

MAJ 2020
ENERGISTYRELSEN

VINDRESSOURCE, LAYOUTS OG ENERGIPRODUKTION FOR NORDSØEN I, HESSELØ OG KRIEGERS FLAK II

FINSCREENING AF HAVAREALER TIL ETABLERING AF NYE HAVMØLLEPARKER MED
DIREKTE FORBINDELSE TIL LAND



COWI

MAJ 2020
ENERGISTYRELSEN

VINDRESSOURCE, LAYOUTS OG ENERGIPRODUKTION FOR NORDSØEN I, HESSELØ OG KRIEGERS FLAK II

FINSCREENING AF HAVAREALER TIL ETABLERING AF NYE HAVMØLLEPARKER MED
DIREKTE FORBINDELSE TIL LAND

PROJEKTNR.

A132994

DOKUMENTNR.

A132994-1-3

VERSION

FINAL

UDGIVELSESDATO

06-05-2020

BESKRIVELSE

delrapport

UDARBEJDET

GNLO

KONTROLLERET

THDG

GODKENDT

TRLC

INDHOLD

1	Indledning	7
1.1	Delrapportens indhold	8
2	Metode og antagelser	10
2.1	Vindmølle	10
2.2	Layoutprocessen	11
3	Datagrundlag	12
3.1	Mesoscale modellering	12
3.2	Vindressource	13
4	Potentielle vindmøllepark layouts	20
4.1	Nordsøen I	20
4.2	Hesselø	27
4.3	Kriegers Flak	28
5	Bruttoområder	31
6	Resultater	32
6.1	Flow model	32
6.2	Langtidskorrektion	32
6.3	Tab	33
6.4	Produktionsestimater	34

BILAG

Bilag A Beskrivelse af StormGeos vindmodellering

Bilag B Ekstrapoleret effektkurve – 15 MW

Bilag C Vindmøllepark layouts

C.1 Nordsøen I layouts

C.2 Hesselø layout

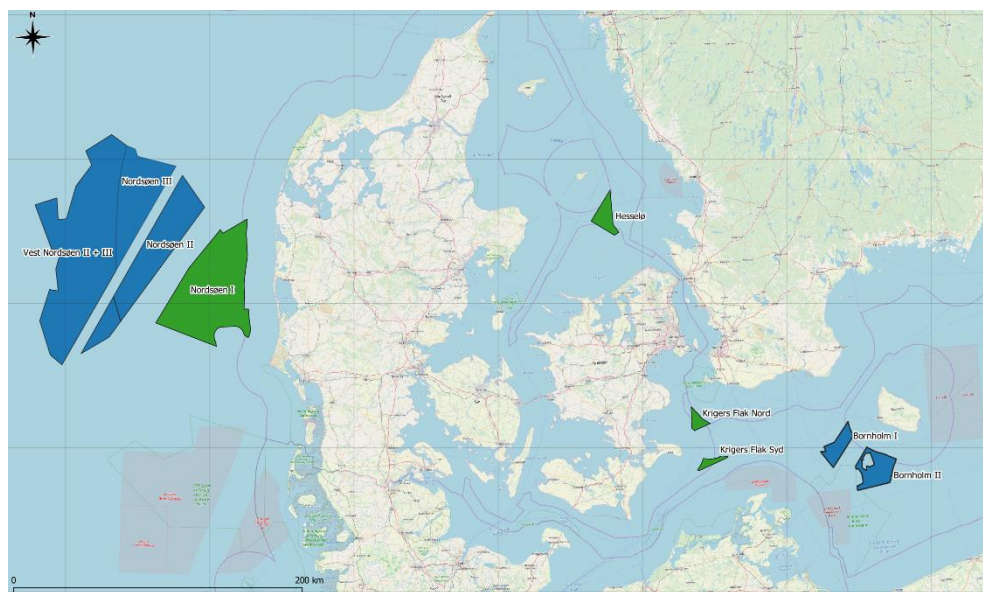
C.3 Kriegers Flak layout

Bilag D Bruttoområder

D.1 Nordsøen I

1 Indledning

Energistyrelsen har gennemført den såkaldte 10 GW screening som opfølgning på Energifaen i 2018. På den baggrund har Energistyrelsen valgt 6 områder, der skal finscreenses i dette studie (Figur 1-1). Formålet med screeningen er dels at bekræfte, at det er praktisk muligt at etablere havmølleparker med specifik placering i de angivne områder og dels at levere økonomiske beregninger og rangordne havmølleparkerne herefter. Beregningerne belyser økonomien i at opstille parker på de identificerede specifikke placeringer ved at tage højde for miljø og planmæssige forhold, havbundsforhold, vindressource, layouts og energiproduktions samt elektriske systemer.



Figur 1-1: Overblik over det samlede studieområde. Grønne arealer opdateres fra 2018 finscreening. Blå områder er nye områder til vurdering.

Screeningsopgaven er prioriteret i 3 hovedelementer hvoraf første element består i at opdatere de områder, som var omfattet af en finscreening i 2018. Området der i 2018 finscreeningen blev reserveret til den kommende havmøllepark Thor ekskluderes for opdateringen da havmølleparken er i aktiv udvikling. Opdatering af områderne er dels baseret på ny information om interesserne i dele af områderne og dels baseret på ændringer i forudsætningerne for de økonomiske beregninger. Opdateringen af områderne fra finscreening i 2018 med direkte forbindelse til land inkluderer:

- > Nordsøen I (område 12) (3174 km² hvoraf 440 km² er reserveret til Thor)
- > Hesselø (område 6) (247 km²)
- > Kriegers Flak II (173 km²)

De resterende elementer i opgaven er baseret på, at der er givet politisk opdrag til at afsøge muligheder for at etablere en eller flere såkaldte energiøer/hubs i

havområder uden for dem, der var omfattet af 2018 finscreeningen. Med etableringen af sådanne energiøer / hubs åbnes muligheden for at bygge væsentlig flere havindmølleparker i nye områder.

Andet element i opgaven består således i at udføre en grov screening for placering af en energiø / hub.

Tredje og sidste element består i selve finscreeningen af havvindmølleparker i de nye tilgængelige delområder der leverer strøm til en Energiø/hub. Disse områder inkluderer:

- > Bornholm I + II (område 1+2) (270 km² + 568 km²)
- > Nordsøen II + III (område 13+14) (1872 km² + 1642 km²)
- > Området vest for Nordsø II + III ud til en havdybde på 50 m

1.1 Delrapportens indhold

Denne delrapport beskriver resultaterne af den opdateret finscreening i relation til vindressourcen. Delrapporten indeholder endvidere potentielle layouts og dertil hørende energiproduktion. De potentielle layouts er baseret på kriterier fra Energistyrelsen som angivet i opgavebeskrivelsen, samt vindressourcen sammenholdt med konklusioner og anbefalinger fra de andre delrapporter fra serien som angivet i tabellen nedenfor.

Rapporter
1-0 Finscreening af havarealer til etablering af nye havmølleparker med direkte forbindelse til land.
1-1 Miljø-og planmæssige forhold for Nordsøen I, Hesselø og Kriegers Flak II
1-2 Havbund og geologiske forhold for Nordsøen I, Hesselø og Kriegers Flak II
1-3 Vindressource, layouts og energiproduktion for Nordsøen I, Hesselø og Kriegers Flak II
1-4 Elektriske systemer for Nordsøen I, Hesselø og Kriegers Flak II
2-0 Finscreening af havarealer til etablering af nye havmølleparker med forbindelse til Energiø / hub.
2-1 Miljø-og planmæssige forhold for Bornholm I + II, Nordsøen II + III og området vest for Nordsøen II + III

2-2 Havbund og geologiske forhold for Bornholm I + II, Nordsøen II + III og området vest for Nordsøen II + III
2-3 Vindressource, layouts og energiproduktion for Bornholm I + II, Nordsøen II + III og området vest for Nordsøen II + III
2-4 Elektriske systemer for Bornholm I + II, Nordsøen II + III og området vest for Nordsøen II + III

Tabel 1: Oversigt over hele finscreeningens rapporter og delrapporter.

2 Metode og antagelser

For at fastlægge udgangspunktet for placeringen af havvindmøllerne er der taget udgangspunkt i delrapporterne for miljø- og planmæssige forhold samt havbund og geologiske forhold. I disse to rapporter er der foretaget en screening af de udvalgte områder, for at fastlægge hvilke dele af Nordsøen I, Hesselø og Kriegers Flak II, der bedst egner sig til opførelsen af en havvindmøllepark og hvilke områder, der er helt udelukket. Som konklusionen i begge rapporter viser, er der ingen områder, som er udelukket, dog varierer egnetheden af områderne.

Et andet vigtigt input til placering af de potentielle layouts er vindressourcen og den elektriske infrastruktur.

2.1 Vindmølle

Parklayout baseres på en 15 MW vindmølle, som vurderes at være et realistisk bud på møllestørrelse anvendt for havmølleparker installeret før 2030. Da der ikke på nuværende tidspunkt findes kommercielle møller i denne størrelse, udlægges møllen ud fra tilgængelige kommercielle 8 – 12 MW vindmøller og under antagelse af, at en 15 MW mølle kan opnå tilsvarende Cp og Ct-kurver. Da udviklingen af havvindmøller går meget hurtigt, forventes det at 15 MW vindmøller er en realistisk vindmølestørrelse for fremtidige offshoreparker. Med denne antagelse er det simpelt at ekstrapolere en effektkurve fra eksempelvis 8 MW vindmølle til 15 MW. Den anvendte effektkurve gældende for en 15 MW vindmølle kan ses i Bilag B.

Navhøjde og rotordiameter er ligeledes baseret på en skalering fra eksisterende møller, dog under hensyntagen til praktiske begrænsninger, som frihøjde fra havniveau til vingetip, samt hensynet til strukturfrekvenser som udfordres, hvis tårnet bliver meget højt.

Der vælges en navhøjde på 150 m og en rotordiameter på 236 m, så den maksimale tiphøjde bliver 268 m og frihøjden 32 m ift. havniveau. Navhøjden på 150 m tilbydes i dag kommercielt på GE Haliade-X 12 MW havvindmølleplatform hvilket giver vished for at strukturfrekvensen kan håndteres.

Da der anvendes samme mølletype for alle områder i denne screening vil selve mølletypen ikke have nogen indvirkning på, hvordan de enkelte områder rankes forholdsvis.

2.2 Layoutprocessen

Det er bestemt, at den nye vindmøllepark skal være på 1 GW installeret effekt. Da der er anvendt en 15 MW vindmølle, betyder det, at hvert layout består af 67 vindmøller (dvs. 1005 MW).

Grundlæggende forudsætninger for layoutprocessen var fastlagt i opgavebeskrivelsen:

- > *en parkstørrelse på 1 GW*
- > *en mølletæthed på 4,55 MW/km² (dvs. 0,22 km²/MW)*
- > *et bruttoområde til opstiller, som er 30% større end nødvendigt*
- > *for Nordsøen I angives tre mulige placeringer*

Baseret på disse kriterier og sammenholdt med resultaterne fra rapporterne vedr. miljø- og planmæssige forhold og havbund og geologiske forhold har COWI udarbejdet forskellige potentielle layouts. Som udgangspunkt placeres møllerne optimalt i forhold til hovedvindretningen under hensyntagen til miljø- og havbundsforhold. De mulige layouts er derpå lagt symmetrisk ud fra en betragtning om visualitet og hensyntagen til kabellægning.

Skyggetab forårsaget af eventuelle naboparker f.eks. ved Kriegers Flak medtages ikke i beregningerne. Den fremherskende vindretning på stedet er for det meste i vest, og det område, der er tildelt Kriegers Flak 1, er lokalitetens centrale region (dvs. mellem KF nord og KF syd) i en afstand, der er højere end 6 km. Det kan dog anbefales en detaljeret vurdering af mulig påvirkning på et senere tidspunkt. Dette vil kræve detaljerede oplysninger om parklayout for naboparkerne.

Afstande mellem møllerne baseres på en forudsætning om at *wake loss* skal være mindre end 6%.

3 Datagrundlag

3.1 Mesoscale modellering

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 Danmark¹. 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 at fastslå en acceptabel usikkerhed med at bestemme vindressourcen for danske havvindmølleprojekter.

COWI har derfor benyttet data fra samme model som i ovenstående validering for at fastlægge vindressourcen i de tre områder. StormGeo benytter WRF² 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 nedenfor samt yderligere beskrivelse i Bilag A.

- > WRF Version 3.5
- > Simuleringsperiode: 01-09-2011 til 31-08-2013
- > Nesting/opløsning: 27-9-3 km
- > Input data: ERA-Interim
- > Hindcast strategi: Kold start, så hver individuel kørsel i modellen har en varighed på 180 timer, men de første 12 timer bliver kasseret, da det er vurderet til indkørselstid. Spektral tilpasning er anvendt for at være i overensstemmelse med randbetingelserne.
- > Vertikal opløsning: 46 eta niveauer, meget høj opløsning nær overfladen med lag på ca. 16, 48, 79, 111, 143, og 176 meter.
- > Land overflademodel: NOAH (27-9-3 km)
- > Land-use data: MODIS-afledte (Original data: 0.00833 grader, gridded til 27-9-3 km)

¹ *Six nearshore wind farms, study related to wind resource, Validation report*, November 2014 for Energinet

² Weather and Research Forecasting, se Bilag A.

> Model top: 50 hPa

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 Tabel 2 kan antallet af valgte punkter for hver af de tre områder ses.

Tabel 2 Antal mesoscale punkter for hvert område.

Område	Antal punkter
Nordsøen	5
Hesselø	4
Kriegers Flak	4

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

3.2 Vindressource

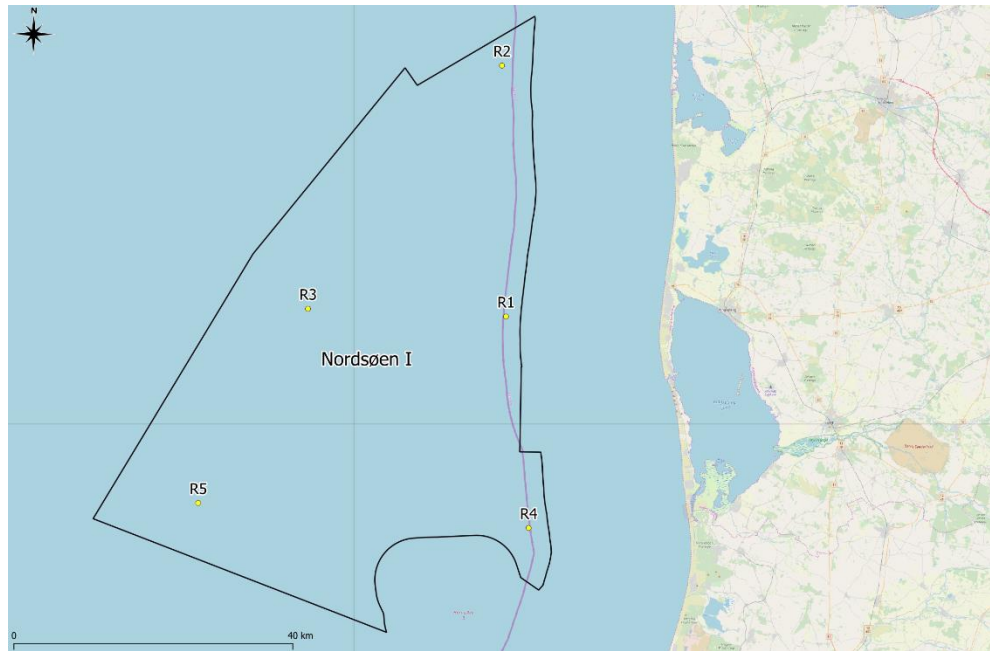
I dette afsnit beskrives vindressourcen for de tre områder.

3.2.1 Nordsøen I

Ved det største område Nordsøen I er der udvalgt fem punkter, hvor der er trukket data fra mesoscale modellen, se Figur 3-1 og Tabel 3. De fem punkter blev valgt, så de dækker området bedst muligt, både så man kan se ændringen i vinden fra land mod havet, og også fra nord til syd langs kysten.

Tabel 3: Mesoscale punkter Nordsøen I (UTM Nord - ETRS89 Zone 32).

Nordsøen	X	Y
1	421807	6215402
2	421237	6251375
3	393409	6216514
4	425050	6185094
5	377669	6188676



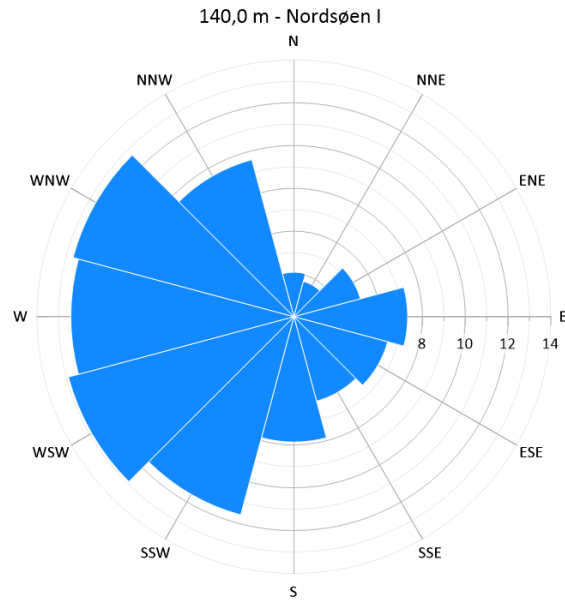
Figur 3-1: Datapunkter i området ved Nordsøen I.

I Tabel 4 vises den modellerede middelvindhastighed, samt de tilhørende Weibull parametre for de 5 punkter. Her kan det ses, at vinden kun varierer 2,0% henover området, og som forventet er højest jo længere fra kysten man kommer. Forskellen mellem Nordsøen I R3 og Nordsøen I R5 er dog ikke ret stor, idet indflydelsen fra land bliver forsvindende i en afstand svarende til Nordsøen I R3.

Tabel 4: Vindhastigheder og Weibull parametre for datapunkter ved Nordsøen, 140 m over havet.

	R1	R2	R3	R4	R5
Aritmetisk vindhastighed [m/s]	10,40	10,46	10,50	10,29	10,47
Weibull A [m/s]	11,78	11,84	11,83	11,66	11,82
Weibull k [-]	2,3135	2,2995	2,2641	2,3146	2,2792
Weibull vindhastighed [m/s]	10,44	10,49	10,48	10,33	10,47

Den modellerede vindretning er som forventet ens for de 5 punkter, og det ses på Figur 3-2 at hovedvindretningen ved Nordsøen I er fra vestsydvest til vest-nordvest.



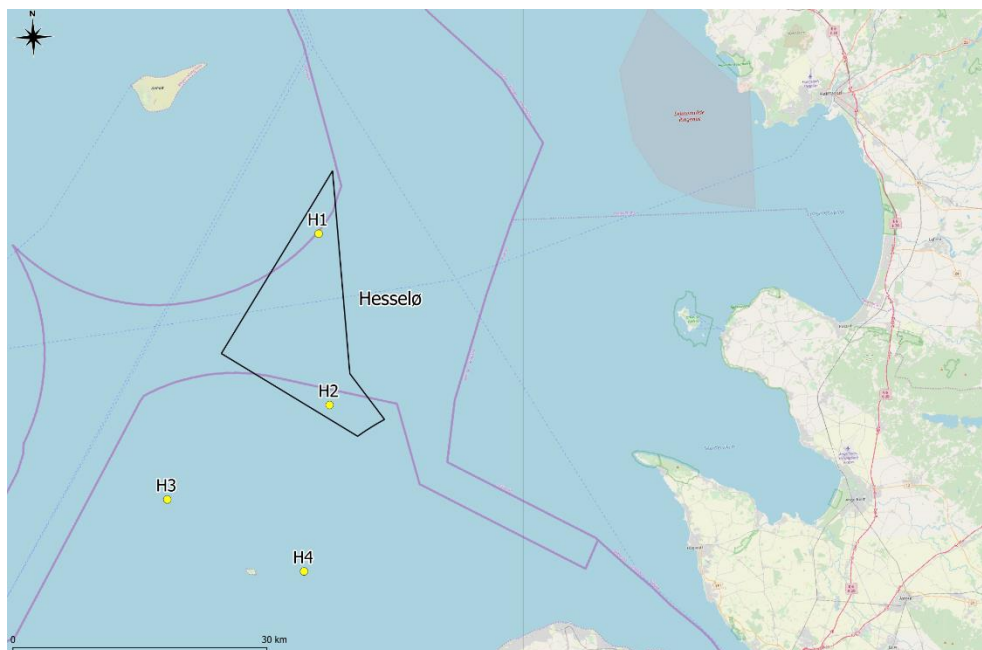
Figur 3-2: Frekvens vindrose ved Nordsøen I, punkt R3.

3.2.2 Hesselø

Ved Hesselø er der udvalgt 4 punkter i tidligere studier, se Figur 3-3 og Tabel 5. I dette studie anvendes kun 2 punkter til at repræsentere selve Hesseløområdet, da det nye område er mindre sammenlignet med 2018 Finscreening.

Tabel 5: Mesoscale punkter Hesselø (UTM Nord - ETRS89 Zone 32).

Hesselø	X	Y
1	675825	6271133
2	677112	6250903
3	657936	6239748
4	674101	6231253



Figur 3-3: Datapunkter i området ved Hesselø.

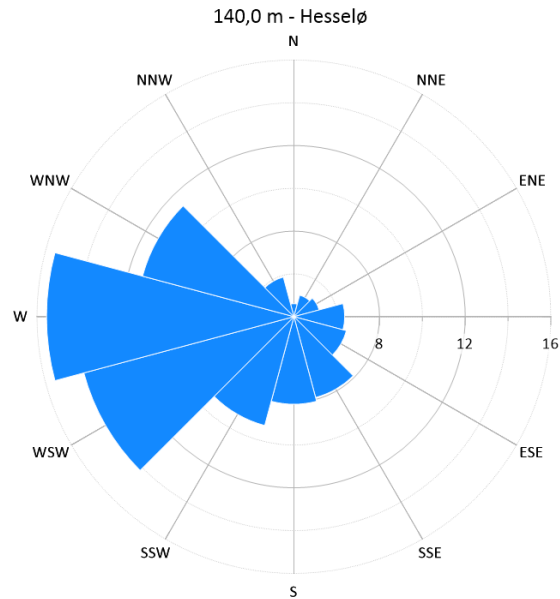
I Tabel 6 vises den modellerede middelvindhastighed, samt de tilhørende Weibull parametre for de 4 punkter. Her kan det ses, at vinden kun varierer 2,1% henover området, idet området ligger minimum 30 km fra nærmeste kyst og er ligeligt eksponeret for vind kommende fra hovedvindretningerne.

Tabel 6: Vindhastigheder og Weibull parametre for datapunkter ved Hesselø, 140 m over havet.

	H1	H2	H3	H4
Aritmetisk vindhastighed [m/s]	9,62	9,55	9,75	9,56
Weibull A [m/s]	11,03	10,94	11,19	10,95
Weibull k [-]	2,3367	2,3287	2,3403	2,3285
Weibull vindhastighed [m/s]	9,77	9,70	9,92	9,70

Den modellerede vindretning er som forventet ens for de 4 punkter, og det ses på Figur 3-4 at hovedvindretningen ved Hesselø er fra vest.

Som forventet er Hesselø det område, der har den laveste middelvindhastighed sammenlignet med de øvrige områder. Dette skyldes, at den fremherskende vindretning forstyrres af landområder (Jylland).



Figur 3-4: Frekvens vindrose ved Hesselø, punkt H2.

3.2.3 Kriegers Flak

Ved Kriegers Flak er der udvalgt to punkter i hhv. Kriegers Flak Nord og Kriegers Flak Syd, se Figur 3-5 og Tabel 7. Som nævnt i Finscreeningen 2018 blev datapunkter modelleret efter arealjusteringen på grund af opdaterede sejlruiter. Sammenlignet med 2018 Finscreening er det opdaterede område for Kriegers Flak Nord ændret (mod øst), og punktet KF1 er inden for det nye område.

Tabel 7: Mesoscale punkter Kriegers Flak (UTM Nord - ETRS89 Zone 32).

Kriegers Flak	X	Y
1	744054	6117031
2	736973	6120048
3	741177	6087270
4	753702	6092560



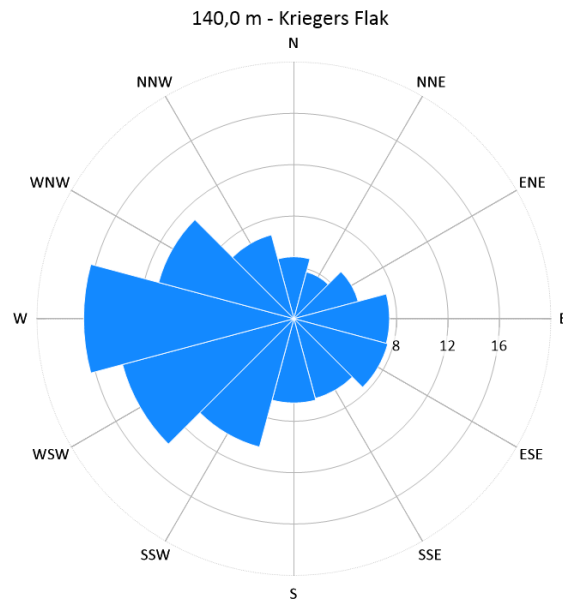
Figur 3-5: Datapunkter i området ved Krigers Flak.

I Tabel 8 vises den modellerede vindhastighed, samt de tilhørende Weibull parametre for de 4 punkter. Her kan des ses at vinden kun varierer 0,6% henover området, og som forventet er vinden højest ved KF 1 og KF 4, da disse ligger længst fra land i hovedvindretningen.

Tabel 8: Vindhastigheder og Weibull parametre for datapunkter ved Krigers Flak, 140 m over havet.

	KF 1	KF 2	KF 3	KF 4
Aritmetisk vindhastighed [m/s]	9,84	9,79	9,80	9,85
Weibull A [m/s]	11,26	11,20	11,21	11,27
Weibull k [-]	2,3483	2,3539	2,3480	2,3235
Weibull vindhastighed [m/s]	9,98	9,93	9,93	9,98

Den modellerede vindretning er som forventet ens for de 4 punkter, og det ses på Figur 3-6 at hovedvindretningen ved Krigers Flak er fra vest.



Figur 3-6: Frekvens vindrose ved Kriegers Flak, punkt KF1.

3.2.4 Vindressource oversigt

Tabel 9 viser den gennemsnitlige vindhastighed for de tre områder baseret på de udtrukne mesoscale data punkter.

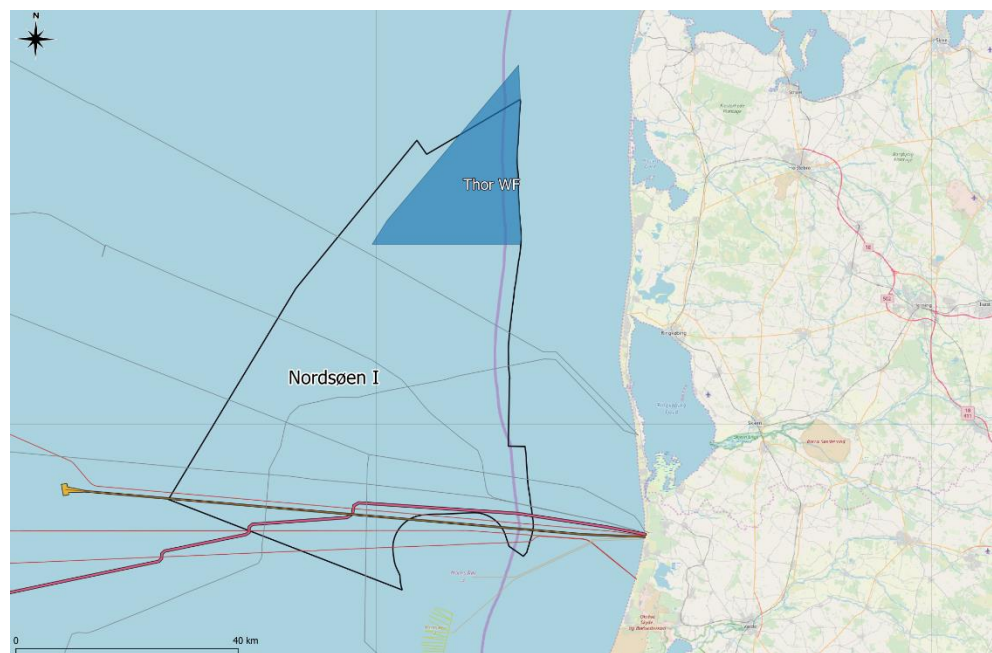
Tabel 9: Middelvindhastighed for de tre områder, 140 m over havet.

Område	Aritmetisk vindhastighed [m/s]
Nordsøen I	10,42
Hesselø	9,62
Kriegers Flak	9,82

4 Potentielle vindmøllepark layouts

4.1 Nordsøen I

Området, som Energistyrelsen har taget i betragtning for Nordsøen I er vist på Figur 4-1. Det nye område er større end området anvendt i 2018 Finscreening, men det samlede disponible areal udelukker det areal, der er afsat til Thor vindmøllepark, beliggende i den nordlige del af området. Derudover er kabler og olie- og gasrør vist. Af sikkerhedsmæssige årsager indlægges der en bufferafstand på 200 m til kabler, olie- og gasrør. Denne buffer afstand begrænser placeringen havvindmøller i nogle områder og umuliggør placeringen i andre områder med mange installationer på havbunden.

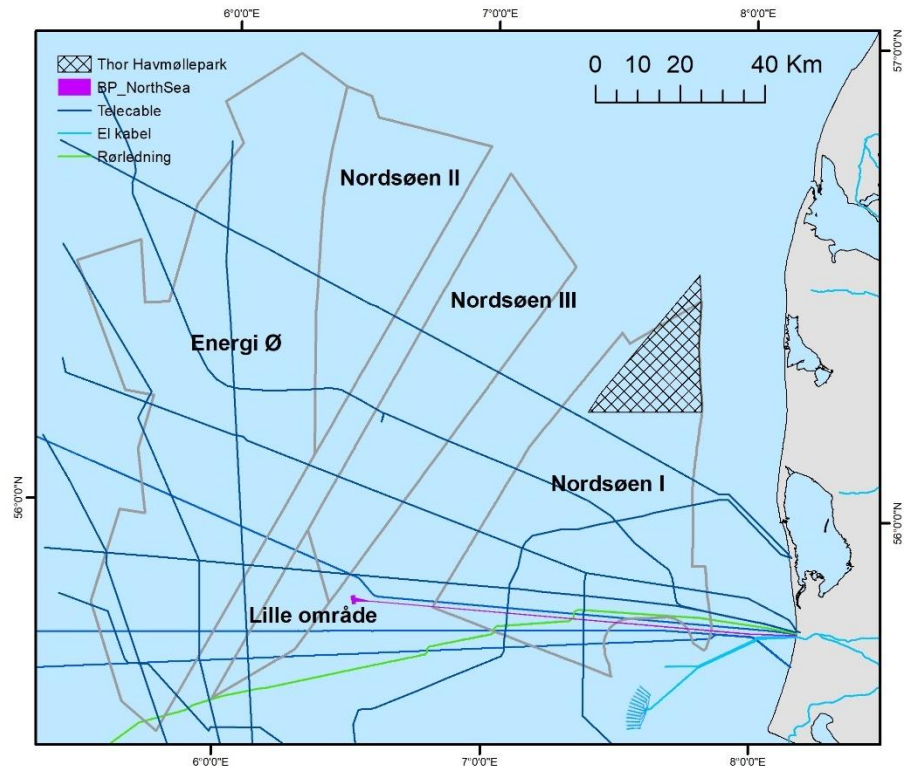


Figur 4-1: Udpeget område ved Nordsøen I.

Det er defineret i udbudsdokumentet fra Energistyrelsen, at der ikke må placeres vindmøller tættere på kysten end 20 km. Hele området ligger minimum 20 km fra kysten, og derved kan hele området benyttes.

I området ved Nordsøen I er det et kriterie fra Energistyrelsen, at der skal kunne placeres 3 vindmølleparker, og at der etableres et en friholdelsesafstand på 6 km mellem parkerne, således at der ikke opstår signifikante skyggetab. COWI analyser viser at det er muligt at placere parker med en større minimumsafstand end 6 km, hvilket vil resultere i en yderligere reduktion af skyggetabet.

En analyse af de planmæssige forhold viser at der i store dele af den sydlige del af Nordsøen I er en række eksisterende og planlagte elkabler og olie/gas ledninger som skal tilgodeses, se Figur 4-2.



Figur 4-2: Eksisterende og planlagte kabler i og omkring Nordsøen I.

COWI har udført beregninger for at vurdere skyggetabet fra nærliggende parker med en friholdelsesafstand på 6 km. Beregningen viser, at skyggetabet blev øget fra 0,3% til 0,5% i forhold til 2018-Finscreening. Ændringen skyldes en at energitætheden i parklayoutet er forøget. Yderligere analyser med en mindste afstand mellem parkerne på 7,5 km viser at skyggetabet kan reduceres til 0.3%. Derfor anbefaler COWI at der fastholdes en minimumafstand på 7,5 km.

Det er vigtigt at bemærke at skyggetabet beregnet med WindPRO kun kan betragtes som indikativ, da den reelle skyggeeffekt kun kan eftervises med CFD værktøjer og/eller målinger. Tilsvarende gør sig gældende for blokerings effekter som eventuelt kan tilgodeses med en tabsfaktor evt. baseret på offentliggjorte artikler³.

På trods af at det samlede areal er større sammenlignet med arealet fra 2018-Finscreening begrænses layout design af kabler i den sydlige del samt det afsatte område til Thor vindmøllepark i den nordlige del. Derudover er afstanden mellem vindmøllerne større, da rotordiameteren er 236 m. Det betyder at de samlede muligheder for udlægning af 3 parker i Nordsøen I er begrænset.

De valgte layouts kan etableres samtidig eller i forskellige faser.

³ Wind Farm Blockage and the Consequences of Neglecting Its Impact on Energy Production – 20 June 2018

Miljøscreening har vist, at hele området ved Nordsøen I er vurderet til at have en lav indvirkning på miljøet samt en lav menneskelig påvirkning. Evalueringen af havbunden viser at området har egnede forhold til de kommende vindmølleparker.

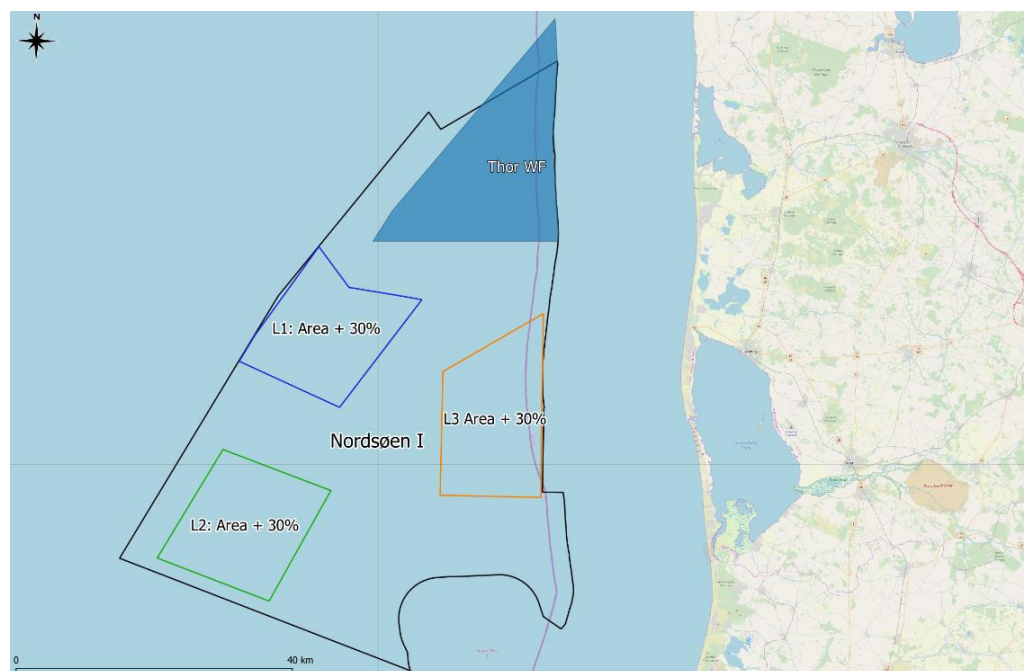
Afstanden mellem møllerne er valgt således at den i udbuddet angivne mølle-tæthed på 0,22 km²/MW er opfyldt⁴. Derudover er vindretningen taget i betragtning, således at der er størst afstand mellem møllerne i hovedvindretningen for at minimere nedstrøms effekter som skyggetab og turbulens. For Nordsøen I er den dominerende vindretning vestsydvest til vestnordvest.

Koordinater for alle tre layouts er præsenteret i bilag C.1.

4.1.1 Inddeling af Nordsøen I i 3 områder

For Nordsøen I er der etableret yderligere 3 områder i tillæg til eksisterende Thor område, se Figur 4-3. Mindste afstand mellem parkerne er 7,5km.

Det samlede Nordsøen I område er egnet for vindparker under hensyntagen til Miljø- og planmæssige forhold og Havbund og geologiske forhold, på nær de sydlige område som påvirket af kabler og olierør.



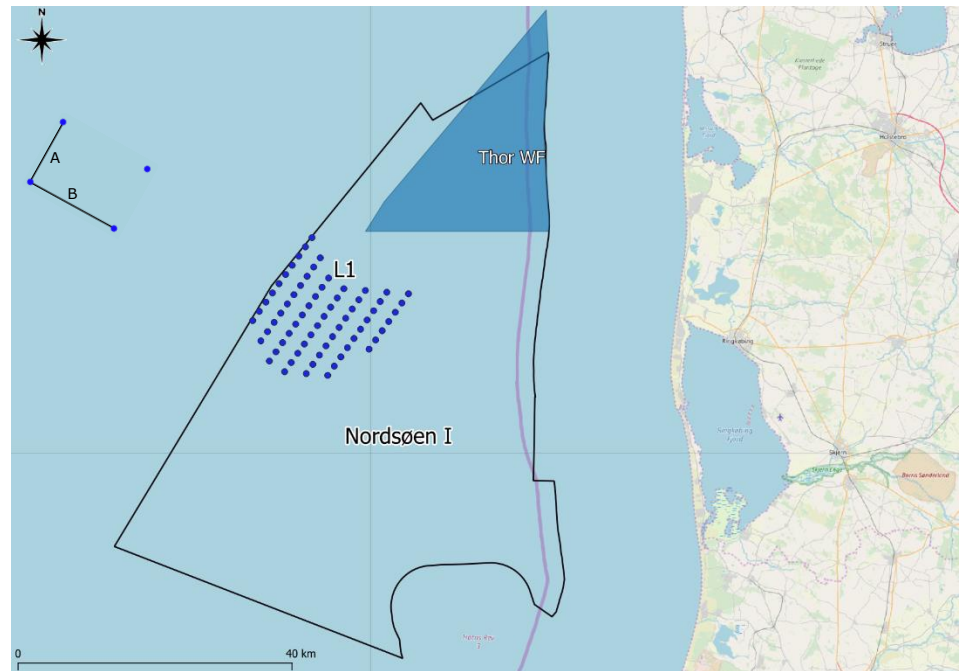
Figur 4-3: Inddeling af Nordsøen i 3 områder.

⁴ 0,22 km²/MW svarer til et område på 220 km² når der opstilles 1000MW.

4.1.2 Layout 1 - Nordsøen I nordvest

På Figur 4-4 ses Layout 1 området. Dette layout tilgodeser det yderste område af Nordsøen I, som har mindre kabling og rør sammenlignet med den sydlige del.

Et optimalt layout vil resultere i at enkelte møller placeres uhensigtsmæssigt og vil dermed medføre en dyr array-kabelløsning. Disse placeringer er elimineret i det endelige layout som vist på Figur 4-4.



Figur 4-4: Nordsøen I område og forslag til placering af møllerne i Layout 1.

I dette layout dækker møllerne et område på 218,0 km² som svarer til en mølle-tæthed på 4,6 MW/km² (dvs. 0,22 km²/MW). Afstandene mellem møllerne (A og B på Figur 4-4) er:

- > Afstand A (vinkelret på hovedvindretningen): 1652 m / 7 RD⁵
- > Afstand B (hovedvindretningen): 2714 m / 11,5 RD

Nærmeste afstand til land er 39,4 km fra den nordøstligste mølle i den bagerste række og nærmeste afstand til Thor-området er 7,8 km fra nærmeste vindmølle række (2 række).

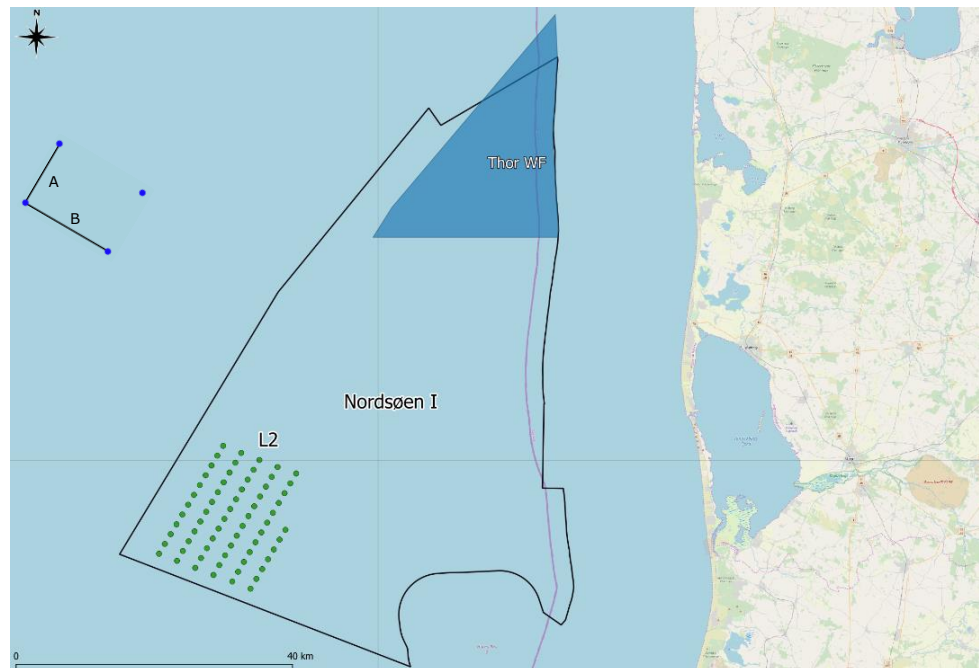
4.1.3 Layout 2 - Nordsøen I sydvest

Det vurderes at havbundsforholdene er mere eller mindre ens i området. Baggrunden for Layout 2 er derfor at optimere mest muligt i forhold til vindressourcen. For at mindske skyggetab mest muligt for Layout 2, er det besluttet at udlægge parken med færrest muligt antal rækker vinkelret på hovedvindretningen

⁵ RD = Rotordiameter

og samtidig overholde friholdelsesarealet på 7,5 km til Layout 1 og Layout 3. Derudover blev det besluttet at undgå den sydligste del af Nordsøen I på grund af eksisterende og planlagte kabler og rør.

Disse overvejelser har resulteret i layoutet som vist på Figur 4-5, bestående af fem rækker med 12 møller i hver og en sidste række med 7 vindmøller.



Figur 4-5: Nordsøen I område inklusiv foreslået placering af møllerne i Layout 2.

I dette layout dækker møllerne et område på 230,4 km², som svarer til en mølletæthed på 4,35 MW/km² (0,23 km²/MW). Grundet områdegrænserne samt friholdelsesafstand til Layout 1 kan rækkerne ikke flyttes mod nord. Afstandene mellem møllerne (A og B på Figur 4-5) er:

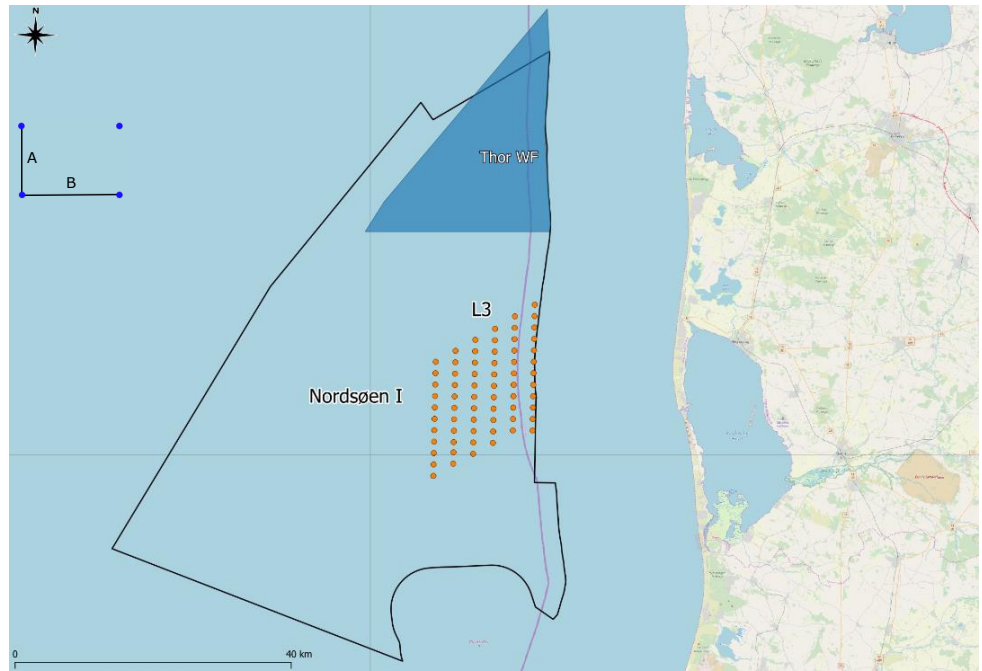
- > Afstand A (vinkelret på hovedvindretningen): 1652 m / 7 RD⁶
- > Afstand B (hovedvindretningen): 2832 m / 12 RD

Nærmeste afstand til land er 58 km fra den sydligste mølle i den bagerste række.

4.1.4 Layout 3 - Nordsøen I øst

Udformningen af layout 3 er som layout 2 (dvs. position i forhold til hovedvindretning), men placeringen er dog optimeret primært i forhold til havdybden, og møllerne er derfor placeret i den del af Nordsøen I området, hvor havdybden er lavest. Det overholder stadig friholdelsesarealet på 7,5 km til layout 2 og layout 1, og afstanden til land er nærmere end layout 2, hvilket vil resultere i kortere eksportkabler. Layoutet ses på Figur 4-6.

⁶ RD = Rotordiameter



Figur 4-6: Nordsøen I område inklusiv foreslået placering af møllerne i Layout 3.

I dette layout dækker møllerne et område på 217,9 km², som svarer til en mølletæthed på 4,55 MW/km² (0,22 km²/MW). Afstandene mellem møllerne (A og B på Figur 4-6) er:

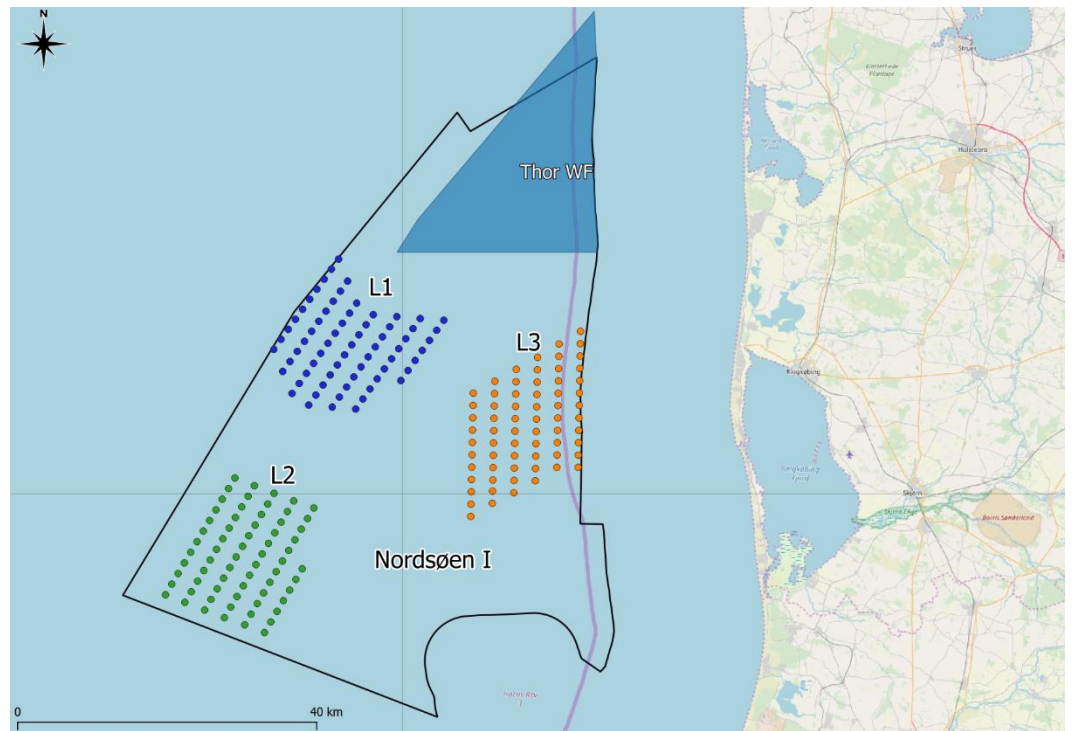
- > Afstand A (vinkelret på hovedvindretningen): 1652 m / 7 RD⁷
- > Afstand B (hovedvindretningen): 2832 m / 12 RD

Nærmeste afstand til land er 21 km fra den sydligste mølle i den bagerste række.

4.1.5 Nordsøen I - vindmølleparkens konfiguration

Den samlede konfiguration af vindmølleparker ved Nordsøen I vises i Figur 4-7.

⁷ RD = Rotordiameter



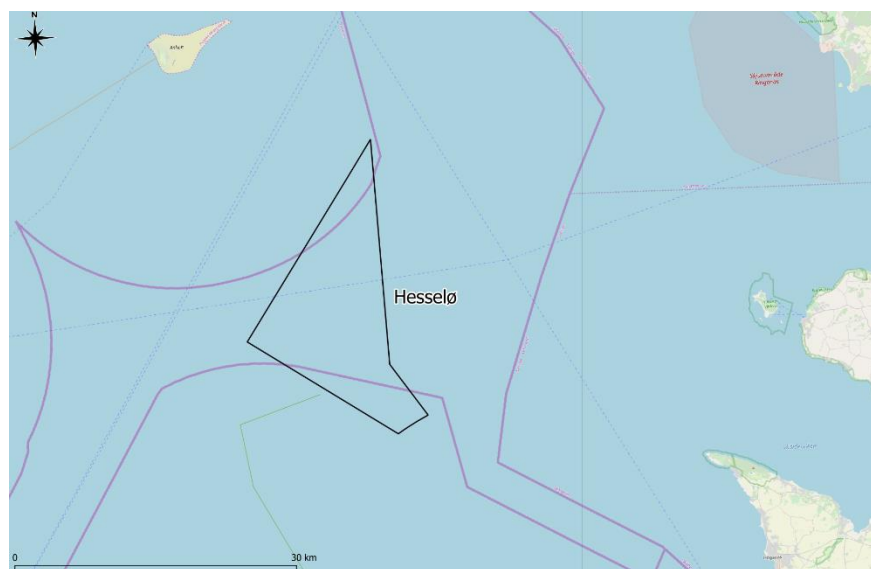
Figur 4-7: Nordsøen I samlede konfiguration af vindmøllepark.

4.2 Hesselø

Det udpegede område ved Hesselø er vist i Figur 4-8. Sammenlignet med 2018-Finscreening er området mindre på grund af militære begrænsninger i den sydlige og sydvestlige del. Det nye område har i alt 247 km² fordelt på et irregulært område. Den nordlige del af området er et relativt følsomt område i forhold til miljømæssige vurderinger, dog ikke klassificeret som meget følsomt, og denne del er derfor også inkluderet ift. opstilling af vindmøller.

For at placere alle møllerne indenfor det bedre egnede område og for at undgå vindmøller der står alene, er der i layout 1 anvendt en tættere mølletæthed end de angivne 4,55 MW/km² (0,22 km²/MW).

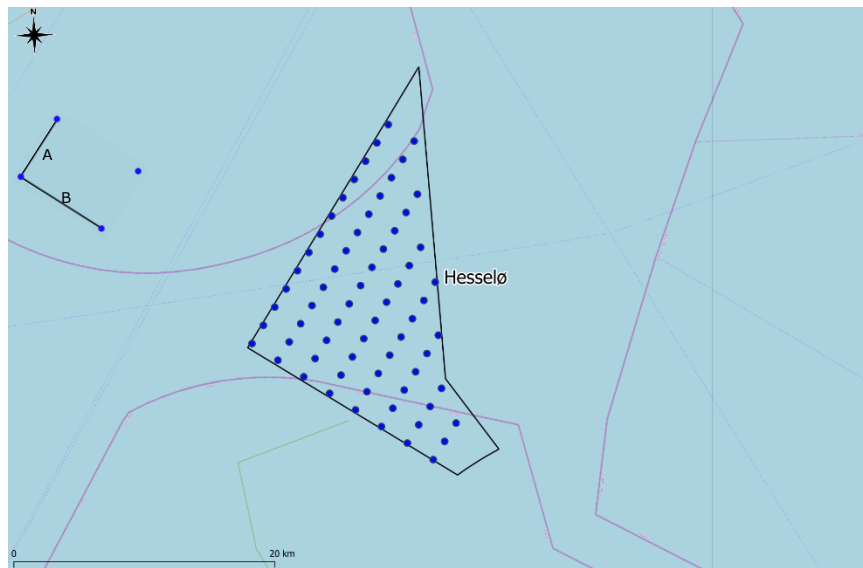
Koordinater for det layout er præsenteret i bilag C.2.



Figur 4-8: Udpeget område ved Hesselø.

4.2.1 Layout 1

På Figur 4-9 ses området og forslag til layout. Vindmøllerne er placeret med henblik på at nå 1 GW installeret kapacitet ved udnyttelse af det samlede areal. Forskellige design layouts er testet, herunder anvendelse af layoutafstand, der svarer til 2018-Finscreening (dvs. kombination af 9 x 12 RD og 7 x 9.5 RD). Da layoutpositioneringen ved hjælp af kombinationen 9 x 12 RD kun tillader at allokerer 47 vindmøller, i alt 705 MW, blev det besluttet at bruge 7 x 10 RD for at nå 1 GW installeret kapacitet inden for det samlede areal på 247 km².



Figur 4-9: Hesselø område og forslag til placering af møllerne i Layout 1.

I dette layout dækker 67 møller et område på 193,7 km², som svarer til en mølletæthed på 5,19 MW/km² (0,19 km²/MW). Afstandene mellem møllerne (A og B på Figur 4-9) er:

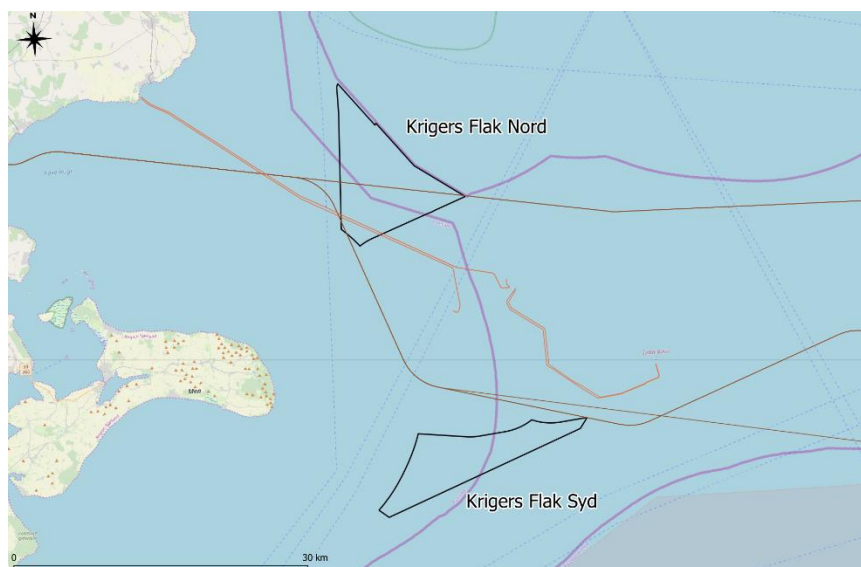
- > Afstand A: 1652 m / 7 RD
- > Afstand B: 2360 m / 10 RD

Nærmeste afstand til land er 32 km fra den sydøstligste mølle.

4.3 Kriegers Flak

Området ved Kriegers Flak består af to delområder, den nordlige del (Kriegers Flak Nord) og den sydlige del (Kriegers Flak Syd) som vist på Figur 4-10. De to områder er tilsammen 173 km², og derfor vil det ikke være muligt at placere en vindmøllepark på 1 GW og samtidig opretholde en mølletæthed på 0,22 km²/MW. Efter test med forskellige layoutkombinationer er det besluttet at anvende en vindmølleafstand, der kan sammenlignes med 2018-Finscreening da det samlede område har næsten det samme disponible område.

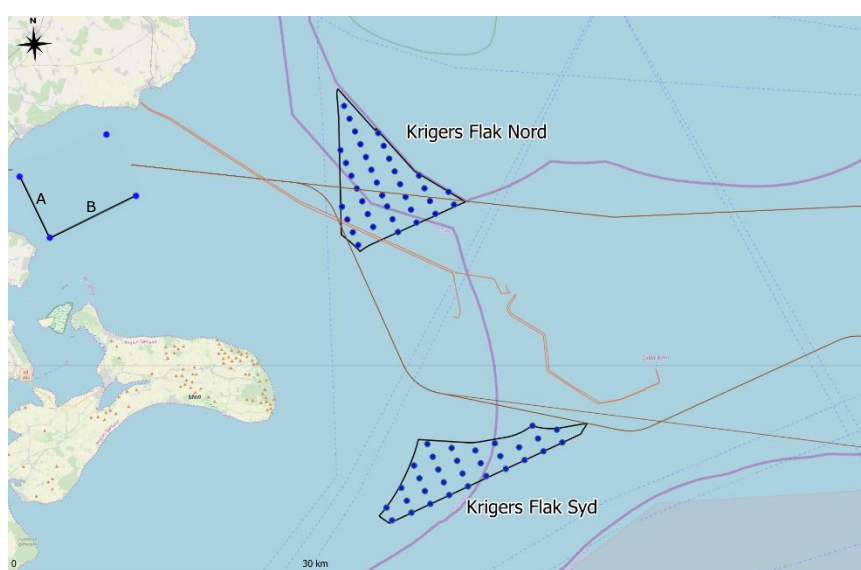
Koordinater for begge layouts er præsenteret i bilag C.3.



Figur 4-10: Udpeget område ved Kriegers Flak.

4.3.1 Layout 1

På baggrund af miljøanalysen er der ingen områder i Kriegers Flak, der ikke bør benyttes til opstilling af vindmøller. Havbundsforholdene ved Kriegers Flak er relativt mere kompleks sammenlignet med de øvrige områder Hesselø og Nordsøen I. Da Kriegers Flak allerede er et benyttet område til vindmøller, vurderes området som egnet til etablering af endnu en havmøllepark (dvs. Kriegers Flak og Kriegers Flak II). For at få så lidt skyggetab som muligt og for at allokere 1 GW installeret kapacitet, er hele området benyttet til udformningen af layoutet som ses på Figur 4-11. Det skal bemærkes, at grundet afstanden mellem de to områder, er det nødvendigt at installere en separat transformerplatform til hvert område.



Figur 4-11: Kriegers Flak samt foreslået placering af møllerne i Layout 1.

I dette layout dækker møllerne et område svarende næsten til det samlede disponible område - 173 km², som svarer til en mølletæthed på 5,88 MW/km² (0,17 km²/MW). Afstandene mellem møllerne (A og B på Figur 4-11) er:

- > Afstand A: 1416 m / 6,0 RD
- > Afstand B: 2124 m / 9,0 RD

To vigtige aspekter, der skal fremhæves for Kriegers Flak, er kabelruterens tilstedeværelse, hvilket fører til en lille forskydning af nogle vindmøllerækker; og det visuelle påvirkningsområde (dvs. Møn ø ca. 15 km fra nærmeste vindmølle). Den visuelle påvirkning er ikke taget i betragtning ved design af vindmølleparkens layout.

5 Bruttoområder

Energistyrelsen ønsker, at der gives fleksibilitet til optimering af den endelige opstilling af vindmøller. Derfor defineres hvert parkområde med et bruttoområde, som er ca. 30 % større end det område som de normale vindmølleparker dækker. En vindmøllepark med 1005 MW og en mølletæthed på 4,55 MW/km² (0,22 km²/MW) får således et bruttoområde på ca. 287 km².

Bruttoområderne er defineret ved at udvide parkområdet i de mulige retninger, således at screeningområdegrensene ikke overskrides. Afstanden (i Nordsøen I) mellem parkerne fastholdes på 7,5 km, og det tilstræbes at holde områderne indenfor de områder, hvor havbundsforholdene er bedst. Bruttoområderne for Nordsøen I kan ses i Bilag D.

I Tabel 10 nedenfor vises størrelserne på potentielle vindmøllepark layouts samt bruttoområdet. Som det kan ses, er området for Kriegers Flak, 173 km² og mølletætheden bliver derfor tættere end de 4,55 MW/km² (0,22 km²/MW).

Det samlede areal for Hesselø er 247 km² og da det er irregulært, bliver vindmølletætheden tættere end 4,55 MW/km² (0,22 km²/MW). Dette område har begrænsninger i forhold til både transport ruter og militærzoner. I forhold til 2018 finscreeningen er områdes totale areal reduceret af nye militærzoner i den sydlige del hvor vindressourcen er bedst.

Områderne kan ses i Bilag D.

Tabel 10: Bruttoområde størrelser.

Park	Layoutet Park [km ²]	Bruttoområde areal [km ²]
Nordsøen I - L1	218,0	296,7
Nordsøen I - L2	230,4	308,5
Nordsøen I - L3	217,9	322,1
Hesselø	193,7	-
Kriegers Flak	173,0 ⁸	-

⁸ Vindmølleområdet udgør størrelsen på det samlede disponible areal.

6 Resultater

Baseret på layouts for de tre områder der er præsenteret i afsnit 4, er produktionen for hver af parkerne beregnet. I de kommende afsnit beskrives hvilken model og langtidskorrektion der er brugt samt hvilke tab, udover elektriske tab, der er inkluderet.

6.1 Flow model

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. Det skal nævnes, at der for store havvindmølleparker i nogle områder kan være et større skyggetab end det den anvendte model angiver. Det er vurderet at de beregnede skyggetab er tilstrækkeligt nøjagtige til en relativ vurdering.

6.2 Langtidskorrektion

StormGeo 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 langtidskorrekturen af de to års mesoscale data for de tre områder, er det valgt at benytte EMD ConWx⁹ 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 11 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.

Tabel 11: Lineær korrelationsfaktor, R, på månedligt gennemsnit.

Område	R (månedlig gennemsnit)
Nordsøen	0,98
Hesselø	0,98
Kriegers Flak	0,98

Langtidskorrekturen for hvert af de tre områder for de to års mesoscale data ift. en 20 års periode er vist i Tabel 12.

⁹ http://help.emd.dk/mediawiki/index.php?title=EMD-ConWx_Meso_Data_Europe

Tabel 12: Langtidskorrektion af vindhastigheden for hvert af de tre områder.

Område	Langtids korrektion [%]
Nordsøen	- 2,0
Hesselø	- 0,9
Kriegers Flak	0,0

Baseret på forholdet mellem vind og produktion, P/V, omregnes langtidskorrektionen på vinden til en langtidskorrektion på produktionen. Resultatet ses i Tabel 13.

Tabel 13: Langtidskorrektion af produktionen for hvert af de tre områder.

Område	P/V	Langtidskorrektion [%]
Nordsøen	0,95	- 1,9
Hesselø	1,16	- 1,0
Kriegers Flak	1,11	0,0

6.3 Tab

Følgende tab, udover skyggetab og beregnede elektriske tab, er medregnet i produktionsestimaterne for hvert af de foreslåede vindmøllelayouts i hver af de tre områder:

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

Rådighed - et anlæg eller en turbine siges at være til rådighed, når det er i stand til at generere sin fulde nominelle produktion. Rådighedstab forekommer, når nogle af vindmøllerne i et projekt, eller hele projektet, er ude af drift af forskellige årsager. De 4% rådighedstab kan underopdeles i kontraktuelle tab for vindmøllen (f.eks. planlagt service), ikke kontraktuelle tab (f.eks. ikke planlagt service), til rådighed af eksport system, til rådighed af forsyningsnettet.

Møllens eget forbrug – Dette tab tegner sig for den energi, der forbruges af udstyret i møllen.

Tab af effektkurve – Dette tab skyldes mangler som følge af den ideelle ydeevne på grund af suboptimale turbineindstillinger. Typiske eksempler omfatter yaw misligholdelse, kontrol af anemometer kalibrering, bladhøjde unøjagtigheder eller misligholdelse, og andre kontrolindstillingsproblemer.

6.4 Produktionsestimater

I Tabel 14 ses et resume af input til beregningen af layouts-energi og i Tabel 15 ses bruttoproduktion, skyggetab, parkproduktion (efter skyggetab er fratrukket), tab og korrektioner samt nettoproduktionen for hvert af de foreslåede mølleylayouts i de tre områder.

Tabel 14: Beregningsinputoversigt for alle de foreslåede vindmøllelayouts.

Park	Turbine Afstand [RD ¹⁰]	Layoutet Park [km ²]	Effekttæthed [MW/km ²]	Mølletæthed [km ² /MW]	Bruttoområde [km ²]
Nordsøen I - L1	7 x 11,5 RD	218,0	4,61	0,22	296,7
Nordsøen I - L2	7 X 12 RD	230,4	4,36	0,23	308,5
Nordsøen I - L3	7 X 12 RD	217,9	4,61	0,22	322,1
Hesselø - L1	7 X 10 RD	193,7	5,18	0,19	-
Kriegers Flak - L1	6 X 9 RD	173,0 ¹¹	5,88	0,17	-

Som vist i Tabel 6.5, er de mest produktive områder lokaliseret ved Nordsøen I, hvilket er i henhold til tilgængeligheden af vindressourcerne blandt alle evaluerede områder. Der blev observeret en produktionsforskel på ca. 6,1% sammenlignet med alle parklayouts.

Ved Nordsøen I har layoutet L1 flere turbinerækker sammenlignet med L2 og L3. Rækkerne kan øge skyggeeffekten mellem vindmøllerne, hvilket øger tabet. På trods af den samme vindmølleafstand har layout L2 lidt højere skyggetab end L3. En mulig årsag er øget skyggetab i L2 som følge af placeringen af første række møller i forhold til den fremherskende vindretning.

Tabene og den langsigtede korrektion har den højeste samlede værdi i Nordsøen. Den langsigtede korrektion, som indikerer, at den korte tidsvariabilitet øges sammenlignet med langvarige vindforhold på stedet, er højere sammenlignet med Hesselø og Kriegers Flak.

¹⁰ Rotordiameter = 236 m.

¹¹ Vindmølleområdet udgør størrelsen på det samlede disponible areal.

Ved Hesselø er skyggetabene størst da den overvejende vindretning er mere koncentreret og da der er flere rækker i den overvejende vindretning grundet områdets irregulære udformning.

Kriegers Flak har den tætteste turbinetæthed blandt alle områder på grund af reduceret areal til parklayoutet. Skyggeeffekten er imidlertid relativt lavere end Hesselø. En mulig årsag er, at det samlede disponible areal er opdelt i to underområder (dvs. nord og syd), og vindmøllerne er placeret på tværs af begge områder, hvilket medfører mindre skyggestab. Derudover er der et mindre bidrag fra den langsigtede korrektion, fordi den kort- og langsigtede vindhastighed er næsten identiske.

Tabel 15: Produktionsestimater for alle de foreslåede vindmøllelayouts.

Park	Brutto produktion [GWh/y]	Skygge tab ¹² [%]	Park Produktion ¹³ [GWh/y]	Tab & LT korrek- tion ¹⁴ [%]	Netto produktion [GWh/y]
Nordsøen I - L1	5419,8	5,4	5124,9	7,9	4722,7
Nordsøen I - L2	5422,3	5,4	5127,0	7,9	4723,7
Nordsøen I - L3	5422,5	5,0	5153,1	7,9	4747,8
Hesselø - L1	5093,8	6,3	4771,1	7,0	4436,1
Kriegers Flak - L1	5221,3	5,6	4930,9	6,1	4631,0

¹² Internt skyggetab i vindparken.

¹³ Inklusive skygge tab.

¹⁴ Tab forklaret henholdsvis i afsnit 6.3 og 6.2.

Bilag A Beskrivelse af StormGeos vindmodellering

StormGeo has been running nested, limited area numerical weather prediction (NWP) models for real-time weather prediction since early 2003.

The main tool is the Weather and Research Forecasting (WRF) model. This is a state-of-the-art community model which is being maintained by the National Centers for Atmospheric Research (NCAR) in the U.S., one of the leading meteorology research institutions worldwide. StormGeo uses twice-daily global forecasts from the European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) as initial and boundary forcing for our operational forecasts. The resolution of the ECMWF forecasts is currently one-eighth of a degree, which corresponds to about 16 km. These forecasts allow running the model in nested domains with horizontal resolutions of 6 and 2, or 9, 3 and 1 km. However, for long hindcasts, one runs into problems with using the ECMWF forecasts as forcing. This is because the horizontal resolution has changed rather frequently; for instance, it changed from 25 km to 16 km early in 2010, and from 40 km to 25 km in 2006. In addition there have been many changes to the assimilation system and the wave models. These historical changes mean that the long-term ECMWF forecast data set is not consistent. It has therefore been common to use consistent data sets such as the ECMWF ERA-40 reanalysis, or the NCEP/NCAR reanalysis, which are available for the periods 1958–2002 and 1948 to present, respectively, as forcing for long-term high-resolution hindcasts. But after the introduction of the high-resolution ECMWF ERA-Interim reanalysis¹⁵, in 2009, the Era-Interim has become the de facto standard data set used for initialization and boundary forcing.

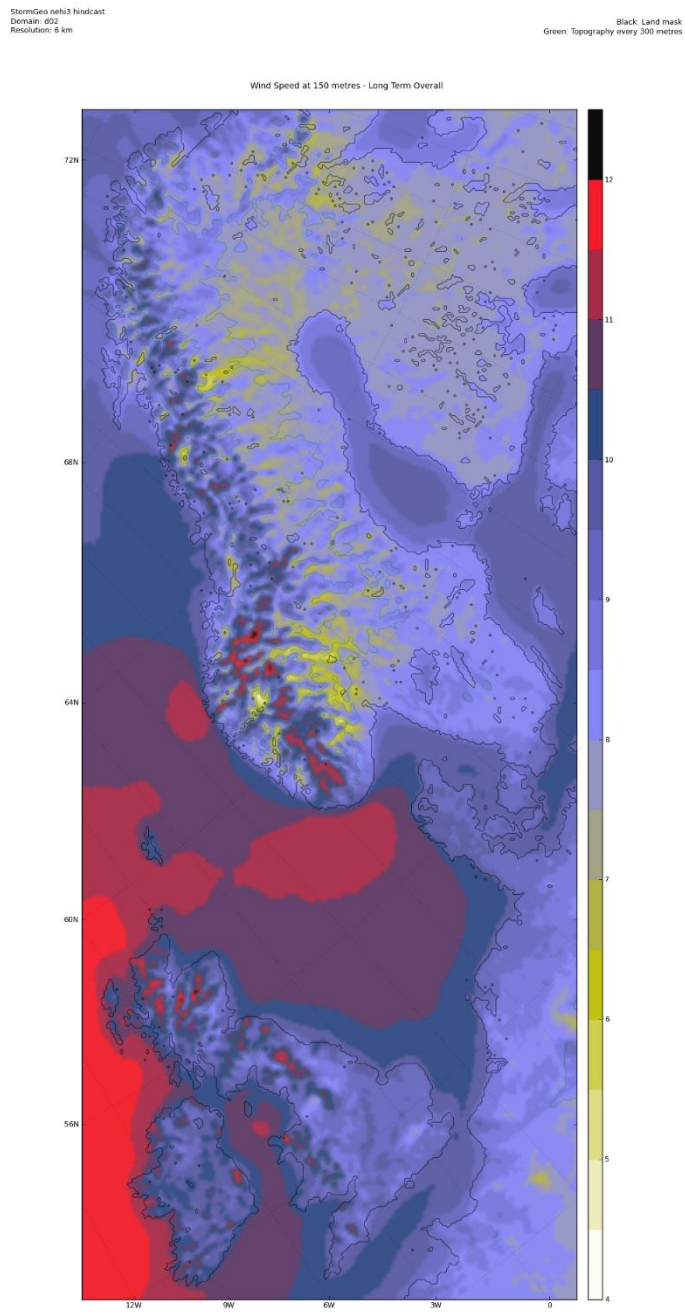
The main attractions of ERA-Interim are:

- > the high quality of the forecast model used,
- > the high horizontal resolution (80 km) relative to ERA-40 and the NCEP/NCAR reanalysis (both 125 km),
- > the use of 4D-Var assimilation (which means that the data assimilation is consistent with the preceding forecasts),
- > the use of a two-way coupling between ocean waves and the atmosphere,
- > the long time period covered (1979–present),
- > and – with reference to the above discussion regarding consistency – the main attraction with relevance for hindcasts, is that the ERA-Interim data

¹⁵ D. P. Dee et al. (2011): The ERA-Interim reanalysis: configuration and performance of the data assimilation system. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 656, p. 553–597.

set is consistent in time (because the same model system was used for the whole analysis period).

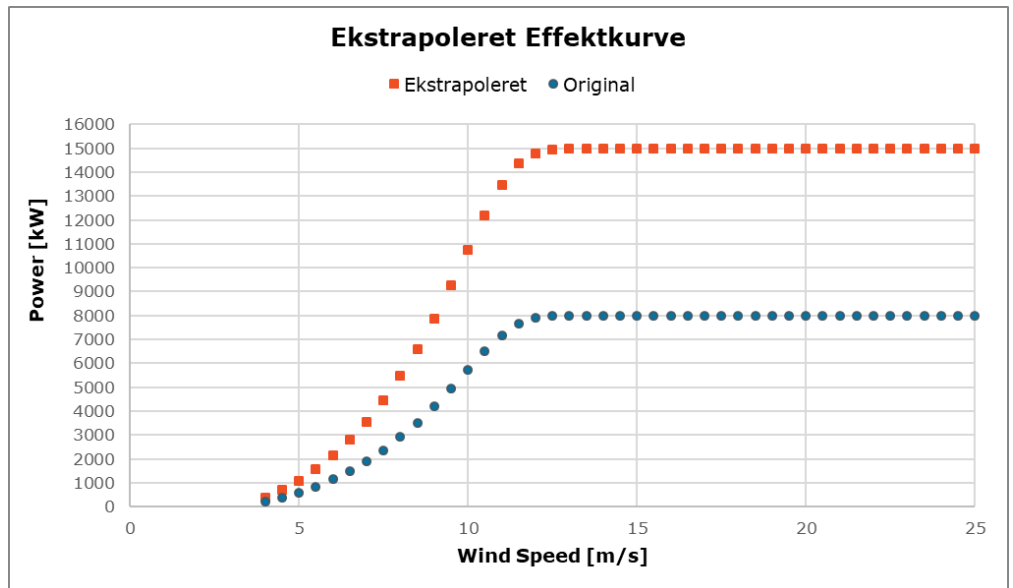
A horizontal grid resolution of 16 km, which is the current resolution of the ECMWF operational forecasts, enables the model to resolve weather patterns with a length scale of about 100 kilometers. Similarly, a resolution of 80 km (the resolution of ERA-Interim) allows the model to resolve features with length scales of about 500 km. This is clearly not sufficient to resolve localized sub-scale features such as sea breeze or topographic effects. A very important part of a historical assessment of winds is therefore to use high-resolution NWP models to *downscale*, i.e. increase the horizontal resolution, of the reanalysis. At StormGeo WRF is used to provide hindcasts with significantly higher resolution than the ERA-Interim. As an example of the hindcasts, the figure below shows the mean 100-meter wind speed for 2011 from the 33-year, 6 km high-resolution hindcast for North-West Europe, also known as NEHI.



The NEHI domain covers all of Norway, Sweden, Finland, Denmark, as well as the British Isles and parts of continental Europe. The horizontal resolution of the hindcast is 6 km, and the vertical resolution in the lower atmosphere is roughly 40 metres, starting at 20 metres above the surface. Winds at other heights can be readily obtained by means of vertical interpolation. Ten-metre winds are derived in order to comply with observations. The period covered by the hindcast is from January 1979 to November 2012, and in addition to that operational forecasts are produced twice daily to keep the hindcast up to date.

StormGeo's long experience with using high-resolution NWP models, and the frequent validation of operational model runs, has led StormGeo to implement a wide range of improvements with respect to the default WRF model setup.

Bilag B Ekstrapoleret effektkurve – 15 MW



Bilag C Vindmøllepark layouts

C.1 Nordsøen I layouts

Tabel 16: Nordsøen I - Layout 1 koordinater (UTM Nord - ETRS89 Zone 32).

Mølle nr.	X	Y	Mølle nr.	X	Y
1	391.451	6.231.426	51	400.459	6.220.774
2	390.489	6.230.083	52	399.500	6.219.429
3	389.527	6.228.740	53	398.541	6.218.083
4	388.565	6.227.397	54	397.583	6.216.738
5	387.602	6.226.054	55	396.624	6.215.393
6	386.640	6.224.711	56	395.665	6.214.048
7	385.678	6.223.368	57	394.706	6.212.703
8	384.715	6.222.026	58	393.747	6.211.357
9	383.753	6.220.683	59	405.531	6.223.248
10	382.790	6.219.340	60	404.574	6.221.901
11	392.660	6.228.483	61	403.616	6.220.555
12	391.698	6.227.139	62	402.658	6.219.209
13	390.737	6.225.796	63	401701	6217863
14	389.775	6.224.453	64	400743	6216517
15	388.813	6.223.110	65	399785	6215171
16	387.851	6.221.767	66	384954	6217720
17	386.890	6.220.424	67	383982	6216385
18	385.927	6.219.081			
19	393.880	6.225.534			
20	392.919	6.224.190			
21	391.958	6.222.846			
22	390.996	6.221.503			
23	390.035	6.220.159			
24	389.074	6.218.816			
25	388.112	6.217.473			
26	387.150	6.216.129			
27	386.189	6.214.786			
28	385.227	6.213.443			
29	396.099	6.223.983			
30	395.139	6.222.639			
31	394.178	6.221.295			
32	393.218	6.219.951			
33	392.257	6.218.607			
34	391.296	6.217.263			
35	390.335	6.215.919			
36	389.374	6.214.575			
37	388.413	6.213.232			
38	387.452	6.211.888			
39	399.248	6.223.721			
40	398.289	6.222.376			
41	397.330	6.221.031			
42	396.370	6.219.686			
43	395.410	6.218.342			
44	394.451	6.216.997			
45	393.491	6.215.652			
46	392.531	6.214.308			
47	391.571	6.212.963			
48	390.611	6.211.619			
49	402.376	6.223.465			
50	401.417	6.222.120			

Tabel 17: Nordsøen I - Layout 2 koordinater (UTM Nord - ETRS89 Zone 32).

Mølle nr.	X	Y	Mølle nr.	X	Y
1	370.898	6.185.484	51	375.889	6.199.284
2	371.743	6.186.903	52	375.045	6.197.864
3	372.588	6.188.323	53	374.202	6.196.443
4	373.433	6.189.742	54	373.358	6.195.023
5	374.278	6.191.162	55	372.515	6.193.602
6	375.123	6.192.581	56	371.671	6.192.182
7	375.968	6.194.001	57	370.828	6.190.761
8	376.813	6.195.421	58	369.984	6.189.341
9	377.657	6.196.840	59	369.140	6.187.921
10	378.502	6.198.260	60	368.296	6.186.501
11	379.347	6.199.680	61	386.587	6.189.970
12	380.191	6.201.100	62	385.747	6.188.547
13	373.535	6.184.456	63	384.907	6.187.125
14	374.379	6.185.876	64	384.067	6.185.702
15	375.223	6.187.296	65	383.226	6.184.280
16	376.067	6.188.716	66	382.386	6.182.858
17	376.911	6.190.136	67	381.546	6.181.436
18	377.755	6.191.557			
19	378.599	6.192.977			
20	379.443	6.194.397			
21	380.287	6.195.817			
22	381.131	6.197.237			
23	381.975	6.198.658			
24	382.818	6.200.078			
25	376.174	6.183.430			
26	377.018	6.184.851			
27	377.861	6.186.271			
28	378.704	6.187.692			
29	379.548	6.189.112			
30	380.391	6.190.533			
31	381.234	6.191.954			
32	382.077	6.193.374			
33	382.920	6.194.795			
34	383.763	6.196.216			
35	384.606	6.197.637			
36	385.449	6.199.057			
37	388.138	6.198.121			
38	387.299	6.196.698			
39	386.459	6.195.276			
40	385.619	6.193.853			
41	384.779	6.192.431			
42	383.939	6.191.008			
43	383.099	6.189.585			
44	382.259	6.188.163			
45	381.419	6.186.741			
46	380.579	6.185.318			
47	379.739	6.183.896			
48	378.899	6.182.473			
49	377.575	6.202.125			
50	376.732	6.200.705			

Tabel 18: Nordsøen I - Layout 3 koordinater (UTM Nord - ETRS89 Zone 32).

Mølle nr.	X	Y	Mølle nr.	X	Y
1	409.482	6.213.489	51	420.715	6.206.855
2	409.447	6.211.838	52	420.684	6.205.203
3	409.413	6.210.186	53	420.654	6.203.552
4	409.378	6.208.534	54	423.829	6.221.758
5	409.343	6.206.883	55	423.800	6.220.106
6	409.308	6.205.231	56	423.770	6.218.454
7	409.274	6.203.580	57	423.741	6.216.802
8	409.239	6.201.928	58	423.712	6.215.151
9	409.204	6.200.276	59	423.682	6.213.499
10	409.170	6.198.625	60	423.653	6.211.847
11	409.135	6.196.973	61	423.621	6.210.157
12	412.353	6.215.076	62	423.590	6.208.506
13	412.319	6.213.424	63	423.559	6.206.854
14	412.285	6.211.772	64	423.528	6.205.202
15	412.252	6.210.121	65	423.497	6.203.551
16	412.218	6.208.469	66	412.050	6.200.376
17	412.184	6.206.817	67	412.017	6.198.724
18	412.151	6.205.166			
19	412.117	6.203.514			
20	412.083	6.201.862			
21	415.222	6.216.670			
22	415.189	6.215.019			
23	415.157	6.213.367			
24	415.124	6.211.715			
25	415.091	6.210.063			
26	415.059	6.208.412			
27	415.026	6.206.760			
28	414.994	6.205.108			
29	414.961	6.203.457			
30	414.929	6.201.805			
31	414.896	6.200.153			
32	418.085	6.218.266			
33	418.054	6.216.614			
34	418.022	6.214.962			
35	417.991	6.213.310			
36	417.959	6.211.659			
37	417.928	6.210.007			
38	417.896	6.208.355			
39	417.865	6.206.704			
40	417.833	6.205.052			
41	417.802	6.203.400			
42	417.770	6.201.749			
43	420.958	6.220.069			
44	420.928	6.218.417			
45	420.897	6.216.765			
46	420.867	6.215.114			
47	420.836	6.213.462			
48	420.806	6.211.810			
49	420.776	6.210.159			
50	420.745	6.208.507			

C.2 Hesselø layout

Tabel 19: Hesselø - Layout 1 koordinater (UTM Nord - ETRS89 Zone 32).

Mølle nr.	X	Y	Mølle nr.	X	Y
1	664.659	6.257.297	51	674.741	6.264.558
2	666.645	6.256.022	52	676.730	6.263.288
3	668.632	6.254.748	53	678.720	6.262.018
4	670.618	6.253.474	54	671.633	6.268.504
5	672.606	6.252.201	55	673.622	6.267.233
6	674.593	6.250.929	56	675.611	6.265.962
7	676.581	6.249.657	57	677.600	6.264.692
8	678.570	6.248.386	58	672.503	6.269.905
9	665.530	6.258.698	59	674.492	6.268.634
10	667.517	6.257.424	60	676.481	6.267.364
11	669.503	6.256.150	61	673.373	6.271.310
12	671.491	6.254.877	62	675.362	6.270.039
13	673.478	6.253.605	63	677.351	6.268.770
14	675.466	6.252.333	64	674.243	6.272.711
15	677.455	6.251.061	65	676.232	6.271.441
16	679.443	6.249.791	66	675.114	6.274.117
17	666.404	6.260.098	67	677.104	6.272.847
18	668.391	6.258.824			
19	670.378	6.257.551			
20	672.366	6.256.278			
21	674.354	6.255.006			
22	676.342	6.253.735			
23	678.330	6.252.464			
24	680.319	6.251.194			
25	667.276	6.261.495			
26	669.263	6.260.222			
27	671.251	6.258.949			
28	673.239	6.257.677			
29	675.227	6.256.405			
30	677.215	6.255.134			
31	679.204	6.253.864			
32	668.148	6.262.894			
33	670.135	6.261.622			
34	672.123	6.260.349			
35	674.111	6.259.077			
36	676.099	6.257.806			
37	678.088	6.256.536			
38	669.020	6.264.297			
39	671.008	6.263.024			
40	672.996	6.261.752			
41	674.984	6.260.481			
42	676.973	6.259.210			
43	678.962	6.257.940			
44	669.892	6.265.697			
45	671.880	6.264.425			
46	673.868	6.263.154			
47	675.857	6.261.883			
48	677.846	6.260.613			
49	670.765	6.267.101			
50	672.753	6.265.829			

C.3 Kriegers Flak layout

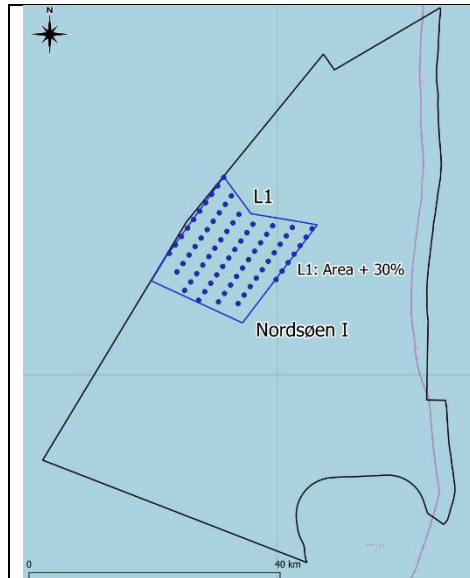
Tabel 20: Kriegers Flak - Layout 1 koordinater (UTM Nord - ETRS89 Zone 32).

Mølle nr.	X	Y	Mølle nr.	X	Y
1	741.835	6.114.593	51	737.414	6.114.150
2	741.278	6.115.895	52	736.858	6.115.452
3	740.721	6.117.198	53	736.302	6.116.755
4	740.163	6.118.500	54	735.746	6.118.058
5	739.606	6.119.803	55	735.190	6.119.361
6	739.049	6.121.105	56	734.634	6.120.664
7	738.492	6.122.408	57	734.078	6.121.967
8	737.935	6.123.710	58	740.846	6.086.228
9	743.767	6.115.474	59	740.290	6.087.530
10	743.210	6.116.777	60	738.340	6.117.362
11	742.652	6.118.079	61	737.784	6.118.665
12	742.094	6.119.381	62	737.228	6.119.968
13	745.668	6.116.415	63	736.671	6.121.270
14	745.110	6.117.717	64	736.115	6.122.573
15	739.339	6.084.220	65	735.559	6.123.876
16	738.783	6.085.523	66	735.003	6.125.179
17	741.330	6.085.010	67	734.446	6.126.482
18	743.253	6.085.905			
19	742.696	6.087.207			
20	742.139	6.088.510			
21	741.582	6.089.812			
22	745.179	6.086.800			
23	744.621	6.088.102			
24	744.063	6.089.405			
25	743.506	6.090.707			
26	742.948	6.092.009			
27	747.100	6.087.694			
28	746.542	6.088.996			
29	745.984	6.090.299			
30	745.426	6.091.601			
31	750.959	6.089.475			
32	750.399	6.090.777			
33	749.840	6.092.079			
34	748.959	6.088.744			
35	748.400	6.090.046			
36	747.841	6.091.348			
37	752.877	6.090.372			
38	752.317	6.091.673			
39	754.809	6.091.268			
40	754.248	6.092.570			
41	753.688	6.093.871			
42	756.733	6.092.171			
43	756.172	6.093.472			
44	739.951	6.113.628			
45	739.394	6.114.931			
46	738.837	6.116.234			
47	735.890	6.112.294			
48	735.334	6.113.598			
49	734.779	6.114.901			
50	734.224	6.116.204			

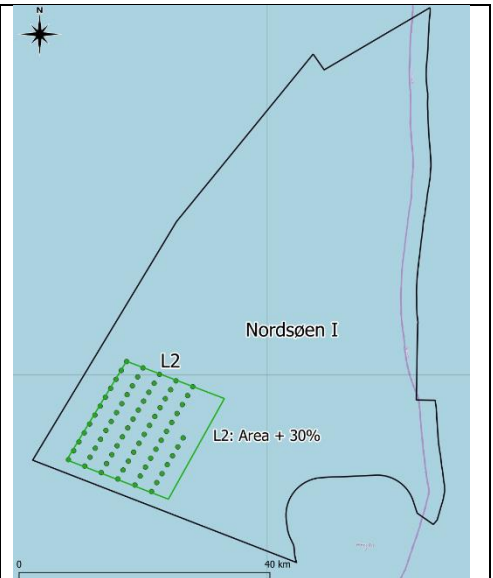
Bilag D Bruttoområder

D.1 Nordsøen I

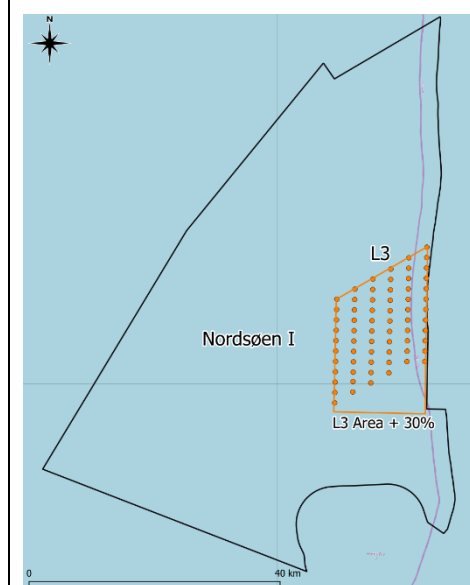
I Figur 6-1 til Figur 6-3 vises bruttoområderne for hver af de tre potentielle vindmøllepark layouts. I Tabel 21 vises koordinaterne for de tre bruttoområder.



Figur 6-1: Nordsøen I - Layout 2 inkl. bruttoområde.



Figur 6-2: Nordsøen I - Layout 3 inkl. bruttoområde.



Figur 6-3: Nordsøen I - Layout 3 inkl. bruttoområde.

Tabel 21: Koordinater for bruttoområder på Nordsøen I – L1, L2 og L3 (UTM North ETRS89 Zone 32).

Nordsøen I – L1		Nordsøen I – L2	
X	Y	X	Y
391441	6231541	377554	6202176
395796	6225653	368037	6186462
403875	6224315	393171	6196233
406350	6223873	384237	6180224
394432	6208276		
379912	6214950		
382170	6218700		
Nordsøen I – L3			
409391	6213457		
423941	6221871		
423617	6203358		
408989	6195545		
423590	6195229		