

STENO ADVICE

Brørsonsvej 7 B
DK 2630 Taastrup
Tlf: 2248 6084
e-mail: peter@roulund.dk

Hvordan sikrer vi en slagkraftig dansk bølgekraft industri?

Baggrundsnotat til Folketingets Enerkipolitiske Udvalg i forbindelse med Wavestar Energy's foretræde, torsdag den 26. april 2006

Indledning

Det er teknisk og intuitivt klart, at der findes en stor, udtømmelig naturlig energikilde i havets bølger.

Udviklingen af bølgekraftsystemer har optaget mange dygtige hjerner på verdensplan i over 100 år. Der er gennem tiderne opfundet over 200 nye bølgeenergi koncepter og udtaget over 1.000 patenter.

Selv en simpel prototype skal være velkonstrueret for at overleve i havet. Det kræver højt professionelt niveau fra dag 1.

Samlet er der på verdensplan investeret over 3 mia. kr. på demonstrationsanlæg, uden at nogen af de testede koncepter har fået det afgørende, kommercielle gennembrud. Den hidtidige danske støtte til området har heller ikke medført et afgørende gennembrud for en eller flere platforme.

Når mulighederne for udnyttelse af bølgekraft beskrives i den danske debat, drages der meget ofte paralleller til den udvikling, som har fundet sted på vindkraftområdet de seneste 30 år.

Der fremhæves, at Danmark ved en bevidst og målrettet satsning på forskning og udvikling indenfor bølgekraftområdet har mulighed for at gentage den succeshistorie, som udviklingen på vindmølleområdet ubestridt har vist sig at være.

Dette notat har til formål at belyse, hvilke politiske initiativer, der skal gennemføres for at hjælpe en lovende energiteknologisk industri i gang.

Hvorfor bølgekraft

Det totale potentiale ved udnyttelse af den bølgeenergi, der årligt er tilstede i danske farvande, kan – med nogen usikkerhed, naturligvis – teoretisk betragtet, beregnes til 30 TWh¹.

Der er tale om et betragteligt potentiale, der ved fuld udnyttelse overstiger det samlede danske elforbrug. Den fysiske forklaring på potentialet i bølgekraft hænger sammen med, at:

- Energitætheden i bølger er langt højere end i vind.
- Bølgeenergi er 3 til 5 gange mere stabilt end vindkraft og kan derfor bedre forudses og nyttiggøres.
- Bølger kommer og går langsomt og er tidsforskudt i forhold til vindkraft, og der er altid dønninger fra fjerne storme.
- Ved at rykke længere ud i havet og til nye lokaliteter kan bølgeenergien vokse med op til 3 gange i forhold til energi niveauet i Vesterhavet på 10 m vand.
- Der er få begrænsninger for en storskala udbygning i havet. Der er meget plads, selv udenfor fiskepladser og sejlrender.
- Bølgekraftanlæg kan designes, så de er neutrale i forhold til havmiljøet, og så de ikke påvirker fugle, fisk, pattedyr og planter.
- Bølgekraftanlæg kan udformes, så de på relativt kort afstand er usynlige og dermed har en visuel profil, der er markant mindre end, hvad der gælder for havvindmøller.

Der udestår naturligvis en lang række tekniske og økonomiske udfordringer, der skal løses, før en væsentlig del af energiforsyningen kan baseres på udnyttelse af bølgekraftens store energipotentiale.

Den teknologiske udvikling

De sidste 5 år er der kommet løsninger på banen, som muliggør en egentlig kommercialisering af bølgekraftanlæg, fordi de har følgende egenskaber:

- Effektiv stormsikring.
- Bygger på simpel og kendt teknologi, der kan gøres driftssikker.
- kWh priser, der kun er 3 til 4 gange højere end kommercielle priser.
- Maskiner, der kan skaleres – gøres større og billigere, på sigt.

Wave Star bølgekraftmaskinerne bliver konstrueret til en driftstid på omtrent 50 år i havmiljø. Reelt vil maskinerne være afskrevet på under 20 år, og så er resten af driftstiden ren indtjening, på nær de løbende vedligeholdelseskostninger.

Planen er, at maskinerne hvert 10. år skal gennemgå et hovedeftersyn, hvilket vil ske ved, at maskinen bliver bugseret ind på land, så man undgår dyre offshore operationer.

Hvad er industripotentialer for bølgeenergi?

Efterhånden som kWh priserne reduceres på bølgeenergi, tyder selv de mest pessimistiske undersøgelser på, at verdensmarkedet for bølgeenergi er mindst lige så stort som for vindkraft i dag, mellem 50 til 100 mia. kr. pr. år.

¹ Bølgekraftteknologi. Strategi for forskning og udvikling. Juni 2005 udgivet af Energistyrelsen, Elkraft System og Eltra.

Wave Star konceptet har en 3 til 5 gange højere ydelse end de bedste bølgeenergi systemer i verden i dag og kan skaleres til store 6 MW maskiner, der efterspørges af el-selskaberne.

Dertil kommer tilstedeværelsen af en stærk vindmølleindustrikultur i DK med færdigheder, som direkte kan anvendes som springbræt i en ny bølgeenergi industri. Der kan forventes skabt 10.000 nye højteknologiske jobs i Danmark. Branchen spås endvidere at få en høj eksportandel (+ 85%).

Det er altså ikke at tage munden for fuld at drage paralleller til den udvikling, som på vindkraftområdet i løbet af kun 30 år har bragt Danmark en global førerposition og en energiteknologisk eksport af en størrelse, der er afgørende for velfærden i samfundet.

Hvordan sikrer vi en slagkraftig dansk bølgekraft industri?

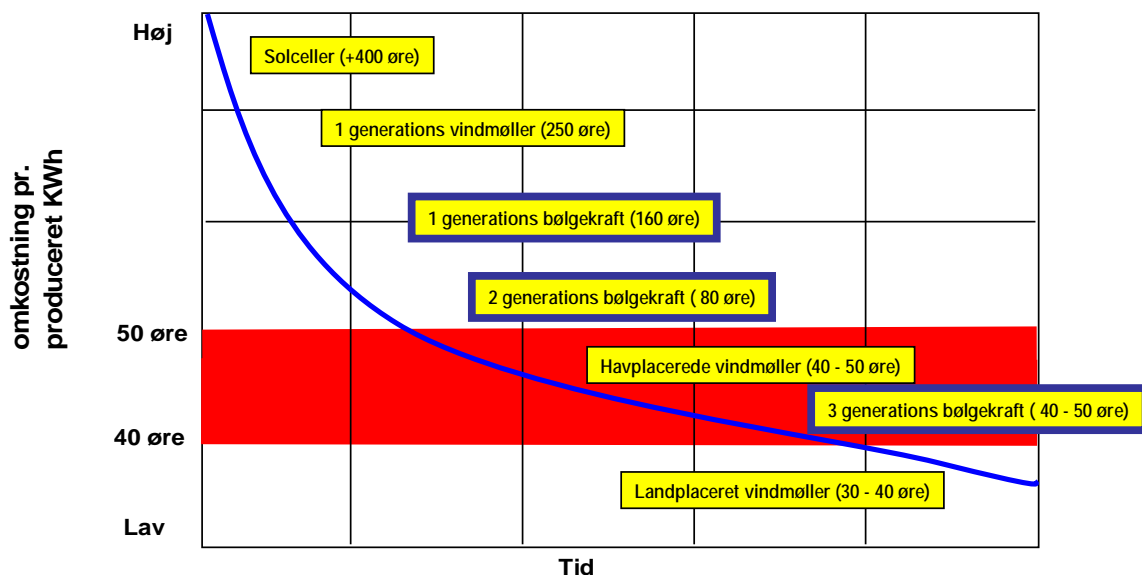
Grundlaget for den succeshistorie, som vindkraften udgør indenfor dansk energiteknologi, har sit udspring i en stærk iværksætterkultur og ikke mindst politisk vilje til at sikre industrien et attraktivt hjemmemarked i den svære begynderperiode.

I dag er det ikke længere et teknisk spørgsmål, om Danmark kan blive hjemsted for en vækstorienteret bølgekraftindustri. Det er udelukkende et politisk spørgsmål, da bølgeenergi er ny teknologi på "Ford -T niveau", som ikke er i stand til at konkurrere på lige vilkår med traditionelle teknologier.

Det vedtagne EUDP program giver over en 5-årig periode mulighed for udvikling og bygning af demonstrationsanlæg i Vesterhavet, hvor anlæggenes elproduktion og den praktiske drift bliver dokumenteret, og anlæggene gøres driftspålidelige i havet.

Men selv efter dette forløb vil bølgekraft ikke være rentabel, da kWh prisen i forventes at være 3 til 4 gange højere end den kommercielle pris.

Teknologisk udvikling fører til lavere priser



For at være konkurrencedygtig i forhold til vindmøller skal Wave Star-maskinen reducere sin kilowatttimepris fire gange. Til sammenligning har vindmølleindustrien de seneste 30 år skullet reducere sine priser syv gange for at nå det prisniveau, vindmølleenergien er på i dag.

Den nuværende politik på området er utilstrækkelig

Den officielle danske strategi på bølgekræftområdet² kan sammenfattes i målsætninger om, 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 bølgekræftanlæg, 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 bølgekræftteknologi, som f.eks. sikker forankring, og at afklare indpasningen af el produceret af bølgekræftanlæg 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 bølgekræftudviklingen skal ske hen imod en øget kommercialisering af teknologien.

Det vil være forkert at karakterisere den nuværende strategi som offensiv.

En ændring af strategien i retning af en mere offensiv satsning på at tilvejebringe et hjemmemarked vil være nødvendig, hvis bølgekræftindustrien ikke skal lide vuggedøden.

Der må derfor sættes fokus på afregningsforholdene for bølgekræft.

Den nuværende afregningspris skaber ikke et hjemmemarked

I dag gælder, at bølgekræftproduceret elektricitet i Danmark modtager en samlet afregning på 60 øre pr. KWh i de første 10 år, faldende til 40 øre/KWh de næste 10 år³, mens det forekommer uklart, hvorledes fordelingen af tilslutningsomkostninger foretages mellem netselskaber og bølgekræftproducenter.

Finansieringen af støtten er pålagt den systemansvarlige virksomhed – Energinet.dk - der ejes af staten, og sker i praksis ved, at omkostningerne til støtteordningen opkræves hos private og industrielle elforbrugere via tillæg til transmissionstariffen.

Fastlæggelse af afregningsprisen på 60 øre/KWh til bølgekræft er sket med udgangspunkt i de forhold, der gør sig gældende for vindkraft. Støttebeløbet er altså ikke fastlagt på grundlag af specifikke forhold, der vedrører bølgekræft.

Når beløbet på 60 øre pr. KWh langt fra er tilstrækkeligt, hænger det sammen med, at udviklingsomkostningerne for bølgekræftanlæg er markant højere end tilsvarende omkostninger for vindkraft.

Årsagen hertil er, at udviklingen af vindkraft kunne foregå på land og desuden kunne ske ved langsom opskalering fra små møller til større enheder. Modsat er situationen for

² Bølgekræftteknologi. Strategi for forskning og udvikling. Juni 2005 udgivet af Energistyrelsen, Elkraft System og Eltra

³ Bekendtgørelse nr. 1364 af 15. december 2004 om pristillæg til elektricitet produceret af andre vedvarende energianlæg end vindmøller

bølgekraft-anlæg at de, efter en vis udviklingsperiode i laboratoriemiljøer, skal afprøves i havmiljøet, med hvad deraf følger af stærkt forøgede omkostninger.

Det er med andre ord ekstremt dyrt at bringe et bølgekraftanlæg fra skalamodel til fuldskala afprøvning i et realistisk driftsmiljø.

Det betyder større risiko i de enkelte projekter, og derfor er der behov for en bedre støtteordning, der tager højde for de faktiske risikoforhold, der gælder på bølgekraftområdet.

Behov for bedre vilkår

Der skal vedtages en afregningsmodel, der gør bølgeenergi rentabel og sætter rammerne for etablering af et hjemmemarked.

I praksis betyder det, at der skal tilbydes en afregningspris på 1,60 kr. pr. kWh i 10 år for de første anlæg.⁴ Dette vil placere den danske ordning på linie med, hvad der tilbydes i Portugal og snart i UK, som et 10-årigt program og udgør lidt mere end den dobbelte pris pr. kWh for havvindmølle energi i dag.

Alternativt kan der ydes et tilskud til etablering + en forhøjet afregningspris pr. kWh, der gælder i mindst 10 år, da det vil være risikabelt i begyndelsen, indtil bølgekraft er dokumenteret i Vesterhavet og kan installeres og vedligeholdes på rutine basis, med kendt elproduktion og kendte udgifter.

Hvor stor vil samfundets investering være, hvis forslaget følges

Det danske samfund investerer i dag milliarder af kroner årligt i CO2 reducerende tiltag. Det sker bl.a. ved at udbyde havmølleprojekter hvor der konkurreres på laveste pris.

I relation til bølgekraftområdet er det interessante spørgsmål, hvad merprisen på en opstart ordning vil være i forhold til gældende ordninger?

Regnestykket er simpelt: Bølgeenergi skal i 1. generation have en afregningspris på 160 øre pr. kWh i de første 10 år, for at være rentabel. Det beløber sig til 100 øre mere pr. kWh, end den gældende ordning.

Hvis der regnes på 2 stk. 500 kW bølgeenergi systemer (i alt 1MW), så vil to anlæg kunne producere 2,4 mio. kWh på Horns Rev. Merprisen herfor vil være 2,4 mio. kr. ekstra pr. MW pr. år.

Hvis der etableres en høj afregning for de første 10 MW, vil det med 10 MW installeret koste 24 mio.kr. pr. år i 10 år.

De nuværende støttemuligheder til bølgekraftudviklingen er karakteriseret ved at være økonomiske utilstrækkelige, projektafhængige og dermed usikre, da støtte tildeles i konkurrence med projekter inden for andre teknologiområder.

Ønskes udviklingen på bølgekraftområdet fremmet, er der behov for nytænkning i form af en målrettet indsats der

⁴ Bølgekraft i Danmark - hvordan kommer vi videre?. Notat fra Bølgekraftforeningen, 15.06.2004. Der henvises til, at der i Portugal kan opnås en afregningspris på kr. 1,65 pr. produceret kWh, indtil der er etableret 20 MW bølgekraft. Argumentet, der fremføres er, at et tilsvarende afregningsniveau vil være nødvendig i Danmark i en periode på nogle år, indtil teknikken er modnet og en udvælgelsesproces har ført til billiggørelse af strømproduktionen.

- har til formål at bringe bølgekraft frem til kommerciel drift og dermed er reserveret den del af bølgekraftteknologien, som rent faktisk kan producere el på en effektiv måde og dermed er tættest på at være klar til kommerciel udnyttelse.
- Er omfattet af en samlet økonomisk ramme, så de politiske beslutningstagere på forhånd ved, hvor store omkostninger, der er forbundet med støtten.

Ved at tilrettelægge støttesystemet som produktionsafhængigt, dvs. som en støtte pr. produceret KWh, præmieres anlægs konstruktioner, der er effektive til at producere el.

Oversigt over kilder anvendt i notatet

Bølgekraftteknologi. Strategi for forskning og udvikling.
Juni 2005 udgivet af Energistyrelsen, Elkraft System og Eltra.

Bølgekraft i Danmark - hvordan kommer vi videre?
Notat fra Bølgekraftforeningen, 15.06.2004.

Bekendtgørelse nr. 1364 af 15.december 2004 om pristillæg til elektricitet produceret af andre vedvarende energianlæg end vindmøller

Strategi for forskning, udvikling og demonstration på energiområdet.
Det Rådgivende Energiforskningsudvalg (REFU) April 2006

Hvad koster vindmøllestrøm i Danmark medio 2006 (nye projekter). Per Nielsen, EMD

www.wavestarenergy.com

Nærværende notat er udarbejdet af StenoAdvice på grundlag af offentligt tilgængelige kilder. Skulle der i notatet være egentlige fejl eller fejlkonklusioner, påhviler ansvaret herfor alene StenoAdvice, idet hverken rekvirenten eller de anvendte kilder har haft indflydelse på tilblivelsen af notatet.

Taastrup den 21. april 2007

**STENO
ADVICE**

Peter Roulund
Cand.scient.pol

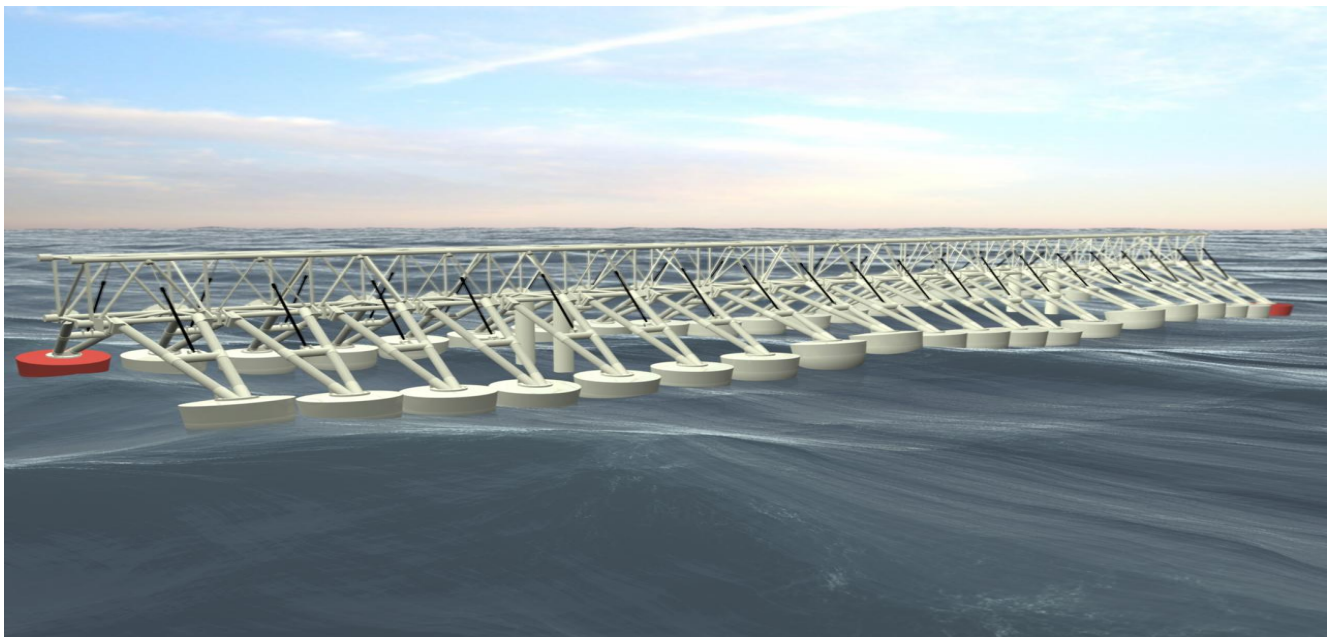
Appendix: Sådan fungerer Wave Star-maskinen

Wave Star-maskinen løser de på én gang banale og komplicerede problemstillinger, der i årevis har hæmmet udviklingen af konkurrencedygtig bølgekræftteknologi.

Udgangspunktet for Wave Star adskiller sig i høj grad fra mange andre bølgekræftmaskiner.

Wave Star Energys bølgekræftmaskine er en såkaldt *multi point absorber*. Det vil sige en maskine udstyret med en række flydere, der bevæges af bølgerne. Maskinen danner ikke front mod bølgerne med henblik på at drive al energi ud af dem, men skærer i stedet vinkelret ind i bølgeretningen. På den måde løber bølgerne gennem maskinens længde, og energien fra dem udnyttes i en løbende proces.

På hver side af den aflange maskine er der 20 halvkugleformede flydere, der stikker halvt ned i vandet. Når en bølge kommer rullende, presses den første flyder op, dernæst nummer to og så videre, indtil bølgen ebber ud.



Flyderne sidder for enden af hver sin hydrauliskcylinder. Når en flyder presses op, trykker et stempel i cylinderen olie ind i maskinens fælles rørledning med et tryk på op mod 200 bar. Trykket driver en hydrauliskmotor, som er forbundet med den generator, der producerer strømmen.

Eftersom maskinen er flere bølgelængder lang, vil flyderne hele tiden presse energi ind i den.

Afgørende forudsætninger for succes

Designet af Wave Star-konceptet har fra starten været styrt af fire, grundlæggende krav, der er afgørende for, om en bølgekræftmaskine kan blive en kommerciel succes.

For det første skal maskinen kunne stormsikres på en enkel måde. I Wave Stars tilfælde sker dette ved, at maskinen automatisk løfter flyderne op af vandet, hvis bølgerne bliver over en vis højde. For en fuldsalamaskine betyder det, at flyderne i tilfælde af bølgehøjder på over otte meter bliver hævet op i sikkerhed 20 meter over havoverfladen.

Eftersom maskinen står placeret, så den skærer ind mod den dominerende bølgeretning, vil den endvidere oftest få vinden mod den smalle ende af maskinen.



Simpel med effektiv stormsikring

Det andet krav består i, at ydelse og pris pr. MW på en bølgekraftmaskinen skal være sammenlignelig med en 1 MW havvindmølle. Dette lever Wave Star op til.

Det tredje krav er modsat de fleste andre konstruktioner, at så få dele af maskinen skal befinde sig i vandet. Udstyr, der ligger i havvand, er ekstremt dyrt at producere, og det er ligeledes dyrt at vedligeholde. En Wave Star-maskine indfrier dette krav ved at hvile over havoverfladen på stål-pæle, og ved, at de eneste nedsænkede dele af maskinen er glasfiberflyderne.

Det sidste krav er, at maskinen skal være baseret på kendt teknologi. Det sikrer mere stabil drift og hurtigere projektopstart uden en endeløs række af udstyrstests. Grundlæggende er Wave Star-maskinen udelukkende baseret på kendt teknologi. Dens hydrauliksystem er ganske vist innovativt med sit fælles transmissionssystem, men alle komponenterne er kendte og gennemtestede.

Wave Star-maskinens kritiske dele befinder sig i et generatorhus oppe på broen. Her står generator, computere og relæer under klimatiserede forhold, der sikrer mod skader fra fugt og havgus. På den nuværende 1:10 model er udstyret præcis det samme, som i en fuldsalamodel, blot er generatoren mindre.

Wavestar er nem at transportere

En Wave Star-maskine færdigproduceres fuldstændigt på land, hvorefter den bugseres ud til de stål-stolper, den skal hvile på. Bugseringen foregår relativt nemt, idet maskinen bæres oppe af dens egne flydere. Maskinen placeres over stål-pælene, hvorpå flyderarmene slås ud, indtil den hviler på pælene. Her boltes den fast. Når maskinen skal til serviceeftersyn eller reparation, løsnes den og bugseres ind på land igen.

Eftersom Wave Star producerer el via 40 uafhængige flydere, er den dog svær at sætte ud af drift. Hvis en flyder går i stykker, sikrer de resterende 39 den fortsatte el-produktion. Maskinen kan producere el, om end med reduceret effekt, med op til 75 procent af flyderne ude af drift.

Facts om 1:10 modellen i Nissum Bredning

1:10 modellen i Nissum Bredning er 24 meter lang. En tommelfingerregel siger, at bølger kan nå en højde svarende til 75 procent af vanddybden, før de knækker over. 1:10

modellen står på to meter vand. Maskinen har 40 halvkugleformede flydere, der hver har en diameter på én meter. Modellens generator er på 5,5 kilowatt.

De 20 flydere på hver side af maskinen, der genererer strømmen ved at bølgerne presser dem opad, er en meter i diameter og genererer el ved bølger på blot 10 centimeters højde. Men trods sin størrelse er testmaskinen bygget præcis som den 240 meter lange Wave Star-maskine, der venter ude i fremtiden. 1:10 maskinen bliver styret præcis som storskalamaskinen, hvilket betyder, at der allerede høstes praktisk driftserfaring.

Beregninger og tests viser, at bølgemaskinen producerer energi omtrent 90 procent af tiden, og at den 30 procent af tiden vil køre med maksimal kraft. Hver gang maskinen fordobler sin størrelse, bliver dens effekt omtrent 11 gange større.

Skala 1:10 maskinen i Nissum Bredning skal køre i en periode frem til august 2008. Målet er at optimere energiproduktionen fra bølgerne og samle driftserfaringer med komponenterne.

Hvad er planen nu?

Konstruktionen af skala 1:2 maskinen til Horns Rev er allerede i fuld gang. En sektion af 500 kW maskinen, med alle hovedkomponenter, bygges færdig i 2007 og installeres på Roshage mole i Hanstholm i 2008.

Den første seriefremstillede 500 kW maskine bygges færdig i 2008 og testinstalleres nord for Lolland ved Onsevig i foråret 2009. Derefter installeres maskinen på Horns Rev, senere i 2009.

Jo større maskine, jo større bølger kan den klare – og jo større dybde kan den stå på. Storskala-modellen er beregnet til at stå på 20 meter vand og vil være udstyret med flydere på 10 meter i diameter og en tre-megawatt generator.

Kommerialiseringen af Wave Star-konceptet vil blive påbegyndt, når den 500-kW maskine, der netop nu er under udvikling, har leveret tilfredsstillende resultater i Vesterhavet. Dette vil efter planen ske i løbet af tre til fire år.

Hvad sker der med effekten når maskinerne vokser i størrelse?

Maskinen i Nissum Bredning er en skala 1:10 maskine. Den er 24 m lang, har 40 flydere på hver Ø 1m, og står på 2 m vand. I **0,5 m bølger** yder den **1.800 W** elektrisk effekt.

Skala 1:2 maskine på 120 m længde og med 40 stk. Ø 5 m flydere står på 10 m vand. I **2,5 m bølger** yder den **500 kW**.

Skala 1:1 maskine på 240 m længde og med 40 stk. Ø 10 m flydere står på 20 m vand. I **5,0 m bølger** yder den **6 MW**.

Skala 1,5 :1 maskine på 360 m længde og med 40 stk. Ø 15 m flydere står på 30 m vand. I **7,5 m bølger** yder den **24 MW**.

Hver gang maskinen fordobles i størrelse og bølgehøjden fordobles, går effekten 11 gange op.