

Vindmøllers indvirkning på fugle

Status over viden og perspektiver

Faglig rapport fra DMU, nr. 147

Ib Clausager

Afd. for Flora- og Faunaøkologi

Henning Nøhr

Ornis Consult A/S

Datablad

| | | |
|------------------------|---|--|
| Titel: | Vindmøllers indvirkning på fugle | |
| Undertitel: | Status over viden og perspektiver | |
| Forfattere: | Ib Clausager ¹ og Henning Nøhr ² | |
| Afdelingsnavn: | ¹ Afdeling for Flora- og Faunaøkologi ² Ornis Consult A/S | |
| Serietitel og nummer: | Faglig rapport fra DMU, nr. 147 | |
| Udgiver: | Miljø- og Energiministeriet Danmarks Miljøundersøgelser© | |
| Udgivelsesår: | 1995 | |
| Redaktion: | Jan Bertelsen | |
| Layout: | Kirsten Zaluski | |
| EDB: | Peter Mikkelsen | |
| Korrektur: | Marianne Hoffmeister, Kirsten Zaluski | |
| Bedes citeret: | Clausager, I. & Nøhr, H. (1995): Vindmøllers indvirkning på fugle. Status over viden. Danmarks Miljøundersøgelser. 51 s. - Faglig rapport fra DMU, nr. 147. | |
| | Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse. | |
| Redaktionen afsluttet: | December 1995 | |
| ISBN: | 87-7772-233-7 | |
| ISSN: | 0905-815X | |
| Papirkvalitet: | 95 g miljøpapir | |
| Tryk: | Phønix-trykkeriet A/S, Århus | |
| Oplag: | 800 | |
| Sideantal: | 51 | |
| Pris: | 45,00 kr. (incl. 25% moms, excl. forsendelse) | |
| Købes hos: | Danmarks Miljøundersøgelser Afdeling for Flora- og Faunaøkologi Grenåvej 12 DK-8410 Rønde Tlf.: 89 20 14 00 Fax: 89 20 15 14 | Miljøbutikken Information & Bøger Læderstræde 1 DK-1201 København K Tlf.: 33 92 76 92 (information) 33 83 92 92 (bøger) |

Indhold

Resumé 5

English Summary 7

1 Indledning 9

2 Baggrund for projektet 9

3 Arbejdsmetode 10

4 Effekter på fuglelivet 11

4.1 Kollisionseffekt 12

4.1.1 Metode 12

4.1.2 Resultater 16

4.2 Forstyrrelseseffekt 19

4.2.1 Metode 19

4.2.2 Resultater 20

5 Effekter på andre naturværdier 24

6 Afværgeforanstaltninger 26

6.1 Hensyn under projekteringen 26

6.2 Hensyn i anlægsfasen 28

6.3 Hensyn under driften 28

7 Diskussion og konklusion 30

- 7.1 Kollisionseffekt 30
- 7.2 Forstyrrelse og forringelse af levested 32
- 7.3 Placering og størrelse af vindmøller 32
- 7.4 Fremtidige undersøgelsesbehov 33
 - 7.4.1 Undersøgelse af langtidseffekter 34
 - 7.4.2 Udvikling af bufferzone strategi 34
 - 7.4.3 Metoder og standarder for miljøvurderinger 34

8 Referencer 35

- 8.1 Anvendte referencer 35
- 8.2 Gennemlæste, ikke anvendte referencer 38

Bilag I Personer kontaktet 48

Danmarks Miljøundersøgelser 51

Resumé

På foranledning af Energistyrelsen og Skov- og Naturstyrelsen foretog Danmarks Miljøundersøgelser, Afdeling for Flora- og Faunaøkologi, i samarbejde med Ornis Consult A/S, i perioden september 1994 - juni 1995 et litteraturstudium med det formål at sammenskrive og vurdere det nuværende videngrundlag for fugles reaktion på vindmøller.

Et af de vigtigste formål har været at belyse, hvor dækkende den nuværende viden er som grundlag for vurderinger af konflikten mellem vindmøller og fugle i relation til den udvidelse af vindmøllekapaciteten, der forventes at ske i de kommende år. Dette videngrundlag gælder både for lokalisering af møllerne og deres infrastruktur, samt hvilke naturtyper og hermed fugleinteresser, der berøres.

I Kapitel 3 introduceres arbejdsmetoden for udredningen. Gennem søgning i internationale litteraturlister og kontakt til udenlandske forskere og projekter i Europa og USA er der indsamlet litteratur, der omhandler emnet vindmøller og fugle. På baggrund af litteraturen og de nyeste, ofte upublicerede, oplysninger fra enkeltpersoner, der beskæftiger sig med problemstillingen, er den aktuelle viden om fugle og vindmøller sammenstillet.

I Kapitel 4 beskrives i hovedtræk, hvilke indvirkninger og effekter vindmøller kan have på fugle, opdelt i tre, ofte indbyrdes afhængige, hovedgrupper:

- effekt af kollision med vindmøller,
- vindmøllers forstyrrelseseffekt i forhold til fugle,
- vindmøllers mulige forringende effekt på fugles levesteder.

I Kapitel 4.1 og 4.2 gennemgås resultaterne af litteratursøgningen om vindmøllers indvirkning på fugle. Vindmøllers indvirkning på andre biologiske forhold behandles i Kapitel 5. I Kapitel 6 gennemgås de foranstaltninger, det kan være muligt at gennemføre under projektering, anlægs- og driftsfase, og som vil kunne bidrage til at reducere indvirkningen på fuglelivet.

Hovedkonklusionerne af den aktuelle udredning er, at det registrerede antal kolliderede fugle i de hidtil gennemførte europæiske undersøgelser i næsten alle tilfælde har været særdeles begrænset (Kapitel 7.1). For visse rovfuglearter kan der i forbindelse med fødesøgning være tale om en forøget risiko for kollision med vindmøller. Hvor vindmøller placeres på lokaliteter med større koncentrationer af trækfugle, kan der opstå kollisionsproblemer, men også i disse tilfælde har antallet af kolliderede fugle været lavt. De hidtidige undersøgelsesresultater tyder således på, at fugle i meget begrænset omfang kolliderer med vindmøller.

Ynglefugle af nogle arter synes på kort sigt at kunne vænne sig til især støj- og synsmæssige effekter af vindmøller, men der kan være tale om en korttidstilvæning, som har udspring i fuglenes stedtrofasthed, og på længere sigt kan der opstå negative indvirkninger. Der foreligger i litteraturen meget lidt dokumentation af dette forhold.

For fugle, der kortvarigt opholder sig i et område for at raste eller fouragere, har flere undersøgelser påvist, at vindmøller udgør en skræmmeeffekt, men graden af indvirkning afhænger af, hvilke fuglearter der er tale om. Inden for en afstand af 250 m fra vindmøller kan antallet af tilstedeværende fugle reduceres med op til 95%, og der er registreret forstyrrende effekter på op til 800 m for gæs og vadefugle.

Samlet kan det konkluderes, at forstyrrelseseffekten og forringelse af habitatene udgør vigtige parametre i vurdering af vindmøllers indvirkning på fugle.

Afhængig af lokaliteternes habitatsammensætning vil negative effekter på fuglelivet ofte kunne formindskes ved at justere placeringen af påtænkte møller (Kapitel 7.3). Overordnet ser det ud til, at den bedste balance mellem vindproduktion og møllers negative indvirkning på fuglelivet opnås ved at placere møller i klynger eller parker med en indbyrdes afstand mellem møllerne på minimum 150 m. På lokaliteter, hvor vigtige fuglekoncentrationer af især rastende og fouragerende populationer forekommer, kan det være hensigtsmæssigt at indføre vindmølle-fri bufferzoner med en bredde på 250-800 m, afhængig af de aktuelt forekommende fuglearter og vindmøllestørrelsen.

Fremtidige undersøgelsesbehov (Kapitel 7.4) inkluderer analyse af langtidseffekter af vindmøller på fugle, udvikling af specifikke strategier for etableringen af vindmølle-fri bufferzoner samt udarbejdelse af metoder og standarder for VVM-analyser (Vurdering af Virkning på Miljøet-analyser), der sikrer dækkende biologiske vurderinger ved etableringen af fremtidige vindmølleparker.

English Summary

IMPACT OF WIND TURBINES ON BIRDS - Status of present knowledge and perspectives.

On request from the Agency of Energy and the Natural Forest and Nature Agency the National Environmental Research Institute, Dept. of Wildlife Biology, has in cooperation with Ornis Consult A/S during the period September 1994 - June 1995 prepared a review with the purpose of compiling and evaluating the present knowledge concerning the impact of wind turbines on birds.

One of the main purposes has been to analyse the extent of the existing knowledge in relation to evaluation of the conflict between wind turbines and birds as to the future development of utilisation of wind energy which is to be expected. The analyses include the more specific location of the wind turbines, their infrastructure as well as habitats and ornithological interests affected.

In Chapter 3 the working method for the review is described. Through search in international databases of literature and contacts to foreign researchers dealing with impact assessment studies of wind turbine projects in Europe and USA, all available literature, unpublished results, and information on wind turbines and birds are compiled and evaluated.

Chapter 4 describes the general aspect of the impact of wind turbines on birds. The effects are divided into three, often mutually dependent, main groups:

- the effect of collision between wind turbines and birds,
- the effect of disturbance from wind turbines,
- the possible deterioration of bird habitats.

The results of the review are presented in Chapter 4.1 (collisions) and 4.2 (disturbance). The impact on other species (bats, reptiles, amphibians, insects, and flora) is presented in Chapter 5.

In Chapter 6 a number of possible measures which can be incorporated in the planning, establishment, and operation of wind turbines for mitigating the impact on birds, are presented.

The main conclusions (Chapter 7) of the review are:

- in nearly all the European studies so far the number of birds colliding with wind turbines has been very limited (Chapter 7.1). Some species, such as birds of prey, may have an increasing risk of collision during their avian hunting. In situations of wind turbines located in areas with large concentrations of migrating birds the risk of collision may increase, but even

in such cases the number of birds colliding has not been alarmingly high. Thus, the studies so far indicate that in general the effect of collision between wind turbines and birds is insignificant.

- some studies indicate that breeding birds of some species in the short run may habituate to wind turbines (especially the noise and visual impact). However, other studies indicate that this is a short term adaptation of the birds as a direct result of their faithfulness to the site. In the long run a negative impact may occur. As documentation within this thematic field is very scarce there is a need for more studies into the longterm effect of wind turbines on breeding birds.
- in some studies a disturbance effect on bird species, temporarily staying within a wind turbine area in order to rest or forage, is recorded. The degree of impact depends on the species. Within a distance of 250 m from the turbine up to 95% of the birds present may be affected, and an effect is recorded at distances up to 800 m for geese and waders.

The overall conclusion is that the disturbing effect in combination with deterioration of the habitat, are important parameters in the evaluation of the impact of wind turbines on birds.

The negative effect on birds can often be reduced by adjusting the location of the wind turbines depending on the composition of habitats on the site (Chapter 7.3). Altogether it is concluded that the best balance between energy production from wind turbines and impact on birdlife is obtained with cluster/parks where the mutual distance between the wind turbines is at least 150 m. It is also relevant in the plans for future development to deal with buffer zones (250-800 m, depending on the birds species present and size of turbines) with no turbines, especially in relation to important concentrations of staging and foraging birds.

It is recommended that future studies include:

- analyses of the longterm effect of wind turbines on birds,
- development of more detailed strategies for establishing buffer zones with no turbines,
- setting up standards and preparing methods for impact assessment analyses, ensuring a qualified biological evaluation of establishment of future wind farms.

1 Indledning

I efteråret 1994 igangsatte Energistyrelsen og Skov- og Naturstyrelsen et studieprojekt med det formål at få udarbejdet en oversigtsrapport om fugle og vindmøller som:

- sammenfatter og vurderer det nuværende videngrundlag for fugles reaktion på vindmøller, herunder en vurdering af udenlandske undersøgelser generaliseringsværdi for danske forhold bl.a. med hensyn til undersøgelsesernes dækning af de møllestørrelser og -typer samt placeringsformer, der forventes anvendt i Danmark,
- præciserer, hvor der måtte være behov for yderligere viden og i sådanne tilfælde beskriver konkrete forslag til undersøgelser, der kan fremskaffe denne viden. Det er ligeledes vigtigt at klarlægge, hvordan sådanne undersøgelser kan koordineres med igangværende og planlagte undersøgelser i andre lande, så dobbeltundersøgelser kan undgås.

Arbejdet finansieres af Energistyrelsen og Skov- og Naturstyrelsen. Projektet er udført af Danmarks Miljøundersøgelser, Afd. for Flora- og Faunaøkologi, i samarbejde med Ornis Consult A/S.

2 Baggrund for projektet

Vindkraft er en vedvarende energikilde, der har en central placering i Energiplan 2000. I energiplanen forventes det, at ca. 10% af det danske energibehov i år 2000 vil være dækket af energi fra vindmøller. På vesteuropæisk plan forventes der at være installeret møller med en samlet kapacitet på mere end 1000 MW i 1996, og the European Wind Energy Association (EWEA) forudsiger en kapacitet på 4000 MW i år 2000, 25.000 MW i år 2010 og 100.000 MW i år 2030 (Benner et al. 1993).

I miljømæssig henseende har vindmøller fordele i forhold til konventionelle anlæg, der bruger fossile energikilder. Der er ingen emission i form af CO₂, NO_x og SO₂, og energikilden er udtømmelig. Produktionen involverer hverken minedrift, transport af brændsel eller skaber efterfølgende affaldsproblemer.

Et af problemerne ved udbygningen med vindkraft - og realiseringen af målet i Energiplan 2000 - er mangel på egnede steder at

placere vindmøllerne på grund af hensyntagen til en række forskellige interesser, bl.a. naturfredningsinteresser. Både hensyn til landskabsæstetiske forhold og fuglelivet begrænser lokaliseringsmulighederne i Danmark. Som regel søges en placering langt fra menneskelig bebyggelse og tæt på kysten for at opnå optimale vindforhold, men disse områder har ofte store landskabsmæssige og ornitologiske værdier.

Det er vanskeligt at belyse vindmøllers effekt på fuglelivet, idet der skal tages højde for en lang række forhold. Grundlæggende er det vigtigt at benytte den eksisterende viden optimalt til de vurderinger, der er nødvendige for at finde balancepunktet mellem ønsket om udbygning af vindkraft og hensyntagen til fuglelivet. Den sparsomme viden om samspillet mellem vindmøller og fugle har ofte bevirket, at subjektive, emotionelle forhold er slået stærkere igennem end saglige og faglige vurderinger af problemstillingen.

Nærværende publikation søger at give et overblik over den eksisterende viden om fugle og vindmøller, så de afvejninger, der skal foretages i fremtiden mellem de to interesser kan blive mere afbalanceret. Indvirkning på andre faunainteresser og flora vil også blive berørt i rapporten ud fra de sparsomme undersøgelser, der foreligger om disse forhold.

3 Arbejdsmetode

Projektet er gennemført som et litteraturstudium med supplerende kontakt til udenlandske forskere, der har arbejdet med vindmøller og fugle.

Studiet omhandler alle europæiske lande samt USA og Canada, men er koncentreret om de lande, hvor udbygning af vindkraft har været størst, og hvor der derfor er foretaget flest undersøgelser og vurderinger. Disse lande inkluderer Holland, Danmark, Tyskland, Storbritannien, Sverige og USA.

Der er gennem søgning i internationale litteraturdatabaser indsamlet referencer, der omhandler vindmøller og fugle, alternativt vindmøller og andre biologiske forhold som f. eks. planter, vegetation og landskabsforhold (se referencelisten for udvalgt litteratur).

Personlig kontakt er skabt ved besøg hos de respektive personer og institutioner i lande (Holland, Tyskland og USA), hvor forskning i vindmøller og fugle er længst fremme, men også i Storbritannien og Sverige (se bilag I, der rummer en oversigt over kontaktede personer).

På baggrund af litteraturen og de nyeste, ofte upublicerede, oplysninger, der er indhentet ved samtaler med enkeltpersoner, er den aktuelle viden om fugle og vindmøller sammenstillet. Oplysningerne om vindmøllers effekt på fugle er opdelt i følgende tre, ofte indbyrdes afhængige, hovedgrupper:

- effekten af fugles kollision med vindmøller,
- forstyrrende effekt,
- vindmøllers forringelse af levesteder for fugle.

Et af formålene med udredningen er at belyse, hvor dækkende den nuværende viden er som grundlag for operationelle vurderinger af konflikten mellem vindmøller og fugle i relation til den udvidelse af vindmøllekapaciteten, der må forventes at ske i de kommende år. Dette gælder både med hensyn til den geografiske placering af møllerne i landskabet og deres indbyrdes placering i vindmølleparker, samt med hensyn til hvilke naturtyper og fugleinteresser, der vil blive berørt. Det vurderes også, hvordan viden om vindmøllers effekt på fuglenes populationsniveau kan forøges.

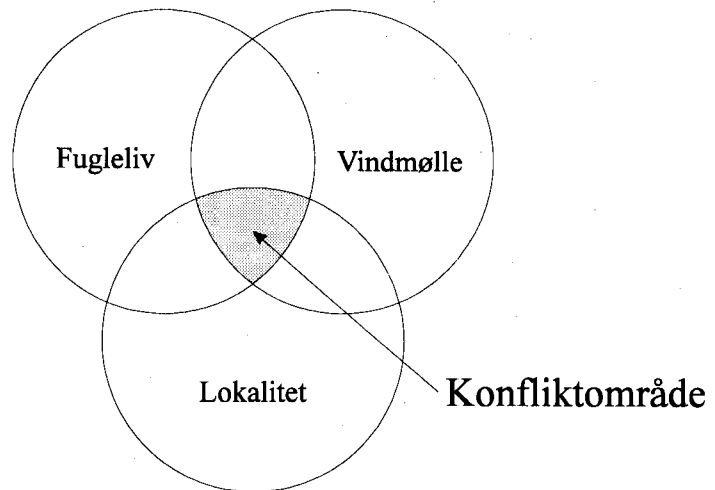
Ved VVM-analyser (Vurderinger af Virkninger på Miljøet) i forbindelse med vindmølleudbygningen vil den eksisterende viden om vindmøllers indvirkning på fugle udgøre en naturlig del af vurderingsgrundlaget. Men den foreliggende viden sætter samtidig en grænse for, hvor detaljeret VVM-analyser kan gøres. Derfor er processen med forbedring af den basale viden for udarbejdelse af "type" - VVM analyser relevant og vigtig som grundlag for at udarbejde bedre retningslinier til vurderinger af fremtidige vindmølleprojekter.

4 Effekter på fuglelivet

Tre hovedparametre indgår i problemstillingen; fugle, vindmøller og lokalitet.

Der er en tæt sammenhæng mellem en lokalitet og dens fugleliv. En lang række fuglearter er meget habitat-specifikke og under hensyntagen til lokalitetens placering, f.eks. på en trækorridor, er det i mange tilfælde muligt at forudsige områdets fuglemæssige værdi. Denne forudsigtelse kan ofte dokumenteres gennem konkret viden, da der fra de fleste lokaliteter af ornitologisk værdi foreligger registreringer og undersøgelser af fuglelivet.

På samme måde er der en udstrakt sammenhæng mellem lokaliteten og placeringen af vindmøller, især betinget af vindforholdene.



Figur 1. Konflikt mellem fugle, lokalitet (landskab) og vindmøller forekommer kun i de tilfælde, der er symboliseret ved det skraverede område.

Konfliktsituationer kan opstå i de tilfælde, hvor opsætning af vindmøller foretages på lokaliteter, der samtidig har en fuglefauna, der er påvirkelig af vindmøller (Fig. 1). Konfliktområdet er pt. defineret ud fra den begrænsede viden, der foreligger om den reelle indvirkning af vindmøller på fugle, og er derfor i høj grad baseret på et "forsigtigheds-kriterium", der kommer fuglelivet til gode.

I vurdering af vindmøllers påvirkning af fuglene opereres der med direkte og indirekte effekter. De direkte effekter omfatter kollisionsrisiko og indvirkning på ynglesucces; de indirekte effekter henviser til forstyrrelse og fortrængning af fuglene fra deres levesteder.

4.1 Kollisionseffekt

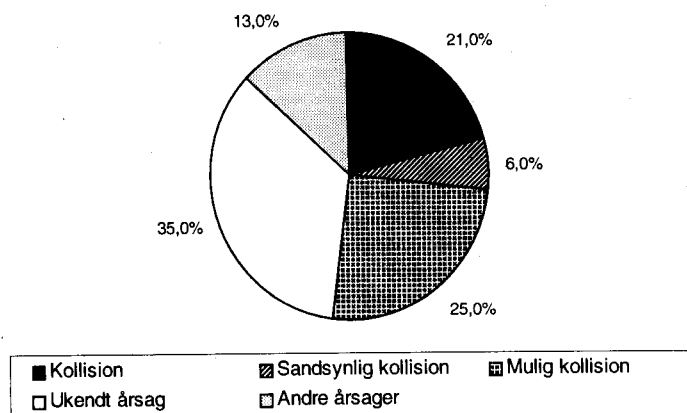
4.1.1 Metode

Der er benyttet flere metoder til at belyse kollisionseffekten på fugle.

Antallet af døde eller sårede fugle kan optælles under vindmøllerne. Ved sådanne undersøgelser skal der tages hensyn til en række forhold, der kan have en indflydelse på det antal fugle, der findes ved møllerne.

For det første er det ikke alle fugle, der dræbes direkte ved sammenstød med møllerne. Nogle såres, og kan således omkomme uden for undersøgelsesområdet. Fra undersøgelser i USA er der eksempler på observerede kollisionsofre (rovfugle), der er fundet flere hundrede meter fra mølleområdet (Orloff & Flannery 1992).

Et andet problem er at bestemme dødsårsagen for dødfundne fugle i mølleområdet. Det kan ikke udelukkes at nogle individer er om-



Figur 2. Procentvis angivelse af dødsårsager for 63 fugle fundet i hollandsk vindmøllepark 1986-1989 (efter Winkelman 1992a).

kommet af andre årsager end ved kollision. Derfor er det vigtigt at kende de typiske visuelle tegn på, at dødsårsagen har været kollision med vindmøller. Hvis årsagen er sammenstød med møllevingerne, ses oftest resultater som afskårne vinger eller afkapning af hoved. Under alle omstændigheder er det vigtigt at få foretaget obduktioner af ofre fra undersøgelsesområdet for at fastslå dødsårsagen. Winkelman (1992a) fandt gennem en tre-årig undersøgelse i en vindmøllepark med 18 møller 63 døde fugle, hvoraf halvdelen enten med sikkerhed eller med stor sandsynlighed var kollideret med vindmøllerne (Fig. 2).

Endvidere kan det ikke forventes, at alle døde fugle omkring møllerne findes. Sandsynligheden for at finde en død fugl vil afhænge af to faktorer:

- predatoraktivitet i området, idet predatorerne kan fjerne døde fugle før de findes,
- søgningseffektivitet, da denne er observatør-afhængig.

Det er vigtigt at afprøve begge disse forhold direkte for det givne undersøgelsesområde. Det kan gøres ved at udlægge et kendt antal døde fugle i undersøgelsesområdet for at belyse, dels hvor stor en andel predatorerne fjerner, dels hvor effektiv observatøren er til at finde de udlagte fugle. Effektiviteten af eftersøgningen vil også kunne påvirkes af vejrlig, årstid, habitat og især vegetation (Winkelman 1992a).

Til beregning af det reelle antal kolliderede fugle har Winkelman (1992a) benyttet følgende formel i forbindelse med et flerårigt studie ved en vindmøllepark ved Oosterbierum, Holland. Den er beliggende på et 55 ha stort areal tæt på Vadehavet. Eftersøgningen af døde fugle blev foretaget i træktiden, hvor kollisionsrisikoen teoretisk skulle være størst.

Det teoretiske antal af kolliderede fugle (N) kan beregnes som:

$$N = \frac{(Na - Nb)}{P * Z * O * D}$$

hvor:

- Na = antal fugle fundet døde,
- Nb = antal fugle fundet døde, men ikke dræbt ved kollision,
- P = aktivitet af predatorer (andel af fugle, der ikke er spist),
- Z = søge-effektivitet (andel af fugle, der ikke er overset),
- O = andel af projektområde, som er undersøgt,
- D = andel af dage med eftersøgning.

På basis af det faktiske antal fundne fugle og det beregnede antal kolliderede fremkommer en korrektionsfaktor, som Winkelmann (1992a) og Benner et al. (1993) har benyttet til beregning af dødsfald ved kollision med vindmøller andre steder, hvor der er foretaget eftersøgning af døde fugle (se Tabel 1).

Eftersøgning af fugle, der er omkommet ved kollision med vindmøller anbefales udført under forskellige ydre forhold som f.eks. forskellige årstider og vejrforhold. Ofte opstår kollisionsproblemer under særlige kombinationer af træk- og vejrforhold, og sådanne "katastrofe"-situationer kan være vigtige at undersøge for at få et dækkende og nuanceret billede af de reelle forhold.

Information om antallet af kollisioner kan også benyttes til at foretage en risikovurdering, hvis antallet af kolliderede individer kombineres med observationer af art, antal og adfærd for fugle, der opholder sig i vindmølle-området. Gennem en risikovurdering søges anslået det potentielle antal fugle, der kan forventes at omkomme ved kollision med vindmøller i områder, hvor der ikke er foretaget dækkende eftersøgning af døde fugle, eller hvor vindmøller planlægges opstillet. Det er i sådanne risikovurderinger vigtigt at inddrage observationer af fuglenes bevægelser på alle tider af døgnet og igennem hele året.

Bestemmelse af fuglenes bevægelser om natten giver observationsmæssige problemer. Radar- og infrarødt udstyr kan benyttes, men der er en række metodemæssige problemer forbundet med fortolkningen af resultater opnået ved sådanne undersøgelser. Bestemmelse af fugleart og flokstørrelse er ikke muligt, idet en fugleflok på radarskærmen fremstår som en punktrække. Det radarudstyr, der blev anvendt ved undersøgelsen af Tjæreborgmøllens indvirkning på fuglelivet, kunne kun kortlægge fuglenes horisontale flyvemønstre ud til en afstand på 1.200 - 1.500 m. Det kunne ikke beregnes, i hvilken højde fuglene passerede hen over vindmøllen (Pedersen & Poulsen 1991).

Tabel 1. Oversigt over referencer, der angiver dødelighed blandt fugle forårsaget ved kollision med vindmøller af forskellig størrelse (delvis efter Benner et al. 1993). L: små møller med en kapacitet på <250 kW; M: mellemstore møller <750 kW; S: store møller >750 kW

| Reference | Lokalitet | Naturtype | Antal møller | Mølle-størrelse | Undersøgel-sesperiode | Antal døde fugle | Antal dræbt af vindmøller | Antal dræbte fugle/mølle/år |
|---------------------------|---------------------------------|-----------------------|--------------|-----------------|-------------------------|------------------|---------------------------|-----------------------------|
| Estep (1989) | Altamont/ Tehachapi (USA) | Græsland | 10.800 | L/M | 11/84-04/88 | 104 | 72 | 0,00 - 0,07 |
| Hartwig (1990) | Norden (Tyskland) | Kystområde | 5 | M | 01/90-08/90 | 1 | 1 | 0,20 - 7,30 |
| | Hooksiel (Tyskland) | Kystområde | 5 | M | 02/90-08/90 | 2 | 1 | 0,40 - 14,60 |
| | Nordholz (Tyskland) | Kystområde | 26 | L | 04/89-08/90 | 9 | 4 | 0,10 - 4,00 |
| | K.-Wilh- Koog (Tyskland) | Kystområde | 32 | L | 05/89-08/90 | 10 | 6 | 0,10 - 5,10 |
| | Husum (Tyskland) | Kystområde | 2 | M | 02/90-08/90 | 0 | 0 | 0 |
| | Bredstedt (Tyskland) | Kystområde | 3 | M | 05/89-08/90 | 0 | 0 | 0 |
| | Sylt (Tyskland) | Kystområde | 1 | L | 04/89-08/90 | 4 | 4 | 2,80 - 103,00 |
| | Helgoland (Tyskland) | Kystområde | 1 | S | 04/89-08/90 | 61 | 12 | 8,50 - 309,00 |
| | Karlsson (1983a) | Näsudden (Sverige) | Kystområde | 1 | S | 00/81-00/82 | 50 | 49 |
| Maglarp (Sverige) | | Kystområde | 1 | S | 1982 | 0 | 0 | 0 |
| Karlsson (1987) | Näsudden (Sverige) | Kystområde | 1 | S | forår/sommer 87 | 0 | 0 | 0 |
| | Maglarp (Sverige) | Kystområde | 1 | S | efterår 87 | 1 | 1 | 1,00 - 36,50 |
| Maize (1993) | USA | - | 237 | M | - | 13 | 13 | 0,05 |
| Møller & Poulsen (1984) | Koldby (Danmark) | Kystområde | 1 | M | 1983 | 0 | 0 | 0 |
| | Nibe (Danmark) | Agerland | 2 | M | 1983 | 0 | 0 | 0 |
| | Nibe (Danmark) | Agerland | 1 | M | 1983 | 0 | 0 | 0 |
| Musters et al. (1991) | Kreekrak (Holland) | Kystområde | 5 | M | 04/90-04/91 | 29 | 9 | 0,35 - 7,25 |
| Orloff & Flannery (1992) | Altamont (USA) | Græsland | 7.340 | L/M | | 183 | 101 | 0,70 - 1,30 |
| Pedersen & Poulsen (1991) | Tjæreborg (Danmark) | Kystområde | 1 | S | 1987-90 | 15 | 4 | 1,75 - 64,00 |
| Ornis Consult A/S (1989) | 11 områder (Danmark) | Kystområder | 135 | L/M | 05/88-12/88 | 2 | 2 | 0,02 - 0,80 |
| van Swelm (1988) | Maasvlakte (Holland) | Kystområde | 1 | M | efterår 1987 | 1 | 0 | 0 |
| Winkelman (1989) | Urk (Holland) | Kystområde | 25 | M | efterår 1988 | 24 | 5 | 7,00 - 18,00 |
| | Urk (Holland) | Kystområde | 25 | M | vinter/forår 1988/89 | 39 | 12 | |
| Winkelman (1992a) | Oosterbierum | Kystområde | 18 | M | 02/86-06/91 | 76 | 42 | 26,00 - 37,00 |

4.1.2 Resultater

Tabel 1 opsummerer de undersøgelser, hvor fugle, som er kollideret med vindmøller, er registreret på basis af eftersøgning af døde fugle omkring møllerne.

Antallet af kolliderede fugle er beregnet på grundlag af de faktorer, der er beskrevet i afsnit 4.1.1. Ved hovedparten af studierne er de ressourcekrævende vurderinger af observatørens effektivitet og lokale predatorers fjernelse af sårede og dræbte fugle ikke gennemført, hvorfor antallet af ofre for kollision med vindmøller er underestimeret. I et par undersøgelser er det forsøgt at beregne en korrektionsfaktor for ikke fundne/fjernede døde fugle. Således beregner Musters et al. (1991) en korrektionsfaktor på hhv. $1,021 \pm 0,030$ for større fugle og $1,369 \pm 0,339$ for mindre fugle, mens Winkelman (1994) angiver effektiviteten for mindre fugle (op til størrelsen af en stær) på hhv. 45% og 73%, svarende til korrektionsfaktorer på henholdsvis 2,2 og 1,4 ved grundig eftersøgning (2 ha/time) i to områder. I en tidligere publikation af Winkelman (1992a) er anført en korrektionsfaktor på 4,2 - 36,5 svarende til, at 3-24% af de kolliderede fugle blev fundet. Der er tilsyneladende stor usikkerhed om eftersøgningens effektivitet og dermed også korrektionsfaktorens størrelse. En væsentlig del af variationen mellem studierne er betinget af forhold som årstid, fuglens størrelse, områdets vegetation, tætheden af predatorer samt eftersøgningens intensitet.

De hidtidige undersøgelser tyder på, at effekten af kollision mellem vindmøller og fugle er minimal under de placeringsforhold, der er undersøgt. To undersøgelser fra Danmark underbygger denne antagelse. Ornis Consult A/S (1989) fandt ved eftersøgning omkring 135 mindre vindmøller to fugle, der var kollideret, mens Pedersen & Poulsen (1991) ved én stor vindmølle (Tjæreborg-møllen) over en periode af godt to år fandt fire fugle, der var kollideret.

Benner et al. (1993) angiver fra 0,1 til 309 dødsfald/vindmølle/år på kystbundne lokaliteter. Disse talstørrelser er korrigerede med den af Winkelman (1992a) angivne korrektionsfaktor på 4,2 - 36,5.

Der er ikke påvist effekter på bestandsniveau for de fuglearter, der er kollideret med vindmøller, men der er indici for, at konflikter kan forekomme, når møller placeres på lokaliteter med store trækkoncentrationer af fugle (Orloff & Flannery 1993, BirdLife International 1994). Ved en enkelt undersøgelse (Karlsson 1983a) blev der beregnet et meget højt kollisionstal; 893 fugle/vindmølle/år. Ved en nærmere gennemgang af denne undersøgelse viste det sig, at der i alt blev fundet 49 kolliderede fugle, hvoraf de 43 (88%) stammede fra en enkelt "katastrofe"-nat. På denne nat var møllen ude af drift, og ydermere var der opsat en lampe på tårnet i 10 meters højde. At lyskilder kan tiltrække nattrækkende fugle er især

beskrevet fra en række fyrtårne, som i enkelte tilfælde, f.eks. under tåget vejr i træksæsonen, har forårsaget høje kollisionsrater (Mehlum 1977). Et tilsvarende atypisk tilfælde er rapporteret fra en vindmølle, der er opstillet på øen Helgoland i Nordsøen. Ved denne mølle blev der i løbet af 17 måneder fundet i alt 12 fugle, som med sikkerhed var kollideret med møllen (Hartwig 1994). Dette skal ses i lyset af, at meget store mængder fugle under deres forårs- og efterårstræk slår sig ned på øen for at hvile, eller fordi de tvinges til at afbryde trækket på grund af dårligt vejr. I sådanne situationer vil der være forøget risiko for kollisioner med møllen.

Gennem en 2-årig undersøgelse i Altamont vindmølleparken, Californien, blev 43 fugle, hvoraf de 19 var rovfugle, fundet døde, og de vurderedes at kunne være dræbt af vindmøller (Orloff & Flannery 1992). Undersøgelsesområdet dækkede ca. 16% af vindmølleområdet, og de fundne tal blev omregnet til, at 567 rovfugle (heraf 78 kongeørne) kunne være dræbt gennem de to år ved 7.000 vindmøller i området. Frekvensen af kollision blev anslået til 2,3-5,8 rovfugle/100 vindmøller/år. Ved lignende undersøgelser fra en vindmøllepark, der ligger i et landbrugsområde i Solano County, Californien, opnåedes kollisionsværdier på 1,7-4,8 fugle/100 møller/år.

Winkelman (1994) angiver for Oosterbierum og Urk vindmølleparkerne i Holland 0,04-0,09 døde fugle/mølle/døgn, hvor variationen er afhængig af årstiden. Winkelman (1992a) estimerer, at blandt de nattrækkende efterårsfugle, flyvende i rotorhøjde, vil i gennemsnit mindre end 1‰ kolliderer med møllerne i den af hende undersøgte vindmøllepark, der består af 18 møller i tre rækker med seks i hver samt syv meteorologimaster (Tabel 2). Medregnes også dagtrækkende fugle er antallet af kollisioner beregnet til at være mindre end 0,1‰. For forårstrækkende fugle var kollisionstallene lavere.

Dette viser, at fuglekollisioner med vindmøller statistisk set er en sjælden begivenhed, selv når mange vindmøller er samlet på et sted. Antallet af registrerede kollisioner er for lille til at drage klare konklusioner om de nærmere omstændigheder ved uheld. Endvidere er direkte kollisioner kun iagttaget yderst sjældent. Således foreligger der to iagttagelser fra Altamont vindmølleområdet i Californien over en 15 års periode: en amerikansk tårnfalk fløj mod en mølle, der var ude af drift (ramte motoren), og en rødhalet musvåge forsøgte at lande på en mølle i drift. Ingen af fuglene forsøgte undvigemanøvre, hvilket tyder på, at de ikke har registreret faren. Kontrollerede forsøg med brevduer i samme område gav med 6.000 flugtobservationer tre kollisioner med vindmøller (Kenetech 1994). Winkelman (1992b) fandt for en 18-møllers-park i Holland igennem en periode på 20 dage én kollision i dagtimerne og otte i nattetimerne.

Ved at analysere ofre for kollision med vindmøller og fuglenes trækbevægelser gennem et område kan der opnås et indtryk af forskellige arters følsomhed for kollision, hvorved der kan dannes

Tabel 2. Risikoberegning, belyst i efterårs- og forårsperioden for nattrækkende, nat- og dagtrækkende, samt for rastende og fouragerende fugle, udtrykt som sikre og mulige kollisioner mellem fugle og møller i en park i Holland med 18 møller i døgndrift (fra Winkelman 1992a).

Efterårsperiode:

Nattrækkende fugle:

| | | |
|--------------------|---------|------------------------|
| Sikre kollisioner | < 0,1 % | (< 1 per 1.000 fugle) |
| Mulige kollisioner | < 0,2 % | (< 2 per 1.000 fugle) |

Nat- og dagtrækkende fugle:

| | | |
|--------------------|----------|-------------------------|
| Sikre kollisioner | < 0,01 % | (< 1 per 10.000 fugle) |
| Mulige kollisioner | < 0,02 % | (< 2 per 10.000 fugle) |

Nat- og dagtrækkende, rastende & fouragerende fugle:

| | | |
|--------------------|-----------|---------------------------|
| Sikre kollisioner | < 0,008 % | (< 8 per 100.000 fugle) |
| Mulige kollisioner | < 0,010 % | (< 10 per 100.000 fugle) |

Forårsperiode:

Nat- og dagtrækkende, rastende & fouragerende fugle:

| | | |
|--------------------|----------|--------------------------|
| Sikre kollisioner | < 0,06 % | (< 6 per 10.000 fugle) |
| Mulige kollisioner | < 0,01 % | (< 10 per 10.000 fugle) |

et grundlag for risikoanalyser baseret på fuglebevægelser i et område. Winkelman (1990c, 1992a) har gjort dette ved Oosterberum vindmølleparken i Holland, hvor hun igennem en tre-årig periode overvågede op til 18 møller, bl.a. ved hjælp af radar og varmfølsomt observationsudstyr. Observationer ved møllens rotor, der var 15 meter i radius, dokumenterede 14 kollisioner. I fire af disse tilfælde overlevede fuglene kollisionen og kom sig. Sammenstød med møller sker ikke altid ved direkte kollision, idet fuglene kan fanges i turbulensen fra møllebladene, hvilket også kan være fatalt. Ved seks sådanne "sammenstød" blev halvdelen af fuglene dræbt, mens den anden halvdel kom sig. Baseret på disse data blev det beregnet, at 1% af alle fugle, der passerer mølleparken i rotorhøjde, ville blive dræbt ved kollision, forudsat at alle møller er i drift døgnet rundt i efterårsperioden. Denne procentsats er betydeligt højere end den, der beregnes ud fra det faktiske antal fundne kollisionsofre (jvf. Tabel 2), hvor den maksimale procent findes for nattrækkende fuglearter (0,1% af alle fugle, der passerer mølleparken, Winkelman 1992a). Winkelman mener, at denne forskel dels kan skyldes, at det faktiske antal kollisionsofre undervurderes, fordi lokale predatorer fjerner døde fugle, før de findes af observatører, dels at effektiviteten af observatørers eftersøgning ikke er 100%.

Still et al. (1994) har undersøgt en park med ni møller placeret på en kystlokalitet i England, der er udpeget som område af særlig videnskabelig interesse, og tillige indstillet som Ramsar-område.

Undersøgelsen omfatter både observationer før og efter opsætning af vindmøller. Det er et område med stor fugletæthed, men selv

med mere end 1.000 fuglebevægelser i området per dag er der kun fundet 19 kollisionsofre, der omfattede ni ederfugle, to sølvmåger, fem svartbager, én hættemåge og én lille fugl. Still et al. angiver, at kun for overvintrende (december-april) ederfugle er kollisioner med vindmøllerne større end forventet. Før møllerne blev opført, svømmede ederfuglene til og fra et fourageringsområde nær møllerne, men efter opsætningen af møllerne flyver de til og fra, hvilket har forøget risikoen for kollision. Alle ni ederfugledødsfald skyldtes dårlig sigtbarhed i en kort periode i april 1993, mens der i resten af foråret 1993 ikke observeredes kollisioner, der involverede ederfugle. Undersøgelsen fortsættes til 1996 for at analysere om denne dødelighed blandt og forstyrrelse af ederfugl kan have betydning for den lokale overvintrende bestands trivsel og udvikling.

Selv om det har været en udbredt opfattelse, at større møller forøger risikoen for fugle, sammenlignet med mindre møller, så tyder foreløbige undersøgelser på, at store møller ikke dræber flere fugle end små møller, selv om rotorarealet er flere gange større (Kenetech 1994). Hvis disse resultater viser sig at være korrekte, betyder det, at der kolliderer og dræbes færre fugle per produceret energienhed ved store vindmøller end ved små møller.

4.2 Forstyrrelseseffekt

4.2.1 Metode

Vindmøllers forstyrrelseseffekt kan inddeles i tre kategorier:

- forstyrrelse af ynglende fugle,
- forstyrrelse af rastende og fouragerende fugle,
- forstyrrende indvirkning på trækkende/flyvende fugle.

For alle de typer undersøgelser, der er knyttet til forstyrrelseseffekter, er der metodemæssige problemer. Forstyrrelser af fugle er i sig selv svære at måle, og det er endnu sværere at bedømme, hvilken indvirkning forstyrrelse fra vindmøller, hvadenten de er permanente eller midlertidige, kan have på fugle. Der foreligger ikke undersøgelser, der forsøger at kvantificere forstyrrelseseffekter i forhold til overlevelse og reproduktion.

Den bedste måde at undersøge forstyrrelseseffekter på, er at vurdere forholdene i et område før og efter opsætningen af vindmøller. Et væsentligt problem er imidlertid at fastholde uændrede ydre faktorer som f.eks. arealanvendelse og andre menneskelige aktiviteter. Effekter af populationssvingninger kan som regel belyses ved sideløbende at undersøge nærliggende referenceområder uden vindmøller, og resultaterne kan benyttes til at kalibrere de ændringer, der konstateres før og efter opsætningen af vindmøller.

Ofte er der ikke foretaget de mere tidskrævende før/efter under-

søgelse, men udelukkende punktvis observationer, hvor det er forsøgt at bestemme reaktionsafstande og ændringer i flugtadfærd.

Forstyrrelser kan forekomme såvel under konstruktion af møller som under drift. I konstruktionsfasen er effekten ofte af begrænset varighed, men alligevel kan påvirkningen af nogle arter være betydelig. Derfor er den periode, der vælges til konstruktionsfasen, vigtig. Der er også forskel på forstyrrelsesniveauet under driften, bl.a. fordi det påvirkes af, om møllerne er i drift eller ej (især støj fra vingerne), og af om der er menneskelig aktivitet i området, f. eks. i forbindelse med service.

Møllernes forstyrrende indvirkning på trækkende fugle og fugle i flugt er oftest belyst ved standardiserede observationer. Resultaterne er svære at fortolke, dels pga. vanskeligheder ved selve registreringen af observationerne, dels pga. usikkerhed og manglende viden om, hvad det betyder for fuglene at skulle ændre flyveretning og trækrute.

4.2.2 Resultater

Ynglefugle

Der er ikke påvist effekter på ynglende fugle ved små og mellemstore møller. Således fandt Hartwig (1990) ingen effekt på ynglefugle før og efter opførelsen af vindmøller på en tysk kystlokalitet.

Karlsson (1987) fandt i et fem-årigt studium med før/efter undersøgelser på to svenske lokaliteter heller ingen effekt på ynglefugle.

Winkelman (1990b & 1992d) undersøgte mulige forstyrrelseseffekter på ynglefuglene i Oosterbierum vindmølleparken, Holland, gennem perioden 1984-1991, der dels dækkede konstruktionsfase (1984-85), delvis driftsfase (1986-1990) og den komplette driftssituation (1991). Samlet blev der tilsyneladende ikke fundet nogen effekt på ynglefuglene. For strandskade blev der registreret en fremgang i antal ynglepar, mens antallet af ynglepar af vibe gik tilbage i forhold til udviklingen i reference-området. Undersøgelsen indeholder ikke en egentlig "før"-situation, da konstruktionsarbejdet var igangsat ved undersøgelsens start i 1984, hvilket kan have påvirket resultatet. De fundne resultater kan antyde en forskel i vadefuglearternes følsomhed over for forstyrrelse fra vindmøller, som kan have sammenhæng med arternes yngleadfærd. Viben har en udpræget territorial og yngleadfærdsflugt, som kræver større fritliggende arealer, hvilket ikke i samme grad er nødvendigt for strandskaden.

Pedersen & Poulsen (1991) rapporterede en forstyrrende effekt ved en 1 MW mølle ved Tjæreborg. I et område på 45 ha omkring møllen faldt antallet af ynglende vadefugle (især vibe) fra at udgøre 30% af hele undersøgelsesområdet (300 ha) bestand til 5%, efter at

møllen var sat i drift. En optælling foretaget af DMU i foråret 1995 viste, at andelen af ynglende viber i det samme område syv år efter møllens opførelse fortsat er lav (4%). Pedersen & Poulsen (1991) fandt, at ynglesuccesen for viber i det samme område var reduceret med 6% i forhold til, hvad den var i referenceområdet.

Meek et al. (1993) undersøgte forstyrrelses effekter af tre vindmøller på hhv. 250 kW, 300 kW og 3 MW i et område på Orkney-øerne, Skotland. Der blev udført optællinger ét år før og otte år efter op-sætningen af møller og i en sammenligning med resultater fra et kontrolområde blev der ikke fundet effekter på ynglende ænder, vadefugle, kjoever, måger og spurvefugle. Kun bestanden af Rødstrubet Lom faldt fra fire til to par, men nedgangen tilskrives mere menneskelig forstyrrelse end møllernes drift.

Møller & Poulsen (1984) fandt hverken ændringer i antallet af ynglende fugle ved sammenligning af resultater opnået før og efter idriftsættelse ved middelstore vindmøller ved Nibe (to på 630 kW og én på 300 kW) eller ved Koldby (én på 265 kW), Danmark.

Rastende og fouragerende fugle

Winkelman (1992d & 1994) anfører, at forstyrrelse af fugle er registreret i afstande op til 500 m fra vindmølleparken. Inden for 250 m reduceres antallet af tilstedeværende fugle med 60-95%. Pedersen & Poulsen (1991) omtaler en lignende zone med "vakuumeffekt", som fuglene er forhindret i at udnytte på grund af forstyrrelse fra møllen.

De enkelte fuglearters følsomhed over for forstyrrelse fra vindmøller afhænger både af lokalitet, habitat og mølletype (især størrelse) (Tabel 3 og 4).

Ved små og mellemstore vindmøller på 100-300 kW har fuglene typisk en reaktionsafstand på 100-500 m, mens afstanden stiger til 800 m for større møller på 1 MW.

Tabel 3. Vindmøllers forstyrrende effekt udtrykt ved maksimal reaktionsafstand (i meter) for fuglegrupper og reduktion af fugleantal (i %).

| Gruppe | Reaktionsafstand (m) | Reduktion af antal (%) |
|--------------------|----------------------|------------------------|
| Ynglefugle | 0 - 200 | ? |
| Rastefugle | 100 - 250 (800) | < 95 |
| Dagtrækkende fugle | 0 - 150 | < 82 |
| Nattrækkende fugle | + | + |

Tabel 4. Reaktionsafstand (i meter) for 13 fuglearter ved to hollandske vindmølleparker. Område 1: Oosterbierum: 18 mellemstore møller (300 kW) i en gruppe på 300 ha agerland i kystområde. Område 2: Urk: 25 mellemstore møller (300 kW) i linieformation langs et tre km dige ved søen Ijsselmeer (Winkelman 1994). Område 3: Tjæreborg med én 1 MW mølle (Pedersen & Poulsen 1991). Område 4: Dansk undersøgelse af mindre vindmøller (<99 kW) fra Ornis Consult A/S 1989).

| Art | Område 1 | | Område 2 | Område 3 | Område 4 |
|----------------|----------|--------------|--------------|----------|----------|
| | efterår | vinter/forår | vinter/forår | | |
| Kortnæbbet Gås | - | - | - | - | 400 |
| Gråand | 100-250 | 0 | 250 | ? | - |
| Spidsand | - | - | - | 400 | - |
| Troldand | ? | 250 | 100 | ? | - |
| Blishøne | ? | 250 | 100 | ? | - |
| Strandskade | ? | 100 | ? | ? | - |
| Hjejle | 100 | 100 | ? | 800 | + |
| Vibe | 100 | 0 | ? | 800 | - |
| Stor regnspeve | 500 | 100-250 | ? | ? | - |
| Stormmåge | 250-500 | 0 | 0 | ? | - |
| Sølvmåge | 500 | 0 | ? | ? | + |
| Stær | ? | ? | ? | 800 | - |
| Kragefugle | 0 | 0 | ? | ? | - |

Rastende fugle, især gæs, svaner, ande- og vadefugle, reagerer ofte på vindmøllers tilstedeværelse på 250-500 m afstand, og flere studier påpeger reaktioner fra rastende vibe og hjejle (Ornis Consult A/S 1989, Pedersen & Poulsen 1991, Winkelman 1990b). Hollandske undersøgelser viser 5-10 gange færre fugle af arterne taffeland, hvinand og sangsvane ved en vindmøllepark, end det kunne forventes på grundlag af beregninger af forekomsten i et nærliggende referenceområde (Winkelman 1992d). Mens måger, kragefugle og stær sjældent reagerer på små og mellemstore vindmøller, reagerede måger på den store vindmølle ved Tjæreborg (Pedersen & Poulsen 1991).

Winkelman (1992d) har påvist sæsonmæssig variation i vindmøllers forstyrrelseseffekt på fugle, og effektens størrelse synes afhængig af, om møllerne er i drift eller ej. Selv om der ikke er entydige konklusioner, er der en tendens til, at fugle under fouragering bliver mere tolerante overfor vindmøller end rastende fugle.

Still et al. (1994) fandt i et kystområde, hvor ni møller blev opført, at rastende skarver forsvandt under konstruktionsfasen, men efterfølgende vendte tilbage i samme tal. Sølvmåge og hættemåge vænnede sig til møllerne. For rastende sortgrå ryle, der er en truet art i området, påvist ingen effekt.

Clemens (1992) og E. Hartwig (pers. com.) beskriver et projekt med otte 500 kW's vindmøller på linie i et tysk marsklandskab. Afstanden mellem de enkelte møller blev før opførelsen formindsket med det formål at maksimere mølleparkens afstand til tre nærtliggende rastepladser for forstyrrelsesfølsomme arter som vibe og hjejle. Undersøgelser efter vindmøllernes opførelse viser, at to af rastepladserne har uændret status efter at møllerne er sat i drift, mens den sidste er flyttet til et andet område, der ligger i samme afstand fra møllerne. Skiftet skyldes sandsynligvis ændringer i den lokale arealanvendelse.

Trækkende fugle

Winkelman (1992b & c, 1994) har foretaget en række undersøgelser af både dag- og nattrækkende fugles reaktion på vindmøller. Undersøgelserne om natten blev foretaget med varmtfølsomt udstyr.

Få dagtrækkende fugle blev registreret inden for 20 meters afstand af møllernes rotor; 84% af de observerede reaktioner fandt sted inden for 100 m fra nærmeste vindmølle, 13% i en afstand af 101-150 m og kun 4% længere væk end 150 m. Winkelman (1992c) fandt, at større fuglearter som ænder reagerede på større afstand end småfuglearter. Således observeredes flyvende gæs og svaner at reagere på afstande på op til 500-600 m fra møllerne.

Om dagen reagerede en mindre andel af fuglene (2%) på stillestående møller end på møller i drift (11-18%) (Winkelman 1992c). Karlsson (1987) rapporterede den samme tendens, idet 43% passerede vindmøllen uanfægtet, når den var ude af drift, mens 3,6% passerede den, når den var i drift. Pedersen & Poulsen (1991) fandt ved radarstudier udprægede ændringer i fuglenes flyveretning afstande på op til 150 m fra møllen, når den var i drift.

I driftssituationen afhænger antallet af reaktioner af møllernes indbyrdes afstand (Winkelman 1992c, Clemens 1992). Winkelman (1992b) fandt, at de fleste reaktioner skete roligt og gradvist. Fuglene ændrede flyveretning snarere i horisontalt plan (30%) end i vertikalt (6%), og kun en mindre del af fuglene skulle bruge gentagne forsøg for at passere vindmøllerne. Fuglene passerede i "huller" mellem møllerne, f.eks. forårsaget af at en mølle var ude af drift, og Winkelman (1992c) rapporterede, at med afstande på ca. 400 m mellem møllerne passerede fuglene uanset om møllerne var i drift eller ej. Ved afstande på 100-200 m mellem møllerne kan der opstå barriere-effekt, når møllerne er i drift, så fuglene ikke passerer.

Om natten reagerede i gennemsnit 57% af fuglene på vindmøllerne (Winkelman 1992b). Andelen var påvirket af vindforholdene, idet 87% reagerede i modvindssituationer, mens kun 29% gjorde det i medvind. Det skyldes formentlig, at fuglene i modvind har lettere ved at registrere støjen fra møllerne end i medvind. Undersøgelser-

ne viste også, at 36% af de nattrækkende fugle undgik rotorområdet ved at forøge flyvehøjden, hvilket var en væsentlig større andel end af de dagtrækkende fugle (15%). De resterende 64% krydsede eller forsøgte at krydse rotorområdet, bl.a. ved at forøge flyvehastigheden.

Kenetech (1994) har gennemført kontrollerede forsøg med det formål at undersøge, hvordan flugtadfærd påvirkes af ændringer af møllens udseende. Der er indtil dato benyttet brevduer i forsøgene, men i fremtiden forventes også tamme rovfugle benyttet. To due-slag blev etableret med det ene placeret inde i selve mølleområdet, det andet ca. 10 km vest for området. Mere end 6.000 flyveforsøg var udført indtil 1994, hvoraf godt 2.000 omfattede duer, der blev sluppet fri parvis nær rækker af Kenetech vindmøller, type M56-100 og 33M-VS. Flyveforsøgene blev foretaget under forskellige situationer, f.eks. i tåge eller i aftentimerne, hvor et kemisk lyselement placeres på ryggen af fuglene, så de kan spores. Forsøgene viser, at duerne under ringe sigtbarhedsforhold kommer meget tættere på møllerne, før de udfører undvigemanøvrer. Ved modvind reagerer de tidligere, mens de i medvind flyver hurtigere, hvorved de får mindre tid til at reagere. Det er også verificeret i hollandske undersøgelser (Winkelman 1994).

Clemens (1992) og E. Hartwig (pers. com.) fandt, at lokale trækbevægelser blev påvirket, da otte møller på 500 kW blev opført på linie. Den undersøgte møllepark er placeret vinkelret på kysten, og fuglenes træk mellem rastepladser inde i landet og fourageringspladser ude i Vadehavet sker parallelt med og uden om mølleparken, ikke hen over den. Afstande på 150 meter mellem møllerne er tilstrækkeligt til, at nogle fuglearter vil flyve mellem møllerne, mens arter som ande- og vadefugle flyver uden om.

Rotor-hastigheden kan også spille en rolle for fuglenes passage. Kenetech (1994) undersøgte to forskellige mølletyper med hhv. 8,2 og 15,6 meter lange vinger. Vingspidsens hastighed er 245 km/t for det korte blad mod 180 km/t for det store. Observationer viste, at duer ikke fløj ind mellem bladene på den kortvingede mølle, mens flere duer forsøgte at flyve gennem vingeområdet ved mølletypen med de lange vinger.

5 Effekter på andre naturværdier

Der er meget få referencer om vindmøllers indvirkning på andet dyreliv. Med hensyn til pattedyr kan der være en potentiel konflikt mellem vindmøller og flagermus, men der er kun foretaget en enkelt vurdering (Vauk 1990).

Med hensyn til krybdyr kan det ikke udelukkes, at lokale bestande

kan påvirkes af habitatødelæggelse og -fragmentering, især i konstruktionsfasen. Forøget færdsel i forbindelse med f. eks. service må formodes at have en negativ indvirkning.

Med hensyn til padder må der i konstruktionsfasen ligeledes tages hensyn for at undgå eventuelle negative indvirkninger. Habitatødelæggelse og evt. dræningsaktiviteter kan muligvis påvirke lokale bestande af padder.

Med hensyn til insekter må anlægsfasen kunne påvirke mikroklimaet og de lokale hydrologiske forhold, og dermed influere på lokale bestande. Ændret arealanvendelse og pleje i forbindelse med vindmølleparker vil formodentlig kunne påvirke habitaterne i negativ retning.

Vindmøller kan udgøre en kollisionsrisiko for flyvende insekter som f. eks. sommerfugle, især ved vindmølleparker bestående af mindre møller med høj rotationshastighed. Vauk (1990) optalte dræbte insekter på møllevingerne i en tysk møllepark, hvor Diptera (myg), men også Hymenoptera (sommerfugle) blev konstateret i stigende antal ind mod rotorens centrum. Ved et eksperiment i USA påvistes ikke signifikant effekt på bier, der blev sluppet ud foran en vindmølle (Rogers et. al. 1977).

Med hensyn til floraen kan såvel anlægs- som driftsfasen forårsage problemer. Fysisk påvirkning i anlægsfasen, ændret arealanvendelse, dræning, forøget færdsel og nedtrampning kan påvirke den lokale flora i negativ retning. Ved et mikro-meteorologisk studium i USA (Rogers et al. 1977) påvistes ikke signifikante påvirkninger af floraens sammensætning og trivsel på grund af f.eks. ændrede lokale vindforhold og skyggevirkning.

6 Afværgeforanstaltninger

Afværgeforanstaltninger til formindskelse af negative effekter på fuglelivet kan implementeres i følgende faser af et vindmølleprojekt;

- under projekteringen, især ved placeringen af møllerne,
- i anlægsfasen,
- under driften.

6.1 Hensyn under projekteringen

Planlægningsfasen er et vigtigt led i bestræbelserne på at opnå det maksimale hensyn til fuglelivet ved opsætning af vindmøller. Gennem foreliggende informationer fra projektområdet, evt. suppleret med nye informationer, er det vigtigt at foretage en ornitologisk værdisætning af området. Denne information vil kunne danne grundlag for en bonitering af de ornitologiske værdier og hurtigt give et billede af den optimale placering af vindmøller i forhold til fuglelivet. Ligeledes vil bufferzoner kunne beregnes og placeres, og forvaltningstiltag beskrives. Placeringen af vindmøllerne og den tilhørende infrastruktur (veje, bygninger og kabler) er det vigtigste middel til at nedsætte effekten på fuglelivet.

Winkelman (1985a) konkluderer med hensyn til indplaceringen af vindmøller i landskaber, at placering af mindre vindmøller på mindre end 300 kW på linie eller i parker, og nær eksisterende bebyggelse, nedsætter kollisionsrisikoen til næsten nul. Crockfords (1992) vurderinger peger i samme retning. Den indbyrdes afstand mellem møllerne, hvad enten de placeres i fladestruktur eller på linie, kan have betydning for den barriere-effekt, der kan følge med. Hvis møllerne placeres tæt sammen på linie, kan de komme til at danne en "mur", som vil kunne forstyrre fuglenes trækruter (Ornis Consult A/S 1989). Men dette kan modvirkes ved enten at forøge afstanden mellem møllerne, f. eks. ved at udelade enkelte møller i en liniestruktur, eller ved at placere møllerækken parallelt med trækruten, så fuglene kan passere uden at skulle flyve en større omvej. Resultater fra Tyskland viste for en linieformet placering af otte møller, at 150 m indbyrdes afstand var nok til at muliggøre fuglenes passage mellem møllerne (Clemens 1992).

Elledninger og wirer i tilknytning til vindmøller kan udgøre en større kollisionsrisiko end selve møllerne, men denne risiko kan minimeres ved at benytte jordkabler i mølleområdet, som det f.eks. er tilfældet de fleste steder i Danmark. Men nedlægning af jordkabler kan skade andre økologiske værdier, f.eks. en sårbar flora.

I Tyskland og Holland er bufferzoner indført ved planlægning af udbygningen med vindmøller. I Schleswig-Holstein (E. Hartwig,

pers. com.) er landskabet opdelt i tre kategorier i forhold til hensynet til fugle- og naturinteresser:

- områder, hvor fabrikanterne med grundejernes tilladelse frit kan opstille vindmøller,
- sensitive områder, hvor placering af møller forudsætter en specifik vurdering med hensyn til fugle- og naturinteresser,
- lukkede områder, hvor placering af møller er udelukket af hensyn til fuglelivet.

I Schleswig-Holstein anbefales bufferzoner på 500 m omkring lukkede og sensitive områder, men i andre tyske delstater anses bufferzoner på 200-300 m som værende tilstrækkelige. Ved vurderinger af vindmølleparker, dvs. mere end tre møller samlet, skal der i sensitive områder foretages en miljøvurdering. Ved sådanne vurderinger er det ornitologiske feltarbejde sædvanligvis dimensioneret til tre vinter-, tre raste- og seks yngletællinger.

I Schleswig-Holstein er der fra naturbeskyttelsesorganisationernes side udarbejdet forslag til en målsætning om, at der skal være mindst 5 km mellem mølleparker og mindst 1,5 km mellem store, enkeltstående møller. Det har hidtil ikke været muligt at få målsætningen juridisk godkendt, hvorfor de besluttende myndigheder ikke i alle tilfælde har efterlevet den. Det samme gælder anbefalingen om maksimalt otte møller sammen, hvis de placeres på linie, og maksimalt 30, hvis de placeres flademæssigt. Delstaten Schleswig-Holstein har dog implementeret denne placeringsstrategi.

I Nordtyskland, og især i kystområdet mod Vadehavet, er en række af nationalparkerne behæftet med en zonerings, der tillader opsætning af vindmøller i enkelte områder indenfor nationalparken, dog sædvanligvis først efter en nærmere miljøvurdering. F.eks. er der på en række af øerne i det Tyske Vadehav opsat vindmøller i nationalparker, f.eks. i tilknytning til allerede eksisterende infrastruktur eller menneskelig bebyggelse. Generelt søges EF-fuglebeskyttelsesområder friholdt for vindmøller, og man søger også at undgå vindmøller vinkelret på trækkorridorer gennem Vadehavet, f.eks. i de nordtyske floders munding.

I Holland (A. Spaans, pers. com.) er der endnu ikke etableret vindmøller i naturreservater eller i Vadehavet uden for digerne, og opsætning i naturreservater forudsætter en forudgående miljøvurdering. I Holland regnes grænsen til naturreservat som grænsen for opsætning af vindmøller, og der opereres således ikke generelt med bufferzoner. Ved miljøvurderinger anvendes den tilgængelige viden, men der er ikke udarbejdet egentlige retningslinier for evalueringen af effekten på fuglelivet, ej heller krav til supplerende undersøgelser.

I Holland er EU's VVM-direktiv fortolket således, at der kun skal foretages vurderinger ved mølleparker på mere end 20 MW, hvilket f.eks. svarer til 40 møller á 500 kW.

6.2 Hensyn i anlægsfasen

Ved opførelse af vindmøller er det vigtigt at tilrettelægge anlægsarbejdet på en sådan måde, at de negative effekter på fuglelivet og andre fauna- og florainteresser i projektområdet bliver mindst mulige. For fuglene kan anlægsperiodens tidsmæssige placering have stor betydning, afhængig af det pågældende områdes fugleliv. Er det primært en ynglelokalitet for fugle, bør anlægsfasen placeres uden for yngletiden, bedst i eftersommeren eller det tidlige efterår, mens det i områder domineret af rastende fugle er bedst at foretage anlægsarbejde i sommerhalvåret.

6.3 Hensyn under driften

Udformning af vindmøllerne påvirker en række faktorer, der har betydning for effekten på fugle, f.eks. møllernes visualitet, vingerens hastighed, turbulens og støjforhold (Crockford 1992). Der er kun foretaget få undersøgelser, der tester forskellige mølleudformningers indvirkning på fuglenes reaktion.

Crockford (1992) omtaler, at høje vindmøller teoretisk set vil give større kollisionsrisiko end små. Men der er intet, som tyder på, at der inden for de højder af vindmøller, der på nuværende tidspunkt opereres med (totalhøjde < 150 m), er en større betydning af denne faktor. Undersøgelser foretaget ved høje master tyder på, at det først er ved højder over 300 m, der sker en markant forøgelse af konflikten med trækkorridorer for nattrækkende småfugle under normale vejrforhold (Avery et al. 1977).

Maize (1993) omtaler, at maling af rotorblade og installation af højfrekvente lydenheder kan nedsætte risikoen for kollision.

Kenetech (1994) har gennemført en række undersøgelser af visuelle afværgeforanstaltninger, der kan installeres på vindmøller. For rovfugle spiller visuelle indtryk en stor rolle, og der eksperimenteres med visuelle afværgeforanstaltninger som f.eks. farvede rotorblade. Med hensyn til rovfugle undersøges forskellige afværgeforanstaltninger for at undgå, at de benytter møllerne som siddeplads. Rovfugles rast og overnatning, og i få tilfælde deres placering af reder, udgør et problem flere steder i USA, hvor der benyttes en tremmestruktur til møllen. Især horisontalt anbragte støttebjælker skaber problemer. Forsøg har vist, at hvis disse støttekonstruktioner laves af vinklede og krydsede bjælker, nedsættes rovfuglenes benyttelse af dem med 54 %. Rovfugle benytter sjældent møller i drift som hvileplads eller som udgangspunkt for jagt.

Winkelman (1992b) konkluderer, at belysning af vindmøller om natten ikke vil formindske kollisionsrisikoen, da fuglene i forvejen er i stand til at se og høre møllerne selv under moderat sigtbarhed. Under dårlige sigtbarhedsforhold som ved tåge kan lyskilder

tværtimod tiltrække fuglene og dermed forøge kollisionsrisikoen. Men tilstedeværelsen af lyskilder nær møllerne, f.eks. fra infrastruktur og bebyggelse, synes at kunne nedsætte kollisionsrisikoen om natten (van Swelm 1988).

7 Diskussion og konklusion

På det nuværende videngrundlag kan der drages en række konklusioner om konflikten mellem vindmøller og fugle. Men der gøres opmærksom på, at den nuværende viden i mange tilfælde ikke er tilstrækkelig til at foretage fyldestgørende og éntydige vurderinger i konkrete sager. Lokale forhold vil ofte bevirke, at en lokalitetsspecifik vurdering er nødvendig, bl.a. med baggrund i viden om lokale fugleforekomster og forekomst af bestemte habitattyper.

7.1 Kollisionseffekt

Undersøgelse af kollisionsrisikoen mellem vindmøller og fugle har spillet en markant rolle i de undersøgelser, der hidtil er foretaget.

De europæiske undersøgelser viser, at effekten af kollision mellem vindmøller og fugle er minimal med de placeringsforhold, der er undersøgt, og i de habitattyper, der er benyttet til opstilling af vindmøller.

Arter som f.eks. rovfugle kan have en forøget risiko for kollision med møller, især under fødesøgningens afsluttende fase, hvor de er mere koncentreret om at fange byttet end om de roterende møllevinger. Den enkelte rovfuglearts fourageringsstrategi, f.eks. flyvehøjde under fødesøgning, kan derfor have betydning for risikoens størrelse.

I USA er der i et vindmølleområde med over 7.000 møller blevet registreret et så stort antal kolliderede rovfugle, at det har givet anledning til bekymring, især fordi en del af ofrene var kongeørne. Denne art er opført på en liste af arter, der er særligt beskyttelseskrævende i USA. Bestanden af kongeørn i Californien, hvor vindmølleområdet findes, er opgjort til 500 par (Orloff & Flannery 1992). Da arten er langsomt reproducerende, kan det ikke udelukkes, at det relativt store antal kolliderede kongeørne kan medføre en lokal/regional bestandsnedgang.

Større fugle som traner, storke og svaner, der er relativt langsomme til at manøvrere, kunne umiddelbart formodes at have en større risiko for at kolliderede med vindmøller end mere manøvredygtige arter. På den anden side vil disse større arter, der næsten alle udelukkende er dagaktive, måske i højere grad undgå kollision på grund af møllernes visualitet og støjfrembringelse, men der foreligger ikke undersøgelser af disse arter, der kan støtte denne antagelse.

Selve møllekonstruktionen har betydning for kollisionsrisikoens størrelse. Møller med gittertårne og støttewirer udgør en større risiko end møller med massive tårne uden støttewirer. Kollisionsri-

sikoen forøges yderligere, hvis den producerede elektricitet transporteres væk i luftbårne ledninger.

Vindmøllernes visualitet og støjfrembringelse ved drift nedsætter kollisionrisikoen. Større møller med en lavere rotorhastighed synes at udgøre en mindre risiko end mindre møller, formodentlig fordi møllevingerne på store møller bedre registreres af fuglene og derved undgås.

Sammenlignet med andre former for infrastruktur som f.eks. radiomaster og højspændingsledninger (Tabel 5) synes vindmøller at

udgøre en væsentlig mindre kollisionsrisiko (Crockford 1992, Winkelman 1990c, Winkelman 1992a, Still et al. 1994). Kenetech (1994) anfører, at der i USA årligt dræbes 57 millioner fugle ved kollision med biler, 1,25 millioner ved kollision med tårne, højhuse mv., og mere end 97,5 millioner ved kollision med vinduer og glasfacader. I Danmark trafikdræbes der årligt mindst én million fugle (Bruun-Schmidt 1994).

Ud fra de hidtidige undersøgelser kan det sammenfattende konkluderes, at risikoen for dødsfald blandt fugle forårsaget af kollision med vindmøller, uanset møllens art og størrelse, er lille, og den giver ikke umiddelbart grundlag for bekymring om effekter på populationsniveau. Det anbefales, at vindmøller - ud fra en kollisionsmæssig synsvinkel - placeres uden for såvel fuglenes sæsonmæssige trækruter som uden for deres lokale bevægelsesruter mellem raste- og fourageringspladser, idet risikoen for kollision derved kan minimeres.

Tabel 5. Gennemsnitlig dødelighed blandt fugle forårsaget af kollision med højspændingsledninger.

| Reference | Lokalitet | Naturtype | Periode | Antal dræbte fugle (gns/km/dag) | Antal beskadigede fugle (gns/km/dag) |
|--------------------------------|---|---------------------------|---|---|--------------------------------------|
| Scott et al. (1972) | Dungeness/ England | Kyst | Seks år okt-nov/jun-jul | 0,22 | 1,27 |
| Andersen-Harild & Bloch (1973) | Vejlerne/ Danmark | Vådområde | 3-22 okt 1971 | 0,40 | - |
| Buurma & Smit | Maasvlakte/ Holland | Kyst | sep-15 nov 1974 10 okt-4 nov 1974 | 0,58 - 0,67 0,86 ± 0,76 | 0,81 - 0,94 ± 1,20 |
| Heijnis (1976) | Zaanstreek/ Holland | Marsk | 1971-1975 | 1,48 | 1,92 |
| Renssen (1977) | 3 områder/ Holland | Agerland | okt 1972 - dec 1973 | 0,14 - 0,51 0,41 - 1,37 0,12 - 0,33 | - - - |
| Koops (1986) | 52 områder 24 områder 4 områder/ Holland | Hele landet Engområder | - - - | 0,03 - 1,39 0,31 ± 0,16 1,42 ± 0,93 | 0,04 - 1,96 0,44 2,00 |
| Hoerschelmann et al. (1988) | Hamburg/ Tyskland | Floddal | efterår 1982 og 1983 } forår 1983 og 1984 } hele året | 0,47 - - | > 1,45 ± 0 - > 1,10 |

7.2 Forstyrrelse og forringelse af levested

Som alle andre konstruktioner i landskabet optager vindmøllerne og det dertil knyttede forbindelsesnet af adgangsveje mv. fysisk plads og påvirker derved potentielle levesteder for fugle. Det er især ændringen af områdets struktur og udseende med arealopsplitning, mølleopførelse og evt. dræning af lavere liggende arealer, der kan medføre en forringelse af habitatet. Det betyder, at følsomme arter som gæs og vadefugle, der kræver frit udsyn på deres opholdssteder, vil blive påvirket.

De støj- og synsmæssige påvirkninger fra møller influerer på fuglearterne i forskellig grad. Blandt ynglende fugle tyder det på, at nogle arter som f.eks. strandskade på kort sigt kan vænne sig til denne type forstyrrelser, mens vibe ikke synes at kunne. Tilvænningen synes at være forårsaget af fuglenes stedtrofasthed, idet de vender tilbage til deres ynglested fra året før, og normalt vil fortsætte hermed til deres død. Nye førstegangsynglende vil derimod kun i meget begrænset omfang slå sig ned i de ledige områder nær møllen for at yngle. I løbet af nogle år dør den generation ud, som yngledede i området, da møllen blev bygget, men uden at være blevet erstattet af efterkommere.

Forstyrrelse fra møller kan muligvis også påvirke ynglesuccessen hos fugle, der yngler i møllernes nærhed gennem ægtab eller prædation af rede eller unger.

For fuglearter, der midlertidigt opholder sig i et område for at raste eller fouragere, er der i flere undersøgelser registreret en skræmmeeffekt fra vindmøller. Graden af indvirkning afhænger af arten. Der er typisk registreret en effekt inden for en afstand af 250 m, men op til 800 m har forstyrrelse af gæs og vadefugle været observeret.

Samlet kan det konkluderes, at forstyrrelseseffekten sammen med forringelse af habitatet kan medføre tab af egnede ynglepladser samt indskrænkning af fouragerings- og rasteområder.

7.3 Placering og størrelse af vindmøller

Placering og størrelse af vindmøller har betydning for, i hvilken grad fuglenes levesteder og dermed fuglene påvirkes.

Valget mellem opstilling af enkeltstående møller, klynger (1-3 møller), eller mølleparker (mere end tre møller) samt møllernes størrelse vil altid være en afvejning, der kræver lokalt kendskab til fuglelivet for at kunne foretage en pålidelig vurdering af i hvilken grad fuglene vil blive påvirket af møllerne.

Opstilling af møller i parker reducerer det påvirkede areal, fordi den normale indbyrdes afstand på 200 m mellem møllerne er

mindre end den effektgrænse, som en mølle har på fuglelivet (op til 800 m). Tilsvarende vil en stor, enkeltstående mølle have en mindre arealmæssig forstyrrelseszone end den, som fås ved at producere samme mængde energi ved en klynge/park af mindre møller.

Overordnet ser det ud til, at den bedste balance mellem energiproduktion og indvirkning på fuglelivet opnås ved at placere møller i klynger/parker.

Et vigtigt redskab til at reducere møllers påvirkning af fugle er en omhyggelig placering i opsætningsområdet, hvor der i videst muligt omfang tages hensyn til de forekommende fuglearter og deres trækruter/vaner samt habitatens udformning.

For at optimere hensynet til fuglene vil det være relevant at overveje oprettelse af bufferzoner på 250-800 m, afhængig af de aktuelt forekommende fuglearter og vindmøllestørrelsen, og med særlig hensyntagen til vigtige fuglekoncentrationer, især rastende og fouragerende forekomster.

7.4 Fremtidige undersøgelsesbehov

Opfyldelse af Enerigplan 2000 kræver en fortsat udbygning af vindmøllekapaciteten og dermed også behov for mere viden om vindmøllers indvirkning på fuglene. Af Tabel 6, der i oversigtsform angiver status for den nuværende viden om vindmøller og fugle, fremgår det tillige, at det største behov for mere viden er fra marine områder og fra landbrugsland og andre terrestriske habitater. Hovedparten af de hidtil gennemførte undersøgelser er foretaget i

Tabel 6. Summarisk oversigt over viden om vindmøller og fugle i forskellige naturtyper

| Landskabstype | Resultater | | | |
|---|--|-------------------------------------|---|-------------------------------|
| | Status for udbygning | Forventet indvirkning på fuglelivet | Nuværende viden om indvirkning på fugle | Fremtidig behov for viden |
| Marine områder | Udbygning forventes | Ukendt, én undersøgelse igangsat | Mangelfuld | Stor |
| Kystområder | Mange gennemførte og planlagte projekter | Forventet indvirkning | Mange studier til rådighed | God viden allerede tilstede |
| Landbrugsland og andre terrestriske habitater | Mange gennemførte og planlagte projekter | Nogen indvirkning kan forventes | Studier til rådighed | Yderligere viden til rådighed |
| Bymæssig bebyggelse | Nogle projekter | Minimal indvirkning forventes | Få studier | Lav prioritet |

kystområder, hvorfor den foreliggende viden fra disse lokaliteter er god med hensyn til korttidseffekten af vindmøllers indvirkning på fugle, men ikke med hensyn til langtidseffekten.

7.4.1 Undersøgelser af langtidseffekter

Der er behov for at få langtidseffekter af vindmøllers indvirkning på fugle belyst. Formålet vil være at undersøge, om der på længere sigt opstår en effekt, der på grund af fuglenes stedtrofasthed ikke har kunnet påvises inden for de undersøgelser, der hidtil er foretaget. Her tænkes især på fuglenes udnyttelse af habitatet til ynglevirksomhed. Men også for rastende/fouragerende fugles vedkommende er viden om langtidseffekten meget sparsom.

Undersøgelse af mulige langtidseffekter på ynglefuglene i mølleområder anbefales indledt mindst ét år før opstilling af møllerne, og afsluttet tidligst 5-7 år efter opførelse og idriftsættelse. Undersøgelsen anbefales at omfatte registrering og kortlægning af fuglenes reder, og et nærtliggende kontrolområde af samme kvalitet inddrages for at kunne vurdere naturlige populationssvingninger.

7.4.2 Udvikling af bufferzone strategi

Der er behov for udvikling af en bufferzone strategi i forbindelse med placering af vindmøller. Der mangler viden om støjmæssige og visuelle effekter for at kunne fastlægge tolerancegrænser for fugle i relation til vindmøller.

Opstilling af vindmøller op til grænsen af Ramsarområder og EF-fuglebeskyttelsesområder vil i nogle tilfælde medføre betydelige gener for fuglelivet, mens de i andre tilfælde kan opstilles uden synderlige problemer. I førstnævnte situationer vil det være relevant at udlægge bufferzoner, hvis bredde vil variere, afhængig af hvilke fugle der forekommer i det pågældende område.

7.4.3 Metoder og standarder for miljøvurderinger

I takt med udbygning af vindmøllekapaciteten er der et stigende behov for udarbejdelse af standarder for miljøvurderinger af vindmøller i relation til fuglelivet samt implementeringen af disse. Det vurderes, at et begrænset antal VVM-analyser af vindmølleopsætninger vil give væsentlige informationer, at de på en relevant måde kan bidrage til den generelle viden om problematikken, og dermed fremme forståelsen af de forhold, der i forbindelse med opstilling af vindmøller skaber problemer for fuglene. Uden en sådan bedre forståelse er afværgeforanstaltninger og følgende justeringer af vindmølleprojekter af hensyn til fuglelivet vanskelige at gennemføre på en måde, hvor både hensyntagen til fuglene og et ønske om udbygning af vindkraften kan forenes.

8 Referencer

8.1 Anvendte referencer

Andersen-Harild, P. & D. Bloch (1973): En foreløbig undersøgelse over fugle dræbt mod elledninger. - Dansk Ornitologisk Forenings Tidsskrift 67: 15-23.

Avery, M., P.F. Springer & F.J. Cassel (1977): Weather influences on nocturnal bird mortality at a North Dakota Tower. - Wilson Bulletin 89, 2: 291-299.

Benner, J.H.B, J.C. Berkuizen, R.J. de Graaff, A.D. Postma & J.H.W. Hendriks, (1993): Impact of wind turbines on birdlife. (Final report nr. 9247) Consultants on Energy & the Environment (CEA) and R.U. Leiden, Rotterdam, Nederland. 71 sider. (In order of the Commission of European Communities).

BirdLife International (1994): Dispute escalates at wind energy site in southern Spain. - European IBA News 5 (10, December), side 1.

Bruun-Schmidt, J. (1994): Trafikdræbte dyr - i relation til landskab, topografi og vejtype. - Specialerapport fra Biologisk Institut, Odense Universitet, januar 1994.

Buurma. L.S. & C.J. Smit (1975): Vogels en hoogsopanningsleidingen op de Maasvlakte. Rapport, Provinciale Plano Dienst in Zuid-Holland.

Clemens, T. (1992): Ornithologische Untersuchungen zu Interaktion und Rast beim Bau und Betrieb eines Windparks am Beispiel "Padingbüttel" /Landkreis Cuxhaven (Zwischenbericht 1992) -Unveröffentlicht. Bericht des INUF im Auftrage des Ingenieurbüros Rennert, Müden/Aller, 30 sider.

Crockford, N. J. (1992): A Review of the possible impacts of wind farms on birds and other wildlife - JNCC Report no. 27. Peterborough, England. 60 sider.

Estep, J.A. (1989): Avian mortality at large Wind Energy facilities in California - identification of a problem. Cal. En. Comm 1989.

Hartwig, E. (1990): Erste Eergebnisse zum problem de vogelschlages und zum verhalt von vögeln an windkraftanlagen. NNA.

Hartwig, E. (1994): Naturschutz und windenergienutzung - ein konflikt? - Seevögel 15,4: 5-10.

Heijnis, R. (1976): Vogels onderweg. Rapport. Heijnis, Koog aan de Zaan.

- Hoerschelmann, H, A. Haack & F. Wohlgemuth (1988):* Verluste und Verhalten von Vögeln an einer 380-kV-Freileitung. - *Ökol. Vögel* 10: 85-103.
- Karlsson, J. (1983a):* Birds and wind power. (Teknisk rapport Ne/Vind-83/17. Projektnummer: 5061 432 Fåglestudie LU), Ekologihuset 223-62, Lund, Sweden. 12 sider.
- Karlsson, J. (1987):* Fåglar och vindkraft. Vindkraft Fågle, Vindkraftsutredningens Betänkning sou 1988:32. (Kompletterande resultatredovisning).
- Kenetech (1994):* Avian Research Program Update. Kenetech Windpower, Washington, USA. 22 sider.
- Koops, F.B.J. (1986):* Draadslachtoffers in Nederland en effecten van markering. -- Rapport 01282-MOB 86-3048, KEMA, Arnhem, Holland.
- Maize, K. (1993):* Windpower. - *Electric Perspectives*, March/April 1993: 11-18.
- Meek, E.R., J.B. Ribbands, W.G. Christer, P.R. Davy & I. Higginson (1993):* The effects of aero-generators on moorland bird populations in the Orkney Islands, Scotland. - *Bird Study* 40: 140-143.
- Mehlum, F. (1977):* Innsamling av fyrfalne trekfugler fra Faerder Fyr og noen betraktninger om årsakene til fuglekollisjoner met lysende installasjoner. - *Fauna* 30: 191-194.
- Musters, G.J.M., G.J.C. Van Zuylen & W.J. Ter Keurs (1991):* Vogles en windmollens bij de kreekkraksluizaen. (report) Vakgroep Milieubiologie, Rijksuniversiteit Leiden, Leiden, Germany.
- Møller, N.W. & E. Poulsen (1984):* Vindmøller og fugle. - *Vildtbiologisk Station Kalø, Rønde, Denmark*. 73 sider.
- Orloff, S.G. & A. Flannery (1992):* Wind Turbine Effects on Avian Activity, Habitat Use, and Mortality in Altamont Pass and Solano County Wind Resource Areas 1989-91. California Energy Commission, final report from Biosystems Analysis, March 1992.
- Orloff, S.G. & Flannery, A.W. (1993):* Wind turbine effects on avian activity, habitat use, and mortality in the altamont pass and Solano Country wind resource areas. Vol. 23/22. 31 vols. In *Proceedings: Avian Interactions with utility structures; international workshop*, California, USA. 14 sider.
- Ornis Consult A/S (1989):* Konsekvenser for fulglelivet ved etableringen af mindre vindmøller. (Rapport) Teknologistyrelsen, København, Danmark. 73 sider.

Pedersen, M.B. & E. Poulsen (1991): En 90 m/2 MW vindmølles indvirkning på fuglelivet. - Dansk Vildtundersøgelser 47. Danmarks Miljøundersøgelser. 44 sider.

Renssen, T.A. (1977): Vogels onder hoogspanning. Reeks 10, Stichting Natuur en Milieu, 's-Graveland.

Rogers, S.E., B.W. Cornaby, C.W. Rodman, P.R. Stricksel & D.A. Tolle (1977): Environmental studies related to the operation of wind energy conversion systems. USDE/W-7405-92, England.

Scott, R.E., L.J. Roberts & C.J. Cadbury (1972): Bird deaths from power lines at Dungeness. - British Birds 65: 273-286.

Still, D. B. Little, S. Lawrence & H. Carver (1994): The Birds of Blyth Harbour. - Consultancy report, 7 sider.

Van Swelm, N. (1988): Vogels en de multi-windturbine op de Maasvlakte (1987). (report) Provincie Zuid-Holland, Nederland. 55 sider.

Vauk, G. (1990): Biologisch-ökologische Begleituntersuchungen zum Bau und Betrieb von Windkraftanlagen - Endbericht. Schneverdingen, Norddeutsche Naturschutz-akademie. NNA-Berichte-3.Jg., 124 sider.

Winkelman, J.E. (1985a): Vogelhinder door middelgrote windturbines - over vlieggedrag, slachtoffers en verstoring: Bird impact by middle-sized wind turbines - on flight behaviour, victims, and disturbance. - Limosa 58: 117-121.

Winkelman, J.E. (1989): Vogels en het windpark nabij Urk (NOP): aanvarings-slachtoffers en verstoring van pleisterende eendern, ganzen en zwanen. (RIN - report 89/15) Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Arnhem. 169 sider.

Winkelman, J.E. (1990b): Verstoring van vogels door de Sepproef windcentrale te Oosterbierum (Fr) tijdens bouwfase en half-operationel situaties (1984-1989). (RIN-report 90/9) Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Arnhem. 157 sider.

Winkelman, J.E. (1990c): Vogelsslachtoffers in de Sep-proefwindcentrale te Oosterbierum (Fr.) tijdens bouwfase en half-operationele situaties (1986-1989). (RIN-report 90/2) Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Arnhem. 74 sider.

Winkelman, J.E. (1992a): De invloed van de Sep-proefeindcentrale te Oosterbierum (Fr.) op vogels. 1. Aanvarings-slachtoffers. (RIN-report 92/2) DLO-Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek, Arnhem. 71 sider.

Winkelman, J.E. (1992b): De invloed van de Sep-proefeindcentrale te Oosterbierum (Fr.) op vogels. 2. Nachtelijke aanvaringskansen.

(RIN-report 92/3) DLO-Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek, Arnhem. 120 sider.

Winkelman, J.E. (1992c): De invloed van de Sep-proefeindcentrale te Oosterbierum (Fr.) op vogels. 3. Aanvlieggedrag overdag. (RIN-report 92/4) DLO-Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek, Arnhem. 69 sider.

Winkelman, J.E. (1992d): De invloed van de Sep-proefeindcentrale te Oosterbierum (Fr.) op vogels. 4. Verstoring. (RIN-report 92/5) DLO-Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek, Arnhem. 106 sider.

Winkelman, J.E. (1994): Bird/wind turbine investigations in Europe. (report) DLO-Institute for Forestry and Nature Reserach, Wageningen, Netherland. 11 sider.

8.2 Gennemlæste, ikke anvendte referencer

Akcaakaya, H.R. & S. Ferson (1993): Risk analysis applied to bird populations. Vol. 30/29. 31 vols. In Proceedings: Avian Interactions with utility structures; international workshop, California, USA. 15 sider.

Alerstam, T. & J. Karlsson (1977): Fåglarnas flyghöjder och fågelkollisioner med byggnadsverk. Ekologihuset, Lund Universitet, Lund, Sweden. 29 sider.

Alonso, J.C., J.A. Alonso & R. Munoz-Pulido (1994): Migration of bird collisions with transmission lines through groundwire marking. - Biol. Cons. 67: 129-134.

Anderson, R.L. & J.E. Estep (1988): Wind energy development in California: Impact, mitigation, monitoring and planning. California Energy Commission. Draft report.

Ariola, D. (1987): Bird abundance and movements at the Potrero Hills windturbine site, Solano County, Ca. Jones and Stockes Assoc, Sacramento, California USA.

Arkesteijn, L.A.G, R. Havinga, M. Sprengers, M. Wolsink & C.A. Westra (1993): Visual impact of wind turbines. IVAM (MILIEkunde University of Amsterdam), Amsterdam, Nederland. (a review of the know-how available in the European Community).

Bahural, L. (1993): Real interaction between wildlife and wind farm. BSC. Environmental sciences University of Hertfordshire, Glasgow. 55 sider.

Berkhuizen, J.C. (1987): Vogelschade door windturbines niet aange-tood. - Duurzame Energie 2: 43-44.

Berkhuizen, J.C. et al. (1988): Windenergie en schade aan vogels: een delemma voor de natuurbescherming? Milieu 3.

Berkhuizen, J.C. & M.E.J. de Graaf (1987): Vogelschade door Windturbines. CEA-rapport HB60301. CEA, Rotterdam, Nederland.

Berkhuizen, J.C. & A.F.L. Slob (1988): Windturbines en de omgeving. - Energiespectrum Juli/Augustus 1988: 168-170.

Berrini, M., F. Butera, L. Cobello, D. Franchini, M. Grondacci, L. Pagliano, G. Silvestrini & S. Woess-Gallasch (1992/3): Environmental and normative issues concerning the installation of offshore wind turbines. OWEMES. (Italian Specificities. European Seminar; Offshore Wind Energy in Mediterranean and other European Seas: Technology and potential applications 24-25 February 1994 Rome-Italy).

Berry, E. (1980): Wind resource assessment in California. California Energy Commission, California, USA.

*Bevanger, K. (1993): Hunting mortality versus wire-strike mortality of Willow Grouse (*Lagopus Lagopus*) in an upland area of southern Norway. Vol. 12/11. 31 vols. In Proceedings: Avian Interactions with utility structures; international workshop, California, USA.*

Bleijenberg, A.N. (1988): Windenergie en vogels, overzicht en beleidsoverwegingen. Centrum voor Energiebesparing en schone technologie.

Bleijenberg, A.N. & J.J. Feenstra (1982): Voorstellen onderzoek vogelhinder door windturbines. Centrum voor energiebesparing, Delft, Netherland.

Van Bon, J. & J.J. Boersema (1985): Is windenergi voor vogels een riskante technologi? - Landschap 2: 193-210.

Breuer-Drüke, M. (1994): Windkraftanlagen und eingriffsregelung oder: Kann denn windkraft sünde sein? - Seevögel 14(4): 58-63.

Brown, W.M. (1993a): Avian collisions with utility structures: Biological perspectives. Vol. 13/12. 31 vols. In Proceedings: Avian Interactions with utility structures; International Workshop, California, USA.

Brown, W.M. (1993b): Marking power lines to reduce avian collision mortality in the San Luis Valley, Colorado. Vol. 21/20. 31 vols. In Proceedings: Avian Interactions with utility structures; International Workshop, California, USA.

Bryan, S. (1983): Bird movements and collision mortality at a large horizontal axis wind turbine. Cal-Neva Wildlife Transaction.

Bunzel-Drüke, M. & K.-H. Schulze-Schwefe (1994): Windkraftanlagen und Vogelschutz im Binnenland. - *Natur und Landschaft* 69 (3): 100-103.

Buurma, L.S. (1981): Vogelslachtoffers door windturbines? - *Vogeljaar* 29: 170-179.

Buurma, L.S. (1982): Toepassing van helderheidsversterkers bij de nachtelijke registratie van laavliegende vogels. In: A.N. Bleijenberg and J.J. Feenstra, *Voorstellen onderzoek vogelhinder door windturbines*. Centrum voor Energie-besparing. Delft, Netherland.

Buurma, L.S., F.B.J. Koops & J.E. Winkelman (1987): Windenergie, een riskante technologie voor vogels? - *Landscape Ecology* 4: 153-155.

Byrne, S. (1983): Bird movements and collision mortality at a large horizontal Axis wind turbine. - *Cal.-Neva. Wildlife Transactions* 1983: 76-83.

Böttger, M., T. Clemens, G. Grote, G. Hartmann, E. Hartwig, C. Lammen, E. Vauk-Hentzelt & G. Vauk (eds) (1990): Biologisch-ökologische Begleituntersuchungen zum Bau und Betrieb von Windkraftanlagen Endbericht. 3rd ed. Norddeutsche Naturschutzakademie NNA, Hof Möhr, Schneverdingen. 124 sider.

Cauley, D.L., L. Lawrence & P.E. Nelson (1981): Environmental assessment of the bureau of reclamations wind-hydroelectric project. Vol. 3. 5th Biennial wind energy conference 6 workshop (WWV) 1981 October 5-7.

Clausager, I. (1992): Possible impact on flora and fauna of a proposed wind turbine park at Calhariz, Portugal. Ministry of the Environment, National Environmental Research Institute, Department of Wildlife Ecology, Kalø, Denmark. Upubliceret rapport. 17 sider.

Cochrane, K.L., R.J.M. Crawford & F. Kriel (1991): Tern mortality caused by collision with a cable at table bay, Cape Town, south Africa in 1989. - *Colonial Waterbirds* 14(1): 63-64.

Colson, E.W. (1993): The electric utility industry approach to bird interactions with powerlines - A historical perspective. Vol. 4/3. 31 vols. In *Proceedings: Avian Interactions with utility structures; International Workshop, California, USA*.

Cooper, B.A., T.J. Mabee & W.M. Brown (1993): Radar studies of bird movements over power lines in the Monte Vista National Wildlife Refuge, Colorado. Vol. 27/26. 31 vols. In *Proceedings: Avian Interactions with utility structures; International Workshop, California, USA*.

Crivelli, A.J., H. Jerrentrup & T. Mitchev (1988): Electric power: a cause of mortality in *Pelecanus crispus*, a world endangered bird species, in Porto-Lago, Greece. - *Colonial Waterbirds* 11(2): 301-305.

Dattke, V. Von & H.H. Sperber (1994): Windkraftanlagen und landschaftsbild. - *Natur-schutz und Landschaftsplanung* 26(5): 179-184.

Davidson, R. (1994): Research Incomplete on Lattice Towers and Birds. - *Wind Power Monthly* Mar., Vol 10,3: 17.

Durand, F & G.P. de Laborie (1993): Birds as a nuisance in hydro-quebec voltage transformation substations. Vol. 9/8. 31 vols. In *Proceedings: Avian Interactions with utility structures; International Workshop, California, USA.*

Engel, K.A., L.S. Young, J.A. Roppe, C.P. Wright & M. Hulrooney (1993): Controlling raven fecal contamination of transmission-line insulators. Vol. 11/10. 31 vols. In *Proceedings: Avian Interactions with utility structures; International Workshop, California, USA.*

EPRI (1984): Solano Country Mod-2 wind turbine field experience. EPRI AP-3896. Project 1996-3. Interim Report.

ERPI (1985): Mod-2 wind turbine field experience in Solano Country. Californien EPRI AP-4339, Project 1996-3, Final Report.

Eskesen, P., I. Møller, L. Sørensen, J. Vindum & U. Wainø (Eds.) (1989): Vindmøller i landskabet. Miljøministeriet 1989 ved Planstyrelsen og Skov- og Naturstyrelsen, Copenhagen, Denmark. 64 sider.

Feenstra, J.J. (1982): Over vogelhinder en windmolens. - *Vogeljaar* 30: 177-181.

Friis, P., M. Knudsen, A. Rasmussen, K.S. Hansen, B.M. Pedersen & S Øye (1989): Evaluation of test results and operation experience. The 60m/2MV Tjæreborg Wind Turbines. European Wind Energy Conference, Glasgow, Scotland. 5 sider.

Garrett, M. (1993): Pacificorp's program for managing birds on power lines - a case study. Vol. 19/18. 31 vols. In *Proceedings: Avian Interactions with utility structures; International Workshop, California, USA.*

Gauthreaux, S.A. (1993): Avian interactions with utility structures background and milestones. Vol. 2/1. 31 vols. In *Proceedings: Avian Interactions with utility structures; International Workshop, California, USA.*

Gauthreaux, S.A. (1993): Techniques for monitoring low-altitude bird movements during the day and at night. Vol. 26/25. 31 vols. In *Proceedings: Avian Interactions with utility structures; International Workshop, California, USA.*

- Gloe, P. (1984):* Wind-Turbulenzen an seedichen als Ursache für Vogelverlust. - *Seevögel* 5,2: 23-24.
- Goriup, P. (1992):* Dictamen del impacto pervisible sobre la avifauna por la instalacion de un parque eclico en al istmo de Jandia. The Roy. Soc. for the Protection of Birds.
- Hansen, K. (1986):* Slagsmålet: Vindmøller kontra fugle. - *Kaskelot* 71: 2-13.
- Hartman, P.A., S. Byrne & M.F. Dedon (1993):* Bird mortality in relation to the Mare Island 115-kv transmission line: Final report 1988-1991. Vol. 15/14. 31 vols. In *Proceedings: Avian Interactions with utility structures; International Workshop, California, USA*. 17 sider.
- Henderson, A.C.B. (1986):* Richborough wind turbine. Royal Society for the Protection of Birds, Sandy, Bedfordshire. (Report on pre-construction bird survey: 1984-1985).
- Huckabee, J.W. (Eds.) (1993):* Proceedings: Avian interactions with utility structures; international workshop, September 13-16th 1992. California, USA.
- Hugie, R.D., J.M. Bridges, B.S. Chanson & M. Skougard (1993):* Results of a post-construction bird monitoring study on the great falls-conrad 230 KV transmission line. Vol. 17/16. 31 vols. In *Proceedings: Avian Interactions with utility structures; International Workshop, California, USA*. 21 sider.
- Isaksson, B. (1987):* Vindkrafttekniken, bakgrund och nuläe. - *Calidris* 4(16): 192-196.
- I/S Midtkraft (1994):* Projektforslag Tunø Knob vindmøllepark. Energiministeriet, Copenhagen, Denmark. 22 sider.
- Karlsson, J. (1977):* Fågelkollisioner med master och andre byggnadsverk. - *Anser* 16: 203-216.
- Karlsson, J. (1983b):* Ekologiska effekter av havbaserade vindkraft-aggregat. (Dupl. report.) Ekologihuset, Lunds Universitet, Lund, Sweden. 14 sider. (Fågler).
- Karlsson, J. (1988):* Vindkraft Fåglar. Vindkraftsutredningens Betänkande SOU 32, Bostadsdepartementet Stockholm, Stockholm, Sweden. (Underlagningsmateriale nr.6).
- Kelch, R.E. (1993):* Windkraftanlagen und landschaftsbild. Symposium 4861, 41-49. (Tagengsband, "Husumer Windenergie tage", Husumer 22/9-1993; N).

Kirtland, K. (1985): Wind implementation monitoring program: a study of collisions migration birds with wind machines. Tierra Madre Consultants.

Kleinschmidt, V, N. Schauerte-Lüke & R. Bergmann (1994): Rahmenkonzept für Windkraftanlagen und -parks im Binnenland - Ein Beispiel aus Nordrhein-Westfalen. - *Natur und Landschaft* 69,1: 9-18.

Koops, F.B.J (1984): De stand de weidevogels rond de lokatie voor het proef-windturbinepark. (report) KEMA, Arnhem.

Lammen, C. von & E. Hartwig (1994): Vogelschlag an einem sendemast auf Sylt: Ein vergleich zu windkraftanlagen. - *Seevögel* 15,1: 1-3.

Lawson, A.B. & M.J. Wyndham (1993): A system of monitoring wildlife interactions with electricity distribution installations in a supply region of the Cape Province in southern Africa. Vol. 6/5. 31 vols. In *Proceedings: Avian Interactions with utility structures; International Workshop, California, USA.*

Ledger, J.A., J.C.A. Hobbs & T.V. Smith (1993): Avian interactions with utility structures: Southern Africa experiences. Vol. 5/4. 31 vols. In *Proceedings: Avian Interactions with utility structures; international workshop, California, USA.*

Lewis, J.C. (1993): The U.S. fish and wildlife service and bird-power line interactions. Vol. 3/2. 31 vols. In *Proceedings: Avian Interactions with utility structures; international workshop, California, USA.* 6 sider.

Lindell, L. (1987): Fågelkollisioner med master och höga byggnader. - *Calidris* 4(16): 179-191.

Lindell, L. (1987): Ornitologiska erfarenheter från vindkraftverken på Gotland och i Skåne. - *Calidris* 4: 1991.

Lubbers, F. (1988): Dutch Electricity Generating Board, Arnhem (1988): Research program concerning the social and environmental aspects related to the windfarm project of the Dutch electricity generating Board. CEC European Community Wind Energy International Conference, Herning, Denmark, June 6-10th, 1988.

Luke, A., A.W. Hosmer & L. Harrison (eds.) (1994): Bird deaths prompt rethink on wind farming in Spain. - *Windpower Monthly* 2: 14-16.

McCrary, M.D., R.L. McKernan, R.E. Landry, W.D. Wagner & R.W. Schreiver (1983): Nocturnal avian migration assessment of the San Gorgonio wind resource study area, spring 1982. Southern California Edison Co., Rosemead, California USA.

McNeil, R.S., J.R. Rodriguez & H. Ouellet (1985): Bird Mortality at a Power transmission Line in Northeastern Venezuela. - Biol.Cons. 31: 153-165.

Miljøministeriet (1991): Betænkning I fra vindmølleplacerings-udvalget. (Betænkning) Miljøministeriet, Copenhagen, Denmark. 56 sider.

Miljøministeriet (1991): Betænkning II fra vindmølleplaceringsudvalget. (Betænkning) Miljøministeriet, Copenhagen, Denmark. 71 sider.

Miljø- og Energiministeriets udvalg om havbaserede vindmøller, 1995: Vindmøller i danske farvande - Kortlægning af myndighedsinteresser, vurderinger og anbefalinger. - Energistyrelsen, februar 1995. 46 sider + bilag.

Miller, A.D. (1993): Electrocutions and outages engineering perspective. Vol. 8/7. 31 vols. In Proceedings: Avian Interactions with utility structures; international workshop, California, USA. 5 sider.

Miller, A.D. (1993): The engineering perspective of power line marking systems to reduce avian collisions. Vol. 14/13. 31 vols. In Proceedings: Avian Interactions with utility structures; international workshop, California, USA. 14 sider.

Miquet, A. (1990): Mortality in Black Grouse (*Tetrao tetrix*) due to Elevated Cables. - Biol.Cons. 54: 349-355.

Morkill, A.E. & S.H. Anderson (1993): Effectiveness of Yellow aviation balls in reducing sandhill crane collision with powerlines. Vol. 22/21. 31 vols. In Proceedings: Avian Interactions with utility structures; international workshop, California, USA. 17 sider.

Mousseau, P. & G.J. Doucet (1993): A survey of waterfowl collisions with high tension powerlines the ST-Lawrence river corridor. Vol. 16/15. 31 vols. In Proceedings: Avian Interactions with utility structures; international workshop, California, USA. 16 sider.

Nellemann, Rådgivende ingeniører (1990): Afvejning mellem vindmøller og natur. Nellesmand, Denmark. 46 sider. (Udført af de to foreninger Danske Vindkraftværker og Danmarks Naturfredningsforening).

Niedersächsisches Umweltministerium (1993): Leitlinie. Inform.d. Naturschutz Niedersaches 5(13jg.), side 170-174. (Zur Anwendung der Eingriffsregelung des niedersächsischen Naturschutzgesetzes bie der Errichtung von Windenergieanlagen Nidersächsisches Umweltministerium, 21 juni 1993).

Olendorff, R.R. (1993): Eagle electrocution. Vol. 7/6. 31 vols. In Proceedings: Avian Interactions with utility structures; international workshop, California, USA. 6 sider.

Orloff, S.G. & Cheslak, E. (1987): Avian monitoring study at the proposed Howden Windfarm site, Solano Co. Biosystems Analysis, Sausalito, California.

Ornis Consult (1994): The possible impact of a windmill park on flora and fauna in Vila Do Bispo, Portugal. (Technical report) Sjællandske Kraftværker, SK-Energi, Copenhagen, Denmark. 17 sider.

Pearson, D.C. (1993): Avifauna collision study in the San Jacinto Valley of southern California. Vol. 18/17. 31 vols. In Proceedings: Avian Interactions with utility structures; international workshop, California, USA. 17 sider.

Planstyrelsen (1981): Metode og resultat. (Om mulighederne for at placere mange Store vindmøller i Danmark, 1.) Planstyrelsen, Miljøministeriet, Copenhagen, Denmark.

Planstyrelsen (1981): Forudsætninger. (Om mulighederne for at placere mange Store vindmøller i Danmark, 2.) Planstyrelsen, Miljøministeriet, Copenhagen, Denmark.

Planstyrelsen (1982): Kommentarer. (Om mulighederne for at placere mange store vindmøller i Danmark, 3.) Planstyrelsen, Miljøministeriet, Copenhagen, Denmark.

Planstyrelsen (1982): Vindmølleparker ved Rødby og Brovst. (Om mulighederne for at placere mange Store vindmøller i Danmark, 4.) Planstyrelsen, Miljøministeriet, Copenhagen, Denmark.

Planstyrelsen (1985): De første mølleparker. Planstyrelsen, Miljøministeriet, Copenhagen, Denmark.

Pomeroy, D.R. (1993): Regulatory aspects of the study of bird impacts on the Mare island 115-kV transmission line. Vol. 24/23. 31 vols. In Proceedings: Avian Interactions with utility structures; international workshop, California, USA. 10 sider.

Portland General Electric Co. (1986): Cape Blanco wind farm feasibility study. Bonneville Power Administration, Portland, Oregon.

Quincy, P.A. (1993): Electrical substations and birds; can each be protected from the other? Vol. 10/9. 31 vols. In Proceedings: Avian Interactions with utility structures; international workshop, California, USA. 3 sider.

Rand, M.H. (1991): An overview of the environmental impacts and public acceptability of wind energy in the UK with reference of the

CEGB's 25MW wind farm programme. Energy and Environment Research Unit Open University UK, 6.

Robson, A. (1983): Environmental aspect of large-scale wind-power systems in the U.K. - IEE Proceedings 130: 620-625.

Salano County Department of Environmental Management Fairfield, CA (1987): Bird abundance and movements at the Potrero Hills Wind turbine site Solano County, California. (report) Solano County Department of Environment Management Fairfield, California and Jones and Stoks associates Sacramento, California, California, USA.

Satheesan, S.M. (1993): Some methods for studying avian interactions with utility structures. Vol. 29/28. 31 vols. In Proceedings: Avian Interactions with utility structures; international workshop, California, USA. 9 sider.

Schnitzler, H.-U. (1972): Windkanakversuche zur Abhängigkeit der Fluggeschwindigkeit einer Weissstichelammer (*Zonotrichia leucophrys*) von der Windgeschwindigkeit. - Journal für Ornithologie 113: 21-28.

Schreiber, M. Von (1993): Zum einfluss von störungen auf die rastplatzwahl von watvögeln. - Inform. d. Naturschutz Niedersaches 13,5: 161-169.

Schreiber, M. Von (1994): Lösungsansätze für innerfachliche Zielkonflikte im Natur- und Umweltschutz am Beispiel der Nutzung der Windenergie. - Mitteilungen aus der NNA 1: 2-9.

Smith, Jr. (1993): Bird/powerline collision detection system. Vol. 28/27. 31 vols. In Proceedings: Avian Interactions with utility structures; international workshop, California, USA. 15 sider.

Smith, J.Q. & D.K. Voigts (1993): Bird casualties at a crystal river, Florida Power Plant 1982-1986. Vol. 20/19. 31 vols. In Proceedings: Avian Interactions with utility structures; international workshop, California, USA. 10 sider.

Stromberg, G. (1991): Wind power and birds. - Faglar i Blekinge 27,2: 47-49.

Sørensen, B. (1980): Environmental impact of wind energy utilization. (Energy series, 1.) Roskilde Universitetscenter, Roskilde, Denmark. 25 sider.

The Environmental Office of the California Energy Commission Workshop (1986): Wind Turbine effects on avian activity and habitat use. (workshop summary), side 1-7.

Van Klinken, J. (1985): More about wind turbines and bird protection. - *Vogeljaar* 33,2: 80-81.

Webb, J (1994): Can we learn to love the wind? *New Scientist* Jou 16, 143, n 1934, 12(3).

Winkelman, J.E. (1984a): Vogelhinder door middelgrote windturbines. (RIN-report 84/7) Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Arnhem, Nederland.

Winkelman, J.E. (1984b): Vogelhinder door middelgrote windturbines. (RIN-report 84/7) Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Arnhem, Nederland.

Winkelman, J.E. (1984c): Vooronderzoek vogelhinderonderzoek windpark Oosterbierum. Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Arnhem, Nederland.

Winkelman, J.E. (1985b): Voortgangsverslag vogelkundig onderzoek proefwindcentrale Oosterbierum. Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Arnhem. Interne notitie.

Winkelman, J.E. & L.S. Buurma (1986): Gebruiksmogelijkheden van de search approach rada van vliegbasis Leeuwarden bij het vogelonderzoek proefwindcentrale Oosterbierum (F.). (report) Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Arnhem/Koninklijke Luchtmacht.

Winkelman, J.E. (1987a): Vogels en Windturbines. - *Limosa* 60: 153-154.

Winkelman, J.E. (1987b): Voorkomen van eenden, ganzen en zwanen nabij urk (NOP) in Januari-April 1987. (RIN - report 87/21) Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Arnhem, Leersum de Texel. (Tellingen ten behoeve van onderzoek naar mogelijke hinder door een windpark).

Winkelman, J.E. (1988a): Methodologische aspecten vogelonderzoek sep-proefwindcentrale Oosterbierum (Fr). (RIN-report nr 88/46) Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Arnhem, Leersum en Texel. 145 pages. (deel 1: onderzoekopzet, nachtstudies en slachtofferonderzoek, voorjaar 1984 - herfst 1987).

Winkelman, J.E. (1988b): Onderzoek naar de mogelijke invloed van windturbines op vogels. - *Energiespectrum* 12: 242-247.

Winkelman, J.E. (1990a): Nachtelijke aanvaringskansen voor vogels in de Sep-proefwindcentrale te Oosterbierum (Fr). (RIN-report 90/7) Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Arnhem. 209 sider.

Bilag I Personer kontaktet

Personlige kilder og kontakter, som har været anvendt i forbindelse med nærværende studium:

Richard L. Anderson
State of California
California Energy Commission
Environmental Protection Office
1516 9th Street, MS-40
Sacramento
CA 95814-5512
USA

Dr. Theo J. Boudewijn
Bureau Waadenburg bv
P.O. Box 365,
4100 AJ Culembourg
HOLLAND

Dr. Sjoerd Dirksen
Bureau Waadenburg bv
P.O. Box 365,
4100 AJ Culembourg
HOLLAND

Dr. Eike Hartwig
"Haus der Natur"
Wulfsdorf
22926 Ahrensburg
TYSKLAND

W. Grainger Hunt
Predatory Bird Research Group
University of California
Santa Cruz
California 95064
USA

Mr. Torsten Larsson
Naturvårdsverket
Smidesvägen 5,
S-17185 Solna,
SVERIGE

Dr. Simon Lawrence, Quay House, Lochgilphead,
Argyll, Scotland PA31 8JP
ENGLAND

Peter M. Lickwar
US Fish and Wildlife Service
Energy Projects
3310 El Camino Avenue, Suite 130
Sacramento
CA 95821
USA

Dr. Susan G. Orloff
IBIS
340 Coleman Drive
San Rafael
California 94901
USA

Dr. Werner Piper,
"Haus der Natur"
Wulfsdorf
22926 Ahrensburg
TYSKLAND

Mrs. Joan Stewart
KENETECH Windpower Inc.
500 Sansome Street
San Francisco
CA 94111
USA

Dr. Arie L. Spaans
Agricultural Research Department (DLO-NL)
Institute for Forestry and Nature Research (IBN-DLO)
P.O. Box 23,
NL-6700 AA Wageningen
HOLLAND

Ms. Cynthia Struzik
US Department of the Interior
US Fish and Wildlife Service
Division of Law Enforcement
1633 Old Bayshore Highway, Suite 248
Burlingame, CA 94010
USA

Dr. Hans W. Waardenburg
Bureau Waardenburg bv
P.O. Box 365,
4100 AJ Culemborg
HOLLAND

Dr. Jan van der Winden
Bureau Waadenburg bv
P.O. Box 365,
4100 AJ Culembourg
HOLLAND

Drs. Johanna E. Winkelman
Vogelbescherming Nederland
Dribergseweg 16c,
NL-3708 JB Zeist
HOLLAND

Danmarks Miljøundersøgelser

Danmarks Miljøundersøgelser - DMU - er en forskningsinstitution i Miljø- og Energiministeriet. DMU's opgaver omfatter forskning, overvågning og faglig rådgivning inden for natur og miljø.

Henvendelser kan rettes til:

Danmarks Miljøundersøgelser *Direktion og Sekretariat*
Postboks 358 *Forsknings- og Udviklingssekretariat*
Frederiksborgvej 399 *Afd. for Forureningskilder og*
4000 Roskilde *Luftforurening*
Tlf. 46 30 12 00 *Afd. for Havmiljø og Mikrobiologi*
Fax 46 30 11 14 *Afd. for Miljøkemi*
 Afd. for Systemanalyse

Danmarks Miljøundersøgelser *Afd. for Ferskvandsøkologi*
Postboks 314 *Afd. for Terrestrisk Økologi*
Vejløvej 25
8600 Silkeborg
Tlf. 89 20 14 00
Fax 89 20 14 14

Danmarks Miljøundersøgelser *Afd. for Flora- og Faunaøkologi*
Grenåvej 12, Kalø
8410 Rønde
Tlf. 89 20 14 00
Fax 89 20 15 14

Danmarks Miljøundersøgelser *Afd. for Arktisk Miljø*
Tagensvej 135,4
2200 København N
Tlf. 35 82 14 15
Fax 35 82 14 20

Publikationer:

DMU udgiver faglige rapporter, tekniske anvisninger, særtryk af videnskabelige og faglige artikler, Danish Review of Game Biology samt årsberetninger.

I årsberetningen findes en oversigt over det pågældende års publikationer. Årsberetning samt en opdateret oversigt over årets publikationer fås ved henvendelse til telefon: 46 30 12 00.

