



# Fugl og kraftledninger

Tiltak som kan redusere fugledød

27  
2011

R  
A  
P  
P  
O  
R  
T



# Rapport nr 27/2011

## Fugl og kraftledninger

Utgitt av: Norges vassdrags- og energidirektorat

Redaktører: Frode B. Johansen og Håvar Røstad

Forfattere: Kjetil Bevanger og Steinar Refsnæs

Trykk: NVEs hustrykkeri

Opplag: 450

Forsidefoto: Frode Johansen

ISBN: 978-82-410-0777-4

**Sammendrag:** Fugler kan dø i møte med kraftledninger, enten på grunn av kollisjon med linene eller som følge av strøm gjennom gang (elektrokusjon). Faren for kollisjon er til stede for alle typer kraftledninger, men når det gjelder elektrokusjon er det i hovedsak 22 kV-ledninger (distribusjonsnettet) som er farlige. For enkelte arter kan kraftledninger utgjøre en betydelig dødsårsak.

Det finnes en rekke tiltak som kan iverksettes for å redusere faren for at fugl dør i møte med kraftledninger. Denne brosjyren er en sammenstilling av ulike tiltak som kan utføres ved bygging og planlegging av nye ledninger eller som avbøtende tiltak på eksisterende ledninger.

**Emneord:** fugl, kraftledninger, elektrokusjon, kollisjon

Norges vassdrags- og energidirektorat

Middelthunsgate 29

Postboks 5091 Majorstuen  
0301 OSLO

Telefon: 09575

Internett: [www.nve.no](http://www.nve.no)

November 2011

# Innhold

<b>Bakgrunn</b>	<b>4-5</b>
<b>Elektrokusjon</b>	<b>6-7</b>
<b>Strukturer med stor risiko for elektrokusjon</b>	<b>8-9</b>
<b>Elektrokusjonsreducerende tiltak</b>	
Alt. 1: Unngå bruk av piggisolator på nye kraftledninger	10-11
Alt. 2: Isolering av travers	12-13
Alt. 3: Tretravers og fuglevern på gnisthorn	14-15
Alt. 4: Traversforlenger og sitteavviser	16-17
Alt. 5: Tildekking av isolator og faseleder	18-19
Alt. 6: Isolering av stolpemontert transformator	20-21
<b>Kollisjon</b>	<b>22-23</b>
<b>Kollisjonsreducerende tiltak</b>	
Alt 1: planlegging av kraftledningstrasé	24-25
Alt 2: parallellføring av ledninger	26-27
Alt. 3: Merking av faseledere og jordliner	28-29
Alt.4: Fjerning av jordline	30-31
Alt.5: Justering av linekonfigurasjon og bruk av belagte liner	32-33
Alt. 6: Kabling	34-35
<b>Referanser</b>	<b>32-33</b>



## BAKGRUNN

Mange fuglearter er i dag truet, og årsakene til dette er mange. Det vil være den samlede effekten av enkeltfaktorer som bestemmer om bestandsutviklingen til en art er negativ eller ikke, og dødelighet forårsaket av kraftledninger kan bidra til bestandsnedgang for enkelte arter. Det er imidlertid vanskelig å forutsi de langsiktige konsekvensene menneskeskapt dødelighet vil ha for en fuglebestand. Det er likevel viktig å begrense effekten kraftledninger vil ha på en fuglebestand der det er mulig, og det kan ofte gjøres med enkle grep.

Det var først omkring 1970 at problematikken rundt fugl og kraftledninger ble satt på dagsordenen for alvor. Enkelte land fikk lovbestemmelser som påbød konsekvensanalyser i forbindelse med kraftledningsbygging for å sikre at miljøinteresser ble ivaretatt på lik linje med økonomiske og tekniske vurderinger. Ikke overraskende kom problemet elektrokusjon i fokus flere år før kollisjoner med kraftledninger, trolig på grunn av at elektrokusjon kan medføre betydelige økonomiske aspekter. Elektrokusjon av fugl fører ofte til korte avbrudd, som - selv om det knapt er synlig for det menneskelige øye - kan få alvorlige konsekvenser for bl.a. datastyrt prosesser. En annen viktig årsak var at det ble påvist flere truede rovfuglearter blant de mest hyppige elektrokusjonsofrene i USA, bl.a. californiakondor og flere ørnear-

ter. Selv om det de siste 40 årene er samlet inn betydelige mengder informasjon om disse problemene, har informasjonen tildels vært vanskelig tilgjengelig fordi det meste har vært publisert som interne rapporter. For å komme videre har det vært avgjørende å innse at en her har å gjøre med problemer som i høy grad er arts-, steds- og årstidsspesifikke, og som må angripes deretter. Det finnes knapt to fuglearter som kan rangeres likt når det gjelder risikoen for kollisjon med en luftledning, ettersom morfologi, fysiologi, aerodynamiske ferdigheter og generell adferd er sterkt varierende.

I Norge har problematikken blitt aktualisert gjennom at vi bl.a. har ratifisert flere internasjonale konvensjoner som både fokuserer på dødelighet som følge av elektrokusjon og kollisjon, ved siden av klare målsettinger om å stanse tap av biologisk mangfold. I 2003 ble de europeiske miljøvernministrene enige om å fastsette et ambisiøst mål for Europa, nemlig full stopp i tapet av biologisk mangfold innen 2010.

I september 2002 vedtok Bonnkonvensjonen Resolusjon 7.4. - Electrocutation of migratory birds og konvensjonens Standing Committee vedtok Recommendation No. 110 (2004) on minimising adverse effects of above-ground electricity transmission facilities (power lines) on birds 3.12. 2004. Odelstingproposisjon (Ot.prp.) nr. 62 (2008-2009) omtaler bakgrunnen for endingene i energiloven som ble vedtatt i 2009. Her er det lagt tydelig vekt på at tiltak for å forhindre elektrokusjon og kollisjon skal gjennomføres, og NVE skal komme med konkrete anbefalinger til tiltak.

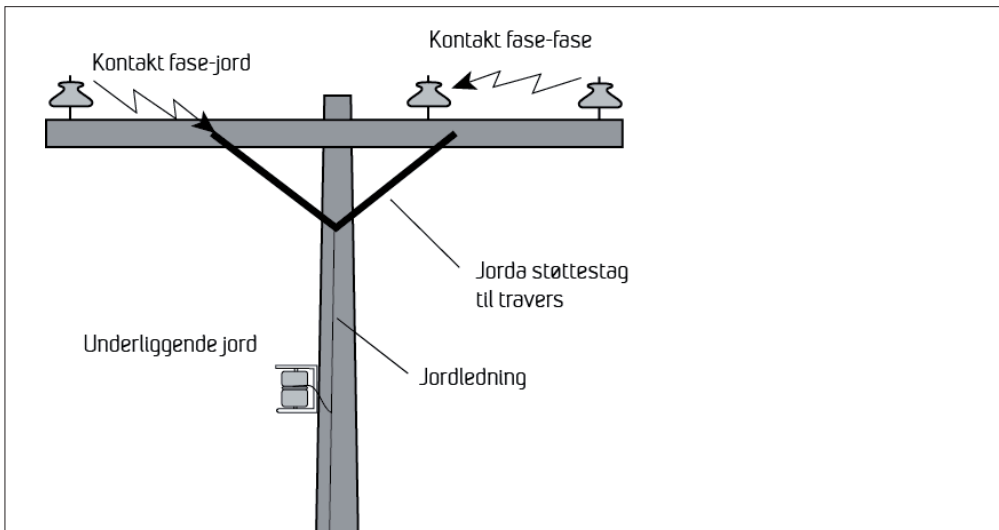
Denne brosjyren er en sammenstilling av eksisterende kunnskap om kollisjoner og elektrokusjon, og den inneholder en oversikt over tiltak som med enkle grep kan gjøres på eksisterende og planlagte kraftledninger. Tiltakene kan i utgangspunktet benyttes på kraftledninger på alle spenningsnivå, men mange er mest aktuelle for distribusjonsnett. Dette skyldes at elektrokusjon i all hovedsak kun er en problemstilling i distribusjonsnett.

Brosjyren er utarbeidet av Kjetil Bevanger (Norsk institutt for naturforskning) og Steinar Refsnæs (Sintef) og redigert av NVE.

# ELEKTROKUSJON

Elektrokusjon og kollisjon dreper fugler på to helt forskjellige måter, og oftest rammes forskjellige arter. Elektrokusjon er en fornorsking av det engelske begrepet electrocution og kan erstattes med strømgjennomgang. Elektrokusjon innebærer at en fugl kommer i berøring med to strømførende ledninger samtidig, eller en strømførende ledning og en jordet del av et elektrisk anlegg.

*Skisse som viser hvor elektrokusjonsulykker med fugl kan oppstå i tilknytning til stolper med piggisolatorer.*



Dødelighet hos fugl som følge av elektrokusjon er i første rekke et problem knyttet til distribusjonsnettet, dvs. ledninger med spenning opp til 22 kV. For luftledninger med spenning 22 kV skal faseavstanden minst være 150 cm. Mange fuglearter har vingespenn som langt overstiger dette (havørn inntil 265 cm, kongeørn inntil 220 cm og hubro 180 cm). Også fjellvåk kan ha vingespenn opp til 150 cm. Det betyr at fugler som setter seg på traversen kan danne overslag mellom de strømførende ledningene når de lander eller letter. Dette kan skje selv om faselederne er festet i underliggende (hengende) isolatorer. Ved spenning på 66 kV skal minimum faseavstand være 300 cm, noe som reduserer faren for elektrokusjon.



Den største faren for elektrokusjon oppstår i tilknytning til at mange strukturer har kort avstand mellom strømførende ledning og jordet del. Dette gjelder også ledninger med spenning 66 kV. Når fugler setter seg i slike strukturer betyr det i praksis at arter fra kråkestørrelse og oppover kan risikere elektrokusjon. Ved spenningsnivå over 66 kV er avstandene mellom fase-fase og fase-jord normalt så stor at elektrokusjon ikke skjer.

Landskapets utforming er viktig å ta i betraktning når områder med høy risiko for elektrokusjon skal kunne identifiseres. En rekke fuglearter bruker høye utkikksposter som en del av deres jaktstrategi. I flatt landskap med få trær eller andre forhøyninger blir kraftledningsstolper og luftliner attraktive sitteplasser for rovfugl, ugler og andre arter som er avhengige av å ha god oversikt over terrenget. I tillegg kan storkefugler og store spurvefugler bli drept. I kyststrøk er måker gjerne de vanligste ofrene. Rødlisterarter og norske ansvarsarter, som for eksempel hubro og havørn, kan bli rammet.





## STRUKTURER MED STOR RISIKO FOR ELEKTROKUSJON

### Piggisolatorer

Bruk av piggisolatorer er vanlig i distribusjonsnettet. Dette utgjør en betydelig fare for elektrokusjon, da fugler som setter seg på traversen vil ha kort avstand til flere faser samtidig. Ved forsterket oppheng nedkortes denne avstanden ytterligere. Et viktig tiltak for å forhindre elektrokusjon vil derfor være å unngå bruk av piggisolatorer ved bygging av nye ledninger eller fornyelse av eksisterende anlegg. Alternativt kan fasene og/eller traversen isoleres.

### Stolpemonterte transformatorer

I distribusjonsnettet har det vært vanlig med stolpemonterte transformatorer. Dette er konstruksjoner som oftest forårsaker elektrokusjon hos fugl. Årsaken til dette er de korte avstandene mellom strømførende ledninger og/eller strømførende ledning og jordet del. En undersøkelse fra 1988 med alle norske nettselskap avdekket at stolpemonterte transformatorer var den konstruksjon som oftest bidro til elektrokusjon hos fugl. Det bør derfor tas forholdsregler gjennom blant annet å bruke isolerte komponenter. Noen nettselskap har iverksatt tiltak for å redusere overslag på grunn av saltbelegg ved å sløyfe sikringer på høyspentsiden, montere gnistgap på bryteren, isolere forbindelsen mellom bryter og transformator, og montere overspenningsavledere (varistorer) på lavspenninggjennomføringene. Slike tiltak kan redusere overslag pga. fugl, men er langt fra tilstrekkelig. På 1980-tallet utarbeidet Vattenfall et system der de isolerte nedføringslinjer til bryter, transformator og gjennomføringstopp. Kabeldon AB i Sverige utviklet en spesiell isolatorhatt av plast som ble montert på transformatorgjennomføringer, populært kalt Huven Uven.

### Avgreiningsmaster

Avgreiningsmaster fremstår ofte som strukturer der fugler finner gode sitteplasser. I åpne landskap med lite skog blir derfor disse attraktive utkikksposter for fugler som ønsker å få oversikt og speide etter bytte. Det gjelder blant annet rovfugl og måker. I kyststrøk er det dokumentert at slike konstruksjoner årlig tar livet av et betydelig antall havørn, kråkefugl og måker. Ved å utforme avgreiningsmastene på en måte som reduserer attraktiviteten som sitteplass, og isolere ledninger og traverser, vil dette problemet kunne reduseres.

Kabelavgreiningsmaster og tildels kondensatorbatteri, har i likhet med stolpemonterte transformatorer, korte avstander mellom fase-fase og fase-jord. Det er spesielt viktig å isolere nedføringsledninger for at disse konstruksjonene skal bli ufarlige for fugl.





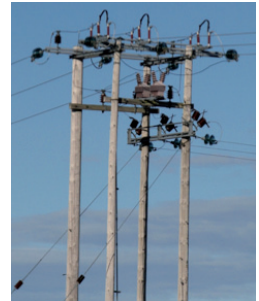
*Stolpemonterte transformatorer*



*Kabelavgreiningsmast*



*Piggisolator med forsterket oppheng*



*Avgreiningsmast*

## Tiltak

I teorien synes det relativt enkelt å skulle modifisere tekniske installasjoner slik at elektrokusjonsrisikoen reduseres. Dette kan gjøres ved å

- isolere nedføringslinjer til bryter og transformator
- bruke fuglevern på gnistgap
- isolere gjennomføringstopp på stolpetransformatorer
- bruke av isolasjonsskappe på ståltraverser
- isolere faseleder ved mast
- montere egnede sitteplasser for fugl i stolper og transformatorer
- benytte tretravers med jordtråd på undersiden
- benytte isolert travers
- benytte hengekjedeisolatorer (unngå piggisolatorer)
- unngå bruk av mastetransformatorer eller utføre disse isolert
- benytte isolerte hengekabler

Imidlertid er det flere stedsspesifikke faktorer å ta hensyn til, som for de fleste ikke synes opplagt. I Norge er det mange steder stort saltinnhold i luften, spesielt gjelder det kystnære områder, og faren for korrosjonsproblemer og strømbrudd er overhengende hvis metalldele innkapsles slik at luft og fuktighet over tid virker sammen. Det gjelder både isolasjonssystemet "Uven-Huven" som ble utviklet i Sverige, og eventuell isolering av faseledere noen meter ut fra mast/travers. I tilknytning til OPTIPOL-prosjektet (utføres av Norsk institutt for naturforskning) utføres korrosjonstester i laboratorium som kan fortelle om isolasjonsmaterialenes påvirkning på linenes nedbrytning mht. slitasje, korrosjon, utmatting m.m. Resultatene fra dette vil bli publisert i årsrapporten for 2011. I tilknytning til OPTIPOL vil det i delprosjektet som fokuserer på hubro også bli utprøvd hvordan fuglene reagerer på at traversene utstyres på spisse pigger kombinert med traversforlengelser på begge sider (jfr. tiltaksalternativ 3 lengre bak i denne brosjyren).



## ELEKTROKUSJONSREDUSERENDE TILTAK

### Alt. 1: UNNGÅ BRUK AV PIGGISOLATOR PÅ NYE KRAFTLEDNINGER



*Hengekjedeisolatorer*

Anbefalt tiltak.

Hvorfor bør tiltaket gjennomføres og hva oppnås?

På hvilket grunnlag baseres tilrådingen?

Hvor bør tiltaket gjennomføres?

I hvilken grad kan denne løsningen redusere fugledød pga. elektrokusjon?

Hvordan påvirker denne løsningen linjens driftssikkerhet og kan tiltaket gi estetiske eller andre ulemper?

Hva er kostnadene?





Benytte hengekjedeisolatorer i stedet for piggisolatorer når nye kraftledninger skal bygges.

Piggisolatorer kan være en svært utsatt konstruksjon for fugler fra kråkestørrelse og oppover, da konstruksjonen løfter fasene over traversen. Ved å gjennomføre tiltaket unngås elektrokusjon, som kan skje ved at fuglene kommer i kontakt med to faseledere eller en faseleder og jord.

Det observeres ofte ulykker i tilnytning stolper med piggisolator. Undersøkelser fra USA, Europa og Sør-Afrika bekrefter også dette, og i flere land er det forbud mot bruk av piggisolator.

Det anbefales å gjennomføre tiltaket når nye kraftledninger planlegges. Vilkårene i områdekonsesjonene tilsier at hengeisolator i hovedsak skal benyttes.

Tilsvarende tiltak i andre land har bidratt til å redusere omfanget av elektrokusjonsulykker.

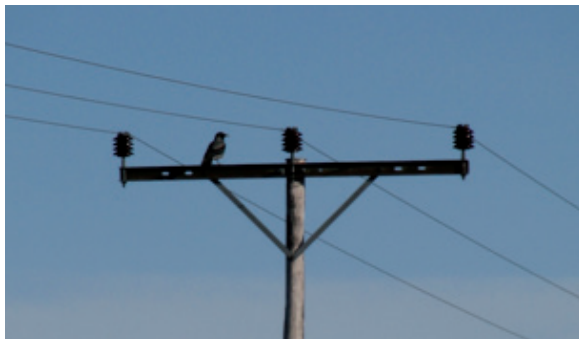
Hengekjedeisolatorer kan medføre driftsforstyrrelser på grunn av kort isolasjonsavstand til mast eller andre faser dersom linene svinger mye i sterk vind. Det kan derfor være behov for større faseavstand og dermed noe bredere traseer. Hengekjedene er imidlertid mer skånsomme mot linen, som derfor blir mindre utsatt for slitasje og utmattingsbrudd.

Bruk av hengekjedeisolatorer fremfor piggisolatorer medfører at man må benytte noe høyere master for å få tilstrekkelig høyde over bakken. Merkostnaden vil variere.

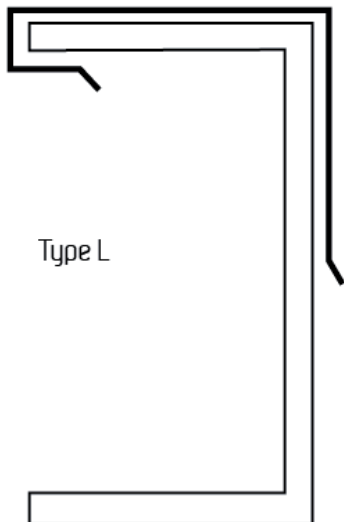


# ELEKTROKUSJONSREDUSERENDE TILTAK

## Alt. 2: ISOLERING AV TRAVERS



Isolasjonskappe til U 120



*Eksempel på isolasjonskappe for travers.*

**Produseres bl.a. av:**  
*Roza Plast AIS*

Anbefalt tiltak.

Hvorfor bør tiltaket gjennomføres og hva oppnås?

På hvilket grunnlag baseres tilrådingen?

Hvor bør tiltaket gjennomføres?

Hvordan kan isolasjonskappen monteres?

I hvilken grad kan denne løsningen redusere fugledød pga. elektrokusjon?

Hvordan påvirker denne løsningen linjens driftssikkerhet og kan tiltaket gi estetiske eller andre ulemper?

Hva er kostnadene?



Dekke til eksisterende ståltravers med en isolasjonskappe. Tiltaket bør kombineres med tildekking av midtfasen.

Ståltravers med piggisolator kan være en svært utsatt konstruksjon for fugler fra kråkestørrelse og oppover. Ved å gjennomføre tiltaket unngås elektroksjon, som kan skje ved at fuglene kommer i kontakt med en faseleder og jord, når de setter seg på eller tar av fra en kraftledningsmast med jordet mastetopp. Generelt bør piggisolatorer unngås til fordel for hengekjedeisolatorer.

Dette er en stolpetype det ofte observeres ulykker i tilnytning til. Undersøkelser fra USA, Europa og Sør-Afrika bekrefter også dette, og i flere land er det forbud mot bruk av piggisolator.

Det anbefales å gjennomføre tiltaket på stopler som er spesielt utsatt. Master i områder med lite skog, og i flatt landskap med manglende naturlige utkikksposter har ofte vist seg som "problemmaster".

Isolasjonskappen fås ferdig tilpasset den enkelte mastetype / ståltravers eller i lengder på tre meter.

Tilsvarende tiltak i Tyskland har bidratt til å redusere omfanget av elektroksjonsulykker.

I nett uten spolejordet nullpunkt vil tiltaket bedre kraftledningens driftssikkerhet i fuglerike områder. En isolasjonskappe kan imidlertid gi økt korrosjon på traverser av stål eller aluminium og jordingstilkoblingen i kystnære områder.

Kostnaden er ca. 400 kr for tre meter isolasjonskappe. Montasjekostnader kommer i tillegg.



## ELEKTROKUSJONSREDUSERENDE TILTAK

### Alt. 3: TRETRAVERS OG FUGLEVERN PÅ GNISTHORN



*Selvslukkende gnistgap med fuglevern finnes både for BLX og blank line. "Fuglevernet" består i at metallet både på den spenningssatte delen og delen som har kontakt mot jord er utstyrt med "plastvinger" som ikke gjør det attraktivt for fugl å sette seg samtidig som det isolerer.*

**Produseres bl.a. av:**  
*El-tjeneste AS*

Anbefalt tiltak.

Hvorfor bør tiltaket gjennomføres og hva oppnås?

På hvilket grunnlag baseres tilrådingen?

Hvor bør tiltaket gjennomføres?

Hvordan kan fugleavviserne monteres?

I hvilken grad kan denne løsningen redusere fugledød pga. elektrokusjon?

Hvordan påvirker denne løsningen linjens driftssikkerhet og kan tiltaket gi estetiske eller andre ulemper?

Hva er kostnadene?



Montere fuglevern på gnisthorn og flytte eventuell jordtråd på undersiden av tretravers.

Ved vern av transformatorer/nettstasjoner monteres gjerne avledere eller gnistgap noen meter foran apparatet som skal vernes. En slik innføringsone realiseres ved at vernet jordes lokalt eller ved simpelthen å jorde metalltraverser/isolatorfester og bruke isolatoren som "gnistgap". Ved å montere fuglevern på gnisthornet unngås elektrokusjon, som kan skje ved at fuglene kommer i kontakt med en faseleder og jord, når de setter seg på eller tar av fra en kraftledningsmast med jordet mastetopp.

Ved bruk av fuglevern unngås elektrokusjon hvis fuglene kommer i berøring med gnistgap

Det anbefales at tiltaket gjennomføres i master med jordet innføringsvern foran apparater som skal vernes, og i tilknytning til fuglerike områder, f.eks. våtmarker og verneområder hvor vernet er begrunnet i rikt fugleliv.

Fuglevernet er en integrert del av gnisthornet og monteres ved bygging av linjen og når det er behov for utskifting pga. avbrenning av elektrodene.

Ved å benytte fuglevern på gnisthornet og tretravers og med jordtråd på undersiden reduseres elektrokusjonsfaren betydelig.

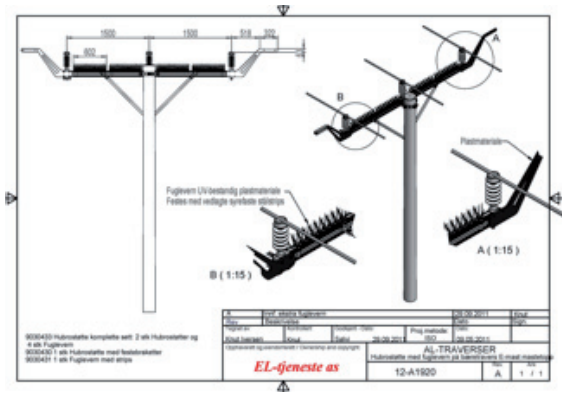
Fuglevernet kan redusere antall kortvarige avbrudd i nettet forårsaket av elektrokusjon.

Merkostnaden utgjør ca. 1200 kr pr. mast. Montasjekostnader kommer i tillegg.





# ELEKTROKUSJONSREDUSERENDE TILTAK ALT. 4: TRAVERSFORLENGER OG SITTEAVVISER



Traversforlenger og sitteavviser

Produseres bl.a. av:  
El-tjeneste AS

Anbefalt tiltak.

Hvorfor bør tiltaket gjennomføres og hva oppnås?

På hvilket grunnlag baseres tilrådingen?

Hvor bør tiltaket gjennomføres?

Hvordan kan fugleavviserne monteres?

I hvilken grad kan denne løsningen redusere fugledød pga. elektrokusjon?

Hvordan påvirker denne løsningen linjens driftssikkerhet og kan tiltaket gi estetiske eller andre ulemper?

Hva er kostnadene?



Benytte forhøyet sittepinne kombinert med sitteavviser på traversen.

Ved å montere fugleavvisere på traversen unngås elektrokusjon når fuglene setter seg på eller tar av fra masten.

Denne løsningen blir uttestet på Sleneset i 2011 og det antas at tiltaket vil ha god effekt.

Det anbefales at tiltaket gjennomføres på master med piggisolator i viktige fugleområder. Dette kan være jaktområder for hubro, våtmarksområder og andre områder med rikt fugleliv.

Fugleavviserne består av skarpe plastpigger som monteres på traversen og sittepinner på hver side.

Ved å gjøre denne typen tiltak på master med piggisolator forventes det at elektrokusjonsfaren reduseres betydelig.

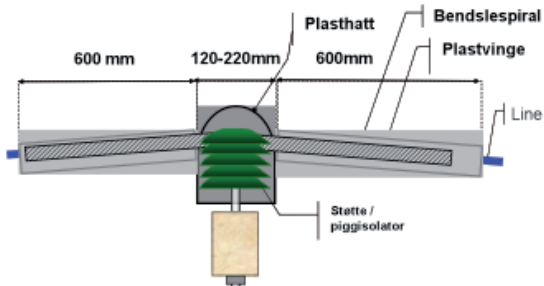
Tiltaket kan redusere antall kortvarige avbrudd i nettet forårsaket av elektrokusjon. Metoden er et alternativ til isolering av fasene, som i saltholdige kyststrøk kan få korrosjonsproblemer under tildekkingen.

Merkostnaden for sittepinne og fugleavviser er 5000 kr pr. mast. Montasjekostnad kommer i tillegg.



# ELEKTROKUSJONSREDUSERENDE TILTAK

## ALT. 5: TILDEKKING AV ISOLATOR OG FASELEDER



*Plasthatt og plastvinge for isolering av piggisolator*

**Produseres bl.a. av:**  
ABB Kabeldon A/S, "Huven Uven"

Arkonja Systems Limited, Protection Shroud ARK

Kaddas Entreprises Inc,  
Birdguard D System

Tyco Electronics, BCIC

Anbefalt tiltak.

Hvorfor bør tiltaket gjennomføres og hva oppnås?

På hvilket grunnlag baseres tilrådingen?

Hvor bør tiltaket gjennomføres?

Hvordan kan fugleavviserne monteres?

I hvilken grad kan denne løsningen redusere fugledød pga. elektrokusjon?

Hvordan påvirker denne løsningen linjens driftssikkerhet og kan tiltaket gi estetiske eller andre ulemper?

Hva er kostnadene?



De strømførende linene og isolatorene tildekkes med en plasthatt og plastvinge.

Ved å isolere linene unngås elektrokusjon når fuglene setter seg på eller tar av fra masten.

Denne løsningen er benyttet av nettselskaper i mange land i Norden og ellers i verden.

Det anbefales at tiltaket gjennomføres på master med piggisolator i viktige fugleområder. Dette kan være jaktområder for hubro, våtmarksområder og andre områder med rikt fugleliv.

Fuglevernet monteres på hver fase, slik at det dekker isolatortoppen og linen ca. en meter ut til hver side.

Ved å benytte denne type fuglevern på master med piggisolator reduseres elektrokusjonsfaren betydelig.

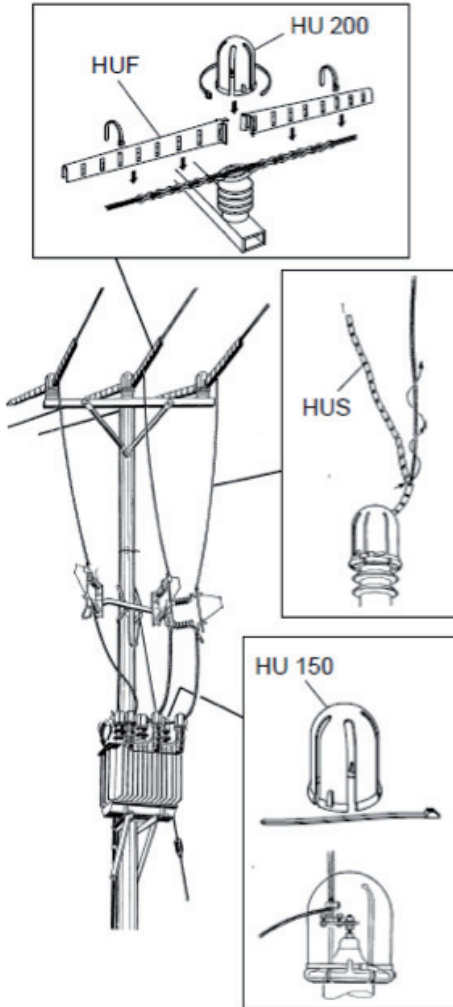
Tiltaket kan redusere antall kortvarige avbrudd i nettet forårsaket av elektrokusjon.. I saltholdige kyststrøk kan metoden føre til økt korrosjon og fare for brudd i linene. I innlandsområder anses dette å være et mindre problem. Dersom plasthatten dekker hele isolatoren, kan saltdeponering og fukt føre til redusert isolasjonsholdfasthet og økt sannsynlighet for overslag.

Merkostnaden varierer fra 900 kr til 4200 kr pr. mast. Montasjekostnader kommer i tillegg.



# ELEKTROKUSJONSREDUSERENDE TILTAK

## ALT. 6: ISOLERING AV STOLPEMONTERT TRANSFORMATOR



*Isolatorsett "Uven Huven" for transformator*

**Produseres bl.a. av:**  
Kabeldon A/S

Anbefalt tiltak.

Hvorfor bør tiltaket gjennomføres og hva oppnås?

På hvilket grunnlag baseres tilrådingen?

Hvor bør tiltaket gjennomføres?

Hvordan kan tiltaket gjennomføres

I hvilken grad kan denne løsningen redusere fugledød pga. elektrokusjon?

Hvordan påvirker denne løsningen linjens driftssikkerhet og kan tiltaket gi estetiske eller andre ulemper?

Hva er kostnadene?



Montere isolatorhatt av typen "Huven Uven" eller lignende løsninger på transformatorgjennomføringer, og isolere nedføringsledere og andre komponenter med korte avstander mellom fase-fase og fase-jord. Dette gjør at det ikke blir mulig for en fugl som setter seg på transformatoren å bli utsatt for elektroksjon.

Det er dokumentert fra en rekke land at stolpemonterte transformatorer er blant de konstruksjoner som hyppigst forårsaker elektroksjonsulykker. Store fugler som hubro, kongeørn og havørn, er særlig utsatt.

Stolpemonterte transformatorer er spesielt farlig for fugl, og isolering av disse vil gi god effekt.

Det anbefales å isolere stolpemonterte transformatorer, spesielt der ugler eller rovfugl er funnet i tilknytning til dem.

Beskyttelsen monteres når ledningen er frakoblet. DSBs krav til bakkebetjening av alle anlegg innen 2015 innebærer at mange stolpemonterte transformatorer flyttes ned på bakken, men nedføringsledere, skillebrytere og andre komponenter med korte avstander mellom fase-fase må fortsatt isoleres.

Ved å isolere stolpemonterte transformatorer slik det bl.a. er utprøvd i Sverige, vil elektroksjonsfaren for fugl elimineres.

Tiltaket kan redusere antall kortvarige avbrudd i nettet forårsaket av elektroksjon. I saltholdige kyststrøk kan metoden føre til økt korrosjon og fare for brudd i linene. I innlandsområder anses dette å være et mindre problem. Dersom plashatten dekker hele isolatoren, kan saltdeponering og fukt føre til redusert isolasjonsholdfasthet og økt sannsynlighet for overslag.

Kostnadene er foreløpig ukjent.





## KOLLISJON

Sammenlignet med elektrokusjon er kollisjoner mellom fugl og kraftledning langt mer tilfeldig. Enhver fugl som flyr i et område med kraftledninger har en viss risiko for å kollidere. Det er imidlertid en rekke faktorer, både biologiske, miljømessige og tekniske, som bidrar til at fugler kolliderer med luftledninger.

De biologiske, artsspesifikke faktorene er knyttet til fuglenes aerodynamiske ferdigheter og kroppsbygning i tillegg til syn og artsspesifikk atferd. Særlig gjelder dette arter som tilbringer mye av tiden i lufta (dvs. om maten hentes i lufta, måten arten jakter på og om den er nattaktiv, om det utføres paringslek eller territoriehevdning i lufta m.m.). Enkelte fuglearter er bedre rustet til å fly enn andre. Eksempelvis er rovfugler langt bedre flyvere enn hønsfugler, som har korte vinger og tung kropp. Noen arter har også ekstremt godt syn mens andre har svært dårlig syn. Teoretisk sett må det antas at synskarphet og evne til dybdesyn hos en fugl vil påvirke dens evne til å se, og eventuelt unngå uventede lufthindringer.

Plassering av kraftledninger i topografiske strukturer er viktig i og med at fugler ofte følger bestemte terrengformasjoner når de forflytter seg. Et luftspenn som går på tvers av en elv eller et dalsøkk kan være langt mer kollisjonsutsatt enn en ledning som er strukket

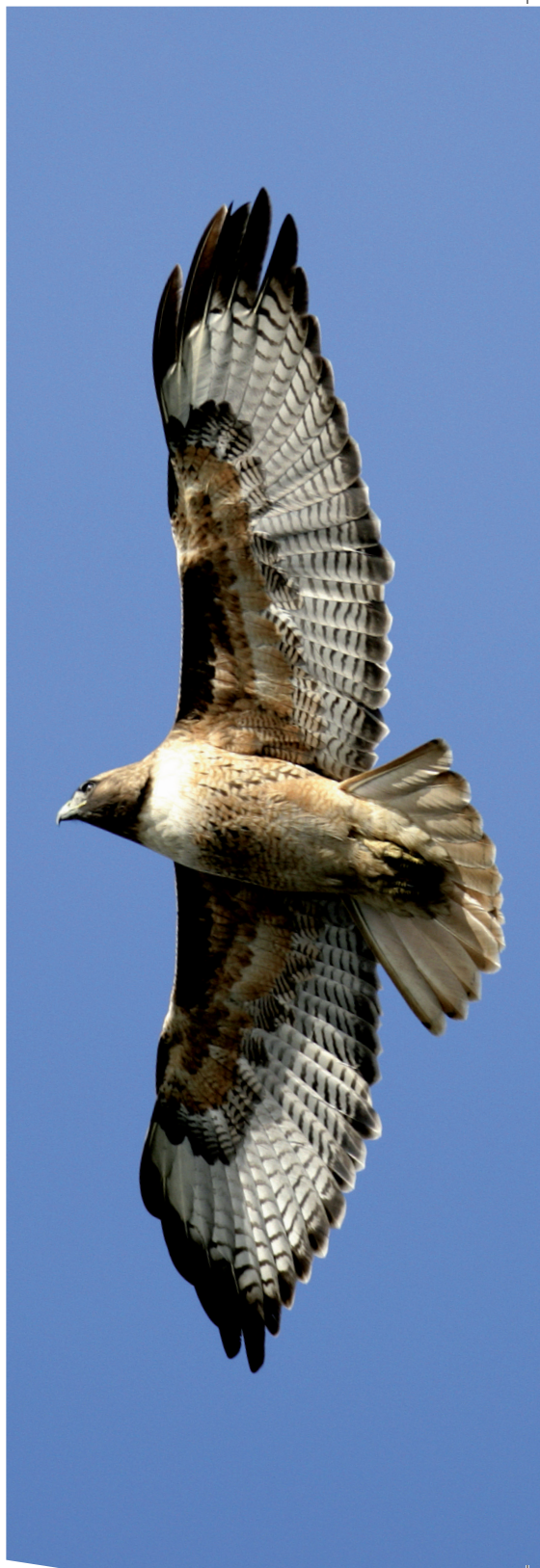




på langs da fuglenes fluktraseer og ledelinjer kan være forsenkninger i terrenget. Værførhold vil naturlig nok bidra til å regulere kollisjonsutsattethet; tåke, snøvær og mørke (slik som i Nord-Norge om vinteren) vil øke sjansen for å fly inn i kunstige luft-hindringer.

Utforming av kraftledningsnett er også viktig for å redusere kollisjonshyppighet. Tykke faseledere og jordliner er mer synlige enn tynne. Linekonfigurasjon med flere "etasjer" med liner gir større sjansen for kollisjon.

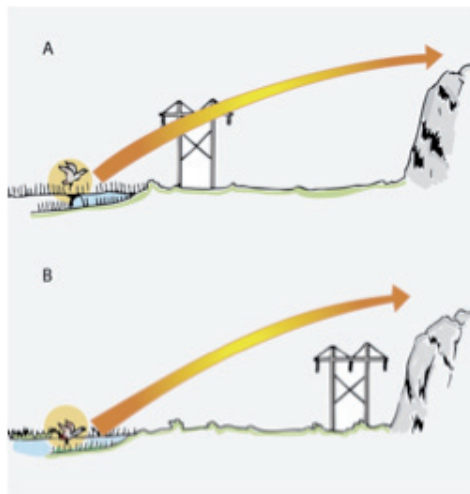
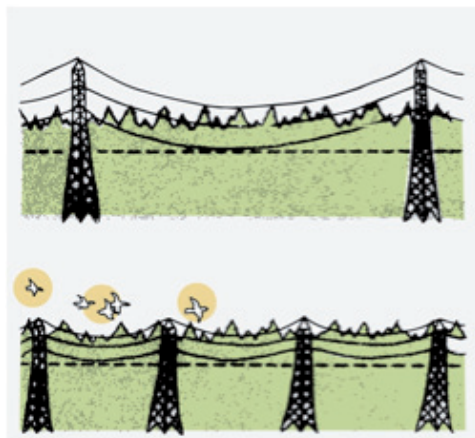
Den eneste helt sikre måten å hindre at fugler skal fly inn i kraftledninger er at de kables. Imidlertid er kostnadene knyttet til kabelanlegg høye ved spenning 66 kV og høyere. Ved spenning opp til 22 kV, dvs. distribusjonsnett, er kabling ofte marginalt dyrere enn luftledning. Da distribusjonsnett utgjør hovedparten av det norske kraftledningsnett vil kabling på dette spenningsnivået gi en stor miljømessig gevinst sammenliknet med kabling på høyere spenninger. På bakgrunn av de føringer som gis i Ot. prp. 62 (2008-2009), skal det i hovedsak benyttes kabel når nye anlegg i distribusjonsnett oppføres. For å redusere fuglekollisjoner ville dette utvilsomt være det mest effektive tiltaket.





# KOLLISJONSREDUSERENDE TILTAK

## Alt 1: PLANLEGGING AV KRAFTLEDNINGSTRASÉ



*Når ledningene er lokalisert lavere enn tretoppene kan dette reduserer kollisjonsfaren. Topografiske strukturer som tvinger fugler til å fly over kraftledningen reduserer faren for at fugler skal kollidere med linene.*

Anbefalt tiltak.

Hvorfor bør tiltaket gjennomføres og hva oppnås?

På hvilket grunnlag baseres tilrådingen?

Hvor bør tiltaket gjennomføres?

Hvordan kan tiltaket gjennomføres

I hvilken grad kan denne løsningen redusere fugledød pga. kollisjon med linene?

Hvordan påvirker denne løsningen linens driftssikkerhet og kan tiltaket gi estetiske eller andre ulemper?

Hva er kostnadene?





Vegetasjon og lokale topografiske strukturer bør utnyttes ved valg av kraftledningstrasé. Valg av kraftledningstrase bør generelt være slik at kraftledningen ikke krysser typiske ledelinjer for fugl.

Målet er å redusere fugledød pga. kollisjon med kraftledninger og bedre kraftledningens driftssikkerhet i kollisjonsutsatte områder. Fugler beveger seg ikke tilfeldig i terrenget, men benytter topografiske strukturer som ledelinjer, for eksempel elve- og bekkedal. Hvis kraftledninger plasseres på tvers av slike ledelinjer øker faren for at fugler kolliderer med linene.

Godt synlige strukturer, som høye trær nær kraftledningens ryddebelte, tvinger fugler til å fly høyere enn linene. Samme effekt oppnås ved at kraftledningen plasseres nært opp mot bergvegger eller mindre, bratte åsrygger. I tillegg er det i Norge vist at det skjer flest kollisjoner av bl.a. ryper ved ledelinjer i terrenget.

Slike tiltak bør alltid vurderes når nye kraftledninger bygges.

Tiltaket kan gjennomføres i forbindelse med prosjektering av kraftledninger.

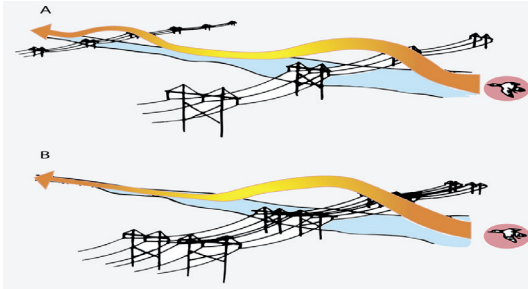
Fugler flyr vanligvis over tretoppene. Når linene er lokalisert lavere enn tretoppene reduserer dette kollisjonsfaren. Topografiske strukturer som tvinger fugler til å fly over kraftledningen reduserer faren for at fugler skal kolliderer med linene.

Tiltaket kan redusere antall driftsforstyrrelser i nettet pga. fasesammenslag etter kollisjon med store fugler, som for eksempel svaner.

Kostnadene ved å endre traseen varierer fra anlegg til anlegg og avhenger av omfanget av omleggingen.



## KOLLISJONSREDUSERENDE TILTAK ALT 2: PARALLELLFØRING AV LEDNINGER



Eksempel på samling av flere kraftledninger langs én felles trasé (B) i motsetning til kraftledninger med ugunstig avstand (A).

Anbefalt tiltak.

Hvorfor bør tiltaket gjennomføres og hva oppnås?

På hvilket grunnlag baseres tilrådingen?

Hvor bør tiltaket gjennomføres?

Hvordan kan tiltaket gjennomføres

I hvilken grad kan denne løsningen redusere fugledød pga. kollisjon med liner?

Hvordan påvirker denne løsningen linjens driftssikkerhet og kan tiltaket gi estetiske eller andre ulemper?

Hva er kostnadene?



Kraftledninger samles langs en felles trasé og i samme høyde.

Kraftledninger som ligger parallelt med noe avstand til hverandre tvinger fugler til å foreta en rekke unnvikende manøvrer. Dette er særlig uheldig ved kryssing av ledelinjer i terrenget slik som for eksempel elver. Parallelførte kraftledninger bør ha liner i samme høydenivå, slik at fuglene bare får en hindring som må unngås.

Undersøkelser fra blant annet Nederland har vist god effekt av tiltaket.

Tiltaket bør særlig vurderes ved kryssing av elver og andre potensielle trekkleder.

Tiltaket gjennomføres i forbindelse med prosjektering av nye kraftledninger.

Samling av flere kraftledninger langs en felles trasé medfører at linene blir lettere å oppdage. Fugler vil ved kryssing av slike lett synlige kraftledningskorridorer være nødt til å foreta én i stedet for flere unnvikende manøvrer.

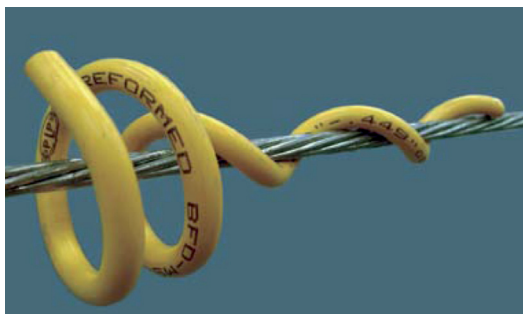
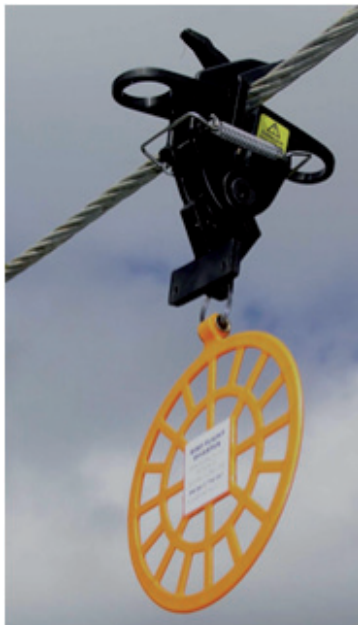
Tiltaket kan redusere antall driftsforstyrrelser i nettet pga. fasesammenslag etter kollisjon med bl.a. svaner. Parallelførte kraftledninger kan medføre redusert forsyningssikkerhet på grunn av mulighet for felles utfall. Iverksetting av risikoreduserende tiltak i henhold til forskrift om beredskap i kraftforsyningen (BfK § 1-4) kan derfor være nødvendig. Samling av flere kraftledninger langs én felles trasé gir ofte et mer ryddig visuelt inntrykk.

Når kraftledninger samles langs én felles trasé kan kostnadene reduseres ved at det totalt sett blir båndlagt mindre arealer og at det oppnås tidsmessige gevinster ved bygging og vedlikehold.



## KOLLISJONSREDUSERENDE TILTAK

### Alt. 3: MERKING AV FASELEDERE OG JORDLINER



Produseres bl.a. av:  
Hammarprodukter og BFD.

28

Anbefalt tiltak.

Hvorfor bør tiltaket gjennomføres og hva oppnås?

På hvilket grunnlag baseres tilrådingen?

Hvor bør tiltaket gjennomføres?

Hvordan kan fugleanviserne monteres?

I hvilken grad kan denne løsningen redusere fugledød pga. kollisjon med liner?

Hvordan påvirker denne løsningen linjens driftssikkerhet og kan tiltaket gi estetiske eller andre ulemper?

Hva er kostnadene?



Fugleavvisere monteres på fase- og jordliner.

Hensikten er å gjøres linene mer synlig for å unngå kollisjon.

Såkalte "Plastic Bird Flight Diverters" er de mest benyttede merkemethodene av faseledere og jordliner. Dette er en eller annen form for spiral eller hengende enhet som kan variere i farge og utforming avhengig av produsent.

På overføringsledninger med duplex, triplex eller quadruplex konfigurasjon, er de enkelte linene i en fase holdt fra hverandre ved at det er satt på en avstandsholder med jevne mellomrom. Disse avstandsholderne kan i seg selv virke som fugleavvisere.

Gjøres i tilknytning til fuglerike områder, f.eks. våtmarker og verneområder hvor vernet er begrunnet i rikt fugleliv. Ved kryssing av elver og andre potensielle trekkleder vil merking også være å anbefale. Data fra feil og avbruddsstatistikk kan benyttes for kartlegging av utsatte soner.

Merkingen monteres ved strekking av linene eller under spenning på fasen ved hjelp av isolérstang. Det er viktig at avstanden mellom merkene ikke blir for lang slik at fuglene oppfatter mellomrommene som potensielle kryssingspunkter.

Merkeforsøk med vibrerende spiraler og svingende fiberglassplater har vist en signifikant reduksjon i kollisjoner av traner og ender. Merking med gule kuler har vist en signifikant nedgang i kollisjoner hos kanadatrane. Andre eksperimenter har vist nedgang både i kollisjoner og kryssingsintensitet hos flere fuglearter etter merking av jordliner og faseledere med fargede PVC-spiraler.

Fugleavviserne kan redusere antall driftsforstyrrelser i nettet pga. fasesammenslag etter kollisjon, men økt vindfang og muligens isproblemer kan gi økt slitasje i lineoppheng. Erfaring med lignende objekt kan tyde på at åpne PVC-spiraler ikke gir vesentlig slitasje eller korrosjon på selve linen. Vi vet lite om merkeanordningens materialbestandighet, men erfaring med vibrasjons-spiraler av plast tyder på at spiralene under bestemte forhold kan krakelere. Fugleavvisere kan gi et mer uryddig visuelt inntrykk.

Merkostnaden utgjør ca. 15 000-20 000 kr pr. km.





## KOLLISJONSREDUSERENDE TILTAK

### Alt.4: FJERNING AV JORDLINE



*Kraftledning med underliggende jordline markert med rødt.*

Anbefalt tiltak.

Hvorfor bør tiltaket gjennomføres og hva oppnås?

På hvilket grunnlag baseres tilrådingen?

Hvor bør tiltaket gjennomføres?

Hva er alternativene til jordline?

I hvilken grad kan denne løsningen redusere fugledød pga. elektrokusjon?

Hvordan påvirker denne løsningen linjens driftssikkerhet og kan tiltaket gi estetiske eller andre ulemper?

Hva er kostnadene?



## Fjerning av jordliner i luft.

Hensikten er å redusere fugledød pga. kollisjon med jordline i kraftledninger.

I en undersøkelse i Hemsedal ble det testet betydningen av jordlinen for rypekollisjoner på en 2,5 km lang strekning av en 22 kV ledning. Etter tre års feltarbeid ble jordlinen fjernet. Etter nye tre år med patruljering viste det seg at kollisjonshyppigheten ble omtrent halvert. På 420 kV Nea-Järpstrømmen ble jordlinen kablet av hensyn til rype.

Fjerning av jordline gjøres i tilknytning til fuglerike områder. Ved kryssing av elver og andre potensielle trekkleder vil tiltaket også være å anbefale.

Mange nettselskaper strekker nå jordline med optiske fibre (OPGW) for fremføring av bredbåndsignaler til internett, telefon og TV. Alternativet i fuglerike områder kan være OPPC, som er en kombinert faseline med fiberoptikk. Disse benyttes i nye ledningsprosjekter eller der linene skal skiftes ut. Spinnekabel (PWW), som er en fiberoptisk kabel for spinning på jordline eller faseline, benyttes på eksisterende ledninger. For de nettselskapene som benytter gjennomgående jordline hovedsakelig for å begrense jordfeilstømmer, vil spolekompensering være et alternativ.

Fjerning av jordliner har vist seg å føre til en halvering av kollisjonshyppigheten.

Fjerning av jordliner kan resultere i økning av skader hos abonnenter som følge av lynnedslag eller fra induuerte overspenninger i nettet. Eventuelle bote- midler for å redusere skadeomfanget ved fjerning av jordliner vil være å bedre overspenningsvernet og jordingsarrangementene til transformatorene samt forbedret jording og overspenningsvern hos abonnenter. En løsning kan være kabling av jordline.

Kostnadene ved fjerning av jordliner varierer med omfanget av tiltaket. Kostnader forbundet med spolejording kan ligge i størrelsesorden 8-900 000 kr pr. transformator.



# KOLLISJONSREDUSERENDE TILTAK

## Alt.5: JUSTERING AV LINEKONFIGURASJON OG BRUK AV BELAGTE LINER



*Kraftledning med forsterket trekantoppheng anbefales ikke i viktige fugleområder.*

Anbefalt tiltak.

Hvorfor bør tiltaket gjennomføres og hva oppnås?

På hvilket grunnlag baseres tilrådingen?

Hvor bør tiltaket gjennomføres?

Hvordan kan tiltaket gjennomføres?

I hvilken grad kan denne løsningen redusere fugledød pga. kollisjon med liner?

Hvordan påvirker denne løsningen linjens driftssikkerhet og kan tiltaket gi estetiske eller andre ulemper?

Hva er kostnadene?



Endre fra trekantoppheng til planoppheng, eller bruk av plastbelagte liner eller hengekabel.

Kollisjonsfaren påvirkes gjennom design og utforming av kraftledninger, f.eks. med tanke på faseledernes og jordlinenes høyde, innbyrdes avstand og plassering (konfigurasjon), linediameter og antall kurser. Hensikten er å redusere fugledød pga. kollisjon med linene.

Undersøkelser viser at reduksjon av antall ledningsnivå kan redusere kollisjonshyppigheten betydelig. Mange norske selskaper har registrert at trekantoppheng i særlig grad forårsaker fuglekollisjoner.

Planoppheng anbefales i tilknytning til fuglerike områder, f.eks. våtmarker og verneområder hvor vernet er begrunnet i rikt fugleliv. Ved kryssing av elver og andre potensielle trekkleder for fugl vil tiltaket også være å anbefale.

Planoppheng kan benyttes i områder som ikke krever smal trasébredde og tiltaket kan gjennomføres i forbindelse med fornyelse eller oppgradering av nettet.

Planoppheng er å foretrekke sammenlignet med vertikaloppheng, dvs. liner bør samles i så få plan som mulig. Dette gjør at fugler ikke behøver å gjøre mange unnvikende manøvre og forholde seg til flere høyder med hindringer. Ved å samle linene i samme plan vil de også fremstå som mer synlig.

En ledning med trekantoppheng har mindre krav til trasébredde. Planoppheng krever større faseavstand og dermed større grunnavståelse og mer ryddearbeid i skogsområder. I distribusjonsnettet kan en horisontal faseavstand på 50 cm benyttes dersom det anvendes et belagt ledningssystem (BLX, BLL), noe som erfaringsmessig vil øke driftssikkerheten. Bruk av BLX vil også medføre noe tykkere, og dermed med synlige liner, noe som ytterligere kan redusere risikoen for kollisjon. Faren for elektrokusjon vil også elimineres.

Kostnader forbundet med ombygging varierer.



## KOLLISJONSREDUSERENDE TILTAK

### Alt. 6: KABLING



*Jordkabel i grøft*

Anbefalt tiltak.

Hvorfor bør tiltaket gjennomføres og hva oppnås?

På hvilket grunnlag baseres tilrådingen?

Hvor bør tiltaket gjennomføres?

Hvordan kan tiltaket gjennomføres?

I hvilken grad kan denne løsningen redusere fugledød?

Hvordan påvirker denne løsningen linjens driftssikkerhet og kan tiltaket gi estetiske eller andre ulemper?

Hva er kostnadene?



## Bruk av jordkabel.

Hensikten er å redusere fugledød pga. kollisjon eller elektrokusjon, og dermed bedre kraftledningens driftssikkerhet.

Bruk av kabel som alternativ til luftledning skal alltid vurderes når nye kraftledninger på alle spenningsnivå skal bygges. For 22 kV-nettet er nedgraving av kabel et langt mindre inngrep enn på høyere spenningsnivå. I vilkårene for nye og fornyede områdekonsesjoner skal områdekonsesjonærene som hovedregel benytte jordkabel på nye overføringsforbindelser inntil 22 kV, dersom ikke miljømessige eller økonomiske forhold tilsier noe annet.

Kommunene oppfordres til å gå i dialog med nettselskapene om hvor kabling av 22 kV-forbindelser bør prioriteres. Kabling bør vurderes i tilknytning til fuglerike områder, f.eks. våtmarker og verneområder hvor vernet er begrunnet i rikt fugleliv. Ved kryssing av elver og andre potensielle trekkleder vil tiltaket også være å anbefale.

Kabel legges der det er teknisk og økonomisk forsvarlig.

Jordkabel fjerner risikoen for at fugler dør som følge av elektrokusjon eller kollisjon.

Jord- eller sjøkabel kan være mindre utsatt for avbrudd enn en luftledning i en del områder, men hvis en feil på ledningen først oppstår er reparasjonstiden for kabelanlegg betydelig lenger enn for en luftledning.

Kabelendemaster kan øke problemene mht. drift og vedlikehold, og kan føre til at fugler blir drept som følge av elektrokusjon. En stor andel av feilene som oppstår i kabelanlegg opptrer i kabelendemaster. I lange eller innskutte kabler i en kraftledning kan det oppstå problemer med spenningsoppbygging.

22 kV jordkabel innebærer moderate ekstrakostnader sammenliknet med høyere spenningsnivåer. Den totale kostnaden ved tiltaket kan imidlertid bli høy grunnet vanskelige grunnforhold, gravearbeid med mer. Bruk av jordkabel i distribusjonsnettet anbefales, med mindre miljømessige eller økonomiske forhold tilsier luftledning.





## REFERANSER

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.

Arconia Systems Limited, Birdguard ARK1062, 22.04.2010.

Arnold, T.W. og Zink, R.M. 2011. Collision Mortality Has No Discernible Effect on Population Trends of North American Birds. *PLoS ONE* 6(9): e24708. doi:10.1371/journal.pone.0024708.

Avian Power Line Interaction Committee (APLIC). 2006. Suggested practices for avian protection on power lines - the state of the art in 2006. Edison Electric Institute, Washington, D.C., USA.

Bern Convention 2004. Recommendation No. 110 on minimising adverse effects of above-ground electricity transmission facilities (power lines) on birds.

Bevanger, K. & Brøseth, H. 2000. Reindeer fences as a mortality factor for ptarmigan. *Wildlife Biology* 6: 121-127.

Bevanger, K. & Brøseth, H. 2001. Bird collisions with power lines – an experiment with ptarmigan (*Lagopus* spp.). *Biological Conservation* 99: 341-346.

Bevanger, K. & Thingstad, P.G. 1988. Forholdet fugl-konstruksjoner for overføring av elektrisk energi. Økoforsk Utredning 1. 133 s.

Bevanger, K. 1990. Topographic aspects of transmission wire collision hazards to game birds in Central Norwegian coniferous forest. *Fauna norv. Ser. C, Cinclus* 13: 11-18.

Bevanger, K. 1994. Bird interactions with utility structures; collision 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. 1998. Biological and conservation aspects of bird mortality caused by electricity power lines: a review. *Biological Conservation* 86: 67-76.

Bevanger, K. 2011. Kraftledninger og fugl. Oppsummering av generelle og nettspesifikke problemstillinger. NINA Rapport 674. 60 s.

Bevanger, K., Bartzke, G., Brøseth, H., Dahl, E.L., Gjershaug, J.O., Hanssen, F., Jacobsen, K.-O., Kvaløy, P., May, R., Meås, R., Nygård, T., Refsnæs, S., Stokke, S. & Vang, R. 2010a. Optimal design and routing of power lines; ecological, technical and economic perspectives (OPTIPOL).

Progress Report 2010. NINA Report 619. 51 s.

Bevanger, K., Brøseth, H. & Sandaker, O. 1998. Dødelighet hos fugl som følge av kollisjoner mot kraftledninger i Mørkedalen, Hemsedalsfjellet. NINA Oppdragsmelding 531: 1-41.

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.

Elektroskandia, Isoleringshatt HU200 og isolervinger HUF, 24.06.2010.

El-tjeneste AS, Kostnadsanslag på selvslukkende gnistgap for 24 kV, 10.08.2011

El-tjeneste as. 2011. Selvslukkende gnistgap for 24 kV.

Forprosjektet kraftledninger og fugl. 1988. Prosjektet kraftledninger og fugl. Forprosjektets sluttrapport. - DN Rapport 7. 19 s.





Forskrifter for Elektriske Forsyningsanlegg, FEF 2006.

Fylkesmannen i Nordland, Handlingsplan for hubro-Tilskudd til montering av sittepinne for hubro i stolper i Solværøyene, 15.09.2011

Haas, D. & Schürenberg, B. (red.) 2008. Stromtod von Vögeln. Grundlagen und Standards zum Vogelschutz an Freileitungen. Ökologie der Vögel, Band 26. 303 s.

Harness, R. 2000. Raptor Electrocutions and Distribution Pole Types. North American Wood Pole Coalition, Technical Bulletin.

Janss, G.F.E. & Ferrer, M. 1998. Rate of Bird Collision With Power Lines: Effects of Conductor Marking and Static Wire Marking. *Journal of Field Ornithology* 69: 8 17.

Jenkins, A.R., Smallie, J.J. & Diamond, M. 2010. Avian collisions with power lines: a global review of causes and mitigation with a South African perspective. *Bird Conservation International* 20: 263–278.

John Kaddas, Birdguard KE1162-03, 20.06.2010.

Jøsok Prosjekt AS, 132kV kraftledning Sandane – Reed Konesjonssøknad, SFE-Nett AS, 2009.

Koops, F.B.J. 1986. Draadslachtoffers in Nederland en effecten van markering. KEMA 01282-MOB 86-3048. Report, Arnhem.

Lindgren, R. 1984. Fågelskydd. Miljøfrågor 8, kraftledningar. Vattenfall Rapport. Vällingby: 1-7.

Mañosa, S. 2001. Strategies to identify dangerous electricity pylons for birds. *Biodiversity and Conservation* 10: 1997–2012.

May, R., Dahl, E.L., Follestad, A., Reitan, O. & Bevanger, K. 2010. Samlet belastning av vindkraftutbygging på fugl – standardvilkår for for- og etterundersøkelser. NINA Report 623. 34 pp.

Morkill, A.E. & Anderson, S.H. 1993. Effectiveness of yellow aviation balls in reducing sandhill crane collisions with powerlines. S. 21.1-21.17 i EPRI (red.). Proceedings: Avian Interactions with Utility Structures. International Workshop Miami 13-15 september 1992. EPRI Report TR-103268.

Ot.prp. nr. 62 (2008-2009). Om lov om endringer i energiloven.

Renssen, T.A., Bruin, A. de, Doorn, J.H. van, Gerritsen, A., Greven, N.G., Kamp, J. van de, Linthorst, H.D.M. & Smit, C.J. 1975. Vogelsterfte in Nederland tengevolge van aanvaringen met hoogspannings-lijnen. Report Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Arnhem. 64 s.

Roza Plast AS, Isolasjonskappe for travers. 29.06.2011

Thompson, L.S. 1978. Transmission line wire strikes: mitigation through engineering design and habitat modification. S. 51-92 i Avery, M.L. (red.). Impacts of transmission lines on birds in flight. Proceedings of a conference. Oak Ridge Associated Universities, Oak Ridge, Tennessee.

Trohjell, J.E. & Vognild, I.H. 1993. Jordkabel som alternativ til luftledning. Publikasjon 19/93. NVE.

Van Rooyen, C.S. & Ledger, J.A. 1999. Birds and utility structures: Developments in southern Africa. S. 205-230 i Ferrer, M. & Janss. G.F.M. (red.). *Birds and Powerlines*. Quercus, Madrid, Spain.

VDEW Vereinigung Deutscher Elektrizitätswerke 1986. Vogelschutz an Starkstrom-Freileitungen mit Nennspannungen über 1 kV. Verlags- und Wirtschaftsgesellschaft der Elektrizitätswerke mbH, Frankfurt a.M.: 1-16.







Norges  
vassdrags- og  
energidirektorat

Norges vassdrags- og energidirektorat

Middelthunsgate 29  
Postboks 5091 Majorstuen  
0301 Oslo

Telefon: 09575

Internett: [www.nve.no](http://www.nve.no)

*Foto forsidebilde: Frode Johansen*