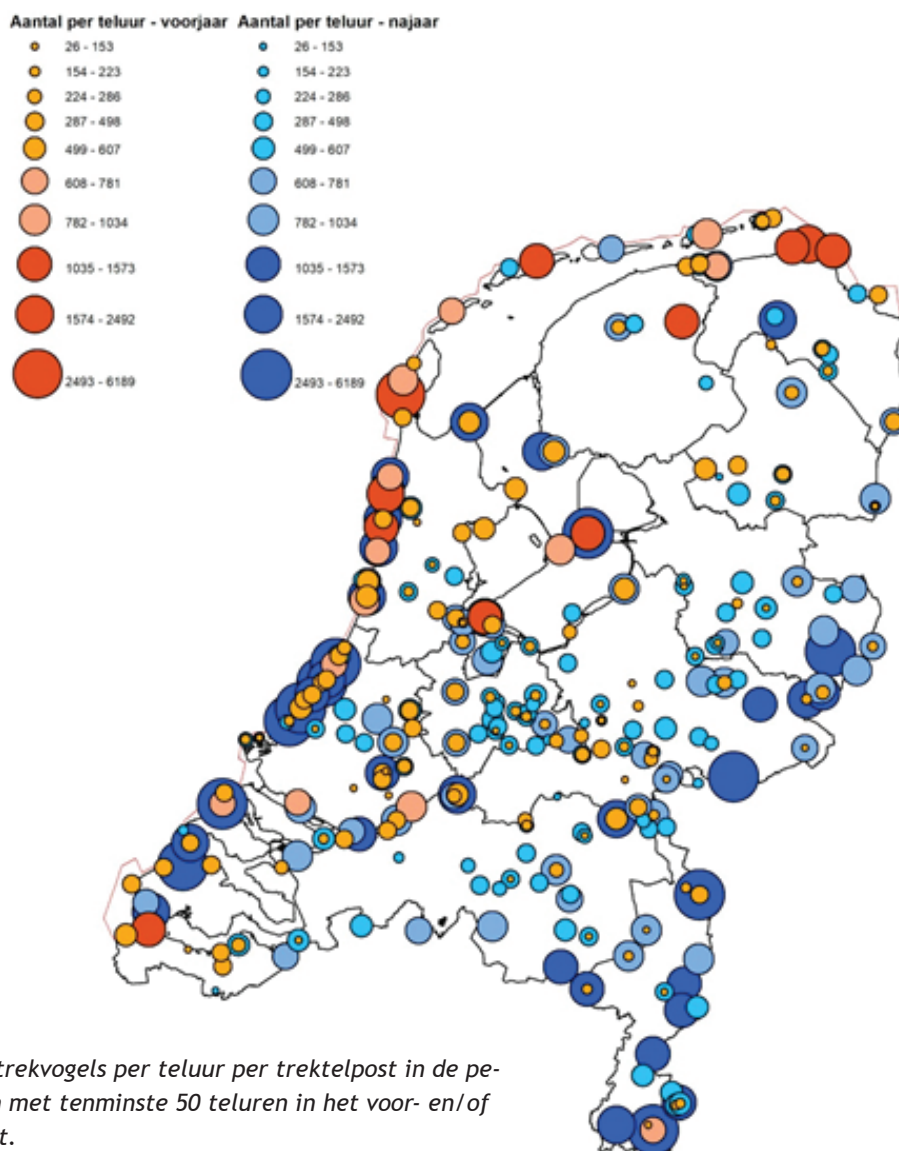
3.2. Trekvogels

Beschikbare gegevens

Er zijn geen landsdekkende gegevens beschikbaar over de aantallen overtrekkende vogels tijdens de voor- en najaarstrek. Om toch een beeld te kunnen schetsen over waar grote hoeveelheden vogels tijdens de trek vliegen is gebruik gemaakt van een analyse op grond van de gegevens uit Trektellen.nl. Dit in combinatie met bestaande literatuur over trekbewegingen en ecologische kennis over vogelbewegingen. Hierdoor konden de belangrijkste vogeltrekroutes in Nederland op kaart worden gezet.

Methodiek

In Nederland worden zowel in het voorjaar als in het najaar op vele 100-en locaties trekvogels geteld, de zogenaamde zichtbare landtrek. Dat is een belangrijk verschil met de trekstromen 's nachts. Dat betreft



Figuur 3.9. Aantal waargenomen trekvogels per teluur per trektelpost in de periode 2010-2020. Alleen telposten met tenminste 50 teluren in het voor- en/of najaar zijn opgenomen in de kaart.

vaak heel andere soorten en ook speelt die trek zich vaak af in de hogere luchtlagen zoals bijvoorbeeld blijkt uit radarbeelden. De zichtbare landtrek overdag kan zich in veel gevallen ook in lagere luchtlagen afspelen en wordt daarmee relevant voor het aanvaringsprobleem. Door te kijken naar de patronen van deze tellingen kunnen we iets zeggen over de plekken waar zich deze zichtbare landtrek met name afspeelt. Daarvoor zijn de gegevens van de telposten gebruikt, verzameld in het portal Trektellen.nl. Hier zitten telposten tussen die zo nu en dan eens tellen en telposten waar dagelijks zowel in voor- als najaar wordt geteld. Uit het gegevensbestand zijn de telposten geselecteerd waar in het voorjaar en/of het najaar tenminste 50 uur is geteld in de periode 2010-2020. Vervolgens is het totaal aantal waargenomen vogels per seizoen (voorjaar/najaar) in 2010-2020 gedeeld door het totaal aantal teluren. Dit levert de treksterkte per telpost per seizoen op (figuur 3.9). Voor de trekvogelkaart is, met uitzondering voor de

Kraanvogel, geen onderscheid gemaakt tussen soorten, maar is de aandacht gericht op de massaliteit van de trek: op plaatsen met veel vogeltrek verwachten we ook relatief veel aanvaringen. Het gaat dan met name over grote aantal kleinere zangers, zoals vinkachtigen, lijsters, duiven, maar ook ganzen en kraanvogels.

Uit figuur 3.9 blijkt meteen dat de meeste trek te zien is langs de kust, het IJsselmeer en zuidoost-Nederland. Voor toepassing in dit project is het echter noodzakelijk om dit kaartbeeld in een vlakdekkend kaartbeeld om te zetten zodat de informatie van de trekvogels kan worden gecombineerd met de kaarten van de broed- en niet-broedvogels. Hiervoor is eerst per telpost de maximale treksterkte over voor- en najaar berekend. Vervolgens is met Nearest NeighbourNeighbour-interpolatie deze informatie omgezet in een vlakdekkend kaartbeeld.

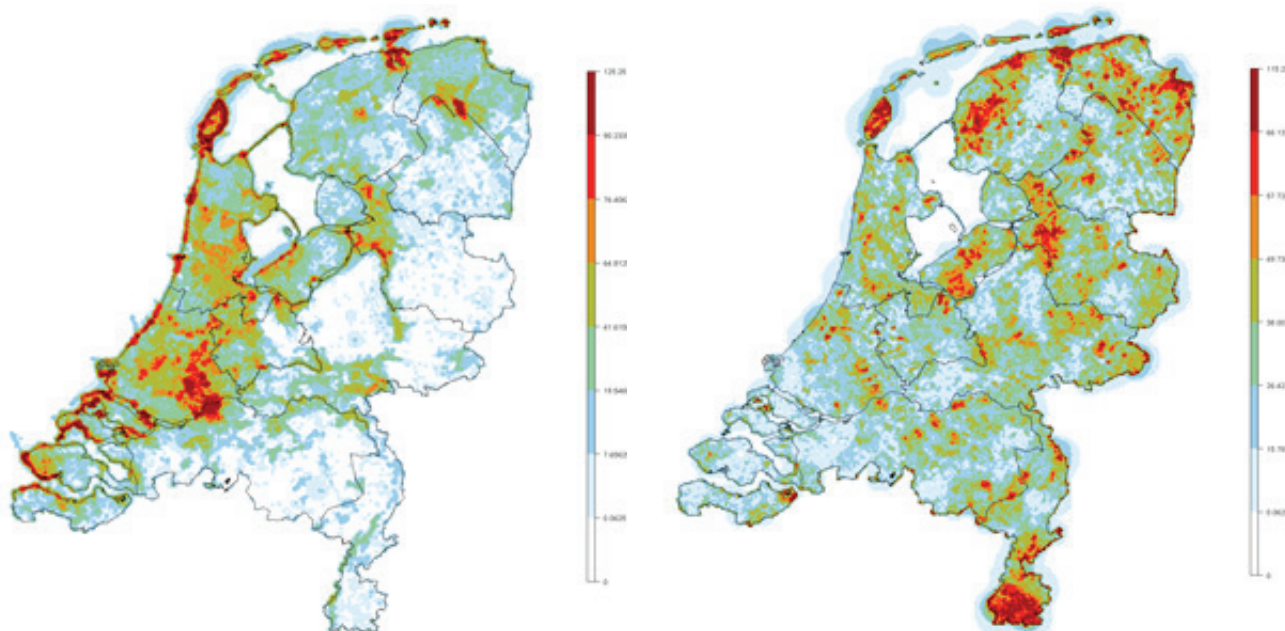
4. Kaartbeelden

4.1. Broed- en niet-broedvogels

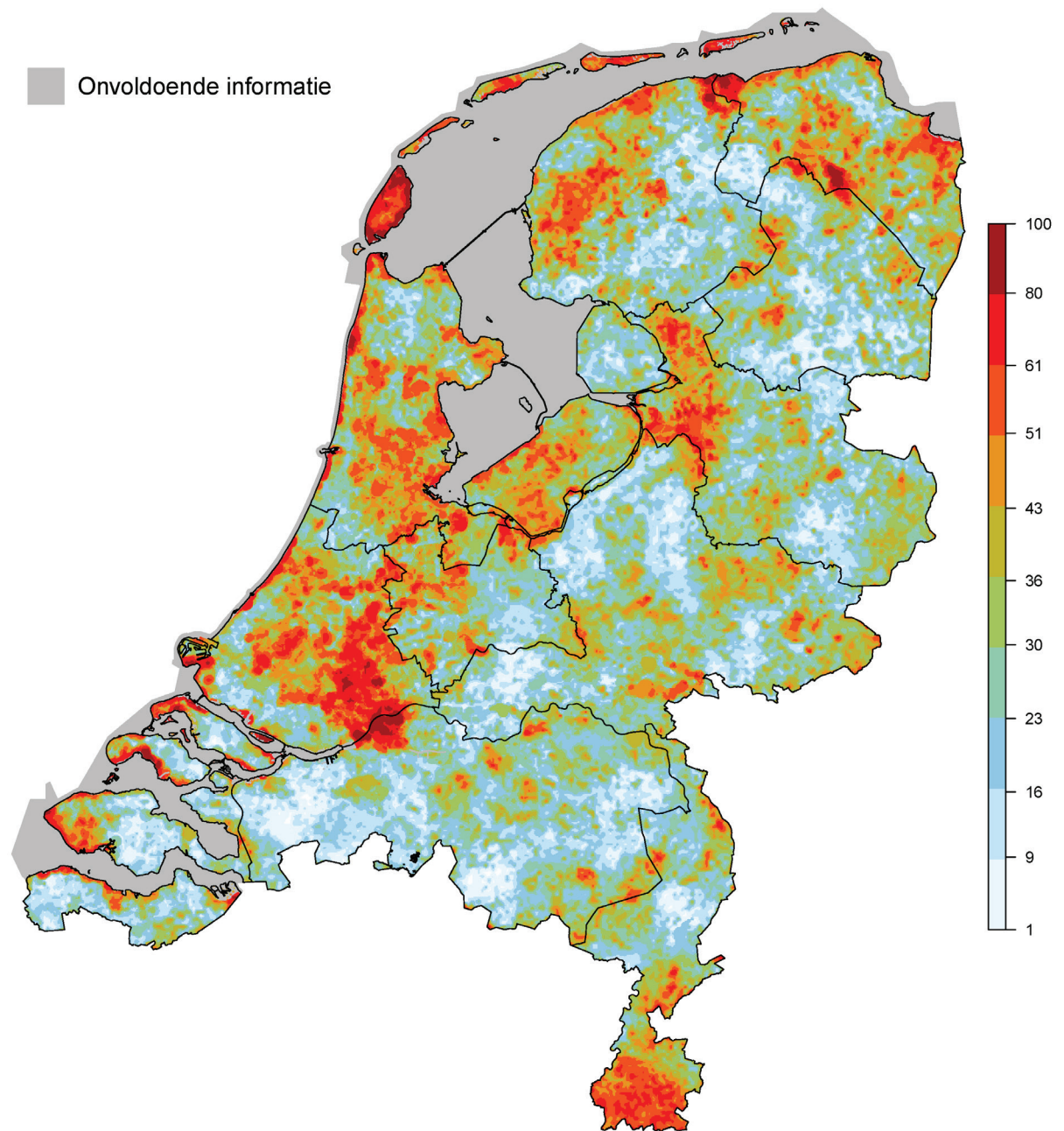
In de soortenmatrix is aan elke soort een waarde (kwetsbaarheidsscore) toegekend waarbij kwetsbare soorten met afnemende populaties die een hoog risico lopen de hoogste waarde is toegekend. De kwantielkaarten per soort zijn vermenigvuldigd met deze waardering en vervolgens bij elkaar opgeteld. Dit levert per seizoen (broedseizoen en niet-broedseizoen, Figuren 12 en 13) een gevoeligheidskaart op die aangeeft waar de minste risico's ten aanzien van aanvaringen met windturbines op land zijn en waar deze het grootst zijn.

Wanneer er één kaart voor alle soorten broedvogels of niet-broedvogels wordt gemaakt, dan blijkt de nadruk in de gevoeligheidskaarten sterk op waterrijke gebieden te liggen. Waterarme gebieden, met

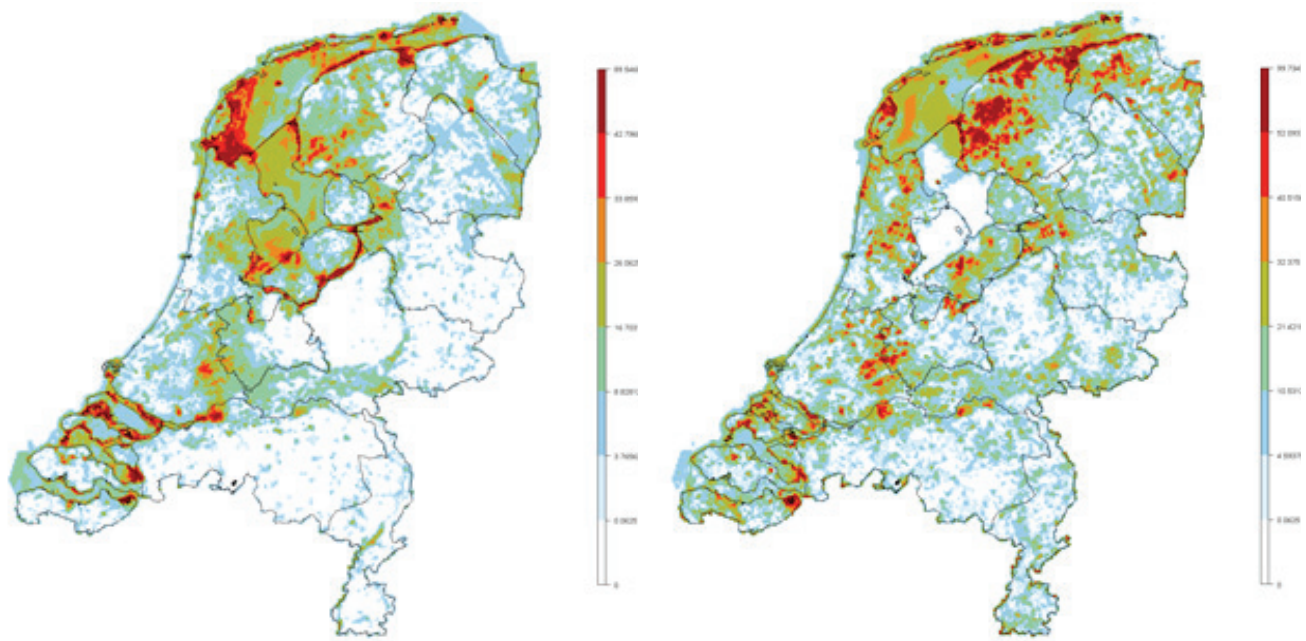
name in het binnenland, komen minder naar voren omdat deze over het algemeen soortenarmer zijn dan waterrijke gebieden. Dit levert een kaartbeeld op wat mogelijk geschikt is voor landelijke afwegingen, maar minder geschikt is voor regionale afwegingen. Aangezien de afwegingen over het plaatsen van windturbines echter regionaal plaatsvinden, hebben we een extra stap toegepast om het kaartbeeld wat evenwichtiger te maken. Hiervoor zijn de soorten waarop de kaarten zijn gebaseerd, verdeeld in soorten die wel en geen sterke binding met open water hebben. Voor elke groep van soorten is vervolgens een gevoeligheidskaart gemaakt (Figuur 4.1). In een volgende stap worden de gevoeligheidskaarten voor 'droge' en 'natte' soorten herschaald naar waarden tussen 0 en 100. De twee kaarten worden dan samengevoegd door voor elke 250m-cel het maximum over beide kaarten te bepalen (Figuur 4.2).



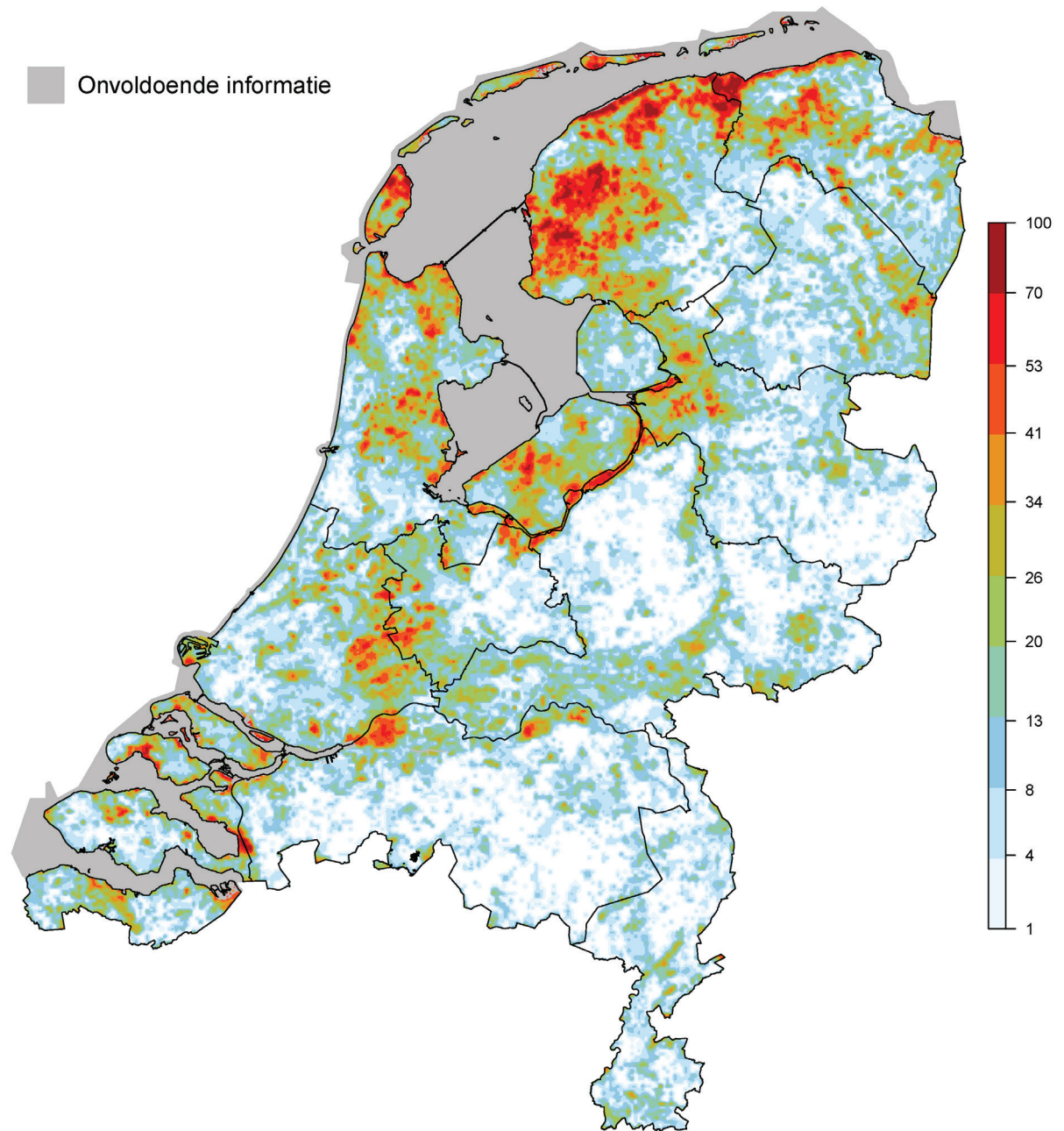
Figuur 4.1. Gevoeligheidskaart voor broedvogels gebonden aan open water (links) en broedvogels die niet gebonden zijn aan open water (rechts). De kleuren drukken de mate van gevoeligheid uit. De bruine en donkerrode kleuren drukken gebieden uit met een hoge gevoeligheid en de lichte kleuren drukken de gebieden uit met een lage gevoeligheid. Onder de soorten die niet gebonden zijn aan open water bevinden zich ook soorten die een voorkeur voor open gebieden hebben: in deze kaarten kunnen daarom zowel open gebieden (Texel, Friesland, Groningen) als meer besloten gebieden (Zwolle, Achterhoek, Zuid-Limburg) een hoge gevoeligheidswaarde hebben. De kaartbeelden zijn onvolledig in de grote wateren: in het gecombineerde kaartbeeld van figuur 4.2 is de informatie daarvan daarom weggelaten.



Figuur 4.2. Gevoeligheidskaart broedvogels op basis van belangrijke verspreidingsgebieden en vliegbewegingen. Cumulatief kaartbeeld voor alle vogelsoorten uit de soortenmatrix, gewogen met de kwetsbaarheidscore. Relatieve schaal van 1 (weinig risico voor aanwezigheid gevoelige soorten) tot 100 (hoog risico voor aanwezigheid gevoelige soorten).



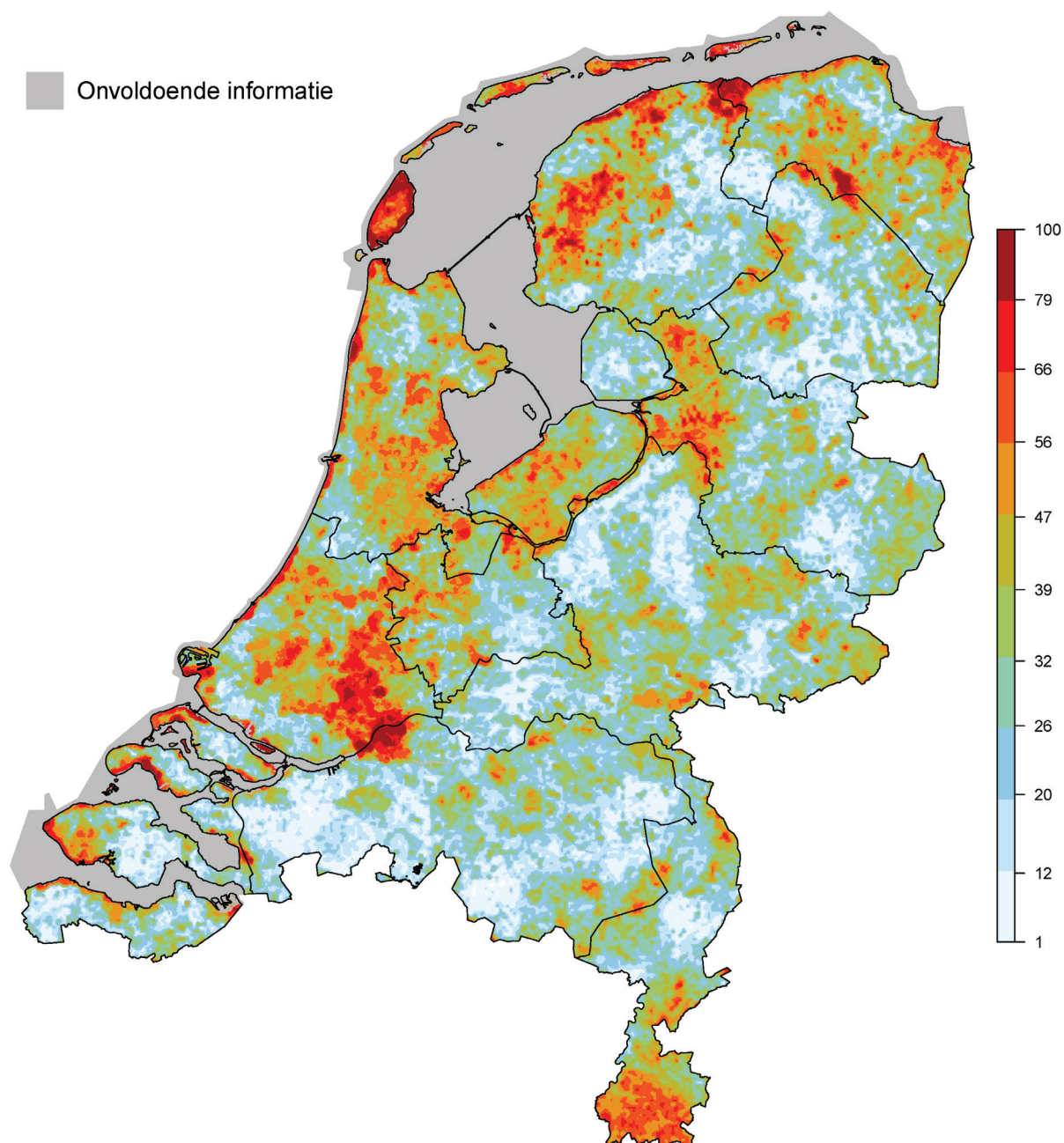
Figuur 4.3. Gevoeligheidskaart voor niet-broedvogels gebonden aan open water (links) en niet-broedvogels die niet gebonden zijn aan open water (rechts). De kleuren drukken de mate van gevoeligheid uit. De bruine en donkerrode kleuren drukken gebieden uit met een hoge gevoeligheid en de lichte kleuren drukken de gebieden uit met een lage gevoeligheid. Onder de soorten die niet gebonden zijn aan open water bevinden zich ook soorten die een voorkeur voor open gebieden hebben: in deze kaarten kunnen daarom zowel open gebieden (Texel, Friesland, Groningen) als meer besloten gebieden (Zwolle, Achterhoek, Zuid-Limburg) een hoge gevoeligheidswaarde hebben. De kaartbeelden zijn onvolledig in de grote wateren: in het gecombineerde kaartbeeld van figuur 4.4 is de informatie daarvan daarom weggelaten.



Figuur 4.4. Gevoeligheidskaart niet-broedvogels op basis van belangrijke verspreidingsgebieden en vliegbevingen. Cumulatief kaartbeeld voor alle vogelsoorten uit de soortenmatrix, gewogen met de kwetsbaarheidsscore. Relatieve schaal van 1 (weinig risico voor aanwezigheid gevoelige soorten) tot 100 (hoog risico voor aanwezigheid gevoelige soorten).

Aanvullend is in één gezamenlijk kaartbeeld voor broedseizoen en niet-broedseizoen het cumulatieve beeld weergegeven (Figuur 4.5), waarbij steeds de maximale waarde uit een van beide seizoenen het

beeld bepaald. Bij de duiding van dit kaartbeeld zijn steeds de beide afzonderlijke kaartbeelden van broedseizoen en niet-broedseizoen te raadplegen.



Figuur 4.5. Gecombineerde gevoeligheidskaart broedvogels en niet-broedvogels op basis van belangrijke verspreidingsgebieden en vliegbewegingen. Cumulatief kaartbeeld voor alle vogelsoorten uit de soortenmatrix, gewogen met de kwetsbaarheidsscore. Relatieve schaal van 1 (weinig risico voor aanwezigheid gevoelige soorten) tot 100 (hoog risico voor aanwezigheid gevoelige soorten).

4.2. Trekvogels

De met Nearest Neighbour geïnterpoleerde kaart met de treksterkte per telpost geeft al een goed beeld van de verschillen in treksterkte binnen Nederland (figuur 4.6). Deze kaart behoeft echter nog een aantal handmatige aanpassingen. Zo vliegen de vogels vanzelfsprekend ook langs de kust bij Hoek van Holland, maar ligt daar geen telpost die dat heeft vastgelegd. Doordat op de punt van de Maasvlakte veel minder vogels worden geteld, ontstaat door

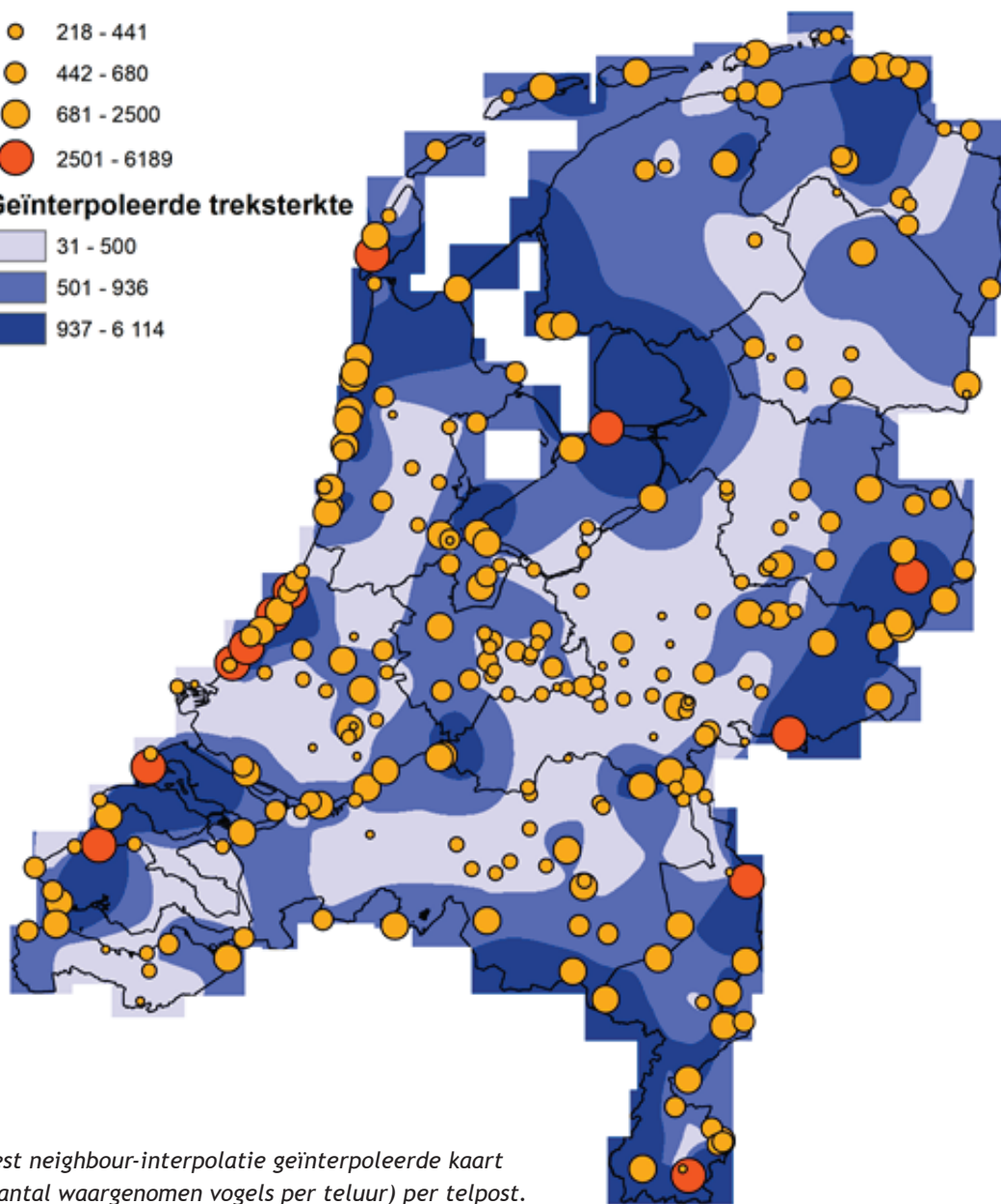
de interpolatie een onjuist beeld van de treksterkte aldaar. De handmatig aangepaste kaart levert een kaart op waarin de trekpatronen logischer zijn, maar ook de sterke invloed van een stuwingspunt zoals de noordkant van Flevoland wordt beperkt (figuur 4.7). Dit resulteert naast de stuwingslijn langs de kust, twee stuwingspunten in Flevoland en een stuwingspunt bij de Eemshaven een beeld op met twee belangrijke trekstromen over Nederland met duidelijk hogere aantallen in onder meer het IJsselmeergebied en zuidoost-Nederland.

Maximaal aantal vogels per teluur

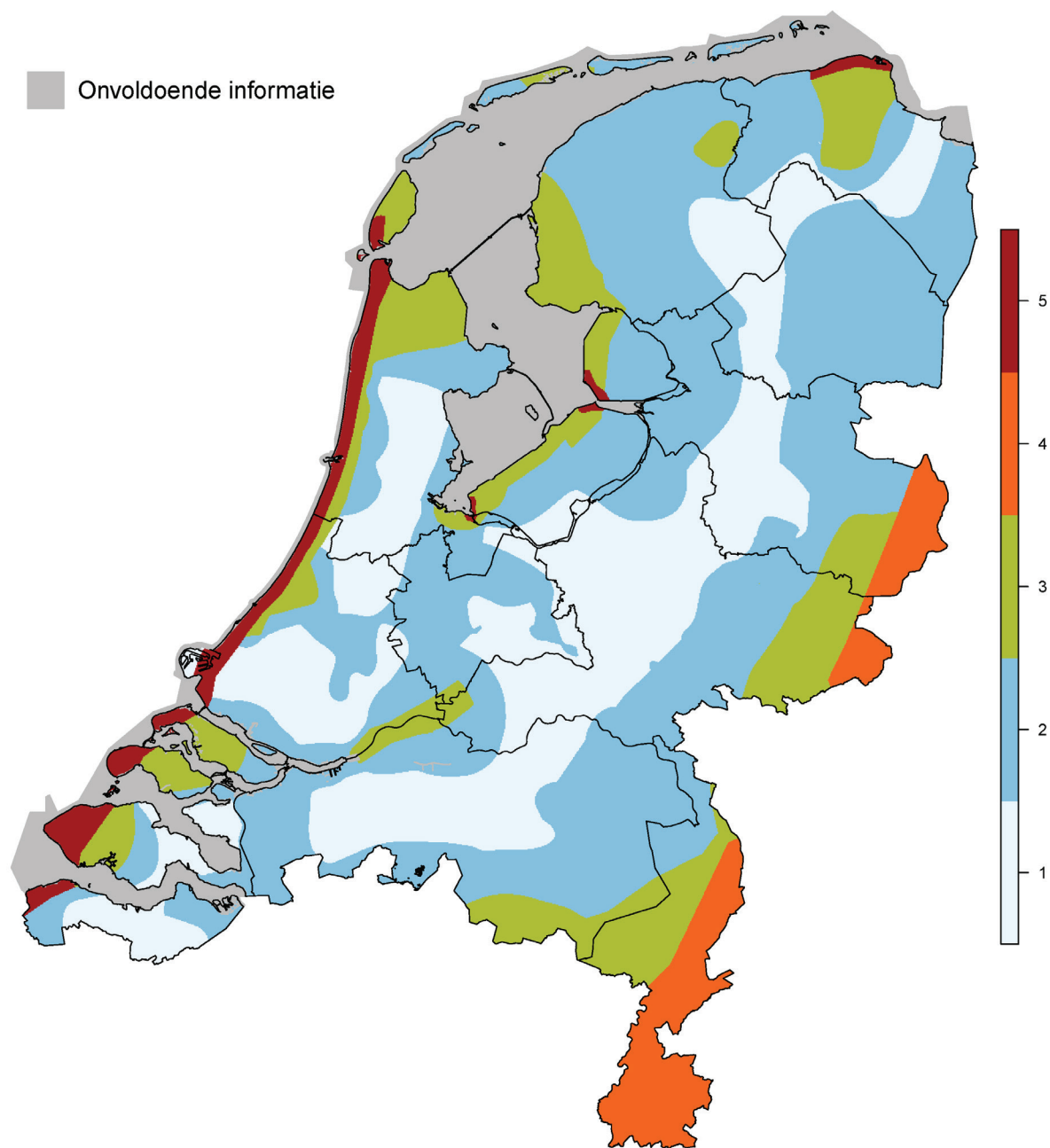
- 0 - 217
- 218 - 441
- 442 - 680
- 681 - 2500
- 2501 - 6189

Geïnterpoleerde treksterkte

- 31 - 500
- 501 - 936
- 937 - 6114



Figuur 4.6. Met nearest neighbour-interpolatie geïnterpoleerde kaart van de treksterkte (aantal waargenomen vogels per teluur) per telpost.

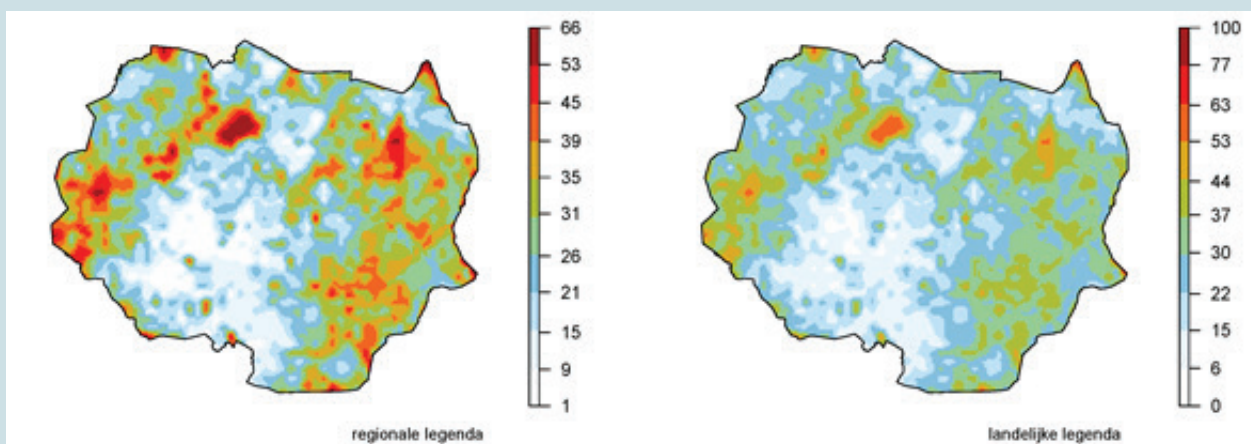


Figuur 4.7. Uiteindelijke kaart van de geïnterpoleerde, en daarna handmatig aangepaste, treksterkte over Nederland. 1: laagste treksterkte - 5: hoogste treksterkte (sterk gestuwde trek)

Box 2: Hoe moet ik de kaarten lezen? De rol van de kaartschalen

De kaarten geven in kleuren de mate weer waarin in een bepaald gebied vogelsoorten worden verwacht die gevoelig zijn voor de negatieve impacts van windturbines hetzij doordat er een reële kans of verwachting is op aanvaringen waardoor relevante sterfte optreedt, hetzij doordat er een reële kans is dat dusdanige verstoring optreedt dat effecten op populaties te zien zijn. Vanuit de optiek van vogels zijn deze kansen dus in feite risico's, ze geven de kans aan dat negatieve gevolgen optreden. De uitdrukking 'reële kans' is belangrijk omdat zij aangeeft dat het om ingeschatte kansen/verwachting gaat en niet om zekerheden.

In de roodtinten zijn gebieden weergegeven met hogere kansen, in de witte-blauwe tinten zijn de gebieden aangegeven met de lagere kansen. Het is belangrijk om te realiseren dat de kaartkleuren geen absolute en normatieve waarden geven voor de risico's maar relatieve. Dat wordt duidelijk gemaakt in de voorbeeldkaartbeelden. De nationale kaart geeft het beeld voor geheel Nederland. Hierin zijn duidelijk de verschillen te zien tussen regio's. Maar als we inzoomen op een bepaalde regio dan kunnen we opnieuw een kaart maken waarin we focussen op de verschillen. In feite gaan we de kaartlegenda opnieuw bepalen. In het geval van een gebied dat gelegen is in een regio met relatief hoge waarden leidt dat tot een nieuwe legenda-indeling die meer differentiatie beoogt. Hetzelfde gebeurt als we gaan kijken naar een gebied waar op nationale schaal de lagere klassen overheersen (witte en blauwe kleuren). Ook op dit regionaal schaalniveau leidt een nieuwe legenda-indeling tot een duidelijker en meer genuanceerd beeld. Dat lijkt lastig te interpreteren. Maar het schakelen van landelijk naar regionaal is van belang. De landelijke kaart geeft met name risico's aan op een schaal waarmee regio's dienen te worden vergeleken. Om binnen een regio te kijken naar gebieden met relatief hoge en lage waarden zouden regionale kaartbeelden vervaardigd en gebruikt moeten worden.



Figuur Box. Voorbeeld van een gecombineerd kaartbeeld voor broedvogels op landelijke schaal (rechts) en met de focus op een bepaald gebied waarbij de legenda van de kaart opnieuw wordt bepaald (herschaling).

4.3. Disclaimer voor het gebruik van de kaartbeelden

De gepresenteerde kaartbeelden zijn gemaakt op een zo goed mogelijke interpretatie van de beschikbare gegevens en kennis over de ecologie van soorten. Het is wel goed om te realiseren dat dit omgeven is door onzekerheden en beperkingen waar in het gebruik van de kaarten rekening mee moet worden gehouden. Tevens moet men bij het gebruik van de gegevens en de kaarten steeds de doelstelling van deze kaarten voor ogen houden. We benoemen hier de belangrijkste onzekerheden/beperkingen in relatie tot het gebruik van de kaarten:

- Uitgangspunt voor de soortkeuze die aan de kaartbeelden ten grondslag ligt is dat een inschatting wordt gemaakt of soorten gevoelig worden

geacht zijn voor sterfte en/of verstoring als gevolg van de aanleg en het gebruik van windturbines. Dat levert dus een generieke inschatting op per soort voor alle gebieden waar deze voorkomt. Of op die specifieke locaties ook daadwerkelijk statistisch of juridisch significante effecten optreden is niet bepaald en dus niet uit de kaartbeelden af te leiden.

- De gepresenteerde kaartbeelden bevatten geen inschattingen over werkelijke sterftetekansen door aanvaringen en zijn ook geen vervanging daarvan hetgeen betekent dat met de gepresenteerde informatie geen inschattingen kunnen worden gemaakt wat eventuele plaatsing van windturbines

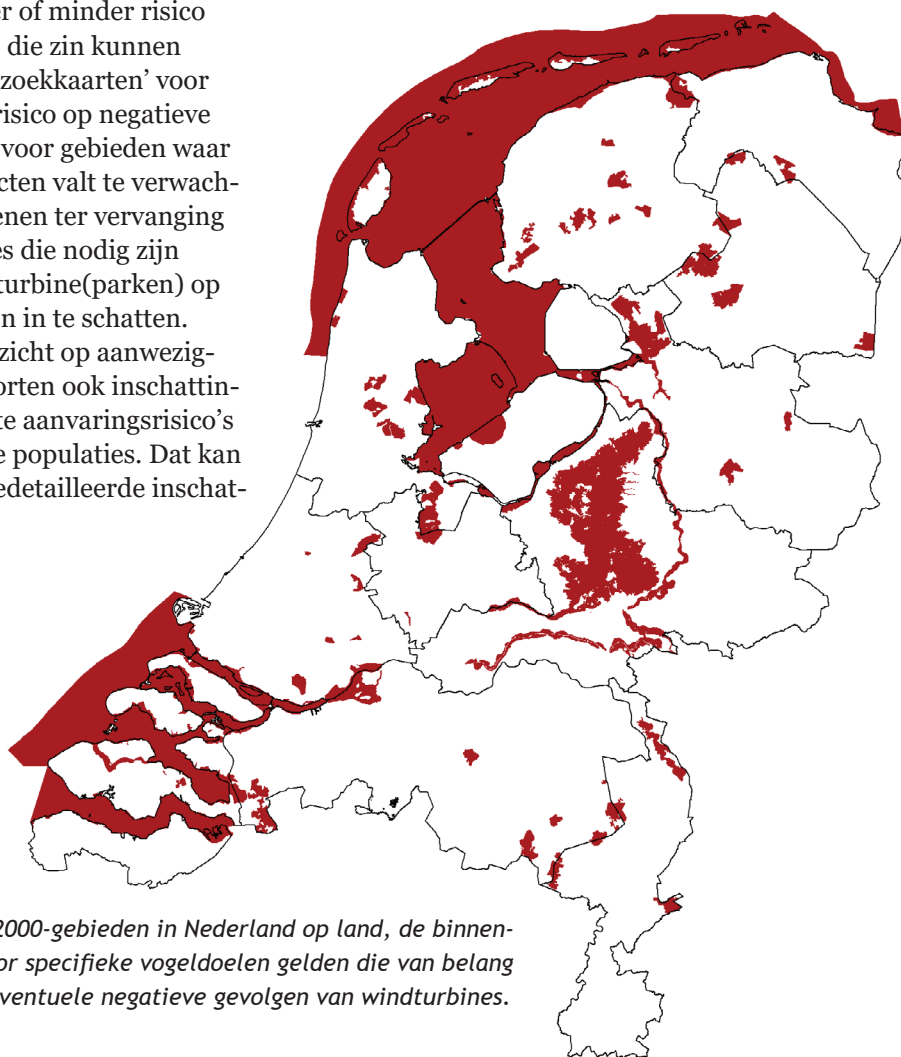
nes betekent voor lokale, regionale of landelijke populaties van de gevoelige soorten.

- Naast het ontbreken van locatie-afhankelijke en specifieke inschattingen zit er tevens een onzekerheid aan de inschattingen over de gebieden waar een soort daadwerkelijk voor komt. In sommige gevallen is het voorkomen redelijk tot goed voorspelbaar, bijvoorbeeld van soorten die in kolonies broeden, in andere gevallen is dit veel minder het geval en is bijvoorbeeld alleen sprake van een grote kans op voorkomen, geen zekerheid. Dat geldt onder meer voor meer dynamische bewegingen die soorten maken in de trektijd en tijdens de overwintering.
- Omdat per definitie de kaarten zijn opgebouwd uit informatie in het recente verleden hoeven ze niet per se de actuele stand van zaken met betrekking tot het voorkomen van vogels te weerspiegelen. Dit zal naar de toekomst toe waarschijnlijker worden. Uiteraard is het mogelijk om dan de kaartbeelden met recentere informatie te actualiseren.

Door gebruik te maken van kaartbeelden die over meerdere soorten gaan is een deel van de onzekerheden met betrekking tot locatie en actueel voorkomen te verkleinen en zijn we in staat om betrouwbaar gebieden aan te geven waar meer of minder risico bestaat op negatieve effecten. In die zin kunnen de kaarten gebruikt worden als 'zoekkaarten' voor gebieden waar mogelijk weinig risico op negatieve effecten zijn of als risicokaarten voor gebieden waar een grote kans op negatieve effecten valt te verwachten. Daarmee kunnen ze niet dienen ter vervanging van (meer gedetailleerde) studies die nodig zijn om mogelijke effecten van windturbine(parken) op specifieke planlocaties en soorten in te schatten. Daarvoor is het nodig dat naast zicht op aanwezigheid en vliegbewegingen van soorten ook inschattingen worden gedaan over concrete aanvaringsrisico's en eventuele impact op de lokale populaties. Dat kan betekenen dat er andere meer gedetailleerde inschat-

tingen worden gevraagd bijvoorbeeld naar aanleiding van aanvullend onderzoek (middels bijv. radar en zenderstudies), overeenkomstig de vereisten die voortvloeien uit de Wet natuurbescherming en andere relevante regelgeving.

Voor dergelijke inschattingen op gebiedsniveau is, naast de in dit rapport gepresenteerde kaartbeelden die aangeven waar zich concentraties van risicovolle soorten voorkomen, ook informatie nodig over de status van een gebied in relatie tot de natuurwetgeving. Zo kennen Natura 2000-gebieden (Figuur 4.8) een streng beschermingsregime voor de soorten waarvoor de betreffende gebieden zijn aangewezen. Inschattingen van effecten kunnen niet los worden gezien van de doelstellingen die voor specifieke aangewezen soorten zijn bepaald. Dat kan dus betekenen dat een gering aantal gevoelige soorten in een Natura 2000-gebied al bepaald of plaatsing van windturbines een probleem is. Iets dergelijks doet zich bijvoorbeeld voor op de Veluwe waarbij de plaatsing van windturbines dient te worden bekeken in het licht van de beschermingsdoelstellingen en de staat van instandhouding voor met name de wespendief, een soort die als gevoelig te boek staat (Klop *et al.* 2020).



Figuur 4.8. Ligging van de Natura 2000-gebieden in Nederland op land, de binnenwateren en in de kustzone waarvoor specifieke vogeldoelen gelden die van belang zijn voor een beoordeling van de eventuele negatieve gevolgen van windturbines.

Literatuur

- BERNOTAT D. & DIERSCHKE V. 2016. Übergeordnete Kriterien zur Bewertung der Mortalität wildlebender Tiere im Rahmen von Projekten und Eingriffen – 3. Fassung – Stand 20.09.2016.
- BIVAND R.S., PEBESMA E.J. & GÓMEZ-RUBIO V. 2013. Applied Spatial Data Analysis with R, 2^e ed. Springer, New York.
- BOULESTEIX A.-L., JANITZA S., KRUPPA J. & KÖNIG I.R. 2012. Overview of random forest methodology and practical guidance with emphasis on computational biology and bioinformatics. *WIREs Data Mining and Knowledge Discovery* 2:493-507.
- BREIMAN L. 2001. Random forests. *Machine Learning Journal* 45:5-32.
- BREIMAN L., FRIEDMAN J., STONE C.J. & OLSHEN R.A. 1984. Classification and Regression Trees. Taylor & Francis. 368 pp.
- BUIJ R., JONGBLOED R., GEELHOED S., VAN DER JEUGD H., KLOP E., LAGERVELD S., LIMPENS H., MEEUWSEN H., OTTBURG F., SCHIPPERS P., TAMIS J., VERBOOM J., VAN DER WAL J.T., WEGMAN R., WINTER E. & SCHOTMAN A. 2018. Kwetsbare soorten voor energie-infrastructuur in Nederland; Overzicht van effecten van hernieuwbare energie-infrastructuur en hoogspanningslijnen op de kwetsbare soorten vogels, vleermuizen, zeezoogdieren en vissen, en oplossingsrichtingen voor een natuurinclusieve energiestrategie. Wageningen Environmental Research, Rapport 2883.
- CUTLER D.R., EDWARDS T.C.JR., BEARD K.H., CUTLER A., HESS K.T., GIBSON J. & LAWLER J.J. 2007. Random forests for classification in Ecology. *Ecology* 88:2783-2792.
- GRÜNKORN T., BLEW J., COPPACK T., KRÜGER O., NEHLS G., POTIEK A., REICHENBACK M., VON RÖNN J., TIMMERMANN H. & WEITKAMP S. 2016. Ermittlung der Kollisionsraten von (Greif)Vögeln und Schaffung planungsbezogener Grundlagen für die Prognose und Bewertung des Kollisionsrisikos durch Windenergieanlagen (PROGRESS). Schlussbericht zum durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) im Rahmen des 6. Energieforschungsprogrammes der Bundesregierung geförderten Verbundvorhaben PROGRESS, FKZ 0325300A-D.
- GUISAN A. & ZIMMERMAN N.E. 2000. Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modelling* 135: 147-186.
- HENGL T., HEUVELINK G.B.M. & ROSSITER D.G. 2007. About regression-kriging: From equations to case studies. *Computers & Geosciences* 33, 1301-1315.
- HENGL T., SIERDSEMA H., RADOVIC A. & DILO A. 2009. Spatial prediction of species' distributions from occurrence-only records: combining point pattern analysis, ENFA and regression-kriging. *Ecological Modelling*.
- KAMPICHLER C., WIELAND R., CALMÉ S., WEISSENBERGER H. & ARRIAGA-WEISS S. 2010. Classification in conservation biology: A comparison of five machine-learning methods. *Ecological Informatics* 5:441-450.
- KAMPICHLER C., HALLMANN C. & SIERDSEMA H. 2020. SDMaps: an R package for the analysis of species abundance and distribution data. Extended Manual. Sovon Vogelonderzoek Nederland, Nijmegen.
- VAN KLEUNEN A., FOPPEN R. & VAN TURNHOUT C. 2017. Basisrapport voor de Rode Lijst Vogels 2016 volgens Nederlandse en IUCN-criteria. Sovon-rapport 2017/34. Sovon Vogelonderzoek Nederland, Nijmegen.
- VAN KLEUNEN A., VAN ROOMEN M., VAN WINDEN E., HORNMAN M., BOELE A., KAMPICHLER C., ZOETEBIER D., SIERDSEMA H. & VAN TURNHOUT C. 2019. Vogelrichtlijnrapportage 2013-2018 van Nederland – status en trends van soorten. Sovon-rapport 2019/77. Sovon Vogelonderzoek Nederland, Nijmegen.
- KLOP E., STAHL J., SIERDSEMA H., ALEFS P. & LATOUR J. 2020. Windenergie op en rondom de Veluwe - Effecten op Wespindief en andere soorten. Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek, Feanwâlden.
- LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT DER STAATLICHEN VOGELSCHUTZWARTEN IN DEUTSCHLAND LAG VSW. 2015. Abstandsempfehlungen für Windenergieanlagen zu bedeutsamen Vogel Lebensräumen sowie Brutplätzen ausgewählter Vogelarten. Concept vs. 15-04-2015.
- PEBESMA E.J., DUIN R.N.M. & BURROUGH P.A. 2005. Mapping sea bird densities over the North Sea: spatially aggregated estimates and temporal changes. *Environmetrics* 16, 573-587.
- PEBESMA E.J. & WESSELING C.G. 1998. Gstat: A program for geostatistical modelling, prediction and simulation. *Computers & Geosciences* 24, 17-31.
- RICHARZ K. 2014. Energiewende und Naturschutz. Windenergie im Lebensraum Wald. Deutsche Wildtierstiftung, Hamburg.
- SIERDSEMA H., VAN ELS P. & VAN IRSEL J. 2019. Vogels van de Beerse Overlaat en analyse verstoring van vogels door windturbines. Sovon-rapport 2019/89. Sovon Vogelonderzoek Nederland, Nijmegen.
- SIERDSEMA H., VAN KLEUNEN A., VAN SWAAY C., SPARRIUS L. 2005. Van losse meldingen en steekproefgegevens naar verspreidingskaarten. VOFF-rapport 2005/01, Vereniging Onderzoek Flora en Fauna, Nijmegen.
- SIERDSEMA H. & VAN LOON E.E. 2008. Filling the gaps: using count survey data to predict bird density distribution patterns and estimate population sizes. *Revista Catalana d'Ornitologia* 24.
- STAHL J. & EPE M. (Eds) 2021. Gevoeligheid van vogels

en vleermuizen voor windturbines in de provincie Utrecht. Achtergronddocument bij de ruimtelijke modellering van verspreiding en vliegbewegingen. Sovon-rapport 2021/18. Sovon Vogelonderzoek Nederland, Nijmegen, Rapport Zoogdiervereniging 2021.03, Zoogdiervereniging, Nijmegen.

SOVON VOGELONDERZOEK NEDERLAND. 2018. Vogelatlas van Nederland. Broedvogels, wintervogels en 40 jaar verandering. Kosmos Uitgevers, Utrecht/Antwerpen.

THAXTER C.B., BUCHANAN G.M., CARR J., BUTCHART S.H.M., NEWBOLD T., GREEN R.E., TOBIAS J.A.,

FODEN W.B., O'BRIEN S. & PEARCE-HIGGINS J.W. 2017. Bird and bat species' global vulnerability to collision mortality at wind farms revealed through a trait-based assessment. *Proc. R. Soc. B* 284: 20170829. <http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2017.0829>

VOGEL R.L., BOUWMA I., KOESE B., KRANENBARG J., LA HAYE M., ODÉ B., SIERDSEMA H., SPARRIUS L., VERBURG P. & ZOLLINGER R. 2013. Het belang van Nederland buiten de Ecologische Hoofdstructuur voor soorten van de Vogelrichtlijn en van bijlage V van de Habitatrichtlijn. Sovon-rapport 2013.015. Sovon, Nijmegen.

Bijlage

Bijlage 1. Kaartbeelden van de Nederlandse RES regio's

Digitale bijlage



In opdracht van:



Ministerie van Landbouw,
Natuur en Voedselkwaliteit

Sovon Vogelonderzoek Nederland

Postbus 6521
6503 GA Nijmegen
Toernooiveld 1
6525 ED Nijmegen
T (024) 7 410 410

E info@sovon.nl
I www.sovon.nl

