Addendum

A&W-rapport 20-140
Windenergie op en rondom de Veluwe
Effecten op Wespendief en andere soorten

Dit addendum biedt een toelichting op enkele resultaten uit A&W-rapport 20-140 om te voorkomen dat deze onjuist worden geïnterpreteerd. Het betreft twee onderdelen welke beide verband houden met de ruimte voor nieuwe windinitiatieven in de zone van 1-8 km rondom het kerngebied van de Veluwe.

<u>Beschikbare ruimte nieuwe windinitiatieven zone 1-8 km buiten kerngebied Veluwe</u>
Bij het bepalen van de nog resterende ruimte voor realisatie van windturbines in de zone van 1-8 km rondom de Veluwe is A&W in het rapport uitgegaan van de totale ruimte inclusief de ruimte die wordt ingenomen door windparken die al zijn vergund en/of in aanbouw zijn. Deze laatste categorie wordt echter beschouwd als vaststaand en niet behorend bij de nog vrij te geven ruimte voor nieuwe initiatieven. Dit laatste is een belangrijk onderdeel waarvoor dit rapport de ruimte in kaart brengt. Dit addendum toont de beschikbare ruimte voor nieuwe windinitiatieven, waarbij bestaande, vergunde en in aanbouw zijnde windparken als vaststaand worden beschouwd. Dit aantal is vanzelfsprekend aanmerkelijk lager dan het aantal inclusief vergunde/in aanbouw zijnde windparken/ -turbines.

De vrije ruimte voor nieuwe windturbines bedraagt geen 10-25 stuks maar 4-11 stuks (zie onder meer par. 7.3, vierde alinea).

<u>Beschikbare ruimte nieuwe windinitiatieven zone 1-8 km buiten kerngebied Veluwe met stilstandsvoorzieningen</u>
In het verlengde van bovenstaande is in het A&W-rapport doorgerekend welke extra ruimte een stilstandsvoorziening van dertig dagen in de maand augustus kan bieden. Een stilstandsvoorziening in de maand dat de Wespendief het vaakst buiten de Veluwe foerageert is een efficiënte manier om het aanvaringsrisico sterk te verlagen en daarmee ruimte voor nieuwe initiatieven te scheppen. In het A&W-rapport is de optie voor een stilstandsvoorziening van 30 dagen in de maand augustus doorgerekend. Dit is echter doorgerekend voor alle turbines, dus inclusief de al vergunde (en in aanbouw zijnde) windturbines. Het toepassen van een stilstandsvoorziening op al vergunde (en in aanbouw zijnde) windturbines echter niet of in ieder geval niet zonder het maken van nadere afspraken met de betrokken ontwikkelaars mogelijk, aangezien de vergunningverlening al heeft plaatsgevonden.
Vooralsnog is de optie om stilstandsvoorzieningen toe te passen daarom enkel van toepassing op windturbines/windparken welke nog niet vergund zijn. Dit betekent dat in het rapport meer vrije ruimte is berekend dan in werkelijkheid beschikbaar kan komen.

Met de toepassing van stilstandsvoorzieningen is geen sprake van ruimte voor 25-75 turbines in de 1-8 km zone maar voor 9-22 stuks, afhankelijk van de afstand vanaf de Veluwerand (zie onder meer par. 6.4).

<u>Vervolgonderzoek</u>
Tot slot – en dit is duidelijk verwoord in het rapport – biedt vervolgonderzoek in de vorm van veldtellingen, een *expert judgement* t.a.v. de ontwijkingskans, aanvullende stilstand en andere vormen van mitigatie op korte of langere termijn mogelijk meer ontwikkelingsruimte voor windenergie in de zone van 1-8 km rondom het kerngebied Veluwe.

Eric Veltink, projectleider onderzoek d.d. 4 februari 2021

Altenburg & Wymenga
ECOLOGISCH ONDERZOEK

In samenwerking met

Sovon

Windenergie op en rondom de Veluwe
Effecten op Wespendief en andere soorten

A&W-rapport 20-140

in opdracht van

CLEAN TECH REGIO RES REGIONALE ENERGIE STRATEGIE

Arnhem Nijmegen RES Regionale Energie Strategie

Regio Foodvalley

Noord Veluwe RES Regionale Energie Strategie

provincie Gelderland

Windenergie op en rondom de Veluwe
Effecten op Wespendief en andere soorten

A&W-rapport 20-140

E. Klop
J. Stahl
H. Sierdsema
P. Alefs
J. Latour

Foto Voorplaat
Wespendief in vlucht, Foto: Mark Zekhuis - Saxifraga

E. Klop, J. Stahl, H. Sierdsema, P. Alefs, J. Latour 2020
Windenergie op en rondom de Veluwe. Effecten op Wespendief en andere soorten. A&W-rapport 20-140
Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek, Feanwâlden

Opdrachtgever

RES Noord-Veluwe
Raadhuisplein 1
8096 CP Oldebroek
Telefoon 0525 63 82 00

RES regio Arnhem-Nijmegen
Postbus 9029
6800 HZ Arnhem
Telefoon 06 46 737 374

RES Cleantech regio
Postbus 120
7390 AC Twello
Telefoon 0571 27 98 80

RES regio Foodvalley
Postbus 9022
6710 HK Ede

Provincie Gelderland
Postbus 9090
6800 GX Arnhem
Telefoon 026 35 99 111

Contactpersoon RES regio's
Dhr. E. Veltink
Gemeente Oldebroek
Telefoon 0525 63 82 00

Uitvoerders

Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek bv
Suderwei 2
9269 TZ Feanwâlden
Telefoon 0511 47 47 64
info@altwym.nl
www.altwym.nl

Sovon Vogelonderzoek Nederland
Toernooiveld 1
6525 ED Nijmegen
Telefoon 024 7410 410
info@sovon.nl
www.sovon.nl

© Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek bv. Overname van gegevens uit dit rapport is toegestaan met bronvermelding.

Projectnummer	Projectleider	Status
20-140	Er k Klop	Eindrapport

Autorisatie	Paraaf	Datum
Goedgekeurd	**J. Latour** [redacted]	23 november 2020

Kwaliteitscontrole [redacted]

J. Latour [redacted]

Inhoud

Samenvatting
1 Inleiding 1
2 Ecologie van de Wespendief 3
2.1 Algemene ecologie 3
2.2 Wespendieven op de Veluwe 5
2.3 Vliegbewegingen op de Veluwe 9
3 Opzet modelstudie 13
3.1 Inleiding 13
3.2 Scenarioanalyse 13
3.3 Aanvaringsmodel 14
3.4 Inputparameters 16
4 Aanvaringsslachtoffers Wespendief 30
4.1 Aanvaringskans in de rotorzone 30
4.2 Mortaliteit bij turbines op de Veluwe 31
4.3 Mortaliteit bij turbines buiten de Veluwe 35
4.4 Welke mortaliteit is acceptabel? 37
4.5 Mortaliteit Wespendieven in andere windparken 40
5 Overige natuurwaarden 41
5.1 Inleiding 41
5.2 Beschermde gebieden 41
5.3 Kwalificerende soorten voor Natura 2000-gebied Veluwe 45
5.4 Vleermuizen 46
6 Mogelijkheden voor mitigatie 49
6.1 Inleiding 49
6.2 Zichtbaarheid turbines 49
6.3 Cameradetectie 50
6.4 Stilstandvoorziening 50
6.5 Turbinetype 53
6.6 Vleermuizen 54
7 Synthese 55
7.1 Inleiding 55
7.2 Aanvaringsrisico’s Wespendief 56
7.3 Juridische consequenties 57
7.4 Mitigatie 57
7.5 Overige natuurwaarden 58
7.6 Ruimtelijke regievoering 59
7.7 Vervolgstappen 59
8 Literatuur 61

Bijlage 1 Mortaliteit bij turbines rondom de Veluwe 66

Samenvatting

Achtergrond
In het Klimaatakkoord van Parijs hebben 195 landen afspraken gemaakt om de uitstoot van broeikasgassen terug te dringen. Vanuit het Nationale Klimaatakkoord werkt Nederland hier aan mee, onder meer via de energietransitie. In dit kader verkennen de dertig Nederlandse RES (Regionale Energie Strategie) regio's de mogelijkheden voor het grootschalig opwekken van duurzame elektriciteit en warmte. De provincie Gelderland kent zes RES-regio's die op zoek zijn naar gebieden voor grootschalige opwekking van duurzame energie, waaronder het plaatsen van windturbines. In deze zoektocht moeten ruimtelijke energie- en natuurdoelen en andere belangen met elkaar worden afgewogen en beoordeeld. Dit geldt voor de RES, maar ook voor beleidsontwikkelingen bij gemeenten en op projectniveau.

Windturbines vormen een belangrijke bron bij het behalen van de regionale doelstellingen voor de reductie van CO_2 in 2030. Uit een groot aantal studies is echter bekend dat windturbines kunnen leiden tot negatieve effecten op (beschermde) natuurwaarden, waaronder het veroorzaken van aanvaringsslachtoffers onder vogels en vleermuizen. Deze effecten moeten worden meegenomen in een analyse van de ruimtelijke mogelijkheden voor het realiseren van windenergie.

De Veluwe maakt deel uit van het Europese Natura 2000-netwerk, en is daarmee strikt beschermd onder de Wet natuurbescherming. Het gebied valt binnen vier van de zes Gelderse RES-regio's (Arnhem-Nijmegen, Cleantech, Food Valley en Noord-Veluwe) en huisvest diverse beschermde soorten en habitattypen waarvoor instandhoudingsdoelen zijn geformuleerd. Een belangrijke soort in dit kader is de Wespendief, een roofvogel die in Nederland uitsluitend in de zomerperiode aanwezig is. Uit eerdere studies rond de A28 en A50 kwam naar voren dat de voor het Natura 2000-gebied Veluwe als doelsoort aangewezen Wespendief de meest beperkende soort is voor het plaatsen van windturbines. Op basis daarvan is geconcludeerd dat een regionale verkenning van de (on)mogelijkheden nodig is om tot een overkoepelende ruimtelijke strategie voor alle Veluwe gerelateerde RES-regio's te komen.

Doel van het onderzoek
De mogelijkheden voor het plaatsen van windturbines op of rondom de Veluwe zijn onderzocht in twee deelstudies, namelijk 1) een ruimtelijk-technische analyse waarin factoren als technische beperkingen, minimum afstanden tot bebouwing en infrastructuur e.d. zijn geanalyseerd en scenario's zijn samengesteld, en 2) een ecologische analyse van de aanvaringsrisico's bij Wespendief en effecten op andere soorten en gebieden. De eerste deelstudie is uitgevoerd door Bosch & van Rijn, de tweede door Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek in samenwerking met Sovon Vogelonderzoek Nederland. In deze managementsamenvatting zijn de resultaten van beide deelstudies geïntegreerd, om zo tot een integrale beschouwing te komen van de mogelijkheden voor windenergie op of rondom de Veluwe. Het voorliggende rapport richt zich op de ecologische analyses; voor de overige aspecten wordt verwezen naar het rapport van Bosch & van Rijn.

In het ecologische onderzoek is aan de hand van een rekenmodel het aantal potentiële slachtoffers (mortaliteit) onder Wespendieven berekend als windturbines op of nabij de Veluwe worden geplaatst. Daarbij zijn verschillende scenario's doorgerekend ten aanzien van het aantal turbines, de locaties (op de Veluwe of daarbuiten, en in het laatste geval, op verschillende afstanden van de Veluwerand), het turbinetype en de mate waarin Wespendieven erin slagen om succesvol de turbines te ontwijken (de zgn. ontwijkingskans).

De uitkomst van dit onderzoek geeft input voor de afweging van zoekgebieden voor windenergie op en rond de Veluwe in de RES 1.0, tegen de achtergrond van de juridische kaders vanuit Natura 2000-gebied Veluwe en andere (milieu)omgevingsaspecten. Het is bruikbaar om over de RES-regio's heen te kijken en te beoordelen hoe een rendabele opgave kan worden te gerealiseerd, met inachtneming van de cumulatieve werking op de Wespendief. Dit kan bepalend kan zijn voor de te realiseren windopgave ten aanzien van de specifieke locaties in de nabijheid van de Veluwe.

Aanvaringsrisico's Wespendief bij turbines op de Veluwe

Zowel het aantal turbines als de gehanteerde ontwijkingskans hebben een grote invloed op de uitkomsten. Het turbinetype is minder van belang, aangezien zeer grote turbines slechts marginaal meer aanvaringsslachtoffers veroorzaken dan middelgrote turbines. Als voorzichtigheidshalve wordt uitgegaan van een ontwijkingspercentage van 95%, varieert de mortaliteit van 1,7 (bij 10 middelgrote turbines) tot 17 (bij 100 middelgrote turbines) Wespendieven per jaar. Bij hogere percentages voor de ontwijkingskans daalt de berekende mortaliteit aanzienlijk: bij 98% is de berekende mortaliteit minder dan de helft van die bij 95%. De berekende mortaliteit overschrijdt in vrijwel alle scenario's de juridische drempelwaarde, de zgn. 1%-norm, die weergeeft welke mate van mortaliteit in een populatie is toegestaan. Plaatsing van windturbines op de Veluwe is hierdoor juridisch niet haalbaar. Uit de analyses blijkt tevens dat plaatsing van turbines op de Veluwe een onevenredig groot effect heeft op het invullen van de juridische ruimte binnen de 1%-norm. Dit heeft tot gevolg dat de ontwikkelruimte buiten het Natura 2000-gebied de facto op slot wordt gezet. Dit kan een groot nadelig effect hebben op andere initiatieven in de zone tot 8 km van de Veluwe.

Aanvaringsrisico's Wespendief bij turbines rondom de Veluwe

De plaatsing van turbines nabij Natura 2000-gebied Veluwe kent juridische beperkingen als gevolg van effecten op de Wespendief. De meest relevante criteria daarbij zijn het aantal beoogde turbines en de afstand tot de Veluwerand. Bij een ontwijkingskans van 95% kunnen 10 turbines op alle afstanden tussen 1–8 km van de Veluwerand worden geplaatst. Bij 25 turbines is dit pas mogelijk op een afstand van minimaal 5 km tot de Veluwerand. Grote aantallen turbines, zoals 75 of 100, zijn zonder effectieve mitigerende maatregelen niet mogelijk binnen een afstand van 8 km van de Veluwe.

Mogelijkheden voor mitigatie

Om het aantal aanvaringsslachtoffers te beperken zijn diverse mitigerende maatregelen mogelijk, zoals het verhogen van de zichtbaarheid van de rotorbladen van de turbines, het toepassen van een slim cameradetectiesysteem gekoppeld aan een stilstandvoorziening, of het toepassen van een generieke stilstandvoorziening in de meest kritische perioden. Met name de eerste twee opties bevinden zich nog enigszins in een experimenteel stadium en de effectiviteit ten aanzien van de Wespendief is op dit moment onvoldoende duidelijk. De meest zekere vorm van mitigatie is het tijdelijk stilzetten van de turbines in de meest risicovolle periode, namelijk de nazomer (vooral augustus). Indien de turbines in de maand augustus overdag worden stilgezet, kan dit leiden tot een aanzienlijke reductie in het aantal slachtoffers. Kort gezegd resulteert een stilstand van 15 dagen in een reductie met ongeveer een kwart van het totaal aantal slachtoffers onder Wespendieven. Indien de turbines de volledige maand augustus overdag stil zouden komen te staan is de reductie ruim de helft. Het nadeel van een stilstandvoorziening is uiteraard het verlies aan energieopbrengst.

Overige natuurwaarden
Naast de Veluwe en de Wespendief zijn verschillende andere beschermde soorten en gebieden relevant ten aanzien van de mogelijke ecologische effecten van windturbines op of nabij de Veluwe. Hierbij zijn vooral de Natura 2000-gebieden Veluwerandmeren, Rijntakken en Arkemheen relevant vanwege aanvaringsrisico's voor weide- en watervogels die van deze gebieden gebruik maken. Daarnaast kan sprake zijn van effecten op het Gelders Natuurnetwerk, de Groene Ontwikkelingszone, weidevogelgebieden en ganzenrustgebieden. Naast vogels worden ook vleermuizen regelmatig als aanvaringsslachtoffer onder windturbines gevonden, waardoor ook mortaliteit onder vleermuizen moet worden meegewogen in een effectbeoordeling.

Ruimtelijke regievoering
In de omgeving van de Veluwe worden door vier RES-regio's de mogelijkheden voor windenergie geïnventariseerd, en worden zoekgebieden voor windenergie onderscheiden waarmee, samen met overige bronnen, de benodigde capaciteit kan worden geleverd voor het regionaal bod voor 2030. Deze studie maakt duidelijk dat dit niet kan zonder een gedegen RES-overstijgende ruimtelijke strategie. Het kernpunt daarbij is dat meer windenergie gerealiseerd kan worden als er maar voldoende afstand tot de Veluwerand wordt gehouden. Effecten op de Wespendief (en andere kwalificerende soorten) werken in cumulatie door op de instandhoudingsdoelen van het Natura 2000-gebied. Een enkele turbine dichtbij de Veluwe kan dus negatieve gevolgen hebben voor het potentiële totaal opgestelde vermogen dat bereikt kan worden binnen 8 km van de Veluwe.

Beperkingen en vervolgstappen
Het onderzoek is gebaseerd op een rekenmodel dat wereldwijd veel wordt gebruikt om aanvaringsrisico's onder vogels te kwantificeren. Zoals ieder model kent ook dit model aannames en beperkingen. Een belangrijk aspect hierbij is dat het model geen ruimtelijke informatie bevat over bijvoorbeeld habitatkwaliteit of gebiedsgebruik op specifieke locaties rondom de Veluwe. Dit betekent dat er geen onderscheid gemaakt kan worden in geschiktheid van foerageergebieden en vliegroutes. Nader veldonderzoek in de nazomer kan aantonen in hoeverre delen van de Veluwerandzone in meer of mindere mate gebruikt worden door de Wespendief. Dit kan zo tot een ruimtelijke verfijning van de resultaten van het model leiden en ook input geven voor de beoordeling van een concreet initiatief. Indien voldoende zekerheid bestaat dat bepaalde locaties structureel niet of in mindere mate gebruikt worden, kan dit in theorie tot meer ruimte voor de ontwikkeling van windenergie leiden, zeker in combinatie met een stilstandvoorziening. Gezien de beperkte juridische ruimte ten aanzien van mortaliteit bij de Wespendief en de mogelijke variatie in gebiedsgebruik is een voorzichtige benadering hierbij essentieel.

Een andere belangrijke parameter is de mogelijkheid tot mitigatie. Op dit moment zijn verschillende mitigerende maatregelen in ontwikkeling, zoals het zwart verven van een rotorblad om de zichtbaarheid van de turbines te vergroten, of het toepassen van een slim cameradetectiesysteem dat langsvliegende vogels kan detecteren en op die momenten de turbines tijdelijk stil kan zetten. Voor beide opties geldt dat het op dit moment nog onduidelijk is in hoeverre deze maatregelen daadwerkelijk effectief zijn om de mortaliteit onder Wespendieven te reduceren. Vervolgonderzoek kan hier meer duidelijkheid in scheppen.

De resultaten van dit onderzoek laten zien dat de gehanteerde waarde voor de ontwijkingskans een zeer groot effect heeft op de berekende mortaliteit. De ontwijkingskans die doorgaans voor roofvogels wordt gehanteerd ligt tussen de 95% en de 99,5% en verschilt per soort. Aangezien voor zover bekend geen onderzoek naar de ontwijkingskans van Wespendieven is gedaan, is

niet met zekerheid te zeggen welke waarde het meest accuraat is. Mogelijk kan op basis van expert judgement of aanvullend onderzoek een beter oordeel worden gevormd welk percentage het meest reëel is voor de Wespendief. Een hogere ontwijkingskans zou een aanzienlijke impact hebben op de mogelijkheden voor windenergie rondom de Veluwe.

1 Inleiding

Het realiseren van de energietransitie vergt ruimte voor het grootschalig opwekken van duurzame energie. De provincie Gelderland kent zes Regionale Energie Strategie (RES) regio's die op zoek zijn naar gebieden waar mogelijkheden liggen voor windturbines of zonnevelden. Dit is een complexe zoektocht waarin ruimtelijk wind- en natuurdoelen en omgevingsaspecten met elkaar afgewogen en beoordeeld moeten kunnen worden. Zowel in de RES, maar ook bij beleidsontwikkelingen bij gemeenten en op projectniveau.

Het Natura 2000-gebied Veluwe valt binnen vier van de zes Gelderse RES-regio's (Arnhem-Nijmegen, Cleantech, Food Valley en Noord-Veluwe) en huisvest diverse natuurwaarden die zijn beschermd onder de Wet natuurbescherming. In de periode 2018–2020 zijn er twee ecologische verkenningen uitgevoerd naar de mogelijkheden voor het plaatsen van windturbines in het gebied rondom de Veluwe, in het bijzonder langs de A28 en tussen de A50 en de IJsselvallei. De bevindingen zijn beschreven in de rapporten 'A28 als energieroute: ecologische en landschappelijke verkenning' van Altenburg & Wymenga en Feddes/Olthof (2019) en 'Verkenning wind en zonne-energie A50/IJsselvallei' (Latour *et al*. 2020). Uit deze verkenningen blijkt dat de voor het Natura 2000-gebied Veluwe aangewezen Wespendief in beide verkenningsgebieden de meest beperkende soort is voor het plaatsen van windturbines. De Veluwe vormt binnen Nederland het kerngebied van de Wespendief, en de kwaliteit van het gebied is bepalend voor de dichtheden van deze soort. Het uitgangspunt bij het plaatsen van windturbines is dat de populatie Wespendieven op de Veluwe (specifiek gezegd: het instandhoudingsdoel voor het Natura 2000-gebied) niet achteruit mag gaan als gevolg van aanvaringen met de turbines.

Om de effecten van windturbines op de Veluwe voor de Wespendief nader te kwantificeren is een aanvaringsrisicomodel nodig dat, op basis van broedlocaties en vliegbewegingen van Wespendieven, de potentiële mortaliteit op verschillende locaties en in verschillende maanden inzichtelijk maakt. Daarbij speelt de vraag in hoeverre deze mortaliteit, cumulatief bezien, binnen de 1%-mortaliteitsnorm blijft. Aspecten die daarbij meespelen zijn de vliegbewegingen en vlieghoogtes van Wespendieven en de aantallen en opstelling van de turbines, evenals een beoordeling van de haalbaarheid om aanvaringsrisico's te verminderen met behulp van mitigerende maatregelen.

Doel

De vraag is nu wat de meest optimale indeling van windturbines is voor de opwekking van windenergie op en/of rondom de Veluwe, in het licht van het behalen of behouden van de Natura 2000-instandhoudingsdoelen voor de Wespendief en andere relevante soorten. Daarbij hoort onder meer het (in cumulatie) beoordelen van de effecten van windturbines, en het omgaan met de restricties die de aanwezigheid van deze soorten heeft op de zone rondom de gehele Veluwe. De insteek hierbij is de draagkracht van het gebied voor windturbines maximaal te benutten met een focus op mogelijkheden i.p.v. beperkingen.

Het doel van dit onderzoek is om de ecologische effecten te kwantificeren van windturbines op de populatie Wespendieven op de Veluwe. Dit wordt onderzocht voor een aantal scenario's en ruimtelijk in beeld gebracht.

Status van dit onderzoek

Het is goed om te duiden wat met voorliggende rapportage wordt beoogd, zodat duidelijk is waarvoor het onderzoek wel bruikbaar is en waarvoor niet. De uitkomst van dit onderzoek geeft

richting voor RES-en om de mogelijkheden voor grootschalige energieopwekking voor wind op en rond de Veluwe inzichtelijk te krijgen, in relatie tot de juridische kaders vanuit Natura 2000-gebied Veluwe en andere (milieu)omgevingsaspecten. Het is bruikbaar om over de RES-regio's heen te kijken hoe de meest rendabele opgave te realiseren is, met inachtneming van de cumulatieve werking op de Wespendief. Dit kan bepalend kan zijn voor de te realiseren windopgave in relatie tot de afstand tot het leefgebied van de soort op de Veluwe.

Het onderzoek richt zich op effecten en patronen op een grote ruimtelijke schaal; het rapport dient niet als onderzoek dat antwoord geeft op locatieniveau. Het kan wel belangrijke input geven voor beleidsverkenningen van gemeenten of voor locatieonderzoek op projectniveau. Vanwege het grote ruimtelijke schaalniveau is het rapport niet als passende beoordeling aan te voeren bij vergunningaanvragen voor concrete windinitiatieven op specifieke locaties. Wel kan het input geven voor de beoordeling van een concreet initiatief. Het is geen beleidsdocument van de provincie, maar het biedt wel een handvat hoe om te gaan met (de vergunningverlening van) windinitiatieven op en rond om de Veluwe.

Opbouw van dit rapport

Op basis van een aantal vragen die door de opdrachtgever ten aanzien van dit onderzoek zijn gesteld, is het onderzoek verdeeld in een aantal stappen die in de opbouw van dit rapport tot uiting komen:

1. Beschrijving van de ecologie van de Wespendief. In hoofdstuk 2 wordt de ecologie van de Wespendief beknopt beschreven, met name de verspreiding en aantallen op de Veluwe in relatie tot het instandhoudingsdoel, een ruimtelijke analyse van het (potentiële) leefgebied, en een statistische analyse van de vliegbewegingen op basis van Wespendieven die ten behoeve van eerder onderzoek met een GPS-zender zijn uitgerust en waarvan de data basis vormen voor het bepalen van aanvaringskansen.
2. Aanvaringskansen. De kans dat een Wespendief in aanvaring met een turbine komt, wordt berekend met behulp van een aanvaringsmodel. Deze aanvaringskansen en uiteindelijke aantallen slachtoffers worden getoetst aan de instandhoudingsdoelen van Natura 2000-gebied Veluwe. De opzet van het aanvaringsmodel en de onderbouwing van de gebruikte parameters worden in detail beschreven in hoofdstuk 3; de resultaten zijn beschreven in hoofdstuk 4.
3. Overige beperkingen. Naast de Wespendief en de Veluwe zijn verschillende andere soorten relevant, die mogelijk een effect kunnen ondervinden van het plaatsen van windturbines. In hoofdstuk 5 worden deze soorten aan een nadere analyse onderworpen om de effecten van windturbines te kunnen duiden.
4. Mitigatie. Ten aanzien van mitigerende maatregelen bestaan diverse opties, die variëren in effectiviteit, kosten en de mate waarin het 'bewezen' maatregelen zijn. De verschillende opties, de effectiviteit en de voor- en nadelen worden op een rij gezet in hoofdstuk 6.
5. Synthese. In hoofdstuk 7 worden de resultaten van het onderzoek samengevat en geduid in het kader van de natuurwetgeving en de ruimtelijke context van de betreffende RES-regio's. Ook wordt hier een doorkijkje gegeven naar mogelijke vervolgstappen.

2 Ecologie van de Wespendief

2.1 Algemene ecologie

De Wespendief (*Pernis apivorus*) is een Europese broedvogel die buiten de broedperiode in Afrika te vinden is. De roofvogel is met een spanwijdte van 110–150 cm even groot als een Buizerd, maar lichter gebouwd, met een langere staart en smalle hals en kop. Mannetjes hebben een duifachtige, grijze kop, vrouwtjes zijn helemaal bruin. Opvallend is het fel goudgele oog. In vlucht is de soort onder andere te herkennen aan de twee smalle banden plus een dikke eindband op de staart.

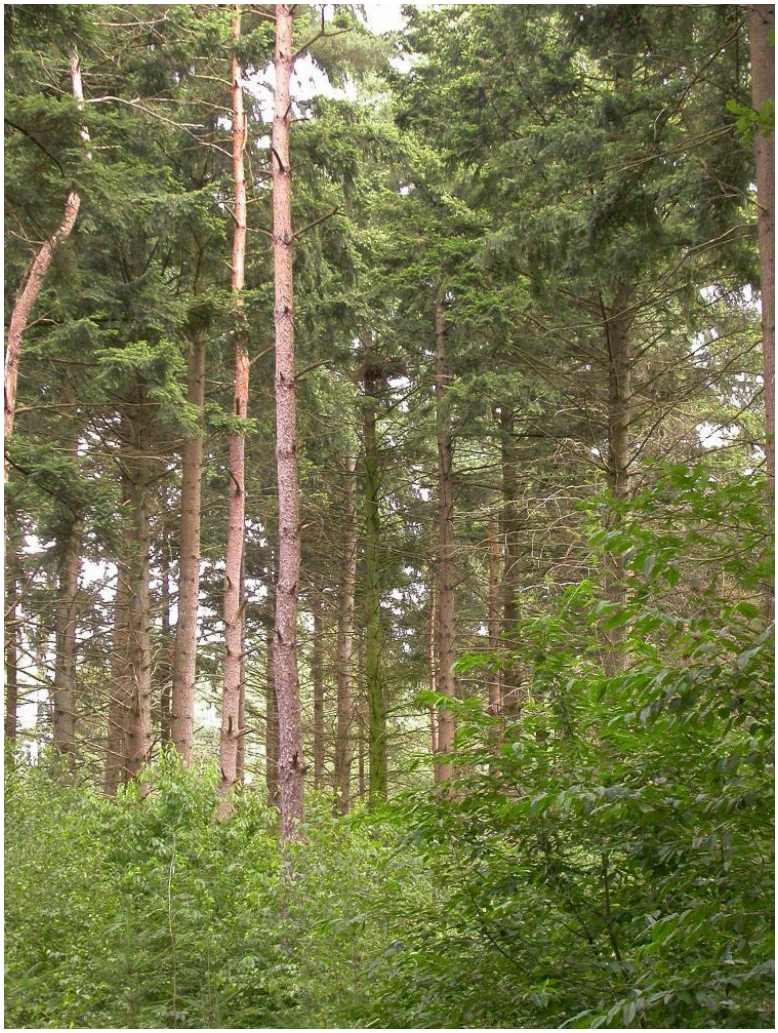
Wespendieven overwinteren in tropische bossen in West- en Centraal Afrika. Jonge vogels blijven in een ‘bachelor fase’ vaak de eerste jaren in Afrika voordat ze als (potentiële) broedvogel terugkeren naar Europa. In het voorjaar komen Wespendieven vanaf eind april in Nederland aan. Vanaf augustus trekken ze terug naar hun overwinteringsgebieden.

De Wespendief broedt in uitgestrekt, gesloten bos en in bosfragmenten in halfopen landschap. Wespendieven foerageren, zoals de naam reeds aangeeft, op wespen, om precies te zijn: op het broed van wespen. Om naar wespenbroed te graven hebben de vogels dikke graafpoten en zwak gekromde klauwen. Ter bescherming tegen wespensteken zijn de kopveren schubachtig dicht en is het neusgat smal.

Figuur 2.1 Jonge Wespendieven en de oudervogel op het nest, links enkele wespenraden (foto: Stichting Boomtop).

De soort nestelt in hoge, oudere bomen met een voorkeur voor bomen hoger dan 15 meter en met dichte kronen, waarin nesten geen direct zonlicht krijgen en weinig opvallen (zie figuur 2.2). Het type bos en de precieze boomsoort zijn van ondergeschikt belang bij de nestplaatskeuze. De Wespendief komt in Nederland in bossen op zandgronden voor, op rijkere bodem in grotere dichtheid dan in bossen op arme zandbodem. Wespendieven gebruiken regelmatig een oud roofvogel- of kraaiennest, of bouwen een nieuw nest. Per nest groeien één of twee jongen op. Het aandeel broedende vogels in de populatie is bij een slecht voedselaanbod echter laag en dit heeft invloed op de gemiddelde reproductie van de soort in een bepaald gebied. Het voedsel van de Wespendief bestaat in de nestfase vrijwel geheel uit wespenbroed. Wanneer de beschikbaarheid hiervan laag is (met name in het voorjaar en tijdens slecht weer) worden ook gewervelde dieren als kikkers en nestjongen van andere vogels, met name duiven en lijsters, gegeten.

De in dit hoofdstuk gepresenteerde beschrijving van de ecologie van de soort leunt op de informatie in Sierdsema *et al*. (2020b) en Van Manen *et al*. (2011). Voor meer details wordt verwezen naar deze bronnen.



Figuur 2.2 Wespendief nest (in het midden, boom met groene stam) in naaldbos (foto: Stichting Boomtop, Jan van Diermen).

2.2 Wespendieven op de Veluwe

Aantal territoria

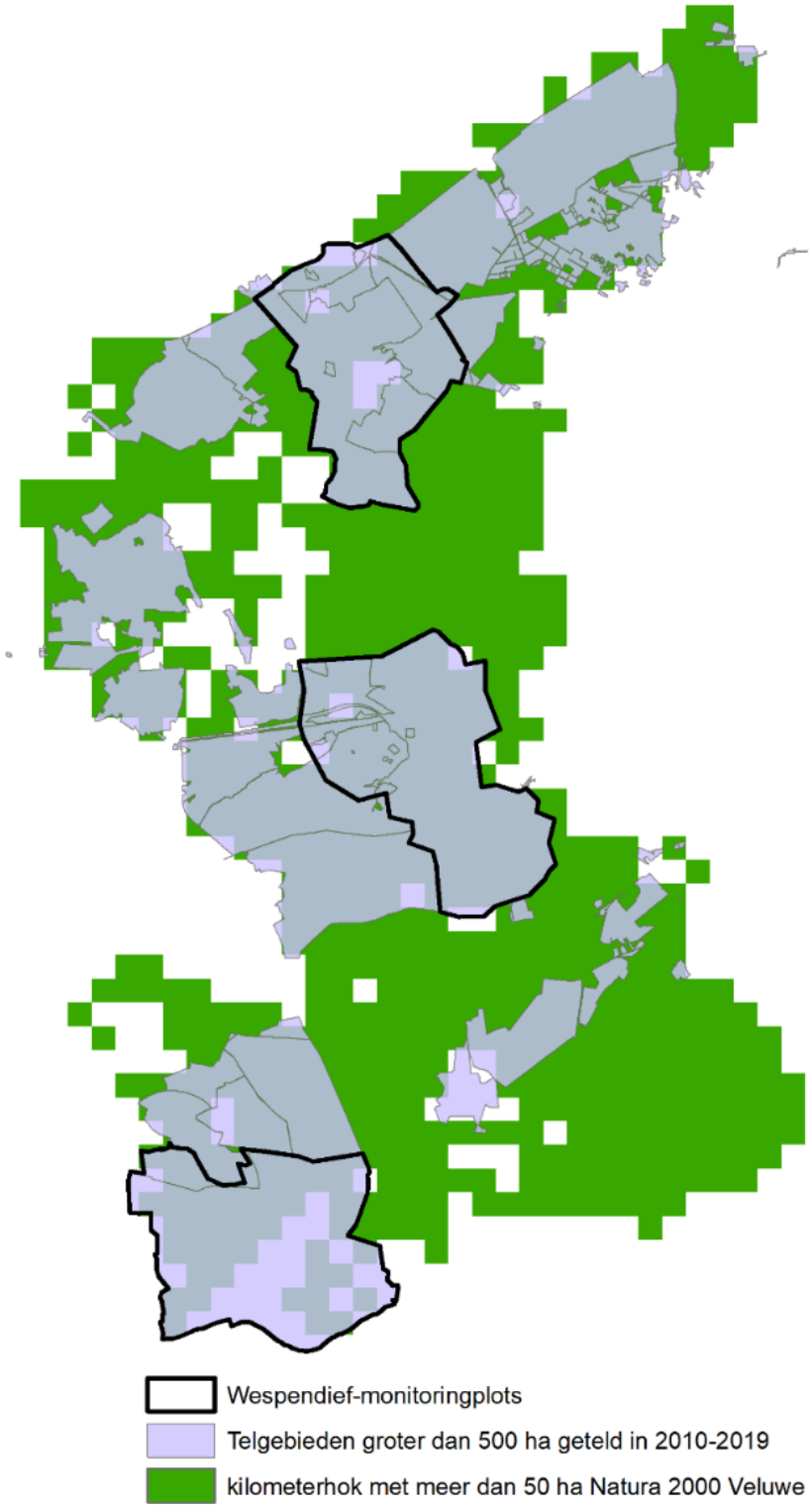
De Wespendief is een soort met grote territoria (van honderden hectaren) en nog grotere activiteitsgebieden (Nijssen *et al*. 2019). Het is bovendien een lastig te inventariseren soort: de nesten zitten hoog in de boomtoppen en vaak in dichte boomkronen. Om te komen tot een goede inschatting van de broedpopulatie zijn steekproeftellingen ingebed in een langjarig monitoringschema nodig. Op de Veluwe wordt deze monitoring van de broedpopulatie in opdracht van de Provincie Gelderland door Sovon uitgevoerd (zie ook Van Manen *et al*. 2011, 2020). Op verzoek van de Provincie Gelderland is tevens in 2020 een nieuwe populatieschatting gemaakt van de Wespendief in Natura-2000 gebied Veluwe (Sierdsema & Kampichler 2020). Hieronder worden de resultaten van deze meest actuele schatting van de broedpopulatie weergegeven. Box 1 geeft meer informatie over de inventarisatietechniek.

Op de Veluwe worden jaarlijks tientallen gebieden onderzocht op het voorkomen van broedvogels. De meeste van deze gebieden hebben een oppervlakte van enkele tientallen tot een paar honderd hectare. Daarnaast worden ook nog grotere gebieden onderzocht, veel in het kader van professionele broedvogelkarteringen. In die set van telgebieden zitten ook drie zeer grote telgebieden die de afgelopen vijf jaar specifiek zijn onderzocht op het voorkomen van Wespendieven (Van Manen *et al*. 2020): deze drie proefvlakken beslaan samen ca. 22% van het Natura 2000-gebied Veluwe (figuur 2.3).

Met behulp van de beschikbare telgegevens is op verschillende manieren het aantal broedparen op de Veluwe geschat: extrapolatie van de aantallen in de drie Wespendief-monitoringplots aan de hand van gemiddelde dichtheden, en extrapolatie van de aantallen in grote telgebieden aan de hand van verschillende regressiemodellen (zie Sierdsema & Kampichler 2020). De populatie van de Wespendief wordt op basis van deze benadering geschat op 90–98 broedparen. Een eenvoudig gemiddelde van de verschillende benaderingen levert 94 (93,7) broedparen (beter: territoria) op. Daarmee zit de broedpopulatie op de Veluwe onder het instandhoudingsdoel van 100 broedparen voor het Natura 2000 gebied.

Ecologische knelpunten voor de soort op de Veluwe zijn door Sierdsema *et al*. (2020a) als volgt beschreven:

- Voedsel voor volwassen Wespendieven: op de droge Veluwe zijn dit vooral nestjongen van duiven en lijsters. Door een lage dichtheid van deze vogels lijkt de predatiedruk van Havik op Wespendief bovendien toegenomen.
- Voedselbron wespenbroed voor nestjonge Wespendieven: deze voedselbron is aan sterke jaarlijkse schommelingen onderhevig. Door het opwarmende klimaat valt de wespenpiek steeds eerder in de zomer, waardoor aan het einde van het seizoen voedselgebrek voor Wespendieven kan optreden.
- Eutrofiëring van het habitat door stikstof en aannemelijk negatieve effecten op het voedselaanbod.
- Afnemende beschikbaarheid van geschikt nesthabitat door sterke dunning of kaalkap in het kader van bosbeheer.



Figuur 2.3 Ligging van de in 2010-2019 getelde gebieden die zijn gebruikt voor de aantalsschatting. De groene achtergrond geeft de kilometerhokken weer waarvoor met behulp van het regressiemodel een schatting is gemaakt. (bron: Sierdsema & Kampichler 2020).

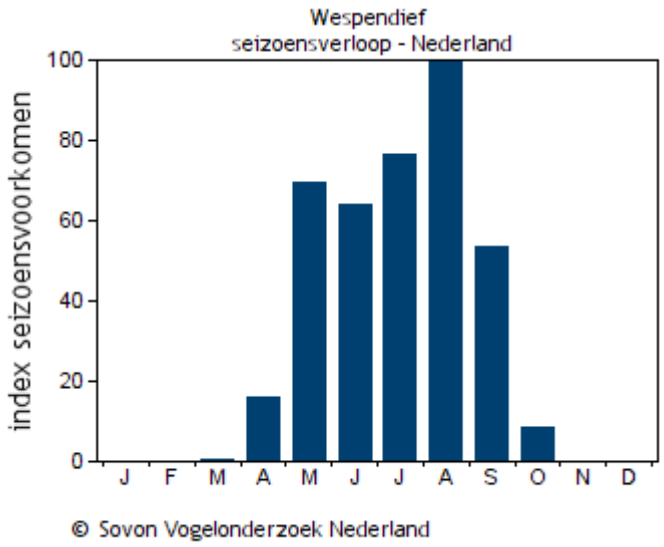
Box 1: Inventarisatie en het vinden van nesten

Om Wespendieven te inventariseren is men aangewezen op het posten vanuit hoge boomtoppen. Vooral de Douglasspar, die ver genoeg boven andere boomsoorten uitsteekt, leent zich hiervoor. Per boomtop werd rond de 2,5 uur gepost, wat onder goede weersomstandigheden voldoende is om territoria te registreren. Daarbij kan ervan uit worden gegaan dat de meeste Wespendieven binnen een straal van 1,5 km zijn opgemerkt (ze kunnen met een verrekijker worden gevolgd tot maximaal 3,5 km).

Bij het interpreteren van waarnemingen naar territoria is gebruik gemaakt van uitsluitende waarnemingen (bijv. de gelijktijdige aanwezigheid van twee territoriumindicerende individuen tijdens één bezoek), maar ook van individuele herkenning van vogels aan de hand van kleur en tekening van het verenkleed (vooral bij sterk variabele mannetjes) en ruipatronen of karakteristieke ontbrekende (delen van) veren. Het boomtopwerk werd in het grootste deel van de Veluwe uitgevoerd door Willem van Manen in nauwe samenwerking met Stef van Rijn.

Van ieder territorium is gecontroleerd of sprake was van een nest met jongen. In de regel is dat vanuit een boomtop vrij makkelijk vast te stellen, want in territoria zonder jongen zijn de vogels doorgaans veel te zien en doen ze vooral inconsistente dingen als paarsgewijs cirkelen en baltsen. Vogels met jongen vertonen gericht gedrag, waarbij doelgericht wordt gependeld tussen foerageerplekken en nest. Voedsel wordt in de poten naar het nest gedragen, maar in geval van kleine wespenraten die vlak onder de staart worden gedragen, is dat ook op korte afstand niet altijd zichtbaar. Voedselvluchten zijn echter vaak dermate doelgericht, dat ze ook vanaf grote afstanden opvallen. Alle territoria met vermoedens van nesten (vaak is dit in eerste instantie niet zeker) zijn opnieuw bekeken,

Zoals in paragraaf 2.1 beschreven zijn Wespendieven niet jaarrond in Nederland aanwezig. De soort arriveert uit de Afrikaanse wintergebieden in Nederland in de loop van april, en vertrekt uit Nederland in de loop van september (zie figuur 2.4). In de maanden oktober tot en met maart is de soort vrijwel geheel afwezig.

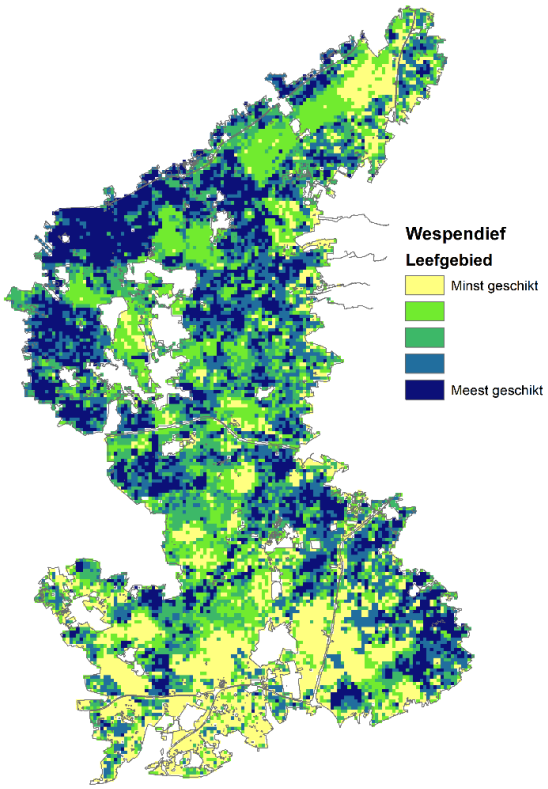


Figuur 2.4 Seizoenspatroon van het voorkomen van Wespendieven in Nederland (bron: Sovon).

Leefgebied

Naast informatie over aantallen Wespendieven in een gebied en de patronen van aanwezigheid van de Wespendief in een gebied in de loop van het jaar, is het belangrijk de verspreiding en in het beste geval de dichtheid van Wespendieven in het gebied te kennen. Op basis van monitoringsgegevens (aanwezigheid van de soort in een nauwkeurig geïnventariseerd telgebied), kennis van de ecologische habitatbehoeftes van de soort en ruimtelijke informatie over habitatkenmerken is het mogelijk een kaartbeeld van het leefgebied van een soort te modelleren. Deze berekeningen zijn recent o.a. voor de Wespendief op de Veluwe uitgevoerd in het kader van het project 'Bouwstenen voor Soortenherstel Beheerplan Natura 2000 Veluwe' (Sierdsema *et al*. 2020a,b; zie ook https://www.sovon.nl/nl/publicaties/natuurbeheer-en-zoneringsmaatregelen-voor-zeven-aangewezen-vogelsoorten-natura-2000).

Voor moeilijk telbare soorten zoals de Wespendief is een specifieke methodiek ontwikkeld om het leefgebied van de soort in beeld te brengen (Sierdsema *et al*. 2020b). Daarbij wordt gebruik gemaakt van geschiktheidsklassen van het leefgebied in combinatie met dichtheden behorend bij de geschiktheidsklassen. Hiertoe is op basis van een ruimtelijk-statistische analyse van de verspreiding van de soort in relatie tot abiotische omgevingskenmerken de potentiële verspreiding per soort in beeld gebracht. Deze informatie is vervolgens omgezet in leefgebiedenkaarten waarin in een beperkt aantal klassen de geschiktheid van het leefgebied is weergegeven (figuur 2.5).



Figuur 2.5 Gemodelleerd beeld van de geschiktheid van het leefgebied op de Veluwe voor de Wespendief (uit Sierdsema et al. 2020 a,b).

2.3 Vliegbewegingen op de Veluwe

Om het habitatgebruik van Wespendieven binnen en buiten het Natura 2000-gebied Veluwe goed in beeld te brengen is in deze studie gebruik gemaakt van beschikbare informatie uit zenderstudies aan de Wespendief. Het gaat daarbij om volwassen Wespendieven die uitgerust zijn met GPS-zenders waardoor informatie over de keuze en locaties van foerageergebieden, vliegafstanden binnen en buiten territoria, vlieghoogtes en vliegsnelheden kan worden geanalyseerd. De zenderstudies zijn uitgevoerd door Stichting Boomtop (www.boomtop.org; zie Van Manen *et al*. 2011) in nauwe samenwerking met UvA BITS (www.uva-bits.nl/). Voor meer achtergrond over het zenderwerk aan Wespendieven verwijzen we naar http://www.uva-bits.nl/species/honey-buzzard/

De Wespendieven zijn gevangen met behulp van een staand mistnet van 6x4 m met een maaswijdte van 10 cm. Onder het net stond een opgezette Oehoe (die als bedreiging wordt gezien) als lokmiddel. De opstelling werd in de buurt van een nest met jongen van tenminste 14 dagen oud gezet. Op deze leeftijd kunnen de jongen onder goede weersomstandigheden hun temperatuur zelf reguleren en zijn ze niet afhankelijk van een broedende ouder. Het vangen van Wespendieven werd uitgevoerd door gecertificeerde veldmedewerkers met een geldige ringvergunning. De Wespendieven zijn voorzien van een zender van UvA-BiTS (www.uva-bits.nl). De zenders, voorzien van een aantal zonnecellen voor energievoorziening, zijn op de rug van de vogels bevestigd met behulp van een teflon tuigje (zie figuur 2.6).

Figuur 2.6 Wespendief vrouw met GPS-zender (Nunspeet 2013, foto Stef van Rijn).

Bewerking van de GPS-data

Uit de verkregen data zijn GPS-punten geselecteerd uit het broedseizoen binnen Nederland. De GPS-punten tijdens de trek en overwintering zijn voor dit onderzoek niet gebruikt. Ook de dag van de vangst is buiten beschouwing gelaten. Aangezien de zenders pas in de loop van het broedseizoen werden aangebracht, beschikten we in het eerste jaar van de zenderstudie niet over een datareeks van het complete broedseizoen. Alleen van vogels die in volgende jaren terugkeerden met een werkende zender beschikten we over datareeksen van het complete broedseizoen (mei–augustus). Net als de vogels verschilden de zenders in levensduur en werd bij sommige individuen de zender vervangen door een nieuw exemplaar, waardoor een individu soms lang gevolgd kon worden. In deze studie varieerde de periode waarin de vogels gevolgd werden van nauwelijks twee broedseizoenen (individu 123) tot wel negen broedseizoenen (individu 56).

De analyse van het vlieggedrag is gebaseerd op in totaal 305.516 GPS-punten afkomstig van 14 Wespendieven. Tussen de individuen is sprake van een grote variatie in de frequentie waarmee GPS-punten werden verzameld, en daarmee ook het totale aantal GPS-punten per individu (tabel 2.1).

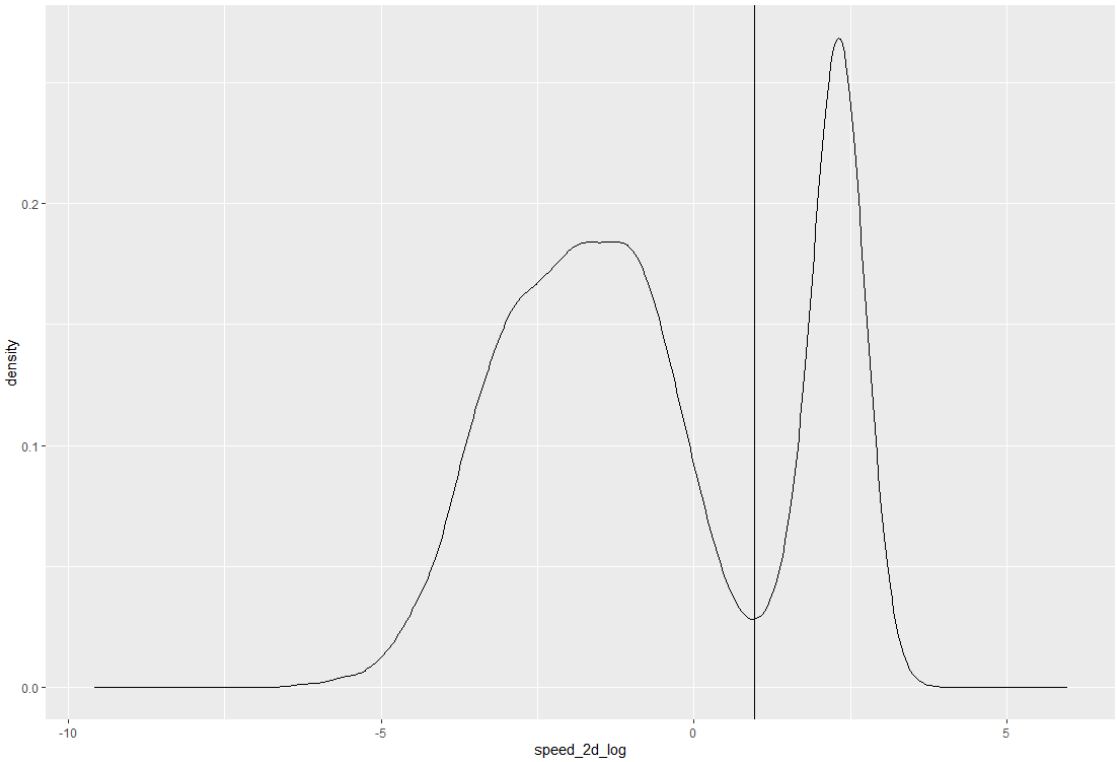
Tabel 2.1 Gevolgde individuen, aantal GPS-punten per individu en de frequentie waarmee de zender van het betreffende individu metingen opsloeg (modus = meest voorkomende frequentie per individu), weergegeven in seconden en minuten.

Individu	Aantal GPS punten	Modus frequentie in seconden	Modus frequentie in minuten
123	4477	972	16,20
178	105194	16	0,27
179	1594	1245	20,75
180	13456	1235	20,58
181	7358	1243	20,72
182	11453	1246	20,77
183	17802	1286	21,43
184	9074	1247	20,78
387	3850	982	16,37
389	20796	1203	20,05
56	78247	621	10,35
57	13710	4	0,07
58	4852	1831	30,52
60	1931	1846	30,77
857	11722	602,5	10,04

De GPS-zender registreert bij elke meting een X-coördinaat, Y-coördinaat, de snelheid in meters per seconden en de vlieghoogte in meters. De vlieghoogte wordt door de UvA-BiTS-database gecorrigeerd voor hoogte boven het maaiveld. Van individu 56, 57, 58 en 60 ontbrak informatie over de vliegsnelheid; deze individuen werden daarom niet meegenomen in de analyse van het vlieggedrag. Vanwege de grote verschillen in meetfrequentie (tabel 2.1), werd vervolgens voor de overige individuen op basis van de vliegsnelheid bepaald of een GPS-fix een punt representeert waarop de vogel wel of niet vloog. Dit is gedaan door in het statistische pakket R voor elk individu apart een '*peak density plot*' te maken van de log-getransformeerde snelheid. Deze plots laten twee toppen zien: een top die alle GPS-punten representeert van

lagere snelheden, waarbij de vogel waarschijnlijk zit of rust en een top die alle GPS-punten representeert van hogere snelheden, waarbij de vogel waarschijnlijk (op)vliegt. Het laagste punt in het dal tussen deze toppen werd gebruikt als afkappunt voor snelheid om voor elk GPS-punt te bepalen of de vogel wel of niet vloog. Een voorbeeld hiervan is te zien in figuur 2.7.

Ook is van elk punt bepaald in welk habitat het gelegen was. Hiervoor is gebruik gemaakt van de CBS-bodemstatistiekkaart uit 2015; een gedetailleerde kaart die landgebruik weergeeft. De legenda van deze kaart werd voor dit project vereenvoudigd naar vijf klassen: bos, open natuur, natte natuur, agrarisch gebied en bebouwing. Met behulp van R (packages maptools en gdata) zijn alle GPS-punten vervolgens gekoppeld aan de habitatkaart.



Figuur 2.7 Peak density plot voor individu 178. Te zien is een brede top aan de linkerkant van de verticale streep. Deze top representeert alle GPS-punten waar de zender een relatief lage snelheid registreerde. De top aan de rechterkant van de verticale streep representeert alle GPS-punten waar de zender een relatief hoge snelheid representeerde. De verticale streep geeft het afkappunt weer: alle punten hieronder zijn vastgelegd als zitten/rusten; alle punten hierboven zijn vastgelegd als vlieggedrag. Getalsmatig betreft dit voor individu 178 een log-getransformeerd afkappunt van 0,95796. Omgerekend naar meters per seconden is ligt dat afkappunt op een vliegsnelheid van 2,606374 m/s (of 9,38 km/u).

Berekening van vlieghoogte, vliegsnelheid en vliegtijd

Voor het in deze studie gebruikte aanvaringsmodel (zie hoofdstuk 3) zijn de parameters vlieghoogte, vliegsnelheid en vliegtijd bepaald op basis van de GPS-punten uit de zenderstudie. De vlieghoogteverdeling is berekend op basis van frequentietabellen van de aantallen en percentages GPS-punten per geregistreerde hoogte in meters boven het maaiveld. Hierbij is onderscheid gemaakt naar geslacht, tijdstip van de dag, maand van het

jaar (mei t/m augustus) en habitat. Bij elke frequentietabel is per klasse de mediaan berekend en is een boxplot gemaakt in R. Deze data worden getoond in hoofdstuk 3 (figuren 3.8 en 3.9).

De vliegsnelheid is berekend in R door gemiddelde +/- standaarddeviatie (SD), mediaan en interkwartielafstand van de vliegsnelheid uit te drukken per geslacht, tijdstip van de dag, maand van het jaar (mei t/m augustus) en habitat. Daarnaast is de vliegsnelheid weergegeven in boxplots (zie figuur 3.10).

Tenslotte is in R de vliegtijd per uur berekend volgens de methode van Schaub *et al*. (2020). Daarbij is de dag verdeeld in uur-bins en wordt per uur het aantal GPS-punten in vlucht geteld en het totaal aantal GPS-punten. Daarna werd de proportie GPS-punten in de lucht ten opzichte van het totaal berekend en vermenigvuldigd met 60 minuten om de gekwantificeerde vliegtijd per uur in minuten weer te geven. De som van de vliegtijd in minuten per uur is de totale vliegtijd op een dag. De vliegtijd is ook berekend uitgesplitst naar habitat en maand.

3 Opzet modelstudie

3.1 Inleiding

De plaatsing van windturbines op of nabij de Veluwe kan leiden tot aanvaringsrisico's bij Wespendieven en andere soorten. Uit verschillende onderzoeken komt naar voren dat roofvogels gevoelig zijn voor aanvaringen met windturbines (Thaxter *et al*. 2017, Buij *et al*. 2018). De kans dat een Wespendief daadwerkelijk in aanvaring met een turbine komt, wordt bepaald door verschillende factoren, die in deze studie nader worden uitgewerkt.

Niet iedere vogel die in de buurt van een windpark vliegt komt noodzakelijkerwijs in aanraking met de turbines. Vogels kunnen het windpark mijden, zoals is waargenomen bij ganzen en kraanvogels (Grünkorn *et al*. 2016); vogels kunnen op hoogtes vliegen die niet overlappen met de rotorzone van de turbines, zoals bijvoorbeeld bij migratievluchten op grote hoogte; of zij kunnen de draaiende rotorbladen proberen te ontwijken zodra zij in de buurt van een turbine komen. Uiteindelijk wordt het aantal aanvaringsslachtoffers bepaald door het aantal vliegbewegingen op rotorhoogte dat door het windpark plaatsvindt, de kans dat een vogel succesvol een draaiende turbine weet te ontwijken, en als dat niet gebeurt, de kans op aanvaring bij een vlucht door de rotorzone.

In dit onderzoek is gebruik gemaakt van een aanvaringsmodel (Band 2012, Masden 2015) om de mortaliteit onder Wespendieven te kunnen berekenen. Dit model is gebaseerd op een groot aantal verschillende parameters (tabel 3.5) die invloed hebben op de aanvaringskans; een uitgebreide beschrijving van deze parameters is te vinden in paragraaf 3.4. Een centrale rol in deze modelstudie ligt bij het kwantificeren van de hoeveelheid vliegbewegingen van Wespendieven op en nabij de Veluwe. Deze analyse is gebaseerd op de data van de GPS-zenders waarmee verschillende Wespendieven op de Veluwe in de afgelopen jaren zijn uitgerust (zie hoofdstuk 2). Een beschrijving van de patronen wordt gegeven in paragraaf 3.4.

Zoals ieder model is ook een aanvaringsmodel een simplificatie van de werkelijkheid, waarbij aannames en onzekerheden in zekere mate een rol spelen. De resultaten moeten daarom in het licht worden gezien van de beperkingen die noodzakelijkerwijs aan het model ten grondslag liggen. Uit slachtofferonderzoek in windparken is gebleken dat soms aanzienlijke verschillen bestaan tussen de daadwerkelijk gevonden slachtoffers en de vooraf voorspelde mortaliteit. Bij de interpretatie van de uitkomsten wordt in de Synthese (hoofdstuk 7) geduid in hoeverre de resultaten voldoende zekerheid bieden ten aanzien van beleidskeuzes, en waar mogelijke onzekerheden of leemten in kennis liggen.

3.2 Scenarioanalyse

In deze modelstudie zijn verschillende scenario's doorgerekend, waarin de effecten van verschillende waarden van bepaalde parameters zijn geanalyseerd. Zo kan een inschatting worden gemaakt van de invloed die een bepaalde parameter heeft op de resultaten. De scenario's hebben betrekking op de volgende parameters:

- **Aantal turbines**: de mortaliteitsberekeningen zijn gedaan voor scenario's waarin 10, 25, 50, 75 en 100 turbines worden geplaatst.
- **Turbines op de Veluwe of daarbuiten**. In de modelanalyses is ten eerste berekend wat de effecten zijn als turbines op de Veluwe, dus binnen het Natura 2000-gebied,

zouden worden geplaatst. Ten tweede zijn de effecten berekend van turbines die buiten het gebied zouden worden geplaatst, in stappen van 1 km tot een afstand van 8 km van de rand van de Veluwe. Deze maximale afstand is gebaseerd op de patronen in vliegbewegingen buiten de Veluwe.

- **Turbinetype:** in de berekeningen wordt uitgegaan van twee turbineklassen, namelijk een middelgrote turbine met een ashoogte van 100 m en een rotordiameter van 120 m (tiphoogte 160 m), en een grote turbine met een ashoogte van 160 m en een rotordiameter van 160 m (tiphoogte 240 m).
- **Ontwijkingskans:** de mate waarin een vogel erin slaagt om succesvol een turbine te ontwijken is een belangrijke factor in de berekening van de aanvaringskansen. In de analyses van het aantal aanvaringen is met vier verschillende percentages voor de ontwijkingskans gerekend, namelijk 95%, 98%, 99% en 99,5%.

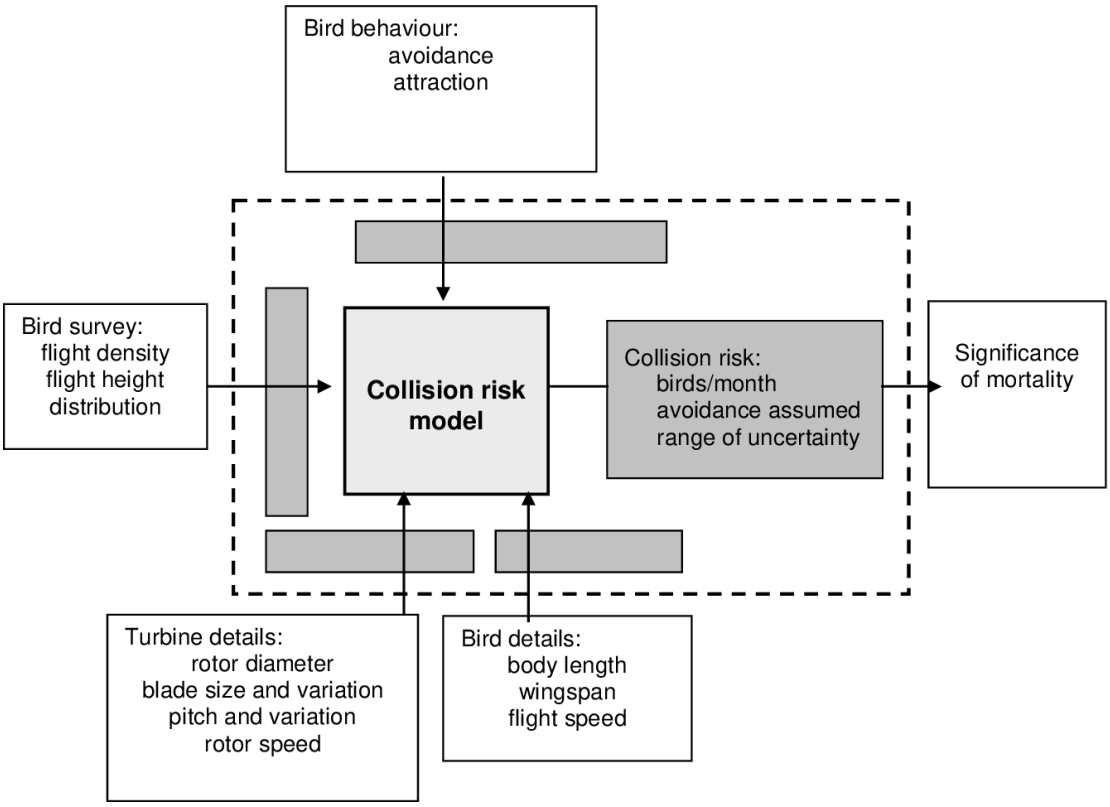
Een onderbouwing van bovenstaande parameters is gegeven in paragraaf 3.4.

3.3 Aanvaringsmodel

De berekening van de mortaliteit (het aantal aanvaringsslachtoffers) onder Wespendieven bij de turbines vindt plaats met behulp van een aanvaringsmodel. Dergelijke modellen spelen een belangrijke rol in het kwantificeren van de verwachte mortaliteit als gevolg van aanvaringen met windturbines, onder andere in effectbeoordelingen zoals milieueffectrapportages (MER). Een overzicht van het model, met de verschillende relevante inputparameters, is weergegeven in figuur 3.1. In grote lijnen is het model gebaseerd op de volgende parameters:

- Aantal vliegbewegingen per tijdseenheid dat de turbines kruist. Dit is afhankelijk van het aantal vogels in het gebied, het vlieggedrag en het ruimtegebruik;
- Het percentage van de vliegbewegingen dat op rotorhoogte plaatsvindt;
- De kans dat een vogel succesvol het windpark of de rotor van een individuele turbine weet te ontwijken;
- De kans dat een vogel die door de rotorzone vliegt wordt geraakt door een rotorblad. Dit is afhankelijk van o.a. de grootte en vliegsnelheid van de vogel en de draaisnelheid van de rotorbladen.

Ten aanzien van bovenstaande factoren zijn verschillende nuanceringen te maken. Zo varieert het aantal vogels in de loop van het jaar, als gevolg van migratie en de aanwas van juveniele vogels. Ook varieert de windsnelheid en daarmee de rotatiesnelheid van de rotorbladen. Daarnaast kunnen het onderliggende terreintype, het tijdstip op de dag of het moment in het seizoen, het gedrag, de leeftijd van de vogel, en verschillende andere factoren van invloed zijn op het vlieggedrag en daarmee op de aanvaringskansen. De variatie in de relevante variabelen wordt in de analyses meegenomen door gebruik te maken van een stochastisch model, m.a.w. een model dat is gebaseerd op een bepaalde kansverdeling van een specifieke variabele (zie onder voor meer details). In het model worden deze variabelen en de kansverdeling waar nodig gekwantificeerd. Indien dit niet mogelijk is, wordt een realistische aanname gedaan en wordt de invloed hiervan op de uitkomsten zo goed mogelijk geduid (zie hoofdstuk 7).



Figuur 3.1 Globale structuur van het aanvaringsmodel (bron: Band 2012). Voor details zie tekst.

De eerste stap in het model bestaat uit een analyse van de kans op aanvaring met één van de rotorbladen wanneer een vogel door de rotorzone vliegt. Deze analyse is gebaseerd op het *Band Collision Model* (kortweg Band model) dat is ontwikkeld door Scottish Natural Heritage (Band 2012). Het Band model is gebaseerd op eigenschappen van de betreffende vogelsoort (vliegsnelheid, lichaamslengte, spanwijdte) en van de turbine (rotordiameter, draaisnelheid van de rotorbladen). Er worden daarbij enkele eenvoudige aannames gedaan, waaronder een constante vliegsnelheid voor alle vogels, een gelijke verdeling van het aantal vogels dat met meewind en met tegenwind vliegt, etc. Zie Band (2012) voor meer details.

De tweede stap in het model bestaat uit het kwantificeren van het aantal vliegbewegingen nabij de turbines. Uitgaande van een bepaalde aanvaringskans bij een vlucht door de rotorzone zoals berekend door het Band model, wordt het aantal aanvaringsslachtoffers vooral bepaald door de hoeveelheid vliegbewegingen dat door de rotorzone plaatsvindt. Dit hangt op zijn beurt weer af van de aantallen vogels, de hoogte waarop zij vliegen, en de kans dat een vogel succesvol de turbine weet te ontwijken. Data m.b.t. vlieghoogtes en vliegbewegingen zijn afkomstig van de gezenderde Wespendieven (zie hoofdstuk 2 en paragraaf 3.4).

De derde stap bestaat uit het bepalen van de ontwijkingskans. Vogels kunnen op verschillende schaalniveaus de turbines ontwijken, zoals vermijding van het gehele windpark, of ontwijking van een individuele turbine. De mate waarin een vogel erin slaagt om succesvol de turbines te ontwijken is één van de belangrijkste parameters in de berekening van het uiteindelijke aantal slachtoffers.

De vierde en laatste stap in de modelanalyse is het integreren van de voorgaande stappen en interpretatie van de uitkomsten. Niet ieder aanvaringsslachtoffer heeft noodzakelijkerwijs een negatief effect op de populatie; dit is afhankelijk van de grootte van de populatie, de trend (neemt de populatie toe of af) en andere populatiedynamische parameters.

Zoals gezegd is gebruik gemaakt van een stochastisch aanvaringsmodel (Masden 2015) waarbij de variatie en onzekerheden in bepaalde parameters expliciet zijn meegenomen in de berekeningen. Dit is een belangrijke verbetering van het oorspronkelijke Band model. De waarde die voor een bepaalde parameter in het model wordt gehanteerd kan dus variëren, afhankelijk van de kansverdeling. De uitkomsten zijn gebaseerd op 1.000 simulaties. Als voorbeeld: de kans op aanvaring is o.a. afhankelijk van de draaisnelheid van de rotorbladen, en deze is weer afhankelijk van de windsnelheid. De windsnelheid varieert van uur tot uur en van dag tot dag; deze variatie is gekwantificeerd op basis van de spreiding (standaard deviatie) rondom het gemiddelde. Dit resulteert in een bepaalde kansverdeling. In iedere simulatie van het model wordt een waarde uit deze kansverdeling getrokken. Door het model 1.000 maal te draaien wordt de spreiding en foutmarge in de uitkomsten (aantal slachtoffers per tijdseenheid) gekwantificeerd.

3.4 Inputparameters

In de volgende secties wordt een onderbouwing gegeven van de waarden die voor de verschillende inputparameters in het model zijn gebruikt. Een samenvattend overzicht van de relevante parameters in het aanvaringsmodel wordt aan het eind van dit hoofdstuk gegeven in tabel 3.1.

Turbinetype
De grootte van de turbine is van invloed op de aanvaringskans. De belangrijkste factoren hierbij zijn de ashoogte, de afmetingen van de rotorbladen en daarmee samenhangend, de draaisnelheid. De eerste twee variabelen bepalen de hoogte van de rotorzone, i.e. de minimale hoogte van de rotorbladen boven de grond (tiplaagte) en de maximale hoogte boven de grond (tiphoogte). De afmetingen van de rotorbladen bepalen ook het rotoroppervlak en de maximale rotatiesnelheid. In de berekeningen wordt uitgegaan van twee turbineklassen:

- Middelgrote turbine met een ashoogte van 100 m en een rotordiameter van 120 m. De rotorzone bevindt zich dan tussen 40–160 m boven de grond.
- Grote turbine met een ashoogte van 160 m en een rotordiameter van 160 m. De rotorzone bevindt zich dan tussen 80–240 m boven de grond.

Grote turbines hebben bij een gegeven windsnelheid een lagere draaisnelheid (in omwentelingen per minuut, rpm) dan kleine turbines. Moderne turbines met een rotordiameter groter dan 80 m hebben meestal een draaisnelheid tussen 5–15 rpm; hoe groter de diameter, hoe lager de maximale draaisnelheid. Als voorbeeld, een Enercon E-126 turbine (één van de grootste windturbines die momenteel in Nederland staan) met een rotordiameter van 126 m en een maximaal vermogen van 7,5 MW heeft een draaisnelheid van 5,0–12,1 rpm. Een lagere draaisnelheid leidt tot een lagere aanvaringskans. In de berekeningen is de aanvaringskans bepaald voor verschillende draaisnelheden tussen ca. 6 en 10 rpm. De snelheid bij de tip van de bladen neemt evenredig toe met de rotatiesnelheid: het eerste turbinetype met een rotordiameter van 120 m heeft bij 6 rpm een tipsnelheid van 136 km/u en bij 12 rpm is dat het dubbele.

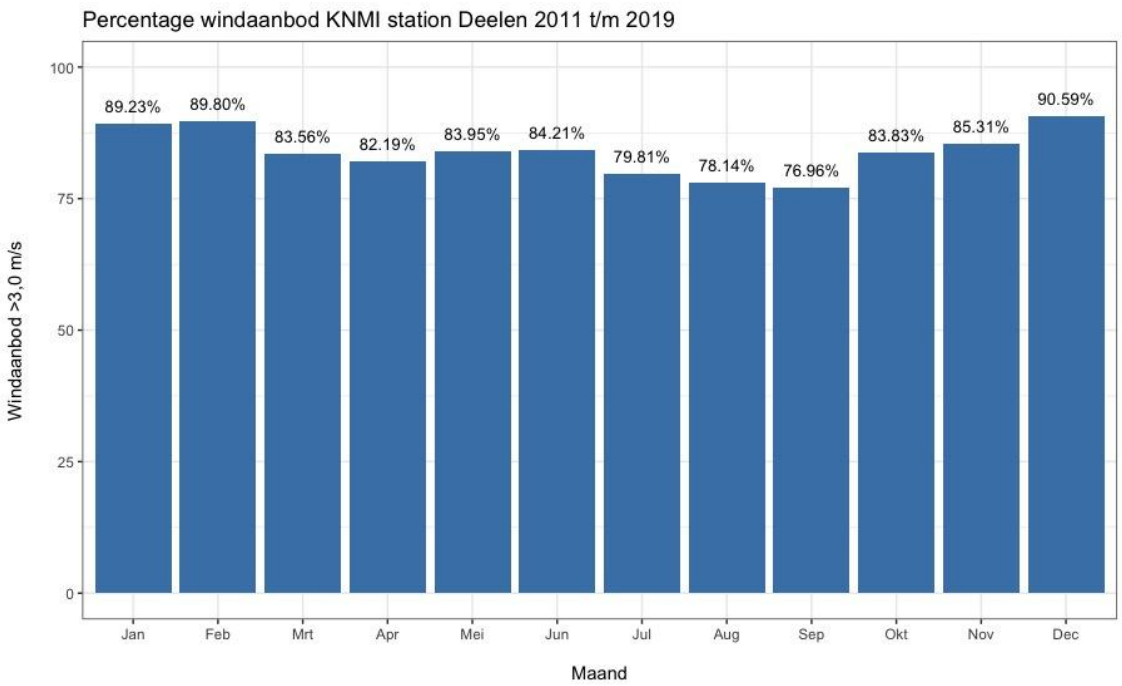
Turbineopstelling
In de modelberekeningen is uitgegaan van lijnopstellingen zonder maximale lengte. De lengte van de opstelling is hierbij een functie van het aantal turbines, waarbij een onderlinge afstand wordt aangehouden van vijfmaal de rotordiameter (Schöne 2007). Bij de middelgrote turbines komt dit neer op 600 m en bij de grote turbines is dit 800 m. Als voorbeeld, een windpark bestaande uit 10 middelgrote turbines heeft in het model een lengte van 5.400 m.

Windsnelheid
Als gemiddelde windsnelheid is een waarde van 6,5 m/s aangehouden, gebaseerd op de Windkaart van Nederland op 100 m hoogte (Geertsema & Van den Brink 2014; zie ook www.nationaleenergieatlas.nl). De dagelijkse variatie in windsnelheid is hoog; op basis van de daggemiddelde windsnelheden in 2019 bij KNMI station Deelen bedraagt de standaard deviatie ca. 50% van de gemiddelde waarden. Als standaard deviatie is daarom een waarde van 3,25 aangehouden. NB: de variatie tussen jaren is vele malen kleiner, hier bedraagt de standaard deviatie meestal 4–6% van het jaargemiddelde (Ronda et al. 2017, Pryor et al. 2018). De rotatiesnelheid is afhankelijk van de windsnelheid; de analyses zijn gebaseerd op de aanname dat de turbines niet operationeel zijn bij windsnelheden lager dan 3,0 m/s.

Windaanbod en percentage operationeel
Turbines die stilstaan veroorzaken in principe geen aanvaringsslachtoffers (uitzonderingen daargelaten, zoals vogels die tegen de mast aanvliegen). Gemiddeld staat een turbine ongeveer 25% van het jaar stil omdat het niet hard genoeg waait (Bakema & Scholtens 2015). De meeste stilstand vindt plaats in het voorjaar en de zomermaanden, aangezien het dan gemiddeld minder hard waait dan in het najaar en de wintermaanden (Bakema & Scholtens 2015). Het percentage dat de turbines potentieel in bedrijf zijn is berekend aan de hand van het windaanbod, m.a.w. de beschikbaarheid van windsnelheden waarbij de turbines operationeel zijn.

De analyse is gebaseerd op de gemiddelde windsnelheid per uur bij KNMI station Deelen, in het zuiden van de Veluwe, in de periode 2011 t/m 2019. De windsnelheden zijn omgerekend naar de snelheid op 100 m hoogte (de ashoogte van een middelgrote turbine) aan de hand van een logaritmisch windprofiel met de formule $v_{100} = v_{10} \times \ln(100/0{,}4) / \ln(10/0{,}4)$. De waarde 0,4 is de zogenaamde ruwheidslengte van het landschap, en is representatief voor een ‘ruw’ halfopen landschap met veel obstakels zoals stukken bos, boerderijen etc. Zoals hiervoor gezegd is de aanname gedaan dat de turbines niet operationeel zijn bij windsnelheden lager dan 3,0 m/s. Deze waarde is vrij conservatief gekozen om een niet te ruim beeld van de potentiële stilstand te krijgen. De uitkomsten zijn gegroepeerd per maand en weergegeven in figuur 3.2. In de periode dat Wespendieven in Nederland verblijven varieert het windaanbod tussen 77–84%.

Als percentage stilstand voor onderhoud is een vast percentage per maand van 2% aangehouden (zie Bakema & Scholtens 2015, Olauson *et al*. 2018).



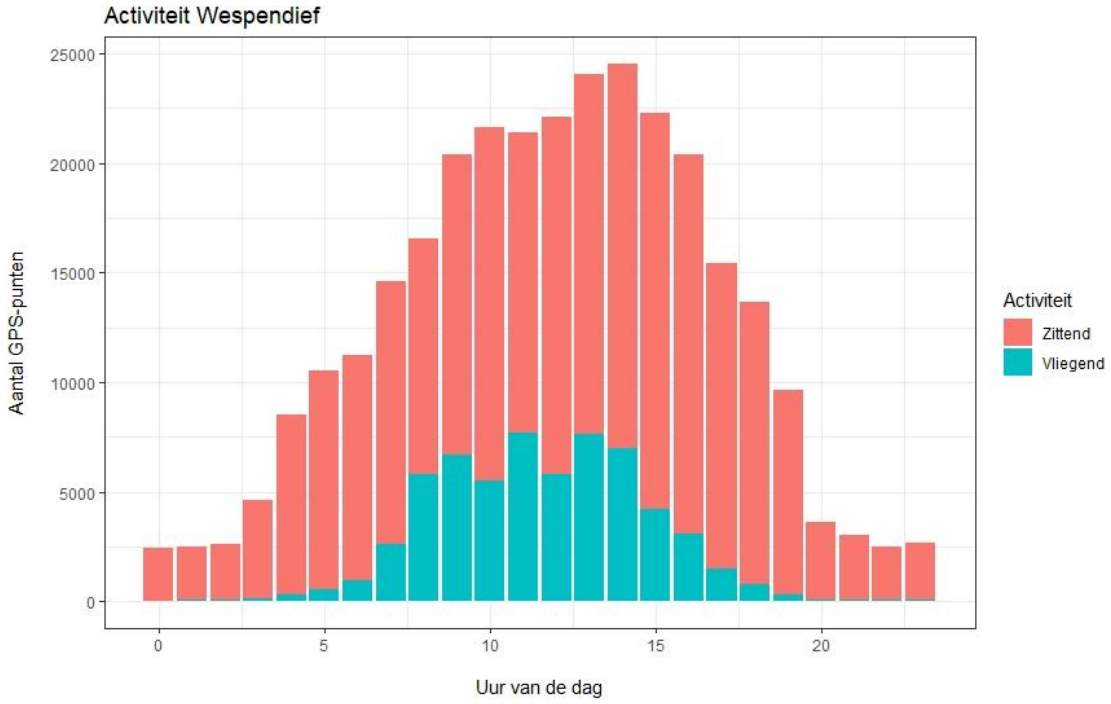
Figuur 3.2 Percentage van de tijd per maand waarin de turbines operationeel zijn, gebaseerd op het windaanbod.

Lichaamslengte en spanwijdte

De grootte van een vogel is van invloed op de aanvaringskans. De lichaamslengte van een Wespendief ligt tussen 52–60 cm, waarbij de vrouwen 1–3% groter zijn dan mannen en ongeveer 8% zwaarder (Ferguson-Lees & Christie 2001). In de modelberekeningen is voor mannen een gemiddelde lichaamslengte van 55 cm en voor vrouwen van 57 cm gehanteerd. De spanwijdte is berekend op basis van vleugelmetingen van de Wespendieven die op de Veluwe zijn gezenderd. De berekende spanwijdte van mannen varieert tussen 120–132 cm en die van vrouwen tussen 125–145 cm. De spanwijdtes gehanteerd in het aanvaringsmodel zijn 126 cm (SD=2) voor mannen en 134 cm (SD=2) voor vrouwen.

Vliegactiviteit

De Wespendief is een dagactieve soort. In het aanvaringsmodel is gebruik gemaakt van de breedtegraad (52,2) om de daglengte te berekenen, m.a.w. de tijdspanne waarin de vogels actief zijn. Aangezien alleen vliegende vogels relevant zijn in het kader van aanvaringen met turbines, is op basis van de gezenderde Wespendieven berekend welk percentage van de tijd vliegend en zittend wordt doorgebracht, analoog aan de analyses van Schaub *et al*. (2020). Hiervoor zijn ruim 300.000 GPS-punten geclassificeerd in vliegend en zittend per uur van de dag (figuur 3.3). Samengevat wordt tussen 5 uur ’s ochtends en 20 uur ’s avonds gemiddeld 180 minuten vliegend doorgebracht, oftewel 20% van de tijd.



Figuur 3.3 Vliegactiviteit van de Wespendief op en nabij de Veluwe.

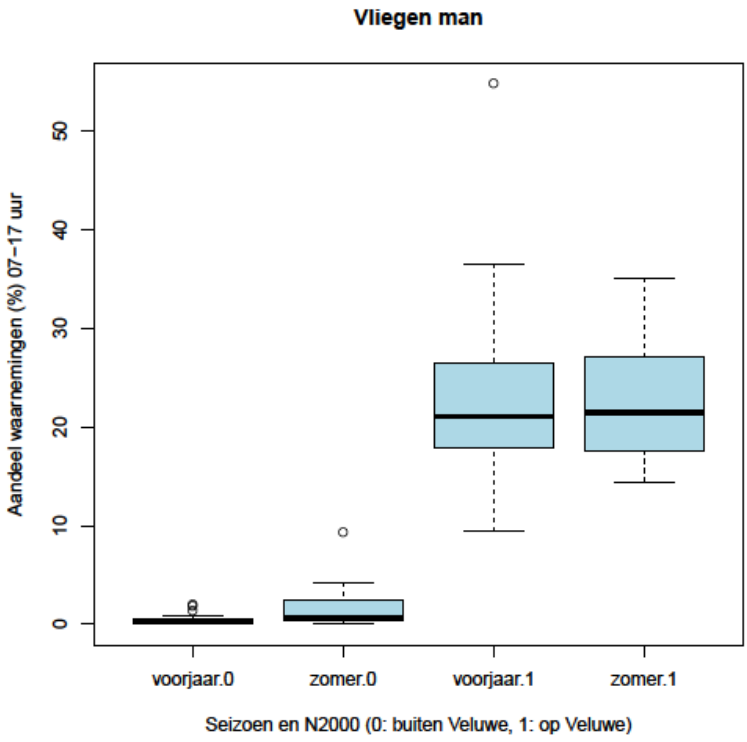
Activiteit binnen en buiten de Veluwe

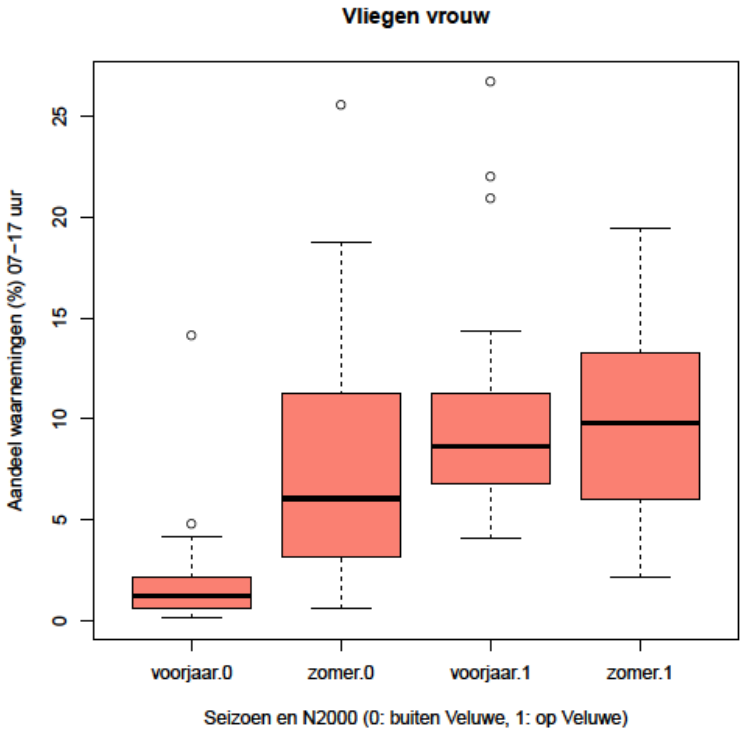
Figuur 3.4 laat zien dat Wespendieven een groter deel van hun tijd op de Veluwe dan daarbuiten doorbrengen. Met name mannelijke Wespendieven komen relatief weinig buiten de Veluwe; zowel in het voorjaar als de zomer wordt nauwelijks buiten de Veluwe gevlogen (figuur 3.4 bovenaan, tabel 3.1). Bij de vrouwelijke vogels is het percentage vliegwaarnemingen buiten de Veluwe in het voorjaar ook laag, en in de broedperiode wordt er door de vrouwen überhaupt minder gevlogen dan de mannen. In de zomer ligt dit anders: dan wordt gemiddeld 6% van de dagtijd buiten de Veluwe doorgebracht, en 38% van alle vliegende waarnemingen zijn dan buiten de Veluwe. De vrouwelijke vogels vliegen dan ook verder dan mannen. Dit wordt nader besproken in de volgende paragraaf.

De percentages vliegactiviteit buiten de Veluwe zijn gebruikt als correctie op de effectieve dichtheden per maand (zie volgende sectie).

Tabel 3.1 Percentages vliegwaarnemingen (mediane waarden) binnen en buiten de Veluwe in het voorjaar (mei-juli) en de zomermaanden (aug-sep).

	Voorjaar		**Zomer**	
Geslacht	**Op Veluwe**	**Buiten Veluwe**	**Op Veluwe**	**Buiten Veluwe**
Man	21,06	0,24	21,47	0,66
Vrouw	8,65	1,24	9,81	6,06





Figuur 3.4 Percentages vliegactiviteit van de Wespendief binnen en buiten de Veluwe, bij mannen (boven) en vrouwen (onder).

Dichtheid aan vogels

De aanvaringskans van een Wespendief bij een éénmalige vlucht door de rotorzone van een turbine is afhankelijk van de vliegsnelheid van de vogel en de draaisnelheid van de rotorbladen. Het aantal aanvaringen wordt dan bepaald door het aantal vliegbewegingen dat door de rotorzone plaatsvindt. Dit is afhankelijk van het aantal vliegbewegingen van Wespendieven nabij de turbines, de hoogte waarop wordt gevlogen, het aantal turbines dat wordt gekruist en de ontwijkingskans.

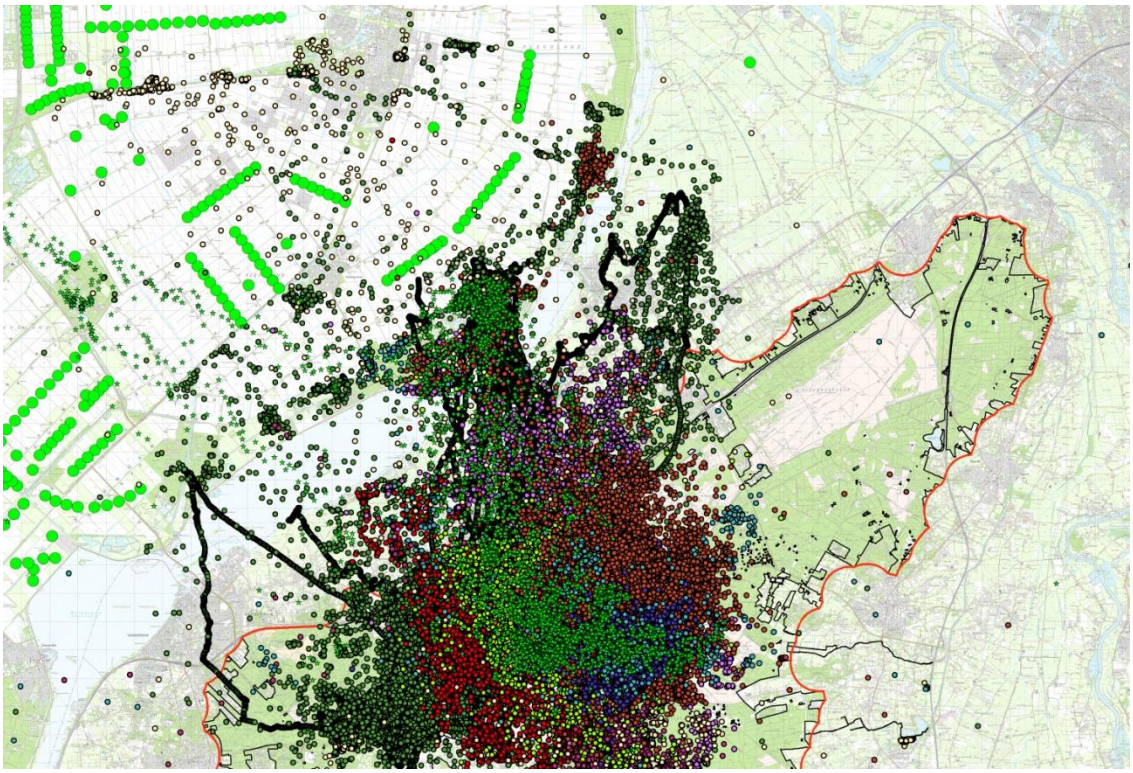
De intensiteit van vliegbewegingen ter hoogte van het windpark wordt gekwantificeerd door de flux. Normaliter wordt de flux geduid als het aantal vliegbewegingen dat per uur een denkbeeldige lijn van 1 km lengte kruist. In de huidige versies van het Band model wordt een proxy gebruikt, namelijk de dichtheid aan vogels ter hoogte van het windpark. Het Band model gaat uit van een constante flux van vogels door het windpark (Masden & Cook 2016). Met andere woorden, het model is gebaseerd op de aanname dat er op ieder moment vogels in het windpark aanwezig zijn, die – afhankelijk van de vliegsnelheid – een bepaalde tijd nodig hebben om door het windpark en de rotorzone van de turbines te vliegen (Masden & Cook 2016). In het geval van de Wespendief is de situatie ingewikkelder, omdat de flux afhankelijk is van de locatie van de turbines ten opzichte van de nestlocaties en het leefgebied op de Veluwe. Hoe verder de turbines van de Veluwerand zijn gesitueerd, hoe kleiner de kans dat een Wespendief überhaupt in de buurt van de turbines komt. Een vergelijkbare situatie speelde in een studie door Eichhorn *et al*. (2012) naar aanvaringsrisico's van Rode wouwen in Duitsland; hierbij hebben de onderzoekers een ruimtelijke component in het model ingebracht waarbij gecorrigeerd wordt voor de afstand tot de nestlocatie. In onderhavig onderzoek wordt een soortgelijke aanpak gehanteerd, waarbij de aanvaringsrisico's zijn gemodelleerd voor verschillende afstanden tot de grens van het Natura 2000-gebied Veluwe. Hierbij zijn afstandsklassen van 1 km met een minimum van 0 km en een maximum van 8 km gehanteerd. Er is hierbij geen onderscheid gemaakt in de kwaliteit van het habitat voor de Wespendief, of specifieke locaties in het gebied, m.a.w. de toegepaste afstandscorrectie voor de dichtheid is gelijk voor alle terreintypen en alle locaties rondom het Natura 2000-gebied. In de werkelijkheid is waarschijnlijk wel degelijk sprake van variatie in habitatkwaliteit of ruimtegebruik; dit zou door aanvullende veldwaarnemingen in de nazomer (juli, augustus) kunnen worden onderzocht. De afstandscorrectie is gebaseerd op de kans dat een Wespendief op een bepaalde afstand van de Veluwerand aanwezig is; deze is weer berekend aan de hand van de GPS-data van de gezenderde Wespendieven op de Veluwe (zie hoofdstuk 2). Als laatste stap in de berekening van de fluxen is gecorrigeerd voor het percentage van de dag dat vliegend wordt doorgebracht (zie vorige sectie).

Gebaseerd op 94 broedparen op de Veluwe komt de gemiddelde dichtheid uit op 0,143 per km^2 in geschikt leefgebied. Voor één sexe is dat de helft (0,0715). In mei, juni en juli heeft de effectieve dichtheid betrekking op alleen de oudervogels omdat in deze periode geen (vliegvlugge) juveniele vogels aanwezig zijn. In augustus is dat wel het geval en de juvenielen tellen dan mee in de berekening van de aanvaringsrisico's. In september zijn vrijwel alle adulte vogels weer op migratie en zijn voornamelijk nog juvenielen aanwezig; de dichtheid is dan gebaseerd op uitsluitend juveniele vogels. Voor de afstandscorrectie wordt in het model geen onderscheid gemaakt tussen adulte vogels en juvenielen.

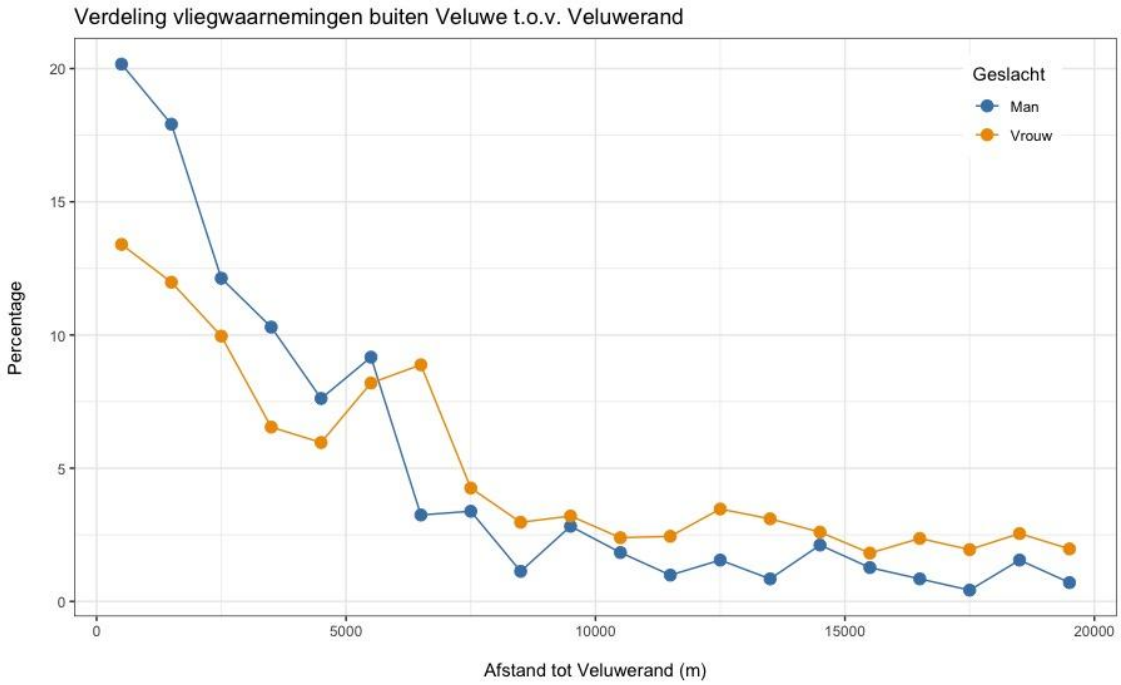
De correctie voor afstand ten opzichte van de Veluwerand is gebaseerd op de patronen die zijn weergegeven in de figuren 3.5 – 3.7. Een deelkaart voor het noordelijk deel van de Veluwe laat zien dat verschillende gezenderde Wespendieven de randmeren overvliegen om voedsel te zoeken in bijvoorbeeld boswachterij Spijk-Bremerberg of Reve-Abbert (figuur 3.5). Deze gebieden liggen op ca. 8–10 km van de rand van het Natura 2000-gebied. Een aantal

Wespendieven vliegt verder, tot Biddinghuizen (12 km) of zelfs tot de strook bos ten westen van Dronten (18 km). Deze afstanden zijn echter niet gebruikelijk en het merendeel van de vogels foerageert binnen afstanden van 8–10 km van de Veluwerand (figuur 3.6). Zoals deze figuur laat zien, vliegen de vrouwelijke Wespendieven gemiddeld verder dan de mannen.

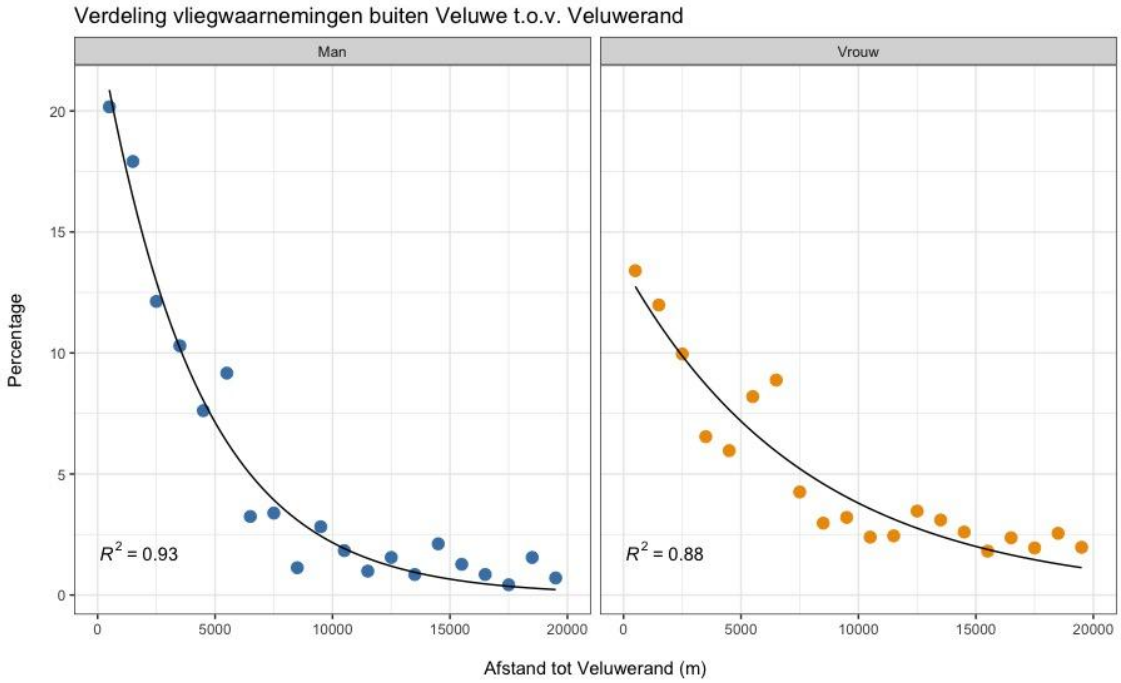
De afname in vliegactiviteit vanaf de Veluwerand is goed te beschrijven met een exponentiële regressiefunctie (figuur 3.7). Aangezien de vogels die ver weg vliegen ook op kortere afstanden voorkomen, is per afstandsklasse cumulatief berekend welk deel tot die afstand van de Veluwerand vliegt. Dit is gedaan door integraalrekening, i.e. berekening van het oppervlak onder de regressiecurve tot de betreffende afstand. De uitkomsten van deze analyse zijn weergegeven in tabel 3.2. Hieruit blijkt dat 8% van de mannen en 22% van de vrouwen (van de vogels die überhaupt buiten de Veluwe komen) tot een afstand van 10 km van de Veluwerand vliegt. De waarden uit tabel 3.2 zijn gebruikt in het aanvaringsmodel om te corrigeren voor de afstand tot de Veluwerand.



Figuur 3.5 Vliegpatronen van enkele gezenderde Wespendieven in het noordelijk deel van de Veluwe.



Figuur 3.6 Vliegactiviteit van Wespendieven buiten de Veluwe, in relatie tot de afstand tot de Veluwerand.



Figuur 3.7 Regressieanalyse van de vliegactiviteit in relatie tot de afstand tot de Veluwerand.

Tabel 3.2 Cumulatieve percentages van de vliegbewegingen van mannelijke en vrouwelijke Wespendieven buiten de Veluwe die tot een bepaalde afstand van de Veluwerand plaatsvinden. De berekening is gebaseerd op de exponentiële regressielijn getoond in figuur 3.7. In deze tabel worden alleen de afstanden tot 10 km gegeven.

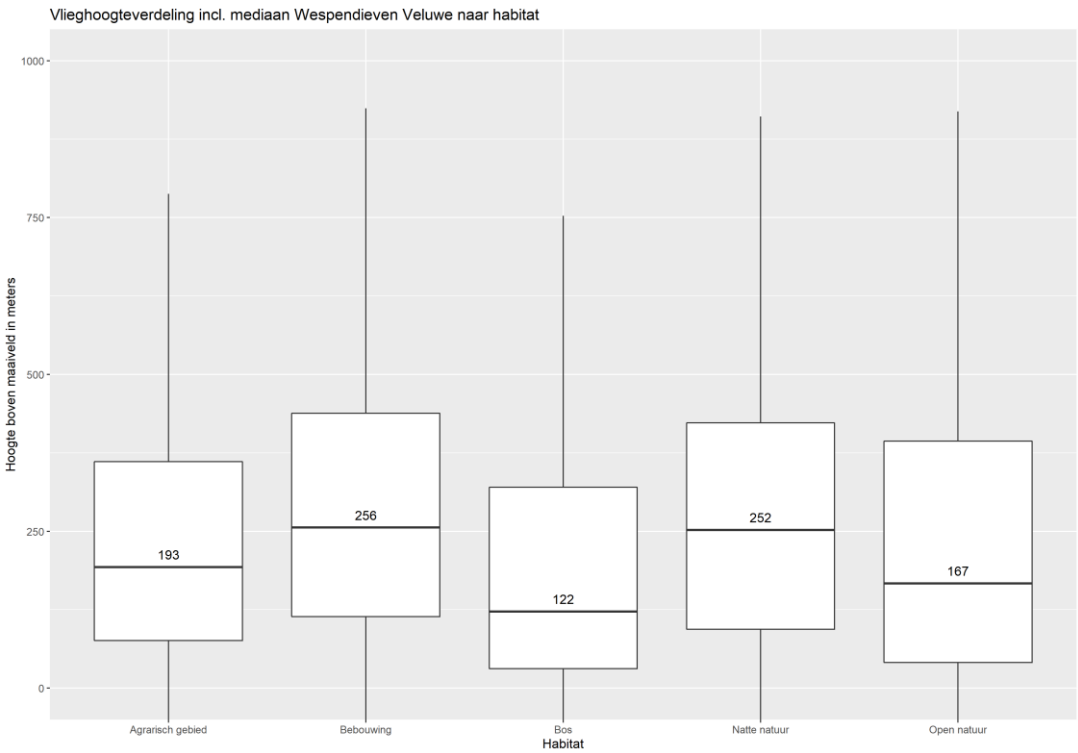
Afstand (m)	Vliegbewegingen man cumulatief	Vliegbewegingen vrouw cumulatief
0	100%	100%
1.000	79%	87%
2.000	62%	76%
3.000	48%	66%
4.000	38%	57%
5.000	30%	49%
6.000	23%	42%
7.000	18%	36%
8.000	14%	31%
9.000	11%	26%
10.000	8%	22%

Vlieghoogtes

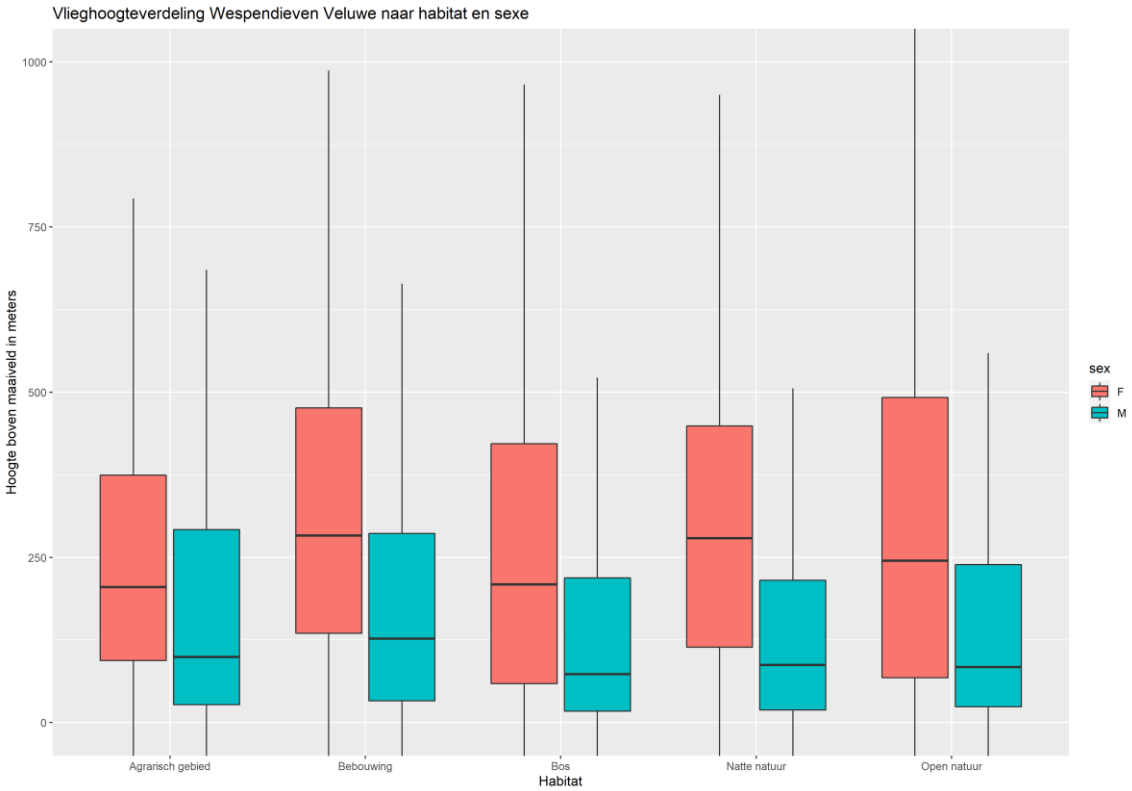
Een belangrijke parameter in het Band model is de verdeling van de vlieghoogtes ten opzichte van de hoogte van de rotor. Op basis van de data van de gezenderde Wespendieven op de Veluwe zijn de vlieghoogtes per habitat op een rij gezet. Het betreft hier de ongecorrigeerde hoogtedata. Vanwege onnauwkeurigheden in de hoogteregistratie van de GPS bevat de dataset ook foutieve metingen, zoals vlieghoogtes lager dan nul of juist op vele kilometers hoogte. Op advies van prof. Willem Bouten, hoogleraar geo-ecologie aan de Universiteit van Amsterdam, zijn de data hiervoor niet gecorrigeerd om geen kunstmatige verdeling in de data te krijgen. Uit figuur 3.8 blijkt dat in bos lager wordt gevlogen dan in open habitattypen zoals agrarisch gebied of natte natuur. Mogelijk komt dit doordat de GPS-punten in bos vaker betrekking hebben op vogels op het nest of op de grond foeragerende vogels. Bij middelgrote turbines met een rotorhoogte van 40–160 m, ligt het percentage van de GPS-punten (onafhankelijk van habitattype) op rotorhoogte op 26,9% (tabel 3.3). Bij grote turbines met een rotorhoogte tussen 80–240 m is dit met 26,8% vrijwel gelijk (tabel 3.3). Het exacte percentage is echter afhankelijk van het betreffende habitattype; in agrarisch gebied loopt bij grote turbines het percentage vliegbewegingen op rotorhoogte op tot ruim 33%.

Tabel 3.3 Percentages van de vliegbewegingen van Wespendief op rotorhoogte bij een middelgrote turbine (40-160 m) en een grote turbine (80-240 m).

Habitat	Mediane vlieghoogte (m)	Percentage GPS-punten op rotorhoogte (40–160 m)	Percentage GPS-punten op rotorhoogte (80–240 m)
Agrarisch gebied	193	27,5	33,3
Bebouwing	256	24,3	28,3
Bos	122	27,2	25,1
Natte natuur	252	30,0	27,6
Open natuur	167	24,6	23,8
Totaal		**26,9**	**26,8**



Figuur 3.8 Verdeling van de vlieghoogtes van Wespendief per habitattype op of nabij de Veluwe.



Figuur 3.9 Verdeling van de vlieghoogtes van mannelijke en vrouwelijke Wespendieven per habitattype op of nabij de Veluwe.

Het percentage vliegbewegingen op rotorhoogte hangt niet alleen af van het habitat, maar ook van het geslacht van de vogel. Zoals is te zien in figuur 3.9, vliegen de vrouwelijke vogels gemiddeld aanzienlijk hoger dan de mannelijke vogels. Zoals gebruikelijk bij roofvogels zijn vrouwelijke Wespendieven groter van formaat dan de mannelijke vogels, en dit kan leiden tot verschillen in vlieghoogte en vliegsnelheid (zie ook de volgende paragraaf).

In het aanvaringsmodel is gebruik gemaakt van de exacte verdeling van de vlieghoogtes per geslacht. Hiervoor zijn de percentages van het aantal GPS-punten per hoogteklasse van 1 m tot een maximum van 500 m hoogte gebruikt. In het Band model komt deze manier van analyse van de hoogtedata overeen met ‘optie 3’.

Vliegsnelheid

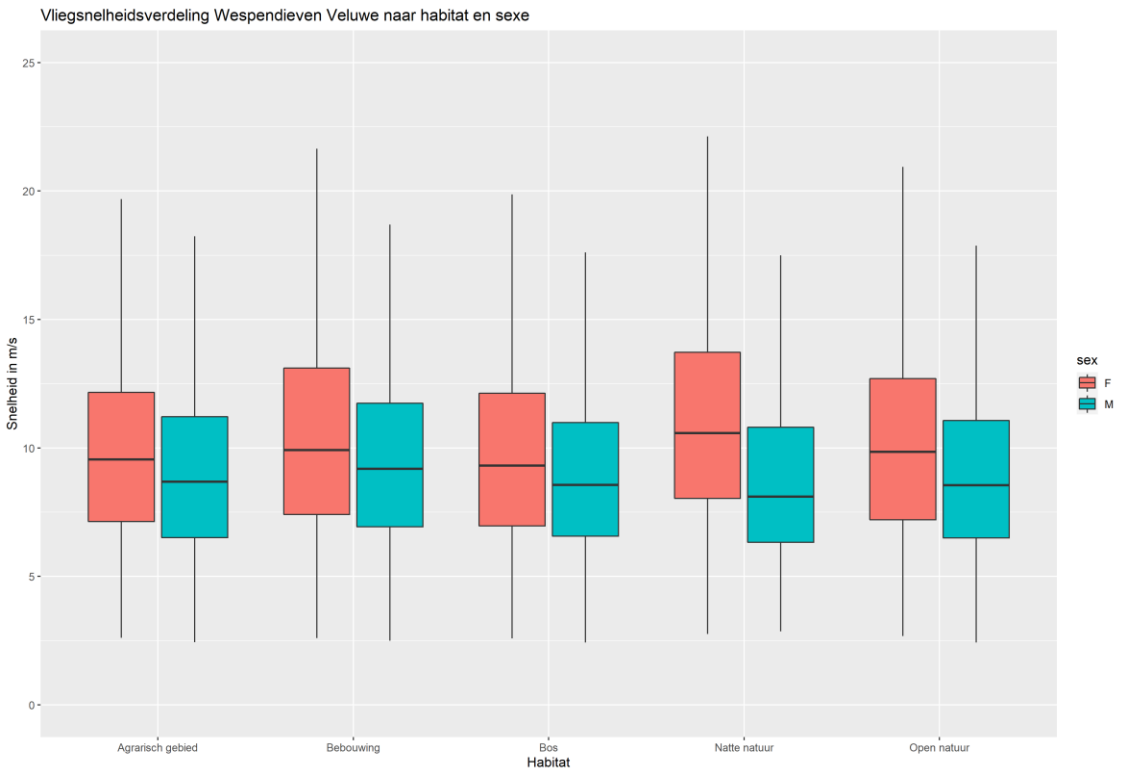
De snelheid waarmee een vogel van een bepaalde lichaamslengte door het rotoroppervlak vliegt, heeft een grote invloed op de kans dat de vogel in aanvaring komt met één van de rotorbladen. Logischerwijs geldt dat hoe hoger de vliegsnelheid, hoe kleiner de aanvaringskans. De vliegsnelheid is geen statisch gegeven maar varieert afhankelijk van het gedrag, het type vliegbeweging, windsnelheid en andere omstandigheden. Op migratie wordt vaak een andere snelheid aangehouden dan tijdens lokale vluchten, en tijdens foerageervluchten kan een andere snelheid worden aangehouden dan tijdens verplaatsingen van bijvoorbeeld het foerageergebied naar het nest.

De vliegsnelheid van Wespendief varieert binnen een aanzienlijke bandbreedte, die ligt tussen grosso modo 5–24 m/s (Bruderer & Boldt 2001). Op basis van tientallen jaren radarmetingen van migrerende vogels op verschillende locaties in Europa, komen Bruderer & Boldt (2001) tot de volgende vliegsnelheden:

- Op migratie: gemiddeld 10,2 m/s, range 8–14 m/s
- Glijvluchten: gemiddeld 14,2 m/s, range 7–27 m/s
- Slagvlucht (flapping flight): gemiddeld 10,1 m/s, range 8–14 m/s
- Gemengd gedrag: gemiddeld 12,1 m/s, range 4–22 m/s
- Cross-country: gemiddeld 9,5 m/s

In een andere studie op basis van radardata verzameld in Zweden komen Alerstam *et al*. (2007) tot een gemiddelde vliegsnelheid van 12,5 m/s.

De GPS-data van de gezenderde Wespendieven op de Veluwe kunnen ook gebruikt worden om vliegsnelheden tijdens lokale verplaatsingen te berekenen. Analoog aan de data van de vlieghoogte (zie vorige sectie) zijn ook de gegevens van vliegsnelheid apart geanalyseerd voor beide geslachten tabel 3.10). Waarschijnlijk als gevolg van verschillen in lichaamsgrootte vliegen de vrouwelijke Wespendieven gemiddeld sneller (9,9 m/s) dan de mannen (9,1 m/s), hoewel de spreiding aanzienlijk is. Dit onderscheid, inclusief de spreiding rond het gemiddelde, is in de mortaliteitsberekeningen expliciet meegenomen. Verschillen in vliegsnelheid per maand, habitat of uur van de dag zijn buiten beschouwing gelaten.



Figuur 3.10 Verdeling van de vliegsnelheid (m/s) van mannelijke en vrouwelijke Wespendieven per habitattype op of nabij de Veluwe.

Ontwijkingskans

Eén van de belangrijkste factoren die het aantal aanvaringen met de turbines bepaalt, en tegelijkertijd een lastige om te kwantificeren, is de kans dat een vogel met succes een turbine weet te ontwijken. Deze ontwijkingskans kan op verschillende niveaus van toepassing zijn (Cook *et al*. 2014). Sommige soorten proberen het gehele windpark te vermijden, waardoor nauwelijks sprake is van vogels die nabij de turbines komen; dit wordt in het Engels *macro-avoidance* genoemd. Soortgroepen die vooral op macroniveau windturbines ontwijken zijn o.a. kraanvogels en ganzen (Grünkorn *et al*. 2016). Andere soorten lijken zich weinig van de turbines aan te trekken en vliegen soms dwars door windparken heen, waarbij de vogels proberen om de individuele turbines te ontwijken; dit is *meso-* of *micro-avoidance*. Voorbeelden van soortgroepen die weinig macro-ontwijking vertonen maar vooral op meso– of microniveau turbines ontwijken zijn o.a. aalscholvers, meeuwen en sterns, en roofvogels. Logischerwijs is bij deze laatste categorie vaker sprake van vliegbewegingen door de rotorzone dan bij de eerste categorie, met een hogere kans op aanvaringen tot gevolg.

Veel roofvogels vertonen weinig tot geen macro-ontwijking en zijn regelmatig in windparken te vinden. Een voorbeeld zijn de kiekendieven die foerageren of soms zelfs in of aan de rand van windparken broeden, zoals bij Windpark Delfzijl-Zuid (Schaub *et al*. 2019). Het voedselaanbod speelt daarbij een grote rol.

De ontwijkingskans (*avoidance rate*) speelt een grote rol in de mortaliteitsberekeningen van aanvaringsmodellen. Indien geen of onvoldoende rekening met ontwijkingsgedrag wordt gehouden, kan dit tot een aanzienlijke overschatting van de voorspelde mortaliteit leiden.

Tegelijkertijd is de ontwijkingskans lastig te kwantificeren. In de praktijk wordt vaak simpelweg het verschil tussen de ‘ruwe’ modelberekening (zonder ontwijkingskans) en het daadwerkelijk aangetroffen aantal slachtoffers (zoals onderzocht in monitoringsprogramma’s) gebruikt om de ontwijkingskans te bepalen (zie Cook *et al*. 2014).

Voor zover bekend is in de wetenschappelijke literatuur voor de Wespendief geen ontwijkingskans bekend. Wel zijn voor diverse andere soorten roofvogels ontwijkingskansen berekend. Deze liggen meestal hoger dan 95%, en in enkele gevallen zelfs hoger dan 98% (tabel 3.4). Met andere woorden, normaliter vindt minder dan 2% tot 5% van de vliegbewegingen uiteindelijk door de rotorzone plaats. Scottish Natural Heritage (2018), de organisatie achter de ontwikkeling van het Band model, adviseert voor soorten waarvoor geen soortspecifieke ontwijkingskans beschikbaar is een ontwijkingspercentage van 98% aan te houden. Vanwege de gevoeligheid van de modelberekeningen voor de ontwijkingskans, is in de analyses van het (cumulatief) aantal aanvaringen met vier verschillende percentages voor de ontwijkingskans gerekend, namelijk 95%, 98%, 99% en 99,5% (conform Vasilakis *et al*. 2017).

Tabel 3.4 Ontwijkingspercentages bij verschillende soorten roofvogels.

Soort	**Ontwijkingskans**	**Bron**
Steenarend	99,5%	Madders *et al*. 2004
Steenarend	98,64 – 99,89%	Whitfield 2009
Zeearend	95%	Scottish Natural Heritage 2018
Grauwe kiekendief	93,5%	Schaub *et al*. 2019
Blauwe kiekendief	97,5 – 99%	Whitfield & Madders 2006a
Rode wouw	98 – 99%	Whitfield & Madders 2006b
Rode wouw	99,2%	Urquhart & Whitfield 2016
Torenva k	95%	Scottish Natural Heritage 2018

Tabel 3.5 Samenvatting van de inputparameters in het aanvaringsmodel.

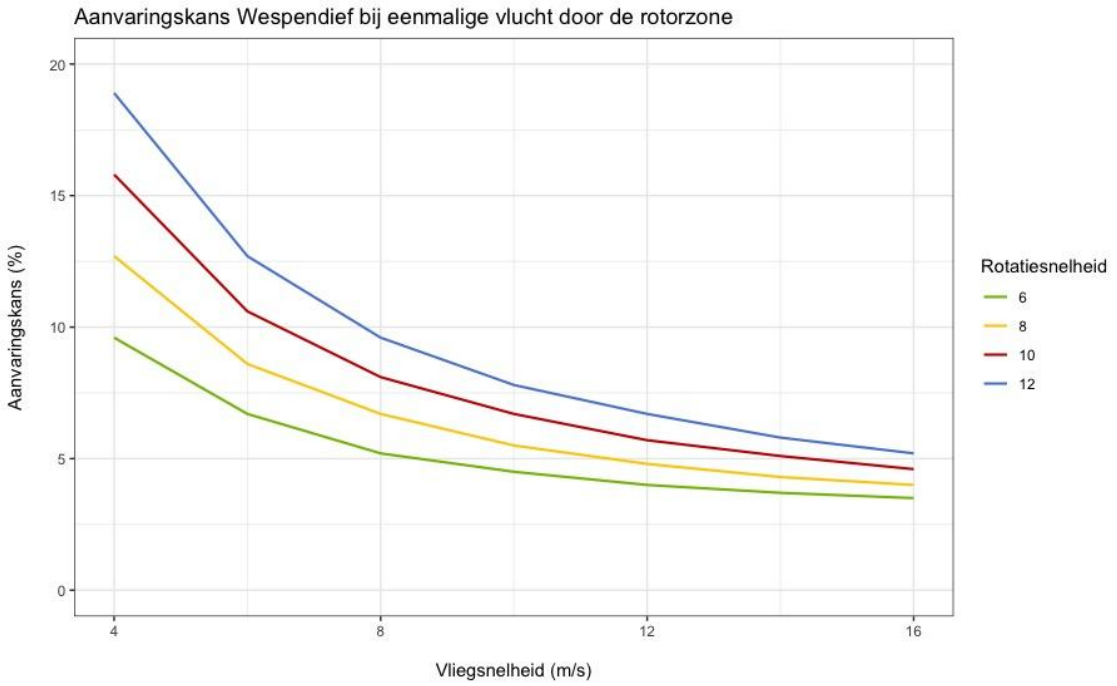
Parameter	**Waarde**	**Standaard deviatie**	**Opmerkingen**
Aantal turbines	10 / 25 / 50 / 75 / 100	n.v.t.	
Breedte windpark		n.v.t.	
Breedtegraad	52,2	n.v.t.	Van belang i.v.m. berekening daglengte
MW turbine	3 / 6	n.v.t.	Middelgrote en grote turbine
Aantal rotorbladen	3	n.v.t.	
Straal rotor	60 / 80 m	n.v.t.	Middelgrote en grote turbine
Ashoogte	100 / 160 m	n.v.t.	Middelgrote en grote turbine
Maximale breedte rotorblad	5,5 m	n.v.t.	
Windaanbod	Mei: 84% Juni: 84% Juli: 80% Aug: 78% Sep: 77%	n.v.t.	Zie ook de sectie over windaanbod. In het model is geen invoer mogelijk van de variatie (SD) in windaanbod.
Stilstand voor onderhoud	2,0%	0,0	
Gemiddelde windsnelheid	6,5 m/s	3,25 m/s	Op 100 m hoogte
Type vlieggedrag	Slagvlucht (‘flapping’)		Worst-case
Lichaamslengte	55 cm (man) 57 cm (vrouw)	2,0 cm	Inschatting op basis van Ferguson-Lees & Christie (2001)
Spanwijdte	126 cm (man) 134 cm (vrouw)	2,0 cm	Omgerekend op basis van wing chord data op Veluwe
Gemiddelde vliegsnelheid	9,1 m/s (man) 9,9 m/s (vrouw)	3,6 m/s (man) 7,1 m/s (vrouw)	Op basis van gezenderde vogels op de Veluwe
Percentage nachtactief	0%	n.v.t.	
Ontwijkingskans	95% / 98% / 99% / 99,5%	0,2%	
Percentage op rotorhoogte	27%		Alleen van belang bij Optie 1 van model; Optie 2 en 3 maken gebruik van verdeling in vlieghoogtes
Aantal simulaties	5.000	n.v.t.	
Dichtheid 1 geslacht (niet gecorrigeerd voor afstand)	Mei: 0,0715 Juni: 0,0715 Juli: 0,0715 Aug: 0,1430 Sep: 0,0715	0	Gemiddelde dichtheid per geslacht in geschikt habitat op de Veluwe
Correctie voor vliegactiviteit	Zie tabel 3.1		
Correctie voor afstand tot de Veluwerand	Zie tabel 3.2		

4 Aanvaringsslachtoffers Wespendief

4.1 Aanvaringskans in de rotorzone

Het risico dat een Wespendief tijdens een vlucht door de rotorzone in aanvaring komt met één van de rotorbladen is afhankelijk van de draaisnelheid van de bladen en de vliegsnelheid en afmetingen van de vogel. Deze relatie is weergegeven in figuur 4.1, waarbij voor verschillende draaisnelheden van de rotorbladen het aanvaringsrisico is uitgezet tegen de vliegsnelheid.

Bij een lage vliegsnelheid van 6 m/s en draaisnelheden tussen 6–12 rpm is de aanvaringskans bij een éénmalige vlucht door de rotorzone ca. 7% tot 13%. De aanvaringskans neemt sterk af naarmate de vogel sneller vliegt en de rotorbladen langzamer draaien (figuur 4.1). Bij een ‘normale’ vliegsnelheid van 10 m/s bedraagt de gemiddelde kans op aanvaring 4,5% tot 7,8%. Hierbij moet worden bedacht dat het hier gaat om aanvaringskansen wanneer een Wespendief daadwerkelijk door de rotorzone van een windturbine vliegt, dus tussen de draaiende rotorbladen door. Factoren als de hoek waaronder de vogel komt aanvliegen ten opzichte van de rotorbladen, plotselinge veranderingen in vliegsnelheid of –richting e.d. zijn hierbij buiten beschouwing gelaten. De kans op aanvaring verschilt afhankelijk van de positie waar de vogel door het rotoroppervlak vliegt; de hier gegeven waarden zijn gemiddeld over alle posities langs de lengte van het rotorblad.



Figuur 4.1 Verloop van de gemiddelde aanvaringskans met één van de rotorbladen als functie van de vliegsnelheid (in m/s), bij verschillende draaisnelheden van de rotorbladen (6–12 rpm), bij een éénmalige vlucht van een Wespendief door het rotoroppervlak.

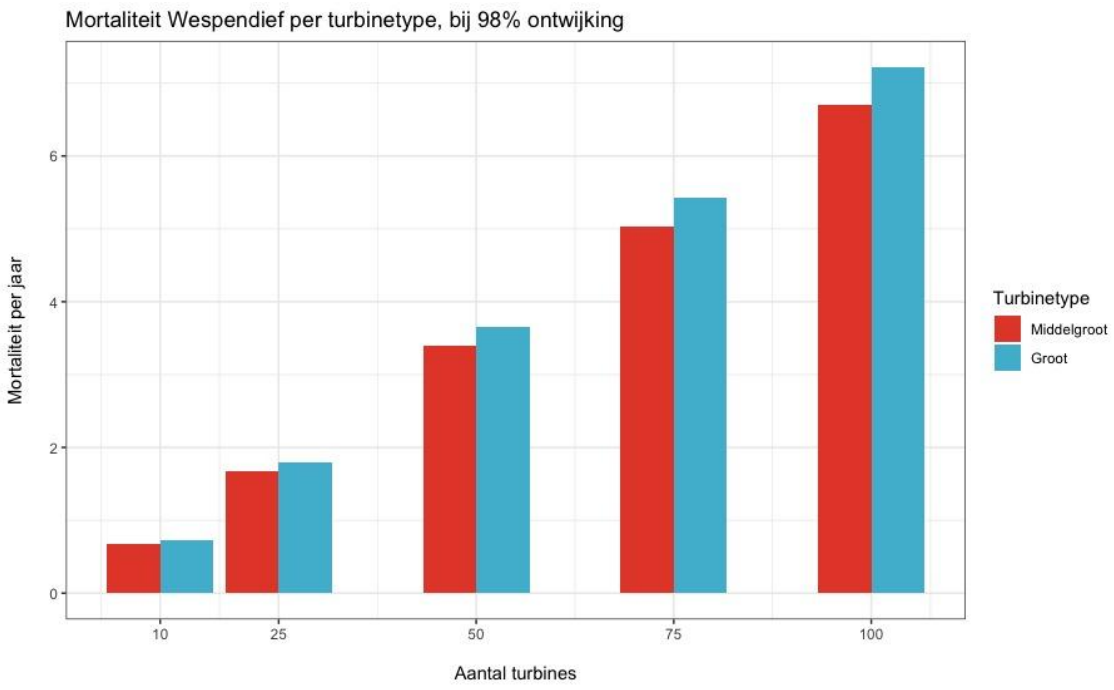
4.2 Mortaliteit bij turbines op de Veluwe

De mortaliteit onder Wespendieven indien turbines op de Veluwe worden geplaatst, dus binnen de begrenzing van het Natura 2000-gebied, staat weergegeven in tabel 4.2. Hierbij is het verwachte aantal aanvaringsslachtoffers onder mannelijke en vrouwelijke Wespendieven gegeven voor verschillende aantallen turbines en ontwijkingspercentages. De waarden in tabel 4.1 hebben betrekking op het gemiddelde uit 1.000 simulaties. De samenvattende resultaten zijn ook visueel weergegeven in figuur 4.2 en 4.3.

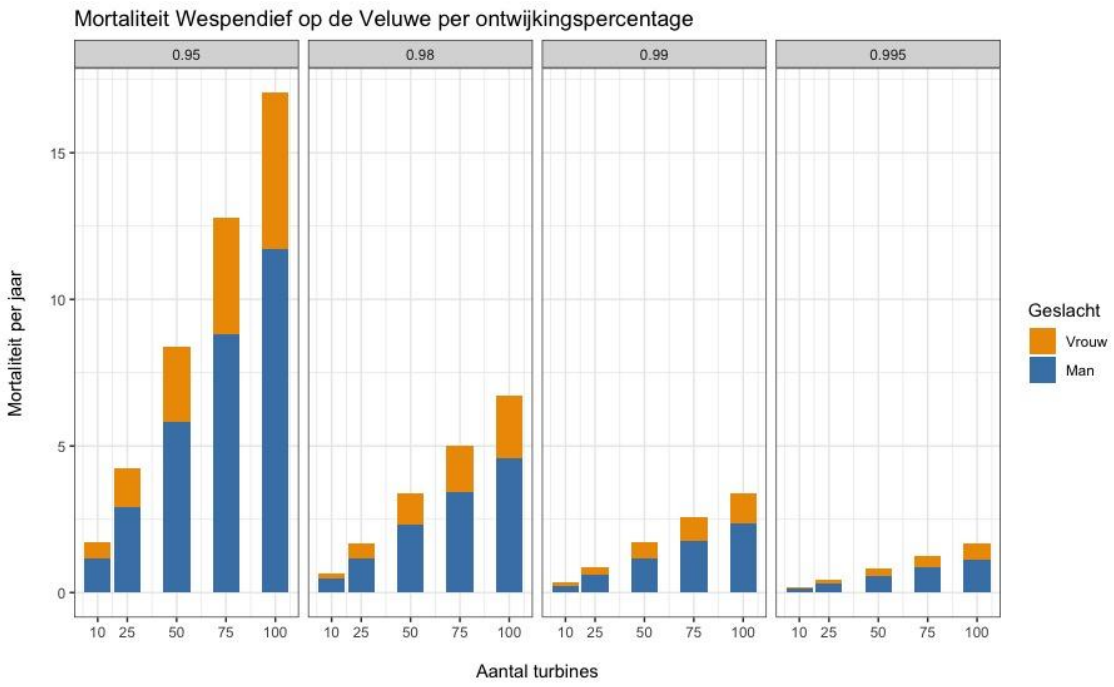
Samenvattend laten de resultaten zien dat de mortaliteit snel oploopt met het aantal turbines en een lagere ontwijkingskans. Hoge aantallen turbines kunnen leiden tot enkele tot >10 slachtoffers onder Wespendief per jaar, maar ook bij lagere aantallen (10 turbines) kan de mortaliteit de juridische drempelwaarde overschrijden. Details over welke mate van mortaliteit juridisch en ecologisch aanvaardbaar is, worden gegeven in paragraaf 4.4.

Tabel 4.1 Mortaliteit onder mannelijke en vrouwelijke Wespendieven, en het totaal, bij verschillende scenario's ten aanzien van aantallen turbines en percentages voor de ontwijkingskans. De uitkomsten zijn gegeven voor middelgrote turbines (ashoogte 120 m) en grote turbines (ashoogte 160 m).

		Middelgrote turbines			Grote turbines		
Turbines	**Ontwijking**	**Man**	**Vrouw**	**Totaal**	**Man**	**Vrouw**	**Totaal**
10	95,0%	1,17	0,53	1,70	1,17	0,66	1,83
10	98,0%	0,46	0,21	0,67	0,46	0,26	0,72
10	99,0%	0,24	0,11	0,35	0,23	0,13	0,36
10	99,5%	0,12	0,05	0,17	0,12	0,06	0,18
25	95,0%	2,93	1,33	4,26	2,91	1,66	4,57
25	98,0%	1,15	0,53	1,68	1,15	0,65	1,80
25	99,0%	0,59	0,26	0,85	0,57	0,33	0,90
25	99,5%	0,29	0,13	0,42	0,30	0,16	0,46
50	95,0%	5,80	2,57	8,37	5,86	3,21	9,07
50	98,0%	2,33	1,06	3,39	2,36	1,30	3,66
50	99,0%	1,17	0,53	1,70	1,15	0,64	1,79
50	99,5%	0,57	0,27	0,84	0,58	0,33	0,91
75	95,0%	8,80	3,98	12,78	8,74	4,97	13,71
75	98,0%	3,44	1,59	5,03	3,46	1,96	5,42
75	99,0%	1,76	0,80	2,56	1,72	0,98	2,70
75	99,5%	0,86	0,40	1,26	0,89	0,47	1,36
100	95,0%	11,73	5,31	17,04	11,65	6,63	18,28
100	98,0%	4,58	2,12	6,70	4,61	2,61	7,22
100	99,0%	2,34	1,06	3,40	2,29	1,30	3,59
100	99,5%	1,14	0,54	1,68	1,18	0,63	1,81



Figuur 4.2 Mortaliteit Wespendief bij middelgrote en grote turbines op de Veluwe bij een ontwijkingskans van 98%.

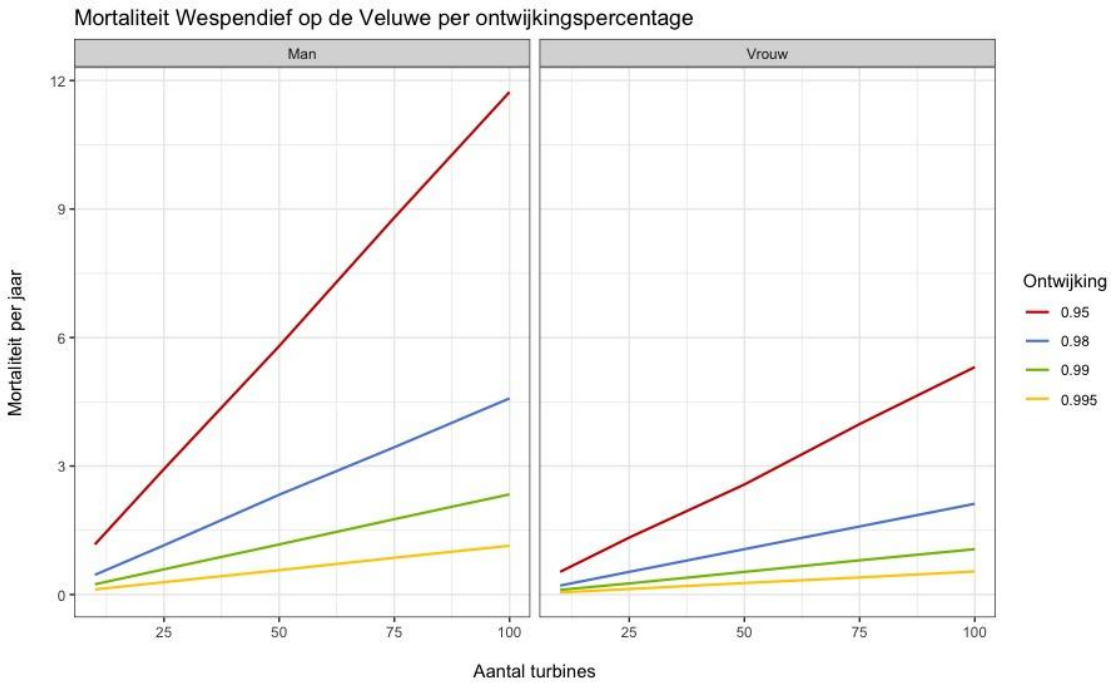


Figuur 4.3 Mortaliteit Wespendief op de Veluwe als functie van het aantal turbines en het ontwijkingspercentage, bij middelgrote turbines.

Logischerwijs heeft het aantal turbines een grote invloed op de resultaten. Omdat in het aanvaringsmodel geen onderscheid is gemaakt tussen ruimtelijke configuraties (lijnopstelling vs. cluster, effect van verschillende locaties of habitats, etc.) schaalt de mortaliteit lineair met het aantal turbines. Met andere woorden, 50 turbines leveren volgens het model tweemaal zoveel slachtoffers op als 25 turbines. Kleine afwijkingen hierin worden veroorzaakt doordat gebruik is gemaakt van een stochastisch model, waarbij verschillende simulaties tot verschillende uitkomsten kunnen leiden, afhankelijk van de statistische spreiding die op een bepaalde parameter van toepassing is.

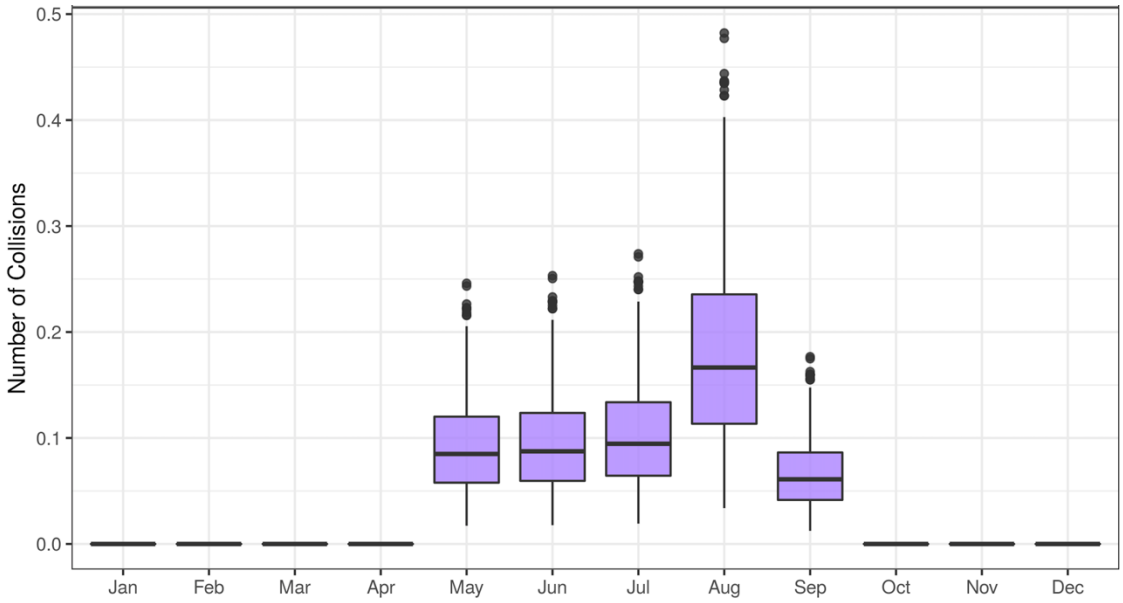
Ook de gehanteerde waarde voor de ontwijkingskans heeft een zeer groot effect. Een ontwijking van 95% resulteert in een ca. 10x hogere mortaliteit dan een ontwijking van 99,5% (zie figuur 4.3, 4.4). Dit zijn de twee uitersten in ontwijkingskans, maar ook de waarden van 98% en 99% resulteren onderling in een halvering of verdubbeling van het verwachte aantal aanvaringsslachtoffers. Aangezien voor zover bekend geen onderzoek naar de ontwijkingskans van Wespendieven is gedaan, is niet met zekerheid te zeggen welke waarde het meest accuraat is.

Een opvallend patroon is het verschil in mortaliteit tussen mannelijke en vrouwelijke Wespendieven (figuur 4.3, 4.4). Uit alle scenario's volgt dat de mortaliteit onder vrouwen aanzienlijk lager ligt dan onder mannen: ruim twee derde van het verwachte aantal aanvaringsslachtoffers bij turbines op de Veluwe bestaat uit mannen. Voor de hand liggende oorzaken zijn dat mannen meer tijd vliegend besteden dan vrouwen (zeker in de broedperiode, maar ook in de zomer is dit verschil nog zichtbaar), zij langzamer vliegen (en daarmee een hogere kans op aanvaring hebben bij een vlucht door het rotoroppervlak), en dat de mannen een groter deel van hun tijd op de Veluwe blijven (vrouwen komen vaker buiten het gebied).



Figuur 4.4 Mortaliteit onder mannelijke (links) en vrouwelijke (rechts) Wespendieven op de Veluwe als functie van het aantal turbines en het ontwijkingspercentage.

Uit de analyse beschreven in hoofdstuk 3 (figuur 3.4) komt naar voren dat Wespendieven een groter deel van hun tijd op de Veluwe dan daarbuiten doorbrengen. Met name mannelijke Wespendieven komen relatief weinig buiten de Veluwe; zowel in het voorjaar als de zomer brengen de mannen veruit het grootste deel van hun tijd door binnen de Veluwe. Dat geldt in het voorjaar ook voor de vrouwen, maar dat verandert in de nazomer. In de broedperiode wordt er door de vrouwelijke Wespendieven überhaupt minder gevlogen dan de mannen. Deze patronen leiden tot een vrij uniforme verdeling van het aantal aanvaringsslachtoffers per maand indien turbines op de Veluwe worden geplaatst (figuur 4.5). De uitzondering is de maand augustus, wanneer zowel de mannen, vrouwen als juvenielen op de Veluwe aanwezig zijn en sprake is van relatief veel vliegbewegingen. In september ligt de mortaliteit weer lager omdat de meeste volwassen vogels dan het gebied al hebben verlaten en op migratie naar Afrika zijn.



Figuur 4.5 Voorbeeld van de patronen in mortaliteit onder vrouwelijke Wespendieven per maand, bij plaatsing van 10 turbines op de Veluwe. Het gekozen ontwijkingspercentage is 95%. De boxplots geven de spreiding van de mortaliteit weer, waarbij 50% van de modelsimulaties in de paarse blokken valt. De zwarte lijnen geven de mediane waarde weer.

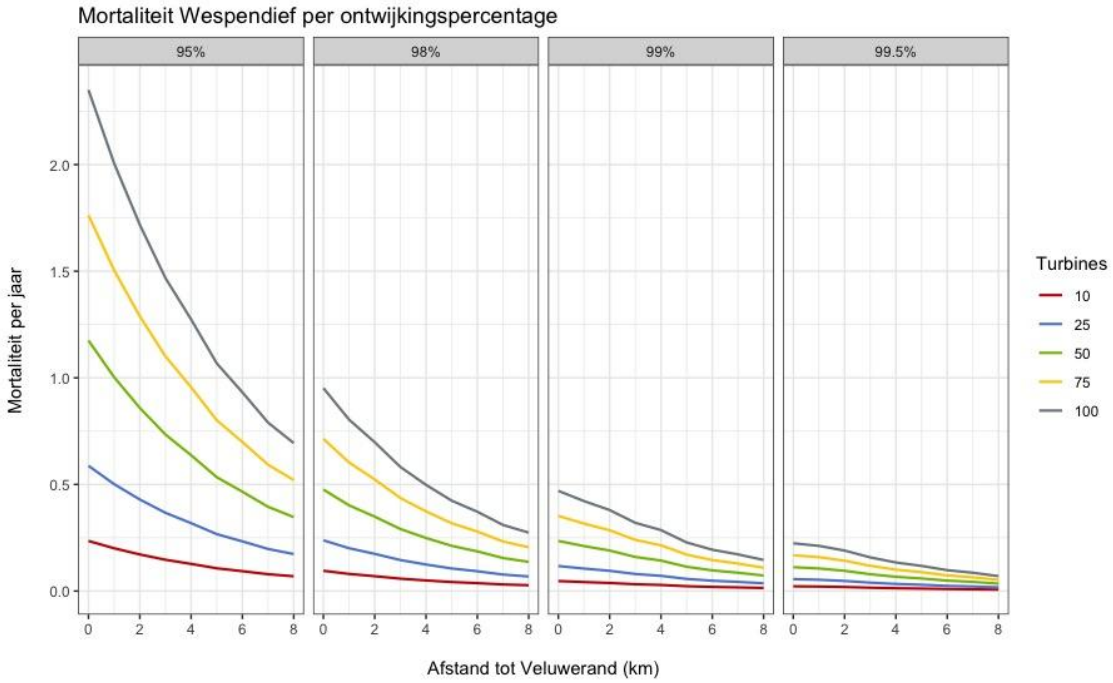
Tabel 4.1 en figuur 4.2 laten zien dat grote turbines (rotordiameter 160 m) tot ca. 7–8% meer slachtoffers leiden dan kleinere turbines (rotordiameter 120 m). Vergeleken met de toename in rotoroppervlak en maximaal vermogen van de turbines is dit minimaal. De verklaring is dat het aantal vliegbewegingen ter hoogte van de rotorzones van beide turbinetypen vergelijkbaar is (zie tabel 3.3). Aangezien bij een grotere turbine de opbrengst in MW verhoudingsgewijs sneller toeneemt dan het aantal slachtoffers, hebben grote turbines dus een gunstiger mortaliteit per MW dan kleine turbines. Dit uitgangspunt biedt mogelijkheden voor mitigatie (zie hoofdstuk 6).

4.3 Mortaliteit bij turbines buiten de Veluwe

De mortaliteit onder Wespendieven indien middelgrote turbines buiten de Veluwe worden geplaatst, is weergeven in figuur 4.6 en in bijlage 1. Hierbij is de mortaliteit berekend bij verschillende aantallen turbines (10, 25, 50, 75, 100), verschillende waarden van de ontwijkingskans (95%, 98%, 99%, 99,5%) en verschillende afstanden tot de Veluwe. Hierbij zijn afstandsklassen van 1 km met een minimum van 0 km en een maximum van 8 km gehanteerd.

Figuur 4.6 laat duidelijk zien dat de mortaliteit sterk afneemt met toenemende afstand tot de Veluwerand. Dit is een direct gevolg van de exponentiële afname in vliegactiviteit die zichtbaar is bij de gezenderde Wespendieven buiten de Veluwe (figuur 3.6 en 3.7). Met andere woorden, hoe verder de turbines van de Veluwerand zijn gesitueerd, hoe kleiner de kans dat een Wespendief überhaupt in de buurt van de turbines komt. Het merendeel van de vogels foerageert binnen afstanden van 8–10 km van de Veluwerand, waarbij de vrouwelijke Wespendieven gemiddeld verder vliegen dan de mannen.

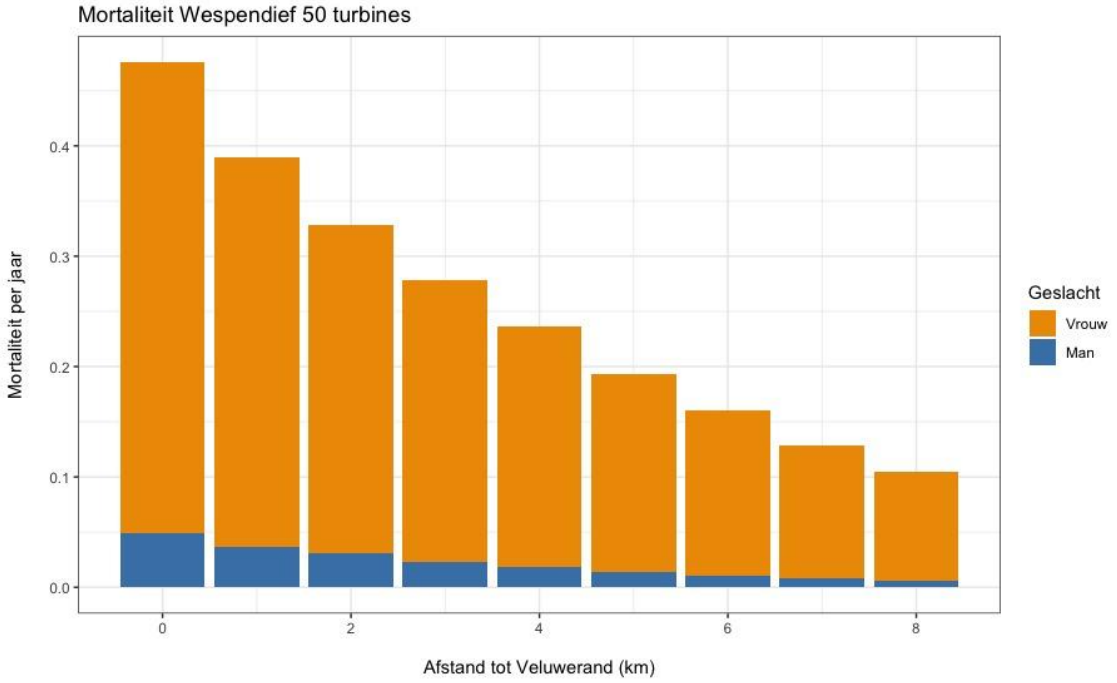
In deze analyse is geen onderscheid gemaakt in de kwaliteit van het habitat voor de Wespendief, of specifieke locaties in het gebied. In het model wordt dus uitgegaan van een uniforme kwaliteit of geschiktheid van alle terreintypen en alle locaties rondom de Veluwe. In de werkelijkheid is zeer waarschijnlijk wel degelijk sprake van variatie in kwaliteit van het habitat voor de Wespendief. Dergelijke ruimtelijke informatie is echter niet in het huidige model toe te passen, waardoor een homogene afstandsverdeling in mortaliteit ontstaat. Aanvullende veldwaarnemingen in de nazomer (juli, augustus) kunnen meer duidelijkheid geven omtrent de mate van gebiedsgebruik op een specifieke locatie buiten de Veluwe, en zo tot een verfijning van de resultaten van het model leiden.



Figuur 4.6 Mortaliteit Wespendief per jaar bij plaatsing van middelgrote turbines buiten de Veluwe. De deelgrafieken geven de verschillende percentages voor de ontwijkingskans weer (zie grijze balken bovenaan). De mortaliteit op afstand nul is mogelijk onderschat omdat dit direct tegen de Veluwe ligt met een hogere dichtheid aan vliegbewegingen.

Analoog aan de patronen in mortaliteit bij turbines binnen de Veluwe (figuur 4.3), laat de analyse van mortaliteit buiten de Veluwe een sterk effect zien van de gekozen waarde voor de ontwijkingskans. Een ontwijking van 95% resulteert in een ca. 10x hogere mortaliteit dan een ontwijking van 99,5%.

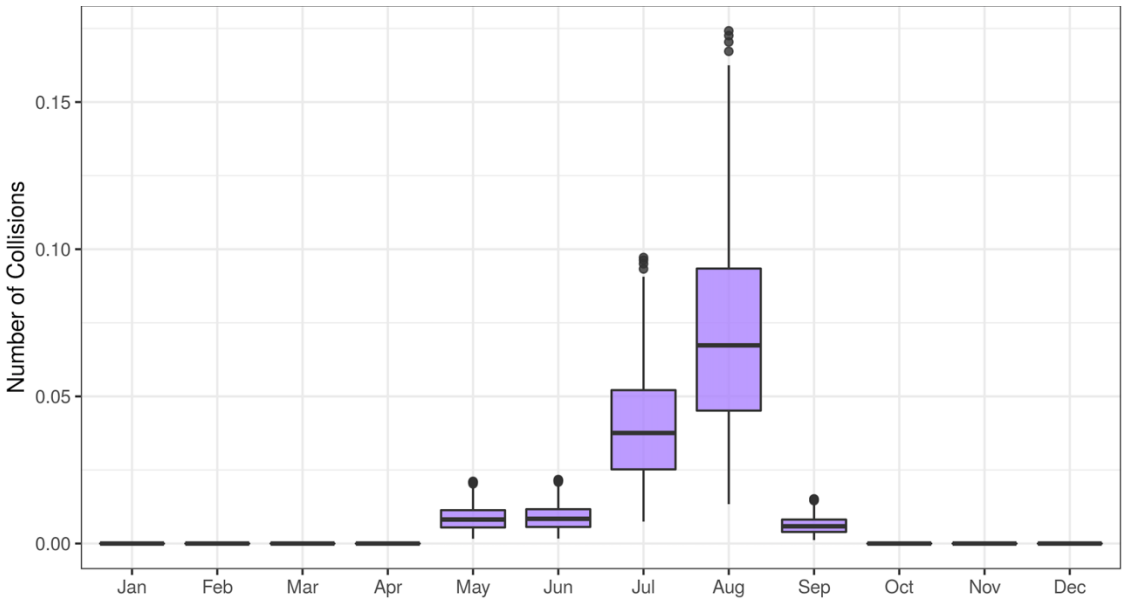
Uit de data van de gezenderde Wespendieven komt naar voren dat grote verschillen bestaan in het vlieggedrag tussen mannelijke en vrouwelijke Wespendieven. De mannen komen amper van de Veluwe af, terwijl vrouwen dat (vooral in de zomer) wel doen (zie hoofdstuk 3). Daarnaast vliegen de vrouwelijke Wespendieven ook nog eens aanzienlijk verder dan mannen. Deze twee factoren leiden tot grote verschillen in mortaliteit tussen beide geslachten bij plaatsing van turbines buiten de Veluwe. Als voorbeeld laat figuur 4.7 het verloop in mortaliteit zien voor een situatie met 50 turbines buiten de Veluwe en een ontwijkingskans van 98%. De mortaliteit onder mannen is slechts een fractie van die onder vrouwen, en hoe groter de afstand tot de Veluwerand, hoe kleiner het aandeel slachtoffers onder mannen ten opzichte van vrouwen. Op 1–2 km afstand bedraagt de mortaliteit onder mannen ongeveer 10% van die onder vrouwen, en dit neemt af tot ongeveer 6% op 8 km afstand. Bij andere aantallen turbines is het patroon identiek.



Figuur 4.7 Mortaliteit onder beide geslachten bij plaatsing van middelgrote turbines buiten de Veluwe, als functie van de afstand tot de Veluwerand. Als voorbeeld is gekozen voor een scenario met 50 turbines en een ontwijkingskans van 98%.

In tegenstelling tot de maandelijkse patronen in mortaliteit indien turbines binnen de Veluwe worden geplaatst, is in het geval van turbines buiten de Veluwe sprake van een duidelijke piek in de nazomer. Figuur 4.8 laat zien dat de mortaliteit bij vrouwelijke Wespendieven in de maanden mei en juni minimaal is, net als in september. In de broedperiode in het voorjaar wordt er door de vrouwen relatief weinig buiten de Veluwe gevlogen, en in september hebben

de meeste volwassen vrouwen Nederland al verlaten. Zoals beschreven in hoofdstuk 3, komen de vrouwelijke Wespendieven vooral in de nazomer van de Veluwe af. In juli en augustus brengen de vrouwen gemiddeld 6% van de dagtijd buiten de Veluwe door, en 38% van alle vliegende waarnemingen zijn dan buiten de Veluwe. Het effect hiervan is duidelijk zichtbaar in de mortaliteit bij turbines buiten de Veluwe.



Figuur 4.8 Voorbeeld van de patronen in mortaliteit onder vrouwelijke Wespendieven per maand, bij plaatsing van 25 turbines op 3 km afstand van de Veluwerand. Het gekozen ontwijkingspercentage is 98%. De boxplots geven de spreiding van de mortaliteit weer, waarbij 50% van de modelsimulaties in de paarse blokken valt. De zwarte lijnen geven de mediane waarde weer.

4.4 Welke mortaliteit is acceptabel?

De vorige secties geven aan hoeveel aanvaringsslachtoffers zijn te verwachten onder verschillende scenario's voor turbines binnen en buiten de Veluwe. Dat zegt echter nog niets over welke mate van mortaliteit vanuit ecologisch en juridisch oogpunt acceptabel is.

Vanuit de Wet Natuurbescherming geldt dat, simpel gezegd, het instandhoudingsdoel voor de Wespendief op de Veluwe niet in gevaar mag komen. Het doel zoals geformuleerd in het Natura 2000 aanwijzingsbesluit (d.d. 11 juni 2014) gaat uit van een populatie van ten minste 100 broedparen, zoals weergegeven in het volgende kader:

A072	**Wespendief**
Doel	Behoud omvang en kwaliteit leefgebied met een draagkracht voor een populatie van ten minste 100 paren.
Toelichting	Vermoedelijk broedt meer dan een kwart van de Nederlandse wespendieven op de Veluwe. Na de grootschalige bebossing, begin vorige eeuw, heeft de soort zich sterk uitgebreid, maar vermoedelijk zijn de aantallen de laatste decennia constant of mogelijk licht afnemend. Het gemiddeld aantal paren in de periode 1999-2003 wordt geschat op 100. Gezien de landelijk gunstige staat van instandhouding is behoud voldoende. Het gebied heeft voldoende draagkracht voor een sleutelpopulatie.

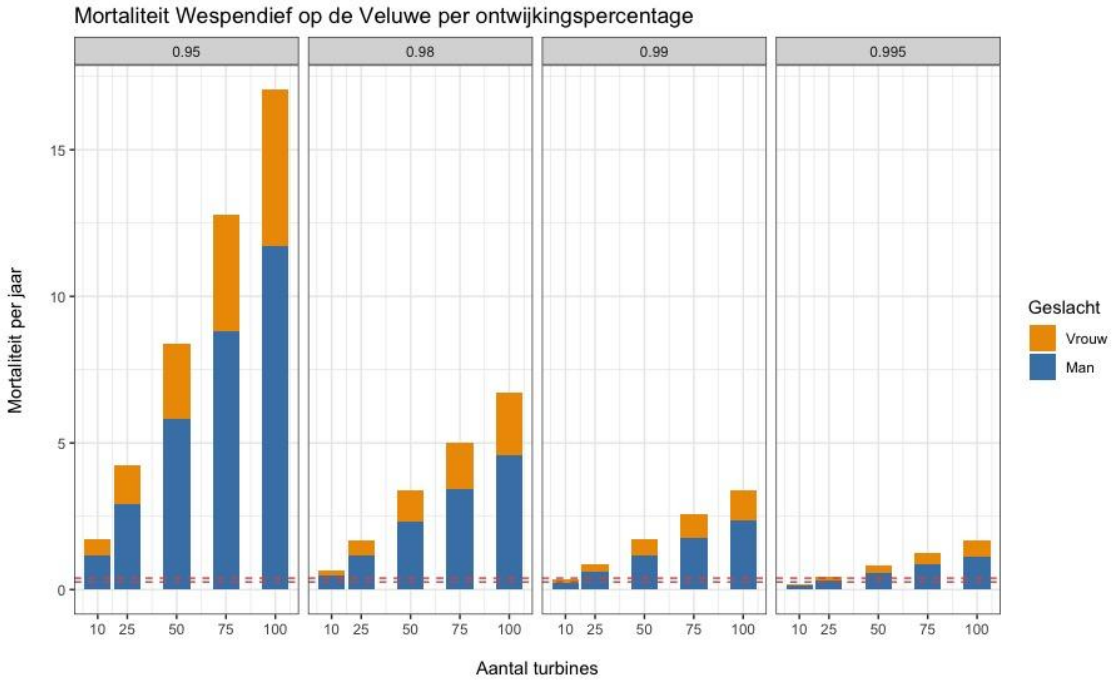
Het effect van sterfte door aanvaringen met windturbines wordt in Nederland vaak getoetst door middel van de zogenaamde 1%-norm. Het uitgangspunt van de 1%-norm is dat de additionele sterfte niet meer mag bedragen dan 1% van de natuurlijk sterfte binnen de relevante populatie. In dat geval wordt gesteld dat de totale jaarlijkse sterfte niet leidt tot een significant negatief effect op de soort. De 1%-norm is geen wettelijk vastgestelde drempelwaarde, maar wordt vaak gebruikt als 'alarmbel'. Indien de 1%-norm wordt overschreden, moet nader worden onderzocht hoe de additionele mortaliteit zich verhoudt tot de populatietrend en de gunstige staat van instandhouding. De 1%-norm is erkend door de Afdeling Bestuursrechtspraak van de Raad van State.

De berekening van de 1%-norm is gebaseerd op enkele simpele parameters, namelijk de natuurlijke sterfte (als gevolg van ziekte, predatie e.d.) die in een populatie plaatsvindt, en de populatiegrootte. De British Trust for Ornithology (BTO) geeft aan dat de jaarlijkse natuurlijke overleving van volwassen Wespendieven 86% bedraagt. De natuurlijke sterfte is dan 14%. Normaliter wordt in dergelijke berekeningen uitsluitend gebruik gemaakt van de natuurlijke sterftecijfers onder adulte vogels, wat tot een worst-case benadering leidt (juvenielen hebben vaak een hogere sterfte waardoor de 1% norm ook hoger komt te liggen).

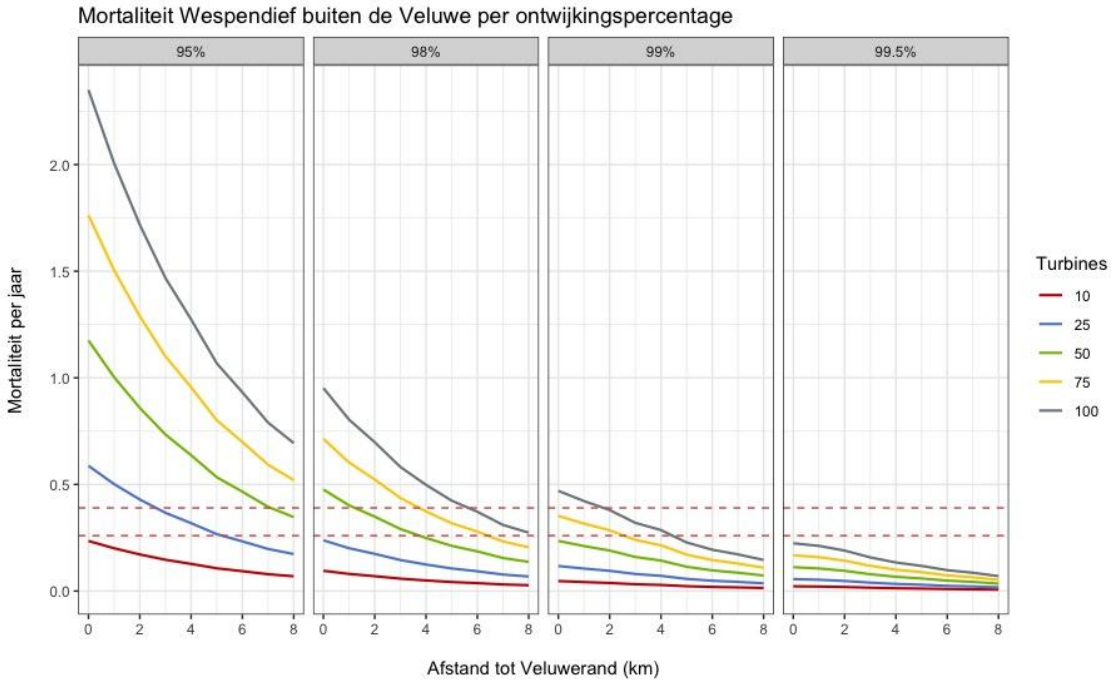
Voor de berekening van de 1%-norm is ook de populatiegrootte benodigd. Indien wordt uitgegaan van 94 broedparen op de Veluwe (zie hoofdstuk 2) dan bedraagt de populatie minimaal 188 vogels (indien alleen de volwassen vogels in beschouwing worden genomen). Indien per broedpaar ook één juveniele vogel of 'floater' (een niet-broedend individu in de populatie) wordt gerekend, komt de totale populatie op 282 individuen. De 1%-norm voor de Wespendief kan dan als volgt worden berekend:

(a) 0,01 (1%) x 0,14 (natuurlijke sterfte) x 188 (vogels) = 0,26
(b) 0,01 (1%) x 0,14 (natuurlijke sterfte) x 282 (vogels) = 0,39

Afhankelijk van de wijze waarop de 1%-norm wordt berekend, ligt deze dus tussen 0,26 en 0,39 vogels per jaar. In figuur 4.9 is deze bandbreedte van de 1%-norm weergegeven ten opzichte van de mortaliteit indien turbines op de Veluwe worden geplaatst (zie ook figuur 4.3). Hieruit blijkt dat in vrijwel alle scenario's de 1%-norm wordt overschreden, tenzij wordt uitgegaan van een zeer hoog ontwijkingspercentage en zeer lage aantallen turbines. Figuur 4.10 laat de 1%-norm zien in het geval van turbines buiten de Veluwe. Bij een worst-case ontwijkingskans van 95% valt uitsluitend de curve van 10 turbines op alle afstanden onder de meest strenge 1%-norm. Indien wordt uitgegaan van 25 turbines, zakt de curve onder de strenge 1%-norm op een afstand van ca. 5 km. Met andere woorden, een scenario met 25 turbines is op basis van een 95% ontwijkingskans en een 1%-norm van 0,26 slechts mogelijk op afstanden van 5 km of groter vanaf de rand van de Veluwe. Op soortgelijke wijze kunnen de mogelijkheden worden afgelezen voor andere aantallen turbines. Zoals eerder gezegd heeft de keuze voor de ontwijkingskans een zeer grote invloed op de uitkomsten. Bij een ontwijkingskans van 95% zijn, zonder aanvullende maatregelen, binnen 8 km van de Veluwe geen grote aantallen turbines mogelijk.



Figuur 4.9 Mortaliteit Wespendief als functie van het aantal turbines op de Veluwe en het ontwijkingspercentage, bij middelgrote turbines, ten opzichte van de 1%-normen (0,26 en 0,39).



Figuur 4.10 Mortaliteit Wespendief als functie van het aantal turbines buiten de Veluwe, de afstand tot de Veluwerand en het ontwijkingspercentage, bij middelgrote turbines, ten opzichte van de 1%-normen (0,26 en 0,39).

Hoewel de 1%-norm verschillende malen door de Raad van State is geaccepteerd als maat om de effecten van additionele sterfte op een populatie te duiden, wordt in verschillende studies beargumenteerd dat de 1%-norm tot een onderschatting van de effecten op een populatie kan leiden en daardoor niet altijd toepasbaar is. In een recente studie van Wageningen Environmental Research tonen Schippers *et al*. (2020) aan dat sommige soorten zeer gevoelig kunnen zijn voor kleine toenames in mortaliteit, en dat toepassing van de 1%-norm in die gevallen tot een afname in de populatie kan leiden. In de alternatieve index die in de studie van Schippers *et al*. (2020) wordt voorgesteld, is bij afnemende populaties geen additionele mortaliteit toegestaan.

Het is aan het bevoegd gezag (provincie Gelderland) om een oordeel te vellen over welke norm ten aanzien van de Veluwse populatie Wespendieven kan worden gehanteerd.

4.5 Mortaliteit Wespendieven in andere windparken

Voor zover bekend zijn geen aanvaringsslachtoffers onder Wespendieven in Nederlandse windparken gevonden. Dit betekent niet dat aanvaringen nooit plaatsvinden, aangezien niet alle windparken worden gemonitord. Uit het buitenland zijn wel degelijk aanvaringsslachtoffers bekend, vooral uit Duitsland (zie onder). Een belangrijke bron hierbij is de database van aanvaringsslachtoffers onder vogels in Europese windparken, die sinds 2002 wordt bijgehouden door de Staatliche Vogelschutzwarte des Landesamtes für Umweltträgt in Duitsland (http://www.lugv.brandenburg.de/cms/detail.php/bb1.c.312579.de, samenstelling door T. Dürr). Hoewel niet compleet, geeft deze database een redelijke indicatie van de mate van mortaliteit door windturbines onder de Europese vogelsoorten. In deze database staan 31 slachtoffers onder Wespendief in Europese windparken (update 7 januari 2020), waarvan 20 in Duitsland, acht in Spanje, twee in Frankrijk en één in Polen. In totaal staan 5004 slachtoffers onder roofvogels in de database geregistreerd, met als voornaamste soorten Vale gier, Buizerd, Rode wouw en Torenvalk.

Whitfield & Madders (2006) telden in drie jaar monitoring van 13 windparken in Spanje een totaal van 638 overvliegende Wespendieven nabij deze windparken. Zij hebben geen slachtoffers gevonden van deze soort.

5 Overige natuurwaarden

5.1 Inleiding

De ecologische effecten van windturbines op land zijn vaak primair het gevolg van verstoring tijdens de aanlegwerkzaamheden of van verhoogde mortaliteit en barrièrewerking onder vogels en vleermuizen wanneer de turbines operationeel zijn. De effecten zijn als volgt te categoriseren:

1. **Aanlegfase**
    a. Verstoring door mensen of machines tijdens de constructiewerkzaamheden;
    b. Tijdelijke degradatie of verlies van habitat.
2. **Operationele fase**
    a. Mortaliteit door aanvaringen;
    b. Barrièrewerking (verstoring van vliegbewegingen);
    c. Verstoring van rust-, foerageer- en/of broedgebieden;
    d. Permanent habitatverlies, zoals door grondbeslag door de turbines.

Hoewel de focus van deze studie op de Wespendief ligt, zijn verschillende andere beschermde soorten en gebieden relevant ten aanzien van de mogelijke ecologische effecten van windturbines op of nabij de Veluwe. Niet alle soorten zijn even kwetsbaar voor de mogelijke negatieve effecten van windturbines. In veel West-Europese windparken bestaan aanvaringsslachtoffers vooral uit watervogels, meeuwen en zangvogels, maar ook vleermuizen kunnen slachtoffer worden. Het exacte soortenspectrum en de aantallen slachtoffers is sterk afhankelijk van de locatie, terreintype en de daarmee samenhangende hoeveelheid vliegbewegingen.

In dit hoofdstuk wordt een beknopt overzicht gegeven van de meest relevante soorten en gebieden. Deze informatie is deels eerder beschreven in de ecologische verkenningen voor de realisatie van windturbines langs de A28 en tussen de A50 en de IJsselvallei (Altenburg & Wymenga en Feddes/Olthof 2019, Latour *et al*. 2020). Het in dit hoofdstuk gegeven overzicht heeft een verkennend karakter en is niet bedoeld als een ecologische effectbeoordeling. Een meer gedetailleerde uitwerking is noodzakelijk zodra concrete plannen bekend zijn en getoetst moeten worden aan de Wet natuurbescherming, bijvoorbeeld in de vorm van een Passende Beoordeling.

5.2 Beschermde gebieden

Natura 2000-gebieden
Natura 2000 is een Europees netwerk van natuurgebieden die zijn aangewezen onder de Europese Vogel- en/of Habitatrichtlijn. Binnen de Nederlandse wetgeving is de bescherming van Natura 2000-gebieden verankerd in de Wet natuurbescherming. Het doel van Natura 2000 is om de biodiversiteit in stand te houden en zo mogelijk te verbeteren door specifieke diersoorten en hun natuurlijke leefomgeving (habitat) te beschermen.

Er geldt een zeer terughoudend beleid ten aanzien van de ontwikkeling van windenergie binnen Natura 2000-gebieden. De beleidslijn windenergie stelt dat om te beoordelen of windturbines zijn toegestaan de effecten op de aangewezen natuurwaarden moeten worden getoetst. Indien significant negatieve effecten op Natura 2000-gebieden niet kunnen worden

uitgesloten, is een Passende Beoordeling verplicht. Hierin wordt getoetst of de activiteit haalbaar is vanuit de Wet natuurbescherming. De mate waarin de natuur kwetsbaar is voor de ontwikkeling van windenergie hangt af van de aangewezen instandhoudingsdoelen voor soorten en habitattypen, die verschillen van gebied tot gebied.

De Veluwe is vanzelfsprekend het meest relevante Natura 2000-gebied in het kader van deze studie. Het is het grootste terrestrische Natura 2000-gebied van Nederland en bestaat uit diverse habitats, waaronder droge bossen met loof- en naaldbomen, droge en natte heide, stuifzanden, vennen en beekdalen, en biedt onderkomen aan een variatie aan bijzondere flora en fauna. Het Natura 2000-gebied Veluwe is specifiek aangewezen voor 19 habitattypen, 7 habitatsoorten en 10 vogelrichtlijnsoorten (broedvogels). De gevoeligheid van de betreffende soorten voor het plaatsen van windturbines wordt in meer detail beschreven in paragraaf 5.3.

In de omgeving van de Veluwe liggen diverse andere Natura 2000-gebieden die van belang kunnen zijn ten aanzien van de ecologische effecten van de plaatsing van windturbines (figuur 5.1). Binnen een straal van 10 km rondom de Veluwe zijn de volgende Natura 2000-gebieden gelegen:

- Arkemheen
- Binnenveld
- Landgoederen Brummen
- Rijntakken
- Veluwerandmeren

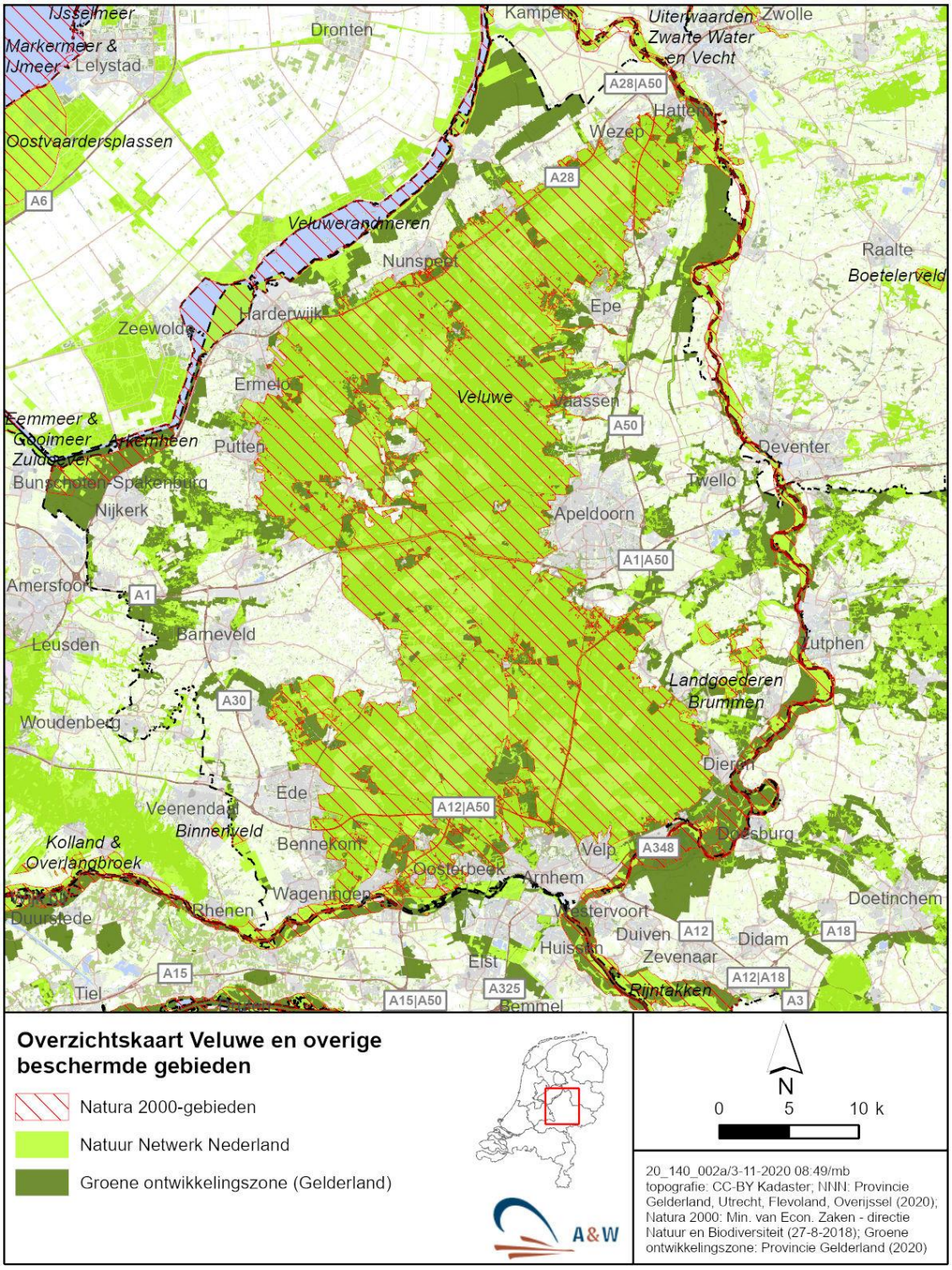
De gebieden Veluwerandmeren, Rijntakken en Arkemheen zijn aangewezen voor diverse soorten watervogels. In en nabij deze gebieden kan, met name in het winterseizoen, sprake zijn van veel vliegbewegingen van watervogels die dagelijks tussen hun slaapplaatsen en foerageergebieden vliegen. De plaatsing van turbines in de omgeving van deze gebieden kan daardoor leiden tot aanvaringsrisico’s, en de mate waarin negatieve effecten optreden is sterk afhankelijk van de locatie en het aantal turbines. Bij concrete plannen moeten deze effecten in een Passende Beoordeling nader worden onderzocht.

De gebieden Binnenveld en Landgoederen Brummen zijn uitsluitend aangewezen voor enkele Habitattypen of Habitatsoorten die zijn gebonden aan de habitats binnen de begrenzing van het Natura 2000-gebied. Risico’s op aanvaring of verstoring van kwalificerende vogelsoorten bij plaatsing van turbines in de nabije omgeving zijn daarom niet aan de orde.

Gelders natuurnetwerk

Het Gelders natuurnetwerk (GNN) maakt deel uit van het Natuurnetwerk Nederland (NNN). Voor het GNN zijn zogenaamde kernkwaliteiten en natuurontwikkelingsdoelen vastgesteld, waarin aanwezige en potentiële waarden gebaseerd op de beoogde natuurkwaliteit voor het gebied worden beschreven. Volgens de provinciale omgevingsverordening is binnen het GNN een andere bestemming dan natuur (zoals windenergie) alleen mogelijk indien (i) er sprake is van groot openbaar belang, (ii) er geen reële alternatieven aanwezig zijn en (iii) de negatieve effecten op de kernkwaliteiten en het oppervlak van het gebied en de ecologische samenhang binnen het gebied zoveel mogelijk worden beperkt, en de overblijvende effecten gelijkwaardig worden gecompenseerd. Voor het plaatsen van windturbines in het verkenningsgebied voor windenergie in het GNN dient het oppervlak van natuur dat verloren gaat voor 200% gecompenseerd te worden. Hoewel het GNN inclusief Natura 2000-gebieden door de provincie Gelderland wordt aangemerkt als 'niet kansrijk' voor de ontwikkeling van wind- en zonne-

energie, wordt in de beleidslijn Windenergie van de provincie ook gesteld dat deze gebieden niet geheel op voorhand worden uitgesloten.



Figuur 5.1 Natura 2000-gebieden, het NNN en de groene ontwikkelingszones rondom de Veluwe.

Groene Ontwikkelingszone
De Groene Ontwikkelingszone (GO) is een gebied met een andere bestemming dan natuur dat ruimtelijk is vervlochten met het GNN. De GO bestaat uit gebieden rond het GNN, waaronder weidevogelgebieden en ganzenrustgebieden, en vormt een ecologische verbinding tussen delen van het GNN. In de GO is er sprake van terughoudend beleid ten aanzien van de ontwikkeling van windenergie. Nieuwe kleinschalige ontwikkelingen zijn onder voorwaarden mogelijk. Er ligt geen ontwikkelingsdoelstelling voor delen van de GO die ook weidevogel- en rustgebied voor ganzen zijn.

Weidevogelgebieden
Om weidevogels zoals de Grutto, Kievit en Tureluur een plek te bieden in het intensief beheerde agrarische landschap, zijn in de provincie Gelderland verschillende leefgebieden voor weidevogels aangewezen. De Gelderse weidevogelgebieden maken deel uit van het GNN en de GO. In deze gebieden is vooral een conserverend beleid van kracht, gericht op het behoud van openheid. Initiatieven voor windturbines binnen weidevogelgebieden zijn op grond van de omgevingsverordening uitgesloten. In het geval van zoekgebieden voor windenergie in de directe omgeving van weidevogelgebieden, is onderzoek noodzakelijk om de effecten op de betreffende weidevogels in beeld te brengen. Hierbij is naast mortaliteit door aanvaringsslachtoffers de verstorende werking van windturbines een belangrijk aspect. De mate van verstoring hangt samen met de hoogte van de turbines, het geluid en de bewegende rotorbladen. Om het effect van windturbines te bepalen wordt over het algemeen gewerkt met een verstoringsafstand: dit is de afstand waarbinnen geen of weinig vogels broeden en/of foerageren. Verstoring is gradueel en neemt af met de afstand tot de turbine. Vlakbij de turbines broeden en foerageren vaak helemaal geen vogels, op enige afstand daarvan wel.

Het verstorende effect van windturbines lijkt tussen weidevogelsoorten sterk te verschillen. Voor de meeste weidevogelsoorten is een verstoringsafstand in de ordegrootte van 100-200 m van toepassing (Pot *et al*. 2020). Uitzondering is de Wulp, die gevoeliger lijkt te zijn en een grotere afstand aanhoudt (tot >500 m). Weidezangvogels zoals Graspieper lijken niet tot weinig gevoelig voor verstoring te zijn en kunnen tot op relatief korte afstand van de turbines worden aangetroffen (Pearce-Higgins *et al*. 2009, Hötker 2017, Sierdsema *et al*. 2019).

Ganzenrustgebieden
Vanwege de hoge aantallen Kolganzen, Grauwe ganzen, Brandganzen, Kleine rietganzen en Toendrarietganzen, die vanuit noordelijke streken komen overwinteren, heeft Nederland een internationale verantwoordelijkheid om deze vogels een plek te bieden. Om te voorkomen dat ganzen door vraat schade aanrichten, en verjaging van landbouwpercelen toe te kunnen staan, zijn er ganzenrustgebieden aangewezen waar ganzen tussen 1 november en 1 april (of 1 mei in het geval van de Brandgans) kunnen foerageren en rusten zonder verstoord te worden.

Analoog aan het beschermingsregime voor weidevogels, is voor de ganzenrustgebieden een conserverend beleid van kracht dat is gericht op het behoud van openheid. Initiatieven voor windturbines zijn op grond van de verordening uitgesloten in rustgebieden voor winterganzen. Indien turbines in de nabijheid van ganzenrustgebieden worden geplaatst, moeten de effecten op deze ganzen worden gekwantificeerd. Het gaat daarbij zowel om mortaliteit als verstoring.

Ganzen kunnen dagelijks afstanden tot meer dan 5 km afleggen tussen hun slaapplaats en hun foerageergebieden. Indien turbines op deze dagelijkse vliegroute worden geplaatst kan dit aanvaringsslachtoffers opleveren. Daarnaast is ook verstoring van belang. Verschillende

internationale studies hebben laten zien dat ganzen hun habitatgebruik kunnen aanpassen door het verschijnen van windturbines, waarbij ze 100–600 m opschuiven ten opzichte van hun gebruikelijke foerageergebieden (Rees 2012). Indien windturbines in de nabijheid van ganzenfoerageergebieden worden geplaatst, kan dit mogelijk tot een verminderd gebruik van de meest nabij gelegen delen van deze foerageergebieden leiden.

5.3 Kwalificerende soorten voor Natura 2000-gebied Veluwe

Een beschrijving van de gevoeligheid voor windturbines voor de kwalificerende vogelsoorten van Natura 2000-gebied Veluwe is gegeven in Altenburg & Wymenga en Feddes/Olthof (2019) en Latour *et al*. (2020). In deze sectie wordt een samenvatting van die analyse gegeven.

In tabel 5.1 zijn de kwalificerende broedvogelsoorten voor de Veluwe weergegeven, met in de kolommen ernaast het instandhoudingsdoel, de huidige aantallen, de populatietrends in het gebied en de gevoeligheid voor windturbines. Uit de tabel blijkt dat de Tapuit en Nachtzwaluw ver beneden hun instandhoudingsdoel zitten voor wat betreft aantallen broedparen. De Zwarte Specht haalt het instandhoudingsdoel net niet. De IJsvogel, Roodborsttapuit en Boomleeuwerik halen de soortspecifieke doelen.

De inschatting in hoeverre een bepaalde soort gevoelig is voor aanvaringen met windturbines is gebaseerd op het vlieggedrag, vlieghoogtes, habitatgebruik en de aantallen slachtoffers die bekend zijn uit diverse monitoringsonderzoeken. De mortaliteit in Europese windparken wordt onder andere bijgehouden in een internationale database van het Duitse staatsbureau voor het milieu te Brandenburg door T. Dürr (https://lfu.brandenburg.de/). Daarnaast is in een recente analyse het risico op aanvaring voor verschillende soortgroepen in Nederland in beeld gebracht (Buij *et al*. 2018).

Tabel 5.1 Gevoeligheid van de kwalificerende broedvogelsoorten in Natura 2000-gebied Veluwe voor windturbines. Bron: Altenburg & Wymenga en Feddes/Olthof 2019.

Broedvogelsoorten	N2000 doel, omvang populatie	Huidige situatie (beheerplan 2016)	Trend sinds 2007	Gevoeligheid windmolens
A229 - IJsvogel	30 broedparen	200	~	laag
A276 - Roodborsttapuit	1100 broedparen	~1100	+	laag
A255 - Duinpieper	(her)vestiging als vaste broedvogel	0-1	~	matig
A277 - Tapuit	100 broedparen	10 à 20	-	matig
A338 - Grauwe Klauwier	40 broedparen	> 40	+	matig
A233 - Draaihals	(her)vestiging als vaste broedvogel	0-1	+	matig
A236 - Zwarte Specht	400 broedparen	<400	-	matig
A246 - Boomleeuwerik	2400 broedparen	2200-2400	0	matig - hoog
A224 - Nachtzwaluw	610 broedparen	400	0	matig - hoog
A072 - Wespendief	100 broedparen	100	~	hoog

++ = significante sterke toename; + = significante matige toename; 0 = stabiel, geen significante trend; - = matig significante afname; - - = sterke significante afname; ~ = onzeker, geen trend aantoonbaar.

Op basis van de sterke binding aan hun habitats en de lage vlieghoogte worden de risico's op aanvaring voor IJsvogel, Draaihals, Zwarte specht en de meeste relevante zangvogels als laag tot matig ingeschat (Altenburg & Wymenga en Feddes/Olthof 2019). Naast de Wespendief zijn de risico's het hoogst voor de Nachtzwaluw en Boomleeuwerik, maar dit is afhankelijk van de locatie en het terreintype waarin de turbines staan.

De **Nachtzwaluw** komt voor in half open terreinen met droge zandige bodems en snel opwarmende plekken. De populatie op de Veluwe zit onder het instandhoudingsdoel, en uit tellingen en modelberekeningen blijkt dat de populatie op de Veluwe afneemt (Bijlsma *et al*. 2012). In de internationale database van T. Dürr staat slechts één slachtoffer genoemd (in Spanje). De Nachtzwaluw is echter gevoelig voor menselijke activiteit en geluidsbelasting (Sierdsema *et al*. 2008). De Nachtzwaluw is sterk gebonden aan de heidevelden en bosgebieden in de Veluwe. Het is daarom geen risicosoort voor de ontwikkeling van windenergie buiten Natura 2000-gebied de Veluwe.

De **Boomleeuwerik** komt voor op hogere zandgronden, heideterrein en duingebieden. Hoewel de populatiestatus gunstig is en circa 4.300–5.300 broedparen voorkomen in Nederland, waarvan 40% op de Veluwe, is de soort relatief gevoelig voor aanvaringen met windturbines. Boomleeuweriken baltsen op grote hoogtes waarbij zij op rotorhoogte kunnen komen. In Europa zijn op het moment van schrijven 122 aanvaringsslachtoffers van Boomleeuweriken bekend (database T. Dürr). De Boomleeuwerik bevindt zich met name op droge heiden en stuifzanden op de Veluwe. Net als de Nachtzwaluw is de Boomleeuwerik daarom geen risicosoort voor de ontwikkeling van windenergie buiten Natura 2000-gebied de Veluwe.

Naast de in tabel 5.1 genoemde vogelsoorten is ook de **Meervleermuis** aangewezen als kwalificerende soort voor Natura 2000-gebied Veluwe. Vanwege de lage vlieghoogte boven water is het risico op aanvaringen met turbines minimaal. Een risico-inschatting voor de overige relevante vleermuissoorten is gegeven in de volgende paragraaf.

5.4 Vleermuizen

Naast vogels worden ook vleermuizen regelmatig als aanvaringsslachtoffer onder windturbines gevonden, waardoor ook mortaliteit onder vleermuizen moet worden meegewogen in een risicobeoordeling. Alle in Nederland voorkomende vleermuizen zijn streng beschermd onder artikel 3.5 van de Wet natuurbescherming. Hierdoor gelden voor vleermuizen strikte beoordelingscriteria bij ontheffingsaanvragen.

De mortaliteit onder vleermuizen in verschillende windparken in West- en Centraal-Europa ligt tussen de 0-10 slachtoffers per turbine per jaar, hoewel sprake is van enkele uitschieters (Rydell *et al.* 2010, 2012). Net als bij vogels is de locatie en 'setting' van een windpark bepalend voor het aantal slachtoffers. De hoogste mortaliteit wordt gevonden bij windparken langs de kust of op heuvels in bosgebieden. De meeste vleermuisslachtoffers vallen in de nazomer (tussen augustus en september), wat overeenkomt met de migratieperiode van enkele soorten. De vroege zomer lijkt geen risicovolle periode te zijn, hoewel de mortaliteit tijdens de voorjaarstrek niet altijd goed bekend is.

Verschillende ecologische aspecten bepalen of een soort gevoelig is voor aanvaringen met windturbines, zoals de vlieghoogte, het voorkomen in open landschap en binding met lijnvormige elementen. In een recente analyse van Roemer *et al*. (2017) is op basis van

vleermuisactiviteit, detectieafstand en het aantal aanvaringsslachtoffers per soort een aanvaringsindex berekend. Deze is vervolgens gecorreleerd aan het vlieggedrag en de vlieghoogte van verschillende vleermuissoorten. Hoogvliegende soorten bleken logischerwijs gevoeliger voor aanvaringen met windturbines, waaronder de Tweekleurige vleermuis, Grote rosse vleermuis, Bosvleermuis, Rosse vleermuis, Noordse vleermuis en Ruige dwergvleermuis. Ook de Gewone dwergvleermuis wordt vaak als aanvaringsslachtoffer waargenomen, wat te verklaren is door de algemeenheid van deze soort (Winkelman *et al*. 2008).

Op en rondom de Veluwe kunnen verschillende soorten vleermuizen voorkomen (zie tabel 5.2). Hieronder wordt elk van deze soorten een indicatieve en kwalitatieve beschrijving gegeven van aanvaringsrisico's. Deze inschatting is gebaseerd op de (internationale) literatuur, de vergelijking met andere windparken en *expert judgement*. De data met betrekking tot vlieghoogtes zijn gebaseerd op Limpens *et al.* (2007), Rodrigues *et al.* (2015), Haarsma (2016) en Roemer *et al*. (2017). Aanvullend veldonderzoek is nodig om de aanvaringsrisico's beter te kunnen kwantificeren.

Tabel 5.2 Gevoeligheid van vleermuizen op en nabij de Veluwe voor windturbines. Bron: Altenburg & Wymenga en Feddes/Olthof 2019.

	N2000 of GNN	Status en habitat	Gevoeligheid voor windturbines
Meervleermuis	N2000	Algemeen in waterrijke gebieden	Laag
Watervleermuis	GNN	Algemeen, bij water en bos	Laag
Bechsteins vleermuis	GNN	Zeer zeldzaam in Nederland, gebonden aan bos	Laag
Franjestaart	GNN	Vrij schaars, in bos en kleinschalig landschap	Laag
Gewone baardvleermuis	GNN	Schaars, in bos en kleinschalig landschap	Laag
Brandt's vleermuis	-	Zeer zeldzaam in Nederland, gebonden aan bos en water	Laag
Kleine dwergvleermuis	-	Zeer zeldzaam in Nederland, bij bos en water	Matig
Laatvlieger	-	Algemeen, in open en halfopen landschappen	Laag tot matig
Gewone dwergvleermuis	-	Zeer algemeen, in halfopen landschappen	Matig
Gewone grootoorvleermuis	GNN	Vrij algemeen, in bos en kleinschalig landschap	Laag
Ruige dwergvleermuis	-	Algemeen op doortrek, diverse habitats	Hoog
Rosse vleermuis	GNN	Vrij algemeen, in open en halfopen landschap	Hoog
Bosvleermuis	GNN	Zeldzaam, gebonden aan bos	Hoog

Zoals is af te leiden uit tabel 5.2 zijn de risico's op aanvaring het hoogst voor Ruige dwergvleermuis, Rosse vleermuis en Bosvleermuis. Dit zijn hoogvliegende soorten waardoor zij regelmatig op rotorhoogte kunnen vliegen. Uit verschillende onderzoeken is bekend dat deze soorten regelmatig als slachtoffer worden gevonden bij windparken, zowel in Nederland als daarbuiten (zie de hiervoor genoemde literatuurbronnen en de database van T. Dürr). Voor alle soorten geldt dat het risico op aanvaringen afhankelijk is van de vliegactiviteit in het plangebied.

De **Ruige dwergvleermuis** behoort tot de frequentere aanvaringsslachtoffers in West-Europese windparken, vanwege een relatief hoge vlieghoogte (tot >100 m). Ook kan deze

soort tijdens de seizoenstrek diverse windparken tegenkomen, vooral wanneer deze op de trekroutes langs bijvoorbeeld de kustlijn staan. Dit kan relevant zijn indien sprake is van trek langs de Veluwerandmeren. Ook de **Rosse vleermuis** en **Bosvleermuis** vliegen vaak op grotere hoogte, waardoor de kans op aanvaring met de rotorbladen relatief hoog is (Roemer *et al*. 2017).

De **Gewone dwergvleermuis** vliegt over het algemeen vrij laag, binnen enkele tientallen meters van de grond, hoewel hij soms hoger en dus op rotorhoogte wordt waargenomen. Het risico op aanvaringen is daardoor sterk afhankelijk van de tiplaagte van de turbines (de minimale hoogte van de rotorbladen boven de grond) en de mate van vliegactiviteit op rotorhoogte. Ook de **Laatvlieger** is een soort die relatief laag boven de grond (<50 m) in open gebied foerageert. Voor deze twee soorten geldt dat turbines met een lage tiplaagte tot hogere aanvaringsrisico's kunnen leiden.

De exacte verspreiding van de vleermuizen op en rond de Veluwe is niet goed bekend. Aangenomen kan worden dat een groot deel van het gebied geschikt is voor vleermuizen. Dat zou dus kunnen leiden tot een beperking van de mogelijkheden voor windturbines. Het is echter bekend dat vleermuizen vooral vliegen bij windsnelheden lager dan 5-6 m/s en bij temperaturen hoger dan 10–12 graden Celsius. Bij lage windsnelheden is de energieopbrengst van windturbines beperkt. Het is dan ook mogelijk om de negatieve effecten op vleermuizen te mitigeren door een stilstandvoorziening van windturbines bij lage windsnelheden in te voeren. Bij toepassing van een op maat gesneden stilstandvoorziening waarbij rekening wordt gehouden met windsnelheid, temperatuur en seizoen kan de mortaliteit onder vleermuizen sterk worden gereduceerd. Dit wordt in meer detail behandeld in hoofdstuk 6.

6 Mogelijkheden voor mitigatie

6.1 Inleiding

Zoals in hoofdstuk 4 is aangegeven, kan de mortaliteit onder Wespendieven in sommige scenario's de 1%-mortaliteitsnorm overschrijden. Om het aantal aanvaringsslachtoffers te beperken zijn diverse mitigerende maatregelen mogelijk. In grote lijnen komen de opties voor mitigatie neer op de volgende maatregelen:

1. Verhogen zichtbaarheid van de turbines;
2. Toepassing slim cameradetectiesysteem gekoppeld aan stilstandvoorziening;
3. Periodieke stilstandvoorziening in de meest kritische perioden;
4. Keuze turbinetype met gunstiger verhouding tussen energieopbrengst en aantal aanvaringsslachtoffers.

Ook een specifieke ruimtelijke opstelling kan helpen om de aanvaringsrisico's te reduceren. In onderstaande secties worden bovenstaande maatregelen in meer detail besproken. Met name de eerste twee opties bevinden zich nog enigszins in een experimenteel stadium en de effectiviteit ten aanzien van de Wespendief is op dit moment onvoldoende duidelijk. De derde optie (stilstand in de kritische periode) is logischerwijs een effectieve maatregel en de mate van mortaliteitsreductie onder verschillende stilstandscenario's wordt in dit hoofdstuk in meer detail uitgewerkt.

Aangezien naast de Wespendief ook andere soorten relevant zijn, wordt hier als laatste kort ingegaan op de mogelijkheden voor mitigatie om het aantal slachtoffers onder vleermuizen te reduceren.

6.2 Zichtbaarheid turbines

De eerste mogelijkheid die hier wordt genoemd is om één van de drie rotorbladen zwart te verven, waardoor de ronddraaiende bladen beter zichtbaar worden voor (overdag vliegende) vogels. Op het Noorse eiland Smøla, waar zich een hoge dichtheid aan Zeearenden bevindt en ook een windpark staat, zijn hiermee veelbelovende resultaten geboekt. Op Smøla leidde deze maatregel tot een zeer sterke reductie van het aantal slachtoffers onder de Zeearend en enkele andere soorten (Hardwoord & Perrow 2019, May *et al*. 2020).

Het voordeel van deze vorm van mitigatie is dat het een relatief eenvoudige en goedkope manier is om, indien effectief, de mortaliteit te reduceren. Er is immers geen sprake van een vorm van stilstandvoorziening. Daar staat tegenover dat het experiment op Smøla voor zover bekend het enige voorbeeld is waarbij deze maatregel is getest. Het soortenspectrum van vogels en het landschap in de Veluweregio zijn wezenlijk anders, en het is niet bekend in hoeverre de zwarte rotorbladen bij andere soorten en in een ander landschap tot vergelijkbare resultaten leiden. Mogelijk wordt het experiment de komende jaren herhaald in de Eemshaven, zodat meer duidelijkheid ontstaat over de effectiviteit op andere soorten en in een andere omgeving. Op dit moment is het een veelbelovende techniek, maar nog onvoldoende bewezen om als mitigerende maatregel voor de Wespendieven op de Veluwe ingezet te kunnen worden. Wellicht verandert dat als in de komende jaren meer onderzoek naar de effectiviteit van deze maatregel wordt gedaan.

Een ander aspect is dat door de zwarte rotorbladen de zichtbaarheid van de turbines ook voor mensen toeneemt, zeker in dichtbevolkt gebied. Dit kan een nadeel zijn bij de landschappelijke inpassing.

6.3 Cameradetectie

Een tweede optie is het toepassen van een slim cameradetectiesysteem dat langsvliegende Wespendieven kan herkennen en op die momenten de turbines tijdelijk stil kan zetten. Een voorbeeld is het detectiesysteem DT-Bird dat onder andere in Windpark Krammer wordt toegepast om aanvaringen met Zeearenden te voorkomen.

Het voordeel van een dergelijk cameradetectiesysteem is dat een zeer gerichte manier van stilstand kan worden bereikt, in tegenstelling tot een generieke stilstandvoorziening (zie volgende paragraaf) waarbij de turbines stilstaan ongeacht de aanwezigheid van een Wespendief nabij het windpark. Het is niet bekend tot welke mate van stilstand een detectiesysteem dat specifiek op de Wespendief is gericht zou leiden, maar het is te verwachten dat dit aanzienlijk lager ligt dan bij een generiek stilstandmodel. Mogelijk is het daardoor een aantrekkelijk alternatief. Een complicerende factor hierbij is de gelijkenis van de Wespendief met de algemeen voorkomende Buizerd. Ook qua grootte onderscheidt een Wespendief zich duidelijk minder van andere soorten dan een Zeearend. De effectiviteit van een cameradetectiesysteem, ten aanzien van zowel de detectie van de vogels als de resulterende mate van stilstand, kan worden onderzocht door het systeem te testen op één of meerdere locaties nabij de Veluwe.

6.4 Stilstandvoorziening

De meest zekere vorm van mitigatie is het tijdelijk stilzetten van de turbines in de meest risicovolle perioden. Een dergelijke vorm van mitigatie kan effectief zijn indien sprake is van duidelijk afgescheiden perioden met hoge aanvaringsrisico's, zoals tijdens de seizoensmigratie van trekkende zangvogels of vleermuizen (Bouten *et al*. 2020, Smallwood & Bell 2020). Het nadeel van een stilstandvoorziening is logischerwijs het verlies aan energieopbrengst. Afhankelijk van de wijze waarop een stilstandvoorziening wordt ingevuld kan dit een kostbare vorm van mitigatie betekenen.

In het geval van de Wespendief is sprake van een aanzienlijke variatie in mortaliteit in de maanden dat de soort in Nederland aanwezig is. Uit figuur 4.8 blijkt dat, indien turbines buiten de Veluwe worden geplaatst, de maanden juli en vooral augustus veruit de hoogste risico's op aanvaring kennen. Dit is een gevolg van het feit dat in mei en juni de oudervogels aan het broeden zijn, en in die periode de vrouwelijke Wespendieven nauwelijks buiten de Veluwe komen. Dat verandert in juli en augustus, zodra de jongen groter zijn en de volwassen vrouwen meer tijd buiten de Veluwe doorbrengen (figuur 3.4) en daarbij ook langere afstanden afleggen (figuur 3.6). Dit biedt mogelijkheden om in de nazomer een stilstandvoorziening toe te passen; in de maanden mei en juni is dit nauwelijks effectief.

Hieronder wordt een analyse gegeven van de effectiviteit van een stilstandvoorziening indien de turbines in de maand augustus respectievelijk 5, 10, 15, 20, 25 of 30 dagen worden stilgezet. Deze analyse is uitsluitend van toepassing bij plaatsing van turbines buiten de Veluwe. Ter indicatie is één arbitrair scenario doorgerekend, namelijk 25 middelgrote turbines op 3 km afstand van de Veluwerand bij een ontwijkingspercentage van 98%. De uitkomsten in

absolute getallen zijn uiteraard anders bij andere scenario's, maar de mate van reductie in mortaliteit geeft een goede indicatie van de effectiviteit van deze maatregel.

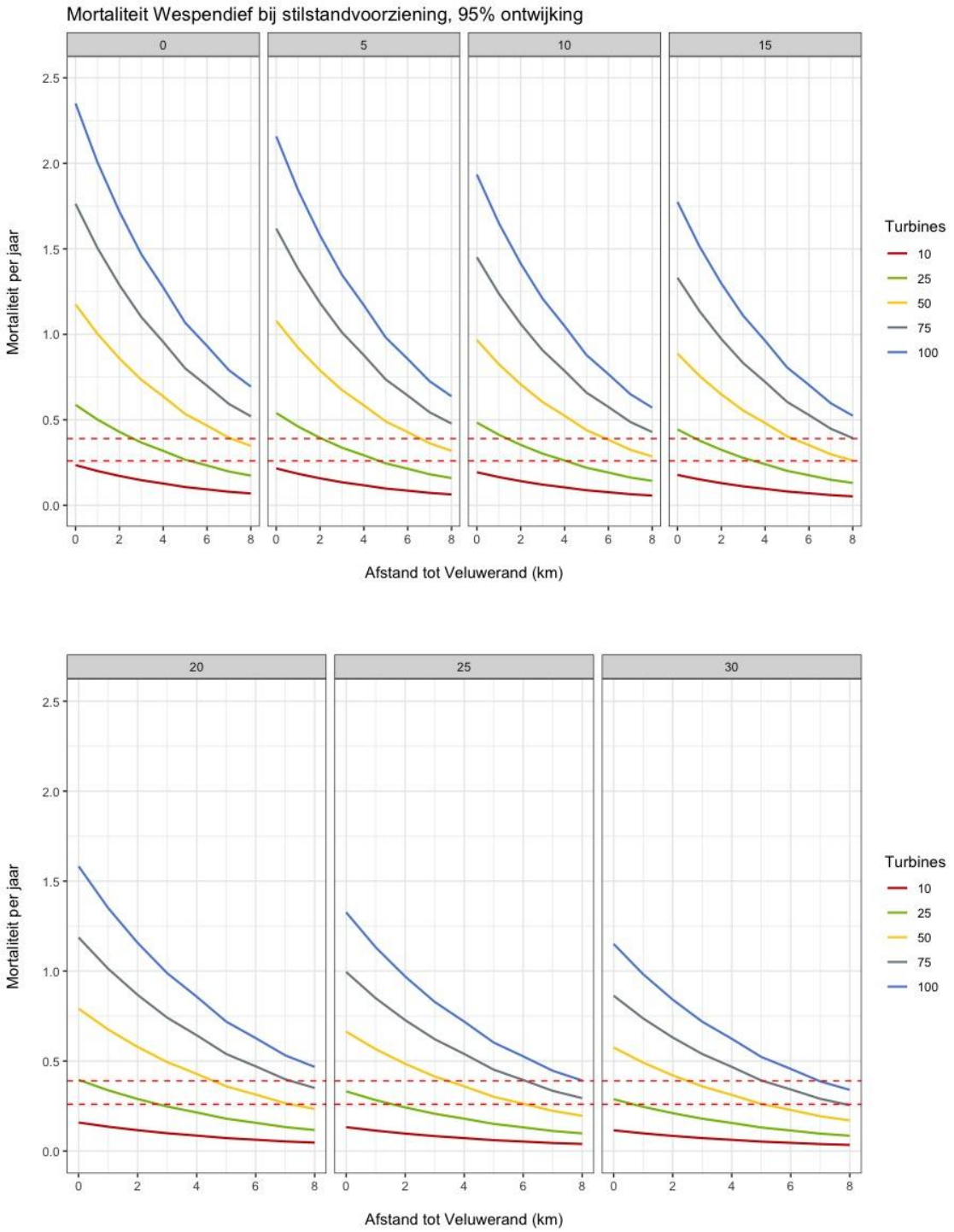
Als basis geldt dat bij nul dagen stilstand de turbines in augustus gemiddeld 78% van de tijd operationeel zijn (figuur 3.2). Vervolgens is voor ieder stilstandscenario (tabel 6.1, 1e kolom) het percentage van de tijd berekend (2e kolom) waarop de turbines in augustus operationeel zijn. De mortaliteitscijfers zijn afgerond op twee decimalen. Uit tabel 6.1 komt naar voren dat elke vijf dagen stilstand overeenkomt met een reductie van 15–17% van de mortaliteit in augustus. De reductie berekend over het gehele seizoen verloopt wat meer sprongsgewijs, waarschijnlijk vanwege de invloed van toevalsvariatie in mortaliteit in andere maanden (vooral juli). Samenvattend resulteert een stilstand van 15 dagen, dus ongeveer de halve maand, in een reductie met een kwart van het totaal aantal slachtoffers. Indien de turbines de volledige maand augustus stil zouden komen te staan is de reductie ruim de helft.

De hier doorgerekende stilstandvoorziening is alleen overdag van toepassing, aangezien Wespendieven niet 's nachts actief zijn (figuur 3.3). Dat is wel het geval bij vleermuizen. Indien naast een stilstandvoorziening voor de Wespendief ook stilstand voor vleermuizen noodzakelijk is (zie hoofdstuk 6.6), betekent dit dat in de periode waarbij beide stilstandvoorzieningen van toepassing zijn, de turbines 24 uur per dag stilstaan.

Tabel 6.1 Effectiviteit van een stilstandvoorziening (overdag) in de maand augustus.

Stilstand	Percentage operationeel	Mortaliteit augustus	Mortaliteit hele seizoen	Reductie (%) augustus	Reductie (%) hele seizoen
0 dagen	78%	0,08	0,15	n.v.t.	n.v.t.
5 dagen	65%	0,07	0,14	17%	8%
10 dagen	53%	0,05	0,12	35%	18%
15 dagen	40%	0,04	0,11	50%	24%
20 dagen	28%	0,03	0,10	65%	33%
25 dagen	15%	0,01	0,08	83%	44%
30 dagen	3%	0,00	0,07	99%	51%

Uit tabel 6.1 (5e kolom) blijkt dat de mortaliteitsreductie in augustus ongeveer lineair verloopt met het aantal dagen stilstand. Dat is ook te verwachten, aangezien in het aanvaringsmodel wordt uitgegaan van een uniforme verdeling van activiteit en aanvaringsrisico's binnen een bepaalde maand. De kleine afwijkingen kunnen komen door afrondingsverschillen of door toevalsvariatie in de berekeningen (het is een stochastisch model). In het model verloopt de mortaliteit ook lineair met het aantal turbines. Dit alles betekent dat ook voor andere scenario's ten aanzien van het aantal turbines en de afstand tot de Veluwerand, de potentiële reductie in mortaliteit op basis van een simpele extrapolatie kan worden berekend. Deze analyse is weergegeven in figuur 6.1. Zoals gezegd is dit een theoretisch patroon op basis van een rekenmodel, en kunnen de patronen in werkelijkheid anders verlopen door variatie in ruimtegebruik en vliegbewegingen binnen de maand augustus.



Figuur 6.1 Effectiviteit van een stilstandvoorziening indien turbines buiten de Veluwe worden geplaatst. Iedere deelgrafiek geeft de mortaliteit per jaar weer onder een bepaald stilstandscenario, waarbij het aantal dagen stilstand is weergegeven in de grijze balken bovenaan. De rode stippellijnen geven de 1%-normen (0,26 en 0,39) weer.

Uit figuur 6.1 komen de volgende patronen naar voren (gebaseerd op een ontwijkingskans van 95% en een 'strenge' 1%-norm van 0,26):

- De plaatsing van 10 turbines is mogelijk binnen 1–8 km van de Veluwerand, ook zonder stilstandvoorziening.
- De plaatsing van 25 turbines is afhankelijk van de afstand en de mate waarin de turbines worden stilgezet. Zonder stilstand zijn 25 turbines mogelijk op een afstand van minimaal ca. 5 km van de Veluwerand; bij 10 dagen stilstand wordt dit gereduceerd tot ca. 4 km, bij 20 dagen stilstand tot ca. 3 km en bij 30 dagen stilstand tot ca. 1 km.
- Zonder stilstandvoorziening kan de plaatsing van 50 of meer turbines niet plaatsvinden binnen een afstand van 8 km van de Veluwerand. Indien de turbines 20 dagen worden stilgezet, is plaatsing op ca. 7 km mogelijk, en bij 30 dagen stilstand op ca. 5 km.
- De plaatsing van 75 turbines of meer is bij een ontwijkingspercentage van 95% en een 1%-norm van 0,26 überhaupt niet mogelijk op afstanden kleiner dan 8 km van de Veluwerand, ook niet bij het treffen van een stilstandvoorziening in de maand augustus.

Bovenstaande bevindingen zijn samengevat in tabel 6.2. Logischerwijs vallen deze aantallen en afstanden anders uit indien wordt uitgegaan van een hogere ontwijkingskans. Het is belangrijk op te merken dat deze data uitsluitend van toepassing zijn bij turbines buiten de Veluwe. Een stilstandvoorziening bij turbines op de Veluwe is minder effectief, omdat de spreiding van het aantal slachtoffers over het seizoen veel groter is dan bij turbines buiten de Veluwe (vergelijk figuren 4.5 en 4.8). Met andere woorden, bij turbines op de Veluwe zou een groter aantal dagen stilstand nodig zijn om dezelfde reductie te halen als bij turbines buiten de Veluwe.

Tabel 6.2 Minimum afstanden ten opzichte van de Veluwerand waarbij turbines kunnen worden geplaatst onder een bepaalde stilstandvoorziening. Deze getallen zijn indicatief en uitsluitend van toepassing bij turbines buiten de Veluwe, binnen de 1–8 km zone en bij stilstand in de maand augustus. De afstanden zijn naar boven afgerond en gebaseerd op een ontwijkingskans van 95% en een 1%-norm van 0,26 slachtoffers per jaar. Als minimum afstand is 1 km gehanteerd (zie paragraaf 4.3).

Stilstand	10 turbines	25 turbines	50 turbines	75 turbines	100 turbines
0 dagen	1 km	5 km	Niet mogelijk	Niet mogelijk	Niet mogelijk
5 dagen	1 km	5 km	Niet mogelijk	Niet mogelijk	Niet mogelijk
10 dagen	1 km	4 km	Niet mogelijk	Niet mogelijk	Niet mogelijk
15 dagen	1 km	4 km	8 km	Niet mogelijk	Niet mogelijk
20 dagen	1 km	3 km	7 km	Niet mogelijk	Niet mogelijk
25 dagen	1 km	2 km	6 km	Niet mogelijk	Niet mogelijk
30 dagen	1 km	1 km	5 km	8 km	Niet mogelijk

6.5 Turbinetype

De keuze voor een bepaald turbinetype kan consequenties hebben voor de aanvaringsrisico's. De grootte van de turbine is van invloed op de aanvaringskans. De belangrijkste factoren hierbij zijn de ashoogte, de afmetingen van de rotorbladen en daarmee samenhangend, de draaisnelheid. Uit de analyses in hoofdstuk 4 blijkt dat grotere turbines tot marginaal meer slachtoffers leiden dan kleinere turbines. Soortgelijke conclusies komen naar voren uit andere

studies (Klop *et al*. 2014, Thaxter *et al*. 2017). Indien niet het aantal turbines maar het aantal MW als uitgangspunt wordt genomen, zijn bij grote turbines minder turbines nodig om hetzelfde gezamenlijke vermogen te halen. Bovendien neemt bij een grotere turbine de opbrengst in MW verhoudingsgewijs sneller toe dan het aantal slachtoffers. Grote turbines hebben dus een gunstiger mortaliteit per MW dan kleine turbines.

Een kanttekening hierbij is dat de rotorhoogte van een turbine een sterke invloed heeft op de aanvaringsrisico's bij zowel vogels als vleermuizen. Sommige soorten vogels en vleermuizen vliegen voornamelijk op lage hoogte, binnen enkele tientallen meters van de grond, en een relatief kleine turbine met een lage tiplaagte kan daardoor een onevenredig groot effect hebben op laagvliegende soorten zoals de Gewone dwergvleermuis.

6.6 Vleermuizen

De vliegactiviteit van vleermuizen is het hoogst tijdens kalme en warme zomernachten, met weinig wind en temperaturen hoger dan ongeveer 12 °C. Vrijwel alle vliegactiviteit vindt plaats bij windsnelheden lager dan 5-6 m/s (Ahlén *et al*. 2007, Gray *et al*. 2012, Limpens *et al*. 2013, Cryan *et al*. 2014). Het effect van windsnelheid op vliegactiviteit is echter soortspecifiek: Ruige dwergvleermuis lijkt wat toleranter te zijn voor hogere windsnelheden dan Gewone dwergvleermuis (Limpens *et al*. 2013).

De relatie tussen windsnelheid en vliegactiviteit biedt mogelijkheden voor mitigatie. De meeste moderne turbines hebben een 'cut-in speed' (windsnelheid waarbij de turbine gaat draaien) van circa 3-4 m/s; indien de cut-in speed wordt verhoogd naar 5–6 m/s betekent dit dat er vrijwel geen vleermuizen meer vliegen als de turbine operationeel wordt. Een hogere cut-in speed betekent dus minder risico op aanvaringen en een substantieel lagere mortaliteit. In de VS is de effectiviteit van een verhoging van de startsnelheid uitvoerig onderzocht en blijkt een reductie van de mortaliteit tot >90% haalbaar (Baerwald *et al*. 2009, Arnett *et al*. 2010, 2011). Tegelijkertijd is het rendementsverlies van de turbines gering vanwege het lage rendement bij lage windsnelheden. Bovendien hoeft het alleen te worden toegepast in de zomerperiode (mei-okt), tussen zonsondergang en zonsopkomst en bij temperaturen hoger dan 12 °C.

Het verhogen van de cut-in speed is dus een zeer effectieve vorm van mitigatie. De mogelijkheden en noodzaak van een dergelijke stilstandvoorziening dient aan de hand van aanvullend veldonderzoek en een meer gedetailleerde effectbeoordeling nader te worden onderzocht.

7 Synthese

7.1 Inleiding

Het Natura 2000-gebied Veluwe valt binnen vier van de zes Gelderse RES-regio's. In het kader van de energietransitie in Nederland wordt binnen deze regio's gezocht naar mogelijkheden voor het grootschalig opwekken van duurzame energie, waaronder windenergie. Uit een groot aantal studies is echter bekend dat windturbines kunnen leiden tot negatieve effecten op (beschermde) natuurwaarden, met als prominent effect het veroorzaken van aanvaringsslachtoffers bij vogels en vleermuizen. Uit een eerdere analyse kwam naar voren dat de voor het Natura 2000-gebied Veluwe aangewezen Wespendief de meest beperkende soort is voor het plaatsen van windturbines.

De Wespendief is een roofvogel die in Nederland uitsluitend in de zomerperiode aanwezig is. De totale Nederlandse populatie telt naar schatting enkele honderden broedparen. De soort is gebonden aan grote bosgebieden, en de grootste populatie van het land is te vinden op de Veluwe. Dit gebied maakt deel uit van het Europese Natura 2000-netwerk, en is daarmee strikt beschermd onder de Wet natuurbescherming. De Wespendief is voor dit Natura 2000-gebied aangewezen als kwalificerende broedvogelsoort, met een instandhoudingsdoel van 100 broedparen. Dat doel wordt momenteel niet gehaald: naar schatting zijn op dit moment ongeveer 94 broedparen in het gebied aanwezig.

Vanwege de gevoeligheid van de Wespendief (en andere roofvogels) voor aanvaringen met windturbines, is in dit onderzoek een analyse uitgevoerd om de potentiële mortaliteit onder Wespendieven te berekenen bij verschillende scenario's ten aanzien van het plaatsen van windturbines op en nabij de Veluwe. Specifiek is hierbij uitgegaan van de volgende scenario's:

- **Aantal turbines**: de analyses zijn gedaan voor scenario's waarin 10, 25, 50, 75 en 100 turbines worden geplaatst.
- **Turbines op de Veluwe of daarbuiten**. Ten eerste is berekend wat de effecten zijn indien turbines op de Veluwe, dus binnen het Natura 2000-gebied, zouden worden geplaatst. Ten tweede zijn de effecten berekend van turbines die buiten het gebied worden geplaatst, in stappen van 1 km tot een afstand van 8 km van de rand van de Veluwe. Deze maximale afstand is gebaseerd op de patronen in vliegbewegingen buiten de Veluwe.
- **Turbinetype:** in de berekeningen wordt uitgegaan van twee turbineklassen, namelijk een middelgrote turbine met een ashoogte van 100 m en een rotordiameter van 120 m, en een grote turbine met een ashoogte van 160 m en een rotordiameter van 160 m.
- **Ontwijkingskans:** de mate waarin een vogel erin slaagt om succesvol een turbine te ontwijken is een belangrijke factor in de berekening van de aanvaringskansen. In de analyses van het aantal aanvaringen is met vier verschillende percentages voor de ontwijkingskans gerekend, namelijk 95%, 98%, 99% en 99,5%.

De analyses van de aanvaringsrisico's zijn gedaan met behulp van een rekenmodel, dat in binnen- en buitenland veel wordt gebruikt om turbineslachtoffers onder vogels te kwantificeren. Een centraal onderdeel van deze analyses is het kwantificeren van de vliegactiviteit van Wespendieven op en rond de Veluwe. Dit is gedaan op basis van een langjarige studie (Van Manen *et al*. 2020) waarbij Wespendieven zijn uitgerust met GPS-zenders. Hierbij zijn in totaal ruim 300.000 GPS-punten verzameld van 14 verschillende Wespendieven.

7.2 Aanvaringsrisico's Wespendief

Zoals gezegd is in de analyses onderscheid gemaakt tussen het scenario waarbij turbines op de Veluwe worden geplaatst, en waarbij deze buiten het Natura 2000-gebied worden geplaatst. Dit onderscheid is van groot belang voor de aanvaringsrisico's onder Wespendieven. Er is namelijk sprake van aanzienlijk meer vliegbewegingen binnen de Veluwe, vooral in het voorjaar en vooral bij de mannelijke vogels. In de nazomer (juli–augustus) verandert het beeld enigszins, omdat dan de vrouwelijke vogels meer en langere voedselvluchten ondernemen en daarbij relatief vaak buiten het gebied komen.

In de analyses blijkt de ontwijkingskans, i.e. de kans dat een vogel succesvol de turbines weet te ontwijken en daardoor een aanvaring voorkomt, een zeer grote invloed heeft op de potentiële mortaliteit onder Wespendieven. De ordegrootte van deze ontwijkingskans ligt bij de meeste roofvogels tussen 95–99,5%. Het is niet bekend waar precies binnen deze bandbreedte de ontwijkingskans van de Wespendief ligt.

Turbines op de Veluwe
De modelberekeningen laten zien dat de mortaliteit snel oploopt met het aantal turbines dat wordt geplaatst. Indien als worst-case benadering wordt uitgegaan van een ontwijkingspercentage van 95%, varieert de mortaliteit van 1,7 (bij 10 middelgrote turbines) tot 17 (bij 100 middelgrote turbines) Wespendieven per jaar. Bij hogere percentages voor de ontwijkingskans daalt de mortaliteit aanzienlijk. Ruim twee derde van het verwachte aantal aanvaringsslachtoffers bij turbines op de Veluwe bestaat uit mannelijke Wespendieven. Hoewel een piek in mortaliteit zichtbaar is in augustus, zijn de aanvaringsrisico's relatief uniform verdeeld over het zomerseizoen.

Turbines buiten de Veluwe
De patronen in mortaliteit indien turbines buiten de Veluwe worden geplaatst zijn wezenlijk anders dan bij turbines op de Veluwe. Ten eerste is sprake van een sterk afstandseffect: hoe verder de turbines van de Veluwerand zijn gesitueerd, hoe kleiner de kans dat een Wespendief überhaupt in de buurt van de turbines komt, en dus hoe lager het aantal slachtoffers. In grote lijnen is op ongeveer 4–5 km afstand de mortaliteit gehalveerd ten opzichte van turbines vlakbij de Veluwerand. Hierbij moet worden opgemerkt dat in het geval van turbines direct aan de rand van de Veluwe, de mortaliteit door het model mogelijk wordt onderschat. Aangezien het merendeel van de Wespendieven binnen afstanden van 8–10 km van de Veluwerand foerageert, is de mortaliteit bij turbines die verder weg worden geplaatst waarschijnlijk nihil (bijzondere situaties daargelaten).

Een tweede verschil met turbines binnen de Veluwe, is dat bij turbines buiten het gebied vooral vrouwelijke Wespendieven slachtoffer worden. Dit komt doordat de vrouwelijke vogels, vooral in de nazomer, meer buiten het gebied komen dan de mannen, en dan ook nog eens aanzienlijk verder vliegen. Dit leidt ook, in tegenstelling tot de situatie waarbij turbines op de Veluwe worden geplaatst, tot een duidelijke piek in mortaliteit in de maanden juli en augustus.

In beide scenario's geldt dat grote turbines (rotordiameter 160 m) tot marginaal (ca. 7–8%) meer slachtoffers leiden dan kleinere turbines (rotordiameter 120 m), ondanks een aanzienlijk verschil in rotoroppervlak. Aangezien bij een grotere turbine de opbrengst in MW verhoudingsgewijs sneller toeneemt dan het aantal slachtoffers, hebben grote turbines dus een gunstiger mortaliteit per MW dan kleine turbines. Dit uitgangspunt biedt mogelijkheden voor mitigatie.

7.3 Juridische consequenties

Conform de Wet Natuurbescherming mag het instandhoudingsdoel voor de Wespendief op de Veluwe niet worden aangetast. Het doel zoals geformuleerd in het Natura 2000 aanwijzingsbesluit gaat uit van een populatie van ten minste 100 broedparen; dat wordt op dit moment niet gehaald.

De effecten van sterfte door aanvaringen met windturbines worden in Nederland vaak getoetst door middel van de zogenaamde 1%-mortaliteitsnorm. Deze norm is niet zonder discussie, en het is aan het bevoegd gezag (de provincie Gelderland) om een oordeel te vellen over welke norm ten aanzien van de Veluwse populatie Wespendieven kan worden gehanteerd.

Als wordt uitgegaan van een 1%-mortaliteitsnorm van 0,26 slachtoffers per jaar, leiden turbines op de Veluwe in vrijwel alle scenario's tot een overschrijding van de 1%-norm. Alleen indien wordt uitgegaan van een zeer hoog ontwijkingspercentage en zeer lage aantallen turbines, blijft de gemodelleerde mortaliteit onder de juridische drempelwaarde. Aangezien er op dit moment geen aanwijzingen zijn dat een dergelijk hoge ontwijkingskans de meest realistische is voor de Wespendief, moet worden geconcludeerd dat plaatsing van turbines op de Veluwe juridisch niet haalbaar is. Daarbij komt dat plaatsing van turbines op de Veluwe een onevenredig groot effect heeft op het invullen van de 'toegestane mortaliteit' (de juridische ruimte onder de 1%-norm), waardoor de ontwikkelruimte buiten het Natura 2000-gebied de facto op slot wordt gezet. Dit kan een groot nadelig effect hebben op andere initiatieven in de zone tot 8 km van de Veluwe.

Turbines buiten de Veluwe zijn onder voorwaarden mogelijk. De meest relevante criteria daarbij zijn het aantal beoogde turbines en de afstand van de Veluwerand waarop deze worden geplaatst. Als voorzichtigheidshalve wordt uitgegaan van een worst-case ontwijkingskans van 95%, kunnen 10 turbines op alle afstanden tussen 1–8 km van de Veluwerand worden geplaatst. Bij 25 turbines is dit pas mogelijk op een afstand van minimaal 5 km. Grote aantallen turbines, zoals 75 of 100, zijn zonder effectieve mitigerende maatregelen niet mogelijk binnen een afstand van 8 km van de Veluwe.

De effecten van turbines op de Wespendief (en andere soorten) zijn in ruimtelijke context relevant voor in elk geval de Gelderse RES-regio's Arnhem-Nijmegen, Cleantech, Food Valley en Noord-Veluwe, maar ook voor omliggende RES-regio's die voor een deel binnen 8 km van de Veluwe liggen (Achterhoek, Rivierenland, Flevoland, West-Overijssel). Daarbij is van belang dat de effecten in de afzonderlijke regio's in cumulatie doorwerken op hetzelfde Natura 2000-gebied. Tegen deze achtergrond is het van belang dat er in het RES proces niet alleen wordt gekeken vanuit een bottom-up proces. Er is een RES regio overstijgende regie nodig. Hierin kan de provincie een sleutelrol vervullen.

7.4 Mitigatie

Om het aantal aanvaringsslachtoffers te beperken zijn diverse mitigerende maatregelen mogelijk. In grote lijnen komen de opties voor mitigatie neer op de volgende maatregelen:

1. Verhogen zichtbaarheid van de turbines;
2. Toepassing slim cameradetectiesysteem gekoppeld aan stilstandvoorziening;

3. Periodieke stilstandvoorziening in de meest kritische perioden;
4. Keuze turbinetype met gunstiger verhouding tussen energieopbrengst en aantal aanvaringsslachtoffers.

Met name de eerste twee opties bevinden zich nog enigszins in een experimenteel stadium en de effectiviteit ten aanzien van de Wespendief is op dit moment onvoldoende duidelijk. De meest zekere vorm van mitigatie is het tijdelijk stilzetten van de turbines in de meest risicovolle perioden. Het nadeel van een stilstandvoorziening is logischerwijs het verlies aan energieopbrengst.

Uit de analyses blijkt dat, indien turbines buiten de Veluwe worden geplaatst, de maanden juli en vooral augustus veruit de hoogste risico's op aanvaring kennen. Een stilstandvoorziening is dan ook vooral in deze maanden effectief. Indien de turbines in de maand augustus overdag worden stilgezet, kan dit leiden tot een aanzienlijke reductie in het aantal slachtoffers. Kort gezegd resulteert een stilstand van 15 dagen in een reductie met ongeveer een kwart van het totaal aantal slachtoffers onder Wespendieven. Indien de turbines de volledige maand augustus stil zouden komen te staan is de reductie ruim de helft. Deze bevindingen zijn uitsluitend van toepassing bij turbines buiten de Veluwe. Een stilstandvoorziening bij turbines op de Veluwe is minder effectief, omdat de piek in mortaliteit in augustus minder uitgesproken is.

7.5 Overige natuurwaarden

Hoewel de focus van deze studie op de Wespendief ligt, zijn verschillende andere beschermde soorten en gebieden relevant ten aanzien van de mogelijke ecologische effecten van windturbines op of nabij de Veluwe. Vanuit de Wet Natuurbescherming zijn twee componenten van belang, namelijk gebiedsbescherming en soortenbescherming.

Het Natura 2000-gebied Veluwe is, naast de Wespendief, aangewezen voor diverse andere soorten broedvogels. De risico's zijn het hoogst voor de Nachtzwaluw en Boomleeuwerik, maar dit is afhankelijk van de locatie en het terreintype waarin de turbines staan. De eveneens kwalificerende Meervleermuis is minder relevant vanwege de lage vlieghoogte van deze soort.

In de omgeving van de Veluwe liggen diverse andere Natura 2000-gebieden die van belang kunnen zijn ten aanzien van de ecologische effecten van de plaatsing van windturbines. Binnen een straal van 10 km zijn vijf andere Natura 2000-gebieden gelegen (figuur 5.1), waarvan met name de gebieden Veluwerandmeren, Rijntakken en Arkemheen relevant zijn vanwege aanvaringsrisico's op watervogels die van deze gebieden gebruik maken. Naast deze Natura 2000-gebieden zijn ook het Gelders Natuurnetwerk, groene ontwikkelingszones, weidevogelgebieden en ganzenrustgebieden relevant ten aanzien van de ecologische effecten van windturbines. Bij concrete plannen buiten de Veluwe moet hier ook rekening mee worden gehouden.

Naast vogels worden ook vleermuizen regelmatig als aanvaringsslachtoffer onder windturbines gevonden, waardoor ook mortaliteit onder vleermuizen moet worden meegewogen in een effectbeoordeling. In de omgeving van de Veluwe zijn de risico's op aanvaring het hoogst voor Ruige dwergvleermuis, Rosse vleermuis en Bosvleermuis. Dit zijn hoogvliegende soorten waardoor zij regelmatig op rotorhoogte kunnen vliegen. De mortaliteit onder vleermuizen kan sterk worden gereduceerd door toepassing van een op maat gesneden stilstandvoorziening waarbij rekening wordt gehouden met windsnelheid, temperatuur en seizoen.

Samenvattend, uit de analyse van de overige soorten blijkt dat de Wespendief op de Veluwe allesbepalend is. Buiten de Veluwe moeten nadrukkelijk ook de gebiedsdoelen uit andere gebieden meegenomen worden. Daarnaast zijn effecten op vleermuizen van belang.

7.6 Ruimtelijke regievoering

In de omgeving van de Veluwe worden door vier RES-regio's de mogelijkheden voor windenergie geïnventariseerd, met als doel de landelijke opgelegde doelstellingen voor windenergie te halen. Deze studie maakt duidelijk dat de vergunningruimte beperkt is en dat de ligging (afstand tot de Veluwe) van de turbines een dominante factor is. Effecten van individuele initiatieven werken in cumulatie door op de instandhoudingsdoelen van het Natura 2000-gebied. Met andere woorden, door ruimtelijke afstemming kan het potentieel aan windenergie rondom de Veluwe worden verhoogd. Dit is een argument voor een gedegen RES-overstijgende ruimtelijke strategie. Het kernpunt daarbij is dat meer windenergie gerealiseerd kan worden als er maar voldoende afstand tot de Veluwerand wordt gehouden. Een enkele turbine dichtbij de Veluwe kan een onevenredig groot beslag leggen op de beschikbare vergunningruimte ten opzichte van meerdere verder weg gelegen turbines, en daardoor negatieve gevolgen hebben voor het potentiële totaal opgestelde vermogen dat bereikt kan worden.

7.7 Vervolgstappen

Ruimtelijke verfijning rondom de Veluwe
In het aanvaringsmodel is geen ruimtelijke component aanwezig. Een belangrijke consequentie daarvan is dat in het model wordt uitgegaan van een uniforme kwaliteit of geschiktheid van alle terreintypen en alle locaties rondom de Veluwe. In de werkelijkheid is zeer waarschijnlijk wel degelijk sprake van variatie in habitatkwaliteit voor de Wespendief.

Doordat ruimtelijke informatie niet in het huidige model is toe te passen, ontstaat een homogene afstandsverdeling in mortaliteit voor het gebied buiten de Veluwe. Dit kan leiden tot onderschatting of overschatting van de mortaliteit bij turbines op een bepaalde locatie. Bij concrete plannen voor de realisatie van windenergie kunnen aanvullende veldwaarnemingen in de nazomer (juli, augustus) meer informatie geven over de mate waarin Wespendieven daadwerkelijk van deze locatie gebruik maken. Dit kan zo tot een ruimtelijke verfijning van de resultaten van het model leiden. Deze verfijning is van belang bij een verdere uitwerking van de mogelijkheden voor windenergie rondom de Veluwe. In het geval dat op een bepaalde locatie (vrijwel) geen vliegbewegingen van Wespendief plaatsvinden, kan dit in theorie tot meer ruimte voor de ontwikkeling van windenergie leiden, zeker in combinatie met een stilstandvoorziening. Gezien de beperkte juridische ruimte ten aanzien van mortaliteit bij de Wespendief, is een voorzichtige benadering hierbij essentieel. Een locatiespecifiek onderzoek kan de mogelijkheden beter in beeld brengen.

Alternatieve vormen van mitigatie
Naast een generieke stilstandvoorziening in de nazomer, biedt een meer gerichte vorm van stilstand wellicht mogelijkheden. Een voorbeeld is het toepassen van een slim cameradetectiesysteem dat langsvliegende Wespendieven (of roofvogels in het algemeen) kan herkennen en op die momenten de turbines tijdelijk stil kan zetten. Een voorbeeld is het

detectiesysteem DT-Bird dat onder andere in Windpark Krammer wordt toegepast om aanvaringen met Zeearenden te voorkomen.

Het is onduidelijk in hoeverre een dergelijk systeem effectief zal zijn in het geval van Wespendieven rondom de Veluwe. Ook is niet exact bekend tot welke mate van stilstand een slim detectiesysteem zou leiden, maar waarschijnlijk ligt dit aanzienlijk lager dan bij een generiek stilstandmodel. Beide aspecten kunnen worden onderzocht door het systeem te testen op één of meerdere locaties nabij de Veluwe.

8 Literatuur

Ahlén, I., L. Bach, H.J. Baagøe & J. Petterson (2007). Bats and offshore wind turbine studied in southern Scandinavia. Report 5571, Swedish Environmental Protection Agency.

Alerstam, T., M. Rosén, J. Bäckman, P.G.P. Ericson & O. Hellgren 2007. Flight speeds among bird species: allometric and phylogenetic effects. PLOS Biology 5(8):e197. https://doi.org/10.1371/journal.pbio.0050197

Altenburg & Wymenga en Feddes/Olthof 2019. A28 als energieroute: ecologische en landschappelijke verkenning. Rapport voor de provincie Gelderland, juli 2019.

Arnett, E.B., M.M.P. Huso, J.P. Hayes & M. Schirmacher 2010. Effectiveness of changing wind turbine cut-in speed to reduce bat fatalities at wind facilities. A final report submitted to the Bats and Wind Energy Cooperative. Bat Conservation International. Austin, Texas, USA.

Arnett, E.B., M.M. Huso, M.R. Schirmacher, & J.P. Hayes 2011. Altering turbine speed reduces bat mortality at wind-energy facilities. Frontiers in Ecology and the Environment 9: 209–214.

Baerwald, E.F., J. Edworthy, M. Holder & R.M.R. Barclay 2009. A large-scale mitigation experiment to reduce bat fatalities at windenergy facilities. Journal of Wildlife Management 73: 1077-1081.

Bakema, G. & B. Scholtens 2015. Alles over windenergie: de feiten op een rij. Geen blad voor de mond, Enschede.

Band, B. 2012. Using a collision risk model to assess bird collision risks for offshore windfarms. British Trust for Ornithology – SOSS Report for the Crown Estate.

Bijlsma R.G., M. Vermeulen, L. Hemerik & C. Klok 2012. Demography of European Honey Buzzards Pernis apivorus. Ardea 100: 163-177.

Bouten, W., J. Kleyheeg-Hartman, E. Klop, A. Potiek, S. Stinneman & E. van Loon 2020. Haalbaarheidsstudie naar een voorspellend trekvogelmodel en een stilstandvoorziening om vogelsterfte te beperken in Windpark Eemshaven. Rapport van de Universiteit van Amsterdam, Bureau Waardenburg en Altenburg & Wymenga voor de provincie Groningen.

Bruderer, B. & Boldt, A. 2001. Flight characteristics of birds: radar measurements of speeds. Ibis 143: 178–204

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 energietransitie. WER-rapport No. 2883. Wageningen Environmental Research, Wageningen.

Cook, A.S.C.P., E.M. Humphreys, E.A. Masden, W. Band & N.H.K. Burton 2014. The avoidance rates of collision between birds and offshore turbines. Scottish Marine and Freshwater Science 5: 16. Report for the Scottish Government, DOI: 10.7489/1553-1.

Cryan, P.M., P.M. Gorresen, C.D. Hein, M.R. Schirmacher, R.H. Diehl, M.M. Huso, D.T.S. Hayman, P.D. Fricker, F.J. Bonaccorso, D.H. Johnson, K. Heist & D.C. Dalton 2014. Behaviour of bats at wind turbines. PNAS 111: 15126-15131.

Eichhorn, M., K. Johst, R. Seppelt & M. Drechsler 2012. Model-based estimation of collision risks of predatory birds with wind turbines. Ecology and Society 17:1.

Ferguson-Lees, J. & D.A. Christie 2001. Raptors of the world. Houghton Mifflin Company, Boston.

Geertsema, G.T. & H.W. van den Brink 2014. Windkaart van Nederland op 100 meter hoogte. Technisch rapport TR-351, KNMI, De Bilt.

Gray, M., P. Owens & M. Armitage 2012. Wind speed and bat activity: assessing and mitigating the effects of wind turbines. InPractice 78: 22-25.

Grünkorn, T., J. Blew, T. Coppack, O. Krüger, G. Nehls, A. Potiek, M. Reichenbach, J. von Rönn, H. Timmermann & S. Weitekamp 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.

Haarsma, A.J. 2016. Omgaan met effecten van windturbines op vleermuizen. De Levende Natuur 117: 11-15.

Hardwood, A.J.P. & Perrow, M.R. 2019. Mitigation for birds with implications for bats. In: Perrow, M.R. (ed.) Wildlife and Wind Farms, Conflicts and Solutions. Vol. 4 Offshore: Monitoring and Mitigation, Chapter: 8. Publisher: Pelagic Publishing, Exeter, UK.

Hötker, H. 2017. Birds: displacement. Pp. 119-154 in M. Perrow (ed.) Wildlife and Wind Farms, Conflicts and Solutions, Volume 1 Onshore: Potential Effects. Pelagic Publishing, Exeter, UK.

Klop, E., A. Brenninkmeijer & E. van der Heijden 2014. Ecologische beoordeling uitbreiding opgave windenergie provincie Groningen. A&W-rapport 2020, Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek, Feanwâlden.

Latour, J., N. Fieten, E. van der Veen & M. Krijn 2020. Ecologische verkenning wind- en zonne-energie A50/IJsselvallei. A&W-rapport 3294, Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek, Feanwâlden.

Limpens, H.J.G.A., H. Huitema & J.J.A. Dekker 2007. Vleermuizen en windenergie, Analyse van effecten en verplichtingen in het spanningsveld tussen vleermuizen en windenergie, vanuit de ecologische en wettelijke invalshoek. VZZ rapport 2006.50. Zoogdiervereniging VZZ, Arnhem, in opdracht van SenterNovem.

Limpens, H.J.G.A., M. Boonman, F. Korner-Nievergelt, E.A. Jansen, M. van der Valk, M.J.J. La Haye, S. Dirksen & S.J. Vreugdenhil 2013. Wind turbines and bats in the Netherlands-Measuring and predicting. Report 2013.12, Zoogdiervereniging & Bureau Waardenburg.

Madders, M. 2004. Proposed Wind Farms at Ben Aketil Edinbane, a Quantitative Collision Risk Model for Golden Eagle. NRL Report. Isle of Islay, UK: Natural Research Ltd.

Masden, E. 2015. Developing an avian collision risk model to incorporate variability and uncertainty. Scottish Marine and Freshwater Science 6: 14.

Masden, E.A. & A.S.C.P. Cook 2016. Avian collision risk models for wind energy impact assessments. Environmental Impact Assessment Review 56: 43-49.

May, R., T. Nygård, U. Falkdalen, J. Åström, Ø. Hamre & B. Stokke 2020. Paint it black: Efficacy of increased wind turbine rotor blade visibility to reduce avian fatalities. Ecology and Evolution 10: 8927-8935.

Nijssen, M., R. Versluijs, L. van den Breemer & H. Sierdsema 2019. Soortenherstelprogramma beheerplan Natura 2000 Veluwe: ecologisch profiel en analyse knelpunten vogelsoorten. Rapport Stichting Bargerveen & Sovon Vogelonderzoek Nederland.

Olauson, J., M. Bergkvist, P. Edström & N.-E. Carlstedt 2018. Wind turbine performance decline in Sweden. Report 2017:436, Vindforsk.

Pearce-Higgins, J.W., L. Stephen, R.H.W. Langston, I.P. Bainbridge & R. Bullman 2009. The distribution of breeding birds around upland wind farms. Journal of Applied Ecology 46: 1323-1331.

Pot, M.T., E. van der Veen, M. Krijn & E. Klop 2020. Ecologische verkenning voor windenergie in de gemeente Groningen. A&W-rapport 19-320, Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek, Feanwâlden.

Pryor, S.C., T.J. Shepherd & R.J. Barthelmie 2018. Interannual variability of wind climates and wind turbine annual energy production. Wind Energy Science 3: 651-665.

Rees, E.C. 2012. Impacts of wind farms on swans and geese: a review. Wildfowl, 62: 37-72.

Rodrigues, Bach, L., Dubourg-Savage, M., Karapandza, B., Kovac, D., Kervyn, T., Dekker, J., Kepel, A., Bach, P., Collins, J., Harbusch, C., Park, K., Micevski, B., Minderman, J., 2015. Guidelines for Consideration of Bats in Wind Farm Projects - Revision 2014. EUROBATS Publication Series No. 6. Bonn, Germany.

Roemer, C., T. Disca, A. Coulon & Y. Bas 2017. Bat flight height monitored from wind masts predicts mortality risk at windfarms. Biological Conservation 215: 116-122.

Ronda, R.J., I.L. Wijnand & A. Stepek 2017. Inter-annual wind speed variability on the North Sea. KNMI Technical report TR-360, KNMI, De Bilt.

Rydel, l.J., Bach, L., Dubourg-Savage, M.J., Green, M., Rodrigues, L. & Hedenström, A. 2010. Mortality of bats at wind turbines links to nocturnal insect migration? European Journal of Wildlife Research 56: 823-827.

Rydell, J., H. Engström, A. Hedenström, J.K. Larsen, J. Pettersson & M. Green 2012. The effects of wind power on birds and bats: a synthesis. Report 6511, Swedish Environmental Protection Agency, Stockholm.

Schaub, T., R.H. Klaassen, W. Bouten, A.E. Schlaich & B.J. Koks 2020. Collision risk of Montagu's Harriers Circus pygargus with wind turbines derived from high-resolution GPS tracking. Ibis 162: 520-534. doi:10.1111/ibi.12788

Schippers, P., R. Buij, A. Schotman, J. Verboom, H. van der Jeugd & E. Jongejans 2020. Mortality limits used in wind energy impact assessment underestimate impacts of wind farms on bird populations. Ecology and Evolution DOI: 10.1002/ece3.6360.

Schöne, M.B. 2007. Windturbines in het landschap. Alterra, Wageningen.

Scottish Natural Heritage 2018. Avoidance Rates for the onshore SNH Wind Farm Collision Risk Model. SNH report.

Sierdsema, H., J. van Diermen, B. Aarts, L. van den Bremer & A. van Kleunen 2008. Factsheets van broedvogels in de Natura 2000-gebieden van Gelderland. SOVON onderzoeksrapport 2008/14. SOVON, Beek-Ubbergen.

Sierdsema H., P. van Els & J. van Irsel 2019. Vogels van de Beerse Overlaat en analyse verstoring van vogels door windturbines. Sovon-rapport 2019/89. Sovon Vogelonderzoek Nederland, Nijmegen.

Sierdsema H. & C. Kampichler 2020. Populatieschatting Wespendief in Natura 2000 gebied Veluwe. Sovon notitie 2020-017. Sovon Vogelonderzoek Nederland, Nijmegen.

Sierdsema H., H. ten Holt, S. Martens, M. Nijssen & P. Verburg 2020a. Natuurbeheer- en zoneringsmaatregelen voor zeven aangewezen vogelsoorten in Natura 2000-gebied Veluwe. Bouwstenen Soortenherstel Beheerplan Natura 2000 Veluwe. Hoofdrapport. Sovon-rapport 2020/29. Sovon Vogelonderzoek Nederland, Nijmegen.

Sierdsema H., H. ten Holt, S. Martens, M. Nijssen & P. Verburg 2020b. Natuurbeheer- en zoneringsmaatregelen voor zeven aangewezen vogelsoorten in Natura 2000-gebied Veluwe. Bouwstenen Soortenherstel Beheerplan Natura 2000 Veluwe. Achtergrondrapport. Sovon-rapport 2020/32. Sovon Vogelonderzoek Nederland, Nijmegen.

Smallwood, K.S. & D.A. Bell 2020. Effects of wind turbine curtailment on bird and bat fatalities. Journal of Wildlife Manegement 84: 685-696.

Thaxter, C.B., G.M. Buchanan, J. Carr, S.H. M. Butchart, T. Newbold, R.E. Green, J.A. Tobias, W.B. Foden, S. O'Brien & J.W. Pearce-Higgins 2017. Bird and bat species' global vulnerability to collision mortality at wind farms revealed through a trait-based assessment. Proceedings of the Royal Society B 284, http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2017.0829

Urquhart, B. & D.P. Whitfield 2016. Derviation of an avoidance rate for Red kite Milvus milvus suitable for onshore wind farm collision risk modelling. Natural Research Information Note 7. Natural Research Ltd, Banchory.

Van Manen, W., S. van Rijn & S. Deuzeman 2020. Monitoring van Wespendieven op de Veluwe in 2017-2019. Sovon Vogelonderzoek Nederland, Nijmegen.

Van Manen W., J. van Diermen, S. van Rijn & P. van Geneijgen 2011. Ecologie van de Wespendief Pernis apivorus op de Veluwe in 2008-2010, populatie, broedbiologie, habitatgebruik en voedsel. Natura 2000 rapport, Provincie Gelderland Arnhem NL / stichting Boomtop www.boomtop.org Assen, NL.

Vasilakis, D.P., D.P. Whitfield & V. Kati 2017. A balanced solution to the cumulative threat of industrialized wind farm development on cinereous vultures (Aegypius monachus) in south-eastern Europe. PLOS One 12(2): e0172685. doi:10.1371/ journal.pone.0172685.

Whitfield, D.P. 2009. Collision avoidance of Golden Eagles at wind farms under the ‘Band’ collision risk model. Report to Scottish Natural Heritage, Natural Research Ltd, Banchory.

Whitfield, D.P. & M. Madders 2006a. A review of the impacts of wind farms on hen harriers Circus cyaneus and an estimation of collision avoidance rates. Natural Research Information Note 1 (revised). Natural Research Ltd, Banchory.

Whitfield, D.P. & M. Madders 2006b. Deriving collision avoidance rates for red kites Milvus milvus. Natural Research Information Note 3. Natural Research Ltd, Banchory.

Winkelman, J.E., F.H. Kistenkas & M.J. Epe 2008. Ecologische en natuurbeschermings-rechtelijke aspecten van windturbines op land. Alterra-rapport 1780, Alterra, Wageningen.

Bijlage 1 Mortaliteit bij turbines rondom de Veluwe

Onderstaande tabel geeft de mortaliteit weer zoals berekend met het aanvaringsmodel, in het geval dat middelgrote turbines buiten de Veluwe worden geplaatst. De cijfers zijn voor mannelijke en vrouwelijke Wespendieven tezamen. De kolommen geven de afstand (km) van de Veluwerand, het aantal turbines, het ontwijkingspercentage en de gemiddelde mortaliteit op basis van 1000 simulaties met het model.

Afstand (km)	Turbines	Ontwijking	Mortaliteit
0	10	95	0,2350
1	10	95	0,2006
2	10	95	0,1718
3	10	95	0,1468
4	10	95	0,1274
5	10	95	0,1068
6	10	95	0,0932
7	10	95	0,0790
8	10	95	0,0694
0	25	95	0,5875
1	25	95	0,5015
2	25	95	0,4295
3	25	95	0,3670
4	25	95	0,3185
5	25	95	0,2670
6	25	95	0,2330
7	25	95	0,1975
8	25	95	0,1735
0	50	95	1,1750
1	50	95	1,0030
2	50	95	0,8590
3	50	95	0,7340
4	50	95	0,6370
5	50	95	0,5340
6	50	95	0,4660
7	50	95	0,3950
8	50	95	0,3470
0	75	95	1,7625
1	75	95	1,5045
2	75	95	1,2885
3	75	95	1,1010
4	75	95	0,9555
5	75	95	0,8010
6	75	95	0,6990
7	75	95	0,5925

8	75	95	0,5205
0	100	95	2,3500
1	100	95	2,0060
2	100	95	1,7180
3	100	95	1,4680
4	100	95	1,2740
5	100	95	1,0680
6	100	95	0,9320
7	100	95	0,7900
8	100	95	0,6940
0	10	98	0,0952
1	10	98	0,0804
2	10	98	0,0698
3	10	98	0,0582
4	10	98	0,0498
5	10	98	0,0424
6	10	98	0,0372
7	10	98	0,0310
8	10	98	0,0274
0	25	98	0,2380
1	25	98	0,2010
2	25	98	0,1745
3	25	98	0,1455
4	25	98	0,1245
5	25	98	0,1060
6	25	98	0,0930
7	25	98	0,0775
8	25	98	0,0685
0	50	98	0,4760
1	50	98	0,4020
2	50	98	0,3490
3	50	98	0,2910
4	50	98	0,2490
5	50	98	0,2120
6	50	98	0,1860
7	50	98	0,1550
8	50	98	0,1370
0	75	98	0,7140
1	75	98	0,6030
2	75	98	0,5235
3	75	98	0,4365
4	75	98	0,3735
5	75	98	0,3180
6	75	98	0,2790
7	75	98	0,2325
8	75	98	0,2055

0	100	98	0,9520
1	100	98	0,8040
2	100	98	0,6980
3	100	98	0,5820
4	100	98	0,4980
5	100	98	0,4240
6	100	98	0,3720
7	100	98	0,3100
8	100	98	0,2740
0	10	99	0,0470
1	10	99	0,0422
2	10	99	0,0380
3	10	99	0,0320
4	10	99	0,0286
5	10	99	0,0228
6	10	99	0,0194
7	10	99	0,0172
8	10	99	0,0146
0	25	99	0,1175
1	25	99	0,1055
2	25	99	0,0950
3	25	99	0,0800
4	25	99	0,0715
5	25	99	0,0570
6	25	99	0,0485
7	25	99	0,0430
8	25	99	0,0365
0	50	99	0,2350
1	50	99	0,2110
2	50	99	0,1900
3	50	99	0,1600
4	50	99	0,1430
5	50	99	0,1140
6	50	99	0,0970
7	50	99	0,0860
8	50	99	0,0730
0	75	99	0,3525
1	75	99	0,3165
2	75	99	0,2850
3	75	99	0,2400
4	75	99	0,2145
5	75	99	0,1710
6	75	99	0,1455
7	75	99	0,1290
8	75	99	0,1095
0	100	99	0,4700

1	100	99	0,4220
2	100	99	0,3800
3	100	99	0,3200
4	100	99	0,2860
5	100	99	0,2280
6	100	99	0,1940
7	100	99	0,1720
8	100	99	0,1460
0	10	99,5	0,0224
1	10	99,5	0,0212
2	10	99,5	0,0190
3	10	99,5	0,0158
4	10	99,5	0,0134
5	10	99,5	0,0118
6	10	99,5	0,0098
7	10	99,5	0,0086
8	10	99,5	0,0070
0	25	99,5	0,0560
1	25	99,5	0,0530
2	25	99,5	0,0475
3	25	99,5	0,0395
4	25	99,5	0,0335
5	25	99,5	0,0295
6	25	99,5	0,0245
7	25	99,5	0,0215
8	25	99,5	0,0175
0	50	99,5	0,1120
1	50	99,5	0,1060
2	50	99,5	0,0950
3	50	99,5	0,0790
4	50	99,5	0,0670
5	50	99,5	0,0590
6	50	99,5	0,0490
7	50	99,5	0,0430
8	50	99,5	0,0350
0	75	99,5	0,1680
1	75	99,5	0,1590
2	75	99,5	0,1425
3	75	99,5	0,1185
4	75	99,5	0,1005
5	75	99,5	0,0885
6	75	99,5	0,0735
7	75	99,5	0,0645
8	75	99,5	0,0525
0	100	99,5	0,2240
1	100	99,5	0,2120

2	100	99,5	0,1900
3	100	99,5	0,1580
4	100	99,5	0,1340
5	100	99,5	0,1180
6	100	99,5	0,0980
7	100	99,5	0,0860
8	100	99,5	0,0700

Adres
Suderwei 2
9269 TZ Feanwâlden
Telefoon 0511 47 47 64
info@altwym.nl

www.altwym.nl