

NOF RAPPORTSERIE

RAPPORT NR. 2-2004

Terje Lislevand

FUGLER OG KRAFTLEDNINGER

**Metoder for å redusere risikoen for
kollisjoner og elektrokusjon**

NORSK ORNITOLOGISK FORENING (NOF)

Trondheim 2004

Terje Lislevand

Norsk Ornitologisk Forening

Sandgata 30 B

7012 Trondheim

E-post: Terje.Lislevand@zoo.uib.no

© Norsk Ornitologisk Forening, Trondheim

E-post: NOF@birdlife.no

Forside: *En gråmåke har mistet livet som følge av kollisjon med en krafledning, eller på grunn av elektrokusjon. Storøya, Tustna, Møre og Romsdal 1. september 1999 (Foto: Terje Lislevand).*

Redaktør: Ingar Jostein Øien

Layout: Terje Lislevand

Trykket i februar 2004. Opplag: 100 eksemplarer.

ISSN 0805-4932

ISBN 82-7852-059-3

Forord

Det finnes en stor mengde litteratur som dokumenterer problemer for fuglelivet som forårsakes av kraftledninger. Denne litteraturen fokuserer i all hovedsak på to hovedaspekter, nemlig kollisjoner og elektrokusjon. Begge problemstillingene har vært kjent for både biologer og ingeniører i mange tiår allerede, og en har også lagt ned en betydelig innsats for å finne fram til brukbare løsninger som tar hensyn til både fuglelivet og kraftforsyningen.

Denne rapporten har som mål å oppsummere noe av den kunnskap som finnes om problemstillingene rundt fugler og kraftledninger. Oversikten er basert på en litteraturgjennomgang, og arbeidet ble utført i oktober-desember 2003.

Jeg vil takke følgende personer for stor og velvillig hjelp med å skaffe til veie informasjon om fugler og kraftledninger: Richard G. Carlton (Electric Power Research Institute, California, USA), Tina Kay (Bonneville Power Administration Library, USA), direktør Rick Loughery (Edison Electric Institute, Environmental Activities, Washington DC, USA), Magne Maurset (Statnett, Norge) og Chris van Rooyen (Endangered Wildlife Trust, Sør-Afrika). Takk også til Nils Henrik Johnson og Ingar Jostein Øien for nyttige kommentarer til tidligere utkast av rapporten.

Bergen, 28.01.2004

Terje Lislevand

Innhold

Forord

Innhold

Sammendrag

Abstract

1. INNLEDNING	1
2. KOLLISJONER MELLOM FUGLER OG KRAFTLEDNINGER	2
2.1. Variasjon i kollisjonsrisiko	2
2.1.1. <i>Variasjon mellom arter</i>	2
2.1.2. <i>Betydningen av habitat og lokalitet</i>	3
2.1.3. <i>Betydningen av tidspunkt og meteorologi</i>	3
2.1.4. <i>Betydningen av topografi og vegetasjon</i>	4
2.1.5. <i>Forstyrrelser</i>	4
2.1.6. <i>Tekniske aspekter</i>	4
2.2. Planlegging av kraftledningstraseer	5
2.3. Merking av kraftledninger	7
2.3.1. <i>Bakgrunn</i>	7
2.3.2. <i>Ulike merketyper</i>	7
2.3.3. <i>Kostnader ved linemerking</i>	16
3. ELEKTROKUSJON	16
3.1. Bakgrunn	16
3.2. Variasjon i risiko	17
3.2.1. <i>Utforming av elektriske ledninger</i>	17
3.2.2. <i>Forskjeller mellom arter</i>	18
3.2.3. <i>Andre aspekter</i>	19
3.3. Avbøtende tiltak	20
4. DISKUSJON	21
4.1. Dagens status	21
4.2. Forslag til videre arbeid	23
LITTERATUR	27
VEDLEGG	30

Sammendrag

Det har siden slutten av 1800-tallet vært kjent at kraftledninger i luftspenn utgjør en betydelig fare for fuglelivet på grunn av kollisjonsrisikoen som slike installasjoner fører med seg. I tillegg kommer problemet med elektrokusjon, der fugler forårsaker kort- eller jordslutning på kraftledningene, og skades eller dør som følge av dette. I løpet av de siste tiårene har det vært forsket mye både på hvor stor dødelighet kraftledninger påfører fuglebestander, og hvordan det er mulig å redusere kollisjonsfrekvensene og faren for elektrokusjon. Denne rapporten gir en oversikt over dagens kunnskap om problematikken rundt kraftledninger og fugler. Det primære målet er å presentere og vurdere ulike tiltak som kan være med på å begrense den kunstige mortalitetsfaktoren som kraftledninger utgjør. Dette gjelder spesielt med tanke på ulike merkemethoder for å gjøre linene lettere synlig for fugler, men også tiltak som kan begrense faren for elektrokusjon blir diskutert.

Flere ulike faktorer påvirker risikoen for at fugler skal kollidere med en kraftledning. Disse kan være artsspesifikke, ha sammenheng med habitatet rundt kraftledningen, tidspunktet og meteorologiske forhold, være knyttet til områdets topografi og vegetasjon, forstyrrelser, og ikke minst være avhengig av rent ingeniørtekniske løsninger ved ledningens design. Den viktigste måten å redusere risikoen for kollisjoner på, er ved å gjennomføre en nøye utredning av ulike traséalternativer før en kraftledning bygges, og planlegge byggingen slik at en i størst mulig grad unngår viktige fugleområder. Jordkabling er den eneste måten å fullstendig eliminere kollisjonsproblemet på. Dersom dette ikke er mulig, vil merking av ledningen, i det minste på kortere strekninger, kunne være et alternativ. Merkingen bør konsentreres om områder med viktige fugleforekomster.

Det blir her gitt en oversikt over resultatene fra i alt 36 ulike studier som har testet forskjellige merketyper, og deres effektivitet i forhold til å redusere frekvensen av fuglekollisjoner blir diskutert. Metodene har enten hatt til hensikt å forstørre deler av de merkete linene, gjøre dem mer synlige ved å bruke en sterk farge, eller kombinere disse to effektene. Utprøvede merketyper er maling av faselederne, heldekkende og sterkt farget lineovertrekk, plastspiraler rundt linene, blåser/kuler, strimler, plateformete linevedheng og rovfuglsilhuetter. Av disse ser det ut til at spiralmerking både er mest utbredt, rimeligst og den mest effektive metoden for å redusere kollisjonsrisikoen (med opp til 89% nedgang i forhold til umerkede liner). Også plateformete linevedheng (såkalte *bird flappers*) har vist seg som svært effektive (opp til 84% nedgang i kollisjonsfrekvensen).

Ut fra dagens kunnskap er derfor disse to sistnevnte merkemethodene mest lovende for å effektivt merke spesielt utsatte deler av kraftledningene. Det understrekes likevel at det så langt ikke foreligger noen undersøkelser som har testet disse metodene i Norge (til tross for at spiralmerking har blitt utført flere steder), og vi vet derfor ikke med sikkerhet hvorvidt metodene fungerer like godt hos oss som i utlandet. Funksjonalitet vil ikke bare være avhengig av om merketypen faktisk reduserer kollisjonsrisikoen, men også om den kan virke negativt inn på ledningens driftssikkerhet. Teststudier av ulike merkemethoder bør derfor snarest settes i gang i Norge. Vi mangler også oppdatert kunnskap om den merkingen som har blitt gjort i Norge så langt, noe som ville vært nyttig i planleggingen av framtidige feltstudier. Opprettelsen av et integrert forvaltningsorgan bestående av både biologer, ingeniører og naturforvaltere, ville gjøre det lettere for norske beslutningstakere å holde seg oppdatert på problemstillingen, og å fatte gode beslutninger relatert til denne. Til slutt vektlegges internasjonalt samarbeid, slik at en unngår å utføre dobbeltarbeid, og lettere kan nyttiggjøre seg den kunnskap som finnes på feltet utenfor Norges grenser.

Det har tidligere vært noe mer fokus på elektrokusjon enn kollisjonsrisiko, og en er da også kommet langt i å utvikle løsninger som reduserer risikoen for elektrokusjon. Denne risikoen varierer i høy grad mellom arter, siden for eksempel fugler med lange vinger eller lange bein lettere oppretter kontakt mellom to faseledere, eller mellom faseleder og jord. I tillegg er flere aspekter ved ledningsdesign svært avgjørende for hvor stor elektrokusjonsfaren er, og de som er mest aktuelle for norske forhold blir kort presentert her. Modifikasjoner av høyspentledninger som gjør dem mindre farlige for fugler er etter alt å dømme kommet langt i Norge. For eksempel er de tidligere så vanlige stolpetransformatorene i stor grad blitt erstattet av innebygde og ufarlige transformatorbokser. I tillegg blir stadig flere lavere høyspentledninger lagt i jord, eller erstattet med ufarlige hengekabler. Likevel er det uklart hvor stort problemet med elektrokusjon er i Norge i dag, og kartlegging av problemet anbefales. Også i forbindelse med elektrokusjon er et godt internasjonalt samarbeid nødvendig, både for å holde seg oppdatert på avbøtende tiltak, men også av rent fuglevernmessige hensyn, siden elektrokusjon fortsatt er et stort miljøproblem internasjonalt.

Abstract

Since the late 19. century, people have been aware of birds' risk of collision with the growing number of overhead powerlines. In addition, such powerlines constitute a problem called *electrocution*, where birds cause electrical short circuit and outages, and increase avian mortality rates. During the last decades, a lot of research has been carried out, both focusing on how large numbers of birds are killed by powerlines, and how we could reduce the frequency of collisions and the risk of electrocution. The present report gives a review of the problems for birds caused by electrical powerlines. The primary goal is to present and discuss different mitigating measures to reduce this type of artificial mortality to bird populations. Methods for marking powerlines in order to make them more easy for birds to see, receive primary focus, but also methods to reduce the risk of electrocution are dealt with.

Several different factors affect the risk that birds might collide with powerlines. They could be related to species, the habitat around the powerline, timing, meteorological aspects, topography and vegetation around the line, disturbance of the birds, and finally the powerline design itself. The most important way of reducing collision risk is through careful planning of the route through which the powerline is built, so that the most important bird areas are avoided. Ground cabling is the only way to fully eliminate the collision problem. If this is not possible, marking the line, at least in some places, would be an alternative. Marking should be concentrated along parts of the lines running through areas that are most important for birds.

The results of totally 36 different studies testing different marking devices are reviewed, and each method's efficiency in reducing the bird collision frequency is evaluated. Marking devices are either used to enlarge parts of the line, increase visibility, or a combination of the two. Methods that have been tested in the past include painting of conductors, use of a strongly coloured conductor cover, spirals (so-called *bird flight diverters*), marker balls, ribbons, swinging plates and raptor silhouettes. Of these, spirals seem to be most widely used, and are cheapest and most efficient in reducing collision risk (up to 89% reduction). Also swinging plates (alternatively *bird flappers*) are very efficient (with up to 84% reduction in collision frequency).

From current knowledge, the two last mentioned methods are most promising for marking special parts of powerlines where collision risk is high. Still, it is emphasized that no tests of these methods have been carried out in Norway (despite spiral marking of several powerlines in this country). Hence, we do not know whether the promising tests of certain devices in foreign countries also would apply under Norwegian conditions. Functionality does not only depend on the reduction of collision frequency, but also whether the device influences line security in any ways. Testing of different marking devices in Norway is therefore highly recommended. We also lack knowledge about the marking that has already been conducted here, and such information would be helpful when planning future field tests. Establishing a Norwegian integrated managment board consisting of both biologists, nature conservationists and engineers, would help to keep us updated on the bird-powerline problems. It would also improve the quality of decisions to use mitigating measures to reduce collision frequency and electrocution. Finally, the need for international collaboration is stressed, because it is essential to become updated on the latest ideas and developments in this particular field.

Electrocution seems to have received more attention than the collision problem, and one has also come further in developing solutions to this problem. The risk of electrocution varies greatly between species, since for example birds with long wings or long legs will easier establish contact with two conductors, or with a conductor and earthed devices. In addition, many aspects

of powerline design are important for the electrocution risk, and those most relevant for Norway are briefly presented here. Modification of electrical powerlines, in order to make them less dangerous for birds, seems to have come far in Norway. Previous open transformer poles/towers are for example now widely replaced with small and closed, bird safe kiosks on ground. In addition, more and more low voltage overhead powerlines are replaced with ground cables. Nevertheless, it is not known how extensive the problem with electrocution actually is in Norway today, and it is recommended that action is taken to collect such information. International collaboration is necessary in the future, in order to be updated on the last developments in mitigating measures, but also in order to contribute to a reduction of this environmental problem which still is significant in many countries.

1. Innledning

Det finnes en rekke menneskeskapte installasjoner som kan sies å kunstig påvirke fuglenes sjanser for å overleve. De fleste av disse påvirker mortalitetsraten ved at fuglene kolliderer mot dem, og dermed skader seg og/eller dør som en følge av dette. Noen eksempler er vinduer og andre glassflater, fyrlykter, olje- og gassflammer, ulike typer antenner og ikke minst ledninger og kabler i luftspenn.

I Norge finnes omlag 95 000 km med høyspentledninger (Bevanger 1995), og disse går gjennom de fleste typer habitat, fra kyst til høyfjell. Det har lenge vært kjent at kraftledninger utgjør en betydelig kollisjonsfare for flygende fugler (f. eks. Coues 1876, Fazier 2000), noe som er dokumentert gjennom en rekke studier i Norge så vel som i andre land. For eksempel estimerte Bevanger (1995) at det norske kraftledningsnettets årlig tar livet av rundt 20 000 storfugl (*Tetrao urogallus*), 26 000 orrfugl (*Tetrao tetrix*) og 50 000 ryp (*Lagopus* spp.). I Nederland estimerte Heijnis (1980, sitert av Hebert & Reese 1995) at hele 4000 fugler ble drept per kilometer kraftledning (150- og 380-kV ledninger) per år i et våtmarksområde med høy tetthet av rastende vade- og vannfugler. Kollisjoner med kraftledninger er kjent fra litteraturen for i alt 245 fuglearter (Bevanger 1994a)

Mange av fuglegruppene som er spesielt utsatt for kollisjoner med kraftledninger omfatter arter som på ulike vis er truet og sjeldne. Nøyaktig hvor stor betydning den kunstige dødeligheten forårsaket av kollisjoner med kraftledninger har på de ulike fuglebestandene er dårlig kjent, men varierer mellom både arter og områder. Uansett er det grunn til å anta at de negative effektene er betydelige, og at kraftledninger kan forårsake en uheldig desimering av fuglebestander som allerede er på retur og under press fra annet hold. I tillegg kommer åpenbare dyrevernet-etiske problemer ved at kraftlinjene påfører fugler skade som kan føre til en lang og pinefull død. Disse aspektene er klart illustrert blant annet i en grundig gjennomgang av problematikken presentert av Crowder og Rhodes (2001).

Et annet problem ved interaksjoner mellom fugler og kraftledninger er elektrisk overslag; såkalt elektrokusjon. Dette fenomenet oppstår der fuglene lander på mastene, og lager kort- eller jordslutning ved at vingene kommer i kontakt med to faseledere samtidig, eller fører til kontakt mellom faseleder og jord. Dette problemet er også godt dokumentert i ornitologisk litteratur, som en viktig mortalitetsfaktor for flere fuglegrupper (APLIC 1996, Hunting 2002). Her hjemme er for eksempel fenomenet kjent å ha tatt livet av en stor andel hubroer (*Bubo bubo*) som ble satt ut i regi av Prosjekt hubro (Larsen & Stensrud 1988), noe som også er kjent fra Italia (Rubolini *m. fl.* 2001).

På denne bakgrunnen utgjør forholdet mellom fugler og kraftinstallasjoner en åpenbar og viktig problemstilling, både for naturforvaltningen og dyrevernet. Problemet er også betydelig for kraftleverandørene, som utsettes for samfunnets krav om miljøvennlige installasjoner og søker etter optimale løsninger på problemet. I tillegg kan interaksjoner mellom kraftinstallasjoner og fugler få mer direkte økonomiske konsekvenser, i de tilfellene der de fører til problemer for kraftledningenes driftssikkerhet.

Det har derfor lenge vært forsøkt å merke kraftledninger for å gjøre disse mer synlige, og dermed mindre utsatt for fuglekollisjoner. Kunnskapen om hvilke slike merketiltak som finnes, og effekten av disse, har her til lands tidligere blitt gjennomgått av Bevanger og Thingstad (1988). Hensikten med den herværende rapporten er primært å gi en oppdatert presentasjon av ulike merketiltak som er testet for å redusere problemet med kollisjoner mellom fugl og kraftledninger.

Også tiltak som reduserer problemet med elektrokusjon blir gjennomgått og diskutert. Det blir dessuten gitt en vurdering av effektiviteten til hvert enkelt tiltak.

2. Kollisjoner mellom fugler og kraftledninger

2.1. Variasjon i kollisjonsrisiko

Flygende fugler kolliderer med kraftledninger fordi de ikke oppdager hindringen før det er for sent. Risikoen for at dette skal skje varierer betydelig i forhold til en rekke faktorer, noe som gjør det komplisert å vurdere nøyaktig hvor stort problemet vil være i et gitt geografisk område. Disse faktorene er dessuten helt avgjørende å ta hensyn til ved planleggingen av avbøtende tiltak når nye kraftledninger etableres. Ikke minst gjelder dette merketiltak, siden de ulike formene for merking fungerer best med hensyn på ulike arter og i ulike situasjoner. I det følgende oppsummeres kort kjente faktorer som påvirker fuglenes risiko for å kolliderer med menneskeskapte installasjoner, der tiltak for å redusere kollisjonsproblemet ikke er iverksatt. Oppsummeringen er basert på grundige gjennomganger av problematikken rundt fugl og kraftledninger presentert av Bevanger og Thingstad (1988), Bevanger (1993), Bevanger (1994a, b), APLIC (1994), Bevanger (1998), Carlton (2001) og Haas *m. fl.* (2003).

2.1.1. Variasjon mellom arter

Selv om alle fuglearter kan kolliderer med kraftledninger, er noen arter mer utsatt enn andre. Fugler er svært variable med hensyn på flygemåte og ikke minst flygeferdigheter. Noen arter er i utgangspunktet svært gode flygere, for eksempel fordi de fanger maten sin i luften, og derfor ofte på akrobatisk vis manøvrerer lett og elegant i luftrommet. Andre arter er ikke i stand til å foreta raske unnamanøvrer hvis det skulle være nødvendig, men trenger lengre tid på for eksempel å svinge eller vinne høyde. Noen arter tilbringer dessuten mer tid på vingene enn andre, og er mer utsatt for ulykker av den grunn. Flygedyktighet og flygeatferd har derfor en stor betydning for hvor utsatt for kollisjoner med kraftledninger de ulike artene er.

Flygedyktighet bestemmes i høy grad både av forholdet mellom kroppsmasse og vingenes areal, og av formen på vingene (Rayner 1988, Bevanger 1998). En stor kroppsmasse i forhold til vingearreal gjør fuglene mindre manøvreringsdyktige. Dette forholdet kalles heretter for vingelast (engelsk: *wing loading*). Vingenes fasong kan beskrives ved forholdet mellom kvadratet av vingelengden og vingearbeidet. På engelsk kalles dette forholdet for *aspect*.

Om vi klassifiserer fuglene i forhold til vingelast og aspect ser artene med høy vingelast og relativt lav aspect-verdi (artene som er de dårligste flygerne) ut til å være blant de artene som er mest utsatt for kollisjoner med kraftledninger. Eksempler på slike fuglegrupper i Norge inkluderer rikser, traner og hønsefugler. Andre fuglegrupper som er kjent å ofte kolliderer med luftliner er ender, svaner, gjess og noen vadere. Det er imidlertid også kjent at alder kan ha betydning for hvor utsatt ulike individer av samme art er. Yngre fugler er ofte rapportert å være mer utsatt enn eldre, på grunn av at de er mindre flygedyktige og mindre erfarne (Crowder & Rhodes 2001, Harness 2001).

Også fuglenes generelle atferd og syn spiller en viktig rolle med hensyn på risikoen for sammenstøt med både kraftledninger og andre menneskeskapte strukturer. Trekkfugler antas for eksempel å ha en høyere risiko for å kolliderer med kraftledninger enn stasjonære arter (Haas *m.*

fl. 2003). Årsaken tenker en seg er at standfugler venner seg til kraftledningene og vet hvor de befinner seg i terrenget, i tillegg til at trekkfugler flyr over lengre distanser og dermed krysser flere kraftledninger på sin vei. Denne forskjellen mellom trekkende og ikke-trekkende arter er imidlertid ikke lett å dokumentere (Bevanger 1994b). Levested er enda et moment som spiller inn. For eksempel er rovfugler som lever i åpent lende mer utsatt for kollisjoner enn skoglevende arter (Harness 2001).

Arter som for en stor grad er nattaktive (for eksempel ugler og nattravn) har lettere for å kollidere enn andre, og det samme gjelder arter som flyr raskt, og som dermed har vanskelig for å stoppe eller manøvrere unna i tide, dersom hindringer dukker opp i fluktbanen. Fuglegrupper med et dårlig dybdesyn (for eksempel hønefugler), eller med godt dybdesyn men desto større blindsoner (for eksempel rovfugler og ugler), er også svært utsatt for kollisjoner.

2.1.2. Betydningen av habitat og lokalitet

Kraftledningens beliggenhet er viktig med hensyn på hvor stor trussel den utgjør for flygende fugler (se også nedenfor). I denne sammenhengen er habitatet viktig, ved at det styrer hvilke fuglearter som finnes rundt ledningen, og tettheten av fuglebestandene. I høyfjellet er artsrikdommen mange steder liten, og antallet arter som utsettes for kollisjoner er derfor betydelig lavere enn i mer produktive strøk i lavlandet. De få artene som finnes kan imidlertid være mer utsatt enn andre. Norske ryper er for eksempel svært utsatt for kollisjoner med kraftledninger (Bevanger 1995).

I lavlandet vil også kraftledninger gjennom skog kunne utgjøre en stor kollisjonsfare for hønefugler som storfugl og orrfugl, men i tillegg også en del rovfugler og ugler. Ved våtmarker er svaner, ender og gjess i faresonen, sammen med ulike typer vadefugler, traner og rikser. Enkelte produktive våtmarker og vann kan dessuten ha store tettheter av de ulike fugleartene, noe som er med på å øke risikoen for hyppige kollisjoner. Langs kysten kan kraftledningene komme i konflikt med mange ulike fuglearters trekk om våren og høsten, uavhengig av hvor de hekker.

Noen områder brukes som overvintringsområder for store mengder fugler, eller som populære rasteplasser under trekket. I Norge er Jæren og Lista slike typiske overvintringsområder, der for eksempel betydelige mengder med vannfugl tilbringer store deler av den mørke årstiden. Jordbruksstrøkene rundt Trondheimsfjorden, og på enkelte øyer i Nordland, huser dessuten store mengder rastende gjess på næringssøk under trekket om våren og høsten. Faren for at fuglene skal kollidere med kraftledninger er derfor atskillig større her enn i områder med lave tettheter av fugl. Andre eksempler på spesielt utsatte områder er hekkeplasser for rovfugler (for eksempel havørn *Haliaeetus albicilla*, kongeørn *Aquila chrysaetos*, fiskeørn *Pandion haliaetus* og hubro). Mange av rovfuglene hekker på tradisjonelle reirplasser, og kommer tilbake år etter år. Tradisjonelle er også spillplasser for storfugl og orrfugl, og disse er viktige å ta hensyn til fordi de har en høy tetthet av arter som er særlig utsatt for kollisjoner.

2.1.3. Betydningen av tidspunkt og meteorologi

I tillegg til at fuglelivet i seg selv varierer, vil også enkelte andre forhold som påvirker risikoen for å kollidere med kraftledninger variere en del med årstidene (Bevanger 1995). Ikke minst gjelder dette lysforholdene, som ofte er avgjørende for hvor lett fuglene ser en kraftledning eller ikke. Om natten, eller i skumringen om kvelden og morgenen, er fuglene derfor alltid mer utsatt for kollisjoner enn under gode lysforhold.

Mange fugler trekker primært om natten, og er dermed spesielt utsatt for enhver hindring som går på tvers av fluktbanen. Selv om det meste av trekket foregår for høyt til å komme i konflikt med

kraftledninger, er fuglene utsatt under letting og landing. I tillegg varierer flygehøyden med meteorologiske forhold, ikke minst vindforholdene. Men været styrer også fuglenes generelle sikt, og dermed også evnen til å oppdage hindre i fluktbanen. Under perioder med tåke og dis, eller regn- og snøvær, vil således også fugler som ikke normalt er spesielt utsatt for kollisjoner kunne rammes i høy grad.

2.1.4. Betydningen av topografi og vegetasjon

Landskapsformasjoner og vegetasjon rundt linjetraseen har stor innvirkning på risikoen for at fugler kolliderer med kraftledninger (Bevanger 1988, 1990, 1994b, Bevanger & Thingstad 1988). For eksempel kan landskapsformasjoner som kystlinjer, elvedaler og andre dalfører, fungere som ledelinjer for trekkende fugler. Hvis kraftledningene plasseres på tvers av slike ledelinjer vil dette kunne øke kollisjonsrisikoen. Et bedre alternativ er å plassere ledningene på skrå i forhold til normal flukttretning langs ledelinjene, eller å unngå å krysse disse.

Ved lokaliteter der det ofte samler seg mye fugl, for eksempel innsjøer og våtmarker, vil kraftledninger plassert i åpne landskap nær de fuglerike områdene kunne utgjøre en større kollisjonsrisiko enn dersom ledningen ligger i skjul bak en rekke av trær (Thompson 1978). Dette kommer av at trærne fungerer som et naturlig hinder for fuglene, som presser dem fortere opp i luften og bort fra kraftledningen enn tilfellet ofte ville vært i et helt åpent landskap. En parallell situasjon oppstår der ledningen legges like inntil en bergvegg. Her er det bergveggen som presser de flygende fuglene over ledningen.

For illustrasjoner av disse eksemplene, se Bevanger og Thingstad (1988) og APLIC (1994).

2.1.5. Forstyrrelser

I noen tilfeller kan forstyrrelser av fuglene føre til større risiko for kollisjoner med kraftledninger. Problemet her består i at fuglene blir skremt, letter i panikk og dermed kolliderer lettere enn hvis de får lette uforstyrret. Crowder og Rhodes (2001) mener at dette spesielt ser ut til å være et problem for større fugleflokker, og nevner et tilfelle der en flokk med snøgjess (*Anser caerulescens*) ble skremt på vingene av et småfly, og hele 75 individer mistet livet samtidig etter kollisjoner med en kraftledning like ved.

2.1.6. Tekniske aspekter

Selve den strømførende kabelen i en kraftledning kalles for faseleder. I tillegg er det vanlig at det finnes en jordline (også kalt toppline) over hver faseleder, som beskytter mot lynnedslag. Begrepet *line* brukes heretter som en samlebetegnelse på både faselederne og jordlinene, dersom ikke annet er angitt. Ordet *ledning* henviser imidlertid til hele arrangementet, med alle liner og støttestrukturer (stolper, master) inkludert.

Faren for at fugler kolliderer med kraftledninger er avhengig av en rekke tekniske aspekter knyttet opp til konstruksjonen av selve kraftledningen og de mange ulike mastetyper som brukes. Bevanger (1994b) nevner følgende punkter som har en betydning for kollisjonsrisikoen:

- *Faselederens høyde over bakken og i forhold til vegetasjon.* I skog vil trolig kollisjonsrisikoen være mindre der faselederne henger under trehøyde, siden de fleste fuglene da flyr over dem.
- *Linekonfigurasjon i det vertikale plan.* Flere studier tyder på at kraftledninger som har faseledere fordelt vertikalt over flere plan utgjør en større kollisjonsfare enn de som kun har ett plan. Dette skyldes at flerplanete ledninger dekker et større område, og dermed øker sannsynligheten for at fugler skal fly inn i dem ved en tilfeldighet.

- *Samling av faseledere i grupper.* En samling av faselederne i bunter (i stedet for å spre dem ut hver for seg) vil øke størrelsen, og dermed redusere kollisjonsrisikoen ved å gjøre faselederne lettere synlig for flygende fugler.
- *Diameter på faseledere.* Generelt er det sannsynlig at tynne faseledere vil utgjøre en større kollisjonsfare enn tykkere faseledere, siden tykke liner vil være lettere synlig for flygende fugler.
- *Forekomst av jordline over faselederne.* De fleste kraftselskaper beskytter kraftledningene sine mot lynnedslag med en tynnere jordline hengende over selve faselederen. Disse jordlinene utgjør ofte en større kollisjonsfare enn faselederne, fordi de er vanskeligere å få øye på. I noen tilfeller har også folk observert at fugler har klart å manøvrere unna faselederen, men at de deretter har kollidert med jordlinen i stedet.

Når det gjelder topplinen, er selvsagt én mulig løsning på kollisjonsproblemet å fjerne den. Fjerning av toppliner har blitt vist å redusere kollisjonsfrekvensen med 48% (Beaulaurier 1981) og 51 % (Bevanger & Brøseth 2001). Et slikt tiltak kan imidlertid tenkes å være en mindre gunstig løsning for kraftselskapet, siden det medfører en større risiko for lynnedslag og kostbare strømbuud. Likevel påpeker Bevanger (1994b) at bruk av jordliner på norske høyspentledninger opp til 132 kV i høy grad er basert på subjektive vurderinger, og delvis «tradisjon». Alternative løsninger til jordliner er nevnt i litteraturen, men det er ikke kjent hvor godt disse fungerer. For eksempel nevner APLIC (1994) et system som kalles ProtectA-Lite (fungerer for ledninger fra 4,16 til 230 kV) og markedsføres av firmaet *The Ohio Brass Company* i USA (Vedlegg 1). Senere tids utvikling av såkalte «polymer lighting arresters» skal også kunne føre til at behovet for jordliner reduseres betraktelig (Crowder & Rhodes 2001). En kritisk gjennomgang av den norske bruken av jordliner, som etterlyst av Bevanger og Brøseth (2001), er derfor sterkt ønskelig.

2.2. Planlegging av kraftledningstraseer

Med unntak av jordkabling (se nedenfor) finnes det ingen tiltak som fullstendig eliminerer problemet med kollisjoner mellom fugler og kraftledninger (Bevanger 1988, Bevanger 1994b). Problemet kan imidlertid reduseres betydelig ved å nøye utrede ulike muligheter for trasévalg, og i størst mulig grad velge bort de mest kollisjonsutsatte alternativene. En grundig gjennomgang av punkter som denne typen planlegging bør legge spesielt vekt på er blant annet gitt av Bevanger og Thingstad (1988) og Haas *m. fl.* (2003). Siden dette tema ligger noe på siden av hensikten med denne rapporten, oppsummeres punktene bare kort her.

Flere ulike tiltak kan være aktuelle for å minimalisere risikoen for at fugler kolliderer med kraftledninger:

- Ledningen kan legges inntil allerede eksisterende «hindere» for flygende fugler, for eksempel veier og broer, eller bergvegger (men som ikke utgjør viktige tradisjonelle hekkeplasser for fugler; se nedenfor)
- Ledningsnettets samles i en gate der flere ledninger løper parallelt, eller overføres til færre master, i stedet for å spres over et større område og dermed øke risikoen for at fugler kommer i kontakt med dem
- Jordkabling (men dette er et kostbart alternativ, og sjelden aktuelt over større avstander)
- Fjerning av toppliner (men dette øker risikoen for lynnedslag i ledningen, og er derfor ikke hensiktsmessig over lengre strekninger)

Planleggingen av traseene bør dessuten i størst mulig grad baseres på vurderinger av det aktuelle området i forhold til de ulike faktorene som virker inn på kollisjonsfaren (se over). Følgende områder er eksempler på hvor en så langt det er mulig bør unngå å bygge nye kraftledninger (Bevanger & Thingstad 1988, Haas *m. fl.* 2003), og der det gjerne er mest aktuelt å iverksette merking av allerede eksisterende kraftledninger (se under):

- Særlig viktige avifaunistiske områder, slik som vann, innsjøer og våtmarksområder med konstante eller sesongavhengige ansamlinger av ande- og vadefugler. Spesielt gjelder dette hvis kraftledninger vil avskjære fluktruter mellom raste- og furasjeringsområder.
- Andre steder med tidvis store konsentrasjoner av rastende og overvintrende trekkfugler
- Tradisjonelle spillplasser, for eksempel for storfugl og orrfugl
- Tradisjonelle hekkeplasser for rovfugler
- Større overnattingsplasser for fugler
- Kystlinjer og andre topografiske trekkleder med sesongvis opphoping av trekkende fugler, og der kraftledninger vil gå på tvers av trekkrutene

Kunnskap om hvor de viktigste fuglelokalitetene ligger akkumuleres for tiden på flere ulike måter innen norsk naturforvaltning, og slike kunnskapsbaser er viktige hjelpemidler for å kunne vurdere konsekvensene av ethvert utbyggingstiltak, inkludert kraftledninger. Eksempler er viltkartene som i dag finnes tilgjengelig i kommunene, og som brukes i utstrakt grad i ulike plansaker, samt hekkefugldatabasen som er et samarbeidsprosjekt mellom Direktoratet for Naturforvaltning, Norsk Ornitologisk Forening og Norsk institutt for naturforskning. Sistnevnte database er søkbar på internettsiden <http://www.fugleatlas.no/> (link også fra nettsidene til de involverte institusjonene).

I tillegg er kunnskap om fuglenes forflytningsmønstre i mange tilfeller avgjørende for å redusere kollisjonsrisikoen. Så sant det er mulig bør derfor ikke traseene legges på tvers av terrengformasjoner som fungerer som typiske trekkledere, slik som dalfører og kystlinjer. En må også være oppmerksom på at fuglenes prefererte tilholdssteder ikke nødvendigvis er konstante. Fra USA er det for eksempel kjent at en 230 kV kraftledning ble lagt tvers over en fuglefattig og tørr slette, som etter tungt regnvær to år senere ble forvandlet til en våtmark som trakk til seg store mengder vannfugl. I løpet av seks måneder ble det anslått at mer enn 2500 ender og gjess ble drept som følge av kollisjoner med kraftledningen. I tillegg fungerte de døde fuglene som smittekilde for botulisme, og førte til at et ukjent antall flere fugler døde indirekte som følge av kraftledningen (Beaulaurier *m. fl.* 1982, sitert av Crowder & Rhodes 2001).

I kombinasjon med detaljert kunnskap om fuglelivet i et område vil det også kunne være relevant å vurdere meteorologiske faktorer som kan påvirke kollisjonsrisikoen. For å kunne gjøre et godt og mest mulig fuglesikret trasévalg er det derfor ønskelig med mest mulig informasjon om både fuglelivet og fuglenes bevegelsesmønster gjennom hele året, landskap og andre sider ved miljøet langs de ulike traséalternativene.

Som en forstår ut fra dette vil som oftest omfattende undersøkelser være påkrevet for å få et fullstendig overblikk over faren for at fugler kan kolliderer med en planlagt kraftledning i et område. Følgelig anbefaler Haas *m. fl.* (2003) at den potensielle kollisjonsfrekvensen mellom fugler og kraftledninger blir gjenstand for oppmerksomhet tidlig i planleggingsprosessen, og at undersøkelser som kan avdekke spesielt utsatte og viktige fugleområder foregår gjennom et helt år for å få et best mulig beslutningsgrunnlag.

2.3. Merking av kraftledninger

2.3.1. Bakgrunn

Tiltak for å redusere risikoen for at fugler kolliderer med kraftledninger bør oppfylle følgende kriterier (Beaulaurier 1981): 1) høy effektivitet i forhold til å redusere mortalitetsraten for vilt, 2) ingen negativ påvirkning av andre ressurser, 3) ingen påvirkning av ledningsnettets pålitelighet og 4) være realistisk å gjennomføre ut fra økonomiske hensyn.

Nøye planlegging i form av konsekvensutredning og trasévalg basert på inngående kunnskap om fuglelivet er utvilsomt det beste og viktigste avbøtende tiltak vi har for å redusere risikoen for at fugler kolliderer med kraftledninger. Likevel er det ikke alltid mulig å la hensynet til fuglelivet veie så tungt som en kunne ønske ut fra fuglenes beste isolert sett, da ethvert byggeprosjekt krever en avveining mellom flere ulike samfunnsinteresser. I slike tilfeller kan det være aktuelt å merke kraftledningene på de mest kollisjonsutsatte stedene, for på denne måten å gjøre dem lettere synlig for fuglene. For at tiltaket skal bli mest mulig effektivt er det også nødvendig å ha god innsikt i kollisjonsfaren for et område, og hvilke arter som er mest utsatt. Dette kapittelet presenterer kjente merketyper og erfaringene med disse.

Merking av kraftledninger har som regel enten blitt festet på selve faselederne, den overhengende og tynnere topplinen (jordlinen) eller barduner. Hvor effektivt et merketiltak er ser ut til å variere en del mellom ulike merketyper. Når en vurderer å merke kraftledninger, vil det i tillegg til valg av merketype være nødvendig å foreta en analyse av de mulige praktiske, tekniske og økonomiske konsekvensene av dette tiltaket (Boks 1). På grunn av disse momentene er det ikke realistisk at vi kan oppnå merking av hele kraftledningsnettets. I stedet må fokus rettes mot kartlegging av de mest kollisjonsutsatte strekningene, og en merking av ledninger innenfor disse som er best mulig tilpasset det enkelte områdes fuglefauna og karakter (topografi, dominerende værforhold, etc.).

2.3.2. Ulike merketyper

I litteraturen foreligger det en rekke beskrivelser av strukturer som festes på linene (både faselederne og topplinene) og dermed kan være med på å redusere risikoen for fuglekollisjoner mot kraftledninger. De fleste metodene synes å ha det til felles at de er ment å gjøre ledningene mer synlige for fuglene, enten ved å fysisk forstørre dem, ved å endre fargen og på den måten framheve dem i forhold til omgivelsene, eller ved å gjøre begge deler. Et mindretall er konstruert med tanke på å skremme fuglene bort fra ledningen. Det er stor variasjon i dokumentasjonsgrunnlaget for å si at de enkelte merkemethodene virkelig fungerer, hvilke habitat de fungerer i, i forhold til hvilke arter og artsgrupper, i forhold til tidspunkter, og så videre.

De ulike metodene ble delt inn i følgende kategorier av Bevanger og Thingstad (1988): 1) lineovertrekk, 2) fysisk forstørrelse av linen og 3) atrapper. Det finnes mange firma som for tiden produserer og markedsfører ulike oppfinnelser som er ment for å gjøre kraftledninger lettere for fuglene å se, og mange av disse produktene er presentert på firmaenes nettsider (Vedlegg 1). Ingen av disse nettsidene presenterer imidlertid dokumentasjon på at de aktuelle merketyperne virkelig fungerer.

Grundige oppsummeringer og vurderinger av ulike merkemethoder og effekten av disse er gitt av APLIC (1994) og Crowder og Rhodes (2001). Resultatene av henholdsvis 11 og 28 ulike tester som disse forfatterne listet opp er her gjengitt i Tabell 1 (informasjon i sistnevnte rapport overlapper noe med førstnevnte), sammen med en håndfull referanser som er utelatt av disse. Enkelte studier nevnt av Bevanger og Thingstad (1988) og Bevanger (1994b), samt noen nyere

Tabell 1. Oppsummering av studier som har testet ulike merketetoder for å redusere kollisjonsfrekvensen mellom fugler og kraftledninger. I hovedsak basert på litteraturgjennomgang i APLIC (1994), Crowder og Rhodes (2001), Bevanger og Thingstad (1988), Bevanger (1994) og tilleggsinformasjon fra noen enkeltstudier som ikke er referert i noen av disse publikasjonene.

År	Referanse	Merketype ^b	Farge	Størrelse (cm)	Spredning (m)	Reduksjon i kollisjonsfrekvens	% reduksjon
1972	Scott <i>m. fl.</i>	Svart tape	Svart	15	1,9	Ja	Ukjent
1972	Scott <i>m. fl.</i>	Selvlysende bånd	Oransje	5	1,2	Nei	
1972	Scott <i>m. fl.</i>	Striper	Oransje	5	1,2	Nei	
1975	Renssen <i>m. fl.</i>	Ribber	Hvit	Ukjent	Ukjent	Ja	28%
1975	Renssen <i>m. fl.</i>	Ribber	Svart	Ukjent	Ukjent	Ja	48%
1975	Renssen <i>m. fl.</i>	Ribber	Svart/hvit	Ukjent	Ukjent	Ja	52%
1975	Renssen <i>m. fl.</i>	Avstandsstykker mellom under-faseledere	Oransje	Ukjent	Ukjent	Ja	60%
1975	Renssen <i>m. fl.</i>	Markeringsballer	Oransje	Ukjent	Ukjent	Nei	
1976	Heijnis ^a	Plastikkstriper	Svart/hvit	1,3x30	Ukjent	Ja	Ukjent
1978	Kaiser & McKelvey ^c	«Fiskebøyer»	Ukjent	Ukjent	Ukjent	Ja	Ukjent
1978	Rigby ^d	Markeringsballer	Oransje	Ukjent	Ukjent	Ja	Ukjent
1979	Gylstorff ^a	Plastikk-«streamers» på faseledere	Gul	10x50	Ukjent	Ja	37%
1980	Folkestad ^d	Maling av faseleder	Signalrød	Ukjent	Ukjent	Ja	Ukjent
1980	Folkestad ^d	Plastslange på faseleder	«Fosforescerende»	Ukjent	Ukjent	Ja	Ukjent
1980	Heijnis ^a	Plastikkstriper	Ukjent	50	Ukjent	Nei	
1980	Heijnis ^a	Plastikkspiraler	Ukjent	11	Ukjent	Nei	
1980	Heijnis ^a	Rovfuglsilhuetter	Ukjent	100	Ukjent	Ja	Ukjent
1987	Archibald	Plastikkkrør	Gul	Ukjent	Ukjent	Ja	Ukjent
1987	Howard <i>m. fl.</i>	Flymarkører (baller)	Rød	51	Sentralt-på spenn	Ukjent	Ukjent
1991	Morkhill & Anderson	Flymarkører (baller)	Gul/svart stripe	30	100	Ja	54%
1994	Alonso <i>m. fl.</i>	PVC-spiraler	Rød	30x100	10	Ja	60%
1994	APLIC ^c	«Bird Flight Diverter» (BFD-4)	Ukjent	10,2	5	Ja	86-89%
1994	APLIC ^c	«Bird Flight Diverter» (BFD-4)	Ukjent	10,2	10	Ja	57-58%

1994	APLIC	«Bird Flight Diverter» (BFD-7)	Ukjent	17,8	5	Ukjent	Ukjent
1994	APLIC	«Bird Flight Diverter» (BFD-7)	Ukjent	17,8	10	Ukjent	Ukjent
1994	APLIC ^c	«Bird Flight Diverter» (BFD-7)	Ukjent	17,8	15	Ja	65-74%
1994	APLIC	«Swan Flight Diverter» (SFD)	Ukjent	17,8	5	Ukjent	Ukjent
1995	Brown & Drewien	«Spiral Vibration Damper» (SVD)	Gul	1,27x125	3,3	Ja	61%
1995	Brown & Drewien	Fritthengende plater ^f	Gul/svart stripe	30,5x30,5	23-32	Ja	63%
1996	Savereno <i>m. fl.</i>	Flymarkører (baller)	Gul/svart stripe	30	30,5	Ja	53%
1998	Janss & Ferrer	Polypropylenspiraler	Hvit	30x100	Ukjent	Ja	81%
1998	Janss & Ferrer	Bånd med selvlysende stripe	Svart	5x354x5	20	Ja	76%
1998	Janss & Ferrer	Plastikkstriper	Svart	0,8x70	12	Nei	
2001	Rasmussen	PVC-spiraler	Gul	30 ^g	15	Ja	100%
2003	van Rooyen <i>m. fl.</i>	«Bird flapper», faseleder	Rød/hvit	Ukjent	Ukjent	Ja	82%
2003	van Rooyen <i>m. fl.</i>	«Bird flapper», faseleder	«Selv-lysende»	Ukjent	Ukjent	Ja	84%

a) Sitert av Beaulaurier (1981)

b) På jordline hvis ikke annet er angitt

c) Referanse Koops & de Jong 1982

d) Sitert av Bevanger & Thingstad (1988) og Bevanger (1994)

e) Nevnes av Crowder & Rhodes (2001), men uten at fullstendig sitering oppgis (mangler i referanselisten)

f) Design anbefales ikke på grunn av at det er aerodynamisk ustabil og skader faselederne

g) Størrelse anslått ut fra fotografi i publikasjon

Boks 1. Som regel er det ulemper av et eller annet slag forbundet med merking. Følgende aspekter er relevante (etter APLIC 1994):

1. Isdannelse og vindfang

Merkemetoder som forstørker linene kan for eksempel virke som vindfang, eller i kalde strøk føre til problemer med ising av faselederne, noe som i begge tilfellene kan føre til strømbrudd (Bevanger & Thingstad 1988). Det er viktig at ikke merkemethodene fører til en for stor vekt på linene, for eksempel i forhold til hva opphenget er konstruert for å tåle, og slik at en unngår at liner siger ned og kommer i kontakt med andre.

2. Hærverk

I USA er hærverk på flere typer elektriske installasjoner et velkjent problem, der linemerking er utsatt ved at folk bruker merkene som blink og skyter dem i stykker. I slike tilfeller vil også selve faselederne kunne skades. Ved utstrakt hærverk vil en kunne tenke seg både høye vedlikeholdskostnader, og kostnader forbundet med redusert driftssikkerhet. Det er uvisst hvor stort dette problemet er (og vil bli) i Norge.

3. Lover og reglement

Merking av kraftledninger kan komme i konflikt med lovverk og regelverk relevante for andre sider ved kraftforsyningen som ikke nødvendigvis alltid er like innlysende. Hvis for eksempel en merkemethode fører til redusert sikkerhet for vedlikeholdsarbeidere, vil dette kunne komme i konflikt med arbeidsmiljøloven (i tillegg til å selvsagt være en ulempe i seg selv). Det er derfor viktig at alle juridiske og sikkerhetsmessige aspekter belyses og tas hensyn til under planleggingen av nye merketiltak.

4. Estetikk

Bygging av nye kraftledninger møter ofte motstand, for eksempel i lokalbefolkningen, av rent estetiske årsaker, siden en kraftledning ofte vil virke skjemmende på omgivelsene. Det kan derfor ofte oppstå en konflikt mellom estetiske interesser og hensynet til fuglelivet, der tiltak som gjør kraftledningen mest mulig synlig er påkrevet. Estetiske hensyn vil derfor kunne påvirke beslutninger om både hvor og hvor mye merking som skal gjennomføres.

5. Kostnader

Alle typer linemerking er forbundet med kostnader, både i forhold til innkjøp/produksjon av selve merkeanordningene, i forhold til arbeid med å feste disse, og ikke minst i forhold til vedlikehold. Kostnadene vil selvsagt variere med en rekke faktorer som er nødvendig å ta hensyn til under planleggingen av merketiltak (for eksempel antall merker, lengde på merket strekning og praktisk anvendelighet).

studier, er imidlertid ikke tatt med her. I det følgende gis en nærmere presentasjon og diskusjon av ulike merkemethoder som er omtalt i litteraturen.

A) Maling av faseledere

Kun én rapport er kjent om forsøk med maling av selve faselederne for å øke synligheten, og dermed redusere risikoen for at fugler kolliderer med dem. Denne undersøkelsen ble gjort på Sunnmøre, der faselederne ble malt signalrøde på en strekning med høy kollisjonsfrekvens for sangsvane (*Cygnus cygnus*; Folkestad 1978, 1980; i Bevanger & Thingstad 1988).

Kraftledningens størrelse er ikke kjent. Et problem med denne malingen var at fargen ganske fort tapte seg på grunn av værslitasje, og at relativt hyppig vedlikehold derfor var nødvendig. Malingen skal ha redusert kollisjonsfrekvensen effektivt (A. O. Folkestad, pers. medd. i

Bevanger 1988), men data som kan dokumentere dette ser ikke ut til å foreligge. Malingstype er ukjent.

B) Heldekkende lineovertrekk

I eksperimentet fra Møre og Romsdal med maling av faseledere (Folkestad 1978, 1980; i Bevanger & Thingstad 1988), ble det også gjort forsøk med å strekke en «fosforescerende» plastslange utenpå faselederne. Også her ble det rapportert om en positiv effekt, og nedgang i kollisjonsfrekvensen for sangsvane, men ingen data som kan underbygge dette er tilgjengelig. Også et forsøk med å merke liner med gule plastikkør som nevnt i Tabell 1 (Archibald 1987) reduserte kollisjonsfrekvensen for japantrane (*Grus japonensis*) i Japan, men det er ukjent hvor stor effekten var.

Det er uvisst om heldekkende lineovertrekk blir fabrikkert kun med tanke på å redusere kollisjonsrisikoen for fugler. Enkelte firma produserer imidlertid plastovertrekk for å gjøre barduner lettere synlig for mennesker, noe som muligens kan fungere også for fugler (se for eksempel referanse C i Vedlegg 1).

C) Spiraler

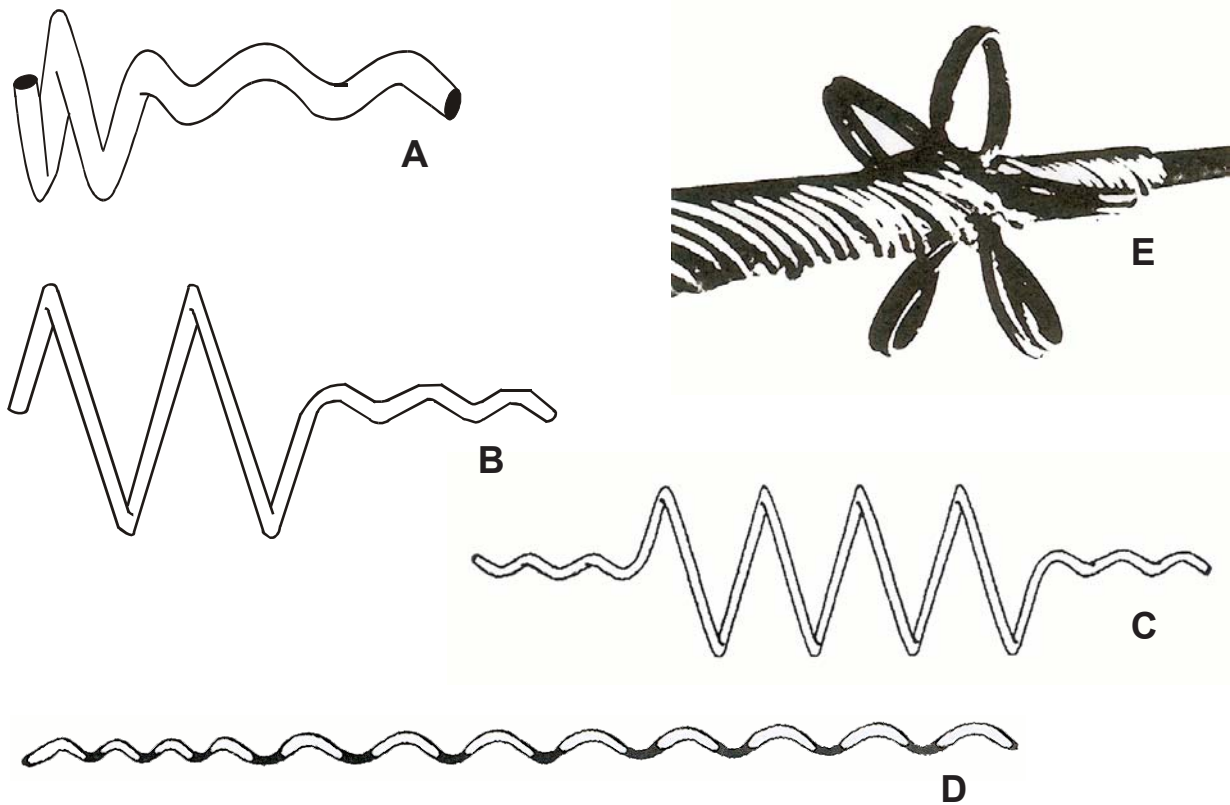
Flere ulike spiraler til å feste på faseledere eller toppliner er beskrevet i litteraturen, og av ulike firma som produserer og/eller forhandler disse. Felles for mange slike spiraler er at de er laget av et plastmateriale (PVC), at spiralen festes ved å vikles rundt selve linen, og at en forstørrende effekt på linen oppnås ved at spiralen som oftest er utvidet i den ene enden (Fig. 1). Hvor stor diameter denne utvidelsen har varierer imidlertid mellom de ulike modellene. Denne merketypen refereres ofte til som «grisehaler». Spiralerne er trolig den vanligst brukte formen for linemerking (Bevanger 1994b). De produseres i ulike farger, men det ser ikke ut til å eksistere noen enighet om hvilken farge som er best å bruke.

En undersøkelse fra et våtmarksområde i Nederland, med store konsentrasjoner av vadefugler og vannfugler, viste ingen spesiell effekt av spiralmerking (Heijnis 1980, sitert av Bevanger & Thingstad 1988), men dette kan skyldes at de fleste kollisjonene fant sted i mørket eller under dårlige lysforhold. Andre og grundige studier har nemlig påvist at spiralmerking av kraftledninger eller tilhørende toppliner har en svært god effekt.

En av de grundigste undersøkelsene av hvordan spiralmerking påvirker kollisjonsrisikoen ser ut til å være gjort av Koops og de Jong (1982, sitert av APLIC 1994), som fant en nedgang i kollisjonsfrekvensen på 57 – 89 % sammenlignet med umerkede linestrek. I dette studiet var jordlinene merket med to ulike spiralmodeller (Tabell 1). Disse merketyperne består av en spiralformet festedel, som utvides enten i den ene enden eller på midten (10-18 cm i omkrets), og dermed gjør den merkete linen lettere synlig (Fig. 1). Den minste modellen (BFD-4) har én omdreining på utvidelsen, mens den andre (BFD-7) har to omdreininger.

I tillegg finnes større modeller som på engelsk kalles «swan flight diverters» (SFD). Disse kjennetegnes ved å ha flere og videre omdreininger på spiralen enn andre modeller, og selve utvidelsen sitter midt på spiralen i stedet for i enden av den. En modell beskrevet i APLIC (1994) er oppgitt å være 62 cm lang og ha fire 18 cm vide omdreininger på midten.

Observasjoner fra en kraftledning i USA (Rasmussen 2001) tydet på at bruk av gule SFD-er (omkrets på utvidelsen anslått til ca. 30 cm) gjorde en kraftledning nær en våtmark i Wisconsin lettere synlig for flygende svaner. I dette tilfellet ble det ikke registrert kolliderende svaner på det aktuelle stedet i løpet av tre vintre etter at spiralerne var installert, selv om antallet svaner på lokaliteten ble fordoblet under samme tidsrom (økning fra 10-19 fugler til 30-36 fugler). Under de fire vintrene før dette ble det observert fire kollisjoner mellom svaner og kraftledninger.



Figur 1. Ulike spiralkonstruksjoner (såkalte bird flight diverters) brukt til å merke kraftlinjer. Tegningene viser plastmodeller i fire ulike utforminger: A) en mye brukt standard modell, kalt BFD-4, B) en litt større modell, kalt BFD-7, C) en såkalt swan flight diverter, D) en såkalt spiral vibration damper, og E) en litt annerledes spiralstruktur av metall (omarbeidet fra Bevanger & Thingstad 1988 og APLIC 1994).

Materialet er imidlertid for lite til at det er mulig å trekke statistisk sikre konklusjoner ut fra undersøkelsen.

Et studium fra sørvestre deler av Spania (Alonso *m. fl.* 1994, Alonso & Alonso 1999), der en kraftledning går gjennom et åpent landskap hovedsakelig bevokst med buskvegetasjon, sammenlignet frekvensen av både kollisjoner og overflyging av fugler før og etter at topplinene ble merket. Det ble her brukt røde PVC-spiraler som var én meter lange og maksimalt 30 cm i diameter. Ulike spenn av kraftledningen (totalt mer enn 28000 m) ble overvåket før og etter merking. En fant 45 døde individer (19 arter) før merking var foretatt, mens antallet ble redusert til 18 individer (13 arter) etter merking; en nedgang på 60%. Langs en kontrollstrekning som ikke ble merket økte antallet fra 19 til 25 fugler i samme tidsrom (15 arter begge gangene). I tillegg dokumenterte studiet også en nedgang på 61% i frekvensen av fugler som fløy over ledningen etter at merking var gjennomført. Forfatterne konkluderer med at merking av toppliner i det minste noen steder kan være et like godt alternativ som å fjerne dem, siden effekten målt som prosentvis reduksjon i antallet døde fugler er sammenlignbart (se ovenfor). Her må det imidlertid innvendes at fjerning av toppliner kombinert med merking av faseledere, eller merking av både faseledere og toppliner på samme strekningen, bør forventes å være mer effektive alternativer.

I Frankrike skal en ha testet spiraler som ligner de mer vanlige BFD-typene, men med en sentralt plassert 35 cm bred utvidelse på to omdreininger (APLIC 1994). Denne typen spiraler kommer i rød og hvit farge, og franske forskere skal anbefale å alternere mellom dem (annenhver spiral av samme farge). Anbefalt avstand mellom merkene er 7 til 10 meter. Hvorvidt denne typen skiller

seg i bruk fra andre modeller er ikke kjent, og APLIC (1994) oppgir heller ikke navn på produsenten.

Såkalte «Spiral Vibration Dampers» (SVD) kan også brukes til å gjøre liner mer synlige. Disse skiller seg fra andre nevnte spiraler ved at de er like tykke i hele lengden (Fig. 1). For å redusere luftstrømindustert vibrasjon i linene henger imidlertid ikke spiralen helt fast i mer enn én ende. Det eneste studiet som ser ut til å ha testet denne merketypen (gul-farget) fant en nedgang i kollisjonsfrekvens på 61% for overflygende traner og vannfugler (Brown & Drewien 1995).

En siste type BFD er laget av metall, men har en annen utforming enn øvrige modeller (se Fig. 1). Denne skal ha blitt testet ut i Sør-Afrika, der den har blitt produsert av firmaet Preformed Line-products (APLIC 1994). Studier av effektivitet ser imidlertid ikke ut til å være tilgjengelige for denne spiraltypen.

Avstanden mellom hver individuelle merkeanordning spiller selvsagt en rolle for hvor effektiv metoden er for å gjøre linene mer synlige for flygende fugler. Den høyeste nedgangen i kollisjonsfrekvens er funnet med modell BFD-4, utplassert med fem meters mellomrom på jordlinene (APLIC 1994). Andre og større modeller vil imidlertid ganske sikkert ha en minst like god effekt ved så tett merking. Noen undersøkelser har antydnet at mange små spiraler er mer effektive enn få og store (Koops 1987, i APLIC 1994), mens andre har innvendt at det kan finnes situasjoner der større spiraler har sine fortrinn (APLIC 1994). Dette spørsmålet krever derfor mer utredning før klare anbefalinger om metodevalg kan gis.

I Nederland har en kommet fram til et merkeregime der hver individuelle spiral på samme jordline plasseres 10, 20 eller 30 m fra hverandre. På en parallell naboline merkes det med samme avstand, men spiralene plasseres asymmetrisk i forhold til den første linen, slik at avstanden mellom spiralene på kraftledningen sett rett fra siden bare blir halvparten så lang (APLIC 1994). Denne merkemetoden har en åpenbar fordel i å redusere kostnadene i forhold til å merke dobbelt så tett på begge linene, men det er ikke kjent om begge metodene er like effektive.

Spiraler fåes fra flere produsenter. Bevanger og Thingstad (1988) nevner at denne typen «fugleavviser» i Norge blir forhandlet av firmaet Strömberg Thömte AS. Det har imidlertid ikke vært mulig å finne dette firmaet på internett. Internasjonalt produseres denne typen spiraler av Tyco Electronics, USA, som også har en avdeling i Sverige. Deres produkt leveres i fargene gult og grått, og i en rekke ulike størrelser. Også firmaene ADAPT og Preformed Line Products leverer denne typen innretning i seks ulike størrelser (lengde fra 177 til 381 mm), men oppgir ingen informasjon om fargevalg på sine nettsider. Til slutt leverer firmaet RIBE GmbH i Tyskland BFD og SVD av ulike typer.

D) Blåser/ballonger

Flere ulike typer blåser eller ballonger som festes rundt linen har blitt brukt for å forstørre liner og gjøre dem lettere synlig for fugler. Slike merkeanordninger har ofte en sterk og lysende farge (gjerne signalrød).

Det foreligger i alt seks studier av hvilke effekter denne merketypen har på kollisjonsfrekvensen (her er også inkludert et studium som brukte såkalte «fiskebøyer» som merking av linene). Ett av disse fant ingen effekt, i et annet er det ukjent om merketiltaket hadde noen effekt, mens i de resterende fire undersøkelsene ble det funnet at merkingen faktisk reduserte kollisjonsfrekvensen (Tabell 1). Fargen på disse blåsene/ballongene var enten oransje eller gul og svart (i to studier er fargen ukjent). De to grundigste undersøkelsene ble gjort i USA, der merkingen besto av gule kulemarkører med en svart vertikalgående stripe.

I det ene tilfellet fant Morkhill og Anderson (1991) at kollisjonsfrekvensen for trompetertraner (*Grus americana*) i Nebraska var lavere for merkete enn for umerkete kraftledninger (69-345 kV), med henholdsvis 11 mot 25 døde traner i løpet av tre vårsesonger. Avstanden mellom kulene var 100 meter, men plasseringen alternerte mellom de to parallelle jordlinene på en slik måte at avstanden ble 50 meter for ledningen sett under ett. Det andre studiet ble gjort i Sør-Carolina (Savereno *m. fl.* 1996), og inkluderte et bredere artsutvalg. Her var kollisjonsfrekvensen 53% lavere langs en merket 115 kV-ledning enn langs en umerket strekning. I det siste tilfellet var imidlertid plasseringen av kulene atskillig tettere innenfor ledningen. Også her var merkingen forskjøvet i forhold til hverandre, og alternerende mellom ulike parallelle liner. Avstanden innenfor samme line var da 61 meter, men hvis ledningen ble sett rett fra siden var det 30,5 meter mellom hver markør.

Det er ikke kjent om den aktuelle typen blåser produseres kun med tanke på å redusere kollisjonsrisikoen for fugler. Det finnes imidlertid flere produsenter av blåser for merking av liner med tanke på luftfart, og disse modellene kan tenkes å fungere også for fugler. Se for eksempler internettetsiden i referansene C og G, Vedlegg 1.

E) Strimler

Flere studier har testet ut effekten av å merke kraftledninger eller jordliner med ulike typer av plaststrimler (Tabell 1). Effekten av disse forsøkene varierer en del mellom studiene, med både negative og positive effekter funnet. Noe av årsaken til denne variasjonen skyldes nok at ulike typer strimler har blitt brukt, med ulik lengde, strimlene er plassert med ulike mellomrom og har ulik farge. Effekten av denne merkeformen er derfor noe uklar, og vil tydeligvis variere en del avhengig av hvilken merkeform som benyttes, og hvordan merkene plasseres på ledningen. Selv om det ikke har vært påviselige effekter i enkelte studier, har noen av de rapporterte merketilfellene der strimler er brukt redusert kollisjonsfrekvensen med 60-80%. Metoden kan derfor tenkes å ha noe for seg, i det minste i noen situasjoner.

Kommersielle produsenter av den aktuelle typen strimler er ikke kjent.

F) Plateformete linevedheng

Det finnes flere andre typer vedheng til linene enn strimler, og noen av disse er også svært godt utviklet rent teknisk, og grundig testet ut i ulike sammenhenger. Flere firma markedsfører plateformete merkeinnretninger som har det til felles at selve platen henger løst under linen og blaffer i vinden. Bevegelse er på denne måten et ekstra moment som gjør merkete liner lettere synlig ved bruk av disse merkene. For at platene skal bli hengende mest mulig løst har de blitt festet til linen ved hjelp av en spindel som sikrer fri rotasjon i festeordningen.

I Sør-Afrika har en ofte brukt spiraler for å merke kraftledninger, men kommet til at en «aktiv» merking av ledningene vil være å foretrekke (van Rooyen *m. fl.* 2003). Spiralene kan sees på som passive ved at de ikke beveger seg når de er festet til linene, og dermed har redusert synlighet sammenlignet med merketyper som henger ned fra linen og beveger seg med luftstrømmingene.

Minst tre studier har blitt gjort for å undersøke effekten av plateformete linevedheng (Tabell 1). Dette gjelder et studium som brukte fritthengende gule plater med en svart stripe (Brown & Drewien 1995), og et studium i Sør-Afrika som testet effekten både av rød- og hvitfargete plater (kalt «bird flappers», med ulike farger på hver side) og av en selvlysende versjon av ukjent farge (van Royen *m. fl.* 2003). Alle tre fant en betydelig reduksjon i kollisjonsfrekvensen, med 63% i det første tilfellet og 82% og 84% i de to sistnevnte. De sørafrikanske merkene er konstruert av firmaet Preformed Line Products (internettadresse i Vedlegg 1). Ingen studier ser ut til å ha sammenlignet effekten av ulike typer linevedheng, både med hensyn på form og farge (inkludert

den selvlysende effekten), og det er derfor uvisst om noen av disse typene fungerer bedre enn andre. Resultatene fra de nevnte undersøkelsene tyder imidlertid på en god effekt av de utprøvede modellene.

Linevedhengene fås enten som hele plater eller som plater med hull i. De produseres i ulike fasonger, men fargene gul, rød og hvit ser ut til å være foretrukket ut fra de internett-eksemplene som henvises til i referansene B, C, F og G, Vedlegg 1. Flere typer er laget av et materiale som har en selvlysende effekt for å gjøre linen lettere synlig i dårlig lys. Merkeinnretningene markedsføres som svært enkle å installere selv mens kraftledningen er i drift. Det er ukjent hvor gode selve festeanordningene fungerer i de ulike tilfellene, og værbestandighet er også et usikkert moment som det ikke ser ut til å finnes tester av i de tilfellene som nevnes her (noe som for øvrig gjelder flere av metodene som nevnes her).

En tidlig plateformet modell utprøvet i USA (Brown & Drewien 1995) ble funnet å påføre selve faselederne som den hang på store slitasjeskader, og ble derfor ikke anbefalt av APLIC (1994). De aktuelle platene utgjorde et godt vindfang, og en mer aerodynamisk design vil derfor trolig fungere bedre i forhold til driftsaspektene for ledningene. Fra Sør-Afrika er både materialets værbestandighet og kvaliteten på festeanordningen kjent å kunne redusere effekten av merkingen, siden tidlig utprøvede modeller gikk i oppløsning eller tapte farge som følge av vær- og lysslitasje, og forskjøv seg langs faselederne på grunn av for dårlig feste (van Royen *m. fl.* 2003).

G) Rovfuglsilhuetter

I Nederland eksperimenterte en på slutten av 70-tallet med forskjellige typer rovfuglsilhuetter for å holde fugler unna kraftledningene (Heijnis 1980, i Bevanger & Thingstad 1988 og Hebert & Reese 1995). Den mest effektive varianten var en silhuett som var laget av et rødt og sølvgrått plastmateriale. Silhuetten var 80-100 cm lang, og 3,5 mm tykk. Slike silhuetter skal ha hatt en markert nedgang på dødeligheten for fuglene i det området de ble prøvet ut, og effekten skal ha vært mye bedre enn bruk av plastikkspiraler og strimler. Det ble ikke gjort observasjoner som tydet på at effekten ble redusert med tiden, men Bevanger (1994b) antar at merkemethoden vil være mest effektiv for trekkende fugler som ikke har rukket å gjennomgå en tilvenningsprosess.

Denne formen for fugleskremmer kan godt tenkes å fungere i Norge også, men det er ikke kjent hvor utbredt, eller hvor effektiv, bruken av denne metoden er her. Metoden har trolig den fordel at den skremmer bort mindre fugler som føler seg truet av rovfuglsilhuetten, mens den i likhet med andre metoder som forstørrer linene samtidig gjør dem lettere synlig også for større fugler. Siden rovfuglsilhuettene skremmer fugler bort fra området rundt linen, er ikke metoden egnet til å merke kraftledninger i de viktigste fugleområdene (dette kan for øvrig tenkes å gjelde også andre merkemethoder nevnt i denne oversikten). Andre merkemethoder bør derfor benyttes i naturreservater, for eksempel.

Det har ikke vært mulig å finne fram til produsenter eller forhandlere av rovfuglsilhuetter.

H) Andre merkemethoder

Merking av liner med lys for å gjøre dem mer synlig for fugler i skumring og mørke skal være utprøvet et fåtall ganger, men effekten av dette er ukjent. For eksempel skal det være utført merkeforsøk med blitzlys (Willdan Assoc. 1981, sitert av Crowder & Rhodes 2001), men uten at ytterligere opplysninger om resultatene foreligger. Som påpekt av Bevanger (1994b) kan lysmerking ha en negativ effekt, ved å trekke til seg fugler i mørket i stedet for å holde dem borte. Dette er et kjent fenomen for eksempler fra fyrlykter, der mange fugler blir funnet døde etter å ha kollidert mot vinduer i flukt inn mot lyskilden, eller fra oljeinstallasjoner der fuglene tiltrekkes av lyset fra gassflamme og blir brent i hjel.

I tillegg nevner Bevanger (1994b) bruk av lyd som en mulighet for å skremme bort fugler fra kraftledninger. Det er imidlertid ikke kjent at metoden har blitt testet ut for dette formålet så langt.

2.3.3. Kostnader ved linemerking

Merking av liner er forbundet med ekstra kostnader for kraftselskapene, både i forhold til innkjøp av selve merkeanordningene, ekstra arbeid med montering av disse og vedlikehold. Av de merketyperne som er i produksjon i dag, reklameres det ofte med at de er billige både i innjøl og drift. Prisen vil kunne bli høyere for enkelte merkeanordninger som må spesiallages på bestilling, slik som for eksempel rovfuglsilhuetter.

Av dagens merketyper er nok fugleavvisere av typen ”grisehaler” (plastspiraler) blant de billigste, både i innkjøp og bruk. Denne merketyper har for eksempel nylig blitt benyttet av Statnett på ledninger mellom Klæbu og Viklandet (Magne Maurset, pers. medd.). Modellen som da ble benyttet ble festet på jordlinene. Den produseres og forhandles av firmaet Preformed Line Products i England (nettadresse: Vedlegg 1J) og kalles BFD 524 9005. Stykkprisen for denne modellen var kr. 71,- (august 2003). Som nevnt over finnes slike spiraler i ulike utforminger, og er tilpasset ulike linetykkelser, og prisen vil følgelig variere noe i forhold til dette. Utgifter i forbindelse med montering og vedlikehold kommer i tillegg.

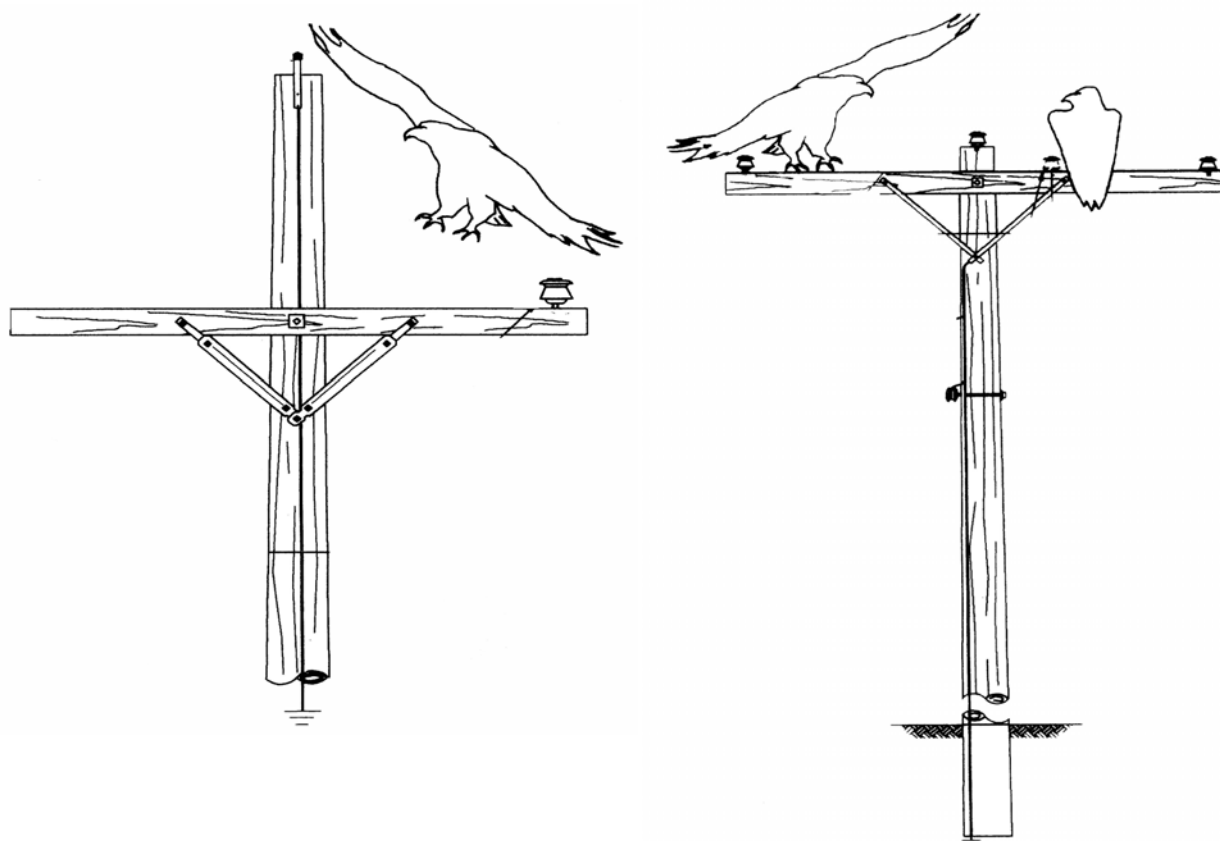
3. Elektrokusjon

3.1. Bakgrunn

Elektriske ledninger kan utgjøre en stor fare for levende vesener hvis det er mulig for dem å samtidig berøre to faseledere, eller faseleder og jord, noe som fører til kort- eller jordslutning. Dette kalles elektrokusjon, og selv om det normalt ikke vil være et problem for dyr som beveger seg på bakken, kan situasjonen være en annen for fugler som ofte setter seg på traversene til stolper og kraftledningsmaster, eller på toppen av selve mastene. Elektrokusjon forekommer ofte ved at fugler som for eksempel lander på, eller tar av fra, elektrisitetsledninger enten berører to faseledere samtidig, eller ved at de skaper kontakt mellom faseleder og jord (Fig. 2). Dette fører oftest til at fuglen blir sterkt skadet og/eller dør (også enkelte pattedyr, for eksempel ekorn, kan være utsatt for elektrokusjon).

I tillegg til å være et problem for fuglelivet kan elektrokusjon utgjøre et betydelig problem for elektrisitetsverkene, ved at det fører til strømbrudd. Kraftselskapet PacifiCorp i USA registrerte for eksempel i perioden 1986 - 1995 346 strømbrudd årlig som en følge av elektrokusjon forårsaket av fugler (APLIC 1996). Siden fugler som er utsatt for problemet også i mange tilfeller tar fyr og faller brennende til jorden, er det kjent at elektrokusjon endatil kan starte branner. I utlandet har slike brannstiftelser påført enkelte energiverk store erstatningssøksmål (NABU, udatert).

Elektrokusjon er et svært godt dokumentert problem for energi-forsyningen, både i Norge og internasjonalt. Her hjemme er problemet tidligere diskutert i rapporten til Bevanger og Thingstad (1988). Deres oppsummering av en spørreundersøkelse som ble sendt ut til alle landets energiverk viser klart at elektrokusjon var velkjent for drøyt 15 år siden. Som med hensyn til



Figur 2. Elektrokusjon skjer ved at fuglene kommer i kontakt med to faseledere, eller en faseleder og jord (for eksempel topplina), når de setter seg på kraftledningsmastene. Fuglen på den venstre tegningen står i fare for å komme i kontakt med topplinen samtidig som den kan berøre faselederen på piggisolatoren ytterst til høyre på traversen. På figuren til høyre er det lett for fuglene å berøre to faseledere samtidig, som her er festet til piggisolatorer. Det er også lett å samtidig berøre faseledere og jord, for eksempel ved at stjerten kommer borti jordete metallstag på traversen og fuglen samtidig hakker på piggisolatoren (modifisert etter APLIC 1996).

kollisjonsfaren mellom kraftledninger og fugler, kan elektrokusjon inntreffe på ulike vis, og flere variabler virker inn på risikoen. Problemet har blitt grundig belyst gjennom oppsummeringer av flere forfattere (Bevanger & Thingstad 1988, Bevanger 1994b, APLIC 1996, Hunting 2002, Haas *m. fl.* 2003, NABU, udatert). Kunnskapen om de ulike faktorene som påvirker risikoen for elektrokusjon, og en oppsummering av hvordan elektrokusjon kan motvirkes, presenteres nedenfor.

3.2. Variasjon i risiko

3.2.1. Utforming av elektriske ledninger

I tillegg til de biologiske faktorene (fuglenes størrelse, atferd, etc.), er den konstruksjonsmessige løsningen for en kraftledning, både relatert til spenningsnivå, mastetype og isolatorer, den viktigste faktoren som påvirker risikoen for elektrokusjon hos fugler (Boks 2). Mer spesielle aspekter er knyttet til transformatorstolper (se nedenfor).

Avstanden mellom faselederne er av stor betydning for elektrokusjonsrisikoen. Hvis avstanden er så stor at ingen fugler har stort nok vingspenn til å komme i kontakt med to faseledere samtidig vil ledningen utgjøre en betydelig mindre risiko enn ledninger med kortere avstand mellom

faselederne. Avstanden mellom faseledere og jord spiller imidlertid også en viktig rolle. Dersom for eksempel traversen er jordet og avstanden til faselederne er kort, utgjør ledningen en stor fare for fugler som setter seg på traversen, og som lett kan komme i kontakt med uisolerte faseledere og jord samtidig.

Avstanden mellom faseledere avgjør hvor lett fugler kan skape kontakt mellom dem ved å berøre de strømførende linene samtidig i det de slår ut vingene. På grunn av gjeldende bestemmelser om ledningsdesign vil denne avstanden øke jo større spenning ledningen har. Lavere høyspentledninger med spenning på 1 - 60 kV vil generelt ha kort nok avstand mellom faselederne til å utgjøre en fare for fugler (APLIC 1996, NABU, udatert). I Norge gjelder dette primært 11 og 22 kV-ledninger (Bevanger & Thingstad 1988), mens andre ledningsdimensjoner forekommer i andre land (APLIC 1996). Ledninger med større dimensjoner, der avstanden mellom faselederne er lengre enn 140 cm (NABU, udatert), er altså atskillig mer fuglesikre. I tråd med dette skriver for eksempel Statnett følgende på sine hjemmesider: «Statnetts ledninger fører ikke til at fugler blir drept av at de får strøm gjennom seg, da avstanden mellom strømførende liner og mellom liner og «jord» er så stor».

Men også selve lineoppheget er avgjørende for hvor lett fugler kan komme i kontakt med strømførende deler av kraftledningen. Flere forfattere utpeker spesielt piggisolatorer som farlige for fugler, der festeanordningen for linene stikker opp fra traversen (for eksempel Bevanger & Thingstad 1988, APLIC 1996 og deres referanser). I tillegg har Bevanger og Thingstad (1988) trukket fram (jordete) ståltraverser og stolpetransformatoranlegg som spesielt farlige for fugler i Norge.

For å omforme (transformere) høyspent strøm ned til normale 220 V som forbrukerne benytter seg av, trengs såkalte transformatorer. Transformormaster viste seg å være spesielt utsatt for elektrokusjon i en spørreundersøkelse blant norske energiverk av Bevanger og Thingstad (1988), og er nærmest kjent som rene fuglefeller (Bevanger 1994b). I eldre utgaver av slike friluftstransformatorer finnes det flere ubeskyttede liner som fugler og andre dyr lett kan komme i kontakt med, og dermed etablere kontakt mellom linene eller mellom liner og jord. Her er avstanden mellom uisolerte strømførende deler kort flere steder, noe som gjør at også mindre fuglearter enn de som primært utsettes for elektrokusjon på selve faselederne kan rammes.

3.2.2. Forskjeller mellom arter

Internasjonalt er en lang rekke fuglearter registrert drept som følge av elektrokusjon. For eksempel nevner NABU (udatert) 42 arter i sentral- og østeuropeiske land, hvorav 22 av disse er svært truet («critically endangered»). En liste presentert av Hunting (2002) inneholder i alt 90 arter som er nevnt å ha blitt utsatt for elektrokusjon i litteraturen. Spesielt arter som liker å sette seg i tretopper og på andre gode utsiktsplasser er utsatt, siden disse gjerne benytter høyspentmaster og –ledninger som slike utsiktsplasser, eller som hvileplasser. De av disse artene som har lange vinger og/eller bein har lettere for å komme i kontakt med strømførende liner, og er derfor også mest utsatt for elektrokusjon. Dette gjelder for eksempel mange storker, rovfugler, måker, ugler og kråkefugler.

For noen arter det et problem at de bruker kraftledningsmaster som reirplasser, og på denne måten utsetter seg selv (og avkommet) for spesielt stor risiko. APLIC (1996) lister således opp 24 rovfuglearter som er kjent å kunne plassere reiret på kraftledningstrukturer. Årsaken til at fuglene for eksempel velger kraftledningsmaster i stedet for naturlige underlag for reirene sine er ofte at naturlige reirplasser er fjernet av mennesker, for eksempel ved hogst av egnete reirtrær. Dette siste problemet forekommer sjelden i Norge og Norden forøvrig. Trolig er det mer vanlig i andre land, fordi fuglegrupper som er aktuelle for denne typen reirbygging, for eksempel storker og

Boks 2. To faktorer relevante for ledningsdesign som reduserer sikkerheten med hensyn på elektrokusjon (etter APLIC 1996):

1. Faselederne er atskilt med en kortere avstand enn vingespennet til fugler som lander på, sitter på eller tar av fra mastene
2. Avstanden mellom jord (for eksempel jordline, metallbjelke på masten, o.s.v.) og en faseleder er mindre enn fuglenes vingespenn, eller avstanden fra nebbspiss til halespiss

større rovfugler (trehekkende ørner, våker og gribber), ikke er tallrike her til lands. Bevanger (1994) nevner imidlertid at mastehekking av fugler forekommer i Finnmark, men oppgir ikke hvilke arter som er involvert eller hvor regelmessig dette forekommer.

3.2.3. Andre aspekter

Det finnes en rekke andre forhold enn ingeniørtekniske løsninger og fugleart som kan virke inn på risikoen for at fugler utsettes for elektrokusjon:

- *Årstider og tid på døgnet.* For kraftledninger som ligger like inntil viktige rasteplasser eller trekk-korridorer for utsatte arter kan risikoen øke i trekktiden. Rovfugler som ellers jakter flygende kan endre jaktstrategi om vinteren, ved å bruke mer tid på å speide etter bytte fra kraftledningsmaster for å spare energi (APLIC 1996). Ugler er ofte i høyrisikogruppen når det gjelder elektrokusjon, og siden disse ofte er mest aktive om natten vil elektrokusjon forårsakes mer hyppig av disse nattestid.
- *Ekskrementer.* Noen fuglearter etterlater seg ekskrementer som kan lede til elektriske overslag, og skape kontakt mellom fugler som for eksempel sitter på en travers og en faseleder. Dette gjelder for eksempel rovfugler og storker.
- *Habitat.* I følge APLIC (1996) finner det sted betydelig flere elektrokusjonstilfeller i åpne områder (slik som grassletter, busklandskap eller åpent parklandskap) enn i tett skog, i det minste når det gjelder rovfugler. Årsaken til dette er at fuglene finner færre naturlige utkikksposter her enn i tresatte områder.
- *Værforhold.* Fugler kan bli mer utsatt for elektrokusjon i regnvær da fjærene blir våte og dermed øker fjærdraktens ledningsevne. Dette illustreres godt ved forsøk gjort på fjær av kongeørn, der våte fjær ble brent av kontakt med strømliner på 5-7000 volt, mens det ikke ble registrert strømgjennomgang i det hele tatt for tørre fjær utsatt for hele 70 000 volt (Nelson 1979, 1980, sitert av APLIC 1996). For fugler med tørr fjærdrakt forekommer derfor elektrokusjon oftest som følge av kontakt mellom strømførende liner og hud eller hornkledte kroppsdeler, slik som nebb og klør (i det minste for ledninger mellom 5 og 70 kV). I tillegg får våte fugler ofte redusert manøvreringsevne, og sprer gjerne vingene oftere for å tørke fjærene. Dermed øker risikoen for å komme i kontakt med strømførende liner.
- *Alder* kan virke inn ved at unge fugler ikke er like gode flygere som gamle, eller ikke er like godt kjent i territoriet, og dermed lettere kommer i kontakt med kraftledningene. Rovfuglunger kan også lære å fly og jakte fra utkikksposter (som for eksempel kraftledningsmaster) noe som gjør dem mer utsatt enn adulte (APLIC 1996).

3.3. Avbøtende tiltak

Mange av de samme vurderingene som kan gjøres, og tiltakene som kan iverksettes, for å redusere faren for at fugler kolliderer med kraftledninger (se avsnitt 2.2. ovenfor) gjelder også i forhold til faren for elektrokusjon. Ikke minst gjelder dette en nøye planlegging ved oppføring av nye kraftledninger, slik at en unngår å legge ledninger gjennom de rikeste og viktigste fugleområdene, eller ved at spesielle sikkerhetstiltak iverksettes. Dette vil kunne være aktuelt ved hekkeplasser for spesielt utsatte rovfugler og ugler, for eksempel kongeørn og hubro.

Men det er først og fremst endringer av maste- og ledningsdesign som har potensiale til å redusere faren for elektrokusjon. Vi har i dag kommet svært langt på dette området. Den tyske fuglevernorganisasjonen NABU går så langt som til å slå fast følgende:

«There is no justifiable reason nowadays why a single bird should be killed due to an interaction of any sort with electrical structures. Indeed, there is no lack in the assortment of technical solutions available.»

(NABU, udatert)

Det finnes en betydelig mengde litteratur som belyser problematikken rundt elektrokusjon, og som skisserer løsninger på problemet. Mange av problemene (så vel som løsningene) er lite relevante for norske forhold, på grunn av at de aktuelle maste- og ledningsdesign ikke er i bruk hos oss (Bevanger & Thingstad 1988). I tillegg erstattes nå mange av de mindre kraftledningene med hengekabler og jordkabler i tettbygde strøk i Norge, noe som helt eliminerer elektrokusjonsproblemet.

Jeg vil her bare kort referere de mest aktuelle problemområdene for norske forhold, og hva slags løsninger som har blitt anbefalt. For spesielt interesserte lesere anbefales de grundige gjennomgangene av elektrokusjonsproblemet med beskrivelse av en lang rekke design og forslag til løsninger presentert av Bevanger og Thingstad (1988), APLIC (1996) og Haas *m. fl.* (2003). Sammen omtaler trolig disse referansene de fleste maste- og ledningsdesign som finnes i dag. De mest aktuelle løsningene for norske forhold synes å være følgende:

Bruk av isolerte ledninger

I følge NABU (udatert) er bruk av isolerte liner en mulig løsning for å unngå elektrokusjon. I dette tilfellet kan linen festes direkte på mastene, og isolatorer trengs ikke. Denne løsningen er i dag utbredt på norske ledninger av mindre dimensjoner. De neste eksemplene dreier seg kun om tilfeller der fullstendig isolering av linene er uaktuelt.

Hengende isolatorer

Som nevnt ovenfor utgjør piggisolatorer potensielt en stor elektrokusjonsfare for fugler. Et tryggere alternativ er hengende isolatorer, og der avstanden mellom travers og faseleder er større enn 60 cm.

Lokal isolering av liner

Dersom det ikke er mulig å isolere hele ledningen, eller innføre hengende isolatorer, og der to faseledere, eller faseleder og jord, er innenfor rekkevidde for større fugler, vil en alternativ løsning være å kun isolere de mest utsatte delene av ledningene (de som er nærmest traversene). Dette kan gjøres ved å bruke spesielt tilpassede kapper/deksler som dekker minst to meter ut på begge sider av den midterste isolatoren. Dette er illustrert på Figur 3 (Haas *m. fl.* 2003 anbefaler imidlertid isolering av samtlige tre faseledere).

Forhøyete sitteplasser og fuglevern

For å redusere risikoen for at fugler skal sette seg innenfor rekkevidde av strømførende liner kan master og stolper utstyres med forhøyete sitteplasser. Et eksempel på dette er vist i Figur 3. En annen løsning er å bruke trekantete fugleavvisere, som plasseres på traversene.

Modifisering av travers

Traverser av tre eller annet isolerende materiale kan være et sikrere alternativ enn ståltraverser, siden de ikke behøver å jordes. Dette kan imidlertid medføre driftsproblemer i områder med hyppig tordenvær. Isolering av selve traversen er en annen mulighet (for en grundigere diskusjon av dette punktet, se Bevanger & Thingstad 1988). Fjerning av traversen er en annen mulighet (Fig.3)

Transformatorproblemet

I Norge elimineres problemet med transformatorstolper nå helt ved etablering av nye transformatorer som plasseres innebygget i kiosk på bakken. Også eldre transformatoroppheng fjernes i stor grad. Kiosktransformatorer sikrer dermed både fuglene og stabiliteten i strømforsyningen. Der transformatoroppheng fortsatt er i bruk finnes det flere muligheter for å isolere strømførende liner, og dermed gjøre dem mindre utsatt for elektrokusjon (for beskrivelser og illustrasjoner, se Bevanger & Thingstad 1988).

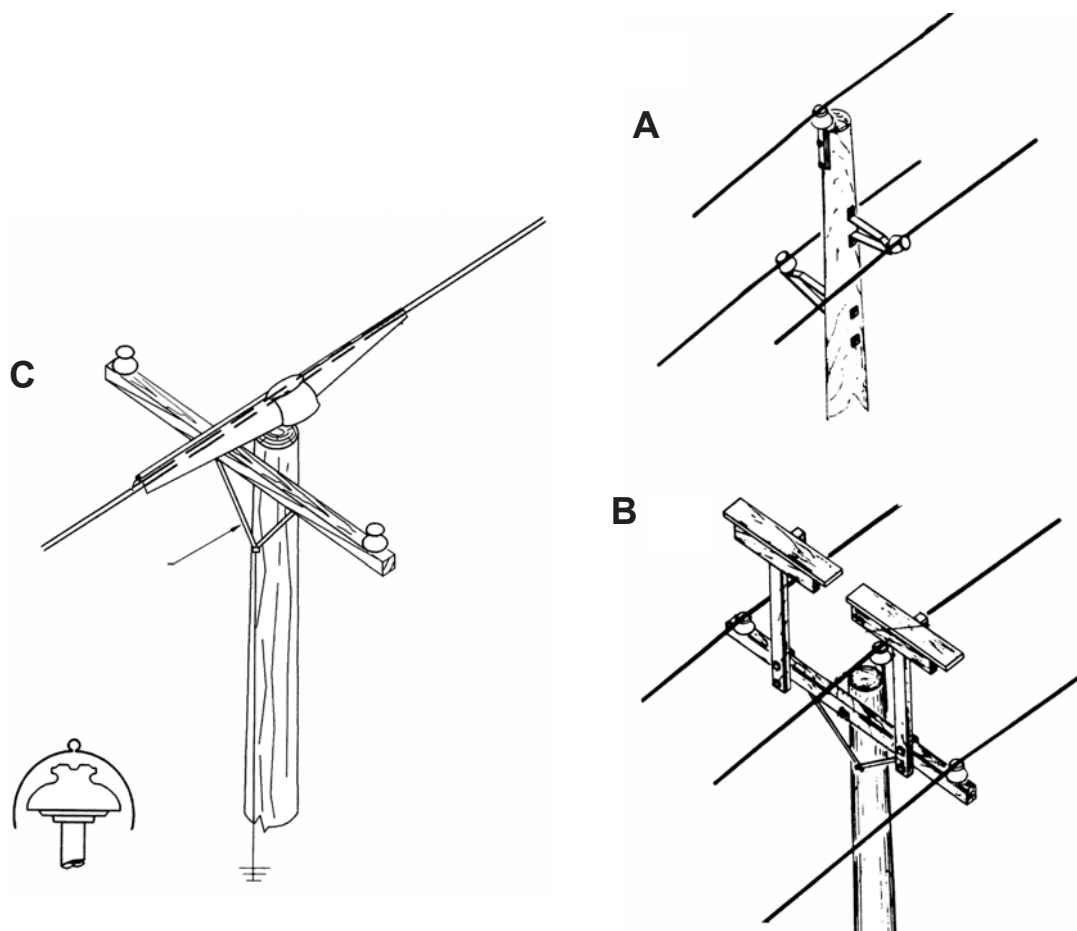
4. Diskusjon

4.1. Dagens status

Det finnes en mengde skriftlige kilder som beskriver ulike sider ved problematikken rundt fugler og kraftledninger, men mange av disse er vanskelig tilgjengelig, og foreligger for eksempel kun som internrapporter for ulike kraftselskaper, eller som upubliserte notater. En fullstendig gjennomgang av all litteratur på dette området ville derfor kreve atskillig mer tid og ressurser enn det som her har vært tilgjengelig. Følgelig vil for eksempel listen over ulike merketiltak som presenteres i denne rapporten neppe være uttømmende. Det er likevel grunn til å gå ut fra at metodene som er blitt utsatt for mest grundige vitenskapelige tester, og de som er funnet å være mest effektive, har blitt omtalt her. Dette fordi de beste metodene sannsynligvis har blitt trukket fram i den lett tilgjengelige litteraturen.

Så langt finnes ingen merketilbud som er 100% effektive for alle arter og under alle forhold. For kraftledninger som må plasseres i, eller inntil, spesielt viktige og utsatte fugleområder er derfor jordkabling fortsatt den beste løsningen for å unngå problemet med at fugler dør som følge av kollisjoner med kraftledninger. I tillegg må det understrekes at en nøye utredning og planlegging av trasévalget vil kunne redusere risikoen for at fugler kolliderer med kraftledninger betydelig (Bevanger & Thingstad 1988, APLIC 1994).

Som den foreliggende oppsummeringen viser, finnes det en rekke internasjonale studier som har tatt sikte på å belyse hvilke effekter ulike former for merking av kraftledninger har på kollisjonsfrekvensen for fugler. Ut fra dette materialet er det imidlertid vanskelig å gi entydige anbefalinger om en enkelt merketilbud som bør prioriteres. Årsaken til dette finnes delvis i det faktum at kollisjonsrisikoen ikke er konstant, men varierer i forhold til en rekke faktorer som en må ta hensyn til ved utarbeidelse av merker regime (se ovenfor). Det er også et vesentlig poeng her



Figur 3. Mastkonstruksjoner for å redusere risikoen for elektrokusjon. Bruk av stolper uten traverser (A) reduserer risikoen på grunn av faseledernes plassering og på manglende sitteplass. For eksisterende stolper kan forhøyete sitteplasser (B) være et alternativ, slik at avstanden fra fuglene til strømførende liner øker. Isolasjon av den midtre faselederen (C) er en annen mulighet (etter Bevanger & Thingstad 1988 og APLIC 1994).

at få studier så langt har blitt designet for å sammenligne flere ulike merkemethoder. I tillegg til effekter av linemerkingen på kollisjonsfrekvens, er brukervennlighet, funksjonalitet og innvirkning på kraftledningens driftssikkerhet viktige momenter ved valg av merkemethode (se Boks 3).

Til tross for de mange åpne spørsmålene som fortsatt finnes når det gjelder linemerking, skiller spiralmerking seg ut som en særdeles fordelaktig merkemethode. Den er en mye brukt og velkjent metode (også i Norge), den er relativt billig og ikke minst ser den ut til å være en av de mest effektive metodene som finnes så langt. Også plateformete linevedheng har potensiale til å fungere bra, men det er ikke kjent at slike er utprøvd her til lands. Begge disse merketypene vil trolig alltid forebygge kollisjoner til en viss grad, og bør prioriteres ved framtidig merking (se Tabell 1 for utprøvd merkeavstander), inntil nye studier eventuelt viser at andre metoder er bedre. De to merkeanordningene leveres i flere ulike farger og fasonger, men hvilke modeller som passer best under ulike forhold er ikke opplagt.

Generelt har noen forfattere påpekt at gul er den beste fargen å bruke på linemerker, siden de fleste fugleartene ser denne fargen godt, og siden fargen er lett å se under dårlige lysforhold (APLIC 1994). Bevanger (1994b) etterlyser større fokus på fargebruken ved linemerking, og

påpeker at visuelle pigmenter i fugleøyet absorberer omlag 500 nm (blågrønt) i dårlig lys, og 560 nm (gulgrønt) i dagslys. Fargevalg bør derfor gjøres ut fra en helhetsvurdering av artsutvalg og flygemønster over aktuelle ledningsspenn (dagslys eller skumring/mørke). Gule spiraler (og trolig andre merketyper) blekes gjerne med tiden når de utsettes for sollys. Det er imidlertid godt mulig at silhuetten av spiralene ofte er vel så avgjørende som fargen med hensyn på å gjøre linene synlig for fugler, og farge spiller kanskje en underordnet rolle her (Koops pers. medd. i APLIC 1994).

I en spørreundersøkelse for 15 år tilbake svarte 7 av 181 norske energiverk at de har satt i verk merketiltak for å redusere kollisjonsrisikoen for fugler (Bevanger & Thingstad 1988). Det var her spiralmerking som var hyppigst benyttet. Med unntak av studiet til Folkestad (1978, 1980, sitert av Bevanger & Thingstad 1988) av kollisjonsrisikoen for sangsvane på Nordvestlandet, ser det imidlertid ikke ut til å være gjort tester av linemerkingens effektivitet her i landet. Noen av elektrisitetsverkene i den nevnte spørreundersøkelsen hevdet dog å merke en positive effekt av merketiltaket, men uten at data som kan underbygge dette inntrykket foreligger.

At linemerking brukes ukritisk og uten kunnskap om eventuelle effekter er kjent fra mange land (Richard Carlton i brev). Det er derfor ønskelig at norske tiltak snarest blir satt i verk for å sjekke at merkingen faktisk fungerer. Disse undersøkelsene bør i så fall gjennomføres innenfor strenge vitenskapelig rammer, med krav om kvantifisering av fuglekollisjoner før og etter merking, og med tilsvarende data fra umerkede kontrollspenn og estimering av overflygingsfrekvens inkludert. En bør her primært satse på spiralmerking, siden dette er en metode som allerede er i bruk her til lands, og siden den er funnet å fungere godt i andre deler av verden. Det kan også sekundært være aktuelt å prøve ut plateformete linevedheng, dersom det viser seg at spiralmerkingen har noen ulemper, eller at den ikke fungerer.

Fram til nå har uttesting av metoder for å redusere kollisjons- og elektrokusjonsfaren for fugler foregått i en rekke land, men uten at informasjon om resultatene nødvendigvis har blitt bredt distribuert internasjonalt. Følgelig har arbeidet innenfor dette feltet vært preget av dobbeltarbeid, og endatil ført til bruk av ugunstige installasjoner (både for fuglene og elektrisitetsverket), der andre allerede har kommet fram til gode løsninger (Richard Carlton i brev). For tiden jobbes det derfor med å nedsette en internasjonal arbeidsgruppe som kan koordinere studier og komme med anbefalinger bygget på et bredt internasjonalt erfaringsgrunnlag. Det første arbeidsmøtet til denne gruppen er planlagt holdt i Sør-Afrika tidlig i 2005. Chris van Rooyen ved Endangered Wildlife Trust i Sør-Afrika (for internettadresse, se Vedlegg 1) vil ha det daglige ansvaret for gruppen i oppstartsfasen.

Elektrokusjon kan utgjøre et svært stort problem, både for kraftselskapene og for fuglelivet. En har imidlertid vært klar over dette i mange år, og fra utlandet finnes det en lang rekke studier og utredninger med formål å komme fram til tekniske løsninger på problemet. Trolig finnes det i dag beskrivelser av slike tiltak for de fleste situasjoner. I Norge ser det ut til at en er kommet langt i å etablere et ledningsnett som er minst mulig utsatt for elektrokusjon. Dette skjer både ved at nye ledninger blir laget på en fuglesikker måte, og ved at eksisterende ledninger modifiseres, for eksempel ved at transformatorstasjoner bygges inne, mindre høyspentledninger graves ned og nye ledninger bygges med hengende isolatorer i stedet for piggisolatorer.

4.2. Forslag til videre arbeid

Merking av kraftledninger blir stadig utført i Norge (Bevanger & Thingstad 1988), gjerne som følge av at dette settes som vilkår ved bygging av nye ledninger (Nils Henrik Johnson, pers. medd.). Så langt foreligger imidlertid ingen norske studier som i detalj dokumenterer og

Boks 3. Aspekter som normalt må vurderes før en beslutning om linemerking blir tatt (etter APLIC 1994).

- Vil den aktuelle merkemethoden øke vekt, vindfang og nedising? Faren for at dette påvirker driftssikkerhet må vurderes. Her er det nødvendig å ta med merketetthet (avstanden mellom hver merkeanordning) i vurderingen.
- Er prosedyrene for festing av merkeanordning i overensstemmelse med gjeldende sikkerhetskrav?
- Merkingen må ikke føre til brudd på aktuelle regelverk om for eksempel klaring til bakken (på grunn av at faselederen siger ned av den økte vekten), eller montørenes og vedlikeholdsarbeidernes sikkerhet. Det må ikke skape uforutsette skader på faseleder og andre liner eller støttestrukturene, eller på annen måte påvirke ledningens og systemets driftspålitelighet.
- Tilgjengelighet til den aktuelle merkeanordningen
- Kostnader ved innkjøp av den aktuelle merkeanordningen
- Kostnader forbundet med installasjon
- Merkeanordningens varighet og materialbestandighet
- Estetikk (primært visuelle aspekter, men i noen tilfeller kanskje også støy)

kvantifiserer effekten av disse tiltakene hos oss. Det er grunn til å tro at merking ofte iverksettes på grunnlag av ganske sparsomme forundersøkelser som ikke fullt ut belyser det aktuelle merkebehovet, eller at merking ikke blir utført på steder der det hadde vært hensiktsmessig. I det følgende fremmes noen anbefalinger og forslag til tiltak som kan gi oss et bedre grunnlag for avgjørelser om merking av norske kraftledninger i framtiden.

1. Innsamling av foreliggende kunnskap

Per i dag finnes ingen norsk oversikt med hensyn på 1) hvilke merketyper som blir hyppigst brukt, 2) hvor omfattende denne merkingen har vært fram til nå, 3) kostnader forbundet med merkingen, 4) om merkingen ser ut til å fungere hensiktsmessig, og i så fall 5) hvilke merketyper som fungerer best.

I spørreundersøkelsen til Bevinger og Thingstad (1988) blant landets kraftselskaper, fikk vi blant annet bekreftet at problemet med elektroksjon var betydelig også her til lands. Gjennom denne rapporten, og på grunn av den store nytten kraftselskapene selv har i å velge løsninger som reduserer sannsynligheten for elektroksjon, har det trolig vært mye fokus på problemstillingen som har gjort det norske ledningsnettet betydelig mer sikkert for fuglelivet. Hvor stort problemet med elektroksjon er her til lands i dag er likevel ikke kjent.

For å få et best mulig beslutningsgrunnlag i saker der det er en potensiell konflikt mellom fugler og kraftledninger vil det være viktig å skaffe kunnskap om dagens situasjon, både med hensyn på kollisjoner og elektroksjon. En enkel måte å gjøre dette på kan være å gjenta spørreundersøkelsen som ble offentliggjort i 1988, og på denne måten samle informasjon om alle typer interaksjoner mellom fugler og kraftledninger som er relevante for norske forhold. Dette vil være av stor verdi under utarbeidelsen av strategier for videre merking av kraftledninger i Norge,

og fungere som et godt grunnlag for planlegging av feltstudier av linemerking, samt identifisere eventuelle spesielle konfliktområder i forhold til elektroksjon.

2. Feltstudier

Eksperimentelle feltstudier som har som formål å teste ulike merketyper under norske forhold vil være av stor verdi. Slike eksperimenter må være basert på et robust vitenskapelig design som gjør oss i stand til å kvantifisere den relative effekten av ulike merketyper i forhold til umerkede ledninger. På bakgrunn av foreliggende opplysninger er det grunn til å begrense innsatsen til standardiserte merketyper som ser ut til å fungere brukbart, og som er lett tilgjengelige fra ulike produsenter, slik som spiraler og plateformete linevedheng. Mulighetene for å etablere et samarbeid med ulike produsenter, både praktisk og økonomisk, burde her være til stede.

Feltstudier av denne typen kan utføres på flere måter. En mulighet er å utføre en testmerking av allerede eksisterende ledninger, en annen vil være å ha nøye oppsyn med nyetablerte ledninger. I begge tilfellene vil det være ønskelig å konsentrere seg om ledningsstrekk der kollisjonsfrekvensen er kjent, eller antatt, å være relativt høy, siden dette vil kunne gi klare statistiske utslag. Aktuelle områder er for eksempel våtmarker eller jordbrukslandskap langs kysten, der det finnes ansamlinger av trekkfugler vår og høst. Data må samles fra periodene før og etter merking, og det er ønskelig å la datainnsamlingen gå over mer enn ett år slik at mellomårsvariasjoner kan studeres. Datainnsamlingen må foregå på en standardisert måte slik at kollisjonsfrekvenser i ulike perioder er sammenlignbare.

Selv om eksperimentelle oppsett vil gi det beste grunnlaget for å konkludere med hensyn på effekter av merking, er det også grunn til å følge opp allerede iverksatte merketiltak med undersøkelser av kollisjonsfrekvensene. Dette gjelder også selv om en ikke har tilgjengelige data fra før merking. Det er minst to gode grunner til å gjøre dette. For det første vil det kunne være mulig etter en stunds overvåking av kollisjonsfrekvenser å fjerne merkingen, for å se om kollisjonsfrekvensene øker. For det andre er det svært interessant å vite hvor høy kollisjonsfrekvensen faktisk er på den aktuelle ledningsstrekningen. Merking bør ideelt sett ikke gjennomføres ukritisk, og uten å observere effektene, siden det er mulig at en på spesielt utsatte strekninger fortsatt vil kunne ha svært store tapstall for fugler som følge av kollisjoner med kraftledninger. I slike tilfeller kan det vurderes å gjøre merkingen tydeligere, eller å legge ledningen i jord. Jordkabling er som nevnt over alltid det beste alternativet, og bør vurderes sterkt allerede ved byggingen av ledningen, hvis en alt på det tidspunktet vet at kollisjonsfaren er stor i et område.

Som det går fram av denne rapporten er det mange ulike faktorer som spiller inn på kollisjonsfrekvensen mellom fugler og kraftledninger. Det er derfor viktig å forsøke å kontrollere slike faktorer når felteksperimenter planlegges, og om mulig teste for forskjeller mellom dem for å belyse variasjon i kollisjonsfrekvenser. Merking av kraftledninger kan også gjøres på mange ulike måter, og eksperimentene bør legges opp på en måte som kan gi svar på de mest interessante spørsmålene. Forskjeller i effektivitet mellom ulike merketyper er som nevnt ett moment her, men også ulike strategier for bruk av den samme merketyper kan være interessant å belyse. Hva er for eksempel den optimale avstanden mellom merkeanordningene? Hva er optimal farge? Varierer svarene på disse spørsmålene med miljøforholdene? Og med artssammensetning rundt aktuelle ledningsstrekk? Problemstillingen kan som vi ser lett gjøres svært kompleks.

Undersøkelser av kollisjonsfrekvenser krever nøyaktige observasjoner over lengre tid for å få et godt datagrunnlag. En mye brukt metode er telling av døde fugler under kraftledningen over et visst tidsrom. Et problem med slike undersøkelser er at fuglene raskt kan bli fjernet av åtseletende dyr og fugler. Et annet er at noen fugler skades under kollisjonen, og faller ikke ned

like under linene. Telling av døde individer kan derfor føre til underestimering av de faktiske kollisjonsfrekvensene. Electric Power Research Institute i California, USA jobber for tiden med å utvikle et elektronisk overvåkingssystem som kan bli et nyttig hjelpemiddel for å skaffe sikrere estimater av kollisjonsfrekvensene (Richard Carlton i brev). Dette systemet består av sensorer som er festet til linene, og som registrerer fuglekollisjonene direkte. Informasjonen blir overført elektronisk via radiosignaler fra sensorene til en basestasjon der data lagres. Et slikt system vil kunne bli veldig nyttig for å teste ulike merkemeter i framtiden.

3. Etablering av integrert forvaltningsorgan for problematikken fugl-kraftledninger

I Norge (som i mange andre land) har problemstillingen knyttet til fugler og kraftledninger hittil fått mest oppmerksomhet fra enkeltstående biologer. Problemstillingene er imidlertid ikke utelukkende biologiske, men omfatter også tekniske/ingeniørfaglige og økonomiske aspekter. For å finne fram til optimale løsninger vil det derfor gjerne være behov for et integrert samarbeid mellom de ulike kompetansegruppene. Et slikt samarbeid er nå etablert i Sør-Afrika (van Rooyen *m. fl.* 2003), og kan være aktuelt også her til lands.

I Sør-Afrika har en etablert et rapporteringsnettverk blant landets kraftleverandører, som har til hensikt å samle inn opplysninger om fugler som har mistet livet etter å ha kollidert med kraftledninger. Ved hjelp av et standardisert skjema kan en på denne måten få inn opplysninger som blant annet kan gi en indikasjon på hvor spesielt utsatte ledningsstrekke befinner seg, samt hvilke arter som rammes hardest, og ut fra dette sette i verk mer målrettede undersøkelser med tanke på å framskaffe et best mulig estimat av kollisjonsfaren. På denne måten har en et redskap til å identifisere de geografiske områdene der merking er mest påkrevet. Et lignende opplegg ville være gunstig å også etablere i Norge. Per i dag har vi nemlig ingen systemer for å oppdage kollisjonsutsatte strekninger på kraftledningsnett, selv om det gjerne blir pekt på slike i konsekvensutredninger som utarbeides i forkant av nyetableringer av kraftledninger.

4. Internasjonalt samarbeid

Det er viktig at arbeidet som gjøres her hjemme med tanke på å begrense de negative effektene som kraftledninger har på fugler baseres på internasjonalt samarbeid, og til enhver tid oppdatert kunnskap om problemstillingene. På denne måten vil en unngå å gjøre arbeid som allerede er utført, utveksle erfaringer og få muligheten til å benytte seg av metoder som gjør studiene lettere.

Kraftledninger utgjør en stor trussel for fuglelivet internasjonalt. Tiltak i Norge kan ikke hjelpe våre trekkfuglearter som overvintre i land der for eksempel tiltak mot elektrokusjon ikke er satt i verk. For bestander av flere sjeldne fuglearter er elektrokusjon en betydelig trussel som relativt lett kan reduseres hvis kunnskapen når fram til beslutningstakerne. Samarbeid over landegrensene, og høy grad av informasjonsflyt angående avbøtende tiltak, må derfor stimuleres.

Litteratur

- Alonso, J. A. & Alonso, J. C. 1999. Mitigation of bird collisions with transmission lines through groundwire marking. In: Ferrer & Janss (red.), *Birds and powerlines. Collision, electrocution and breeding*. Quercus, Madrid, Spania.
- Alonso, J. C., Alonso, J. A. & Muñoz-Pulido R. 1994. Mitigation of bird collisions with transmission lines through groundwire marking. *Biological Conservation* **67**: 129-134.
- Avian Powerline Interaction Committee (APLIC) 1994. *Mitigating Bird Collisions With Power Lines: The State Of The Art In 1994*. Edison Electric Institute, Washington DC, USA. 78 s.
- Avian Powerline Interaction Committee (APLIC) 1996. *Suggested practices for raptor protection on power lines: The state of the art in 1996*. Edison Electric Institute, Washington DC, USA. 125 s.
- Archibald, K. 1987. The conservation status of the breeding ground of the red-crowned crane in Hokkaido, Japan. S. 64-86 i: Archibald, G. & Pasquier, R. (red.), *Proc. 1983 international crane workshop, Bharapur, India*. International Crane Foundation, Baraboo, Wisconsin.
- Beaulaurier, D. 1981. *Mitigation of Bird Collisions With Transmission Lines*. Bonneville Power Administration, Portland, Oregon. 83 s.
- Beaulaurier, J., Jackson, P. A., Meyer, J. R. & Lee, J. M. jr. 1982. Mitigating the incidence of bird collisions with transmission lines. Presented at the Third Symposium of Environmental Concerns of Right-of-Way Management, San Diego, California, 15-18 February 1982.
- Bevanger, K. 1988. Tiltak mot spetteskader, electrocution og kollisjoner. *Vår Fuglefauna* **11**: 5-13.
- Bevanger, K. 1990. Topographic aspects of transmission wire collision hazards to game birds in the Central Norwegian coniferous forest. *Fauna norv., Ser. C, Cinclus* **13**: 11-18.
- Bevanger, K. 1993. *Avian interactions with utility structures – a biological approach*. Dr. scient. thesis, University of Trondheim, Norway.
- Bevanger, K. 1994a. Three questions on energy transmission and avian mortality. *Fauna norv., Ser. C, Cinclus* **17**: 107-114.
- Bevanger, K. 1994b. Bird interactions with utility structures: collisions and electrocution, causes and mitigating measures. *Ibis* **136**: 412-425.
- Bevanger, K. 1995. Tetraonid mortality caused by collisions with power lines in boreal forest habitats in central Norway. *Fauna norv., Ser. C, Cinclus* **18**: 41-51.
- Bevanger, K. 1995. Estimates and population consequences of tetraonid mortality caused by collisions with high tension power lines in Norway. *J. Applied Ecol.* **32**: 745-753.
- Bevanger, K. 1998. Biological and conservation aspects of bird mortality caused by electrical power lines: a review. *Biological Conservation* **86**: 67-76.
- Bevanger, K. & Brøseth, H. 2001. Bird collisions with power lines – an experiment with ptarmigan (*Lagopus* spp.). *Biol. Conserv.* **99**: 341-346.
- Bevanger, K. & Thingstad, P. G. 1988. *Forholdet fugl – konstruksjoner for overføring av elektrisk energi. En oversikt over kunnskapsnivået*. Økoforsk Utredning 1988 (1).
- Brown, W. M. & Drewien, R. C. 1995. Evaluation of two power line markers to reduce crane and waterfowl collision mortality. *Wildlife Society Bulletin* **23**: 217-227.
- Carlton, R. G. 2001 (red.). *Avian Interactions With Utility and Communication Structures*. Proceedings of a workshop held in Charleston, South Carolina, December 2-3, 1999. EPRI technical report.
- Coues, E. 1876. The destruction of birds by telegraph wire. *American Naturalist* **10**: 734-736.
- Crowder, M. R. & Rhodes, O. E. 2001. Avian collisions with power lines: A review. S. 139-168 i: Carlton, R. G. (red.), *Avian Interactions With Utility and Communication Structures*. Proceedings of a workshop held in Charleston, South Carolina, December 2-3, 1999. EPRI technical report.
- Fazier, S. 2000. The State of the Art in Raptor Protection - A Historical Perspective. Foredrag på Raptor Electrocution and Collision Prevention Workshop in Alaska on April 13-14, 2000. Summary på http://www.usda.gov/rus/electric/engineering/2000/raptor_prot.htm

- Ferrer, M. & Janss, G. F. E. (red.) 1999. *Birds and powerlines. Collision, Electrocutation and Breeding*. Quercus forlag, Madrid, Spania.
- Folkestad, A. O. 1978. Kraftlinjer og fugl. En oppsummering av problemer og erfaringer med merking av kollisjonsutsatte spenn. *Fossekallen* **25**: 10-11.
- Folkestad, A. O. 1980. Kraftlinjekollisjoner som tapsfaktor for overvintrande songsvane, *Cygnus cygnus*, i Møre og Romsdal. S. 169-175 i Kjos-Hansen, O., Gunnerød, T. B., Mellquist, P. & Dammerud, O (red.), *Vassdragsregulerings påvirkning på vilt. Foredrag og diskusjoner ved symposiet 15.-17. april 1980*. NVE, DVF.
- Gylstorff, N.-H. 1979. *Fuglenes kollisjoner med elledninger*. Spesialoppgave ved Århus Universitet. 107 s.
- Haas, D., Nipkow, M., Fiedler, G., Schneider, R., Haas, W. & Schürenberg, B. 2003. *Protecting birds from powerlines: a practical guide on the risks to birds from electricity transmission facilities and how to minimise any such adverse effects*. BirdLife International. Report on behalf of the Bern Convention to the Standing Committee of the Convention on the Conservation of European Wildlife and Natural Habitats, 23. Meeting Strasbourg 1-4 December 2003.
- Harness, R. E. 2001. Effectively retrofitting power lines to reduce raptor mortality. S. 29-45 i: Carlton, R. G. (red.), *Avian Interactions With Utility and Communication Structures*. Proceedings of a workshop held in Charleston, South Carolina, December 2-3, 1999. EPRI technical report.
- Hebert, E. & Reese, E. (red.) 1995. *Avian collision and electrocution: an annotated bibliography*. California Energy Commission (Publication Number: P700-95-001). (Se Vedlegg 1 D).
- Heijnis, R. 1976. *Vogels Onderweg. Ornithological mortality and environmental aspects of aboveground high tension lines*. Koog an de zaan, Holland. 160 s.
- Heijnis, R. 1980. Vogeltod durch Drahtanflüge bei Hochspannungsleitungen. S. 111-129 i *Ökol. Vögel* **2**, Sonderheft.
- Howard, R. P., Keller, B. L., Rose, F. L., Connelly, J. & Hupp, J. 1987. Impacts of the Tincup Loop transmission line on cranes in Caribous County, Idaho. S. 140-144 i: Lewis, J. C. (red.), *Proc. 1985 Crane Workshop*. Platte River Whooping Crane Maintenance Trust, Grand Island, Nebraska.
- Hunting, K. 2002. *A Roadmap for PIER Research on Avian Power Line Electrocution in California*. California Energy Commission, 58 s. (se Vedlegg 1 C).
- Janss, G. F. E. 2000. Avian mortality from power lines: a morphological approach of a species-specific mortality. *Biol. Conserv.* **95**: 353-359.
- Janss, G. F. E. & Ferrer, M. 1998. Rate of bird collisions with power lines: effects of conductor marking and static wire marking. *Journal of Field Ornithology* **69**: 8-17.
- Kaiser & McKelvey 1978. Sitert av Crowder & Rhodes (2001), men uten at referansen er oppgitt.
- Koops, F. B. J. & de Jong, J. 1982. Vermindring van draadslachtoffers door markering van hoogspanningsleidingen in de omgeving van Herenveen. *Het Vogeljaar* **30**: 308-316.
- Koops, F. B. J. 1987. *Collision victims of high-tension lines in the Netherlands and effects of marking*. KEMA report 01282-MOB 86-3048.
- Larsen, R. S. & Stensrud, O. H. 1988. Elektrisitetsdøden – den største trusselen mot hubrobestanden i Sørøst-Norge? *Vår Fuglefauna* **11**: 29-34.
- Morkhill, A. E. & Anderson, S. H. 1991. Effectiveness of marking power lines to reduce sandhill crane collisions. *Wildlife Society Bulletin* **19**: 442-449.
- NABU (udatert). *Caution: Electrocutation! Suggested Practices for Bird Protection on Power Lines*. Brosjyre. 21 s.
- Nelson, M. W. 1979. *Power lines progress report on eagle protection research*. Upublisert rapport, Boise, Idaho. 13 s.
- Nelson, M. W. 1980. *Update on eagle protection practices*. Upubl. rapport, Boise, Idaho. 14 s.
- Rasmussen, P. J. 2001. Problem Resolutions for Avian Interactions at Two Power Company Facilities. S. 205-219 i: Carlton, R. G. (red.), *Avian Interactions With Utility and Communication Structures*. Proceedings of a workshop held in Charleston, South Carolina, December 2-3, 1999. EPRI technical report.
- Rayner, J. M. V. 1988. Form and function in avian flight. S. 1-66 i Johnston, R. F. (red.), *Current Ornithology*. Plenum Press, New York.

- Renssen, T. A., Bruin, A. de, van Doorn, J. H., Gerritsen, A., Greven, N. G., vand de Kamp, J., Linthorst, H. D. M. & Smith, C. J. 1975. *Vogelstrefte in Nederland tengevolge van aanvaringen met hoogspannings-lijnen*. Arnhem: Rijksinstituut voor Natuurbeheer.
- Rigby, R. W. 1978. October 19 letter from Refuge Manager, Bosque del Apache National Wildlife Refuge, Socorro, New Mexico, to Michael Avery, National Power Plant Team, Ann Arbor, Michigan. 1 s.
- Rubolini D., Bassi E., Bogliani G., Galeotti P. & Garavaglia R. 2001. Eagle Owl and power line interactions in the Italian Alps. *Bird Conservation International* **11**: 319-324.
- Scott, R. E., Roberts, L. J. & Cadbury, C. J. 1972. Bird deaths from power lines at Dungeness. *British Birds* **65**: 273-286.
- Savereno, A. J., Savereno, L. A., Boettcher, R. & Haig, S. M. 1996. Avian behaviour and mortality at power lines in coastal South-Carolina. *Wildlife Society Bulletin* **24**: 636-648.
- Thompson, L. S. 1978. Mitigation through engineering and habitat modification. S. 51-92 i Avery, M. L. (red.), *Impacts of transmission lines on birds in flight*. U. S. Fish and Wildlife Service, Biological Services Program, FWS/OBS-78/48.
- Willdan Associates 1981. *The Impacts of the Ashe-Slatt 500 kV transmission line on birds at Crow Butte Island: Postconstruction study year 1*. Prepared for Bonneville Power Administration, U.S Department of Energy, Portland, Oregon.
- van Rooyen, C., Nelson, P. & Kambouris, D. 2003. Strategic partnerships as a mechanism to address wildlife interactions with powerlines: The South-African approach. Manuscript.

Vedlegg 1. Nettbasert informasjon om for eksempel ulike former for mekaniske fugleskremmere som kan monteres på kraftledninger for å gjøre disse lettere synlig for fugler, samt organisasjoner som er opptatt med studier av problemstillinger rundt kraftledninger og fugler.

- A. ADAPT Australia, informasjon om firmaets spiralformete linemerking: <http://www.adaptaust.com.au/PDF/1-60.pdf>
- B. BirdSafe Inc., USA. Presentasjon av linemerking (pæreformet vedheng) og tre ulike anordninger for å hindre at fugler slår seg ned på stolper og master der de er utsatt for elektrokusjon: <http://www.bird-safe.com/ndindustry.htm>
- C. California Energy Commission. Referansen Hunting (2002) og andre relevante rapporter (se under *Land use and habitat*): http://www.energy.ca.gov/pier/energy/energy_reports.html
- D. Clydesdale, UK. Presentasjon av firmaets ulike linemerkingemetoder og deres festeordninger (hengende markører): <http://www.clydesdale.ltd.uk/olh.htm>
- E. Endangered Wildlife Trust, Sør-Afrika: <http://www.ewt.org.za/>
- F. Referansen Haas *m. fl.* (2003): http://www.coe.int/t/e/Cultural_Co-operation/Environment/Nature_and_biological_diversity/Nature_protection/sc23_tpvsl3e.pdf?L=E
- G. Referansen Hebert, E. & Reese, E. (1995): http://www.energy.ca.gov/reports/avian_bibliography.html
- H. NABU, Tyskland. Hefte som omtaler metoder for å unngå elektrokusjon («Caution Electrocutation! Suggested Practices for Bird Protection on Power Lines»): http://www.nabu.de/vogelschutz/caution_electrocutation.pdf
- I. Power Engineers, Australia. Presentasjon av firmaets linemerking (hengende markører): <http://www.energyequipment.co.nz/birdflight.htm>
- J. Preformed Line Products, internasjonalt: <http://www.preformed.com/index.html>
- K. Preformed Line Products, Sør-Afrika: <http://www.preformedsa.co.za/>
- L. PR-technologies, informasjon om firmaets to typer linemerking (hengende markører): http://www.pr-tech.com/products/birds/birds_main.htm
- M. Ribe Verbindungstechnik, Tyskland. Produsent av spiralmerking: <http://www.ribe.de/>
- N. The Ohio Brass Company; produsent av et beskyttelsessystem som nevnes som et alternativ til jordliner: http://www.hubbellpowersystems.com/powertest/ohio_brass/ohiobrass.html

NOF Rapportserie — tidligere rapporter

1994

1-1994	Prosjekt dverggås. Årsrapport 1994.....	kr. 100,-
2-1994	Seabird Censuses on Novaya Zemlya 1994. Working Report.....	kr. 100,-
3-1994	Fauna at Troynoy and Influence of Polar Stations on Nature Reserve.....	kr. 100,-
4-1994	Ornithological Registrations in the Uboynaya Area.....	kr. 100,-

1995

1-1995	Tranebestandens utvikling og status i Norge.....	kr. 100,-
2-1995	Åkerriksa i Norge 1995. Bestandsstatus og tiltaksplan.....	kr. 100,-
3-1995	Seabird Censuses on Novaya Zemlya 1995.....	kr. 100,-
4-1995	The Lesser White-fronted Goose Monitoring Programme.....	kr. 100,-
5-1995	Status for verneverdige våtmarker i Norge.....	kr. 100,-

1996

1-1996	Bestandsforhold og bruk av nøkkelbiotoper hos norske låvesvaler 1995...	kr. 100,-
2-1996	Åkerriksa i Rogaland 1995. Bestandsstatus og tiltaksplan.....	kr. 100,-
3-1996	Effekter av militære skytefelt på fuglelivet. En litteraturstudie.....	kr. 100,-
4-1996	Norsk Hekkefugltaksering. Årsrapport 1995.....	kr. 100,-
5-1996	Truete fuglearter i Norge.....	kr. 100,-
6-1996	Åkerriksa i Norge 1996 — bestandsstatus og tiltaksplan.....	kr. 100,-
7-1996	The Lesser White-fronted Goose Monitoring Programme — Annual Report 1996.....	kr. 100,-
8-1996	Spetteundersøkelser ved Vinjefjorden.....	kr. 100,-

1997

1-1997	Seabird Censuses on Novaya Zemlya 1996.....	kr. 100,-
2-1997	Bestandsovervåking av spurvefugler ved hjelp av standardisert fangst.....	kr. 100,-
3-1997	Norsk Hekkefugltaksering. Årsrapport 1996.....	kr. 100,-
4-1997	Ornitologiske registreringer på Store Altsula, Nordkapp kommune.....	kr. 100,-
5-1997	The Lesser White-fronted Goose Monitoring Programme — Annual Report 1997.....	kr. 100,-
6-1997	Prosjekt Åkerrikse — årsrapport 1997.....	kr. 100,-
7-1997	Kartlegging av hvitryggspett i Trøndelag 1997.....	kr. 100,-
8-1997	Ornitologiske registreringer i den foreslåtte Roltdalen nasjonalpark.....	kr. 100,-
9-1997	Fugletakseringer i verneområder i Sør-Trøndelag 1996.....	kr. 100,-
10-1997	Fugletakseringer i verneområder i Sør-Trøndelag 1997.....	kr. 100,-

1998

1-1998	Norsk Hekkefugltaksering. Årsrapport for 1997.....	kr. 100,-
2-1998	Konsekvenser for fuglelivet ved bygging av 300 (420) kV-ledning Verdal- Fibortangen.....	kr. 100,-
3-1998	Konsekvenser av veibygging og hogst i Seterseterdalen i Hemne kommune, Sør-Trøndelag.....	kr. 100,-
4-1998	Migration routes and wintering areas of Lesser White-fronted Geese mapped by satellite telemetry.....	Ikke til salgs

NOF Rapportserie — tidligere rapporter

1999

1-1999	Fennoscandian Lesser White-fronted Goose project. Annual report 1998.....	kr. 100,-
2-1999	Kartlegging av hvitryggspett i Trøndelag 1998.....	kr. 100,-
3-1999	A-kurs i ringmerking. Et supplement til Ringmerkerens håndbok.....	kr. 100,-
4-1999	Norsk Hekkefugltaksering. Årsrapport for 1998.....	kr. 100,-
5-1999	Kunnskapsstatus for fuglelivet på Stadtlandet og mulige konsekvenser ved planlagt vindkraftverk.....	kr. 100,-
6-1999	Kunnskapsstatus for fuglelivet på Smøla og mulige konsekvenser ved planlagt vindkraftverk.....	kr. 100,-
7-1999	Kunnskapsstatus for fuglelivet på Hitra og mulige konsekvenser ved planlagt vindkraftverk.....	kr. 100,-
8-1999	Ornitologiske registreringer på Lille Tamsøy og Store Kamøya, Nordkapp kommune, juli 1999.....	kr. 100,-

2000

1-2000	Fennoscandian Lesser White-fronted Goose project. Annual report 1999.....	kr. 100,-
2-2000	Seabird and wildfowl surveys in the Pechora Sea during August 1998.....	kr. 100,-

2001

1-2001	Fennoscandian Lesser White-fronted Goose project. Annual report 2000.....	kr. 100,-
2-2001	Norsk hekkefugltaksering. Årsrapport for 1999.....	kr. 100,-
3-2001	Kartlegging av hvitryggspett i Trøndelag 1999.....	kr. 100,-
4-2001	Norsk hekkefugltaksering. Årsrapport for 2000.....	kr. 100,-

2002

1-2002	Norsk hekkefugltaksering. Årsrapport for 2001.....	kr. 100,-
--------	--	-----------

2003

1-2003	Norsk Hekkefugltaksering. Årsrapport for 2002.....	kr. 100,-
2-2003	Kvitryggspettens habitatval i Noreg.....	kr. 100,-
3-2003	Nettilknytning Ormen Lange, Trinn 1.....	Ikke til salgs
4-2003	Nettilknytning Ormen Lange, Trinn 2.....	Ikke til salgs
5-2003	420 kv-ledning Viklandet-Istad - Tilleggsvurdering for flora og fauna.....	Ikke til salgs
6-2003	300 (420) kv kraftledning Tjeldbergodden-Trollheim-Konsekvensutredning på tema flora og fauna.....	Ikke til salgs

2004

1-2004	The fennoscandian Lesser White-fronted Goose Conservation project. Report 2001-2003.....	kr. 100,-
2-2004	Fugler og kraftledninger. Metoder for å redusere risikoen for kollisjoner og elektrokusjon.....	kr. 100,-

Alle rapporter kan kjøpes fra NOF, Strandgata 30B, 7012 Trondheim.