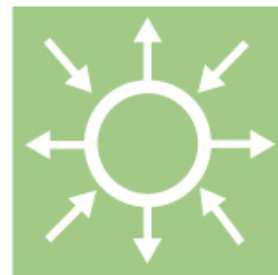




# Driftssikkerhet for vindturbiner

Sammenfatnings rapport

Elforsk rapport 09:21



EBL Kompetanse

Februar 2009

# Driftssikkerhet for vindturbiner

Resultat rapport

Elforsk rapport 09:21

## Förord

Denna rapport sammanfattar vad som utförts inom projektet "Driftsikkerhet för vindturbiner".

Övergripande mål med projektet har varit att reducera drift- och underhållskostnaderna med optimal driftsäkerhet. Detta har skett genom att projektet har

- tagit fram handböcker för tillståndskontroll av vindkraftverk
- utvecklat systematik för insamling och rapportering av drifhistorik
- utarbetat vägledning med avseende på beställning hos leverantörer

Arbetet har utförts av Sintef Energiforskning AS med Arnt Ove Eggen som projektledare. Övergripande projektledning har skett av EBL kompetanse. Lene Mostue från EBL Kompetanse har skrivit denna sammanfattande rapport över projektets resultat.

Värdefulla synpunkter på arbetet har erhållits från projektets referensgrupp bestående av :

Olav Rommetveit	Østfold Energi/Zephyr
Oddleiv Brovold	TrønderEnergiKraft
Åge Jensen	Narvik Energi
Are Kjetil Nordgård	Nord Trøndelag Kraftlag (NTE)
Jostein Vårild	Lyse Produksjon
Håkon Sandvik	Vestavind Kraft
Sverre Trollnes	StatoilHydro
Lene Mostue	EBL Kompetanse as

Projektet är genomfört med stöd från Norges forskningsråd, Norska energiföretag samt genom det svenska vindkraftforskningsprogrammet Vindforsk-II som projekt V-121 inom Vindforsk-II finansieras av ABB Corporate Research, EBL-Kompetanse, E.ON Vind Sverige, E.ON Elnät, Falkenberg Energi, Göteborg Energi, Jämtkraft, Karlstad Energi, Luleå Energi Elnät, Lunds Energi, Skellefteå Kraft, Statens Energimyndighet, Svenska Kraftnät, Tekniska Verken i Linköping, Umeå Energi Elnät, Varberg Energi, Vattenfall och Öresundskraft.

Stockholm februari 2009

Anders Björck

Programledare Vindforsk-II

El- och värmeproduktion, Elforsk

## Sammanfattning

Mange kraftselskap har liten erfaring med drift og vedlikehold av vindturbiner. Selv om det er mange likhetstrekk med vannkraft, er det både nye komponenter og nye rutiner å sette seg inn i for driftsorganisasjonene.

Vindkraft i skandinavisk, og spesielt "arktisk" klima gir ekstra utfordringer både med hensyn til påkjenning på turbinen og til gjennomføring av større reparasjoner på grunn av tøffe klimatiske forhold.

Det er et kunnskapsbehov blant vindkraftaktørene innenfor system for drift- og vedlikehold av vindturbiner. Med bakgrunn i dette ble forskningsprosjektet "Driftssikkerhet for vindturbiner" etablert av EBL i 2006.

Hovedmålsetningen med prosjektet har vært å utarbeide et kostnadseffektivt vedlikeholdssystem for vindkraftanlegg, samt nødvendig kunnskap for spesifisering ved bestilling av nye vindturbiner. Prosjektet har blitt utført av Sintef Energiforskning i nært samarbeid med vindkraftaktørene i Norge og utlandet.

Resultate fra FoU prosjektet er dokumentert i følgende rapporter:

- Kodeplan for vindturbiner
- *"Håndbok for tilstandskontroll av vindturbiner"*, med skadeatlas for blader, lager og gir.
- *"System for registrering av driftshistorikk for vindturbiner"*
- *"Anbefalinger knyttet til hvordan vedlikeholdsmessige aspekter skal håndteres ved kontraktsinngåelse"*.

Prosjektet utviklet seg til å bli en viktig møteplass for vindkraftaktørene i bransjen, en arena for utveksling av drifts- og vedlikeholdserfaringer samt utvikling av en felles kunnskapsplattform innenfor dette feltet.

## Summary

The main objective of the project; "Operational reliability for windturbines" has been to develop a cost efficient maintenance system for windpower utilities. The windpower industry in Scaninavia, except Denmark is young, and there is a need of knowledge and systems related to operation and maintenance of windpower utilites.

The project has developed the following technical reports:

- "Codestructure for windturbine"
- "Guidelines for condition monetoring"
- "How to write a contract with focus on operational and maintenance responsibilites."
- "System for registration of historical operational data. "

The reports are written in Norwegian language.

The project key consortium have included key personell from the wind industry in Norway and Sweeden. Project funding has been based on contribution from The Norwegian Research Council, the energy sector in Norway, and Vindforsk .

## Innehåll

<b>1</b>	<b>Resultatrapport for prosjekt V-121 " Driftssikkerhet for vindturbiner".</b>	<b>1</b>
1.1	Bakgrunn .....	1
1.2	Målsetning med prosjektet.....	1
1.3	Prosjektfinansiering .....	1
1.4	Prosjektorganisering .....	1
1.5	FoU utfordring .....	2
<b>2</b>	<b>Prosjektresultater</b>	<b>3</b>
2.1	Kodeplan for vindkraftanlegg .....	3
2.2	Håndbok for tilstandskontroll av vindturbiner.....	3
2.3	System for registrering av driftshistorikk for vindturbiner .....	3
2.4	Anbefalinger knyttet til hvordan vedlikeholdsmessige aspekter skal håndteres ved kontraktsinngåelse.....	4
<b>3</b>	<b>Rapporter</b>	<b>5</b>

# 1 Resultatrapport for prosjekt V-121 " Driftssikkerhet for vindturbiner".

## 1.1 Bakgrunn

Mange kraftselskap har liten erfaring med drift og vedlikehold av vindturbiner. Selv om det er mange likhetstrekk med vannkraft, er det både nye komponenter og nye rutiner å sette seg inn i for driftsorganisasjonene. Vindkraft i skandinavisk og "arktisk" klima gir ekstra utfordringer både med hensyn til påkjenning på turbinen og til gjennomføring av større reparasjoner på grunn av tøffe klimatiske forhold. Det er et kunnskapsbehov blant vindkraftaktørene i Norge innenfor system for drift- og vedlikehold av vindturbiner. Med bakgrunn i dette ble forskningsprosjektet "Driftssikkerhet for vindturbiner" etablert av EBL i 2006.

## 1.2 Målsetning med prosjektet

Hovedmålsetningen med prosjektet har vært å utarbeide et kostnadseffektivt vedlikeholdssystem for vindkraftanlegg, samt nødvendig kunnskap for spesifisering ved bestilling av nye vindturbiner. Kunnskapsutvikling og kompetanseoverføring mellom prosjektdeltakerne har vært sentrale elementer i prosjektgjennomføringen.

## 1.3 Prosjektfinansiering

Prosjektet har blitt finansiert av direkte finansielt bidrag fra energiselskap, det svenske FoU programmet Vindforsk, Norges Forskningsråd, samt egeninnsats fra deltakende energiselskap.

Totalbudsjettet har vært 4.5 MNOK, og prosjektperioden har vært 3 år, f.o.m. 2006 t.o.m. 2008.

## 1.4 Prosjektorganisering

Prosjektet ble initiert og ledet av EBL Kompetanse. Sintef Energiforskning har vært ansvarlig utførende i prosjektet, i nært samarbeid med deltagende energiselskap. Forsker Arnt Ove Eggen har ledet dette arbeidet.

Prosjektet har hatt en brukerguppe, samt mindre arbeidsgrupper innenfor de ulike prosjektoppgavene. Brukergruppen har bestått av følgende representanter:

Olav Rommetveit  
Oddleiv Brovold  
Åge Jensen  
Are Kjetil Nordgård  
(NTE)  
Jostein Vårild  
Håkon Sandvik  
Sverre Trollnes  
Lene Mostue

Østfold Energi  
TrønderEnergiKraft  
Narvik Energi  
Nord Trøndelag Kraftlag  
  
Lyse Produksjon  
Vestavind Kraft  
StatoilHydro  
EBL Kompetanse as

## 1.5 FoU utfordring

De viktigste FoU utfordringene i prosjektet har vært følgende:

- Identifisere drifts- og miljøpåkjenninger som, alene eller i ulike kombinasjoner påvirker komponentenes levetid
- Spesifisere hvordan nødvendige data skal observeres og registreres
- Spesifisere hvordan denne informasjonene skal analyseres, sammenstilles og rapporteres.

Kunnskap og erfaringer om degradering av kritisk utstyr i dagens vindkraftanlegg er begrenset. Dette skyldes rask teknologiutvikling, kort driftshistorikk og dermed lite erfaringsgrunnlag. En sentral utfordring i prosjektet har blant annet vært å identifisere kunnskap og erfaringer med relevans, og utnytte denne i utvikling av prosjektets produkter. En løsning på utfordringene har blant annet vært å søke internasjonal kunnskap og erfaring hos vindkraftaktører i Danmark og Sverige (ressurspersoner/driftspersonell samt forskningsinstitusjoner).

## 2 Prosjektresultater

Prosjektet har fulgt planlagt fremdrift og produsert planlagte resultater.

Prosjektet har utviklet og produsert følgende tekniske rapporter:

### 2.1 Kodeplan for vindkraftanlegg

Kodeplanen omfatter kodifisering av vindturbiner med utgangspunkt i EBLs kodeplan for vannkraftanlegg. Kodeplanen beskriver en generisk vindturbin med fundament, tårn, maskinhus, blader, pitch-system, dreiesystem, gir, generator, omformere, styringssystemer, hjelpefunksjoner, etc. Innenfor hvert av disse delsystemene er det etablert koder som dekker de ulike tekniske løsningene for eksempel ulike pitch-systemer, dreiesystemer, girtyper. Det er tatt høyde for kodifisering av fremtidige offshore vindkraftanlegg.

### 2.2 Håndbok for tilstandskontroll av vindturbiner

Rapporten beskriver vindturbinens oppbygning, ulike skadetyper og mulige konsekvenser. I tillegg gis en oversikt over ulike tilstandskontrollmetoder, både inspeksjoner og direkte målinger. Metoder som kan benyttes for overvåking og diagnostisering av enhetens tilstand. De tilstandskontrollmetodene som er mest aktuelle for en vindturbin er:

- Visuell inspeksjon
- Funksjonstesting
- Oljeanalyse
- Vibrasjonsmåling.

En metode for kategorisering av tilstanden til komponentene er karaktersetning av skader som kan observeres med de enkelte tilstandskontrollmetodene.

#### **Skadeatlas for lager, gir, og blader**

Det er utarbeidet skadeatlas for gir, lager og blader som vedlegg til "Tilstandskontrollhåndboken". Skadeatlasene beskriver ulike skader som kan oppstå på lager, gir og blader til en vindturbin.

### 2.3 System for registrering av driftshistorikk for vindturbiner

Hovedmålsetningen til denne rapporten er å legge til rette for systematisk innsamling og registrering av RAMS-data for vindturbiner. Med RAMS-data menes data knyttet til pålitelighet (*reliability*), tilgjengelighet (*availability*),

vedlikehold (*maintainability*) og helse, miljø og sikkerhet (*safety*). I denne rapporten er dette primært data om *teknisk tilstand* (tilstandsverdier, telleverk, driftstider, osv), *feil og mangler*, og utførte *vedlikeholdstiltak* (inkl. tidsforbruk, reservedeler og kostnader), samt ev. data knyttet til *miljøpåkjenninger*.

Dette vil forenkle en eventuell senere datainnsamling og dataanalyse. Det anbefales at data samles inn og registreres på en strukturert måte i henhold til ISO 14224:2006 i hoveddelene utstyrsdata, sviktdata, vedlikeholdsdata og tilstandsdata. Det å etablere nødvendige rutiner for registrering av data, og deretter etablere et tilstrekkelig datagrunnlag, kan være relativt tidkrevende. Det er derfor en generell anbefaling at dette arbeidet vektlegges og igangsettes så tidlig som mulig.

Rapporten inneholder også en spesifikasjon av feilbeskrivelser og feilårsaker for komponenter i en vindturbin etter samme systematikk som tidligere er utarbeidet for vannkraftverk.

## 2.4 Anbefalinger knyttet til hvordan vedlikeholdsmessige aspekter skal håndteres ved kontraktsinngåelse

Rapporten beskriver hva som er viktig at byggherre/eier sikrer tilstrekkelig fokus på i forhandlinger med leverandører av vindkraftanlegg. Rapporten tar utgangspunkt i de kontrakter og betingelser som etter vår erfaring leverandører på det norske markedet legger til grunn. Det varierer hvor mye byggherre/ eier er involvert i drift og vedlikeholdsarbeid i garantiperioden til vindkraftanlegget. Etter at garantiperioden har utløpt, har eieren 3 ulike strategier han kan velge med tanke på videre drift og vedlikehold:

- Drift og vedlikehold utføres videre av leverandør
- Drift og vedlikehold outsources til en leverandør av drift og vedlikeholdstjenester
- Drift og vedlikehold utføres av eiers egen organisasjon

Avhengig av hvilken av de tre nevnte strategiene eieren velger, vil det være ulike elementer han bør ta hensyn til i forbindelse med inngåelse av både leveransekontrakt, drift og vedlikeholdskontrakt, og supportkontrakt.

Rapporten belyser ulike momenter knyttet til de tre nevnte strategiene for ivaretagelse av drift og vedlikeholdet av et vindkraftverk som byggherre bør ha fokus på i forbindelse med kontraktsforhandlinger og kontraktsinngåelse.

### 3 Rapporter

Resultatene fra FoU prosjektet "Driftssikkerhet for vindturbiner" er samlet i følgende rapporter:

Kodeplan for vindturbiner
Tilstandskontrollhåndbok for vindturbin
Vedlegg: Skadeatlas for blader
Vedlegg: Skadeatlas for gir
Vedlegg: Skadeatlas for lager
Kontrakter om levering av vindturbiner sett i et drifts- og vedlikeholdsperspektiv- TR A6742
Systematisk registrering og rapportering av driftshistorikk for vindturbiner – TRA6741

Rapportene er tilgjengelig for salg hos EBL Kompetanse.

Kontaktinformasjon:

Internett: [www.ebl.no](http://www.ebl.no)  
Telefon: + 47 23 89 80 00  
Kontaktperson: Lene Mostue