



Notat

Fra:	NVE v/Marit Lundteigen Fossdal	Drammensveien 211
Seksjonsleder:	Torodd Jensen	Postboks 5091 Majorstua 0301 OSLO
Ansvarlig:	Gudmund Bartnes	Telefon: 22 95 95 95
Dato:	17.06.2010	Telefaks: 22 95 90 00
Vår ref.:		E-post: nve@nve.no
Arkiv:		Internett: www.nve.no
Kopi:		Org. nr.:
		NO 970 205 039 MVA
		Bankkonto:
		7694 05 08971

Statusbeskrivelse for fornybar elektrisitetsproduksjon til havs

I dette notatet beskrives muligheter, kostnader og markedsmessige forhold ved offshore vindkraft i norsk økonomisk sone. Notatet går ikke nærmere inn på hvilke områder som kan være aktuelle for utbygging eller hvilke prosjekter som er kjent. Grunnen til det første er at en identifisering av mulige områder pågår gjennom et tverrdirektoralt samarbeid om havvind. Resultatet av dette arbeidet skal publiseres høsten 2010, det er derfor ikke hensiktsmessig at NVE nå går ut med informasjon om mulige områder.

Grunnen til at kjente prosjekter ikke omtales nærmere er at det varierer hvor langt prosjektene er kommet i planlegging og hvor realistiske de er. Det finnes prosjekter som i sum skal gi over 10 GW installert effekt. Det er en mengde det i uoverskuelig fremtid er lite sannsynlig bygges ut i norske farvann. Hvis NVE skulle omtale kjente planer kunne vi valgt å beskrive prosjekter etter hvor realistiske de er, men en slik inndeling krever en nærmere undersøkelse av prosjektene. Dette er det etter NVEs syn ikke hensiktsmessig å gjennomføre nå, derfor velger vi heller å ikke omtale noen av kjente planene.

Notatet omtaler den fysiske vindressursen og mulig produksjon i ulike områder, kostnadmessige forhold og noen sider ved markedet som også påvirker utbyggingsmulighetene. Notatet slik det står nå vil fungere som en midlertidig aktivitetsrapport for havbasert vindkraft inntil sluttrapporten for havvindprosjektet foreligger i oktober 2010.

1. Vindressursen

Gode vindforhold er en forutsetning for høy vindkraftproduksjon, men flere forhold spiller en viktig rolle i forhold til å oppnå høyest mulig brukstid. I dette kapitlet omtales vindforholdene, stormhyppighet og hyppighet av for lite vind til at produksjon forekommer. Til sist vises en oversikt over et mulig produksjonskart basert på vindforholdene. Analysene er gjennomført av Kjeller Vindteknikk på oppdrag fra NVE i 2010¹.

1.1. Vindforhold

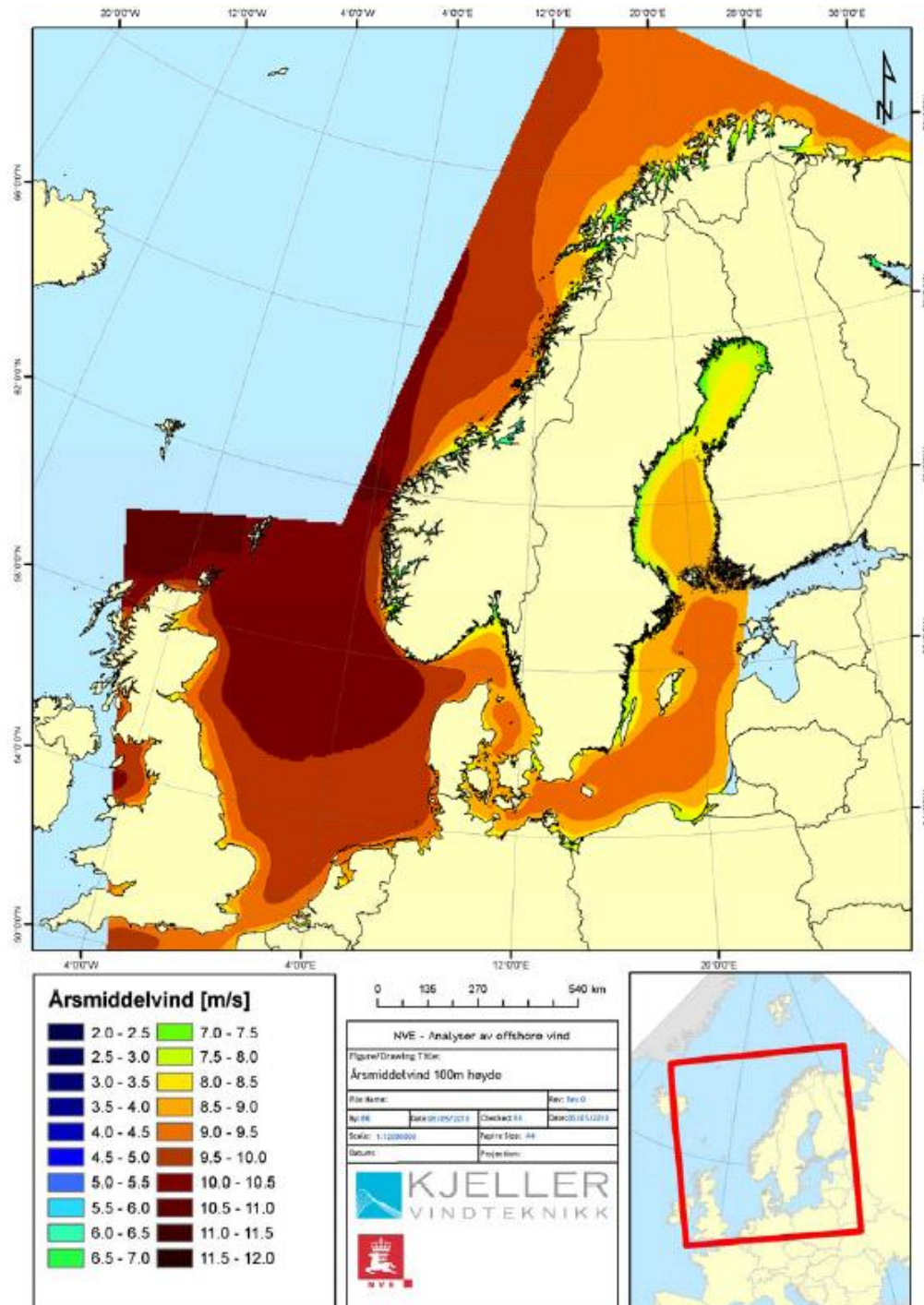
Figur 1 viser årsmiddelvind i 100 m for havområdene Barentshavet, Norskehavet, Nordsjøen, Skagerrak, Kattegat, Østersjøen, Bottenhavet og Bottenviken. Årsmiddelvinden er basert på ti år med data fra to modellkjøringer. Vindkartet i Figur 1 viser generelt gode vindressurser for hele regionen med de høyeste vindhastighetene nord for Skottland og vest for Stadt. For disse områdene kommer ser man vindhastigheter på opptil 10,5-11,0 m/s i kystnære områder.

For nordlige områder av Nordsjøen finner vi en årsmiddelvind på 10,0-10,5 m/s, mens i de sørlige områdene av Nordsjøen er vindhastighetene noe lavere med 9,5-10,0 m/s. For de kystnære områdene i Nordsjøen er det noe mer variasjon i vindressursene. Langs vestlandskysten av Norge er det vindhastigheter på 9,5-10,0 m/s helt inn til kysten, og for Rogaland og Vest-Agder må man ikke langt fra kysten for å komme opp over 10 m/s.

For store deler av Skagerrak er vindhastigheten mellom 9,0-9,5 m/s, med høyere vindhastigheter i de vestlige områdene mellom Aust-Agder og Danmark. Vinden i Skagerrak avtar når man nærmer seg inngangen av Oslofjorden.

De høyeste vindhastighetene for Norskehavet finner vi vest i regionen med unntak av inn mot Helgelandskysten der vindhastighetene er over 9,5 m/s. For områdene på kysten av Møre og Romsdal øker vinden raskt med avstand til land. Nær Smøla er vinden på 8,0-8,5 m/s, mens den ved Stadt er 10,5-11,0 m/s. For de nordlige delene av Norskehavet og Barentshavet finner vi vindressurser på 9,0-9,5 m/s. Vinden er avtagende mot kysten i hele den nordlige regionen, og lavest vind ned mot 6 m/s finner man i fjordene.

¹ Rapporten er skrevet i forbindelse med kartlegging av mulige områder for havvindkraft og publiseres høsten 2010.



Figur 1: Årsmiddelvind i 100 m for deler av Barentshavet, Norskehavet, Nordsjøen, Skagerrak, Østersjøen, Bottenhavet og Bottenviken. Kilde: Kjeller Vindteknikk.

1.2. Produksjon

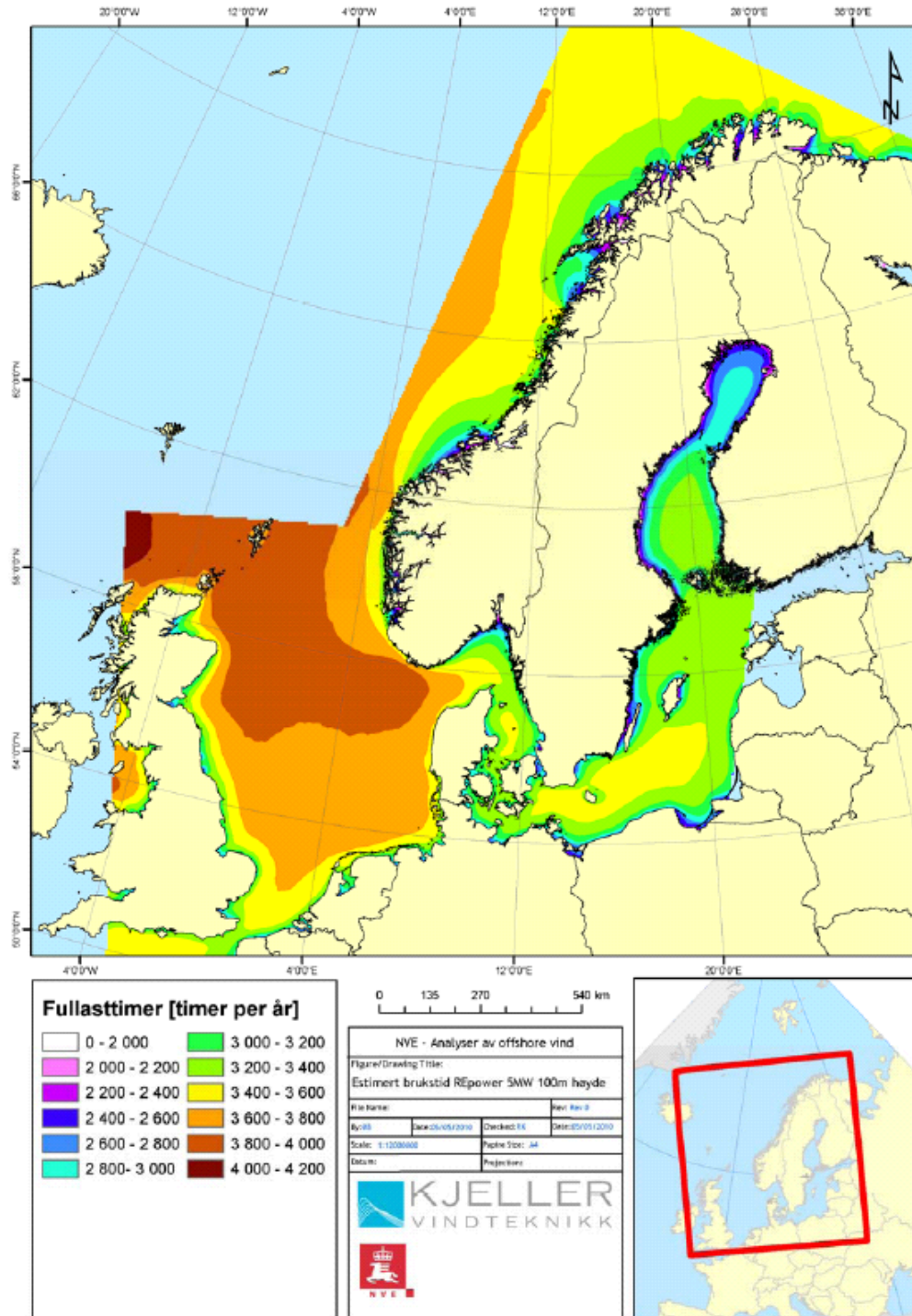
Ved for lav vind og for høy vind står turbinen stille på grunn av dens begrensninger og det er ingen elektrisitetsproduksjon. De fleste vindturbiner har i dag ingen elektrisitetsproduksjon når vindhastighetene er over 25 m/s, og perioder med hastigheter over denne grenseverdien blir derfor et rent tap. Produksjonen stoppes ved 25 m/s og turbinen kobles ikke inn for produksjon før vindhastigheten på nytt er mindre enn 20 m/s. Enkelte turbinleverandører har utviklet turbiner som

produserer energi ved høyere vindhastigheter enn 25 m/s og man tenker seg at dette vil være viktig for store vindkraftverk til havs.

I utarbeidelsen av Figur 2 er det antatt et generelt tap for elektrisitetsproduksjonen. Tapet er knyttet til tilgjengelighet, tap til nett ved overføring av kraft og et generelt vaketap. Størrelsen på tap i offshore vindkraftverk avhenger blant annet av størrelsen på krafverket og avstand til land. Stor avstand til kysten vil redusere tilgjengeligheten og dette vil gi større tap. Vaketafet vil være avhengig av størrelsen på kraftverket og den innbyrdes avstanden mellom vindturbinene. Hvordan de ulike parametrene bidrar til tapet og variasjon med avstand til kysten, er ikke analysert i Kjeller vindteknikkstudie, men antatt som totalt 20 prosent.

Figur 2 viser estimert produksjon for RePowers 5 MW turbin i 100 m høyde. Den regionale variasjonen i produksjon er i godt samsvar med vindforholdene beskrevet i kapittel 1.1. Brukstiden er generelt lavere langs kysten. Lavest brukstid finner vi langs Mørkekysten, langs kysten av de tre nordligste fylkene, innerst i Oslofjorden.

Estimert produksjon i Nordsjøen øker med økende avstand ut fra kysten, og produksjonen er generelt høy. Utenfor Lista må en kun en kort avstand ut fra kysten før en når brukstid på 3800 timer. Nordover langs vestlandskysten må en betydelig lenger ut fra kysten for å nå like høy produksjon. Selv om området utenfor Stadt har en høy årsmiddelvind (Figur 1), er dette også stedet hvor en finner størst stormhyppighet. Estimert produksjon blir derfor lavere her enn det årsmiddelvindkartet kan antyde. Produksjonstap knyttet til høy vind avtar både nordover og sørover fra Stadt.



Figur 2: Fulllasttimer per år for RePower 5 MW, 100 m navhøyde. Med andre forutsetninger om turbinegenskaper vil produksjonskartet kunne endre seg. Kilde: Kjeller Vindteknikk.

2. Tekniske og økonomiske forutsetninger

Havbasert vindkraft er dyrere enn landbasert, og flytende vindkraft er foreløpig kun på forsøksstadiet, men kostnadene her er høyere enn bunnfast havvindkraft.

I en rapport utarbeidet av Douglas-Westwood LTD i 2010 undersøkes kostnadene ved utbygging av bunnfast havvindkraft. Havdybde, avstand til land, vindressursen og forutsetninger om brukstid er blant de viktigste faktorene for å komme frem til en pris for utbygging av vindkraftverk til havs. I et regneeksempel i rapporten kommer en frem til en pris på utbygging av bunnfast vindkraft tilsvarende 1 kr/kWh. I rapporten opereres det med kostnader for landbasert vindkraft på 49 øre/kWh. Alle kostnadsberegninger av denne type er usikre. Hvilke antakelser som gjøres om brukstid vil for eksempel alltid påvirke sluttprisen på et vindkraftverk. I Enovas første utlysningrunde for vindkraft i 2009 oppga søkere av midler produksjonskostnader i intervallet 55-73 øre/kWh².

I rapporten fra Douglas-Westwood kommer de frem til at havvindkraft koster det dobbelte av landbasert vindkraft. Med utgangspunkt i Enovas kostnadstall kan en uformelt anta at havvindkraft kan ligge i intervallet 100-140 øre/kWh.

Kostnaden på 1 kr/kWh fra rapporten hviler på forutsetninger om 20 meters dyp, 15 km avstand fra land og en brukstid på 3331 timer³. Med større dyp og økt avstand vil kostnadene stige både ved utbygging og drift. I Nordsjøen vil mange aktuelle områder overstige én eller begge disse verdiene, og kostnadene vil i disse tilfellene kunne være høyere.

I rapporten presenteres også fremtidsbilder for kostnadsutviklingen innen bunnfast havvindkraft. Forfatterne mener kostnadene kan bli halvert innen 2030. Det argumenteres med at i dag står offshore vindkraft for kun 1 prosent av produksjonen, og at tilbydere av deler og tjenester til etablering av vindkraft har rettet innsatsen mot det landbaserte markedet. Hvis havvind får et større gjennomslag med forutsigbare rammebetingelser flere steder, mener de konkurransen om å tilby vindturbiner, deler og tjenester vil øke og at kostnadene kan synke av den grunn. Samtidig er utbyggingskostnader avhengig av konjunktorene. I 2008 var alle råvarepriser veldig høye inntil finanskrisen slo inn for alvor. Stålpriisen har i etterkant slått ut på økte utstyrpriser, men disse er ventet å falle tilbake ettersom råvareprisene også har falt.

Example Project Layout	
Size in MW	600 MW
Distance to Shore	15 km
Depth	20 m
Foundation Type	Monopile
Project Life Span	20 years
Generating Efficiency	38%
Discount Rate	7%

Capital Cost	GNOK
Wind Turbine	7.14
Foundation	2.58
Electrical Infrastructure	2.73
Installation	2.11
Planning & Development	1.62
Total Capex	16.2

Operating Cost	GNOK
Yearly Opex	0.427

NOK/kWh	
Cost of Offshore Wind	0.98 NOK/kWh
Intermittency Cost	0.02 NOK/kWh
Total Cost	1 NOK/kWh

Tabell 1: Kostnadseksempel ved utbygging av bunnfast havvindkraft. Kilde: Douglas Westwood, 2010.

² <http://www.regjeringen.no/nn/dep/oed/Dokument/proposisjonar-og-meldingar/Odelstingsproposisjonar/2008-2009/otprp-nr-107-2008-2009-4/4.html?id=569864>

³ I tabellen opereres det med "Generating efficiency" på 38 prosent. Omregnet i brukstid blir dette 3331 timer.

Foreløpig er det usikkert når eller om flytende vindturbiner kan ha kostnader som nærmer seg bunnfast. Per i dag er det ingen større prosjekter i drift med flytende vindturbiner.

3. Markedsmessige forhold

Basert på vindforhold og størrelse på havområdene til Norge er det mulig å beregne teoretiske potensialer for havbasert vindkraft i ti- eller hundretalls TWh. Potensialet begrenses imidlertid av flere forhold:

- Arealbruks- og miljøinteresser som fiskeri, petroleum, skipsfart, dyre- og planteliv
- Utbygging av vindkraft er per i dag ulønnsomt og det vil være dyrt for samfunnet å gjennomføre en storstilt utbygging
- Elektrisiteten som produseres må ha et marked og dette markedet må balanseres med regulerbar kraft, som er en begrenset ressurs siden ikke alle teknologier er egnet til dette.

I Nordsjøen og landene rundt planlegges det store utbygginger i vindkraft i årene som kommer. Storbritannia alene har et mål om å etablere 33 GW offshore vindkraft, noe som kan gi en produksjon som er nesten like stor som normalårsproduksjonen av vannkraft i Norge.

Siden vindkraft er uregulerbar vil en stor utbygging i et relativt begrenset geografisk område kreve god tilgang på balansekraft. Vannkraft med magasiner er den optimale kilden til å balansere vindkraften siden produksjonen på kort tid kan skrus av og på til lave kostnader. Uten tilstrekkelig balansekraft vil høy vindkraftproduksjon føre til svært lave priser i enkelttimer. I Danmark og Tyskland for eksempel har en allerede sett større hyppighet av 0-priser på kraft som følge av økt vindkraftproduksjon, enn hva tilfellet var tidligere.

Sørlige Nordsjøen vil være et aktuelt område for utbygging av bunnfast offshore vindkraft. Vindforholdene ligger godt til rette her og det er grunnere enn nærmere land slik at bunnfaste installasjoner er mulig. Samtidig viser kartlegginger av vindressursen i norsk økonomisk sone at produksjonen fra et eventuelt vindkraftverk i sørlige Nordsjøen vil være høyt korrelert med produksjonen i mange andre vindkraftverk i og rundt Nordsjøen. På grunn av vindkraftens natur vil inntektene fra produksjonen kunne bli lavere enn dersom et vindkraftverk ble bygget i områder hvor korrelasjonen mellom vindkraftverkets produksjon og produksjonen fra kontinental vindkraft er lavere. Dette perspektivet gjør områder lenger nord mer attraktive for vindkraftutbygging. De andre Nordsjø-landenes utbygging kan dermed påvirke lønnsomheten ved utbygging i norske farvann, spesielt hvis det bygges i områder med liknende vindforhold som i de andre landene.

Det er også knyttet utfordringer til etablering av vindkraftverk i områder lenger nord. En skal ikke bevege seg langt ut fra kystlinjen før Norskerenna byr på store dybder og utelukker muligheten for bunnfast vindkraft. I flere områder fra Stadt og nordover er også stormhyppigheten høyere og bølgeførholdene mer krevende. Disse fysiske faktorene vil påvirke produksjonsmulighetene negativt, og med lavere produksjon synker avkastningen på investeringene. Jo lenger nord en beveger seg, jo lenger unna forbruksområdene er en også.

Gode vindforhold eller høy antatt brukstid er dermed ikke det eneste kriteriet en kan legge til grunn for utbygging. I tillegg til eventuelle begrensninger som følge av andre arealbruks- og miljøinteresser bør det også tas hensyn til markedsmessige forhold som påvirker hvilken pris som kan oppnås for vindkraften når det produseres.