

## **Oplæg til**

# **Strategi for dansk vindenergiforskning**

## Udkast 1

Oplægget er udarbejdet i fællesskab af Energistyrelsen og de systemansvarlige for PSO-programmerne. Oplægget er lagt ud på denne web-side som vejledning for ansøgere ved udarbejdelsen af projektforslag på vindenergiområdet til de danske energiforsknings- og udviklingsprogrammer.

For at sikre, at den endelige forskningsstrategi afspejler både de erhvervmæssige som de samfundsmæssige behov og muligheder, er det hensigten, at oplægget skal danne baggrund for en bredere høring med deltagelse af alle interessehaverne.

Endelig vil der også blive tilføjet et bilag, der giver en oversigt over de spørgsmål, der har været stillet i de gennemførte interviews, samt svarene der er blevet afgivet.

## **Indhold**

<b>1. INDLEDNING</b>	<b>3</b>
<b>2. OVERORDNEDE POLITISKE MÅL</b>	<b>3</b>
<b>3. STATUS FOR VINDKRAFT OG VINDKRAFTFORSKNING</b>	<b>4</b>
<b>4. DE LANGSIGTEDE VISIONER, FORVENTNINGER OG UDFORDRINGER FOR DANSK VINDENERGI</b>	<b>7</b>
<b>5. OMRÅDER, HVOR DER ER PEGET PÅ BEHOV FOR MERE FORSKNING</b>	<b>9</b>
<b>6. VIGTIGSTE INDSATSOMRÅDER FOR DANSK VINDKRAFTFORSKNING</b>	<b>11</b>
<b>BILAG 1: ORGANISERING AF FORSKNINGSFINANSIERINGEN</b>	<b>13</b>
<b>BILAG 2: SAMMENFATNING AF INTERVIEW RUNDE BLANDT AKTØRER I INDUSTRIEN OM F&amp;U STRATEGI FOR VINDKRAFT</b>	<b>17</b>
<b>REFERENCER</b>	<b>29</b>

## 1. Indledning

Dette oplæg til strategi for dansk vindenergiforskning tager afsæt i de politiske mål for dansk energi-, klima-, og erhvervs politik.

Formålet med strategien er at understøtte prioriteringerne for dansk vindenergiforskning - primært for de offentlige programmer i regi af Økonomi- og Erhvervsministeriet (Energistyrelsen) og Videnskabsministeriet samt PSO-programmerne.

For at sikre at strategien afspejler brugernes behov, er der som led i udarbejdelsen gennemført en række interview med aktørerne inden for vindenergiområdet i Danmark. Der har således været gennemført interview med ca. 20 personer inden for: vindmøllefabrikkerne, elproducenter (vindmøllekunder og brugere), rådgivere, underleverandører samt finansielle virksomheder.

Interviewene har omhandlet 1) visioner for industrien på 10 til 15 års sigt, 2) brugernes ønsker til forskning, 3) brugernes ønsker til organiseringen af forskningen. Resultaterne fra disse interview er indgået på lige fod med andet materiale ved udarbejdelsen af strategien. Resultaterne har dog i særlig grad dannet grundlaget for afsnittet om behovene for forskningen.

Strategiarbejdet har endvidere trukket på den nye organisation Dansk Selskab for Vindenergi i forbindelse med fastlæggelse af de mere langsigtede visioner for dansk vindkraft og både Vindmølleindustrien og ”Dansk Forskningskonsortium for Vindenergi” (omtales senere) har bidraget til afsnittet om mål og indsatsområder.

I det nyligt afsluttede arbejde ”Grønt teknologisk fremsyn – om perspektivrige grønne teknologier med erhvervspotentiale” fra Ministeriet for Videnskab, Teknologi og Forskning peges der på fleksible energisystemer med øget vindkraft som et af fire fokusområder udvalgt blandt 69 teknologiske miljøløsninger<sup>1</sup>. Som et led i fremsynets arbejde er der opstillet en række anbefalinger for emner til videre detail-fremsyn. Oplægget til denne strategi omfatter de dele af det grønne teknologiske fremsyns anbefalinger, der vedrører selve vindenergiteknologien og dens indpasning i energisystemet.

## 2. Overordnede politiske mål

Politiske mål har været de drivende kræfter bag udbygningen med vindkraft, i Danmark såvel som i udlandet. De politiske mål, der ligger til grund for udbygningen med vindkraft i Danmark og dermed til grund for den offentlige vindenergiforskning, omfatter både energi-, klima-, forsknings- og erhvervspolitiske mål.

Regeringens energipolitiske vision er formuleret af Økonomi- og Erhvervsministeren i den Energipolitiske Redegørelse i maj 2003: *Regeringens energipolitik bygger på visionen om velfungerende energimarkeder underbygget af rammer, der sikrer høj forbruger- og miljøbeskyttelse, effektiv energianvendelse, afdæmpet udvikling i energipriserne og en høj forsyningsikkerhed på både kort og langt sigt*<sup>2</sup>.

I det seneste årti har specielt hensynet til en CO<sub>2</sub> neutral energiform stået centralt. Kyotomålene for reduktionen af CO<sub>2</sub> udledningen har sat dagsordenen internationalt. Efter 11. september og den efterfølgende ustabilitet i nogle af verdens vigtigste energiproducerende områder er forsyningsikker-

hed på kort og langt sigt kommet højere på den energipolitiske dagsorden. Herudover er vindkraftudbygningen påvirket af den stigende internationalisering og liberalisering af energimarkederne. Dette gælder både for Danmark, for EU og generelt internationalt.

For Danmark gælder endvidere erhvervspolitiske hensyn til dansk vindmølleindustri eksportmæssige og beskæftigelsesmæssige betydning. Vindmølleindustrien har udviklet sig til en videns- og eksporttung industri, der er i fortsat vækst. Vindmølleindustrien kan derfor bidrage til de politiske mål om økonomisk vækst og fortsat udvikling af velfærden i Danmark<sup>3</sup>. For at udvikle effektive energiteknologier herhjemme og i EU og for at imødekomme energibehovet på en hensigtsmæssig måde vil Regeringen jf. den energipolitiske redegørelse fremme stærke forskningsmiljøer og udviklingen af lovende nye løsninger på energiområdet. Undersøgelser i Økonomi- og Erhvervsministeriets regi har udpeget vindenergi som en af de mest betydende erhvervsklynger i Danmark og det ovenfor nævnte grønne teknologiske fremsyn i Videnskabsministeriets regi har udpeget øget udnyttelse af vindenergi som en af de mest perspektivrige og strategisk vigtige teknologier for dansk erhvervsliv.

De overordnede mål for dansk energiforskning er ligeledes formuleret af Økonomi- og Erhvervsministeren i den Energipolitiske Redegørelse i maj 2003: *"Regeringen lægger vægt på, at energiforskningen bidrager til at udvikle brugbare og miljøvenlige teknologier, der er tæt på at være konkurrence dygtige, når vi har brug for dem, fx for med tiden at kunne erstatte vores indenlandske olie- og gasproduktion"*. Endvidere hedder det samme sted: *"...strategien er at udnytte mulighederne for internationalt samarbejde og satse på udvalgte områder med særlige danske styrker og potentialer"*. Som det fremgår af det følgende afsnit er netop vindenergi et dansk styrkeområde.

### **3. Status for vindkraft og vindkraftforskning**

Ultimo 2002 var der i Danmark en samlet vindkraftkapacitet på ca. 2.940 MW. I 2002 blev der opstillet ca. 500 MW ny kapacitet, men samtidigt blev der nedtaget ca. 110 MW gamle møller. Vindkraft dækkede ca. 14 % af landets elforbrug i 2002 og omkring 20 % af Danmarks elforbrug vil kunne dækkes med den nuværende opstillede vindkraftkapacitet i et normalt vindår. Danmark har derfor sammen med de i størrelse og folketal sammenlignelige delstater Slesvig-Holsten (29 % af elforbruget 2002) og Mecklenburg-Vorpommeren (21 % af elforbruget) i Tyskland<sup>4</sup> og Galicien i Spanien, verdens største vindkraftpenetration. Vindkraft bidrager således væsentligt til nedsættelsen af afhængigheden af fossile brændsler. Størstedelen af den fremtidige udbygning i Danmark forventes at ske på havet, hvor potentialet er over 4000 MW. Der er desuden et potentiale i at udskifte mindre vindmøller med større og mere effektive.

Verdens samlede vindkraftkapacitet udgjorde ca. 31.000 MW ved udgangen af 2002. Heraf udgjorde tilvæksten i 2002 ca. 6.800 MW svarende til en vækst på 28 %. Vækstraten forventes af BTM Consult at være mellem 11 % og 24 % per år frem til 2007. Havvindmøller forventes at udgøre 22 % af det europæiske marked for vindmøller og 17 % af verdensmarkedet frem til 2007<sup>5</sup>.

Den samlede værdi af den danske afsætning i 2002 vurderes at være omkring 22 mia. kr. med en eksportandel på 88 %. Vindmøller udgør således en meget synlig del af Danmarks samlede eksport. Beskæftigelsen i sektoren, baseret på nøgletal fra Vindmølleindustrien, vurderes at være på omkring 21.000 personer<sup>6</sup>.

Der er derfor en betydelig erhvervspolitisk dimension i dansk vindkraft. I indledningen blev nævnt at "fleksible energisystemer med øget vindkraft" er et af fire fokusområder, der er udvalgt i det grønne teknologiske fremsyn fra Videnskabsministeriet. Denne udvælgelse er sket med henvisning til at området vurderes som særligt perspektivrigt og strategisk vigtigt for dansk erhvervsliv.

I en rapport fra Erhvervsfremmestyrelsen under Økonomi- og Erhvervsministeriet er "Vind" ligeledes udpeget som en af Danmarks mest betydelige erhvervsklynger<sup>7</sup>. Erhvervsklyngen består af tre dele:

- a) Vindmølle og vingefabrikanter. Vindmøllefabrikanter Vestas, NEG-Micon og Bonus dækker tilsammen omkring halvdelen af verdensmarkedet. Hertil kommer det delvist danskejede Nordex med 7 % af verdensmarkedet og verdens største vingeproducent LM-Glasfiber.
- b) Større komponentleverandører, mellemstore producenter af stålkomponenter, elektronik osv. Det er virksomheder som AVN Hydraulik, KK-Electronics, Svendborg Brakes, og Bladt Industries.
- c) Mindre underleverandører inden for metal og produktionsteknologi samt en lang række servicevirksomheder, der har specialiseret sig på området: rådgivende ingeniører og konsulentvirksomheder (Tech-wise, Energi- og Miljødata, Tripod, BTM Consult, m.v.), transportfirmaer, specialrederier, fagpresse (Windpower Monthly), finansielle virksomheder, klassifikationselskaber (DnV og Germanische Lloyd), osv.

Elselskaberne med Elsam og Energi E2 i spidsen er desuden centrale aktører, og desuden er andre selskaber i den danske energisektor også interessenter på vindenergiområdet.

Herudover trækker erhvervsklyngen på nogle forskningsmiljøer, som må betegnes som verdens førende videns- og forskningscentre inden for vindenergi. Disse er samlet i Dansk Forskningskon-sortium for Vindenergi og omfatter Forskningscenter Risø, Danmarks Tekniske Universitet, Aalborg Universitet og DHI-Institut for Vand og Miljø. En række andre institutioner bidrager betydeligt til uddannelse, test, standardisering og det generelle høje vidensniveau i vindenergiklyngen. Det gælder universiteterne og andre uddannelsesinstitutioner som HIH i Herning, GTS-systemet, osv.

Det gælder for hele erhvervsklyngen, at de fleste aktører virker internationalt.

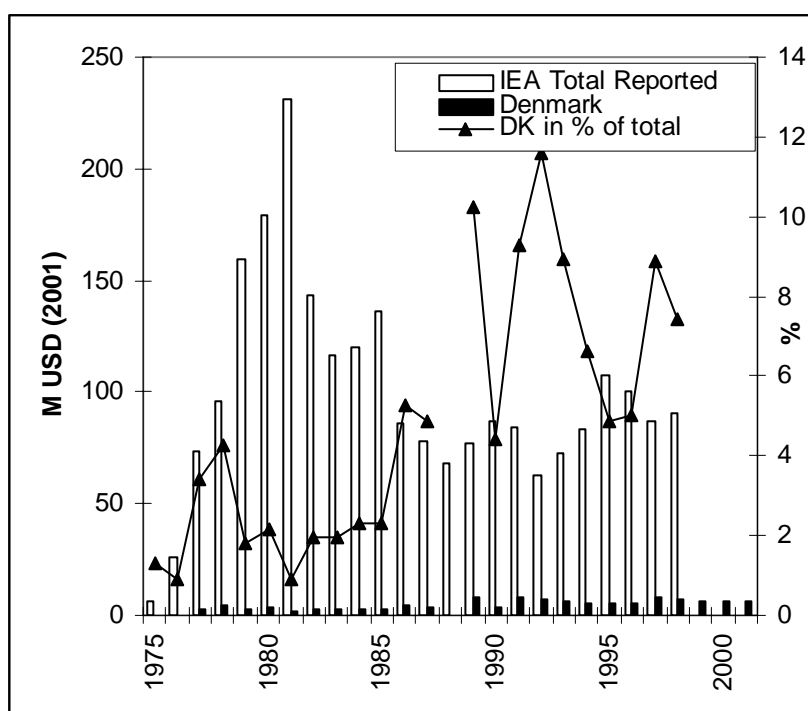
På nær tyske ENERCON, der producerer vindmøller med en langsomtgående direkte koblet generator, producerer alle andre fabrikanter vindmøller karakteriseret af aktivt stall eller pitch regulering, variabel rotorhastighed samt gearkasse mellem rotor og generator. Tyske og spanske virksomheder står stærkt og med GE's overtagelse af ENRONs vindaktiviteter er der skabt en ny teknologisk og kapitalstærk amerikansk konkurrent. De udenlandske konkurrenter er dog fortsat meget afhængige af deres respektive hjemmemarkeder.

Danske virksomheder har erhvervet sig en solid forspring med havplacerede vindmøller. Ved udgangen af 2002 var der opført 279 MW offshore vindkraftanlæg, og heraf stod de 233 i Danmark. Dette giver dansk industri en betydelig konkurrencefordel på verdensmarkedet efterfølgende. BTM Consults fremskrivninger for offshore vindkraft frem til 2007 forventer, at der da vil være omkring 4.700 MW offshore vindkraft installeret.

Omkostningerne for vindenergi er faldet støt over de sidste årtier. Industrien vurderer, at omkostningerne fortsat vil falde i de kommende år. Dette støttes af et nyligt afsluttet EU projekt, der peger på en omkostningsreduktion for vindenergi (målt i kr./kWh) på mellem 10% og 20% for hver gang

vindmølleindustrien fordobler den samlede producerede effekt<sup>8</sup>. Dansk vindmølleindustri samlede producerede vindmølleeffekt var ca. 10.000 MW ved udgangen af år 2000.

Mellem 1975 og 1998 (seneste opdaterede sammenlignelige tal) er der i alt på verdensplan anvendt 2,4 milliarder US Dollar (2001 prisniveau) på vindenergiforskning. Dette tal mangler dog bidrag fra et par lande samt for EU som et. Der findes ikke samlede og sammenlignelige tal for EU's vindenergiforskning. EU's bidrag vurderes dog at være lille i sammenligning med medlemslandenes nationale forskningsprogrammer. Dansk vindenergiforskning udgør en lille - men ikke ubetydelig - del af verdens samlede vindenergiforskning. Danmarks andel af verdens samlede vindenergiforskning har været omtrent 4 %. Niveaulet har dog siden slutningen af 1980'erne ligget på mellem 5 % og 10 %. Se figur 1. Herudover har dansk vindmølleindustri og de tilknyttede virksomheder en betydelig intern forsknings- og udviklingsindsats, som der ikke findes officielle data for.



Figur 1. Offentlige vindkraftrelaterede forsknings- og udviklingsudgifter i OECD/IEA landene sammenlignet med Danmark. Beløb i millioner UDS i 2001 prisniveau og kurser. Kilde IEA Energy Technology R&D Statistics. Online: <http://www.iea.org/stats/files/rd.htm>. Tal fra 1999 og frem er ikke opsummeret af IEA.

Den mest markante forskningsindsats i udlandet sker i USA ved NREL (National Renewable Energy Laboratory), i Tyskland (DEWI, ISET), i Holland (ECN, Delft Universitet og KEMA) og i Spanien (CNER).

Endelig bør det fremhæves, at dansk vindkraftforskning igennem årene har været tilrettelagt og gennemført i tæt dialog mellem offentlige myndigheder, forskningsverdenen og industrien. Denne tætte dialog har ikke i nær så vid udtrækning kendetegnet andre førende vindkraftnationer, og er en blandt flere væsentlige årsager til dansk vindkrafts succes. Formentlig spiller en stabil politisk opbakning en stærkere rolle end den faktiske størrelse af de årlige offentlige midler til FoU m.v.

Dansk vindkraftforskning står meget stærkt internationalt. Dette er bekræftet af flere internationale evalueringer. For eksempel Det Internationale Energiagenturs evaluering af Energiforskningsprogrammet 1992 – 1997.

Specielle styrkeområder er: Vindmølleaerodynamik, aeroelastisk dynamik, vindressourcer og vindatlas, last og sikkerhed, m.v. Desuden har dansk vindenergiforskning og de tilknyttede forskningsmiljøer bidraget afgørende til den internationale standardisering på vindenergiområdet.

#### **4. De langsigtede visioner, forventninger og udfordringer for dansk vindenergi**

Målet med dette afsnit er at opstille nogle langsigtede visioner for dansk vindenergi, samt herfra at udlede nogle af de væsentligste udfordringer for forskningen i de kommende år. I det omfang der ikke er tale om visioner men om mere sikre ”forventninger” anvendes dette ord i teksten.

Vindkraft forventes i 2003 at dække op imod 20 % af det danske elforbrug, og vindkraft er en af de billigste måder til at reducere de danske CO<sub>2</sub> emissioner. Der forventes derfor en fortsat udbygning med vindkraft i Danmark bl.a. i havplacerede vindmølleparker og i forbindelse med udskiftning af ældre og mindre møller på land. Tidligere undersøgelser har vist, at det er muligt at håndtere, at omkring halvdelen af den danske elforsyning kommer fra vindkraft<sup>9</sup>. De teknologiske og forskningsmæssige udfordringer er således at håndtere en betydelig udbygning af havplacerede vindmølleparker samt at håndtere effekt- og energibalancen i et sådant system med høj vindenergiandel; dvs. balancen mellem produktion og forbrug i driftsøjeblikket.

Forskellige internationale organisationer har opstillet forventninger og visioner for den fremtidige vindkraftudbygning. Det Internationale Energiagentur (IEA) har i sin World Energy Outlook 2002 øget sine tidligere meget beskedne forventninger til vindkraftudbygningen. I et Reference Scenario vurderer IEA således at der globalt er 55 GW vindkraft opstillet i 2010, 112 GW i 2020 og 195 GW i 2030.

World Energy Council (WEC) har opstillet to scenarier for 2020. Vindkraften i 2020 udgør i 185 GW i WECs Business as Usual Scenario og 480 GW i et Ecologically Driven scenario.

Den internationalt anerkendte brancheanalyse fra BTM Consult kommer i sin seneste vurdering frem til 83 GW i 2007 og 177 GW i 2012.

Og endelig har den europæiske vindenergisammenslutning (EWEA) sammen med Greenpeace anslået, at et internationalt potentiale for vindkraftudbygningen på 12 % af verdens elforbrug i år 2020. Det svarer til 1.231.000 MW mod ca. 31.000 MW ved udgangen af 2002.

Ud fra eksisterende planer og forventninger vurderer BTM Consult, at verdensmarkedet for vindmøller på kort sigt vil blive fordoblet fra omkring 7.000 MW/år i 2002 til 14.000 MW/år i 2008. Havmøller forventes heraf at udgøre 17 % af verdensmarkedet i denne tidshorisont – primært i Europa. Yderligere en fordobling af verdensmarkedet vil kunne forventes frem til 2015 – 2020. Danske virksomheder forventes fortsat at have 40 – 50 % af dette verdensmarked. Udfordringen er her at sikre at danske vindmøller er konkurrencedygtige på verdensmarkedet, og den væsentlige konkurrenceparameter er omkostningen af den elektricitet vindmøller producerer.

Den langsigtede vision er at halvere omkostningen pr. produceret kWh.

Dermed indeholder visionen også en erhvervspolitisk del; nemlig, at den danske erhvervsklynge omkring vindkraftindustrien har lige så stor samfundsmæssig betydning som flyindustrien og bilindustrien i andre lande. Derved vil det danske hjemmemarked spille en stadig mindre rolle og Europa eller EU vil være industriens naturlige hjemmemarked. Væksten i arbejdspladser i Danmark forventes ikke at følge udviklingen i markedet. Produktionen og specielt den løntunge del heraf forventes at blive udbygget nær markederne. De videnstunge og højt betalte arbejdspladser i denne fremtidige europæiske erhvervsklynge er dog fortsat i Danmark. Det betyder også, at andre internationale vindenergivirksomheder vil kunne placere dele af deres videnstunge aktiviteter i Danmark, da der er skabt de nødvendige generelle betingelser herfor: Forsknings- og uddannelsesmiljøer i verdensklasse, adgang til højt kvalificerede medarbejdere, stabil makro-økonomisk politik, integration i EUs indre marked, osv. Disse generelle forhold vil også styrke vækstbetingelserne for dansk vindmølleindustri. Og vindmølleindustrien vil i lighed med andre videns- og eksporttunge industrier kunne bidrage væsentligt til fremtidens velfærdssamfund og den generelle høje levestandard. Udfordringen er her at sikre et effektivt samarbejde mellem industri og forskning.

Fremtidens vindmøllekunder bliver højt professionelle energiselskaber som bygger store anlæg på land og offshore. Det vil ske som Turn-Key projekter med efterfølgende management. Developers i traditionel forstand vil dog fortsat være aktive i de traditionelle og modne markeder (som Tyskland, Spanien, osv.). Enkelt personer vurderes ikke at spille en rolle som kunder på fremtidens vindmøllemarked. På grund af de tidlige danske erfaringer med havmølleprojekter, er dansk baserede rådgivere og projektudviklere fortsat blandt de internationalt førende. De store danske elværksejere finder i fremtiden ligeledes en international niche i at planlægge, opføre og drive store vindmølleprojekter både på land og til havs.

Teknologisk set er fremtidens vindmølle et højteknologisk multi-regulerbart fleksibelt og adaptivt koncept tilpasset naturen i form og funktion, og den indgår i en bæredygtig livscyklus. Der forventes ikke at ske spring i den grundlæggende vindmølle teknologi, udviklingen vil fortsat ske inkrementelt. De teknologiske og forskningsmæssige udfordringer, der skal løses for at muliggøre dette omfatter felter som bedre forståelse af aerodynamiske forhold, af strukturdynamik, og af laster. Probabilistisk design og udviklingen af nye materialer er andre udfordringer.

Den generelle teknologiske og økonomiske udvikling for teknologier som superledere, supermagneter og kraftelektronik vil over tid påvirke vindmølle teknologien. Den langsigtede udfordring er her, at sikre at disse nye generiske teknologiske muligheder analyseres i forhold til anvendelse i vindenergisektoren

Fremstillingsteknologien er yderligere automatiseret og tilpasset de nye materialekombinationer og der er for alle komponenter indført en produktionskontrol, som sikrer at produktionsskader ikke er levetidsbegrænsende faktorer. Indkøb og logistik vil blive mærkbart forbedret. Disse teknologiske udfordringer må primært løses af industrien selv.

Møllernes størrelse er optimal i forhold til placeringen, indenfor en tidshorisont på 10-15 år forventes udviklingen indenfor vindmølle teknologi at deles i to spor:

- Fortsat optimering af de møller, der i dag er markedsdominerende (750 kW til 3 MW – måske op til 5 MW) til net-tilslutning på land - enkeltstående eller i parker.

- Udvikling af nye store multi-MW (5 – 10 MW) vindmøller til store off-shore vindparker eller markeder, hvor størrelse spiller en særlig rolle.

Mindre møller (<50 kW) kan komme til at spille en rolle i forbindelse med elektrificering af den del af verdens befolkning der i dag ikke har elektricitet og hvor udbygningen med elnet ikke er konkurrencedygtig eller hensigtsmæssig. Der kan således være en niche for stand-alone anlæg i kombination med f.eks. afsaltningsanlæg. Disse møllestørrelser og markeder vurderes at være mindre relevante for dansk vindkraftindustri og dermed for dansk forskning.

Fremtidens vindmøller skal have markant lavere vedligeholdelsesomkostninger. Dette er en betydelig teknologisk udfordring.

På mellemlangt sigt indgår vindkraft som en vigtig brik i det samlede Nordeuropæiske energisystem, hvor den, udover bæredygtighed, bidrager til en høj grad af forsyningsikkerhed på et økonomisk attraktivt grundlag. Møllerne er i fremtiden forbundet til et net med både decentral og central styring af for eksempel omdrejningshastighed og produktion for tilpasning til vind, net og markedsforhold og har kraftværksegenskaber (spændings- og frekvensstyring, medansvar for systemstabilitet mv.). En væsentlig udfordring er, at vindmøller og vindmølleparker fremover skal opfylde stadig flere krav til net og spændingskvalitet. En anden væsentlig udfordring er, at forbedre forudsigelser af vindenergiproduktionen.

Nye teknologier til energilagring og alternative energibærere (brint eller kulbrinte baserede systemer) vurderes at kunne få en rolle på langt sigt – efter 2020. Dette er et sæt af teknologiske og forskningsmæssige udfordringer, der i vid udstrækning ligger uden for denne strategis rammer. Samspillet mellem vindmøller og disse nye teknologier vil dog være indenfor strategiens rammer.

Den langsigtede vision for dansk vindkraft er altså:

- ren energi til konkurrencedygtige priser,
- teknologisk avancerede løsninger samt
- en videns- og eksporttung vindenergiindustri, der bidrager væsentligt til fremtidens velfærdssamfund og landets høje levestandard generelt.

## **5. Områder, hvor der er peget på behov for mere forskning**

Dette afsnit gengiver fabrikanter og andre aktørers ønsker til dansk vindenergiforskning. De spidskompetencer, som brugerne af dansk vindenergiforskning ønsker styrket er følgende:

Forudsigelser af vindenergiproduktionen. Der er behov for øget kendskab til vinden på specifikke sites - og for udvikling af bedre metoder hertil. Forbedrede park-modeller for park lay-out er nødvendige. De der laver vindmølleparker efterspørger bedre/sikrere modeller for beregning af en vindmølleparks elproduktionsydelse.

Aerodynamisk grundforskning. På området CFD-beregninger (virtuel vindtunnel) har Danmark en suveræn front position. Det er behov for at resultaterne omsættes til beregningsmodeller og værktøjer, som industrien kan arbejde videre med på egne produkter. Profiludvikling også et vigtigt område.

Struktur-dynamik. Der er behov for forbedring af beregningskoder; bl.a. ved sammenkobling af designkoder for vind og bølge/havstrømslastmodeller med henblik på at kunne regne på hel havplaceret vindmøllekonstruktion. Ligeledes er der behov for forskning med henblik på simulering af vind og laster på komplekst terræn/sites.

Probabilistisk design. Der er behov for øget anvendelse af probalistiske designmetoder for optimering af møllerne.

Kompetence vedr. møllen som system. Der er behov for øget kompetence på de elektriske systemer og kraftelektronik. På netområdet (dynamik og samspil) vurderer brugerne, at indsatsen i Danmark er bagud for eks. Tyskland. Transformerproblemer hos alle møllefabrikater angives som et udtryk for den manglende kompetence. F&U vedrørende nye generatorprincipper som overflødig gør slæberingsoverførsel af strøm.

Dynamikken mellem mølle og net. Der er behov for øget viden om dynamikken mellem net og møller. Det er specielt vigtigt for at kunne øget penetration og opnå bedre driftssikkerhed for både møllerne og elsystemet. Udforskning af dynamikken mellem rotor og resten af møllen kræver en større indsats - aktualiseret af de stadig større rotorser. Der nævnes endvidere behov for at undersøge skalerings effekter.

Laster og materialer. Grundlæggende viden om laster og materialer er vigtig og det samme gælder kompetencer med hensyn til designverifikation og godkendelse. Øget opmærksomhed omkring certificering af møller. Der angives behov for at undersøge laster i forhold til specielle klimaforhold (arktiske m.fl.) forud for en evt. større introduktion på disse markeder.

Et væsentligt behov findes i forbindelse med international standardisering. Et højt kvalitetsniveau - og kontante krav - opfattes som en fordel for den danske vindindustri. I industrien er der bred enighed om vigtigheden af en væsentlig dansk indsats på international standardisering p.g.a. den tyngde dansk vindindustri har. Industrien finder det vigtigt, at der ydes midler til dansk deltagelse og medvirken omkring standardiseringsarbejde. Industrien savner endvidere en større gennemsigtighed mht. lovgivning og godkendelser på de forskellige markeder. Der er angivet et behov for en indsats for afdækning af disse forhold.

Af hensyn til havplacerede vindmøllers konkurrencedygtighed er der behov for F&U vedrørende fundamenter (også på dybder > 15 m) og vedrørende driftsvilkår for havplacerede vindmøller.

Der er fortsat behov for F&U vedrørende nye og bedre vingematerialer (kompositter). Anvendelse af naturfibre vil næppe komme uden offentlig støttet F&U indsats. Også nye materialemix i eksisterende kompositter vil kræve offentligt finansieret F&U.

Der er behov for forskning, der understøtter forbedret pålidelighed og mindsker serviceomkostningerne over møllens levetid. Overfladebehandling og korrosions beskyttelse nævnes som et område hvor der bliver brug for indsats om ikke før så når livstidsforlængelse af eksisterende offshore anlæg tager til. Udstyr til offshore drifts- og vedligeholdelsesopgaver vil ofte have karakter af produktudvikling af praktiske løsninger, som derfor ikke er forskning, men som alligevel indeholder et stort risikoelement for en rådgiver eller mindre offshore entreprenør og derfor kalder på medfinansiering af udviklingsomkostninger.

Der angives endelig behov for generel forskning, der understøtter de specielle forhold vindmølleindustrien har vedrørende produktion, logistik og opstilling. Dette gælder både for landplacerede og havplacerede vindmøller.

Af forskningsbehov rettet mod underleverandører nævnes to typer: dels områder hvor underleverandørkompetencen ligger i Danmark (som vinger, bremser, mv.), og dels områder hvor komponenter kommer udefra (som gear, generatorer, mv.). I det først tilfælde er der behov for dansk forskning og udvikling i det andet tilfælde er der behov for F&U vedrørende disse komponenters samspil med vindmøllen i øvrigt samt specifikke S&V aspekter.

En række brugere har endvidere peget på en række aktiviteter, der skal til for at fastholde dansk vindindustriens udviklingsaktiviteter i Danmark. Der peges der for det første på muligheder for afprøvning af nye prototyper samt et vist hjemmemarked for kommercielle vindmøller i Danmark. For det andet peges der på den selvforstærkende effekt, at der i Danmark eksisterer et samlet netværk bestående af vindmøllefabrikanter, underleverandører, rådgivende virksomheder, forsknings- og udviklingsinstitutioner, universiteter, uddannelsesaktivitet rettet mod industriens behov. Det er grundlaget for opretholdelse af førerpositionen globalt og udfordringen er at sikre at dette samspil forløbet så effektivt som muligt.

Blandt mange øvrige områder er der bred enighed om et øget behov for:

- Grundige og veldokumenterede undersøgelser af vindkraft økonomi og miljøfordele sammenlignet med andre elproduktionsformer, samt at disse resultater formidles bredt
- Afdækning af samspillet mellem vindkraftbidraget og elsystemet - altså forsyningsmæssigt/økonomisk. Formålet skulle være at kunne håndtere en høj penetration af vindkraft i systemet.
- På offshore vindkraftområdet er der en bekymring for tilstrækkelige kompetencer hos de danske rådgivere. Altså et behov for stimulering af en sådan kompetenceopbygning.

Ud over de ovennævnte, direkte vindenergi-relaterede forskningsemner har ”Det grønne teknologiske fremsyn” udarbejdet anbefalinger om udvikling og undersøgelser, der kan være af betydning for vindenergien. Disse anbefalinger, som p.t. ikke er omfattet af nærværende strategi, omfatter:

- Systemer til regulering af el- og varmeproduktion
- Udvikling af el-lagre og brintteknologi på længere sigt
- Viden om systemer til overordnet regulering af energiforsyning
- Udnyttelse af Joint Implementation og Clean Development Mechanisms, f. eks. ved eksport af vindmøller
- Undersøgelse af hvilke aktører der på grundlag af lovgivningsmæssige tiltag kan stå i spidsen for udviklingen af et fleksibelt el- og varmeforsyningsystem.
- Vurdering af muligheden og konsekvensen for tilskud til brintforskning.
- Revurdering af tilskud og prisdannelse for vindenergi.

## **6. Vigtigste indsatsområder for dansk vindkraftforskning**

I der følgende er anført de vigtigste indsatsområderne, der foreslås medtaget på kort sigt (3 – 7 år) og på længere sigt (5 – 15 år).

For den kortsigtede forskning (3 – 7 år):

- Omkostningsreduktion: Designmetoder ved opskalering. Last og sikkerhed; herunder probabilistisk design. Materialer. Komponentudvikling - effektelektronik, mekaniske og elektriske komponenter.
- Havvindmøller: Last og sikkerhed. Overvågning og vedligeholdelsesstrategier. Fundering også på dybder over 15 meter. Møllernes dynamiske opførsel. Havmøllers indvirkning på miljøet.
- Indpasning af vindkraft: Forudsigelse af vindenergiproduktionen. Regulering og transmission af produktion fra større vindmølleparker. Modeller og metoder for samspil med andre elproduktionsenheder og elmarkeder.
- Mindskelse og forbedret dokumentation af miljøeffekter: Miljøforhold vedrørende vindmøller og specielt havmøllers effekt på miljøet. Genanvendelse af vindmøller og komponenter.
- Teknologiudvikling og erfaringsopsamling: Værktøjer til levetidsvurdering af komponenter og materialer. Erfaringsopsamling fra havmølleprogrammet.
- Vindmølleøkonomi: Metodeudvikling for sammenligning af vindmøllers økonomi i forhold til andre energiteknologier.

Indsatsområderne under den langsigtede forskning (5 – 15 år) er følgende:

- Videnopbygning på internationalt niveau inden for vindenergiens teknisk-videnskabelige nøgleområder, modeller og metoder, således at udviklingsværktøjer er til rådighed for industriens produktudvikling. Indsatsområderne omfatter: Grænselagsmeteorologi, aerodynamik/-elasticitet, dynamik samt materialer.
- Reduktion af omkostningen ved anvendelsen af vindenergi, forstået som omkostningen ved konvertering af en given vindressource til el eller anden energibærer i forhold til dagens standard. Indsatsområderne omfatter: Evolution af eksisterende teknologi. Nye vindmøllekoncepter.
- Forbedre de tekniske forudsætninger for en omkostningseffektiv global udnyttelse. Indsatsområderne omfatter: Ekspertsystemer til opstillingsforhold globalt.
- Øge energiforsynings muligheder for at indpasse vindenergien. Indsatsområderne omfatter: Indpasning med mikro-kraftvarmesystemer. Anvendelse af lagerteknologier. Stand-alone og hybrid systemer.
- Analyser af at nye generiske teknologiske og videnskabelige muligheder i forhold til anvendelse i vindenergisektoren.
- Reduktion af vindmøllers indvirkning på miljøet.

## Bilag 1: Organisering af forskningsfinansieringen

Der eksisterer i dag en række muligheder for støtte til forskning, udvikling og demonstration på området vindenergi. For de danske programmets vedkommende er der tre, der specifikt omtaler vindenergi; EFP, PSO samt Videnskabsministeriets strategiske pulje (se iøvrigt [www.energiforskning.dk](http://www.energiforskning.dk)). Herudover findes andre relevante offentlige virkemidler indenfor forskning, teknologi, innovation og uddannelse. Endelig omtales til sidst de tre internationale programmer under EU, Nordisk Råd og Det Internationale Energiagentur.

### *Danske programmer*

De tre programmer, der specifikt nævner vindenergi, er:

#### Energiforskningsprogrammet (EFP) under Økonomi- og Erhvervsministeriet:

EFP yder tilskud til projekter, som kan bidrage til målsætningerne om en sikker, billig og miljøvenlig energiforsyning og en effektiv anvendelse af energi. Endvidere lægges vægt på projekter, der kan bidrage til den danske energisektors internationale konkurrenceevne. Nærmere oplysninger på <http://www.ens.dk>

Der lægges vægt på projekter, der kan bidrage til den teknologiske udvikling på lidt længere sigt og til at forstærke de danske forskningsmiljøer, idet det forudsættes, at vindmølleindustrien selv varetager den nødvendige produktudvikling på kortere sigt.

Der vil bl.a. blive lagt vægt på projekter, der med henblik på en omkostningsreduktion for næste generation vindmøller øger den grundlæggende viden om design, materialer, eltekniske forhold samt last- og sikkerhed. Endvidere vil der blive lagt vægt på projekter, der kan bidrage til en optimal vindenergiudnyttelse. Hvad angår projekter vedrørende forbedret samspil med andre produktionsformer mv. henvises til afsnittet vedrørende samfundsfaglige projekter.

Der lægges her særligt vægt på forskningsprojekter vedrørende:

- Omkostningsreduktion: Designmetoder ved opskalering. Last og sikkerhed. Materialer. Komponentudvikling - effektelektronik, mekaniske og elektriske komponenter. Fortsat evolutionær udvikling af eksisterende teknologi. Nye vindmøllekoncepter.
- Havmøller: Last og sikkerhed. Overvågning og vedligeholdelsesstrategier. Fundering. Møllernes dynamiske opførsel.
- Indpasning af vindkraft: Forudsigelse af vindenergiproduktionen.
- Langsigtet forskning vedrørende modeller, metoder og udviklingsværktøjer indenfor grænse-lagsmeteorologi, aerodynamik/-elasticitet, strukturel dynamik og materialer,
- Langsigtet forskning vedrørende eksperter-systemer til opstillingsforhold globalt, lagerteknologier, samt stand-alone og hybrid systemer.
- Miljøforhold vedrørende vindmøller. Genanvendelse af vindmøller og komponenter

Udover forskningsprojekter kan projekter af følgende typer opnå tilskud:

- Udredningsopgaver.
- Internationalt samarbejde dels i forbindelse med samarbejdsaftaler under IEA (Det Internationale Energi Agentur) og dels i forbindelse med international standardisering
- Formidlings- og dokumentationsopgaver

### PSO-programmet for miljøvenlige elproduktionsteknologier under Eltra og Elsam System (ellovens §29)

PSO yder støtte til anvendt forskning, udvikling, herunder demonstration, vedrørende miljøvenlige elproduktionsteknologier, herunder vindenergi. De systemansvarlige Eltra og Elkraft System udbyder og administrerer programmet. Nærmere oplysninger på <http://www.eltra.dk> og <http://www.elkraft-system.dk>

Der lægges her særligt vægt på projekter vedrørende

- Indpasning af vindkraft: Regulering og transmission af produktion fra større vindmølleparker, modeller og metoder for samspil med andre elproduktionsenheder, samspillet mellem møller og elsystem, herunder vindkraftanlægs muligheder for at bidrage til regulering og stabilitet, indpasning med mikro-kraftvarmesystemer.
- F&U i forbindelse med udnyttelse af måleresultater og erfaringer opnået i forbindelse med allerede igangsatte havmølleprojekter

Et tilsvarende program om "Effektiv anvendelse af el" under ELFOR har til formål at yde støtte til forskning, udvikling og demonstration vedrørende effektiv anvendelse af el. Dette program er ikke umiddelbart relevant for vindenergiområdet. Nærmere oplysninger på <http://www.elfor.dk>

### Demonstrationsprogrammet for havmøller – miljøundersøgelser

De systemansvarlige er i Systemansvarsbekendtgørelsens [BEK 444] § 19, stk. 2, pålagt at drage omsorg for gennemførelsen af miljøundersøgelser for demonstrationsprogrammet for havmøller, selv om dette ikke er omfattet af forpligtelserne i Elforsynings-lovens § 29. Undersøgelserne vedrører overvejende forhold relateret til fugle henholdsvis fisk.

### Videnskabsministeriets pulje for strategiske midler i 2003 inden for vedvarende energi - herunder bæredygtig energiproduktion.

Den strategiske satsning inden for "vedvarende energi" skal styrke vidensgrundlaget inden for området. Det er politisk besluttet, at der kan søges om støtte til danske forskningsinitiativer inden for områder, hvor der findes fagligt stærke forskningsmiljøer, herunder på områderne vindkraft, bioenergi, solceller, brændselsceller og energibesparende teknologier. Forskningen kan inddrage såvel tekniske, miljømæssige, sundhedsmæssige, samfundsmæssige, økonomiske og politiske aspekter. Midlerne vil blive uddelt til en række mindre forskningsprojekter samt 1-2 større projekter på op til ca. 15 mio. kr. til støtte af forskningsaktiviteter af større og tværgående karakter. Nærmere oplysninger: [http://www.forsk.dk/forskpro/strat\\_midl.htm](http://www.forsk.dk/forskpro/strat_midl.htm).

Fælles for de to projektyper gælder, at de

- kan søges på alle indsatsområder
- skal være baseret på en original forskningsidé eller et idékompleks, der vil kunne føre til relevante resultater på internationalt niveau
- skal være grundlagsskabende forskning og styrke vidensgrundlaget inden for vindenergi
- kan søges af såvel universiteter som sektorforskningsinstitutioner, og at offentlige og private virksomheder kan deltage
- ikke kan finansiere produktudvikling og demonstrationsprojekter

For forskningsprojekterne (0,5 – 3,0 mio. kr.) gælder, at

- aktiviteterne kan både udgøre et afgrænset, selvstændigt projekt eller en identificerbar del af et større projekt eller gruppe af projekter, f.eks. som led i et større forskningsprogram eller et forskningssamarbejde med andre forskningsinstitutioner og virksomheder. Der forudsættes i sidstnævnte konstellation væsentlig medfinansiering fra virksomheden og rådets tilskud går primært til de medvirkende forskningsinstitutioner.

For større og tværgående projekter (op til 15 mio. kr.) gælder, at de:

- organiseres som formaliserede tværgående netværk, fortrinsvis med deltagelse af institutioner, hvor forskningsmiljøer på tværs af fag og evt. videnskabelige hovedområder bidrager til at belyse samme problemkompleks fra flere sider.
- etableres med en entydig ledelse, hvor den daglige ledelse varetages af en internationalt anerkendt forsker, der er ansat ved en offentlig eller halvoffentlig forskningsinstitution
- forudsætter etablering af nye ph.d.-projekter samt indeholder finansieringsmuligheder for rekrutteringsstillinger.

Ansøgninger bør som hovedregel kun indsendes til ét af disse tre programmer.

Videnskabsministeriet oplyser, at der vil ske en "screening" af de modtagne ansøgninger for hurtigt at vurdere, om der er modtaget ansøgninger, der er mere relevante for én af de øvrige ordninger; samt at der vil ske en løbende koordinering under behandlingen af ansøgninger.

Udover de ovennævnte tre programmer findes to forsknings- og innovationspolitiske virkemidler, der ikke direkte sigter mod vindkraft, men hvis rolle dog alligevel bør tages i betragtning.

Statens Teknisk-videnskabelige Forskningsråd (STVF) under Videnskabsministeriet. STVF støtter forskningsprojekter af høj videnskabelig kvalitet med et teknisk-videnskabeligt sigte. Støtten ydes til Ingeniørvidenskabelige Centre (IVC), Rammeprogrammer (RPG), Forskningsprojekter, Talentprojekter (TLP) og Forskningskonsortier. Desuden støtter STVF rejser, gæsteforskere og apparatur m.v. Nærmere oplysninger på: [http://www.forsk.dk/stvf/opslag/stvf\\_generelopslag.htm](http://www.forsk.dk/stvf/opslag/stvf_generelopslag.htm).

Innovationskonsortier under Videnskabsministeriets Råd for Teknologi og Innovation. Virkemidlet "Innovationskonsortier" er udarbejdet med henblik på at styrke samspillet mellem erhvervslivet og de offentlige vidensinstitutioner. Et innovationskonsortium er et konkret samarbejdsprojekt mellem virksomheder, forskningsinstitutioner og den teknologiske service. De deltagende parter skal i fællesskab udvikle nye teknologier, som tager afsæt i konkrete udviklingsbehov i det danske erhvervsliv. Innovationskonsortier giver bedre muligheder for små og mellemstore virksomheder og lægger større fokus på effekten og resultaterne, der genereres af de enkelte konsortier. Yderlige oplysninger: <http://www.innovationskonsortier.dk/>

Innovationskonsortier vil være en mulighed for udvikling af teknologier og viden blandt underleverandører og konsulentvirksomheder/rådgivere (f.eks. på områder som offshore-konstruktioner, gear, osv.).

*Internationale programmer*

De internationale programmer, der bør omtales her omfatter EU, Nordisk Energiforskningsprogram og IEA implementeringsaftale om Vindenergi.

EU's 6. rammeprogram og Traktatens artikel 169. Dansk vindenergiforskning og danske vindrelaterede virksomheder har i de to sidste rammeprogrammer (4. og 5.) haft betydelig succes med at tiltrække F&U finansiering fra EU.

Vindenergiforskning med en forholdsvis lang tidshorizont er imidlertid ikke et prioriteret tematisk område for de nye instrumenter (Integrated Projects (IP) og Networks of Excellence (NoE)) under EU's 6. rammeprogram. Kun i forbindelse med brugerorienterede demonstrationsprojekter (short and medium term) vil det være muligt at opnå støtte til vindenergi projekter, hvor de nye instrumenter benyttes ved gennemførelse af aktiviteterne

Vindenergi projekter har dog fortsat mulighed for at opnå støtte under de "gamle" instrumenter (herunder de traditionelle F&U projekter: Specific Targeted Research Projects - STREP), hvor vindenergi projekter konkurrerer med alle andre teknologi- og forskningsområder på energiområdet. Der er imidlertid kun afsat en begrænset del af de samlede midler til denne traditionelle projekttype. Det må derfor forudses, at dansk vindenergiforskning vil have færre muligheder for at tiltrække EU finansiering under 6. rammeprogram end under tidligere programmer. Dette kan eventuelt ændre sig i forbindelse med det fremtidige 7. rammeprogram.

EU Traktatens Artikel 169 om koordinering af nationale forskningsprogrammer er omtalt af Kommissionen på lige fod med de to nye instrumenter. Der sigtes her til koordinering af store nationale satsninger der ikke nødvendigvis ligger inden for rammeprogrammernes prioriterede områder. Kommissionen kan her yde støtte med af størrelsesordenen 10 M EUR og opefter. Artikel 169 kan muligvis finde anvendelse i form af en fælles koordinering af nationale forskningsprogrammer i de lande der har betydelige F&U programmer på vindenergiområdet: Tyskland, Holland, Danmark, osv. Der vil dog være tale om en ny og vanskelig politisk proces.

Nordisk Energiforskningsprogram. Danske forskningsmiljøer og virksomheder har mulighed for at deltage i projekter under Nordisk Energiforskningsprogram (NEFP). Vindenergi er imidlertid ikke et prioriteret område i NEFPs strategiplan 2002 – 2006, og der kan i øvrigt ikke søges om projektmidler før til næste strategiperiode fra 2007 og frem.

IEA. Danmark har deltaget i det Internationale Energiagenturs implementeringsaftale om vindenergi (IEA R&D Wind) siden etableringen i 1977. Dette internationale samarbejde yder ikke støtte til forskning og lignende men bygger på en koordinering af nationalt finansierede projekter på områder, hvor det er relevant. Danmark deltager for tiden i syv projekter i IEA regi, hvoraf et som projektleder (Operating Agent). Der vil fortsat være behov for dansk deltagelse i sådanne internationale projekter.

## **Bilag 2: Sammenfatning af interview runde blandt aktører i industrien om F&U Strategi for Vindkraft**

Sammenfatningen er baseret på svar fra en række interviews med vindmølleindustrien som fandt sted i juni-august 2003. Der var forud udpeget relevante virksomheder, som enten er hovedaktører i vindmølleindustrien eller er tidligere brugere af forsknings-/PSO midler. Interviewene er gennemført af BTM Consult

Følgende kategorier har deltaget i interview runden:

- 3 vindmøllefabrikanter
- 4 vindkraftbrugere/elproducenter
- 2 rådgivende ingeniørvirksomheder
- 2 underleverandørvirksomheder
- 2 virksomheder i den finansielle sektor (analytikere)

De fleste er interviewet ved fremmøde i virksomhederne. Nogle få interviews er gennemført pr. telefon, hvor spørgetemaet var fremsendt forud. I virksomhederne har typisk udviklingschef/teknisk direktør deltaget. Men også folk fra markedsføring og projektledelse har deltaget. I alt har omkring 20 personer medvirket. Alle deltager er lovet anonymitet.

Sammenfatningen efterfølgende er disponeret så den følger strukturen i spørgeskemaet (se appendiks). Spørgetemaet havde tre overordnede punkter:

- 1) Visioner for industrien på 10-15 års sigt.**
- 2) Hvad skal der forskes i?**
- 3) Organisering af forskningen.**

### **1. Visioner for industrien på 10 - 15 års sigt**

Interviewdeltagerne er blevet bedt om at give et bud på, hvor de mener vindmølleindustrien/-markedet er henne om 10 - 15 år mht. markeder teknik mv.

#### **1.1 Markeder**

På kort sigt vil markedet være præget af det kendte mønster: Europa som det største regionale område efterfulgt af USA og med vækst i visse OECD og Pacific markeder som Australien og Japan

På sigt gives følgende bud på udviklingen:

Der vil være et stort marked for udskiftning af vindmøller i Europa og Asien og Kina vil være store markeder. Derudover vil offshore markedet spille en større rolle i Europa, ofte i forbindelse med udskiftninger af tidligere opførte land installationer. En enkelt aktør vurderer en offshore vindkraftaktivitet i Nordeuropa af samme størrelsesorden, som den vi i dag kender fra olie/gas området i Nordsøen. Områder som Sydamerika og Indonesien vurderes som meget usikre af analytikere i finanssektoren.

*Generelt skønnes markederne at være overalt, hvor der efterspørges ny elkapacitet. Vindkraft er ofte fordelagtig prismæssigt, når det gælder opfyldelse af behov for VE-produktion af el. Manglende opfyldelse af Kyoto Protokollen's CO<sup>2</sup> reduktionskrav, betinget af USA og Ruslands medvirken, vil øge behovet.*

## **1.2 Kunderne fremover**

Der vil fortsat være både "private mølleejere" og energiselskaber/elværker som kunder. Vægten vil være meget forskellig afhængig af markedets modenhed og struktur. Langt de fleste af de adspurgte ser dog kundesegmentet "private mølleejere" som stærkt vigende. En tendens som allerede i dag kan iagttages.

Kunderne i fremtiden vil være overvejende større professionelle kunder, der bygger vindmølleparker/-kraftværker. Som nye kundetyper vil vi se investeringsselskaber, der skal have "penge i arbejde". Finansfolk peger på, at en vindmølle-investeringen karakteriseret ved mangeårige cash-flow burde være attraktivt for investorer. Mange fremtidige anlæg vil i højere grad blive turn-key projekter inkl. efterfølgende management, hvor ejer og operatør er den samme juridiske person - såkaldte BOOP-projekter

Den traditionelle developer, som laver et projekt og videresælger det, vil være i tilbagegang på de mere modne markeder.

*Sammenfattende vurderes det, at kunderne i højere grad bliver top-professionelle energiselskaber, herunder elselskaber som bygger større anlæg på land og offshore. Developers i traditionel forstand aftager specielt i de traditionelle og modne markeder. Kun få af de adspurgte levner den "privat ejede mølle" en plads i kunde porteføljen om 10 - 15 år.*

## **1.3 Fremtidige krav i forhold til elnettet**

Mølleteknologiens evne til at imødekomme dynamikken fra nettet forbedres løbende – men der er meget at hente i forhold til i dag. Større mølleparker skal kunne fungere som kraftværker - fuldt regulerbare fra systemoperatøren. Møller kan udgøre en vigtig forsyning i nettet bl.a. på grund af excellente reguleringsmuligheder. Ved fejl i systemet vil vindmøller via regulering bidrage positivt til systemets "overlevelse i drift".

De officielle netkrav til møllerne bør være mere ensartede end i dag, hvor landene har forskellige krav til vindmøllers netkompatibilitet. Den centrale elproduktion vil stadig være nødvendig. Balanceydelse i f.eks. Danmark vil komme fra flere leverandører end i dag (overvejende ELSAM og E2 Energi). Den større andel af vindkraft i systemet vil øge kravene til bedre vindforudsigelser (fra ca. 3 timer i dag til 12-36 timer).

DC-transmission af el vurderes at vinde frem i markedet. Rådighed af balancekraft vurderes varetaget centralt af systemoperatørerne. Udbredelsen af møller og forbedring af overordnede transmissionsnet vil udvande begrebet "national selvforsyning" til fordel for en mere overordnet selvforsyningsreference f.eks. Nordeuropa.

*Vindmøllerne vil have brug for nettet - et forbedret net. Møllerne spiller sammen med dynamikken i nettet og forbedrer systemets samlede reguleringsevne. Forudsigelse af vinden/elproduktionen er væsentligt forbedret i forhold til de ca. 3 timers sikker "forecast", som i dag er gældende. Møllerne opereres i princippet som centrale kraftværker.*

## 1.4 Miljøkrav

Generelt mener de fleste, at den alm. accept af møller er til stede. Man har så at sige vænnet sig til fænomenet. Vindmøllerne er blevet en integreret del af landets infrastruktur. Der vil dog fortsat være høje krav til dokumentation for effekter på omgivelserne. Dette forhold skal være i orden.

De miljøproblemer som kendes i dag som f.eks. støj og blink fra refleksion af sollys samt skyggekast etc. vil fortsat være de væsentligste suppleret med en øget lysætning på store møller.

VVM undersøgelserne vil være et generelt krav og blive mere omfattende.

Miljøproblemerne over møllens livscyklus vil få større opmærksomhed. Der vil allerede ved idriftsættelsen af en mølle være taget hånd om bortskaffelse og genanvendelse af restprodukter fra løbende drift og fremtidig nedtagning. Køber bærer ansvaret for dette, og det varetages specialiserede virksomheder via aftaler/forsikringer ol.

På land forventes der at blive grænser for højden af møller og dermed af kapaciteten for den enkelte mølle - max. 150 m og 3-4 MW.

*Miljøkravene til møllerne vil i princippet være som i dag, dog vil nye metoder forøge krav til dokumentationen af miljø-gener. Accepten af møllernes tilstedeværelse vil være udbredt. Grænsen for størrelser på land er ved at være nået i dag (2003). Der vil være øget fokus på miljøeffekter i livscyklussen - drift og bortskaffelse.*

## 1.5 Produktion og logistik

Produktionsteknologi flytter ud i markederne ikke alene pga. logistik, men også styret af adgang til/ønsker om lokal arbejdskraft og minimering af valuta risici. Produktionen placeres, hvor tyngden i markedet er. Denne trend er allerede stærk i dag. Dette betyder ikke mindst meget for de danske producenter, der har 85-90 % af deres afsætning på eksportmarkeder.

Eksisterende infrastruktur og transportsystemer vil sætte grænser for opstilling på land, og dette gælder i alle markeder. Søtransport løser mange problemer (- evt. luftskibe på sigt?) Derfor ses allerede nu at fabriksanlæg flytter til havneområder - f.eks. vingefabrikation.

Flytbare produktionsanlæg til f.eks. tårne/vinger vil være en løsning i områder, hvor der ikke forventes en kontinuerlig udbygning af vindkraft. Vinger delt i flere stykker og/eller færdigsamlet (slutproduceret!) på opstillingsstedet vil være sandsynligt.

Der forventes meget store gevinster at hente på indkøb af alle de mere traditionelle materialer som indkøbes. Der peges på indkøbsalliancer, som de kendes fra bilindustrien (*man skal huske at omkring 80 % af en mølles kostpris er indkøbt* - lyder udsagnet).

Offshore vindkraft vil have opbygget sin egen teknologi-plattform mht. udstyr for opstilling, service og drift.

*Sammenfattende vil den fremtidige produktion ske i de områder, hvor markederne er og af hensyn til logistiske forhold i havnemiljøer. Indkøbsalliancer får større betydning for branchen. Særlige offshore teknologier vil få øget betydning ved opstilling på havet.*

## 1. 6 Teknologisk udvikling/-udfordringer

### **Møllernes størrelse:**

Møllerne vurderes at blive større specielt for offshore anvendelse - op til 10 MW. Kendte størrelser fra 750 kW til 3 MW vil blive optimeret og vil stadig have et marked. En enkelt adspurgt tror på møller helt op til 20 MW i 2020.

*Der var overvejende bred enighed om at, markedet i fremtiden består hovedsegmenter: 5-10 MW til offshore og 2-3 MW på landjorden vil repræsentere tyngden i markedet.*

### **Øget pålidelighed**

Øget pålidelighed gennem designtiltag, præventiv service og udvidet fjernservice vil være krav til fremtidens møller. Allerede nu (2003) optræder f.eks. elselskaber som 2. gangs kunder og det øger fokus på levetidsomkostninger i stedet for blot at se på "laveste initial investering". Selvom overvågning /-servicering vil fremtiden øge pålidelighed og reducere fejlraten

### **Afprøvning hvordan?**

Afprøvning af f.eks. nye store 5-10 MW vindmøller vil blive en kæmpe udfordring. Dels med hensyn til pladser, dels omkostningerne forbundet hermed. Flere adspurgte rejser spørgsmålet: *Kan man dokumentere sig ud af det og bygge vindmølleparker baseret på produkt direkte fra tegnebordet?* (Som man f.eks. gør med skibe!). Offshore vindmøller vil sikkert blive testet på offshore test-faciliteter.

### **Nye koncepter?**

Selve konceptudviklingen forventes fortsat at foregå som generisk udvikling. Helt nye koncepter forventes ikke at "tager over" på kort tid. Den gear-løse med en mangepolet generator i møllen mener nogle er vejen frem. Der er imidlertid langtfra enighed i omkring dette. Specielt er vindmøllefabrikanterne skeptiske, men opretholder dog et viden beredskab på området. *Det overvejende er synspunktet at forbedring af de grundlæggende designkoncepter som de er i 2003, også vil være de som præger markedet om 10 - 15 år.*

Kravene til de tekniske løsninger i fremtiden vil være drevet af et ønske om at reducere strømprisen for en vindproduceret kWh med 3-5 % p.a. i en årrække fra nu af. Så længe superledere, supermagneter og passende kraftelektronik ikke er kommercielt tilgængelig vil udviklingen følge hovedsporet vi kender i dag, med øget viden om lastgrundlaget og deraf afledede optimeringer af komponenter.

*Sammenfattende er der en bred konsensus om, at møllerne bliver væsentlig større (5-10 MW), men at størrelserne som vi kender i dag, stadig vil efterspørges i nye optimerede udgaver. Om grundkoncepterne vi kender i dag vil ændres mht. dominans er et åbent spørgsmål, som primært afhænger af teknologiudvikling på områder som magneter, superledere og kraftelektronik. Der vil komme langt mere fokus på pålidelighed og reduktion af S&V omkostninger. Omkostningerne - kr./kWh - over livscyklussen bliver et afgørende konkurrenceparameter.*

## 2. Hvad skal der forskes i?

### 2.1 Hvilke spidskompetencer skal dansk vindkraft forskning satse på?

### **Aeroelastisk forskning**

Hovedparten af de aktiviteter, der i dag er omfattet af det aeroelastiske program, er relevante for fremtidig F&U indsats. Nogle giver udtryk for, at man i dag virkelig begynder at se resultaterne af den mangeårige indsats på Risø og DTU. Aerodynamisk grundforskning bør fortsættes. Men det er vigtigt at resultaterne omsættes til beregningsmodeller og værktøjer, som industrien kan arbejde videre med på egne produkter. Også profiludvikling er et meget væsentligt område.

### **Vindmøllen som system og vindkraft i samspil med elsystem**

Kompetence vedr. møllen som system er afgørende. Udforskning af dynamikken mellem rotor og resten af møllen kræver en større indsats - aktualiseret af de stadig større rotor. Opskalings effekter skal undersøges meget mere end tilfældet er i dag. Øget kompetence på de elektriske systemer og kraftelektronik efterspørges. Desuden bør nye generatorprincipper, som overflødig gør overførsel af strøm via slæberinge, udvikles.

På netområdet (dynamik og samspil) vurderes indsatsen i Danmark at være bagud i forhold til eks. Tyskland. Transformer problemer på alle møllefabrikater er udtryk for den manglende kompetence.

Øget viden om dynamikken er vigtig ved en større vindkraft andel for at forbedre driftsikkerhed for både møller og elsystem.

### **Laster, materialer og bedre beregningsmetoder**

Grundlæggende viden om laster og materialer vigtigt. Laster i forhold til specielle klimaforhold (arktiske m.fl.) bør gives en indsats forud for åbning af disse markeder.

Øget anvendelse af probalistiche design metoder er nødvendigt for at kunne optimere møllerne. På struktur-dynamik området er en forbedring af beregningskoder påkrævet.

### **Produktionsberegninger af vindforhold på en placering og i en park.**

Fortsat forbedring af beregningsmetoder energiudnyttelsen på en given placering. Alt for ofte er de eksisterende modeller ikke gode nok. Plus/minus 10 % er ikke godt nok. Simulering af vind og laster på komplicerede steder (komplex terræn) mangler stadig meget forskning. Forbedrede park-modeller for park lay-out er nødvendige, ikke mindst fordi vindmølleparker på havet bliver meget store i forhold til de hidtil kendte parker på land.

På området CFD-beregninger (virtuel vindtunnel) vurderes vi i Danmark at have en suveræn front-position, som bør udnyttes.

### **Uvildig 3.parts kontrol med nye møller**

Opretholdelse af kompetencer mht. designverifikation og godkendelse er afgørende. Det vurderes - fra brugerne - vigtigt med en 3.parts overvågning af design kvaliteten. Øget opmærksomhed omkring certificering af møller. Det vil næppe kunne støttes direkte via EFP/PSO midler, men er klart en bred offentlig interesse.

### **Offshore udfordringer**

Der er et behov for sammenkobling af designkoder for vind med bølge-/ havstrøm last modeller for derved at kunne regne på "hele offshore møllen", og det vil kræve en F&U indsats. Optimering af

fundamenter (også på dybder > 15 m) og driftsvilkår for offshore vindmøller vigtigt for øget en konkurrencedygtighed.

*De fleste af de ovenfor anførte områder vurderes som dansk vindkraft forsknings spidskompetencer, og for enkelte områders vedkommende er der tale om områder, som burde være blandt spidskompetencerne.*

*Sammenfattende er der bred enighed om at, den grundlæggende forskning under det aeroelastiske program skal videreføres, og resultatformidlingen til industrien effektiviseres. Fortsat forskning i forbedring af lastgrundlag og designkoder, som anvendes med det formål at optimere møllerne, er nøgleområder. Der er behov for en vedholdende og forstærket indsats vedrørende udarbejdelse af lastgrundlag og beregningsværktøjer for offshore vindmøller (hele møllen, fra top til fastgørelse i havbunden!)*

*Forskning i og forbedring af vindberegningværktøjer anses for meget væsentlige opgaver, både for at tilgodese mere nøjagtige produktionsestimater (gør projekter finansierbare!) og for at øge kundskabet til laster på møllerne i en specifik vindmøllepark og dermed kunne tilpasse design og service behov til de aktuelle forhold.*

*Forskning som vil understøtte en forbedret pålidelighed og minimere serviceomkostninger over møllens levetid bør prioriteres højere fremover, idet driftspålideligheden for vindmøllerne vil blive en stærk konkurrenceparameter fremover*

## **2.2 Hvad skal der til for at fastholde dansk vindmølleindustri udviklingsaktiviteter i Danmark?**

På dette spørgsmål findes svaret, i sagens natur, ikke kun som et svar på et spørgsmål om en indsats på en bestemt vindkraftrelateret forskningsdisciplin. Det er bredere, idet det berører hele vidensmiljøet på området og interaktioner mellem aktørerne, samt de fysiske/økonomiske rammer de har til deres rådighed og ikke mindst samspil mellem forskning og industri. De væsentligste svar på hvorledes vi fastholder udviklingsaktiviteter i Danmark er følgende:

### **Afprøvning af nye (store) møller**

Et vist minimum marked for afprøvning af nyeste teknologi. Mulighed for afprøvning af prototyper er alt afgørende for opretholdelse af udviklingskompetencen i Danmark. Eksempelvis er offshore udbygningen vigtig for opretholdelse af en dansk førerposition på området. Ligeledes er et hjemmemarked af en vis størrelse nødvendig. Både nye møller opstillet hjemme og møller testet på danske afprøvningsfaciliteter, er med til at sikre optimal "feedback" til designafdelingerne hos fabrikerne.

### **Det teknisk videnskabelige netværk i vindmøllesektoren**

Hele det netværk der er i den danske vindkraft sektor bestående af vindmøllefabrikanter, underleverandører, rådgivende virksomheder, forsknings- og udviklingsinstitutioner, universiteter og uddannelsesaktiviteter rettet mod industriens behov, udgør tilsammen grundlaget for opretholdelse af industriens førerposition globalt (og dens tilstedeværelse i Danmark). Dette "videns-system" er til en vis grad selvforstærkende, *men det skal fødes dels fra industrien (udførelse af opgaver lokalt) og fra offentlig forskningsmidler til grundlæggende forskning, ph.d. uddannelser m.v.)*

### **Offshore udbygning – en “driver” for udviklingen**

Offshore udbygningen i Danmark er vigtig for opbygningen af de kompetencer (hos mange andre end vindmølleproducenterne), som efterspørges, når det går løs offshore på engelske og tyske havområder og dette bliver på kort- til mellemlang sigt et betydende marked.

Vi er i front med udbygningen (som vi har været med Horns Rev og Rødsand), men der er behov for nye initiativer. Eksempler på offentlige initiativer som ville gøre en forskel: *Det offentlige stiller en offshore prøvefacilitet* (f.eks. i et af de udpegede områder) til rådighed for industrien. *Der bygges en super vindtunnelfacilitet* og etableres et F&U miljø i tilknytning hertil som basis for fortsat aerodynamisk forskning i Danmark.

### **Andre forhold som kunne påvirke vores position**

En bedre forståelse af hvorledes man fastholder en position på et nyt teknologiområde ville sikkert kunne opnås ved at se nærmere på, hvad der er sket i industrien for gasturbiner, hævdes det fra industri-analytikere.

En anden måde hvorpå en nation markerer sig i et forretningsområde er gennem afholdelse af væsentlige konferencer og udstillinger for sit forretningsområde. På det område er vi kørt helt bagud internationalt, når vi tager vores faktiske størrelse i branchen i betragtning. Det er i Tyskland og England den slags foregår i dag.

*Sammenfattende om dette spørgsmål, skal understreges, at de ovenfor nævnte tiltag, var der meget bred enighed om i interview kredsen. Altså: Muligheden for afprøvning af nye prototyper og udbygning med møller i Danmark i et tilstrækkeligt omfang, såvel på land som for næste generation af vindmøller offshore, er en afgørende forudsætning for opretholdelse af udviklingskompetencen i Danmark. Og dermed for opretholdelse af de netværk, som samlet set udgør den danske vindmøllekompetence og globale førerposition.*

*Det vil helt sikkert flade ud, hvis både prototypeafprøvning og kommerciel udbygning går i stå i Danmark. Den særlige situation vi har nu i Danmark med ca. 20 % vindkraft andel i elsystemet åbner mulighed for opbygning af helt nye kompetencer på systemniveau, som kan kommercialiseres i andre markeder, når disse når samme niveau for vindkraft andelen i deres systemer.*

## **2.3 Særlige forskningsområder der bør tages op af hensyn til underleverandører, rådgivere og developere**

### **Komponentudvikling**

Øget forskning på elektriske systemer og kraftelektronik efterspørges, men der er samtidig en bekymring for, at det bliver til komponentudvikling og dermed ikke forskning.

Forskning og udvikling i f.eks. gear og transmissionselementer har svært ved at blive udnyttet i fravær af en dansk industri på området. Det samme gælder udviklingen af generatorer til vindmøller. Undersøgelse af gear generator systemer, der udnytter de bedste egenskaber fra de to koncept yderpunkter (gearløs og fuldgear koncept) er et vigtigt område, men vanskeligt at placere i en forskningssammenhæng.

### **Offshore løsninger**

På offshore området efterspørger vindmøllefabrikanter ydelser og kompetencer, som ikke er tilfredsstillende fra dansk side i dag. Herunder bl.a.:

*Udstyr til offshore drifts- og vedligeholdelsesopgaver vil ofte have karakter af produktudvikling af praktiske løsninger, som derfor ikke er forskning, men som alligevel indeholder et stort risikoelement for en rådgiver eller mindre offshore entreprenør og derfor kalder på medfinansiering af udviklingsomkostninger. Der er behov for nye fundamentalsløsninger til offshore vindmøller, men der er ikke den tilstrækkelige kompetencerne hos danske rådgivere. Overfladebehandling og korrosionsbeskyttelse vil være et område, hvor der bliver brug for indsats, om ikke før så når livstidsforlængelse af eksisterende offshore anlæg tager til.*

### **Nye kompositmaterialer**

Nye og bedre vingematerialer (kompositter). Anvendelse af naturfibre vil næppe komme uden offentlig støttet F&U indsats. Også nye materiale-mix i eksisterende kompositter vil kræve en F&U støttet indsats.

### **Andre områder**

Sikkerhed omkring service og vedligeholdelse til søs kræver mere fokus, og det er nødvendigt med en offentlig (3.parts indsats), således at sikkerhedsniveauet ikke bliver et konkurrenceparameter.

Produktudvikling på overvågning og tilstandskontrol (styringsfabrikanter) efterspørgeres også.

*Sammenfattende konstateres, at der er behov for en F&U og/eller produktudviklingsindsats på en række vindmølle komponenter og for særligt udstyr til opstilling og drift af offshore vindmøller. Problemet med komponentudvikling på f.eks. gear/generator området er, at der ingen egentlig industriel produktion er i Danmark. Der er imidlertid behov for et beredskab/overvågning på området, således at danske vindmøllefabrikanter er klar til at udvikle nye koncepter, når teknologisk modenhed tilsiger, at det er nødvendigt. Endelig efterlyses kompetence på rådgiverside mht. fremtidige fundamentalsløsninger til offshore vindmøller.*

## **2.4 Særlige forskningsområder af betydning for: kunderne/vindmøllejerne i Danmark og for samfundet generelt.**

Udover de forskningsområder som knytter sig til design af møller, møllernes indpasning i elsystemet og undersøgelser af vindressourcer, er der en række tilgrænsende områder, hvor der kunne være behov for forskning. Sådanne områder er der også spurgt til. Mange af dem vil falde ind under det EFP område der tidligere hed "Energi & Samfund". Synspunkter der er kommet frem er bl.a.:

### **Økonomi - Miljøværdi - Systemanalyser**

Der er behov for *økonomiske analyser som værdisætter vindkraft* produceret el i forhold til anden traditionel elproduktion. Dette er ikke mindst nødvendigt af hensyn til politikerne, så de kan træffe beslutninger på et reelt grundlag. F.eks. en dansk opfølgning på ExterneE studiet fra EU. Der er behov for en *miljømæssig vurdering af vindkraft* sammenholdt med det, som fortrænges. Dvs. A-kraft, kulskraft og gaskraft, med fokus på emissionerne. Sammenlignende studier relateret til den måde elsystemet er sammensat på nu og i fremtiden.

Bedre analyser af *sammenhænge i det overordnede elsystem* efterspørges også. Der er også behov for undersøgelser omkring, hvorledes markedet reguleres bedst muligt for at opnå de ønskede effekter. Endelig skal LCA (Life Cycle Analysis) analyser løbende opfølges og forbedres.

Endelig anføres at der nu (efter etablering af Horns Rev, Samsø og Nysted) må være et grundlag for at *opdatere undersøgelser omkring havmølleøkonomi*.

Det understreges fra flere sider, at når de ønskede undersøgelser er gennemført, så er det vigtigt at de nye *informationer formidles til offentligheden og politikkerne*.

### **Særlige områder med relation til fremtidig udbygning**

Der blev blandt de interviewede fremført forslag til områder, som ikke nødvendigvis hører hjemme under et vindkraftprogram, men som alligevel vil være af betydning for udvikling og udbygning med vindkraft. Disse synspunkter var:

Undersøgelse af el-lagringsmuligheder – ”state of the art” på lagringsteknologier  
Vindkrafts samspil med nye teknologier som fuel cells og med brint produktion.  
Vindmøller evt. bidrag til radar interferens (noget som fabrikanter støder på i udlandet)  
Undersøgelse omkring trafiksystemer/infrastruktur understøtter logistikken for vindkraftudbygning

*Sammenfattende for ”særlige områder”, er der bred enighed om behovet for grundige og veldokumenterede undersøgelser af vindkraft økonomi og miljøfordele sammenlignet med andre elproduktionsformer, samt at disse resultater formidles bredt og pædagogisk til imødegåelse af dels alm. uvidenhed og dels fordomme og myter om vindkraft.*

*En anden type af analyser som efterspørges, er analyser, som afdækker samspillet mellem vindkraftbidraget og elsystemet - såvel forsyningsmæssigt som økonomisk. Formålet er at kunne takle en højandel af vindkraft i systemet. Også nye elproduktionsteknologier og konvertering-/lagringsteknologier, som vindkraft i fremtiden skal spille sammen med, er relevante forskningsområder*

## **3. Organisering af forskningen**

Formålet med spørgsmålene omkring organisering forskningen, har været at få input til, hvorledes man kan optimere samspillet mellem PSO, EFP og andre programmer, samt i hvilken udstrækning internationalt samarbejde har betydning for industrien.

De adspurgte har generelt ikke mange meninger om, hvad der skal støttes under den ene ordning i forhold til den anden. Det vigtigste for dem er, at de kan få et forskningsprojekt medfinansieret. Der er ikke nogen klar fornemmelse af de konkrete forskelle mellem, hvad EFP henholdsvis PSO kan bidrage til. Følgende synspunkter fremkom:

### **3.1 Samspil mellem PSO, EFP og STVF**

De fleste giver udtryk for, at de har svært ved at gennemskue, hvad der prioriteres i henholdsvis Øst (Elkraft System) og Vest (Eltra), samt hvorledes koordineringen med EFP foregår. Administrationen af ansøgningsproceduren opfattes som besværlig og overadmi-

nistret.

Nogle kan ikke forstå, at der overhovedet skal være to "kasser", og ville foretrække at man bare søgte et sted. Andre lægger vægt på, at der er muligheder for behandling af en ansøgning i to forskellige systemer. Altså er der ingen konsensus på det spørgsmål.

Alle de adspurgte så gerne, at både EFP og PSO havde løbende indkaldelser, i stedet for én årlig ansøgningsfrist.

Det tidligere UVE-program blev berørt af flere. Man erkender, at der ikke generelt er samme behov for støtte til produktudvikling, men der forekommer dog projekter fra mindre aktører (rådgivere og underleverandører), som er særdeles risikofyldte - uden at de har tilstrækkelig forskningshøjde. Sådanne projekter falder igennem det nuværende systems ordninger.

Ingen af de adspurgte havde noget kendskab til STVF i relation til vindkraft.

Endelig udtryktes en vis frustration over, at den offentlige forskning bygger på en så stor grad af projektbevillinger. (citater) "Når vi nu ved at RISØ skal have en væsentlig del af sine grundforskningsaktiviteter dækket ind, hvorfor så ikke gøre det til en basisbevillingen i stedet for at operere med, at de skal have 30 - 50 % af hvert års EFP midler. Det ville være nemmere for alle ansøgere".

*Sammenfattende er der ingen af de adspurgte, som giver præcise forslag til arbejdsdelingen mellem STVF, EFP og PSO. De fleste har den opfattelse at særligt afprøvning af nye møller, samspil med net og systemanalyser er oplagte "PSO-projekter", medens aerodynamik, vingematerialer, komponentanalyser, designværktøjer ol. betragtes som oplagte EFP projekter. STVF er der ingen, der kender noget til i vindforsknings sammenhæng.*

*Generelt er der et ønske om løbende indkaldelse i stedet for et årligt udbud.*

### **3.2 Behov for uddannelse**

Generelt var der tilfredshed med den uddannelses aktivitet som har betydning for industrien rekruttering af nye medarbejdere. Der fremkom følgende synspunkter:

Det vigtigste er, at der kommer ingeniører og kandidater, som er godt rustet på bredden omkring energiteknik og -økonomi. Forståelsen af de grundvidenskabelige forhold omkring energis tilstedeværelse, konverteringsmetoder, fysiske love og anvendelsesmuligheder. Man kan og skal ikke lave en specifik vindmølleuddannelse. (for bredt - mange discipliner). Vigtigt at vindmølle discipliner inddrages som f.eks. specialmoduler i Ingeniøruddannelserne. HIH Vind i Herning fremhæves som et godt initiativ i den retning.

Generelt vurderes de fleste at uddannelserne at være godt med på Ingeniør højskole og Handelshøjskole. Der er dog behov for yderligere Ph.d. stipendier, så der kan tages fat på "tunge emner" som kan være grænsebrydende for udviklingen. Sådanne skal primært finansieres fra F&U programmerne.

En enkelt deltager efterlyste et uddannelsesmodul omkring "Vindmølle Siting/Park lay-out"

og hvad dertil hører.

Egentlig aerodynamisk forskning og en passende vindtunnel facilitet efterlyses fra en enkelt interview deltager.

*Sammenfattende er der generel enighed om at uddannelsen til støtte for vindkraftudviklingen er kommet godt med. Der er behov for nogle Ph.d. studier omkring mere tunge emner, og de skal kunne finansieres fra det offentlige (EFP, STVF). En aerodynamisk facilitet (Laboratorium/Vindtunnel og tilknyttet F&U efterlyses).*

### **3.3 Særlige hensyn til Europæiske og internationale forhold**

#### **International standardisering**

Alle de adspurgte mener, det er vigtigt, at der ydes midler til dansk deltagelse og medvirken omkring standardiseringsarbejde. Det er vigtigt med en væsentlig dansk indsats på international standardisering med den tyngde dansk vindindustri har. Et højt kvalitetsniveau - og kontante krav - opfattes som en fordel for danske fabrikker (Andre kan have interesse i at udvande kravene).

#### **EU's Rammeprogram for F&U**

Koordinering med EU's Rammeprogram er ok, men der gøres opmærksom på, at det er meget tungt at arbejde med både i ansøgningsfasen og under projektføreløbet. En enkelt foreslår, at der ydes midler til hjælp til fælles overvågning af udbud og assistance til selve ansøgningsbeskrivelsen.

*Sammenfattende er der udbredt enighed om, at dansk deltagelse ved international (og Europæisk) standardiseringsarbejde er af stor betydning, og at det skal støttes fra offentlige midler. EU's rammeprogram er tungt at arbejde med både i ansøgningsfasen og i projektføreløbet. Assistance til den opgave efterlyses. Industrien savner også en større gennemsigtighed mht. lovgivning og godkendelser på de forsk. markeder. Der er behov for en indsats for afdækning af disse forhold.*

Appendiks til bilag 2.

## **Spørgsmål til interviewrunde**

### **Om udviklingen i vindkraftsektoren generelt**

Hvad er din vision for dansk vindindustri over de næste 10 – 15 år (ønsker mere end forventninger)

- Markeder
- Netkrav
- miljøkrav
- Produktion og logistik
- kundetyper

Væsentligste teknologiske udfordringer de næste 10 til 15 år

Hvem er de mest betydende typer af vindmølleejere over de næste 10 til 15 år?

Forventer du nye teknologiske løsninger i løbet af de næste 10 til 15 år, som vi endnu ikke har indført i danske vindmøller og vindmølleprojekter

### **Om forskningen – hvad skal der forskes i**

Hvilke spidskompetencer skal dansk vindkraft forskning satse på?

Hvad skal der til for at fastholde danske vindmølleindustri's udviklingsaktiviteter i Danmark?

Er der særlige forskningsområder, der bør tages op af hensyn til underleverandører (udover LM), rådgivere og developere?

Er der særlige forskningsområder, der har betydning for kunderne/vindmøllejerne i Danmark og i udlandet?

Er der særlige forskningsområder, der har betydning for samfundet generelt?

Er der i øvrigt nye forskningsområder der bør tages op? Områder, der ikke i dag er særlig fokus på.

### **Organiseringen af forskningen**

Har du et bud på den mest hensigtsmæssige arbejdsdeling mellem forskningsprogrammerne i forskningsministeriet, PSO, Energistyrelsen og erhvervslivet(industri, underleverandører, rådgivere)

Hvad er der af behov for uddannelse (særligt af højere uddannelse så som ingeniører, planlæggere, markedsføring, osv.)?

## Referencer

---

- <sup>1</sup> Ministeriet for Videnskab, Teknologi og Udvikling, Grønt teknologisk fremsyn – om perspektivrige grønne teknologier med erhvervspotentiale. Hovedrapport. Maj 2003.
- <sup>2</sup> Energipolitisk Redegørelse 2003 af 14/5 03. Redegørelse nr. R 14. Økonomi og Erhvervsministeriet
- <sup>3</sup> Regeringen, Vækst med Vilje, Økonomi og Erhvervsministeriet, Maj 2002.
- <sup>4</sup> IEA R&D Wind (2003), Annual report 2002.
- <sup>5</sup> BTM Consult (2003), International Wind Energy Development. World Market Update 2002 – Forecast 2003-2007
- <sup>6</sup> Vindmølleindustriens årsberetning 2002.
- <sup>7</sup> Erhvervsfremmestyrelsen (2001), Kompetenceklynger i dansk erhvervsliv – en ny brik i erhvervspolitikken, Erhvervsfremmestyrelsen, januar 2001.
- <sup>8</sup> Neij, L., P. Dannemand Andersen, M. Durstewitz, P. Helby, M. Hoppe-Kilpper, P. E. Morthorst, Experience Curves: A tool for Energy Policy Assessment, Lund Universitet 2003. ISBN 91-88360-56-3.
- <sup>9</sup> Nielsen, L. H. et al. Vedvarende Energi i storskala til el- og varmeproduktion. Risø, Elkraft, Elsam, 1994