



Foto: Gunnar Britse

VINDKRAFT

**Forskningsprogrammet VindForsk
– en lägesrapport för år 2003**

VINDKRAFT

**Forskningsprogrammet VindForsk
– en lägesrapport för år 2003**

Sammanställd av Åsa Elmqvist



TOTALFÖRSVARETS FORSKNINGSINSTITUT
FLYGTEKNIK FFA
172 90 STOCKHOLM

FOI-R—1219--SE
JULI 2004
ISSN 1650-1942

Underlagsrapport

Inledning

Den här rapporten presenterar vad som pågick inom forskningsprogrammet Vindforsk under verksamhetsåret 2003. Vindforsk utgör en fortsättning på den forskning inom vindkraftsområdet som sedan 1975 bedrivits med finansiering från det statliga energiforskningsprogrammet.

Vindforsk pågår åren 2002–2004 och omfattar sammanlagt cirka 90 miljoner kronor.

Projektet har i rapporten delats in i fem kapitel efter programmets projektkategorier. Fördjupad information om projektet kan fås från Vindforsks sekretariat. Många projektrapporter finns också att hämta på Internet, www.vindenergi.org

Rapporten har producerats med stöd av Energimyndigheten



Energimyndigheten

Detta är Vindforsk

Vindforsksprogrammet är indelat i en grundläggande och en tillämpad del. Den tillämpade delen förutsätter medfinansiering från näringslivet, medan projekt inom den grundläggande delen har möjlighet att få upp till 100 procent finansiering från Energimyndigheten. Det kan vara en betydande skillnad på nivå, omfattning och inriktning mellan ett grundläggande och ett tillämpat projekt vilket kan vara bra för läsaren att ha i åtanke.

Projektförslag inom den grundläggande delen behandlas först av ett råd bestående av vindkraftkunniga personer med olika kompetenser. Rådet lämnar ett förslag till hur Energimyndigheten ska besluta angående varje inkommen ansökan. Förfarandet för de tillämpade projekten är snarlikt, men med den skillnaden att de vindkraftkunniga personerna utgör en styrelse som kan besluta direkt om projektet får medel eller inte.

Sekretariat

Ett programsekretariat har upprättats vid Totalförsvarets forskningsinstitut (FOI) med uppgift att stödja, sammanhålla och informera om forskningen inom Vindforsksprogrammet. Uppgiften är att ansvara för administration av Vindkraftsprogrammet gentemot Energimyndigheten. Detta innefattar att FOI är ansvarigt bland annat för sekretariatsfunktionen för programmet och programrådet, dokumenthantering, samordning av inkommande projektförslag, beredning av projekt samt samordning av informationsinsatser i samråd med Energimyndigheten.

Programchefen Sven-Erik Thor och programsekreteraren Åsa Elmqvist följer Vindforskprojekten och handlägger kontakterna med de sökande. Programchefen ansvarar för att beslut som tas i programstyrelsen verkställs och följs upp. Både programchefen och programsekreteraren är adjungerade till programstyrelsen och programrådet. Programchefen eller programsekreteraren är programstyrelsens och programrådets sekreterare och ansvarar för samordning och viss planering av forskningsprogrammet i enlighet med programstyrelsens/rådets beslut.

Lägesrapport för verksamhetsåren 2001 (VKK-programmet) och 2002 (Vindforsksprogrammet) har sammanställts av Åsa Elmqvist i rapporten FOI-R-0860-SE.

Kunskapscentrum Vindkraft

Ett kunskapscentrum för vindkraft drivs av FOI på uppdrag av Energimyndigheten. Syftet är att sprida resultaten från vindkraftforskningen och öka den allmänna kunskapen om vad en vindkraftsutbyggnad innebär.

Målet är att få ett naturligt centrum där vindkraftsintressenter kan få svar på frågor om forskning i synnerhet, men även kunna få information om vindkraft i allmänhet.

Kunskapscentrum har genomfört följande aktiviteter:

1. Hemsidan Kunskapscentrum Vindkraft
2. Produktion av nyhetsbrevet Vindbladet
3. Svensk Vindenergikonferens – Vind 2002
4. Programseminarier
5. Övrigt

Webbadressen till Kunskapscentrumets hemsida är <http://www.vindenergi.org/> På startsidan, se bilden nedan, presenteras aktuella nyheter om vindkraft.

I vänstermarginalen finns länkar till andra sidor som bland annat beskriver programmet samt hur man kan ansöka om forskningsanslag.

Kunskapscentrum för vindkraft drivs av [FOI](#) på uppdrag av [Energimyndigheten](#) i syfte sprida resultat från vindkraftforskningen och öka den allmänna kunskapen om vad en vindkraftsutbyggnad innebär.
Tel: 08-55 50 4083, E-mail: vindforsk@foi.se

Till startsidan

VindForsk

- Forskning
- Om programmet
- Programseminarier
- Söka anslag
- Lägesrapporter

VINDBLADET infoblad
Att bygga vindkraftverk
Lästips
Internationellt
Frågor och svar, FAQ
Kalendariet
Länkar
Kontakt

FOI
TOTALFÖRSVARETS
FORSKNINGSINSTITUT

Energimyndigheten

Sök bland tidningarnas [nyheter om vindkraft](#)

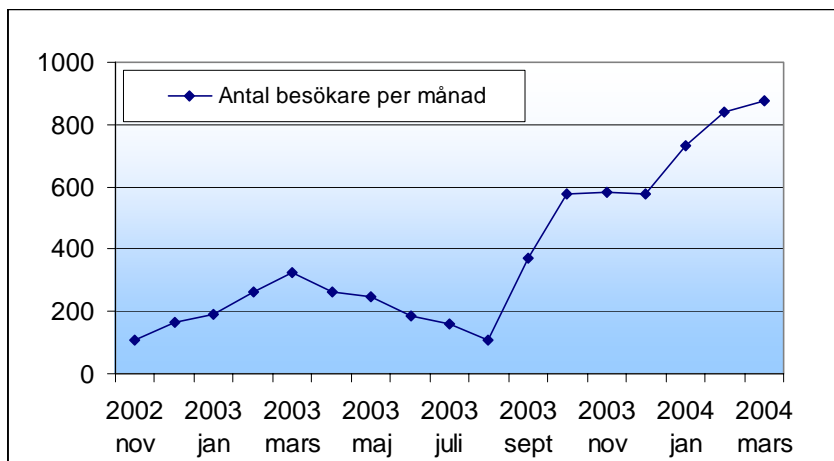
Nyheter (Uppdaterade 19:e mars 2004)

- **Seminarium om hur fiskar påverkas av havsbaserade vindkraftverk** Torsdagen den 25/3 kl. 13.00 då det presenteras ett pågående forskningsprojekt om hur vindkraftsverk till havs kan fungera som artificiella rev samt två examensarbeten som experimentellt studerat hur det ljud som genereras av kraftverk i bruk kan påverka fisk. ADRESS: Zoologiska inst., Stockholms universitet, Svante Arrhenius väg 14, Hus D, plan 5, sal D 502.
- **Ny chef för Nordic Windpower.** Till ny chef för Nordic Windpower har utnämnts Urban Joetsson, som tidigare arbetat med elproduktionsfrågor vid ABB och Wärtsilä. Den tidigare vd:n Bruno Bergkvist kommer i fortsättningen att verka för Nordic Windpower på konsultbasis inom projekt på vissa marknader.
- **Vindbladet nr. 46, Vind2004**
- **Klartecken för Lillgrund.** Regeringen har avslagit Vellinge kommuns överklagan av att Lillgrund anges som lämpligt för vindkraft i Malmös detaljplan. [Läs mer.](#)
- **Vindkraft till havs gynnar den biologiska mångfalden.** Forskare inom vindforskprogrammet har uppmärksamats av [SVT västnytt](#)

VIND 2004
VIND2004 Göteborg 28-29/9
Anmäl dig HÄR

Hemsida

Besöksfrekvensen på hemsidan har stadigt ökat. En kraftig ökning av antalet besökare märktes särskilt i samband med att distributionen av Vindbladet förändrades. I dag kan prenumeranterna själva hämta den senaste utgåvan av tidningen genom att klicka på en länk i det e-postmeddelande som annonserar nästkommande utgåva. Statistik visar att besöksdjupet är högt – en besökare klickar mellan fem och femton gånger på de länkar som finns på sidan.



Antal besökare per månad på Kunskapscentrum för Vindkraft.

Vindbladet

Information om verksamheten sprids även genom informationsbladet Vindbladet samt genom direkta kontakter med allmänheten. Hittills har 24 nummer av Vindbladet producerats, vilket motsvarar en utgåva i månaden. Det är en ökning från föregående period då fyra till fem Vindblad publicerades per år. Prenumerationen är gratis och antalet mottagare är för närvarande 576 stycken, varav 80 procent får bladet med e-post och övriga med ordinarie postgång. Skriften finns även tillgänglig på följande webbadress: <http://www.vindenergi.org/> klicka på Vindbladet.

Programseminarier

För att stärka samverkan och stimulera kontakter mellan forskare som verkar inom programmet arrangeras programseminarier med olika tema. Hittills har följande seminarier arrangerats:

1. ”Bättre konsekvensbedömning och ändamålsenlig planering och reglering”, mars 2003, FOI-S-0851-SE, sammanställt av Åsa Elmquist.
2. ”Säkrare bedömning av energiproduktionen”, oktober 2003, FOI-S-0999-SE, sammanställt av Åsa Elmquist.
3. ”Kostnadseffektiva vindkraftverk – aerodynamik och strukturelaster”, oktober 2003, FOI-S-1072-SE, sammanställt av Åsa Elmquist.

Seminarie serien har hittills samlat totalt 105 deltagare.

Övrigt

Kunskapscentrum har engagerats för att hålla föredrag om vindkraft vid ett antal kurser och konferenser. Exempel från 2003:

- Seminarium på Kungliga skogs- och lantbruksakademien.
- Föreningen Värna det gotländska kulturlandskapets, årsmöte.
- Sida-kurs arrangerad av Ångpanneföreningen.
- Invigning av Utgrundens mätstation.
- FMV-seminarium.
- Sveriges Energiting.

Många frågor från allmänheten ställs också till Kunskapscentrum via telefon och e-post. Sammanlagt har cirka 200 frågor av olika karaktär fått svar via centrumet sedan starten.

I dagspressen förekommer ofta debattinlägg om vindkraft. Under 2003 har Kunskapscentrum besvarat ett tiotal sådana inlägg.

Centrumet har bistått Energimyndigheten i exempelvis framtagande av underlag till svenska bidrag i internationell rapportering och underlag inför möten och konferenser.

I FOI:s ansvar i Kunskapscentret ingår också att i förekommande fall utvärdera idéer om ny vindkraftsteknik. Även en viss grad av omvärldsbevakning bedrivs av Kunskapscentrum. Exempelvis har det svenska deltagandet vid den europeiska vindenergikonferensen i Madrid 16–19 juni sammanställts av Åsa Elmquist i rapporten FOI-S-1047-SE.

Projektförteckning

- 1 Säkrare bedömning av elproduktionen
– rätt vindprognos ger maximal utdelning på elbörsen**
- 1.1 Säkrare vindprognoser till havs**
Projektamn: Vindförhållanden offshore och i kustzonen
Projektledare: Hans Bergström, Uppsala universitet
- 1.2 Säkrare vindprognoser i fjällen**
Projektamn: Vindförhållanden i komplex terräng
Projektledare: Hans Bergström, Uppsala universitet
- 1.3 Vindmätning på olika höjder**
Projektamn: Mätningar i master
Projektledare: Hans Bergström, Uppsala universitet
- 1.4 Chalmers eget vindkraftverk**
Projektamn: Drift av Hönö provstation
Projektledare: Magnus Ellsen, Chalmers tekniska högskola, Göteborg
- 1.5 Första offshoreparken snurrar än**
Projektamn: Drift och underhåll av mätsystemet vid Bockstigen, etapp III
Projektledare: Göran Ronsten, Totalförsvarets forskningsinstitut (FOI)
- 1.6 Internationell möte om mätproblem**
Projektamn: Informal Meeting of Teststations
Projektledare: Göran Ronsten, Totalförsvarets forskningsinstitut (FOI)
- 1.7 Internationellt projekt om nedisning**
Projektamn: IEA Annex XIX – Wind Energy in Cold Climates
Projektledare: Göran Ronsten, Totalförsvarets forskningsinstitut (FOI)
- 1.8 EU-projekt om nedisning**
Projektamn: EU-projektet Wind Turbine in Icing Environment
Projektledare: Göran Ronsten, Totalförsvarets forskningsinstitut (FOI)
- 2 Kostnadseffektiva vindkraftverk
– så ska framtidens konstruktioner göras hållbara**
- 2.1 Datormodell ska ge hållbara torn**
Projektamn: Våglaster på vindkraftverk till havs
Projektledare: Lars Bergdahl, Chalmers tekniska högskola, Göteborg
- 2.2 Pålitligare vindmätare med ny metod**
Projektamn: Tillförlitliga vindmätningar inom vindenergiområdet
Projektledare: Jan-Åke Dahlberg, Totalförsvarets forskningsinstitut (FOI)
- 2.3 Vindmätare genererar egen turbulens**
Projektamn: Forskning kring avancerade metoder för kalibrering av anemometrar
Projektledare: Jan-Åke Dahlberg, Totalförsvarets forskningsinstitut (FOI)
- 2.4 Snedställd vindturbin ger ökad effekt**
Projektamn: Vakrar och möjligheten att optimera kraftproduktion från vindkraftparker
Projektledare: Henrik Alfredsson, Kungliga tekniska högskolan (KTH)

- 2.5 Lättare konstruktion ger god ekonomi**
Projektamn: Model rotor experiments under controlled conditions (Mexico)
Projektledare: Björn Montgomerie, Totalförsvarets forskningsinstitut (FOI)
- 2.6 Gamla mätningar aktuella igen**
Projektamn: Aeroelasticitet – inventering av unika mätningar
Projektledare: Björn Montgomerie, Totalförsvarets forskningsinstitut (FOI)
- 2.7 Hållbarhet för större vindkraftverk**
Projektamn: Aeroelasticitet för stora vindturbiner
Projektledare: Björn Montgomerie, Totalförsvarets forskningsinstitut (FOI)
- 2.8 Hårt slitage av vind och vatten**
Projektamn: Meteorologiskt underlag för belastningsberäkningar för havsbaserade vindkraftverk
Projektledare: Hans Bergström, Uppsala universitet
- 2.9 Röken avslöjar virvlarna**
Projektamn: Aerodynamisk undersökning av spetsvirvlarna hos en liten vindtunnelmodell
Projektledare: Björn Montgomerie, Totalförsvarets forskningsinstitut (FOI)
- 2.10 Hållbara vindkraftverk med ny metod**
Projektamn: Dynamisk simulering av vindkraftverk
Projektledare: Anders Eriksson, Kungliga tekniska högskolan (KTH), Stockholm
- 2.11 Enhetliga standarder för alla länder**
Projektamn: Standardiseringsarbete
Projektledare: Sven-Erik Thor, Totalförsvarets forskningsinstitut (FOI)
- 2.12 Ny generator utan växellåda**
Projektamn: Permanentmagnetiserad transversalflödesvindgenerator med hög effekt och förbättrad effektfaktor
Projektledare: Juliette Soulard, Kungliga tekniska högskolan (KTH), Stockholm
- 2.13 Eget vindkraftverk i trädgården**
Projektamn: Lättvindsturbin för småskalig elproduktion – Projekt Wintree
Projektledare: Lars Östholm
- 3 Effektiv integrering i elsystemet
– så ska vindkraftenergin bli funktionell och lönsam**
- 3.1 Ny design för vindkraftparker**
Projektamn: Konfigurationsstudie av HVDC-vindpark
Projektledare: Torbjörn Thiringer, Chalmers tekniska högskola, Göteborg
- 3.2 Nya matematiska modeller ger säkrare drift**
Projektamn: Styrmetoder för vindkraftgeneratorer och vindkraftverk
Projektledare: Torbjörn Thiringer, Chalmers tekniska högskola, Göteborg

- 3.3 Minskat slitage med nytt system**
Projektname: Aktiv rotorresistansstyrning av överstegringsreglerat vindkraftverk med extern rotorresistans
Projektledare: Torbjörn Thiringer, Chalmers tekniska högskola, Göteborg
- 3.4 Överföring av vindkraftproducerad el**
Projektname: Vindkraft i områden med begränsad exportkapacitet
Projektledare: Lennart Söder, Kungliga tekniska högskolan (KTH), Stockholm
- 3.5 Minimal användning av reservkraft**
Projektname: Minimering av kostnaden för reservkraft i integrerade kraftsystem med mycket vindkraft
Projektledare: Lennart Söder, Kungliga tekniska högskolan (KTH), Stockholm
- 3.6 Effektivare strömförsörjning till havs**
Projektname: Ny topologi för mer effektiva AC/DC-omriktare till framtida havsbaserade vindkraftparker
Projektledare: Hans-Peter Nee, Kungliga tekniska högskolan (KTH), Stockholm
- 4 Konsekvenser och planering
– så påverkas människor, djur och natur av vindkraften**
- 4.1 Fladdermöss och fåglar i farozonen**
Projektname: Vindkraftverk och fladdermöss – en pilotundersökning
Projektledare: Ingemar Ahlén, Statens lantbruksuniversitet (SLU), Uppsala
- 4.2 Vindkraftverkens påverkan på fastsittande djur och växter i havet**
Projektname: Kraftverkskonstruktioner i havet – en metod för att lokalt öka den biologiska mångfalden i Östersjön
Projektledare: Torleif Malm, Stockholms universitet
- 4.3 Fiskarna trivs runt vindkraftverken**
Projektname: Havsbaserade vindkraftverk som artificiella rev
Projektledare: Marcus Öhman, Stockholms universitet
- 4.4 Dålig förankring hos närboende**
Projektname: Vindkraft, individ, samhälle och landskap
Projektledare: Karin Hammarlund, Göteborgs universitet
- 4.5 Lyckad vindkraftetablering i Torsås**
Projektname: Havsbaserad vindkraft och socioekonomiska konsekvenser
Projektledare: Sanna Mels, Högskolan i Kalmar
- 4.6 Tillståndsprövningen granskas**
Projektname: Vindkraftverkens miljöpåverkan – utvärdering av regelverk och bedömningsmetoder
Projektledare: Tore Wizelius, Högskolan på Gotland
- 4.7 Så upplevs skuggorna från snurrorna**
Projektname: Störningsundersökningar bland boende i närheten av vindkraftverk
Projektledare: Kerstin Persson-Waye, Göteborgs universitet

- 4.8 Lågfrekvent buller från havsbaserad vindkraft**
Projektamn: Ljudspridning kring havsbaserade vindkraftverk
Projektledare: Mats Åbom, Kungliga tekniska högskolan (KTH), Stockholm
- 4.9 Riktvärden för buller kontrolleras**
Projektamn: Undersökning av orsakerna till konstaterade bullerstörningar kring vindkraftverk
Projektledare: Sten Ljunggren, Kungliga tekniska högskolan (KTH), Stockholm
- 4.10 Kompendium om ljud**
Projektamn: Utarbetande av ett kompendium om ljud från vindkraftverk
Sten Ljunggren, Kungliga tekniska högskolan (KTH), Stockholm
- 4.11 Ny metod att simulera vindbrus i träd**
Projektamn: Maskering av ljud från vindkraftverk, etapp II
Projektledare: Mats Åbom, Kungliga tekniska högskolan (KTH), Stockholm
- 5 Branschgemensamt program
– forskningssamarbete för framtida vindkraftetablering**
- 5.1 Driftuppföljning av vindkraftverk**
Projektamn: Driftuppföljning av vindkraftverk,
Tillgänglighetsrapportering
Projektledare: Helena Andersson, Svensk energi
- 5.2 Fjärrkommunikation med vindkraftverk**
Projektamn: Gränssnitt för datakommunikation med vindkraftverk,
Informationsstrukturer för styrning och övervakning
Projektledare: Helena Andersson, Svensk energi
- 5.3 Drift och underhåll**
Projektamn: Filter och smörjfett,
Korrosionsskydd av havsbaserade vindkraftverk,
Vindkraft i kallt klimat,
3G-utrustning i anslutning till vindkraftverk,
Klassificerings- och beteckningssystem för vindkraftverk,
Vindens energiinnehåll i framtiden
Projektledare: Helena Andersson, Svensk energi
- 5.4 Samverkan mellan vindkraft och elnät**
Projektamn: Dynamiska modeller av vindfarmer,
Framgångsrik elprojektering av vindkraftparker,
Inventering av vindenergi prognosystem
Projektledare: Helena Andersson, Svensk energi
- 5.5 Miljöfrågor**
Projektamn: Ljud i havet
Projektledare: Helena Andersson, Svensk energi



1. Säkrare bedömning av elproduktionen

– rätt vindprognos ger maximal utdelning på elbörsen

Goda vindprognoser är en förutsättning för marknaden för vindkraftelektricitet. Om det går att förutsäga hur mycket det kommer att blåsa blir det också lättare för vindkraftprocenterna att få ut maximal betalning för sin energi på elbörsen.

Bakgrunden är att elmarknadens priser, som skapas av utbud och efterfrågan, numera delvis styrs av en elbörss där priser ändras från den ena minuten till den andra. En producent av vindkraftel förbinder sig att sälja ett visst antal kilowattimmar (kWh) under en viss tidsperiod. Ju längre tidsperiod desto mera värd är varje kWh. Det är därför värdefullt att kunna beräkna hur mycket vindkraftel som kommer att kunna produceras under en viss period.

Om leverantören inte kan producera så mycket som överenskommits måste han antingen böta eller köpa upp tillgänglig ström från någon annan leverantör, vilket är dyrt. Det omvända är att leverantören får oväntat mycket vind till sina turbiner. Överskottsenergin, som det inte skrivits kontrakt om, måste då säljas med kort varsel och till underpris. Både vid underskott eller överskott av el får leverantören nöja sig med ett genomsnittspris per kWh vilket är lägre än kontraktspriset.

Även om lite extra vind kan tyckas vara bra för leverantören så är slitaget och behovet av översyn ungefär proportionellt mot antalet drifttimmar, och förtjänsten per kWh är låg.

Svårigheten består bland annat i att förutsäga hur mycket det kommer att blåsa under kontraktstiden. Därför måste leverantören ha tillgång till bästa möjliga vindprognos och samtidigt kunna lita på att hårdvaran i vindkraftverket fungerar. Ett problem är exempelvis isbildning på vingarna. Vid tillräckligt mycket isbildning stannar vindkraftverket och levererar heller ingen effekt.

Särskilt viktigt är det att hitta noggranna metoder för att beräkna vindens hastighet eftersom det är den som styr vindkraftverkens energiproduktion. För att lyckas med detta krävs nya meteorologiska metoder.

För att förutsäga väder och vind behövs datoriserade beräkningsmetoder, så kallade modeller. Modellerna innehåller parametrar vars siffervärden man inledningsvis inte känner med tillräcklig noggrannhet. Men med hjälp av mätningar går det att hitta siffervärden på parametrarna så att modellens prognos kan fås att stämma allt bättre med verkligheten.

Projektnamn: Vindförhållanden offshore och i kustzonen
Projektledare: Hans Bergström **Organisation:** Uppsala universitet
E-post: n.n@met.uu.se (ersätt n.n med hans.bergstrom) **Anslag:** 453 000 kronor

1.1 Säkrare vindprognoser till havs

Det är särskilt intressant att kartlägga vindförhållandena nära kuster eftersom det blåser mer där än över land samtidigt som det kan vara grunt nog för vindkraftetablering. Projektet på södra Gotland syftar till att förbättra mätmetoderna för att kunna beräkna vindriktning och styrka. Försök har gjorts med goda resultat.

Projektets mål är att kartlägga de meteorologiska faktorer som påverkar vindförhållandena dels till havs, dels i kustområden. I rapporten beskrivs mätningar som genomförts med flera väderballonger på flera platser samtidigt.

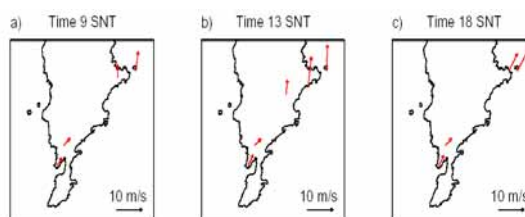
Forskningsarbetet har under 2003 främst berört analyser av de omfattande mätningar som genomfördes över södra Gotland i maj 2000.

Det har skett tillsammans med försök att datorberäkna vindarna över området under mätperioden med den så kallade MIUU-metoden, en beräkningsmodell som tagits fram vid meteorologiska institutionen vid Uppsala universitet (MIUU).

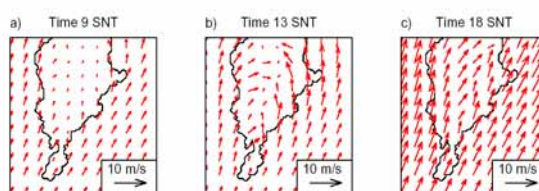
Med hjälp av modellen och med vindmätningar som input från endast ett fåtal platser kan vinden räknas ut på andra ställen än mätplatserna. För att verifiera modellberäkningarna har man även kontrollmätt vinden på dessa platser.

Ett exempel visas i kartorna här intill, där de observerade vindarnas variation i styrka och riktning väl stämmer överens med de databeräknade. De beräknade vindarna ger dessutom en betydligt fylligare information om vindarnas geografiska variationer. Intressant i detta fall är den så kallade sjöbriscirkulation som ger upphov till svaga, sammanlöpande vindar över inre Gotland vid en viss tidpunkt.

Analys- och modelleringsarbetena kommer att avslutas under 2004.



Faktisk vindstyrka och vindriktning vid mätning med vindballong. Mätningarna skedde vid tre tillfällen samma dag.



Beräknad vindstyrka och vindriktning enligt den så kallade MIUU-modellen.

Preliminära resultat från detta projekt redovisades också på World Wind Energy Conference (WVEC) i Kapstaden 23–26 november 2003.

Referenser:

Törnblom, K., Johansson, C., and Bergström, H., 2003: Simulations and measurements of mesoscale flow modifications in the Baltic Sea area. Proceedings from World Wind Energy Conference, WVEC2003, 23–26 November 2003, Cape Town, South Africa.

Bergström, H., and Lindholm, M., 2003: Higher-order closure meso-scale modelling for wind climate estimates. Proceedings from World Wind Energy Conference, WVEC2003, 23–26 November 2003, Cape Town, South Africa.

Projektamn: Vindförhållanden i komplex terräng
Projektledare: Hans Bergström **Organisation:** Uppsala universitet
E-post: n.n@met.uu.se (ersätt n.n med hans.bergstrom) **Anslag:** 547 000 kronor

1.2 Säkrare vindprognoser i fjällen

Den bästa placeringen för ett vindkraftverk är till havs och nära kusten. Men det finns också goda vindförhållanden i fjällen, ofta på toppen av bergen. Det är dock svårt att förutsäga vindarna i den kuperade terrängen. En ny datoriserad beräkningsmetod ser ut att kunna lösa detta problem.

Projektet går ut på att bättre kunna förstå och beräkna vindarna i fjällterräng med syfte att göra det möjligt att bättre beräkna vindpotentialen i fjällen i framtiden. På så sätt kommer det att bli möjligt att bättre bedöma ekonomin i en vindkraftslokalisering i fjällen.

Bergsformationerna leder ofta till komplicerade vindströmmar som ställer stora och svåra krav på de datoriserade beräkningsmetoderna, de så kallade vindmodellerna.

Utgångspunkten för beräkningarna är två kampanjer med vindmätningar som gjorts med hjälp av väderballong i dalgången vid Souva i Lappland under maj 1999 och september 2000. De mätta vindarna visar sig överraskande nog vara mycket höga. Detta framgår dock inte när vinden beräknas enligt de traditionella modeller som används.

Meteorologiska institutionen vid Uppsala universitet har utvecklat en avancerad beräkningsmodell (MIUU-metoden) som ger resultat som väl överensstämmer med verkligheten i denna komplexa terräng.

Traditionella metoder tar inte hänsyn till så många parametrar som MIUU-modellen gör.

Avsikten med detta projekt är att visa om datormodellen "fångar" dessa vindvariationer, för att sedan med modellens hjälp fysikaliskt försöka förklara vad som händer.

MIUU-modellen har primärt körts med information om det storskaliga väderläget hämtad från väderkartor. Detta visade sig ge ett likartat förlopp hos det beräknade vindfältet som hos det observerade, men mätperioden innehåller även fall då stora skillnader kan noteras. Därför pågår nu en andra omgång datorkörningar för att försöka förutsäga vindarna.

Resultaten från körningar över större områden ska under våren 2004 användas som data i en beräkningsmodell som endast täcker dalgången vid Suorva.

Dessa körningar väntas ge bättre överensstämmelse med det faktiska vindläget. Modellkörningar görs även med en version där molnbildning inkluderas, vilket kan påverka resultaten.

Projektname: Mätningar i master

Projektledare: Hans Bergström **Organisation:** Uppsala universitet

E-post: n.n@met.uu.se (ersätt n.n med hans.bergstrom) **Anslag:** 1 025 000 kronor

1.3 Vindmätning på olika höjder

Vindmätare som placerats på olika höjder i master, avslöjar bland annat hur vinden varierar från marken och uppåt.

Mätresultaten har gett värdefull information till en databank med vinddata som samlats in under flera år. Långtidsmätningarna visar också den maximala vindbelastning som ett vindkraftverk måste tåla.

Master för vindmätning är, liksom vindmätaren (anemometern), ett grundläggande verktyg för att kunna förutsäga vindar. Master kan bära flera vindmätare på flera höjder och därmed ge information om vindens höjdprofil från marken/vattnet och uppåt.

Inom projektet har kontinuerliga mätningar gjorts av vindhastighet, vindriktning och temperatur på flera höjder. Mätningar görs utanför Gotland på Östergarnsholm och på Näsudden och vid Bockstogens vindfarm, som är placerad en halv mil ut i havet.

Dessutom görs mätningar i Suorva i en dalgång i Lapplands fjälltrakter, samt på fjället Juobmotjåkkå vid samma dalgång.

Mätningarna i Juobmotjåkkå fick dock avslutats i november 2003 då vindmätaren återigen (för femte gången sedan 1997) förstördes av nedisning.

Under september–oktober 2003 utgjorde mätstationen på Östergarnsholm en viktig länk i ett större internationellt forskningsprojekt. Där deltog finska och amerikanska forskargrupper för att bland annat studera vindförhållandena i närheten av vattenytan.

Mätprojektet har utökat den unika databanken med vinddata som samlats in under flera år.

Projektets mätningar förser beräkningsmetoderna, de så kallade vindmodellerna, med data för parametersättning.

Meteorologiska modeller gör beräkningar för olika stora geografiska områden. Modellerna



Solceller och vindkraft laddar det meteorologiska mätsystemet på Östergarnsholm utanför Gotland.

kan behöva information om ögonblicksvinden över ett stort område, som är större än det område som den ska beräkna vinden för.

Ögonblicksvinden, som oftast bara kan mätas sparsamt i ett fåtal spridda punkter, används av modellen som utgångspunkt (input) för en detaljerad förutsägelse inom det område för vilket modellen ska lämna vinddata. Mätområdets utbredning, tillsammans med många andra variabler, bestäms genom input före datorkörningen.

Information om extremvindar är också av stor betydelse. Extremvindar använder konstruktören till vindkraftverket för korrekt dimensionering av lastbärande materialtjocklekar med mera. För att få med extremvindarna i mätningen behövs långa mättider eftersom extremvindar är ovanliga.

Projektamn: Drift av Höno provstation

Projektledare: Magnus Ellsen **Organisation:** Chalmers tekniska högskola, Göteborg

E-post: n.n@elkraft.chalmers.se (ersätt n.n med magnus.ellsen) **Anslag:** 600 000 kronor

1.4 Chalmers eget vindkraftverk

På Höno utanför Göteborg finns ett litet försöksvindkraftverk som drivs av Chalmers tekniska högskola. Här kan skolans doktorander testa sina teorier i praktiken. Vindkraftverket är också ett populärt mål för studiebesök bland forskare och allmänhet.

Chalmers ansvarar för driften av ett försöksvindkraftverk på Höno utanför Göteborg. Det lilla vindkraftverket används i olika forskningsprojekt samt som demonstrationsanläggning för studiebesök.

Vindkraftverket har använts sedan 1980-talet för utprovning av mekaniska komponenter, diverse reglersystem och elektriska system, särskilt generatorsystem. Chalmers tekniska högskola har ansvarat för de olika projekten.

Vanligtvis drivs projekten av doktorander, som genom tillgången till ett realistiskt laboratorium (ett "eget" vindkraftverk) kan verifiera/trimma sin projektteori.

Arbetsprincipen är att verifiera teorier genom att dessa programmeras som en del av ett simuleringsprogram. Sedan simuleras ett konstruerat förlopp som också körs i verkligheten, det vill säga i Hönomaskinen, varefter jämförelse sker.

Under året har arbetet påbörjats för att undersöka hur det går att få mer effekt ur den generator som driver vindkraftverket. Arbetet har påbörjats med undersökning av seriekompensering av vindkraftverkets permanentmagnetiserade direkt drivna generator. Teoretiska studier har visat att användande av kondensatorer i serie med generatorlindningarna jämfört med dagens parallellkopplade kondensatorer kan medge ökat effektuttag ur generatoren. Proven görs på en av vindkraftverkets 27 generatorspolar. Resten av generatoren är till en början



Examensarbetaren Musie Gher testar den nybyggda utrustningen som ska användas i kommande experiment på Chalmers eget vindkraftverk.

inkopplad som tidigare. Bygge av utrustning och inkoppling av mätutrustning har utförts som ett examensarbete.

Ett doktorandprojekt som gör simuleringar och mätningar på Hönögeneratoren har också påbörjats. Mätningarna på vindkraftverket planeras att ingå i det internationella samarbetsprojektet "Dynamic Models of Wind Farms for Power System Studies" (IEA

Projektnamn: Drift och underhåll av mätsystemet vid Bockstigen, etapp III
Projektledare: Göran Ronsten **Organisation:** Totalförsvarets forskningsinstitut (FOI)
E-post: n.n@foi.se (ersätt n.n med rng) **Anslag:** 2 460 000 kronor

1.5 Första offshoreparken snurrar än

En halv mil ut i havet utanför Gotland ligger Sveriges första havsbaserade vindkraftpark, Bockstigen. Här görs mätningar för att skapa en ny vinddatabas.

3-4 km ut i havet utanför Näsudden på södra Gotland ligger Sveriges första havsbaserade vindkraftpark; Bockstigen. Parken består av fem 500 kW vindturbiner. Här pågår sedan 1998 unika långtidsmätningar i syfte att säkra en databas med samtida vind-, våg- och lastdata. Mätningarna planeras fortsätta t.o.m. 30 juni 2007 för att få med ett "tillräckligt antal" extremtillfällen, dvs bl.a. högvindsfall och extremvågor.



Bockstigen är Sveriges första havsbaserade vindkraftpark, och har snurrat sedan 1998.

Projektnamn: Informal Meeting of Teststations
Projektledare: Göran Ronsten **Organisation:** Totalförsvarets forskningsinstitut (FOI)
E-post: n.n@foi.se (ersätt n.n med rng)

1.6 Internationellt möte om mätproblem

De tekniska mätproblemen inom vindenergiforskningen diskuterades på ett informellt, internationellt möte som hölls på Gotland under två dagar i september 2003.

För 21:a gången i ordningen arrangerades sep 24-26 Informal Meeting of Teststations (IMTS). Tekniska utmaningar och behov inom framförallt mätteknik inom vindkraftindustri och vindenergiforskning diskuterades på ett informellt, och därmed effektivt, sätt. Presentationstitlarna omfattade vindmätning, mätning på vindturbiner, beräkningar på vindturbinstrukturer i syfte att

kunna planera mätningar m.m. Nya områden var de speciella behov som stora verk och havsbasering medför. 20 deltagare från åtta länder (däribland Japan och Indien) deltog. Mötet avslutades med ett studiebesök vid Bockstigens havsvindpark.

Dokumentation från mötet:

"21:st Informal Meeting of Test Stations", FOI-D-0125

Projektname: IEA Annex XIX – Wind Energy in Cold Climates
Projektledare: Göran Ronsten **Organisation:** Totalförsvarets forskningsinstitut (FOI)
E-post: n.n@foi.se (ersätt n.n med rng) **Anslag:** 99 000 kronor

1.7 Internationellt projekt om nedisning

Det största problemet med vindkraft i kalla klimat är nedisning som hindrar drift av vindkraftverket. Sverige deltar i ett internationellt projekt där detta problem analyseras och rapporteras.

IEA:s internationella nätverksgrupp för vindkraft i kalla klimat; Annex XIX, har för andra året i rad arbetat med aktuella frågor. Arbetet begränsar sig till att sammanställa resultat från nationella projekt. Ett stort antal driftstopp hos befintliga aggregat orsakas av nedisning och kyla. Klimatet försvårar även på många platser vindenergi-potential-mätningar och tillträde till mätplatser och vindkraftverk. Sammantaget ökar detta osäkerheten kring investeringar i kalla klimat vilket, med dagens ej helt anpassade teknik, i

viss mån avskräcker såväl investerare som tillverkare från att bygga på dessa platser. Erfarenheterna från USA, Kanada, Norge, Sverige, Finland och Schweiz finns sammanfattade i "Statusrapport för vindkraft i kalla klimat" [på engelska].

Projektrapport:

State-of-the-Art of Wind Energy in Cold Climates kan hämtas på projektets hemsida <http://arcticwind.vtt.fi/>

Projektname: EU-projektet Wind Turbine in Icing Environment
Projektledare: Göran Ronsten **Organisation:** Totalförsvarets forskningsinstitut (FOI)
E-post: n.n@foi.se (ersätt n.n med rng) **Anslag:** 666 000 kronor

1.8 EU-projekt om nedisning

Problemet med is som stör eller stoppar driften av vindkraftverken undersöks i detta EU-projekt.

EU-projektet NEW ICETOOLS (Wind Turbine in Icing Environment: Improvement of Tools for Siting, Certification and Operation) syftar till att underlätta etablering av vindkraft i kalla klimat. I projektet deltar representanter från Finland, Sverige, Tyskland och Österrike. Arbetet är uppdelat i fem olika arbetspaket:

1. Prognos- och frekvenskartor över nedisning [EU inkl. nya medlemmar]
2. Klassificering av platser med avseende på

nedisning

3. Modellering och simulering av isbildning
4. Upptäckt och förhindrande av nedisning
5. Frågeformulär och marknadsundersökning

Under 2003 hölls två projektmöten.

En spännande upptäckt är bl.a. att frost kan vara en större källa till utmattning än vad som tidigare antagits. Isdetektering vid Suorva har framgångsrikt utförts med en nyutvecklad isdetektor.



2. Kostnadseffektiva vindkraftverk

– så ska kilowattimmen bli så billig som möjlig

Konstruktionen av vindkraftverk rymmer ett vitt fält av teknologier. Dessa utgör bakgrunden för framställning av apparater eller annan hårdvara. Med utgångspunkt från nuvarande vindkraftverk kan beräkningsmetodik och hårdvarukomponenter ständigt förbättras. Målet är att den genererade kilowattimmen från vindkraftverket ska vara så billig som möjligt. Typiska förbättringar kan vara att göra komponenter lättare fast de utför samma funktion. Framställningskostnaden för exempelvis ett blad eller ett torn är starkt beroende av vikten, och det finns ett kilopris som inte varierar så mycket. Svetsade torn har ett kilopris, generatorer ett annat och så vidare. Alltså gynnas priset av lätthet.

En annan förbättring är att öka storleken hos vindkraftverket. Förbättringen sker genom att rotorn och tornet görs större. Rotorn arbetar då högre upp där det blåser mer samtidigt som underhållskostnaderna ökar obetydligt, och produktionskostnaden per kilowattimme (kWh) kan sänkas. Ett större vindkraftverk påverkar dock materialmängden som ökar per kWh. Denna effekt kämpar mot förbättringen av den högre vinden. Vilken effekt vinner? Ja, det är en av de viktiga frågorna att få svar på för att få upp kostnadseffektiviteten.

Studier som bidrar till att komponenterna blir lättare är allt viktigare och vanligare. I en avlägsen framtid kommer vi att veta vilken storlek som är optimal ur kostnadseffektivitetssynpunkt.

Staten stödjer inte uttryckligen utvecklingen av maximalt stora vindkraftverk. Men marknaden driver både ökande storlek och kostnadseffektivitet. Båda kommer därför direkt och indirekt att gynnas av forskningsprojekten.

Här följer forskningsprojekten inom området.

Projektnamn: Våglaster på vindkraftverk till havs
Projektledare: Lars Bergdahl **Organisation:** Chalmers tekniska högskola, Göteborg
E-post: n.n@wet.chalmers.se (ersätt n.n med lars.bergdahl) **Anslag:** 825 000 kronor

2.1 Datormodell ska ge hållbara torn

Vindkraftverk som placeras till havs utsätts för hård belastning av både vind och vågor. Vågornas belastning på vindkraftverkens torn är inte tillräckligt välkänd för en säker dimensionering. För att råda bot på detta utvecklas nu en ny datormodell för säkrare beräkningar.

Syftet med projektet är att utveckla en beräkningsmodell för att beräkna vågornas belastning på vindkraftverk placerade i kustbandet. Med hjälp av den nya modellen får man fram en mera realistisk uppskattning av belastningen än vad tidigare modeller givit. Modellen ska bli så sofistikerad att den avbildar de flesta effekterna från vågor i strandnära grunda vatten, men den ska på samma gång vara lätt att programmera och använda samtidigt som beräkningarna ska gå snabbt i datorn.

För att beräkna vågorna vid en specifik plats krävs flera steg. Först beräknas ett vågspektrum vid den aktuella platsen. Vid beräkningen tas hänsyn till hur den lokala terrängen påverkar vågorna, till exempel spridning och fokusering av vågor. Detta lokala spektrum beräknas med en vågmodell. Utifrån spektret görs en realisering av ett vågtåg i tiden, det vill säga exempel på beräkningar av vågornas utseende på kraftverkets plats. Därefter beräknas vågornas belastning på kraftverket.

Arbetet redovisades 2003 vid två konferenser: Europeiska vindkraftkonferensen i Madrid (EWEC) och Offshore Mechanics and Arctic Engineering Conference i Cancun (OMAE), Mexico.

Referenser:

Trumars, J.: Simulation of Irregular Waves and Wave Induced Loads on Wind Power Plants in Shallow Water. Licentiate thesis, Report no 2003:7, Water Environment Transport, Chalmers, 2003.

Trumars, J., Jonsson, J. and Bergdahl, L.: Extreme non-linear wave forces on a monopile in shallow water, OMAE2003-37049, Offshore Mechanics and Arctic Engineering Conference, 8-13 June 2003, Cancun, Mexico.

Trumars, J., Jonsson, J. and Bergdahl, L.: The effect of wave non-linearity on the forces on a wind turbine foundation in shallow water, European Wind Energy Conference and Exhibition, 16-19 June 2003, Madrid, Spain.

Trumars, J. and Bergdahl, L.: Numeriska modeller av vågutbredning för beräkning av våglaster mot vindkraftverk till havs. Report no. 2002:2, Water Environment.

Projektnamn: Tillförlitliga vindmätningar inom vindenergiområdet
Projektledare: Jan-Åke Dahlberg **Organisation:** Totalförsvarets forskningsinstitut (FOI)
E-post: n.n(@foi.se (ersätt n.n med jad) **Anslag:** 707 000 kronor

2.2 Pålitligare vindmätare med ny metod

Vindens hastighet mäts med anemometrar. Olika vindmätare har dock visat sig mäta på olika sätt. I detta projekt görs försök att utveckla metoder för att kunna klassificera anemometrar, något som är mycket efterfrågat i branschen.

Målet med projektet är att ta fram nya robusta metoder för att kunna klassificera anemometrar.

Effekten som ett vindkraftverk kan leverera presenteras ofta av tillverkaren i form av vind-effektkurva, ett diagram som visar effekten som funktion av vindhastigheten.

Vind-effektkurvan används också till att beräkna möjlig energi som kan fångas under ett år, den så kallade årsenergin. Årsenergin är speciellt intressant för en köpare av vindkraftverk. Metodiken baseras på en kombination av teori och resultat från experimentella mätningar.

Det har visat sig att mätningen av den viktigaste komponenten, vinden, inte varit tillfredsställande varför behovet av speciella projekt för vindmätning uppstått.

Som ett i raden av sådana projekt beskrivs här hur vindmätaren beter sig i en föränderlig (turbulent) vind, varvid bland annat anemometerns dynamiska karaktär klarläggs.

Mätningar i konstant och varierande vind utgör grunden för en vetenskaplig utvärdering av olika tillverkares anemometrar. Eventuella felvisningar avslöjas.

Klassificeringen innebär att varje typ av anemometer tilldelas en osäkerhetssiffra som

anger maximal avvikelse mellan uppmätt värde och ”rätt” värde under givna förhållanden. Driftförhållandena bestäms bland annat av gränser för tillåten vindhastighet, turbulens, snedanblåsning, mm. Tanken är att klassificeringen ska göras för normala och extrema förhållanden.

Projektet drivs av EU med deltagare från flera länder i Europa. FOI:s uppgift är bland annat att utarbeta metoder för att mäta de krafter och vridmoment som verkar på rotorn (kopporna) hos en anemometer, och som också styr rotorns fart, då den roterar för långsamt respektive för snabbt i förhållande till den varierande vinden.

Kännedom om dessa moment tros vara nyckeln till att kunna beräkna hur anemometern beter sig under godtyckliga förhållanden.

Lovande resultat har erhållits från försök att bestämma dessa moment på ett indirekt sätt genom prov i vindtunnel. Försöken innebär att den ”rätta” vinden mäts med flera lätta propellrar samtidigt som anemometerns rotation registreras. Från mätningarna kan sedan momenten härledas och anemometerns dynamiska beteende bestämmas.

Projektnamn: Forskning kring avancerade metoder för kalibrering av anemometrar
Projektledare: Jan-Åke Dahlberg **Organisation:** Totalförsvarets forskningsinstitut (FOI)
E-post: n.n(@foi.se (ersätt n.n med jad) **Anslag:** 425 000 kronor

2.3 Vindmätare genererar egen turbulens

Vindmätare med skålkors (koppanemometrar) har ett udda beteende när de utsätts för konstant vind. Mätningar som görs i en vindtunnel kan då leda till att anemometern blir missvisande i fält. För en korrekt kalibrering i vindtunnel krävs långa mättider visar resultaten från detta projekt.

Målet med projektet är att förbättra metoder för kalibrering av vindmätare (anemometrar) i vindtunnel.

Kalibrering innebär att man bestämmer sambandet mellan vindhastigheten och varvtalet hos rotorn genom att i vindtunnel mäta i flera punkter och därefter anpassa en rät linje till mätpunkterna.

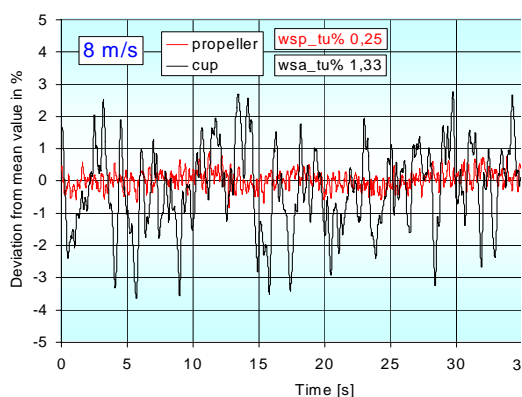
Vindmiljön i en vindtunnel motsvarar emellertid inte verkliga förhållanden eftersom strömningen i tunneln oftast är konstant både till riktning och också till styrka medan den i fält varierar på alla sätt.

En mycket speciell egenskap som emellertid observerats hos koppanemometern är att den uppvisar stora variationer i rotation trots att den utsätts för vind med en mycket

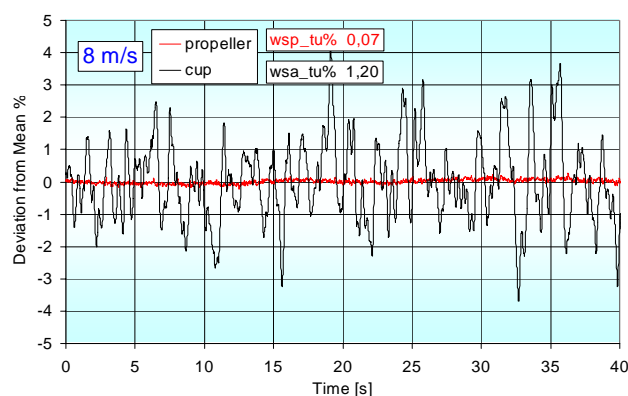
jämn hastighet. Detta exemplifieras i figurerna nedan.

Trots att turbulensgraden i vindtunneln på Kungliga Tekniska Högskolan är extremt låg är variationerna hos anemometern avsevärda. Det verkar som om koppanemometern genererar sin egen turbulens. Dessa fenomen har inte iakttagits för propelleranemometrar. För praktiska mätningar med koppanemometrar i fält har variationerna liten betydelse eftersom man normalt bildar medelvärden under lång tid, vanligtvis 10 minuter.

Vid kalibrering i vindtunnel måste mättiden för varje mätpunkt vara tillräckligt lång för att få stabila medelvärden.



Procentuell avvikelse från medelförhållanden för propeller och koppanemometer uppmätt i FOI:s vindtunnel. Notera de stora variationerna för koppanemometern.



Procentuell avvikelse från medelförhållanden för propeller och koppanemometer uppmätt i KTH:s vindtunnel.

Projektamn: Vakar och möjligheten att optimera kraftproduktion från vindkraftsparker
Projektledare: Henrik Alfredsson **Organisation:** Kungliga tekniska högskolan (KTH), Stockholm
E-post: n.n@kth.se (ersätt n.n med hal) **Anslag:** 775 000 kronor

2.4 Snedställd vindturbin ger ökad effekt

I en vindkraftpark riskerar vissa vindturbiner att hamna i den så kallade vaken från framförvarande vindkraftverk. Det betyder att de inte får tillräckligt med vind för att kunna utnyttja sin fulla kapacitet. Försök med att snedställa turbiner har dock visat att energiproduktionen ökar.

Forskningen inom projektet omfattar vindtunneexperiment med studier av vaken bakom små modeller av vindturbiner och syftar till att dels få ökad förståelse för närvaken, området precis bakom turbinen, och dels att undersöka om man genom att vinkla turbinen mot strömningsriktningen aktivt kan styra vakutbredningen bakom turbinen så att påverkan på turbiner nedströms minskas.

I gruppstationer är det vanligt att någon turbin hamnar i vaken från den turbin som ligger framför, det vill säga i riktning mot vinden. Största effektförlusten uppstår hos den bakomvarande turbinen då den är rakt bakom den framförvarande turbinen eftersom vindhastigheten är som lägst där.

Belastningen på den bakomvarande turbinen är värst då endast en del av den yta som bladen sveper över ligger i vaken medan den övriga delen av svepytan når ut i den fria vinden. Detta ger upphov till maximal stötvis belastning.

Mätningar av hastighetsfältet i vaken har gjorts dels med en varmtrådsanemometer, som är en metod för att mäta snabba förlopp genom att mäta avkylningen av en mycket tunn uppvärmd tråd, och dels med PIV (Particle Image Velocimetry), som är en optisk metod där partiklars rörelse fotograferas varur hastighetsfältet över en yta kan bestämmas. Mätningar har också gjorts genom att direkt mäta effekten från en turbin när den placeras i olika positioner i vaken bakom en framförvarande turbin.

Resultaten från mätningarna visar tydligt att

en snedställning av en turbin innebär att vaken bakom styrs åt sidan.

En enklare beräkningsmodell som använder resultaten från modellproven visar att energiproduktionen på detta sätt kan ökas med upp till fyra procent i en grupp med sex turbiner. Den största nyttan kan dock vara att vissa turbiner utsätts för en lägre belastning vilket bör förbättra deras livslängd.

En oväntad upptäckt från mätningarna av hastighetsfältet var att vaken bakom en turbin slingrar (meandrar) sig långsamt fram och tillbaka i sidled i likhet med vad som observerats bakom cirkulära plattor. För plattorna förklaras detta med att virvlar skapas på ett regelbundet sätt runt plattans kanter och det verkar sannolikt att denna effekt också ligger bakom vakens slingrande, något som också observerats för stora turbiner.

Referenser:

Dahlberg, J-Å. and Medici, D. 2003 Potential improvement of wind turbine array efficiency by active wake control (AWC), Proc. European Wind Energy Conference, Madrid, 2003.

Medici, D. and Alfredsson, P.H. 2004 Measurements on a wind turbine wake: 3D effects and bluff-body vortex shedding. Accepted for oral presentation and publication in proceedings, The science of making Torque from Wind, Delft University of Technology, the Netherlands, 19–21 April 2004.

Medici, D. 2004 Wind turbine wakes – Control and vortex shedding. TRITA-MEK 2004:05. TenkLic avhandling, KTH Mekanik.

Projektname: Model rotor experiments under controlled conditions (Mexico)
Projektledare: Björn Montgomerie **Organisation:** Totalförsvarets forskningsinstitut (FOI)
E-post: n.n@foi.se (ersätt n.n med meb) **Anslag:** 400 000 kronor

2.5 Lättare konstruktion ger god ekonomi

Bättre mätmetoder av vinden skulle leda till billigare och bättre konstruktioner av vindkraftverk. Den utgångspunkten har forskarna i EU-projektet Mexico. Projektet har dock haft leverantörproblem och stått stilla under 2003. Nya EU-anslag gör det möjligt att fortsätta forskningen två år framåt.

Syftet med projektet Mexico är att skapa en databas med unika mätdata som baseras på vindtunnelprov med en vindturbin. Turbinen kommer att ha en diameter på 4,5 meter och ska köras i Europas största vindtunnel som ligger i Nederländerna.

Under det gångna året (2003) har verksamheten i stort legat nere på grund av att flera leverantörer har gått i konkurs.

Konstruktionen av turbinens hårdvara har dock fortskridit under tiden. Den mest kritiska delen av tillverkningen utgörs av bladen. Dessa skall fräsas i aluminium och tryckhål runt fem profiler, på olika radiella positioner, måste borras med precision. Därefter sker installation av tryckgivare samt elektronik, vilket kommer att följas av provning innan bladen transporteras och monteras på turbinens rotor.

De metoder för beräkning av vindens kraft som finns i dag är inte tillräckligt bra.

Därför beräknas krafter och prestanda mycket ungefärligt. För att förbättra detta behövs bra och noggrant planerade experiment. Tidigare experiment har haft brister i upplägget. Detta har vindkraftforskarna nu kommit till insikt om och Mexicoprojektet, som är ett EU-projekt, har stora förhoppningar knutna till de kommande provresultaten.

En förbättring av beräkningsförmågan skulle leda till att konstruktören inte behöver ta till extra tjocklekar på lastbärande material. Detta leder till onödigt dyr konstruktion eftersom tillverkaren måste köpa in onödiga kilo material.

Utvärderingen av projektets motgångar har lett till ett mycket säkrare utgångsläge för proven och motsvarande utvärdering.

EU-kommissionen ställer sig också positiv till en tvåårig förlängning av projekttiden.

Projektnamn: Aeroelasticitet – inventering av unika mätningar
Projektledare: Björn Montgomerie **Organisation:** Totalförsvarets forskningsinstitut (FOI)
E-post: n.n@foi.se (ersätt n.n med meb) **Anslag:** 300 000 kronor

2.6 Gamla mätningar aktuella igen

Gamla mätningar som gjorts vid de stora vindkraftverken i Maglarp och på Näsudden har dammats av igen. Delar av informationen har visat sig vara användbar eftersom flera av de nya vindkraftverken i dag är lika stora som de gamla prototyperna.

Projektets mål var främst att undersöka gamla data från vindkraftverket i Maglarp utanför Trelleborg. Den stora prototypen roterade första gången 1982. Något senare kom en mindre turbin med konkurrerande teknologi igång på Näsudden på Gotland. Från dessa vindkraftverk, och från närbelägna meteorologimaster med vindmätare på flera höjder, insamlades data.

De gamla databanden låg i dvala under många år, men har gått igenom igen i detta projekt. Banden kan fortfarande läsas vilket ger möjlighet till modern lagring på dvd för vidare bearbetning för framtida forskare.

Syftet har varit att undersöka användbarheten av dessa gamla data nu när de kommersiella vindkraftverken har nått samma storlek som de tidiga prototyperna i Maglarp och på Näsudden.

Projektet har kommit fram till att de gamla data som rör korttidsmätningar av vinden är användbara och intressanta också i dag för att

trimma befintliga beräkningsmodeller. Långtidsmätningar är oanvändbara för bestämning av prestanda på grund av otillförlitlig vindmätningsteknik från 1980-talet. De teoretiska studier av stora vindkraftverk som tidigare genomförts och presenterats, har ofta kritiserats för att bygga på en alltför kraftig uppskalning av betydligt mindre förebilder. Med en ny beräkningsmodell skulle FOI förbättra sina positioner i kommande internationella samarbeten med inriktning mot större storlekar.

Referenser:

Vindturbinen i Maglarp – inventering av unika mätningar. Hjalmar Johansson och Reidar Lindström, Teknikgruppen AB, september 2003.

Aerodynamiska data för vindturbiner från två unika mätdatabaser, Björn Montgomerie, FOI, FFA, Rapportnr: FOI-R--0969—SE.

2.7 Hållbarhet för större vindkraftverk

Stora vindkraftverk utsätts för hård belastning. De gungar och vibrerar och riskerar att gå sönder om de är feldimensionerade. För att skapa goda konstruktioner krävs bland annat god kännedom om och djup förståelse för fasta ämnens och luftens fysik. I projektet studeras flera delområden enligt dessa principer och nya, datoriserade beräkningsmetoder tas fram.

I projektet **samverkar** flera metoder inom flera kunskapsområden genom att i slutändan integreras i ett enda datorprogram. Dessutom skapas på vägen ett antal datorprogram av mindre omfattning. Dessa utför beräkningar för specialistutredningar av många slag. Allt arbete i projektet kan sammanfattas under beteckningen ”aeroelastiska studier”.

Säkrare, aerodynamiskt beräkningsunderlag

Arbetet går ut på att överföra lättillgängliga data från vindtunnelprov och beräkningsmetoder (så kallade tvådimensionella data) till användbara data som gäller för riktiga vindturbinblad (tredimensionella data).

I litteratur och analysprogram finns vanligtvis bara förenklade data om hur vindströmmen påverkar vindkraftverkets rotorblad. Det är framförallt dessa data som ska korrigeras.

Tidigare har befintliga beräkningsmetoder använts direkt utan konvertering. Då kan räknefehlen under olyckliga omständigheter bli mycket stora. Ett klassiskt exempel är när man i nyinstallerade danska vindkraftverk i början av 1980-talet räknade fel på effekten. Den verkliga effekten översteg den beräknade med 10–25 procent.

Konsekvensen blev i de flesta fall att vindkraftverkets reglersystem stängde av verket. I några fall brändes generatorn sönder.

Vindkraftverkets stabilitet

I projektet undersöks olika typer av svängningar hos vindkraftverket som belastar konstruktionen (aeroelastisk stabilitet). Arbetet omfattar hela vindkraftverket, alltså rörelserna hos rotorbladen, tornet och maskinhuset.

Moderna långa rotorblad blir lätt slanka och veka, vilket ökar risken för haveri. När en rotor på en vindturbin går runt utsätts bladen för varierande luftkrafter, och bladen kan exempelvis börja fladdra, så kallat ”klassiskt fladder”.

Därför måste en ny metod användas för att säkerställa goda driftsförhållanden. Det kan exempelvis bli förbjudet att dröja vid vissa varvtal när maskinen startas för att undvika fladdret.

Benämningen ”klassiskt fladder” härrör från vingar på flygplan som bröts sönder under första världskriget. Detta gav upphov till studier av problemet, vilket ledde till utvecklingen av en så kallad fladderteori.

När dataprogrammet för stabilitetsanalys har utvecklats kommer arbetet att inriktas på de stabilitetsproblem som är typiska för två- och trebladiga vindkraftverk över tid.

Metoden bygger på den så kallade Floquetmetoden, och kan användas för både två- och trebladiga vindkraftverk. Detta är inte generellt för andra analysmetoder med samma syfte. Beräkningsmetoden är viktig för den svenska, tvåbladiga vindkraft-

modellen, särskilt om intresset ökar för större, tvåbladiga vindkraftverk till havs.

Vindens påverkan på rotorbladen

Profilströmning handlar om hur vindens kraft påverkar rotorbladets olika delar.

Vakströmning syftar på den luftström som uppstår bakom vindkraftverket.

Dessa två områden integreras i en datoriserad modell som kan beräkna den faktiska belastningen på rotorbladen.

Den beskrivning som tas fram i projektet fungerar även för stora blad som kännetecknas av stor slankhet och stora utböjningar.

Datorberäkningar kan ersätta experiment

CFD-modellering kallas en metod att med datorns hjälp efterlikna verklighetens strömning hos gaser, i detta fall tillämpat på luft och vindturbiner. CFD är en förkortning av Computer Fluid Dynamics.

Om metoden kan användas till att beräkna hur vinden påverkar rotorbladen skulle det innebära en penningvinst eftersom CFD-beräkningar skulle kunna ersätta dyrbara experiment och mätningar. I projektet undersöks om ett antal relevanta strömningssituationer kan simuleras med CFD.

Vanligtvis används så kallade ingenjörsmetoder (i-metoder) vid datoriserade beräkningar av prestanda och belastning genom simulering. Dessa är tusentals gånger snabbare än CFD-metoden, men bygger delvis på ungefärliga beräkningar

Som en slags mellanform i komplexitetsavseende, mellan CFD och i-metoderna, finns virvelmetoderna. Dessa ger mer exakta resultat än i-metoderna.

Tidigare har det emellertid varit alltför tidskrävande att praktiskt simulera vindkraftverkets rörelser och belastning med hjälp av

dessa metoder. Men metodiken kan modifieras från att historiskt ha varit mycket omfattande till att passas in i ett mindre format för relativt snabb genomräkning.

För att förbättra både i-metoder och virvelmetoder behövs experimentella data – eller eventuellt CFD-data. Vad beträffar CFD-studierna har en stor del av projektiden inledningsvis använts för bug-eliminering, men de första användbara resultaten har också kommit fram.

Noggranna mätningar av prestanda och krafter har tidigare gjorts vid det danska vindkraftverket i Tjæreborg. En CFD-modell av detta vindkraftverk har därför körts i datorprogrammet. Genom att efter körning använda sofistikerade grafiska åskådningsskärmar har virvlarna gjorts synliga och forskaren har kunnat efterbearbeta intressanta delar av strömningen med matematiska verktyg. En viktig strävan, i detta sammanhang, är att finna den så kallade cirkulationen runt virvlarna. Cirkulationen är nyckeln till att finna den exakta vinden på rotorbladen i virvelmetodiken. Virvelmetodiken får därmed stöttning till förbättringar av CFD-resultaten.

Projektrapporter:

Vortex Model for Wind Turbine Loads and Performance Evaluation FOI Memorandum 878
Bjorn Montgomerie, FOI, FFA, May 2004

Methods for Root Effects, Tip Effects and Extending the Angle of Attack Range to + - 180 deg., with Application to Aerodynamics for Blades on Wind Turbines and Propellers
Scientific report: FOI-R--0169--SE, ISSN 1650-1942
Bjorn Montgomerie, FOI, FFA, June 2002

Mer läsning:

Ganander H., "The use of a code generating system for the derivation of the equations for wind turbine dynamics". Wind Energy 2003-2004, John Wiley&Sons.

Projektnamn: Meteorologiskt underlag för belastningsberäkningar för havsbaserade vindkraftverk
Projektledare: Ann-Sofi Smedman **Organisation:** Uppsala universitet
E-post: n.n@met.uu.se (ersätt n.n med ann-sofi) **Anslag:** 700 000 kronor

2.8 Hårt slitage av vind och vatten

Det är viktigt att kunna förutse hur väder och vind sliter på vindkraftverk placerade till havs. Med hjälp av mätresultat från ön Östergarnsholm öster om Gotland görs försök att skapa goda beräkningsmodeller.

Syftet med forskningsprojektet är att utnyttja hittills framkomna resultat när det gäller vindens variation över havet.

En viktig del av analysarbetet inför en lansering av ett nytt vindkraftverk är att beräkna hur det kommer att tåla väder och vind. Slitage av material sker genom små deformationer i stor mängd under vindkraftverkets livslängd.

Med siktet inställt på stora vindkraftverk som placeras till havs på grund av transportproblem på land, blir det allt viktigare att ha tillgång till goda beräkningsmodeller för aeroelastisk simulering. Dessa visar vilka påfrestningar det blir på konstruktionen när de yttre krafterna skapas av vinden och vågorna. Projektet stödjer detta behov genom ett långsiktigt mätförfarande.

Det är numera allmänt accepterat att vindens turbulens är den primära orsaken till en belastning som återkommer i cykler på denna typ av vindkraftverk. Vinden är aldrig stationär utan varierar alltid. Dessa variationer sker på mycket olika tidsskalor, från millisekunder till timmar och dagar. Växlingar sker från några svängningar per minut till någon svängning per sekund och ger upphov till en dynamisk belastning på vindkraftverken. Andra källor till cyklisk belastning på en vindturbin är hur vinden varierar med höjden.

Resultat från mätningar på en liten ö öster om Gotland, Östergarnsholm, tyder på att

vindar över havet i de flesta avseenden skiljer sig från vindar över land. Det gäller både turbulensstruktur och medelvindförhållanden. Den stora skillnaden mellan de två är närvaron av vågor på havsytan. När vinden ökar bildas små vindvågor som rör sig långsammare än vinden. Under dessa förhållanden med ”unga vågor” betar sig vind och turbulensstruktur som över land. Men så fort vågorna har blivit större och längre och våghastigheten närmar sig vindhastigheten (vinden på 10 meters höjd används som referens) förändras vinden snabbt med början närmast vattenytan. Vid riktigt långa vågor (dyning) som rör sig mycket fort är vind och turbulensstruktur totalt förändrade.

Projektgruppen har sedan projektet började analyserat data från Östergarnsholm för att kunna särskilja de fall där vindvariationer och turbulensstrukturen avviker från beräkningsformler framtagna för landförhållanden.

Referenser:

A. Smedman, U. Högström, H. Bergström, C. Johansson, A. Sjöblom and X. Guo Larsen, 2004: New findings concerning the structure of the marine atmospheric boundary layer over the Baltic Sea – possible implications for wind energy installations. Accepterad för publicering i Wind Engineering.

Dokumentation från Vindforsk programseminarium 2, Kostandseffektiva vindkraftverk Aerodynamik och Strukturlaster, FOI-S—0999—SE, Stockholm, Bromma 16 oktober 2003.

Projektnamn: Aerodynamisk undersökning av spetsvirvlarna hos en liten vindtunnelmodell
Projektledare: Björn Montgomerie **Organisation:** Totalförsvarets forskningsinstitut (FOI)
E-post: n.n@foi.se (ersätt n.n med meb) **Anslag:** 533 000 kronor

2.9 Röken avslöjar virvlarna

Vindvirvlarna bakom ett vindkraftverk hänger nära samman med kraften som rotorbladen utsätts för. För att få en bild av virvlarna har försök med rök mot en vindturbinmodell gjorts. Försöken i vindtunneln fotograferades och rökens mönster avslöjar hur virvlarna uppför sig.

Syftet med projektet var att få fram fotografier av hur virvlar bakom ett vindkraftverk ser ut.

Hur vinden rör sig i närheten av ett föremål kallas för aerodynamik. Aerodynamiska beräkningsmodeller utvecklas i syfte att öka noggrannheten. En metodik som verkar lovande är att beräkna virvlarna bakom ett vindkraftverk. Dessa hänger nämligen intimt samman med krafterna på bladen. Om man har grepp om dessa virvlarna går det att beräkna vilka krafter bladen utsätts för.

För att utröna detta installerades en vindturbinmodell i en vindtunnel. Vindturbinen hade ett nav som tillät byte av blad. I strömningen, strax före rotorn, injicerades rök uppströms. Röken bildade ett mönster som avslöjade bladspetsvirvlarnas position och hur de bredde ut sig. Hela händelseförloppet fotograferades.

Bilderna identifierades efter vindtunnelkörningarna med hjälp av tidpunkten då de togs.

Syftet med projektet var att skapa en databas från en stor mängd fotografier. Det fanns alltså ingen avsikt att dessutom använda informationen i projektet.



Typisk situation i FFAs tunnel med beteckningen LT5. Vad som avslöjas av rökbilden är den övre delen av de virvelspiraler som avsöndras från bladens spetsar.

Verksamheten inom andra projekt innehåller arbetsmoment där analys av databasen ingår.

Arbetet har presenterats i ett seminarium på FOI, FFA i Bromma.

Projektrapport:

Vortex System Studies on Small Wind Turbines,
Björn Montgomerie, Jan-Åke Dahlberg,
FOI-R-0936-SE, Sept. 2003.

Projektnamn: Dynamisk simulering av vindkraftverk

Projektledare: Anders Eriksson **Organisation:** Kungliga tekniska högskolan (KTH), Stockholm

E-post: n.n@mech.kth.se (ersätt n.n med anderse) **Anslag:** 1 490 000 kronor

2.10 Hållbara vindkraftverk med ny metod

För att kunna tillverka effektiva och hållbara vindkraftverk krävs noggranna simuleringar av hur hela vindkraftverket påverkas av belastningar av olika slag. En ny beräkningsmodell som testats har visat sig ge pålitliga resultat.

I detta projekt utförs aeroelastisk simulering av hela vindkraftverket, det vill säga simulerade påfrestningar. Syftet är att kunna optimera hela vindkraftverkskonstruktionen. För att spara tid undersöks också när förenklade modeller kan användas utan att förlora i noggrannhet.

Vindkraftverk utsätts dagligen för starkt varierad belastning. För att kunna tillverka effektiva och pålitliga vindkraftverk måste man förstå hur denna belastning uppkommer och hur den påverkar vindkraftverkens struktur. Projektet Vindsim syftar till att göra noggranna simuleringar av hela vindkraftverkets dynamik, inklusive det bärande tornet. Tanken är att kunna få fram bästa möjliga hållfasthet och stabilitet för hela vindkraftverket.

Svensk vindkraftsforskning har tidigare utvecklat rutiner för att simulera slumpmässig variation av vinden i tid och rum och för att bestämma hur vindkrafter påverkar rotorblad.

Under hösten påbörjades ett arbete med att verifiera den framtagna modellen med

experimentella data från vindkraftsparken i Alsvik på södra Gotland. Preliminära resultat antyder att den utvecklade simuleringsmodellen kan ge goda förutsägelser om beteendet för såväl normala som mer extrema driftsituationer.

Arbetet kommer under 2004 att inriktas mot en fortsatt verifiering av extrema situationer, och en jämförelse med existerande, mer förenklade, beräkningsprogram. Syftet med de senare är att försöka ge svar på när de förenklade modellerna är tillräckliga för analyserna, och när mer avancerade simuleringar behövs för att ge ett tillräckligt gott underlag för dimensionering av vindkraftverk.

Referenser:

Dokumentation från Vindforsk programseminarium 2, Kostandseffektiva vindkraftverk Aerodynamik och Strukturlaster, FOI-S—0999—SE, Stockholm, Bromma 16 oktober 2003.

Läs mer:

Licentiatrapporten Simulating Dynamical Behaviour of Wind Power Structures. Anders Ahlström, KTH Mechanics Stockholm 2002

Projektnamn: Standardiseringsarbete

Projektledare: Sven-Erik Thor **Organisation:** Totalförsvarets forskningsinstitut (FOI)

E-post: n.n@foi.se (ersätt n.n med sven-erik.thor) **Anslag:** 473 000 kronor

2.11 Enhetliga standarder för alla länder

Vindkraftverk har olika egenskaper som måste anges i ett enhetligt system gemensamt för alla länder. Utan ett sådant system är det svårt att jämföra olika fabrikanter produkter på vindkraftmarknaden samt att underlätta handel. För att komma till rätta med detta pågår ett internationellt standardiseringsarbete.

Standardiseringsarbetet har varit mycket aktivt under 2002 och 2003. Åtta arbetsgrupper har arbetat med olika aspekter av standardisering inom International Electrotechnical Commission (IEC). Sverige finns representerat i fem av dessa arbetsgrupper. Det har givit stor möjlighet att hämta kunskap och påverka utformning av nya standarder i en riktning som avspeglar svenska förhållanden.

Ett exempel på det senare är arbetsgruppen för kommunikationsstandard, Committee Draft IEC 61400-25, "Communications for monitoring and control of wind power plants". Gruppen, som har en svensk ordförande, har arbetat vidare mot att finna leverantörsberoende kommunikationslösningar för styrning och övervakning av vindkraftverk. Denna standard kommer att

underlätta drift av vindkraftverk för de svenska kraftföretag som äger olika fabrikat av vindkraftverk.

Inom området "Design Requirements" utvecklar Sverige avsnitt som behandlar isbelastning på fundament till vindkraftverk. Detta kommer att leda till säkrare och kostnadseffektivare fundamentering.

Kunskapen om hur man mäter vind/prestanda är av stor vikt vid kontraktsskrivning/utvärdering av vindkraftverk. Sverige följer och påverkar arbetet.

Standardiseringsarbetet kommer på sikt att leda till säkrare och billigare vindkraftverk anpassade för drift vid olika betingelser. Dessutom underlättar standarderna handel mellan olika länder.

Projektamn: Permanentmagnetiserad transversalflödesvindgenerator med hög effekt och förbättrad effektfaktor

Projektledare: Juliette Soulard **Organisation:** Kungliga tekniska högskolan (KTH), Stockholm

E-post: n.n@ekc.kth.se (ersätt n.n med juliette) **Anslag:** 1 375 000 kronor

2.12 Ny generator utan växellåda

För att effektivisera vindkraftverken experimenteras det med att ta bort växellådan. Fördelen är att konstruktionen blir billigare och växellådshaverier undviks. Nackdelen är att generatorerna för direkt drift blir stora och tunga. En ny lovande teknik undersöks för att få fram en lättare typ av generatorer.

Projektet inom havsbaserad vindkraft, som påbörjades under hösten 2003, utvärderar förutsättningarna för att använda en så kallad transversalflödesgenerator (TFM-generator) i vindkraftverk.

Magnetflödet i generatoren brukar vara radiellt, medan man i detta projekt använder sig av ett tvärflöde. Riktningen hos dessa flöden styr hårdvaruutformningen, vilket ger konstruktören möjlighet att producera lättare generatorer.

En svårighet med transversalflödestekniken är att spänningen från generatoren och strömmen inte går i fas (dålig effektfaktor) vilket orsakas av läckageflöde.

Transversalflödeskonceptet är relativt nytt och fortfarande på forskningsstadiet. En anledning till att TFM-generatorer sällan används kommersiellt är sannolikt att de beräkningsprogram som behövs för att analysera den komplicerade geometrin endast funnits tillgängliga för forskningsändamål under ett fåtal år.

I verkligheten har dock väldigt få mätningar genomförts, och de beräkningar som presenterats i litteraturen är inte helt samstämmiga. Därför är det av värde att få

experimentell erfarenhet av den här typen av generatorer, för att därigenom kunna förbättra de beräkningsmodeller som används.

Under hösten 2003 har mätningar genomförts på en svenskbyggd TFM-generator. Denna var dock felaktigt optimerad och kunde inte leverera någon nämnvärd effekt. Konstruktionen har nu dömts ut, men mätningarna har givit kunskap om beräkningsmodellernas giltighet.

Det fortsatta arbetet kommer att fokuseras på att dimensionera ett nytt transversalflödeskoncept med förminskat flödesläckage. Stor vikt kommer att läggas vid möjlighet att öka effekten för att kunna styra den efter behov.

Referenser:

VindForsk, Åsa Elmquist, Lägesrapport verksamhetsåren 2001 och 2002, Maj 2003, ISSN 1650-1942.

Föreläsning, A. Sleiman, "An evaluation of an electromachine concept by FE-modeling", KTH, 24 April, 1998.

Projektnamn: Lättvindsturbin för småskalig elproduktion – Projekt Wintree
Projektledare: Lars Östholm **Organisation:** Maskinutveckling, Wintree
E-post: n.n@wintree.se (ersätt n.n med lars.ostholm) **Anslag:** 250 000 kronor

2.13 Eget vindkraftverk i trädgården

Små vindkraftverk att sätta på den egna tomten är en potentiellt mycket intressant konsumentprodukt. Historiskt har det dock visat sig mycket svårt att leverera ekonomiskt konkurrenskraftiga tekniska lösningar. Nu görs försök med en ny sorts vindturbin.

I detta projekt utvecklas en teknologi för att göra små vindkraftverk till lönsamma investeringar för den enskilde fastighetsägaren. Som förebild står försäljningsframgångarna hos värmepumpar.

Under 2003 har upphovsmannen genomfört ett samfinansierat forskningsprojekt inom programmet Vindforsk. Projektets syfte var att inhämta kunskap för utveckling av en ny sorts vindturbin. Turbinen är enbladig, horisontalaxlad och har ett pendlande arbetssätt med rörelsecentrum i marknivå (se bilden). Mast och vinge utgör en kombinerad aktiv enhet i form av ett långt cirkulärt rör. Mastens rörelse åstadkoms genom att cirkulationsstyrning manipulerar luftströmmarna runt masten. Karaktäristiskt för aerodynamiska profiler med cirkulationsstyrning är deras förmåga att producera extremt höga lyftkraftskoefficienter vid låg hastighet

I projektet har en försöksmaskin konstruerats och uppförts. Maskinens principiella grundbultar har verifierats och väsentliga landvinningar gjorts, men ingen nettoproduktion av energi ur vind har uppnåtts. Projektet har efter färdigställandet

av försöksmaskinen därför fokuserat på orsaker till att masten inte ger lyftkrafter i paritet med den forskning som finns tillgänglig.

Angreppssättet som valts, att gå direkt på en enkel försöksmaskin, har därmed visat sig framgångsrikt. De antaganden och tillverkningstekniska hänsyn som framtingades vid konstruktionsarbetet har provats och levererat kunskap.

Tillverkningen av försöksmaskinen har gett underlag till kostnadskalkyl för en färdig produkt.

En fördjupad teoretisk studie direkt riktad mot sambandet mellan teoretisk och verklig impuls-koefficient har initierats inom projektet. Version 2 av masten baseras på resultat från projektet. Försök med nya masten påbörjas under juli 2004.

Referenser:

Wood and Nielsen, "Circulation control airfoils as applied to Rotary wing aircraft". *Journal of Aircraft*, Vol 23 No 3, 1986 pp 865–875.

Dunham. J. "Experiments towards a circulation-controlled lifting rotor. Part 1," *The aeronautical journal*, jan 1970, pp 91–103.



3. Effektiv integrering i elsystemet

– så ska vindkraftenergin bli funktionell och lönsam

Strävanden att ström kvaliteten ska kunna vara fortsatt hög även med en stor andel vindkraftel driver denna del av projektverksamheten. Med hög kvalitet menas:

- låg frekvens av avbrott
- liten frekvensvariation
- hög effektfaktor
- belastningsokänslighet
- mjukhet i inkoppling och urkoppling av vindkraftverken
- mjuk hantering av varierande effekt på grund av vindens variation (medan uppkoppling gäller)
- små dynamiska störningar i nätet
- små överföringsförluster

Den teknik som tillämpas är vanligen att forskaren studerar problemet genom att läsa vad som finns skrivet i ämnet. Därefter görs en mental modell av det som ska begripas/hanteras/behärskas.

I nästa steg implementeras den mentala modellen i form av en datormodell och/eller en fysisk laboriemodell. Med hjälp av modellarbetet kan variationer i förutsättningarna undersökas varvid den bästa kombinationen väljes. Denna bästa kombination är oftast baserad på en sammanvägning av god funktion och lågt pris. Prisuppskattningen avser då inte laboriemodellen, utan en eventuell industriell slutprodukt som baseras på undersökningsresultaten.

Projekten under denna huvudrubrik syftar till att klarlägga, kartlägga och förbättra någon eller några aspekter enligt listan ovan.

Projektamn: Konfigurationsstudie av HVDC-vindpark
Projektledare: Torbjörn Thiringer **Organisation:** Chalmers tekniska högskola, Göteborg
E-post: n.n@elteknik.chalmers.se (ersätt n.n med torbjorn.thiringer) **Anslag:** 328 000 kronor

3.1 Ny design för vindkraftparker

Genom smarta elektriska elnätskopplingar går det att hålla både energiförluster och kostnader nere för en vindkraftspark.

Det visar detta projekt som tagit fram ett nytt kopplingsschema för framtida vindkraftparker.

Projektets mål är att undersöka möjligheterna att hålla förlusterna och kostnaderna nere för en vindgrupstation till havs. Tillämpningen är överföring av effekt med låga förluster. Elektriska förluster uppstår i ledningar, transformatorer och kraftelektronik. Förkortningen HVDC i projektrubriken är en förkortning av High Voltage Direct Current, som betyder högspänd likström.

I en tidigare fas i detta projekt framkom det att en vindpark med seriekopplade vindkraftverk är en lovande konfiguration ur energikostnadssynpunkt. I denna vindpark med likströmsnät finns inget behov av kostsamma, stora centraliserade transformatorer på havsbaserade plattformar. I stället höjs spänningen genom att vindkraftverken seriekopplas. På så sätt erhålles en spänningsnivå som lämpar sig för direktöverföring av elenergin till land.

Seriekopplingen av vindkraftverken ställer andra krav på styrningen av omriktarna i vindkraftverken och omriktaren på land. Det svåraste är att få spänningsdelningen mellan vindkraftverken att bli jämn.

Ett simuleringsexperiment, där tre vindkraftverk har seriekopplats, visar att denna typ av kopplingen fungerar och att den ojämna spänningsfördelning kan hanteras på ett rimligt sätt.

Projektrapporter:

Lundberg S., "Performance comparison of wind park configurations," Göteborg, Sweden, Chalmers University of Technology, Department of Electric Power Engineering, Report 30R, 2003.

Lundberg, S., "Configuration study of large wind parks", Göteborg, Sweden, Chalmers University of Technology, School of Electrical Engineering, Technical Report No. 474L, October 2003.

Projektnamn: Styrmetoder för vindkraftgeneratorer och vindkraftverk
Projektledare: Torbjörn Thiringer **Organisation:** Chalmers tekniska högskola, Göteborg
E-post: n.n@eltek.chalmers.se (ersätt n.n med torbjorn.thiringer) **Anslag:** 384 000 kronor

3.2 Nya matematiska modeller ger säkrare drift

För att öka kunskapen om vindkraftverk och kunna förbättra den elektriska konstruktionen av vindkraftverk krävs tillgång till både mätningar och pålitliga matematiska modeller som kan användas vid simuleringar i datorprogram. I detta projekt har tagits fram matematiska modeller som framgångsrikt simulerar det elektriska systemet i vindkraftverket.

I projektet har både mätningar och datorsimuleringar med framtagna matematiska modeller av elsystemet för ett vindkraftverk med dubbelmatad asynkrongenerator utförts och jämförts med god överensstämmelse. Dessa matematiska modeller är en mycket viktig komponent för att kunna studera regleralgoritmer, beteende vid störningar på elnätet och hur elnätet påverkas vid större utbyggnad av vindkraftverk.

Det speciella problem som studerats med den beskrivna tekniken utgår från ett kortvarigt spänningsfall på nätet som uppstår vid till exempel kortslutningar på elnätet. Det leder i allmänhet till att vindkraftverket slutar fungera, det vill säga kopplar bort sig från elnätet. Detta kan få stora konsekvenser för

elförsörjningen inom berört område, speciellt vid en framtida storskalig introduktion av vindkraftverk. Det fortsatta arbetet i projektet kommer att fokusera på hur generatorn reagerar vid tillfälligt minskad spänning, så kallade spänningsdippar. Tester har visat att vid spänningsdippar kan inte omriktaren, som styr generatorn, förse generatorn med den önskade rotorspänningen. Detta leder till att omriktaren förlorar kontrollen över generatorn som då måste kopplas bort från elnätet.

Nya krav från det statliga affärsverket Svenska kraftnät innebär att vindkraftverk inte får vara störcänsliga för denna typ av störningar.

Projektnamn: Aktiv rotorresistansstyrning av överstegringsreglerat vindkraftverk med extern rotorresistans

Projektledare: Torbjörn Thiringer **Organisation:** Chalmers tekniska högskola, Göteborg

E-post: n.n@elteknik.chalmers.se (ersätt n.n med torbjorn.thiringer) **Anslag:** 51 000 kronor

3.3 Minskat slitage med nytt system

Vindkraftverket slits snabbare om det utsätts för ojämn effekt, dvs att inkommande vindvariationer inte kan lindras. Ytterligare en nackdel är att detta kan leda till elkvalitéproblem, s.k. flicker (blinkande glödlampor). För att minska risken för flicker har en regleralgoritm som minskar problemet konstruerats.

Med hjälp av detta kan vindkraftverkets flickerbidrag reduceras med upp till 50 % procent beroende på vindstyrkan.

Studien avser undersökningar kring den teknik som konstruktören Nordic Windpower tillämpar för sina vindkraftverk. Syftet är att minska tendensen för flicker, som kommer av det engelska ordet för blinkning.

Flicker yttrar sig som varierande ljusstyrka hos en lampa som är inkopplad på den aktuella elektriska kretsen.

En annan effekt är att det är mekaniskt skadligt för materialet i vindkraftverket som ska ta upp den ojämna belastningen. Det är framförallt rotornav, infästning av växellåda, maskinhusets golv med mera som utsätts för slitage vid flicker. Varierande påfrestningar av denna typ kan till slut leda till utmattningsbrott på materialet.

Ett reglersystem har konstruerats där en yttre resistans, som är ansluten till generatoren, ingår. Därmed kan flicker-tendensen reduceras med upp till 50 % procent beroende på vindstyrkan. Det nya reglersystemet medför ökade kostnader, vilka bedöms kunna tjänas in genom minskade flickernivåer. Hur ett vindkraftverk konstrueras är alltid en balansgång mellan pris och prestanda.

Referenser:

A. Petersson, T. Thiringer, and L. Harnefors, "Flicker reduction of stall controlled wind turbines using variable rotor resistances," in Nordic Wind Power Conference, Göteborg, Sweden, Mar., 1–2, 2004.

Projektname: Vindkraft i områden med begränsad exportkapacitet
Projektledare: Lennart Söder **Organisation:** Kungliga tekniska högskolan (KTH), Stockholm
E-post: n.n@ekc.kth.se (ersätt n.n med lennart.soder) **Anslag:** 775 000 kronor

3.4 Överföring av vindkraftproducerad el

Ledningarna i ett elnät kan transportera en begränsad mängd el. Om det redan finns mycket elproduktion i ett område är det inte säkert att det får plats nya vindkraftverk där. Nu undersöks hur olika produktionsslag kan samverka och vart gränserna går för hur mycket vindkraft som får plats i olika områden

I projektet undersöks svårigheter och möjligheter med vindenergiöverföringen i Sveriges kraftnät. Kunskapen om hur större mängder vindkraft kan integreras i elsystemet behöver ökas.

I Sverige kommer den elektriska energin framför allt från stora anläggningar. Därifrån fördelas strömmen till konsumenterna via kraftledningar. I norra Sverige skapas stora mängder elektrisk energi i vattenkraftverken medan den stora konsumtionen sker i söder.

Redan nu överförs därför stora mängder energi i långa ledningar. Vid införande av storskalig vindenergi i fjällen måste den vindgenererade strömmen trängas med befintlig ström. Under vårfloden, när vattenkraftsproduktionen är särskilt stor, eller kalla vinterdagar, när belastningen på elsystemet ökar i södra och centrala landet, är överföringen redan nu nära maxgränsen.

Energispill från vindkraften kan uppstå när det blåser för fullt, men elledningarna är fulltecknade av energi från vattenkraften. Då måste vindkraftverken i värsta fall stängas av på grund av att ledningarna inte klarar av att överföra mer energi.

Under 2003 gjordes studier om hur mycket vindkraft som kan få plats i norra Sverige och hur mycket energi som behöver spillas p.g.a. begränsad överföringsförmåga vid olika nivåer av vindkraft installerad där.

I norra Sverige finns stora vattenkraftsystem

och många av vattenkraftstationerna har stora magasin uppströms. Dessa används för att spara vatten mellan olika tidsperioder. Exempelvis kan vatten som rinner till under sommaren, då elförbrukningen är låg, sparas till vintern då konsumtionen är högre. Projektet har visat hur den här lagringsförmågan även kan användas för att spara vindenergi i vattenkraftsmagasin.

Beräkningar visar att vid flaskhalsar i överföringssystemet kan vindenergispletet minskas radikalt med hjälp av så kallad motreglering med vattenkraft. Det innebär att man kan spara vattenkraft när det blåser bra och sedan använda den under vindstilla perioder. Det är dock oklart hur motregleringen skall kunna hanteras på den avreglerade elmarknaden. Nästa steg i projektet är att utarbeta en strategi som är ekonomiskt fördelaktig för både vindkrafts- och vattenkraftsägare.

Projektrapporter:

J. Sveca, L. Söder: "Wind Power Integration in Power Systems with Bottleneck Problems", KTH, presenterad vid konferensen VIND-2002, Malmö, 2002.

J. Sveca, L. Söder: "Överföring av vindkraftgenererad el från norra till södra Sverige", KTH, , 2002
http://www.ekc.kth.se/ees/lennart_vind2002.pdf

J. Sveca, L. Söder "Wind Power Integration in Power Systems with Bottleneck Problems" från PowerTech-konferensen, Bologna, 2003.

J. Matevosyan (Sveca), L. Söder "Evaluation of Wind Energy Storage in Hydro Reservoirs in Areas with Limited Transmission Capacity", Workshop on Large-Scale Integration of Wind Power and Transmission Networks for Offshore Wind Farms. Billund. 2003.

Projektnamn: Minimering av kostnaden för reservkraft i integrerade kraftsystem med mycket vindkraft

Projektledare: Lennart Söder **Organisation:** Kungliga tekniska högskolan (KTH), Stockholm

E-post: n.n@ekc.kth.se (ersätt n.n med lennart.soder) **Anslag:** 550 000 kronor

3.5 Minimal användning av reservkraft

När större mängder vindkraft ska införas på elnätet finns behov av reservkraft att koppla in när vinden mojar. I projektet studeras hur man kan minimera användandet av reservkraftverk, för att på så sätt minska kostnaderna för att använda vindkraften

Reservkraft, det vill säga ”jourhavande” elektrisk effekt i nätet, kan åstadkommas med alla typer av kraftverk, men det vanligaste i Sverige är att använda vattenkraftverk. I extrema situationer används dock så kallade gasturbiner som använder flygbränsle. Om vindkraften i framtiden ska stå för en stor del av landets energiförsörjning (i dag är den mindre än en procent) är det viktigt att veta vid vilken utbyggnadsnivå som det behövs reservkapacitet.

En viktig förutsättning här är att reservkraftverken mycket väl kan användas över landsgränser, så att t ex svenska reservkraftverk används när vinden som driver norska vindkraftverk mojar, eller också kan finska reservkraftverk användas när elproduktionen i svenska vindkraftverk minskar. I vissa fall kan det även vara så att samtidigt som vinden mojar i Norge och ökar den i Sverige vilket gör att reservkraften inte behövs. Det finns dock en begränsad kapacitet på kraftledningarna mellan olika länder och regioner vilket begränsar

möjligheterna att samordna de olika ländernas elförsörjning. Projektet går ut på att ta fram en metod för hur man ska minimera kostnaderna för användande av reservkraftverk i ett sammankopplat kraftsystem med stora mängder vindkraft. Med hjälp av metoden går det också att uppskatta vid vilken mängd vindkraft som det blir nödvändigt för vindkraften att delta i kraftsystemets nödvändiga balanshållning.

Utgångspunkten i projektet är ett kraftsystem, som består av flera elektriskt avgränsade områden med en begränsad överföringskapacitet sinsemellan. Vindkraften ska finnas i samtliga områden.

En doktorand anställdes i projektet i februari 2004. Projektets första steg är att ta fram en modell som simulerar hur kraftbalansen upprätthålls under en timme givet vissa förenklade förutsättningar. Nästa steg är att bygga en ekonomisk optimeringsmodell för att minimera kostnaderna för denna balanshållning.

Projektnamn: Ny topologi för mer effektiva AC/DC-omriktare till framtida havsbaserade vindkraftparker

Projektledare: Hans-Peter Nee **Organisation:** Kungliga tekniska högskolan (KTH), Stockholm

E-post: n.n@kth.se (ersätt n.n med remy) **Anslag:** 1 375 000 kronor

3.6 Effektivare strömförsörjning till havs

När många vindkraftverk ska samsas om leverans på samma elledning behövs lägre energiförluster i strömmvandlingen. Projektet, som bygger på både datorsimulering och laboratorieprov, arbetar med att ta fram en fungerande metod för vindkraftparker till havs.

Projektet har arbetat med att ta fram en ny, mer effektiv strömmvandlare som minskar energiförlusterna när flera vindkraftverk är inkopplade på samma elsystem.

Under 2003 jämfördes den nya, föreslagna strömmvandlartypen med konventionella omvandlartyper av typ Insulated Gate Bipolar Transistor (IGBT). Jämförelsen grundar sig på ett specifikt fall, den så kallade Cross Sound Cable Interconnector, en kabel som går mellan New England och Long Island. Jämförelsen tar hänsyn till både totalförluster och inköpskostnad.

Av studien framgår att endast 60 procent så många IGBT:er behövs efter förbättringar. Förlusterna förväntas också bli avsevärt lägre.

Arbeten har också påbörjats med att tillverka en provkrets i laboratorium för den föreslagna omvandlartypen med gott resultat.

En annan aspekt som undersökts är hur högspända växelspanningskablar ska modelleras vid de höga frekvenser som är nödvändiga för att få de systemfördelar som eftersträvas.



4. Konsekvenser och planering

– så påverkas människor, djur och natur av vindkraftetablering

Liksom för de flesta industrigrenar har vindkraften konsekvenser för människor, natur och samhälle. I den moderna vindkraftshistoriens begynnelse (andra halvan av 1970-talet) kunde man av innehållet i konferenser på området finna tillverkningsorienterade, elektriska och meteorologiska konferenspresentationer.

Allteftersom vindkraftverken började uppföras krävdes bygglovsansökningar med följande behandling i kommunerna. Den kommunala verksamheten tvingades yrvaket tackla en mängd problemställningar, som dittills inte ingått i uppgifterna. Det man inte kunde själv fick man fråga andra om. Härigenom utvecklades en verksamhet på många nya områden, oftast med statliga medel. Händelseförloppet löpte i stort sett parallellt i västvärlden.

Dagens konferenser innehåller nu mer av etablering av vindkraftparker, undersökningar av fauna och djurliv, sociologiska undersökningar hos befolkningen med mera, än tekniska ämnen. I detta kapitel har aktivitet inom icketekniska områden samlats.

Projektnamn: Vindkraftverk och fladdermöss – en pilotundersökning
Projektledare: Ingemar Ahlén **Organisation:** Statens lantbruksuniversitet (SLU), Uppsala
E-post: n.n@nvb.slu.se (ersätt n.n med ingemar.ahlen) **Anslag:** 150 000 kronor

4.1 Fladdermöss och fåglar i farozonen

Fladdermöss och fåglar riskerar att dödas när de jagar insekter nära rotorbladen. Undersökningar visar att vindkraftverkens läge i landskapet är helt avgörande för olycksrisken. Kollisionsrisken minskar om vindkraftverken modifieras så att de inte lockar till sig ansamlingar av insekter.

Fladdermöss som dödas av ett vindkraftverks rotorblad hittades på Gotland 1999. En pilotundersökning utfördes under 2002 och 2003 för att undersöka problemet samt föreslå forskning och åtgärder.

Fältstudierna inriktades på orsakerna till olyckorna och vad vindmöllornas läge i landskapet betydde för olycksrisken. Hypotesen att ljuden från rotorbladen attraherar fladdermöss testades, men experiment gav inget stöd åt det. Jagande fladdermöss var däremot tydligt attraherade av ansamlingar av insekter. Observationer med värmekamera vid vindkraftverk visade att fladdermöss flög mycket nära rotorbladen.

Vid ett tillfälle undersöktes marken under 160 vindkraftverk på Gotland, Öland, i Blekinge och Skåne. Resultatet blev 17 döda fladdermöss av sex arter och 33 döda fåglar av 17 arter. Ungefär hälften av fladdermössen tillhörde stationära arter, medan resten var flyttare. Alla tillhörde den grupp fladdermöss som huvudsakligen jagar i fritt luftrum. Nästan en tredjedel av fåglarna var tornseglare och svalor, arter som, liksom fladdermössen, jagar flygande insekter.

En lösning på detta problem kan vara att modifiera vindkraftverken så att de minskar attraktionen på insekterna.

Undersökningen gällde landbaserade vindkraftverk, men eftersom samma typ av

insekter också finns i bräckt vatten, kan samma risker även gälla de havsbaserade vindkraftverken i Östersjön.

Vindkraftverkens läge i landskapet visade sig vara helt avgörande för olycksriskerna. Slutprojektrapporten ger rekommendationer om vilka undersökningar som bör föregå beslut om var vindkraftverk bör placeras.

Fortsatt forskning föreslås om fladdermössens förflyttning, flygvägar, ansamlingar och platser längs kusterna där utsträck sker. Vidare behövs bättre kunskaper om läget av de kritiska områdena för den stationära fladdermusfaunan

Projektrapporter:

Ahlén, I. 2002. Fladdermöss och fåglar dödade av vindkraftverk. *Fauna och flora* 97:3: 14-22. [Summary: Bats and birds killed by wind power turbines]. [WindBatBird.pdf](#)

Ahlén, I. 2003. Vindkraftverk dödsfallor för fladdermöss. *Vindbladet*. Information från VindForsk. Nr. 41, sid 2. Vindkraftverk dödsfallor för fladdermöss.pdf

Ahlén, I. 2003. Vindkraftverk och fladdermöss – en pilotundersökning. Slutrapport till Energimyndigheten 2003-12-11. [Summary: Wind power and bats – a pilot study]. [WindBatSlutrapport.pdf](#)

Projektnamn: Kraftverkskonstruktioner i havet – en metod för att lokalt öka den biologiska mångfalden i Östersjön
Projektledare: Torleif Malm **Organisation:** Stockholms universitet
E-post: n.n@botan.su.se (ersätt n.n med torleif.malm) **Anslag:** 1 315 000 kronor

4.2 Vindkraftens påverkan på fastsittande djur och växter i havet

Det havsbaserade vindkraftverkens betongfundament skulle kunna fungera som konstgjorda rev för alger och djur som är anpassade för ett liv på hårda havsbottnar. Den hypotesen undersöks i ett projekt

I denna andra studie har två undersökningar genomförts, en experimentell och en fältinriktad. Experimentet startade i mitten av maj 2003, och har utförts utanför sydvästra Gotland i centrala Östersjön och utanför Hallands Väderö i södra Kattegatt. Dessa två platser har helt olika fysiska och biologiska betingelser med högre salthalt och tio gånger fler arter vid Hallands Väderö jämfört med Gotland

På testplatserna har betongelement, så kallade vägbarriärer, placerats ut på åtta meters djup. På varje barriär har plattor av olika sten och betongmaterial anbringats i vertikal och horisontal position. Syftet med experimentet är att studera om skillnader i material och lutning kan ge upphov till skillnader i artsammansättning hos det naturliga samhälle som etablerar sig på ytorna.

Experimentet kommer att löpa fram till oktober 2004 då samtliga plattor tas upp. Detaljerade undersökningar av plattorna kommer att ske vid det Danska miljöministeriets forskningsinstitution (DMU) i Roskilde. Där finns expertis på olika djurgrupper, bland andra hydroider och mossdjur, vilket gör att undersökningen blir mer detaljerad och noggrant utförd än vad som är normalt.

En fältinriktad studie genomfördes under augusti–september 2003 vid de två vindkraftsparkerna Utgrunden och Yttre Stengrund i Kalmarsund tillsammans med doktorand Dan Willhemsson. Båda dessa parker är placerade på stenrev, det vill säga hårdbotten. Prover togs på själva vindkraftsverkens stålrör samt på block på 1, 20 och 1000 meters avstånd från verken. Preliminära resultat visar att det på och närmast vindkraftverken tycks etablera sig ett samhälle som domineras av filtrerande musslor och havstulpaner medan mängden makroalger minskar kraftigt. Denna effekt kunde ses på Ölandsbron i en tidigare undersökning (Qvarford et al 2004) men är ännu mer tydlig på vindkraftverken.

Projektid har också använts för att fördjupa analysen kring hur vegetationen på havsbotten påverkats av kraftkabeldragningen från fastlandet till Yttre Stengrunds vindkraftspark i Blekinge. Resultaten visar att effekterna inte är mätbara, annat än precis intill kabeln och då bara på mjuka bottnar.

Projektrapport: Qvarfort, S. Kautsky, H. and Malm T. (2004) Development of fouling communities on vertical structure in the Baltic Sea. Submitted to Marine Ecology Progress series

Projektamn: Havsbaserade vindkraftverk som artificiella rev: effekter på fisk
Projektledare: Marcus Öhman **Organisation:** Stockholms universitet
E-post: n.n@zoologi.su.se (ersätt n.n med marcus.ohman) **Anslag:** 1 725 000 kronor

4.3 Fiskarna trivs runt vindkraftverken

Vindkraftfundamenten till havs fungerar även som artificiella rev, vilket gynnar fisklivet. Även musslor och havstulpaner trivs. Det visar undersökningar som bland annat gjorts med dykning och ekolod. Fiskarna tycks inte heller störas av bullret från vindkraftverken.

Sommaren 2003 utfördes en omfattande kvantitativ, ekologisk undersökning av vindkraftsparkerna Utgrunden och Yttre Stengrund i Kalmarsund av forskare vid Stockholms universitet. Studier utfördes även kring bropelare (Ölandsbron och Öresundsbron), kring fyrar och på hårdbottnar vid Kullen (Skåne).

Studien syftar till att jämföra sammansättningen av fisk och fastsittande organismer på och runt vindkraftverken med omgivande havsområden. Tre tekniker användes för att kartläggning livet kring fundamenten: dykning, ekolod och så kallad linjetaxering .

Ett delmål med projektet var att utveckla och standardisera metoder som går att använda för en kontinuerlig uppföljning av vindkraftsetableringens miljöeffekter. Projektgruppen arbetade fram en enkel och funktionell metod som visar en representativ bild av den marina faunan och floran

Resultaten från Kalmarsundstudien ska redovisas i en forskningsrapport i slutet av 2004. Preliminära data visar att vindkraftsverken till stor del fungerar som artificiella rev. På fundamenten växte ett tätt lager av musslor samt även havstulpaner. Längs fundamentens väggar påträffades tusentals fiskar, i huvudsak av arten sjustrålig smörbult. Ytterligare drygt tio fiskarter påträffades i anslutning till verken. Om man jämför mängden fisk kring verken med vad som finns i den öppna vattenmassan är det en tydlig reveffekt. Även på botten runt verken

var tätheten av fisk högre än vad den var längre ifrån eller i kontrollområdena. Dessutom påträffades olika alger, som växte på vindkraftverket och på botten, samt olika ryggradslösa djur.

I jämförelse med Ölandsbron verkar reveffekten var större vid ett kraftverk än vid en enskild bropelare vad gäller fisk, men detta återstår att kvantifieras mer i detalj. Kring Öresundsbrons pelare gav en kvalitativ bedömning att mängden fisk var större kring fundamenten och de stenar som var utplacerade på botten, jämfört med omgivande mjukbottnar. Dock måste det kvantifieras med linjetaxering för att kunna göra en detaljerad jämförelse. Många av arterna vid Öresundsbron fanns naturligt i Kullens hårdbottenmiljöer, men de skiljer sig från Kalmarsund främst på grund av skillnader i salthalt.

För att komplettera dykinventeringarna gjordes även en pilotstudie där ekolod användes i anslutning till kraftverken. Med ekolod kan även information samlas in om hur större stim och kommersiellt intressanta arter rör sig i anslutning till en vindkraftspark.

Eftersom reveffekten kan påverkas av ljud utfördes även en ljudstudie i laboratorium. Två fiskarter, som påträffats i anslutning till vindkraftsverk, exponerades för inspelat ljud från kraftverk i drift. Resultaten visade att den ljudnivå som finns i närheten till ett verk inte hade en effekt. Endast om ljudvolymen ökade till onaturligt höga nivåer blev fiskarna stressade.

Projektname: Vindkraft, individ, samhälle och landskap
Projektledare: Karin Hammarlund **Organisation:** Göteborgs universitet
E-post: n.n@hammarlundconsulting.com (ersätt n.n med karin) **Anslag:** 404 000 kronor

4.4 Dålig förankring hos närboende

För att få acceptans för vindkraften krävs att berörda personer informeras i ett tidigt skede. Undersökningar visar dock att endast ett minimum av de lagkrav som finns för samråd genomförs. Det är också otydligt hur tillståndshandlingen faktiskt ska gå till.

Projektet behandlar konsekvenserna av införandet av vindkraft. Människor som borde vara delaktiga i tillståndsprocessen tidigt, exempelvis närboende, känner ett utanförskap eftersom de krav, med blanketter och procedurer, som måste följas många gånger är alltför spretiga. Dessutom finns det brister i anvisningarna för tillståndsprocessen. Allt detta gör att acceptansen för vindkraft kan bli onödigt låg.

Projektet har undersökt hur det geografiska intresset för vindkraftetablering hos fastighetsägare och vindkraftentreprenörer gestaltar sig i landskapet. Genom att sammanställa hur intresset för vindkraftetablering fördelar sig över en geografisk yta (exempelvis genom sökta bygglov och en dialog med dominerande projektörer) tydliggörs en geografisk struktur.

Den skapar ett planeringsunderlag som beskriver det efterfrågade behovet av fysiskt utrymme för vindkraft. Underlaget kan också relateras till landskapets karaktär, den sociala acceptansen, konkurrerande markanvändningsintressen och intresseområden för kultur- och naturvård och på så sätt beskrivs vindkraftens framtida utvecklingspotential i ett område.

Olika alternativ kan sedan tas fram för att möjliggöra samordning mellan tillståndsgivandemyndigheters krav och restriktioner samt det marknadsmässiga trycket och konkurrensen om utrymme för vindkraft.

Ett grundläggande forskningsarbete har lagts ner på att finna positiva kopplingar mellan vindkraften och dess omgivning.

Detta för att tydliggöra behovet av att hela tiden hitta funktionella och inspirerande lösningar som motiverar människor att se positivt på vindkraftutvecklingen.

Forskningsarbetet i projektet visar att det är viktigt med lokalt ägande och engagemang för att öka acceptansen för vindkraftverk. Det gäller inte bara enstaka vindkraftanläggningar i mindre skala utan också större etableringar.

Projektrapporter och referenser:

(2002) Hammarlund, Karin Society and Wind Power In Sweden. (eds) Pasqualetti, Gipe & Righter. Academic Press, San Diego, pp 101-114.

(2002) Vindkraftplanering i en slättlandskommun, Exemplet Svalöv. Nationellt pilotprojekt för kunskapsuppbyggnad och metodutveckling. Energimyndigheten.

(2002) Den visuella störningsupplevelsen från vindkraftverk. I samarbete med Mellanrum landskapsarkitekter i: Vindkraft i Skåne- Analys och konsekvenser av olika scenarier.

(2002) Lokal förankring av vindkraftpolicy för Ängelholms kommun. I samarbete med Mellanrum landskapsarkitekter.

(2002) Wave energy in Europe: current status and perspectives. Renewable & Sustainable Energy Reviews 6, pp 405-431 I samarbete med SPOK Konsult, Danmark

(2003) Public Acceptance of Wave Energy. Proceedings from the 5th European Wave Energy Conference, University College Cork Ireland. I samarbete med SPOK Konsult, Danmark

Projektname: Havsbaserad vindkraft och socioekonomiska konsekvenser
Projektledare: Sanna Mels **Organisation:** Högskolan i Kalmar
E-post: n.n@hik.se (ersätt n.n med sanna.mels) **Anslag:** 130 000 kronor

4.5 Lyckad vindkraftetablering i Torsås

De havsbaserade vindkraftverken i Kalmarsund togs emot positivt i Torsås kommun. Det visar en studie som undersökt hur kommun och näringsliv påverkades av vindkraftetableringen. Resultatet är anmärkningsvärt eftersom reaktionerna oftast är de motsatta.

Studiens fokus ligger på hur de två vindkraftparkerna Utgrunden och Yttre Stengrund inverkade på näringslivet i Torsås kommun under perioden 1999–2003.

Den består av 32 intervjuer med personer i aktuella vindkraftföretag, näringsliv och kommun samt regionala myndigheter i Kalmar län.

Som näringslivsaktör påverkar vindkraftföretagen det lokala samhälle de verkar inom. I ett framtida samhällsperspektiv är det därför viktigt att vindkraften även blir ekonomiskt och socialt hållbar.

Torsås kommun utmärker sig både i ett svenskt och i ett internationellt sammanhang genom ett välkomnande mottagande av vindkraftverksamheten. Mot den bakgrunden utvecklas ett ”In My Back Yard”-begrepp.

Därigenom möjliggörs en diskussion kring betydelsen av det lokala mottagandet för hur verksamheten utvecklas och påverkar samhället. De socioekonomiska konsekvenserna som framträder indelas i tre kategorier:

- Ekonomiska och sysselsättningsmässiga konsekvenser, med en särskild belysning på inverkan på Bergkvara hamn.
- Nätverksrelaterade konsekvenser.
- Socialt och mentalt förankrade effekter.

Den mest intensiva inverkan upplevdes i kommunen under den period på hösten 2000 och våren 2001 då de två vindkraftparkerna etablerades. Då var också de ekonomiska och sysselsättningsmässiga konsekvenserna som tydligast. I näringslivet som helhet har dock inverkan varit begränsad.

Nätverksrelaterade och socialt och mentalt förankrade konsekvenser är inte mätbara, men förefaller ha en potential att i framtiden leda till en djupare inverkan. I förlängningen kan detta även påverka den lokala ekonomin. Sådana tendenser kommer till uttryck exempelvis genom arbetet inom Kalmar län med att utveckla ett kluster kring havsbaserad vindkraft, samt inverkan på kommunens platsidentitet och image.

Det verkar som om sammanhanget kring havsbaserad vindkraft i Torsås kommun har varit gynnsamt för klimatet inom näringslivet och för den lokala utvecklingen ur ett socioekonomiskt perspektiv.

Projektrapport:

Sanna Mels, Havsbaserad vindkraft och socioekonomiska konsekvenser, en studie i Torsås kommun 2003 Rapport från Handelshögskolan BBS, Högskolan i Kalmar.

Projektname: Vindkraftverkens miljöpåverkan – utvärdering av regelverk och bedömningsmetoder

Projektledare: Tore Wizelius **Organisation:** Högskolan på Gotland

4.6 Tillståndsprövningen granskas

Vindkraftverkens synlighet och skuggor från rotorbladen kan störa människor som bor i närheten. Projektet ska studera och utvärdera de beräkningsmodeller och bedömningsmetoder som används vid tillståndsprövning för etablering av vindkraftverk.

I projektet ska det utredas vilka metoder som används för bedömning av synlighet och skuggutbredning vid tillståndsprövning av vindkraftverk och utvärdera dem.

Under 2003 har bakgrundsmaterial gått igenom. De praktiska studier av befintliga vindkraftsanläggningars miljöpåverkan, som ska genomföras på Gotland under 2004, har planerats.

Efter dessa studier ska för- och nackdelar, med de metoder som finns tillgängliga, analyseras och utvärderas.

Projektets syfte är att förbättra tillförlitlighet och relevans för de beräkningsmodeller och bedömningsmetoder som används i samband med tillståndsprövning för vindkraftetablering.

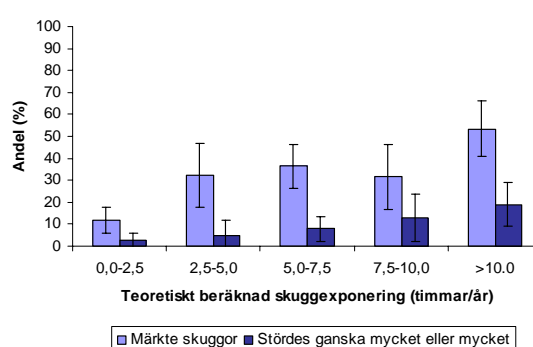
4.7 Så upplevs skuggorna från snurrorna

Människor som bor i närheten av vindkraftverk kan påverkas av buller och pulserande skuggor från rotorbladen.

Undersökningen visar att skuggor är ett mindre problem än buller, då färre människor i Sverige exponeras för skuggor från vindkraftverk

Projektets långsiktiga mål är att underlätta projekteringen av vindkraft genom att ta fram fakta om eventuella störningar. Under 2003 har påverkan av skuggor studerats. Dessutom har en fördjupad studie av hur människor upplever vindkraftverk utförts. Under vår och höst kan boendemiljön i närheten av ett vindkraftverk påverkas av blinkande skuggor. Skuggorna uppkommer när solen står bakom de roterande bladen på vindkraftverket. För att undersöka förekomst och störningsgrad användes den tidigare så kallade Laholmsstudien (Pedersen och Persson Weye 2002) där 356 personer svarat på en enkät med frågor om vindkraft. För varje svarande beräknades hur många timmar per år de teoretiskt utsattes för blinkande skuggor. Med teoretiskt menas att ingen hänsyn togs till att det är mulet ibland.

Ingen av dem som svarat på enkäten utsattes för 30 timmar teoretisk skuggtid om året, den gräns som är praxis vid miljöprövningar. Av dem som teoretiskt utsattes för mer än tio timmar blinkande skuggor per år märkte 53 procent av skuggorna. 19 procent var ganska mycket eller mycket störda. Det fanns ett signifikant samband mellan den teoretiska exponeringen av blinkande skuggor och störning av skuggor. Fördjupade analyser visade att skuggstörningen förklarades bättre av ljudnivåerna från vindkraftverken än av beräknad skuggexponering. Det verkar finnas en växelverkan mellan buller- och skuggstörning som behöver utredas närmare. Dessutom har under året fördjupade



Drygt hälften märkte skuggorna. Diagrammet visar andelen personer som märkte respektive stördes ganska mycket eller mycket av skuggor från vindkraftverk, relaterat till hur många timmar om året de teoretiskt utsattes för skuggor.

intervjuer utförts bland ett urval av boende inom den tidigare Laholmsstudien, för att ge oss bättre kunskap om vad det innebär att bo i närheten av vindkraftverk. Det framkom till exempel att ljud, skuggor och den roterande rörelsen från vindkraftverken uppfattades som ett intrång i boendemiljön, som i sin tur påverkades av vad man förväntade sig skulle finnas i landsbygdsmiljön. Resultaten från intervjuerna och från de tidigare studierna kommer att ligga till grund för projektets nästa fas där fler områden i Sverige undersöks

Mer läsning: Pedersen, E. and Persson Weye, K. (2003) Audio-visual reactions to wind turbines. Euronoise Naples 2003.

Projektname: Ljudspridning kring havsbaserade vindkraftverk
Projektledare: Mats Åbom **Organisation:** Kungliga tekniska högskolan (KTH), Stockholm
E-post: n.n@fkt.kth.se (ersätt n.n med matsa) **Anslag:** 600 000 kronor

4.8 Lågfrekvent buller från havsbaserad vindkraft

Ljud över vatten, speciellt i samband med vissa atmosfäriska betingelser, kan skapa oväntat höga bullernivåer även på stora avstånd. I detta projekt skall därför data för ljudtransmission uppmätas för att ge bättre underlag för att bedöma risk för störningar

Projektet är en fortsättning på ett licentiatarbete kring en beräkningsmodell för ljudutbredning. Denna modell visar att det finns skäl att oroa sig över bullerstörningar från storskalig havsbaserad vindkraft. För det första vid ljudutbredning över vatten erhålls ”ingen” dämpning. Över land erhålls däremot en avsevärd markdämpning särskilt för låga frekvenser. För det andra har vi en försumbar dämpning i atmosfären för låga frekvenser. För det tredje över Östersjön har det konstaterats meteorologiska fenomen (”low level jets”), som kan leda till en inneslutning av ljud och s.k. cylindrisk ljudspridning. Det sistnämnda innebär en avsevärd ökning av ljudnivån på långa avstånd (>5-8 km) jämfört med det normala (sfärisk spridning). Syftet med detta projekt är därför främst att

genomföra en större fältmätning för att kartlägga om och hur ofta detta fenomen uppträder. Denna fråga har stor betydelse för utbyggnaden av storskalig havsbaserad vindkraft. Rent vetenskapligt kommer projektet dels att söka validera Lisa Johanssons beräkningsmodell. Vidare kommer särskild mätmetodik att utvecklas (algoritmer för signalanalys samt högtalare + mikrofonarray), som möjliggör uppmätning av ljudtransmission på stora avstånd. Denna metodik i sig kommer att vara viktig om cylindrisk ljudutbredning förekommer frekvent. I en sådan situation är det nödvändigt att utveckla kontrollsystem som medger optimal kraftproduktionen med hänsyn till ljudimmissionen. De metoder som tas fram i projektet kan användas för att skapa just sådana kontrollsystem.

Projektrapport:

L Johansson: "Sound propagation around off-shore wind turbines. Long range parabolic equation calculations for baltic sea conditions". KTH, avd för byggnadsteknik, Bulletin 192, 2003 (Lic-avhandling).

Projektamn: Undersökning av orsakerna till konstaterade bullerstörningar kring vindkraftverk
Projektledare: Sten Ljunggren **Organisation:** Kungliga tekniska högskolan (KTH), Stockholm
E-post: n.n@byv.kth.se (ersätt n.n med sten.ljunggren) **Anslag:** 482 000 kronor

4.9 Riktvärden för buller kontrolleras

Riktlinjerna för vilken bullernivå som är tillåten från vindkraftverk kan behöva ses över. Vid hög vind kan exempelvis vindkraftbullret maskeras av den naturliga vindens brus. I detta projekt görs en närmare undersökning av riktvärdena för buller.

Projektets syfte är att hitta andra vägar att minska ljudstörningarna från vindkraftverken, än att skärpa dagens riktvärden för buller. Enligt en undersökning i Laholm, om hur människor upplevde ljudet från vindkraftverken, var oväntat många störda vid höga vindhastigheter.

Projektet går ut på att se över regelverket och hitta nya typer av gränsvärden som också tar hänsyn till höga och låga vindnivåer. Faktorer som kan spela in vid gränssättningen är maskering från naturliga ljudkällor, exempelvis vindsus från träd.

Projektet ska också kontrollera om resultatet i Laholmsundersökningen kan bero

på att ljudet har annan nivå eller karaktär än vad som förutsatts.

Orsaken skulle kunna vara att vissa vindkraftverk bullrar mer än vad tillverkarna uppgivit, att vissa avger ljud i form av rena toner eller att ljudnivån blir speciellt hög på grund av ljudreflexer från exempelvis husfasader. Det skulle betyda att störningarna är mindre allvarliga än vad som förutsatts, och att mindre ändringar i regelverket skulle kunna lösa problemet.

Projektrapport: O Fégeant: "Masking of wind turbine noise: Influence of wind turbulence on ambient noise fluctuations". KTH, avd för byggnadsteknik, arbetsrapport 2002:12.

Projektamn: Utarbetande av ett kompendium om ljud från vindkraftverk
Projektledare: Sten Ljunggren **Organisation:** Kungliga tekniska högskolan (KTH), Stockholm
E-post: n.n@byv.kth.se (ersätt n.n med sten.ljunggren) **Anslag:** 507 000 kronor

4.10 Kompendium om ljud

Ett kompendium om ljud från vindkraftverk är under produktion. Syftet är att ge vägledning vid etablering av nya vindkraftverk.

Projektet innebär utarbetande av ett nytt kompendium om ljud från vindkraftverk. Kompendiet kommer i första hand att vara inriktat på lokaliseringsfrågorna.

Det är framförallt tänkt att vara värdefullt för företag, som arbetar med etablering av nya vindkraftverk, för myndigheter och för allmänheten.

Projektamn: Maskering av ljud från vindkraftverk, etapp II
Projektledare: Mats Åbom **Organisation:** Kungliga tekniska högskolan (KTH), Stockholm
E-post: n.n@fkt.kth.se (ersätt n.n med matsa) **Anslag:** 1 625 000 kronor

4.11 Ny metod att simulera vindbrus i träd

Vindbrus från träd kan maskera bullret från vindkraftverken.

En förbättrad metod att datorsimulera trädens vindbrus skapas nu.

I projektet görs tester av hur människor faktiskt uppfattar det maskerade ljudet. Datormodellen ska i framtiden hjälpa beslutsfattare att placera vindkraftverken på lämpliga ställen.

Projektet är en fortsättning på ett tidigare projektarbete vid Kungliga tekniska högskolan (KTH), om möjligheterna att maskera buller från vindkraft med naturligt vindbrus.

Då utarbetades beräkningsmodeller för hur vindbrus alstras i vegetation, det vill säga träd och skogsdungar. De befintliga datormodellerna innehåller olika vegetationstyper (barrträd och lövträd) samt en modell för hur vindprofilen varierar över marken.

Det nya projektet startade under våren 2003. I första etappen förbättras de redan utvecklade modeller. Nya fältmätningar kommer också att göras för att erhålla bättre underlag för modellen.

I nästa skede kommer den förbättrade beräkningsmodellen att användas för att studera maskering av vindkraftsbuller.

Planen är också att testa hur människor uppfattar detta genom ett göra ett så kallat

psykoakustiskt test. Då simuleras vindbrus och vindkraftsbuller i en kontrollerad lyssnarmiljö och tester av maskeringen genomförs.

Detta ska sedan leda till en beräkningsmodell med vars hjälp möjligheterna att nyttja vegetation för att maskera vindkraftsbuller kan bedömas. När det gäller vindkraftsbullret kommer antingen inspelade signaler att nyttjas alternativt den källdatamodell som KTH tidigare utvecklat.

Referenser :

Olivier Fégeant (2001), Noise from Wind Turbines, KTH/BYTE 184.

Christine Lindblom (2002), Prediction code for wind turbine noise, M.Sc. thesis The Marcus Wallenberg Laboratory, KTH. TRITA-FKT 2002:15.

Lisa Johansson (2003), Sound propagation around off-shore wind turbines, KTH/BYTE 192.



5. Branschgemensamt program

– forskningssamarbete för framtida vindkraftetablering

Inom VindForskprogrammet bedrivs ett samarbete med Elforsk kring vindkraftfrågor. Elforsk är elbranschens forsknings- och utvecklingsbolag med syfte att rationalisera branschgemensam forskning och utveckling.

I VindForsks styrelse beslutas om ett ramanslag som sedan Elforsks styrelse fördelar mellan de projekt som man anser vara högst prioriterade. De summor som anges för varje projekt är projektets totala anslag varav VindForsk står för 47.3% och Elforsk står för resterande del.

Projektname: Driftuppföljning av vindkraftverk, Tillgänglighetsrapportering
Projektledare: Helena Andersson **Organisation:** Svensk energi
E-post: n.n@svenskenergi.se (ersätt n.n med helena.andersson) **Anslag:** 1 110 000 kr

5.1 Driftuppföljning av vindkraftverk

Inom projektet Driftuppföljning av vindkraftverk ska bland annat en ny databas med driftresultat från svenska vindkraftverk byggas upp. Ett system för rättvis tillgänglighetsrapportering ska också tas fram.

Driftuppföljning av vindkraftverk

Projektets mål är att genom att sammanställa och analysera driftresultat från svenska vindkraftaggregat få underlag för bedömningar av produktionsresultat, felkällor med mera.

Databasen ska dels ge generell information om produktion, tillgänglighet med mera, dels ska den kunna utnyttjas för bedömning och jämförelse mellan olika typer av

vindkraftaggregat. Större delen av datainsamlingen sker numera automatiskt.

Tillgänglighetsrapportering

Projektets mål är att få ett system som ger en rättvisande tillgänglighetsrapportering.

Kriterierna för tillgänglighetsrapportering i driftuppföljningssystemet kan tolkas på olika sätt. Ett entydigt system behöver därför tas fram.

Projektname: Gränssnitt för datakommunikation med vindkraftverk, Informationsstrukturer för styrning och övervakning
Projektledare: Helena Andersson **Organisation:** Svensk energi
E-post: n.n@svenskenergi.se (ersätt n.n med helena.andersson) **Anslag:** 605 000 kr

5.2 Fjärrkommunikation med vindkraftverk

Att koppla ihop flera vindkraftverk till en och samma dator är förenat med svårigheter. I projektet Fjärrkommunikation med vindkraftverk, görs bland annat försök med att få fram en enhetlig Europastandard för datakommunikationsgränssnitt.

Gränssnitt för datakommunikation med vindkraftverk

Projektets mål är att erhålla underlag för att kunna etablera en Europastandard för datakommunikationsgränssnitt för vindkraftverk.

Sammankoppling av flera olika vindkraftaggregat till samma dator är i dag förenat med svårigheter därför att enhetlig standard saknas. Inom ramen för projektet har man arbetat med att ta fram en kravspecifikation gemensamt med Elsam och Energy E2 i Danmark. Kravspecifikationen ska utgöra underlag för internationell standard. Projektet har fortsatt i form av ett standardiseringsprojekt som ingår i Vindforsks standardiseringsprogram.

Informationsstrukturer för styrning och övervakning

Projektets mål är att beskriva en generell informationsstruktur för en marknadsstyrd

drift av vindkraftverk med hänsyn till hur nya typer av vindturbiner kan användas för att förbättra kraftsystems prestanda. Strukturen ska omfatta den information som är nödvändig med hänsyn till framtida behov och krav för drift och övervakning av nya större vindkraftverk.

Genom att redovisa allmänna trender och idéer om framtida drift av vindkraft, förbereds det för framtida behov beträffande informationsstrukturer och gränssnitt vid marknadsstyrd drift av vindkraftverk. Nya tillämpningar av vindkraft kan förbättra kraftsystemets prestanda.

De existerande vindkraftverken i Sverige används i dag uteslutande för att generera största möjliga effekt. Denna situation kan ändras, till exempel där reglering av vindkraft kan konkurrera med reglering av övriga kraftslag. Med ett antal nya grepp beträffande drift av vindkraft kan framtida vindkraftverk komma att ha en annorlunda roll.

Projektname: Filter och smörjfett, Korrosionsskydd av havsbaserade vindkraftverk, Vindkraft i kallt klimat, 3G-utrustning i anslutning till vindkraftverk, Klassificerings- och beteckningssystem för vindkraftverk, Vindens energiinnehåll i framtiden
Projektledare: Helena Andersson **Organisation:** Svensk energi
E-post: n.n@svenskenergi.se (ersätt n.n med helena.andersson) **Anslag:** 762 000 kr

5.3 Drift och underhåll m.m.

Filter och smörjfett, rostskydd, iskastning och 3G-utrustning är några av de områden som utreds i olika projekt under rubriken Drift och underhåll.

Filter och smörjfett

Målet med denna kartläggning är att samla ihop aktuell information inom området fett och filter på vindkraften. Målet är dessutom att få reda på hur långt de olika tillverkarna har kommit med detta arbete och hur respektive tillverkares serviceorganisation arbetar.

Projektet fokuseras på frågor som kan ge ekonomiska fördelar för vindkraftägarna.

Detta kan vara:

- Förbättra möjligheterna att byta serviceentreprenör, eller att överta service i egen regi.
- Kontrollera att endast nödvändig service görs så att onödiga extrakostnader undviks.
- Rekommendationer för specifikationer vid upphandling.

Korrosionsskydd av havsbaserade vindkraftverk

Projektets mål är att utvärdera om rostskydden är tillräckliga på befintliga havsbaserade vindkraftverk i svenska vatten

eller om skyddsutformningen behöver justeras så att den passar svenska vatten.

Projektet genomförs av Korrosionsinstitutet med ledning dels av tidigare erfarenheter och dels efter besök och mätningar. Resultatet förväntas ge viktig information rörande tillförlitligheten hos rostskydden på befintliga havsbaserade vindkraftverk i Sverige, samt underlag för en framtida anvisning för utformning av rostskydden.

Vindkraft i kallt klimat

Projektets mål är att få underlag för bedömning av riskerna i samband med iskastning. Detta ska användas bland annat i samband med tillståndsansökningar.

Projektet avser följande delmoment:

- Kunskap om när påisning faktiskt förekommer.
- Iskastning – hur is lossnar och när det är risk för kringflygande is.
- Behovet av bladvärme, konkretiserat med en ekonomisk kalkyl som visar hur mycket el som förloras.

3G-utrustning i anslutning till vindkraftverk

Projektets mål är att belysa eventuella fördelar med att utnyttja vindkraftverken för 3G.

Projektet avser olika aspekter på att placera 3G-utrustning i anslutning till vindkraftverk. Detta med avseende vilken inverkan/påverkan antenner kan ha på vindkraftsutrustningen samt även vilken påverkan vindkraftsutrustningen kan ha på 3G-utrustning. Tekniska faktorer och ekonomiska fördelar för ägaren av vindkraftverk och mobiloperatören analyseras.

Klassificerings- och beteckningssystem för vindkraftverk

Projektets mål är att få en sammanställning av nuvarande klassificerings- och beteckningssystem som används av energiföretagen (för alla anläggningstyper) och vindkraftleverantörerna. Syftet är att senare initiera standardisering inom området.

Systemen jämförs med avseende på tillämpning, användningsområden, detaljeringsgrad, väsentliga skillnader med mera. För att se hur komponentbeteckningar och klassning kan knytas till underhåll och felrapportering görs en genomgång av kommersiell programvara för underhållssystem och de felrapporteringssystem för vindkraft som finns i Sverige, Danmark och Tyskland.

Mot denna bakgrund specificeras kraven på en kodstruktur som tillräckligt väl beskriver vindkraftsystemen. Baserat på resultatet föreslås hur en gemensam standard bäst ska kunna etableras, eller hur befintlig standard bäst utnyttjas.

Vindens energiinnehåll i framtiden

Projektets mål är att förklara varför vindenergiinnehållet enligt tillgänglig statistik minskar.

Projektet utreds av Meteorologiska institutionen vid Uppsala institut (MIUU).

Projektname: Dynamiska modeller av vindfarmer, Framgångsrik elprojektering av vindkraftparker, Inventering av vindenergi prognos system
Projektledare: Helena Andersson **Organisation:** Svensk energi
E-post: n.n@svenskenergi.se (ersätt n.n med helena.andersson) **Anslag:** 888 000 kr

5.4 Samverkan mellan vindkraft och elnät

Under rubriken Samverkan mellan vindkraft och elnät samlas projekt som bland annat ska ta fram dynamiska beräkningsmodeller för vindkraftverk och göra en inventering av system för vindenergi prognoser.

Dynamiska modeller av vindfarmer

Projektets mål är att få tillgång till dynamiska beräkningsmodeller som kan användas för att bedöma elkraftsystemens dynamiska och transienta stabilitet.

Projektet avser att medverka i IEA Implementing Agreement on Wind Energy Research (Annex XXI) Dynamic models of wind farms for power system studies.

Framgångsrik elprojektering av vindkraftparker

Projektets mål är att analysera vilken nätåterverkan och påverkan stora vindkraftgrupper har på den dynamiska stabiliteten samt vilka anläggningstekniska krav som bör ställas vid anslutning av vindkraftgrupper. Målet är också att utforma en rekommendation som beskriver hela beräkningsprocessen för ett nätbolag vid en offertförfrågan om anslutning av vindkraft.

Inom projektet ska generella synpunkter och krav på utformningen av reläskydd i det anslutande nätet och reläskydden i de enskilda vindkraftaggregaten tas fram. Detta för att erhålla en hög säkerhet och goda skyddsfunktioner, nätåterverkan och elkvaliteten från en vindkraftgrupp. En beskrivning av krav på dynamiska modeller för vindkraftaggregat och anslutande nät vid dynamiska studier ska också göras.

Nätnyttomodellens inverkan på vindkraft

Målet är att klargöra hur nätnyttomodellen i nuvarande utformning kan påverka introduktion av vindkraft. Enligt den nya ellagen får nätföretagen ta ut en skälig nätavgift i förhållande till den prestation de utför. Nätmyndigheten bedömer vad som är skälig nätavgift med hjälp av nätnyttomodellen.

Modellen påverkar planeringen av elnätet och nätföretagens syn på lokal produktion då nätbolagens verksamhet i framtiden bedöms utifrån nätnyttomodellens beräkningar av bolagens prestationer. I de flesta fall innebär introduktion av nya lokala produktionsanläggningar att nätbolagens prestation försämras enligt modellen. Detta kan inverka negativt på genomförandet av nya lokala produktionsanläggningar.

Inventering av vindenergi prognos system

Projektets mål är att få en uppfattning om vilka vindenergi prognos system som kan vara aktuella för svenska vindkraftägare och vilka egenskaper dessa har. Med vindenergi prognos system avses här modeller/program för att göra prognoser (vanligen för 24–48 timmar framåt) av vindenergi produktionen från specifika vindkraftverk.

Resultatet utgöres av en sammanställning av tillgängliga modeller, vilka som använder dem, erfarenheter och modellernas egenskaper, för/nackdelar och vilka parametrar som är viktiga att specificera.

Projektamn: Ljud i havet

Projektledare: Helena Andersson **Organisation:** Svensk energi

E-post: n.n@svenskenergi.se (ersätt n.n med helena.andersson) **Anslag:** 50 000 kr

5.5 Miljöfrågor

Hur uppfattar marina djur ljud från vindkraftverk och hur sprids dessa ljud i havet? Det är några av frågorna som ska få svar i detta miljöprojekt.

Ljud i havet

Målsättningen med projektet är följande;

- Att bedöma marina djurs möjlighet att uppfatta ljud från vindkraftverk.
- Att uppskatta ljudets spridning i havet.
- Att jämföra ljud från vindkraftverk med naturligt förekommande ljud i havet.

En vindkraftpark kommer att påverka havsmiljön under flera faser av en vindparks livstid. De olika stegen i parkens miljöpåverkan är parkens byggnad, drift och

avveckling. Alla kommer mer eller mindre att inverka på havsmiljön och marina organismer.

Projektet ska belysa hur de marina djuren kan uppfatta ljud från vindkraftverken under drift och jämföra dessa med de ljud som normalt uppkommer från annan marin verksamhet. Underlaget hämtas från vetenskapliga rapporter som behandlat ljudutbredning i havet samt mätningar av marina djurs ljuduppfattning.

