



NOTITIE

Provincie Groningen
J. Spakman
Postbus 610
9700 AP Groningen

DATUM: 1 april 2019
ONS KENMERK: 19-0156/19.02664/JacLe
UW KENMERK: Opdrachtbrief d.d. 25 februari 2019
AUTEUR: J.J. Leemans MSc.
PROJECTLEIDER: J.C. Kleyheeg-Hartman MSc.
STATUS: definitief
CONTROLE: drs. H.A.M. Prinsen

Alternatieve mitigerende maatregelen vogelsterfte in windparken

1. Aanleiding

In 2018 is een consortium van de Universiteit van Amsterdam, Bureau Waardenburg en Altenburg & Wymenga gestart met een haalbaarheidsstudie voor het ontwikkelen van een voorspelmodel voor vogeltrek in de Eemshaven. Dit onderzoek wordt uitgevoerd in opdracht van de provincie Groningen, Rijkswaterstaat en de Ministeries van EZK en LNV.

Het beoogde doel van het onderzoek is om het aantal aanvaringslachtoffers onder vogels op seizoenstrek in de Eemshaven significant te reduceren door de turbines op de juiste, ruimschoots van te voren voorspelde momenten stil te zetten. Geschat wordt dat een dergelijke stilstandsvoorziening in de Eemshaven kan leiden tot een reductie van het aantal aanvaringslachtoffers van maximaal 85% (uitgaande van 45 nachten reactieve stilstand per jaar; Krijgsveld *et al.* 2016).

Een stilstandsvoorziening brengt echter kosten met zich mee door het gemiste opwekken van energie en vereist begeleiding gedurende het gehele trekseizoen (circa 7 maanden per jaar) voor het duiden van de vogeltrek(voorspelling) en het beslissen tot stilstand (Krijgsveld *et al.* 2016). In dat kader bestaat behoefte aan een overzicht van de huidige kennis over *andere* mitigerende maatregelen tegen vogelsterfte in windparken die als alternatief kunnen dienen voor de stilstandsvoorziening. In voorliggende notitie worden deze alternatieven op een rij gezet. Voor iedere maatregel wordt een korte beschrijving gegeven van de effectiviteit en ervaringen uit de praktijk, voor- en nadelen en (waar mogelijk) een kostenschatting.

2. Alternatieve mitigerende maatregelen

Mitigerende maatregelen tegen vogelsterfte kunnen in alle fases van de levensduur van een windpark worden toegepast, van planning en ontwerp tot aan de ontmanteling van het windpark (May 2017). Maatregelen *voorafgaand* aan de operationele fase, zoals de locatiekeuze, de lay-out van het windpark, en de turbinespecificaties kunnen op voorhand het potentieel aantal vogelslachtoffers al significant reduceren en daardoor de kosten voor mitigerende maatregelen en compensatie verminderen (Marques *et al.* 2014; Arnett & May 2016; May 2017). Deze notitie focust echter op mitigerende maatregelen die kunnen worden toegepast *tijdens* de operationele fase van een windpark en daarmee als mogelijk alternatief gelden voor de proactieve stilstandsvoorziening (oftewel stilstand op basis van voorspelling van het aanvaringsrisico in een bepaalde nacht) die wordt ontwikkeld voor de Eemshaven. De alternatieve maatregelen in deze fase kunnen grofweg worden opgedeeld in vier categorieën: afschrikking, verbeterde zichtbaarheid van de turbine(bladen), habitatmanagement en reactieve stilstandsvoorziening.

2.1 Afschrikking

Auditief

Het afspelen van geluiden als vogels te dicht bij een windturbine komen kan ertoe leiden dat vogels hun vliegrichting aanpassen en niet binnen het bereik van de rotor komen. Hiervoor kunnen verschillende typen geluiden worden gebruikt, variërend van natuurlijke afschrikgeluiden zoals alarmroepen van vogels tot gewerschoten of gaskanonnen (Bishop *et al.* 2003). De geluiden kunnen worden geactiveerd op basis van menselijke waarnemingen of door automatische detectie-systemen met behulp van camera's (zoals bijvoorbeeld DTBird) of radar (zoals bijvoorbeeld Merlin Aviation Radar System (ARS)).

Ervaringen uit de praktijk geven geen eenduidig beeld van de effectiviteit van het afspelen van natuurlijke afschrikgeluiden. In een Spaans windpark, waar een *Long Range Acoustic Device* (LRAD) wordt gebruikt om geluiden af te spelen, reageerde 60% van de vliegende vogels op het geluid (Marques *et al.* 2014; Smith *et al.* 2011). In een Noors windpark waar twee DTBird systemen zijn geïnstalleerd, reageerden zeearenden niet of nauwelijks op verjaaggeluiden die door deze systemen bij nadering van de windturbine door een zeearend geactiveerd werden (May *et al.* 2012). In twee Griekse windparken met een DTBird systeem reageren vogels echter in hoge mate op de geluiden (bij één systeem tot 80% van de vogels) door van vliegrichting te veranderen (*pers. comm.* J. Fric, d.d. 12-03-2019). Een DTBird systeem in de Verenigde Staten verjoeg door middel van geluid tenminste 52% van alle steenarenden (Harvey 2018). Onder het kopje 'reactieve stilstandsvoorziening' worden de effectiviteit en de voor- en nadelen van automatische detectiesystemen verder besproken.

Het voordeel van afschrikking is dat het relatief eenvoudig te implementeren is. Bovendien is de maatregel werkzaam zonder dat turbines stilgezet hoeven te worden. Echter, bij het afspelen van geluiden is er een risico dat bij lokale vogels gewenning optreedt, waardoor de effectiviteit van de maatregel op lange termijn minder wordt (May *et al.* 2012; *pers. comm.* J. Fric, d.d. 12-03-2019). Bovendien is het afspelen van natuurlijke geluiden meestal soort-specifiek en trekt het mogelijk zelfs vogels aan (Bishop *et al.* 2003). Belangrijk is ook op te merken dat het verschrikken van vogels kan leiden tot

onvoorspelbaar gedrag en reacties van de vogels (Marques *et al.* 2014). In grote windparken zou dit er ook toe kunnen leiden dat vogels één windturbine ontwijken om vervolgens bij een nabijgelegen windturbine in gevaar te komen. De kosten van het toepassen van auditieve afschrikking op iedere turbine zullen in een groot windpark al snel hoog oplopen. Ook is de maatregel in luidruchtige omgevingen mogelijk minder effectief, terwijl het verstoring kan werken in stille omgevingen. Data hierover ontbreekt echter. In de Eemshaven moet in ieder geval rekening gehouden worden met het risico op verstoring van vogels op hoogwatervluchtplaatsen in de Waddenzee (grenzend aan de Eemshaven).

Visueel

Er bestaan verschillende visuele methoden om vogels af te schrikken of te verjagen uit gebieden, variërend van vogelverschrikkers en modelvogels, tot aan het gebruik van UV-licht, lasers, reflectoren en stroboscooplichten (Bishop *et al.* 2003; Marques *et al.* 2014; May *et al.* 2015; May *et al.* 2017). Ook deze visuele afschrikmiddelen kunnen automatisch geactiveerd worden bij nadering van de windturbines door vogels met behulp van camera- of radarsystemen. Ervaringen met deze afschrikkingmethoden komen echter uitsluitend vanuit een experimentele opzet. Het gebruik van deze afschrikkingmethoden in bestaande windparken is bij ons onbekend.

De potentiële voor- en nadelen van visuele afschrikkingmethoden zijn grotendeels vergelijkbaar met auditieve methoden. De maatregelen zijn relatief eenvoudig te implementeren en er is geen verlies aan opwekking van energie. Wel is er een risico op gewenning en ongewenste verstoring van de omgeving (zowel van mens als van dier).

Afschrikking door middel van lichtbronnen (zoals UV-licht, lasers, of stroboscooplichten) is potentieel bruikbaar om vogelsterfte onder nachtelijke trekvogels te reduceren, terwijl andere visuele afschrikmethoden alleen bij daglicht werken. Een nadeel van het gebruik van nachtelijke lichtbronnen is echter dat insecten mogelijk afkomen op het licht, wat juist vogels en vleermuizen aantrekt. Ook moet er rekening gehouden worden met de potentiële schadelijke gevolgen voor de ogen van mens en dier (May *et al.* 2017). Lasers kunnen preciezer gericht worden op naderende vogels dan andere lichtbronnen (Bishop *et al.* 2003; May *et al.* 2015). Dit zal echter een uitdaging zijn bij kleinere vogels. In ieder geval moet rekening gehouden worden met het feit dat het gebruik van verlichting in windparken is verbonden aan veel regels in het kader van onder andere vliegveiligheid (luchtvaart) en landschap (hinder voor omwonenden).

Voor grote windparken (zoals het windpark in de Eemshaven) geldt dat er veel lasers of andere lichtbronnen aanwezig moeten zijn om vogels uit het hele windparkgebied te weren, wat leidt tot hoge(re) kosten. Bij toepassing in slechts een klein deel van het windpark bestaat het risico dat vogels horizontaal uitwijken naar een ander deel van het windpark en daar alsnog slachtoffer worden. Het weren van vogels uit een groot gebied (in het geval van een groot windpark) betekent ook dat er vanuit ecologisch oogpunt afwegingen gemaakt moeten worden met betrekking tot de afstand die de vogels om moeten vliegen en het oppervlak aan (potentieel) leefgebied dat verloren gaat.

2.2 Verbeterde zichtbaarheid turbine(bladen)

Verven

Er zijn verschillende mitigerende maatregelen voorgesteld die gebaseerd zijn op het verbeteren van de zichtbaarheid van windturbines of turbinebladen. Het verven van één of meerdere rotorbladen met een contrasterende kleur, een UV-reflecterende verflaag of bepaald patroon kan de bewegingsonscherpte van draaiende rotorbladen verminderen, waardoor de rotorbladen mogelijk makkelijker worden opgemerkt door vogels (Hodos 2003; Young *et al.* 2003).

Voorbeelden uit de praktijk waarbij verf wordt gebruikt om de zichtbaarheid van turbines te verbeteren zijn schaars. Uit experimenteel onderzoek met verschillende kleuren en patronen werd gesuggereerd dat het zwart verven van één turbineblad de zichtbaarheid het meest zou verbeteren (Hodos 2003). In een Noors windpark leidde het zwart verven van een rotorblad van vier windturbines tot een vermindering van het aantal vogelslachtoffers van 70% (*pers. comm.* R.F. May, d.d. 06-03-2019). Onder zeearenden vielen voorafgaand aan de maatregel 7,8 slachtoffers per jaar, terwijl na het zwart verven geen enkel slachtoffer viel (Bevanger *et al.* 2010; *pers. comm.* R.F. May, d.d. 06-03-2019). De maatregel was echter niet of nauwelijks effectief voor moerassneeuwhoenders. Daarom wordt nu getest of het zwart verven van de basis van een turbine het aantal aanvaringslachtoffers van deze hoenders kan verminderen, met het idee dat een zwarte turbinebasis de waargenomen horizon voor de vogels verhoogd (May 2017). De effectiviteit van het toepassen van een UV-reflecterende verflaag is tot nu toe niet bewezen. In een windpark in de Verenigde Staten heeft deze maatregel niet geleid tot een vermindering van het aantal slachtoffers (Young *et al.* 2003).

Het verven van turbine(bladen) is een relatief eenvoudige en goedkope maatregel, zeker als het wordt toegepast voordat het windpark operationeel is (*pers. comm.* R.F. May, d.d. 06-03-2019). Een nadeel is dat de maatregel steunt op een visuele waarneming van vogels, waardoor het niet effectief is voor nachtelijke (trek)vogels. Waar ook rekening mee gehouden moet worden is dat voor het verven van turbine(bladen) in een andere kleur mogelijk toestemming is vereist van het bevoegd gezag, omdat dit vaak in het kader van bijvoorbeeld het bestemmingsplan, maar ook regelgeving vanuit de luchtvaart, niet is toegestaan.

Verlichting

Een mogelijke maatregel om het aantal slachtoffers onder nachtelijke trekvogels te verminderen is het aanpassen van de verlichting van windturbines. De effectiviteit van deze maatregel is echter niet bewezen en mogelijk zijn er zelfs negatieve effecten doordat verlichting vogels kan aantrekken of desoriënteren (Gartman *et al.* 2016; May 2017). Verschillende onderzoeken leveren geen eenduidige conclusie over welk type turbineverlichting het best gebruikt kan worden om het aantal vogelslachtoffers te verminderen.

In een experimenteel onderzoek werd gevonden dat nachtelijke trekvogels minder verward worden door blauwe of groene lichten dan door rood en wit licht (Poot *et al.* 2008). Ook andere bronnen suggereren dat het gebruik van rode verlichting vermeden moet worden (Gartman *et al.* 2016). In twee Amerikaanse windparken werd echter geen

verschil gevonden tussen het aantal slachtoffers onder (rood-knipperende) verlichte en onverlichte turbines (Johnson *et al.* 2000; Kerlinger *et al.* 2010). Daarnaast bleek uit een experimenteel onderzoek op de Noordzee dat continue (niet-knipperend) rood licht juist minder nachtelijke trekvogels aantrekt dan continue groen, blauw en wit licht. Ook bleek dat knipperend licht (1s aan, 1s uit) minder vogels aantrekt dan continue licht (Rebke *et al.* 2019).

Net als bij visuele afschrikking met lichtbronnen geldt dat het gebruik van verlichting op windturbines verbonden is aan veel regels in het kader van onder andere vliegveiligheid (luchtvaart) en landschap (hinder voor omwonenden).

2.3 Habitatmanagement

Effecten op vogels in de gebruiksfase van het windpark kunnen ook worden verminderd door voor vogels aantrekkelijke gebieden in of nabij het windpark te verplaatsen of anders in te richten (habitatmanagement). Hierbij kan bijvoorbeeld worden gedacht aan het verminderen van het voedselaanbod nabij windturbines, het verbeteren van de kwaliteit van alternatieve foerageergebieden, of het aanbieden van (kunstmatige) nestplaatsen buiten het windpark (May 2017). Dit voorkomt verstoringseffecten (bijvoorbeeld op broedvogels) en kan ervoor zorgen dat vliegroutes tussen broed- en voedselgebieden het windpark niet passeren en dus minder vogels met de windturbines botsen.

Er zijn verschillende voorbeelden waarbij habitatmanagement is toegepast in bestaande windparken. De effectiviteit van de maatregel kan echter niet in alle gevallen bewezen worden. In Schotland leidde het kappen van een bos tot een verschuiving van het gebiedsgebruik van steenarenden weg van het windpark, maar een vermindering van het aantal aanvaringsslachtoffers kon niet worden bewezen (Walker *et al.* 2004). Bij een mitigatieprogramma in windpark Candeeiros in Portugal zorgde het aanplanten van struiken in de nabijheid van turbines voor een vermindering van het aantal aanvaringen onder torenvalken (Santos *et al.* 2017). In Spanje werd door middel van habitatmanagement het aantal slachtoffers van kleine torenvalken verminderd met 75-100% (Pescador *et al.* 2017).

Het geval van de kleine torenvalken in Spanje heeft bewezen dat habitatmanagement een makkelijke en goedkope maatregel kan zijn om vogelsterfte in windparken te verminderen (Pescador *et al.* 2017). Het nadeel van habitatmanagement is echter dat het vaak specifiek gericht is op een bepaalde soort(groep). Ook is het (mogelijk) minder effectief voor het verminderen van slachtoffers onder trekvogels, omdat deze minder gebonden zijn aan het habitat in en rond het windpark. Daarnaast kan deze maatregel in sommige situaties arbeidsintensief zijn en moet er rekening gehouden worden met mogelijke (ongewenste) gevolgen voor andere dier- en plantensoorten.

2.4 Reactieve stilstandsvoorziening

Bij een reactieve stilstandsvoorziening wordt door waarnemers of door een camera- of radarsysteem de vogelactiviteit binnen het windpark gemonitord en wordt op basis van een concrete waarneming één of meerdere windturbines uitgeschakeld. Het betreft vaak

stilstand van een enkele windturbine binnen een windpark en gedurende een korte periode.

Visuele waarnemingen

Een stilstandsvoorziening uitsluitend op basis van visuele waarneming is maar zelden toegepast in de praktijk. In Spanje is met waarnemers tijdens de seizoenstrek naar roofvogels in windparken gekeken en zijn individuele turbines stilgezet bij risicovolle situaties. In de jaren 2008 en 2009 is op deze manier in tien windparken (244 turbines) in totaal elk jaar 4.408 keer een windturbine stilgezet. Omgerekend ging het daarbij om gemiddeld 18 'stops'/turbine, oftewel circa 6,5 uur per turbine per jaar wat overeenkwam met 0,07% verlies aan productietijd per jaar. Het aantal slachtoffers onder valse gieren werd hiermee gereduceerd met 50% (De Lucas *et al.* 2012).

Reactieve stilstand op basis van visuele waarnemingen in het veld is al snel een kostbare aangelegenheid. Vaak zijn meerdere waarnemers nodig om het gehele windpark te dekken. Daarnaast is het alleen efficiënt in gevallen waar het grote vogels betreft (die makkelijk met het oog op grote afstand op te pikken zijn) die bovendien overdag actief zijn. Voor het beperken van slachtoffers onder nachtelijk trekkende zangvogels is dit geen geschikte methode.

Camerasystemen

De effectiviteit van een camerasysteem van DTBird, waarmee stilstand of schrikgeluiden worden geactiveerd, is inmiddels in verschillende windparken in verschillende landen getest. Over het algemeen detecteert het systeem vogels overdag tot op een afstand van maximaal 300m. Dit verschilt echter per windpark en is ook afhankelijk van de weersomstandigheden (Harvey 2018; *pers. comm.* R. Hill, d.d. 11-03-2019). In een Noors windpark werden vogels gedetecteerd tot 300m, maar het systeem was het meest effectief tot maximaal 150m (May *et al.* 2012). In dit windpark detecteerden DTBird camera's bij daglicht het overgrote deel (76-96%) van alle vogels die ook werden gedetecteerd door een radar die tegelijkertijd actief was (May *et al.* 2012). In Griekenland werden vogels ter grootte van een torenvalk gedetecteerd tot 75m en vogels ter grootte van een buizerd tot 150m (*pers. comm.* J. Fric, d.d. 12-03-2019). De detectieafstand is onder andere afhankelijk van de aanvliegroute van de vogels (vogels die bijvoorbeeld laag kwamen aanvliegen werden soms (te) laat door de camera opgemerkt (Harvey 2018)) en de grootte van de vogel, waardoor het systeem minder effectief is in het detecteren van kleine (zang)vogels (May *et al.* 2012). Vaak worden kleine vogels pas op korte afstand gedetecteerd (*pers. comm.* R. Hill, d.d. 11-03-2019). Weersomstandigheden zoals regen of tegenlicht door de zon zijn het meest hinderlijk voor het detecteren van vogels (Harvey 2018). Tenslotte is het systeem alleen bruikbaar bij daglicht. DTBird heeft ook systemen met thermische camera's, maar de effectiviteit hiervan is bij ons onbekend.

Een nadeel van reactieve stilstand is dat het kosten met zich meebrengt door de gemiste opwekking van energie. Het geschatte jaarlijkse verlies aan energieproductie in Griekenland als gevolg van stilstand op basis van een DTBird systeem is 0,12-0,24% (*pers. comm.* J. Fric, d.d. 12-03-2019). Het systeem wordt daarnaast in 36-69% van de gevallen geactiveerd door vals-positieve waarnemingen, zoals vliegtuigen, insecten,

regen of turbinebladen (May *et al.* 2012; Aschwanden *et al.* 2015; Harvey 2018), wat onnodige kosten veroorzaakt.

Camerasystemen kunnen met name geschikt zijn in kleine windparken, voor specifieke turbines met een hoog aanvaringsrisico, of in situaties waar lokale vogelbewegingen in kaart gebracht moeten worden (Marques *et al.* 2014). De geschatte kosten van een DTBird systeem zijn 15.000-35.000 euro per windturbine (Collier *et al.* 2012). Voor een groot windpark als in de Eemshaven, waar ook nog eens veel slachtoffers vallen onder kleine zangvogels, is reactieve stilstand op basis van een camerasysteem daarom geen geschikt alternatief ten opzichte van proactieve stilstand op basis van voorspelling.

Radarsystemen

Er bestaan verschillende radarsystemen die ingezet kunnen worden voor een reactieve stilstandsvoorziening, zoals Birdtrack© van STRIX, Merlin ARS en ROBIN Radar. Het idee daarbij is dat (een deel van) de windturbines worden stilgezet als bijvoorbeeld veel vogels het windpark naderen (tijdens de trek) of wanneer vogels van een bepaalde grootte een vooraf bepaald risicogebied rond een windturbine binnen vliegen. Voorbeelden uit praktijk waarbij deze systemen zijn ingezet zijn echter schaars. In een windpark in Portugal, waar gebruik werd gemaakt van een stilstandsvoorziening op basis van een radarsysteem in combinatie met een waarneemteam ter plekke, werden gedurende 5 jaren geen slachtoffers vastgesteld onder grote vogels die gebruik maken van thermiek. Hier betrof het verlies in productietijd 0,2-1,2% per jaar (Tomé *et al.* 2017). In het Finse Tahkoluoto windpark (vlak voor de kust van Pori), wordt met behulp van een ROBIN Radar een reactieve stilstandsvoorziening toegepast voor zeearenden en kleine mantelmeeuwen (Södersved 2019). Data over de effectiviteit van dit systeem ontbreekt tot nu toe. Andere praktijkervaringen zijn bij ons onbekend. De aanschafprijs van zulke radarsystemen bedraagt naar schatting minimaal enkele tonnen in euro's (Krijgsveld *et al.* 2016).

Het voordeel van radarsystemen ten opzichte van camerasystemen is dat ze beter in staat zijn om grootschalige verplaatsingen vast te leggen, bijvoorbeeld gedurende migratiepieken (Marques *et al.* 2014). Bovendien kan een radarsysteem ook 's nachts ingezet worden. Daarnaast is de detectieafstand een stuk groter dan die van camera's. De meeste radars hebben in horizontale richting een bereik van enkele tot maximaal 15 kilometer en een verticaal bereik van enkele honderden meters tot enkele kilometers (Krijgsveld *et al.* 2016). Het bereik van de radar is afhankelijk van de grootte van de soort, voor kleine zangvogels is het bereik kleiner dan bijvoorbeeld voor grote roofvogels. Het nadeel van radarsystemen is dat ze geen soorten kunnen herkennen, terwijl dat met een camerasysteem met behulp van bepaalde software in theorie wel mogelijk is.

3. Conclusie

In voorliggende notitie is een overzicht gegeven van verschillende mitigerende maatregelen tegen vogelsterfte in de operationele fase van een windpark. Welke maatregel het meest effectief is hangt af van de specifieke situatie in het windpark en de doelsoorten van de maatregel. In de Eemshaven is het beoogde doel om de vogelsterfte

onder nachtelijke trekvogels te reduceren. Daarom zullen veel maatregelen in de Eemshaven niet toereikend of, gezien de omvang van het windpark, moeilijk toepasbaar of kostbaar zijn. Een maatregel die (naast stilstand op basis van voorspelling) wel op grote schaal gebruikt kan worden voor nachtelijke trek is een reactieve stilstandsvoorziening op basis van radar. Dit vereist echter wel de aanschaf van een radarsysteem en onderzoek naar de juiste drempelwaarden waarboven turbines worden stilgezet. Daarnaast heeft de netbeheerder (TenneT) laten weten dat het plotseling (reactief) uitschakelen van een groot windpark niet wenselijk, dan wel niet acceptabel is. TenneT wil minimaal twee dagen van tevoren weten wanneer een groot windpark wordt stilgezet om de daaruit voortkomende dalen in de stroomlevering op te kunnen vangen. Omdat in de trekperiode over de gehele Eemshaven grote aantallen vogels vliegen en de kans dus groot is dat in goede treknachten het hele windpark stilgezet moet worden, is in de Eemshaven gekozen voor een stilstandsvoorziening op basis van voorspelling. Vanuit puur ecologisch perspectief is zowel stilstand op basis van voorspelling als reactieve stilstand een optie.

4. Literatuur

- Aschwanden, J., S. Wanner & F. Liechti. 2015. Investigation on the effectivity of bat and bird detection at a wind turbine: Final Report Bird Detection. *Schweizerische Vogelwarte, Sempach, Schweiz*.
- Arnett, E.B., & R. May. 2016. Mitigating wind energy impacts on wildlife: approaches for multiple taxa. *Human–Wildlife Interactions*, 10(1), 5.
- Bevanger, K.M., F.E.H. Berntsen, S.M. Clausen, E.L. Dahl, Ø. Flagstad, A. Follestad, D.J. Halley, F.O. Hanssen, L. Johnsen, P. Kvaløy, P. Lund-Hoel, R.F. May, T. Nygård, H. Pedersen, O. Reitan, E. Røskaft, Y. Steinheim, B.G. Stokke & R. Vang, 2011. Pre- and post-construction studies of conflicts between birds and wind turbines in coastal Norway (BirdWind). Report on findings 2007-2010. *NINA rapport*.
- Bishop, J., H. McKay, D. Parrott & J. Allan. 2003. Review of international research literature regarding the effectiveness of auditory bird scaring techniques and potential alternatives. *Produced by Central Science Laboratories for the Department for Environmental Food and Rural Affairs, London, UK*.
- Collier, M.P., S. Dirksen & K. Krijgsveld. 2012. A review of methods to monitor collisions or micro-avoidance of birds with offshore wind turbines. Part 2: Feasibility study of systems to monitor collisions. Rapport 11-215. Bureau Waardenburg, Culemborg.
- De Lucas, M. M. Ferrer, M. Bechard & A.R. Muñoz, 2012. Griffon vulture mortality at wind farms in southern Spain: distribution of fatalities and active mitigation measures. *Biological Conservation* 147: 184-189.
- Gartman, V., L. Bulling, M. Dahmen, G. Geißler & J. Köppel. J. 2016. Mitigation measures for wildlife in wind energy development, consolidating the state of knowledge— Part 2: operation, decommissioning. *Journal of Environmental Assessment Policy and Management*, 18(03), 1650014.
- Harvey, H.T. & Associates. 2018. AWWI Technical Report: Evaluating a Commercial-Ready Technology for Raptor Detection and Deterrence at a Wind Energy Facility in California. American Wind Wildlife Institute, Washington, DC, 96 pages. Available at www.awwi.org.

- Hodos, W. 2003. Minimization of motion smear: reducing avian collisions with wind turbines. *Report NREL/ SR-500-33249*. Washington, DC: National Renewable Energy Laboratory.
- Johnson, G.D., W.P. Erickson, M.D. Strickland, M.F. Shepherd & D.A. Shepherd. 2000. Avian monitoring studies at the Buffalo Ridge Wind Resource Area, Minnesota: Results of a 4-year study. *Final report prepared for Northern States Power Company, Minneapolis, Minnesota, by Western EcoSystems Technology, Inc.(WEST), Cheyenne, Wyoming*, 8-10.
- Kerlinger, P., J.L. Gehring, W.P. Erickson, R. Curry, A. Jain & J. Guarnaccia. 2010. Night migrant fatalities and obstruction lighting at wind turbines in North America. *The Wilson Journal of Ornithology*, 122(4), 744-754.
- Krijgsveld, K.L., J.C. Kleyheeg-Hartman, E. Klop & A. Brenninkmeijer. 2016. Stilstandsvoorziening windturbines Eemshaven. Mogelijkheden en consequenties. Rapport 16-100. Altenburg & Wymenga, Veenwouden en Bureau Waardenburg, Culemborg.
- Marques, A.T., H. Batalha, S. Rodrigues, H. Costa, M.J.R. Pereira, C. Fonseca, M. Mascarenhas & J. Bernardino. 2014. Understanding bird collisions at wind farms: An updated review on the causes and possible mitigation strategies. *Biological Conservation*, 179, 40-52.
- May, R.F. 2017. Mitigation for birds. In: *Wildlife and Wind Farms, Conflicts and Solutions, Volume 2 Onshore: Monitoring and Mitigation*. Edited by M.R. Perrow. Exeter, UK: Pelagic Publishing, 124-145.
- May, R.F., J. Åström, Ø. Hamre & E.L. Dahl. 2017. Do birds in flight respond to (ultra) violet lighting?. *Avian Research*, 8(1), 33.
- May, R.F., Ø. Hamre, R. Vang & T. Nygård. 2012. Evaluation of the DTBird video-system at the Smøla wind-power plant. *Detection capabilities for capturing near-turbine avian behaviour*. NINA Report, 910.
- May, R.F., O. Reitan, K. Bevanger, S.H. Lorentsen & T. Nygård. 2015. Mitigating wind-turbine induced avian mortality: sensory, aerodynamic and cognitive constraints and options. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 42, 170-181.
- Pescador, M., S.J. Peris & J.I.G. Ramírez. 2017. Effectiveness of mitigation measures to avoid fatalities in the populations of lesser kestrel (*Falco naumanni*) at wind farms in Central-East Spain. In: *Conference on Wind energy and Wildlife impacts, 6-8 September 2017, Estoril, Portugal. Book of Abstracts*. 219.
- Poot, H., B. Ens, H. de Vries, M. Donners, M. Wernand & J. Marquenie. 2008. Green light for nocturnally migrating birds. *Ecology and Society*, 13(2).
- Rebke, M., V. Dierschke, C.N. Weiner, R. Aumüller, K. Hill & R. Hill. 2019. Attraction of nocturnally migrating birds to artificial light: The influence of colour, intensity and blinking mode under different cloud cover conditions. *Biological Conservation*, 233, 220-227.
- Santos, J., L. Rosa & M. Mascarenhas. 2017. Mitigation strategies & effectiveness - the Candeeiros wind farm monitoring and mitigation program case study. In: *Conference on Wind energy and Wildlife impacts, 6-8 September 2017, Estoril, Portugal. Book of Abstracts*. 76-77.
- Södersved, J. 2019. How Radar Protects Endangered Birds at Finnish Offshore Wind Farm. Linnut. URL: <https://www.robinradar.com/press/blog/how-radar-protects-endangered-birds-at-finnish-offshore-wind-farm/>.
- Tomé, R., F. Canário, A.H. Leitão, N. Pires & M. Repas. 2017. Radar assisted shutdown on demand ensures zero soaring bird mortality at a wind farm located in a migratory flyway. In *Wind Energy and Wildlife Interactions* (pp. 119-133). Springer, Cham.

- Walker, D., M. McGrady, A. McCluskie, M. Madders & D.R.A. McLeod. 2005. Resident Golden Eagle ranging behaviour before and after construction of a windfarm in Argyll. *Scottish Birds*, 25, 24.
- Young, D.P., W.P. Erickson, M.D. Strickland, R.E. Good & K.J. Sernka. 2003. *Comparison of Avian Responses to UV-Light-Reflective Paint on Wind Turbines: Subcontract Report, July 1999--December 2000* (No. NREL/SR-500-32840). National Renewable Energy Lab., Golden, CO.(US).

Voor vragen over deze notitie kunt u contact opnemen met Jonne Kleyheeg-Hartman.

Akkoord voor uitgave: Teamleider Bureau Waardenburg
drs. H.A.M. Prinsen

Paraaf:



Bureau Waardenburg bv is niet aansprakelijk voor gevolgschade, alsmede voor schade welke voortvloeit uit toepassingen van de resultaten van werkzaamheden of andere gegevens verkregen van Bureau Waardenburg bv; opdrachtgever vrijwaart Bureau Waardenburg bv voor aanspraken van derden in verband met deze toepassing.

© Bureau Waardenburg bv / Provincie Groningen

Dit rapport is vervaardigd op verzoek van opdrachtgever en is zijn eigendom. Niets uit dit rapport mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt worden d.m.v. druk, fotokopie, digitale kopie of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de opdrachtgever hierboven aangegeven en Bureau Waardenburg bv, noch mag het zonder een dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd.

Lid van de branchevereniging Netwerk Groene Bureaus. Het kwaliteitsmanagementsysteem van Bureau Waardenburg bv is door CERTIKED gecertificeerd overeenkomstig ISO 9001: 2015. Bureau Waardenburg bv hanteert als algemene voorwaarden de DNR 2011, tenzij schriftelijk anders wordt overeengekomen.



Bureau Waardenburg

Onderzoek en advies voor ecologie en landschap

Postbus 365 4100 AJ Culemborg

Telefoon 0345 51 27 10

info@buwa.nl www.buwa.nl