

DECEMBER 2018  
ENERGISTYRELSEN

# FINSCREENING AF HAVAREALER TIL ETABLERING AF NYE HAVMØLLEPARKER



**COWI**



DECEMBER 2018  
ENERGISTYRELSEN

# FINSCREENING AF HAVAREALER TIL ETABLERING AF NYE HAVMØLLEPARKER

PROJEKTNR.

A114354

DOKUMENTNR.

A114354-1-5

VERSION

3.0

UDGIVELSESDATO

11-12-2018

BESKRIVELSE

Hovedrapport

UDARBEJDET

ANJS

KONTROLLERET

CELH

GODKENDT

ANJS



# INDHOLD

1	Indledning	7
1.1	Baggrund	7
1.2	Formål	8
1.3	Overordnet metode	8
2	Opsummering og konklusion	10
2.1	Konklusion	10
2.2	Havbundsscreening	13
2.3	Miljøscreening	13
2.4	Vindressource, layouts og energiproduktion	15
2.5	Elektriske transmissionsanlæg	17
2.6	Omkostninger	19
2.7	Økonomisk rangordning	20
3	Havbundsforhold	22
3.1	Metode	22
3.2	Konklusioner	22
3.3	Rangordning baseret på havbundsforhold	24
4	Miljø	25
4.1	Overordnet konklusion	25
4.2	Konklusion og anbefalinger Nordsøen A og B	27
4.3	Konklusion og anbefalinger Jammerbugt	27
4.4	Konklusion og anbefalinger Hesselø A og B	28
4.5	Konklusion og anbefalinger Kriegers Flak A og B	29
5	Vindressource, layouts og energiproduktion	30
5.1	Metode og antagelser	30
5.2	Potentielle layouts	32
5.3	Bruttoområder	40
5.4	Energiproduktion	41

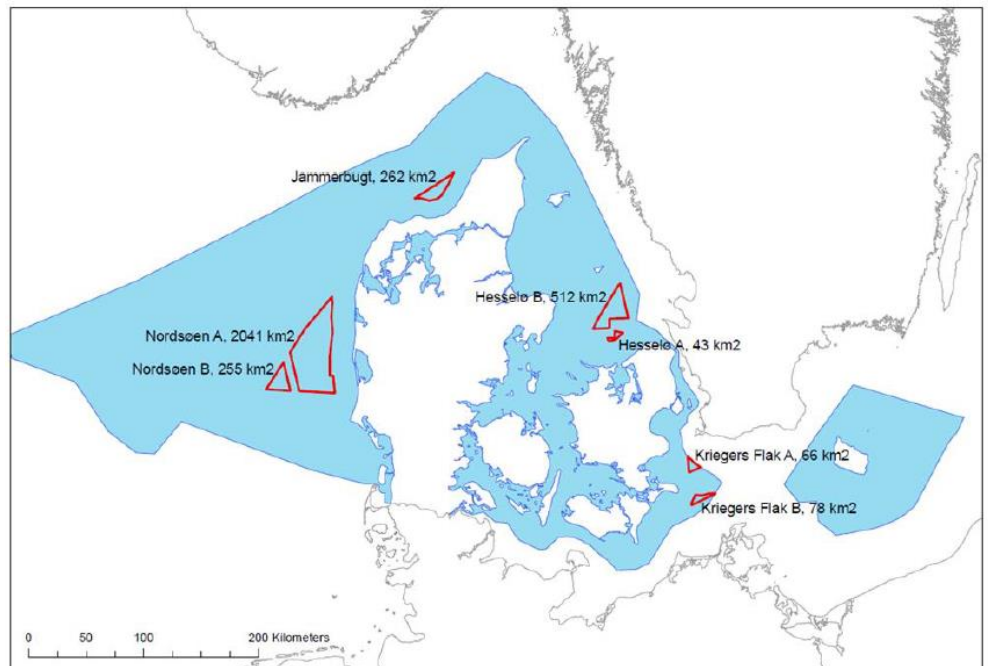
6	Elektriske Transmissionsanlæg	45
6.1	Koncept for elektriske transmissionsanlæg	45
6.2	Nordsøen	46
6.3	Jammerbugten	51
6.4	Hesselø	54
6.5	Kriegers Flak	61
7	Endelig energiproduktion	67
8	Omkostninger	68
8.1	Investeringsomkostninger	68
8.2	Drifts- og vedligeholdelsesomkostninger	73
9	Økonomisk rangordning	75

# 1 Indledning

## 1.1 Baggrund

Regeringen fremlagde i sit energiudspil d. 26. april 2018 bl.a. et initiativ om en 800 MW havmøllepark til etablering i 2024-2027. For at identificere et mere præcist forslag til placering af denne park er der behov for en detaljeret screening af udvalgte områder i Nordsøen og Østersøen.

I løbet af 2017 og som en del af arbejdet med energiudspillet gennemførte Energestyrelsen en grovscreening af det danske havareal. Resultatet af grovscreeningen var en identifikation af 4 egnede områder til en kommende havmøllepark på 800 MW. De fire områder er Nordsøen, Jammerbugt, Hesselø og Kriegers Flak.



Figur 1-1 | Oversigtskort over de fire udpegede områder

Selvom grovscreeningen har identificeret fire oplagte områder til kommende havmølleparker, så er der stadigvæk behov for at vide mere præcist, hvordan en havmøllepark på 800 MW ideelt bør placeres inden for hvert af områderne.

## 1.2 Formål

Der er således behov for foreløbige analyser af havbundsforhold ift. fundering, forhold omkring havdybde ift. etablering af fundamenter, afstand til kyst ift. søkabler, natur- og miljøforhold, optimale steder for ilandføringen af søkabler mv.

Et andet væsentligt aspekt er en beregning af overslag på omkostninger og vindproduktion på de givne steder, hvor formålet er, at kunne identificere produktionsomkostninger i kr./kWh på basis af oplysninger om anlægsomkostninger, driftsomkostninger, udregning af energiproduktion mv.

Formålet med finscreeningen er således tofoldigt, nemlig dels at bekræfte, at det er praktisk muligt at etablere en havmøllepark med en specifik placering i de angivne områder ift. natur, miljø- og planforhold og at levere økonomiske beregninger, som kan skabe grundlag for at træffe beslutning om de mest optimale placeringer ud fra en økonomisk betragtning.

Under arbejdet med finscreeningen blev den nye energiaftale indgået (29. juni 2018). Aftalen indeholder en beslutning om at udbyde tre havvindmølleparker. Finscreening vil bidrage til at identificere hvilke tre områder der i første omgang kan udbydes i henhold til energiaftalen. Det skal dog bemærkes, at øgede omkostninger til drift af transmissionsnettet relateret til introduktion af store mølleparker og eventuel koncentreret af parkerne ikke indgår denne screening. Ligeledes er der ikke indregnet eventuel gunstig påvirkning af effektilstrækkelighed eller forsyningssikkerhed set i relation til de to danske prisområder DK1 og DK2.

## 1.3 Overordnet metode

Tilgangen til finscreeningen har været i første omgang at foretage en vurdering af havbundsforhold og miljøforhold. Vurderingen af disse to forhold er uafhængig af resultater fra de andre emneområde, så derfor er det naturligt at starte med disse. Herudover, indeholdt første skridt også en indsamling og vurdering af vinddata for de fire områder.

Efterfølgende og baseret på resultaterne af de første vurderinger, blev der udarbejdet forskellige placeringsforslag (layouts). Og med placeringsforslagene og Energinets information om tilslutningspunkter på plads kunne man udarbejde grovskitser for de elektriske systemer (inter-array kabler, transformertplatform, eksportkabler (sø og land) samt vindmølletransformerstation).



Endelig baseret på al ovenstående vurdering og information er det muligt at beregne produktion samt sætte en pris på de forskellige omkostninger, og dermed kan en gennemsnitspris per kilowatt-time beregnes over en levetid på 30 år<sup>1</sup>.

De specifikke metoder og antagelser er beskrevet yderligere nedenfor under hvert enkelt emneområde.

Det har været et ønske fra Energistyrelsen side at det blev undersøgt hvordan Nordsøen A og B udnyttes bedst muligt, hvis der over de næste 10-15 år skal etableres flere parker i dette område. Det er fundet muligt at der potentielt kan placeres 4 vindmølleparker og der er derfor to scenarier beskrevet. Et med tre parker og et med fire parker. Dette kan ses i afsnit 5.2.1.

For Hesselø er der to løsninger for ilandføring, scenarie A hvor der føres i land til Energinets hovedstation Gørløse og scenarie B hvor der føres i land til hovedstation ved Kyndbyværket.

---

<sup>1</sup> Energistyrelsen har foreskrevet at beregningerne skal foretages baseret på en levetid på 30 år

## 2 Opsummering og konklusion

### 2.1 Konklusion

Analysen har overordnet vist, at det er muligt at bygge havmølleparker i alle de fire områder. Endvidere skal det bemærkes, at levetidsomkostningerne på det foreliggende grundlag ligger meget tæt på hinanden. Tætheden skyldes i al væsentlighed at den tungeste investeringsomkostning ligger på vindmøllerne (eksklusiv fundament), posten udgør over 50% af de totale investeringsomkostninger, og den er ens for alle parkerne. Derudover er variansen på de øvrige omkostninger og på vindressourcen ikke specielt stor, og dermed vil de forskellige løsninger naturligt ligge forholdsvist tæt.

Der er således ikke et område som er markant dårligere end de andre. Dog har Jammerbugt området en hel del udfordringer, som gør den til det mindst attraktive område. Derudover er Kriegers Flak udfordret arealmæssigt, med to forskellige områder, der begge skal benyttes hvis der skal opføres 800MW, og endvidere kræver to transformerstationer.

Som det fremgår af den økonomiske rangordning nedenfor, så kommer Nordsø området bedst ud med hele fire layouts som de bedste fire. Dette er dog ikke overraskende, idet Nordsø området har den højeste middelvindhastighed og forholdsvis gode havbundsforhold. Når man derudover tillægger de mere kvalitative miljøforhold særligt i relation til ilandføringen af eksportkablerne, så står Nordsøen også her forholdsvist stærkt.

Nr.	SITE/LAYOUT	Levelized Cost of Energy		
		(kr./kWh)	(kr./MWh)	(EUR/MWh)
1	Nordsøen 4	0,45	446	60
2	Nordsøen Nord	0,45	448	60
3	Nordsøen Nord 2	0,46	456	61
4	Nordsøen 1	0,46	458	61
5	Hesselø 1b	0,46	462	62
6	Hesselø 1a	0,47	465	62
7	Hesselø 2a	0,47	466	62
8	Nordsøen Syd	0,47	466	63
9	Hesselø 2b	0,47	467	63

10	Kriegers Flak 1	0,47	475	64
11	Jammerbugt 2	0,48	477	64
12	Jammerbugt 1	0,48	480	64
NA	Kriegers Flak 2	0,50	499	67

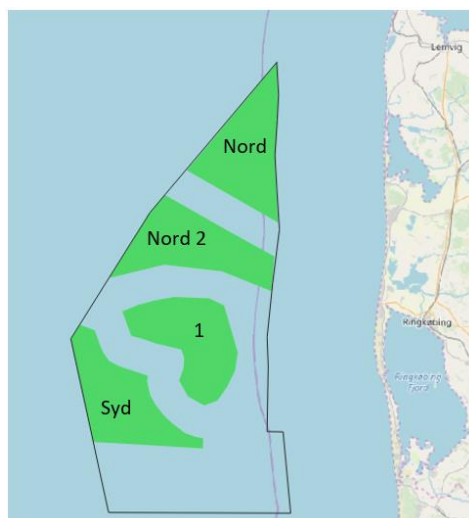
Tabel 2-1 | Rangordning af de 9 layouts i de fire områder

Alle layouts i Nordsøen ligger med en afstand af mere end 20 km til kysten, og eksportkabelruterne kan udføres både til havs og til lands uden store udfordringer.

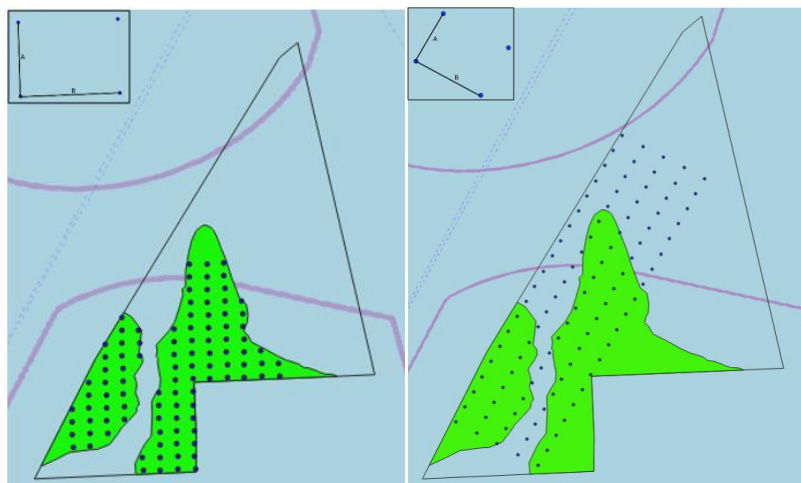
Det skal dog bemærkes, at Nordsøen 4 og Nord og Nord 2 ikke begge kan bygges, idet de overlapper hinanden. Nordsøen 4 kan vælges hvis man ser på scenariet med 3 parker i Nordsø området hvorimod Nordsøen Nord og Nord 2 kan vælges hvis man ser på scenariet med 4 parker i Nordsø området. Hesselø 1b, med ilandføring til Kyndbyværket, ligger på samme niveau som de nævnte Nordsø områder, men det noteres at kablet herved skal passere området mellem Hundested og Rørvig som er klassificeret som Natura 2000, samt Isefjord militærrområde.

Med det i tanke, og idet de forskellige layouts generelt ligger meget tæt, kunne det overvejes at udbyde de tre Nordsø projekter Nordsøen 1, Nordsøen Nord og Nordsøen Nord 2. Denne løsning kan imidlertid give Energinet udfordringer i forhold til det bagvedliggende 400 kV net, som i givet fald vil skulle forstærkes. Endvidere vil denne løsning også forøge produktionsfluktuationerne, hvilket der tillige skal tages højde for i forbindelse med fastlæggelse reservekapaciteter i transmissionsnettet. En analyse af dette er dog ikke indeholdt i herværende finscreeningsopgave.

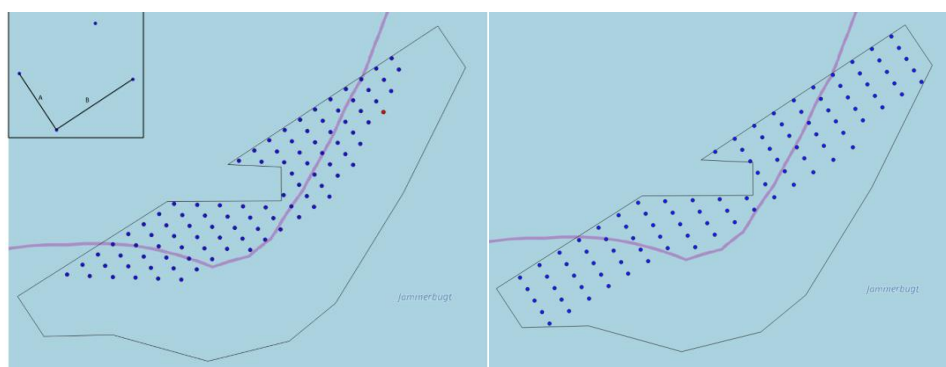
På figurerne nedenfor er de foreslåede bruttoområder/layouts for hvert af de fire områder vist.



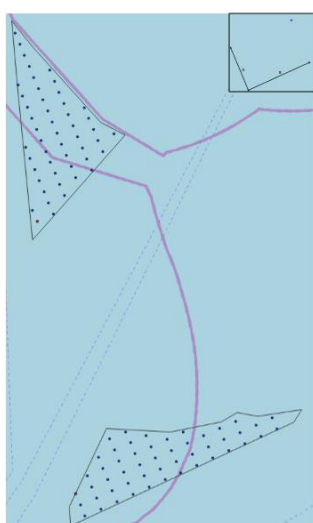
Figur 2-1 | Fire mulige områder i Nordsøen A



Figur 2-2 | Hesselø B område inklusiv havbunds vurderet område V+, samt foreslået placering af møllerne i Layout 1 (figur til venstre) og layout 2 (figur til højre)



Figur 2-3 | Jammerbugten område samt foreslået placering af møllerne i Layout 1 (figur til venstre) og Layout 2 (figur til højre)



Figur 2-4 | Kriegers Flak samt foreslået placering af møllerne i layout 1

## 2.2 Havbundsscreening

Overordnet set kan der opstilles monopælsfundamenter i alle fire områder, dog har havbundsanalysen vist at nogle områder er mere egnede end andre. Da flere af områderne er blevet tildelt samme kategori, er disse rangeret i forhold til hinanden. Ud fra de foretagne vurderinger og konklusioner i relation til havbundsforhold fås følgende rangordning af områderne:

Rang	Område	Kategori	Nummerering
1	Hesselø B (Nord)	Meget Velegnet (V+)	V+ 1 & V+ 2
2	Nordsøen A	Meget Velegnet (V+)	V+ 3
3	Hesselø B (Nord)	Velegnet (V)	V 1
4	Nordsøen A Nordsøen B	Velegnet (V)	V 6 V 7
5	Nordsøen A	Velegnet (V)	V 5
6	Hesselø A (Syd) Kriegers Flak B (Syd)	Velegnet (V)	V 3 V 8
7	Kriegers Flak B (Syd)	Velegnet (V)	V 4
8	Jammerbugt	Mindre Velegnet (V-)	V- 1
9	Kriegers Flak A (Nord)	Mindre Velegnet (V-)	V- 2

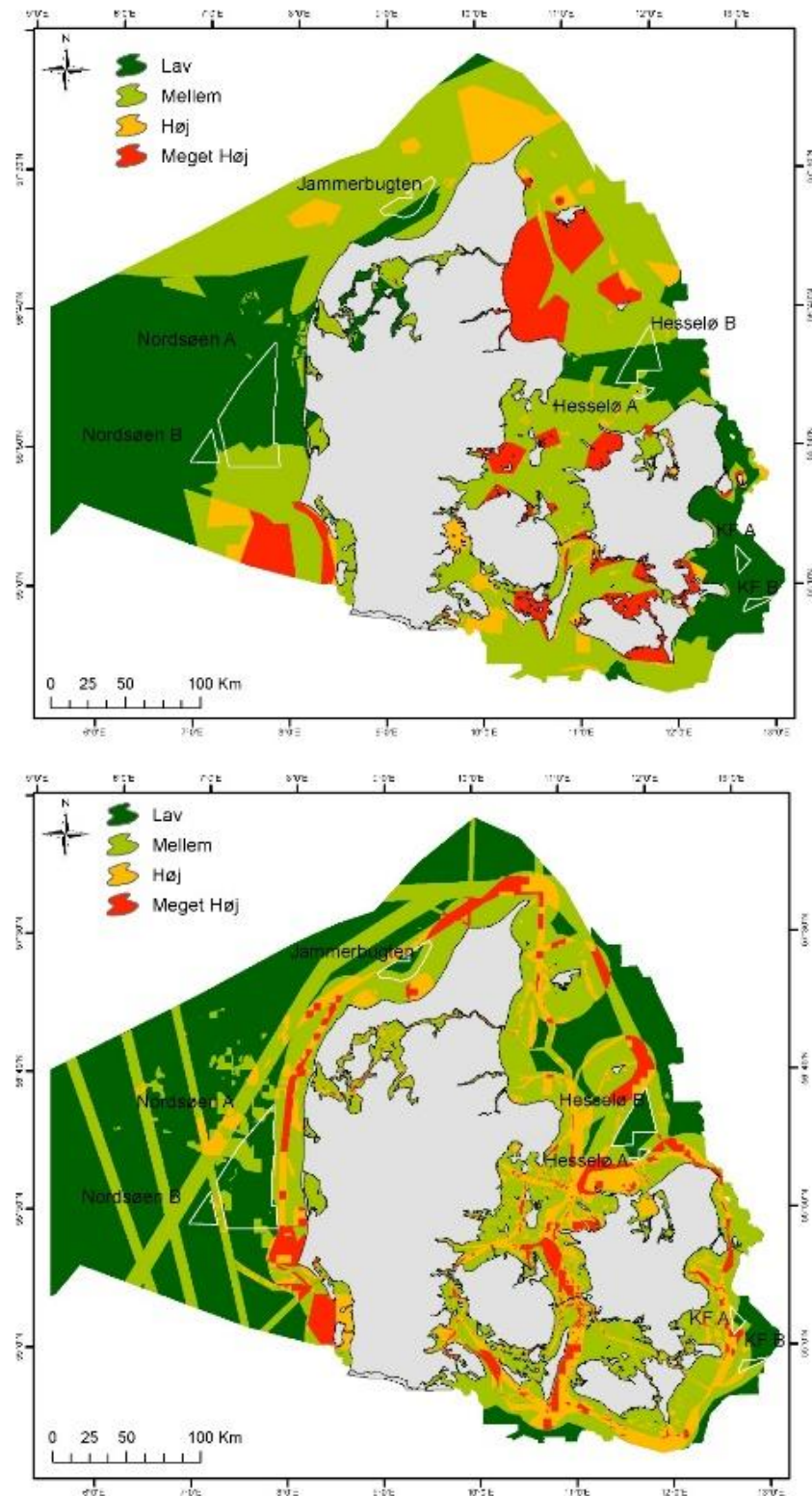
*Note ad 8 – Jammerbugt kan muligvis flyttes op lige under Velegnet 3 & 8 hvis en undersøgelse kan give et bedre billede af dybden til kalk*

Tabel 2-2 | Rangordning af områder og delområder baseret på havbundsforhold

Nummeringen efter hhv. V+, V og V- refererer til det nummer de har på de fremstillede GIS kort. Disse kort er ikke en del af rapporten, men er leveret i en særskilt fil.

## 2.3 Miljøscreening

Overordnet set er der ingen af de screenede områder som ikke kan anbefales til opsætning af havvindmøller på grund af ugunstige miljøforhold eller sammenfald med menneskelige interesser (Figur 2-5). Følsomheden af de screenede områder er således vurderet til at være lav til middel både hvad angår følsomhed i relation til miljømæssige forhold og i relation til menneskelige interesser.



Figur 2-5 | Samlet oversigt over miljøfølsomhed (øverst) og følsomhed over for menneskelige interesser (nederst).

For de følgende områder er der dog vurderet at være miljøforhold gældende vedrørende fugle, fisk eller marsvin som kan påkræve yderligere undersøgelser og vurderinger for at afklare risiko og grad for påvirkninger:

- > Den sydlige del af Nordsøen A området
- > De nordlige dele af Jammerbugt området
- > Den nordlige del af Hesselø B området og
- > Den vestlige del Hesselø A området

For området Nordsøen B og Nordsøen A skal der tages forbehold for at korridorer for elkabler og olie- gasledninger respekteres som møllefri zoner. Dog vurderes det at krydsninger af telekabler er en mulighed.

## 2.4 Vindressource, layouts og energiproduktion

### 2.4.1 Vindressource

Den gennemsnitlige vindhastighed for de fire områder baseret på de udtrukne mesoscale data punkter er som følger:

Område	Aritmetisk vindhastighed [m/s]
Nordsøen	10,13
Jammerbugten	9,69
Hesselø	9,27
Kriegers Flak	9,52

Tabel 2-3 | Middelvindhastighed for de fire områder

### 2.4.2 Vindmølle

Ud fra forskellige betragtninger som nærmere beskrevet i afsnit 5.1.2 har COWI anvendt Vestas V164 8 MW møllen. COWI skal dog slå fast, at der ikke er nogen som helst præference for en specifik mølle, og Vestas V164 8 MW er alene anvendt, idet det var den eneste 8 MW mølle hvor en effektkurve og Ct kurve kunne fremskaffes.

### 2.4.3 Layouts

Grundlæggende forudsætninger for layoutprocessen var fastlagt i opgavebeskrivelsen:

- > en parkstørrelse på 800 MW
- > en mølletæthed på 0,22 km<sup>2</sup>/MW
- > et bruttoområde til opstiller, som er 30% større end nødvendigt for Jammerbugten, hvorimod for Hesselø og Nordsøen angives et bruttoområde som er 40% større end nødvendigt

- > for Nordsøen angives min. tre mulige placeringer
- > for Nordsøen og for Hesselø skal afstande til kyst ikke være nærmere end 20 km, mens Jammerbugt optimeres således at de 228 km<sup>2</sup> (800 MW park + 30%) placeres så langt fra kysten som muligt inden for området

Baseret på disse krav og sammenholdt med resultaterne fra miljø- og havbunds-screeningerne har COWI udarbejdet forskellige potentielle layouts. Udgangspunktet var at placere møllerne optimalt i forhold til hovedvindretningen under hensyntagen til miljø- og havbundsforhold. De mulige layouts blev derpå lagt symmetrisk ud fra en betragtning om visualitet og hensyntagen til kabellægning.

COWI har valgt at udforme symmetriske layouts, typisk for havvindmølleparker, hvor der er taget hensyn til at mindske skyggetab. Det er besluttet at ikke benytte et optimeringsværktøj, da man ved detail optimering af park layout, ikke kun skal kende vindressourcen men også skal kende til møllens styringsstrategi, mere præcise skyggeparametre, øvrige klimatiske forhold osv. Det er vurderet, at de betragtede symmetriske layouts – som på ingen måde er urealistiske i forhold til mange eksisterende offshore projekter – er fuldt tilstrækkelige til at rangere de udvalgte områder i forhold til at sammenligne af vindressourcen. Det vil således på nuværende tidspunkt og med opgavens formål in mente, ikke være relevant at optimere yderligere på layoutene.

Det skal dog bemærkes, at det endelige layout formentlig vil afvige fra de præsenterede layouts, idet det vil afhænge af den specifikt valgte mølletype. Når denne er valgt, vil det givetvis være relevant at optimere på layoutet.

Skyggetab forårsaget af eventuelle naboparker f.eks. ved Kriegers Flak udenfor områderne er ikke inkluderet i beregningerne.

Desuden er afstanden mellem møllerne vurderet i forhold til Horns Rev 3, som netop bliver opført med Vestas V164 8 MW vindmøller. Her er afstandene 1,1-1,5 km, hvilket er benyttet som udgangspunkt for layoutprocessen i finscreeningen.

Der er udarbejdet følgende layouts for de forskellige områder:

- > Nordsøen – et scenarie med 4 layouts og et scenarie med 3 layouts.
- > Jammerbugten 2 layouts
- > Hesselø – 2 layouts
- > Kriegers Flak – 1 layout (800 MW) + 1 layout (240 MW)

For overblik over de enkelte layouts henvises til afsnit 5.2.

#### 2.4.4 Energiproduktion

Baseret på de layouts, der er præsenteret i afsnit 5.2 er produktionen for hver af parkerne beregnet. Den estimerede årlige energiproduktion efter langtidskorrektion og tab (inkl. elektriske tab opgjort ved tilslutningspunktet til Energinets Hovedstation) er fratrukket er som følger:



SITE/LAYOUT	Endelig energiproduktion (MWh per år)
Nordsøen 1	3,570,366
Nordsøen Nord	3,591,012
Nordsøen Nord 2	3,561,170
Nordsøen Syd	3,550,585
Nordsøen 4	3,602,193
Jammerbugt 1	3,346,718
Jammerbugt 2	3,392,464
Hesselø 1a	3,305,780
Hesselø 1b	3,314,368
Hesselø 2a	3,352,539
Hesselø 2b	3,353,696
Kriegers Flak 1	3,459,697
<i>Kriegers Flak 2</i>	<i>1,056,054</i>

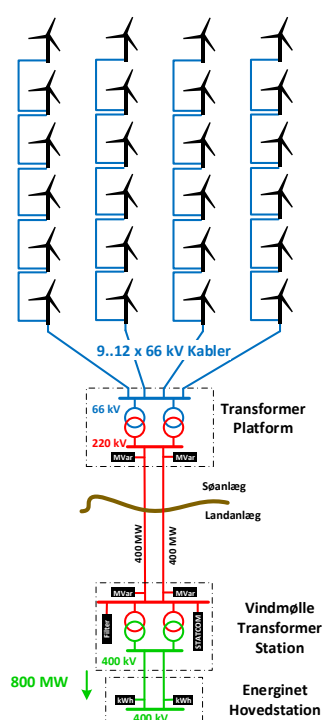
Tabel 2-4 | Endelig energiproduktion per layout

## 2.5 Elektriske transmissionsanlæg

Det elektriske transmissionsanlæg (Figur 6-1) vil bestå af følgende hovedkomponenter:

- > 66 kV søkabler (arraykabler) mellem de enkelte vindmøller og mellem vindmøller og transformerplatform. Samlet set etableres der 10 stk. radialer, som tilkobles transformerplatformen.
- > Havbaseret transformerplatform indeholdende:
  - o 66 kV GIS koblingsanlæg
  - o 66/220 kV transformere
  - o 220 kV shunt reaktorer (permanent kompensering)
  - o 220 kV GIS koblingsudstyr
  - o Elektrisk & mekanisk hjælpeudstyr
  - o SCADA, Kommunikation og advarselssystemer.
- > To stk. 220 kV eksport søkabelsystemer fra transformerplatformen til ilandføringspunktet.
- > To stk. 220 kV eksport landbaserede kabelsystemer fra ilandføringspunktet til vindmøllenetstation placeret ved Energinets hovedstation.

- > Vindmøllenetstation:
  - 220 kV koblingsanlæg
  - 220 kV reaktor kompensering (permanent & variabelt)
  - Harmoniske filtre
  - 2 stk. 220/400 kV transformere
  - Eventuelt 400 kV koblingsanlæg.
  
- > Tilslutning til Energinet 400 kV station:
  - To 400 kV kabelanlæg (eller luftledninger)
  - To 400 kV felter (friluftstation) med energimålere
  - Udvidelse af eksisterende 400 kV samleskinne.



Figur 2-6 | Typisk transmissionsanlæg

Dette grundlæggende princip er valgt for Jammerbugten, Nordsøen og Hesselø og danner basis for omkostningsestimaterne. Det elektriske transmissionsanlæg for Kriegers Flak afviger, da parklayout ikke tillader alle møller placeret på et og samme område. For yderligere informationer om de elektriske transmissionsanlæg henvises til kapitel 6.

## 2.6 Omkostninger

For at kunne lave en økonomisk rangordning af områderne skal investeringsomkostningerne og drift- og vedligeholdelsesomkostningerne estimeres.

Investeringsomkostningerne består af følgende hovedposter:

- > Vindmøller
- > Fundamenter
- > Inter-array kabler
- > Transformerplatform
- > Eksportkabler (såvel til søs som til lands)
- > Vindmølletransformerstation
- > Udviklingsomkostninger

Driftsomkostningerne dækker samtlige omkostninger til drift og vedligeholdelse.

Dekommissioneringsomkostninger er ikke medtaget i beregningerne.

Omkostningerne er i al væsentlighed estimeret ud fra COWIs kendskab til markedet samt informationer indhentet fra kilder hovedsageligt indenfor projektudvikling.

De samlede omkostninger er estimeret per layout og er som følger:

SITE/LAYOUT	Investeringsomkostninger (1000 kr.)	Drifts- og vedligeholdelsesomkostninger (1000 kr. per år)
Nordsøen 1	14.390.500	357.037
Nordsøen Nord	14.066.730	359.101
Nordsøen Nord 2	14.267.285	356.117
Nordsøen Syd	14.634.795	355.059
Nordsøen 4	14.037.000	360.219
Jammerbugt 1	14.306.500	334.672
Jammerbugt 2	14.399.700	339.246
Hesselø 1a	13.593.800	330.578
Hesselø 1b	13.506.800	331.437
Hesselø 2a	13.795.200	335.254
Hesselø 2b	13.851.200	335.370
Kriegers Flak 1	14.602.900	345.970
<i>Kriegers Flak 2</i>	<i>4.740.000</i>	<i>105.605</i>

Tabel 2-5 | Samlede investeringsomkostninger og drifts- og vedligeholdelsesomkostninger per layout (Angivet i 2018 priser)

## 2.7 Økonomisk rangordning

Baseret på de samlede omkostninger og den endelige energiproduktion kan levetidsomkostningen per energienhed (Levelized Cost of Energy – LcoE) beregnes. Til beregningen har Energistyrelsen foreskrevet en levetid på 30 år. Derudover har COWI anvendt en diskonteringsfaktor på 8%.

Den beregnede LcoE skal betragtes som vejledende og kan ikke anvendes til en finansiel vurdering af de endelige projekter.

Med de beregnede levetidsomkostninger fremkommer følgende økonomiske rangordning af de forskellige layouts:

Nr.	SITE/LAYOUT	Levelized Cost of Energy		
		(kr./kWh)	(kr./MWh)	(EUR/MWh)
1	Nordsøen 4	0,45	446	60
2	Nordsøen Nord	0,45	448	60
3	Nordsøen Nord 2	0,46	456	61
4	Nordsøen 1	0,46	458	61
5	Hesselø 1b	0,46	462	62
6	Hesselø 1a	0,47	465	62
7	Hesselø 2a	0,47	466	62
8	Nordsøen Syd	0,47	466	63
9	Hesselø 2b	0,47	467	63
10	Kriegers Flak 1	0,47	475	64
11	Jammerbugt 2	0,48	477	64
12	Jammerbugt 1	0,48	480	64
NA	<i>Kriegers Flak 2</i>	<i>0,50</i>	<i>499</i>	<i>67</i>

Tabel 2-6 | Rangordning af de 9 layouts i de fire områder

## 3 Havbundsforhold

Screeningen af de geologiske- og funderingsmæssige forhold i relation til etablering af nye havmølleparker omfatter:

- > En GIS-baseret vurdering af de geologiske- og funderingsmæssige forhold. Vurderingen rangordner lokaliteterne og delområder inden for lokaliteterne i relation til egnethed overfor etablering af havmøller.
- > Konceptuelle geomodeller, der karakteriserer de fire potentielle havmølleområder.

### 3.1 Metode

Analysen er gennemført i to trin:

- > Trin 1: Samling og analyse i GIS af data for havbund, geologi- og funderingsmæssige forhold. Vurdering af parametre der erfaringsmæssigt kan gavne eller besværliggøre etableringen af havvindmøller.
- > Trin 2: Kategorisering og rangordning af områders og delområders egnethed til etablering af en havmøllepark på de fire lokaliteter (syv delområder) og fremstilling af GIS-kort.

Den overordnede kategorisering er baseret på tre kategorier; V+, V, eller V-, som rangerer områdernes egnethed til konstruktion af vindmøller ud fra de geologiske- og geotekniske parametre fra trin 1.

- > Kategori V+: Meget velegnet
- > Kategori V: Velegnet men med enkelte fordyrende parametre
- > Kategori V-: Mindre velegnet med flere fordyrende parametre

Da flere af områderne er blevet tildelt samme kategori, er disse rangeret i forhold til hinanden. Dermed er underområderne rangeret relativt til hinanden.

### 3.2 Konklusioner

Nedenfor præsenteres de overordnede konklusioner for de forskellige områder, og til sidst vises den forholdsmæssige vurdering af områderne baseret på havbundsforhold.

#### 3.2.1 Nordsøen

- > **Positivt:** Fundering mulig med monopæle
- > **Negativt:** Vejrlig i Vesterhavet giver risiko for megen standby ifm. udførelsen. Bløde aflejringer af postglacialt ler og silt i den sydlige del af området

kan medføre øget pælelængde og problemer med jackup under udførelsen. Installation af monopæle besværliggøres af mulig hård og stenfyldt moræne samt hårde interglaciale-aflejringer

### 3.2.2 Jammerbugt

- > **Positivt:** Beskeden vanddybde, fundering mulig med monopæle
- > **Negativt:** Vejrlig giver risiko for en del standby ifm. udførelsen. Installation af monopæle besværliggøres af mulig hård og stenfyldt moræne. Installation af monopæle besværliggøres af højtliggende mulig hård og flintring skrivekridt

### 3.2.3 Hesselø B (Nord)

- > **Positivt:** Fundering mulig med monopæle. Senglaciale aflejringer (muligvis marine leraflejringer) formentlig velegnede til installation af monopæle
- > **Negativt:** Mulige dybe dale fyldt med bløde, postglaciale aflejringer i den østlig del af området kan medføre øget pælelængde og problemer med jack-up under udførelsen

### 3.2.4 Hesselø A (Syd)

- > **Positivt:** Beskeden vanddybde, fundering mulig med monopæle
- > **Negativt:** Installation af monopæle besværliggøres af højtliggende, mulig hård og flintring kalk. Installation af monopæle besværliggøres af mulig hård og stenfyldt moræne

### 3.2.5 Kriegers Flak A (Nord)

- > **Positivt:** Fundering mulig med monopæle
- > **Negativt:** Installation af monopæle besværliggøres af højtliggende hård og flintring kalk. Installation af monopæle besværliggøres af mulig hård og stenfyldt moræne. Bløde aflejringer i området kan medføre øget pælelængde og problemer med jack-up under udførelsen

### 3.2.6 Kriegers Flak B (Syd)

- > **Positivt:** Fundering mulig med monopæle
- > **Negativt:** Installation af monopæle besværliggøres af højtliggende hård og flintring kalk / skrivekridt. Installation af monopæle besværliggøres af mulig hård og stenfyldt moræne. Bløde aflejringer i dele af området kan medføre øget pælelængde og problemer med jack-up under udførelsen

### 3.3 Rangordning baseret på havbundsforhold

Ud fra ovenstående vurderinger og konklusioner fås følgende havbundsran-  
 gning af områderne:

Rang	Område	Kategori	Nummerering
1	Hesselø B (Nord)	Meget Velegnet (V+)	V+ 1 & V+ 2
2	Nordsøen A	Meget Velegnet (V+)	V+ 3
3	Hesselø B (Nord)	Velegnet (V)	V 1
4	Nordsøen A	Velegnet (V)	V 6
	Nordsøen B		V 7
5	Nordsøen A	Velegnet (V)	V 5
6	Hesselø A (Syd)	Velegnet (V)	V 3
	Kriegers Flak B (Syd)		V 8
7	Kriegers Flak B (Syd)	Velegnet (V)	V 4
8	Jammerbugt	Mindre Velegnet (V-)	V- 1
9	Kriegers Flak A (Nord)	Mindre Velegnet (V-)	V- 2

*Note ad 8 – Jammerbugt kan muligvis flyttes op lige under Gul 3 & 8 hvis en undersøgelse kan give et bedre billede af dybden til kalk*

*Tabel 3-1 | Rangordning af områder og delområder baseret på havbundsforhold*

Nummeringen efter hhv. V+, V og V- refererer til det nummer de har på de fremstillede GIS kort. Disse kort er ikke en del af rapporten, leveret i en særskilt fil.



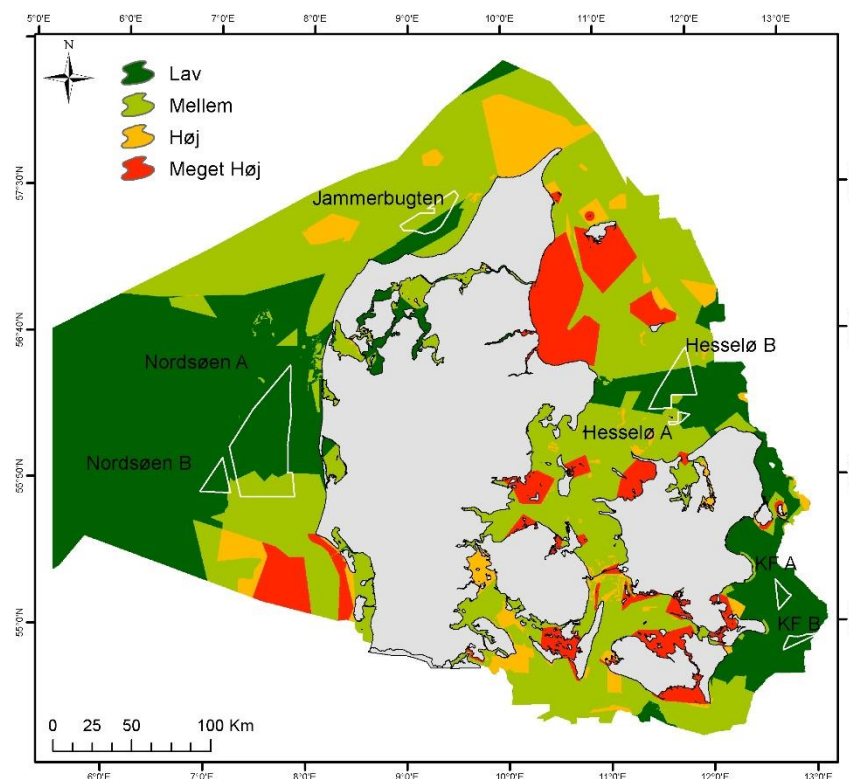
## 4 Miljø

Screeningen af de miljømæssige og planmæssige forhold omfatter:

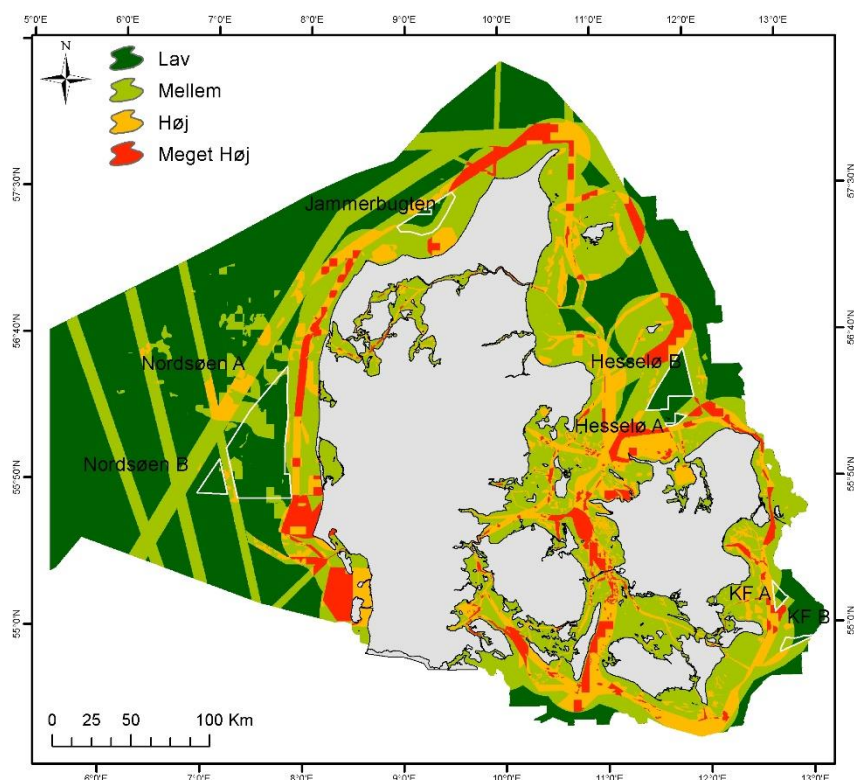
- > En GIS-baseret følsomhedsanalyse af miljømæssige og planmæssige forhold, der rangordner lokaliteterne og delområder inden for lokaliteterne i relation til følsomhed overfor etablering af havmøller og kabler med henblik på at identificere de områder (og delområder), der påvirker miljøet mindst. Der opereres med fire kategorier: Lav følsomhed, mellem følsomhed, høj følsomhed og meget høj følsomhed
- > En beskrivelse af de miljø- og planmæssige forhold, der karakteriserer de fire potentielle havmølleområder og ilandføringskorridorer

### 4.1 Overordnet konklusion

Overordnet set er der ingen af de screenede områder som ikke kan anbefales til opsætning af havvindmøller på grund af ugunstige miljøforhold (Figur 4-1) eller sammenfald med menneskelige interesser (Figur 4-2). Følsomheden af de screenede områder er således vurderet til at være lav til middel både hvad angår følsomhed i relation til miljømæssige forhold og i relation til menneskelige interesser.



Figur 4-1 | Samlet oversigt over miljøfølsomhed for alle områder.



Figur 4-2 | Samlet oversigt over følsomhed for menneskelige interesser for alle områder.

For de følgende områder er der dog vurderet at være miljøforhold gældende vedrørende fugle, fisk eller marsvin som kan påkræve yderligere undersøgelser og vurderinger for at afklare risiko og grad for påvirkninger:

- > Den sydlige del af Nordsøen A området
- > De nordlige dele af Jammerbugt området
- > Den nordlige del af Hesselø B området og
- > Den vestlige del Hesselø A området

Begrundelserne for dette er beskrevet i det følgende.

Miljøforholdene omkring fugle, fisk eller marsvin er ikke vurderet til at være forhindrende for at opsætte havmøller i de nævnte områder, men kan betyde at der er behov for mere uddybende vurderinger af potentielle påvirkninger som et led i forundersøgelser eller miljøkonsekvensvurderinger. Det kan inkludere indsamling af nye data og lede til behov for relevante afværgeforanstaltninger i anlægs- eller driftsfasen.

Det skal understreges at dele af konklusionen er baseret på relativt gamle data. Resultaterne af supplerende undersøgelser, navnlig af udbredelsen af havfugle kan således ændre denne konklusion. Hesselø A og B samt Kriegers Flak A og B

virker bedst undersøgt med et bedre datagrundlag i forhold til Nordsøen A og B samt Jammerbugt.

## 4.2 Konklusion og anbefalinger Nordsøen A og B

Nordsøen A og B er generelt velegnede til etablering af havmølleparker ud fra et miljøperspektiv, med det forbehold at korridorer for elkabler og olie- gasledninger respekteres som møllefri zoner. Dog vurderes det at krydsninger af telekabler er en mulighed. Det skal påpeges at ønsker man at opsætte havmøller i de sydligste områder af Nordsøen A, kan der opstå behov for yderligere undersøgelser og vurderinger, på grund af områdets potentielle betydning for fugle, marsvin og fisk. De sydligste dele af Nordsøen A er af international betydning for 6 forskellige arter af havfugle (rødstrubet- og sortstrubet lom, sortand, dværgmåge, stormmåge og terne). Det kan ikke udelukkes at etablering af en havmøllepark i den sydligste del af Nordsøen A, vil fortrænge sortand og lom som har vist sig at ville undgå nærområderne omkring havmøller.

Specifikt i forhold til fugle anbefales det at:

- > Omarbejde de seneste upublicerede data vedrørende fugle i Nordsøen A og B som DCE gennemførte i april-maj 2016. Optællingerne havde specielt fokus på optælling af lommer, primært rødstrubet lom og sortstrubet lom. Disse data kan ikke umiddelbart sammenlignes med de øvrige eksisterende data fra området, idet de ikke er opgjørt som antal fugle/km<sup>2</sup>. Det anbefales derfor, at der fremstilles sammenlignelige data for udbredelsen af disse arter.
- > De to områders betydning som overvintringsområde for havfugle bør undersøges. Der foreligger således ikke nyere data vedrørende områdernes betydning som overvintringsområde for havfugle. Set i lyset af, at den sydlige del af Nordsøen A og området syd herfor samt området syd for Nordsøen B er af international betydning for bl.a. rødstrubet- og sortstrubet lom samt sortand, anbefales det derfor, at der gennemføres detailundersøgelser af områdernes betydning som overvintringsområde for havfugle, herunder specielt lommer og sortand.

Den samlede miljøfølsomhed vurderes alligevel ikke til at være højere end mellem, da følsomheden for fugle kan ændre sig når nyere data er tilgængelige (jv. anbefalinger ovenfor) samt at påvirkninger på marsvin og fisk normalt er midlertidige og kan reduceres ved brug af rette afværgeforanstaltninger.

## 4.3 Konklusion og anbefalinger Jammerbugt

På basis af følsomhedskortlægningerne kan de sydlige dele af Jammerbugt anbefales til opsætning af havvindmølleparker. Ældre data viser at de nordlige dele af projektområdet er af international betydning for overvintrende fugle og ønsker man at anvende dette delområde, kan der opstå behov for yderligere undersøgelser og vurderinger. Der kan desuden være potentielle konflikter med råstofressourcer i den yderste nordlige del af området. Den inderste del af

området ligger indenfor 20 km afstand til kysten som i sig selv ikke forhindrer etablering af en vindmøllepark, men der kan opstå potentiale for negative visuelle påvirkninger.

Specifikt for fugle anbefales det at:

- > Omarbejde de seneste upublicerede data vedrørende fugle i Jammerbugt som DCE gennemførte i april-maj 2016. Optællingerne havde specielt fokus på optælling af lommer, primært rødstrubet lom og sortstrubet lom. Disse data kan ikke umiddelbart sammenlignes med de øvrige eksisterende data fra området, idet de ikke er opgjort som antal fugle/km<sup>2</sup>. Det anbefales derfor, at der fremstilles sammenlignelige data for udbredelsen af disse arter.
- > Områdets betydning som overvintringsområde for havfugle bør undersøges. Der foreligger således ikke nyere data vedrørende områdets betydning som overvintringsområde for havfugle.

Den samlede miljøfølsomhed vurderes alligevel ikke til at være højere end medlem, da følsomheden for fugle kan ændre sig når nyere data er tilgængelige (jv. anbefalinger ovenfor) samt at påvirkninger på marsvin og fisk normalt er midlertidige og kan reduceres ved brug af rette afværgeforanstaltninger.

#### 4.4 Konklusion og anbefalinger Hesselø A og B

På basis af følsomhedskortlægningerne kan det meste af Hesselø B anbefales til opsætning af en havvindmøllepark. Den nordlige del af Hesselø B bør dog på det foreliggende grundlag undgås, fordi det er af international betydning for overvintrende havfugle.

Den østligste del af Hesselø A er miljømæssigt set velegnet til opsætning af havmøller, men den vestligste del bør på det foreliggende grundlag undgås da der potentielt kan opstå konflikter med fugle og sæler. Den vestligste del af Hesselø A ligger således i et område, der er af international betydning for overvintrende havfugle, grænser op til et Natura 2000 område og ligger nær en af de vigtigste ynglelokaliteter for spættet sæl i Europa.

Specifikt for fugle anbefales det at:

- > Gennemføre nye undersøgelser af områdets betydning for havfugle. De seneste publicerede data vedrørende områdernes betydning som overvintringsområde for havfugle er fra 2011. Set i lyset af, at dele af de potentielle projektområder ligger i områder af international betydning for overvintrende havfugle, anbefales det, at der gennemføres detailundersøgelser af deres betydning som overvintringsområde.

## 4.5 Konklusion og anbefalinger Kriegers Flak A og B

Kriegers Flak A og B kan begge anbefales til opsætning af havvindmølleparker, som et af de bedst velegnede blandt de screenede områder.

Begge områder er vurderet til at have en lav miljøfølsomhed, dog med det forbehold at følsomheden for fugle kan være underestimeret. Det kan således ikke udelukkes, at der kan være konflikter med rovfugle, der trækker mellem Sverige og Tyskland. Dette bør konsekvensvurderes nøje, og der bør allokeres yderligere økonomiske og tidsmæssige ressourcer til at vurdere dette.

Specifikt for fugle anbefales det at der:

- > I forbindelse med en eventuel udarbejdelse af en Miljøkonsekvensvurdering for Kriegers Flak A eller B, bør der være fokus på problemstillingen med den eventuelle risiko for at trækkende rovfugle kolliderer med havmøllerne.

## 5 Vindressource, layouts og energiproduktion

Som beskrevet ovenfor er der foretaget en screening af de udvalgte områder, for at fastlægge hvilke af disse områder, der bedst egner sig til opførelsen af en havvindmøllepark og om der er nogen områder, der helt er udelukket. Som konklusionerne viser, er der ingen områder, som er udelukket, dog varierer egnetheden af områderne sig. Variationen i egnethed er et af basisinputtene til de potentielle placeringer af vindmøllepark layouts. Et andet vigtigt input til placering af de potentielle layouts er vindressourcen.

### 5.1 Metode og antagelser

#### 5.1.1 Vindressourcen

Vindressourcen i de fire områder er estimeret på baggrund af en mesoscale model udviklet i samarbejde med StormGeo A/S.

Mesoscale modellering er en anerkendt og "state of the art" metode til at fastlægge vindressourcen, når målinger ikke er tilgængelige.

COWI foretog i 2014 en validering af mesoscale vinddata for kystnære projekter i Danmark<sup>2</sup>. Disse data blev leveret af StormGeo A/S (underrådgiver til COWI A/S), som er højt specialiserede inden for metocean forecasting og hindcasting til bl.a. offshore- og vindindustrien. Valideringen blev udført på baggrund af eksisterende målinger fra otte meteorologiske master, som står både til havs og på land. Konklusionen fra valideringen var, at de genererede mesoscale data er i så god overensstemmelse med egentlige målinger, at de kan anvendes til med en acceptabel usikkerhed at bestemme vindressourcen for danske havvindmølleprojekter.

COWI har derfor benyttet data fra samme model som i ovenstående validering for at fastlægge vindressourcen i de fire områder. StormGeo benytter WRF<sup>3</sup> mesoscale modelleringen, med en række implementerede forbedringer. Simuleringen af WRF modellen er udført over to kalenderår, med en tidsopløsning på 1 time og med en horisontal opløsning på 3 km. Detaljer for modellen er vist i delrapporten "Vindressource, layouts og energiproduktion".

Hvert udtrukket datapunkt fra mesoscale modellen, som repræsenterer en given position indeholder vindhastighed, vindretning, temperatur og atmosfærisk tryk i højderne 40, 60, 80, 100, 120 og 140 m. Antallet af udtrukne punkter varierer afhængig af de udvalgte områders størrelse og udformning. I *Table 5-1* kan antallet af valgte punkter for hver af de fire områder ses.

---

<sup>2</sup> *Six nearshore wind farms, study related to wind resource, Validation report*, November 2014 for Energinet

<sup>3</sup> Weather and Research Forecasting.

Område	Antal punkter
Nordsøen	5
Jammerbugten	4
Hesselø	4
Kriegers Flak	4

Tabel 5-1 | Antal mesoscale punkter for hvert område

Udover de to års mesoscale data, er der benyttet 20 års EMD ConWx data til at langtidskorrigere de estimerede produktionstal.

Tabel 5-2 viser den gennemsnitlige vindhastighed for de fire områder baseret på de udtrukne mesoscale data punkter.

Område	Aritmetisk vindhastighed [m/s]
Nordsøen	10,13
Jammerbugten	9,69
Hesselø	9,27
Kriegers Flak	9,52

Tabel 5-2 | Middelvindhastighed for de fire områder

### 5.1.2 Vindmølle

For at kunne generere layouts skal det besluttes hvilken mølle der skal anvendes. Udgangspunktet har været at bruge en så stor mølle som muligt under forudsætning af at COWI kunne få en effektkurve og Ct kurve for den givne mølle.

Når der er tale om mere generelle opgaver anvender man normalt Windpro og de effektkurver, som ligger i dette program. Imidlertid indeholder Windpro ikke effektkurver for de seneste større møller (i.e. 8 MW og opefter). COWI har på trods af dette besluttet at anvende en 8 MW mølle, idet det anses for at være den størrelse mølle som minimum er retvisende for nærværende. Det blev derfor forsøgt at finde en effektkurve og tilhørende Ct kurve for en 8 MW mølle, og det lykkedes at fremskaffe en sådan for Vestas V164-8 MW, og det er på den baggrund, at det er denne vindmølle, der er benyttet i beregningerne. COWI ikke har nogen som helst præference for en specifik mølle, og Vestas V164-8 MW er alene anvendt, idet det var den eneste 8 MW mølle hvor en effektkurve og Ct kurve kunne fremskaffes.

Det er klart COWIs forventning, at de fremtidige bud på den (de) nye vindmøllepark(er) vil inkludere en større vindmølle (10 MW+), end den der er brugt i screeningen. Men da dette er en screening med henblik på en rangordning, og derfor en relativ vurdering blandt de fire områder, har den specifikke kapacitet af vindmøllen ikke indflydelse på rangordningen.

### 5.1.3 Layoutprocessen

Det er bestemt, at den nye vindmøllepark skal være på 800 MW installeret effekt. Da der er anvendt en 8 MW vindmølle, betyder det, at hvert layout består af 100 vindmøller. Dog er der et layout, som adskiller sig fra dette, da den ene konfiguration på Kriegers Flak kun består af 30 vindmøller grundet det mindre areal.

Grundlæggende forudsætninger for layoutprocessen var fastlagt i opgavebeskrivelsen:

- > *en parkstørrelse på 800 MW*
- > *en mølletæthed på 0,22 km<sup>2</sup>/MW*
- > *et bruttoområde til opstiller, som er 30% større end nødvendigt for Jammerbugten, hvorimod for Hesselø og Nordsøen angives et bruttoområde som er 40% større end nødvendigt*
- > *for Nordsøen angives min. tre mulige placeringer*
- > *for Nordsøen og for Hesselø skal afstande til kyst ikke være nærmere end 20 km, mens Jammerbugt optimeres således at de 228 km<sup>2</sup> (800 MW park + 30%) placeres så langt fra kysten som muligt inden for området*

Baseret på disse krav og sammenholdt med resultaterne fra miljø- og havbunds-screeningerne har COWI udarbejdet forskellige potentielle layouts. Udgangspunktet var at placere møllerne optimalt i forhold til hovedvindretningen under hensyntagen til miljø- og havbundsforhold. De mulige layouts blev derpå lagt symmetrisk ud fra en betragtning om visualitet og hensyntagen til kabellægning.

COWI har valgt at udforme symmetriske layouts, typisk for havvindmølleparker, hvor der er taget hensyn til at mindske skyggetab. Det er besluttet at ikke benytte et optimeringsværktøj, da man ved detail optimering af park layout, ikke kun skal kende vindressourcen men også skal kende til møllens styringsstrategi, mere præcise skyggeparametre, øvrige klimatiske forhold osv. Det er vurderet, at de betragtede symmetriske layouts – som på ingen måde er urealistiske i forhold til mange eksisterende offshore projekter – er fuldt tilstrækkelige til at rangere de udvalgte områder i forhold til at sammenligning af vindressourcen. Det vil således på nuværende tidspunkt og med opgavens formål in mente, ikke være relevant at optimere yderligere på layoutene.

Det skal dog bemærkes, at det endelige layout formentlig vil afvige fra de præsenterede layouts, idet det vil afhænge af den specifikt valgte mølletype. Når denne er valgt, vil det derfor være relevant at forsøge optimere på layoutet.

Skyggetab forårsaget af eventuelle naboparker f.eks. ved Kriegers Flak udenfor områderne er ikke inkluderet i beregningerne.

## 5.2 Potentielle layouts

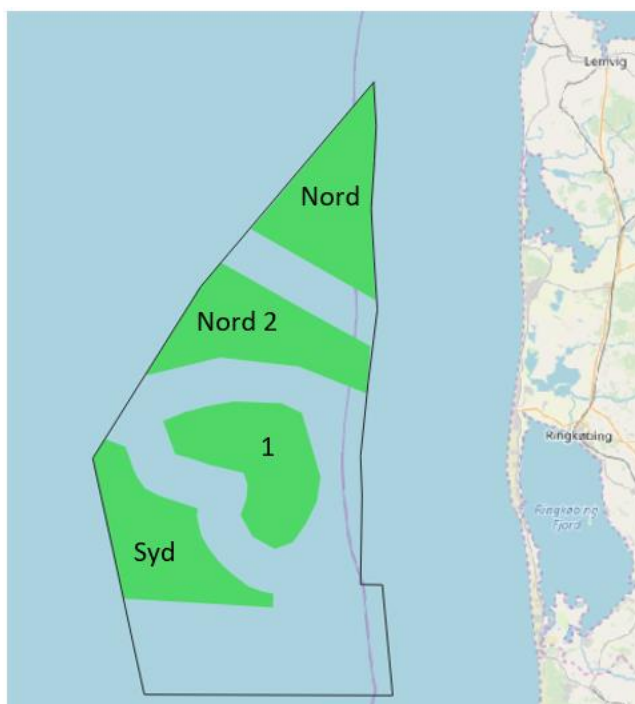
De potentielle layouts er skabt på baggrund af vindressourcen og konklusionerne fra miljø- og havbunds-screeningerne.



### 5.2.1 Nordsøen

I området ved Nordsøen var det et krav fra Energistyrelsen, at der skal kunne placeres minimum 3 vindmølleparker, og der er derfor et krav om et friholdsareal på 6 km rundt om parkerne, således at de ikke vil påvirke hinanden signifikant i forhold til skyggetab.

Energistyrelsen har ønsket at få undersøgt hvordan området udnyttes bedst muligt, hvis der over de næste 10-15 år skal etableres flere parker i området. COWI er kommet frem til fire mulige områder (Nord, Nord 2, 1, Syd) der hver har plads til 800 MW + 40 % ekstra bruttoområde, de kan ses på Figur 5-1. Områderne har en størrelse på ca. 246 km<sup>2</sup>, og overholder friholdsarealet på 6 km.



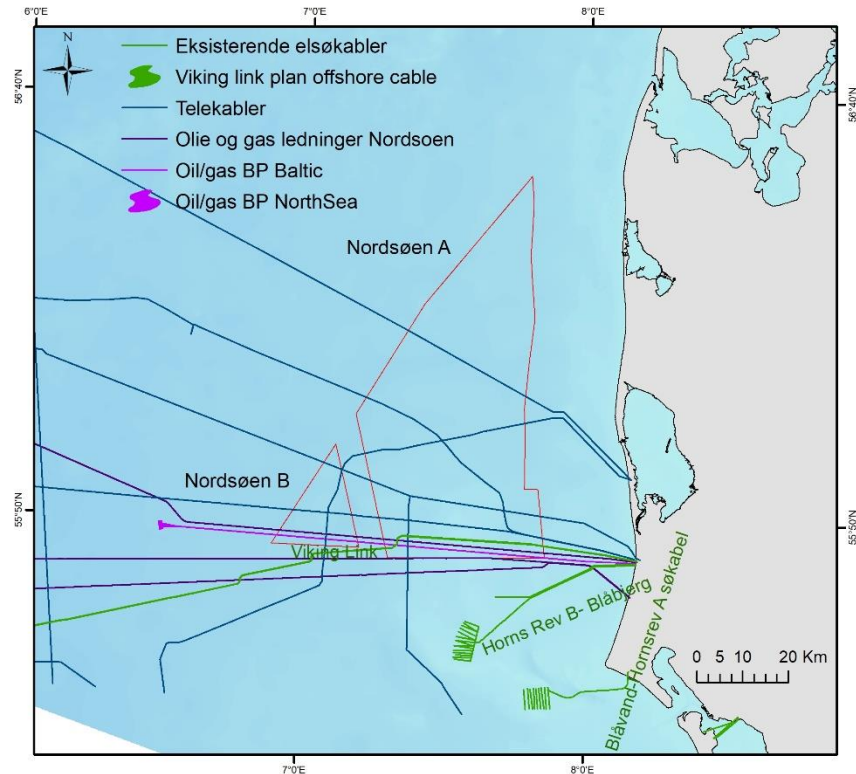
Figur 5-1 | Fire mulige områder i Nordsøen A

Det er besluttet at beholde det oprindelige layout 4 som en del af analysen, da denne park kan komme i spil, hvis der vælges et scenarie med kun tre parker i Nordsøen. I Tabel 5.3 nedenfor ses hvilke parker der inkluderes i scenariet med hhv. tre og fire parker.

Tabel 5.3 | Oversigt over layouts i de to scenarier

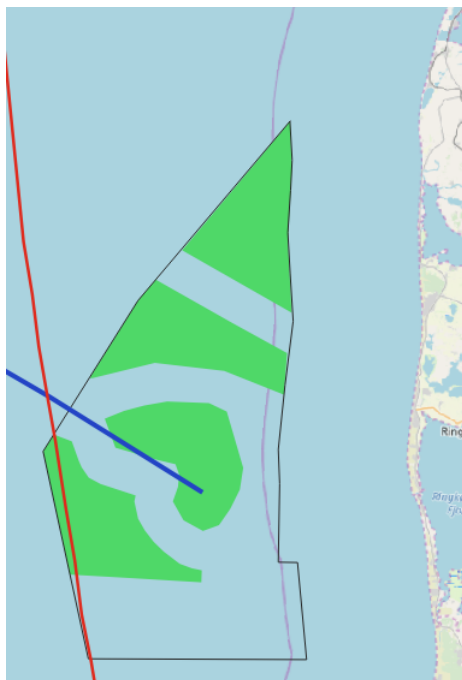
Layout	Scenarie med tre parker	Scenarie med fire parker
Layout 1	X	X
Layout Nord		X
Layout Nord 2		X
Layout 4	X	
Layout Syd	X	X

Miljøscreening har vist, at hele området ved Nordsøen er vurderet til at have en lav indvirkning på miljøet samt en lav menneskelig påvirkning. Dog viser en analyse af de planmæssige forhold at der i en del af området Nordsøen er en række elkabler, olie/gas ledninger og telekabler. Det er vurderet at det muligt at krydse telekablerne, men det er besluttet at udelade områder med elkabler og olie/gas ledninger, se Figur 5-2.



Figur 5-2 | Eksisterende og planlagte kabler i og omkring Nordsøen

Ydermere blev det oplyst at to nye kabler (Havfruekablet og Nordlink) er planlagt i Nordsø området, se Figur 5-3 | Planlagte kabler i Nordsøen som ikke er medtaget i analysen (rød: Nordlink, blå: Havfruekablet). Information angående placeringen af disse kabler kom først efter analysen var udført og der er derfor ikke taget højde for disse kabler i placeringen af layouts i Nordsøen.

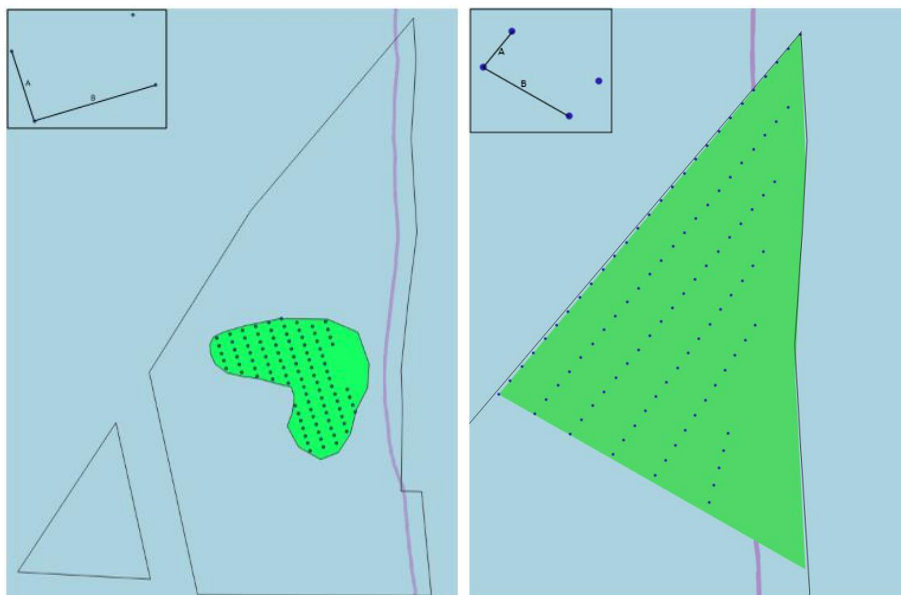


Figur 5-3 | Planlagte kabler i Nordsøen som ikke er medtaget i analysen (rød: Nordlink, blå: Havfruekablet)

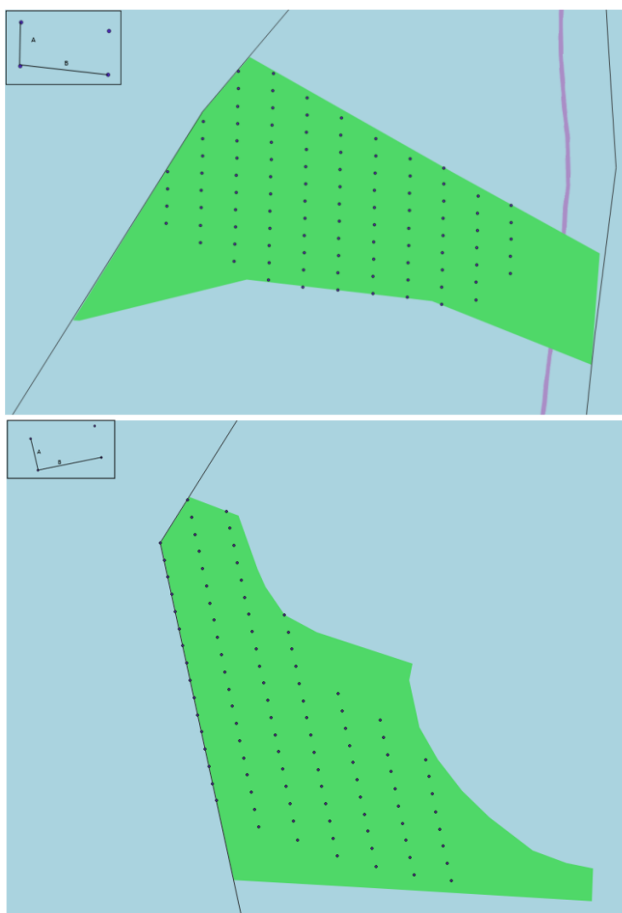
Havbundsanalysen har udpeget et område i midten af Nordsøen til at være meget velegnet (det grønne område på Figur 5-4) til den kommende vindmøllepark. Resten af området er vurderet velegnet.

Afstanden mellem møllerne er valgt således at den i udbuddet angivne mølletæthed på 0,22 km<sup>2</sup>/MW er opfyldt<sup>4</sup>. Derudover er vindretningen taget i betragtning, således at der er størst afstand mellem møllerne i hovedvindretningen for at minimere skyggetab. På Nordsøen er den dominerende vindretning vestsyd-vest til vestnordvest.

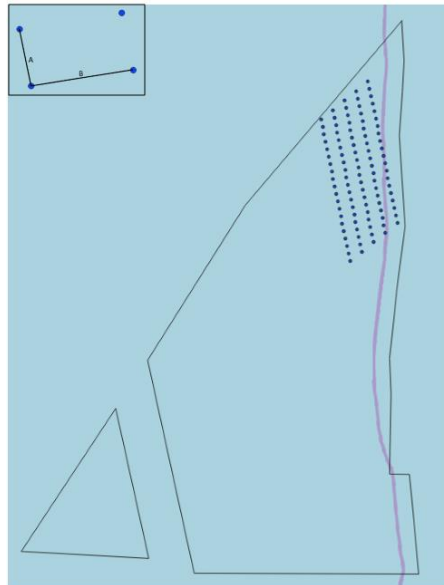
<sup>4</sup> 0,22 km<sup>2</sup>/MW svarer til et område på 176 km<sup>2</sup> når der opstilles 800MW.



Figur 5-4 | Nordsøen område inklusiv havbundsvurderet område V+3, samt foreslået placering af møllerne i layout 1 (figur til venstre) og layout Nord (figur til højre).



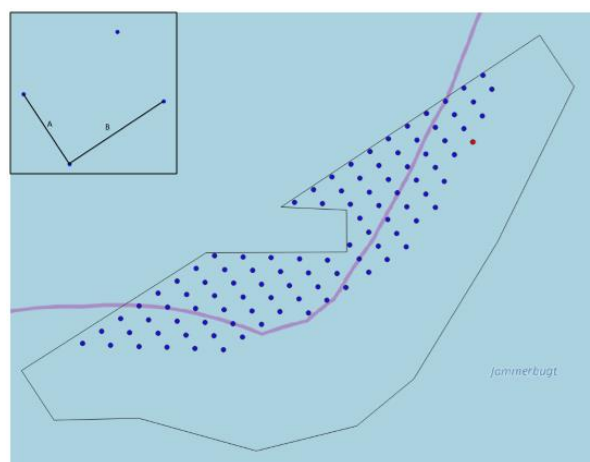
Figur 5-5 | Nordsø område inklusiv foreslået placering af møllerne i layout Nord 2 (figur øverst) og layout Syd (figur nederst).



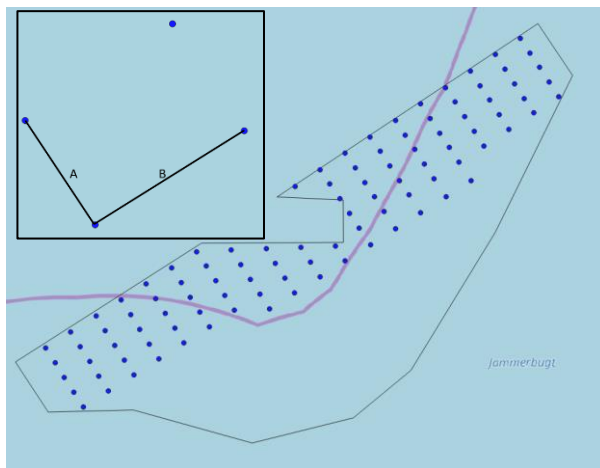
Figur 5-6 | Nordsø område inklusiv foreslået placering af møllerne i layout 4.

### 5.2.2 Jammerbugten

Havbunden er vurderet til at være ens i hele området, men miljøvurderingen er varierende. Den samlede følsomhed for miljøpåvirkning er lavest i den del af området der er tættest på kysten, hvorimod den menneskelige påvirkning er lavest i området længst fra kysten. Derudover er det også et ønske fra Energistyrelsens side, at en potentiel ny vindmøllepark ved Jammerbugten så vidt muligt bliver placeret mindst 20 km fra kysten. Da der ikke er nogle såkaldte showstopper i miljøvurderingen, er det derfor besluttet at forsøge at placere parken i området længst fra kysten. Der er blevet udarbejdet to forskellige layouts i området ved Jammerbugten, det ene hvor der er optimeret i forhold til at overholde de 20 km til kysten og derved bliver mølletætheden tættere end de 0,22 km<sup>2</sup>/MW. Det andet, opfylder mølletætheden på 0,22 km<sup>2</sup>/MW, men afstanden til kysten er kun 15 km.



Figur 5-7 | Jammerbugten område samt foreslået placering af møllerne i Layout 1. Rød prik markerer den mølle der er tættest på land

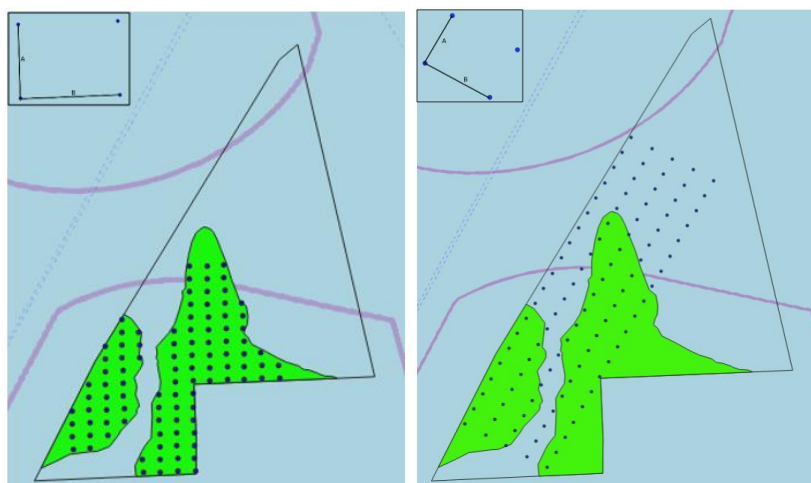


Figur 5-8 | Jammerbugten område samt foreslået placering af møllerne i Layout 2.

### 5.2.3 Hesselø

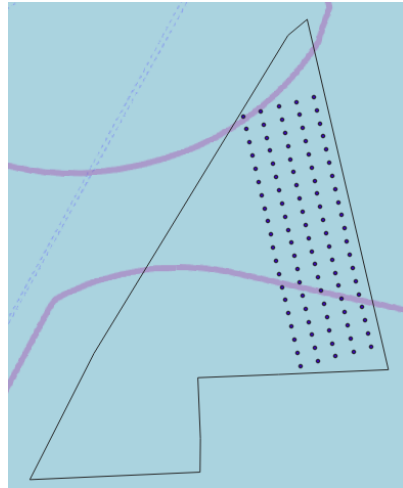
Hesselø består af to delområder, A (sydlige) og B (nordlige). I forhold til de miljømæssige vurderinger er det ikke anbefalet at benytte den vestlige del af område A, og da området i forvejen er relativt lille, er det besluttet at se helt bort fra område A. Den nordlige del af område B er også et følsomt område i forhold til miljøvurderingen, og denne del er derfor også valgt fra ift. opstilling af vindmøller.

Havbundsanalysen har vist, at der i område B er to delområder, som er bedre egnede. For at placere alle møllerne indenfor det bedre egnede område, er der i layout 1 anvendt en større mølletæthed end de angivne 0,22 km<sup>2</sup>/MW.



Figur 5-9 | Hesselø B område inklusiv havbunds vurderet område V+, samt foreslået placering af møllerne i Layout 1 (figur til venstre) og layout 2 (figur til højre)

Grundet områdets udformning som i den vestlige del ikke er helt ideel i forhold til hovedvindretningen, er det blevet undersøgt, om det kunne svare sig at placere en park i den østlige del af området. Forslaget til layout kan ses på Figur 5-10.

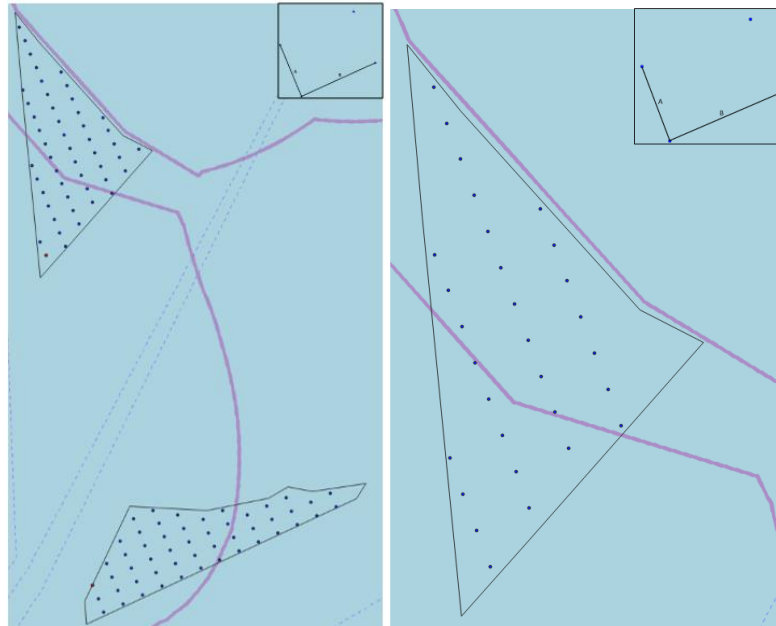


Figur 5-10 | Hesselø område, samt foreslået placering af møllerne i Layout 3

Produktionsberegningen viste imidlertid at bruttoproduktionen var mindre end for layout 1 og layout 2, hvilket skyldes at vindressourcen er højest i den vestlige del. Desuden var det ikke muligt at få plads til de nordligste møller uden at placere dem i den nordlige del af området, som er følsomt ift. miljøpåvirkning. På baggrund af dette er der ikke arbejdet videre med dette layout.

#### 5.2.4 Kriegers Flak

Området ved Kriegers Flak består af to delområder, den nordlige del (Kriegers Flak A) og den sydlige del (Kriegers Flak B). De to områder er tilsammen 159 km<sup>2</sup>, og derfor vil det ikke være muligt at placere en vindmøllepark på 800 MW og samtidig opretholde en mølletæthed på 0,22 km<sup>2</sup>/MW. Energistyrelsen ønsker at Kriegers Flak skal indgå i den endelige rangordning, og det blev derfor besluttet at lave to forskellige layouts, et hvor der placeres 800 MW med den lavest mulige mølletæthed, og et hvor der optimeres ift. skyggetab og derved installeres mindre end 800 MW. For layout 2 betyder det derfor 30 møller og dermed en installeret effekt på 240 MW.



Figur 5-11 | Kriegers Flak samt foreslået placering af møllerne i layout 1 (figur til venstre) og layout 2 (figur til højre)

### 5.3 Bruttoområder

For at give den nødvendige fleksibilitet til opstilleren, er der for hvert parkområde defineret et bruttoområde, som er ca. 30 % (for Jammerbugten) og 40 % (for Nordsøen og Hesselø) større end det område som de potentielle vindmøllepark layouts dækker. Med en mølletæthed på 0,22 km<sup>2</sup>/MW giver det et bruttoområde på ca. 228 km<sup>2</sup>.

Områderne er blevet defineret ved at udvide i de retninger det er muligt, således at områdegrensene ikke overskrides, afstanden (i Nordsøen) mellem parkerne fastholdes på 6 km, samt så vidt muligt at holde områderne indenfor de områder, hvor havbundsforholdene er bedst.

I Tabel 5.4 nedenfor vises størrelserne på potentielle vindmøllepark layouts samt bruttoområdet. Som det kan ses, er bruttoområdet for Jammerbugten 1, mindre end de 228 km<sup>2</sup>, hvilket skyldes at dette layout er optimeret i forhold til at overholde afstanden til land på 20 km, og mølletætheden var derfor større end de 0,22 km<sup>2</sup>/MW. Det samme er gældende for Hesselø 1, hvor layoutet er optimeret således at møllerne er placeret indenfor de områder, hvor havbundsforholdene er vurderet som grøn. For Hesselø 2 er bruttoområdet ikke 40 % større, da park layoutet allerede var udarbejdet således at mølletætheden var væsentlig mindre end de 0,22 km<sup>2</sup>/MW.

For Kriegers Flak er de i udbuddet angivne områder, grundet størrelsen, de endelige områder.

Områderne kan ses i Bilag C.



Tabel 5.4 | Bruttoområde størrelser

Park	Park areal	Bruttoområde areal
Nordsøen 1	177	245,4
Nordsøen Nord	180	246,4
Nordsøen Nord 2	176	252,5
Nordsøen 4	178	230,2
Nordsøen Syd	174	245,3
Jammerbugten 1	134	189,5
Jammerbugten 2	179	232,5
Hesselø 1	166	244,8
Hesselø 2	218	245,8

## 5.4 Energiproduktion

Baseret på de layouts, der er præsenteret ovenfor for de fire områder, er produktionen for hver af parkerne beregnet.

Beregningerne er foretaget i Windpro med WAsP 11 modellen. Til beregning af skyggetab er der brugt N.O Jensens skyggetabsmodel med en "offshore wake decay" faktor på 0,050, som er anbefalet af DTU for havvindmølleparker.

### 5.4.1 Langtidskorrektion

StormGeos mesoscale data dækker over en tidsperiode på to år, men det er velkendt at vinden varierer fra år til år, og det er derfor nødvendigt at lave en vurdering af, hvordan vinden har været over en længere periode. I vindindustrien er det normalt at bruge 15 - 20 års langtidssdata, for at få et repræsentativt resultat. Til langtidskorrektionen af de to års mesoscale data for de fire områder, er det valgt at benytte EMD ConWx<sup>5</sup> data, som COWI har adgang til gennem Windpro. Der er anvendt et 20 års datasæt fra hvert område. For at kunne vurdere, om ConWx data kan benyttes til at langtidskorrigere de to års mesoscale data, er der lavet en korrelationsanalyse mellem mesoscale data og EMD ConWx data. I Tabel 5-5 ses det at der er en god lineær korrelation for alle områderne, og det er derfor vurderet at EMD ConWx data kan benyttes til langtidskorrektion.

<sup>5</sup> [http://help.emd.dk/mediawiki/index.php?title=EMD-ConWx\\_Meso\\_Data\\_Europe](http://help.emd.dk/mediawiki/index.php?title=EMD-ConWx_Meso_Data_Europe)

Område	R <sup>2</sup> (månedlig gennemsnit)
Nordsøen	0,97
Jammerbugten	0,95
Hesselø	0,98
Kriegers Flak	0,98

Tabel 5-5 | Lineær korrelationsfaktor, R<sup>2</sup>, på månedligt gennemsnit

Langtidskorrekturen for hvert af de fire områder for de to års mesoscale data ift. en 20 års periode er vist i Tabel 5-6.

Område	Langtidskorrektion [%]
Nordsøen	- 2,1
Jammerbugten	- 1,3
Hesselø	- 1,0
Kriegers Flak	0,0

Tabel 5-6 | Langtidskorrektion af vindhastigheden for hvert af de fire områder

Baseret på forholdet mellem vind og produktion, P/V, omregnes langtidskorrekturen på vinden til en langtidskorrektion på produktionen. Resultatet ses i

Tabel 5-7

Område	P/V	Langtidskorrektion [%]
Nordsøen	1,03	- 2,2
Jammerbugten	1,13	- 1,5
Hesselø	1,25	- 1,3
Kriegers Flak	1,22	0,0

Tabel 5-7 | Langtidskorrektion (LT korrektion) af produktionen for hvert af de fire områder

### 5.4.2 Tab

Det største tab på brutto produktionen er skyggetab, som skyldes at møllerne skygger for hinanden. Følgende tab, udover skyggetab og beregnede elektriske tab, er medregnet i produktionsestimaterne for hvert af de foreslåede vindmølle-layouts i hvert af de fire områder:

- > Rådighedstab<sup>6</sup> for vindmølleparken: 4,0%
- > Møllens eget forbrug<sup>7</sup>: 1,2 %
- > Effektkurvetab: 1,0 %
- > **Samlet tab: 6,1 %**

Summen af tabene er tillagt LT korrektionen fra Tabel 5-7 og de samlede tab og LT korrektion er angivet i Tabel 5-8.

---

<sup>6</sup> Rådighedstab dækker over tabt produktion ved planlagt service, reparationer og evt. fejl på møllerne.

<sup>7</sup> Møllens eget forbrug er estimeret til 100 kW ved fuld produktion

### 5.4.3 Produktionsestimater

I Tabel 5-8 ses bruttoproduktion, skyggetab, parkproduktion (efter skyggetab er fratrukket), tab og korrektioner samt nettoproduktionen for hvert af de foreslåede mølleylayouts i de fire områder. Det skal bemærkes at Kriegers Flak 2 ikke kan sammenlignes direkte med de andre, da Kriegers Flak 2 kun består af 30 vindmøller med en samlet installeret effekt på 240 MW.

Park	Brutto produktion [GWh/y]	Skygge tab [%]	Park Produktion [GWh/y]	Tab & LT korrektion [%]	Netto produktion [GWh/y]
Nordsøen 1	4238,0	5,8	3993,6	-8,1	3668,2
Nordsøen Nord	4264,1	6,0	4008,4	-8,1	3681,8
Nordsøen Nord 2	4251,6	6,4	3980,5	-8,1	3656,2
Nordsøen 4	4258,8	5,6	4021,8	-8,1	3694,1
Nordsøen Syd	4246,1	6,1	3987,9	-8,1	3663,0
Jammerbugten 1	4004,5	6,7	3737,0	-7,5	3457,1
Jammerbugten 2	4001,0	5,0	3799,4	-7,5	3514,8
Hesselø 1	3941,1	6,9	3669,2	-7,3	3401,3
Hesselø 2	3935,5	5,3	3727,1	-7,3	3455,0
Kriegers Flak 1	4040,7	6,1	3794,5	-6,1	3563,7
Kriegers Flak 2	1205,7	3,5	1163,7	-6,1	1093,0

Tabel 5-8 | Produktionsestimater for de potentielle vindmølleylayouts, eksklusiv tab i det elektriske system fra møllerne over offshoretransformeren og videre gennem sø- og landkabler frem til tilkobling på det nationale el transmissionsnet.

Nettoproduktionen i ovenstående tabel er eksklusiv elektriske tab. De elektriske tab afhænger af de elektriske konfigurationer, som bliver præsenteret i nedenstående kapitel 6.

## 6 Elektriske Transmissionsanlæg

### 6.1 Koncept for elektriske transmissionsanlæg

Konceptet anvendt i denne rapport for net-tilslutningen af en 800 MW vindmøllepark placeret op til 90 km fra tilslutningspunktet til transmissionsnettet, er en løsning bestående af en havbaseret transformerstation placeret centralt i forhold til møllerne samt et eksportkabel system, som forbinder den havbaserede transformerstation med transmissionsnettet på land.

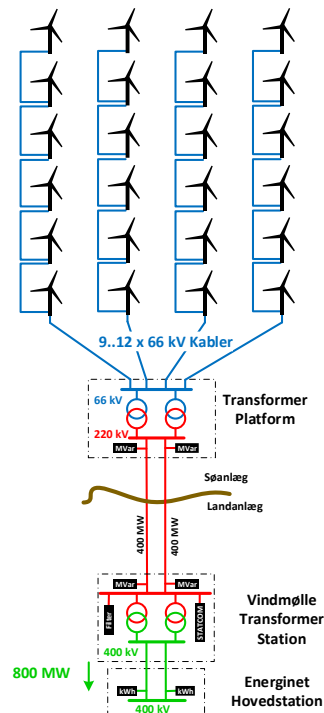
Det noteres, at der i enkelte (1 stk. i Nordsøen og 2 stk. ved Jammerbugten) af de nævnte anlægskonfigurationer forudsættes relativt lange afstande til tilslutningspunktet til transmissionsnettet. Dette vurderes at være teknisk muligt, dog ligger de tre ovennævnte parker på grænsen. Derfor bør det påregnes, at der af tekniske årsager kan blive behov for etablering af kompenseringsanlæg tæt på ilandføringsstedet (kystnært).

Denne rapport er baseret på, at eksportsystemet etableres på 220 kVac niveau. Eksportsystemet overføringsevne på 220 kV niveau er begrænset af kablernes maksimale overføringsevne på 4-500 MW pr. kabel. Det bevirker at parkerne kan opføres i kapacitetsintervaller af 4-500 MW. En park med en kapacitet på 800 MW, vil derfor kræve et eksportsystem bestående af 2 stk. eksportkabler hver med en overføringsevne på 400 MW.

Det elektriske transmissionsanlæg (Figur 6-1) vil bestå af følgende hovedkomponenter:

- > 66 kV søkabler (arraykabler) mellem de enkelte vindmøller og mellem vindmøller og transformerplatform. Samlet set etableres der 10 stk. radialer, som tilkøbes transformerplatformen.
- > Havbaseret transformerplatform indeholdende:
  - 66 kV GIS koblingsanlæg
  - 66/220 kV transformere
  - 220 kV shunt reaktorer (permanent kompenserings)
  - 220 kV GIS koblingsudstyr
  - Elektrisk & mekanisk hjælpeudstyr
  - SCADA, Kommunikation og advarselsystemer.
- > To stk. 220 kV eksport søkabelsystemer fra transformerplatformen til ilandføringspunktet.
- > To stk. 220 kV eksport landbaserede kabelsystemer fra ilandføringspunktet til vindmøllenetstation placeret ved Energinets hovedstation.
- > Vindmøllenetstation:
  - 220 kV koblingsanlæg
  - 220 kV reaktor kompenserings (permanent & variabelt)
  - Harmoniske filtre

- 2 stk. 220/400 kV transformere
  - Eventuelt 400 kV koblingsanlæg.
- > Tilslutning til Energinet 400 kV station:
- To 400 kV kabelanlæg (eller luftledninger)
  - To 400 kV felter (friluftstation) med energimålere
  - Udvidelse af eksisterende 400 kV samleskinne.



Figur 6-1 | Typisk transmissionsanlæg

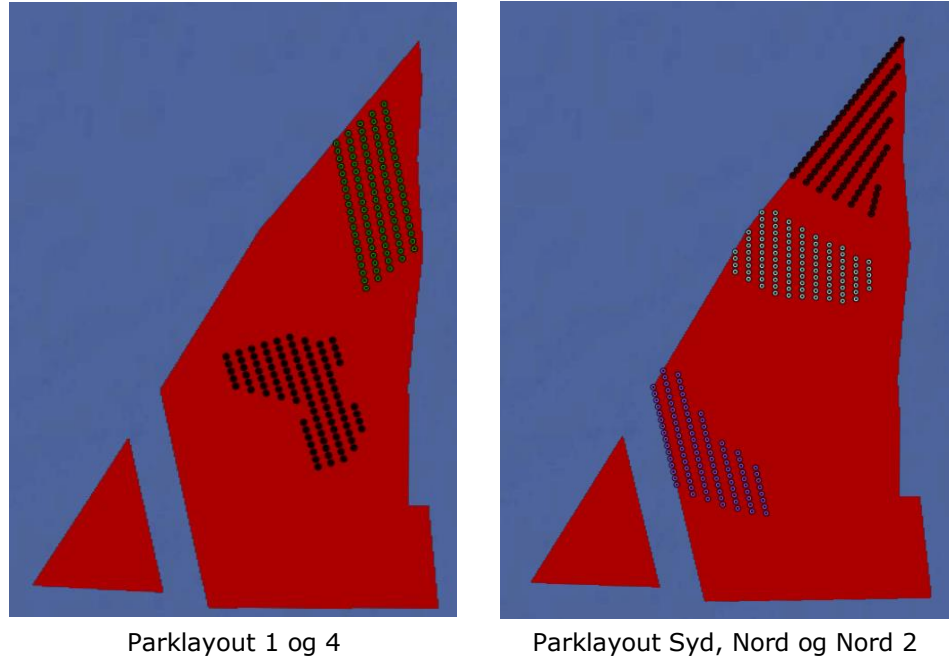
Dette grundlæggende princip er valgt for Jammerbugten, Nordsøen og Hesselø og danner basis for omkostningsestimaterne. Det elektriske transmissionsanlæg for Kriegers Flak afviger, da parklayout ikke tillader alle møller placeret på et og samme område.

## 6.2 Nordsøen

Nordsøen vindpark udlægges til den fulde kapacitet på 800 MW, og i denne undersøgelse indgår 5 forskellige layouts<sup>8</sup> for parken omfattende forskellige placeringer af møller samt transformerplatform. Overordnet layout for Nordsøen fremgår af Figur 6-2. For alle fem layouts etableres der 220 kV eksport søkabler mellem transformerplatform og ilandføringsstedet. Linjeføringen er valgt med henblik på korteste afstand samt med henblik på at føre kablerne syd om Natura 2000 området nord for Øby.

<sup>8</sup> Et scenarie med tre vindmølleparker (Layout 1, 4 og Syd) og et scenarie med fire vindmølleparker (Layout 1, Nord, Nord 2 og Syd).

Hvis flere af de angivne parklayouts udnyttes skal det vurderes, i samråd med Energinet, om tilslutningerne til transmissionsnettet skal fordeles på flere hovedstationer. Tilslutning af flere parker indgår ikke i denne finscreening.

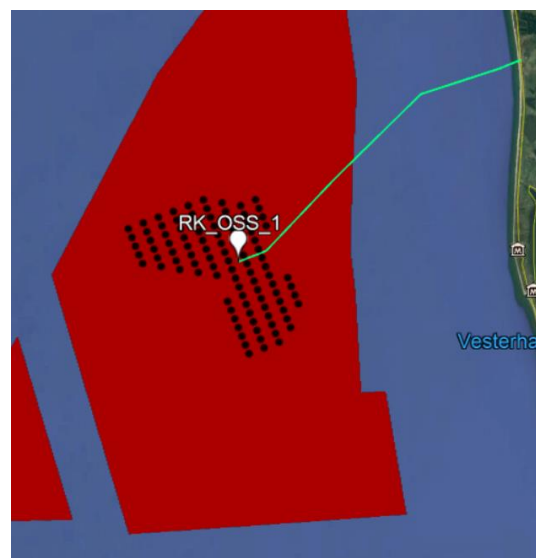


Figur 6-2 | Nordsøen vindpark, overordnet layout

### 6.2.1 Nordsøen - Parklayout 1

Parklayout 1 er baseret på en konfiguration med møller og transformerplatform placeret i den centrale del af området.

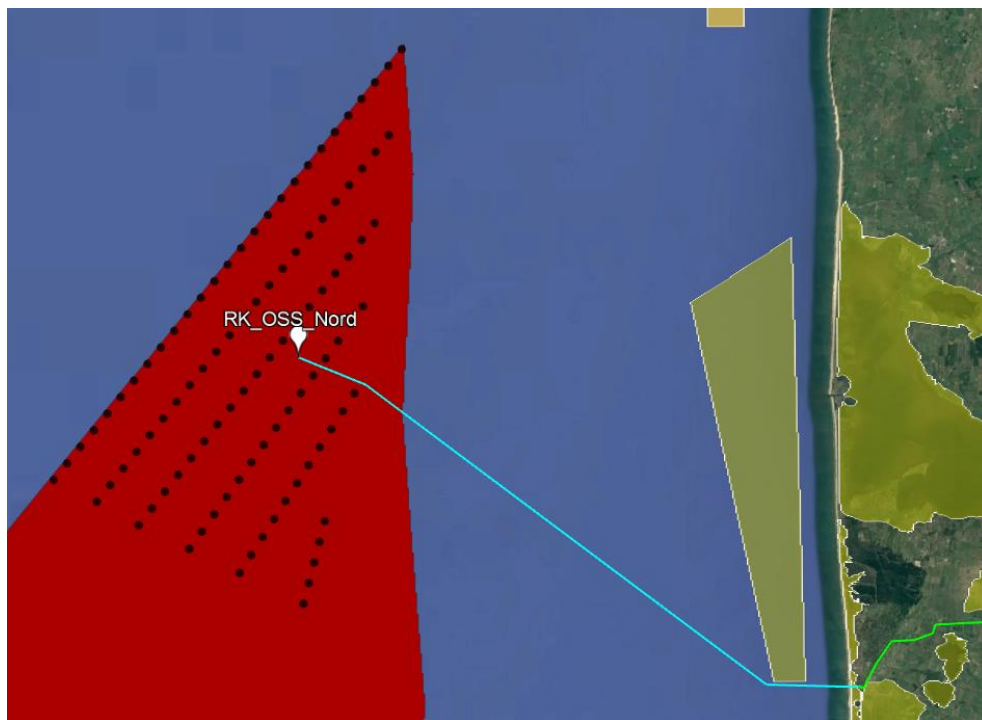
Arraykablerne i den sydlige del af området krydser eksisterende søkabel (telekabel) i 5 punkter. Det antages at arraykablerne føres over det eksisterende kabel og beskyttes med stenvold (Rock berm).



Figur 6-3 | Parklayout - Nordsøen 1 samt eksport søkabel rute

### 6.2.2 Nordsøen - Parklayout Nord

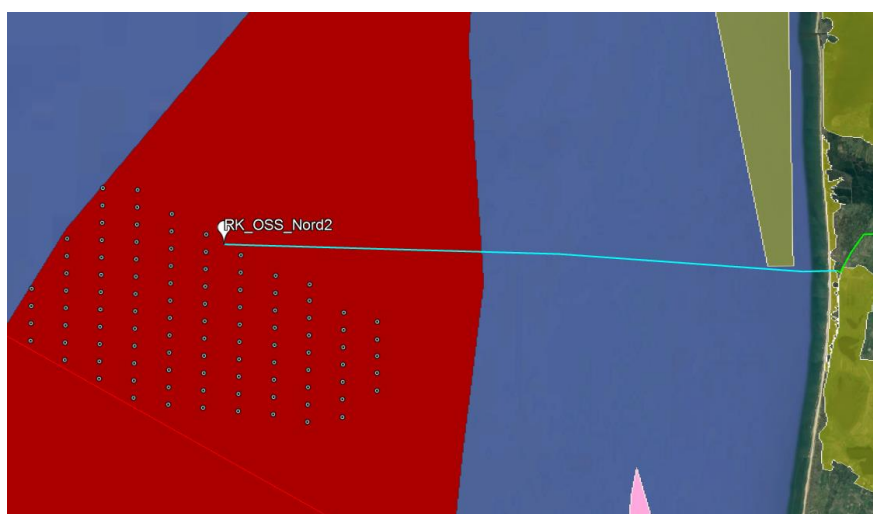
Parklayout Nord er baseret på en konfiguration med møller og transformerplatform placeret i den nordlige del af området. Figur 6-4 angiver placeringen af møller samt eksportkabler.



Figur 6-4 | Parklayout – Nordsøen Nord samt eksport søkabel rute

### 6.2.3 Nordsøen – Parklayout Nord 2

Parklayout Nord 2 er baseret på en konfiguration med møller og transformerplatform placeret i den nordlige del af området. Figur 6-5 angiver placeringen af møller samt eksportkabler.



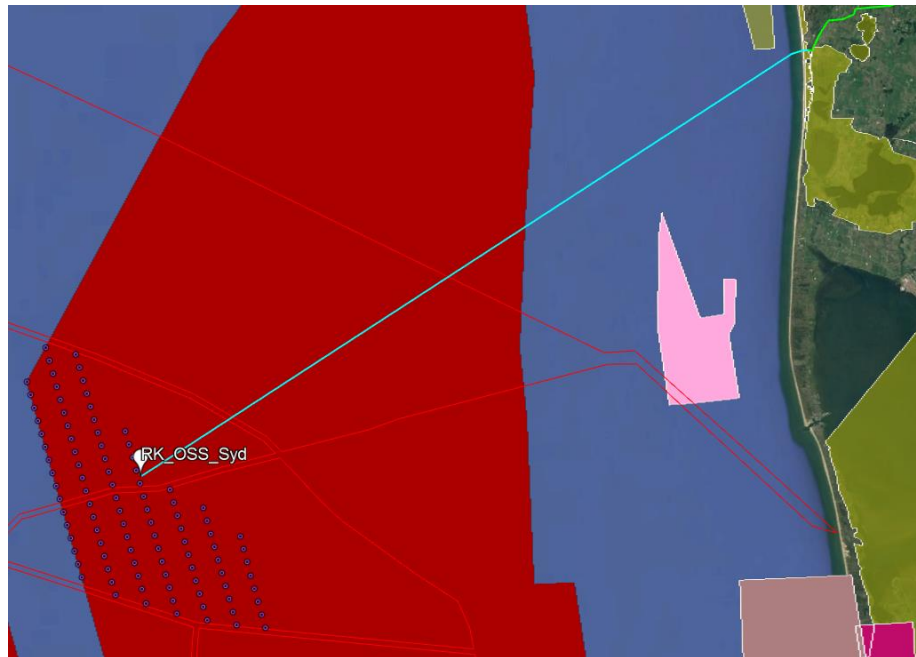
Figur 6-5 | Parklayout – Nordsøen Nord 2 samt eksport søkabel rute



### 6.2.4 Nordsøen – Parklayout Syd

Parklayout Syd er baseret på en konfiguration med møller og transformerplatform placeret i den sydlige del af området. Figur 6-6 angiver placeringen af møller samt eksportkabler.

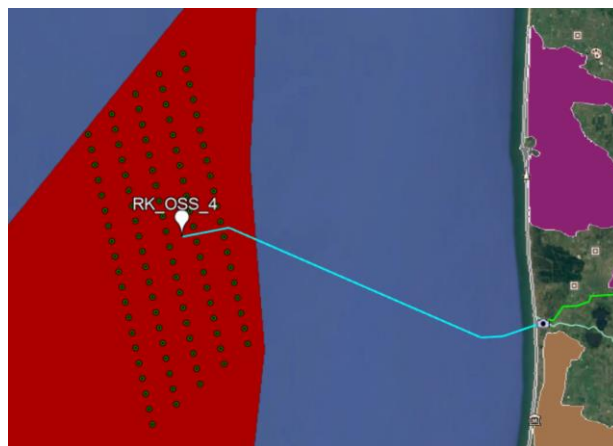
Eksportkablerne krydser eksisterende søkabler (telekabel) i 2 positioner. Det antages at eksportkablerne føres over de eksisterende kabler og beskyttes med stenvold.



Figur 6-6 | Parklayout – Nordsøen Syd samt eksport søkabel rute

### 6.2.5 Nordsøen - Parklayout 4

Parklayout 4 er baseret på en konfiguration med møller og transformerplatform placeret i den nordlige del af området. Figur 6-7 angiver placeringen af møller samt eksportkabler.



Figur 6-7 | Parklayout 4 – Nordsøen nord samt eksport søkabel rute

## 6.2.6 Fælles forhold for alle 5 parklayouts

### 6.2.6.1 Arraykabler

Arraykabler påregnes installeret ved udlægning på havbunden, hvorefter de spules ned i havbunden til en dybde på ca. 1-1,5 m.

### 6.2.6.2 Eksport søkabler

Eksport søkabler påregnes installeret ved nedpløjning til en dybde på ca. 2,5 m. Der skal påregnes øget kabel installationsdybde på grund af sedimenttransport langs vestkysten.

### 6.2.6.3 Ilandføring

Punktet for ilandføring er i dette studie valgt til at være i området syd for Øby (Figur 6-8). Kyststrækningen er beskyttet under Natura 2000, men der er valgt et område, hvor området er begrænset til ca. 250 m. Det er i dette studie antaget, at krydsningen af Natura 2000 området foretages som styret underboring.

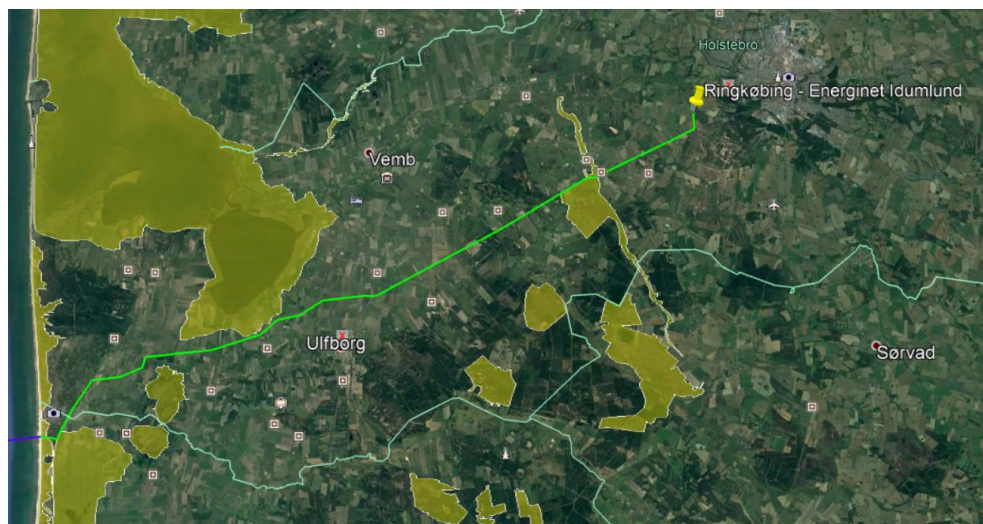


Figur 6-8 | Ilandføring syd for Øby

### 6.2.6.4 Landbaseret eksportkabel

Der skal etableres kabeltrace fra ilandføringssted til Energinets hovedstation Idomlund. Linjeføringen vurderes at kunne blive udført uden store udfordringer. Hovedstrækningen kan udføres i landområde uden nævneværdig bebyggelse. Den angivne linjeføring vil krydse veje og baneanlæg. Følgende krydsninger antages udført som styrede underboringer:

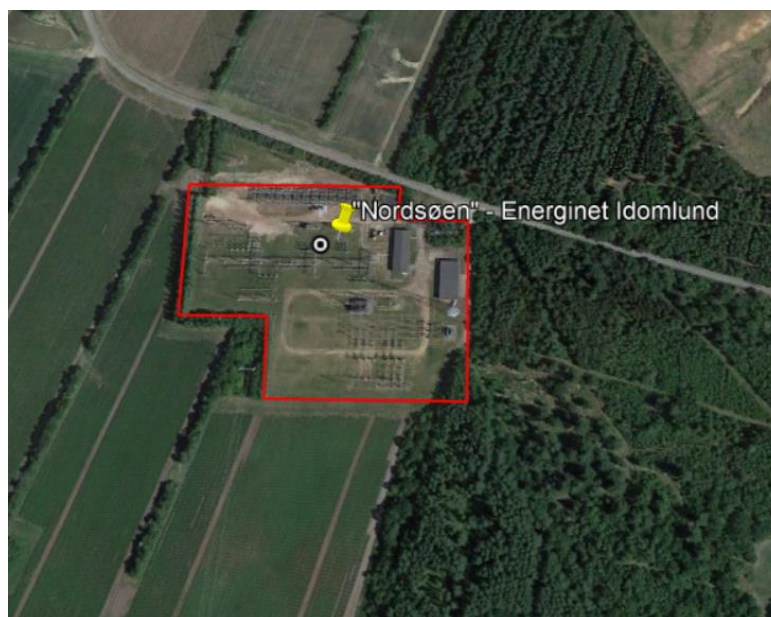
- > 15 stk. vejkrydsninger
- > 1 stk. jernbanekrydsning.



Figur 6-9 | Linjeføring af landbaseret eksportkabel til Idomlund

#### 6.2.6.5 Vindmølletransformerstation – Idomlund

220/400 kV vindmølletransformerstation ved Idomlund vurderes at kunne blive placeret i umiddelbar nærhed af den eksisterende Energinet ejede hovedstation, som er placeret i et ubebygget område se Figur 6-10.



Figur 6-10 | Hovedstation Idomlund

### 6.3 Jammerbugten

Jammerbugten vindpark udlægges til den fulde kapacitet på 800 MW, og i denne undersøgelse indgår 2 forskellige layout for parken omfattende forskellige placeringer af møller samt transformerplatform. Overordnet layout for Jammerbugten fremgår af Figur 6-11, som også angiver de 2 parklayouts, de elektriske opsamlingsanlæg i parken og nettilslutningen til eksisterende Ferslev hovedstation.



Figur 6-11 | Jammerbugten vindpark, overordnet layout

Der etableres 220 kV eksport søkabler mellem transformerplatform og ilandføringsstedet. Linjeføringen er valgt med henblik på korteste afstand samt med henblik på at føre kablerne uden om militærområdet beliggende syd for Blokhuse.

### 6.3.1 Fælles forhold for begge parklayouts

#### 6.3.1.1 Arraykabler

Arraykabler påregnes installeret ved udlægning på havbunden, hvorefter de spules ned i havbunden til en dybde på ca. 1,5 m.

#### 6.3.1.2 Eksport søkabler

Eksportkablerne påregnes installeret ved nedpløjning til en dybde på ca. 2,5 m. Der skal påregnes øget kabelinstallationsdybde på grund af sedimenttransport langs vestkysten.

#### 6.3.1.3 Ilandføring

Punktet for Ilandføring er i dette studie valgt til at være i området vest for Kollerup Strand (Figur 6-12). Kyststrækningen er bestående af sandstrand og klitter, hvilket betyder, at specielle forhold kan gøre sig gældende i forbindelse med ilandføring. Det må blandt andet påregnes, at eksportkablerne skal føres gennem klitområdet ved hjælp af horisontalstyret boring (HDD).

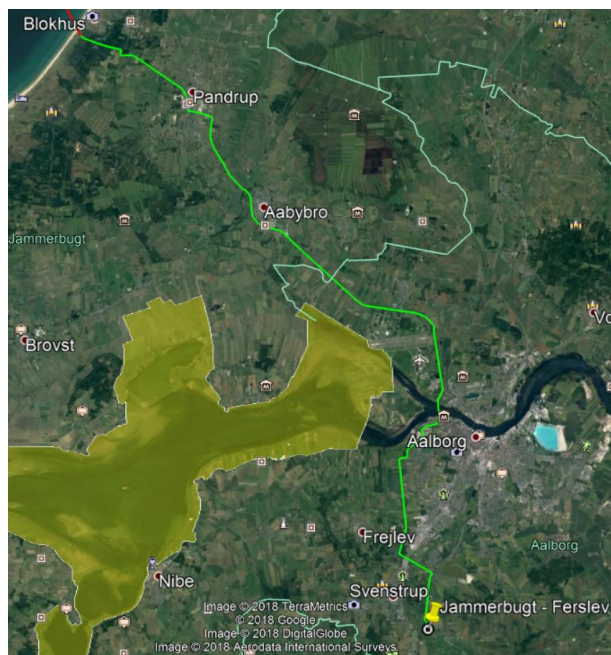


Figur 6-12 | Ilandføring vest for Kollerup Strand

#### 6.3.1.4 Landbaserede eksportkabler

Der skal etableres kabeltrace fra ilandføringssted til Energinet's hovedstation Ferslev. Linjeføringen vurderes til at være af lav kompleksitet, da strækningen fra ilandføningsstedet til Hovedstation Ferslev foregår i landområde med lave bebyggelsestæthed. Eksportkablerne skal krydse Limfjorden ved Aggersund, hvilket udføres som en styret underboring. Den angivne linjeføring vil desuden krydse veje og baneanlæg. Følgende krydsninger antages udført som styrede underboringer:

- > 16 stk. vejkrydsninger
- > 1 stk. jernbanekrydsning
- > 1 stk. krydsning under Limfjorden (~1.500 m)



Figur 6-13 | Linjeføring af landbaseret eksportkabel til Hovedstation Ferslev

Den angivne linjeføring krydser, øst for Skørbæk, et område klassificeret som Natura 2000. Det vurderes, at krydsningen af Natura 2000 området kan foretages uden nævneværdige udfordringer hvis kablerne føres uden om området udpeget som naturtype "rigkær", samt krydsning af åløbet foretages med styret underboring. Der skal i forbindelse med projektet foretages de nødvendige ansøgninger og godkendelser relateret til krydsning af Natura 2000 området, hvor det bl.a. skal påvises at den anviste kabelrute ikke har en væsentlig påvirkning på området.

#### 6.3.1.5 Vindmølletransformerstation – Ferslev

220/400 kV vindmølletransformerstation ved Ferslev vurderes at kunne blive placeret i umiddelbar nærhed af den eksisterende Energinet ejede hovedstation, som er placeret i landområde se Figur 6-14.



Figur 6-14 | Hovedstation Ferslev

## 6.4 Hesselø

Hesselø vindpark udlægges til den fulde kapacitet på 800 MW, og i denne undersøgelse indgår 2 forskellige layout for parken omfattende forskellige placeringer af møller samt transformerplatform i det nordlige segment. Overordnet layout for Hesselø fremgår af Figur 6-15. Der er udarbejdet to alternativer til ilandføring:

- > Alternativ A: ilandføring til Energinets hovedstation ved Gørløse. Det skal bemærkes at det landbaserede kabel føres igennem et område som er klassificeret som Natura2000. Det er dog vurderet muligt at føre kablet igennem under hensyntagen til de almindelige regler for natur og kulturbeskyttelse.
- > Alternativ B: ilandføring til Energinets hovedstation ved Kyndbyværket. Det skal bemærkes at linjeføringen krydser Natura2000 område nr. 153 Havet og kysten mellem Hundested og Rørvig. Det vurderes ikke at være umuligt at nedlægge kabler igennem de omtalte områder, men det skal

forventes at der som minimum skal gennemføres en væsentlighedsvurdering af mulige påvirkninger på Natura 2000 områderne og deres udpegningsgrundlag, og eventuelt også en konsekvensvurdering, hvis væsentlig påvirkninger ikke kan udelukkes.

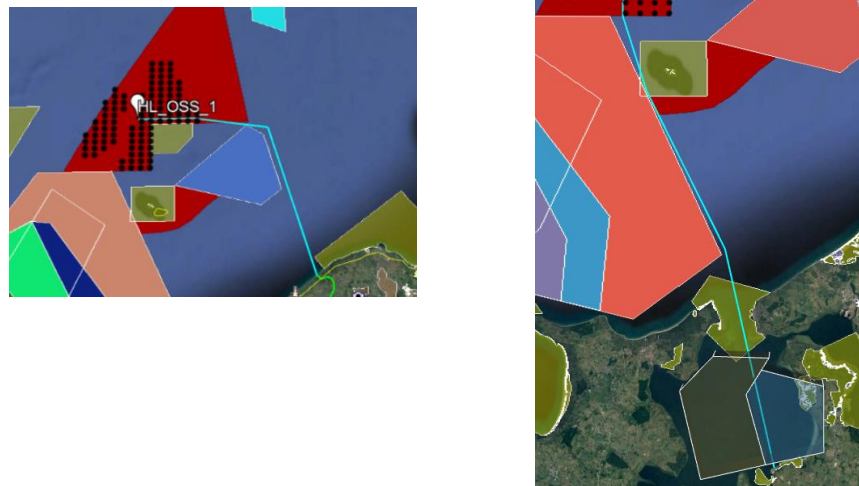
Der skal tillige tages højde for at linjeføringen krydser gennem et større militær område i Isefjord, men det forventes også muligt at krydse dette område.



Figur 6-15 | Hesselø vindpark, overordnet layout

#### 6.4.1 Hesselø – Parklayout 1A & 1B

Parklayout 1A og 1B er baseret på en konfiguration med møller placeret i den sydlige del af området og transformerplatform centralt placeret. Figur 6-16 angiver placeringen af møller samt eksportkabler.



Figur 6-16 | Parklayout 1 – Hesselø (venstre: 1A, Højre: 1B)

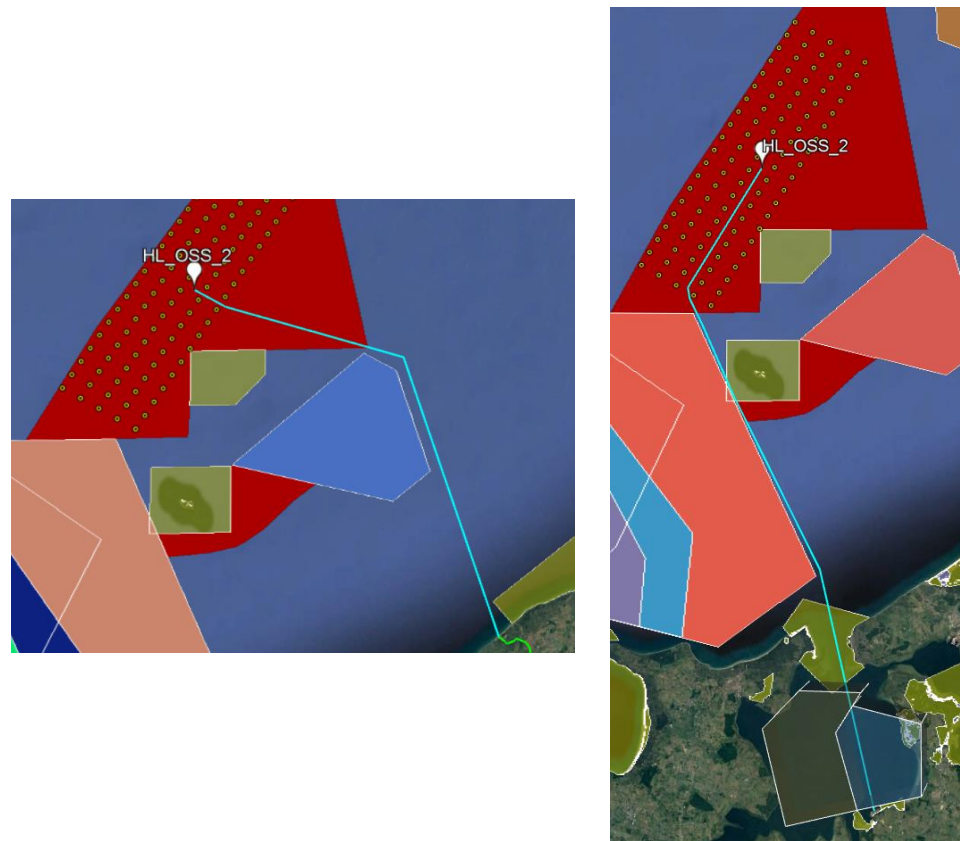
Eksportkabelsystem for 1A: Der etableres 220 kV eksport søkabler mellem transformerplatform og ilandføringsstedet. Linjeføringen er valgt med henblik på korteste afstand, men friholdelse af militærområdet beliggende øst for Hesselø.

Eksportkabelsystem 1B: Der etableres 220 kV eksport søkabler mellem transformerplatform og ilandføringsstedet. Der skal tages højde for at linjeføringen krydser gennem et større militærområde i Isefjord. Det har ikke været muligt, i denne fase, at klarlægge eventuelle forhold, som skulle besværliggøre installationen i dette område.

#### 6.4.2 Hesselø – Parklayout 2A & 2B

Parklayout 2A og 2B er baseret på en konfiguration med møller placeret over størst muligt område og transformerplatform placeret i den centrale del af området. Figur 6-17 angiver placeringen af møller samt eksportkabler.





Figur 6-17 | Parklayout 2 – Hesselø (venstre: 2A, Højre: 2B)

Forhold omkring eksportkabler er samme som for layout 1A og 1B beskrevet i afsnit 6.4.1.

### 6.4.3 Fælles forhold for begge parklayout

#### 6.4.3.1 Arraykabler

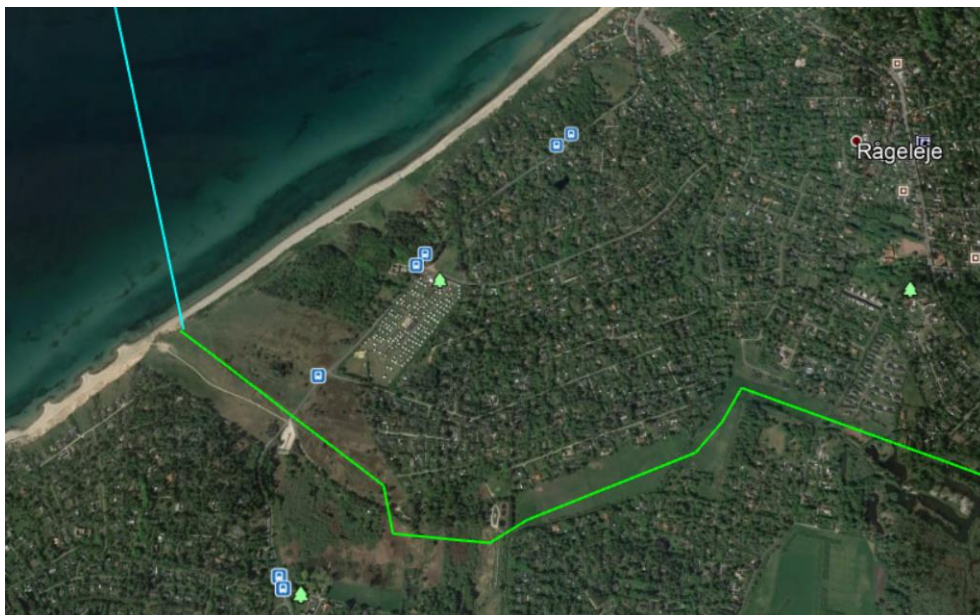
Arraykabler påregnes installeret ved udlægning på havbunden, hvorefter de spules ned i havbunden til en dybde på ca. 1,5 m.

#### 6.4.3.2 Eksport søkabler

Arraykabler påregnes installeret ved nedpløjning til en dybde på ca. 1-1,5 m.

#### 6.4.3.3 Ilandføring

For layout 1A og 2A er punktet for Ilandføring valgt til at være i området mellem Rågeleje og Vejby Strand (Figur 6-18). Kyststrækningen er bestående af sandstrand og er let tilgængelig, men området er tæt bebygget med fritidshuse, hvilket betyder, at specielle forhold kan gøre sig gældende i forbindelse med ilandføring.



Figur 6-18 | Ilandføring syd for Rågeleje

For layout 1B og 2B er punktet for Ilandføring valgt til at være i området ved Kyndbyværket, således at det landbaserede eksport kabel bliver så kort som muligt. (Figur 6-19)



Figur 6-19 | Ilandføring ved Kyndbyværket

#### 6.4.3.4 Landbaserede eksportkabler

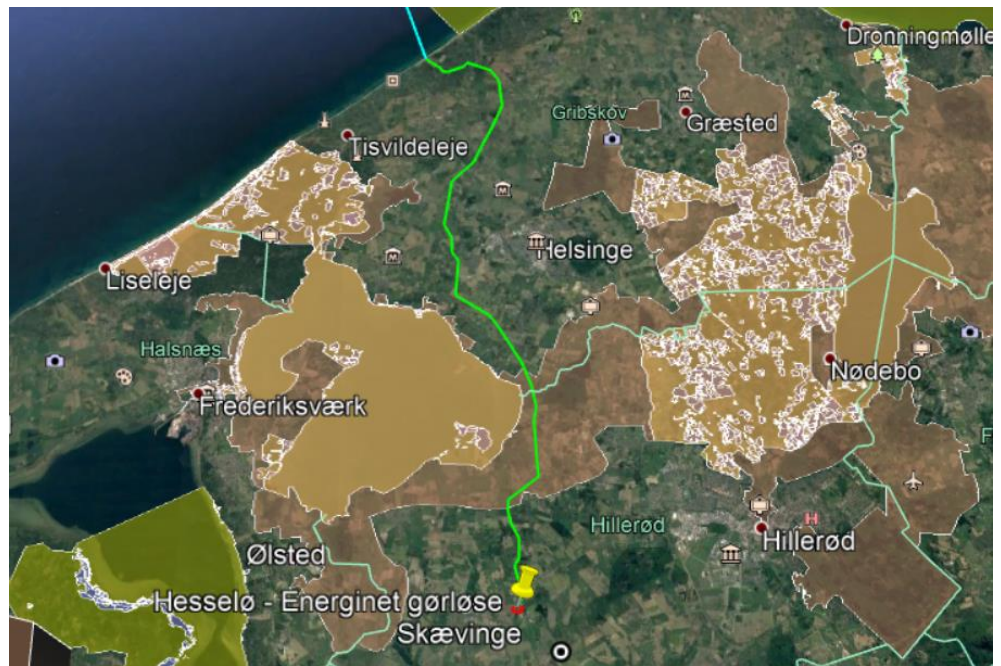
Der skal for layout 1a og 2a etableres kabeltrace fra ilandføringssted til Energisnets hovedstation Gørløse. Linjeføringen vurderes til at være af medium kompleksitet, da kablerne skal føres igennem et større område der er klassificeret som nationalpark.

Kabelruten nordøst for Arresø er valgt som alternativ til en undersøgt rute vest om Arresø, da det i det område vil være nødvendigt at føre kabelruten øst om Frederiksværk, hvorved kabelruten føres ind i et område klassificeret som Natura 2000.

Det vurderes muligt at føre kablerne gennem området klassificeret som nationalpark under hensyntagen til de almindelige regler for natur og kulturbeskyttelse, som der skal tages hensyn til ved anlæg af kablet. Den angivne kabelrute er valgt således at den undgår større skovområder. Det må dog uanfægtet heraf forventes at der vil kunne forekomme indsigelser fra lokale interesseorganisationer. Der må desuden i det Nordsjællandske område påregnes forekomster af arkæologisk interesse, som muligvis kan udgøre en risikofaktor for projektet.

Følgende krydsninger antages udført som styrede underboringer:

- > 12 stk. vejkrydsninger
- > 1 stk. jernbanekrydsning



Figur 6-20 | Linjeføring af landbaseret eksportkabel til Hovedstation Gørløse

#### 6.4.3.5 Vindmølletransformerstation – Gørløse

220/400 kV vindmølletransformerstation ved Gørslev vurderes at kunne blive placeret i umiddelbar nærhed af den eksisterende Energinet ejede hovedstation, som er placeret i landområde se Figur 6-21.



Figur 6-21 | Hovedstation Gørløse

Forbindelse mellem vindmølletransformerstation og Hovedstation Gørløse foretages på 400 kV niveau. Detaljer herom er ikke indeholdt i nærværende analyse.

#### 6.4.3.6 Vindmølletransformerstation – Kyndby

220/400 kV vindmølletransformerstation ved Hovedstation Gørløse vurderes at kunne blive placeret i umiddelbar nærhed af den eksisterende Energinet ejede hovedstation Kyndby se Figur 6-22.

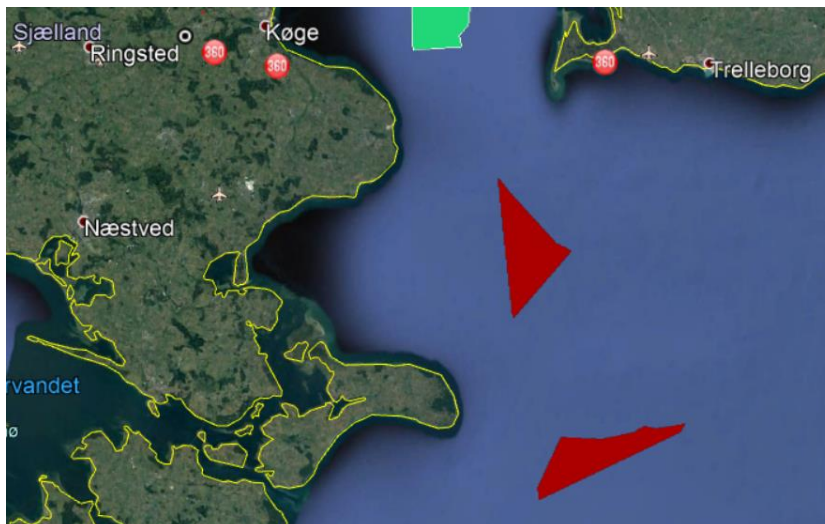


Figur 6-22 | Hovedstation Kyndby

Forbindelse mellem vindmølletransformerstation og respektive hovedstation foretages på 400 kV niveau. Detaljer herom er ikke indeholdt i nærværende analyse.

## 6.5 Kriegers Flak

Kriegers Flak vindpark indgår i undersøgelsen med 2 layouts hvoraf layout 1 består af 100 møller, svarende til en samlet kapacitet på 800 MW og layout 2 består af 30 møller svarende til en kapacitet på 240 MW. Overordnet layout for Kriegers Flak fremgår af Figur 6-23.



Figur 6-23 | Kriegers Flak vindpark, overordnet layout

### 6.5.1 Parklayout & 66 kV kabler

Kriegers Flak består af 2 sektorer, hvor begge skal udnyttes, hvis der skal opnås en installeret kapacitet på 800 MW. Undersøgelsen omfatter 2 layouts med samlet kapacitet på hhv. 800 MW og 240 MW.

I layout 1 etableres 2 stk. transformerplatforme hver med en kapacitet på 400 MW og placeret i hver sin sektor. Eksportkabler fra transformerplatformen placeret i den sydlige sektor tilsluttes transformerplatformen i den nordlige sektor og der føres fælles eksportkabelsystem til land.

I layout 2 etableres 1 stk. transformerplatform i den nordlige sektor med en kapacitet på 240 MW. Med den reducerede kapacitet påregnes fremføring af kun 1 stk. eksportkabel fra transformerplatformen.



Figur 6-24 | Overordnet situationsplan – Kriegers Flak – Havbaseret Anlæg

### 6.5.2 Kriegers Flak - Parklayout 1

Parklayout 1 er baseret på en konfiguration med møller og transformerplatforme placeret i både den nordlige og sydlige sektor. Figur 6-25 angiver placeringen af møller samt eksportkabler.

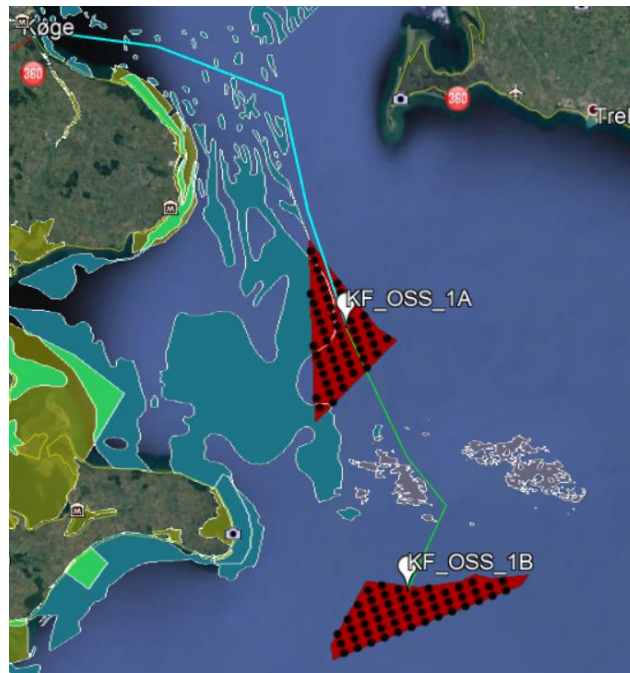
Den samlede kapacitet for layout 1 er 800 MW fordelt med 400 MW i hver sektor.



Figur 6-25 | Parklayout 1 – Kriegers Flak

### 6.5.2.1 Eksport søkabel

Der etableres 220 kV eksport søkabler mellem transformerplatform og ilandføringsstedet. Linjeføringen er valgt med henblik på korteste afstand. Der er stenrev i området som kan have indvirkning på kabelinstallationen. Linjeføring fremgår af Figur 6-26.

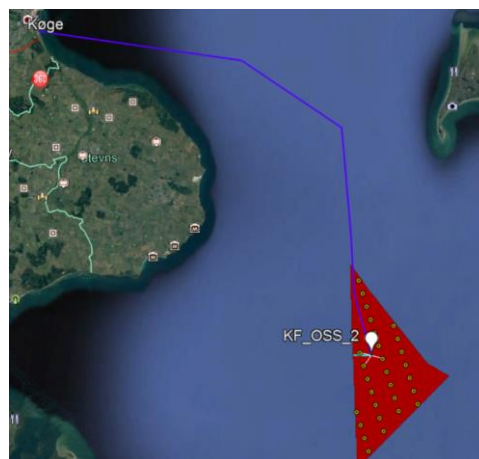


Figur 6-26 | Eksport søkabel – Kriegers Flak 1

### 6.5.3 Kriegers Flak - Parklayout 2

Parklayout 2 er baseret på en konfiguration, hvor møllerne og transformerplatform placeres i den nordlige sektor, og den sydlige sektor forbliver uudnyttet. Figur 6-27 angiver placeringen af møllerne samt eksportkabel.

Den samlede kapacitet for layout 2 er 240 MW.



Figur 6-27 | Parklayout 2 – Kriegers Flak

### 6.5.3.1 Eksport søkabel

Der etableres 220 kV eksport søkabler mellem transformerplatform og ilandføringsstedet. Linjeføringen er valgt med henblik på korteste afstand. Der er stenrev i området som kan have indvirkning på kabelinstallationen. Linjeføring fremgår af Figur 6-28.



Figur 6-28 | Eksport søkabel – Kriegers Flak 2

## 6.5.4 Fælles forhold for begge parklayout

### 6.5.4.1 Arraykabler

Arraykabler påregnes installeret ved udlægning på havbunden, hvorefter de spules ned i havbunden til en dybde på ca. 1,5 m.

### 6.5.4.2 Eksport søkabler

Arraykabler påregnes installeret ved nedpløjning til en dybde på ca. 1-1,5 m.

### 6.5.4.3 Ilandføring

Punktet for Ilandføring er i dette studie valgt til at være i området umiddelbart syd for Køge. (Figur 6-29). Kyststrækningen er bestående af sandstrand og er let tilgængelig, men i området ud for kysten er der en del stenrev, der skal tages højde for i forbindelse med kabelruteplanlægningen.



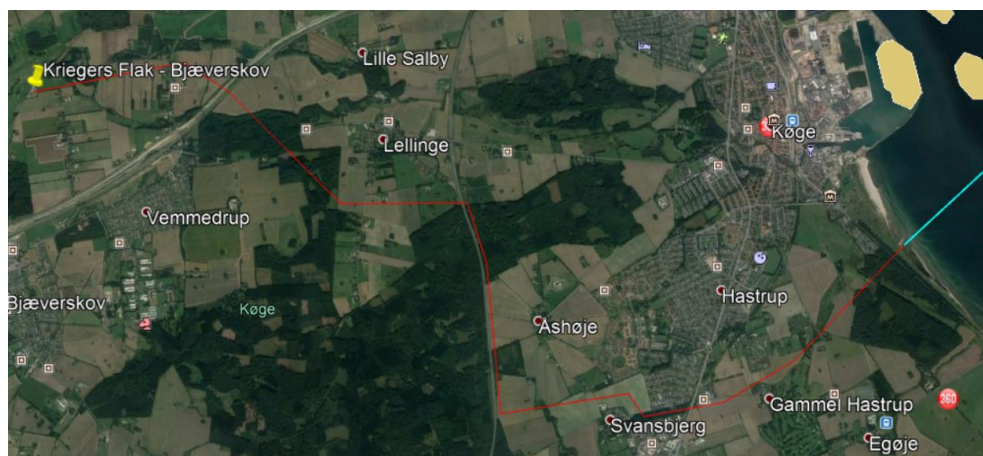


Figur 6-29 | Ilandføring syd for Køge

#### 6.5.4.4 Landbaserede eksportkabel

Der skal etableres kabeltrace fra ilandføringssted til Energinets hovedstation Bjæverskov. Linjeføringen vurderes til at være af lav kompleksitet, da linjeføringen er i landområde uden nævneværdig bebyggelse. Den angivne linjeføring vil krydse veje og baneanlæg. Følgende krydsninger antages udført som styrede underboringer:

- > 15 stk. vejkrydsninger
- > 1 stk. jernbanekrydsning



Figur 6-30 | Linjeføring af landbaseret eksportkabel til hovedstation Bjæverskov

#### 6.5.4.5 Vindmølletransformerstation – Bjæverskov

220/400 kV vindmølletransformerstation ved Ferslev vurderes at kunne blive placeret i umiddelbar nærhed af den eksisterende Energinet ejede hovedstation, som er placeret i landområde se Figur 6-31.



Figur 6-31 | Hovedstation Bjæverskov

Forbindelse mellem vindmølletransformerstation og Hovedstation Bjæverskov foretages på 400 kV niveau. Detaljer herom er ikke indeholdt i nærværende analyse.

## 7 Endelig energiproduktion

Med de elektriske konfigurationer og de dertilhørende beregnede tab, se Bilag D, kan den endelige energiproduktion beregnes:

SITE/LAYOUT	Elektriske tab (MWh per år)	Endelig energiproduktion (MWh per år)
Nordsøen 1	97.834	3.570.366
Nordsøen Nord	90.788	3.591.012
Nordsøen Nord 2	95.030	3.561.170
Nordsøen Syd	112.415	3.550.585
Nordsøen 4	91.907	3.602.193
Jammerbugt 1	110.382	3.346.718
Jammerbugt 2	122.336	3.392.464
Hesselø 1a	95.520	3.305.780
Hesselø 1b	86.932	3.314.368
Hesselø 2a	102.461	3.352.539
Hesselø 2b	101.304	3.353.696
Kriegers Flak 1	104.003	3.459.697
<i>Kriegers Flak 2</i>	<i>36.946</i>	<i>1.056.054</i>

Tabel 7-1 | Elektriske tab og endelig energiproduktion per layout

## 8 Omkostninger

For at kunne lave en økonomisk rangordning af områderne skal investeringsomkostningerne og drift- og vedligeholdelsesomkostningerne estimeres.

Investeringsomkostningerne består af følgende hovedposter:

- > Vindmøller
- > Fundamenter
- > Inter-array kabler
- > Transformerplatform
- > Eksportkabler (såvel til søs som til lands)
- > Vindmølletransformerstation
- > Udviklingsomkostninger

Driftsomkostningerne dækker samtlige omkostninger til drift og vedligeholdelse.

Dekommissioneringsomkostninger er ikke medtaget, idet de må antages at være stort set ens for den samme størrelse park i de udvalgte områder. Derudover vil omkostningen blive tilbagediskonteret over en 30-årig periode, hvorved effekten af omkostningen bliver lille.

### 8.1 Investeringsomkostninger

#### 8.1.1 Vindmøller

Prisen på selve møllen er ikke information, som producenterne umiddelbart ønsker at oplyse om, og ofte er den også væsentlig afhængig af forhandlinger og kundens markedsposition. Derfor vil det anvendte estimat for mølleomkostninger være behæftet med en hel del usikkerhed. Det skal dog dertil bemærkes, at idet finscreeningen arbejder med samme antal møller i alle potentielle parker (undtagen Kriegers Flak 2), så vil prisen på møllerne ikke være en udslagsgivende faktor i forbindelse med rangordningen af områderne.

Omkostningen til møllerne er estimeret ud fra COWIs kendskab til markedet samt informationer indhentet fra kilder hovedsageligt indenfor projektudviklere.

Prisen på en 8 MW mølle varierer (alt efter hvem man spørger) mellem 60 og 85 mio. kr. per mølle inkl. transport og installation. Vægten ligger dog i den øvre ende, hvorfor COWI har valgt at anvende en pris per mølle på 82 mio. kr. Den samlede omkostning til en 800 MW park er dermed 8,2 mia. kr.

#### 8.1.2 Fundamenter

For at kunne estimere omkostninger til fundamenter i de forskellige områder, blev de forskellige informationer fra havbundsanalyserne samlet i en oversigtstable (jf. tabellen nedenfor). Nummeringen efter hhv. V+, V og V- refererer til det nummer de har på de fremstillede GIS kort. Disse kort er ikke en del af rapporten, men er leveret i en særskilt fil.

Parameter	Nordsøen A	Nordsøen A	Nordsøen A	Nordsøen B	Jammer- bugten	Hesselø B (Nord)	Hesselø B (Nord)	Hesselø B (Nord)	Hesselø A (Syd)	KF A (Nord)	KF B (Syd)	KF B (Syd)
Vanddybder <30 m	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Nej	Ja	Ja	Ja	Ja
Vanddybder >30 m	Nej	Ja	Nej	Nej	Nej	Nej	Nej	Ja	Nej	Nej	Nej	Nej
Dybde til kalk	-	-	-		Usikker, ca. 15m	>100 m	>100 m	>100 m	<50	15m	25m	10m
Blødbund	Nej	Nej	Ja	Nej	Nej	Ja	Nej	Ja	Nej	Ja	Nej	Ja
Høj sediment transport	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Nej	Nej	Nej	Nej	Nej	Nej	Nej
Tykt lag af sand i overfladen	Ja	Ja	Ja	Ja	Nej	Nej	Nej	Nej	Nej	Nej	Nej	Nej
Tyndt lag af sand i overfladen	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Nej	Nej	Nej	Nej	Nej	Nej	Nej
Moræneaflejringer	-30m - -70m	-30m - -75m	-50m - -60m	-40m - -70m	-20m - -30m	-25m - - 50m	-25m - - 50m	-50m - -100m	-25m - - 50m	-30m - -40m	-25m - -40m	-35m - -50m
Andre hårde sedimenter	Ja	Ja	Nej	Nej	Nej	Nej	Nej	Nej	Nej	Nej	Nej	Nej
<b>Vurdering</b>	<b>V+ 3</b>	<b>V 6</b>	<b>V 5</b>	<b>V 7</b>	<b>V- 1</b>	<b>V 1</b>	<b>V+ 1</b>	<b>V+ 2</b>	<b>V 3</b>	<b>V- 2</b>	<b>V 8</b>	<b>V 4</b>

Tabel 8-1 | Fundamentkriterier til prisfastsættelse

Baseret på denne tabel og specifik viden om priser i markedet har COWIs specialister på havmøllefundamenter etableret prisoverslag for fundamentterne til hvert af de potentielle layouts. Prisoverslagene er som følger for 100 fundamenter:

Tabel 8-2 | Fundamentomkostninger per layout

Layout	Pris (1000 kr.)
Nordsøen 1	2.803.500
Nordsøen Nord	2.796.730
Nordsøen Nord 2	2.900.285
Nordsøen Syd	2.749.795
Nordsøen 4	2.831.000
Jammerbugt 1	2.607.500
Jammerbugt 2	2.609.700
Hesselø 1 (a+b)	2.033.800
Hesselø 2 (a+b)	2.202.200
Kriegers Flak 1	2.255.900
Kriegers Flak 2	707.000

Årsagen til den større omkostning i Nordsøen og ved Jammerbugten skyldes primært at der pga. højere bølger i de områder er regnet med en længere monopæl. Derudover er der i Nordsøen medregnet en omkostning på etablering af scourbeskyttelse samt en ekstra dag pr. fundament til installation.

### 8.1.3 Elektriske fordelings anlæg

Etableringsomkostningerne til den elektriske infrastruktur omfatter levering og installation af:

- > 66kV array søkabler
- > Transformerplatformen
- > 220kV søkabelanlæg  
(inkluderet landindtaget med styret underboring af kabelrør)
- > 220kV landkabel anlæg  
(inkluderet overgangsmuffer, samlemuffer, kabelgrav, HDD)
- > Vindmølleparkens tilslutningsstation ved eksisterende Energinet station
- > 400kV kabel anlæg til Energinet station.
- > Krydsning af tredjepartsinstallationer/kabler

Omkostningerne til netforstærkninger i eksisterende transmissionsnet eller udbygningen af eksisterende 400kV anlæg i Energinets stationer er ikke indbefattet.

Til brug for omkostningsberegningen med sigte på rangordningen af de forskellige parkplaceringer og layouts, er der udarbejdet grove enhedsomkostninger fordelt på de enkelte hovedanlægskomponenter.

Energinets omkostningsestimater for landbaserede transformerstationer er benyttet, hvorimod enhedsomkostninger for kabelanlæg og transformerplatforme er baseret på COWIs seneste erfaringer i forbindelse med igangværende projekter af lignende karakter.

Tabel 8-3 | Omkostninger til elektriske transmissionsanlæg

Layout	Havbaserede anlæg (1000 kr.)	Landbaserede anlæg (1000 kr.)	Total omkostning (1000 kr.)
Nordsøen 1	2.455.000	682.000	3.137.000
Nordsøen Nord	2.138.000	682.000	2.820.000
Nordsøen Nord 2	2.235.000	682.000	2.917.000
Nordsøen Syd	2.749.000	686.000	3.435.000
Nordsøen 4	2.080.000	676.000	2.756.000
Jammerbugt 1	2.212.000	1.037.000	3.249.000
Jammerbugt 2	2.307.000	1.033.000	3.340.000
Hesselø 1a	2.474.000	636.000	3.110.000
Hesselø 1b	2.713.000	310.000	3.023.000
Hesselø 2a	2.503.000	640.000	3.143.000
Hesselø 2b	2.889.000	310.000	3.199.000
Kriegers Flak 1	3.376.000	521.000	3.897.000
Kriegers Flak 2	862.000	461.000	1.323.000

Omkostningsforskellen på de landbaserede anlæg indenfor det samme område skyldes en forskel i kompenseringenheder som følge af forskellige eksportkabel længder. Den forholdsvis store omkostning til de landbaserede anlæg på Jammerbugten skyldes i overvejende grad den relativt større mængde styret underboring, som er nødvendig for dette område.

Omkostningsforskellen på de havbaserede anlæg skyldes primært det forholdsvis længere søkabel. Den forholdsvis store omkostning til havbaserede anlæg på Kriegers Flak 1 skyldes dog at der skal etableres transformerplatform i hvert af de to områder.

Det fremhæves, at omkostningsestimatet tjener som input til en overordnet rangordning af vindmølleparkerne. Derved er det ikke nødvendigt med eksakte omkostningsestimater, som under alle omstændigheder også vil kræve udarbejdelsen af væsentligt mere detaljerede forprojekter end forudsat for nærværende rapport.

#### 8.1.4 Udviklingsomkostninger

For udviklingsomkostningerne gælder, at de er forholdsvis svære at estimere forlods uden en specifik forretningsmodel. Det antages at udviklingsomkostningerne for den kommende 800 MW havmøllepark skal dække samtlige omkostninger frem til "financial close". Udviklingsomkostningerne dækker f.eks. VVM-redegørelse, diverse dyberegående undersøgelser (havbund, jordbund, vind, metocean mv.), etablering af projektselskab.

Ligesom for vindmøllerne har COWI estimeret udviklingsomkostningerne ud fra kendskab til markedet samt informationer indhentet fra kilder hovedsageligt indenfor projektudviklere.

Udviklingsomkostningerne til brug for finscreeningen er estimeret til 250 mio. kr.



### 8.1.5 Samlede investeringsomkostninger for de potentielle layouts

SITE/LAYOUT	Investeringsomkostninger (1000 kr.)
Nordsøen 1	14.390.500
Nordsøen Nord	14.066.730
Nordsøen Nord 2	14.267.285
Nordsøen Syd	14.634.795
Nordsøen 4	14.037.000
Jammerbugt 1	14.306.500
Jammerbugt 2	14.399.700
Hesselø 1a	13.593.800
Hesselø 1b	13.506.800
Hesselø 2a	13.795.200
Hesselø 2b	13.851.200
Kriegers Flak 1	14.602.900
<i>Kriegers Flak 2</i>	<i>4.740.000</i>

Tabel 8-4 | Samlede investeringsomkostninger per layout

## 8.2 Drifts- og vedligeholdelsesomkostninger

Drifts- og vedligeholdelsesomkostningerne dækker samtlige omkostninger til drift og vedligeholdelse inkl. havnefaciliteter, fartøjer, administrationsomkostninger mv.

Disse omkostninger afhænger i høj grad af den specifikke forretningsmodel, selskabsstruktur og ejerskab. En vurdering af disse omkostninger kan derfor alene ske på et meget overordnet plan.

Igen har COWI estimeret omkostningerne ud fra kendskab til markedet samt informationer indhentet fra kilder hovedsageligt indenfor projektudviklere. Idet alle fire områder ligger i de danske farvande og forholdsvis tæt på kysten og egnede havne-anlæg er drifts- og vedligeholdelsesomkostningerne estimeret til 100 kr./MWh for alle parker.

Tabel 8-5 | Samlede drifts- og vedligeholdelsesomkostninger per layout per år

SITE/LAYOUT	Drifts- og vedligeholdelses omkostninger (1000 kr. per år)
Nordsøen 1	357.037
Nordsøen Nord	359.101
Nordsøen Nord 2	356.117
Nordsøen Syd	355.059
Nordsøen 4	360.219
Jammerbugt 1	334.672
Jammerbugt 2	339.246
Hesselø 1a	330.578
Hesselø 1b	331.437
Hesselø 2a	335.254
Hesselø 2b	335.370
Kriegers Flak 1	345.970
<i>Kriegers Flak 2</i>	<i>105.605</i>

## 9 Økonomisk rangordning

Den økonomiske rangordning er lavet ud fra en estimering af omkostninger (i kr.) per kilowatt-time over det givne projekts levetid. Følgende formel er anvendt til at etablere den simple levetidsomkostning per kWh:

$$LCoE = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{I_t + M_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{E_t}{(1+r)^t}}$$

hvor:

LCoE refererer til "Levelized Cost of Energy" i.e. levetidsomkostning per energienhed

$I_t$  Investeringsomkostninger i år year t

$M_t$  Drifts- og vedligeholdelsesomkostninger i år t

$E_t$  Energiproduktion i år t

$r$  Diskonteringsfaktor

$n$  Forventet projektlevetid

Energistyrelsen har foreskrevet en levetid på 30 år.

For at lette overblikket og en evt. sammenligning med andre benchmark priser nationalt såvel som international er omkostningerne endvidere angivet i kr./MWh og EUR/MWh. Omregning til EUR er sket med en kurs på 7,45 DKK/EUR.

Diskonteringsfaktoren afhænger i høj grad af forretningsmodellen hvad angår finansiering af projektet. Til brug for denne finscreening har COWI antaget, at der er tale om en ren egenkapitalfinansiering, således at diskonteringsfaktoren afspejler den forventede forrentning af egenkapitalen. Når man tager de forskellige overordnede risici i betragtning (projekt risici, politiske risici mv.) antager COWI, at en udvikler kunne forvente en forrentning på 6-10%. På den baggrund er det valgt at benytte en diskonteringsfaktor på 8%. Dette er igen heller ikke

en afgørende faktor i forhold til formålet om at rangordne de potentielle vindmølleparker, da samme diskonteringsfaktor benyttes til de enkelte estimater.

Baseret på den endelige energiproduktion samt de samlede investerings- og drifts- og vedligeholdelsesomkostninger (som præsenteret ovenfor) kan levelized omkostningerne per kWh beregnes:

Tabel 9-1 | Levelized cost of Energy per layout

SITE/LAYOUT	Levelized Cost of Energy		
	(kr./kWh)	(kr./MWh)	(EUR/MWh)
Nordsøen 1	0,46	458	61
Nordsøen Nord	0,45	448	60
Nordsøen Nord 2	0,46	456	61
Nordsøen Syd	0,47	466	63
Nordsøen 4	0,45	446	60
Jammerbugt 1	0,48	480	64
Jammerbugt 2	0,48	477	64
Hesselø 1a	0,47	465	62
Hesselø 1b	0,46	462	62
Hesselø 2a	0,47	466	62
Hesselø 2b	0,47	467	63
Kriegers Flak 1	0,47	475	64
<i>Kriegers Flak 2<sup>9</sup></i>	<i>0,50</i>	<i>499</i>	<i>67</i>

<sup>9</sup> Det skal bemærkes at KF 2 ikke er sammenlignelig med de andre layouts da den kun består af 30 møller (240 MW)

Baseret på levetidsomkostningsberegningerne fremkommer følgende rangordning af de forskellige layouts:

Tabel 9-2 | Rangordning af de 13 layouts i de fire områder

Nr.	SITE/LAYOUT	Levelized Cost of Energy		
		(kr./kWh)	(kr./MWh)	(EUR/MWh)
1	Nordsøen 4	0,45	446	60
2	Nordsøen Nord 1	0,45	448	60
3	Nordsøen Nord 2	0,46	456	61
4	Nordsøen 1	0,46	458	61
5	Hesselø 1b	0,46	462	62
6	Hesselø 1a	0,47	465	62
7	Hesselø 2a	0,47	466	62
8	Nordsøen Syd	0,47	466	63
9	Hesselø 2b	0,47	467	63
10	Kriegers Flak 1	0,47	475	64
11	Jammerbugt 2	0,48	477	64
12	Jammerbugt 1	0,48	480	64
NA	Kriegers Flak 2	0,50	499	67

Energistyrelsen har i tillæg til ovenstående ønsket en beregning af levetidsomkostningerne for to alternative investeringsløsninger:

- > Anlægsomkostninger til park og den havbaserede del af det elektriske transmissionsanlæg
- > Anlægsomkostninger til park alene

Disse beregninger giver følgende resultater:

Tabel 9-3 | Levelized cost of Energy per layout – park og havbaserede elanlæg samt kun med park

SITE/LAYOUT	Levelized Cost of Energy			
	Park og havbaserede elanlæg		Park omkostninger	
	(kr./kWh)	(kr./MWh)	(kr./kWh)	(kr./MWh)
Nordsøen 1	0,44	441	0,39	390
Nordsøen Nord 1	0,43	431	0,39	386
Nordsøen Nord 2	0,44	439	0,39	386
Nordsøen Syd	0,45	449	0,39	391
Nordsøen 4	0,43	429	0,39	383
Jammerbugt 1	0,45	450	0,41	392
Jammerbugt 2	0,45	452	0,40	393
Hesselø 1a	0,45	448	0,39	390
Hesselø 1b	0,45	454	0,39	393
Hesselø 2a	0,45	449	0,39	391
Hesselø 2b	0,46	459	0,39	403
Kriegers Flak 1	0,46	462	0,38	405
<i>Kriegers Flak 2</i>	<i>0,46</i>	<i>460</i>	<i>0,38</i>	<i>383</i>

## Bilag A Havbundsrapport

## Bilag B Miljørapport



## Bilag C Vindrapport

## Bilag D Rapport om elektriske transmissionsanlæg