

**Hierna volgend
artikel is
afkomstig uit:**

De *Levende* Natuur

**Doelstelling van
'De Levende Natuur'**
Het informeren over
ontwikkelingen in onderzoek,
beheer en beleid op het
gebied van natuurbehoud
en natuurbeheer,
die van belang zijn voor
Nederland en België.
De artikelen zijn vooral
gebaseerd op eigen
ecologisch onderzoek,
ervaring of waarneming
van de auteurs.

De Levende Natuur
verschijnt 6x per jaar,
waaronder tenminste
één themanummer.

***U kunt zich abonneren
via onze website:***

[www.delevendenatuur.nl/
lezersservice.php](http://www.delevendenatuur.nl/lezersservice.php)

***of deze bon opsturen
naar:***

Abonnementenadministratie
De Levende Natuur
Antwoordnummer 3031
8000 WB Zwolle

Tel. 06 - 5726 26 72
administratie@delevendenatuur.nl

JA ik wil graag een abonnement
op *De Levende Natuur*

naam: _____

adres: _____

postcode: _____

woonplaats: _____

telefoon: _____

e-mail: _____

**Ik machtig *De Levende Natuur* om het abonnementsgeld
af te schrijven van rekening:**

bank/giro: _____

naam: _____

plaats: _____

datum: _____ handtekening: _____

Graag aankruisen:

- proefabonnement** – € 10,- (drie nummers)
- particulier** – € 29,50 (NL + B) – overige landen € 35,-
- instelling/bedrijf** – € 50,-
- student/promovendus** – € 9,90*

* (max. vier jaar; graag kopie college- of PhD kaart bijvoegen)
Na vier jaar gaat dit abonnement automatisch over in een regulier abonnement.

De prijsontwikkeling kan het stichtingsbestuur dwingen de tarieven
aan te passen. Tevens bent u gerechtigd om uw bank opdracht te geven
het bedrag binnen 30 dagen terug te boeken.



Vier Ruige dwergvleermuizen, tijdens onderzoek naar migratiegedrag van vleermuizen over de Afsluitdijk. Deze vleermuizen doen of ze dood zijn (akinese) om hun vijanden op het verkeerde been te zetten (foto: Anne-Jifke Haarsma).

Omgaan met effecten van windturbines op vleermuizen

Anne-Jifke Haarsma

In Nederland worden al sinds langere tijd windturbines en windparken gebouwd om op een duurzame manier energie op te wekken. In maart 2014 stonden er 1783 windturbines in Nederland. De aanwezigheid van windturbines kan gevolgen hebben voor vogels en vleermuizen.

In dit artikel gaat, op basis van literatuuronderzoek en aangevuld met eigen vleermuiskasten-onderzoek, de aandacht uit naar de nadelige effecten van windturbines op vleermuizen en hoe deze mogelijk beperkt kunnen worden.

Dit is relevant in verband met de aanleg van nieuwe windparken en het renoveren van verouderde parken.

Waarom en hoe worden vleermuizen slachtoffer

Hoewel al enkele jaren in het buitenland, met name in Amerika en Duitsland, gericht onderzoek plaatsvindt naar vleermuisslachtoffers bij windturbines, is er nog geen eenduidig beeld over waarom er slachtoffers vallen. Sommige onderzoekers vermoeden dat vleermuizen actief naar een windturbine vliegen, bijvoorbeeld omdat een turbine warmte produceert en/of insecten aantrekt (Cryan & Barclay, 2009). Andere onderzoekers zijn van mening dat vleermuizen de sneldraaiende wieken niet kunnen waarnemen (Barclay et al., 2007; Kunz et al., 2007). Vleermuizen hebben meer kans om slachtoffer te worden dan

vogels van vergelijkbare omvang (Kunz et al., 2007), waaruit we kunnen concluderen dat vleermuizen anders op windturbines reageren, en mogelijk ook kwetsbaarder zijn dan vogels.

Het contact tussen vleermuizen en een windturbine kan direct en indirect zijn. Slechts bij een klein aandeel van de slachtoffers ligt de doodsoorzaak in direct contact met de rotorbladen. Brinkmann (2006) noemt percentages tussen de 10 en 50% van het totaal aantal slachtoffers, waar bij slachtoffers externe verwondingen te herkennen zijn, zoals gebroken vleugels, hoofdwonden en schedelbreuken. Een groot deel van de gevonden slachtoffers is echter puntgaaf, soms met vet op

de vacht, mogelijk als gevolg van het uit-treden van vet door een onderdruksituatie (Dürr & Bach, 2004). Veterinair onderzoek aan deze ongeschonden slachtoffers wees uit dat bij deze dieren onder andere het longweefsel was geklapt. Baerwald et al. (2008) hebben aangetoond dat een groot deel van de turbineslachtoffers inderdaad is overleden door barotrauma: verwondingen die veroorzaakt worden door verschillen tussen de omgevingsdruk en de druk in luchthoudende (lichaams)holten. Een rotorblad wordt omgeven door een gebied met hoge en met lage druk. Ter hoogte van de tip van elk rotorblad bevindt zich een kleine draaikolk (vortex). Een vleermuis die in de buurt van deze draaikolk vliegt ondergaat een snelle daling van luchtdruk, waardoor de longen van een vleermuis snel uitzetten. Als gevolg hiervan knappen kleine bloedvatjes in de longen van een vleermuis. Het dier verdrinkt daarna in zijn/haar eigen bloed.

Soortspecifieke aspecten

Het risico voor een vleermuis om slachtoffer te worden van een windturbine varieert van soort tot soort. Factoren die van

	Gewone dwergvleermuis (Pipistrellus pipistrellus)	Ruige dwergvleermuis (Pipistrellus nathusii)	Laatvlieger (Eptesicus nathusii)	Meervleermuis (Myotis serotinus)	Rosse vleermuis (Nyctalus dasycornis)	Tweekleurige vleermuis (Vespertilio noctula)	Watervleermuis (Myotis daubentonii)	Bruine grootoor (Plecotus auritus)
1a Gemiddelde vlieghoogte tijdens jacht (m)	1-15	3-15	0-50	0,3-?	5-50	5-40	0,3-?	0-10
1b Gemiddelde vlieghoogte tijdens migratie (m)	10-30	25-50	10-30	1-?	25-100	50-100	1-?	1-10
2 Voorkeur voor open of besloten biotoop	open	open	open	open	open	open	open	besloten
3 Binding met lijnvormige elementen	hoog	hoog	matig	hoog	matig	matig	hoog	hoog
4 Gemiddelde homerange in zomer (km)	2	10	5	15	20	5	10	3
5a Maximale migratie afstand (km)	1123	1905	330	350	1546	1787	304	90
5b Gemiddelde migratie afstand (km)	50	800	80	120	700	400	80	30
6a Echolocatie gebruikt tijdens jacht	vol	vol	vol	vol	vol	vol	droog	droog
6b Echolocatie gebruikt tijdens migratie	vol	vol	vol	vol	vol	vol	vol	droog

Tabel 1. Overzicht van de factoren per soort het risico om slachtoffer te worden (naar Rodriques et al., 2008). Type echolocatie (geluiden met een volle klank: 'vol', geluiden met een droge klank: 'droog').

invloed zijn op het risico van aanvaring met fatale afloop zijn samengevat in tabel 1 (Rodriques et al., 2008). De eerste twee factoren, vlieghoogte en een voorkeur voor open omgeving, spreken voor zich, omdat windturbines op grote hoogte en in een open omgeving staan. De derde factor, binding met lijnvormige elementen, bepaalt of een vleermuis geneigd is langs lijnvormige elementen te vliegen, zoals een rij bomen of windturbines. Laatvlieger, Rosse vleermuis en Tweekleurige vleermuis zullen gemakkelijker een open ruimte overvliegen, omdat ze een matige binding hebben met lijnvormige elementen. Bij soorten vleermuizen met een homerange (vierde factor) kleiner dan drie kilometer is er weinig kans (in de zomer, want in tegenstelling tot de migratieperiode in het najaar) om slachtoffer te worden, zolang geen turbines binnen hun homerange aanwezig zijn. De vijfde factor, migratiegedrag, bepaalt in sterke mate de ontmoetingskans met een windturbine. Veel migratieroutes lopen langs kustlijnen, rivieren en bredere waterwegen; deze locaties zijn in Nederland en België dikwijls geschikt voor windturbines bevonden. De zesde factor, het echolocatietype, is naar alle waarschijnlijkheid gekoppeld aan de hoogte waarop dieren kunnen vliegen en aan de mate waarop zij snel bewegende objecten kunnen waarnemen.

Op grond van berekeningen (Dürr & Bach, 2004; Dürr, 2008) behoort 80% van de vleermuisslachtoffers tot de in Europa trekende soorten, met name soorten met een echolocatie met een volle klank en een voorkeur voor een open biotoop, zoals de Rosse vleermuis, Ruige dwergvleermuis en Gewone dwergvleermuis. De Meervleermuis behoort ook tot de risicosoorten, maar de dichtheden van deze soort zijn buiten Nederland te laag om voldoende uitsluitel te geven.

Hoewel de meeste moderne windturbines zeer hoog zijn (de meeste hebben een mast- of ashoogte van 80 meter of meer), maakt ca 20% van het aantal slachtoffers deel uit van de groep 'laagvliegende soorten', zoals de Bruine grootoorvleermuis, Watervleermuis en Meervleermuis. Helaas hebben we vaak nog slechts beperkte kennis over veel aspecten van het leven van vleermuizen. Zo weten we bijvoorbeeld dat Grootoorvleermuizen graag spiraalsgewijs om de stam van een boom omhoog vliegen. We weten echter niet of ze vervolgens op grote hoogte van boomkruin naar boomkruin (of van windturbinemast naar mast)

vliegen. Het blijkt uit diverse onderzoeken dat hoger vliegende vleermuizen moeilijker zijn waar te nemen. Zo bleek uit een vergelijking tussen een standaard waarnemingsmethode (batdetector) en radar dat een groot deel van de Rosse vleermuizen hoger vloog dan met een detector kon worden waargenomen (Ahlén et al., 2009). De gemiddelde vlieghoogtes zoals genoemd in tabel 1 zijn dus mogelijk een onderschatting. De aanname dat laagvliegende vleermuizen geen slachtoffer zouden kunnen worden van hoge turbines (> 80 m) is daarom aanvechtbaar.

Seizoen en wind

De meeste vleermuisslachtoffers bij windturbines vallen in nazomer en herfst (juli-september) (o.a. Rydell et al., 2010). Deze periode komt overeen met de najaarsmigratie van zomerverblijf naar winterverblijf en bij een aantal soorten ook met het voortplantingsseizoen. Maar ook tijdens de voorjaarstrek (eind februari - begin mei) van winterverblijf naar zomerverblijf kunnen slachtoffers vallen (o.a. Dürr & Bach, 2004). Buiten deze maanden worden aanzienlijk minder slachtoffers gevonden. De periode waarin vleermuizen migreren is, voor zover bekend, relatief kort: van

Tabel 2. Overzicht van bekende migratie periodes van vleermuizen in Europa. Gegevens zijn gebaseerd op ruwe data van J. Boshamer, A.J. Haarsma en R. Jansen en bronnen zoals te vinden in de literatuurlijst. Soorten met een migratieafstand tussen zomer- en winterverblijf van meer dan 300 kilometer zijn aangeduid met een *. Onduidelijke migratieperiodes zijn weergegeven met een ?-teken.

	Jan	Feb	Mrt	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
Rosse vleermuis *			?	?	?	?						
Laatvlieger			?	?	?							
Tweekleurige vleermuis *			?	?	?							
Ingekorven vleermuis												
Meervleermuis *												
Watervleermuis												
Baardvleermuis												
Gewone dwergvleermuis												
Ruige dwergvleermuis *			?	?	?							
Bruine grootoor												
Bosvleermuis				?	?	?						

begin juli tot half oktober (tabel 2). Net als vogels migreren vleermuizen bij alle weersomstandigheden, maar het meest bij hoge temperatuur, weinig wind of wind in de rug (o.a. Rodrigues et al., 2008). Omdat vleermuizen vooral 's nachts vliegen is ook de stand van de maan en de mate van bewolking van belang. Over het algemeen is de activiteit van vleermuizen lager dan normaal bij volle maan zonder bewolking (Ciechanowski et al., 2007).

Over het algemeen is de vleermuisactiviteit het hoogst bij windsnelheden tussen de 0-2 m/s (fig. 1). Dan hebben vleermuizen een verhoogde kans om slachtoffer te worden. De vleermuisactiviteit neemt langzaam af bij een toenemende windsnelheid; vanaf windsnelheden hoger dan 8 m/s blijven vleermuizen liever aan de grond (Ahlén et al., 2007; Rydell et al., 2010). Alhoewel de relatie tussen vleermuisactiviteit en windsnelheid mede wordt beïnvloed door temperatuur en maanstand, is windsnelheid de belangrijkste factor.

Is het mogelijk vleermuislachtoffers te voorkomen?

De aanwezigheid van vleermuizen rondom een turbine is enigszins voorspelbaar, daarom zijn allerlei maatregelen mogelijk om slachtoffers (grotendeels) te voorkomen.

1. Voorkómen van slachtoffers is het beste. Vleermuizen volgen bij de migratie vaak allerlei lijnvormige elementen, zoals een bosrand, dijktaalud, langs kust van meer of zee (vleermuizen migreren zowel over land als over water, soms worden dieren ook tot ver op zee waargenomen (Boshamer & Bekker, 2008)). Diverse onderzoekers (o.a. Rodrigues et al., 2008) adviseren om die



Kleine windturbine langs Afsluitdijk, ter hoogte van Den Oever. Hier en in de omgeving zullen in de toekomst meerdere hoog rendement turbines worden geplaatst (foto: Anne-Jifke Haarsma).

reden om windturbines op meer dan 500 m afstand te plaatsen van plekken waar veel migratie bekend of te verwachten is. Deze 'vleermuisveilige plekken' zouden een wettelijke beschermingsstatus moeten krijgen.

2. Op vleermuisveilige plekken waar migratie kan worden verwacht, kunnen de turbines worden aangepast, zodat de bladen bij lage windsnelheden (en dus hoge kans op vleermuizen) niet roteren. Dit kan op twee manieren.

a. Het programma van de turbine kan worden aangepast, zodat de turbines pas beginnen te draaien bij hogere windsnelheden (groen gestippelde lijn in fig. 1).

b. Men kan de turbine of de bladen draaien, zodat deze bij lage windsnelheden vrijwel geen wind vangen en dus stilstaan (rood gestreepte lijn in fig. 1). In het buitenland heeft men slachtofferonderzoek bij vleermuizen uitgevoerd onder aangepaste en niet aangepaste turbines (Baerwald et al., 2009). Hieruit bleek dat maatregelen waarbij een turbine pas vanaf 5 m/s op snelheid begint te draaien, een vermindering van het aantal slachtof-

fers van gemiddeld 60% opleverde. De resterende 40% slachtoffers kan alleen voorkomen worden door een turbine op een voor vleermuizen veilige plek te plaatsen. In de Verenigde Staten ontdekte men dat het aantal vleermuislachtoffers toeneemt met het vermogen van een turbine (Barclay et al., 2007). Mogelijk kan het aantal slachtoffers worden beperkt door op sommige plekken bewust turbines met een laag vermogen te plaatsen.

En de energie opbrengst?

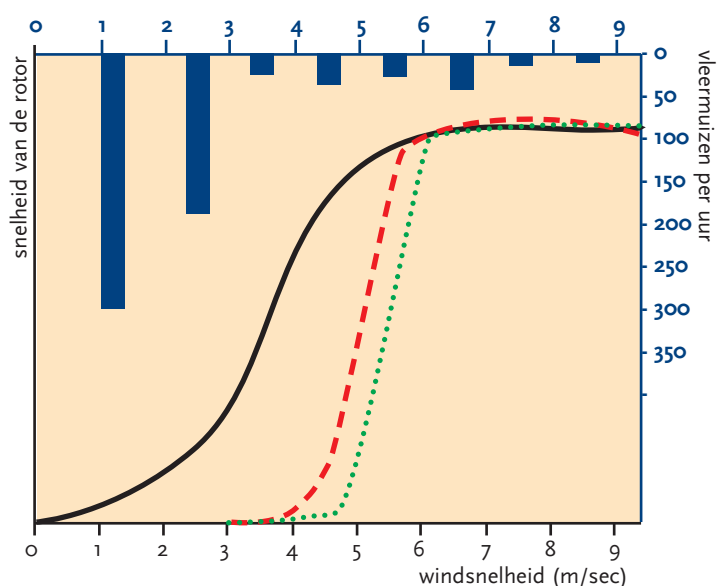
Het stilzetten van een turbine bij lage windsnelheden, hoeft nauwelijks ten koste van de energie opbrengst van een windturbine te gaan. Het vermogen van een windturbine om energie te leveren is gekoppeld aan windsnelheid. Bij lage windsnelheden leveren de meeste windmolens geen tot nauwelijks energie. Het optimaal vermogen, waarbij de turbinerotor het maximaal aantal omwentelingen per minuut maakt, wordt bereikt vanaf 6 m/s (windkracht 4). Vanaf het optimum punt lopen de drie curven in figuur 1 horizontaal. De meeste turbines draaien bij lage windsnelheden

Fig. 1. Schematische relatie tussen de windsnelheid (m/sec) en de snelheid van de turbine rotor (omwentelingen/min) bij drie typen windturbines (bron: Baerwald et al., 2009).

De **doorgetrokken zwarte lijn** laat het verloop zien van een standaard windmolen met een vrije loop tot 4 m/s, waarna vervolgens de bladen langzaam de optimale snelheid (vanaf 6 m/s) benaderen. De **rode gestreepte lijn** laat het verloop zien van de rotorsnelheid waarbij de turbine of de bladen zodanig draaien dat deze bij lage windsnelheden vrijwel geen wind vangen en dus stilstaan.

De **groene gestippelde lijn** geeft het verloop weer waarbij het programma van de turbine is aangepast, zodat de turbines pas beginnen te draaien bij windsnelheden hoger dan 5,5 m/s.

In deze figuur is ook het verband tussen vleermuizen (aantal vleermuizen/uur) en windsnelheid weergegeven (bron: Ahlén et al., 2007). Deze waarnemingen zijn verzameld met behulp van radarwaarnemingen op een migratieroute langs windpark Utgrunden in de Kalmarsund (Oost-Zweden). Voor dit onderzoek uit 2006 is in totaal 37,5 uur naar vleermuizen gezocht, waarbij 2553 vleermuiswaarnemingen zijn verzameld.



(minder dan 4 m/s) in de zogenaamde vrijloop. De molenbladen staan dan recht op de windrichting en draaien zonder energie op te wekken. Dit omdat het opstarten van een turbine vanuit stilstand relatief veel energie kost. In Nederland is het aantal dagen waarop een windturbine draait zonder effectief energie op te wekken naar schatting ca 200 dagen (schatting op basis van gegevens van het KNMI). Van de Bilt et al. (2014) geven aan dat de opbrengst van de windturbines bij dergelijke maatregelen slechts enkele tienden procent afneemt en dus verwaarloosbaar is. Tussen eind oktober en half februari worden vaak hogere windsnelheden van gemiddeld meer dan 4 m/s waargenomen. In deze periode vindt nauwelijks migratie van vleermuizen (en vogels) plaats, dus in deze periode zouden turbines continu kunnen draaien.

Casus Windpark Wieringermeer

Wordt deze kennis nu toegepast, zodat er voor vleermuizen optimale ontwerpen voor windmolenparken tot stand komen? Als casus wordt hier het toekomstige Windpark Wieringermeer nader geanalyseerd. Voor dit project is een milieueffectrapportage gepubliceerd (van de Bilt et al., 2014). In dit project worden bestaande windmolens vervangen door meer en grotere turbines die in een andere configuratie staan. Bij de voorgenomen plaatsing van de meerderheid van de geplande molens is redelijk met belangen van vogels en vleermuizen rekening gehouden. Echter, vijf turbines (van de in totaal >100) zijn geprojecteerd in het Robbenoordbos, vanuit het risico voor vleermuisslachtoffers gezien een probleemlocatie (fig. 2). Uit de analyse is gebleken dat deze molens een onevenredig deel van de verwachte slachtoffers onder vleermuizen zullen veroorzaken. Waarnemingen hebben uitgewezen dat 1) verschillende vleermuissoorten in de Wieringermeer in dit gebied zijn geconcentreerd, nl. Meervleermuis, Watervleermuis en Ruige dwergvleermuis; 2) het bos aansluit op de Afsluitdijk, die als trekroute voor met name de Ruige dwergvleermuis fungeert, waardoor periodiek zeer grote aantallen (tienduizenden) dieren dit gebied aandoen (Zwerver, 2012). Een geschat aantal van 200 dieren woont jaarrond in dit gebied (Haarsma & Boshamer, 2014). Vanwege de gevoeligheid van het gebied is hier besloten om mitigerende maatregelen (maatregelen die het negatieve effect moeten verzachten) voor te schrijven; namelijk



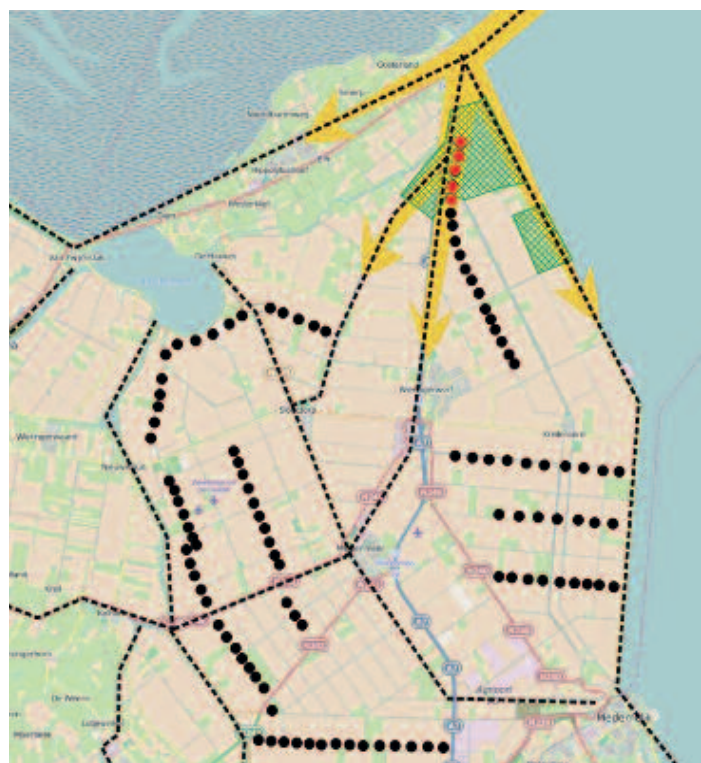
Voor vleermuizen een risicogebied: twee windturbines langs de oever van het IJsselmeer (foto: Anne-Jifke Haarsma).

het stilzetten in perioden met de grootste kans op vleermuisslachtoffers ('s nachts, bij windsnelheden lager dan 5 m/s, temperaturen hoger dan 10 °C, droog weer en in de periode begin mei – eind oktober). Dit levert weliswaar een aanzienlijke vermindering van het aantal slachtoffers op, maar desondanks worden toch nog een geschatte 40% van de passerende vleermuizen slachtoffers (geschat 400 dieren per jaar). Doordat vleermuizen een lage reproductiesnelheid hebben (gemiddeld krijgt 70% van de vrouwtjes één jong per jaar) kan een sterfte door een additionele factor, zoals een windturbine, al snel leiden tot negatieve effecten op de gunstige staat van instandhouding van een aantal vleermuissoorten. Er is in dit project dus, ondanks mogelijk goede bedoelingen, geen optimaal vleermuisvriendelijk ontwerp tot stand gekomen.

Advies

Vleermuizen worden op dit moment vooral slachtoffer van windturbines die bij lage windsnelheden draaien, omdat ze juist dan zelf actief zijn. Het is goed mogelijk om deze slachtoffers grotendeels te voorkomen. Ten eerste, geen turbines plaatsen op plekken met hoge aantallen vleermuizen, zoals geschikt jachthabitat en langs migratieroutes. Ten tweede, turbines stilzetten in voor vleermuizen kwetsbare omstandigheden en periodes. Deze tweede stap betreft met name omstandigheden met lage windsnelheden en stilzetten gaat dan nauwelijks ten koste van de totale energieopbrengst van een windturbine. Gezien de aanzienlijke kans die vleermuizen hebben om slachtoffer te worden, zouden dit soort maatregelen bij nieuwe en bestaande turbines verplicht gesteld moeten worden, vooral in gebieden waar

Fig. 2. De casus in de Wieringermeer (provincie Noord-Holland). Hier worden meer dan 100 windturbines geplaatst (zwarte stippen). Vijf turbines (rode stippen) liggen midden in een belangrijk gebied voor migratie en paring van vleermuizen (groene gebied). Dezelfde turbines liggen ook langs belangrijke migratie routes (gele pijlen) van de Meervleermuis en Ruige dwergvleermuis die de Afsluitdijk volgen om vervolgens via diverse waterwegen en kustlijnen (dunne zwarte stippellijn) verder naar het zuiden te vliegen.



soorten voorkomen met een verhoogd risico (tabel 1). Ook is het mogelijk al tijdens de planfase rekening te houden met vleermuizen, door locaties te kiezen waar geen migratie of concentratie van vleermuizen plaatsvindt. Momenteel wordt het merendeel van de windturbineparken direct langs de kust van het IJsselmeer of de Noordzee gepland. Aangezien het slachtofferrisico voor vleermuizen (en migrerende vogels) op deze plekken zeer hoog is, verdient het aanbeveling om alternatieve locaties voor windturbineparken te zoeken, of de plaatsing van individuele turbines zodanig te ontwerpen dat de kans op aanvaring minimaal is. Aangezien vleermuizen de kust volgen (inclusief daar gelegen zandbanken, rietruigten en strekdammen) moet goed naar het landschap gekeken worden om een veilige zone vanaf een migratieroute te kiezen. Omdat vleermuizen geneigd zijn langs lijnvormige elementen te vliegen, moeten windmolens nabij bosranden, lintbeplanting en heggen/hagen vermeden worden. Door windmolens ten minste een kilometer ver uit elkaar te zetten, kunnen vleermuizen een rij turbines niet verwarren met een lijnvormig element.

Literatuur

Ahlén, I., L. Bach, H.J. Baagøe & J. Pettersson, 2007. Bats and offshore wind turbines studied in southern Scandinavia. Report 5571, Swedisch environmental protection agency.

Ahlén, I., H.J. Baagøe, & L. Bach, 2009. Behavior of Scandinavian bats during migration and foraging at sea. *Journal of Mammalogy* 90:1318–1323.

Baerwald, E.F., G.H. d'Amours, B.J.K. Klug & R.M.R. Barclay, 2008. Barotrauma is a significant cause of bat fatalities at wind turbines. *Current Biology* 18: 695-696.

Baerwald, E. F., J. Edworthy, M. Holder, and R. M. R. Barclay, 2009. A large-scale mitigation experiment to reduce bat mortalities at wind energy facilities. *Journal of Wildlife Management* 73: 1077-1081.

Barclay, R.M.R., E.F. Baerwald & J.C. Gruver, 2007. Variation in bat and bird mortalities at wind energy facilities: assessing the effects of rotor size and tower height. *Canadian Journal of Zoology* 85: 381–387.

Bilt, S. van de, M. Jaspers Faijer, F. van der Wind & A. Beltau, 2014. Milieueffectrapportage Windpark Wieringermeer. Pondera Consult Rapport 713057.

Boshamer, J.P.C. & J.P. Bekker, 2008. Nathusius' pipistrelles (*Pippistrellus nathusii*) and other species of bats on offshore platforms in the



Zo zien vleermuizen de kust van het IJsselmeer het liefst, met vegetatie en een verlandingszone en zonder windturbines (foto: Anne-Jifke Haarsma).

Dutch sector of the North Sea. *Lutra* 51: 17-36.

Brinkmann, R., 2006. Auswirkungen von Windkraftanlagen auf Fledermause. *Fachdienst Naturschutz, Naturschutz-Info* 2/2006 + 3 /2006, NafaWeb Info o6_o2 www.xfaweb.baden-wuerttemberg.de/nafaweb/berichte/infoo6_2/infoo6_20026.html

Cryan, P.M. & R.M.R. Barclay, 2009. Causes of bat fatalities at wind turbines: hypotheses and predictions. *Journal of Mammalogy* 90: 1330–1340.

Ciechanowski, M.C.M., T.Z.T. Zajac, A.B.A. Bilas & R.D.R. Dunajski, 2007. Spatiotemporal variation in activity of bat species differing in hunting tactics: effects of weather, moonlight, food abundance and structural clutter. *Canadian Journal of Zoology* 85(12): 1249-1263.

Dürr, T., 2008. Fledermausverluste an Windenergieanlagen (stand: 12.03.2008). www.mluv.brandenburg.de/cms/detail.php/bb2.c.451792.de

Dürr, T. & L. Bach, 2004. Bat deaths and wind turbines: a review of current knowledge, and of the information available in the database for Germany. *Bremer Beitrage für Naturkunde und Naturschutz* 7: 253–264.

Haarsma, A.J. & J. Boshamer, 2014. Hoe trouw zijn ruige dwergvleermuis en meervleermuis aan hun vleermuiskast. *Vlendag* 2014.

Kunz, T.H., E.B. Arnett, W.P. Erickson, G.D. Johnson, R.P. Larkin, M.D. Strickland, R.W. Thresher & M.D. Tuttle, 2007. Ecological impacts of wind energy development on bats: Questions, research needs, and hypotheses. *Frontiers in Ecology and the Environment* 5(6): 315-324.

Rodrigues, L., L. Bach, M.J. Dubourg-Savage, J. Goodwin & C. Harbusch, 2008. Guidelines for consideration of bats in wind farm projects. EUROBATS Publication Series No. 3 (English version). UNEP/EUROBATS Secretariat, Bonn.

Rydell, J., L. Bach, M.J. Dubourg-Savage, M. Green, L. Rodrigues & A. Hedenström, 2010. Bat mortality at wind turbines in Northwestern Europe. *Acta Chiropterologica* 12(2): 261-274.

Zwerver, R., 2012. Vleermuizentrek over de Afsluitdijk. Lezing VLEN-dag 27 oktober 2012. Buro Bakker, Assen.

Voorts geraadpleegd

(1) <http://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/duurzame-energie/windenergie>
 (2) <http://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/duurzame-energie/windenergie/windenergie-op-land>

Summary

How to manage ecological impacts of wind turbines on bats

Wind turbines are promoted to reduce emissions normally produced by a fossil-fired power plant. Unfortunately, these renewable energy producers can cause extensive mortality among birds and bats. In this publication, the present knowledge about wind turbine effects on bats is summarized and mitigation options aimed to reduce bat fatalities are provided. Although wind turbines continue to increase in height, even above normal foraging or migration heights of bats, turbines are still killing bats. The observed high fatality rate is perplexing, bat researchers assume bats are somehow attracted to the turbines. Long distance migrants, such as the Noctules bat and the Nathusius' pipistrelle, are commonly the most killed. Mortality rates can be reduced by locating wind turbines away from narrow bat migration routes and concentrated roosting areas. By altering the wind-speed trigger at which turbine rotors begin turning at low wind speeds, bat fatalities can be reduced a further 60%. In The Netherlands a policy framework is needed to avoid accidentally locating turbines in high risk locations.

A.J. Haarsma
 Dierecologie en -ecofysiologie
 Radboud Universiteit Nijmegen
 Rijnlaan 153
 2105 XM Heemstede
 Ahaarsma@dds.nl