

Windturbines en vogels: hoe hiermee om te gaan?

Arie Spaans, Leo van den Bergh,
Sjoerd Dirksen & Jan van der Winden

Het genereren van windenergie is een schone en duurzame vorm van energie-opwekking. Er treedt bij de opwekking van windenergie zo goed als geen vervuiling van de atmosfeer, het water of de bodem op. Bovendien is wind als energiebron onuitputtelijk. Toch worden er door natuur- en vogelbeschermers vaak vraagtekens gezet bij de plaatsing van windturbines, onder meer vanwege de hinder die vogels hiervan kunnen ondervinden. Maar hoe bedreigend zijn windturbines eigenlijk voor vogels?

De mens wekt reeds vele eeuwen energie op door middel van windmolens. De traditionele windmolens zijn dan ook een vertrouwd beeld in ons land en worden als een karakteristiek landschapselement alom in den lande gewaardeerd. Met de moderne uitvoering van de windmolen, de sneller ronddraaiende - met de wieken meegerekend - tot meer dan 100 m hoge windturbines, is het anders gesteld. Reeds spoedig nadat de eerste windturbines in ons land waren verzeen, is er door natuur- en vogelbeschermers gewezen op de potentiële gevaren van deze moderne vorm van energie-opwekking voor vogels (o.a. van Klinken, 1981)(fig. 1). Deze waarschuwingen werden direct gevolgd door berichten van voorstanders van windenergie dat de hinder voor vogels erg zou meevallen (o.a. Berkhuizen, 1987), zonder dat beide partijen over 'harde'

onderzoeksgegevens beschikten. Van het begin af aan is er dan ook van beide kanten op aangedrongen op dit punt nader onderzoek te verrichten (o.a. Buurma, 1981; Feenstra, 1982).

Dit heeft in de jaren tachtig en negentig geleid tot een reeks van onderzoeken naar de mogelijke hinder van windturbines voor vogels in ons land (o.a. Winkelman, 1989; Musters et al., 1991; Winkelman, 1992a-d; Van der Winden et al., 1996). Vanaf 1994 richt het onderzoek zich vooral op nachtelijke vliegpatronen en vlieghoogtes van vogels in getijdengebieden en semi-offshore situaties (gebieden met veel wind en veel vogels) met behulp van radar (Spaans et al., 1995; Dirksen et al., 1996a, 1996b; Van der Winden et al., 1997)(foto 1). Ook in het buitenland zijn in de loop der jaren verscheidene onderzoeken naar de mogelijke vogelhinder door windturbines verricht (overzichten in o.a. Winkelman, 1992a-d; Clausager & Nøhr, 1995; SGS Environment, 1996).



Fig. 1. Ligging van de belangrijkste windturbinelocaties (stippen) in Nederland (stand medio 1997). Bron: Chris Westra Producties Amsterdam.

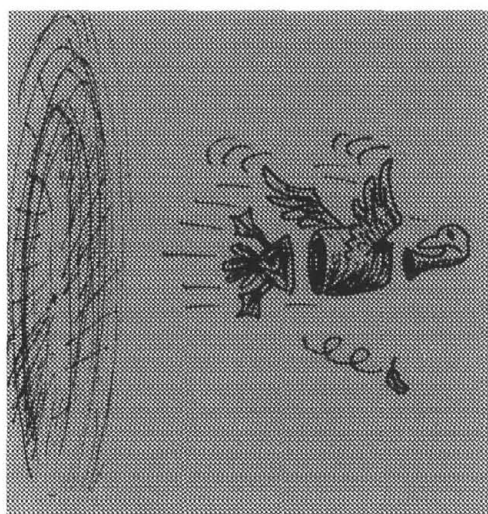
Hinder voor vogels

Vogels kunnen op twee manieren hinder van windturbines ondervinden. In de eerste plaats kunnen zij tegen de rotor of mast aan vliegen, of (bij meewind) naar de grond geslagen worden door wervelingen achter de windturbines (aanvaringsaspect). In de tweede plaats kan er door de aanwezigheid, de beweging of het geluid van de turbines direct of indirect verlies van het leefgebied van vogels optreden (verstoringaspect).

In beide gevallen kan het gaan om vogels die op de plaats van de windturbines broeden (broedvogels), er alleen komen om er voedsel te zoeken of te rusten c.q. te slapen (pleisteraars), of om



Foto 1. De omgebouwde Furuno FR 8250 scheepsradar die voor het nachtelijk vlieghoogte-onderzoek werd gebruikt (foto: Martijn de Jonge).



De meeste slachtoffers vallen bij slecht zicht (tek. A.J. Beintema).

vogels die slechts de windturbine-opstelling in de lucht kruisen (passanten). In het laatste geval kan het zowel gaan om vogels op hun jaarlijkse vliegtocht tussen broed- en overwinteringsgebied (echte trek of seizoenstrek) als om de dagelijkse vliegbewegingen van vogels binnen of tussen bijvoorbeeld rust- en foerageergebieden (slaap- en voedseltrek, getijden-trek, in zijn algemeenheid ook wel aangeduid met de term 'lokale trek').

Aanvaringsaspect

Vogels komen in ons land vooral 's nachts en in de late avond- en vroege ochtendschemering in botsing met windturbines (Winkelman, 1989, 1992a). De meeste slachtoffers worden gevonden na donkere nachten met veel bewolking en neerslag. Het aantal aanvaringen is het grootst tijdens de najaars- en voorjaars trek (hoge vogeldichtheid in de lucht). Het aanvaringsrisico is echter sterk afhankelijk van de lokale omstandigheden, zoals de vogeldichtheid op windturbinehoogte, de zichtbaarheid van de turbines in het landschap, en van het type windturbine (rotoroppervlakte, aantal rotorbladen).

Het risico stijgt naarmate de rotoroppervlakte toeneemt, maar niet recht evenredig ermee, omdat de kans op een botsing afneemt naarmate de vogel de

rotor verder van de rotoras kruist (Tucker, 1996). Windturbines met twee rotorbladen maken minder slachtoffers dan driebladige turbines met eenzelfde rotordiameter. Driebladige turbines lijken echter gelijkmatiger rond te draaien en geven daardoor veelal een rustiger visueel beeld dan tweebladige turbines. Mede om die reden wordt er desondanks soms toch voor driebladige turbines gekozen.

Het aantal vogels dat botst, is evenredig met het aantal dat aanwezig is in de omgeving van de turbines (Musters et al., 1991; Winkelman, 1992a). Wel zijn er verschillen tussen soorten en soortsgroepen. De aanvaringskans is 's nachts relatief groot bij zangvogels (maar afnemend naarmate de vogel groter is) en meeuwen, en relatief klein bij ganzen, zwemeenden en steltlopers (Winkelman, 1992a).

In het windpark nabij Oosterbierum in het noorden van Friesland (18 turbines) vloog 's nachts gemiddeld minder dan één op de 500-1000 passanten (alle soorten samengenomen) tegen een windturbine (Winkelman, 1992a). Tijdens de herfst- en voorjaars trek kwam daar in de operationele fase - rekening houdend met zoektechnische problemen, waarvoor correctiefactoren werden

toegepast - dagelijks gemiddeld 0,06 respectievelijk 0,05 vogel per windturbine om als gevolg van een botsing. Wanneer ook de mogelijk omgekomen vogels werden meegenomen, ging het per dag gemiddeld om 0,1 respectievelijk 0,07 vogel per windturbine. In het windpark langs de Westermeedijk in de Noord-oostpolder lagen die aantallen in dezelfde orde van grootte (Winkelman, 1989).

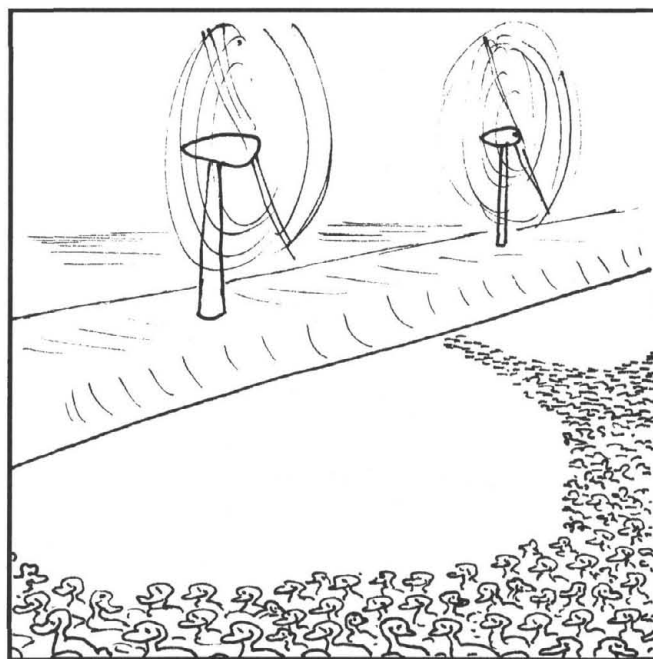
Bij het windpark nabij de Kreekraksluizen in Zeeland waren de aantallen slachtoffers veel kleiner, namelijk gemiddeld 0,01 vogel per windturbine per dag (Musters et al., 1991). Deze locatie verschilt echter aanzienlijk van de twee andere locaties. Bij de Kreekraksluizen lopen namelijk parallel aan de windturbines een hoogspanningsleiding en een vrij druk bereden weg. Daarnaast zijn er nabij het windpark bosschages, bomenrijen en relatief hoge gebouwen aanwezig. Het gehele complex is bovendien 's nachts vanuit het westen veelal goed zichtbaar tegen de lichte hemel als gevolg van de verlichting van het sluizencomplex en die van Bergen op Zoom. De locaties Oosterbierum en Noordoostpolder liggen daarentegen in het open veld, zonder verstorende landschapselementen in de directe omgeving en met 's nachts een geringe horizonverlichting.

De resultaten van het Nederlandse onderzoek sluiten grotendeels aan bij die uit andere landen in Noordwest-Europa (o.a. Winkelman, 1992a; Clausager & Nøhr, 1995; SGS Environment, 1996).

Nachtelijke vlieghoogtes in risico-gebieden

De kans op aanvaringen is vooral groot op plaatsen waar in het donker veel vogels op geringe hoogte passeren. De voor- en najaarstrek speelt zich 's nachts over het algemeen op vrij grote hoogte af en vindt meestal over een breed front plaats (o.a. Buurma, 1987; Buurma & Van Gasteren, 1989). Stuwings komt 's nachts, in tegenstelling tot de situatie overdag, weinig voor. Wel kunnen vogels 's nachts de kust als een soort 'gidslijn' gebruiken (Buurma & Van Gasteren, 1989). Als gevolg daarvan is er bijvoorbeeld in het najaar 's nachts langs de Hollandse kust in de onderste luchtlagen toch een enkele kilometers brede zone waar de vogeldichtheid relatief hoog is. In het voorjaar trekken bij winden uit het noordoosten 's nachts ook grote aantallen

Rustende watervogels
mijden grotendeels
het gebied direct rond
een windturbine
(tek. A.J. Beintema).



steltlopers op geringe hoogte en op korte afstand van de kust langs (Dirksen et al., 1996a).

Lokale vliegbewegingen treden in het donker vooral op in getijdengebieden (hoog- en laagwatertrek steltlopers, in mindere mate ook eenden), boven grote wateren zoals het IJsselmeer (duikeenden) en tussen rust- en voedselgebieden van zwemeenden (vooral Wilde eenden, Smienten, plaatselijk ook andere soorten als Pijlstaarten, Wintertalingen e.d.). Ook ganzen en zwanen vertonen in lichte nachten voedsel- en slaaptrek.

Steltlopers die in de getijdenezone foerageren, blijken niet alleen overdag, maar ook 's nachts binnendijs te overtuigen. Ze doen dat dan echter ten dele op andere plaatsen dan overdag. Zo bleken de meeste steltlopers rond het Oosterscheldebekken in het donker te overtuigen op plekken die in of nabij ondiep water, zoals inlagen, kreekrestanten e.d., lagen (Spaans et al., 1995). Akkers en graslandpercelen die ver van het water lagen, werden daar 's nachts - in tegenstelling tot de situatie overdag - vrijwel niet bezocht; als dit wel het geval was, gebeurde dit in veel kleinere aantallen dan overdag en uitsluitend in nachten rond volle maan. De vogels overtuigen dan soms in kreekrestanten waar overdag geen of vrijwel geen vogels werden gezien. Overigens verloopt de hoog- en laagwatertrek in het donker op plaatsen waar zowel overdag als 's nachts vogels overtuigen, op dezelfde

wijze als overdag (zelfde vliegpaden, zelfde tijdstippen ten opzichte van hoogwater). Hoewel de vogels 's nachts iets hoger lijken te vliegen dan overdag (Spaans et al., 1995), passeren vrijwel alle vogels ook dan de dijken en dammen op een hoogte van minder dan 100 m (Van der Winden et al., 1997). Dat wil zeggen dat de nachtelijke hoog- en laagwatertrek eigenlijk altijd op windturbinehoogte plaatsvindt.

Ook de slaap- en voedseltrek van duikeenden op grote wateren als het IJsselmeer vindt geheel op windturbinehoogte plaats. Vrijwel alle vogels vliegen tijdens deze verplaatsingen op een hoogte van minder dan 100 m, de meeste zelfs op een hoogte van minder dan 50 m (Dirksen et al., 1996). Boven water is de vlieghoogte echter iets geringer (tot 50 m) dan wanneer dijken moeten worden gepasseerd (tot meer dan 75 m). Niet alle duikeenden verplaatsen zich op het IJsselmeer overigens in het donker. Alleen bij Kuif- en Tafelenden blijkt de voedsel- en slaaptrek vrijwel geheel in het donker plaats te vinden. Toppereenden verplaatsen zich vooral in de schemering, terwijl bij zaagbekken en Brilduikers de verplaatsingen vrijwel geheel in het daglicht plaatsvinden (Dirksen et al., 1996).

Alle tot nu toe verzamelde gegevens wijzen er dus op dat lokale vliegbewegingen van steltlopers en duikeenden in het donker vrijwel geheel op windturbinehoogte plaatsvinden.

Verstoringseffect

BROEDVOGELS

Er zijn tot nu toe geen aanwijzingen gevonden, dat windturbines een verstoringseffect hebben op de aantallen of verspreiding van broedvogels. Dit geldt niet alleen voor weidevogels, zoals werd aangetoond bij de proefwindcentrale te Oosterbierum (Winkelman, 1992d), maar ook voor tal van andere vogelgroepen (overzicht in Winkelman, 1992d). De verrichte studies hebben echter alle het nadeel, dat zij slechts gedurende een korte periode (een of twee jaar) nadat de turbines operationeel waren geworden, hebben plaatsgevonden. Of het beeld hetzelfde blijft als de aanwezige vogels als gevolg van sterfte door nieuwe moeten worden vervangen, is derhalve onzeker.

De resultaten van de windturbine-studies stroken niet met die over verstoring van broedvogels door andere antropogene obstakels in het landschap. De in deze gevallen geconstateerde effecten zijn echter mogelijk geheel verstrengeld met effecten die veroorzaakt zijn door veranderingen in de waterhuishouding, het grondgebruik en de intensiteit van het beheer als gevolg van de bouw van het obstakel (Winkelman, 1992d). Bij het windparkonderzoek in Oosterbierum is voor deze factoren gecorrigeerd.

PLEISTERENDE VOGELS

Windturbines blijken wel verstoringseffect te kunnen werken op foeragerende en rustende vogels, zowel op het water als op het land. Er bestaan echter grote verschillen tussen soorten en soortsgroepen in de afstand waarover en de mate waarin verstoring optreedt (Winkelman, 1989; Winkelman, 1992d). Rustende vogels worden over het algemeen over een grotere afstand verstoord dan foeragerende (Winkelman, 1992d).

In het open agrarische land nabij Oosterbierum werd bij eenden, Meerkoeten, steltlopers, meeuwen (met uitzondering van de Kokmeeuw) en duiven een duidelijk verstoringseffect gevonden. Bij kraaiachtigen en Spreeuwen werd daarentegen geen effect gevonden.

Met uitzondering van de Wulp werden steltlopers hier tot 100 m van de turbines verstoord, zwemenden meestal tot 250 m en meeuwen tot 250-500 m. Wulpen bleken tot op een afstand van meer dan 500 m te kunnen worden ver-

stoord. De aantalsvermindering kon voor afzonderlijke soorten tot 60-95% oplopen, maar was nimmer 100%. Goudplevier en Wulp bleken in dit opzicht het meest gevoelig.

In het windpark in de Noordoostpolder vond Winkelman (1989) wel een verstoringseffect voor de Wilde zwaan, al was dit effect niet in alle jaren eenduidig. Voor Knobbelswaan, Kleine zwaan en ganzen kon echter geen duidelijk effect worden aangetoond. Wel concentreerden zich ter hoogte van het windpark, in tegenstelling tot elders, meer zwanen op 200-400 m afstand van de dijk dan dichterbij. Bij ganzen was dit niet het geval. Dit zou erop kunnen wijzen, dat een windpark toch verstoringseffect werkt op het voorkomen van zwanen. Mogelijk geldt hetzelfde echter ook voor ganzen, aangezien Petersen & Nøhr (1989) bij Kleine rietganzen in Denemarken wel aanwijzingen voor een mogelijk verstoringseffect van windturbines vonden. Voorlopig gaan we er daarom van uit, dat een mogelijk verstoringseffect bij beide soortsgroepen bestaat. Het ligt in de bedoeling om naar dit punt nog nader onderzoek te verrichten.

Bij het windpark in de Noordoostpolder werd op het open water van het IJsselmeer een negatief effect van de turbines op de verspreiding vastgesteld tot 100 m uit de kust (150 m van de windturbines) voor Kuifeend, Tafeleend, Brilduiker en mogelijk Meerkoet, tot 250 m uit de kust voor Fuut, Wilde eend en misschien Tafeleend en Stormmeeuw. De vermindering in aantallen was soortafhankelijk, maar bedroeg binnen de genoemde afstanden steeds 50% tot meer dan 90%. Er werden geen negatieve effecten vastgesteld voor Toppereend en Kokmeeuw.

Er zijn geen gegevens bekend over het verstoringseffect op zangvogels, die buiten het broedseizoen zowel in natuurgebieden als in het agrarische gebied eveneens soms in (grote) groepen kunnen voorkomen.

Foto 2. Windpark Lely in het IJsselmeer (foto: Martijn de Jonge).



VERSTORING VAN LANGSVLIEGENDE VOGELS

Overdag bleek in het windpark nabij Oosterbierum het aantal langsvliegende vogelgroepen na de bouw van het windpark te zijn afgenomen (Winkelman, 1992c). Het effect was groter naarmate de turbines dichter op elkaar stonden. Er werd in dit opzicht echter geen effect op de grootte van de groepen gevonden. De groepsgrootte nam soms af door het uitvallen van groepen en soms toe door het samenballen van groepen. Ook bij de passanten was er een grote mate van verschil in gevoeligheid tussen soorten. Als meest gevoelige soorten kwamen naar voren: Wilde eend, Watersnip, Wulp, lijsters (mogelijk), piepers en Spreeuwen, de laatste twee alleen bij een afstand tussen



de turbines van vijfmaal de rotordiameter (150 m). Weinig gevoelig bleken Kievit, Veldleeuwerik (mogelijk), kwikstaarten, Kneu, piepers en Spreeuw, de laatste twee alleen bij een afstand tussen de windturbines van tienmaal de rotordiameter (300 m). Vinken en gorzen bleken niet gevoelig.

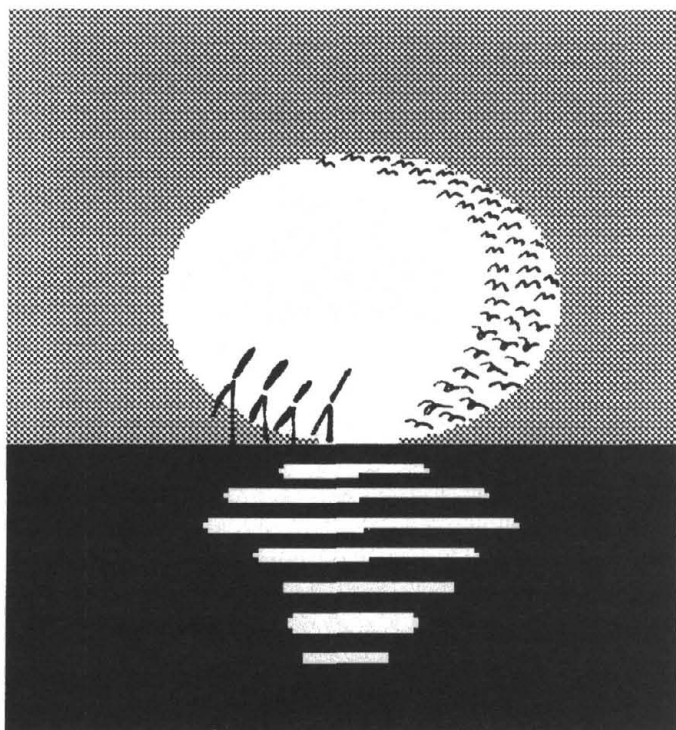
's Nachts leken in het windpark nabij Oosterbierum, waar veel seizoenstrek optreedt, de vogels de turbines pas op korte afstand te mijden door zijwaarts uit te wijken (Winkelman, 1992b). Een kwart van het aantal vogels die min of meer loodrecht op het rotorvlak aan vlogen, bleek de draaiende rotoren te mijden door tussen de windturbines door te vliegen. Van de vogels die uiteindelijk door het rotorvlak vlogen, bleek 5% met de windturbine in aanraking te komen.

Bij het Windpark Lely op het IJsselmeer (foto 2) is de nachtelijke voedsel- en slaaptrek van Kuif- en Tafeleenden met behulp van een scheepsradar gevolgd (Van der Winden et al., 1996). In lichte nachten (rond volle maan) kruisten de eenden ogenschijnlijk zonder problemen de rij met windturbines door tussen de turbines door te vliegen. In donkere nachten meden zij echter veelal het park door evenwijdig aan de turbine-opstelling, en dus om het windpark heen, van en naar de foerageergebieden te vliegen, of door vlakbij de turbines af te buigen en dan om de turbines heen te vliegen. Dit wijst erop, dat vogels die ter plekke goed met het gebied bekend zijn, in donkere nachten rekening lijken te houden met de aanwezigheid van turbines in het gebied. Wel wijzen deze gegevens erop,

dat een rij windturbines in donkere nachten voor deze vogels als een barrière kan gaan werken.

Hoe om te gaan met de bestaande kennis?

Uit de resultaten van het tot nu toe verrichte onderzoek kan worden afgeleid, dat er in gebieden met veel vogels inderdaad problemen kunnen ontstaan tussen windturbines en vogels. Het gaat daarbij dan zowel om een vermindering van de waarde als voedsel- of rustgebied als om een verhoogde sterfte als gevolg van aanvaringen van de vogels met de turbines. Er moet daarom in zulke gebieden zeer behoedzaam met de plaatsing van windturbines of windparken worden omgegaan. Dit geldt met name als er in die gebieden veel Rode c.q. Blauwe-lijstsoor-



In lichte nachten vliegen eenden in Windpark Lely tussen de turbines door; in donkere nachten vliegen ze grotendeels om de turbines heen (tek. A.J. Beintema).

Nadat de vogelconcentraties en de vliegbewegingen van de vogels - met name 's nachts - op zulke locaties in kaart zijn gebracht, blijkt plaatsing van windturbines aan de randen van zulke gebieden soms lokaal toch nog wel mogelijk. Vogels komen namelijk vaak geclusterd en onregelmatig verspreid voor; dit geldt zowel voor vogels op het land als op het water. Ook de vogeldichtheid in de lucht is niet overal even hoog. Vooral lokale vliegbewegingen vinden vaak langs vrij smalle banen plaats. Natuurlijk moet er hierbij steeds een bufferzone in acht worden genomen, opdat de functie van het gebied als broedgebied, pleisterplaats of doortrekgebied gewaarborgd blijft. Daarbij moet ook rekening worden gehouden met eventuele toekomstige wijzigingen in de vliegroutes van de vogels.

Het is verder van belang goed te letten op de functie van het gebied voor vogels als broedgebied, pleisterplaats of doortrekgebied, en op grond daarvan de configuratie van het windpark aan te passen (Winkelman, 1992c). Indien er weinig vogels in het gebied pleisteren, maar er wel veel vliegbewegingen worden gemaakt, dan heeft een lijnopstelling parallel aan de voornaamste vliegrichting van de vogels de voorkeur. Een eventuele barrièrewerking van een lijnopstelling dwars of schuin op de vliegrichting kan worden tegengegaan door de rij met turbines kort (lengte afhankelijk van lokale situatie) te houden of bij lange lijnopstellingen op niet al te grote afstanden onderbrekingen van voldoende lengte (minimaal enkele malen de afstand tussen de turbines) aan te brengen.

Indien er sprake is van verschillende vliegrichtingen, dan moet een open cluster (afstand tussen de turbines minstens tienmaal de rotordiameter) geprefereerd worden. Indien een gebied vooral voor pleisterende vogels van belang is en er verder weinig vliegbewegingen rond de geplande windturbines plaatsvinden, dan zou de voorkeur naar een dicht cluster (vijfmaal de rotordiameter) dienen uit te gaan. Indien een gebied voor pleisterende vogels van belang is en er ook veel vogels het geplande windpark in verschillende richtingen kruisen, dan zou een open cluster de voorkeur moeten hebben, tenzij men aan het verstoringsaspect meer waarde hecht dan aan het slachtofferaspect of aan de verstoring van langsvliegende vogels (tabel 1).

Aard hinder	Lijn evenwijdig aan trek	Lijn dwars op trek	Dicht cluster	Open cluster
Aanvaringsrisico	0	-	-	0
Verstoring pleisteraars	-	-	0	-
Verstoring trek	0	-	-	0

Tabel 1. Hinder van windparken voor vogels bij verschillende configuraties van het park

0 = effect relatief laag,

- = relatief hoog.

Bron: Winkelman (1992c).

ten voorkomen. Het gaat dan vooral om belangrijke foerageer- en rustgebieden voor watervogels (hoog aanvarings- en verstoringsrisico), belangrijke broedgebieden (hoog aanvaringsrisico) en gebieden met gestuwde seizoenstrek of veel lokale vogelbewegingen als slaap- en voedseltrek, hoog- en laagwatertrek (hoog aanvaringsrisico). Dit geldt met name als er ook 's nachts veel vliegbewegingen op windturbinehoogte zijn, zoals in getijdengebieden en op het IJsselmeer, en de lucht ter plekke niet is verlicht door bijvoorbeeld het licht van steden, havens of industrieterreinen.

Dit gegeven zou tot de conclusie kunnen leiden in zulke gebieden geheel van de plaatsing van windturbines af te zien. Een in dit opzicht te rigide houding zou de introductie van windenergie echter op veel windrijke plaatsen onmogelijk maken.

Het hangt dus geheel van de lokale situatie af of, en zo ja in welke mate, er bij plaatsing van windturbines vogelhinder optreedt. Bij elke locatiekeuze dient derhalve de mate van vogelhinder ter plaatse te worden bekeken. Door een goede locatiekeuze en door bij de configuratie van het park de betekenis van het park voor vogels mede in de beschouwing te betrekken, is niet alleen het milieubelang, maar ook het vogelbelang gediend. Een vroegtijdig contact en overleg tussen alle belanghebbenden is daarvoor echter een absolute vereiste.

Literatuur

- Berkhuizen, J.C., 1987.** Vogelschade door windturbines niet aangetoond. *Duurzame Energie* 1987/2: 43-45.
- Buurma, L.S., 1981.** Vogelslachtoffers door windturbines? *Het Vogeljaar* 29: 171-179.
- Buurma, L.S., 1987.** Patronen van hoge vogeltrek boven het Noordzeegebied in oktober. *Limosa* 60: 63-74.
- Buurma, L.S. & H. van Gasteren, 1989.** Trekvogels en obstakels langs de Zuidhollandse kust. Rapport. Koninklijke Luchtmacht, afdeling Luchtmacht Bedrijfsveiligheid, 's-Gravenhage.
- Clausager, I. & H. Nøhr, 1995.** Vindmøllers indvirkning på fugle. Status over viden og perspektiver. Faglig rapport DMU nr. 147. Danmarks Miljøundersøgelser, Afdeling for Flora- of Faunaøkologi, Rønde, Danmark.
- Dirksen, S., A.L. Spaans & J. van der Winden, 1996a.** Nachtelijke trek en vlieghoogtes van steltlopers in het voorjaar over de noordelijke havendam van IJmuiden. *Sula* 10: 129-142.
- Dirksen, S., A.L. Spaans, J. van der Winden & L.M.J. van den Bergh, 1996b.** Vogelhindere door windturbines. Landelijk onderzoekprogramma, deel 2: nachtelijke vlieghoogtemetingen van duikeenden in het IJsselmeergebied. Bureau Waardenburg rapport nr. 96.18. Bureau Waardenburg, Culemborg/Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek (IBN-DLO), Wageningen.
- Feenstra, J.J., 1982.** Over vogelhinder en windmolens. *Het Vogeljaar* 30: 177-181.
- Klinken, J. van, 1981.** Onthutsende dreiging door windmolens. *Het Vogeljaar* 29: 301-305.
- Musters, C.J.M., G.J.C. van Zuylen & W.J. ter Keurs, 1991.** Vogels en windmolens bij de Kreekraksluizen. Rapport. Vakgroep Milieubiologie, Rijksuniversiteit Leiden, Leiden.
- Petersen, B.S. & H. Nøhr, 1989.** Konsekvenser for fuglelivet ved etableringen af mindre vindmøller. Rapport. Ornitho Consult, København.
- SGS Environment, 1996.** A review of the impacts of wind farms on birds in the UK. ETSU W/13/00426/REP/3.
- Spaans, A.L., J. van der Winden, L.M.J. van den Bergh & S. Dirksen, 1995.** Vogelhindere door windtur-

bines. Landelijk onderzoekprogramma, deel 1: verkennend onderzoek naar nachtelijke vliegbewegingen in getijdegebieden. Bureau Waardenburg rapport nr. 95.43. Bureau Waardenburg, Culemborg/Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek (IBN-DLO), Wageningen.

Tucker, V.A., 1996. A mathematical model of bird collisions with wind turbine rotors. *Journal of Solar Energy Engineering* 118: 253-262.

Winden, J. van der, S. Dirksen, L.M.J. van den Bergh & A.L. Spaans, 1996. Nachtelijke vliegbewegingen van duikeenden bij het Windpark Lely in het IJsselmeer. Bureau Waardenburg rapport nr. 96.34. Bureau Waardenburg, Culemborg/Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek (IBN-DLO), Wageningen.

Winden, J. van der, A.L. Spaans, L.M.J. van den Bergh & S. Dirksen, 1997. Vogelhindere door windturbines. Landelijk onderzoekprogramma, deel 3: nachtelijke vlieghoogtemetingen van getijdentrek in het Deltagebied. Bureau Waardenburg rapport nr. 97.27. Bureau Waardenburg, Culemborg/Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek (IBN-DLO), Wageningen.

Winkelman, J.E., 1989. Vogels en het windpark nabij Urk (NOP): aanvaringsslachtoffers en verstoring van pleisterende eenden, ganzen en zwanen. RIN-rapport 89/1. Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Arnhem.

Winkelman, J.E., 1992a-d (in serie). De invloed van de Sep-proefwindcentrale te Oosterbierum (Fr.) op vogels, 1: aanvaringsslachtoffers, 2: nachtelijke aanvaringskansen, 3: aanvlieggedrag overdag, 4: verstoring. RIN-rapport 92/2-5. Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek (IBN-DLO), Arnhem.

Summary

Wind turbines and birds: can they co-exist?

This paper deals with the conflict between wind turbines and birds, based on studies conducted in The Netherlands during the last 15 years. Most birds were found colliding with wind turbines during nights with bad flight and sight conditions (in terrestrial habitats ranging from a few up to a few tens of birds per turbine per year, depending on the local situation). Disturbance effects of turbines were negligible for breeding birds, and variable for feeding and resting birds, both in terrestrial and water habitats (up to over 500 m for Curlews).

Recently, a study of nocturnal flight activities and flight altitudes in tidal and semi-offshore areas was carried out as part of a national research programme on bird hindrance by wind turbines. Radar studies around the Oosterschelde estuary, SW Netherlands, showed that nocturnal movements of tidal waders to and from inland high-tide roosting areas were predominantly below 100 m. Inland high-tide roosts were often only occupied during darkness when sites were in or near shallow waters such as former creeks. In a few cases, former creeks were occupied during the night, but not during the day.

Most diving-ducks wintering in Lake IJsselmeer

roost during the day under the lee of dikes or in inland waters and feed at night off the coast. We found that flights of Scaups to and from the feeding grounds occurred predominantly during dusk and dawn. In contrast, Tufted ducks and Pochards flew mainly during darkness. Flight altitudes of the ducks were variable, but seldom over 100 m.

Radar observations near a line of four middle-sized wind turbines in Lake IJsselmeer and situated in between the feeding and resting areas of Tufted ducks and Pochards revealed that during moonlit nights the birds crossed the line by passing between the turbines. During moonless nights, more birds flew parallel to the line and fewer perpendicular to the line than during moonlit nights. This led to a lower collision risk than expected when no evasive behaviour was shown. This data suggests that local wintering birds may get used to the turbines.

The reactions of the ducks during moonless nights indicate, however, that a line of turbines can act as a flight path barrier for birds. By interrupting long lines the barrier effect can probably be diminished.

Dankwoord

Het onderzoek aan nachtelijke vliegbewegingen aan steltlopers en duikeenden maakt deel uit van het Landelijk onderzoeksprogramma 'Vogelhinder door windturbines', dat door Bureau Waardenburg en het Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek (IBN-DLO) gezamenlijk wordt uitgevoerd. Dit onderzoeksprogramma wordt, door tussenkomst van de Nederlandse onderneming voor energie en milieu (Novem), financieel mogelijk gemaakt door het ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieuhygiëne (VROM), de Provincies Noord-Holland en Zeeland, Rijks-waterstaat Directie Zeeland, E-Connection en de volgende elektriciteitsmaatschappijen: Delta Nutsbedrijven, Energie Noord West, NUON en het Regionaal Distributiebedrijf PNEM West. Wij danken dr. Herbert Biebach, Max-Planck-Institut für Verhaltensphysiologie, Erling-Andechs, Duitsland, voor het beschikbaar stellen van radarapparatuur en dr. Albert J. Beintema voor het tekenen van de cartoons.

Dr. A.L. Spaans
L.M.J. van den Bergh
DLO-Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek
Postbus 23
6700 AA Wageningen

Drs. S. Dirksen
Drs. J. van der Winden
Bureau Waardenburg bv
Postbus 365
4100 AJ Culemborg