

Landbasert vindkraft Utfordringer for fugl, flaggermus og rein

Kjetil Bevanger, Roel May og Bård Stokke



Oppsummering av CEDRENs forskning på dyreliv og vindkraft

CEDREN

Centre for Environmental Design of Renewable Energy



Landbasert vindkraft

Utfordringer for fugl, flaggermus og rein

Kjetil Bevanger, Roel May og Bård Stokke

Bevanger, K., May, R. & Stokke, B. 2016. Landbasert vindkraft. Utfordringer for fugl, flaggermus og rein. - NINA Temahefte 66. 72 s.

Trondheim, oktober 2017

ISSN: 0804-421X

ISBN: 978-82-426-2958-6

RETTIGHETSHAVER

© Norsk institutt for naturforskning

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

GRAFISK FORMGIVNING

Kari Sivertsen/NINA

OMSLAGSFOTO

Foto forside: Espen Lie Dahl

OPPLAG

250



KONTAKTOPPLYSNINGER

Norsk institutt for naturforskning (NINA)

Postadresse: Postboks 5685 Sluppen,

7485 Trondheim

Besøksadresse: Høgskoleringen 9,

7034 Trondheim

Telefon: 73 80 14 00

www.nina.no

CEDREN

SINTEF Energi AS,

Postadresse: Postboks 4761 Sluppen,

7465 Trondheim

Besøksadresse: Sem Sælends vei 11, 7034 Trondheim

Telefon 73 59 72 00

www.cedren.no

CEDREN - Centre for Environmental Design of Renewable Energy: Forskning for teknisk og miljøriktig utvikling av vannkraft, vindkraft, overføringslinjer og gjennomføring av miljø- og energipolitikk.

SINTEF Energi, NINA og NTNU er hovedforskningspartnere, med en rekke energiselskaper, norske og internasjonale FoU-institutter og universiteter som partnere.

Senteret finansieres av Forskningsrådet, energiselskaper og forvaltning gjennom ordningen med forskingssentre for miljøvennlig energi (FME). FME-ordningen består av tidsbegrensede forskingssentre som har en konsentrert, fokusert og langsiktig forskningsinnsats på høyt internasjonalt nivå for å løse utpekte utfordringer på energi- og miljøområdet.

Forord

Forskningsprosjektet *Pre- and post-construction studies of conflicts between birds and wind turbines in coastal Norway* (BirdWind) fikk finansiering fra Norges forskningsråd i 2007, og var det første norske prosjektet med ressurser og tverrfaglig kompetanse til å trenge dypere ned i problematikken fugl og vindkraft. Da *Centre for Environmental Design of Renewable Energy* (CEDREN) ble etablert av Norges forskningsråd i 2009, var det naturlig at BirdWind sammen med andre forskningsprosjekter finansiert fra RENERGI-programmet, ble lagt inn i forskningscenteret. CEDREN har, ved siden av Norges forskningsråd, finansiell støtte fra brukerpartnere innen industri, forvaltning og forskningsinstitusjoner. Hovedfokus for CEDRENS virksomhet er teknologiske og miljømessige utfordringer for framtidens vannkraft, miljøforhold knyttet til vindkraft og overføringsledninger, samt forskning på hvordan miljø- og energipolitikk kan forenes.

Boka er i hovedsak basert på forskningsprosjektet BirdWind, som har frembrakt ny kunnskap om fugl og vindkraft, men også nye spørsmål. CEDREN ønsker at kunnskapen skal nå ut til vindkraftindustrien, miljø- og energiforvaltningen og andre interesserte, og har derfor funnet det riktig å lage en populærvitenskapelig oppsummering av prosjektet. Dette gjøres imidlertid som en integrert del av en større kunnskapsoppsummering om effekter av vindkraftverk på fugl, flaggermus og rein, og sammenstiller kunnskap fra forskning i inn og utland. Videre omtales dagens forvaltningspraksis og tilgjengelige løsninger som finnes for å redusere effekter av vindkraftverk på naturen.

Vindkraft er i utgangspunktet ren og fornybar energi uten utslipp av klimagasser, men etablering av vindkraftverk har ført til konflikter knyttet til både naturverdier, friluftsliv, landskap, turisme og annen arealbruk. Vindturbiner er store byggverk og bidrar til at landskapsopplevelsen endres i negativ retning for mange. At fugler drepes av rotorbladene bidrar heller ikke positivt. Forskningen i BirdWind har vesentlig foregått i tilknytning til vindkraftverket på Smøla som eies av Statkraft hvor det tidlig ble klart at en god del havørn ble drept av turbine-nes rotorblad. Statkraft har derfor vært en sentral aktør i tilknytning til forskningen i BirdWind og har økonomisk bidratt med like stor andel som Norges forskningsråd. Vi vil takke Statkraft for et meget godt samarbeid over flere år, spesielt Tormod Schei og Bjørn Luell. En stor takk også til Espen Lie Dahl og Pernille Lund-Hoel, henholdsvis doktor- og mastergradsstudenter i BirdWind. Mange ansatte i NINA og SINTEF har gjort en formidabel innsats i BirdWind innen en rekke fagområder. En hjertelig takk til dere alle! Takk også til våre rådgivere Mark Desholm (Danmarks miljøundersøkelser), Olle Håstad (Universitetet i Uppsala) og Rowena Langston (the Royal Society for Protection of Birds - RSPB) for verdifulle diskusjoner og assistanse gjennom prosjektperioden. Ikke minst ønsker vi å takke Kari Sivertsen ved NINA for et omfattende og solid grafisk arbeid slik at sluttproduktet fikk en fin design!

Trondheim september 2016

Kjetil Bevanger

Norsk institutt for naturforskning og Prosjektleder
BirdWind

Innhold

Forord	4
Innhold	5
1 Innledning	6
1.1 Konsekvenser av vindkraft på naturmangfoldet	10
1.2 Vindkraft og fugl på Smøla	14
1.3 Forskningen Smøla	16
2. Lovverk og forvaltningspraksis	18
2.1 Lovverket	18
2.2 Forvaltningsmyndighetenes rolle	20
2.3 Forundersøkelser, konsekvensutredninger, etterundersøkelser	22
2.4 Samlet plan for vindkraftutbygging?	25
3 Dyreliv og vindkraft	26
3.1 Flaggermus	28
3.2 Rein	29
3.3 Fugl	31
3.3.1 Sjøfugl	34
3.3.2 Vadere og spurvefugl	35
3.3.3 Hønsfugl	35
3.3.4 Rovfugl	37
4 Havørn som modellart for forskning på fugl og vindkraft på Smøla	39
4.1 Syn og aerodynamikk	40
4.2 Bevegelsesmønster og forstyrrelse	41
4.3 Atferdsresponsen i flukt	46
4.4 Kollisjonsrisiko hos havørn i vindkraftverket på Smøla	48
4.5 Individuelt skademønster hos havørn på Smøla	50
4.6 Individgjenkjenning gjennom DNA	51
4.7 Hekkesuksess	52
4.8 Bestandeffekter av vindkraft	53
5 Miljødesign og miljøhensyn	54
5.1 Tiltakshierarki	54
5.2 Mikro-plassering av vindturbiner	56
5.3 Avbøtende tiltak	58
5.4 Samlet belastning	59
6 Veien videre	62
6.1 Nasjonalt og internasjonalt samarbeid	62
7 Kunnskapsstatus og utfordringer i Norge, hovedprioriteringer	64
8 Referanser	66

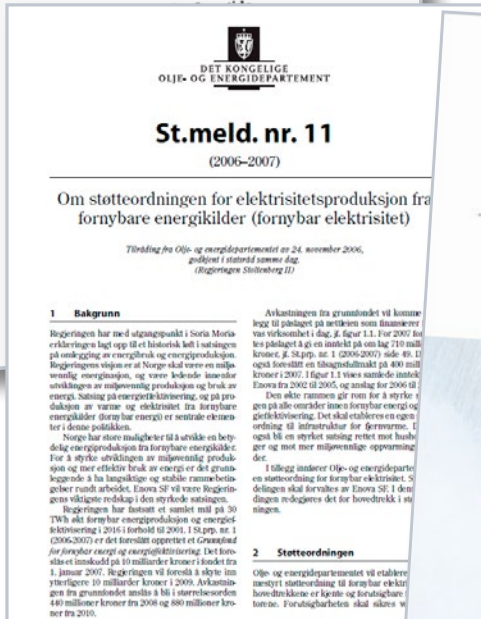
1 Innledning

Elektrisitet generert fra vind har blitt stadig viktigere som fornybar energikilde i og med at globale klimaendringer settes i sammenheng med utslipp av klimagasser fra forbrenning av fossile hydrokarboner. Selv om Norge er i en særstilling når det gjelder tilgang på fornybar energi gjennom betydelige vannkraftressurser, ble det på 1990-tallet politisk enighet om at andelen fornybar energi skulle økes ytterligere gjennom utbygging av vindkraftverk.

St.meld. nr. 58 (1996-97) *Miljøvernpolitikk for en bærekraftig utvikling – dugnad for framtida*, pekte på økt satsing på fornybare energikilder (bio-, vind- og solenergi) som nødvendige tiltak for å oppnå en mer bærekraftig utvikling. St.meld. nr. 29 (1998-99) *Om energipolitikken* presiserte at det i Norge «er et mål å bygge vindkraftanlegg som årlig produserer 3 TWh innen 2010». I St.meld. nr. 11 (2006-2007) *Om støtteordningen for elektrisitetsproduksjon fra fornybare energikilder (fornybar elektrisitet)* bestemte regjeringen at målet for fornybar energiproduksjon og energieffektivisering skulle økes til 30 TWh årlig i 2016 sammenlignet med 2001. Våren 2016 la Regjeringen fram Meld. St. 25 (2015-2016) *Kraft til endring*. Her påpekes at «Norges fornybarandel, slik dette regnes etter fornybardirektivet, har vokst fra 58 prosent i 2004 til 69 prosent i 2014. Norge har sammen med Island den høyeste fornybarandelen i Europa». Videre poengteres det at «Regjeringen vil legge til rette for en langsiktig utvikling av lønnsom vindkraft i Norge, og en politikk som demper konflikter og bidrar til at de beste vindkraftlokalitetene blir valgt».

Norge var forholdsvis seint ute med å bygge vindkraftverk sammenlignet med andre land i Europa og USA, selv om utnyttelse av vindenergi i Norge ikke er noe nytt fenomen. Fridtjof Nansen fikk sågar bygget en vindturbin som ble montert på Fram under ekspedisjonen fra 1893-1896 da båten lå innefrosset i isen. Dahls Vindkraftverk på Andøya (i drift 1916) leverte elektrisitet til 16 abonnenter og kan vel på mange måter fortjene betegnelsen Norges første vindkraftverk. Det var imidlertid ikke før i 1983 at forskning og forsøk med vindkraftutnyttelse tok av, og i 1986 kom vindkraftverket på Titran (Frøya, Sør-Trøndelag) i drift.

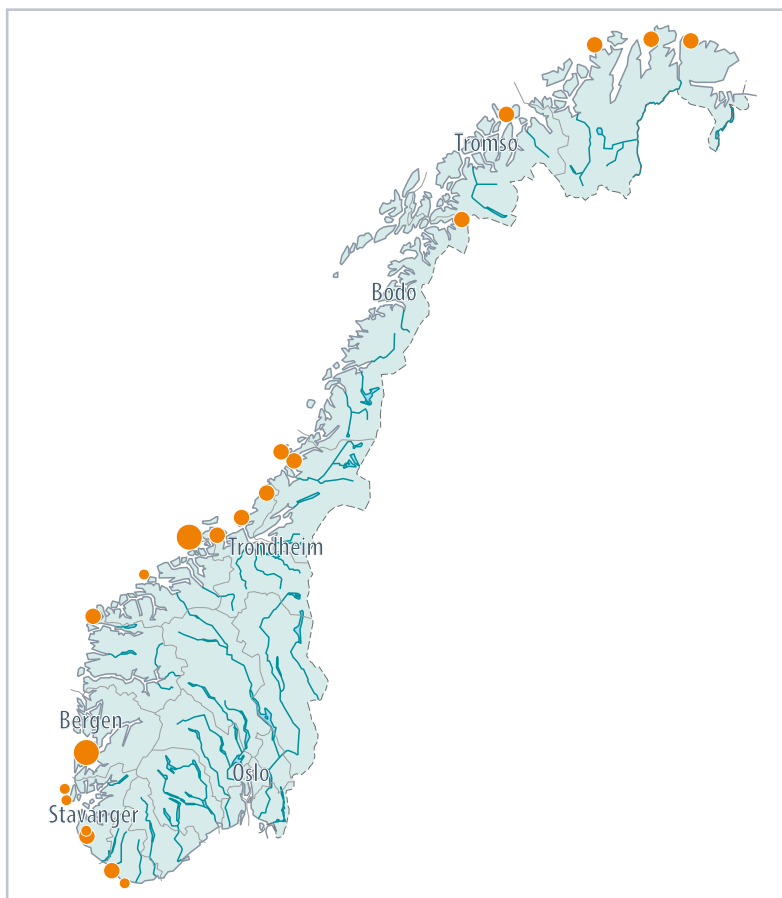
I 2015, nærmere 30 år senere, var den samlede vindkraftproduksjonen i Norge 2,5 TWh. Dette tilsvarer 1,7 % av vår totale elektrisitetsproduksjon, og er den



Det er bred politisk enighet om at Norge skal øke sin produksjon av fornybar energi.

største vindkraftproduksjonen som så langt er registrert i Norge. Samlet installert effekt var på 873 MW fordelt på 374 vindturbiner ved utgangen av 2015 (NVE 2016). Vindkraftverkene i Norge finnes spesielt i kystnære områder i Nord-Norge, Midt-Norge og Vest-Norge.

På tross av at vindkraft i utgangspunktet er ren og fornybar energi uten utslipp av klimagasser, har etablering av vindkraftverk mange steder ført til konflikter knyttet til arealbruk, friluftslivinteresser og biologisk mangfold (f.eks. Clausager 2000). Brytes problemene ned til deltema viser det seg at de ofte er av steds- og artsspesifikk karakter, noe som gjør det vanskelig å generalisere når det for eksempel gjelder avbøtende tiltak samt det å kunne forutsi hvordan dyrelivet påvirkes.





Vindkraftverket på Valsneset i Bjugn kan i år feire 10-årsjubileum. Foto: Arne Follestad

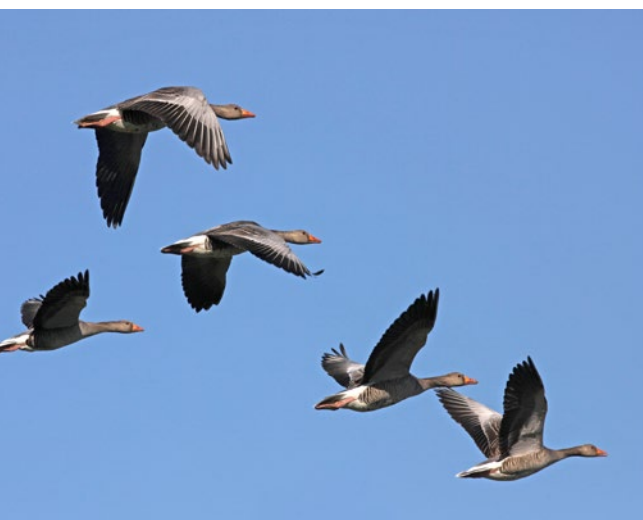
Videre planer om norsk vindkraftutbygging omfatter mange kraftverk og berører betydelige landområder, ikke minst i Midt-Norge og på sørvestlandet. Klimadebatten har gitt offentlig forvaltning og vindkraftindustrien legitimitet til betydelige utbyggingsplaner. Omfang og tempo i så vel utbygging som planlegging synes å ha kommet overraskende på mange. I og med at det ikke er utarbeidet en «samlet plan» for vindkraft slik det i sin tid ble for vannkraft, har det vært utfordrende å styre utbyggingen mot områder hvor miljøinngrepene er å betrakte som akseptable.

1.1 Konsekvenser av vindkraft på naturmangfoldet

Et stort mangfold av naturtyper gjør at utbygging av vindkraft i Norge lett kan få negative miljøeffekter

Da St.meld. nr. 29 (1998-99) *Om energipolitikken* fastsatte konkrete produksjonsmål for vindkraft fram til 2010, var det begrenset kunnskap om hvilke miljøutfordringer dette omfattet. Både forvaltning og industri viste til undersøkelser fra andre land som verken kunne dokumentere entydige negative eller positive miljøeffekter. Til en viss grad ble også undersøkelser som konkluderte med små eller ingen negative miljøkonsekvenser vektlagt mer enn de som konkluderte motsatt. Ett tema var imidlertid vanskelig å avvise som uproblematisk, nemlig dødelighet hos fugl. Men også her var forskningsresultatene sprikende. I ettertid ser vi at svaret på hvorfor bildet ikke var entydig hadde årsak i at problematikken både har geografiske særtrekk, og at de negative effektene varierer mellom ulike fuglearter (dvs. er artsspesifikk). Det er også betydelige variasjoner mellom ulike årstider (årstidsspesifikke effekter). I Norge lever det eksempelvis langt flere fuglearter i sommerhalvåret sammenlignet med vinterhalvåret. I tillegg varierer artssammensetningen i ulike naturtyper. Med andre ord – overføringsverdien av resultater fra ett geografisk område til et annet er ofte begrenset dersom områdene som sammenlignes ligger i forskjellige naturtyper og undersøkelsene er utført på forskjellige tidspunkt av året

Norskekysten er en viktig trekkled for mange fuglearter som vår og høst drar nordover til hekkeområdene og sørover til overvintringsplassene. Det er viktig at vindkraftverk ikke plasseres slik at de kommer i konflikt med fugletrekkene. Foto: Arne Follestad og Per Jordhøy





Norges langstrakte kyst, hvor de fleste vindkraftverkene bygges, har mange karakteristika som i sum gir unike utfordringer. Norge representerer leveområdet for millioner av trekkfugler. Vår og høst flyr disse henholdsvis mot nord og sør, og kysten er blant de store trekkledene, dvs. landemerkene fuglene navigerer etter. Dessverre finnes få detaljer om ulike fuglearters spesifikke trekkruer.

Selv om det i vinterhalvåret er langt færre fugler enn om sommeren i innlandet i Norge, finnes mange langs kysten, både de som holder til der hele året (stedegne arter) og fugler som kommer fra andre arktiske områder for å

*Om sommeren er det tildels lyst døgnet rundt i Norge, mens det vinters tid er motsatt. Dårlig belysning og dårlig vær øker faren for at fugler ikke ser kunstige lufthindringer som vindturbiner.
Foto: Kjetil Bevanger*

overvintre. Det som gjør vinterhalvåret mest spesielt sett fra et «fugleperspektiv», er dårlig lys – og sågar mørketid i flere måneder lengst nord, dvs. nord for Polarsirkelen. Det er i tillegg mye dårlig vær, tåke, snø og regn som gjør sikten vanskelig for dyr som skal navigere i lufta. Dette innebærer blant annet at det er svært vanskelig å iverksette avbøtende tiltak som eksempelvis å gjøre de tekniske strukturene mer synlig.

En nullvisjon i forhold til dødelighet hos fugl er fullt mulig å ha, men kunstige lufthindringer vil alltid representere en potensiell risiko for fugl. Det er viktig at slik kunnskap kommer fram når myndighetene fatter vedtak om utbygging. Når et vindkraftverk bygges har vi samtidig akseptert at et visst antall fugl drepes. Selve vindturbinene samt infrastrukturen knyttet til et vindkraftverk som veier og hus, medfører at potensielle leveområder for flere fuglearter kan bli ødelagt. En del arter blir med andre ord fortrent som følge av endringer i leveområdene. Støy og andre forhold knyttet til turbinene kan også bidra til fortrenging og endringer i bruk av leveområdene. Det er derfor viktig at det gjøres grundige og detaljerte forundersøkelser og konsekvensutredninger slik at vindkraftverk ikke etableres i områder hvor sannsynligheten er stor for at fugler drepes eller fortrenses. De særegne naturforholdene i Norge bør med andre ord reflekteres i de krav som stilles fra konsesjonsgivende myndighet, det gjelder bl.a. krav om kartlegging av fugletrekk.

Utfordringer knyttet til fugl og vindturbiner har generelt fått betydelig plass i denne boka. Imidlertid er det også andre dyregrupper som kan bli skadelidende i tilknytning til vindkraftutbygging, bl.a. flaggermus. Denne dyregruppen har mange truede (rødlistede) arter, og i enkelte land er det registrert stor dødelighet hos flaggermus i tilknytning til vindkraftverk. Så langt synes dette ikke å være et problem i Norge, men vi har likevel valgt å ta med en kort oppsummering av utfordringer knyttet til denne dyregruppen. Det er også et eget kapittel om rein der vi summerer kunnskapen om hvordan utbygging av vindkraft påvirker så vel villrein som tamrein.

Vi har også identifisert og beskrevet kunnskapshull, og foreslått hva som bør prioriteres i framtidig forskning. Det har i tillegg vært viktig å presisere hva som etter vår mening er nødvendige kvalitative og kvantitative krav til innhenting av basiskunnskap, og hvordan vindkraftverk kan drives gjennom hele livsløpet på en så miljøvennlig måte som mulig, dvs. fra bygging til avvikling.



*Vindturbiner er høye strukturer som vises godt i landskapet. Her utsikt fra en turbin på Smøla-administrasjonssenteret i forgrunnen.
Foto: Kjetil Bevanger*

1.2 Vindkraft og fugl på Smøla

Smøla har Norges største vindkraftverk og ligger i et område med mye havørn

På slutten av 1990-tallet fikk Statkraft konsesjon for å bygge Norges største vindkraftverk på øya Smøla utenfor kysten av Midt-Norge. Som i mange andre land ble det i kjølvannet av konsesjonsvedtaket en debatt om mulige miljøkonsekvenser av utbyggingen. I første rekke ble det uttrykt bekymring for det rike fuglelivet på øya, ikke minst den tette hekkebestanden av havørn. At rovfugl er sårbar for vindturbiner var på dette tidspunkt dokumentert i tilknytning til det store vindkraftverket i Altamont Pass i California. Her har de konstatert omfattende dødelighet hos rovfugl som følge av kraftverksetableringen.

Norsk institutt for naturforskning (NINA) uttrykte allerede i startfasen av «vindmølle-epoken» i 1998 at det burde investeres i effektstudier for å begrense omfanget av, og øke kvaliteten på, fremtidige konsekvensundersøkelser. Det ble spesielt påpekt at det var avgjørende å få dimensjonert undersøkelsene slik at de ble akseptable for så vel utbygger som offentlig forvaltning. NINA understreket også at man vet lite om hvordan vindkraftverk med tilhørende kraftledningsnett og annen infrastruktur påvirker fugler under norske naturforhold (Follestad m.fl. 1999).

Byggingen av Smøla vindkraftverk initierte også en interessant debatt om hvem som skulle ha økonomisk ansvar for innhenting av data om miljøkonsekvenser av vindkraftutbygging (Bevanger m.fl. 2010). Ettersom vindkraftutbygging på dette tidspunktet var en ny aktivitet i Norge, manglet grundige analyser rundt hva som kunne betegnes som «beste praksis» i forhold til omfang av forundersøkelser og effektstudier. Situasjonen var preget av uklare og lite konkrete retningslinjer, samt fravær av nasjonal erfaring med hvordan vindkraftproduksjon kan berøre miljøet. Utbyggersiden mente det var energi- og miljøforvaltningens ansvar å finansiere innhenting av basiskunnskap som kunne gi grunnlag for kvalitativt gode konsekvensutredninger, så vel som før- og etterundersøkelser, mens forvaltningen mente dette var industriens oppgave.



Smøla vindkraftverk ble bygget i et område med spesielt stor bestand av havørn. Foto: Espen Lie Dahl

1.3 Forskingen Smøla

Vindkraftverket på Smøla er godt egnet som «laboratorium» for forskning på miljøeffekter av vindkraft

Utgangspunktet for deler av problemstillingene i BirdWind var observert økt dødelighet hos havørn på Smøla. Det er vel kjent at både havørn og andre fugler dør og fortrenses fra sine områder på grunn av utbygging av infrastruktur, for eksempel ved nedbygging av artenes leveområder eller ved at de kolliderer med kunstige lufthindringer som vindturbiner, flyr inn i vindusruter, blir påkjørt av bil eller tog eller på grunn av andre menneskeskapte (antropogene) «dødsfeller».

Rovfugler som havørn er i tillegg til å være spesielt utsatt for å bli drept av vindturbiner også utsatt for elektrokusjon (strømslag ved kortslutning eller jordslutning) når de bruker kraftledningsstolper som sitteplass. Slik ekstra dødelighet kan ikke fjernes helt, men bør begrenses av bl.a. økologiske, dyrevelferdsmessige og etiske hensyn. Det grunnleggende spørsmålet som samfunnet er forpliktet til å besvare er hvorvidt slik menneskeskapt dødelighet bidrar til å redusere bestandene slik at en art på sikt kan stå i fare for å utryddes lokalt eller globalt. Spørsmål om bestandseffekter er imidlertid meget vanskelig å besvare og krever store ressurser.

BirdWind illustrerer dette på en god måte, og i denne boka bruker vi havørn for å vise det omfattende arbeidet som må til for å kunne svare på om dødeligheten hos denne arten som er registrert på Smøla, er en fare for den norske bestanden. Modellering av havørnas kollisjonsrisiko med vindturbiner, samt oppnåelse av en bedre forståelse av potensielle bestandseffekter for havørn ble følgelig ansett å være viktige forskningsspørsmål. Metodeutvikling og utvikling av effektive redskaper for datainnsamling og avbøtende tiltak sto også sentralt i prosjektet.

*Vindturbiner på Smøla i
vinterbelysning.
Foto: Espen Lie Dahl*



2. Lovverk og forvaltningspraksis

2.1 Lovverket

Utbyggere av vindkraft må forholde seg til en rekke nasjonale lovverk og internasjonale konvensjoner som skal bidra til å redusere miljøeffektene av utbyggingen og energiproduksjonen

Den som vil bygge ut vindkraftverk må forholde seg til flere lover og forvaltningsmyndigheter. Det er NVE som behandler slike konsesjonssøknader. Ved siden av lover som *Energiloven* og *Plan- og bygningsloven*, må utbygger også forholde seg til bl.a. *Naturmangfoldloven*, *Forurensingsloven* og *Kulturminneloven*. Det skal i tillegg tas spesielle hensyn for å ivareta biologisk mangfold når det bygges infrastruktur som vindkraftverk. Norge har ratifisert FNs biomangfoldkonvensjon (*Convention on Biological Diversity (CBD)*). På partsmøtet i Japan (Aichi) i 2010 ble det vedtatt en ny strategisk plan (2011-2020) med 20 konkrete mål som skal sikre at CBD gjennomføres av partene.

Ved siden av biomangfoldkonvensjonen er det flere andre relevante konvensjoner og avtaler av betydning når det gjelder bærekraftig bruk og vern av naturmangfoldet, bl.a. Bernkonvensjonen, Bonnkonvensjonen, Ramsarkonvensjonen, konvensjonen om «International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora» (CITES), Havrettskonvensjonen, Konvensjonen om beskyttelse av det marine miljø i det nordøstlige Atlanterhavet (OSPAR), Landskapskonvensjonen og Verdensarvkonvensjonen. Når det gjelder EUs direktiver, er naturverndirektivene unntatt fra EØS-avtalen. EUs rammedirektiv for vann (Vanndirektivet), samt direktivene om strategiske konsekvensutredninger og om miljøkonsekvensanalyser (SEA- og IEA-direktivene) er derimot implementert i Norge.

I Norge er *Naturmangfoldloven* det overordnede regelverket som regulerer hva som kan tillates av inngrep i norsk natur uten at det biologiske mangfoldet forringes. Loven bygger på sentrale prinsipper som at offentlig beslutningstaking skal være kunnskapsbasert (§8), etterstrebe kvalitetsnormer for naturmangfold (§13), samt avveie mot andre viktige samfunnsinteresser og samiske interesser. Dette for at (risiko for) skade på naturmangfoldet skal unngås

Sentrale nasjonale lovverk og internasjonale konvensjoner

- Naturmangfoldloven er den mest sentrale loven innen naturforvaltning og regulerer forvaltning av arter, områdevern, fremmede organismer, utvalgte naturtyper og ivaretagelse av leveområder for prioriterte arter.
- Konvensjonen for biologisk mangfold er en global avtale om vern og bærekraftig bruk av alt biologisk mangfold. Den omhandler dessuten rettferdig fordeling av godene ved bruk av genetiske ressurser.
- Bern-konvensjonen har som formål er å verne om europeiske arter av ville dyr og planter og deres levesteder.
- Bonn-konvensjonen er en global avtale om beskyttelse av trekkende arter av ville dyr som regelmessig krysser nasjonale grenser.
- CITES-konvensjonen er en global avtale der formålet er å regulere den internasjonale handelen med ville dyr og planter som står i fare for å bli utryddet.
- Ramsarkonvensjonens formål er ivaretagelse og bærekraftig bruk av våtmarksområder.

(føre-var-prinsippet, §9), hvor påvirkning av et økosystem skal vurderes ut fra den samlede belastning som økosystemet er eller vil bli utsatt for (§10). For å unngå eller begrense skader på naturmangfoldet skal det tas utgangspunkt i miljøvennlig drift (§12) hvor kostnadene ved miljøforringelse skal bæres av tiltakshaver (forurenser betaler prinsippet, §11).

Klima- og miljødepartementet (Hårklau m.fl. 2014) innhentet kunnskap fra en rekke institusjoner angående deres erfaring om bruken av naturmangfoldloven. Svarene viste at naturmangfold ble vurdert i «alle» eller «over ¾ av saken» der naturmangfold påvirkes, mens de miljørettslige prinsippene påvirker beslutninger «av og til». Det er med andre ord et forbedringspotensial knyttet til presisering og klargjøring av hvordan reglene skal forstås, samt til veiledning om nivå på og omfang av vurderinger, spesielt de miljørettslige prinsippene. Mange som var med i undersøkelsen pekte på behov for ytterligere kartlegging av norsk natur og for å kvalitetssikre og registrere data fra tidligere kartlegging. Økt kunnskapsgrunnlag vil føre til mer effektiv saksbehandling og lavere konfliktnivå.

2.2 Forvaltningsmyndighetenes rolle

Olje- og energidepartementet har det overordnede ansvar for utbygging av vindkraft i Norge

NVE er tildelt ansvar for å sikre at det i tilknytning til konsesjonssøkte og meldte vindkraftverk gjennomføres tematiske konfliktvurderinger. Behandlingen omfatter høringer av meldinger og søknader, offentlige møter og møter med lokale og regionale myndigheter m.m. NVE skal sikre at det er redegjort for alle sider av saken, og at det kan fattes et vedtak der fordeler og ulemper er vektet opp mot hverandre. I denne sammenheng skal informasjon om mulige konflikter i tilknytning til ulike sektorinteresser systematiseres og kategoriseres. På denne måten er det lettere å tilrettelegge for konfliktavklaring gjennom konsesjonsbehandlingen (jfr. St.meld. nr. 11 (2004-2005) *Sametingets virksomhet i 2003*), og mulig å identifisere utbyggingsprosjekter som enklest kan forenes med ulike sektorinteresser. Konfliktvurderingen som inngår er knyttet til forsvaret, reindrifta og miljø- og kulturminner.

Retningslinjer for planlegging og lokalisering av vindkraftanlegg, utgitt av Miljøverndepartementet og Olje- og energidepartementet (2007) gir oversikt over hvilke miljø- og samfunnshensyn som skal tas. Mange områder har en eller annen form for vernestatus, og i mange av disse er utbygging lite aktuelt. Det gjelder bl.a. Ramsar-områder (våtmarksområder med internasjonal status i henhold til Ramsar-konvensjonen), områder vernet etter *Naturmangfoldloven* (nasjonalparker, naturreservater, landskapsvernområder, biotopvernområder og i noen tilfeller naturminner).

For anlegg med konsesjon etter energiloven har NVE utgitt en veileder for utarbeidelse av miljø-, transport- og anleggsplan (MTA) (NVE 2011). Den er utformet som en sjekklister og disposisjon for hvilke forhold det normalt vil være aktuelt å omtale i en slik plan. Tiltakshaver er selv ansvarlig for å vurdere relevante tema for det enkelte anlegg med bakgrunn i gjeldende anleggskonsesjon. Formålet med MTA er å sikre at utbygger og entreprenør under bygging og drift av anlegget tar hensyn til miljøinformasjon som er fremkommet i konsekvensutredningene og de kravene som er satt i konsesjonen. Det skal ikke gjennomføres nye undersøkelser dersom det ikke er satt spesielle krav om det i anleggskonsesjonen. MTA skal godkjennes av NVE før oppstart av anleggsarbeidet.

Saksgang for vindkraftutbygging

Trinn 1 - Melding

Alle vindkraftsaker der installert effekt vil overstige 10 MW skal meldes etter forskrift om konsekvensutredninger etter plan- og bygningsloven.

Trinn 2 - Konsekvensutredning (KU)

Etter høring av meldingen fastsetter NVE et konsekvensutredningsprogram (KU-program). KU-programmet beskriver hvilke temaer som tiltakshaver skal utrede nærmere.

Trinn 3 - Søknad

Dersom tiltakshaver velger å gå videre med prosjektet, skal søknad og gjennomførte konsekvensutredninger sendes til NVE for behandling.

Trinn 4 - Vedtak

På bakgrunn av søknad, konsekvensutredninger, innkomne merknader og NVEs fagkunnskap om vindkraft vurderer NVE saken helhetlig, og fatter vedtak.

Trinn 5 - Klagebehandling

Vedtaket kan påklages av alle med rettslig klageinteresse. Dersom NVE velger å opprettholde vedtaket etter vurdering av klagen, oversendes saken til Olje- og energidepartementet for endelig behandling.

Trinn 6 - Oppfølging av konsesjon

Før tiltakshaver kan starte byggingen må NVE ved Miljøtilsynet godkjenne miljø-, transport- og anleggsplan (MTA) og detaljplan for prosjektet.

Utbyggere av vindkraft må forholde seg til et omfattende regelverk fastsatt av norske myndigheter.

At Miljødirektoratet bare er høringsinstans i slike saker har fremstått som problematisk og har ført til debatt. Miljødirektoratet har kritisert NVEs praksis for å gi vindkraftkonsesjoner og har bl.a. uttalt at «Det er svært mangelfullt dokumentert hvordan miljøhensyn faktisk er vektlagt i NVEs prioriteringsrunder»¹. Miljødirektoratet har også påpekt at det er «vanskelig å se noen gjennomgående konsistens i når konsekvenser for miljøverdier har betydning for konsesjonsspørsmålet eller ikke». Resultatet av NVEs praksis blir ifølge Miljødirektoratet at prosessene er vanskelige å etterprøve for allmennheten og andre myndigheter.

Etablering av vindkraftverk i såkalte INON-områder (dvs. inngrepsfrie naturområder) er et annet konfliktema. Det gjelder spesielt store sammenhengende INON-områder med villmarkspreg, som går ubrutt fra fjord til fjell, og de som ligger i regioner med få inngrepsfrie naturområder igjen. I områder med villrein og hvor det drives reindrift er også konfliktpotensialet betydelig. Ikke minst gjelder det i områder «*der vindkraftutbygging i vesentlig grad vil begrense muligheten for utøvelse av reindrift i distriktet, og hvor det heller ikke vil være mulig å opprettholde omfanget av reindriften ved omlegginger eller kompensasjon av beiteland uten at dette får vesentlige negative virkninger for andre reinbeitedistrikt/sidaer*» (OED & MD 2007).

¹ <http://www.tu.no/kraft/2015/11/09/-mange-vindkraftmeldinger-er-sa-darlige-at-de-bor-sendes-i-retur>

Nylig presenterte regjeringen en melding til Stortinget (Meld. St 14 (2015-2016) – *Natur for Livet*, som er en norsk handlingsplan for naturmangfoldet. Den inneholder en rekke forslag til tiltak som bør få følger for kvalitet og kvantitet også når det gjelder for- og etterundersøkelser ved vindkraftutbygging. Tidligere har det vært spesielt fokus på leveområder til arter som er «kritisk truet», «sterkt truet» eller «sårbar» i Norge (jfr. Henriksen & Hilmo 2015), i leveområder til internasjonalt truede og trekkende dyrearter (Bonn- og Bern-konvensjonen), i områder med svært viktige naturtyper (DN 2007, 2011), samt viltområder (DN 2000) og ferskvannslokalteter (DN 2001). I årene framover vil det være viktig å ta et videre perspektiv, ikke minst sett på bakgrunn av de samlede effektene av naturinngrep som etablering av ny infrastruktur vil medføre.

2.3 Forundersøkelser, konsekvensutredninger, etterundersøkelser

Strengere konsesjonskrav til forundersøkelser for nye vindkraftanlegg, kan bidra til å redusere konflikter

Begrepene forundersøkelser, konsekvensutredninger (omtales nærmere i kap 5.1) og etterundersøkelser blir til dels blandet sammen. Generelt utføres forundersøkelser (også kalt førundersøkelser) gjerne for å få et bilde av hvilke naturverdier som finnes i et område før et inngrep eller utbygging finner sted. Forundersøkelsen ses gjerne i sammenheng med en etterundersøkelse (effektstudie) slik at det er mulig å måle effekten av inngrepet og av eventuelle avbøtende tiltak som settes i verk. Dette gjøres fortrinnsvis før og etter utbygging både i tiltaksområdet og et kontrollområde, gjennom et såkalt «Before-After-Control-Impact» eller BACI-design (Stewart-Oaten m.fl. 1986, May m.fl. 2010).

Forskrift om konsekvensutredninger for planer etter *Plan- og bygningsloven* er fastsatt gjennom kongelig resolusjon 19. desember 2014, og trådte i kraft den 1. januar 2015. Parallelt trådte en egen forskrift om konsekvensutredninger for tiltak etter sektorlover fremmet av Klima- og miljødepartementet i kraft. «*Formålet med bestemmelsene er å klargjøre virkningene av planer som kan få vesentlige virkninger for miljø og samfunn. Konsekvensutredninger skal sikre at disse virkningene blir tatt i betraktning under planlegging av planen og når det tas stilling til om, og eventuelt på hvilke vilkår, planen kan gjennomføres.*»



*Etablering av vindkraftverk åpner opp nye områder for bl.a. turgåere ved at det bygges veier mellom turbinene.
Foto: Kjetil Bevanger*

Det er svært viktig at det finnes basisinformasjon om miljøverdiene i et utbyggsområde for å kunne foreta en god konsekvensutredning, eksempelvis hvilke fuglearter som finnes i området og hvilken funksjon det har for de forskjellige artene. Ofte har det vært slik at konsekvensutredningen er gjort på bakgrunn av eksisterende informasjon, som mange ganger i etterkant har vist seg å ha vært mangelfull. I noen tilfeller har dette bidratt til å forsinke utbyggsprosjektet betydelig. Investering i innhenting av fylldig basisinformasjon er i et slikt perspektiv en meget god investering.

Det har «alltid» vært store diskusjoner når det gjelder omfang av konsekvensutredninger i tilknytning til vindkraftverk og annen infrastruktur. Enkelte norske utbyggere har sågar uttrykt forbauselse over at de møter strengere krav til miljøkonsekvensutredninger i andre land enn her hjemme. På grunn av at det i mange sammenhenger er sparsomt med kunnskap om hvilke miljøeffekter som er relevante ved en vindkraftutbygging, har utbygger og forvaltning også til dels vært uenige om hvem som bør bekoste utredningene. Industrien hevder det er et statlig ansvar å skaffe adekvat basisinformasjon om effekter av inngrep, mens forvaltningen i mange tilfeller hevder det er prinsippet om at «forurensere betaler» som skal gjelde. Når en ser på svarene i undersøkelsen Miljø- og klimadepartementet utførte (Hårklau m.fl. 2014) angående tolkning, forståelse og bruk av Naturmangfoldloven, er det forståelig at slike diskusjoner pågår.

Det har også vist seg at det kan være problematisk å se sammenheng mellom nasjonale krav til omfang av miljøutredninger og hvilke miljøhensyn som skal tas, og forpliktelser vis a vis konvensjoner som Biomangfold-konvensjonen, Bern- og Bonn-konvensjonene, EU SEA og IEA Direktivene. Dette var bl.a. bakgrunnen for at Smøla-utbyggingen ble en «case-file» for Bernkonvensjonen, slik at norske myndigheter regelmessig må rapportere til konvensjonens Standing Committee Meetings i Strasbourg om hvilke tiltak som gjøres for å bedre situasjonen for havørnen i tilknytning til vindkraftverket.

*“On-the-spot appraisal”
på Smøla 15.-17. juni
2009. Bernkonvensjonens
sekretariat oppnevnte
Eckhart Kuijken som
ekspert på saken (i
midten). Hans kone
sitter til venstre og
Carolina Lasén-Díaz
fra Bernkonvensjonens
sekretariat til høyre. Foto
Kjetil Bevanger.*



2.4 Samlet plan for vindkraftutbygging?

En nasjonal plan (dvs. strategisk konsekvensutredning) for utbygging av vindkraft har ikke blitt utarbeidet i Norge

Selv om det ikke ble utarbeidet noen samlet plan for vindkraftutbygging i Norge, kan fylkeskommunene utarbeide regionale planer for å sikre en helhetlig og langsiktig vindkraftutbygging i sin region. Regionale planer skal ved å kartlegge og karakterisere konfliktpotensialet styrke grunnlaget for en helhetlig vurdering av søknader om konsesjon for vindkraft og sørge for en overordnet og hensiktsmessig planlegging og lokalisering av vindkraftanlegg i fylket eller i en region.

Eksisterende regionale planer har blitt evaluert ved å undersøke, og om retningslinjene som danner grunnlaget for disse er i tråd med kravene som generelt stilles for en nasjonal, strategisk konsekvensutredning (May 2011). Mens medvirkning og saksbehandling er godt ivaretatt, mangler det en sammenligning av forskjellige alternativer og scenarioer som gjenspeiler forskjellige strategier for vindkraftutbygging, inkludert den politiske og samfunnsmessige aksepten av konfliktnivået. Mens de fleste planer på en eller annen måte indikerer kvaliteten av kunnskapsgrunnlaget, har det ikke blitt satt fokus på overvåking av viktige miljøeffekter. Overvåking av miljøeffekter er nødvendig for å avdekke hvilke faktorer eller tiltak som kan bidra til å redusere konflikter med naturmiljøet ved nye og/eller etablerte vindkraftverk. Mulige sumvirkninger er heller ikke godt ivaretatt i planene.

Det er også viktig å merke seg det Regjeringen uttaler i den nye Energi-meldingen – *Kraft til Endring*. «Olje- og energidepartementet vil derfor utarbeide en nasjonal ramme for konsesjonsbehandling av vindkraft på land. Det tas også sikte på å klargjøre hvilke havområder det kan være aktuelt å åpne for søknader om konsesjon for vindkraft til havs».

3 Dyreliv og vindkraft

Forskningsresultater både i Norge og andre land har vist at vindkraftverk kan påvirke fugl og pattedyr i negativ retning

Store vindturbiner, med turbintårn på 100 m eller mer med rotorblad som når langt høyere, kan ses på flere mils avstand når de bygges på høydedrag i terrenget. Slik endring av landskapsbildet oppfattes av mange som «visuell forurensing» og er følgelig et viktig debatttema. Turbinestøy kan være sjenerende for bebyggelse i nærheten av kraftverket, sammen med skyggekast fra rotorbladene.

Selve arealendringene som følge av veier og montasjeplasser kan være problematisk hvis det er sjeldne og sårbare naturtyper, plante- og dyrearter i området. Hver enkelt vindturbin båndlegger et visst areal, men størrelsen på plassen der turbinen monteres avhenger bl.a. av installasjonsløsningen. I de fleste tilfeller blir turbinfundamentene forankret i fjell, men hvorvidt det velges fjellfundamentering og hvor store montasjeplassene blir avhenger både av turbinens størrelse og den enkelte turbins posisjon i vindkraftverket.

I de fleste vindkraftverk er turbinene knyttet sammen gjennom et veinett. Dette blir fort flere titalls km dersom det er mange turbiner. Det finnes vindkraftverk der turbinene knyttes sammen gjennom luftledninger, men generelt overføres den genererte strømmen til nettet gjennom kabler som legges i veisystemene. Eventuelle luftstrekke begrenses derfor gjerne til det som går fra hovedkvarteret i vindkraftverket til nærmeste regional- eller sentralnett.

Vindkraftverk berører natur og dyreliv på flere måter, både i utbyggings- og produksjonsfasen. Størst oppmerksomhet i Norge har dødelighet hos fugl fått, sammen med effekter på tamrein. I andre land er også dødelighet hos flaggermus blitt et viktig tema.



Vindturbiner kan ses på lang avstand og blir ofte markante landemerker. Her utsikt mot Hitra vindkraftverk. Foto: Kjetil Bevanger

3.1 Flaggermus

Vindkraftverk har vist seg å by på store problemer for flaggermus en del steder, men så langt har negative effekter ikke blitt påvist i Norge

Undersøkelser i andre land har vist at flaggermus er en sårbar gruppe som kan rammes i betydelig grad hvis turbiner plasseres på en uheldig måte i forhold til artenes leveområder (Arnett m.fl. 2008, Cryan & Barclay 2009, Schuster m.fl. 2015). På bakgrunn av erfaringene fra Norge så langt synes det imidlertid å være lite sannsynlig at vindkraftverk vil representere en trussel for noen av våre 12 flaggermusarter. Selv om halvparten av de norske flaggermusartene er truet (rødlistede), har alle, bortsett fra nordflaggermus, Trøndelag som nordgrense for sin utbredelse. I tilknytning til undersøkelsene på Smøla (Bevanger m.fl. 2010) ble det funnet én drept nordflaggermus. I og med at det er lite detaljkunnskap om utbredelsen til flere av artene i Sør-Norge, samt trekkveier, yngleplasser og overvintringsområder, kan en uheldig plassering av et vindkraftverk få store negative konsekvenser. Det er derfor viktig at kartlegging av flaggermus i potensielle utbyggingsområder skjer som del av forundersøkelsene.

I Nord-Amerika har flaggermus og vindkraft fått meget stor oppmerksomhet (Arnett m.fl. 2008, Arnett & Baerwald 2013). Det er dokumentert at store mengder flaggermus drepes i tilknytning til vindkraftverk på grunn av lungesprengning (barotrauma) som følge av trykkvariasjoner i luftmassene som rotorbladene induserer samt ved direkte kollisjoner med rotorbladene (Baerwald m.fl. 2008, Schuster m.fl. 2015). Enkelte flaggermusbestander kan bli meget hardt rammet i områder med mange vindkraftverk. Det er påvist en klar sammenheng mellom antall kraftverk og antall flaggermus som drepes. Det gjelder både i USA og Canada.

Den omfattende dokumentasjonen som kommer fra mange land når det gjelder dødelighet hos flaggermus som følge av vindkraftutbygging må tas alvorlig. Det er viktig å få økt kunnskap om hvor hardt ulike arter rammes og at det utvikles avbøtende tiltak for å redusere problemene hvis dødeligheten er stor.

3.2 Rein

Det er uklart hvor sterkt tamrein og villrein påvirkes av vindkraftutbygging

Av hjortedyr er det først og fremst rein som har vært trukket fram som sårbar for infrastruktur og inngrep, inklusive vindkraftverk. Vel 40 % av Norges landareal er definert som beiteland for tamrein. Det finnes ikke villrein nord for Trondheimsfjorden, bare tamrein. I Sør-Norge finnes også noen få områder med tamrein, men ellers er de sørnorske fjellområdene definert som leveområder for villrein (Bevanger & Jordhøy 2004). Mange kystområder brukes regelmessig av reindriften fra Midt-Norge og nordover, og flere av disse er også attraktive utbyggingsområder for vindkraft. Det er derfor i første rekke konflikter i forhold til tamrein det er snakk om når det gjelder vindkraftutbygging. Hvis det blir aktuelt med utbygging av vindkraft i fjellområdene i Sør-Norge, vil også konflikter i forhold til villrein kunne oppstå.

På slutten av 1990-tallet tok Statnett initiativ til et forskningsprogram (REIN-prosjektet) for å belyse effekter av kraftledninger og vindkraft på rein (Flydal m.fl. 2002). Resultatene, basert på tamrein (domestisert rein) i innhegninger, viste at dyrene godt kunne høre lyden fra vindturbiner, men at de ikke endret atferd på grunn av den. Rein som ble eksponert for turbiner med eller uten rotorblad i bevegelse hadde samme aktivitetsnivå, også når det var sterk vind og høyt støynivå. Resultatene fra REIN-prosjektet har imidlertid vært mye debattert, og det har til dels vært motstridende oppfatninger om hvordan resultatene skulle tolkes.

I 2004 publiserte NVE og Reindriftnforvaltningen en rapport (NVE & Reindriftnforvaltningen 2004), basert på en studie ved Universitetet i Oslo, om hvordan reindriften kan påvirkes av vindkraftutbygging. NVE har en veiledningsplikt i forhold til tiltakshavere som ønsker å planlegge vindkraft i reinbeiteområder. Tilsvarende har Reindriftnforvaltningen en informasjonsrolle



Norges forskningsråd finansierte for flere år siden et omfattende forskningsprosjekt om rein, vindkraft og kraftledninger. Resultatene ble presentert i en rapport i 2002.

overfor reieiere når det gjelder deres møte med tiltakshavere og myndigheter involvert i vindkraftutvikling. En viktig konklusjon i rapporten var at *«man per i dag vet for lite om hvordan en større vindpark vil påvirke reindriften. Det vi kan regne med er at hvis vi begrenser den menneskelige aktiviteten og øker forutsigbarheten vil de negative effektene bli mindre. For mer nøyaktig å estimere effektene av større vindparker i Norge på tamrein og reindrif, bør omfattende biologiske og sosial-økonomiske studier gjennomføres»*.

Mange har uttrykt bekymring i forhold til hvordan rein reagerer på vindkraftverk, det være seg villrein eller tamrein, og om dyrenes vandringsmønster og områdebruk påvirkes. Det gjelder både reieiere og forvaltningsmyndigheter. Coleman m.fl. (2012) sammenlignet atferd hos tamrein på to halvøyer i Finnmark, den ene med, den andre uten, vindturbiner. Resultatene viste ingen barriereeffekt av vindturbinene, noe som til dels står i kontrast til hva andre undersøkelser viser (Skarin & Åhman 2014).

Skarin & Åhman (2014) gjorde en omfattende litteraturstudie av hvordan menneskelig aktivitet påvirket tamrein. En viktig konklusjon var at det er nødvendig å ha et regionalt og langsiktig (måned/år) perspektiv hvis en skal kunne fange opp dyrenes responser på menneskelige forstyrrelser og infrastruktur. Et mindre, småskala perspektiv vil ikke fange opp mulige effekter av barrierer eller hindringer i terrenget som kan forhindre reinen i å unnslippe en forstyrrelse og som tvinger dyrene til å velge et bestemt habitat. Et slikt perspektiv vil stort sett bare vise reinens habitatvalg i forhold til beitekvalitet innenfor en viktig del av dyrenes leveområde. Tamreinens midlertidige leveområder inkluderer bl.a. sommer- og vinterbeiteområder og kalvingsområder som er knyttet sammen via spesielle trekkruiter. Skarin & Åhman (2014) konkluderer videre med at til tross for en lang domestiseringsprosess har tamrein lignende storskala unnvikelsesresponser som villrein i forhold til menneskeskapte forstyrrelser, men styrken på responsene kan noen ganger være forskjellig. Det synes i noen grad å være kortere unnvikelsesavstand i forhold til forstyrrelser hos tamrein, men det er en klar øvre grense for hvor mye forstyrrelser dyrene tolererer. De største forskjellene mellom tam og vill rein er påvist i lokale og kortvarige studier. Effekten av menneskelig forstyrrelser kan imidlertid ikke evalueres på et slikt nivå.

For å få et mer korrekt bilde av hvordan reinen bruker leveområdene er det avgjørende at effektene studeres på en skala i tid og rom som er relevant for

reinen, det være seg tam eller vill rein. Ut fra et forvaltningsperspektiv er det viktig å kunne kvantifisere unnvikelsessoner for tamrein, og hvilken effekt de har for dyrenes kondisjon og produktivitet. Kunnskap om dette mangler, men økt kunnskap vil kunne benyttes til å vurdere hvor langt fra trekkveier, kalvingsområder og beiteområder eventuelle nye vindkraftverk kan legges. Dette er spesielt viktig, ikke minst i forhold til den storskala vindkraftutbyggingen som pågår i tamreinområder (Skari & Åhman 2014), noe som også er svært aktuelt i forbindelse med de nye, store utbyggingsplanene på Fosen.

3.3 Fugl

Fugl har vært, og er, den viktigste dyregruppen i miljødebatten om vindkraft

De fleste studier knyttet til fugl og vindkraft har fokusert på forringelse av leveområder og kollisjonsrisiko (Schüster m.fl. 2015). Fugler påvirkes særlig ved å kolliderer med turbinene, og ved at turbiner og kraftverk skaper barrierer mellom funksjonsområder (hekkeområder, næringsplasser o.l.) og langs trekkruiter (Drewitt & Langston 2006, 2008). Utbyggingen av vindkraft i Altamont Pass i California startet allerede i 1981, og kraftverkene har siden vært oppgradert en rekke ganger både i forhold til areal og turbintyper. Det ble tidlig klart at vindturbinene tok livet av spesielt mange rovfugler. Årsaken var et stort antall turbiner, og at de var plassert i en trekkled for rovfugl. I tillegg er Altamont Pass et område med mange byttedyr for rovfugl.

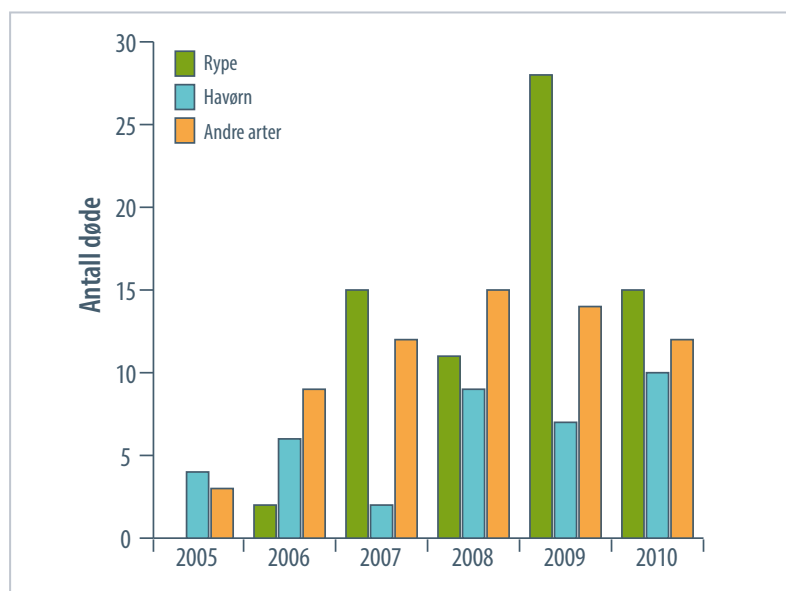
Mye av den generelle kunnskapen om vindkraft og fugl stammer følgelig fra USA (Smallwood m.fl. 2007, 2007, 2010). I og med at problematikken vindkraft og fugl er sterkt steds-, arts- og årstidsspesifikk, ble det i tilknytning til de tidlige vindkraftverketableringene i Norge ikke lagt spesiell vekt på erfaringene fra USA; det ble nærmest betraktet som et særtilfelle forårsaket av et sett med uheldige omstendigheter. I begynnelsen av 2000-årene ble det foretatt en rekke konsekvensutredninger i tilknytning til vindkraftverk, bl.a. i Nord-Norge og på Smøla. En del konklusjoner er tatt med forbehold om manglende basis-kunnskap om ulike tema (Follestad m.fl. 1999, Bjerke m.fl. 2004, Tombre m.fl. 2004a, b, 2005, Jacobsen m.fl. 2004).

I kjølvannet av byggingen av Smøla vindkraftverk, ble det klart for flere forvaltningsinstitusjoner at det var behov for mer kunnskap om hvordan fugler og

andre dyr reagerte på store byggverk som vindturbiner (NVE m.fl. 2003). I andre land hadde det da vært forsket på slike forhold i bortimot 20 år, men resultater og konklusjoner sprikte. Blant annet var det store forskjeller i rapportert dødelighet hos fugl mellom forskjellige vindkraftverk. Noen rapporterte om ubetydelig dødelighet, mens andre meldte om mange døde fugler (Orloff & Flannery 1992, Nelson & Curry 1995, Hunt et al. 1998, Osborn m.fl. 1998, Garthe & Hüppop 2004). Det fantes imidlertid få publikasjoner fra fagfelleverderte tidsskrifter (Larsen & Madsen 2000, Osborn et al. 2000, Barrios & Rodriguez 2004, Desholm & Kahlert 2005). Den «grå litteraturen», dvs. tekniske rapporter utarbeidet i tilknytning til konsekvensutredninger m.m. dominerte. På mange måter representerte 2005 et skifte da det i april ble arrangert en internasjonal konferanse i Leicester, UK (Langston m.fl. 2006), der fugl og vindkraft var hovedtema.

Omfanget av dødelighet hos fugl i tilknytning til vindkraftverket på Smøla ble i BirdWind dokumentert ved å lete etter døde fugler. Funnene dannet grunnlag for å beregne kollisjonsomfang hos ulike arter. Ved å benytte hunder spesielt trent i å finne død fugl, økte søkeeffektiviteten og -nøyaktigheten betydelig.

Døde fugler blir ofte funnet og spist av åtseletere. Hvor raskt de forsvinner (forsvinningshastigheten) varierer med årstid, hvilke åtseletere (og hvor mange) som lever i området (rev, mink, kråker, måker m.fl.) og hvor synlige de døde fuglene er (farge og størrelse). En død havørn er en fugl som lett oppdages,

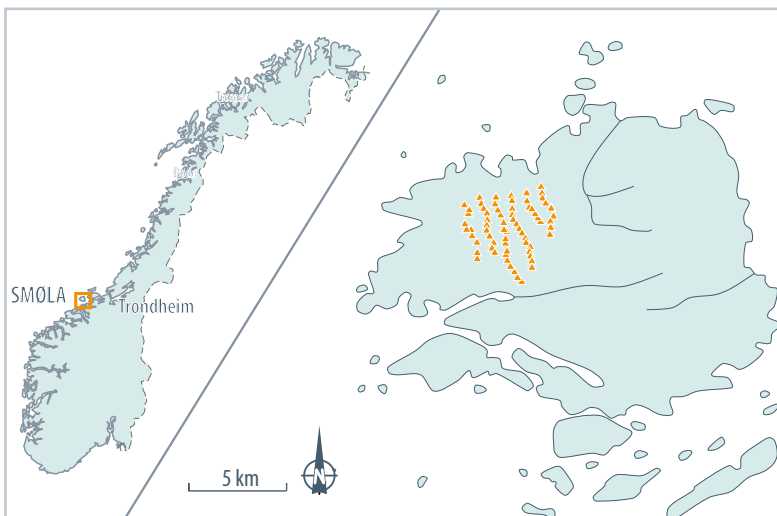


Døde fugler funnet i tilknytning til vindkraftverket på Smøla i perioden 2005-2010. Etter Bevanger m. fl. (2010)

men som er så pass stor at den vanskelig kan fraktes vekk av åtseletere. Den eneste feilkilden av betydning knyttet til den beregnede dødeligheten hos havørn er trolig at ørner kan ha blitt skadet, men ikke verre enn at de har klart å komme vekk fra søksområdene i vindkraftverket før de har dødd, og derfor ikke blitt funnet («cripling bias», Bevanger (1998)).

Resultatene fra forskning på Smøla bekreftet at konflikten vindkraft-fugl er sterkt arts-, steds- og årstidsspesifikk, noe som bl.a. innebærer at arter med forholdsmessige lave tettheter drepes i større antall enn arter med høye tettheter. Eksempelvis opptrer flere arter med større tettheter enn havørn på Smøla (blant annet måker), likevel drepes flere havørn enn noen annen art med unntak av lirype (Bevanger m.fl. 2010). Dette illustrerer at kollisjonsomfanget hos fugl i tilknytning til vindturbiner varierer betydelig fra art til art. Det er derfor viktig ved konfliktvurderinger å ha best mulig oversikt over hvilke arter som er knyttet til et potensielt utbyggingsområde.

Datainnsamlingen om fugl i tilknytning til konsekvensutredningen for en Hitra II-utbygging viste også at problematikken er stedsspesifikk gjennom forskjellen i antall drepte havørner funnet i tilknytning til vindturbinene i de to kraftverkene på Smøla og Hitra (Bevanger m.fl. 2009). Resultatene fra Smøla og sammenligningen mellom Smøla og Hitra viser at kollisjoner kan være stedsspesifikke på ulike nivåer (små-skala innad på Smøla, og større skala dersom man sammenligner ulike områder). Det viste seg å være en reell forskjell når det ble kontrollert for antall turbiner.



Smøla ligger utenfor kysten av Midt-Norge. De 68 turbinene berører et forholdsvis stort areal på vestsida av øya.

At flest havørn kolliderer i perioden medio mars – medio mai på Smøla, viser også at tid på året er en sentral faktor. Dette er perioden da fuglene kurtiserer hverandre i tilknytning til hekkeperioden og de er da mye på vingene. Det må derfor tas hensyn til alle disse faktorene når konfliktnivå og eventuelle avbøtende tiltak i tilknytning til vindkraftverk skal vurderes. Hvis det eksempelvis blir mulig å forutsi når kollisjonsfaren for en art er spesielt stor basert på årstid, værforhold osv. vil det være mulig å stenge ned kraftproduksjonen i kortere eller lengre perioder.

3.3.1 Sjøfugl

Flest vindkraftverk ligger i kystnære områder, dvs. i viktig leveområder for mange sjøfuglarter

Det er kjent at sjøfugler kan bli negativt påvirket av vindkraftverk etablert i åpent farvann (Garthhe & Hüppop 2004). I Norge har det vært søkt om noen havbaserte vindkraftanlegg, men ingen av disse er realisert (bortsett fra noen test-turbiner). Norske myndigheter anser så langt havbasert vindkraft å være i en utviklingsfase, og det er høyst usikkert i hvilket omfang videre utbygging vil skje. Det arbeides imidlertid med å overføre teknologi fra oljesektoren til vindkraftanlegg til havs som en potensiell ny næring for Norge.

Omkring 10 km utenfor sørvestkysten av Norge prøver Statoil ut nye offshore vindturbinkonsepter. Den flytende konstruksjonen består av en stålsylinder som er fylt med en ballast av vann og steiner som stikker 100 meter under havoverflaten, og er festet til havbunnen med tre ankerfester.
Foto: Kjetil Bevanger



Norge har utført en strategisk konsekvensvurdering for havbasert vindkraft, hvor potensielle effekter på sjøfugler og fugletrekk har vært ett av temaene. Analysen er basert på overvåkingsdata, telemetristudier på utvalgte arter samt tilleggsundersøkelser for å vurdere mulige effekter innen ti geografiske områder langs norskekysten (Christensen-Dalsgaard m.fl. 2011, Lorentsen m.fl. 2012). Analysene viser at arter som krykkje, terner og ærfugl er sårbare for vindkraftutbygging i noen av områdene.

3.3.2 Vadere og spurvefugl

For å vurdere eventuelle effekter av vindturbiner på forekomst og fordeling av vadere og mindre spurvefugl i terrenget ble hekkebestanden til disse kartlagt. I 2007 ble feltarbeidet lagt til Smøla, i 2008 i et område på Andøya (Nordland) hvor det var planlagt å bygge et vindkraftverk (Andmyran), og i 2009 til Hitra i tilknytning til planene for utvidelse av eksisterende vindkraftverk (Bevanger m.fl. 2010).

Selv om datainnsamlingen på Smøla begrenset seg til ett år, synes resultatene å indikere at noen små spurvefuglarter og vadefugler unngår områder nær vindturbinene (se også Schuster m. fl. 2015). Dette var arter som er vanlige så vel regionalt som nasjonalt og vil neppe ha bestandsmessig betydning. Hvis dette er atferdsrespons som også er representative for sjeldne arter, kan det imidlertid ha negativ betydning for bestanden til disse. Førre-var-prinsippet tilsier at det bør unngås å bygge vindkraftverk i områder med sårbare og truede spurvefuglarter og vadere. Studier rettet mot sjeldne vadefuglarter (for eksempel brushane) kan være nyttig. Det foreslåtte vindkraftverket på Andmyran ble gitt konsesjon i 2012, uten at det så langt er funnet økonomisk grunnlag for utbygging (<http://www.andmyranvindpark.no/>).

3.3.3 Hønefugl

Hønefugl er kjent for å være utsatt for å kollidere med kunstige luft-hindringer i alminnelighet

I Norge er det utført flere studier som viser at alle våre hønefuglarter er utsatt for å bli drept i tilknytning til menneskeskapt lufthindringer som kraftledninger og gjerder, til dels i betydelig omfang (Bevanger 1994, 1995, 1998, Bevanger & Brøseth 2000). Årsaken til at hønefugl er sårbare for å kollidere med ulike strukturer er bl.a. at de har et forholdsvis dårlig syn, ved siden av at de rent aerodynamisk ikke er i stand til å gjøre raske unnamanøvre; de har en nokså tung kropp og korte vinger.

Selv om en på forhånd var klar over at ryper er sårbare for å kollidere med kunstige lufthindringer, var det noe overraskende at smølalirype var den arten det ble funnet flest døde individer av på Smøla. Tallet omfatter både individer som ble funnet døde i tilknytning til regulære søk, radiomerkede ryper (med dødelighetssendere) som ble funnet når de sluttet å bevege seg, samt tilfeldige funn.

Omkring halvparten av rypene ble funnet innen en radius på 50 m fra turbin-tårnene, mange ved basis på selve turbintårnet. Mye tyder på at de gråhvite tårnene er så lite synlig at rypene flyr inn i dem, spesielt i skumringsperioder og dårlig vær (tåke, snø). Selv om dette ikke ble observert på Smøla er det observert andre steder, bl.a. i Sverige (Falkdalen m.fl. 2013.). Dette er også naturlig å anta i og med at nedre spiss av rotorbladene ikke er lavere enn ca. 35 meter over bakken, et høydenivå rypene stort sett holder seg under.

I tilknytning til BirdWind ble det funnet flere liryper ved basis av turbin-tårnene som følge av at fuglene hadde fløyet inn i dem. For å få innsikt i hvordan denne dødeligheten påvirket bestandsutviklingen over tid ble det bl.a. festet radiosender til en del ryper. Foto: Ole Reitan og Sten Svartaas

I tillegg til å registrere omfang av dødelighet hos smølalirype, ble det foretatt takseringer av bestanden for å se hvordan den responderte på den ekstra dødeligheten forbundet med vindturbinkollisjoner. Det var også viktig å få mer kunnskap om direkte og indirekte effekter av vindturbinene på artens atferd, habitatvalg, reproduksjon og overlevelse. Det ble derfor satt radiosendere på en del ryper i og nær vindkraftverket på Smøla. Selv om det ble påvist en viss variasjon i bestandstettheten hos ryper i august, ble det ikke påvist entydige forskjeller i bestanden innen området til vindkraftverket og i et kontrollområde i nærheten. Konklusjonen var med andre ord at rypebestanden



så ut til å tåle den ekstra dødeligheten som vindkraftverket forårsaket på kort sikt, men eventuelle effekter på bestanden på lengre sikt er usikker.

Sammenlignet med andre lirypebestander var kyllingproduksjonen på Smøla relativt god, og det ble ikke funnet forskjell mellom produksjonen i vindkraftverksområdet og kontrollområdet. Rypene benyttet i stor utstrekning typiske rypehabitater innenfor området til vindkraftverket, og det ble ikke observert noen klar unnvikelseeffekt, dvs. en effekt som gjør at fuglene fortrennes fra sine leveområder. De viste høy grad av stedtrohet og beveget seg utenfor området bare når dyp snø dekket vegetasjonen og hindret næringstilgang. Den årlige dødeligheten hos de radiomerkede rypene innenfor området til vindkraftverket var mye høyere enn i innlandbestander (>70 % vs. 50 %), og dødelighetsmønsteret var også forskjellig fra det en finner i innlandet (Brøseth m.fl. 2012). Forskning fra Meråker i Nord-Trøndelag viste en topp i dødelighet på grunn av predasjonsrisiko i hekkeperioden samt en ny topp om høsten på grunn av omstreifende jaktfalk i fjellområdene. På Smøla viste dødeligheten hos de radiomerkede rypene en topp om vinteren på grunn av omstreifende eller overvintrende rovfugler (kongeørn, hønsehauk, jaktfalk).

Rypestudien på Smøla ga ny og verdifull informasjon, men mange ubesvarte spørsmål gjenstår. I forhold til mulige negative effekter av dødelighet som skyldes vindturbiner, er det bl.a. nødvendig å få svar på effektene av naturlig dødelighet sammenlignet med vindturbinindusert dødelighet, spesielt over en lengre tidsperiode slik at de naturlige syklusene og svingningene som er typiske for rypebestander kan inkluderes. Det kreves mer detaljerte data om fjerningsomfanget forårsaket av åtselere. En særlig utfordrende oppgave er knyttet til å utvikle avbøtende tiltak for å hindre eller redusere dødelighet hos lirype som følge av vindturbiner. Dette er et tema som er tatt opp i oppfølgingsprosjektet INTACT (se under avsnitt «*Avbøtende tiltak*»).

3.3.4 Rovfugl

Mange undersøkelser har vist at rovfugl er spesielt sårbare i tilknytning til vindturbiner

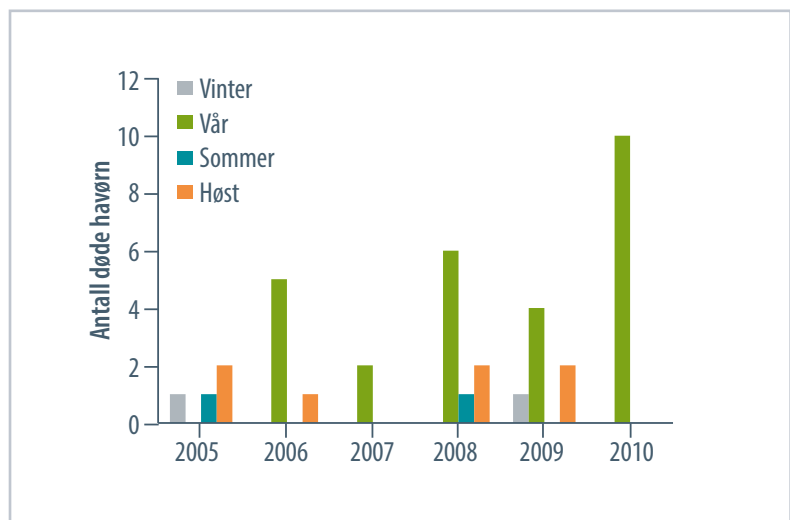
Rovfugler er generelt sårbare og rødlistet, og i mange land har bl.a. forvaltningsmyndigheter og miljøorganisasjoner fokus på slike arter når det kommer til hvordan bestandene kan påvirkes av naturinngrep. Store rovfugler og andre typiske «svevere» bruker luftrommet mye, og vil naturlig nok være spesielt utsatt for å

kollidere med kunstige lufthindringer. De er sårbare ikke bare på grunn av atferden, men også på grunn av lavt reproduksjonspotensiale. De klarer ofte bare å få en unge på vingene hver gang de hekker, ved siden av at havørn først begynner å reproducere ved 5-6-årsalderen. Imidlertid blir de voksne fuglene ofte gamle og har høy naturlig overlevelse. Slike demografiske egenskaper gjør en art særlig sårbar for økt dødelighet som følge av ikke-naturlige årsaker. Selv om rovfugler generelt har lang levetid, produserer de få unger per år, noe som gjør at forhøyet dødelighet blant voksenfugl vil påvirke bestandene i langt større grad enn hos f.eks. spurvefugl, som årlig har en høy ungeproduksjon.

Fra Norge vet vi at havørn er utsatt for kollisjoner med rotorbladene på vindturbiner. Siden 2005, og fram til BirdWind ble avsluttet i 2010, ble 39 havørner funnet drept i tilknytning til Smøla-turbinene. I årene som har gått etter BirdWind, er det også gjennomført mer eller mindre regelmessige søk, om enn i mindre omfang, og tallet på døde ørner er i dag omkring 70. Da rapportene om døde havørn fra Smøla begynte å bli kjent, vekket saken raskt internasjonal interesse, og er siden nesten like mye omtalt som studiene fra Altamont Pass.

Undersøkelser fra så vel California som Spania har vist at arter som kongeørn og gåsegribb løper stor kollisjonsrisiko (de Lucas m.fl. 2008, Smallwood & Thelander 2008). Også i Skottland er kongeørn en «problemart» i tilknytning til vindkraftutbygging (Fielding m.fl. 2006, Watson & Whitfield 2002, Madders & Walker 2002).

BirdWind-prosjektet avdekket forholdsvis store årlige og årstidsvise variasjoner i dødelighet hos havørn. Flest ørner ble drept i løpet av vårmånedene. Etter Bevanger m.fl. (2010)



4 Havørn som modellart for forskning på fugl og vindkraft på Smøla

Årlig dør omkring 7 havørner i tilknytning til vindkraftverket på Smøla

I og med at hovedbekymringen ved den økte dødeligheten hos havørn på Smøla var om dette hadde betydning for bestanden, ble prosjektet preget av datainnhenting som kunne bidra til å besvare dette. Det var mulig å modellere eventuelle bestandseffekter fordi det fantes en lang tidsserie med hekkedata før utbygging. I tillegg hadde arten stor tetthet av hekkende par i området.

Som tidligere påpekt er det svært komplisert å identifisere hvilke faktorer som påvirker bestandsutviklingen hos en art. Det krever kunnskap om en rekke faktorer det normalt ikke vil være økonomisk grunnlag for i tilknytning til forundersøkelser eller konsekvensutredninger. Det gjelder bl.a. bestandens størrelse, reproduksjon, dødelighet, innvandring og utvandring. Det ble ansatt



*Observasjoner av havørn som fløy i nærheten av vindturbinene indikerte at fuglene ikke oppfattet konstruksjonene som noen fare.
Foto: Espen Lie Dahl*

en egen doktorgradsstipendiat med hovedansvar for å utarbeide den endelige bestandsmodellen som skulle vise hvordan havørnbestanden lokalt og regionalt responderte på at såpass mange individer ble drept i vindkraftverket.

4.1 Syn og aerodynamikk

Sårbarhet for å kolliderer med kunstige lufthindringer har sammenheng med den enkelte fuglearts evne til å se og fly

Havørn og smølalirype er to arter med høyst forskjellig synsevne og aerodynamiske ferdigheter, men begge utmerket seg interessant nok ved å ha spesiell stor dødelighet i tilknytning til vindkraftverket på Smøla. Havørn er en aerodynamisk veltilpasset art med godt syn, mens lirype er karakterisert ved å være en «dårlig» flyver med dårlig synsskarphet. De representerte derfor gode modellarter i arbeidet med å identifisere nøkkelfaktorer vedrørende fuglers dødelighetsrisiko i tilknytning til vindkraftanlegg (Bevanger m.fl. 2010, May m.fl. 2015).

Havørn ser ut til å «leke» seg nært opp til rotorbladene og synes noen ganger bevisst å oppsøke vindturbinene. Enkelte rovfuglarter benytter varme, oppadstigende luftbobler for å vinne høyde (svever). En mulig forklaring på havørnernes tilsynelatende «lek» kan være at de opplever turbulensen som en form for oppdrift.

Det er også kjent at vindturbiner skaper betydelige trykkvariasjoner i sine nærområder, og det er bl.a. vist at flaggermus dør på grunn av lungesprengning (Baerwald m.fl. 2008) når de kommer i bestemte posisjoner i forhold til vindturbinenes rotorblader. Et ubesvart spørsmål er også om fugler som kommer inn i turbulens skapt av vindturbinene har aerodynamiske ferdigheter som gjør dem i stand til å unngå å bli dratt inn mot rotorbladene. Det kan også tenkes at det skapes turbulens som umuliggjør oppdrift slik at fuglene «faller» ned mot bakken og dør av den grunn. Kunnskap om hvorvidt flyvebanen til en fugl påvirkes av turbulensen på en forutsigbar måte er også viktig å få svar på for å bedømme hvor sårbare de enkelte artene er vis a vis vindturbiner.

En annen hovedutfordring er knyttet til fuglers synsskarphet, og under hvilke omstendigheter bevegelsesblindhet inntreffer. Rotorbladene på en vindturbin kan ha svært høy hastighet (inntil 250 km/t ved spissen). Ved en eller annen avstand fra et rotorblad i bevegelse vil bevegelsen gjøre rotorbladet «usynlig».

Bedre artsspesifikk kunnskap om hvordan flyvebanen til fugler bestemmes av synsevne og følsomhet overfor farger og bevegelser, og på hvilken avstand visuelle stimuli oppfattes, vil øke muligheten til å designe gode, avbøtende tiltak. Det gjelder også økt kunnskap om hvilke parametere som har størst påvirkning (hos fuglen syn eller aerodynamiske ferdigheter; hos vindturbinen rotorbladenes hastighet, farge, utforming og turbulensgenerering – og hvordan dette modifiseres av lokal topografi og vindforhold). Tiltak som ikke tar utgangspunkt i slik fundamental kunnskap kan fort vise seg å være dårlig resursanvendelse (Bevanger m.fl. 2010, May m.fl. 2015).

4.2 Bevegelsesmønster og forstyrrelse

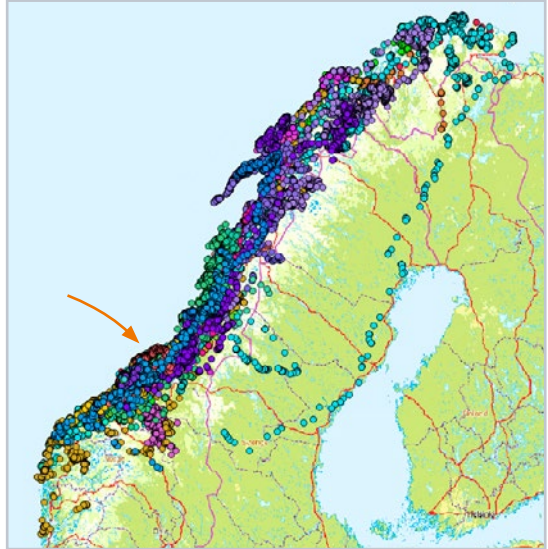
Kunnskap om hvor store områder en fugleart benytter i ulike deler av livssyklus er avgjørende for å forstå sårbarhet for vindkraftverk

Forskjellige fuglearter oppholder seg på ulike steder gjennom året, og enkelte arter beveger seg over store områder og lange avstander i løpet av et år. For å framskaffe data rundt bevegelsesmønsteret til havørn i tid og rom, samt for å kunne vurdere kollisjonsrisiko, var det nødvendig med merking av mange enkeltindivider med satellittsendere. Dette er radiosendere med GPS-enhet, der signalene kan fanges opp og videresendes via satellitt. Slike data er avgjørende for å kunne kartlegge forflytninger til fuglearter som beveger seg over store områder slik havørn gjør.

*Havørn som var truffet av turbinenes rotorblad ble ofte delt i to eller dødelig kvestet på annen måte. For å få innblikk i hvordan ørnene brukte områdene i og utenfor vindkraftverket ble mange fugler påsatt satellittsendere, noe som ga svært viktig informasjon.
Foto: Kjetil Bevanger og Torgeir Nygård*

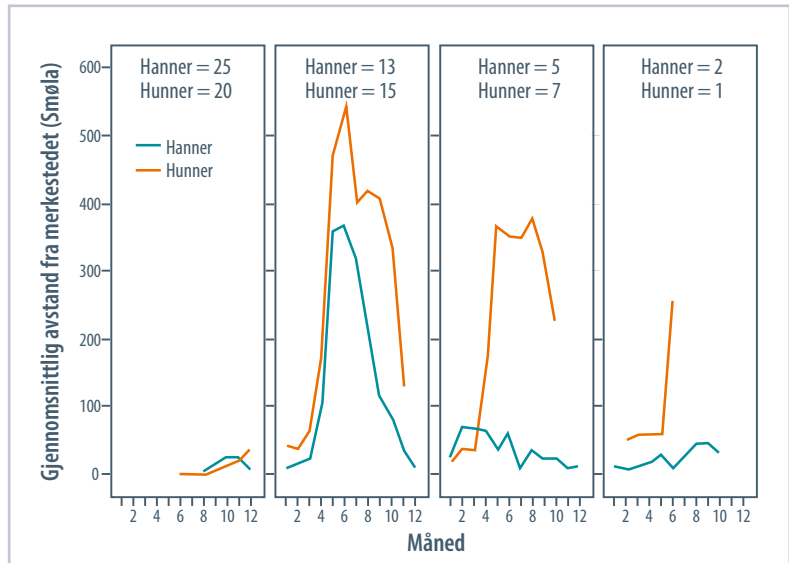


I løpet av BirdWind-prosjektet ble omkring 60 unge havørner påsatt slike sendere, noe som ga detaljert informasjon både om bevegelsene til fuglene innenfor og utenfor vindkraftverket. De unge havørnene viste et syklisk bevegelsesmønster, ved at de dro vekk fra Smøla om sommeren, hovedsakelig nordover, med retur til fødestedet neste vår, for så igjen å dra ut neste vår (Nygård m.fl. 2010). Hunner dro lengre enn hanner. Etter hvert som fuglene ble eldre så det ut til at de ble stadig mer knyttet til fødestedet.



Alle GPS-posisjonene fra unge havørner radioinstrumentert på Smøla i perioden 2003-2009 (n = 25 hanner og 20 hunner). Pilen indikerer merkestedet (Smøla). Etter Bevanger m.fl. (2010).

Gjennomsnittlig avstand fra merkestedet (Smøla) unge radioinstrumenterte havørner befant seg gjennom året de fire første årene etter merking. Etter Bevanger m.fl. (2010)



Bevegelsesmønsteret langs kysten omfattet besøk til mange potensielle, framtidige lokaliseringsteder for vindkraftverk, noe som illustrerer at sumeffekter av infrastruktur er viktig å ta i betraktning. Resultatene viste av enhver ung havørn født ved norskekysten kan komme i kontakt med nær sagt hvilket som helst planlagt eller eksisterende vindkraftverk. En GIS-basert sannsynlighetsanalyse basert på GPS-posisjoner viste at kollisjonsrisikoen var størst første høsten og om våren i ørnenes andre leveår (Nygård m.fl. 2010). En Kaplan-Meier overlevelsesanalyse indikerte at den samlede overlevelsen hos de radioinstrumenterte ungene i deres tre første leveår ble redusert med 10 % pga. ulykker i tilknytning til turbinene (Nygård m.fl. 2010).

Data som forteller noe om hvordan fugler reagerer på et vindkraftverk og/eller vindturbiner, krever verktøy som kan observere og dokumentere fuglenes bevegelser og oppførsel i kraftverkets nærområde. Visuelle observasjoner er viktig, men et spesialtilpasset radarsystem er et nødvendig hjelpemiddel som strekker observasjonsevnen, både når det gjelder periode og overvåkingsområdets størrelse. En radar kan dekke et relativt stort område av et vindkraftverk, og driftes 24 timer i døgnet hele året under alle typer værforhold; en umulig oppgave for en observatør med kikkert. En radar muliggjør kontinuerlig opptak av radarbilder som dokumenterer aktivitetene til alle slags fugler i overvåkingsområdet.

Bruk av radar har imidlertid steds- og systemspesifikke begrensninger. I BirdWind-prosjektet ble kjent radarteologi utviklet spesielt med målsetting om å overvåke og samle informasjon om fuglers atferd i nærområdet til store vindturbiner (Steinheim 2007). En av konklusjonene var at fugleradar vanskelig kan benyttes uten forutgående opplæring i forhold til teknologiske, metodiske og biologiske aspekter. BirdWind utviklet praktiske metoder og redskaper for å forenkle arbeidet med å finne egnet lokaliseringsted for radaren, oppsett og kalibrering av radarutstyret, samt protokoller for å håndtere dataanalysene. En fugleradar kan gi ny kvalitativ og kvantitativ kunnskap om hvordan fugl påvirkes av et nytt vindkraftverk, både i forhold til før- og etterundersøkelser. Radaren brukt på Smøla ga bl.a. kunnskap om variasjoner i vår- og høsttrekk, artsspesifikk atferd, flyveruter når kollisjoner hadde inntruffet, og bidro mye til å forbedre analysegrunnlaget for detaljert unnvikelsesatferd. En viktig konklusjon var at både vår- og høsttrekkende fugler, eksempelvis de store mengdene med spurvefugl som forflytter seg, generelt flyr så høyt at de ikke kommer i konflikt med Smøla-turbinene. Dette er selvsagt en konklusjon som burde

vært trukket før bygging av kraftverket, og at plasseringen ikke kom i konflikt også med trekkende arter kan ses på som en ren tilfeldighet.

Etablering av vindkraftverk, det være seg langs norskekysten eller i innlandet, krever mer kunnskap om storskala, regionale og lokale trekkruiter hos fugl. Dagens kunnskap om storskala trekkruiter er basert på gjenfunn av ringmerkede fugler, noe som gir for mangelfull informasjon til å gi gode råd om etablering av vindkraftverk. I konsesjonsvilkårene som settes er det ofte presisert at trekkruiter for fugl skal kartlegges. Radarsystemer som er i stand til å kartlegge storskala fugletrekk finnes. Så vel militære radarsystemer som værradarsystemer kunne vært utnyttet i denne sammenheng. Under BirdWind-prosjektet ble dette diskutert både med forsvaret, meteorologisk institutt og luftfartsverket. Alle viste en positiv holdning til spørsmålet, men søknadene som ble sendt Norges forskningsråd til dette arbeidet ble dessverre ikke finansiert slik at dette temaet fremdeles framstår på et teoretisk stadium.

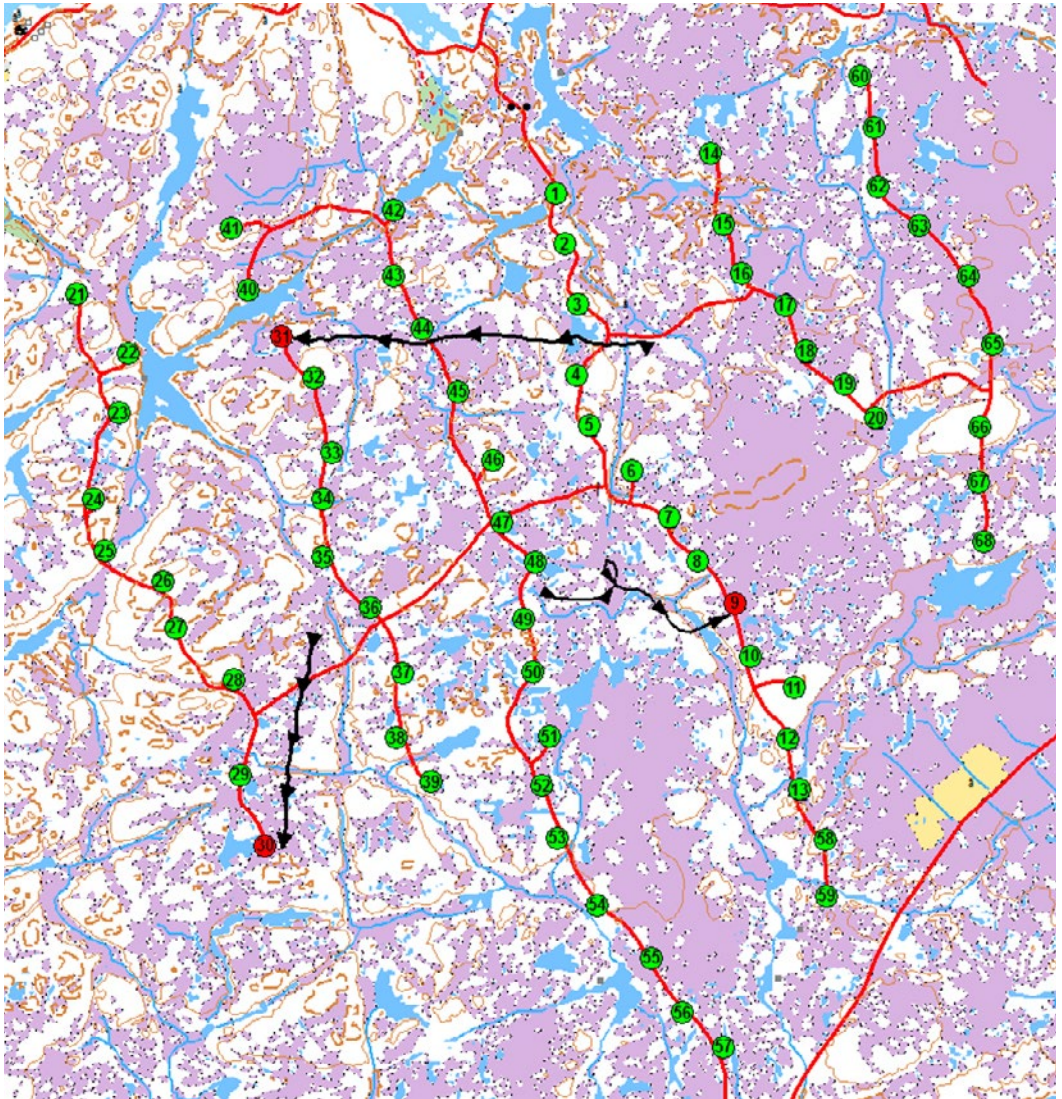
Det er så godt som umulig å danne seg et bilde av hvordan trekkruiter hos fugl er uten bruk av radar. En fugleradar kan gi nær sanntidsinformasjon om



Et lykkelig "crew" da Merlinradaren endelig var på plass på Smøla våren 2008. Foto: Wigdis Wollan

fugleaktiviteten i et område, og identifisere perioder og områder med økt kollisjonsrisiko. Modeller basert på slike data kan bl.a. gi økt innsikt i hvordan kollisjonsrisiko påvirkes av fugleaktiviteten innenfor arealene rotorbladene dekker, i forhold til den enkelte turbin til enhver tid. Med tilstrekkelig prediksjonskraft kan slike modeller fortelle når enkeltturbiner bør stanses for å avverge kollisjoner.

Tre eksempler av havørn kollisjoner som er blitt observert av fugleradaren (2008-2009). Etter Bevanger m.fl. (2010)



4.3 Atferdsresponser i flukt

Et spørsmål det var viktig å få svar på var om atferden til havørnene ble påvirket av vindturbinene og kraftverket som sådan. Dette kunne bidratt til å forklare hvorfor havørn kolliderer med vindturbiner og avdekket muligheter for eventuelle avbøtende tiltak. Med andre ord – var det mulig å identifisere atferdsforskjeller til havørnene innenfor området til vindkraftverket og i kontrollområder som grenser opp mot kraftverksområdet?

Hovedkonklusjonen på bakgrunn av observasjonsdataene var at havørnene ikke synes å ha spesielle atferdsresponser overfor vindturbinene, noe som faktisk kan bidra til å forklare at så vidt mange ørner drepes i området til vindkraftverket (Lund-Hoel 2009, Dahl m.fl. 2013). Et høyt antall voksne ørner som var omkommet pga. kollisjoner med vindturbinene kan eksempelvis skyldes at de voksne bruker mer tid i lufta enn subadulte (ikke-hekkende) ørner med mer sosiale interaksjoner mellom individer, og når de flyr fram og tilbake mellom hekkeplass og næringsområder. Hvis denne atferden øker risikoen for at fuglene skal kolliderer med vindturbinene kan dette også bidra til å forklare et høyere antall observasjoner av subadulte innenfor området til vindkraftverket enn utenfor.

En av målsettingene i BirdWind var å utvikle redskap og teknologi for å overvåke atferden til fugler nært opp til vindturbinene. Det er eksempelvis generelt mangel på kunnskap om hvordan turbulensen vindturbiner genererer påvirker ulike fuglearter, og hvordan de er i stand til å takle den. Uten detaljkunnskap om fuglenes atferdsresponser nært opp til vindturbinene, vil det være vanskelig på faglig grunnlag å utdype fundamentale spørsmål knyttet til eksempelvis hvilke arter som kan betraktes som høyrisikoarter – og hvorfor.

Våren 2008 ble et spesialkonstruert videosystem installert rundt en av turbinene på Smøla som ville kunne dekke turbinens nærområde både horisontalt og vertikalt ved hjelp av seks dagslyskamera samt et infrarødkamera innebygd i spesialkonstruerte kasser for å kunne tåle alle former for vær-situasjoner. Dessverre viste det seg at deteksjonsfunksjonen var for følsom, noe som resulterte i store mengder med opptak uten fugler (f.eks. skyer og turbiner i bakgrunnen), og det ble følgelig vanskelig å trekke konklusjoner fra eksperimentet.

For bedre å kunne evaluere effekten av avbøtende tiltak på flyveadferd hos havørn og andre arter, ønsket Statkraft å finne et system som både fungerer under



nordiske forhold, og som gir objektive og kvantitative data om kollisjoner og nært-flyvende ugler. De har derfor investert i et video-system utviklet i Portugal til uttesting. DT-Bird systemet ble montert i to turbiner, og deretter evaluert (May m.fl. 2012).

DT-Bird er et automatisert system utviklet for å oppdage fugler nært vindturbinene på dagtid (lysnivå >200 lux) og for å ta programmerte handlinger (dvs. advarsel, fraråding, kollisjonsregistrering og turbin-stopp-kontroll) gjennom sanntids fuglegjenkjenning. Mens systemet viste seg å kunne detektere de fleste nær-flyvende fugler på dagtid, ble varslingsmodulen igangsatt hyppigere enn antatt utfra fuglenes avstand til turbinene (May m.fl. 2012). Systemet har i tilknytning til INTACT-prosjektet (se s. 58) blitt anvendt for å registrere fuglenes næratferd med hensyn til uttesting av avbøtende tiltak.

*Ved en av vindturbinene på Smøla ble det montert flere overvåkingskamera for å få nærmere innblikk i hvordan fugler reagerer når de kommer nært innpå turbinene.
Foto: Kjetil Bevanger*

4.4 Kollisjonsrisiko hos havørn i vindkraftverket på Smøla

Å kunne forutsi hvilke faktorer som påvirker kollisjonsrisiko er avgjørende for å iverksette effektive, avbøtende tiltak samt å unngå høyrisikolokaliteter og -områder

Elleve (28 %) av de døde havørnene på Smøla ble funnet i nærheten av 5 turbiner i den nordvestlige delen av vindkraftverket (mellom turbin nr. 21 og 26) (Bevanger m.fl. 2010). En analyse av variablene (slik som flyveatferd, områdebruk, livshistorieparametre) som kan forklare hvor havørnkollisjoner finner sted i eksisterende vindkraftverk, viste at kollisjoner blant voksne havørn er mer sannsynlig mot turbiner som er lengre unna kjente reirplasser (Dahl 2014). Samtidig er det større sannsynlighet for kollisjon mot turbiner som har mange reirplasser innenfor 1 km avstand (Dahl m.fl. 2012). En mulig forklaring på dette kan være at voksne territorielle fugler inne i kraftverket holder andre ørner aktivt unna sitt eget reirområde. Det ble også funnet at havørn på Smøla ikke viser noen form for unnvikelsesatferd overfor turbiner, noe som kan forklare den høye mortalitetsraten i området (Dahl m.fl. 2013). Det blir dermed klart at kollisjonsrisiko er et sammensatt problem som påvirkes både av flyve-adferd, områdebruk og en arts livshistorie.

Av de ørnene som ble funnet i prosjektperioden ble 28 (72 %) funnet i perioden mars-mai og 7 (18 %) om høsten. Til sammen 21 (54 %) av ørnene var voksne fugler, dvs. at de kunne reprodusere. Elleve (28 %) var subadulte (dvs. at de ikke var i reproduserbar alder) og 7 (18 %) var ungfugler (opptil ett år). Telemetridata fra voksne ørner hadde vært ønskelig, men viste seg vanskelig å få på grunn av at voksne ørner i og nær vindkraftverket var vanskelig å fange. Gjennom slike data hadde det vært mulig å kartlegge fuglenes bevegelsesmønster mer detaljert i tilknytning til vindkraftverkets influensområde for å kunne beregne kollisjonsrisikoen.

Sentralt i arbeidet med modellering av kollisjonsrisiko står den mulige reduserte kollisjonsrisikoen som følge av eventuelle unnvikelseeffekter. Unnvikelsesatferd kan omfatte både fortrengingseffekt (dvs. hvis området der vindkraftverket er lokalisert ikke blir oppfattet eller foretrukket som leveområde) og atferdsresponser på ulike romlige nivå (unnvikelse av

vindkraftverkområdet, en spesifikk turbin eller en øyeblikkelig respons fra en av dens rotorbladene i bevegelse) (May 2015). Dette bør være fokusområder ved videre forskning.

Kollisjonsrisiko hos havørn på Smøla er basert både på visuelle observasjoner og GPS-merkede individer. Den metoden som er mest anvendt internasjonalt er den såkalte Band-modellen (Band 2005, Masden & Cook 2016). Den beregner kollisjonsrisiko basert på antall fugler som flyr gjennom rotorsonen og sannsynligheten for at de blir rammet av rotorbladene.

Der fugl kan unngå kollisjon, inngår det ved beregning av forventet kollisjonsdødelighet en korreksjonsfaktor som kontrollerer for unnavikelsesatferd (Chamberlain m.fl. 2006). Korreksjonsfaktoren estimerer andelen av nærflyvende fuglene som unnaviker turbinen for å unngå kollisjon. (Chamberlain m.fl. 2006). Basert på en kombinasjon av registrert dødelighet og enten visuelle observasjoner eller telemetridata, kan denne korreksjonsfaktoren beregnes. Unnavikelsesomfanget ble på Smøla beregnet til henholdsvis 95.4 % og 97.5 % (May m.fl. 2010, 2011). Om våren var unnavikelsesomfanget litt lavere. Korreksjonsfaktoren varierer også med vindhastighet og fuglenes flyvemønster, og påvirkes av hvem som foretar målingene (observatørskjevhet) (May m.fl. 2010).

Usikkerhetsnivået er mindre ved bruk av telemetridata (May et al. 2011), som også er brukt til å modellere kollisjonsrisiko etter en såkalt *Brownian bridge* interpolasjonstilnærming. Modellen viste at havørn er mest utsatt for å kolliderer om våren, og fordelte seg ujevnt mellom turbinene (Bevanger m.fl. 2010). Utvikling av denne metoden gir ikke bare innsikt i tidsspesifikke effekter, men gjør det også mulig å identifisere bestemte områder og bestemte vindturbiner med høy kollisjonsrisiko.

4.5 Individuelt skademønster hos havørn på Smøla

En ørn som blir truffet av et rotorblad på en vindturbin får en voldsom død

Det ble gjort undersøkelser for å identifisere dødsårsak og skademønster til de døde havørnene fra Smøla. På denne måten ble det mulig å sammenligne hvordan skader forårsaket av vindturbiner så ut sammenlignet med andre, dødelige skadekaraktistikker. Røntgenbildene viste et gjennomgående skademønster forårsaket av massive ødeleggelse av skjelettet, med et bredt spekter av brudd. Flere individer hadde fått kuttet av en vinge, men flertallet hadde mange frakturer i tilknytning til ulike deler av kroppen, og bare et fåtall hadde mindre skader. Det dreide seg om komplekse lesjoner som til dels var jevnt fordelt på skjelettet, og et bruddmønsteret som kan sammenlignes med det en finner hos dyr utsatt for trafikkulykker.

Det er ikke uvanlig å finne døde fugler med en eller noen få brudd i skjelettet, men ikke så omfattende som det havørnene fra Smøla hadde. Antallet var betydelig høyere på et stort antall av de drepte fuglene enn hva en finner hos fugler i områder uten vindturbiner. Et stort antall bein var splintret og hadde skarpe kanter. Det er ikke mulig å forklare disse på annen måte enn ved at fuglekroppene var blitt utsatt for voldsomme og plutselige krefter i forbindelse med rotorbladkollisjon (Bevanger m.fl. 2010).

*Røntgenbilder av havørner funnet ved vindturbiner på Smøla. Skadene som var påført bar preg av at fuglene var truffet av rotorbladene med stor kraft.
Foto: Finn Berntsen*



4.6 Individgjenkjenning gjennom DNA

DNA-analyser av havørnfjær gir viktige data for å kunne beregne antall aktive territorier innen et bestemt område og viste at vindkraftverket står for mer enn 50 % av registrert voksendødelighet

Det ble samlet mytefjær fra voksne havørner og fra reirunger på hekkeplassene på Smøla for DNA-analyser. Slike data er svært viktig sammen med overvåkingsdataene, og øker nøyaktigheten til disse vesentlig. Tradisjonelle metoder har vist seg å overestimere bestandsstørrelsen med 10-15 % sammenlignet med DNA-metoder. DNA-analysene var avgjørende i forhold til å beregne voksendødeligheten blant de hekkende havørnene inne i, og nært opp til vindkraftverket. DNA-analyser av fjær viste seg å være en kostnadseffektiv metode for å beregne antall aktive territorier innen området til vindkraftverket. En enkelt kartlegging av hekkeplasser kan føre til at beregningene av antall hekkende par gir for høyt antall fordi ørnene kan besøke flere potensielle hekkeplasser i et territorium selv om bare ett av dem velges til hekkeplass

Utvikling og optimalisering av DNA-metoder slik det ble gjort i BirdWind, ga viktige erfaringer også i forhold til å kunne svare på tilsvarende problemstillinger når det gjelder andre rovfuglarter. DNA-analysene viste bl.a. at vindkraftverket er en viktig dødelighetsfaktor for havørnbestanden på Smøla, og at det står for mer enn 50 % av registrert voksendødelighet. Spesielt var fugler som hekket innenfor, eller nært opp til kraftverksområdet, utsatt for å bli drept. En



DNA-analyser av fjær både fra døde ørner og fra hekkelokaliteter ga viktig informasjon om fuglenes tilhørighet og var viktig som del av utviklingen av en bestandsmodell.

forholdsvis stor andel av de voksne, døde ørnene var ikke representert i databasen over hekkende par, noe som indikerer at en viss andel av voksne ørner i bestanden ikke forsvare eget territorium, men er såkalte «flytere». Andelen flytere i bestanden kan beregnes ved å simulere forventet antall motstykker (*matches*), gitt forekomsten av kjente, hekkende fugler i databasen.

Databasen, som ble benyttet til å overvåke «omsetning» og opphav til døde ørner, gjorde det mulig å identifisere hekketerritorier som var spesielt sårbare for vindturbinrelatert dødelighet. Slik kunnskap er viktig når det skal gjennomføres dekkende, avbøtende tiltak for å redusere den ekstra dødeligheten som skyldes vindkraftverket. I løpet av prosjektperioden ble det samlet en dataserie over fem år som kunne benyttes til å beregne voksendødelighet i bestanden. Antall døde fugler og «motstykker» i databasen er imidlertid relativt lavt. Ideelt sett burde en slik tidsserie vært lengre slik at beregningen av voksendødelighet ble mer robust og sikker.

4.7 Hekkesuksess

Antall ørner født innenfor området til vindkraftverket gikk ned, men antallet som ble født innenfor overvåkingsområdet på Smølaøygruppen i perioden 2002-2010 økte

En bestandsmodell er helt avhengig av data knyttet til dødelighet og reproduksjon i bestanden. Hekkebestanden hos havørn på Smøla ble følgelig fulgt nøye bl.a. i forhold til hvor mange unger det enkelte par fikk på vingene. Denne overvåkingen viste at antall havørnunger som ble født i perioden 2002-2010 økte, på samme måte som reproduksjonssuksessen, dersom man ser på hele øsystemet på Smøla. Antall ørner født innenfor området til vindkraftverket gikk imidlertid ned, noe også reproduksjonsraten gjorde. Dataene fra overvåkingsarbeidet av havørnbestanden på Smøla viser hvor viktig før- og etterundersøkelser er når trender i bestandsutviklingen skal studeres.

En viktig konklusjon var at havørnpar med hekketerritorium nært inntil vindturbiner hadde dårligere hekkesuksess enn par som hekket lengre ifra turbinene. Denne effekten var særlig tydelig innenfor 1 km fra turbinene (Dahl m.fl. 2012). Årsaken til dette skyldes en kombinasjon av flere faktorer, bl.a. direkte tap av areal som følge av bygging av veier, turbiner og monterings- og oppstillingsplasser. Økt forstyrrelse og derved redusert habitatkvalitet og økt dødelighet som følge av kollisjoner med turbiner var også viktig (May m.fl. 2013).

4.8 Bestandseffekter av vindkraft

Den lokale havørnbestanden på Smøla ble påvirket negativt av forstyrrelser og dødelighet forårsaket av vindkraftverket, men dette representerer ikke en trussel for havørnbestanden regionalt eller nasjonalt

Hovedmålsettingen med opplegget til doktorgradsstipendiaten i BirdWind var å modellere de langsiktige effektene på havørnbestanden i Smøla-regionen som følge av dødeligheten som skyldes vindkraftverket. Hovedkonklusjonene (Dahl 2014) var at havørnbestanden ble påvirket både av forstyrrelser og dødelighet. Men selv om den lokale bestanden var negativt påvirket, representerer ikke det en trussel for havørnbestanden i regional eller nasjonal sammenheng. I økologisk terminologi brukes begrepene «sink» og «source» for områder som henholdsvis har færre og flere antall fødte enn døde individer i nærliggende områder. Selv om dødeligheten forårsaket av vindparken på Smøla ikke er en trussel for havørnbestanden på større skala, bør man inkorporere en holistisk tankegang i planlegging/utbygging av andre områder med høye tettheter av havørn. Kumulative effekter av flere utbygginger kan gi storskala bestandseffekter selv om enkeltutbygginger ikke gjør det. «Sinkområdet» vil med andre ord få tilførsel av overskuddsindivider i «sourceområdet».

Havørn med territorier nært vindkraftverket opplevde redusert hekkesuksess etter at kraftverket var ferdigbygget sammenlignet med før etablering (Dahl m.fl. 2012). Årsaken var dødelighet og individer som ble fortrent fra sine territorier. Dødeligheten både hos unge og voksne fugler var høyere for fugler som var født nær turbiner sammenlignet med de som var født lengre unna. Veksten i bestanden gikk ned på grunn av vindkraftutbyggingen, spesielt i den delen der fuglene hekket nær vindkraftverket. Forventet gjennomsnittlig alder hos voksne fugler i territorier nær turbiner var lavere enn for fugler med territorier lengre unna.

Av demografiske parametere var voksenoverlevelse viktigst for bestandsveksten. Det var en klar romlig komponent når det gjaldt påvirkningen av vindkraftverket på havørnbestanden. Betydningen av dødelighet hadde en bredere romlig innflytelse sammenlignet med det forstyrrelser hadde. Betydningen av økt voksendødelighet kunne spores i territorier opp til 5 km fra turbinene, mens reproduksjonssuksessen ble redusert i territorier ut til 1 km fra turbinene.

5 Miljødesign og miljøhensyn

5.1 Tiltakshierarki

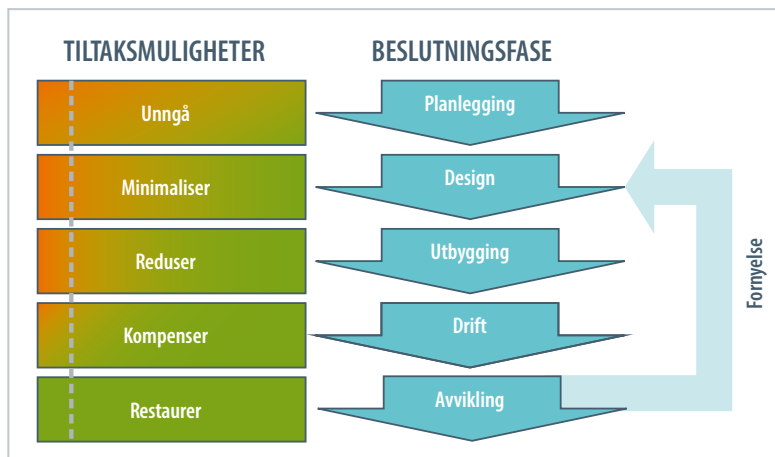
Prinsippene knyttet til tiltakshierarkiet eller målstyrt forvaltning, er av ukjente årsaker overraskende lite brukt i Norge

Et viktig begrep for arbeidet i CEDREN har vært miljødesign. Miljødesign i vindkraftutbyggingssammenheng innebærer at ulike alternativer for størrelse, antall og plassering av turbintårn og annen infrastruktur vurderes opp mot miljøulempe, kostnader, inntekter, samfunnsgevinst og skade på samfunnsinteresser. Det er ikke bare plassering av vindkraftverket som er mulig å justere for å minimere miljøulemper samtidig som kraftproduksjon holdes oppe, men også antall og størrelse på turbinene.

Et mål om lavest mulige miljø- og samfunnskostnader per kWh fra vindkraft er avhengig av en planleggingsprosess som tilrettelegger for implementering av avbøtende tiltak for å redusere fugledødelighet gjennom vindkraftverkets livsløp. Dette er også viktig for å unngå forsinkelser i konsesjonsprosessen. Avbøtende tiltak kan bidra til å redusere det generelle konfliktnivået og derved muliggjøre utvikling i områder som tidligere ble ansett å ha for høye konfliktnivå, samt bedre utnyttelse av vindressursene på bestemte steder uten å øke konfliktnivået (May m.fl. 2015, Arnett & May 2016).

Konsesjonsbeslutningen for et vindkraftverk er vanligvis basert på en konsekvensutredning (KU). Mens KU-prosedyrer og praksis varierer fra land til land (Wood 2003), er formålet med en KU å identifisere, forutsi og evaluere miljøeffekter av utbyggingsforslag før viktige beslutninger tas og forpliktelser er gjort. Dette omfatter også en evaluering av alternativer til det foreslåtte tiltak for å forbedre hensiktsmessig lokalisering og utforming (Langston & Pullan 2003).

«Tiltakshierarkiet» er en viktig fase i KU-prosessen, der tiltakshaver kan redusere negative miljøvirkninger. Formålet er å (1) unngå, (2) minimere, (3) redusere, (4) kompensere for miljøpåvirkninger og (5) restaurere til før-situasjonen (May 2016). De prioriterte tiltak er knyttet til livsløpet til et vindkraftverk og tilhørende beslutningsmomenter: a) planlegging, b) utforming, c) bygging, d) drift og e) fjerning. Likevel er tiltakshierarkiet for øyeblikket ikke systematisk gjennomført i planlegging



«Tiltakshierarkiet» er en viktig fase i KU-prosessen. Tiltakshaver kan ved å benytte denne tilnærmingen redusere negative miljøvirkninger.

av vindkraftverk (Langston & Pullan 2003, Tinker m.fl. 2005), noe som i stor grad skyldes mangel på insentiver som en del av KU-praksisen og spesifikke konsekvenskrav tilknyttet dette (Cole 2011, Kiesecker m.fl. 2011). I tillegg har man usikkerheten omkring omfanget av miljøpåvirkningene (Köppel m.fl. 2014).

Etter føre-var-prinsippet bør mangel på kunnskap og vitenskapelig usikkerhet krediteres naturen. Ansvar for dette hviler hos tiltakshaver, og prosjekter med potensiale for betydelig risiko krever dermed at trinnene i tiltakshierarkiet følges for å redusere risikoen for uakseptable miljøpåvirkninger (Stewart 2002). Men føre-var-prinsippet alene er ikke nok til å balansere fornybar energi med bevaring av biologisk mangfold. For å ta hensyn til usikkerheten i mulige påvirkninger og for å implementere tiltakshierarkiet aktivt gjennom vindkraftverkets livsløp, foreslår Köppel m.fl. (2014) å anvende målstyrt forvaltning (også kalt adaptiv forvaltning).

Målstyrt forvaltning handler enkelt sagt om å håndtere risiko gjennom en inkluderende prosess med utgangspunkt i kunnskapsinnhenting. US Fish and Wildlife Service har utviklet retningslinjer for hva som bør gjøres i tilknytning til bygging av vindkraftverk slik at virksomheten skjer i tråd med eksisterende lovverk (USFWS 2012). Retningslinjene er basert på en hierarkisk tilnærming for å vurdere mulige negative konsekvenser for arter og deres leveområder. Utgangspunktet er en repeterende analysemetode der data og informasjon med stadig økende detaljeringsgrad innhentes. I perioden før bygging (nivå 1, 2 og 3) skal utbygger identifisere, unngå og minimere risiko for sårbare arter. Etter utbygging (nivå 4 og 5) vurderes hvorvidt tiltak som er utført på tidligere nivå for å unngå og minimere negative påvirkninger fungerer etter hensikten.

Kort summert er første nivået en form for screening på landskapsnivå av potensielle kraftverkplasseringer. Dette tilsvarer det som også utføres i konsekvensutredninger. Andre nivå gir en generell karakteristikk av ett eller flere aktuelle steder for lokalisering. Tredje nivå omfatter feltstudier for å dokumentere viltforekomster og habitater og prediksjoner vis-à-vis konsekvenser. Fjerde nivå omfatter etterundersøkelser for å beregne effekter mens nivå 5 gjelder andre etterundersøkelser og forskning. Denne tilnærmingen gir utbygger mulighet, på det enkelte nivå, til å forkaste eller fortsette planleggingen eller samle mer informasjon om nødvendig. Oppbyggingen av USFWS system har mange likhetstrekk med systemet Statens Vegvesen benytter og som er beskrevet i Håndbok V712, Konsekvensanalyser. Vurderingene knyttet til naturmangfold inngår i en samlet vurdering av prissatte og ikke-prissatte konsekvenser, og danner grunnlaget for rangering av alternativer og anbefalinger. Så langt er tiltakshierarkiet og/eller målstyrt forvaltning svært lite benyttet i Norge ved for eksempel vindkraftutbygging.

5.2 Mikro-plassering av vindturbiner

Økt kunnskap i forhold til å kunne forutsi konfliktområder i forhold til fugl, dvs. hvilke områder som bør unngås ved vindkraftutbygging, er en viktig målsetting for videre forskning

Erfaringene fra forskningen på Smøla kan benyttes til å definere gunstige eller ugunstige plasseringer av enkeltturbiner. Selv om det er langt igjen til en fullgod oversikt over de prosesser som styrer enkeltarters responser i forhold til vindturbiner, er presisjonsnivået i forhold til å fastslå potensiell grad av påvirkning hos arter som kongeørn og havørn, forholdsvis god. En forutsetning er grundig kunnskap om de lokale bestandene.

Å skulle forutsi konsekvenser av enkeltturbiners plassering med høyt presisjonsnivå i forhold til enkeltarter er i utgangspunkte svært vanskelig. Vekting av turbinlokaliseringer mot hverandre vil trolig i lang tid måtte skje på grunnlag av en generell forståelse, og kunnskap om hvordan enkeltarter benytter leveområdene i ulike faser av sin livssyklus. I forhold til kongeørn og havørn, og flere andre fuglearter, er det generelt kjent at oppadstigende, varm luft benyttes for å nå opp i høyere luftlag. For det enkelte individ er dette energibesparende.

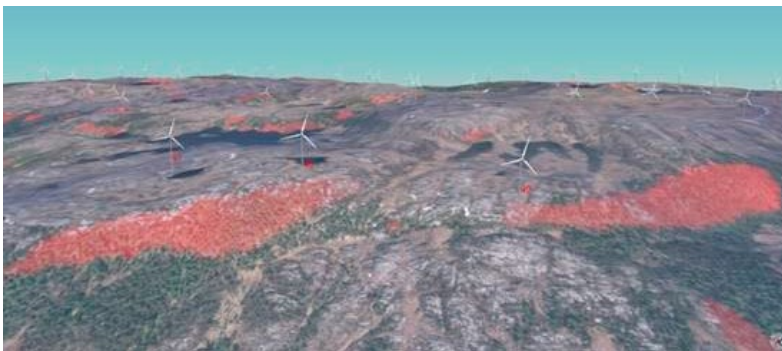
Mars, april og mai er de månedene på Smøla med størst sannsynlighet for å finne kollisjonsdrepte havørner. Dette tidsrommet faller sammen med en

periode fuglene er mye på vingene som følge av at dette er kurtiseringsperiode og en tid med utpreget territorialatferd. På varme dager utnytter havørn oppadstigende luftstrømmer, dvs. termikkvind (varme luftbobler), til å ligge og sveve på. Den enkelte fugleart, det være seg rovfugler eller andre, har særegne atferdsmønstre, men både ørner og gribber benytter termikkvind, dannet ved solinnstråling og oppvarming av bakken, til å få ekstra løft.

Termikkvind dannes på bakgrunn av bakkens evne (farge og helningsvinkel) til å absorbere solenergi. Tidspunktet på dagen når den varme lufta stiger opp vil naturlig nok variere med værforholdene. Ved godt vær skjer det relativt tidlig på formiddagen. Bratte terrengformasjoner i sørvendt terreng som vender vertikalt mot fremherskende vindretninger, er også viktig å ta i betraktning. Her dreier det seg gjerne om en kombinasjon av termikkvind og såkalt oreografisk heving, dvs. at luftmasser tvinges oppover av stigende terreng. I godt vær vil sørvendte bergvegger raskt bli varme og den varme lufta stiger opp langs berget.

På toppen av en fjellskrent vil med andre ord luftstrømmer både kunne være dannet av termikk og av oreografisk heving. Fenomenet kalles gjerne «hangvind» («ridge lift»). Avhengig av solinnstråling, vindstyrke og topografien hos «henget», kan vertikalkomponenten hos hangvind nå opp i flere meter pr. sekund. Hangvind er særlig kjent blant seilflyvere og utnyttes også i stor grad av rovfugl og andre arter. Det er energetisk svært gunstig for fugl å søke etter hangvind, enten de ønsker å komme opp i luften for å speide etter byttedyr, patruljere territorier eller av andre årsaker.

Turbiner som plasseres i tilknytning til slike topografiske strukturer vil kunne representere feller for fugler. Generelt vil det derfor være lite ønskelig å plassere turbiner på lokaliteter med høy solinnstråling og ved skrenter med hangvind (Bevanger m.fl. 2009).



Rovfugler seiler gjerne på oppadstigende luftstrømmer for å spare energi. Slik termikk dannes bl.a. når sørvendte bergvegger varmes opp fra sola. Plassering av vindturbiner på toppen slike strukturer kan være svært uheldig. Bildet viser en modellering fra Hitra II der rød skravur indikerer områder som lett varmes opp (etter Bevanger m.fl. 2009).

5.3 Avbøtende tiltak

Det er nedlagt store ressurser i å finne effektive, avbøtende tiltak som hindrer fugledød i tilknytning til vindkraftverk, uten at det så langt er utviklet noe «columbi egg»

I 2011 etablerte et bredt konsortium bestående av Statkraft, Statoil, Vattenfall, Energi Norge, TrønderEnergi Kraft, NVE og NINA et FoU-prosjekt for å teste ut forskjellige avbøtende tiltak for å redusere fuglekollisjoner med vindturbiner. Det brukerstyrte prosjektet *Innovative mitigation tools for avian conflicts with wind turbines* (INTACT) mottok tilleggsbevilgning fra NFR i 2013.

Et viktig fokus i INTACT har vært å teste *in situ* kollisjonsreducerende tiltak som har vært foreslått av flere rundt om i verden. Forut for INTACT utførte NINA en pilotstudie basert på en litteraturgjennomgang som ga anbefalinger i forhold til hva som synes å være de mest lovende tiltak ut fra dagens kunnskap om bl.a. fuglers biologiske og fysiologiske forutsetninger, bl.a. syn og aerodynamiske ferdigheter (May m. fl. 2015). Dette var bl.a. bakgrunnen for å male 10 turbintårn og 4 rotorblader svarte for å øke kontrastvirkningen og derigjennom gjøre dem mer synlige for fugl.

*INTACT-prosjektet ble etablert som oppfølging av BirdWind og fokuserer i første rekke på avbøtende tiltak. Ett av disse var eksperimenter med kontrastmaling av rotblad og turbintårnbasis for å øke synligheten.
Foto: Roel May*

Et annet tema som har vært mye debattert er hvorvidt det er mulig å øke synligheten av objekter ved bruk av UV-maling eller UV-lys. Flere fuglearter registrerer lys under 400 nm, dvs. i det ultrafiolett spekteret, et område av spekteret det menneskelige øye ikke kan se. Ideen bak bruk av sterke UV-lys i



INTACT har vært å «gjerdne inn» vindturbiner for å hindre fugler i å komme for nært inntil. CEDREN fikk ekstra midler til innkjøp av en 3D radar (ROBIN) som har vært benyttet til å undersøke fuglers respons på to utplasserte UV-lamper på Smøla. Disse ble plassert utenfor vindkraftverket nær kysten. INTACT videreutviklet også et GIS-basert verktøy for å identifisere høyrisiko-områder med oppadstigende luft som tiltrekker seg svevende fugler. INTACT utviklet også en analysemodell for justering av drift av turbinene i rom og tid. Metodisk har INTACT bygget videre på aktiviteter i BirdWind, bl.a. søk etter døde fugler, fugleradar og satellitt-telemetri av havørn. Dette har vært avgjørende for å få svar på om de tiltakene som er implementert fungerer etter hensikten. Resultatene fra INTACT skal rapporteres i løpet av 2016.

Det kan også være aktuelt å vurdere såkalte «kompenserende» tiltak (Cole & Dahl 2013). Det er midlertidig lite erfaring internasjonalt på anvendelse av kompensasjon ved utbygging av vindkraftverk (May m.fl. 2015, May 2016). Eksempelvis viste det seg at på Smøla ble det drept mange havørner på grunn av elektrokusjonsulykker når fuglene satte seg på stolpetraversene i 22 kV-nettet (Bevanger m.fl. 2010). Ved å fjerne disse elektrokusjonsfellene ville den totale dødeligheten i området bli redusert. Hvorvidt dette gir økt aksept for dødeligheten som skyldes vindturbinene er imidlertid et annet spørsmål.

5.4 Samlet belastning

Dødelighetsfaktorer som rammer en art må ikke betraktes isolert, men som del av en samlet dødelighetsbelastning over tid og rom for artens bestand

Gjennom studier fra Norge og andre land er det dokumentert at de fleste fuglearter som beveger seg i lufta løper en viss risiko for å bli drept på grunn av kunstige lufthindringer. Til tross for omfattende internasjonal dokumentasjon av dødelighet hos fugl i tilknytning til vindkraftverk, er det fremdeles en tendens til å bagatellisere denne dødeligheten gjennom å vise til at kraftledninger, kollisjoner mot vindu, biltrafikk, katter osv. tar livet av langt flere (Ericson m.fl. 2005). Dette er en feilslutning i og med at enkeltfaktorer ikke kan betraktes isolert, men som del av en total og samlet belastning for en populasjon. Det har de siste årene kommet mange publikasjoner som har forsøkt å beregne omfanget av menneskeskapt dødelighet hos fugl, beregninger som bl.a. viser at antallet drepte fugler i USA og Canada kan være så høyt som 1 milliard årlig (Calvert m.fl. 2013, Scott m.fl. 2014, 2015). Alvorlighetsgraden i slike

tall er imidlertid vanskelig å vurdere uten å ha data på hvor store bestandene av de enkelte artene som rammes er, noe som oftest mangler.

Mange fuglearter og andre dyregrupper er utsatt for en rekke både åpenbare og skjulte farer i de fleste faser av sin livssyklus, og det blir stadig vanskeligere å forutsi virkningene av de enkelte, negative påvirkningsfaktorene. Samlet belastning har derfor blitt et stadig viktigere tema (se for eksempel May m.fl. 2010). Dette er en realitet for så vel for truede og sårbare arter, som småviltarter. Til syvende og sist er det den samlede effekten av de negative og ødeleggende faktorene over tid og rom, menneskeskapte som naturlige, som bestemmer om en arts bestandsutvikling blir påvirket.

Hvorvidt dødelighet som skyldes menneskeskapte strukturer har konsekvenser for den enkelte arts bestand er svært vanskelig å etterprøve. Arnold & Zink (2011) fant for eksempel ikke noen sammenheng mellom bestandsvariasjoner hos trekkfugler i Nord-Amerika og relativt kollisjonsomfang hos den enkelte art. Likevel kan menneskeskapte barrierer ved trekkruiter øke energibehovet hos allerede energipressede fugler på trekk (Masden m.fl. 2010). Det hefter imidlertid stor usikkerhet i forhold til omfanget av dødelighet knyttet til den enkelte dødelighetsfaktor og totaleffekten av dem. For å redusere denne usikkerheten er det behov for utstrakt datainnsamling i forhold til omfang av artsspesifikk dødelighet, samt når og hvordan dødeligheten rammer i forhold til artenes livssyklus. Slik informasjon er avgjørende for å kunne lage modeller som kan si noe om i hvilken grad mange dødelighetsfaktorer som virker sammen er additive eller kompensatoriske for en fuglebestand.

Isolert sett må det antas at fugledød knyttet til vindkraftverk opptrer tetthetsuavhengig uten langsiktig, negativ bestandsutvikling. Tetthetsuavhengig dødelighet innebærer dødelighet som opptrer uavhengig av individtettheten i en bestand, dvs. ytre faktorer som jakt, predasjon, kollisjon mot kraftledninger etc. Tetthetsavhengig dødelighet betyr dødelighet pga. at det er for mange individer i forhold til ressurstilgang m.m. Tetthetsavhengig og tetthetsuavhengig dødelighet har ofte helt forskjellige konsekvenser for dødelighetsomfang, bestandens evne til å bygge seg opp igjen osv.

Det er imidlertid vist at selv bestander av arter med høy reproduksjonsevne kan trues av dødelighet som skyldes jakt (Pedersen m.fl. 2004, Brøseth m.fl. 2012) og menneskeskapte strukturer. Fra Skottland ble det for eksempel rapportert

at fjellrype ble utryddet i et område med stor tetthet av skiheiser på grunn av at fuglene kolliderte mot luftkablene (Watson 1982), og i Frankrike ble det funnet at luftkabler var en alvorlig trussel mot orrfuglbestanden (Miquet 1990). For å ta hensyn til overordnede nasjonale og internasjonale politiske beslutninger, bl.a. i forhold til vern av biologisk mangfold, kan det derfor være svært misvisende å vurdere omfanget av en bestemt kilde til dødelighet isolert.

Med bakgrunn i planene om utbygging av vindkraft i Norge har miljømyndighetene satt fokus på mulige samlede miljøkonsekvenser av flere vindkraftverk, både på land og til havs. For å kunne vurdere slik samlet belastning på fugl er det nødvendig å definere en felles tilnærming til effektundersøkelser for alle planlagte og eksisterende vindkraftverk. Samlet belastning er definert på ulike måter, bl.a. som de samlede konsekvenser flere vindkraftverk har på fuglearter innenfor et gitt geografisk område (May m.fl. 2010). I denne studien understrekes det også at etablering av standard naturforvaltningsvilkår når det gjelder for- og etterundersøkelser for et utvalg av sårbare fuglearter, vil være et viktig virkemiddel for å vurdere samlet belastning (FAKTABOKS - Roel). I tillegg bør det bl.a. etableres generelle vilkår for minimumskrav (metodikk, varighet, omfang og frekvens) for oppfølging av utvalgte arter ved før- og etterundersøkelser for å kunne registrere eventuell samlet effekt av flere vindkraftanlegg.

Standard naturforvaltningsvilkår for samlede vindturbin-fugl konflikter (etter: May m.fl. 2010)

Fastsettelse av sårbare fuglearter i konsekvensutredninger

- Definerings av influensområdet
- Definerings av sårbare arter/artsgrupper og deres funksjonsområder
- Fastsettelse av forekomst av sårbare arter basert på eksisterende data samt feltregistreringer

Gjennomføring av for- og etterundersøkelser

- Definerings av tiltaksområdet
- Definerings av referanseområdet
- Undersøkelsesens varighet
- Oppsett av oppfølgingsprogram med BACI-tilnærming
 - Baseline-overvåking før utbygging, både i tiltaks- og referanseområdet
 - Tetthet av hekkende fugl
 - Forekomst av ikke-hekkende fugl
 - Fugletrekk og rasteplasser
 - Aktivitetsmønsteret
 - Effekt-overvåking etter utbygging, både i tiltaks- og referanseområdet
 - Gjenta baseline-overvåking
 - Søk etter fugl som kolliderte med vindturbinene
 - Statistisk analyse av konstaterte effekter per art/artsgruppe
- Vurdere den samlede belastningen over alle arter/artsgrupper innenfor et vindkraftverk

6 Veien videre

6.1 Nasjonalt og internasjonalt samarbeid

For å løse miljøproblemer knyttet til vindkraft er så vel nasjonalt som internasjonalt samarbeid avgjørende

Fra slutten av 1990-tallet fram til i dag har kunnskapen om konflikter rundt vindkraft og fugl økt eksponentielt. Dette har samtidig økt behovet for tilgjengelig kunnskap i fagmiljøene. Ved oppstarten av BirdWind ble eksisterende kunnskapsgrunnlag sammenstilt, til nytte for alle involverte parter (Nygård m.fl. 2008). Per i dag finnes det allikevel ingen offisiell møteplass for industrien og forvaltningen med kunnskapsleverandører i Norge. Fagmiljøene (NINA, SINTEF, universitetene, konsulentbedrifter) omkring vindkraft og fugl er relativt spredt og kun prosjektbasert. Både BirdWind, gjennom CEDREN, og INTACT-prosjektet, har imidlertid bidratt til en tettere dialog mellom industrien, forvaltningen og kunnskapsleverandørene. Slike fora bidrar både til direkte utveksling av kunnskap, men også til å dele utfordringer og identifisere kunnskapsbehov. I USA er det blitt etablert et tverrfaglig forum tilknyttet vindkraft: *National Wind Coordinating Collaborative* (NWCC). Det ville være fordelaktig å etablere et nasjonalt forum à la NWCC også i Norge.

Etter hvert som vindkraft er blitt et tema for stadig flere land, har samarbeidet mellom fagmiljøene internasjonalt økt. Innen energisektoren har det imidlertid vært en tendens til segregering mellom det som skjer i USA og Europa, bl.a. som følge av at USA har vært først på arenaen i mange tilfeller. Dette skillet er nå i ferd med å forsvinne og det er betydelig utveksling av kunnskap mellom de fleste land, bl.a. som følge av at fagkonferanser har blitt mer internasjonale.

Da CEDREN avsluttet BirdWind-prosjektet, ble det tatt initiativ til en internasjonal konferanse i Trondheim våren 2011. Konferansens faglige fokus var effekter av vindkraft på dyreliv, og hadde god oppslutning (ca. 300 deltakere fra 30 land) (May & Bevanger 2011). Denne konferansen (*Conference on Wind energy and Wildlife impacts - CWW* 2011) er siden fulgt opp av tilsvarende konferanser annethvert år i Stockholm (Naturvårdsverket 2013) og Berlin (Köppel & Schuster 2015). Den neste holdes i Portugal i 2017, og konferansene er viktige i forhold til utveksling av ny kunnskap om bl.a. vilt og vindkraft. Konferansenes faglige



Internasjonalt samarbeid innen forskning på effekter av vindkraft er viktig. Ved avslutningen av BirdWind arrangerte CEDREN en internasjonal konferanse med ca. 300 deltakere fra 30 land. Konferansen er siden fulgt opp annethvert år (Sverige, Tyskland og i 2017 Portugal).

program har vært bredt og har omfattet både fugl, flaggermus og andre terrestriske og marine pattedyr.

Det har også vært fokus på metodikk og tekniske utfordringer knyttet til data-innsamling. Ved siden av forskere har det vært deltakere fra bl.a. forvaltning, kraftindustri, miljøorganisasjoner og næringsliv. Konferansene har på denne måten blitt en viktig arena for å knytte kontakter, så vel nasjonalt som internasjonalt. Så langt synes det som denne konferanserekken er kommet for å bli. I USA organiserer NWCC annethvert år en «Wind Wildlife Research Meeting» som et internasjonalt forum for forskere og interessenter.

Et annet forum er en arbeidsgruppe rettet spesifikt mot vindkraft og miljørelaterte spørsmål innenfor det internasjonalt anerkjente *International Energy Agency* (IEA). Arbeidsgruppen har som mål å legge til rette for internasjonalt samarbeid og fremme global forståelse for mulige miljøpåvirkninger av vindkraft. Dette vil i første rekke skje gjennom å syntetisere kunnskapen for utvalgte sentrale tema (kunnskapsbasert forvaltning, bestandsmessige effekter av vindkraftutbygging, samlet belastning, «green versus green»), og formidle og dele informasjon via en nettbasert plattform.

7 Kunnskapsstatus og utfordringer i Norge, hovedprioriteringer

Fremtidig forskning knyttet til vindkraft og fugl må særlig prioritere arbeid som kan belyse artsspesifikke, bestandsmessige konsekvenser av dødelighet, samt effektive, artsspesifikke avhjelpende tiltak

På tross av at det er utført mye forskning knyttet til effekter av vindkraftutbygging på fugl, gjenstår en rekke ubesvarte spørsmål. Temaet er stort og komplisert, og vil sånn sett neppe noen gang bli endelig utredet. Enkelte spørsmål er imidlertid viktigere å få svar på enn andre for bl.a. å kunne utvikle effektive, avbøtende tiltak. Avgjørende i denne sammenheng er i hvilken utstrekning forvaltningsmyndighetene vil pålegge utbyggere å innhente kunnskap. I forhold til fugl inviterte NVE høsten 2014 til internt seminar for å kvalitetssikre hvilke kunnskapsbehovet som bør prioriteres i tilknytning til konsesjonskrav (Tekstbox X). Det er et generelt behov for økt innsikt i enkeltartenes responser på vindturbiner, og forståelse av effekter av forstyrrelser fra vindkraftverkens nærområder.

Forskning på bestandsmessige effekter på sårbare arter og hvordan fugletrekk påvirkes av det totale nettverket av vindkraftverk, vil stå sentralt i årene framover. Ikke minst med hensyn til samlede effekter av vindkraftutbygging (og annen menneskelig virksomhet). Dette krever langsiktige og sammenlignende studier for å identifisere artsspesifikke egenskaper som påvirker risiko for dødelighet, særlig fra kollisjon med vindturbiner, forstyrrelser eller barriereeffekter. Dette, samt prediktiv modellering for å forutsi forventet risiko, kan bidra til å redusere usikkerheten omkring miljøpåvirkninger for kunnskapsbasert beslutningstaking. Til dette kreves bedre kunnskap om tilnærminger som implementerer tiltakshierarkiet på en effektiv måte.

Ornitologisk kunnskapsbehov for konsesjonskrav

Høsten 2014 inviterte NVE representanter fra sentrale norske fagmiljø og interesseorganisasjoner til internt seminar for å kvalitetssikre hvilke ornitologiske interesser som bør vektlegges i konsesjonskrav ved vindkraftutbygging. I sin oppsummering fremhevet NVE følgende åtte forhold:

- 1. Påstander om «udokumenterte» observasjoner:** NVE bør gjøre sannsynlighetsvurderinger av påståtte observasjoner for å sannsynliggjøre at tiltaket ikke rammer/rammer antatte sårbare arter.
- 2. Når har NVE nok informasjon om ulike arters bruk av plan- og influensområdet?** Hvilke arter og funksjonsområder det er sannsynlig at er tilstede bør utgjøre kunnskapsgrunnlaget når NVE fatter vedtak. Detaljer kan inngå i en eventuell detaljplanleggingsfase.
- 3. Hva er det viktigst å få ny kunnskap om?** Stor enighet om at trekk er viktigst å få ny kunnskap om.
- 4. Arts-, steds- og stedsspesifikk påvirkning – overførbare forskningsresultater?**
Generalisering - ikke alle alltid.
- 5. Metodiske utfordringer ved for- og etterundersøkelser.** Må akseptere noe tap av fugl ved vindkraftutbygging.
- 6. Stedegne og trekkende arter: Hvilke bør NVE prioritere?** NVE bør fortsette å inkludere de artene som vurderes i vedtakene per i dag.
- 7. Bør NVE ha mest fokus på fortrenging, forstyrrelser eller kollisjoner? Hva med trekk?**
Hvor viktige er enkeltindivider dersom bestanden ikke påvirkes? Trekk- og funksjonsområder er viktigere enn artsforekomster på individnivå.
- 8. Avbøtende tiltak: Er nei det eneste som monner? Hvor stor avstand til hekkelokaliteter er tilstrekkelig?** Avbøtende tiltak må vurderes i hvert enkelt tilfelle. Kompensasjon er forholdsvis nytt og bør sees nærmere på framover.

8 Referanser

- Arnett, E. & Baerwald, E.F. 2013. Impacts of wind energy development on bats: Implications for conservation. – ss. 435-456 i Adams, R.C. & Pedersen, S. (red.). Bat Evolution, Ecology, and Conservation. Springer Science + Business Media, New York. 547 s.
- Arnett, E.B., Brown, W.K., Erickson, W.P., Fielder, J.K., Hamilton, B.L., Henry, T.H., Jain, A., Johnson, G.D., Kerns, J., Koford, R.K., Nicholson, C.P., O'Connell, T.J., Piorkowski, M.D. & Tankersley, Jr., R.D. 2008. Patterns of Bat Fatalities at Wind Energy Facilities in North America. – *Journal of Wildlife Management*: 72: 61-78,
- Arnett E.B. & May, R.F. 2016. Mitigating wind energy impacts on wildlife: approaches for multiple taxa. – *Human–Wildlife Interactions* 10(1): Spring 2016.
- Baerwald, E.F., D'Amours, G.H., Klug, B.J. & Barclay, R.M.R. 2008. Barotrauma is a significant cause of bat fatalities at wind turbines. – *Current Biology* 18: 695-696.
- Barrios, L. & Rodríguez, A. 2004. Behavioral and environmental correlates of soaring-bird mortality and on-shore wind turbines. – *Journal of Applied Ecology* 41: 72-81.
- Bevanger, K. 1994. Bird interactions with utility structures, collision and electrocution, causes and mitigating measures. – *Ibis* 136: 412-425.
- Bevanger, K. 1995. Estimates and population consequences of tetraonid mortality caused by collisions with high tension power lines in Norway. – *Journal of Applied Ecology* 32: 745-753.
- Bevanger, K. 1998. Biological and conservation aspects of bird mortality caused by electricity power lines: a review. – *Biological Conservation* 86: 67-76.
- Bevanger, K. 1999. Estimating bird mortality caused by collision with power lines and electrocution, a review of methodology. – S. 29-56 i Ferrer, M. & Janss, G.F.E. (red.), *Birds and power lines. Collision, electrocution and breeding*. Quercus, Madrid.
- Bevanger, K. & Brøseth, H. 2000. Reindeer *Rangifer tarandus* fences as a mortality factor for ptarmigan *Lagopus* spp. – *Wildlife Biology* 6: 103-109.
- Bevanger, K., Bartzke, G., Brøseth, H., Dahl, E.L., Gjershaug, J.O., Hanssen, F., Jacobsen, K.-O., Kvaløy, P., May, R., Meås, R., Nygård, T., Refsnæs, S., Stokke, S. & Vang, R. 2010. Optimal design and routing of power lines; ecological, technical and economic perspectives (OPTIPOL). Progress Report 2010. – NINA Report 619. 51 s.
- Bevanger, K., Dahl, E.L., Gjershaug, J.O., Halley, D., Hanssen, F., Nygård, T., Pearson, M., Pedersen, H.C. & Reitan, O. 2009. Ornitologisk etterundersøkelse og konsekvensutredning i tilknytning til planer for utvidelse av Hitra vindkraftverk. – NINA Rapport 503. 61 s
- Bevanger, K., Bartzke, G., Brøseth, H., Dahl, E.L., Gjershaug, J.O., Hanssen, F., Jacobsen, K.-O., Kleven, O., Kvaløy, P., May, R., Meås, R., Nygård, T., Refsnæs, S., Stokke, S. & Thomassen, J. 2014. Optimal design and routing of power lines; ecological, technical and economic perspectives (OPTIPOL). Final Report; findings 2009-2014. – NINA Report 1012. 92 s.
- Bevanger, K., Berntsen, F., Clausen, S., Dahl, E.L., Flagstad, Ø., Follestad, A., Halley, D., Hanssen, F., Johnsen, L., Kvaløy, P., Lund-Hoel, P., May, R., Nygård, T., Pedersen, H.C., Reitan, O., Røskaft, E., Steinheim, Y., Stokke, B. & Vang, R. 2010. Pre- and

- post-construction studies of conflicts between birds and wind turbines in coastal Norway (BirdWind). Report on findings 2007-2010. – NINA Report 620. 152 s.
- Bevanger, K. & Jordhøy, P. 2004. Villrein – fjellets nomade. – Naturforlaget, Oslo.
- Bjerke, J.W., Strann, K.-B., Frivoll, V. & Bergersen, E. 2004. Konsekvensutredning for Andmyran vindpark i Andøy kommune, Nordland — berggrunn, vegetasjon, fugl og annet dyreliv. – NINA Oppdragsmelding 855. 29 s.
- Brøseth, H., Nilsen, E. B. & Pedersen, H. C. 2012. Temporal quota corrections based on timing of harvest in a small game species. - *European Journal of Wildlife Research* 58: 797-802.
- Chamberlain, D.E., Rehfisch, M.R., Fox, A.D., Desholm, M. & Anthony, S. 2006. The effect of avoidance rates on bird mortality predictions made by wind turbine collision risk models. – *Ibis* 148: 198-202.
- Clausager, I. 2000. Vindkraftproduksjon og konsekvenser for det biologiske mangfold. Erfaringer fra Danmark. – S. 30-40 i Direktoratet for naturforvaltning. FoU-seminar. Konsekvenser av vindkraft for det biologiske mangfoldet. DN-notat 2000-1.
- Cole, S.G. 2011. Wind power compensation is not for the birds: an opinion from an environmental economist. – *Restoration Ecology* 19: 147-153.
- Cole, S. G. & Dahl, E.L. 2013. Compensating white-tailed eagle mortality at the Smøla wind-power plant using electrocution prevention measures. – *Wildlife Society Bulletin* 37: 84-93.
- Colman, J.E., Eftestøl, S., Tsegaye, D., Flydal, K. & Mysterud, A. 2012. Is a wind-power plant acting as a barrier for reindeer *Rangifer tarandus tarandus* movements? – *Wildlife Biology* 18: 439-445.
- Convention on the conservation of European wildlife and natural habitats. Standing Committee 2009. Wind farms at the Smøla Archipelago (Norway). – T-PVS/Files (2009) 17. 31 s.
- Dahl, E.L., Bevanger, K., Nygård, T., Røskaft, E. & Stokke, B.G. 2012. Reduced breeding success in white-tailed eagles at Smøla windfarm, western Norway, is caused by mortality and displacement. – *Biological Conservation* 145: 79-85.
- Dahl, E.L., May, R., Lund-Hoel, P., Bevanger, K., Pedersen, H.C., Røskaft, E. & Stokke, B.G. 2013. White-tailed Eagles (*Haliaeetus albicilla*) at the Smøla Windpower plant, Central Norway, Lack Behavioral Flight Responses to Wind Turbines. – *Wildlife Society Bulletin* 37: 66-74.
- Dahl, E. 2014. Population dynamics in white-tailed eagle at an on-shore wind farm area in coastal Norway. – PhD-avhandling, Norges Teknisk Naturvitenskapelige Universitet (NTNU).
- de Lucas, M., Janss, G.F.E., Whitfield, D.P. & Ferrer, M. 2008. Collision fatality of raptors in wind farms does not depend on raptor abundance. – *Journal of Applied Ecology* 45: 1695-1703.
- Desholm, M. & Kahlert, J. 2005. Avian collision risk at an offshore wind farm. – *Biology Letters*. Published online. doi:10.1098/rsbl2005.0336.
- Direktoratet for naturforvaltning 2000. Viltkartlegging. – DN-håndbok 11.
- Direktoratet for naturforvaltning 2001. Kartlegging av ferskvannslokaliteter. – DN-håndbok 15.

- Direktoratet for naturforvaltning 2007. Kartlegging av naturtyper – verdsetting av biologisk mangfold. – DN Håndbok 13. 2. utgave 2006 (oppdatert 2007).
- Direktoratet for naturforvaltning 2011. Veileder til forskrift om utvalgte naturtyper. – DN-håndbok 31-2011.
- Ericson, W.P., Johnson, G.D. & Young Jr., D.P. 2005. A Summary and Comparison of Bird Mortality from Anthropogenic Causes with an Emphasis on Collisions. – USDA Forest Service Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-191.
- Everaert, J. & Stienen, E.W.M. 2007. Impact of wind turbines on birds in Zeebrugge (Belgium). – *Biodiversity and Conservation* 16: 3345-3359.
- Falkdalen, U., Lindahl, L.F. & Nygård, T. 2013. Fågelundersökning vid Storruns vindkraftanläggning Jämtland. – Vindval rapport 6574. Naturvårdsverket. 136 s.
- Fielding, A.H., Whitfield, D.P. & McLeod, D.R.A. 2006. Spatial association as an indicator of the potential for future interactions between wind energy developments and golden eagles *Aquila chrysaetos* in Scotland. – *Biological Conservation* 131: 359-369.
- Flydal, K., Nellemann, C. & Vistnes, I. (red.). 2002. – Rapport fra REIN-prosjektet 2002. Research Council of Norway, Oslo, Norway.
- Follestad, A., Reitan, O., Pedersen, H.C., Brøseth, H. & Bevanger, K. 1999. Vindkraftverk på Smøla: Mulige konsekvenser for «rødlistede» fuglearter. – NINA Oppdragsmelding 623: 1-64.
- Garthe, S. & Hüppop, O. 2004. Scaling possible adverse effects of marine wind farms on seabirds: developing and applying a vulnerability index. – *Journal of Applied Ecology* 41: 724-734.
- Halley, D.J. & Hopshaug, P. 2007. Breeding and overland flight of red-throated divers *Gavia stellata* at Smøla, Norway, in relation to the Smøla wind farm. – NINA Rapport 297. 26 s.
- Henriksen S. & Hilmo, O. (red.) 2015. Norsk rødliste for arter 2015. – Artsdatabanken, Norge.
- Hunt, W.G., Jackman, R.E., Hunt, T.L., Driscoll, D.E. & Culp, L. 1998. A population study of Golden Eagles in the Altamont Pass Wind Resource Area: Population Trend Analysis 1997. – Report prepared for the National Renewable Energy Laboratory (NREL), Subcontract XAT-6-16459-01 (Santa Cruz, CA: Predatory Bird Research Group, University of California).
- Hårklau, S.E., Dyrnes, G., Backer Lied, A., Norén, I., Meland, V. & Golver, B. 2014. Gjennomgang av praktisering av naturmangfoldloven. – Klima- og miljødepartementet. – Multiconsult 126226-RIM-RAP-001.
- Jacobsen, K.-O., Johnsen, T.V. & Tombre, I.M. 2004. Vindkraftverk på Fakken – Vannøya, Troms. Koneskvensutredning for fugl og annet dyreliv. – NINA Oppdragsmelding 847. 28 s.
- Johnsen, L. 2008. Detection and sensor systems – a status report. – Årlig møte i Vindkraftprosjektet. Havfiskesenteret, Smøla. 11-12 March 2008.
- Johnson, G.D., Erickson, W.P., Strickland, M.D., Shepherd, M.F., Shepherd, D. A. & Sarappo, S.A. 2002. Collision mortality of local and migrant birds at a large-scale wind-power development on Buffalo Ridge, Minnesota. – *Wildlife Society Bulletin* 30: 879-887.

- Kiesecker, J.M., Evans, J.S., Fargione, J., Doherty, K., Foresman, K.R., Kunz, T.H., Naugle, D., Nibbelink, N.P. & Niemuth, N.D. 2011. Win-win for wind and wildlife: a vision to facilitate sustainable development. – PLOS ONE 6: e17566.
- Kolås, T. & Johnsen, L. 2007. Forslag til tiltak for å unngå at fugler kolliderer med vindturbiner. – Rapport SINTEF. Prosjektnr. 90J287. 27 s.
- Köppel, J., Dahmen, M., Helfrich, J., Schuster, E. & Bulling, L. 2014. Cautious but committed: moving toward adaptive planning and operation strategies for renewable energy's wildlife implications. – Environmental Management 54: 744-755.
- Köppel, J. & Schuster, E. (eds.) 2015. Book of Abstracts Conference on Wind energy and Wildlife impacts, Berlin March 10-12. – TU Berlin, Tyskland.
- Langston, R. H. W., Fox, A.D. & Drewitt, A.L. 2006. Conference plenary discussion, conclusions and recommendations. – Ibis 148 (S1): 210-216.
- Langston, R.H.W. 2006. Wind, fire and water: Renewable energy and birds. Proceedings of the British Ornithologist's Union annual spring conference 2005. University of Leicester, 1-3 April 2005. – Ibis 148: 1-3.
- Langston, R.H.W. & Pullan, J.D. 2003. Windfarms and Birds: An analysis of the effects of windfarms on birds, and guidance on environmental assessment criteria and site selection issues. – Report written by BirdLife International on behalf of the Bern Convention T-PVS/Inf (2003) 12. Royal Society for the Protection of Birds/Birdlife in the UK, Strasbourg, Luxembourg.
- Larsen, J.K. & Madsen, J. 2000. Effects of wind turbines and other physical elements on field utilization by pink-footed geese (*Anser brachyrhynchus*): A landscape perspective. – Landscape Ecology 15: 755-764.
- Loss, S.R., Will, T. & Marra, P.P. 2015. Direct Mortality of Birds from Anthropogenic Causes. – Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics 46: 99-120 2015.
- Lund-Hoel, P. 2009. Do wind power developments affect breeding biology in white-tailed sea eagle (*Haliaeetus albicilla*)? – Masteroppgave i etologi, Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU), Trondheim.
- Madders, M. & Walker, D. 2002. Golden Eagles in a multiple land-use environment: A case study in conflict management. – Journal of Raptor Research 36: 55-61.
- May, R.F. 2015. A unifying framework for the underlying mechanisms of avian avoidance of wind turbines. – Biological Conservation 190: 179-187.
- May, R. & Bevanger, K. (red.) 2011. Proceedings. Conference on Wind energy and Wildlife impacts, 2-5 May 2011, Trondheim, Norway. – NINA Report 693. 140 s.
- May, R.F., Bevanger, K., van Dijk, J., Petrin, Z. & Brende, H. 2012. Renewable energy respecting nature. A synthesis of knowledge on environmental impacts of renewable energy financed by the Research Council of Norway. – NINA Report 874. 53 s.
- May, R., Dahl, E.L., Follestad, A., Reitan, O. & Bevanger, K. 2010. Samlet belastning av vindkraftutbygging på fugl – standardvilkår for for- og etterundersøkelser. – NINA Rapport 623. 34 s.
- May, R.F., Gill, A.B., Köppel, J., Langston, R.H.W., Reichenbach, M., Scheidat, M., Smallwood, S., Voigt, C.C., Hüppop, O. & Portman, M. 2016. Future research directions to reconcile wind-wildlife interactions. – S. xx-xx i Köppel, J. (red.) Proceedings of the Conference on Wind energy and Wildlife impacts, Berlin 2015. Springer [in press]

- May, R.F., Hamre, Ø., Vang, R. & Nygård, T. 2012. Evaluation of the DTBird video-system at the Smøla wind-power plant. Detection capabilities for capturing near-turbine avian behaviour. – NINA Report 910. 27 s.
- May, R.F., Hoel, P.L., Langston, R., Dahl, E.L., Bevanger, K., Reitan, O., Nygård, T., Pedersen, H.C., Røskaft, E. & Stokke, B.G. 2010. Collision risk in white-tailed eagles. Modelling collision risk using vantage point observations in Smøla wind-power plant. – NINA Report 639. 25 s.
- May, R., Nygård, T., Dahl, E.L. & Bevanger, K. 2013. Habitat utilization in white-tailed eagles (*Haliaeetus albicilla*) and the displacement impact of the Smøla wind-power plant. – Wildlife Society Bulletin 7: 75-83.
- May, R.F., Nygård, T., Dahl, E.L., Reitan, O. & Bevanger, K. 2011. Collision risk in white-tailed eagles. Modelling kernel-based collision risk using satellite telemetry data in Smøla wind-power plant. – NINA Report 692. 22 s.
- May, R.F., Reitan, O., Bevanger, K., Lorentsen, S.-H. & Nygård, T. 2015. Mitigating wind-turbine induced avian mortality: Sensory, aerodynamic and cognitive constraints and options. – Renewable and Sustainable Energy Reviews 42: 170-181.
- May, R.F. 2016. Mitigation options for birds. – S. xx-xx i M. Perrow ed. Wildlife and Windfarms: Conflicts and Solutions - Volume 1. Onshore. Pelagic Publishing, Exeter, United Kingdom.
- Miquet, A. 1990. Mortality in Black grouse *Tetrao tetrix* due to Elevated cables. – Biological Conservation 54: 349-355.
- Naturvårdsverket 2013. Book of Abstracts Conference on Wind Power and Environmental Impacts Stockholm 5-7 February. – Report 6546. Naturvårdsverket, Stockholm, Sverige.
- Nelson, H.K. & Curry, R.C. 1995. Assessing avian interactions with windplant development and operation. – Transactions of the North American Wildlife and Natural Resources Conference 60: 266-287.
- NVE, Riksantikvaren & Direktoratet for naturforvaltning. 2003. Vindkraft og miljø - en erfaringsgjennomgang. – Statkraft Grøner AS.
- NVE og Reindriftsforvaltningen. 2004. Vindkraft og reindrift. ISSN 1503-0318. 48 s.
- NVE 2016. Vindkraft produksjon i 2015. Norges vassdrags- og energidirektorat. – Rapport 10. 14 s. + vedlegg.
- Orloff, S. & Flannery, A. 1992. Wind turbine effects on avian activity, habitat use, and mortality in Altamont Pass and Solano County wind resources areas (1989-91). – Final Report. Planning Department of Alameda, Contra Costa and Solano Counties and the California Energy Commissions, BioSystems Analysis Inc., Tiburón, CA.
- Osborn, R.G., Dieter, C.D., Higgins, K.F. & Usgaard, R.E. 1998. Bird flight characteristics near wind turbines in Minnesota. – American Midland Naturalist 139: 29-38.
- Osborn, R.G., Higgins, K.F., Usgaard, R.E., Dieter, C.D. & Neiger, R.D. 2000. Bird mortality associated with wind turbines at the Buffalo Ridge wind resource area, Minnesota. – American Midland Naturalist 143: 41-52.
- Pearce-Higgins, J.W., Stephen, L., Langston, R.H.W. & Bright, J.A. 2008. Assessing the cumulative impacts of wind farms on peatland birds: a case study of golden plover *Pluvialis apricaria* in Scotland. – Mires and Peat 4: 1-13.

- Pedersen, H.C., Steen, H., Kastdalen, L., Brøseth, H. Ims, R.A., Svendsen, W. & Yoccoz, N.G. 2004. Weak compensation of harvest despite strong density-dependent growth in willow ptarmigan. – *Proceedings of the Royal Society of London Series B-Biological Sciences* 271: 381-385.
- Schuster, E., Bulling, L. & Köppel, J. 2015. Consolidating the State of Knowledge: A Synoptical Review of Wind Energy's Wildlife Effects. *Environmental Management* 56: 300–331. DOI 10.1007/s00267-015-0501-5
- Sims, C., Hull, C.L., Stark, E. & Barbour, R. 2012. Key learnings from ten years of monitoring and management interventions at the Bluff Point and Studland Bay Wind Farms: results of a review. – S. 125-144 i Hull, C., Bennett, E., Stark, E., Smales, I., Lau, J. & Venosta, M. (eds.) *Wind and Wildlife. Proceedings from the Conference on Wind Energy and Wildlife Impacts*. Springer, Melbourne, Australia.
- Skarin, A. & Åhman, B. 2014. Do human activity and infrastructure disturb domesticated reindeer? The need for the reindeer's perspective. – *Polar Biology* 37: 1041-1054.
- Smallwood, K.S., Bell, D.A., Snyder, S.A. & Didonato, J.E. 2010. Novel Scavenger Removal Trials Increase Wind Turbine–Caused Avian Fatality Estimates. – *Journal of Wildlife Management* 74: 1089-1097.
- Smallwood, K.S. 2007. Estimating Wind Turbine–Caused Bird Mortality. – *Journal of Wildlife Management* 71: 2781-2791.
- Smallwood, K.S. & Thelander, C. 2008. Bird Mortality in the Altamont Pass Wind Resource Area, California. – *Journal of Wildlife Management* 72: 215-223.
- Steinheim, Y. 2007. Radar for deteksjon og følgning av fugler ved Statskrafts vindpark på Smøla. – SINTEF Rapport. Prosjekt 90J287.03. 33 s.
- Stewart-Oaten, A., Murdoch, M.M., & Parker, K.R. 1986. Environmental impact assessment. Pseudoreplication in time? – *Ecology* 67: 929-940.
- Stewart, R.B. 2002. Environmental Regulatory Decision Making Under Uncertainty. – *Research in Law and Economics* 20: 71-126.
- Tinker, L., Cobb, D., Bond, A. & Cashmore, M. 2005. Impact mitigation in environmental impact assessment: paper promises or the basis of consent conditions? – *Impact Assessment and Project Appraisal* 23: 265-280.
- Tombre, I. M., Andersen, O., Erikstad, L., Frivoll, V., Hofgaard, A., Storeid, S.E., Strann, K.–B., Svestad, A. & Tømmervik, H. 2004. Basecearru vindpark. Vurdering av konsekvenser for landskap, flora, fauna, friluftsliv, kulturminner og reindriftsnæring. – NINA Oppdragsmelding 851. 64 s.
- Tombre, I.M., Andersen, O., Erikstad, L., Frivoll, V., Hofgaard, A., Storeid, S.E., Strann, K.–B., Svestad, A. & Tømmervik, H. 2004. Båtsjordfjellet vindpark. Vurdering av konsekvenser for landskap, flora, fauna, friluftsliv, kulturminner og reindriftsnæring. – NINA Oppdragsmelding 850. 67 s.
- Tombre, I.M., Andersen, O., Barlinthaug, S., Bjerke, J.W., Erikstad, L., Frivoll, V., Johnsen, T., Storeid, S.E., Strann, K.–B., Svestad, A. & Tømmervik, H. 2005. Snefjord vindpark. Konsekvensvurderinger for landskap, flora, fauna, friluftsliv, kulturminner og reindriftsnæring. – NINA Rapport 23. 91 s.
- USFWS 2012. U.S. Fish and Wildlife Service Land-Based Wind Energy Guidelines. http://www.fws.gov/ecological-services/es-library/pdfs/WEG_final.pdf

- Watson A. 1982. Effects of human impact on ptarmigan and red grouse near skylifts in Scotland. – Report ITE 1981: 51.
- Watson, J. & Whitfield, P. 2002. A conservation framework for the Golden Eagle (*Aquila chrysaetos*) in Scotland. – Journal of Raptor Research 36: 41-49.

NINAs publikasjoner

NINA Rapport

Dette er en elektronisk serie fra 2005 som erstatter de tidligere seriene NINA Fagrapport, NINA Oppdragsmelding og NINA Project Report. Normalt er dette NINAs rapportering til oppdragsgiver etter gjennomført forsknings-, overvåkings- eller utredningsarbeid. I tillegg vil serien favne mye av instituttets øvrige rapportering, for eksempel fra seminarer og konferanser, resultater av eget forsknings- og utredningsarbeid og litteraturstudier. NINA Rapport kan også utgis på annet språk når det er hensiktsmessig.

NINA Kortrapport

Dette er en enklere og ofte kortere rapportform til oppdragsgiver, gjerne for prosjekt med mindre arbeidsomfang enn det som ligger til grunn for NINA Rapport. Det er ikke krav om sammendrag på engelsk. Rapportserien kan også benyttes til framdriftsrapporter eller foreløpige meldinger til oppdragsgiver.

NINA Temahefte

Som navnet angir behandler temaheftene spesielle emner. Heftene utarbeides etter behov og serien favner svært vidt; fra systematiske bestemmelsesnøkler til informasjon om viktige problemstillinger i samfunnet. NINA Temahefte gis vanligvis en populærvitenskapelig form med mer vekt på illustrasjoner enn NINA Rapport.

NINA Fakta

Faktaarkene har som mål å gjøre NINAs forskningsresultater raskt og enkelt tilgjengelig for et større publikum. De sendes til presse, ideelle organisasjoner, naturforvaltningen på ulike nivå, politikere og andre spesielt interesserte. Faktaarkene gir en kort framstilling av noen av våre viktigste forskningstema.

Annen publisering

I tillegg til rapporteringen i NINAs egne serier publiserer instituttets ansatte en stor del av sine vitenskapelige resultater i internasjonale journaler, populærfaglige bøker og tidsskrifter.

Boka presenterer en kunnskapsstatus om vindkraft og dyreliv. Det gis anbefalinger om avbøtende tiltak og hva som bør fokuseres ved fremtidig forskning og utbygging

ISSN 0804-421X
ISBN 978-82-426-2958-6

Norsk institutt for naturforskning

NINA Hovedkontor

Postadresse: Postboks 5685 Sluppen, NO-7485 Trondheim

Telefon: 73 80 14 00, Telefaks: 73 80 14 01

E-post: firmapost@nina.no

Organisasjonsnummer 9500 37 687

<http://www.nina.no>



Samarbeid og kunnskap for framtidens miljøløsninger