

Offshore energiproduksjon Status og sammendrag av muligheter



Forsidefoto: www.photos.com
ISSN: 0807-0946
ISBN: 978-82-7478-268-6

Oslo, 18.12.2007
Forum for utvikling og miljø
Energi- og klimagruppen
v/Torhildur Fjola Kristjansdottir
tfk@naturvern.no

Norges Naturvernforbund
Postboks 342 Sentrum
0101 Oslo
Tlf. 23 10 96 10
E-post: naturvern@naturvern.no
www.naturvern.no

Sammendrag

Fornybar energiproduksjon til havs kan være et svært viktig bidrag til å redusere klimagassutslipp i fremtiden. Potensialet for kraftproduksjon fra havet er anslått å være rundt 100,000 TWh i året, mer enn fem ganger verdens kraftproduksjon i dag (rundt 17,500 TWh).

Erfaringer fra Danmark og Storbritannia viser at inngrep i naturen kan minimeres med strategisk plassering av anleggene. Undersøkelser fra eksisterende anlegg viser at de viktigste påvirkningene av havvindmøller på fugl er; kollisjonsrisiko, fysisk endring av habitat og generell forstyrrelser. Det er et stort behov for å se nærmere på påvirkninger på fugl og det marinemiljøet som følge av offshore vindmølle og annen energi utbygging. Dette arbeidet bør starte allerede nå for å sikre at fremtidens anlegg har minimale negative effekter på naturen.

Erfaring fra havvindmøller (vindmøller på grunnvann) i de landene som har mest erfaring fra drift av slike anlegg er i sin helhet positiv. Det betyr imidlertid ikke at det ikke har vært noen problemer, men at det er en slags konsensus at problemene kan bli løst.

Det finnes ennå en del barrierer for at fornybar energiproduksjon offshore kan bli en storskala industri, spesielt med tanke på økonomiske hensyn. Men mye kan bli overkommet med stor satsning, økonomisk produksjonsstøtte, internasjonalt samarbeid og betydelig økte midler til forskning, utvikling og utprøving av anlegg. Tidshorizonten før vi har kommersiell fornybar energiproduksjon offshore (på dypt vann, mer enn 50 meter dypt) er anslått å være minst 8-12 år.

Det er et behov for å få rammebetingelser og en stabil politisk ramme rundt arbeidet med fornybar energiproduksjon til havs. Dette er blant annet viktig for å gjøre energiselskaper og entreprenører villige til å investere i nye prosjekter. Nye prosjekter kan føre til økt kunnskap rundt fornybar energiproduksjon til havs og drive fremtidige priser på en slik energiproduksjon ned.

Historisk sett er det snart 30 år siden havbasert energiproduksjon fikk stor oppmerksomhet. Men siden den gang har det vært en svært sakte utvikling, mye på grunn av at Norge har mye billig, ren kraft i tillegg til at verden ennå har store ubrukte ressurser av fossil energi.

Støtteordningen til umodne teknologier er i Norge på 10 øre/kWh men i andre land opp til 1,8 kr/kWh. Flere pilotprosjekter på havbasert fornybar energi skal flytte fra Norge på grunn av at støtteordningene er bedre i andre land. Offentlig støtte må være slik at den stimulerer til økt produksjon og fremdrift. Den må i tillegg være forutsigbar og langsiktig.

Naturvernforbundet mener at det er viktig at det defineres et havområde, en blokk, hvor energiselskaper og forskningsmiljøer kan drive testing og utvikling. Et område som er spesielt egnet til å produsere kraft med offshore vindmøller. Dette kan bidra til at forskere og utbyggere får mer langsiktighet og mindre usikkerhet rundt sine planer. Nødvendig infrastruktur slik som nett tilkobling bør være en del av den offentlige støtten til utvikling av offshore-anlegg, slik som det legges opp i til Storbritannia. Naturvernforbundet mener at et slikt område bør defineres i samarbeid med relevante faginstitusjoner som Direktoratet for Naturforvaltning og Havforskningsinstituttet. Valg av område må bli en demokratisk prosess.

Rapporten er skrevet av Naturvernforbundet i samarbeid med Forum for utvikling og miljø, energi og klimagruppen. Naturvernforbundet er ansvarlig for innholdet i rapporten.

Innhold

SAMMENDRAG.....	3
1. INNLEDNING.....	7
2. NATURINNGREP TIL HAVS	9
2.1 PÅVIRKNING PÅ FUGL.....	9
2.2 PÅVIRKNING PÅ DET MARINBIOLOGISKE MILJØET	10
2.3 NØDVENDIGE HENSYN.....	11
3. ENERGI TIL HAVS: STATUS OG MULIGHETER	11
3.1 VINDENERGI.....	11
3.1.1 Ressursgrunnlag.....	12
3.1.2 Status og erfaringer.....	13
3.1.3 Foreslåtte prosjekter.....	16
3.1.4 Elektrifisering av sokkelen med offshore vindmøller.....	16
3.1.5 Kostnader for dagens vindmøller til havs.....	17
3.1.6 Muligheter, fremtidsutsikter og klimagassutslipp.....	18
3.2 BØLGEENERGI	19
3.2.1 Ressursgrunnlag.....	19
3.2.2 Status og erfaringer.....	19
3.2.3 Muligheter	20
3.3 TIDEVANNSENERGI.....	21
3.3.2 Status og erfaringer.....	21
3.3.3 Muligheter	22
4. ØKONOMISK STATUS FOR OFFSHORE FORNYBAR ENERGI.....	22
4.1 STRØMPRIS.....	22
4.2 STØTTEORDNINGER I NORGE.....	22
4.3 STØTTEORDNINGER I NOEN ANDRE LAND	23
5. TILTAK TIL Å FÅ ØKT SATSNING PÅ SKÅNSOM FORNYBAR ENERGI TIL HAVS.....	23
5.1 KUNNSKAPSNIVÅET INNEN FUGLELIV OG NATURMANGFOLD OFFSHORE MÅ HEVES	23
5.2 ENERGILOVEN	23
5.3 STØTTEORDNINGEN.....	24
5.4 TESTOMRÅDER.....	24
5.6 FORSKNINGSMIDLER OG UTVIKLINGSMIDLER.....	24
6. KONKLUSJON OG VIDERE ARBEID.....	25
REFERANSER	26

1. Innledning

I dag bruker Norge over 150 TWh fossil energi som fører til utslipp av klimagasser på over 50 millioner tonn hvert år. Dette forbruket må vi redusere, effektivisere og erstatte med fornybar energi.

All form for energiproduksjon har en innvirkning på miljøet. Utfordringen er å finne de energiformene som har minst innvirkning på naturen og klimaet. Vind og vannkraftverk kan være store og arealkrevende og kan gi omfattende virkninger på naturforhold i det aktuelle området. Vann- og vindkraftanlegg kan komme i konflikt med ivaretagelse av landskap, inngrepsfrie naturområder, områder for friluftsliv, og leveområder for planter og dyr.

Utenfor norskekysten er det store muligheter for å satse på fornybar energiproduksjon offshore, både med hensyn til vindkraftanlegg offshore samt muligheter for å utnytte bølger og tidevannskrefter. Det har vært betydelig økt fokus på dette området de siste årene og en del teknologiske hinder er overkommet.

Rapporten er et sammendrag av kunnskap om energiproduksjon til havs, med hovedfokus på erfaringer og rammebetingelser. Samtidig sammenfattes dagens kunnskap om naturinngrep fra havvindmølleanlegg.

Følgende muligheter for fornybar energiproduksjon til havs er vurdert:

- havvindmøller og offshore vindmøller
- tidevannskraft
- jordvarme
- bølgekraft

Saltkraftutvinning er kun aktuell hvor ferskvann møter saltvann, og ikke ute på åpent hav, derfor er saltkraftmulighetene ikke nevnt her, selv om det kan være høyst aktuelt i fremtiden i relevante områder. Kunnskapen om utnyttelsen av termiske forskjeller i havstrømmene er kommet kort og er derfor heller ikke tatt med her. Hovedfokuset er på offshore-vindmøller, det vil si vindmøller på dypt vann (dypere enn 50 m).

2. Naturinngrep til havs

Samtidig som fornybar energi er klimavennlig energi, finnes det ingen energiproduksjon som ikke innebærer noe naturinngrep. I seksjon 2.1 til 2.3 er en kort oversikt over de viktigste påvirkningene av slike anlegg og hvilke hensyn man bør ta ved plassering av slike anlegg.

2.1 Påvirkning på fugl

I dag finnes det ikke noe store offshore vindmølleparker som kan belyse nøyaktig hvordan offshore vindmøller vil påvirke fuglelivet i området. Det er behov for grundigere undersøkelser på dette området. Denne gjennomgangen fokuserer på de erfaringene som er gjort for påvirkninger av havvindmøller.

De viktigste påvirkningene av havvindmøller på fugl er:

- kollisjonsrisiko
- fysisk endring av habitat
- generell forstyrrelse

I Danmark er det gjort undersøkelser på hvordan fugl påvirkes av Horns Rev og Nysted havvindmølleanleggene, anlegg som er 14 km fra strandsonen og på 25 meters dybde. Radar, infrarød videoovervåkning og visuelle observasjoner bekrefter at de fleste av de forskjellige fugleartene i området unngår å kolliderer med vindmøllene. Det er registrert betydelig trafikk av fugler i vindparkens grenseområder. Denne adferd viste seg å være sterkt avhengig av hvilken fugleart det er snakk om.¹

I en artikkel av Exo og Hüppop (2003) beskrives en del problemstillinger knyttet til fugl og havvindmøller. Der pekes det på at nesten all sjøfugl flyr veldig nært sjøoverflaten, det vil si mindre enn 100 m over havet. Dette betyr at det meste av sjøfugl vil komme til å fly i samme høyde som vindmøllene blir, vindmøller som sannsynlig vil ha høyde på 60-100 meter.

I samme artikkel peker de på at den største faren for kollisjoner er om natta og når det er regn, tåke og kraftige vindforhold. Ved disse forholdene flyr fuglene også lavere. Undersøkelser på adferd hos fuglene viser at de fleste fugler flyr nærmere rotorbladene om natta enn om dagen og at flere kolliderer. De trekker også fram at offshore vindmøller vil være en konstant forstyrrelse for fugl i området og at det vil være noe økte forstyrrelser når anleggene konstrueres. Denne artikkelen konkluderer med at havvindmøller vil sannsynlig bidra til større problemer med fugl, enn vindkraft på land. Dette begrunnes i at havvindmøller planlegges å være større enn de som planlegges på land samt at havområder ofte har mye trekk av store fuglearter og store fugler er mer sårbare for forstyrrelser. Samtidig som de peker på disse faktorene mener de også at det er svært viktig med videre undersøkelser på dette området.² I denne artikkelen blir havvindmøller og offshore vindmøller behandlet likt, det vil si at de definerer ikke mellom havvindmøller på grunt vann i kystnæreområder og offshore havvindmøller på dypt vann lengre fra kysten.

¹ Danish offshore wind, key environmental issues, Dong energy, Vattenfall, Danish energy authority og Danish forest and nature agency, 2006.

² Birds and offshore wind farms: a hot topic in marine ecology, Klaus-Michael Exo, Ommo Hüppop og Stefan Garthe, 2003 <http://www.abcbirds.org/policy/OffShoreCompositeStudy.pdf>

I en undersøkelse av Tunø Knob vindmøllepark viste det seg at både eder fugl og sortender under nattflyging i stor utstrekning unngikk vindmøllene. Men for rovfugler på jakt etter mat viste det seg at de forholdsvis ofte kolliderer med vindmøllene. Det skyldes at under jakten er de mindre oppmerksomme på andre faremomenter. For sule, terner og kjoever kan det derfor ikke utelukkes på forhånd at det kan være en viss risiko for kollisjon med vindmøllene under drift av vindkraftanleggene.³

I en undersøkelse fra et område med to havvindmøller i Blyth, i Storbritannia, fremkom det at av de fuglene som døde i området kunne 3 % skyldes på vindmøllene. Fugledødelighet ble estimert i området før og etter det hadde vært satt opp to vindmøller med en kapasitet på 3 MW. Dette prosjektet er et pilotprosjekt, og det forventes at vindmølleparker i fremtiden vil være mye større enn pilotprosjektet i Blyth.⁴

Det er klart at kunnskapsnivået når det gjelder hvordan vindmøller til havs vil påvirke fuglelivet er veldig lavt i dag. Kunnskapsnivået rundt inngrep i naturen til havs må heves samtidig med økt teknologisk utvikling. Dette arbeides bør settes i gang allerede nå.

2.2 Påvirkning på det marinbiologiske miljøet

Dette kapitlet er i hovedsak basert på Kyst og Havbruk 2007 fra Havforskningsinstituttet.

Vindmøller til havs vil som alle andre konstruksjoner beslaglegge areal og kunne påvirke strømforhold. Påvirkning på strømforhold avhenger av størrelsen på konstruksjonene. Hvis fundamentene er relativt små, det vil si noen meter i diameter, og vindmøllene er plassert langt fra hverandre (over 100 m), vil det sannsynligvis ikke ha effekt på strømmen. Men i tillegg til direkte påvirkninger vil støy og elektromagnetisk stråling kunne påvirke de marine økosystemene.

I dag er de fleste havvindmøllene på relativt grunne områder. Disse områdene er ofte veldig produktive og artsrike samfunn og vil kunne være sårbare overfor miljøforstyrrelser. Påvirkningsområdet av vindmølleparkene er anleggsområdet og en sone rundt, hvor indirekte effekter kan forventes.

Effekter av fysiske konstruksjoner på havbunnen kan være både positive og negative. En negativ effekt er f.eks. at fisken kan bli skremt av konstruksjonen. En positiv effekt kan være økte forekomster av fisk i tilknytning til vindmøllefundamenter. Dette er observert i Kalmarsundet på den svenske Østersjøkysten og ved Horns Rev havvindmøllepark i Danmark.

Påvirkning av støy og elektromagnetisk stråling avhenger selvsagt av størrelsen og kapasiteten av vindmøllene og området som blir valgt for anleggene. Det er viktig at et eventuelt område for utbygging av havvindmøller og offshore vindmøller blir undersøkt slik at en forsøker å minimere negative påvirkninger på det marinbiologiske miljøet. (Kyst og Havbruk, 2007, Havforskningsinstituttet ved Henning Steen, Kjell Tormod Nilssen og flere⁵)

³ Effects on birds of an offshore wind park at Horns Rev: Environmental impact assessment NERI Report2000, http://www.hornsrev.dk/Miljoeforhold/miljoerapporter/Baggrundsrapport_18.pdf

⁴<http://www.berr.gov.uk/files/file20489.pdf> Offshore wind turbines and bird activity at Blyth, 2005.

⁵Ann-Lisbeth Agnalt, John Alvsvåg, Lars Asplin, John Dalen, og Anders Jelmert.

2.3 Nødvendige hensyn

For å minimere inngrep av offshore vindanlegg bør:

- ikke være på grunnere bunn enn 30 meter
- ikke være i taeskogen
- ikke plassert hvor det er koraller
- ikke i områder der det er store faste trekkruter for fugl
- ikke i spesielt rike områder for fugl og andre marine organismer som fisk og pattedyr

og for å sikre at offshore vindmøller ikke kommer i konflikt med kystlandskapet bør de ikke plasseres innenfor synsranden fra kystlandskapet i Norge. Det bør utredes om det er muligheter for å bygge nær eksisterende plattformer og utnytte eksisterende konstruksjoner. Noen institusjoner og firmaer som bør være med på å peke ut et passende område er DN, NINA, Havforskningsinstituttet, NIVA, Kystverket, NVE og Statnett.

Noen flere kriterier for lokalisering:

- Minimale konflikter med skipstrafikk
- Minimale konflikter med fiskerinæring og oppdrettsnæring
- Ikke konflikt med verneområder eller er området som er foreslått vernet
- Bunnforhold bør undersøkes

I Norge er det Direktoratet for Naturforvaltning (DN) som representerer Norge innenfor OSPAR-konvensjonen, i arbeidet med å samle og formidle kunnskap om offshore vindkraft internasjonalt.

3. Energi til havs: Status og muligheter

Det er flere muligheter for fornybar energiproduksjon til havs; vind, bølge, tidevanns, termiske forskjeller, jordvarme og saltkraft. Ifølge International Energy Agency(IEA) er de samlede globale ressursene for fornybar energi til havs opp i mot 100,000 TWh/år⁶. Det vil si nesten 1000 ganger større enn Norges strømproduksjon, på rundt 120TWh. Til sammenligning var den totale elektrisitetsproduksjonen i EU i 2003 på 2800TWh og verdens totale elektrisitetsproduksjon i 2005 var på 17400 TWh i året.^{7 og 8}

Det har vært betydelig økt fokus på energi fra havet siste årene. Ifølge IEA var det 34 utviklingsprosjekter innen offshore energi (eksl. offshore vind) i 2003 men 77 i 2006. Omtrent halvparten av disse var i Storbritannia.⁹ I underkapitlene nedenfor er ressursgrunnlaget i Norge for energiproduksjon fra de fire forskjellige energiressursene presentert.

3.1 Vindenergi

Offshore vindkraft har vært diskutert mye i den siste tiden. Denne økende interessen skyldes for det meste at:

⁶ www.fornybar.no, side 118.

⁷ http://www.iea-oceans.org/_fich/6/Poster_Ocean_Energy.pdf

⁸ http://www.sffe.no/energi_fra_havet/issc%202006_ocean_energy_presentation.pdf

⁹ IE A status report 2006

- det er et stort potensial for produksjon, mer vind og mer stabile forhold offshore
- det er press på økt produksjon av fornybar energi for å redusere utslipp av klimagasser
- Norge har kunnskap innen offshore teknologi, teknologien kan bli en eksportartikkel for industrien
- det er ventet at utbygging offshore vil utløse færre konflikter enn på land
- det er begrenset tilgang til vindressurser på land og landarealer

I Europa, spesielt i Tyskland, Danmark og Nederland, er store deler av arealet tilegnet til vindkraft på land allerede utnyttet. Det har derfor oppstått et reelt behov for ekspansjon til nye områder. Havområder har blitt vurdert og til dels realisert som en mulighet på grunnvann. I dag betegnes produserende havvindmøller stort sett som vindmøller på grunn havbunn i kystnære områder. Men i Norge er interessen stor for vindmøller på dypt vann langt fra kysten, det vil si offshore vindmøller. Denne interessen begrunnes videre i at på dyp bunn er det store områder med større vindhastighet tilgjengelige for utbygging av vindkraft.

Hvis vindturbinene plasseres så langt ute i havet at de blir ikke synlige fra land, er det sannsynlig at konfliktnivået for utbyggingen reduseres betydelig.

3.1.1 Ressursgrunnlag

Energien i vinden er beregnet med følgende formel:

$$E = \rho * A * 0,5 * v^3$$

hvor E er energimengden, A er tverrsnittarealet vinden går igjennom og v er vindhastigheten. Fra ligningen ser vi at energien i vinden er sterkt avhengig av vindhastigheten.

Vindstyrken varierer sterkt mellom årstider og tiden på døgnet. For å få et enkelt mål på årlig energiproduksjon er det vanlig å bruke brukstiden som for hver turbin er avhengig av gjennomsnittlig vindhastighet. Utbyggingstettheten bestemmer energibidraget. Norges vassdrags- og energidirektorat har antatt i rapporten: Vindressurser utenfor norske kysten, at den vil være den samme til havs som på land, 15 MW/km² [3]. Potensialet for årlig energiproduksjon blir da:

$$\text{Energiproduksjon [GWh/år]} = 15 \text{ [MW/km}^2\text{]} * \text{areal [km}^2\text{]} * \text{brukstid [timer]}/1000$$

med en middelsvindhastighet på 7-7,5m/s og brukstid mellom 2500-2900 timer i året kan man produsere ca 40 GWh/km² eller 0,04 TWh/km².

Vind- hastighet	10 moh m/s	90 moh m/s
Nordsjøen	8.6	11.5
Frigg	8.7	11.6
Jotun	8.5	11.3
Kristin	8.6	11.5
Troll	8.6	11.5
Statfjord	8.6	11.5

Tabell 1 Vindhastighet i Nordsjøen og områder med petroleumsvirksomhet
kilde: Offshore vindkraft på dypt vann, Eystein Borgen, SWAY A/S

Det vil si at

- det trengs rundt 3000 km² for å produsere like mye strøm som Norge produserer fra vannkraften i dag (rundt 120 TWh strøm)
- en blokk på 600km², like stor som en petroleumsblokk kan produsere rundt 25 TWh.

Praksis har imidlertid vist at produksjonen for en offshore vindmølle sammenlignet med en landbasert mølle i gjennomsnitt er 33 % høyere.¹⁰ I tabell 1 er tall for vindhastighet i områder hvor det i dag er petroleumsvirksomhet, fra tabellen er det klart at det er betydelig vindstyrke i disse områdene og at vindstyrken øker vesentlig med økt høyde.

Ifølge Forsesight 2007 rapporten for offshore vind tar de et eksempel på at det kan installeres 10 MW / km². Hvis det er mulig så trengs det 100 km² for en 1000 MW vindkraftpark.

Dagens vindmøller har fleste en nominell ytelse på 2-5 MW og har en rotordiameter på omtrent 80 meter til 126 meter. Trenden har vært at vindmøllene blir større og større.

På NVE sine nettsider finnes det en vindatlas, <http://www.nve.no/vindatlas/>; der kan man finne mye detaljert informasjon om vindforholdene på forskjellige steder i Norge.

Det fysiske potensialet for utbygging i grunnområder med dybder mindre enn 10 m er anslått til 180 TWh, men økes maksimaldybden til 50 m er potensialet hele 800 TWh¹¹ (www.nve.no)¹². Ifølge NVE vil det i praksis kun være en liten del av det påviste fysiske potensialet som bygges ut.

I en rapport fra Enova høsten 2007, Potensialstudie for havenergi, fremkommer det at potensialet for offshore vind er mye høyere enn NVE tidligere har antatt. Ifølge rapporten skal potensialet for havenergi være på hele 14000 TWh. Hvor stort sett den eneste begrensende faktoren er markedsmessige forhold.¹³

3.1.2 Status og erfaringer

I dag er det installert 919 MW effekt vindkraft til havs verden over. Dette utgjør ca 2% av den totale vindkraftkapasiteten som var utbygget i Europa i 2006.¹⁴ Danmark og Storbritannia er ledende med henholdsvis 426MW og 309MW installert effekt.¹⁵ De eksisterende vindkraftanlegg til havs er på 2-23 m dype og i 2-20 km avstand fra kysten.¹⁶ Det er derfor klart at sjøl om det nå er flere vindkraft anlegg til havs, så er de nåværende anleggene ikke offshore, det vil si langt bra kysten på dyp havbunn. De neste avsnittene baserer seg derfor på de erfaringene som er gjort med havvindmøller.

Det har ikke vært problemfritt å flyttet møllene til havs. En del tekniske utfordringer er knyttet til hardere værforhold. Hardere værforhold gjør det blant annet vanskeligere å vedlikeholde konstruksjonene og levetiden av det tekniske utstyret har vært kortere. Ifølge en artikkel av Claude R. Olsen i Energi i oktober i år har Vestas opplevd en rekke

¹⁰ Charlotte Boesen, <http://www.nve.no/admin/FileArchive/289/D1.pdf>

¹¹http://www.nve.no/modules/module_109/publisher_view_product.asp?iEntityId=8926

¹²http://webb2.nve.no/modules/module_109/publisher_view_product.asp?iEntityId=8926

¹³ <http://www.enova.no/dialog.aspx?action=file&fileid=1150>

¹⁴[http://www.ewea.org/index.php?id=203&no_cache=1&sword_list\[\]=offshore](http://www.ewea.org/index.php?id=203&no_cache=1&sword_list[]=offshore)

¹⁵ Petter Hersleth i Statkraft

¹⁶http://www.sffe.no/energi_fra_havet/issc%202006_ocean_energy_presentation.pdf

problemer knyttet til prosjekter i Storbritannia. Girkassene har sviktet og værforholdene har gjort det vanskelig å vedlikeholde og fikse anleggene i tide før vinteren. Men ifølge John Olav Tande hos Sintef (i samme artikkel) er det viktig å forstå at en del av de havvindmøllene som har blitt satt i bruk, er pilotmøller. Det vil si at det har ikke vært testet tilstrekkelig før de ble installert til havs (Energi, nr. 10 oktober 2007, 19. årgang). Man kan se på de første havvindkraft prosjektene som pilotprosjekter der det er viktig å hente den relevante erfaringen for videre utbygging. For mer informasjon om erfaringer med offshore vind les en rapport fra det internasjonale energi byrået; IEA, Offshore Wind experiences.¹⁷

Danmark

I Danmark fordeles den installerte effekten på 426MW på 8 forskjellige vindparker. I 2006 var produksjonen fra havvindmøller 22% av den totale vindkraftproduksjonen i Danmark. De to største vindparkene er Horns rev og Nysted med en kapasitet på rundt 160MW.¹⁸ Disse prosjektene har gitt en relevant erfaring med hensyn på utbygging på dypere områder. Erfaringen fra disse prosjektene er at mye har gått bra men mye har også vært uventet og gitt en del komplikasjoner. I den danske "Action Plan for Energy, Energy 21" er målet at det skal bygges ut 4,000 MW av havvindkraft og offshore innen 2030. På land er målet 1,500 MW. Hvis disse målene blir innfridd, vil 50 % av Danmark elektrisitetsforbruk komme fra vindkraft i 2030¹⁹. Horns rev offshore vindpark er plassert 14 kilometer fra land og på 25 meter dype. I november 2006 kom det ut en rapport med tittelen "Danish Offshore wind, key environmental issues". Denne rapporten er gitt ut av DONGenergi, Vattenfall, The Danish energy authority and the Danish Forest and Nature Agency. Konklusjonen i denne rapporten er at miljøbelastningen fra de eksisterende havvindmølleparkene i Danmark er begrenset. De konkluderer videre med at med strategisk plassering blir påkjenningen på fugl, fisk og marinenorganismer minimale. Når det gjelder fugl så uttrykker rapporten videre at det er behov for nærmere undersøkelser. Spesielt når det gjelder å se på en samlet effekt fra flere vindmølleparker.

Storbritannia

Storbritannia er sannsynlig det landet som er kommet lengst når det gjelder havvindmølleanlegg. Myndighetene i landet har hatt en stor satsning på marin fornybar energi og legger godt til rette for utvikling og testing av slike anlegg. Et britisk prosjekt er f.eks Barrow Offshore wind. Det er en vindmølle park som er plassert 7 km sør vest av Walney øyen. Dette anlegget består av 30 møller med 3 MW kapasitet hver.²⁰

En annen vindmøllepark er Gabbard Offshore Wind park. Den vil være lokalisert ca. 23km fra Suffolk kysten. Det planlegges å sette opp 140 vindmøller og at parkens totale kapasitet blir på ca. 500 MW.²¹

Scottish and southern energy har søkt om tillatelse for å bygge og drive en vindpark i nærheten av plattformen Beatrice på Nord-Vest kysten av Storbritannia. Vindparken vil bestå av to vindturbiner med 5MW kapasitet og lokalisert ca 1,6 km og 2,3 km fra Beatrice-plattformen. Sommer 2007 ble vindmøllene utplassert. Det vil bli kabel fra vindparken til Beatrice-plattformen. Planen er at prosjektet skal vare i 5 år. Målet med vindparken er å undersøke mulighetene for en større vindpark på denne lokaliseringen i fremtiden samt samle inn erfaring fra oppsett og drift av et slikt anlegg.²² Dette er et pilotprosjekt, og handler om offshore vindmøller på dypt vann.

¹⁷ <http://www.iea.org/textbase/papers/2005/offshore.pdf>

¹⁸ http://www.dkvind.dk/materiale/statistik/pdf/havet_mar06.pdf

¹⁹ <http://www.windpower.org/en/tour/rd/offintro.htm>

²⁰ <http://www.bowind.co.uk/project.htm>

²¹ <http://www.greatergabbard.com/opencontent/default.asp?itemId=5>

²² http://www.beatricewind.co.uk/uploads/downloads/beatrice_windfarm.pdf

Nederland

I Nederland er det store planer for havvindmøller. Et prosjekt som kalles Q7 Offshore Windpark bygges nå 23 kilometer utenfor stranden av Ijmuiden. Vanddypet i dette området er 19-24 meter. Planen er å installere 60 vindmøller med 2 MW kapasitet. Etter planen skal denne parken begynne å produsere kraft i 2008.²³

Norge

Igangsatte prosjekter

SWAY er et norskdesignet system for flytende feste for en offshore vindmølle med opp till 5MW turbinkapasitet. Det flytende festet kan fungere på vanddyp fra 80 m til 300 m i områder med store vindressurser. SWAY er en patentert teknologi som kan anvendes på offshore vindmøller. SWAY forbereder nå fullskala prototypetesting.²⁴

SWAY-prosjektet stammer fra et firma som het Inocean Construction og arbeidet innen for olje og gassindustrien. Ideen med flytende vindmøller er fra 2002 og SWAY systemet ble patentert i 2003. Nåværende partnere i SWAY er Statkraft, Shell Technology Norway, Lyse og Inocean. Prosjektet støttes også av Norges forskningsråd. Lyse har meldt planlegging av en vindkraftpark på 300MW på dypt vann i Rogaland. Første fase av det prosjektet er på 25 MW og kan være i drift i 2012.²⁵

HyWind-prosjektet, et prosjekt i regi av Hydro og Siemens Power Generation, er også involvert fra juni 2007. De planlegger å bygge og drive et demonstrasjonsanlegg for offshore vindkraft, kalt HyWind demo, utenfor Karmøy i Rogaland fylke. Dette er et flytende konsept. Konseptet kan i prinsippet benytte en vanlig vindturbin men er modifisert med en betongflyter og styring av bladvinkel til å holde turbinen stabil.²⁶ Demonstrasjonsanlegget planlegges å ha en driftsperiode på 2-5 år.²⁷ Enova har nylig støttet HyWind prosjektet med 59 millioner. Hele prosjektet har en ramme på rundt 200 millioner.

HyWind møllen er konstruert slik at den etter hvert også vil kunne trekke energi ut av bølgene omkring. Nøkkelen skal ligge i selve vindturbinen, som også har som funksjon å holde møllen mest mulig rett i vannet.

Ved Senter for fornybar energi i Trondheim er det satt sammen en tverrfaglig gruppe av studenter og faglærere med bakgrunn i elektroteknikk, hydrodynamikk/bølgeenergi, konstruksjon/bygg og innovasjon, som skal jobbe med slike konsept. En modell har vært testet i Marinteks havlaboratorium i Trondheim. Testresultatene er lovende og det er planlagt å bygge en fullskala mølle i 2008 ifølge Finn Gunnar Nielsen, professor II ved NTNU.³

Storskala utbygging av offshore vindkraft krever også et robust overføringssystem. Per Christian Karlsen, student ved NTNU, skriver oppgave i samarbeid med Statkraft på hvordan overføringssystem kan utformes. Sintef energiforskning er også involvert i prosjekter knyttet til offshore vindmøller.

²³ <http://www.q7wind.nl/en/index.htm>

²⁴ www.sway.no

²⁵ Foresightrapport 2007: Offshore vindenergi

²⁶ Foresightrapport 2007: Offshore vindenergi

²⁷ http://www.nve.no/filearchive/308/200504151_1.pdf

3.1.3 Foreslåtte prosjekter

Ren energi til ren industri er et prosjekt som skal foreta en mulighetsstudie og foreslå strategier for utnytting av havbasert vindkraft til miljøvennlig industri- og samfunnsutvikling. Initiativtakere er blant annet NTNU og Noriss. Mulighetsstudien som partnerne med myndighetenes støtte håper skal komme i gang allerede i år, vil bl.a. se nærmere på utvikling av storskala havenergi; først offshore vind, så bølger. Prosjektet har søkt om 100 millioner kroner støtte over to år.

Gjennom sitt program RENERGI gir Forskningsrådet støtte til et stort treårig forskningsprosjekt som vil legge grunnlaget for ny norsk næringsvirksomhet. Blant partnerne er Institutt for energiteknikk (IFE) på Kjeller utenfor Oslo. Prosjektet vil kombinere kunnskap om vindteknologi med erfaring fra offshore- og energiindustrien til å utvikle vindparker på dypt vann, det vil si på mer dyp enn 30 meter.

Statkraft har nå satt i gang et prosjekt der det ønskes at bransjene med kunnskap om offshore utbygging og vindkraft skal knyttes sammen og samarbeide om et forslag om hvordan et 1000 MW offshore vindkraftanlegg til sjøs kan realiseres i 2012. Dette prosjektet fokuserer på at løsningen ikke skal baseres på ny teknologi, men være en sammenkobling av eksisterende kunnskap. Oljeplattformene er bygget ut på dypt vann (70-350 m). Samtidig var det i 2005 en vindkraftproduksjonen 507 GWh i Norge.²⁸ Ved å sammenkoble denne kunnskapen ønsker Statkraft å komme i gang med prosjekter knyttet til havbaserte vindmøller. Frist for innlevering av prosjektideer var 1. august 2007. Dette er et spennende prosjekt som kan bidra til å få økt fart på denne satsningen.

Siragrunnen, et utviklingsselskap, ønsker å bygge et vindkraftanlegg som kan produsere 800 GWh på Siragrunnen utenfor Åna Sira på grensen mellom Rogaland og Vest-Agder.²⁹

3.1.4 Elektrifisering av sokkelen med offshore vindmøller

Ifølge Oljedirektoratet er det installert energianlegg med en samlet effekt på om lag 4250 MW på norsk sokkel. Den totale kraftproduksjonen over et år er omtrent 21 TWh.³⁰ I NVEs utredning om kraftbalansen mot 2020 står det derimot det samlede energiforbruket på sokkelen er beregnet til å være ca 17 TWh per år, hvorav 8-10 TWh er elektrisk energi. Den elektriske energien er produsert med gasskraft på plattformene.³¹ Denne kraften på sokkelen brukes til boring, drift av prosessanleggene, oppvarming, lys, alarmer og kontrollfunksjoner på plattformen. (NVE, 2002) Dette kraftforbruket fører derfor til store utslipp av klimagassen CO₂. Olje- og gassvirksomheten bidro med omtrent 24 prosent av utslippene i 2006, eller rundt 12,88 millioner tonn CO₂-ekvivalenter.³²

Offshore vindparker med noen titalls MW kapasitet kan være spesielt interessant som kraftforsyning til oljeplattformer. Vindparker kan plasseres i nærheten av plattformer og kobles inn for paralleldrift med de eksisterende løsningene. Denne muligheten kan fungere som et demonstrasjonsanlegg for offshore vind hvor testing og utvikling kan foregå.³³ Hvis en kan forestille seg at for eksempel 30 % av nåværende elektrisitetsproduksjon fra gasskraftverk blir erstattet med offshore vindmøller kan det

²⁸ <http://www.ssb.no/vis/magasinet/miljo/art-2006-12-22-01.html>

²⁹ <http://www.nrk.no/nyheter/distrikt/rogaland/dalane/1.3694825>

³⁰ <http://www.npd.no/Norsk/Aktuelt/Nyheter/Elektrifisering+av+sokkelen.htm>

³¹ <http://www.nve.no/FileArchive/310/Kraftbalansen-mot-2020.pdf>

³² SSB, <http://www.ssb.no/klimagassn/>

³³ Foresightrapport 2007: Offshore vindenergi

redusere klimagassutslippene fra sokkelen med rundt 3 millioner tonn. Det tilsvarer ca. 5-6 % av Norges totale klimagassutslipp.

Lavutslippsutvalget anslår at elektrifisering av sokkelen med fornybar energi vil kunne bidra til en utslippsreduksjon på 3 millioner tonn CO₂ ekvivalenter i 2020, 2035 og 2050. Det betyr at utslipp fra sokkelen vil være på 7 millioner tonn i 2020 i stedet for 10 millioner tonn slik som i referansebanene. Dette vil ifølge utvalget videre reduseres til 2 millioner tonn i 2050, slik som fremgår av tabell 2.

Tabell 2 Utdrag fra Tabell 7.2 i Et klimavennlig Norge, tabellen viser hvordan Lavutslippsutvalget ser for seg utslippskutt fra elektrifisering av sokkelen og hvor mye strømproduksjon som må til.

	Klimagassutslipp MtCO ₂ -ekv./år				Forbruk av nettstrøm TWh/år			
	2005	2020	2035	2050	2005	2020	2035	2050
<i>Referansebanen</i>	15	10	7	5	1	0	0	0
12 Elektrifisering av sokkelen	0	-3	-3	-3	0	3	6	9
<i>Lavutslippsbanen</i>	15	7	4	2	1	3	6	9

3.1.5 Kostnader for dagens vindmøller til havs

Ifølge Danmarks vindenergiorganisasjon, er det største bidraget til at investeringskostnader på havvindmøller er på vei ned er at kostnader knyttet til fundamentet har blitt redusert betydelig. Estimert total investeringskostnad for 1MW havvindkraft (på relativt grunt vann) er på rundt 12 millioner danske kroner i dag. Her er kostnader knyttet til nett tilkobling tatt med. På grunn av at det er mer vind til havs, blir en gjennomsnittspris på elektrisiteten på ca. 0,36 danske kroner /kWh³⁴. Kostnader knyttet til drift og vedlikehold kommer i tillegg på ca. 0.08 DKK/kWh.³⁵ Vedlikeholdskostnader i noen prosjekter har imidlertid blitt høyere enn forventet som framkom i kapittel 3.1.2. En Tysk studie gjennomført av German wind energy institute vil kraft produksjonskostnader for pilotanlegg i størrelsesorden 450 MW for offshore vindmøller lokalisert 30-40 km fra strandsonen være mellom 0,48- 0,64 øre /kWh³⁶. Kostnader knyttet til flytende offshore vindmøller vil nok være noe høyere en for vindmøller på grunn vann, i hvert fall de første årene.³⁷ Fra Tabell 3 fra Enovas potensialstudie for havenergi i Norge fremkommer det at forventet kostnadspotensial for flytende vindkraft offshore vil være ca. 3,2-5,5 kr /kWh installert. Driftskostnadene er estimerte på 15-20 øre /kWh. Ut i fra tabell 3 er det også klart at vindkraft som er bunnfast på inntil 30 meter er antatt å være billigst. Akkurat når det gjelder den type vindmøller er det kommet en del driftserfaring.

³⁴ Antatt 20 år listid og 5 % rente.

³⁵ <http://www.windpower.org/en/tour/econ/offshore.htm>

³⁶ Gitt at en euro er 8 NOK.

³⁷ <http://www.offshore-wind.de/page/index.php?id=2601&L=1>

Tabell 3 Tabell fra Enova, potensialstudie av havenergi i Norge side 49³⁸

Offshore vindkraft			
	Kostnadspotensial [NOK/års-kWh]	Driftskostnad [øre/kWh]	Bruktimer [timer]
J-Vind-bunnfast, vanndyp inntil 30 m	2,8-4,5	12-18	3000-4500
K- Vind-bunnfast, vanndyp, 30-60 m	3,0-5,0	12-18	4000-5000
L-Vind-flytende innretning	3,2-5,5	15-20	4000-5000

3.1.6 Muligheter, fremtidsutsikter og klimagassutslipp

I hele havvindmøllebransjen er det optimisme og det forventes at produksjonskapasiteten skal økes med 1,2 GW hvert år frem mot 2012. Men her er det hovedsakelig snakk om vindmøller på relativt grunt vann. Det vil si mindre enn 50 m dype. På lengre sikt er tallene mye større, der det forventes at det skal bli bygget ut en kapasitet til å kunne produsere 200-400TWh årlig innen 2025.⁶ Den Europeiske vindenergiforeningen, har som markeds mål at i 2030 skal det være installert offshore vindenergikapasitet på 300GW i EU.³⁹ SWAY-teknologien med flytende offshore vindmøller er spesielt spennende i forhold til å få vindmøllene på dypere havbunn. På dypere havbunn er mulighetene nesten uendelige. Som fremkom fra Enovas analyse om havbasert energi er potensialet for offshore vindmøller antatt å være 14000 TWh, hvis 10 av det bygges ut snakker vi om 1400TWh offshore vindkraft. Lavutslippsutvalget ser på flere muligheter knyttet til offshore vindkraft. Det ene er et scenario hvor vi har 60 TWh vindkraft i Norge i 2050 hvorav 40 TWh kommer fra offshore vind. Dette vil i følge utvalget bidra til en reduksjon i klimagassutslipp med 21 millioner tonn CO₂ ekvivalenter. Forutsatt at den kraften erstatter gasskraftverk uten rensing.

I september i 2007 ga forskningsrådet ut en Foresight rapport om offshore vindenergi. Der er et fremtidsbilde satt opp anno 2027 om at da har vi 6000MW installert kraft fra flytende offshore vindmøller utenfor norskekysten. Ifølge rapporten vil dette redusere utslippet av klimagasser omkring 18 millioner tonn CO₂ per år ved å erstatte kullkraft på kontinentet og gassturbiner offshore.

Tekniske hindringer knyttet til offshore vindkraft er hovedsakelig knyttet til manglende testing og utvikling. En storsatsning kommer ikke før fullstendige prototype utviklinger har foregått. Vindmøller på land gir relevant teknisk erfaring for sjøve vindmøllen samt at erfaringer fra andre flytende konstruksjoner gir relevant erfaring innen slike konstruksjoner. I tillegg gir erfaringene fra vindmøller på grunnvann relevant kunnskap i forhold til utholdenhet og vedlikeholds utfordringer knyttet til å ha vindmøllene i sjøen.

Kabeloverføringer fra vindmølleparker offshore til land, enten til Norge eller Europa vil være kostnadskrevende. Statnett har sagt at de vil nå gjennomføre en konseptstudie for et fremtidsrettet kraftnett i Nordsjøen. En studie gjennomført i samarbeid med relevante faginstusjoner. Ifølge Statnett kan en slik konseptstudie forventes i mai/juni 2008. Et nett i Nordsjøen som kan koble sammen oljeinstallasjoner, vindparker

³⁸ <http://www.enova.no/dialog.aspx?action=file&fileid=115>

³⁹ [http://www.ewea.org/index.php?id=203&no_cache=1&sword_list\[\]=offshore](http://www.ewea.org/index.php?id=203&no_cache=1&sword_list[]=offshore)

Norge og Europa. Et firma som heter Airtricity har laget en kort utredning av supergrid i Europa, den finnes på deres nettsider.⁴⁰ Der ser de for seg at Norge bindes sammen med resten av Europa med et supernett som går fra offshore vindkraftparker og inn til land. Forventede avstander mellom offshore vindkraftparker og land er store, det gjør at vekselstrøms overføringslinjer ikke kan brukes. Isteden må det brukes likestrøms linjer som har større overføringskapasitet. Ifølge bransjen har dette til nå vært svært dyr teknologi men nye utviklinger på området viser at kostnadene kan reduseres vesentlig.⁴¹

3.2 Bølgeenergi

Bølgekraftteknologien er sannsynlig den som er kommet lengst når det gjelder å utnytte energien i havet.⁴²

3.2.1 Ressursgrunnlag

Bølgekraft er vindenergi overført til vann. Bølgeenergi er avhengig av flere faktorer, spesielt høyden på bølgen; H , lengden på bølgen; L , tettheten til vannet; ρ_{vann} , gravitasjonskonstanten; $g=9.81 \text{ m/s}^2$ og bølgefrequensen. Energitettheten i en bølge kan regnes ut med følgende formel⁴³:

$$E = \rho_{\text{vann}} * g * H^2 / 8$$

Bølgeenergi har en høy energitetthet, på rundt 30-40kW/m langs norskekysten. Lengre ut på åpent hav kan energitettheten være ennå større, opp til 100 kW/m.⁴⁴

Tilsiget av bølgeenergi inn mot norskekysten er anslått til å være 400TWh i et normalår.⁴⁵ Enova har i sin rapport om potensialstudie av havenergi i Norge konkludert med at det fysiske potensialet for bølgeenergi i Norge er på 600 TWh. Hvorav 12-30TWh kan antas å være utbyggbart.⁴⁶

3.2.2 Status og erfaringer

Norge var et av de land i verden som var først ute med forskning på bølgekraft hvor Professor i fysikk ved NTNU, Johannes Falnes kan kalles å være Norges veteran på bølgekraft.⁴⁷

I 70 årene ble fikk tre bølgekraftprosjekter støtte fra Forskningsrådet:

1. Punktabsorbator - NTNU
2. Svingende vannsøyle – Kværner Brug
3. Kilerenne – SI, Oslo

Punktabsorbator-prosjektet ble ikke fullt utviklet og Kværner-prosjektet totalhavarete. Driftsproblemer og anlegg som totalhavarete bidro til at det ble mindre optimisme og fokus på bølgekraft i Norge.

Forspranget ble derfor ikke utnyttet siden satsning på forskning innen området ble redusert kraftig. Men interessen har økt igjen de siste 5 årene.

⁴⁰ http://www.airtricity.com/ireland/wind_farms/supergrid/.

⁴¹ Europower, november 2007, nummer 10, side 1, av Claude R. Olsen.

⁴² www.fornybar.no

⁴³ http://homepages.cae.wisc.edu/~vining/JVining_WaveEnergyConversion.pdf

⁴⁴ www.fornybar.no

⁴⁵ www.fornybar.no

⁴⁶ www.enova.no, Potensial studie for havenergi, Sweco grøner, 2007: <http://enova.no/dialog.aspx?action=file&fileid=1150>

⁴⁷ http://folk.ntnu.no/falnes/web_arkiv/InstFysikk/tjoeme96.pdf

Noen norske prosjekter i aktivitet nå (2007):

- "Buldra" – Fred Olsen-prosjektet
- Seawave Slot-Cone – WAVE Energy
- Pelagic Wave Pump – LYCRO (NTNU, Nilsen)
- Multi Stage Turbine – designet av NTNU/SINTEF⁴⁸

Bølgeforskningsplattformen "Buldra" har i et par år testet ut hvordan et bølgekraftverk vil fungere i de tøffe værforholdene som må takles utenfor Karmøy. Selv om det har oppstått en del komplikasjoner har prosjektet stort sett gått bra. Prosjektledere har nå påpekt at de engelske myndighetenes støtte til denne typen energiprojekter er en helt annen enn i Norge. Prosjektet blir nå flyttet til Storbritannia for videre testing og utvikling.

Et annet norsk prosjekt er Pelagic Wave Pump. Første prototypetest ble gjennomført sommer og høst 2005 i regi av NTNU. Testing i sjøen skal foretas vinteren 2007. Fullskala pilotanlegg planlegges å installeres i løpet av 2009.

Et norsk bølgeenergisekskap, WAVEenergy, fikk støtte fra EU i 2005 for å bygge et pilotanlegg på Kvitsøy i Rogaland. Målet er å kunne levere strøm til nettet sommeren 2008 og ha et kommersielt anlegg klart i 2010 eller 2011. Bølgekraft er foreløpig dyr strøm. WAVEenergy regner med en pris på 95 øre per kilowatt-time (NRK).

Det er ingen kommersielle bølgekraftanlegg i drift i Norge i dag.

Et eksempel på utenlands bølgekraftanlegg er Pelamis i Portugal som ble installert sommeren 2007. Dette er verdens første kommersielle bølgekraftverk. Prosjektet er støtte både av EU og av portugisiske myndigheter. Anlegget vil ha en samlet effekt på 2,25MW.

I Storbritannia er det mye som skjer på bølgekraftfronten. Skotske myndigheter har bestilt fire Pelamis-anlegg til å plassere utenfor kysten av Nord-Skottland. I tillegg er det planer om å lage en "Wave hub" i Sør-Vest England. Det vil si et sted hvor utbyggere av bølgekraft kan bygge pilotanlegg uten å måtte bygge ut nødvendig infrastruktur for energitransport selv.⁴⁹

3.2.3 Muligheter

En del tekniske løsninger med bølgekraft har allerede vært løst, men mange utfordringer er ennå til stede. Det faktum at det i dag er mye mer kostbar strømproduksjon enn for eksempel vannkraft, gjør at det ikke har vært stor vilje hos investorer og forbrukere til å betale for slik produksjon. Trenden har vært å forskyve bølgekraft lengre og lengre inn i framtiden.

For å virkeliggjøre bølgekraftens potensial og overkomme tekniske hinder trengs det en betydelig innsats. Det skjer ikke uten finansiering, både privat og offentlig, samtidig som det trengs noen til som tør satse tungt på dette området. Muligheten er der. Det er bare viktig å ha med seg at innføring av ny energiteknologi vil alltid trenge en ekstra innsats.

På denne siden: http://www.ieaoceans.org/_fich/6/Poster_Ocean_Energy.pdf,

⁴⁸ Informasjon fra Frank Nilsen ved NTNU.

⁴⁹ Claude R.Olsen, Fornytt bølgekraft, Energi, august 2007.

er det en oversikt over flere bølgeenergiprojekter og informasjon om Norsk bølgekraftshistorie kan finnes på:
http://folk.ntnu.no/falnes/web_arkiv/InstFysikk/BylgjeenergiforskningFysikkNTNU.htm

3.3 Tidevannsenergi

Rundt omkring i verden er det flere tidevannskraft-prosjekter på gang. Tidevannskraft er et resultat av gravitasjonskraften fra sola og månen som trekker i de bevegelige vannmassene på jorden.

3.3.1 Ressursgrunnlag

Det er to metoder som er blitt brukt for å utnytte denne energien. Den ene er at en utnytter vannets fallhøyde. Da blir tidevannet demmet ute når det kommer inn mot land, og da kan det kontrolleres inn mot et skovlhjul. Så blir det demmet opp igjen når det skal ut, og kan kontrolleres mot det samme skovlhjulet. Den andre måten er ei undersøisk mølle som utnytter strømmen i vannet.

Hvis en utnytter energien i strømmen er energiligningen slik:

$$P_w = 1/2 * \rho * n * A * V^3$$

hvor P_w = Effekt, ρ = tettheten til vann [kg/m³]
 n = virkningsgraden til anlegget (vanlig 20 –40 %)
 A = tverrsnitt areal [m²]
 V = vannhastigheten [m/sek]

De fleste prosjektene knyttet til tidevannskraftverk trenger en vannhastighet fra 2,5 –5,0 m/sek. Jo mer strømhastighet desto mer muligheter for energiproduksjon.

På spesielt gunstige steder kan store vannmasser skyte fart og gi en energitetthet i området 500-1000 W/m².⁵⁰

Tidevannsselskapet Hammerfest strøm har anslått det teknisk oppnåelige potensialet i Norge til rundt 650 GW/år, men ifølge Statkraft kan potensialet være så stort som 2 TWh/år kun i Nord-Norge.

3.3.2 Status og erfaringer

I Sør-Korea bygges det nå ut et anlegg, Sihwa Lake Tidal Power Plant, som vil bli verdens største tidevannsanlegg med en energiproduksjon på 254 MW. Prosjektet vil koste rundt 260 millioner dollar og det planlegges at det skal stå ferdig i 2009.⁵¹

Marin Current og Tidal Engineering Business har begge prosjekt på gang i Storbritannia. Marine Current Turbines (MCT) skal installere en tidevannsturbin i Nord-Irland i august 2007. Denne turbinene vil kunne forsyne 1000 husholdninger med strøm.

Hammerfest Strøm A/S har drevet testproduksjon i Hammerfest, men det prosjektet flytter nå til Storbritannia. Flyttingen begrunnes fra prosjektledere i at støtteordningene i Norge er for lave. Et demonstrasjonsprosjekt som heter MORILD er et samarbeidsprosjekt mellom Hydra Tidal og Statkraft, og planlegges å lokaliseres i Kvalsundet, Norge.

I 2005 var det installert 0,3 GWh produksjonskapasitet med tidevannskraft (Martinot).

⁵⁰ www.fornybar.no, side 114

⁵¹ <http://e24.no/utenriks/article1894788.ece>

På denne siden: http://www.iea-oceans.org/_fich/6/Poster_Ocean_Energy.pdf, er det en oversikt over flere tidevannsprosjekter.

3.3.3 Muligheter

Det er store muligheter for energiproduksjon fra tidevannskrefter. Her gjelder det samme som for bølgekraft, i dag er dette stort sett på utviklingsstadiet og en kostbar energiproduksjon. Det trengs en betydelig innsats til å få dette til å... Men ressursen er der, det er mye kunnskap som er blitt akkumulert de siste årene.

Geotermisk energi generelt er varmeenergi tatt ut fra jordskorpen. Geotermisk energi kan brukes direkte eller for produksjon av elektrisitet. Temperaturen stiger med 25-35 °C/km i geologisk stabile områder, men verdier lavere enn 10°C /km forekommer også. Typiske mer aktive geotermiske områder har mye høyere temperaturgradienter.

Det er ikke gjennomført noen systematisk kartlegging av de geotermiske ressursene i Norge. Potensialet er stort, men veldig spredt. Grove estimater antyder at utnyttbar energi ned til 5 km dybde utgjør et varmebidrag på 60 TWh per år for Norge.⁵² SINTEF har sammen med eksterne partnere sett på muligheten for å utnytte geotermisk energi fra olje-/gassbrønner i Nordsjøen. Brønnstrømmen fra olje-/gassfelt er varm og for tomme brønner kan det være mulig å ha lukkede sløyfer med vann som pumpes ned og varmes opp. Det varme vannet kan så utnyttes i en kraftprosess. Studier har vist at temperaturer opp mot 170°C kan oppnås i det varme vannet. Dette kan omsettes til elektrisitet med en virkningsgrad i området 6-10% avhengig av den valgte kraftprosessen. Med reduksjon i gassforbruk til elektrisitetsproduksjon, noe som vil spare CO₂-avgift, kan kostnaden bli lav per produsert kWh og konkurransedyktig med vannkraft. SINTEF utfører i samarbeid med NTNU jordvarmeprosjekter med vekt på systemer med kombinert kraft/varme produksjon.⁵³

Estimat over utnyttbar varme ned til et dyp på 5 km gir omlag 64 TWh per år for Norge. Potensialet er lavtemperert og egner seg kun for oppvarmingsformål. Det er imidlertid ennå ikke gjennomført noen omfattende systematisk kartlegging av geovarmressursene i Norge.⁵⁴

4. Økonomisk status for offshore fornybar energi

I dag opereres det ofte med at prisen for elektrisitet fra offshore vindmøller er 50 % dyrere per kWh enn for vindkraft på land. I følgende kapitler er kort gjennomgang av hvilke økonomiske forhold påvirker en økt satsning på offshore-vindmøller.

4.1 Strømpris

Lave strømpriser i Norge gjør det vanskelig for umodne teknologier å komme inn på markedet. Strømprisene er høyere i Storbritannia og Danmark, land som nå fokuserer på fornybar energiproduksjon til havs. I tillegg har Norge ikke hatt noen mangel på ren strøm. Norge har store kilder av fornybare energiresurser på land samt store ressurser av fossil energi.

4.2 Støtteordninger i Norge

Ifølge Stortingsmelding om støtteordningen til ny fornybar elektrisitet er produksjonsstøtten til umodne teknologier på 10 øre/kWh. I tillegg står det i meldingen

⁵² http://www.nve.no/modules/module_109/publisher_view_product.asp?iEntityId=9373

⁵³ http://www.sintef.no/content/page1____2058.aspx

⁵⁴ . <http://www.regjeringen.no/nb/dep/oed/dok/NOU-er/1998/NOU-1998-11/24/4.html?id=349219>

at fornybar elektrisitetsproduksjon med for eksempel tidevannskraft eller bølgekraft vil trolig trenge mer støtte til å bli realisert. OED legger opp til at anlegg av den typen skal kunne få tilleggstøtte gjennom Enovas teknologiprogram.⁵⁵

4.3 Støtteordninger i noen andre land

I Storbritannia legger regjeringen til rette med infrastruktur for teknologidemonstrasjon. I tillegg er det grønne sertifikater (ROC) på rundt 50 øre/kWh. Det vurderes å sette på egne støtteordninger for bølgekraft (ca 2 kr/kWh) og tidevann (ca 1,20 kr/kWh). I Tyskland vurderes det å legge til rette for at regjeringen tar på seg kostnad for kabel til offshore vindparker slik at det ikke belastes utbygger, i tillegg har Tyskland feed-inn tariffen for fornybar energiproduksjon. Hvis utbyggere slipper å investere i kabler til hovednett på land kan det redusere kostnadene med 25-30 %. I Danmark får offshore vindkraft garantert en pris på ca 50 øre/kWh de første 12-14 produksjonsårene. I Portugal er det en feed-in tariff på kr 1,80 per kWh for bølgekraft.⁵⁶

4.4 Forsknings- og utviklingsmidler

Fra årsrapporten for 2006 fra Senter for fornybar energiforskning fremkommer det at det meste av norskfinansierte energiforskning er organisert igjennom Forskningsrådets program RENERGI. I 2006 var budsjettet for RENERGI ca. 145 millioner kroner, hvorav 21 millioner gikk til ny fornybar energiproduksjon.⁵⁷ Nivået på forskningsmidler til fornybar energi var lavere i 2005 enn i begynnelsen av 80-åra.

I klimameldingen fra juni 2007 foreslår Regjeringen en økt satsning på offshore vindkraft. I meldingen er muligheten for at vindturbiner til havs kan forsyne offshoreinstallasjoner med kraft løftet. Også muligheten for at fornybar energiproduksjon til havs kan forsyne kraftsystemet på land via kabel uten å være tilknyttet offshoreinstallasjoner er nevnt. Ifølge meldingen skal regjeringen også legge stor vekt på forskning og teknologiutvikling knyttet til nye fornybare energikilder, inklusiv havenergi. Det nevnes imidlertid ingen ting konkret om hva som skal gjøres til å få til dette.

5. Nødvendige tiltak til å få økt satsning på skånsom fornybar energi til havs

5.1 Kunnskapsnivået innen fugleliv og naturmangfold offshore må heves

Det er klart at kunnskapsnivået når det gjelder hvordan vindmøller til havs vil påvirke fuglelivet er veldig lavt i dag. Kunnskapsnivået rundt inngrep i naturen til havs må heves samtidig med økt teknologisk utvikling. Dette arbeides bør settes i gang allerede.

5.2 Energiloven

Energiloven setter rammene for organiseringen av kraftforsyningen i Norge. Loven inneholder et samlet regelverk som før var spredt over på et stort antall lover. Loven trådte i kraft 1. januar 1991.

Energilovens virkeområde gjelder i dag ikke for kraftproduksjon til havs. Fra Energiloven:

"1-1. (Virkeområde)

"Loven gjelder ikke på norsk sjøterritorium."

⁵⁵http://www.regjeringen.no/upload/kilde/oed/prm/2006/0162/ddd/pdfv/299006-stort._m_11.pdf

⁵⁶ Informasjon fra Tom Arne Enstad i forum for marin fornybar energi.

⁵⁷http://www.sffe.no/documents/AnnualReport/rapport2006_web.pdf

Dette må endres og omformuleres slik at vi får en energilov som gjelder også til sjøs.

5.3 Støtteordningen

Støtteordningene, slik de er i dag, for umodne fornybarenergi-teknologier ser ikke ut til å fungere etter sin hensikt. Dette bekreftes ved at to pilotprosjekter innen dette feltet flytter utenlands. Det betyr at støtteordningen må revurderes og settes på et nivå hvor den kan stimulere til produksjon av havbasert fornybar energiproduksjon. Samtidig er det viktig at det ikke kun fokuseres på produksjonsstøtte. Fra bransjen virker det slik at en del er fornøyd med de mulighetene som finnes i Norge for å få finansiert utvikling, men når det kommer til selve utbyggingen av pilotanlegg ser det ut til å være noe mangelfullt støtteapparat. Dette må forbedres.

5.4 Testområder

Det haster med å sette i gang klimatiltak, og fornybar energiproduksjon til havs kan være et svært viktig bidrag til å redusere klimagassutslipp i fremtiden. Naturvernforbundet mener at det kan være av stor betydning at det defineres et havområde, en blokk, hvor energiselskaper og forskningsmiljøer kan drive testing og utvikling: et område som er spesielt egnet til å produsere kraft med havvindmøller. I det området må det offentlige stille opp med den nødvendige infrastrukturen til å transportere kraft fra pilotanleggene til land.

5.6 Forskningsmidler og utviklingsmidler

Forskningsrådet har i et brev til olje- og energidepartementet oppfordret til at midler til forskning innen fornybar energi, energieffektivisering og CO₂-håndtering økes med 200 millioner i budsjettet for 2008. Dette forslaget støttet Naturvernforbundet, og la til at forskning innen energieffektivisering bør prioriteres. Som nevnt går det meste av forskningen til fornybar energi i Norge igjennom RENERGI-programmet, og det programmet har et budsjett på ca 145 millioner kroner i året. Av dette går det kun en liten andel direkte til fornybar energiforskning. Til å få til en skikkelig utvikling på havbaserte vindmøller er tilgjengelige forskningsmidler nødt til å øke. Et ønske om 500 millioner kroner mer til fornybar forskning fremkom i et opprop i april 2007 fra miljøstiftelsen Zero, Næringslivets Hovedorganisasjon og Elkem Solar og flere. Hvor det var uttrykt et ønske om at satsningen bør starte med en 350 millioners økning til fornybar energiforskning i statsbudsjettet for 2008. Teknologisk utvikling innen fornybar energi spiller en viktig rolle for å løse klimaproblemet.

6. Konklusjon og videre arbeid

Det er enormt store muligheter innenfor fornybar energiproduksjon. Det er imidlertid en del begrensninger både tekniske og økonomiske som må overkommes før fornybar energiproduksjon offshore kan bli en realitet. Men ifølge forskningsmiljøer, industrien og flere aktører er det mulig at vi ikke trenger å vente lenger en 8-12 år før dette kan bli en realitet.

Det er klart at kunnskapsnivået når det gjelder hvordan vindmøller til havs vil påvirke fuglelivet er veldig lavt i dag. Kunnskapsnivået rundt inngrep i naturen til havs må heves samtidig med økt teknologisk utvikling. Dette arbeides må settes i gang allerede nå.

Den største pådriveren for økt produksjon av fornybar energi er klimakrisen og kunnskapen om at Norge og de vestlige landene må redusere klimagassutslipp med 85-90 % innen 2050 for å ha et realistisk håp om at vi klarer å holde temperaturøkningen på 2°C eller mindre. For å få til dette trengs den en grønn energirevolusjon.

For å lykkes i en satsning på fornybar energikilder offshore, er det viktig at man tar inn over seg at dette kommer ikke til å skje av seg sjøl. Det trengs en betydelig innsats fra alle hold. Fra politikere, forskere og næringslivet. Det er spesielt viktig at både natur- og miljøhensyn blir tatt. De årene frem til at offshore vindmøller blir en realitet bør ikke kun brukes til teknologiutvikling men også til utvikling og undersøkelser av hvordan naturinngrep fra slike anlegg kan minimeres.

Ifølge Forskningsrådets foresight rapport om offshore vindkraft er det flere tiltak som må til for å få fart på offshore vindkraft satsning i Norge, her er noen hovedpunkter:

- Det må etableres en energiplan for norsk sokkel
- Senter for forskning på offshore vindkraft må opprettes
- Demonstrasjonsprogram for offshore vindkraft
- Få på plass rammevilkår som gjør det attraktivt å bygge vindkraft

Naturvernforbundet mener at det er viktig at det defineres et havområde, en blokk, hvor energiselskaper og forskningsmiljøer kan drive testing og utvikling. Et område som er spesielt egnet til å produsere kraft med offshore vindmøller. Dette kan bidra til at forskere og utbyggere får mer langsiktighet og mindre usikkerhet rundt sine planer. Nødvendig infrastruktur slik som netttilkobling bør være en del av den offentlige støtten til utvikling av offshore-anlegg, slik som det legges opp i til Storbritannia. Naturvernforbundet mener at et slikt område bør defineres i samarbeid med relevante faginstitusjoner som Direktoratet for Naturforvaltning og Havforskningsinstituttet. Valg av område bør bli en demokratisk prosess.

Referanser

De fleste referansene er henvendt til direkte i teksten men her er noen av hovedkildene:

Fornybar energi 2007, Norges vassdrags- og energidirektorat, ENOVA, Norges forskningsråd, Innovasjon Norge, 2007. Tilgjengelig på www.fornybar.no

Hydro, Flytende vindmøller, Konesjonssøknad for HYWIND demonstrasjonsmølle, Hydro, 2005.

Knut Hofstad, Vindressurser utenfor norskekysten (offshore), Norges Vassdrags- og energidirektorat.

Petter Hersleth, Offshore vind, Statkraft, Forum for marin fornybar energi.

Einar Dahl and Pia Hansen and Tore Haug and Ørjan Karlsen, Kyst og havbruk 2007, Havforskningsinstituttet, 2007. Tilgjengelig på:
http://www.imr.no/__data/page/7377/1.10_Marinokologiske_effekter_av_vindmoller_i_sjoen.pdf

Energirapporten, Skal forske på havbaserte vindparker, ENERGIAPPORTEN, 2007.

SFT, Reduksjon av klimagasser i Norge En tiltaksanalyse for 2020, Statens forurensningstilsyn, 2007, Tilgjengelig på internett:
<http://www.sft.no/publikasjoner/2254/ta2254.pdf>

Miljøverndepartementet, Norsk Klimapolitikk, Stortingsmelding nr. 34, Miljøverndepartementet, 2007.

Till Stenzel and Rick Sellers, OFFSHORE WIND, EXPERIENCES, International Energy Agency, 2005.

Kraftforsyning fra land til sokkelen, muligheter, kostnader og miljøvirkninger. November 2002. Utgitt av Norges vassdrags- og energidirektorat og Oljedirektoratet.

Torbjørn K. Nielsen, Vannkraftlaboratoriet, NTNU, Produksjonsteknisk konferanse 2007 Bølgekraft – status og muligheter.

Forskningsrådets foresight 2007 rapport om offshore vindkraft, september 2007. Enova, potensial studie av havenergi i Norge. Høst 2007, tilgjengelig på enovas hjemmesider: <http://www.enova.no/dialog.aspx?action=file&fileid=1150>

Nyttige linker:

<http://folk.ntnu.no/falnes/teach/TEP4175bylgje/waveenergy2005-02www.pdf>
http://www.sffe.no/energi_fra_havet/ISSC06_ocean_energy_final.pdf

Rapport om fugler og offshore vind:

http://www2.dmu.dk/1_Om_DMU/2_afdelinger/3_vibi/pdf/NERI_Bebr.pdf

<http://www.iea-oceans.org/>

Senter for fornybar energi: http://www.sffe.no/energi_fra_havet/energi_fra_havet.htm

<http://www.waveenergy.dk>

The European wind energy agency: www.ewea.org

Det norske oljedirektoratet: www.npd.no

Tabell fra http://www.ieawind.org/Task_11/TopicalExpert/Summary_40_Offshore.pdf

Country	Project	Link
USA	Cape Cod	http://www.capewind.org/
USA	Long Island	http://www.lipower.org/projects/windmills.html
Sweden	Kalmarsund	http://www.havsvind.nu/main.html
EU	Offshore Windenergy in Europe	http://www.offshorewindenergy.org/
Denmark	Horns Rev	http://www.hornsrev.dk/Engelsk/default_ie.htm
Denmark	Middelgrunden	http://www.middelgrunden.dk/MG_UK/ukindex.htm
Denmark	Rødsand/Nysted Offshore Wind Farm	http://www.seas.dk/cm94.asp?d=1
Denmark	EIA-report Nysted	http://www.seas.dk/cm378.asp?d=1
UK	Offshore wind farms	http://www.offshorewindfarms.co.uk/
UK	Offshore wind energy network	http://www.owen.eru.rl.ac.uk/
Denmark	SEAS company	http://www.seas.dk/cm4.asp?d=1
Germany	General info offshore	http://www.offshore-wind.de/
Germany	FINO - Research Platforms in North and Balticseas	http://www.fino-offshore.de/
Germany	MINOS – Marine Warmblueter in Nord and Ost See	http://www.minos-info.de/
Germany	Data base – CONTIS	http://www.bsh.de