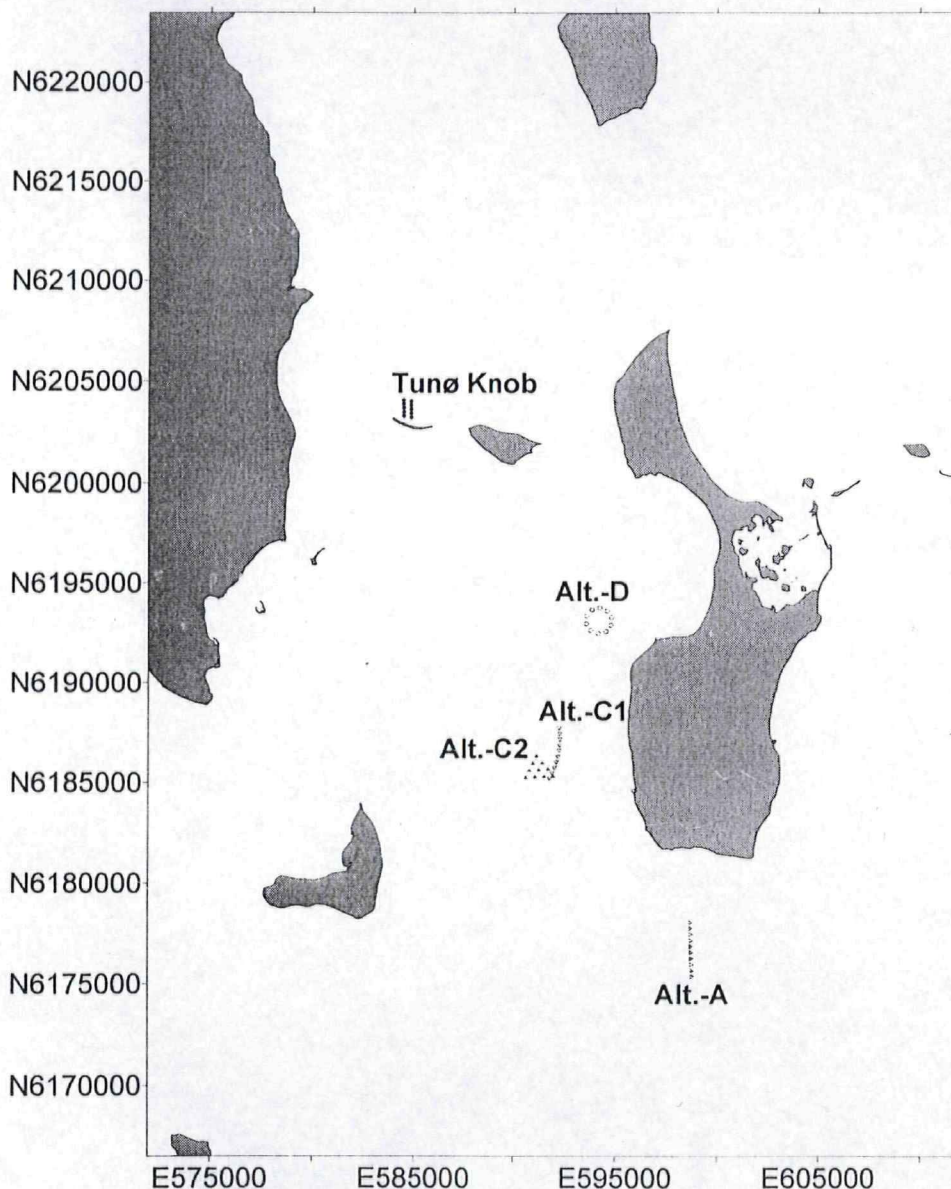


relevante havområde. Det er baseret på 10 års målinger (1987-1996) fra følgende meteorologiske stationer:

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.



Figur 1. De 4 foreslåede alternative placeringer for Samsø Havmøllepark samt den eksisterende Tunø Knob havmøllepark. Alternativ B er ikke vist, men ligger på alternativ D's position med en noget mindre opstillings-cirkel.

Tabel 1. Møllepark parametre.

Møllepark Alternativ	Konfiguration	Mølle-afstand (m)	Midter position (m, UTM zone 32)	
A	Linie	300	E 598765	N 6176715
B	Cirkel, D = 960 m	300	E 594416	N 6193706
C1	Flad bue	290	E 592146	N 6186444
C2	Trekant. Side = 1200 m	400	E 591254	N 6185633
D	Cirkel. D = 1270 m	400	E 594416	N 6193706
Tunø Knob	2 rækker (S-N), Række afstand = 400 m	200	E 584672	N 6203652

Det således fundne vindatlas antages at beskrive langtids vind-meteorologien i området.

3. SAMMENLIGNING MED TUNØ KNOB

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

Tabel 2. Tunø Knob vindmølle data.

Type	Vestas V39-500
Nominel effekt (kW)	500
Rotordiameter (m)	39
Navhøjde (m)	41.5
Effektkurve ^{*)}	Speciel, 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 rådighedsprocent, anslåede tab på grund af planlagte driftsstop m.v. samt ledningstab (Appendiks 1). På baggrund heraf er det gennemsnitlige årlige produktionstal, korrigeret for tab og produktions-stop, blevet beregnet. Direkte telemåler aflæsninger 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 WAsP sammen med vindpark programmet Park. Med WAsP er vindressourcen (vindstatistik) 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.

Tabet i mølleparken på grund af gensidig vindskygge mellem turbinerne blev beregnet til 6.2%.

Da de faktiske produktionstal stammer fra en væsentligt kortere periode end den, vindatlasset er baseret på, må der ved sammenligningen tages hensyn hertil for at få en fair sammenligning. Undlades dette får man en afvigelse mellem beregnet og

faktisk årsproduktion på hele 16%. I det følgende beskrives, hvorledes vi har taget hensyn til den kortere produktionsperiode for Tunø Knob produktionstallene. Forskellen imellem middel-vindhastigheden beregnet for den 10 år lange måleperiode og middel-vindhastigheden for den kortere periode fra den 1. januar 1996 til 1. juli 1998 blev fundet for de tre meteorologiske stationer, Sprogø, Tystofte og Skjern, og forholdet

$$F = \langle U \rangle_{2.5\text{år}} / \langle U \rangle_{10\text{år}}$$

blev beregnet for hver sted, idet $\langle \rangle$ betegner gennemsnit. I middel blev vindhastigheden i den 2,5 år lange periode fundet at være 4% lavere end lang-tids middelværdien.

Vi har derfor anvendt en tilsvarende 4% korrektion i vindhastigheden ved beregning af det årlige produktionstal for Tunø Knob Vindpark og sammenligningen falder ud som følger:

	Årsproduktion GWt/å	Afvigelse %
Beregnet ud fra vindatlas (87-96):	15.69	7.7
Korrigeret, målt produktion (1. Jan.96 - 1. Juli 98)	14.56	

Denne afvigelse ligger indenfor den usikkerhed, hvormed man med programmerne WASP og PARK kan beregne en vindmølleproduktion.

4. PRODUKTIONSBEREGNING FOR SAMSE-HAVMØLLEPARKEN

De fem foreslåede alternative placeringer fremgår af Fig.1 og Tabel 1. Som repræsentanter for 2 MW turbiner er data for Vesta's 2 MW prototype, Bonus 2MW og NEG-MICON's 2000 prototype blevet anvendt, se Tabel 3, 4 og 5. Alle data er velvilligst blevet stillet til rådighed af de tre firmaer. Der er naturligvis ikke hermed taget stilling til det endelige valg af turbine type. Da der er tale om en 2 MW prototype-turbiner er der på nuværende tidspunkt en vis usikkerhed om effektkurverne og C_t -kurverne.

Tabel 3. "Samsø Havmøllepark" vindmølle data.

Type	Vestas V66-2000
Nominel effekt (kW)	2000
Rotordiameter (m)	66 ^{#)}
Navhøjde (m)	67 ^{#)}
Rotorhastighed	15 / 19 o/min, skift ved ca. 11 m/s ^{#)}
Effektkurve ^{*)}	Special: V66-1650 ekstrapoleret jvf. Konsultationer med Vestas
C_t -kurve ^{*)}	Special: V66-1650 ekstrapoleret, jvf. Konsultationer med Vestas.

^{#)} Som for V66-1650 ^{*)} Effekt (kW) i afhængighed af vindhastighed.

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

Tabel 4. "Samsø Havmøllepark" vindmølle data.

Type	Bonus 2MW
Nominel effekt (kW)	2000
Rotordiameter (m)	70
Navhøjde (m)	60
Rotorhastighed	18 o/min,
Effektkurve ^{*)}	Oplyst fra databladet
C _i -kurve ^{*)}	Oplyst fra databladet

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

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

Table 5 "Samsø Havmøllepark" vindmølle data.

Type	NEG Micon 2000-500/72
Nominel effekt (kW)	2000
Rotordiameter (m)	72
Navhøjde (m)	63.9
Rotorhastighed	12/ 18 o/min
Effektkurve ^{*)}	Oplyst fra databladet
C _i -kurve ^{*)}	Special: C _i kurven fra NTK 600_400 er anvendt jvf. konsultationer med NEG Micon.

^{*)} 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 er der foretaget en WAsP beregning til kortlægning af vindressourcen i navhøjde over park-området og derefter en PARK-beregning af den samlede produktion inkl. skyggeeffekter. Resultatet er som følger:

Table 6 Produktions vurdering for Bonus 2MW

Alternativ	Konfiguration	Produktion GWt/å	Skygge tab %
A	Linie	65.3	4.7
B	Cirkel	60.7	9.4
C1	Cirkel	63.9	5.1
C2	Flad bue	62.6	7.8
D	Trekant	62.0	6.9

Tabel 7. Produktions vurdering for Vestas V66-2000

Alternativ	Konfiguration	Produktion GWt/å	Skygge tab %
A	Linie	66.8	4.1
B	Cirkel	63.1	7.6
C1	Cirkel	65.6	4.4
C2	Flad bue	64.8	6.3
D	Trekant	64.1	5.5

Tabel 8. Produktions vurdering for NEG-Micon 2000-500/72

Alternativ	Konfiguration	Produktion GWt/å	Skygge tab %
A	Linie	72.1	4.8
B	Cirkel	67.6	8.7
C1	Cirkel	70.7	5.2
C2	Flad bue	69.7	7.4
D	Trekant	69.0	6.4

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, og af turbinens rotordiameter. De - måske - visuelt mere acceptable lukkede konfigurationer må således betales med et markant større skyggetab - for cirkel-konfigurationen med lille afstand imellem turbinerne omkring 9%, for trekant konfigurationen lidt mindre.

5. KONKLUSION

Med denne undersøgelse af den årlige produktion for fire forskellige udformninger af den påtænkte Samsø Havmøllepark og for tre forskellige turbiner 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 på produktionstallenes absolutte størrelse, men snarere på forskellene mellem de fem placeringer / konfigurationer indbyrdes. Forskellen mellem de beregnede og faktiske årlige produktionstal fra Tunø Knob belyser den usikkerhed der er ved etablering af et vindatlas og anvendelse af vindatlas metoden i øvrigt. Desuden er der, som omtalt i afsnit 4, for Vestas og NEG-Micon turbinerne yderligere en usikkerhed på nogle % stammende fra de endnu ikke endeligt fastlagte effekt og C_t -kurver.

Produktionstallene i absolutte tal er følgelig behæftet med en vis usikkerhed. En noget grundigere undersøgelse til en endelig økonomiberegning vil være naturlig at udføre når der er taget beslutning om den endelige placering og konfiguration.

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
		kWt	kWt	kWt
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.:		95-10 .. 98-10		14,986,387
Målt årlig prod.:		96-01 .. 98-06		14,563,381