

VAR LIGGER **HORISONTEN?**

**Stor potential men stora
utmaningar för vågkraften**



Vågkraft

**En fördjupningsstudie om vågkraft
inom projektet Framsyn och Tillväxtområden
i svensk exportindustri**

Förord

Sverige är ett exportberoende land som framgångsrikt skapat tillväxt, jobb och välbefinnande genom att företag har tagit fram lösningar som varit internationellt konkurrenskraftiga. Det är ingenting som kan tas för givet. Innovationer och nya marknader måste ständigt skapas, i en allt starkare global konkurrens. En stor del av näringslivet i Sverige är idag direkt eller indirekt en del av globala marknader. Företagens framtida konkurrenskraft och positioner på dessa marknader kommer att vara avgörande för deras lönsamhet och därmed också för ekonomisk tillväxt och jobbtillväxt i Sverige.

Projektet *Framsyn och tillväxtområden i svensk exportindustri* syftar till att identifiera framväxande globala tillväxtområden – EBOs (emerging business opportunities) – och förutsättningar för svenska exportföretag inom ramen för dessa tillväxtområden. EBOs karaktäriseras av att de är under utveckling, vilket innebär att det ännu inte finns en definierad marknad med väletablerade aktörer eller aktörsroller. Istället karaktäriseras de av stor osäkerhet och därför betydande öppenhet, där nya aktörer och konstellationer växer fram, vilket ofta leder till nya värdesystem där branscher konvergerar och formar nya mönster för värdeskapande och nya aktörsnätverk.

Projektet drivs av Blue Institute, en tankesmedja grundad av Mercuri Urval, med fokus på strategi- och tillväxtfrågor. Mercuri Urval är ett svenskt konsultföretag med verksamhet i ett trettiotal länder, som arbetar för att stärka sina kunders konkurrenskraft genom att identifiera, utveckla och tillföra rätt kompetens och förmåga som gör det möjligt att bygga upp organisatorisk och strategisk styrka.

Analysarbetet och rapporterna inom ramen för *Framsyn och tillväxtområden i svensk exportindustri* är en del av den verksamhet som Blue Institute bedriver för att skapa och sprida kunskap om marknadsutveckling och de strategiska utmaningar som näringslivet står inför. Genom att arbeta utifrån ett industriellt nätverk, med en industriell tidshorisont och i nära samarbete med de företag som är involverade i tillväxtområdena har den kunskapen kontinuerligt validerats och spridits. Det här underlaget bör därigenom hjälpa beslutsfattare att driva strategier som bidrar till olika branschers förmåga att transformera sig i enlighet med konkurrensutvecklingen – för att säkra en långsiktig överlevnad och tillväxt. Programmet drivs med bidrag från VINNOVA.

Förståelse för svenskt näringslivs möjligheter och hinder inom framväxande globala tillväxtområden är av fundamental betydelse för svensk forsknings-, innovations- och tillväxtpolitik. Identifiering och karakterisering av viktiga drivkrafter och motkrafter för värdetillväxt, exporttillväxt och jobbtillväxt inom ramen för framtida tillväxtom-

råden är därför utgångspunkten för VINNOVAS satsningar för att bidra till hållbar tillväxt genom behovsmotiverad forskning och utveckling av effektiva innovationssystem. Därför är en kvalificerad framsynsverksamhet en viktig del i VINNOVAS strategiutveckling.

VINNOVAS framsynsverksamhet fokuserar på framväxande globala tillväxtområden och förutsättningarna för att med offentliga satsningar på forskning, utveckling och innovation bidra till hållbar tillväxt i Sverige inom ramen för dessa. Framsynsverksamheten syftar dessutom till att identifiera andra typer av policyinsatser än investeringar i forskning, utveckling och innovation som är viktiga för att möjliggöra ekonomisk tillväxt och jobbtillväxt inom framväxande tillväxtområden. Därmed bör den kunna utgöra ett viktigt underlag för svensk närings- och tillväxtpolitik.

I de fördjupningsstudier som presenteras i den här skriftserien har avsikten varit att ge en helhetsbild såväl vad gäller områdets plats i ett globalt marknadssystem, vilka drivkrafter och motkrafter som finns, vilka aktörer som kan ta en position, samt de tekniska möjligheterna och statusen på forskning och utveckling.

Föreliggande fördjupningsstudie om vågkraft är en del av en kontinuerligt växande urvalsram bestående av utvecklingsområden som identifierats av näringslivet själva, där företagsledningarna engagerats och identifierat utvecklingsprojekt som är kommersiellt gångbara inom 2 till 5 år. Ett fyrtiotal feasibility studier har genomförts inom urvalsramen. Fördjupningsstudien om vågkraft har utförts av Benjamin Ståhl, Blue Institute. Tidsramen och karaktären i allmänhet av EBOs innebär att rapporten inte gör anspråk på att vara en definitiv beskrivning eller ha svar på alla frågor som väcks. Det är en rapport som beskriver och kommenterar den framväxande marknaden, och syftar till att skapa och underlätta diskussion.

Göran Liljegren

Executive Chairman, Blue Institute

Göran Marklund

tf Vice Generaldirektör, VINNOVA

Innehåll

Sammanfattning	7
Inledning	9
Vad är vågkraft?	10
Teknologi och teknikutveckling	11
Marknad	13
Drivkrafter	13
Marknadspotential	14
Aktörer och affärsmodeller	17
Vågkraftsleverantörer	17
Kommersiella och förkommersiella aktörer	17
Demonstratorer och utveckling	23
Underleverantörer	27
Kraftbolag	28
Slutsatser	31
Referenser	33
VINNOVAs publikationer	35

Sammanfattning

Vågkraft är ett område med en stor och lovande teoretisk potential. För att det ska översättas i en marknadspotential måste dock den tekniska utvecklingen fortskrida, drivkrafter upprätthållas och motkrafter överkommas.

Den teoretiska potentialen är stor – 10 % av världens energibehov skulle kunna täckas av vågkraft, vilket skulle motsvara investeringar på ca € 500 miljarder. Elproduktionskostnaden med vågkraft är – förutsatt industriell skala – konkurrenskraftig jämfört med t.ex. solceller. Möjligheten att bygga stora anläggningar för volymproduktion tilltalar kraftbolag, som med sina finansieringsmöjligheter skulle kunna sörja för en snabb installationstakt. Men även utmaningarna är stora. De bolag som ska utveckla tekniken och marknaden är små, med liten kraft och uthållighet. De faktiska kostnaderna är fortfarande höga, eftersom hela utvecklingskostnader måste slås ut på ett fåtal producerande enheter (om några finns överhuvudtaget). Väldigt få lösningar har nått förbi utvecklings- och demostadiet, vilket gör konstruktionerna dyra. Mycket utvecklingsarbete kvarstår, och kapitalet är för de flesta aktörerna begränsat. Uthållighet – förutom faktisk teknisk framgång – är kritiskt, vilket gör vågkraftsbolag beroende av kontinuerlig finansiering.

Konkurrensen inom området är stor – många företag tävlar om att först installera sin lösning i stor skala. En öppen fråga är om det finns utrymme för en mångfald av lösningar inom vågkraft. Å ena sidan kan ett genombrott agera "isbrytare" för vågkraft som helhet. Det kan bidra till att det kommer upp på agendan, att det blir lättare att skaffa kapital, att stödsystem innefattar vågkraft, och att tillståndsförfaranden underlättas. Å andra sidan kan ett genombrott, som följs av skalekonomi och sjunkande produktionskostnader, leda till att en dominant design tränger undan andra lösningar.

Dessutom finns det andra förnybara energikällor som har kommit längre i utvecklingen, och risken för vågkraft är att den stora fokuseringen och ambitiösa målbilden vad gäller förnybar energi som nu finns, kommer att prioritera implementering av befintliga lösningar snarare än utvecklingen av nya.

Svenska företag är väl representerade inom området, särskilt om man beaktar det relativt sätt dåliga vågklimatet runt Sveriges kuster. Dels är underleverantörer som ABB verksamma inom flera lösningar, och kommer dessutom att ha möjlighet att leverera kringutrustning till i stort sätt vilken lösning som helst. Vattenfall är också aktivt inom området. Svensk forskning håller hög klass internationellt sätt. Dessutom finns det en

vågkraftverkstillverkare, Seabased AB, som är relativt långt fram i sin utveckling – om än inte längst fram.

Slutsatserna från den här fördjupningsstudien är att även om vågkraft har en stor teoretisk potential, så är utmaningarna stora och en kommersialisering ligger längre än fem år fram i tiden. Men sannolikheten finns att det är de framgångar som företag uppnår i den nära framtiden som kommer att avgöra vilka som kan bli betydelsefulla aktörer längre fram.

Inledning

Kraften som finns i vågor är uppenbar – på en strand, vars fina sand är resultatet av vågornas malande, eller i hög sjö, är det lätt att uppskatta vågornas kraft. Därför är det inte konstigt att människor länge försökt utnyttja vågornas rörelse. Men det är först nu som tekniken har utvecklats så långt att en implementering i större skala kan vara en möjlighet.

Vågkraft är benämningen på omvandlandet av rörelseenergin i vågor till elektricitet. I grunden är vågkraft en synnerligen attraktivt energikälla eftersom den är förnyelsebar och finns i väldigt stora mängder, då världen till mestadel är täckt av hav. Vågor är i princip lagrad vind, som i sin tur är lagrad sol. Det ger dem en väldigt hög energitäthet, med en hög tillgänglighetsgrad.

Det finns än så länge mycket få vågkraftslösningar tillgängliga på marknaden. Det största skälet till det är tekniska svårigheter samtidigt som det finns alternativa, mer lönsamma, energikällor. Andra förnybara energikällor har kommit längre i sin teknikutveckling och kommersialisering, varför vågkraft också haft svårt att hävda sig på strikt miljömässiga grunder.

Det finns däremot en stor mängd lösningar och koncept för att ta tillvara på vågkraften. Några av dessa är nu nära kommersialisering. Det som kännetecknar företagen som utvecklar vågkraftsverk är dock att de är relativt små och att de fortfarande har mycket utvecklingsarbete framför sig – både teknisk utveckling och ett omfattande marknadsföringsarbete. Vågkraftslösningarna som finns är också väldigt olika – ibland radikalt olika – vilket minskar möjligheterna att få till stånd standardisering och nå externa stordriftsfördelar.

Syftet med den här fördjupningsstudien är att beskriva utnyttjande av vågkraft för förnybar produktion av el. Studien har utgått ifrån ett globalt marknadsperspektiv. Det innebär att den i första hand beskriver den marknad som finns och som utvecklas, istället för att utgå från teknologi, möjlig elförsörjningspotential eller klimatpolitiska överväganden. Rapporten belyser drivkrafter, marknadsomfattning, marknadspotential och aktörer som håller på att skapa marknaden. Det är en del av flera studier som sammanlagt analyserar förnybara energikällor som tillväxtområde, svenska företags roll däri, och den dynamik som uppstår när befintliga och nya aktörer försöker realisera affärsmöjligheter.

Vad är vågkraft?

Vågor formas av vind som blåser över vattenytan. Energi växlas mellan vinden och vattenytan, vilket först artar sig som små krusningar. Vinden som blåser över krusningarna orsaker ett högre lufttryck framför vågen än bakom den, vilket gör att krusningarna växer till vågor. Vågorna byggs successivt upp på höjden och avståndet mellan topparna blir längre. Hur mycket energi en våg innehåller beror på vindens hastighet, hur länge det blåser, och hur lång sträcka är. Vid optimala förhållanden kan vågor innehålla mer än 80 kW per meter vågfront, där de är som energirikast (till havs på södra halvklotet). Efterhand blir vågorna mer reguljära, och blir till dyningar. På så sätt kan man beskriva vågor som lagrad vind. Vind kommer i sin tur av solen, då solvärme skapar hög- och lågtryck. Därför är vågor ytterst lagrad solenergi, och i varje steg så kondenseras energimängden.

Teknologier för vågkraft försöker att ta tillvara på den höga energitäthet som vågor har och transformera den till elektricitet. Det finns en uppsjö olika lösningar. Exploateringen av vågkraft kan ske till havs (offshore), nära land, eller där vågorna möter land. Den största energipotentialen finns offshore, beroende på vågornas storlek – och därmed energimängd – men är samtidigt svårast då väderförhållandena kan vara periodvis extrema och då sammankopplingen med en befintlig infrastruktur blir dyrare. Närmare kust är ofta vågorna relativt mindre energirika, men det kompenseras av att tillgängligheten är bättre.

Grundprincipen för vågkraft är att absorbera vågens vertikala rörelse och transformera den till användbar mekanisk energi, som konverteras till elektricitet genom en generator. Men hur det går till skiljer sig mycket åt mellan olika lösningar. Den specifika lösning som finns är oftast kärnan i de företag som utvecklar vågkraft. Vågkraft skiljer sig därför rätt mycket från andra förnybara energibranscher, där teknologierna är snarlika.

Det finns ett antal grundläggande problem som uppkommer när vågornas vertikala och varierande rörelse ska omvandlas till el.¹

- **Överspecifikation:** För att kunna arbeta effektivt måste ett vågkraftverk vara designat för den genomsnittliga vågstyrkan i miljön där den är placerad. Samtidigt måste den kunna motstå mycket högre krafter för att klara sällsynta, extrema väderförhållanden. I Nordsjön är vågenergin typiskt 30–70 kW/m, men i extrema förhållanden kan vågor innehålla över 2 000 kW/m. Eftersom kostnadsstrukturen för vågkraft (liksom för flera andra typer av förnybar energi) baseras

på kapitalkostnaden, medan ”bränslet” är gratis, innebär det en mycket högre kostnad för att producera energi när designen måste vara många gånger robustare än vad normalfallet betingar.

- **Varierande vågenergi:** Energiinnehållet varierar med vädret men också från en våg till en annan. Den variationen måste konverteras till en användbar, jämn uteffekt som kan användas i det lokala kraftnätet.
- **Varierande vågriktning:** Ett vågkraftverk måste kunna hantera en stor variation av vågriktningar, antingen genom att rikta om sig eller vara symmetrisk. Alternativt kan det vara nära kusten, där vågriktningen tenderar att likrikta sig.
- **Våggrörelse:** Vågor oscillerar relativt sakta, vilket måste transformeras till en uteffekt som kan driva en generator som typiskt kräver höga varvtal.

Dessutom är hav en hård miljö för mekaniska konstruktioner att befinna sig i. Material och komponenter måste skyddas från korrosivt saltvatten och förekomsten av extremt väder. De teknologier som finns försöker på olika sätt överkomma de här problemen.

Teknologi och teknikutveckling

Det finns ingen tydligt definierad dominerande design, d.v.s. teknisk lösning, för vågkraft. Istället finns det en uppsjö av lösningar, där somliga är radikalt olika andra. Den tekniska utmaningen i mekaniska system är främst att överkomma vågors relativa långsamma och högst variabla rörelse i energi, då konventionella generatorer mår bäst vid höga varvtal och små krafter. Komplexa växelsystem har inte visat sig bärkraftiga, särskilt p.g.a. den utsatta position som generatorerna befinner sig i. Lösningarna riktar in sig på att istället använda linjära generatorer eller hydrauliska system som översätter till roterande rörelse och konventionella generatorer. Beroende på teknologi och företag ligger det oftast en specifik komponentutveckling i grunden för de kommersiella företagen. I svenska **Seabased AB:s** fall är det en linjärgenerator med permanentmagneter, t.ex., och i australiensiska **Oceanlinx** fall är det en turbin.

European Marine Energy Center (EMEC) identifierar inte mindre än 6 olika slag av grundprinciper för att konvertera vågornas kraft till användbar energi. Dessa är:

1. Dämpare (Attenuators)

En dämpare flyter på ytan och rör sig parallellt i vågens riktning. Rörelseförmågan begränsas selektivt, och kan på så sätt utvinna energi.² Verkningsgraden är mycket hög. De tidigaste moderna lösningarna (”Salter Ducks”) liksom **Pelamis** är exempel på dämpare.

2. Bojtyper (Point Absorbers)

En absorbent – typiskt en boj – som absorberar vågens rörelse vertikalt (och även i andra riktningar) och kopplas till olika system som kan sitta i bojen eller på botten. Svenska **Seabaseds** lösning är ett exempel på en absorbent.

3. Oscillerande vågsvallskonverterare (Oscillating Wave Surge Converter)

En vågsvallskonverterare utnyttjar rörelsen i vattenpartiklar som uppstår under ytan av vågor. Den står ofta relativt grunt och pendlar fram och tillbaks, och energin i rörelsen fångas. Finska **AW-Energys** WaveRoller och skotska **Aqua-marine Powers** Oyster är exempel.

4. Oscillerande vattenkolumn (Oscillating water column)

Principen bygger på en flytande, delvis nedsänkt struktur, som vågor passerar igenom. Genom vågornas rörelse komprimeras luft inne i strukturen, som ventileras efter att passera genom – och driva – en turbin. När vågen sjunker undan skapas ett undertryck som drar in luft genom samma turbin, som är konstruerad så att den alltid roterar i samma riktning. Australiensiska **Oceanlinx** är ett exempel.

5. Vattendriven turbin (Overtopping device)

Som ett artificiellt korallrev samlar en struktur upp vatten genom att vågorna slår över en struktur. En bassäng skapas som dräneras genom ett rör där det sitter en turbin. Danska **Wave Dragon** är ett exempel.

6. Tryckdifferens (Submerged Pressure Differential)

Vågornas rörelse gör att havsyntans höjd varierar, vilket orsakar en tryckförändring, särskilt på grunt vatten. Genom att det varierande trycket tas tillvara kan vätska pumpas genom ett system för att generera elektricitet. Skotska **Archimedes Wave Swing** är ett exempel

Det finns också andra indelningar. En typ av indelning skiljer mellan hydrauliska system, pneumatiska system samt mekaniska system. **World Energy Council** skilde tidigare mellan *Tapered Channel Device*, *Oscillating Water Column*, *Pivoting Flap Device* samt *Heaving Buoy Device*. Dessutom finns många enskilda lösningar som ligger utanför dylika kategoriseringar. **EMEC** har t.ex. en kategori av ”övriga lösningar”.

I sin senaste översikt noterar **World Energy Council** att det är ”lovande” att se att det finns en viss konvergens till tre huvudprinciper för att generera vågkraft: overtopping devices, bottenförtöjda hydrauliska mekanismer, samt oscillerande vattenkolumner. Samtidigt uttrycker de att det är ”nedslående” att så många, små företag försöker uppfinna hjulet igen.

Det finns således ingen dominant design inom vågkraft. Det gör att det fortfarande är ett mycket öppet fält, och även att det är svårt att koordinera den tekniska utvecklingen eller ta vara på lärdomar inom branschen.

Marknad

Inom vågkraft kan man särskilja mellan nischmarknader och den stora potentialen – elmarknaden. I det första fallet finns ett behov av vågkraft eftersom det är det enda möjliga, eller att alternativa energikällor är så kostsamma att vågkraft är det lönsammaste. Bland nischmarknaderna utmärker sig bl.a. navigations- och mätbojar (ibland drivna i kombination med solceller), som det finns något tusental aktiva av idag på världens hav. T.ex. är vågkraftsdrivna mätbojar väldigt lämpliga för varningssystem för tsunamis. En annan nischmarknad är på otillgängliga platser där det enda alternativet är dyra dieselgeneratorer, främst på öar och atoller. Särskilt militära flottbaser har ett intresse av vågkraft.

Den stora marknadspotentialen finns dock på den konventionella elmarknaden. Eftersom kostnaden är direkt jämförbar med alternativa kraftgenereringsmetoder är kostnaden för dessa högst relevant för investeringskalkyler – d.v.s. ökade priser på t.ex. fossila bränslen gör vågkraft mer konkurrenskraftig.

Den marknadsmässiga potentialen för vågkraft beror därför dels på relativ lönsamhet och dels på tillgänglighet. Med relativ lönsamhet menas den sammanlagda investerings- och rörelsekostnaden för att producera el, jämfört alternativa lösningar. Eftersom vågkraft är förnybar, och därför också berörs av miljöpolitiska aspekter, är jämförelsen med alternativ något komplext. En jämförelse är med fossila bränslen och kärnkraft. En annan är jämförelsen med andra förnybara energikällor som solenergi, vindkraft och geotermiska lösningar. I det fallet är en viktig dimension vilka energikällor som omfattas av diverse stödsystem. Vågkraft, som en relativt mindre känd och utvecklad energikälla omfattas inte alltid av de stödsystem som finns för t.ex. vindkraft och solenergi. Även om vågkraft omfattas, som t.ex. i det svenska systemet med handel av elcertifikat, är det en utmaning att nå samma kostnadsstruktur som mer mogna förnybara energikällor har.

Drivkrafter

Den främsta drivkraften är den ökande elförbrukningen i världen, kopplat till en ökande miljömedvetenhet och ett ökande pris på fossila bränslen.

Internationella förbindelser och målbilder driver mot en ökad användning av förnybara energikällor. Inom ramen för Kyotoprotokollet ska många industrialiserade länder sänka sina utsläpp av växthusgaser, vilket innebär att en viss andel av energiproduktionen

måste ersättas med förnybara energikällor. Inom EU är ambitionen t.ex. att 20 % av energin ska komma från förnybara energikällor år 2020, med individuella åtaganden för enskilda länder.

Vågkraft är dock ett av de minst utvecklade områdena inom förnybar energi. Det finns också en inbördes konkurrens mellan olika förnybara energikällor, och jämfört med t.ex. vindkraft är det förhållandevis få europeiska länder som satsar på vågkraft (i vissa fall av naturliga skäl, då de saknar kust). De mest gynnsamma stödsystemen återfinns i England och Portugal (€ 0,24 inmatningstariff). Även Irland, Danmark, Tyskland och Frankrike har stödsystem som särskilt gynnar vågkraft. Vågkraft innefattas också i allmänna stödsystem för förnybar energi i Finland, Sverige, Norge, Nederländerna och Italien. Bara England och Portugal har uttryckta målbilder för just vågkraft – att det ska finnas en installerad kapacitet om 500 MW respektive 550 MW till 2020. Det ses som ambitiösa målbilder.

Alltså innebär de stora drivkrafterna – ett ökat behov av el samt kraven på begränsade utsläpp från energiproduktion – en möjlighet, men det betyder inte att vågkraft automatiskt är ett tillväxtområde. Det måste sättas i relation till andra förnybara energikällor. På det sättet är utveckling inom andra energislag en motkraft, snarare än drivkraft, för vågenergi. Det är en konsekvens av en längre tid av kommersialisering, kapitalinvesteringar och marknadsutveckling. Det ger en kostnadsstruktur som dels är lägre och dels säkrare än vad som är fallet för vågkraft, där alla kostnader (utveckling, tillstånd, nätanslutning m.m.) hänförs till enstaka enheter. Å andra sidan finns det antagligen starka komplementära effekter som är positiva för vågkraft, när användning av förnybara energikällor överlag ökar. Det kan bryta mentala inställningar genom att visa att kraft i stor skala kan produceras på icke-miljöskadliga vägar, vilket kan öka sannolikheten för stöd för vågkraft samt öka attraktionskraften vad gäller riskkapital.

Marknadspotential

Den yttersta potentialen är den teoretiska, eftersom vågkraft är beroende av gynnsamma vågförhållanden. Den teoretiska potentialen globalt för vågkraft har uppskattats till mellan 8 000 och 80 000 TWh³, vilket är en markant spridning. Det beror främst på att olika vågkraftsteknologier har olika optimala vågförhållanden. Det finns en balans, eftersom högre vågenergi och därmed producerad kraft, också betyder mer slitage, svårare och dyrare underhåll, samt i vissa fall större risk för extrema väderförhållanden (och därmed ett behov av en överdimensionering för att kunna klara av påfrestningarna).

Den teoretiska potentialen avgörs av mängden energi i vågor i olika havsområden. Det begränsas ytterligare av att områdena måste vara inom räckhåll av ett befintligt

kraftnät. Bild 1 visar vågenergin i olika områden runt världen. De mest intensiva våg-områdena finns mellan den 30:e och 70:e bredgraden i norra och södra hemisfärerna. England, Skottland, Irland, Portugal, Spanien och Norge har t.ex. väldigt bra vågförhållanden.

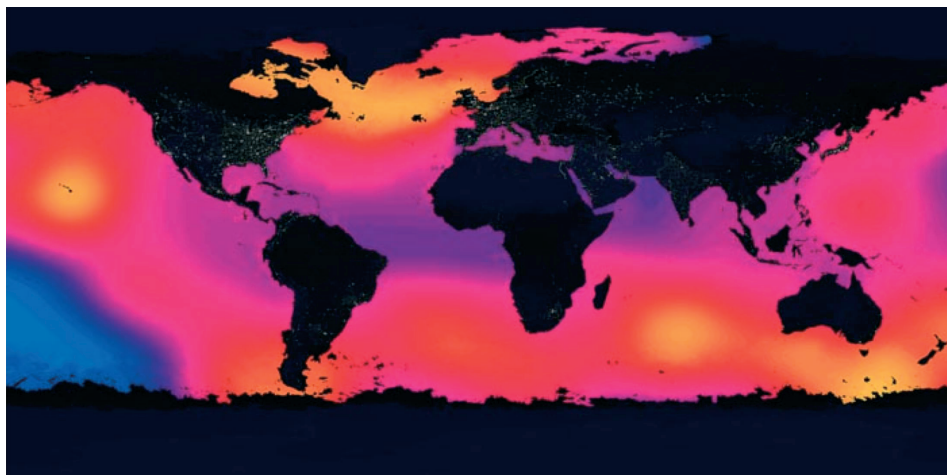
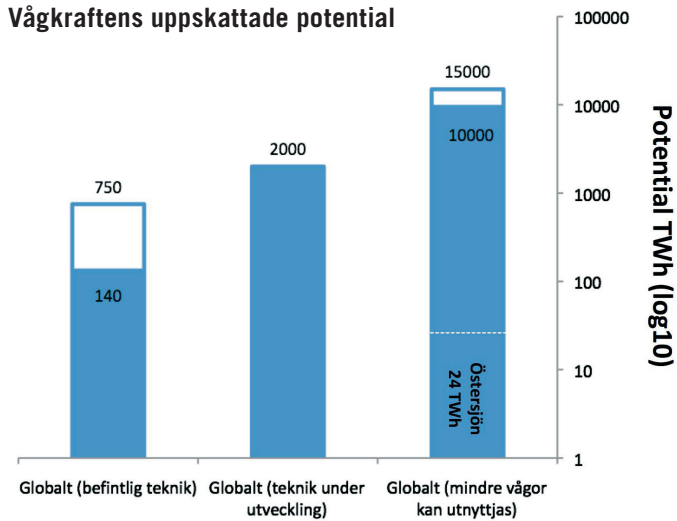


Bild 1: Energi i vågor (gult=högst, blått=lägst) (Källa: World Energy Council)

World Energy Council uppskattar att den exploaterbara vågkraften – med befintliga teknologier om än i behov av mognad – kan uppgå till 140–750 TWh per år. Om nu befintlig utveckling inom området realiseras kan 2 000 TWh per år exploateras.⁴ Det motsvarar 10 % av världens energibehov idag. Om man antar att även mindre enheter – för mindre energitäta vågförhållanden – kan göras lönsamma är potentialen bara i Europa 2 000 TWh, och globalt 10–15 000 TWh.⁵

För enskilda länder kan den relativa energitillförseln vara ännu högre – i England har **Carbon Trust** uppskattat att vågenergi skulle kunna täcka 14 % av energibehovet. Upp till 30 % av Portugals energiproduktion skulle kunna komma från vågkraft. För Norge är potentialen över 500 TWh/år. För Sveriges del är vågförhållandena inte särskilt bra när det gäller våghöjd, men med teknologier som kan arbeta med mindre vågor har potentialen uppskattats från till 24 TWh/år.⁶ Överlag ökar den teoretiska potentialen drastiskt om teknologier som är effektiva även i mindre vågor, inte bara för att ytan ökar utan även för att sådana områden ofta är nära stora befolkningskoncentrationer.

På basen av potentialen kan också ett marknadsvärde för energin levererad från vågkraft uppskattas. För att realisera hela potentialen skulle det innebära en marknad för vågkraftsaggregat på € 500 mdr, enligt **World Energy Council**.⁷ Det är en potential som måste fördelas över några årtionden. Därtill kommer tillväxten i marknaden för omkringliggande tjänster – som prospektering, projekthantering, installation, ser-



vice och underhåll – relaterade till vågekraftsaggregaten samt investeringar som krävs i kraftnäten för att tillgodogöra sig energin. Marknadspotentialen är inte orimlig, och kan jämföras med solcellsmarknaden som 2008 har uppskattats till ca € 24 mdr – och som förutspås växa mycket kraftigt de närmsta åren.⁸

Den stora potentialen gör därför att det är ett synnerligen intressant tillväxtområde. Men det är en öppen fråga om potentialen realiserar – och dessutom kan den naturligtvis inte realiserar över en natt. Vad tidshorizonten kan vara är en stor diskussionsfråga – företagen som utvecklar vågekraftsaggregat hävdar att den är kort, medan andra bedömare liknar vågekraftens ställning idag med vindkraftens för 20 år sedan. Den ”road-map” som **World Energy Council** presenterar att första fasens lösningar nu går mot större anläggningar, för att kommersialiseras kring 2011, samt att lösningar i andra fasen – nu i prototypstadiet – kan kommersialiseras 2014. Sammantaget bedömer man att vågekraft som energikälla kan börja bidra till energiförsörjningen inom 5–10 år.⁹ Det är i linje med de förhoppningar som kraftbolag som **Vattenfall** och **Fortum** uttryckt.

Aktörer och affärsmodeller

Det finns olika slags aktörer som är aktiva inom vågkraft. Dels är det tillverkare av vågkraftsverk, men också deras leverantörer och deras kunder är viktiga att ta hänsyn till. Eftersom det fortfarande handlar om resursintensivt utvecklingsarbete – med låga intäkter – är dessutom finansiärer av olika slag mycket viktiga i sammanhanget. Därför är också vågkraftverkstillverkarna de minsta aktörerna för tillfället i den framväxande marknaden.

Vågkraftsleverantörer

Ännu är inget företag kommersiellt framgångsrikt baserat på vågkraft. Den stora prövningen är att lyckas finansiera en längre tids utveckling, prototypframtagning och etablering av testanläggningar. Affärsmodellerna som vågkraftverkstillverkare har är därför relativt homogena eftersom det till största del handlar om att säkerställa en finansiell uthållighet. Den uthålligheten kan uppnås på olika sätt, vilket också reflekteras i bolagens struktur och inriktning. Finansieringskategorierna, som ofta kombineras, är:

- Offentligt stöd
- Riskkapital
- Kunder/Leverantörer

Framförallt stöd från kraftbolag, etablerade komponenttillverkare och offentliga anslag är vanligt. Några få bolag har dock lyckats med att tillgodose sitt kapitalbehov på den öppna kapitalmarknaden, genom att vara noterade (t.ex. **Ocean Power Technologies**) eller genom riskkapital (t.ex. **Oceanlinx**).

Det finns väldigt många företag som utvecklar vågkraft, och många av dem kallar sig ledande. Nedan beskrivs ett antal aktörer, främst de som är nära kommersialisering då de har demonstrerat sin teknik i stor skala och har pågående projekt. Nästan varje företag har en särskild teknologi för att utvinna kraft ur vågor, varför de beskrivs kort.

Kommersiella och förkommersiella aktörer

Det är fortfarande relativt få aktörer som kan karaktäriseras som kommersiella eller förkommersiella, d.v.s. att de har en teknologi som bevisats i demonstratorer, viss finansiell uthållighet, och kommersiella kontrakt. De som har det är fortfarande utvecklingsin-

tensiva och har knappast uppnått stordriftsfördelar, men samtidigt har de en fördel i sin marknadsföring genom att kunna uppvisa referenser. Samtliga är till viss mån beroende av offentlig finansiering i dagsläget, om än i olika hög grad.

Pelamis

Pelamis grundades 1998 och har sedan dess införskaffat över en halv miljard i investeringar för sin teknologi. De ses allmänt som det ledande vågkraftbolaget och det första kommersiella bolaget, och säger sig ge den lägsta energikostnaden. Företaget har över 70 anställda med huvudkontor i Edinburg och även verksamhet i Portugal. Bland investörerna finns bl.a. **Emerald Technology Ventures, Norsk Hydro Technology Ventures, General Electric, BlackRock Investment Managers, 3i, m.fl.**



Bild 3: Pelamis på väg till Portugal (Källa: Pelamis)

Pelamis är en delvis nedsänkt struktur, 140–180 m lång och 3,5 m i diameter, designad för ett djup på 30–50 m, ca 5–10 km från kusten. Enheten transformerar vågornas rörelse till energi genom att hydrauliska motstånd pumpar vätska som driver hydrauliska motorer. En enhet har en kapacitet på 750 kW och en faktisk verkningsgrad på 25–40 %. Flera enheter kan kopplas samman och på så sätt bilda en vågkraftsfarm.

Pelamis har testats och skalats upp från prototypstadiet, och är nu installerad utanför Skottland hos **EMEC** (se nedan). Där skall totalt 4 enheter – 3 MW – installeras för

Scottish Powers räkning. I ett annat projekt kan **E.ON** och **Ocean Prospect** finansiera upp till sju enheter inom projektet **Wave Hub** (se nedan) utanför Englands kust. I februari 2009 offentliggjordes **E.ONs** köp av en första enhet.

Ett annat projekt är **Aguçadora** i Portugal, där **Enersis** (en operatör inriktad på förnybara energikällor, som ägs av **Babcock Brown**) investerat i tre enheter som nu är operationella. **ABB** har levererat specialutvecklade generatorer (baserad på tidigare applikationer för marina motorer) till projektet. Enersis har skrivit ett 'letter of intent', med avsikt att skala upp projektet till totalt 20 MW, vilket kan försörja 15 000 portugisiska hushåll.

Oceanlinx

Oceanlinx (tidigare Energetech) är ett australiensiskt bolag, grundat 1997, som uppbådat mer än 125 miljoner i kapital för utveckling och tillverkning av en vågkraftsenhet av typen oscillerande vattenkolumn (OWC). Bolaget har sitt huvudkontor i Australien och har dotterbolag i USA.

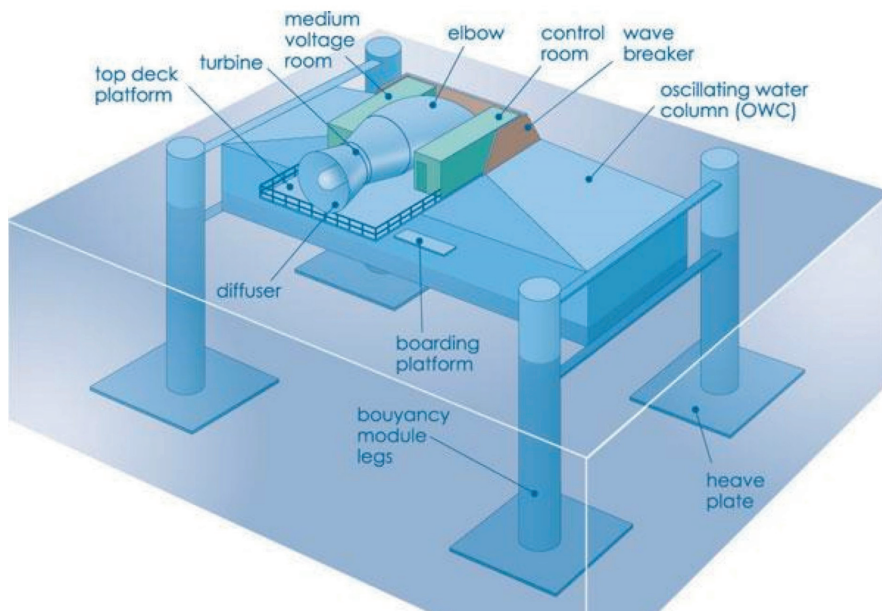


Bild 4: Oceanlinx OWC-enhet (Källa: Oceanlinx)

Oceanlinx OWC genererar elektricitet genom att låta vågor röra sig genom en kammar, där deras rörelse komprimerar och dekomprimerar luft som driver en särskild turbin – en Deniss-Auld turbin, namngiven efter företagets grundare – vars turbinblad ändrar lutningsvinkel så att den hela tiden drivs åt ett håll med relativt hög verknings-

grad. Ett styrsystem styr turbinen och generatoren som alstrar elektricitet. Kapaciteten är mellan 100 kW och 1,5 MW beroende på vågklimat, och flera enheter kan kopplas samman till en vågkraftsfarm. Enheten är dessutom nischad för att driva en avsaltningsanläggning, som använder den genererade kraften lokalt för omvänd osmos, och kan avsalta tre miljoner liter vatten per dag.

Projekt i dagsläget innefattar en mindre prototyp i Port Kembla, Australien och en större vågkraftsfarm i Portland, Australien. Större projekt finns i Namibia, där en enhet är kontrakterad som – om den möter fastställda kriterier – ska skalas upp med ytterligare 10 enheter. I Rhode Island, USA, finns planer på en enhet som ska skalas upp med flera till 15–20 MW kapacitet (värt \$ 45 miljoner) samt planer på enheter upp till 2,7 MW utanför Hawaii. I de flesta fall rör det sig än så länge om 'letters of intent' samt 'memorandums of understanding'. **Oceanlinx** är dessutom en av de fyra leverantörerna till **Wave Hub** utanför Cornwall (se nedan).

Ocean Power Technologies

Ocean Power Technologies (OPT) var det första börsnoterade vågkraftsbolaget (NASDAQ). Bolaget grundades 1997, noterades i London 2003 och i USA 2007. Den senare noteringen genererade mer än \$ 90 mn i kapital. Grundarna har bakgrund i den amerikanska flottan.

OPT:s vågkraftsenhet, Power Buoy, är en punktabsoberbent som till stor del är nedsänkt. I bojen sitter en kolv som rör sig med vågorna, som driver en elektricitetsalstrande generator. Flera bojar kan kopplas samman till en vågkraftsfarm, med en kapacitet över 100 MW. Teknologin lämpar sig även för vågor med mindre energi. Bojarna kan användas antingen i grupp för storskalig kraftgenerering, eller enskilt för att lokalt förse applikationer med kraft (t.ex. för fiskodlingar till havs).

OPT har demonstrationsanläggningar i New Jersey och utanför Spaniens kust. Man har även ett pilotprojekt på 1 MW utanför Hawaii med amerikanska flottan som kund. Nyligen signerades ett utvecklingsavtal med australiensiska **Griffin Energy** för att installera en vågkraftsfarm med kapacitet upp till 10 MW, för potentiell uppskalning till 100 MW, utanför Australiens västkust. OPT är också en av de fyra leverantörerna till **Wave Hub** (se nedan), där man planerar installera upp till 5 MW kapacitet.

Seabased

Seabased AB är ett svenskt företag med nära koppling till **Uppsala Universitet** och där flera av grundarna och ledningen har bakgrund i **ABB**. Företaget är inte noterat men säger sig ha ett "implicit marknadsvärde" på över 500 miljoner kr. I dagsläget hål-

ler bolaget på att bemannas, och om planerna hålls byggs en fabrik i år och man siktar på 600 anställda i bolaget i första fasen.

Våkraftsenheten som **Seabased** utvecklat försöker lösa problemen med varierande våghöjd och vågriktning, lägre vågenergi och potentiella förluster vid extrema väderleksförhållanden genom att dels använda en linjär generator och dels placera den skyddat på botten. Linjärgeneratoren har en mycket låg polhöjd och lämpar sig därför för vågklimat med mindre vågor, och för mindre enheter. Den gör också att vågornas vertikala rörelse inte behöver växlas till en roterande rörelse, utan istället alstras elen med hjälp av permanentmagneter. Det enda som kan skadas vid storm är boj och lina, som är en mindre kostnad.

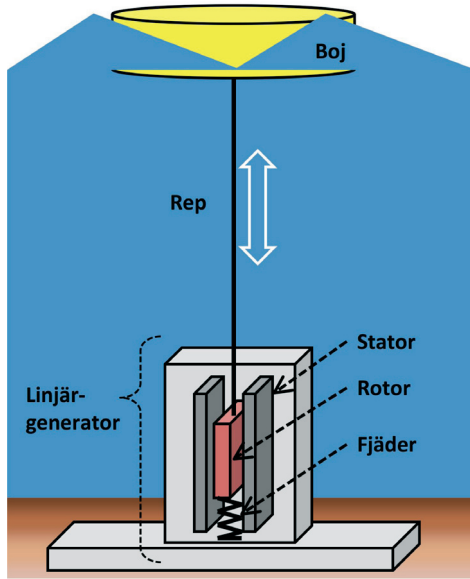


Bild 5: Seabased AB:s våkraftsenhet

Tanken är att flera våkraftsenheter ska kopplas samman för att skapa en våkraftspark. En enskild enhet kan generera 10 kW. Genom att använda ett stort antal enheter kan också energins kvalitet förbättras, då den lokala variationen i våghöjd och intervall späs ut. **Seabaseds** lösning är därför särskiljande genom att den är tänkt att kunna användas även med mindre vågor. Det gör att en mycket större potentiell marknad öppnas – bl.a. i svenska vatten – samtidigt som lösningen i princip kan skalas upp för energirikare vågområden och då vara ännu mer kostnadseffektiv.

Göteborg Energi, Falkenberg Energi, Vattenfall, Fortum, och Statkraft har gått in och delfinansierat forskningen runt tekniken vid **Uppsala universitet**, och **Energimyndigheten** har bidragit till **Seabaseds** verksamhet med närmare € 8,8 miljoner i olika projekt (där Energimyndigheten genom STEM stått för närmare hälften).¹⁰ Lysekilsprojektet, där 10 enheter placeras fram t.o.m. i år, fortgår till 2014. **Fortum** har ansökt om delfinansiering från Energimyndigheten för att bygga en fullskalig anläggning på 10 MW utanför Lysekil, vilket är större än någon nu existerande anläggning. Projektet beräknas kosta 250 miljoner i full skala, varav hälften skulle behöva finansieras av Energimyndigheten.

Seabased har en sammansättningsfabrik och har förhoppningar att redan under 2009 bygga ytterligare en anläggning för komponenttillverkning, som kan hantera seriepro-

duktion med kapacitet på 10 aggregat per dygn. Lysekils kommun har bidragit med mark för anläggningen. Företaget beräknar sig behöva 600 anställda i det första skedet, varav 250 i fabriken, och vid fullt kapacitetsutnyttjande sammanlagt 1 600 anställda. Om det sker får de offentliga investeringarna en god avkastning.

Wave Dragon

Wave Dragon är ett danskt företag baserad på en idé som kläcktes på 80-talet. Produkten, en s.k. overtopping device, använder sig av principer från vattenkraft. Vågor samlas upp i en flytande bassäng och dräneras genom en vattenturbin – en speciellt designad Kaplanturbin som tar tillvara på den långa utvecklingen inom vattenkraftsindustrin – där permanentmagneter sedan genererar el.

Lösningen särskiljer sig genom att det inte krävs någon konvertering eftersom den använder vattnets rörelse direkt. Effekten beror på vågklimatet. **Wave Dragon** medger effektiv kraftgenerering även i lugnare vågklimat, men kan komma upp i 7 MW i mer optimala vågklimat.

Wave Dragon har sedan 2003 funnits som prototyp utanför Danmarks kust. Det rör sig om en nedskalad modell, 58 x 33 m om 237 ton på 6 m djup med en kapacitet på 20 kW. I den större skalan (7 MW) rör det sig om 300 x 170 m om 33 000 ton, gjord för djupare vatten och för ett energirikare vågklimat.

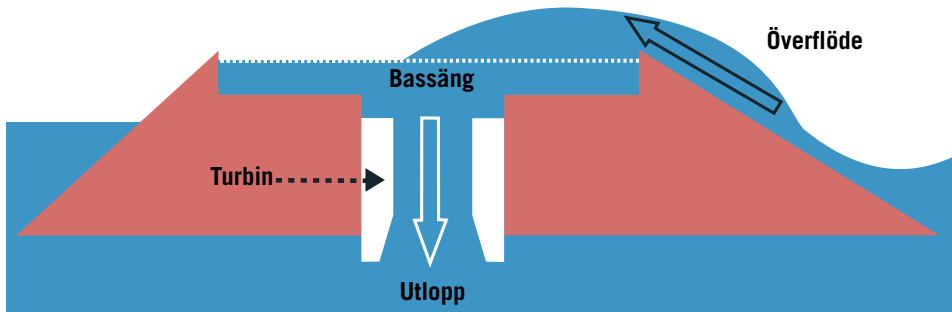


Bild 6: Wave Dragon

Förutom prototypen i Danmark har **Wave Dragon** ett EU-finansierat projekt om en större anläggning, ett projekt med en demonstrator med 7 MW kapacitet (i så fall världens största enskilda anläggning) utanför Wales samt ett större projekt (med 8 andra privata investerare) i Portugal om en vågkraftsfarm med en kapacitet upp till 50 MW.

Demonstratorer och utveckling

Det finns ett stort antal vågkraftsbolag i världen – i en rapport uppskattades antal patent inom vågkraft till över 1 000, samtidigt som den verkliga installerade kapaciteten var mindre än 2 MW.¹¹ Skiljelinjen med de företag som beskrivits ovan och de som beskrivs i det här avsnittet är flytande och ska ses som en ögonblicksbild, eftersom framgång och hastighet i enskilda projekt är avgörande. Bolag med demonstratorer eller prototyper har naturligtvis också stora förhoppningar och flera projekt på gång, men de ligger något längre fram i tiden.

Wavebob

Irländska **Wavebob** grundades 1999 och har utvecklat en flytande punktabsorbator som består av en boj inrymmande en hydraulisk oljepump, turbin och generator, som drivs av en 100 m lång struktur under ytan som fångar upp vågrörelsen. Den är därför lämpad för stora vågor på djupt vatten och är självreglerande för att ta upp så mycket energi som möjligt i varierande vågförhållanden. Enheter med 500 kW kapacitet har testats under 2008 och större enheter planeras.

Wavebob är lierat med **Chevron** och med **Vattenfall**. Tillsammans med **Vattenfall** drivs projektet Pandion som ytterst syftar till en kommersiell vågkraftsanläggning om 250 MW i Atlanten, men som ska börja med demonstratorer med 1–1,5 MW kapacitet. **Vattenfall** äger 51 % av projektbolaget och **Wavebob** 49 %.

Archimedes Wave Swing

AWS Ocean Energy är ett skotskt bolag grundat 2004 för att kommersialisera en vågkraftsteknik, Archimedes Wave Swing. Bolaget ägs av investmentbolag, fonder (bl.a. **Shell Technology Ventures**) och det verkstadsföretag som ska tillverka enheterna. Archimedes Wave Swing är en något udda lösning. Kraftenheten är en boj fäst i havsbotten, men hela konstruktionen är under ytan. När en våg passerar över enheten ökar vattentrycket vilket komprimerar gasen i enhetens flytande övre cylinder, och dekomprimerar den när vågen passerat. Den relativa rörelsen mellan den övre och nedre delen av enheten konverteras till el genom ett hydrauliskt system med hydraulisk motor och generator. Konceptet är bevisat i full skala sedan 2004 genom en pilotanläggning utanför Portugal, och i dagsläget planeras en 250 kW demonstrator för kommissionering 2010. Planen är att leverera de första kommersiella enheterna 2011.

Aquamarine Power/Oyster

Aquamarine Power är ett skotskt bolag, grundat 2005, med en nära relation till **Queen's University Belfast**. De utvecklar vågkraftsenheter och även tidvattenkraftverk. Deras vågkraftsenhet, **Oyster**, är en oscillerande vågsvallskonverterare på grunt vatten (10 m). Genom vågornas rörelse driver enheten en pump som levererar vatten under högt tryck via en ledning till land. På land omvandlas det till energi genom konventionella vattenturbiner och generatorer. En fördel är därmed att dyrbara delar av lösningen är skyddade på land, vilket också underlättar för underhållsarbete. Varje enhet har en maximal kapacitet på mellan 300 och 600 kW, vilka kan kombineras i en vågkraftspark upp till mer än 21 MW. Oyster har konstruerats och testats, och är redo för installering i **EMEC:s** område. Ännu finns dock inga kommersiella projekt.

AW-Energy

AW-Energy OY är ett finskt företag, som bl.a. **Fortum** investerat i. Bolagets koncept utnyttjar den turbulens under ytan som vågor ger upphov till, och är avsedd för grunt vatten. Vågkraftsenheten, **WaveRoller**, är monterad på botten och svingar fram och tillbaka som en pendel, vilket driver en kolvpump. Genom en hydraulisk motor och generator kan användbar energi utvinnas. Det är ett modulärt koncept som kan byggas ut efter hand.

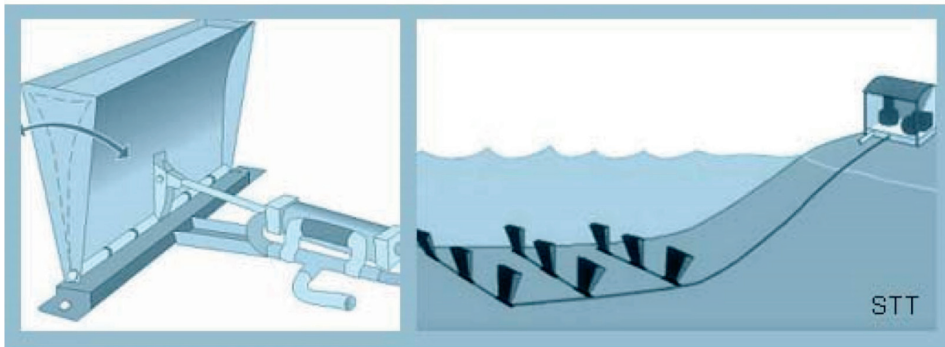


Bild 7: WaveRoller (Källa: AW-Energy)

Bolaget har genomfört tester med prototyper utanför Orkney i Skottland och två enheter (den första på 10 kW) är installerade utanför Portugals kust och ska, enligt plan, skalas upp till en 1 MW anläggning som ansluts till Portugals kraftnät.

Finavera/AquaBuOY

Finavera Renewables är ett kanadensiskt börsnoterat bolag (TSX-V) med verksamhet inom både vind- och vågkraft. Man driver vindparker på Irland och i Kanada, och utvecklar också teknologi för vågkraft.

Finaveras vågkraftenhet, AquaBuOY, är en flytande punktabsorbator. En boj med ett 25 m långt öppet rör monterat under vattnet innehåller en kolv, som rör sig med vågorna och driver en tvåtakts slangpump. Slangpumpen trycksätter havsvatten som driver en ackumulator, som i sin tur driver en turbin och en generator. Flera bojar kan kopplas samman till ett modulärt vågkraftsverk med en kapacitet från några hundra kW till flera hundra MW. I bakgrunden finns en svensk koppling, genom bolaget **Interproject Service AB** som utvecklat konceptet bakom **Finaveras** vågkraftenhet.

Finavera har haft flera aktiva projekt, men annonserade nyligen att man överger sina tillstånd i USA (Makah Bay, Washington och Coos County, Oregon) för att fokusera på sina vindkraftsprojekt.¹² Finavera fick ett bakslag i år när en demonstrationsboj utanför Oregon sjönk. De gick också miste om en planerad installation av ett 2 MW verk utanför Kalifornien, då upphandlaren, **California Public Utilities Comission**, ansåg det som för dyrt och vågkraftsteknologi som helhet som "i sin linda" och "förkommersiellt".¹³ Det är oklart vad som kommer att hända med AquaBuOY och Finavera söker aktivt efter partners för att vidareutveckla eller överta tekniken.

Fobox/Fred Olsen

Norska **Fred Olsen** är ursprungligen ett rederi, från 1848, som idag är ett konglomerat med intressen inom förnybar energi. **Fred Olsen** äger och driver vindkraftsfarmer, småskalig vattenkraft, och har utvecklingsverksamhet inom vågkraft.

FO³ (Fobox) är ett vågkraftsverk som baseras på punktabsorbenter men använder sig av flera flytande bojar som sitter i en flytande plattform. Det finns klara kopplingar till oljeplattformskompetens. Utvecklingen skedde inom ett konsortium, **SEEWEC**, som finansierades av. En testplattform, "Buldra", har varit aktiv sedan 2004 utanför Norges kust. I slutet på 2007 beslöt dock bolaget att "överge" Norge till fördel för England (Wave Hub) med hänvisning till det låga offentliga stödet i Norge.

Svenska **ABB** är inblandat och bidrar med kompetens inom transformering och automation, och levererat kraft- och automationskomponenterna.

Wavegen/LIMPET

Wavegen är baserat i Skottland och ägs av vattenkraftbolaget **Voith Siemens Hydro Power Generation**. Företaget har utvecklat ett strandnära OWC (oscillerande vattenkolumn) vattenkraftverk. Liksom för flytande OWCs så baseras det på en luftdriven turbin där vågorna agerar tryckregulatorer i en kammare. Skillnaden är att anläggningen ligger i brytningen mellan hav och land – antingen i kustlinjen eller inbyggt i vågbrytare vid hamnar. Bolaget har en installation i Islay, Skottland, där vad de kallar en LIMPET enhet har funnits sedan år 2000, vilket gör det till den första kommersiella installationen som levererat el till kraftnätet. Den totala kapaciteten för LIMPET, med tre turbiner, är 100 kW. Det finns också projekt i Spanien.

Andra vågkraftsleverantörer

Som nämnts finns det en uppsjö av utvecklingsbolag, koncept och idéer inom vågkraft. Eftersom det är ett väldigt öppet fält är det inte omöjligt att i dagsläget mindre utvecklade koncept kommer att spela en stor roll i framtiden.

I Skandinavien har det i Danmark funnits betydande offentliga forsknings- och utvecklingsprogram, och där finns också ett antal vågkraftsbolag (förutom **Wave Dragon**, beskrivet ovan): **Ecofys**, **Wave Plane AS**, **Floating Power Plant** och **Wave Star Energy**. I Norge finns **WAVEnergy AS** och **Langlee Wave Power AS**, som bl.a. ägs av svenska **Borevind**. I Sverige, som trots sitt ”dåliga” vågklimat framgångsrikt bedrivit forskning vid bl.a. **Uppsala universitet** och **Chalmers**, finns **Seabased** och tidigare även **Seapower International**, som dock verkar upphört med sin verksamhet. Nyligen har också Karlskrona-baserade **Ocean Harvesting Technologies** lanserat en testtrigg och söker finansiering för att bygga och testa en skalmodell.

I övriga Europa är det främst i de länder med bra vågklimat som vågkraftsteknik utvecklas. I England och Skottland finns (förutom tidigare nämnda **Pelamis**, **Acquamarine Power** och **Wavegen**) **C-Wave**, **Manchester Bobber** (**University of Manchester**), **ORECon**, **Offshore Wave Energy**, och **Trident Energy**. På Irland, med ett av världens bästa vågklimat, finns förutom **WaveBob** också **Hydam Technology** och **Ocean Energy**. I Portugal, med ett mycket bra vågklimat, mycket forskning och en aktiv stödpolitik, har den mesta teknologin importerats – det finns inga betydande inhemska teknikleverantörer.

I Asien är det framförallt i Australien som bolag utvecklats – **Oceanlinx** (som beskrivits ovan), **Seapower Pacific** och **Biopower Systems**. Inga betydande bolag finns i Kina eller Japan, även om en hel del experimentella installationer existerar där.

I USA finns (förutom **Ocean Power Technologies**) **Aeronvironment**, **Ocean Motion International**, **Independent Natural Resources Inc.**, **Scientific Applications and Research Associates** samt **Seavolt**. I Canada finns (förutom **Finavera**) **SyncWave Energy**.

Sammanfattningsvis kan sägas om de tekniska utrustningsleverantörerna att det finns en uppsjö av olika idéer. Det rör sig ibland om stora tekniska skillnader, men det finns också strukturella likheter. Inte minst är de flesta bolagen små, och har begränsat med kapital – samtidigt som utvecklingskraven är stora. Det ställer stora krav på att säkerställa en uthållig extern finansiering, vilket gör att många är beroende av offentligt stöd – helt eller delvis.

Några av bolagen sticker ut i den bemärkelsen att de har kommit längre i att säkerställa sin uthållighet. De få (två) noterade bolagen har större kassa, men kanske också större krav på sig. Andra har starka ägare, som å ena sidan kan bidra till uthållighet, samtidigt som den relativa storleken på vågkraftsverksamheten kan vara hämmande – andra områden med en större potential i närtid kan komma i fokus. En annan återkommande lösning är komplementära produkter – t.ex. vindkraftsparker eller avsaltningssystem. Särskilt avsaltning – ett tillväxtområde i sig – är intressant.

Underleverantörer

De flesta av vågkraftverkstillverkarna är beroende av underleverantörer, inte minst på grund av sin egen ringa storlek vilket kräver användning av befintliga komponenter eftersom egentillverkade vore allt för dyra. Men ofta finns det en eller flera kritiska komponenter som är själva grundstenen för respektive vågkraftslösning – som är egenutvecklade och egentillverkade.

Företag inom kraftutrustning är viktiga underleverantörer – för kraftgenerering och kraftöverföring. T.ex. levererar **ABB** generatorerna till **Pelamis**, och levererar även utrustning till **Fobox** och andra. Men vågkraftsbolagen är relativt små kunder, och är ingen betydelsefull affär för kraftutrustningsbolagen i dagsläget.

Däremot kan de vara strategiskt viktiga, eftersom det kan röra sig om en mycket betydelsefull framtida marknad. Komponentleverantörer är därför vanligt förekommande inte bara som leverantörer utan som finansiärer, ägare och partners. T.ex. är **ABB** inblandat i konsortiet **SEEWEC** (kring **Fobox**), **Siemens Voith Hydropower** är ägare av **Wavegen**, och **General Electric** investerade \$ 2,6 miljoner i **Pelamis**. **Sebased** urskiljer sig dock genom att stå för en stor del av komponenterna själva.

Kraftbolag

Kraftbolag är naturligtvis stora aktörer, eftersom det främst är de som är vågkraft-verksleverantörernas tilltänkta kunder. Därför är det inte konstigt att **Energias de Portugal**, **Scottish Energy**, **E.ON**, **Fortum** och **Vattenfall** alla är inblandade som finansiärer och/eller ägare i flera lösningar. Vågkraften är också en attraktiv lösning för kraftbolag, eftersom de lämpar sig för storskalig elproduktion och har ett attraktivt kostnadsläge, i industriell skala. Kraftbolag har stora balansräkningar och ofta goda finansieringsmöjligheter, och är därför nyckelaktörer för att snabbt installera en betydande kapacitet.

De är dock sällan låsta till en specifik lösning. T.ex. har **Vattenfall** finansierat och stött inte bara **Seabased** utan även **Pelamis**, **Wavebob** och **Wave Star**. **Vattenfall** är uttryckligen teknikneutrala och stödjer den teknik som man för tillfället bedömer som mest lovande.¹⁴ Frågan är hur mycket nationella intressen spelar in – eftersom det kan finnas en hävstång på satsade pengar via nationella forsknings- och utvecklingsprogram. **Vattenfall** har inte bara satsat pengar på **Seabaseds** lösning, och likaså är **Fortum** delägare i det finska **AW-Energy** men stöttar också **Uppsala universitet** och **Seabaseds** utveckling.

Kraftbolagen är viktiga för teknikleverantörerna inom vågkraft, men kraftbolagens syfte är ofta bredare – att öka andelen energiproduktion med låga utsläpp. I det avseendet konkurrerar vågkraft med andra förnybara energikällor. Om de har strategier och ambitioner att öka andelen elproduktion från källor utan utsläpp (vilket många har) så finns det befintliga tekniklösningar som redan är kommersiellt lönsamma. Det är framförallt vindkraft och investeringarna som energibolagen gör inom det området är långt mycket större än inom vågkraft.

Det är värt att notera att kraftbolag som kunder ibland har en längre – mer pessimistisk – tidshorisont än vad teknikleverantörerna har. T.ex. **Vattenfalls** forskningschef, Lars Strömberg, spår att det kommer ta minst tills 2015 innan svensk vågkraft är i kommersiell drift.¹⁵

Myndigheter och internationella organisationer

För vågkraftens utveckling är offentligt stöd kritiskt. T.ex. har **EUOEA**, European Union Ocean Energy Association, framfört att en inmatningstarriff på en nivå av ca 50 eurocent/kWh (tills att 10 GW kapacitet har installerats) kan medföra att vågkraft kommersialiseras till 2020.¹⁶ Det är en nivå som är jämförbar med inmatningstarriffer som erhållits för solcellsel.

Därför är internationella organisationer och statliga myndigheter viktiga aktörer för vågkraftens marknadsutveckling. Deras roll kan vara att finansiera av utvecklingsarbete och forskning, tillhandahålla infrastruktur, utforma och garantera stödsystem samt att vara kunskapskoordinerande och kunskapsspridande.

På det internationella planet finns den internationella energimyndighetens *Ocean Energy Systems Implementing Agreement*, som behandlar bl.a. vågkraft. Det är ett självständigt organ som ska verka för att underlätta och koordinera FoU och demonstratorer genom ett samarbetsramverk, informationsinsamling och informationsutbyte. Kretsen av tre ursprungliga medlemmarna (Danmark, Portugal och England) har utökats till att innefatta 16 medlemmar (bl.a. **Europeiska Kommissionen**, och sedan 2008 även Sverige).

Europeiska Kommissionen har under en lång tid arbetat för samarbete mellan olika aktörer och direkt stött ett antal initiativ. Bl.a. **Wave Dragon**, **SEEWEC (Fobox)**, **Wave SSG (WAVEnergy)** och **CA-OE** är projekt som stöds med sammanlagt ca € 7,3 miljoner inom Sjätte ramprogrammet, och därutöver har ett större antal demonstrator- och konceptutvecklingsprojekt fått stöd. Inom Sjunde ramprogrammet är stödet ca € 7 miljoner. Bl.a. Mats Leijons grupp, som står bakom **Seabased**, ingår i två nya projekt.

EMEC har spelat en viktig roll som testsite. Det är grundat av bl.a. skotska och engelska myndigheter samt **Europeiska Kommissionen**. **EMEC** tillhandahåller tre testsiter utanför Orkney med infrastruktur i form av kablar för nätanslutning och övervakningssystem, som kan användas av vågkraftsbolag för att testa koncept och demonstratorer.

Nationella myndigheters stöd har varit och förblir mycket betydelsefulla för utveckling av vågkraft. De mest aktiva återfinns i Storbritannien och Portugal.

Storbritannien har haft det historiskt sätt största forsknings- och utvecklingsstödet, som efter en svacka på 1980-talet nu återkommit. Storbritannien har ett mål om 500 MW installerad vågkraft till 2020. Det totala stödet 1999–2007 uppgick till £ 30 miljoner och olika initiativ framöver höjer nivån ytterligare. Det finns inmatningstariffer i Skottland om £ 175/MWh (ca € 0.22/kWh) och det är föreslaget även i England. Ytterligare ett initiativ i England, **Wave Hub**, ska vara en anläggning med flera förhöjningsplatser med erforderlig infrastruktur och anknytning till kraftnätet, där vågkraftsanläggningar kan visas i full skala. Fyra företag ska installera sina lösningar där: **Oceanlinx**, **Pelamis**, **Ocean Power Technologies** samt **Fred Olsen**. I Skottland har regeringen nyligen annonserat ett pris, *the Saltire Prize*, på \$ 20 miljoner för att utveckla miljövänlig havsenergi. Tanken är att priset ska stimulera forskning och utveckling, på samma sätt som *Ansari X-Price* med en prissumma på \$ 10 miljoner stimulerade forskning och utveckling värd \$ 200 miljoner inom utveckling av rymdfärgor.

I Portugal finns en inmatningstariﬀ om € 0.26/kWh och ett dedikerat pilotområde. Landet har lockat till sig flera investerare och det finns ett mål om 550 MW installerad vågkraft till 2020.

Andra europeiska länder som mer eller mindre aktivt främjar vågkraft genom investeringsstöd eller andra system är Danmark, Tyskland, Irland och Frankrike (Frankrike har en inmatningstariﬀ om € 0.15/kWh). Utanför Europa är stöd specifikt riktat mot vågkraft mindre, men stöd förekommer i bl.a. USA, Kanada och Sydafrika.

Även andra subnationella initiativ finns. Baskien (Spanien) har ett regionalt mål om 5 MW installerad vågkraft till 2010, och har åsidosatt € 15 miljoner för det ändamålet. I Oregon (USA) finns stöd för att utveckla en testsite för vågkraft.

I Sverige stöder **Energimyndigheten** utveckling av vågkraft genom Lysekilsprojektet (**Uppsala universitets** projekt med starka kopplingar till **Seabased**). Stödet omfattar totalt ca 25 miljoner kronor. Även stöd till **Centrum för förnybar elenergiomvandling** samt i ytterligare separata projekt finns.

Slutsatser

Vågkraft är ett område med en stor och lovande teoretisk potential. För att det ska översättas i en marknadspotential måste dock den tekniska utvecklingen fortskrida, drivkrafter upprätthållas och motkrafter överkommas.

Det finns starka drivkrafter som främjar utvecklingen av förnybar energi på en massiv skala, och även om pristrenden för fossila bränslen för tillfället är sjunkande är det fortfarande högt historiskt sätt, volatilt och eventuella framtida skatter gör investeringar osäkra. Det torde främja också vågkraft. Samtidigt är vågkraft ett av de svagaste områdena inom förnybar energi.

Den tekniska potentialen är stor, men de icke-tekniska utmaningarna är också stora. De bolag som ska utveckla marknaden är små, med liten kraft och uthållighet. Kostnaderna är fortfarande höga, eftersom hela utvecklingskostnader måste slås ut på ett fåtal producerande enheter (om några finns överhuvudtaget). Väldigt få lösningar har nått förbi utvecklings- och prototypstadiet, vilket gör konstruktionerna dyra. Mycket utvecklingsarbete kvarstår, och kapitalet är för de flesta aktörerna begränsat. Uthållighet – förutom faktisk teknisk framgång – är kritiskt, vilket gör vågkraftsbolag beroende av kontinuerlig finansiering.

Dessutom finns det andra förnybara energikällor som har kommit längre i sin kommersiella utveckling. Risken för vågkraft är att den stora fokuseringen och ambitiösa målbilden vad gäller förnybar energi som nu finns kommer att prioritera implementering av befintliga lösningar snarare än utvecklingen av nya.

Konkurrensen inom vågkraft är också stor – många företag tävlar om att först installera sin lösning i stor skala. En öppen fråga är om det finns utrymme för en mångfald av lösningar inom vågkraft. Å ena sidan kan ett genombrott agera ”isbrytare” för vågkraft som helhet. Det kan bidra till att det kommer upp på agendan, att det blir lättare att skaffa kapital, att stödsystem innefattar vågkraft, och att tillståndsförfaranden underlättas. Å andra sidan kan ett genombrott, som följs av skalekonomi och sjunkande produktionskostnader, leda till att en dominant design tränger undan andra lösningar.

Svenska företag är väl representerade inom området, särskilt om man beaktar det relativt sätt dåliga vågklimatet runt Sveriges kuster. Dels är underleverantörer som **ABB** verksamma inom flera lösningar, och kommer dessutom att ha möjlighet att leverera kringutrustning till i stort sätt vilken lösning som helst. **Vattenfall** är också aktivt inom området. Svensk forskning håller hög klass internationellt sätt, med centrum vid

Uppsala universitet. Dessutom finns det en vågkraftverkstillverkare, **Seabased**, som är relativt långt fram i sin utveckling – om än inte längst fram. Om **Seabaseds** lösning inom relativt kort tid kan skalas upp och visar sig kommersiellt gångbar finns det ingenting som säger att det inte är den lösningen som kan bli dominerande. Ur det perspektivet kan ett fortsatt eller t.o.m. utvidgat offentligt stöd ge en stor framtida avkastning – men det är att betrakta som belagt med en viss risk.

Referenser

- 1 World Energy Council, Survey of Energy Resources 2007
- 2 EMEC, www.emec.org.uk/wave_energy_devices.asp
- 3 Bhuyan, G.S., Harnessing the Power of the Oceans, International Energy Agency OPEN Energy Technology Bulletin, no. 52, 2008
- 4 World Energy Council, Survey of Energy Resources 2007 – Wave Energy
- 5 Seabased AB, www.seabased.se
- 6 Bernhoff, H., Sjöstedt, E. & M. Leijon, Wave energy resources in sheltered sea area: A case study of the Baltic Sea, Fifth European Wave Energy Conference, 2003
- 7 World Energy Council, Survey of Energy Resources 2007 – Wave Energy
- 8 Se fördjupningsstudien om solenergi i den här skriftserien.
- 8 Ibid.
- 10 IEA-OES, Annual Report 2007
- 11 EPRI 2004, Wave Power Feasibility Study
- 12 Finavera Press Release, 090106
- 13 Sustainable Industries, 081104, Wave power project suffers wipeout, <http://www.sustainableindustries.com/energy/33834284.html>
- 14 Ny Teknik, Vattenfall satsar på oceanvågor, 090116
- 15 Det våras för vågkraften, Kraftjournalen nr. 2, 2008, s. 64
- 16 EUOEA, 2007, SET Plan meeting May 7th, 2007

Svensk exportindustri har en stor och växande betydelse för den svenska välfärdsutvecklingen. Företagens framtida konkurrenskraft och positioner på globala marknader kommer att vara avgörande för deras lönsamhet och därmed också för sysselsättningen och tillväxten i Sverige. Rapportserien Framtida tillväxtområden för Sverige beskriver svenska företags roll i framväxande globala tillväxtområden. Det är områden som karaktäriseras av stor osäkerhet och av en öppenhet där nya aktörer samverkar och nya konstellationer växer fram.

Projektet drivs av Blue Institute, en tankesmedja med fokus på strategi och tillväxtfrågor grundad av Mercuri Urval, och finansieras av VINNOVA. Den här fördjupningsstudien om vågkraft är en del i en serie studier av utvecklingsområden som prioriteras av näringslivet själva, där företagsledningar engagerats och identifierat utvecklingsprojekt som är kommersiellt gångbara inom 2-5 år.

ISSN 1651-355X, ISBN 978-91-85959-50-1

