

Samsø Havmøllepark

Foreløbig produktionsvurdering af 4 alternative placeringer.

Ole Rathmann

Afd. for Vindenergi og Atmosfærefysik
Forskningscenter Risø
December 1998

1. BAGGRUND.

Denne rapport indgår i et forprojekt vedrørende etablering af en havvindmøllepark 3-5 km syd eller vest for syd-Samsø. Delundersøgelsen sker på opdrag af Samsø Energiselskab, der også står for selve forprojektet.

I forprojektet er der forudsat en vindmøllepark på ca. 22.5 MW, med en turbinestørrelse på mellem 1.5 MW og 2.5 MW, afhængig af hvilken størrelse der måtte være på markedet. I denne produktionsvurdering er der taget udgangspunkt i en konfiguration bestående af 10 stk. 2.0 MW turbiner med en navhøjde på 67 m og en rotordiameter på 66 m. Den indbyrdes afstand mellem møllerne er ca. 300 m (knap 5 rotordiameter).

Denne rapport's formål er primært at sammenligne de sandsynlige produktionstal for fire foreslåede placeringer - se Fig.1 - **i forhold til hinanden** for at få et beslutningsgrundlag for en placering der - mere detaljeret - kan arbejdes videre med i forprojektet. Dette betyder omvendt at de nøjagtige absolutte produktionsvurderinger ikke er blevet tillagt den helt stor vægt i denne omgang - de må forventes at være behæftet med nogen usikkerhed. De fire alternative placeringer er udarbejdet af Birk Nielsen's Tegnastue, Århus, ud fra hensyn til landskabsæstetik, fredede områder og fundering.

Produktionsvurderingen indeholder 3 hovedelementer:

- Etablering af et vindatlas for området;
- Vurdering af dette vindatlas mod produktionstal fra Tunø Knob vindmølleparken, beliggende noget nord for de foreslåede placeringer;
- Beregning af produktionen fra de fire foreslåede placeringer.

2. ETABLERING AF VINDATLAS.

Vindatlasen indeholder regional vindstatistik efter det Europæiske Vindatlas's metode.

Efter denne metode baseres vindstatestikken på vindmålinger foretaget på en meteorologisk station, og under den statistiske bearbejdning korrigeres målingerne for lokale terræn-effekter og for effekten af eventuelle lokale lægivere. Herved får et sådant vindatlas gyldighed for at ganske stort område (typisk 50x50 km).

Vindatlasen anvendt for Samsø Havvindmøllepark refererer formelt til midterpositionen for vindpark-placering "C1", og har således gyldighed for hele det relevante havområde. Det er baseret på 10 års målinger (1987-1996) fra følgende meteorologiske stationer:

Båstrup (ca 8 km nord for Vejle)	(38%)
Gniben (på spidsen af Sjællands Odde)	(41%)
Beldringe (Fyn)	(21%)

Procenttallene i parentes angiver den vægt, hvormed de pågældende stationers data indgår i vindatlasen.

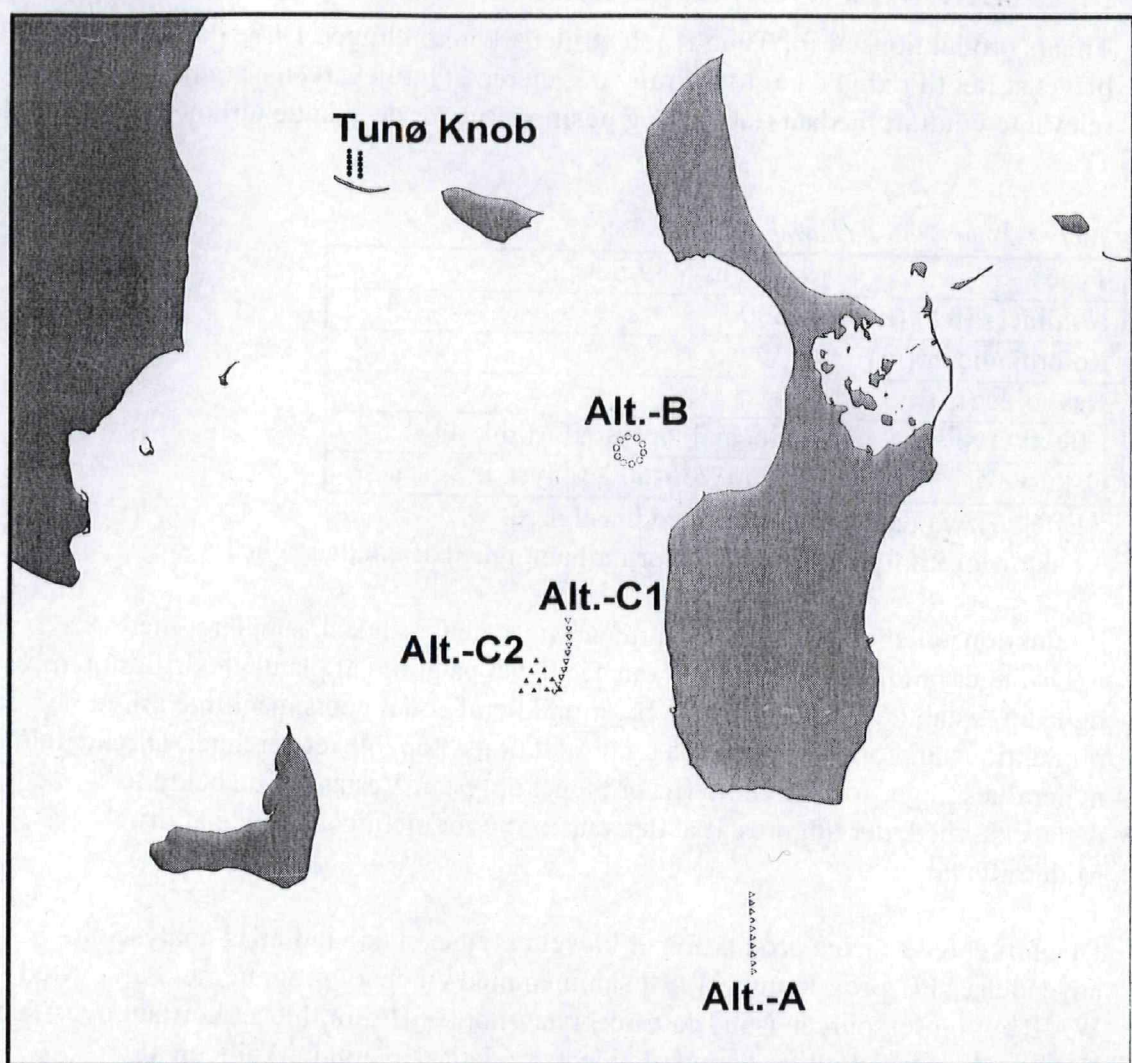


Figure 1. De 4 foreslåede alternative placeringer for Samsø Havmøllepark samt den eksisterende Tunø Knob havmøllepark.

Table 1. Møllepark parametre.

Møllepark Alternativ	Konfiguration	Mølle-afstand (m)	Midter position (m, UTM Zone 32)	
A	Linie	300	E 598765	N 6176715
B	Flad bue	300	E 594416	N 6193706
C1	Cirkel D = 960 m	280	E 592146	N 6186444
C2	Trekant Side = 1200 m	400	E 591254	N 6185633
Tunø Knob	2 rækker (S-N), Række afstand = 400 m	200	E 584672	N 6203652

3. SAMMENLIGNING MED TUNØ KNOB

Tre års produktionstal for Tunø Knob mølleparken foreligger. Disse data er velvilligst blevet stillet til rådighed af Midtkraft A/S, ejeren af mølleparken, sammen med de relevante vindturbinedata (tabel 2) og positionerne for de enkelte turbiner (fig.1, tabel 1).

Table 2. Tunø Knob vindturbinedata.

Type	Vestas V39-500
Nominel effekt (kW)	500
Rotordiameter (m)	39
Navhøjde (m)	41.5
Effektkurve ^{*)}	Special, oplyst af Midtkraft A/S
C _t -kurve ^{†)}	Som V39-600, Oplyst af Vestas

^{*)} Effekt (kW) i afhængighed af vindhastighed.

^{†)} Faktor for kraftpåvirkning af rotor i afhængighed af vindhastighed.

Produktionstallene foreligger som månedsvise netto salgstal, suppleret med oplysninger om rådigheds procent, anslåede tab på grund af planlagte driftsstop m.v. og ledningstab (Appendiks 1). På baggrund heraf er det gennemsnitlige årlige produktionstal, korrigeret for tabs og produktions-stop, blevet beregnet. Direkte telemåleraflæsninger for 9 af møllerne er blevet oplyst af Vestas, og de bekræfter - med den usikkerhed, der udgøres af at den ene mølle for øjeblikket er ude af drift - Midtkrafts tal.

Den forventede, årlige produktion er blevet beregnet med vind-atlas-analyse og -anvendelses PC-programmet WA^sP sammen med vindpark programmet Park. Med WA^sP er vindressourcen (vindstatestik) i nav-højde (41.5 m) blevet kortlagt over Tunø Knob park området ud fra det udarbejdede vindatlas, idet indvirkningen af kystlinierne og afstanden hertil i de forskellige retninger er taget i regning. Med denne kortlagte vindressource er Park derefter blevet brugt til at beregne års-produktionen fra hele parken med inddragelse af turbinernes effektkurve og deres indbyrdes skyggevirksomhed.

Sammenligningen mellem de faktisk målte (men korrigerede) produktionstal og den beregnede forventede årsproduktion falder ud som følger:

	Årsproduktion GWh/y	Afvigelse %
Beregnet ud fra vindatlas (87-96):	17.07	13.9
Korrigeret, målt produktion (Okt.95 - Okt.98)	14.99	

Tabet i mølleparken på grund af gensidig vindskygge mellem turbinerne blev beregnet til 5.7%.

Afvigelsen mellem den beregnede produktion og den faktisk målte års-produktion er større end hvad der umiddelbart kan forventes på grund af den kun 3 år lange måleperiode på vindparken mod de 10 års måleperiode for meteorologi-målingerne, der ligger til grund for den beregnede produktion, og det har med den begrænsede tid til rådighed for denne undersøgelse ikke været muligt at afklare årsagen til denne lidt store afvigelse.

I stedet "kalibreres" den vindatlas-baserede produktions beregning til Tunø Knob produktions dataene således, at ved vurderingen af de fire placeringer for Samsø Havmølleparken vil de umiddelbart beregnede produktionstal ud fra vindatlasen blive nedjusteret med den fundne faktor på 1.139.

Under de senere, mere detaljerede undersøgelser, der må forventes at følge efter dette, bør der afsættes tid til at klarlægge årsagen til denne afvigelse for at opnå maksimal tiltro til de vurderede produktionstal.

4. PRODUKTIONSBEREGNING FOR SAMSØ-HAVMØLLEPARKEN

De fire foreslåede alternative placeringer fremgår af fig.1 og Tabel. Som repræsentativt for en 2MW turbine er data for Vesta's 2MW prototype blevet anvendt, de er velvilligst blevet stillet til rådighed af Vestas A/S. Der er naturligvis ikke hermed taget stilling til det endelige valg af turbine type.

Table 3. "Samsø Havmøllepark" vindturbine data.

Type	Vestas V66-2000
Nominel effekt (kW)	2000
Rotordiameter (m)	66
Navhøjde (m)	67
Effektkurve ^{*)}	Special: V66-1650 opskaleret, oplyst af Vestas
C _t -kurve ^{*)}	Special: Som V66-1650, oplyst af Vestas

^{*)} Effekt (kW) i afhængighed af vindhastighed.

^{*)} Faktor for kraftpåvirkning af rotor i afhængighed af vindhastighed.

Under brug af disse mølle-data og det omtalte vindatlas er produktionsberegningerne foretaget efter helt samme metode som forklaret ovenfor for Tunø Knob vindparken : først blev der foretaget en WAsP beregning til kortlægning af vindressourcen i navhøjde over park-området og derefter en PARK-beregning af den samlede produktion incl. skyggeffekter. Hertil kommer så korrektionen repræsenterende kalibreringen til Tunø Knob Havmølleparken. Resultatet er som følger:

Alternativ	Konfiguration	Ukalibreret vindatlas-metode		Vindatlas-metode kalibreret til Tunø Knob		Skygge tab %
		Fri GWh/y	Inkl. skygge GWh/y	Fri GWh/y	Inkl. skygge GWh/y	
A	Linie	79.3	76.2	69.6	66.9	3.9
B	Cirkel	78.6	73.0	69.0	64.1	7.2
C1	Flad bue	78.4	75.2	68.8	66.0	4.1
C2	Trekant	79.0	74.3	69.4	65.3	5.9

Det ses at variationen i de frie produktionstal stort set afspejler afstanden til kystlinien, mens vindskygge-tabet naturligvis er stærkt afhængig af om parkkonfigurationen er åben eller lukket.

De - måske - visuelt mere acceptable lukkede konfigurationer må således betales med et markant større skyggetab - for cirkel-konfigurationen over 7%, for trekant konfigurationen lidt mindre.

5. KONKLUSION

Med denne undersøgelse af den årlige produktion for forskellige udformninger af den påtænkte Havmøllepark ved Samsø er der givet et grundlag for at vurdere den produktionsmæssige gevinst/tab ved de forskellige placeringer, der så sammen med omkostninger til fundering, kabelføringer etc. kan danne grundlag for en beslutning om hvilken placering, der skal arbejdes videre med.

Som tidligere nævnt bør man ikke lægge alt for stor vægt i produktionstallenes absolutte størrelse, men snarere på forskellene mellem de fire placeringer indbyrdes. For at få mere pålidelige produktionstal til en endelig økonomiberegning kræves en noget grundigere undersøgelse, der vil være naturlig at udføre når der er taget beslutning om den endelige placering.

Samsø Havmøllepark

Tillæg til

“Foreløbig produktionsvurdering af 4 alternative placeringer”

vedr. indflydelse af 2MW-turbinens effektkurve.

Ole Rathmann

Afd. for Vindenergi og Atmosfærefysik
Forskningscenter Risø
December 1998

I produktionsberegningerne for de 4 alternative placeringer af Samsø Havmølleparken blev der for de antagne 2MW møller, efter anbefaling af Vestas, anvendt en effektkuve, der var en simpel opskalering af effektkurven for en Vestas 1.65MW mølle (V66-1650).

De to møller har begge 66m rotordiameter og det er antaget at 2MW møllerne har samme navhøjde som 1.65 MW møllen: 67 m. De to mølletyper ser således ud til først og fremmest at adskille sig i generatorstørrelse.

Man kan derfor betvivle den anvendte effektkuve; den vil nemlig forudsætte at vingeprofilerne er ca. 20% mere effektive end for 1.65MW møllen - at de altså er i stand til at give 20% større effekt ved samme vindhastighed.

Disse overvejelser har ført til at inddrage en mere “konservativ” effektkuve, hvor man - udover at skalere maximal effekten - også skalerer hastighederne med en faktor 1.07 (svarende til at med en 7% forøgelse af vindhastigheden vil effekttætheden stige med en faktor $1.21 = 2.00/1.65$). Der tænkes altså på en effektkurve, hvor maksimal-effekten - og f.eks. også 25%, 50% og 75% af maksimaleffekten - først nås ved vindhastigheder der er 7% større end for 1.65MW møllen. Ligeledes tænkes cut-off hastigheden at være 7% større end for 1.65MW møllen.

Appendiks 1.

Målte og korrigerede produktionstal for Tunø Knob havmølleparken.
Tilgængelighed, tab (p.gr. af f.eks. fuglelivs-studie), og netto-salg er oplyst af
Midtkraft A/S. Der er korrigeret for manglende 100% tilgængelighed, tab, og linie-
tab.

Linie tab=	5%			
Måned	Tilgængelighed	Tab	Netto salg	Korrigeret produktion
		kWh	kWh	kWh
95-10	98.5%		1,029,400	1,100,080
95-11	98.6%		1,300,275	1,388,145
95-12	96.9%		1,035,220	1,124,567
96-1	96.0%		1,401,000	1,536,184
96-2	97.6%		1,485,130	1,601,736
96-3	99.5%		1,341,700	1,419,413
96-4	99.6%		611,545	646,317
96-5	99.1%		957,560	1,017,112
96-6	95.8%		735,455	808,104
96-7	99.9%		993,925	1,047,284
96-8	94.0%		866,400	970,213
96-9	98.0%		948,880	1,019,205
96-10	97.2%		1,180,775	1,278,725
96-11	99.1%	400000	1,258,705	1,758,038
96-12	98.5%	100000	841,770	1,004,830
97-1	94.2%	70000	660,085	811,292
97-2	98.7%	85000	1,934,445	2,152,552
97-3	98.8%	200000	1,300,255	1,595,840
97-4	97.0%	100000	1,246,300	1,457,732
97-5	99.6%		949,850	1,003,858
97-6	97.6%		846,845	913,336
97-7	97.2%		503,955	545,760
97-8	95.7%		287,415	316,136
97-9	99.3%		1,147,305	1,216,203
97-10	99.5%		1,338,835	1,416,382
97-11	99.6%		1,452,605	1,535,199
97-12	100.0%		1,352,815	1,424,016
98-1	100.0%		1,402,925	1,476,763
98-2	100.0%		1,819,656	1,915,427
98-3	99.0%		1,456,930	1,549,102
98-4	100.0%		1,007,555	1,060,584
98-5	97.3%		877,165	948,953
98-6	96.3%		880,230	962,158
98-7	99.4%		1,195,330	1,265,837
98-8	97.4%		1,055,050	1,140,225
98-9	86.0%	60000	866,480	1,123,721
98-10	89.8%	230000	2,060,145	2,656,998
			41,629,916	46,208,025
Målt årlig prod.:				14,986,387

Med denne konservative effektkurve er den årlige produktion for alle de 4 alternative placeringer fundet at være ca. 11% lavere end med den "optimistiske" effektkurve, Med anvendelse af den konservative effektkurve ville produktionstabellen se ud som følger:

Produktion med anvendelse af konservativ effektkurve.

Alter- nativ	Konfigur- ation	Ukalibreret vindatlas- metode		Vindatlas-metode kalibreret til Tunø Knob		Skygge tab %
		Fri GWh/y	Inkl. skygge GWh/y	Fri GWh/y	Inkl. skygge GWh/y	
A	Linie	70.8	68.0	62.1	59.7	3.9
B	Cirkel	70.2	65.2	61.6	57.2	7.2
C1	Flad bue	70.0	67.1	61.4	58.9	4.1
C2	Trekant	70.5	66.3	61.9	58.3	5.9

Problemet vil snarest blive diskuteret med Vestas, og der vil ud fra denne diskussion blive udarbejdet en revideret "Foreløbig Prouktions Rapport" til fremlæggelse på projektmødet 7.januar.

Ole Rathmann