



Bølgekraftteknologi

Strategi for forskning og udvikling

Juni 2005

Energistyrelsen, Elkraft System og Eltra

Forord

Energistyrelsen og de systemansvarlige elselskaber, Elkraft System og Eltra, besluttede i november 2004 at igangsætte udarbejdelse af en strategi vedrørende forskning og udvikling indenfor bølgekræftteknologi. Strategien skal ses i sammenhæng med ønsket om at styrke udviklingen af ny energiteknologi, som det fremgår af regeringens overordnede energistrategi 2025, der er fremlagt af Transport- og Energiministeren. Udarbejdelsen af strategien er således et led i den strategiudvikling, der er gennemført i de seneste år indenfor en række nye perspektivrige energiteknologier.

Strategiudviklingen skal blandt andet forbedre grundlaget for prioriteringen af forsknings- og udviklingsindsatsen og sikre effektiv anvendelse af de offentlige tilskudsmidler set i sammenhæng med den private indsats. Strategien skal desuden ses i forlængelse af den udviklingsindsats, der tidligere er udført under Energistyrelsens tidligere Bølgekræftprogram, samt på baggrund af den udvikling, der er forløbet siden da, både i Danmark og internationalt. Strategien er udarbejdet af en strategigruppe med repræsentanter fra Energistyrelsen, Elkraft System og Eltra under medvirken af en udvalgt kreds af aktører og eksperter på bølgekræftområdet (se bilag 1).

Strategioplægget har desuden været drøftet ved et åbent høringsseminar den 27. april 2005. I seminaret deltog en bred kreds af bølgekræftinteressenter, herunder forsknings- og udviklingsinstitutioner, virksomheder samt repræsentanter for igangværende bølgekræftprojekter. Materiale om høringsseminaret og den færdige strategirapport er tilgængelig på energiforskningsportalen www.energiforskning.dk samt på www.elkraft-system.dk, www.eltra.dk, samt på hjemmesiden www.energinet.dk for det nye, landsdækkende selskab for systemansvar og transmission for el og naturgas.

Energistyrelsen, Elkraft System og Eltra vil hermed takke alle, der har bidraget til udformningen af strategien.

Juni 2005

Energistyrelsen, Elkraft System og Eltra

ISBNwww: 87-7844-539-6

Resumé

Bølgeenergi er en vedvarende energiform, som på længere sigt vil kunne give et væsentligt bidrag til produktion af elektricitet, såfremt den tekniske og økonomiske udvikling af bølgekraftteknologi lykkes. I Danmark er udnyttelse af bølgeenergi primært knyttet til udvikling af anlæg, som kan placeres til havs og som udnytter havets bølgebevægelser, mens f.eks. kystplacerede anlæg og tidevandsanlæg ikke forekommer relevante for Danmark.

Bølgekraftanlæg (kapitel 2) omsætter - ligesom vindkraftanlæg - naturens kræfter til elektricitet, og der kan på flere punkter drages paralleller mellem bølgekraft og vindkraft. Bølgekraftanlæg forventes at kunne producere elektricitet med en noget mere jævn profil end vindkraft, og med en sæsonvariation, der passer godt sammen med elforbrugets årsvariation. Bølgeenergi dannes ved vindens påvirkning, og er - ligesom vindenergi - en vanskelig forudsigelig energikilde, når det drejer sig om planlægning af el-produktionen. Det er vurderet tidligere af Energistyrelsens Rådgivende Bølgekraftudvalg, at en strækning med 150 km bølgekraftanlæg i Nordsøen vil kunne levere elektricitet, svarende til min. ca. 15 % af Danmarks nuværende elforbrug.

Bølgekraftanlæg kan opdeles i fem hovedkategorier, alt efter hvilke tekniske principper, der ligger til grund for energiudnyttelsen. Der er tale om maskiner, som skal operere i et hårdt miljø offshore, og udviklingen kan ikke – som for vindkraft – ske gennem en gradvis afprøvning, opskalering og udbygning. Efter modelforsøg i laboratorieskala skal afprøvning af større prototyper ske i maritimt miljø, hvilket gør udviklingsfasen relativt kostbar. Det er vigtigt på et tidligt tidspunkt at få fastlagt om et anlæg er sødygtigt og kan etableres til havs med en sikker forankring. Det er endvidere afgørende for udvikling af bølgekraftanlæg - ligesom for andre vedvarende energiteknologier - at der er udsigt til en el-produktion til en acceptabel produktionspris pr. kWh. For det enkelte anlæg er de afgørende parametre i vurderingen heraf: Prisen for anlægget (inklusive omkostninger til udlægning), omkostninger til vedligehold, anlæggets el-produktion, samt den forventede levetid.

Den internationale udviklingsindsats (kapitel 3) har baggrund i forventninger om, at bølgeenergi kan give et betydeligt bidrag til verdens samlede el-produktion. Der foregår teknologisk udvikling og afprøvning af bølgekraftanlæg i en række lande. På europæisk plan støttes udviklingen dels af nationale programmer dels af EU's rammeprogrammer for forskning og udvikling. Bølgekraftudviklingen befinder sig i dag stadig på et udviklings- og prækommercielt stade. Men både fra offentlige støtteprogrammer og fra den private sektor har der internationalt kunnet iagttages en markant stigende interesse for bølgeenergiteknologi. Også i IEA er der etableret samarbejde om udviklingen om udnyttelse af bølgekraft og Danmark deltager heri sammen med en række andre lande.

Udviklingen i Danmark (kapitel 4) er præget af det bølgekraftprogram, som var aktivt fra 1997 til 2002. Den offentlige danske støtte til området siden da er i det væsentlige sket fra PSO-ordningen for forskning og udvikling i miljøvenlig elproduktion, som varetages af de systemansvarlige el-selskaber.

En anlægstype, Bølgemøllen, er for tiden under afprøvning i modelskala ved Aalborg Universitet.

To andre, danske anlægstyper, der bygger på forskellige tekniske principper, er i dag nået frem til afprøvning i maritimt miljø. Det drejer sig om Wave Dragon anlægget – et pilotanlæg, som blev bygget i 2002 og som stadig afprøves i Nissum Bredning, samtidig med, at der foregår overvejelser om udformning af et Wave Dragon fuldskala demonstrationsanlæg, placeret til havs. Sideløbende vil et andet anlæg – Wave Star - blive etableret i Nissum Bredning i indeværende år for nærmere afprøvning i pilot-skala inden der tages skridt til havplacering af et Wave Star anlæg. Der pågår endvidere analyser om eventuelle synergieffekter mellem vindkraftværket ved Horns Rev og bølgekraftanlæg, der placeres i tilknytning hertil. Herudover deltager danske aktører og virksomheder i udvikling af bølgekraft med henblik på placering i udenlandske farvand.

Danmark har gode kompetencer med henblik på udvikling af bølgekraft. Der er velfungerende, maritime udviklingscentre, som kan gennemføre modelforsøg. Især Aalborg Universitet er engageret i denne udvikling. Der indgår endvidere en række erhvervs- og industrivirksomheder i udviklingen af de bølgekraftanlæg, som for tiden er under afprøvning. Disse virksomheder repræsenterer en bred vifte af kompetencer - blandt andet indgår kompetencer fra vindmølleindustrien, fra offshore industri og flere komponentproducerende virksomheder.

En væsentlig udfordring for videreudvikling af bølgekraft i Danmark er at opfylde behovet for risikovillig kapital, især til gennemførelse af havplacerede demonstrationsprojekter. I andre lande, f.eks. UK, er der etableret attraktive muligheder for bølgekraftudvikling. Hvis bølgekraftområdet i Danmark skal videreudvikles til gavn for elforsyningen og dansk industri, er det nødvendigt, at danske virksomheder i højere grad end hidtil deltager aktivt og finansielt sammen med anden finansiering – herunder offentlige tilskudsmidler – i bølgekraftudviklingen.

Strategien (kapitel 5) for udvikling af dansk bølgekraftteknologi er baseret på en vision om, at bølgekraftanlæg på sigt kan bidrage til en omkostningseffektiv, bæredygtig elforsyning i Danmark, og at danske industri- og erhvervsvirksomheder gennem udvikling af teknologien opnår kompetencer, som er grundlag for afsætning af konkurrencedygtige bølgekraftprodukter og viden i Danmark og på internationale markeder.

Indsatsen bør rettes mod at

- understøtte og videreføre forskning, udvikling og demonstration indenfor allerede igangsatte anlægstyper, der har nået et vist stadium, forudsat at disse fortsat kan udvise et teknisk og økonomisk potentiale,
- understøtte og igangsætte forskning og udvikling vedrørende nye anlægstyper, som har et teknisk, drifts- og anlægsøkonomisk potentiale, især set i forhold til andre typer af bølgekraftanlæg, som er undersøgt i Danmark eller i udlandet,
- understøtte og igangsætte undersøgelser som sigter på bl.a. at vurdere konkrete offshore lokaliseringsmuligheder i Danmark, at vurdere særlige teknologiske løsninger vedrørende anlæg og drift af bølgekraftteknologi, som f.eks. sikker forankring, og at afklare indpasningen af el produceret af bølgekraftanlæg i det danske elsystem.

Det er en vigtig del af strategien, at der sikres medfinansiering fra erhvervsvirksomheder og fra privat risikovillig kapital til den videre udvikling. Det er nødvendigt, at dette har høj prioritet, når bølgekraftudviklingen skal ske hen imod en øget kommercialisering af teknologien.

Implementeringen og opfølgningen af strategien (kapitel 6) indebærer, at Energinet.dk og Energistyrelsen anvender strategiens principper ved tildeling af støtte til kvalificerede bølgekraftprojekter i de kommende år. Opfølgningen af strategien vil inddrage alle aktive interessenter indenfor bølgekraftteknologi med henblik på at udbygge dansk viden om områdets udvikling og muligheder. I lyset heraf vil behovet for evt. justeringer af strategien løbende blive vurderet.

Indholdsfortegnelse

Forord	2
Resumé.....	3
Indholdsfortegnelse	6
1. Indledning	7
2. Bølgekræfteknologi - potentialer og udfordringer	8
Elproduktion fra bølgekræftværker.....	8
Miljømæssige forhold	8
Kategorier af bølgekræftanlæg	9
3. Den internationale udviklingsindsats	11
Udviklingen globalt.....	11
EU's aktiviteter	11
IEA's aktiviteter	12
Nationale aktiviteter.....	12
4. Udviklingen i Danmark.....	14
Bølgekræftprogrammet	14
Igangværende udviklingsprojekter	15
Maritime udviklingscentre og erhvervskompetencer/ -interesser	16
Danske finansieringsmuligheder af udvikling i dag.....	17
Behov for privat (med)finansiering	18
5. Overordnet vision, strategi og målsætning	19
Vision.....	19
Strategi.....	19
Målsætninger og indsatsområder	20
6. Implementering og opfølgning	21
Referencer	22

Bilag 1: Deltagere i strategiudformningen.

1. Indledning

Verden over satses der i disse år på at udvikle nye teknologiske løsninger på energiområdet. Baggrunden herfor er, at de fossile brændsels andel af energiforsyningen på længere sigt må forventes at blive reduceret. Det skyldes dels de skærpede krav til sikring af miljømæssige forhold - herunder klimapåvirkninger, og dels en forventning om, at tilgængeligheden af især olie bliver mere og mere vanskelig, og at markedsprisen stiger i de kommende årtier.

Disse udsigter vedrørende miljø og forsyningsikkerhed er baggrunden for stigende interesse for at udvikle nye, miljøvenlige energiteknologier, som kan baseres på vedvarende energiresourcer.

Bølgeenergi er en sådan vedvarende energiresource. Udvikling af teknologi til udnyttelse af denne ressource er derfor et forsknings- og udviklingsområde i Danmark og i en række lande, der er omgivet af havområder. Perspektivet om at udnytte bølgeenergien til at producere elektricitet uden forurening af omgivelserne har i flere århundreder tiltrukket mange opfindere, som har lavet testforsøg med og optaget patenter på forskellige teknologiske principper for, hvordan bølgeenergien kan udnyttes. Men endnu kan man ikke fremvise de bølgekraftanlæg, som på sikker teknologisk basis kan føre til etablering af kommercielle anlæg i større skala. Teknologien er stadig på et udviklings-, test- og demonstrationsstadium, og flere forskellige bølgekraftkoncepter afprøves i dag rundt omkring i verden.

Den overordnede udfordring er at udvikle teknologien, så bølgekraftanlæg kan placeres sikkert offshore eller på kysten, og som med lang levetid og acceptable omkostninger kan levere elektricitet, der kan konkurrere med anden tilsvarende, miljøvenlig energiproduktion. Ligesom for vindkraftanlæg er kapitalomkostningerne afgørende for konkurrenceforholdet til andre energiformer. Udfordringen er blandt andet at udforme anlæggene sådan, at de kan modstå bølgenes mekaniske kraft i alle situationer og samtidigt sikre et acceptabelt lavt forhold mellem kapitalomkostninger og elproduktion. Kun herved kan teknologien finde anvendelse i Danmark og danske bølgekraftprodukter finde vej til internationale markeder for bølgekraftanlæg.

Bølgekraftteknologi synes på flere punkter umiddelbart at passe godt til danske erhvervsmæssige kompetencer, herunder især offshore - og værftsindustrien samt en række producenter og leverandører af komponenter mv. Desuden kan mange af de kompetencer, Danmark har opnået i vindkraftsektoren, bruges indenfor bølgekraft.

Formålet med dette strategiarbejde er at give retningslinier for den forsknings-, udviklings- og demonstrationsindsats, der fortsat bør gøres for at afklare bølgekraftens bæredygtighed, såvel teknologisk, erhvervsmæssigt som økonomisk.

2. Bølgekræftteknologi - potentialer og udfordringer

Elproduktion fra bølgekræftværker

Potentialet for bølgeenergi kan kun opgøres meget groft og må baseres på teoretiske antagelser. Den bølgeenergi, der årligt passerer dansk søterritorium er beregnet til 30 TWh per år. Som et regneeksempel er vurderet, at bølgekræftværker, placeret i Nordsøen 100 km fra Jyllands vestkyst og over en strækning på 150 km kan levere en elproduktion på mindst 5 TWh/år, afhængig af bølgekræftværkernes evne til at optage energien fra bølgerne (se bl.a. "Fakta om bølgeenergi", Energistyrelsen, 2002). Dette svarer til ca. 15 % af det danske elforbrug. Til sammenligning var vindkræftproduktionen i 2003 i Danmark på 5,6 TWh.

Produktionen fra bølgekræft om vinteren vil være omkring tre gange større end om sommeren. Dette medfører en relativ god korrelation med elforbruget, der også er højest om vinteren. Udover potentialet i Nordsøen er der også et endnu ikke kortlagt potentiale i de indre danske farvande i Kattegat og Østersøen – dette er dog formentlig langt mindre.

Bølger dannes af vind. Der vil dermed være korrelation mellem produktion fra bølgekræft og vindkræft. Imidlertid vil bølgekræft-produktionen være faseforskudt i forhold til vindproduktionen, forstået således, at bølgerne bygges langsomt op, når vinden vokser i styrke og dør langsomt ud, når vinden har lagt sig. Kombinationen af bølger og vind kan derfor vise sig at udgøre en mere stabil produktionsmulighed end vindkræft alene. Der vil dog uanset dette være behov for "back-up-power", også for bølgekræft.

Elproduktionen fra bølgekræft afhænger naturligvis af bølgenes størrelse og er dermed en vanskelig forudsigelig energikilde. Man vil derfor - som f.eks. vindkræft - være nødt til at kunne lave prognoser for bølgekræftproduktionen for at kunne indpasse den i stor skala i elforsyningen. Endvidere vil det ligesom for andre vedvarende energikilder være en udfordring at kunne indpasse elproduktion fra bølgekræft i større skala i et elmarked.

Miljømæssige forhold

For bølgekræftanlæg er der – ligesom for vindkræft – ingen udledninger af forurenende stoffer forbundet med energiproduktionen. Ved konstruktion og udlægning af anlæg, samt ved bortskaffelse af udtjente anlæg vil der være et en vis forurening blandt andet på grund af det energiforbrug, der medgår til den pågældende aktivitet. Hertil kommer at bølgekræftanlæg – ligesom andre havanlæg – kan have såvel positive som negative virkninger for plante- og dyreliv i havområdet ved anlægget. Den alternative anvendelse af søterritoriet (f.eks. fiskeri) og sikkerhedsmæssige aspekter (f.eks. risiko for kollision med skibe) skal også tages i betragtning.

Miljøovervågningsprogrammet for havvindmøllerne ved Horns Rev og Nysted har samlet og samlet fortsat viden ind, som også kan bruges af bølgekræftprojekter.

Særlige tekniske og økonomiske udfordringer ved bølgekræft

Den mest kritiske parameter for et bølgekræftanlæg er - ligesom for andre vedvarende energiteknologier - prisen pr. produceret kWh. Denne bestemmes bl.a. af prisen for

anlægget (inklusive omkostninger til udlægning og nettilslutning), og omkostninger til drift og vedligehold, set i forhold til anlæggets levetid og elproduktion.

Udfordringen er at etablere anlæg, der lever op til acceptable værdier for alle disse parametre med henblik på, at bølgekraftanlæg elprismæssigt på sigt kan konkurrere med f.eks. offshore vindkraft. Bølgekraftanlæg skal endvidere vurderes især i forhold til havvindmøller på de placeringer, hvor det vil være nødvendigt at vælge enten offshore-vindmøller eller bølgekraftanlæg. De to elproduktionsteknologier vil også kunne drage nytte af hinanden: f.eks. kunne samlokalisering være en mulighed for visse anlægstyper og blandt andet vil de informationer, der indsamles gennem måleprogrammer for havvindmøller kunne bidrage med værdifuld viden til brug for bølgekraftanlæg.

I modsætning til vindkraftteknologien, som kunne udvikles og afprøves på land, så må bølgekraftteknologierne efter en vis udviklingsperiode i laboratorier afprøves i havet. Dette skridt er forbundet med store udgifter i forhold til prototypernes installerede effekt fordi offshore udstyr skal være til rådighed for installation, drift, vedligehold og ilandtagning for inspektioner.

Der er endnu ikke på verdensplan ret mange eksempler på producerende bølgekraftanlæg. Hidtil har et af de store problemer med disse anlæg været overlevelse. Anlæggene har haft svært ved at overleve bølgerne under en storm, som kan være flere gange større end bølgerne under normale driftsbetingelser. Det er derfor vigtigt i første omgang at få fastlagt om et anlæg er sødygtigt og kan overleve under storme.

Driftspålidelighed er den næste store tekniske udfordring efter overlevelse. Da bølgekraftanlæg skal fungere ubemandede og til havs og kan være vanskeligt tilgængelige, stilles der også store krav til udvikling og valg af pålidelige komponenter. Både ekstrem - og udmattelsespåvirkninger er vigtige at tage i betragtning ved vurdering af overlevelse og driftspålidelighed.

Kategorier af bølgekraftanlæg

Forslag til maskiner, der kan udvinde energien fra bølgerne, er talrige, men de kan generelt deles ind i to hovedgrupper: De, der placeres på land ved kysten, og de som placeres i havet enten stående på havbunden eller flydende på havoverfladen. På grund af Danmarks geografi med relativt flade lavvandede kyster, er bølgerne reducerede i højden og taber energiindhold inden, de når kysten. Derfor er de mest interessante koncepter for Danmark de, som er placeret til havs.

De havplacerede anlæg kan deles ind i følgende hovedkategorier:

- Point absorber
- Linie absorber
- Opskylningsanlæg
- Oscillerende vandsøjle (også kalder OWC)
- Turbine/mølle-systemer.

Point absorbere optager bølgeenergien i et eller flere punkter vha. flydere. Flyderne bliver bevæget af bølgerne og bevægelsen omsættes til elektrisk energi gennem et mekanisk, pneumatisk eller hydraulisk kraftoverføringsystem. Anlæg kan også bestå af flere koblede pointabsorbere (multipointabsorbere eller linie absorbere).

Linie absorbere består af langstrakte flydere, der kobles sammen i en lang kæde. Flydernes individuelle bevægelser i forhold til hinanden bruges til at drive et hydraulisk kraftudtag, der overfører energien til en generator.

Opskylningsanlæg, eller overskylningsanlæg, er anlæg, der ved hjælp af en eller flere ramper i vandet får bølgerne til at bryde og skylle op i et reservoir, som ligger i et højere niveau end havoverfladen. Fra reservoiret ledes vandet ud gennem én eller flere lavtryksturbiner, som driver en generator. Nogle opskylningsanlæg er konstrueret uden et egentligt reservoir, og vandet ledes i stedet direkte til turbinen. Opskylningsanlæg kan evt. forsynes med reflektorer, der leder bølgerne ind mod opskylningsrampen.

OWC-anlæg består af åbne rør eller kammre, der er delvist nedsænket i vandet. I kammeret vil vandoverfladen bevæge sig op og ned som følge af bølgernes bevægelse. Denne op ned bevægelse anvendes til at drive en luftstrøm, der løber frem og tilbage igennem en turbine. Turbinen er indrettet, så den drejer samme vej, uanset luftstrømmens retning.

Turbine/mølle-systemer er kendetegnet ved, at de bølgeskabte vandbevægelser sætter vingeprofiler eller skovle i rotation om en akse, som via et gear driver en generator.

3. Den internationale udviklingsindsats

Udviklingen globalt

Der har siden oliekrisen i 1973 / 1974 været udviklingsinitiativer og – programmer for bølgekraft i en række lande som Japan, USA, Indien, Portugal, UK, Norge, Danmark og Sverige, samt i de senere år under EU's forsknings- og udviklingsprogrammer. Idéen om at udnytte havets kræfter til en brugbar energiform er dog langt fra ny, idet det første patent på området blev udtaget så tidligt som i 1799 i Frankrig.

I de sidste 25 år har bølgeenergiteknologiens udviklingsproces været præget af faser af både entusiasme, skuffelse og teknologisk genovervejelse.

Udviklingen af bølgeenergianlæg befinder sig således i dag internationalt set fortsat på et udpræget udviklings- og prækommercielt stadium, idet der pt. er installeret ganske få el-producerende demonstrationsanlæg verden over med en samlet kapacitet på omkring 2 - 3 MW. Andre anlægstyper og -principper til udnyttelse af bølgerens energi er under fortsat udvikling teoretisk og i modelskala.

På globalt plan vurderes det energiøkonomiske potentiale for udnyttelse af bølgeenergi at være i en størrelsesorden, der svarer til ca. 10 % - måske mere - af verdens nuværende elforbrug (se "Wave Energy Utilization in Europe – Current Status and Perspectives". European Thematic Network on Wave Energy – 2002).

Som det fremgår af beskrivelsen nedenfor af de internationale aktiviteter har der i de senere år både fra offentlige støtteprogrammer og den private sektor internationalt været en markant stigende interesse for at genoptage udviklingen af ny bølgeenergi-teknologi. Den stigende interesse sker under indtryk af de generelle energipolitiske udfordringer, det øgede behov for udvikling af de vedvarende energikilder og af at det er lykkedes vindmølle-teknologien at demonstreret sit gennembrud.

EU's aktiviteter

Efter at EU i 1996 havde udarbejdet "Atlas of Wave Energy Ressource in Europe" begyndte EU at støtte en egentlig udvikling af specifikke anlæg.

Under det tidligere 5. Rammeprogram for forskning og udvikling (Energi) har EU i alt ydet 4,5 mio. Euros i tilskud til 4 bølgekraftprojekter. Det danske projekt Wave Dragon modtog et tilskud på 1,533 mio. Euros i forbindelse til målinger mv. på et pilotanlæg i skala 1:4,5 i Nissum Bredning (se omtalen af de danske anlæg i kap. 4).

Under det igangværende 6. Rammeprogram er der udbudt 4 indsatsområder indenfor bølgekraft:

- Nye koncepter - generel forskning – opskalering af 2. generationsanlæg
- Opskalering af udviklede anlægstyper til fuld-før-kommerciel-skala
- Aktiviteter med en kort til middelkort tidshorisont for resultater – forskningsindhold mindre end 20 % - prototyper
- Koordinerede aktiviteter indenfor vind- og bølgeenergi set i et middellangt til langt tidsperspektiv – forudsigelse af elproduktion.

Der er indgivet dansk dominerede ansøgninger vedr. følgende projekter:

- 500 kW Wave Star Energy Wave Power converter – demonstrationsanlæg (Wave Star-udviklingsselskabet)
- Wave Dragon - design og måleprogram på multi-MW Horns Rev anlæg (Wave Dragon-udviklingsselskabet)
- Poseidons Organ – demonstrationsanlæg ved Portugal (Birch & Krogboe).

Disse ansøgninger behandles af kommissionen i løbet af foråret 2005.

Endvidere har EU siden 2000 støttet netværks-aktiviteter på hav-energiområdet: Først "Wave Energy Network" - og fra 2004 er der givet en treårig støtte til videreførelsen af netværket i den såkaldte "Coordinated Action on Ocean Energy". Det er et netværk for alle bølgeenergi-aktører i Europa - især indenfor forskningsinstitutioner og den private sektor. Indenfor netværket samles og bearbejdes der information indenfor en række områder som forskning/udvikling af teknologi, standarder, økonomi/finansiering, samarbejde med elsektoren etc. Danske parter leder koordineringsindsatsen af det samlede projekt, samt indsatsområderne *Modelling of Ocean Energy Systems* og *Environmental, Economics, Development Policy and Promotion of Opportunities*.

Endelig har EU siden 2004 støttet det såkaldte WAVETRAN-projekt, hvor 11 Marie Curie-stipendier af 36 måneders varighed er forhåndsallokeret til 10 europæiske universiteter og virksomheder, heraf ét til SPOK ApS i Danmark (Wave Dragon). Formålet med stipendierne er at opbygge en stærk teknisk viden inden for bølgeenergiområdet.

IEA's aktiviteter

IEA oprettede i 2001 en ny samarbejdsaftale (*Implementing Agreement on Ocean Energy Systems*) indenfor bølgekraft, hvor USA, Canada, Japan, Irland, UK, Portugal, EU-Kommissionen og Danmark deltager. Aftalen forventes udvidet til flere lande - herunder Italien, Norge og Brasilien - i de kommende år. Der er foreløbig to indsatsområder: 1: indsamling, bearbejdning og formidling af viden om bølgekraftsystemer indenfor teknologi, økonomi og miljømæssige forhold, og 2: udvikling af standarder for afprøvning af bølgekraftanlæg – sidstnævnte med dansk ledelse. Der forventes igangsat flere indsatsområder i de kommende år.

Nationale aktiviteter

Der finder især nationale aktiviteter sted i de lande, som deltager i IEA-samarbejdet. Kun de mest markante nyere initiativer er beskrevet nedenfor.

I UK sættes der de mest markante nationale rammer for udviklingsindsatsen i de kommende år. Det sker bl.a. via tilskud fra den nye fond (*Carbon Trust*) til udvikling og udbredelse af teknologier, som kan bidrage til at reducere CO₂-udslippet i UK til opfyldelse af klimaforpligtigheden. Fonden kan ligeledes foretage direkte investering med risikovillige venturemidler i den kommercielle udvikling af virksomheder. Bølgekraft vurderes på det punkt af fonden at være i kategorien "under overvejelse" – lige under de højest prioritede teknologiområder i kategorien "fokusområder". Carbon Trust har med sit Marine Energy Challenge Program efter en udbudsprocedure i efteråret 2003 udvalgt otte bølgekraftkoncepter fra hele verden til at gennemgå en uvildig "cost engineering" -proces for at styrke de mest lovende koncepter.

Tre projekter med - større eller mindre - dansk deltagelse var med i denne proces: Wave Dragon, Wave Rotor og AquaBoJY.

Herudover har den engelske regering afsat 50 mio. pund over 3 år som tilskud til et særskilt bølge/tidevandskraftprogram - dels til bygning af demonstrationsanlæg og dels som driftstilskud i form af et tilskud pr. produceret kWh (100 pund/MWh).

Der er i de senere år sket en udvikling indenfor egentlige permanente test-sites til havs eller i beskyttede havområder til afprøvning af bølgekraftanlæg i forskellige skalaer. Der er i 2003 anlagt en permanent elnet-tilsluttet prøvestation (*European Marine Energy Test Centre*) for fuld-skala-bølgekraftanlæg på åbent hav (2,5 km fra land – 50 m vanddybde) ved Orkney øerne med plads til 4 anlæg. Noget tilsvarende planlægges opført i Portugal. I Danmark blev test-siten i Nissum Bredning (Nordisk Folkecenter for Vedvarende Energi) anlagt i 1999 til brug for større modeller og pilotanlæg.

Kun få bølgekraftprojekter i MW-eller-næsten-størrelse afprøves for tiden - eller planlægges afprøvet inden for kort tid - på åbent hav i lande som UK, Portugal, Norge mv. I en række lande udarbejdes der nationale feasibility-studier for placering af anlæg og for økonomi, samt strategier for udvikling af bølgeenergisektoren. Også udnyttelsen af havstrømme og tidevand indgår i overvejelserne ligesom helt nye principper, som f.eks. udnyttelsen af osmose-effekten, hvor vand med forskelligt saltindhold møder hinanden, er under udvikling.

Endelig har man i nogle lande (UK, Portugal mv.) valgt at fremme udviklingen af bølgekraft via gunstige faste afregningspriser for den producerede el.

4. Udviklingen i Danmark

Bølgekraftprogrammet

I forbindelse med finanslovsaftalen for 1997 blev der iværksat et fireårigt udviklingsprogram for bølgekraft med en forventet økonomisk ramme på ca. 40 mio. kr. Programmet blev administreret af Energistyrelsen. Til at varetage den faglige koordinering og rådgivning blev der nedsat et rådgivende Bølgekraftudvalg.

Bølgekraftprogrammet og dets vigtigste resultater er beskrevet i den afsluttende rapport fra Bølgekraftudvalget. Programmets struktur var opbygget med tre udviklingsfaser, der kort kan beskrives som følger:

Fase 1: Omfattede en indledende afprøvning af nye idékoncepter. Der blev givet støtte til bygning af model og til efterfølgende simpel afprøvning i en bølgetank eller i Nordisk Folkecenters prøvestation i Nissum Bredning. Afprøvningen har især groft belyst selve konceptets funktionsduelighed, overlevelse og effektydelse. Ca. 40 projekter fik tilskud til en fase 1 afprøvning.

Fase 2: Omfattede videregående udvikling og afprøvning af udvalgte koncepter, med henblik på at opnå kvantitative resultater for holdbarhed og energieffektivitet m.v. Undersøgelserne er foretaget i bølgetanke og i særlige tilfælde er der sket udlægning af testanlæg til afprøvning i Nissum Bredning. De 15 projekter, som har været afprøvet i fase 2, er nærmere beskrevet i Bølgekraftudvalgets afsluttende rapport, bilag 7.

Fase 3: Omfattede begyndende afprøvning af pilotprojekter i havet som et sidste skridt inden en kommercialisering af konceptet. Kun et enkelt projekt (overskylningsanlægget Wave Dragon) nåede frem til denne fase indenfor 1997-aftalens 40 mio. kr. ramme. Anlægget afprøves stadig i Nissum Bredning.

I Bølgekraftprogrammet blev der således afprøvet en meget bred vifte af bølgekraftkoncepter.

Bølgekraftudvalget fremsatte medio 2001 forslag til ændringer i Bølgekraftprogrammet, der sigter mod et øget industrielt engagement. Det var nødvendigt at flytte vægten imod en mere markedsdrevet/industriell udvikling. Bølgekraftudvalget vurderede, at interesserede industrielle aktører til effektive udviklingskonsortier især måtte søges blandt entreprenører, olieselskaber, skibsværfter, maskinværksteder og energiproducenter.

Bølgekraftudvalget anbefalede endvidere at fokusere indsatsen på nogle få konkrete projekter i pilotfasen. Dette ville således have været hovedopgaven i den forventede fireårige forlængelse af bølgekraftprogrammet. I finanslovsaftalen for 2002 blev forlængelsen af bølgekraftprogrammet imidlertid ikke inkluderet, hvorefter programmet måtte afsluttes primo 2002.

Af de godt 37 mio. kr., der blev anvendt under bølgekraftprogrammet, blev 7 mio. kr. anvendt på fase 1-projekter, 17 mio. kr. til fase 2-projekter og 10 mio. kr. som tilskud til ét fase 3-projekt, mens de resterende godt 3 mio. kr. blev anvendt til udredningsprojekter mv.

Bølgekræftudvalgets afsluttende rapport indeholder blandt andet forslag til en videreførelse af arbejdet frem mod en kommercialisering af de mest lovende bølgekræftkoncepter.

Igangværende udviklingsprojekter

Nogle af de under Bølgekræftprogrammet støttede bølgekræftkoncepter har fået støtte af andre tilskudsgivere efter Bølgekræftprogrammets ophør. Disse koncepter beskrives i det følgende:

Wave Dragon

Wave Dragon er et over- eller opskylningsanlæg i fase 3. Projektet har modtaget støtte fra EU's 5. Rammeprogram, Energistyrelsen (Bølgekræftprogrammet) og PSO-støtte fra Elkraft System. En prototype i skala 1:4.5 blev bygget i 2002 og siden afprøvet i Nissum Bredning. I Wave Dragon udviklingen indgår en række partnere og underleverandører: Löwenmark FRI, Aalborg Universitet (Hydraulik og Havnebygning), NIRAS A/S, Promecon A/S, Balslev A/S, Kössler Hydro Turbine Manufacturing, Technische Universität München, Nöhrind Ltd, ESB international, Siemens, Hempel og Danfoss. Projektet koordineres af det rådgivende firma SPOK Aps og varetages af udviklingselskabet Wave Dragon ApS. Teknologien er testet af en uafhængig konsulent som en del af Marine Energy Challenge Program i UK, og det er af den walisiske regionale udviklingsfond indstillet til at modtage 5 millioner £ som tilskud til opførelse af et fuldskalaanlæg i 2006/2007 ud for Wales.

Wave Star

Wave Star bølgekræftmaskinen er en videreudvikling af det såkaldte "Tusindben"-princip, der fik en fase 1 bevilling på 50.000 kr. i 2001 og kan klassificeres som en multipointabsorber. Udviklingsprojektet har i 2004 modtaget PSO-tilskud fra Elkraft System til test i Aalborg Universitets bølgetank til kortlægning af en skala 1:40 models egenskaber og optimering af flydergeometri og måling af energiproduktionen. I 2005 har projektet yderligere fået PSO-tilskud til et pilotanlæg i skala 1:10 til afprøvning i Nissum Bredning. I Wave Star projektet deltager nu flere virksomheder, herunder BP-Industri, Yacht Design, KK-Electronic, Sauer-Danfoss, og MBD Offshore. Disse omfatter blandt andet industrikompetencer vedrørende styringsanlæg til bl.a. vindmøller, hydrauliske systemer, glasfiber teknologi, samt offshore fundamenter til især vindmøller. Projektet varetages af et udviklingselskab med en bestyrelse bestående af bl.a. industriledere bag Danfoss A/S.

Bølgemøllen

Bølgemøllen er en aflang, løst forankret vandmølle med møllemoduler, som er besat med skovle. Gennem de passerende bølger genereres et moment om Bølgemøllens længdeakse, og anlægget roterer. Anlægget, der kan betegnes som et møllesystem (med skovlhjul), får for tiden PSO-tilskud af Eltra til test i Aalborg Universitets bølgetank. For at sikre den nødvendige industrielle forankring af Bølgemøllen, er der etableret en industriel referencegruppe. Denne består af fire virksomheder: DESMI Contracting A/S, Unicon A/S, Bladt Industries og EM-Fiberglas. Disse beskæftiger sig hhv. med ringgeneratorer (som bl.a. benyttes af vindmølleindustrien), industribeton, stålkonstruktioner til offshore-sektoren og glasfiber.

AquaBuOY

Det rådgivende ingeniørfirma Rambøll er bl.a. projektkoordinator i EU-sammenhæng og rådgiver vedr. AquaBuOY-anlægget, som i modsætning til de ovenstående er et svensk koncept. Konceptet modtog tilskud fra danske tilskudsgivere til indledende overlevelses forsøg på Aalborg Universitet og udvikling af numeriske energiproduktions modeller. Teknologien er en af de 8 teknologier som undersøges som del af Marine Challenge Program i UK. AquaEnergy/Dunlop har netop modtaget støtte til udvikling af Power Take-off via Carbon Trust og venturekapital fra et investeringsfirma til prototype afprøvning og der søges yderligere tilskud fra EU.

Desuden arbejder projekter som Poseidons Organ, Wave Rotor og Bølgehøvlen mv. på at skabe grundlag for en kommercialisering.

Maritime udviklingscentre og erhvervskompetencer/ -interesser

Selv om gode idéer er et nødvendigt input til at give en så ny teknologi som bølgekraft en chance for at blive kommerciel, skal der mere til. Samspillet mellem aktørerne, udviklingsselskaber, forskningsinstitutioner, industri og den offentlige forsknings- og udviklingsindsats er vigtig for at sikre succes.

Maritime udviklingscentre

I Danmark findes fire maritime udviklingscentre, som bl.a. beskæftiger sig med bølgekraftteknologi. Disse er kendetegnede ved, at de alle har et eller flere bassin/er, hvori bølger (og ofte strøm og/eller vind) kan genereres og modelforsøg gennemføres. De fire afprøvningsfaciliteter er Aalborg Universitet, DHI Water and Environment, Danish Maritime Institute og Institut for Skibe, Kyster og Konstruktioner ved DTU.

Aalborg Universitet har gennemført de fleste førstegangsafprøvninger af bølgekraftanlæg under Bølgekraftprogrammet og har formået at bibeholde og udbygge kompetencen også efter Bølgekraftprogrammets afslutning. Således vil alle de tre igangværende danske bølgekraftanlæg bruge de danske faciliteter og de menneskelige ressourcer dér til modelforsøg med bølgekraftanlæg og uafhængig verifikation af måleresultater. Aalborg Universitet har også etableret viden om numeriske design-modeller og beregningsmetoder indenfor bølgekraft.

Ud over disse afprøvningscentre findes Nordisk Folkecenter for Vedvarende Energis test-site for bølgekraftanlæg i et beskyttet havområde i Nissum Bredning i Limfjorden. Her kan modeller og prototyper i mindre skala kan afprøves.

I første halvdel af 2005 gennemføres et PSO (Eltra) finansieret projekt om "Bølgekraftanlæg ved Horns Rev". Formålet er at vurdere, om bølgekraftanlæg kan tænkes at have synergieffekter med offshore-vindkraftværket Horns Rev. Konkrete måledata etableret i forbindelse med havvindmøllerne kan desuden bruges ved udformning af fuldskalaanlæg for bølgekraftanlæg.

Mulige erhvervskompetencer/ -interesser

Bølgekraftområdet er traditionelt drevet af små entusiastiske og idérige virksomheder eller enkeltpersoner/opfindere. Det har tidligere kendetegnet bølgekraftteknologien i forhold til andre miljøvenlige elproduktionsteknologier, at interessen for aktiv deltagelse fra industriens side har været relativt begrænset. Grunden er formentlig, at

udviklingshorisonten vurderes at være længere og risikoen/usikkerheden højere ved bølgekræftteknologier end ved andre konkurrerende teknologier.

Selv om det hidtil har været vanskeligt for bølgekræftprojekter at få signifikant medfinansiering fra industrielle investorer, kan det konstateres, at der i Danmark findes virksomheder i forskellige sektorer, der deltager i udviklingen af bølgekræftteknologi. Som det ses af projektdeltagere hhv. referencegruppe fra Wave Star og Bølgemøllen viser blandt andre virksomheder med erfaring fra vindmøllesektoren en interesse for bølgekræftteknologi.

Som beskrevet overfor er nogle bølgekræftkoncepter således godt på vej til at føre Bølgekræftudvalgets forslag om en mere markedsdrevet/industriel udvikling ud i livet.

Danske finansieringsmuligheder af udvikling i dag

Det var i 2002 Bølgekræftudvalgets vurdering, "at den kortsigtede økonomi for selv de bedste danske koncepter på det nuværende udviklingsstade ikke er god nok til at tiltrække tilstrækkelig privat investeringskapital. Der vil derfor være behov for fortsat offentlig støtte under den videre udvikling frem mod kommercialisering i forbindelse med projekter under og efter fase 3, ligesom der vil være behov for støtte til dannelse af effektive udviklingskonsortier."

Offentlige tilskudsmidler

Såvel Energiforskningsprogrammet under Energistyrelsen som PSO-F&U programmer (Elkraft System og Eltra) har givet tilskud til udvikling af bølgekræftteknologi - og gør det fortsat, se også ovenfor under "Igangværende udviklingskoncepter". Fra 2005 videreføres PSO-programmet om forskning og udvikling i miljøvenlige elproduktionsteknologier af det nye selskab Energinet.dk, som bliver dannet ved fusion af de systemansvarlige, Elkraft System og Eltra, Elkraft Transmission og Gastra (gastransmission).

Også Forskningsstyrelsen administrerer tilskudsmidler som bølgekræftområdet eventuelt kunne få gavn af ligesom det ikke er udelukket, at den påtænkte Højteknologifond kan støtte bølgekræftprojekter.

For mere information om ovennævnte tilskudsmuligheder, herunder indsatsområder, evalueringskriterier og andre krav, kan søges på energiforskningsportalen, www.energiforskning.dk eller de tilskudsgivende instansers hjemmesider.

Afregningspriser for bølgekræft

Den 1. januar trådte bekendtgørelse nr. 1364 af 15. december 2004 i kraft. Bekendtgørelsen vedrører pristillæg efter §§ 57-57b i elforsyningsloven til elektricitet produceret ved andre vedvarende energikilder end vindkraft.

Bølgekræftanlæg nævnes her i § 3, stk. 2, nr. 1. Det betyder, at der til bølgekræftanlæg, som blev nettilsluttet første gang den 22. april 2004 eller senere, ydes et pristillæg. Dette pristillæg og den på timebasis fastsatte elmarkedspris udgør tilsammen 60 øre pr. kWh i 10 år efter nettilslutningen og 40 øre pr. kWh i de følgende 10 år.

Desuden rummer EU's rammeprogrammer som nævnt i kapitel 3 mulighed for støtte til dansk udvikling af bølgekraftprojekter.

Behov for privat (med)finansiering

Hvis bølgekraftområdet skal udvikles til gavn for danske industri, vil det være nødvendigt, at der findes danske virksomheder i forskellige, relevante sektorer, der viser interesse for bølgekraftteknologi og deltager aktivt og finansielt sammen med anden finansiering – herunder offentlige tilskudsmidler - i bølgekraftprojekter.

I det skotske bølgekraftanlæg "Pelamis" har bl.a. tre investeringsselskaber investeret. Også i Danmark bør der fortsat søges muligheder for finansiering via (dansk) venture kapital / investeringsselskaber.

5. Overordnet vision, strategi og målsætning

Vision

Visionen for dansk udvikling af bølgekræfteknologi er, at bølgekræftanlæg på sigt kan bidrage til en omkostningseffektiv, bæredygtig elforsyning i Danmark, og at danske industri- og erhvervsvirksomheder gennem udvikling af teknologien opnår kompetencer til afsætning af konkurrencedygtige bølgekræftprodukter og viden i Danmark og på internationale markeder.

Strategi

Danmark er i dag på højde med de bedste andre lande, når det drejer sig om udvikling af bølgekræfteknologi. Status i dag er dog, at bølgekræfteknologien set i forhold til andre energiteknologier er relativ umoden. Virkeliggørelse af visionen vil derfor kræve fortsatte udviklingsaktiviteter, som blandt andet involverer de tekniske universiteter, udviklingselskaber og industrivirksomheder, samt understøttes af de offentlige midler og venture kapital.

De enkelte trin i udviklingen fra idé til havplacerede demonstrationsanlæg og kommercielle anlæg skal typisk afprøves gennem et udviklingsforløb, der spænder fra idébeskrivelse af bølgekræfteprincip, modelforsøg i helt små størrelser, eventuelle mellemfasetest i laboratorietank, test af større pilotanlæg i skalamodel i kystnært miljø (Nissum Bredning), eller andre beskyttede havlokaliteter inden egentlige fuldskala eller nær fuldskala demonstrationsanlæg kan udformes og placeres i havmiljø. Først herefter vil der kunne være basis for kommercialisering af det pågældende bølgekræftanlæg.

Herved kan der gradvist opnås erfaringer om blandt andet bølgekræftepåvirkninger, materialer, konstruktion og forankring, delsystemer, og anlægs- og driftsomkostninger og el-produktionsmuligheder, som kan lægge grunden for eventuelt konstruktion og gennemførelse af næste trin i udviklingen. Der er tale om en nødvendig, men også omkostningstung udviklingsproces. Gennem den gradvise fremgangsmåde minimeres især den økonomiske og sikkerhedsmæssige risiko.

Ud over de rent teknologiske udfordringer stiller denne proces store krav til måleprogrammer, gennemførelse af afprøvninger og evaluering af resultater, samt til en professionel projektledelse, som ud over den faglige indsigt også kan vurdere de forskellige teknologiske bidrag og samarbejde de virksomhedsbidrag, som indgår i projektførelsen. Benchmarking ved hjælp af nøgletal kan være et vigtigt redskab i udviklingsprocessen.

Som et vigtigt led i strategien indgår, at der ved udvikling af bølgekræftanlæg allerede tidligt sikres risikovillig kapital til at gå ind og medfinansiere teknologiuudviklingen. Især de sidste faser i udviklingen hen imod fuldskala demonstration vil typisk være meget omkostningskrævende med betydelige finansieringskrav, som ikke alene kan bæres af de nuværende offentlige tilskudsordninger om forskning, udvikling og demonstration indenfor ny energiteknologi. Desuden skal det gennem medfinansiering fra erhvervsvirksomheder anskueliggøres, at der fra industriens side vurderes at være et interessant potentiale i den pågældende bølgekræfteknologi.

Målsætninger og indsatsområder

Indsatsen skal rettes mod at:

1. Understøtte og videreføre forskning, udvikling og demonstration indenfor allerede igangsatte anlægstyper, der har nået et vist stadium, forudsat at disse fortsat kan udvise et teknisk og økonomisk potentiale. I dette ligger, at

- det kan sandsynliggøres, at de på sigt kan fremstille elektricitet - også til det danske elnet - til en pris, der er konkurrencedygtig i forhold til andre miljøvenlige el-produktionsteknologier,
- det kan sandsynliggøres, at de kan udføres med anlægs- og driftsmæssig sikkerhed set i forhold til det havmiljø, de skal virke i,
- der kan fremvises industriel interesse og finansielle muligheder for en gennemførelse af udviklingsforløbet,
- de kan måle sig med bølgekraftanlæg, som udvikles internationalt.

2. Understøtte og igangsætte forskning og udvikling vedrørende nye anlægstyper, hvis der kan redegøres for

- at de har et teknisk, drifts- og anlægsøkonomisk potentiale, især set i forhold til andre typer af bølgekraftanlæg,
- hvordan de adskiller sig både teknisk og økonomisk fra tidligere i Danmark eller udlandet allerede undersøgte anlægstyper.

3. Understøtte og igangsætte undersøgelser som bl.a. sigter på at

- vurdere konkrete offshore lokaliseringsmuligheder i Danmark,
- vurdere særlige teknologiske løsninger vedrørende anlæg og drift af bølgekraftteknologi, som f.eks. sikker forankring etc.,
- afklare indpasningen af el produceret af bølgekraftanlæg i det danske elsystem,

hvis der er mulighed for, at disse undersøgelser indenfor en kortere tidshorisont kan anvendes af konkrete danske bølgekraftprojekter.

6. Implementering og opfølgning

For at opnå tilskud fra Energinet.dk eller Energistyrelsen skal projektansøgninger indenfor bølgekraft være i tråd med strategiens principper med hensyn til teknologisk indhold, finansiering mv. Strategien implementeres således primært via tilskudsgivningen til konkrete støtteværdige projekter. Ansøgningerne skal i øvrigt leve op til de generelle krav, som fremgår af de enkelte tilskudsgiveres udbudsmateriale.

I forhold til de offentlige tilskud er det nødvendigt for tilskudsgiverne løbende at følge udviklingen på bølgekraftområdet og at foretage eventuelle justeringer af strategien.

Som led i opfølgningen vil Energinet.dk og Energistyrelsen derfor med 1-2 års interval tage initiativ til at samle de aktive involverede aktører og interessenter til f.eks. en workshop, som kan bidrage til at sikre bl.a.:

- Informations- og resultatudveksling mellem de aktive danske bølgekraftmiljøer og -projekter
- koordinering og samarbejde mellem de forskellige danske parter, hvor det er muligt og relevant
- opdateret fælles viden om den internationale situation på området
- tilskudsgivernes og investorenes overblik over områdets udviklingsmæssige stadium mv.
- identifikation af nye F&U - indsatsområder og af behov for ændringer i strategien.

For at kunne følge og lære af udviklingen internationalt er det vigtigt for opfølgningen at fastholde det offentlige danske engagement i det internationale samarbejde på området.

Referencer

Ved udformning af strategirapporten er der - udover tilgængelig information om igangværende danske udviklingsprojekter på området - anvendt en række generelle rapporter mv. om bølgekraftanlæg og – energi, herunder:

- "Status og handlingsplan for bølgekraft", Det Rådgivende Bølgekraftudvalg, Energistyrelsen maj 1999
- "Fakta om bølgeenergi", Udarbejdet af Energicenter Danmark for Energistyrelsens Bølgekraftprogram, juli 2002
- "Bølgekraftprogram", afsluttende rapport fra Energistyrelsens Rådgivende Bølgekraftudvalg, august 2002
- "Wave Energy Utilization in Europe – Current status and Perspectives". European Thematic Network on Wave Energy – 2002
- www.thecarbontrust.co.uk
- www.hornsrev.dk
- www.nystedhavmoellepark.dk/frames.asp

Desuden er anvendt information fra nedenstående danske lovtekster og regler:

- Bekendtgørelse nr. 1364 af 15. december 2004: Bekendtgørelse om pristillæg til elektricitet produceret af andre vedvarende energianlæg end vindmøller (Pristillæg til elektricitet fremstillet ved biogas, biomasse, vandkraft, bølgekraft, solceller m.v.).
- Lov om elforsyning jf. lovbekendtgørelse nr. 151 af 10. marts 2003 (med senere ændringer).

Bilag 1: Deltagere i strategiudformningen

Strategien er udarbejdet af en strategigruppe med repræsentanter fra Energistyrelsen, Elkraft System og Eltra under medvirken af en kreds af aktører og eksperter på bølgekræftområdet.

Selve strategiudformningen er foretaget af Strategigruppen, mens aktører og eksperter har bidraget med kommentarer og oplysninger.

Strategigruppen:

Jan Bünger, Energistyrelsen
Ole Bilde, Konsulent, Elkraft System
Henriette Hindrichsen, Eltra
Niels Træholt Franck, Elkraft System

Aktører og eksperter:

Lars Christensen, Wave Dragon (SPOK)
Peter Frigaard, Aalborg Universitet
Preben Mægaard, Nordisk Folkecenter for Vedvarende Energi
Kim Nielsen, Rambøll
Per Resen Steenstrup, Wave Star Energy
Stig Vindeløv, Formand for Bølgekræftforeningen

Herudover er der den 27. april 2005 afholdt et høringsseminar, hvor strategien blev drøftet i en bred kreds af aktører og interessenter indenfor bølgekræftudvikling.