

JANUAR 2022
ENERGISTYRELSEN

Opdatering af finscreening for Bornholm I og Bornholm II - 2 GW scenarie

RAPPORT



JANUAR 2022
ENERGISTYRELSEN

Opdatering af finscreening for Bornholm I og Bornholm II – 2 GW scenarie

RAPPORT

PROJEKTNR.

A231798

DOKUMENTNR.

1

VERSION

1.0

UDGIVELSESDATO

4. januar 2022

BESKRIVELSE

Rapport

UDARBEJDET

GNLO/GARI/ERP/
APHE/LVHA/KAPN

KONTROLLERET

MHO/LVHA//GEMN KAPN

GODKENDT

INDHOLD

1	Sammenfatning	7
2	Introduktion	9
2.1	Områdernes beliggenhed	9
3	Miljø- og planmæssige forhold	12
3.1	Metode og antagelser	12
3.1.1	Analysens omfang	12
3.1.2	Fremgangsmåde for følsomhedsanalysen	12
3.1.3	Beskrivelse af de miljø- og planmæssige forhold i de forskellige områder	20
3.2	Eksisterende miljøforhold i projektområdet	21
3.2.1	Marine habitater	21
3.2.2	Fisk	24
3.2.3	Fugle	26
3.2.4	Flagermus	31
3.2.5	Marine pattedyr	31
3.3	Eksisterende planforhold	33
3.3.1	Internationale beskyttede naturområder	33
3.3.2	Havplan	34
3.4	Eksisterende forhold for menneskelig aktivitet	45
3.4.1	Visuelle effekter	45
3.4.2	Elkabler og olie/gasledninger	46
3.4.3	Fiskeri	47
3.4.4	Arkæologiske forhold	48
3.4.5	UXO	49
3.5	Konklusion og anbefalinger Bornholm I og Bornholm II	49
3.5.1	Følsomhed i relation til miljø	49
3.5.2	Følsomhed i relation til menneskelige interesser	50
3.5.3	Anbefalinger	51

4	Havbund og geologiske forhold	53
4.1	Metode og antagelser	54
4.2	Vurdering af egnethed	54
4.3	Datagrundlag	55
4.4	Resultater	56
4.4.1	Eksportsøkabelrute	62
4.5	Vurdering af områder	62
4.6	Samlet geologisk vurdering	66
5	Vindressource, layouts og energiproduktion	68
5.1	Bornholm I (1 GW) og Bornholm II (1 GW)	69
5.2	Tab og produktionsestimater	71
5.3	Elektriske systemer	73
5.3.1	Overordnet parklayout	73
5.3.2	Parklayout	73
5.3.3	Fælles forhold	77
5.3.4	Energiflow	79
5.3.5	Kabelsystemer	80
5.3.6	Samlede årlige elektriske tab	80
5.4	Endelig energiproduktion	82
5.5	Omkostninger	82
5.5.1	Fundamenter	82
5.5.2	Arraykabler	82
5.5.3	Eksportsystem	83
5.5.4	Samlede investeringsomkostninger	83
5.6	Drifts- og vedligeholdelsesomkostninger	84
5.7	Levetidsomkostninger per kWh	84
6	Referencer	87

1 Sammenfatning

Denne rapport beskriver resultaterne af en opdatering af den tidligere finscreening af de potentielle havvindmølleområder Bornholm I og Bornholm II.

Miljø og planmæssige forhold

Der er gennemført en opdatering af en GIS-baseret følsomhedsanalyse af miljø- mæssige og planmæssige forhold, der rangerer området i og omkring Bornholm I og Bornholm II i relation til følsomhed overfor etablering af havvindmøller med henblik på at identificere de områder, der påvirker miljø og planmæssige forhold mindst. Med det nuværende vidensniveau viser analysen, at det vil være muligt at opstille havvindmøller i Bornholm I og Bornholm II uden at forårsage alvorlige og uoprettelige påvirkninger af natur-, miljø- og planforhold.

Havbund og geologiske forhold

Områderne inkluderet i finscreeningen er rangeret efter den geotekniske vurdering, overordnet geologi, havbundssedimentet og vanddybden samt variationsmulighed for placering af havvindmøllerne. Der er ved nærværende finscreening ikke fundet anledning til at ændre den geologiske og geotekniske vurdering i forhold til den oprindelige finscreening (COWI, 2020 (1)). Både Bornholm I og Bornholm II er vurderet Mindre Egnede (V-). På nuværende tidspunkt og vidensniveau er der ikke fundet geologiske eller geotekniske faktorer der vurderes at være show-stoppere for placering af havvindmøllefundamenter. Den samlede vurdering skal derfor betragtes som en relativ rangering af områderne i forhold til områderne vurderet i den oprindelige finscreeningsrapport.

Vindressource, layouts og energiproduktion

Vindressourcen, layout og energiproduktion blev evalueret ud fra nye arealbegrænsninger for Bornholm I og Bornholm II. De mest påvirkende begrænsninger for denne undersøgelse er sejlruiter og områder med militære øvelsesaktiviteter, som reducerede det tilgængelige område i Bornholm I. Dette indvirkede også på havvindmøllelæthed på Bornholm I. Estimeringen af energiproduktionen er baseret på en power curve for en Vestas V236-15MW havvindmølle i stedet for den tidligere ekstrapolerede 15 MW havvindmølle power curve. Dette medfører en stigning på ca. 5 % i energiproduktion for hvert layout i forhold til den tidligere finscreening. Opdaterede havvindmølleparklayouts blev udviklet til et 2 GW scenarie opdelt i 1

GW i hvert område. På baggrund af en yderligere layoutoptimering er skyggetab reduceret, hvilket resulterer i en lille stigning i energiproduktionen. Samtidig er der sket en reduktion af CAPEX for eksportsystemet. Dette fører samlet set til en reduktion i LCoE som er på 24 DKK/MWh (ca. 4,9 %). Reduktionen i LCoE drives af øget AEP samt reduktion i CAPEX.

Elektriske systemer

Koncepterne for de elektriske opsamlingsanlæg, som blev udviklet i forbindelse med den tidligere finscreening for Bornholm I og Bornholm II genanvendes i nærværende studie, hvilket sikrer at resultatet kan sammenholdes med tidligere finscreeninger. Der er foretaget opdaterede layouts for de elektriske opsamlingsanlæg. Resultatet af opdateringen af finscreeningen er at de elektriske opsamlingsanlæg tilnærmelsesvist er uændrede. Der er med valget af nyt ilandføringssted ved Sose Bugt opnået en mindre reduktion i AC eksportsystemet. Dette medvirker til en mindre korrektion af CAPEX.

2 Introduktion

I maj 2020 blev der gennemført en finscreening af en række områder i dansk territorialfarvand med henblik på at vurdere om det er muligt at etablere energiøer og havvindmølleparker i de angivne områder. Ved Bornholm blev der undersøgt to områder.

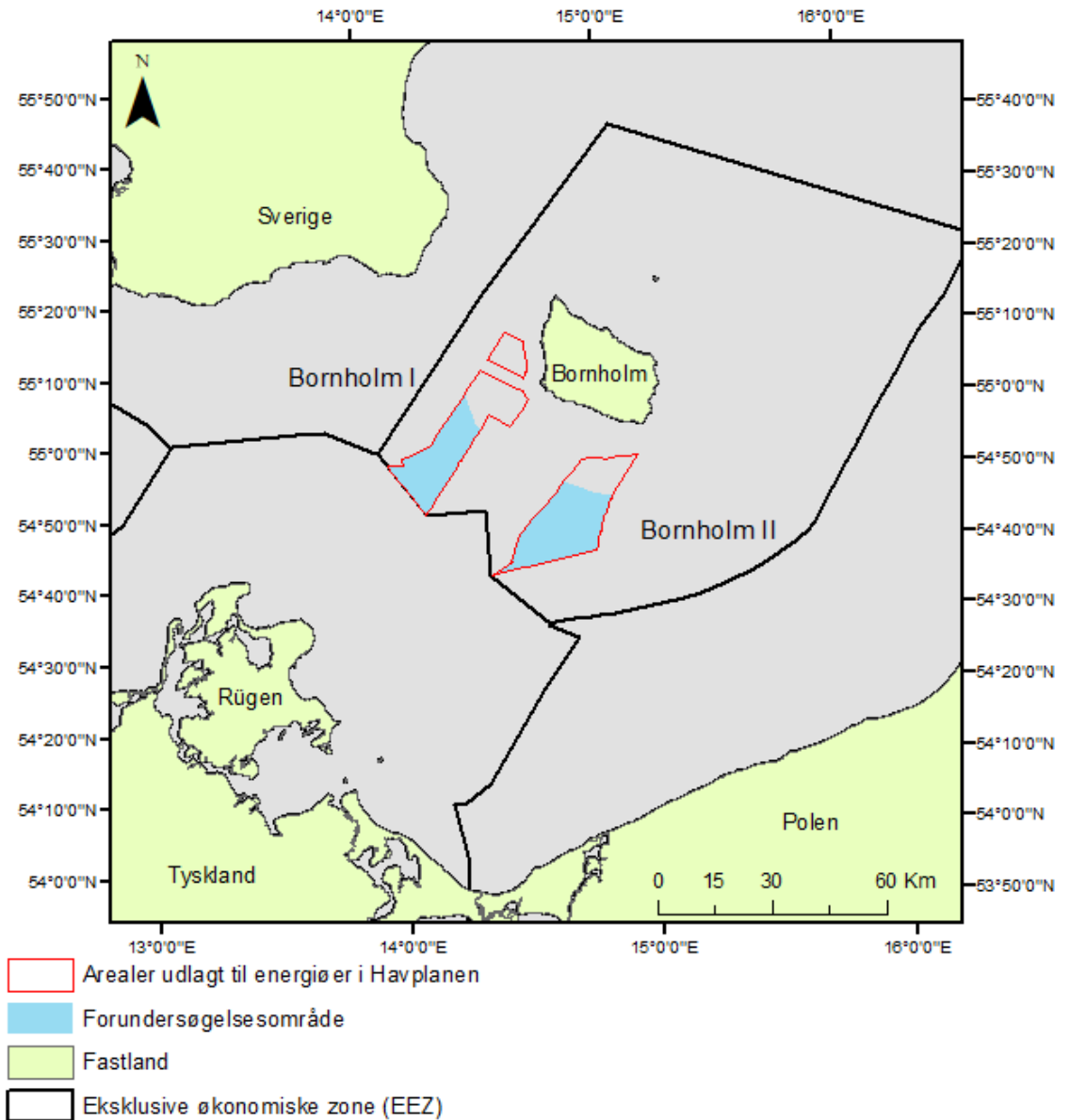
I forlængelse af denne screening valgte Energistyrelsen i september 2020 i et tillæg til finscreeningen at undersøge et udvidet område ved Bornholm. Dele af områderne ved Bornholm blev efterfølgende indmeldt som udviklingszoner til vedvarende energi og energiøer i Danmarks Havplan. Inden for udviklingszonerne udpegede Energistyrelsen i november 2020 to forundersøgelsesområder (Bornholm I og Bornholm II) inden for hvilke, der i de kommende år skal gennemføres undersøgelser med henblik på etablering af havvind i forbindelse med Energiø Bornholm.

Som det fremgår af udkast til Havplanen, er der inden for og i umiddelbar nærhed af den valgte placering af områderne til havvind ved Bornholm flere arealinteresser, herunder et EU habitatområde, et foreslået EU-fuglebeskyttelsesområde, sejl- og kabelkorridorer samt områder med militære øvelsesaktiviteter. Energistyrelsen har derfor valgt at undersøge mulighederne for en optimering af layout og placering af havvindmøllerne inden for et mindre areal af de udpegede forundersøgelsesområder. Det skal understreges, at Energistyrelsen ikke på nuværende tidspunkt har foretaget en konkret vurdering af, hvordan der skal tages hensyn til relevante arealinteresser i den endelige planlægning af arealet, og nærværende rapport undersøger derfor kun konsekvensen af potentielle arealbegrænsninger. En konkret vurdering foretages i forbindelse med miljøvurderingen af Planen for Energiø Bornholm.

Nærværende rapport undersøger om det er muligt at placere 2 GW havvind inden for de udvalgte forundersøgelsesområder Bornholm I og Bornholm II, under hensyntagen til potentielle arealbegrænsninger.

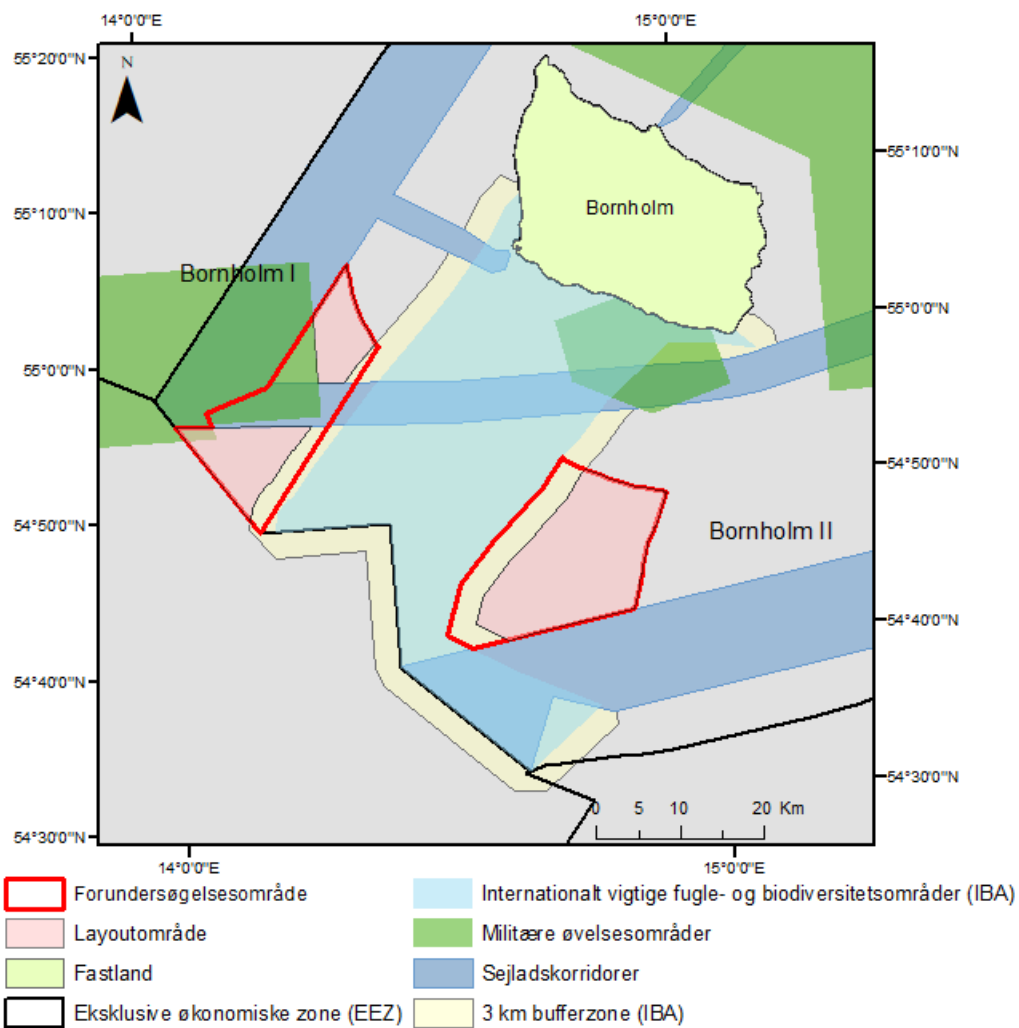
2.1 Områdernes beliggenhed

Forundersøgelsesområdet Bornholm I har et areal på ca. 277 km² og er beliggende sydvest for Bornholm. Området starter ca. 20 km fra Rønne og strækker sig ca. 21 km længere mod sydvest. Forundersøgelsesområdet Bornholm II starter ca. 20 km syd for Bornholms sydkyst og strækker sig ca. 20 km længere mod syd og har et areal på ca. 357 km² (Figur 1-1).



Figur 1-1 Oversigtskort over de to udpegede screeningsområder til etablering af nye havvindmølleparker ved Bornholm.

Figur 1-2 viser de potentielle arealbegrænsninger som nærværende rapport tager hensyn til. Det skal understreges, at Energistyrelsen ikke på nuværende tidspunkt har foretaget en konkret vurdering af, hvordan der skal tages hensyn til relevante arealinteresser i den endelige planlægning af arealet, og nærværende rapport undersøger derfor kun konsekvensen af potentielle arealbegrænsninger.



Figur 1-2 Potentielle arealbegrænsninger ved Bornholm I og Bornholm II.

3 Miljø- og planmæssige forhold

Energistyrelsen har anmodet COWI om at opdatere finscreeningen og tillægget til finscreeningen fra hhv. maj og september 2020 med henblik på at undersøge, hvor havvindmøllerne placeres bedst indenfor forundersøgelsesområderne, under hensyntagen til de potentielle arealbegrænsninger anvist i afsnit 2.1. Desuden er miljø- og plangrundlaget for området blevet opdateret.

Der er anvendt samme metode som blev benyttet i forbindelse med finscreeningen i maj 2020 (COWI 2020 (4)) og det efterfølgende tillæg (COWI, 2020 (5)).

3.1 Metode og antagelser

3.1.1 Analysens omfang

Screeningen af de miljømæssige og planmæssige forhold i relation til etablering af havvindmølleparkerne Bornholm I og Bornholm II omfatter:

- > En beskrivelse af de miljø- og planmæssige forhold i hvert af de potentielle havvindmølleområder.
- > En GIS-baseret følsomhedsanalyse af miljømæssige og planmæssige forhold, der rangerer lokaliteter og delområder indenfor lokaliteterne i relation til følsomhed overfor etablering af havvindmøller. Følsomhedsanalysen har til formål at identificere de områder, der påvirker miljøet mindst.
- > En vurdering af muligheden at etablere en havvindmøllepark på 1 GW i hver af de to projektområder (i alt 2 GW) uden at forårsage alvorlige påvirkninger på natur-, miljø- og planforhold.

3.1.2 Fremgangsmåde for følsomhedsanalysen

Følsomhedsanalysen er gennemført i to trin:

Trin 1: GIS-kortlægning af udvalgte miljø- og planmæssige forhold, der erfaringsmæssigt kan påvirkes af etablering af havvindmøller.

Trin 2: Rangordning af forskellige områders følsomhed overfor etablering af en havvindmøllepark indenfor de to projektområder, herunder fremstilling af GIS-kort til illustration af rangordningen.

Analysens Trin 1

(a) Kortlagte parametre

Trin 1 i analysen omfatter GIS-kortlægning af miljømæssige og planmæssige forhold samt menneskelig aktivitet.

(b) *Miljømæssige forhold*

Baseret på tidligere erfaringer og eksisterende data fra etablering af havvindmølleparker, er nedenstående miljømæssige forhold udvalgt (Tabel 3-1).

Det skal bemærkes at fældeområder for havfugle ikke er medtaget i GIS analysen, idet datagrundlaget er for spinkelt.

Trækruter for er heller ikke medtaget i analysen idet der, ikke findes kort over arealudbredelsen af trækruter gennem de potentielle havvindmølleområder. Trækruter for fugle er ikke desto mindre vigtige i relation til opstilling af havvindmøller. De indgår derfor i den samlede vurdering af områdernes egnethed til opstilling af havvindmøller og omtales i teksten i det omfang der findes informationer og analyser.

Endelig er forekomsten af flagermus ikke medtaget pga. manglende data. Dog er der informationer vedrørende flagermus ved Bornholm, hvilket er beskrevet for Bornholm I og Bornholm II.

Tabel 3-1 *Miljømæssige forhold der er kortlagt i GIS.*

Parameter	Forhold, der kortlægges
Fugle	Vigtige overvintringsområder for havfugle Vigtige fourageringsområder for ynglende hav- og kystfugle Vigtige rasteområder for trækfugle
Marine pattedyr	Vigtige områder for marsvin (Bilag IV art) Raste-og ynglelokaliteter for sæler
Fisk	Gydepladser for fisk, der lægger æg på havbunden Opvækstpladser for fiskeyngel
Habitater	Stenrev
Kysthabitater	Sandstrande Tidevands/marsk kyst/tilgronings og fladkyst Klintekyst
Beskyttede naturområder	Natura 2000 områder RAMSAR områder Fredede områder Havstrategiområder

Der skal knyttes følgende kommentarer til tabellen:

- > Vigtige overvintringsområder, fourageringsområder og rasteområder for hav- og kystfugle omfatter fugle i Fuglebeskyttelsesområder, områder af international betydning for fugle og biodiversitet (IBA -Important Bird and Biodiversity Areas) for hav-og kystfugle samt områder af regional betydning for hav-og kystfugle.

- > Fuglebeskyttelsesområderne er udpeget på grundlag af EU's Fuglebeskyttelsesdirektiv og har til formål at opretholde og sikre levesteder, der er blevet forringet eller er direkte truede.
- > BAer er udpeget af den Internationale organisation BirdLife International men er ikke omfattet af internationale direktiver eller konventioner som f.eks. Natura 2000-områder, der er beskyttet i henhold til EUs Habitatdirektiv og Fuglebeskyttelsesdirektiv) eller RAMSAR områder (der er beskyttet i henhold til RAMSAR konventionen). IBA-områder er:
 - a) Områder af international betydning for bevaring af fugle og anden biodiversitet
 - b) Anerkendt verden over som et praktisk værktøj til beskyttelse af fugle og biodiversitet
 - c) Udpeget efter robuste og standardiserede kriterier
- > Natura 2000-områderne er et netværk af beskyttede naturområder i EU. Områderne skal bevare og beskytte naturtyper og vilde dyre- og plantearter, som er sjældne, truede eller karakteristiske for EU-landene.
- > RAMSAR områder er internationalt beskyttede vådområder til beskyttelse af de mest værdifulde vandfugle. RAMSAR konventionen blev indgået i en international aftale (konvention) i Ramsar i Iran i 1971.
- > Havstrategiområder er områder, der er udpeget i henhold til EU's havstrategidirektiv til beskyttelse af marine områder.
- > Bilag IV arter er arter, der i henhold til EU's habitatdirektiv kræver særlig beskyttelse også i områder udenfor Natura 2000-områderne. I danske farvande er hvaler Bilag IV arter. Desuden kan der optræde flagermus som er Bilag IV arter)

(c) *Menneskelige aktiviteter/påvirkninger*

Baseret på tidligere erfaringer og eksisterende data fra etablering af havvindmølleparker, er menneskelige parametre kortlagt (Tabel 3-2).

Tabel 3-2 *Menneskelige forhold der er kortlagt i GIS.*

Parameter	Bemærkning
Visuelle effekter	Områder indenfor 0-20 km fra kysten
Skibsfart	Vigtige sejlruiter for skibsfarten
Fiskeri og akvakultur	Vigtige områder for fiskeriet og akvakulturerhvervet
Klappladser og Råstofområder	Klappladser Udviklingszone til råstofindvinding

Undersøiske kabler og ledninger	Eksisterende og planlagte el- og telekommunikations kabler samt konkrete gasrørledninger (Baltic Pipe og Nord Stream 2)
Militærområder	Militære skyde- og øvelsesområder UXO-områder (ueksploderet ammunition)
Flytrafik	Beliggenhed af beskyttelsesforanstaltninger for luftfart
Arkæologiske fund	Beliggenhed af kendte skibsvrag- og andre marinarkæologiske interesser

(d) *Datagrundlaget*

Kortlægningen er baseret på eksisterende offentligt tilgængelige data fra national overvågning og kortlægninger samt baseline data fra marine miljøkonsekvensvurderinger, herunder de data og datakilder som COWI anvendte i forbindelse med finscreeningen i 2020. Data fra Energistyrelsens rapporter vedrørende fugle i potentielle havvindmølleområder er også anvendt¹. Endelig er kortlægningen baseret på zoner udlagt i havplanen.

Datagrundlaget for GIS kortlægningen er nærmere beskrevet i Bilag A.

Analysens Trin 2

I analysens Trin 2 er hver af de kortlagte forhold tildelt en scoringsværdi, der udtrykker graden af følsomheden af de forskellige miljømæssige og planmæssige forhold overfor etablering og beliggenhed af havvindmølleparker idet følgende skala anvendes:

Scoringsværdi 1: Lav følsomhed

Scoringsværdi 2: Middel følsomhed

Scoringsværdi 3: Høj følsomhed

Scoringsværdi 4: Meget høj følsomhed.

De kortlagte forhold er også tildelt en vægt, da nogle forhold er vurderet vigtigere end andre og da midlertidige effekter er mindre alvorlige end permanente effekter.

Tabel 3-3 og Tabel 3-4 viser de scoringsværdier og vægte, der er anvendt. Vægte og scoringsværdier er udledt på baggrund af resultaterne af tidligere danske og internationale studier og monitoringsprogrammer af miljømæssige effekter af anlæg og drift af havvindmølleparker.

¹ DHI (2019). Site selection for offshore wind farms in Danish waters. Investigations of bird distribution and abundance. Energistyrelsen/Danish Energy Agency. September 2019.

Begrundelserne for tildelingen af disse scoringsværdier og vægte for de forskellige miljømæssige- og planmæssige forhold er beskrevet nærmere i Bilag B. Tabel 3-5 og Tabel 3-6 giver en kort begrundelse for tildelingen af scoringsværdier.

Tabel 3-3 *Scoringsværdier og vægte for følsomhed af miljømæssige forhold i relation til etablering af havvindmølleparker. Se Bilag B for begrundelse for de anvendte scoringsværdier og vægte.*

Parameter		Scoringsværdi	Vægt
Fugle	Vigtige overvintringsområder for havfugle: > Fuglebeskyttelsesområder > Områder af international betydning (IBA)	4	0,23
	Vigtige fourageringsområder for ynglende hav- og kystfugle: > Fuglebeskyttelsesområder > Områder af international betydning (IBA)	4	0,23
	Vigtige rasteområder for trækfugle: > Fuglebeskyttelsesområder > Områder af international betydning (IBA)	4	0,23
Marine pattedyr	Vigtige områder for marsvin	2	0,03
	Raste-og ynglelokaliteter for sæler	3	0,03
Fisk	Gydepladser for fisk, der lægger æg på havbunden	1	0,01
	Opvækst pladser for fiskeyngel	1	0,01
Habitater	Stenrev	3	0,05
Kysthabitater	Sandstrande	1	0,01
	Tidevands/marsk kyst/Tilgronings og fladkyst	2	0,01
	Klintekyst	2	0,01
Beskyttede naturområder	Natura 2000 områder RAMSAR områder Fredede områder Havstrategiområder Naturområder i havplanen	4	0,15
Summen af vægte			1,0

Tabel 3-4 Scoringseværdier og vægte for følsomhed af menneskelige aktiviteter/påvirkninger, i relation til etablering af havvindmølleparker. Se Bilag B for begrundelse for de anvendte scoringseværdier og vægte. NB: Undersøiske kabler og ledninger indgår ikke i beregningerne som sådan, men indlægges på følsomhedskortet med meget høj følsomhed.

Parameter		Scoringseværdi	Vægt
Visuelle effekter	Områder indenfor 0-20 km fra kysten	4	0,20
Skibsfart	Sejladskorridorer	4	0,20
Fiskeri og akvakultur	Vigtige områder for fiskeriet og akvakultur erhvervet	3	0,05
Militærområder	Militære skyde- og øvelsesområder Områder med risiko for forekomst af UXO*	4	0,30
Flytrafik	Beliggenhed af beskyttelsesforanstaltninger for luftfart	4	0,1
Arkæologiske forhold	Beliggenhed af kendte skibsvrag- og andre arkæologiske artefakter	3	0,05
Klappladser og Råstofområder	Klappladser Udviklingszoner til råstofindvinding	4	0,1
Summen af vægte			1,0

*UXO= Unexploded ordnance (ueksploderet ammunition).

Undersøiske kabler og rørledninger indgår ikke i den samlede følsomhedsanalyse, men er indlagt som et separat lag. Kabler og rørledninger er blevet tildelt scoringseværdien 4 og vægten 1.

Tabel 3-5 Kort begrundelse for karakterisering af følsomheden af miljøforhold, i relation til etablering af havvindmølleparker. Tallene i parentes angiver scoringsværdien. Se Bilag B for detaljeret begrundelse.

Parameter	Følsomhed	Begrundelse
Hav-, kyst og trækfugle Vigtige overvintringsområder Vigtige fourageringsområder for ynglende fugle Vigtige rasteområder for trækfugle	Meget høj (4)	Visse fuglearter er meget følsomme overfor opstilling af havvindmøller. De potentielt største miljøpåvirkninger af etablering af havvindmølleparker er således skadelige effekter på hav-, kyst- og trækfugle. Der er især tale om: <ul style="list-style-type: none"> > Fortrængningseffekt > Barriere effekt > Kollisions risiko > Habitat ødelæggelse
Marine pattedyr Vigtige områder for marsvin	Middel (2)	Marsvin kan især påvirkes i anlægsfasen som følge af undervandsstøj eller vibrationer fra f.eks. nedramningsarbejder. Der kan opstå høreskader, adfærdsmæssige effekter som f.eks. flugtdadfærd og muligvis påvirkning af vokaliseringen. Effekter i driftsfasen vil med den foreliggende viden være ubetydelig. Da der er tale om en midlertidig effekt, der kan afbødes på forskellig måde, er følsomheden middel.
Raste- og ynglelokaliteter for sæler	Høj (3)	Sæler i raste- og ynglelokaliteter er særligt følsomme overfor forstyrrelser.
Fisk Gydepladser for fisk, der lægger æg på havbunden Opvækst pladser for fiskeyngel	Lav (1)	Gydehabitater på havbunden for fisk med bundlagte æg og opvækstpladser for fiskeyngel, kan ødelægges som følge af <ul style="list-style-type: none"> > tildækning under turbiner, fundamenter, erosionsbeskyttelse eller energiø > ændringer i sedimenttransporten forårsaget af tilstedeværelsen af havvindmøller og fundamenter > Følsomheden er imidlertid lav, fordi de gyde- og opvækstarealer, der måtte blive ødelagt generelt, er lille i forhold til de samlede arealer af gyde- og opvækstpladser.
Habitater Stenrev	Høj (3)	Følsomheden af stenrev er høj fordi de er forholdsvis sjældne, økologisk vigtige og artsrige habitater. Tildækning af stenrev under turbiner, fundamenter, erosionsbeskyttelse eller energiø forårsager således ødelæggelse af et vigtigt habitat.
Kysthabitater Sandstrande Tidevands/marsk kyst/Tilgronings og fladkyst Klintekyst	Lav (1) Middel (2) Middel (2)	Kysttyperne har lav til middel følsomhed fordi de miljømæssige effekter er begrænsede og midlertidige. På de kysttyper der er vurderet til at være middelfølsomme, kan der forekomme tekniske komplikationer ved udlægning af kabler.
Beskyttede naturområder	Meget høj (4)	Da områderne er beskyttede, har de fået tildelt en meget høj scoringsværdi

Tabel 3-6 Kort begrundelse for karakterisering af følsomheden af menneskelige aktiviteter/påvirkninger, i relation til etablering af havvindmølleparker. Tallene i parentes angiver scoringsværdien. Se Bilag B for detaljeret begrundelse.

Parameter	Følsomhed	Begrundelse for vurdering af graden af følsomhed og fordelingen af scoringsværdi
Visuelle effekter Områder indenfor 0-20 km fra kysten	Meget høj (4)	Visuelle påvirkninger i kystzonen er en vigtig faktor for udviklingen af havvindmølleparker. Der er en risiko for at projekter vil kunne møde væsentlig modstand på grund af visuelle påvirkninger. 20 km grænsen blev politisk besluttet på basis af analyser af synligheden for tidligere opsatte vindmøller. De påtænkte vindmøller er større og forventes i et vist omfang at kunne ses fra land.
Skibsfart Vigtige sejlruiter for skibsfarten	Meget høj (4)	Skibstrafik er meget følsom overfor opstilling af havvindmøller, idet der i anlægsfasen kan være forøgede navigationsrisici på grund af øget trafik af anlægsfartøjer og fordi der skal oprettes eksklusions zoner omkring havvindmølleparken, hvor der er af hensyn til sejladssikkerheden, er forbud mod passage eller opankring.
Fiskeri og akvakultur Vigtige områder for fiskeriet og akvakultur erhvervet	Høj (3)	Anlæg af havvindmølleparker i vigtige fiskeri- og akvakulturområder kan have økonomiske konsekvenser for disse erhverv kan påvirkes som følge af: <ul style="list-style-type: none"> > Reduceret adgang til fiskeriområder og områder med akvakultur > Potentiel forøgelse af kollisionsrisici på grund af øget trafik af anlægs- og service fartøjer > Tab af adgang til eksisterende fiskeriområder og akvakulturområder > Begrænsninger i brug af visse fiskeredskaber som f.eks. trawl
Militærområder	Meget høj (4)	Hæren, Søværnet eller Flyvevåbnet anvender en række havområder som skyde- og øvelsesområde, hvor der kan være en konflikt i forhold til en havvindmøllepark. Desuden er der registreringer af lokaliteter, hvor der ligger ueksploderet ammunition (UXO). Hvis der skal opstilles havvindmøller i skyde- og øvelsesområder skal forsvaret opgive disse. UXO udgør en sikkerhedsrisiko
Flytrafik	Meget høj (4)	Havvindmølleparker kan udgøre en stor risiko for flytrafikken idet de kan: <ul style="list-style-type: none"> > Udgøre en forhindring for fly i indflyvningszoner > Reducere og /eller reflektere radarsignaler og derved skabe blinde områder for flytrafikken > Påvirke radioanlæg til brug for flynavigation
Undersøiske kabler og ledninger	Meget høj (4)	Havvindmølleparker kan være i konflikt med elkabler og rørledninger idet de kan forårsage direkte skade på kabler og ledninger.
Arkæologiske forhold	Høj (3)	Opstilling af havvindmøller kan skade vrage og andre marinarkæologiske interesser ved: <ul style="list-style-type: none"> > Forårsage direkte skade > Forårsage indirekte påvirkninger som følge af erosion de kan eksponere tidligere skjulte objekter eller områder

Parameter	Følsomhed	Begrundelse for vurdering af graden af følsomhed og til- delingen af scoringsværdi
Klappladser og Råstofområder	Meget høj (4)	Klappladser og råstofvindingsområder kan påvirkes af opstilling af havvindmøller ved: <ul style="list-style-type: none"> > Begrænset adgang til området > Reducerede mængder som følge af ændrede hydro-dynamiske forhold.

På basis af GIS-kortene og af udbredelsen af de udvalgte miljø-, og planmæssige og menneskelige forhold samt scoringsværdier og vægte er den samlede følsomhed overfor etablering og drift af havvindmølleparker i de to projektområder Bornholm I og Bornholm II beregnet vha. GIS modellen.

Der er fremstillet separate GIS-kort over den samlede følsomhed for miljømæssige forhold og af de menneskelige forhold.

Kortene repræsenterer summen af de vægtede scoringsværdier. Der er anvendt følgende skala:

- > Lav følsomhed
- > Middel følsomhed
- > Høj følsomhed
- > Meget høj følsomhed

De fire følsomhedskategorier er beregnet ved hjælp af "Jenks natural break classification" metode.

Jenks metoden er en statistisk klassifikationsmetode, der bestemmer den bedste fordeling af værdier i forskellige klasser (fire i dette tilfælde). Fordelingen bestemmes ved at minimere hver classes gennemsnitlige afvigelse fra klassens middelværdi og samtidig maksimere hver classes afvigelse fra middelværdien af de øvrige klasser. Jenks klassifikationen er udført ved hjælp af ArcGIS.

Bemærk at for kabler og olie/gasledninger er det vurderet, at man ikke kan opstille havvindmøller på deres positioner og i en bufferzone på 200 m på hver side af et kabel eller en ledning. Det vil sige at i disse områder vil følsomheden vægtes som en score på 4 og en vægt på 1, og blokere for opsætning af havvindmøller. Undersøiske kabler og rørledninger er indsat direkte på kortene med meget høj følsomhed.

3.1.3 Beskrivelse af de miljø- og planmæssige forhold i de forskellige områder

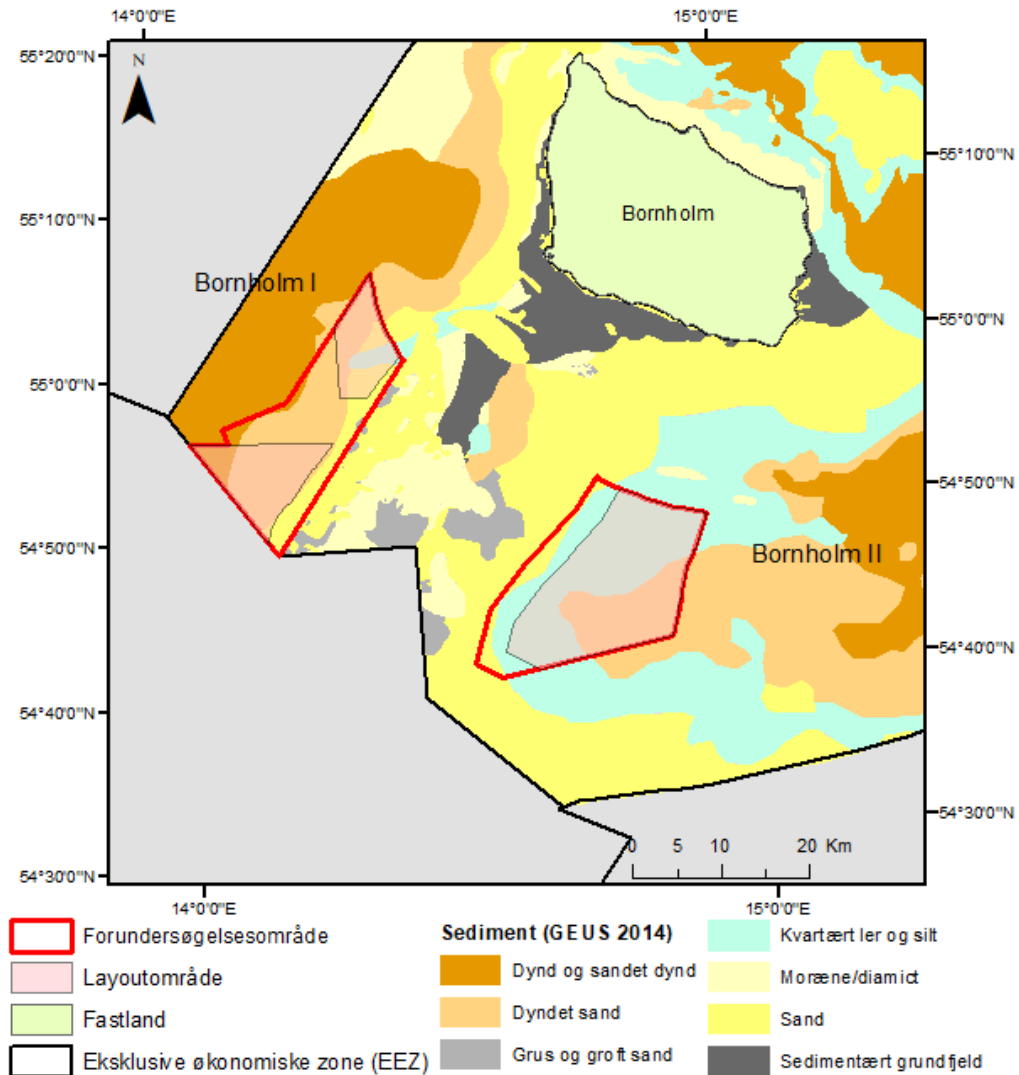
De karakteristiske natur-, miljø-, planmæssige og menneskelige forhold i de potentielle havvindmølleområder er beskrevet. Desuden er der på baggrund af resultaterne af følsomhedsanalyserne for hvert område vurderet og beskrevet følgende:

- > Om det er muligt at etablere en havvindmøllepark på 1 GW i hver af de forundersøgesområder (Bornholm I og Bornholm II), under hensyntagen til potentielle arealbegrænsninger, uden at forårsage alvorlige påvirkninger på natur-, miljø-, plan- og menneskelige forhold under forudsætning af at egentlige forundersøgelser og miljøkonsekvensvurderinger gennemføres senere. Mulige afvejn timer og forbehold er beskrevet.
- > Det enkelte områdes egnethed i forhold til de øvrige
- > Angivelse af hvorvidt de foreslåede layouts for Bornholm I og Bornholm II kan etableres uden at påvirke natur-, miljø- og planforhold væsentligt.

3.2 Eksisterende miljøforhold i projektområdet

3.2.1 Marine habitater

Havbunden i Bornholm I består af sand og dyndet sand. I Bornholm II er der Kvartær ler og silt og et lille område med dyndet sand (Figur 3-1). Disse sedimenter er habitat for bundfaunaorganismer, der lever i og på sedimentoverfladen.

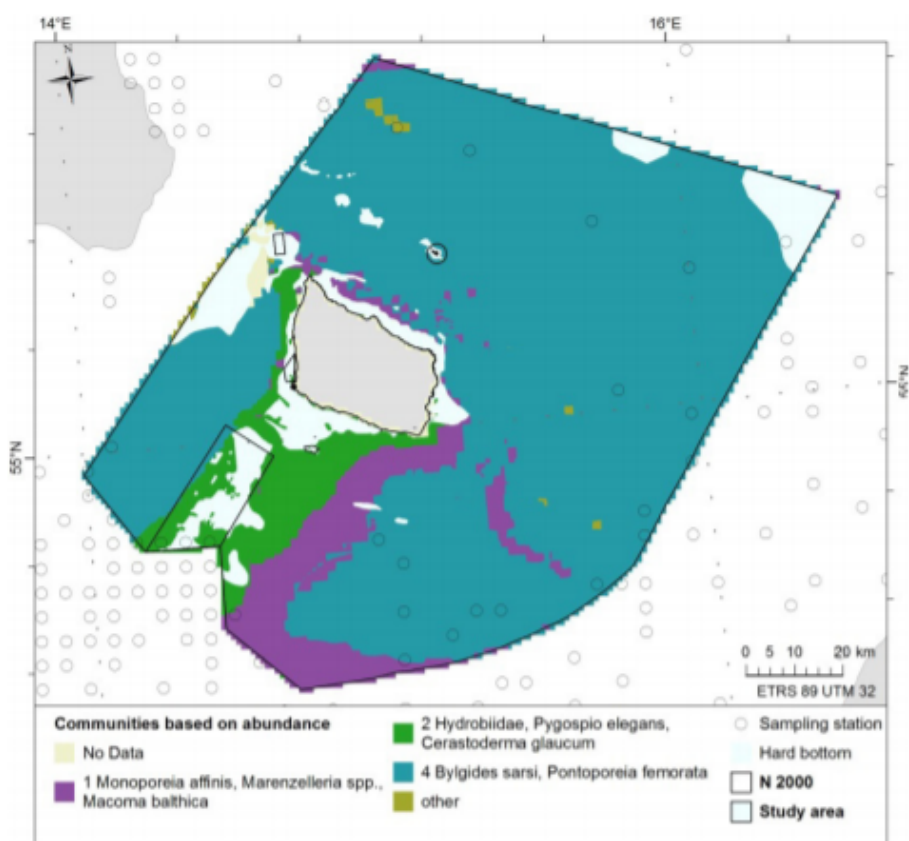


Figur 3-1 Havbundsforhold i og omkring potentielle havvindmølleparker Bornholm I og Bornholm II (GEUS, 2018).

Traditionelt har man inddelt bundfaunaen i en række bundfaunasamfund, hver med deres karakteristiske artssammensætning. Artssammensætningen er afhængig af karakteren af det omgivende miljø (f.eks. sedimenttype, vanddybde, saltholdighed og iltforhold ved bunden).

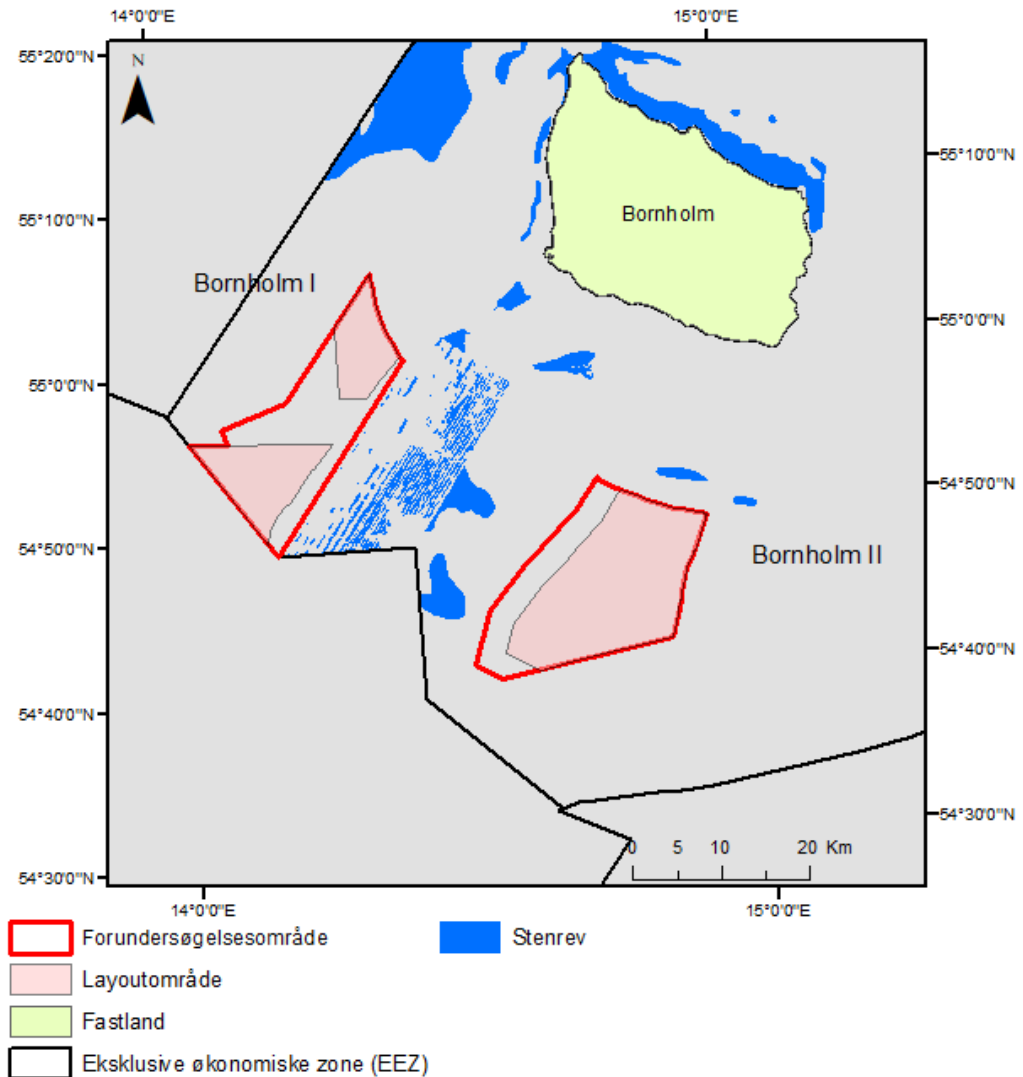
Bundfaunaen i Bornholm I er domineret af børsteormen *Bylgides sarsi* og krebsdyret *Pontoporeia femorata*. Udbredelsen af dette samfund er vist på Figur 3-2 (Samfund 4, vist med blå farve) (Edelvang et al. 2017).

Bundfaunaen på ler og siltbund i Bornholm II har en anden sammensætning. Her dominerer krebsdyret *Monoporeia affinis*, muslingen *Macoma balthica*, og den invasive børsteorm *Marenzelleria* ssp. Desuden forekommer krebsdyrene *Saduria entomo* og *Pontoporeia femorata* samt ormen *Halicryptus spinulosus*. Udbredelsen af dette samfund er vist på Figur 3-2 (Samfund 1, vist med lilla farve). Området med dyndet sand i Bornholm II er karakteriseret ved forekomst af børsteormen *Bylgides sarsi* og krebsdyret *Pontoporeia femorata* (Edelvang et al. 2017). Udbredelsen af dette samfund er vist på Figur 3-2 (Samfund 4, vist med blågrønlig farve).



Figur 3-2 Bundfauna samfund omkring Bornholm (figur fra Edelvang et al. 2017)

Området mellem Bornholm I og Bornholm II indgår i Habitatområde H261 "Adler Grund og Rønne Banke" (se nedenfor). Det meste af havbunden er hård bund (dvs. klippegrund, moræne med sten samt grus og groft sand). Der er tale om et 4 km langt stenrevsområde, som strækker sig ind i over den tyske grænse. Stenrevene ligger på relativt dybt vand (fra 14-30 m) og er derfor sparsomt bevoksede med alger, men domineres af blåmuslinger, der flere steder har en dækningsgrad på stenene på op til 100 % (Edelvang et al. 2017, Naturstyrelsen 2014). Der forekommer ikke stenrev i Bornholm I og Bornholm II (Figur 3-3).

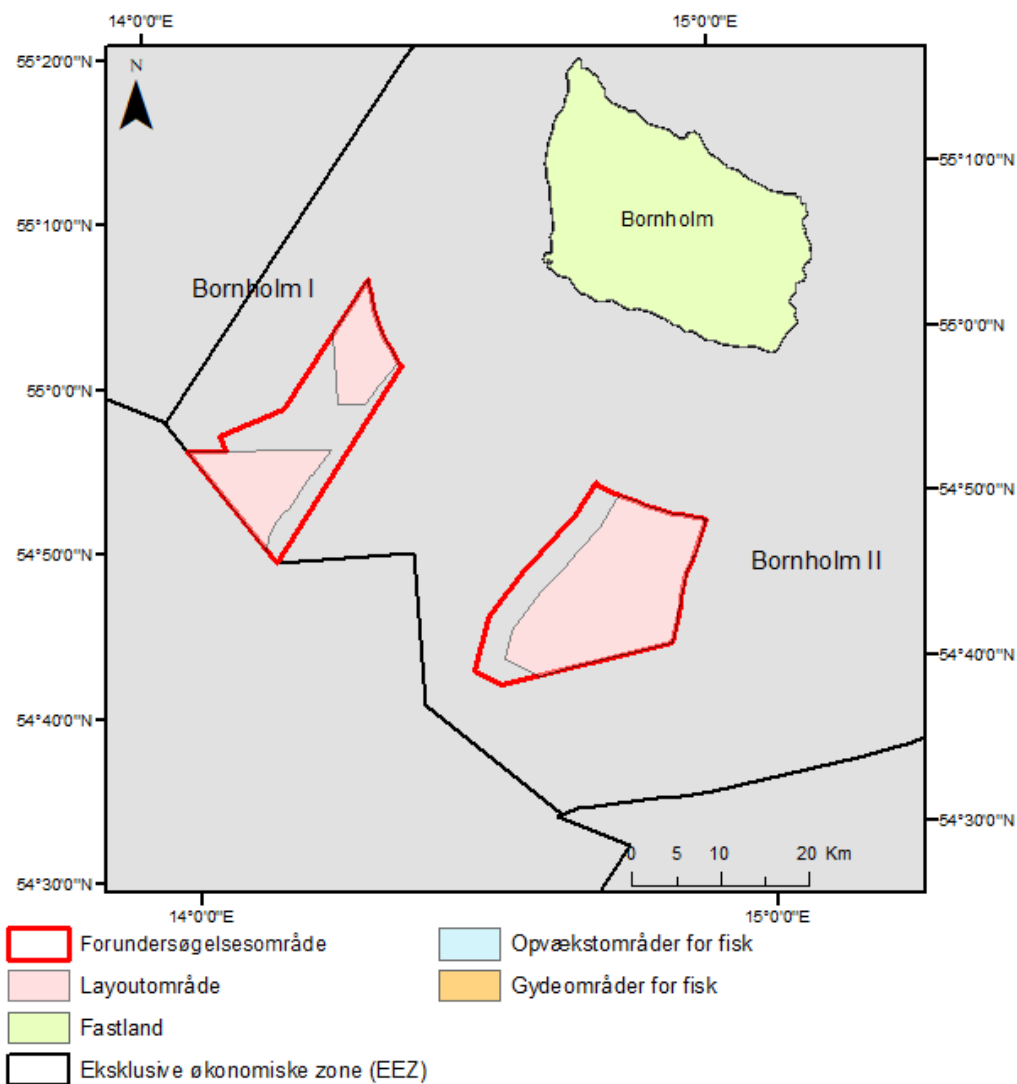


Figur 3-3 Potentielle stenrevsområder i og omkring Bornholm I og Bornholm II (GEUS 2020).

3.2.2 Fisk

Fiskefaunaen i de to områder er domineret af bundfiskene torsk (*Gadus morhua*) og skrubbe (*Platichthys flesus*) samt de pelagiske arter sild (*Clupea harengus*) og brisling (*Sprattus sprattus*) (Edelvang et al. 2017, Warnar et al. 2012).

Der findes ikke gydeområder for fisk, der lægger deres æg på havbunden eller opvækstpladser for fiskeyngel i de to potentielle projektområder, der kunne påvirkes af tildækning under turbiner, havvindmøllefundamenter eller erosionsbeskyttelse (Figur 3-4).



Figur 3-4 *Bornholm I og Bornholm II i relation til forekomst af gydeområder for fisk, der lægger deres æg på havbunden og opvækstpladser for fiskeyngel.*

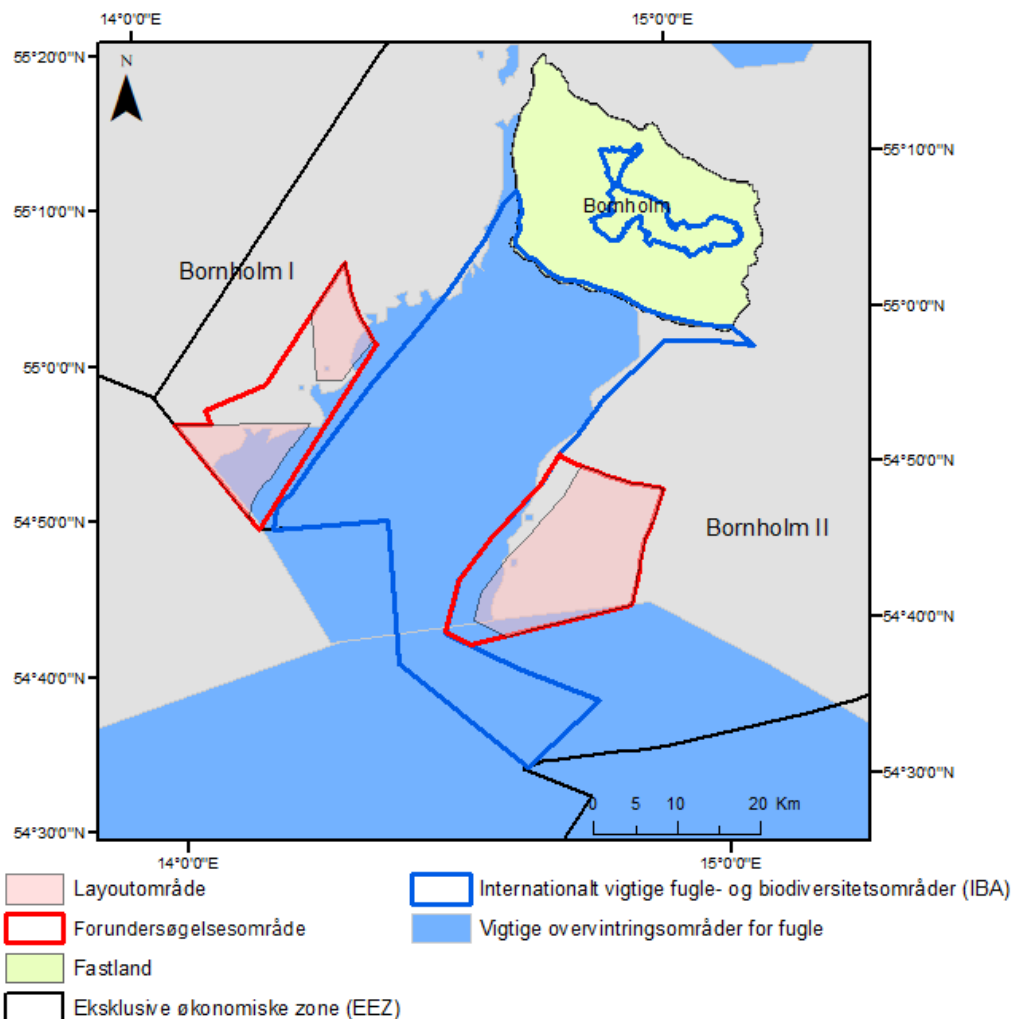
3.2.3 Fugle

Overvintrende fugle

Dele af Bornholm I og Bornholm II ligger i udkanten af et overvintringsområde for havfugle, men udenfor det internationalt vigtige fugleområde (IBA) nr. DK120 *Rønne Banke*, der er udpeget af BirdLife International (Figur 3-5). Den danske del af IBA-området, er desuden foreslået udpeget som Fuglebeskyttelsesområde "*Rønne Banke*", med udpegningsgrundlaget havlit, men udpegningen er endnu ikke vedtaget. Udpegningen har været i høring og området behandles derfor i vurderingen som et udpeget fuglebeskyttelsesområde.

IBA- området er af international betydning som overvintringsområde for havlit (*Clangula hyemalis*), fløjlsand (*Melanitta fusca*) og sortand (*Melanitta nigra*). Området er desuden det vigtigste overvintringsområde for havlit i Danmark. Desuden forekommer toppet skallesluger (*Mergus serrator*), toppet lappedykker (*Podiceps cristatus*), nordisk lappedykker og tejest (*Cepphus grylle*) (BirdLife International 2020, DOFbasen 2020, Petersen et al. 2019, Edelvang et al. 2017).

De viste grænser for udbredelsen af vigtige overvintringsområder er ikke helt sammenfaldende med grænserne for IBA-området mod nord og sydøst. Årsagen til forskellen er formentlig at udpegningen af IBA'en blev baseret på data vedrørende udbredelse af de ovennævnte arter fra 1988-1995, mens det viste overvintringsområde i danske farvande er baseret på udbredelsen af havlit i 2004.



Figur 3-5 Vigtige overvintringsområder for fugle i 2004 (baseret på Edelvang et al, 2017). NB. IBA'en er forslået som EU Fuglebeskyttelsesområde "Rønne Banke" med havlit som udpegningsgrundlag.

Havlit, fløjsand og sortand lever af bunddyr, herunder især muslinger. De store forekomster af blåmuslinger i området er formodentlig hovedårsagen til at havlit, sortand og fløjsand overvintrer netop her. Der er således et markant sammenfald mellem forekomst af blåmuslinger og forekomst af havlit (se Figur 3-6).

Det fremgår også, at der tilsyneladende ikke findes større forekomster af blåmuslinger i Bornholm I og Bornholm II, selvom der er observeret havlitter i områder (dog i langt mindre mængde end i områderne med blåmusling forekomster). Det kunne tyde på at de to områder ikke er fourageringsområder for havlit.

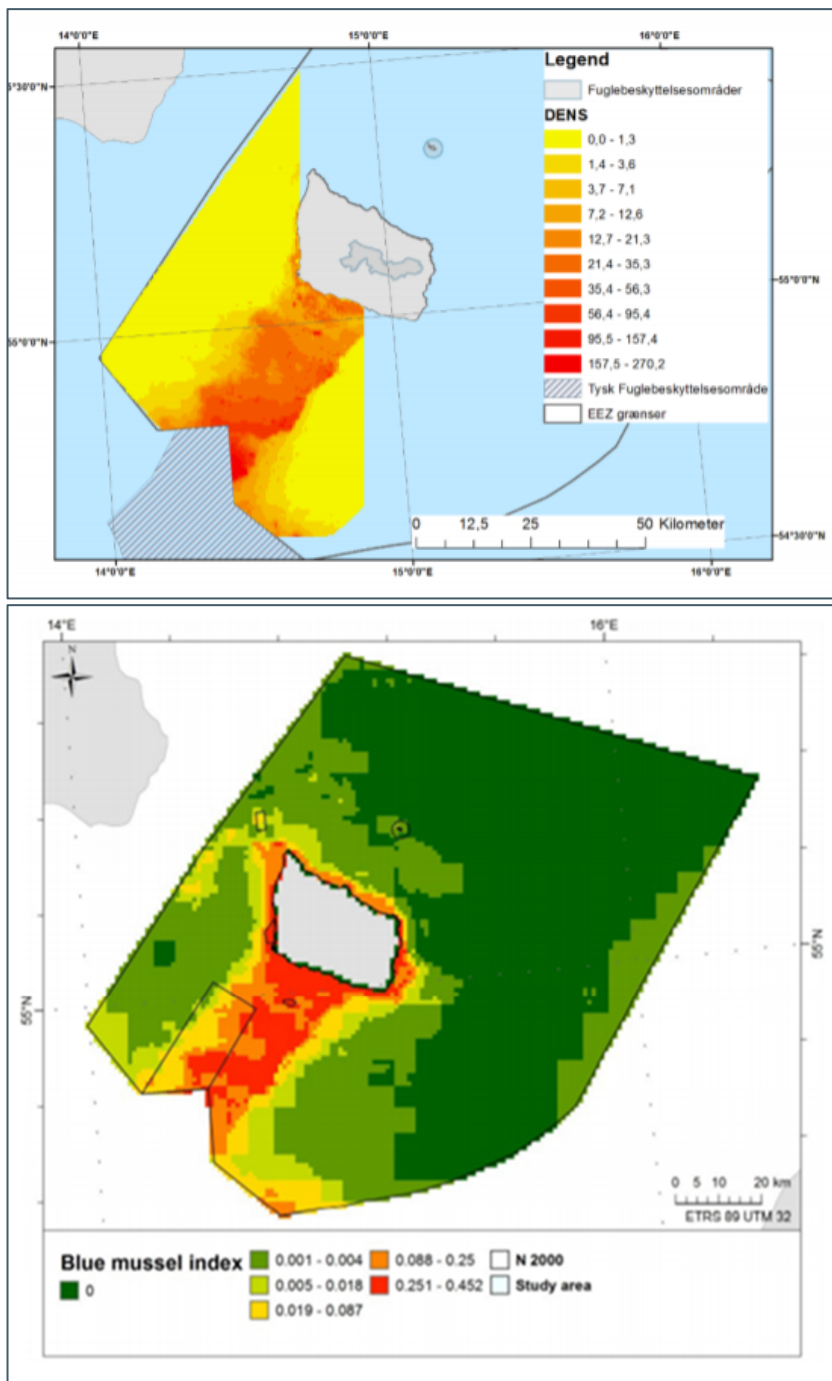
Undersøgelser har vist at visse havfugle kan skræmmes af havvindmøllernes tilstedeværelse og bevirke at de fortrænges fra området, det gælder bl.a. havlit fløjsand og sortand som findes i området (Langston and Pullan 2003, Petersen et al. 2006). Fortrængningseffekter kan være et problem hvis fuglene fortrænges fra et vigtigt fødesøgningsområde.

I handlingsplanen for bevaring af havlit refereres til to danske undersøgelser af fortrængning af havlitter fra havvindmølleparker (Hearn et al. 2015). Ved Nysted havvindmøllepark observerede man, at havlitter blev fortrængt indenfor et område på op til 2 km fra havvindmølleparken og at denne effekt kunne observeres 5-6 år efter etablering af havvindmølleparken. Noget lignende blev observeret ved Lillegrund i Øresund.

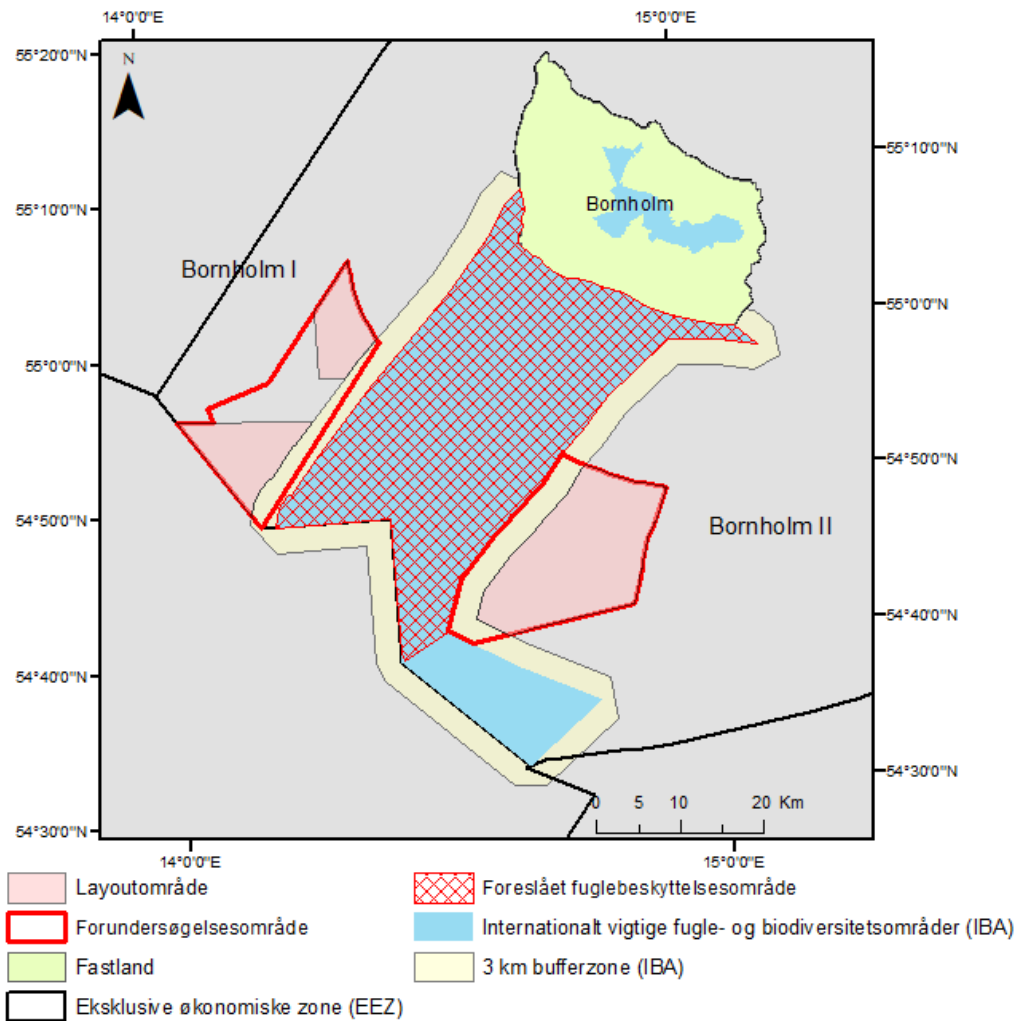
Selvom der ikke umiddelbart foreligger dokumentation for fortrængningseffekter fra havvindmøller på havlit ud over 2 km, er det undersøgte layout inden for Bornholm I og Bornholm II placeret således, at der er 3 km afstand mellem turbinerne og det internationalt vigtige fugleområde IBA nr. 120/foreslåede fuglebeskyttelsesområde "*Rønne Banke*" og blåmuslingebankerne, der er et vigtigt fødesøgningsområde for havlitter (Figur 3-7). Formålet med denne rapport er at sikre, at der kan etableres 2 GW havvind i Bornholm I og Bornholm II selv hvis nogle områder ikke kan anvendes og der er derfor valgt en afstand på 3 km, da der med denne afstand er en reduceret risiko for, at havlit vil blive fortrængt fra området.

Baseret på denne analyse af eksisterende data, er der af hensyn til havfugle, ikke noget der taler imod at man kan opstille havvindmøller i Bornholm I og Bornholm II.

For endeligt at verificere dette, anbefales det, at der gennemføres en detaljeret analyse af følsomheden af især havlit men også fløjsand og sortand i relation til opstilling af havvindmøller i Bornholm I og Bornholm II, herunder habitategnethed (habitat suitability) og risikoen for fortrængningseffekter (habitat displacement).



Figur 3-6 Forekomst af havlit (*Clangula hyemalis*) I vinteren 2004 (øverste figur) sammenholdt med forekomsten af blåmuslinger sydvest for Bornholm (Figurer fra Edelvang et al. 2017).



Figur 3-7 *Internationalt vigtige områder for fugle (IBA'er og Fuglebeskyttelsesområder) i og omkring projektområderne Bornholm I og Bornholm II. Der er lagt en 3 km bufferzone omkring IBA nr. 120 Rønne Banke.*

Trækkende fugle

Bornholm I og Bornholm II ligger i trækruterne for fugle, der yngler i Sverige og Norge og som overvintrer mod syd. Østersøområdet mellem Danmark, Sverige og Tyskland er således vigtig for bl.a. trane- og rovfugletræk (DHI 2019)

Det kan ikke udelukkes at etablering af havvindmølleparker kan:

- > Forårsage en barrierevirkning for trækkende fugle, der skræmmes af havvindmøllernes tilstedeværelse og som typisk vil medføre at fuglene flyver udenom havvindmølleparken og dermed får en større strækning, der skal tilbagelægges.
- > Forårsage at trækkende fugle kolliderer med de roterende havvindmøllevinger eller med havvindmølletårnene. Kollisioner vil typisk medføre at fuglen dør.

Internationalt set, er tranen den vigtigste art, der krydser området (NABU 2019). Forår og efterår krydses dette farvand således af det meste af den svenske og norske population af traner på ca. 84.000 fugle. Det er observeret, at de fleste traner passerer området i 150 til 200 meters højde. Observationer ved den nærliggende Baltic II havvindmøllepark viste desuden, at når tranerne nærmede sig havvindmølleparken, var der en klar tendens til, at de sænkede flyvehøjden, men at flyvehøjden blev øget igen tæt på havvindmøllerne. (DCE, DHI og NIRAS 2015).

Det anbefales, at der gennemføres en detaljeret analyse af følsomheden af traner i relation til opstilling af havvindmøller i Bornholm I og Bornholm II, herunder estimering af antal fugle, der omkommer som følge af kollision i forhold til PBR²

3.2.4 Flagermus

Der er registreret trækkende og strejfende flagermus over Rønne Banke ved Bornholm II. Der var tale om brunflagermus, troldflagermus og vandflagermus (Energistyrelsen 2015).

Flagermus kan tiltrækkes af insekter, der samler sig omkring havvindmølletårne i stille og varmt vejr. Om natten tiltrækkes insekter sandsynligvis af havvindmøllerne som afgiver varme der er ophobet i løbet af dagen. Flagermus på jagt efter insekter kan kollidere med direkte med havvindmøllevinger eller de kan blive dræbt af ændringer i lufttrykket omkring vingerne. Energistyrelsen 2015 vurderede, på basis af den eksisterende viden, at der er tale om en diffus forekomst af trækkende flagermus i området og at havvindmøllers påvirkning på flagermus i området vil være begrænset.

3.2.5 Marine pattedyr

Der er observeret høje tætheder af marsvin (*Phocoena phocoena*) i og omkring Bornholm I og Bornholm II (Figur 3-8). Marsvin indgår i udpegningsgrundlaget for Habitatområde H261 "Adler Grund og Rønne Banke" (Se afsnit 3.3.1).

Marsvinene, der optræder omkring Bornholm, er en blanding af to populationer nemlig Bælthavspopulationen (der findes i Kattegat, Lille Bælt, Storebælt, Øresund og den vestlige Østersø) og en særlig Østersøbestand, der kun optræder i Østersøen. Kerneområdet for Østersøbestanden er den centrale Østersø, herunder særligt Midsjöbanke og Hoburgs Banke, hvor marsvinene yngler i sommerperioden (Wiemann et al. 2010, Galatius et al. 2012, Sveegaard et al. 2015, SANBAH 2016).

Bælthavs populationens størrelse har været relativt stabil de sidste 20 år (Hammond et al. 2017), mens Østersø populationen er opført på IUCNs liste over kritisk truede dyrearter (Edelvang et al. 2017). Det er estimeret, at Østersø populationen består af ca. 500 individer, men med betydelig usikkerhed på antallet (Amundin 2016).

² PBR (Potential Biological Removal) er et mål for den ekstra dødelighed, den samlede biogeografiske bestand vurderes at kunne tåle.

Der er ikke kendskab til at tilstedeværelsen af havvindmølleparker i driftsfasen vil påvirke marsvin. Derimod kan marsvin blive påvirket af undervandsstøj eller vibrationer i anlægsfasen fra f.eks. nedramningsarbejder. Følgende potentielle effekter kan forekomme:

- > Permanente eller midlertidige høreskader
- > Påvirkning af vokaliseringen hos hvaler, dvs. at de enten udsender højere eller lavere kommunikations-/orienteringslyde
- > Påvirkning af adfærd, som f.eks. flugtadfærd

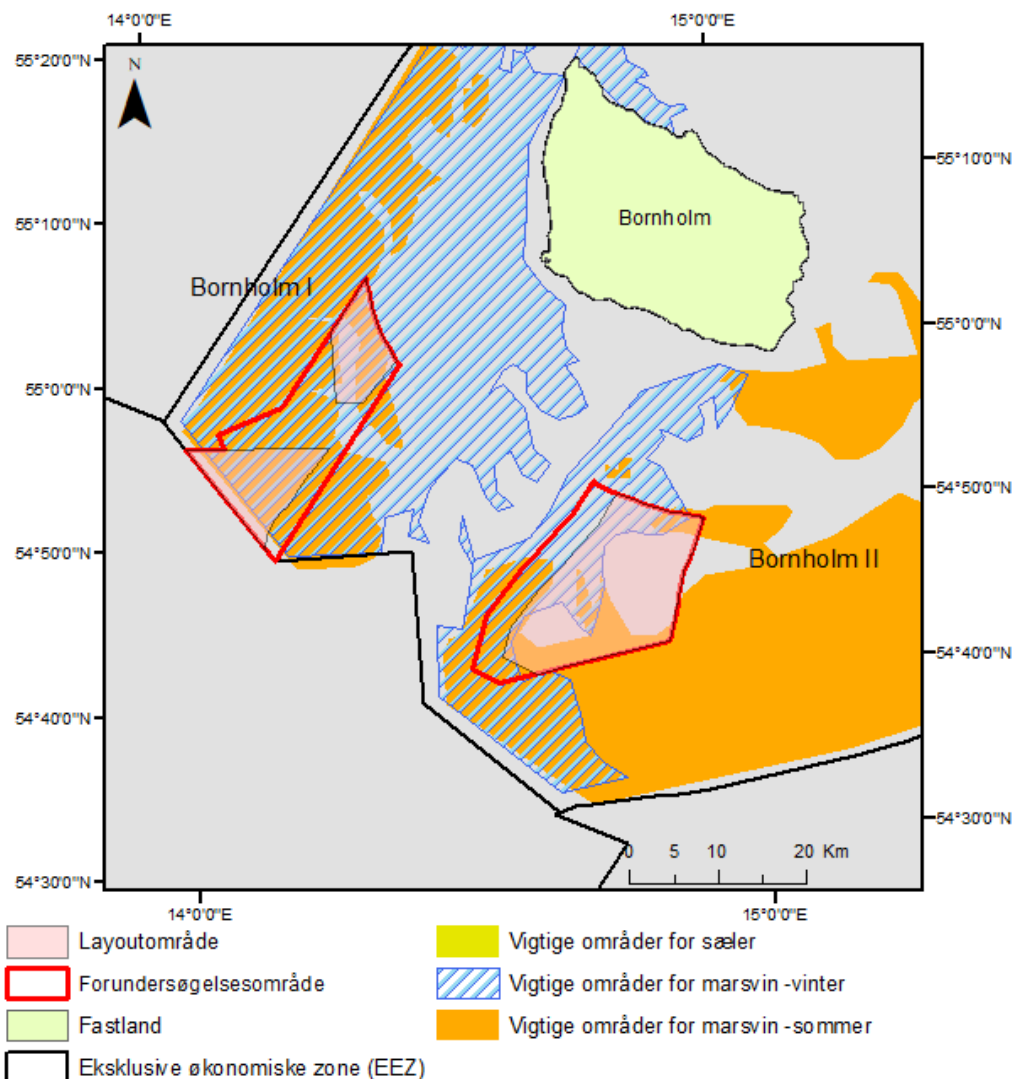
Da potentielle effekter vil være tidsbegrænsede og da projektområdet ligger langt fra marsvinenes yngleområder som er særligt følsomme vurderes disse påvirkninger umiddelbart at være begrænsede, men skal naturligvis undersøges nærmere i forbindelse med et eventuelt konkret projekt. Hertil kommer, at der kan iværksættes forskellige afværgeforanstaltninger, herunder f.eks. benyttelse af "soft start" i forbindelse med nedramning, anvendelse af akustiske alarmer som pingere og sælskræmmere, der jager dyrene væk således at de f.eks. ikke får høreskader og anvendelse af "boblegardiner" eller afskærmning af nedramningssteder for at reducere lydudbredelsen.

Området er ikke specielt vigtigt for sæler. Der findes således ikke raste-og ynglelokaliteter for spættet sæl ved Bornholm og farvandene omkring Bornholm besøges ikke regelmæssigt af denne art (Edelvang et al. 2017).

Gråsælen var tidligere en almindelig og udbredt sælart i de danske farvande og yngede frem til omkring 1900 på uforstyrrede lokaliteter ved de danske kyster. I dag forekommer arten fåtalligt, men i de senere år er antallet af gråsæler, der ses i danske farvande steget (Miljøstyrelsen 2020) og ved Bornholm og Christiansø ses særligt mange gråsæler (Miljøstyrelsen 2020). Gråsælen, der optræder i Østersøen, er genetisk forskellig fra den gråsæl man finder i de øvrige danske farvande og er den hyppigst forekommende sælart i Østersøen, den Botniske Bug og Finske Bugt (Graves et al. 2009).

Ertholmene er den eneste raste-og yngleplads for arten ved Bornholm og kerneområdet for gråsæl er farvandet nord for Bornholm. Gråsælen kan fouragere flere hundrede kilometer fra rastepladserne, men den optræder mindre hyppigt i og omkring projektområderne Bornholm I og Bornholm II. Populationen af gråsæl ved Ertholmene, er steget markant fra 2002-2005, hvor der kun blev talt 0-12 individer til 850 observerede individer i 2015 (Edelvang et al. 2017).

I lighed med marsvin, kan undervandsstøj i anlægsfasen forårsage høreskader hos sæler og påvirke deres adfærd, herunder udløse flugtadfærd. Sæler er dog langt mindre følsomme overfor undervandsstøj end marsvin. Sæler er særligt følsomme for støj på deres raste-og ynglepladser, men da disse ligger langt fra Bornholm I og Bornholm II, vurderes dette ikke umiddelbart at være et problem, men skal naturligvis undersøges i forbindelse med et konkret projekt.



Figur 3-8 Forekomst omkring Bornholm af sæler samt marsvin sommer og vinter (Edelvang et al. 2017).

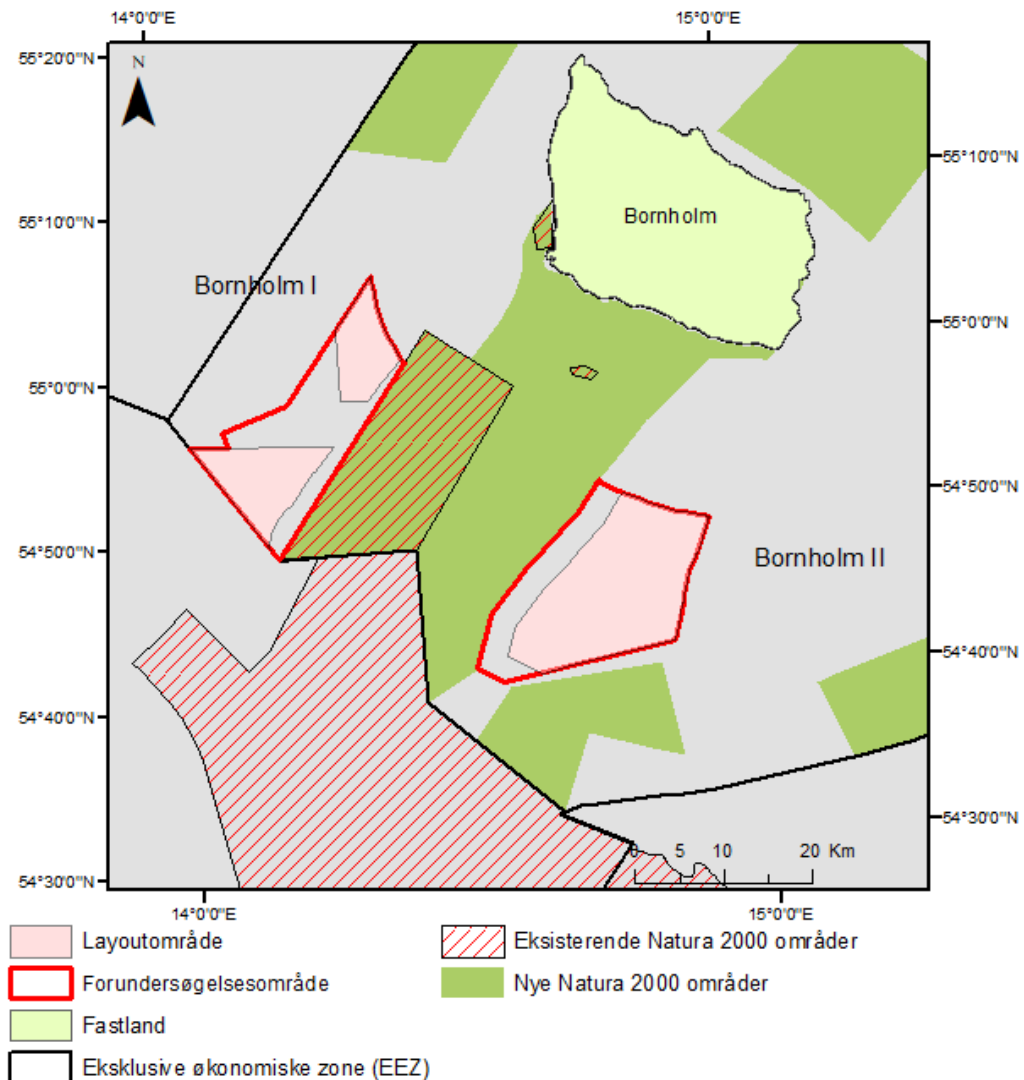
3.3 Eksisterende planforhold

3.3.1 Internationale beskyttede naturområder

Forundersøgelsesområderne ligger ikke inden for beskyttede naturområder mens området mellem Bornholm I og Bornholm II er udpeget som Habitatområde H261 *Adler Grund og Rønne Banke*. Udpegningsgrundlaget for habitatområdet er habitatnaturtyperne 1110 Sandbanke, 1170 Rev og 1351 Marsvin. I udkast til Danmarks havplan er den danske del det internationalt vigtige fugleområde (IBA) nr. DK120 *Rønne Banke* (se Figur 3-5) foreslået udpeget som Fuglebeskyttelsesområde "*Rønne Banke*", med udpegningsgrundlaget havlit, men udpegningen er endnu ikke vedtaget. Udpegningen har været i høring og området behandles derfor i vurderingen som et udpeget fuglebeskyttelsesområde.

Området, grænser op til det tyske Natura 2000 område DE 1552401 *Pommersche Bucht*, hvor udpegningsgrundlaget omfatter habitatnaturtyperne 1110 Sandbanke

og 1170 Rev samt 22 forskellige fuglearter herunder havlit, sortand og fløjsand som er hyppigt forekommende på den danske side af grænsen (Naturstyrelsen 2014).



Figur 3-9 *Beliggenheden af Natura 2000 områder, RAMSAR områder og havstrategiområder i og omkring de potentielle havvindmølleområder. NB. Natur og miljøbeskyttelsesområdet mellem Bornholm I og Bornholm II angiver IBA område nr. DK120 Rønne Banke, der er forslået som EU Fuglebeskyttelsesområde "Rønne Banke" med havlit som udpegningsgrundlag. Udpegningen har været i høring og området behandles derfor i vurderingen som et udpeget fuglebeskyttelsesområde.*

3.3.2 Havplan

Danmarks Havplan udgør den overordnede planlægning for de danske havområder. I havplanen udlægges områder, som kan anvendes til bestemte typer aktiviteter og anlæg. Med havplanen er det første gang, at Danmark får en helhedsorienteret fysisk planlægning på det danske havareal. Udkast til Danmarks første havplan blev sendt ud i offentlig høring den 31. marts 2021. Den endelige havplan forventes at blive godkendt i slutningen af 2021.

Forslag til Danmarks Havplan er en udmøntning af lov om maritim fysisk planlægning, LBK nr. 400 af 06/04/2020, der gennemfører Europa-Parlamentets og Rådets direktiv om rammerne for maritim fysisk planlægning, EU-direktiv 2014/89.

Havplanens arealfordeling er baseret på forskellige zoner som kan opdeles i 4 typer angivet nedenfor. Udlagte zoner i havplanen, som indenfor eller i nærheden af projektområderne Bornholm I og Bornholm II er markeret med *.

Udviklingszoner:

- > Vedvarende energi og energiøer*
- > Efterforskning og indvinding af olie/gas
- > CO₂ -lagring
- > Nye transportinfrastrukturprojekter
- > Akvakultur, herunder skaldyrproduktion og havbrug
- > Råstofindvinding*

Særlige anvendelseszoner:

- > Sejladskorridorer*
- > Beskyttelsesforanstaltninger for luftfart*
- > Kabelkorridorer for vedvarende energi*
- > Landindvinding
- > Rørledninger*

Natur- og miljøbeskyttelsesområder:

- > Natura 2000-områder*
- > Fredede områder
- > Natur- og vildtreservater
- > Havstrategiområder

Generelle anvendelseszoner*:

- > De generelle anvendelseszoner omfatter alle de områder i Danmarks Havplan, der ikke er udlagt til andre formål

Udlagte zoner i havplanen, som vurderes relevante for Bornholm I og Bornholm II er listet i Tabel 3-7 og er vist på kort i de efterfølgende underafsnit.

Militære områder er ikke en del af bekendtgørelsen, men fremgår i havplanen som servicelag og vurderes relevante i forhold til etablering af Bornholm I og Bornholm II.

Tabel 3-7 Relevante zoner i Danmarks Havplan i forhold til Bornholm I og Bornholm II.

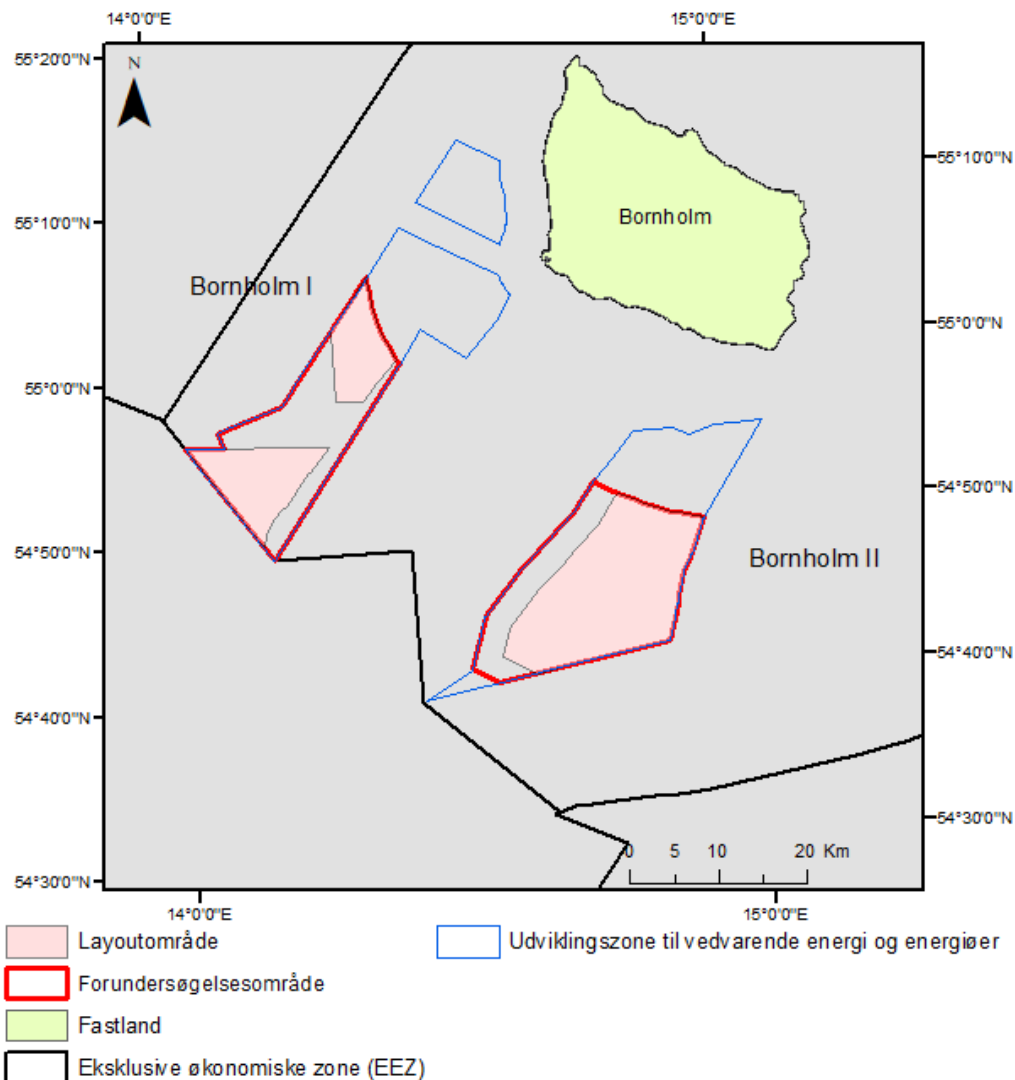
Zoner	Formål
Udviklingszone til råstofindvinding (R)	at sikre, at der inden for området kan foretages indvinding af sten, grus, sand o.l.
Udviklingszone til vedvarende energi og energiøer (Ei)	at sikre ilandføring af kabler fra fremtidige anlæg til vedvarende energi (Ek)

Zoner	Formål
	at sikre, at der inden for området kan etableres anlæg og tilhørende installationer til vedvarende energi (Ev) og energiøer (Ei)
Sejladskorridorer (S)	at sikre, at der ikke lægges hindringer i vejen for den frie sejlads eller at denne væsentligt vanskeliggøres
Konkrete transitørledninger (Baltic Pipe)	Formålet med udlægning af zonen er at sikre, at der ikke lægges hindringer i vejen for etablering af Baltic Pipe.
Konkrete transitørledninger (Nord Stream 2)	Formålet med udlægning af zonen er at sikre, at der ikke lægges hindringer i vejen for etablering af Nord Stream 2.
Beskyttelsesforanstaltninger for luftfart (I)	at sikre, at der ikke lægges hindringer i vejen for ud- og indflyvningen til offentlige flyvepladser samt at sikre luftfartens sikkerhed.
Natur- og miljøbeskyttelsesområder (N)	at sikre, at havplanen afspejler de områder, inden for de danske havområder, der indgår i et område, som er udpeget som henholdsvis havstrategiområder, Natura 2000-områder (habitatområder og fuglebeskyttelsesområder), Ramsarområder, natur- og vildtreservater eller områder, som er fredede, for at sikre beskyttelse af havets natur og miljø.
Generel anvendelseszone (G)	at sikre, at der inden for området er mulighed for bl.a. fiskeri, sejlads samt aktiviteter og anlæg, der ikke planlægges for med havplanen, herunder fx havneudvidelser, kystbeskyttelses anlæg, turisme og rekreativ anvendelse

I det følgende er Bornholm I og Bornholm II kortlagt i forhold til havplanens zoner og servicelag (militære aktiviteter).

Vedvarende energi og energigør

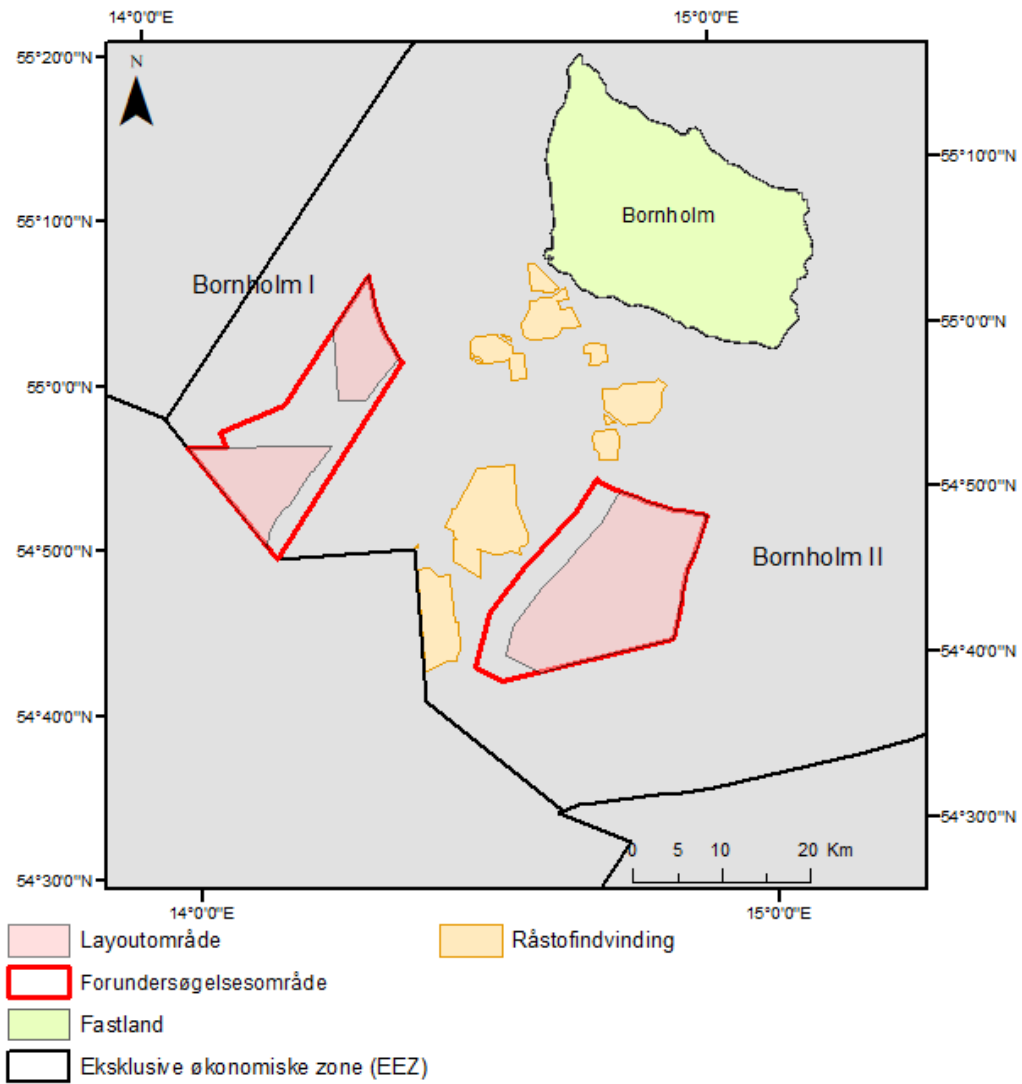
Projektområderne Bornholm I og Bornholm II ligger inden for udviklingszoner til vedvarende energi og energigør og projektområdernes placering er dermed i overensstemmelse med havplanen (Figur 3-10).



Figur 3-10 Udviklingszone til vedvarende energi og energigør i og omkring projektområderne Bornholm I og Bornholm II.

Råstofindvinding

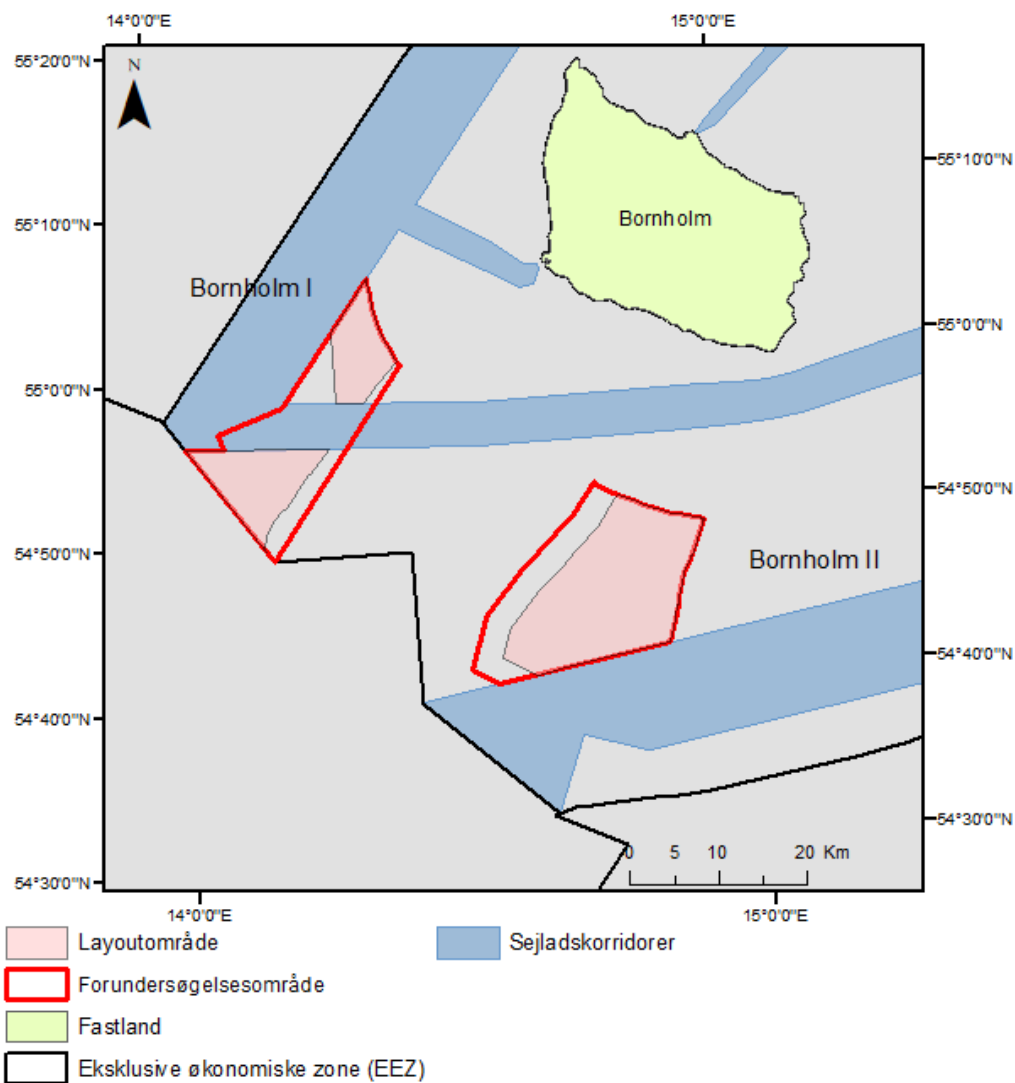
Der er udlagt en række udviklingszoner til råstofindvinding mellem de to projektområder Bornholm I og Bornholm II. Der er ikke overlap mellem udviklingszoner til råstofindvinding (Figur 3-11) og projektområdernes placering er dermed i overensstemmelse med havplanen.



Figur 3-11 Udviklingszoner til råstofindvinding i og omkring projektområderne.

Sejladskorridorer

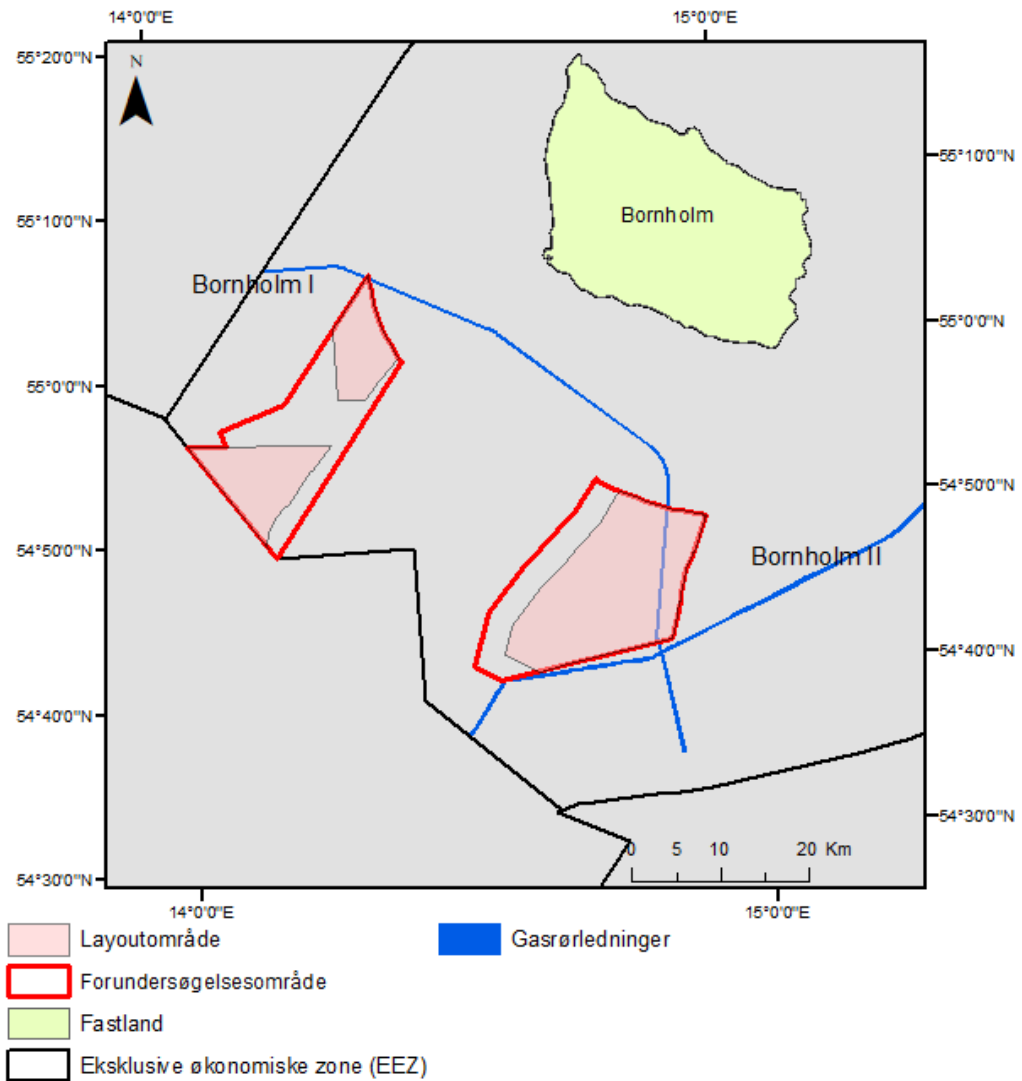
Bornholm I og Bornholm II grænser begge op til en primær sejladskorridor (Figur 3-12). Der er ikke direkte konflikt med de foreslåede placeringer af havvindmøller og den udlagte sejladskorridor og projektområderne vurderes derfor ikke at være til hinder for opretholdelse af sejladskorridorerne.



Figur 3-12 Sejladskorridorer (S) i og omkring projektområderne.

Konkrete transitrørledninger

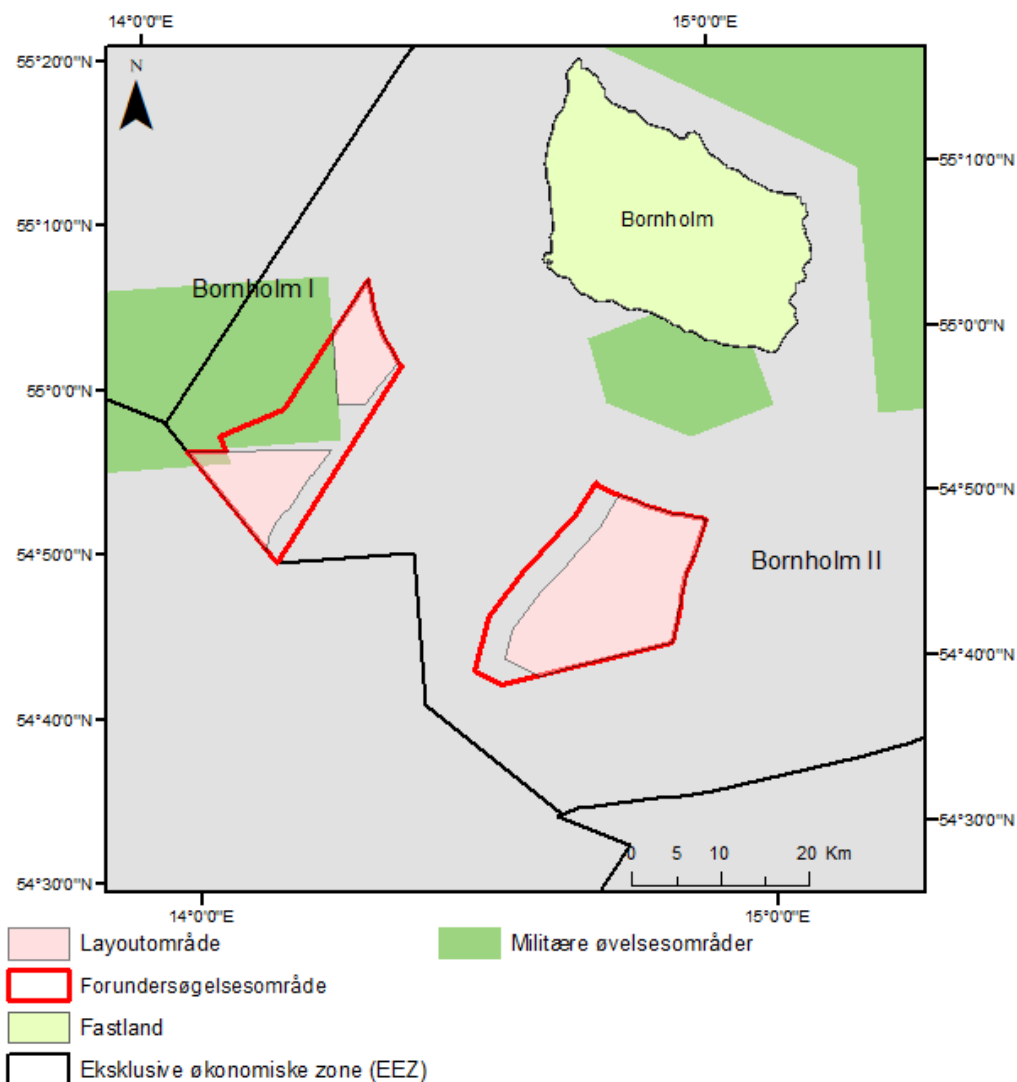
Projektområderne grænser delvist op til to transitrørledninger (Baltic Pipe og Nord Steam 2). Herudover krydser Baltic Pipe Bornholm II. Der er dog ikke overlap mellem udviklingszoner til konkrete transitrørledninger og den foreslåede placering af turbiner (Figur 3-13) og projektområdernes placering vurderes dermed ikke at være i konflikt med Baltic Pipe.



Figur 3-13 Udviklingszoner til rørledninger (Baltic Pipe og Nord Stream 2).

Militære øvelsesområder

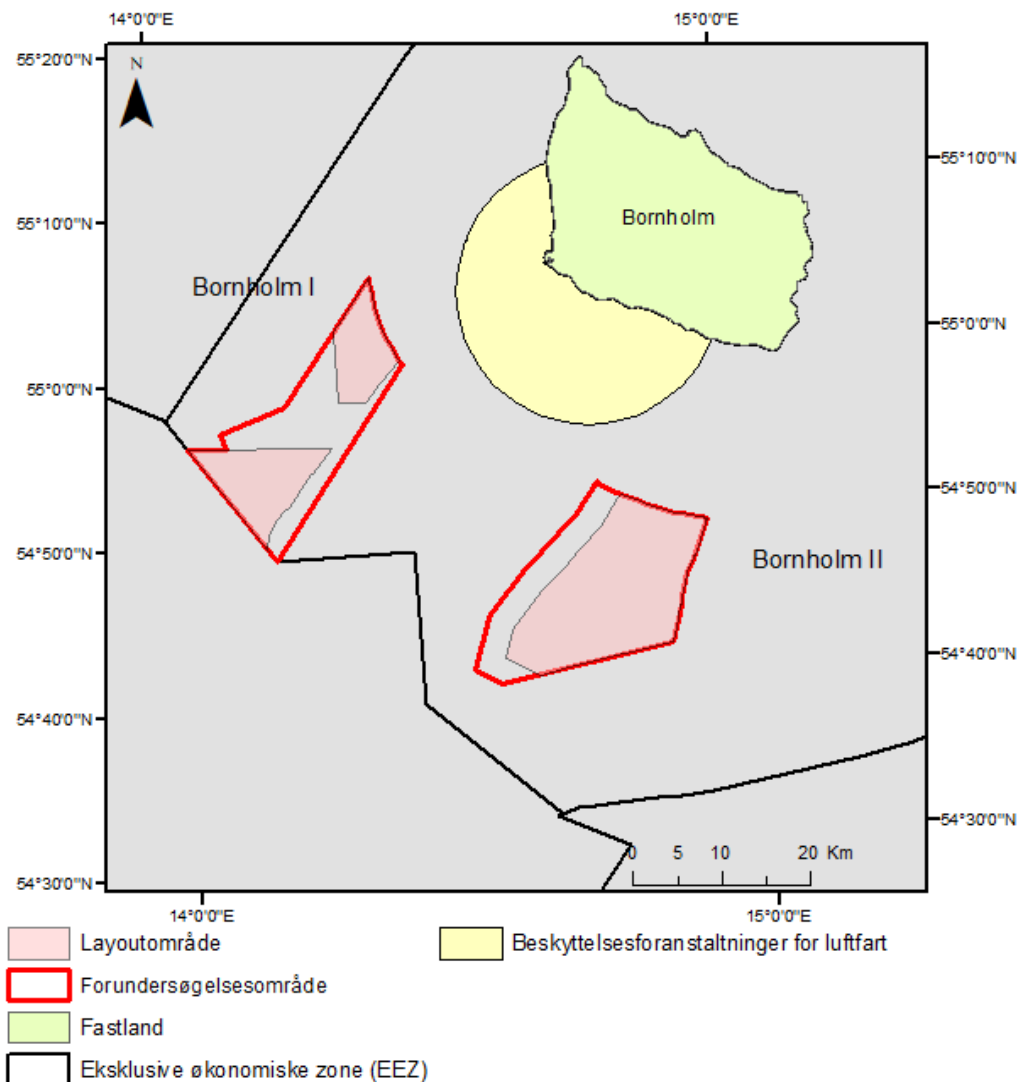
Militære øvelsesområder er udlagt i havplanen som servicelag. Bornholm I grænser op til et militært øvelsesområde mod vest. Der er generelt ikke overlap og dermed konflikt mellem projektområderne Bornholm I og Bornholm II og områder udlagt til militære formål (Figur 3-14). Dog ligger fire af havvindmøllerne i den sydlige del af Bornholm I, lige indenfor grænsen til et militært øvelsesområde. Energistyrelsen er i dialog med forsvaret om dette område.



Figur 3-14 Militære øvelsesområder i nærheden af Bornholm I og Bornholm II.

Beskyttelsesforanstaltninger for luftfart

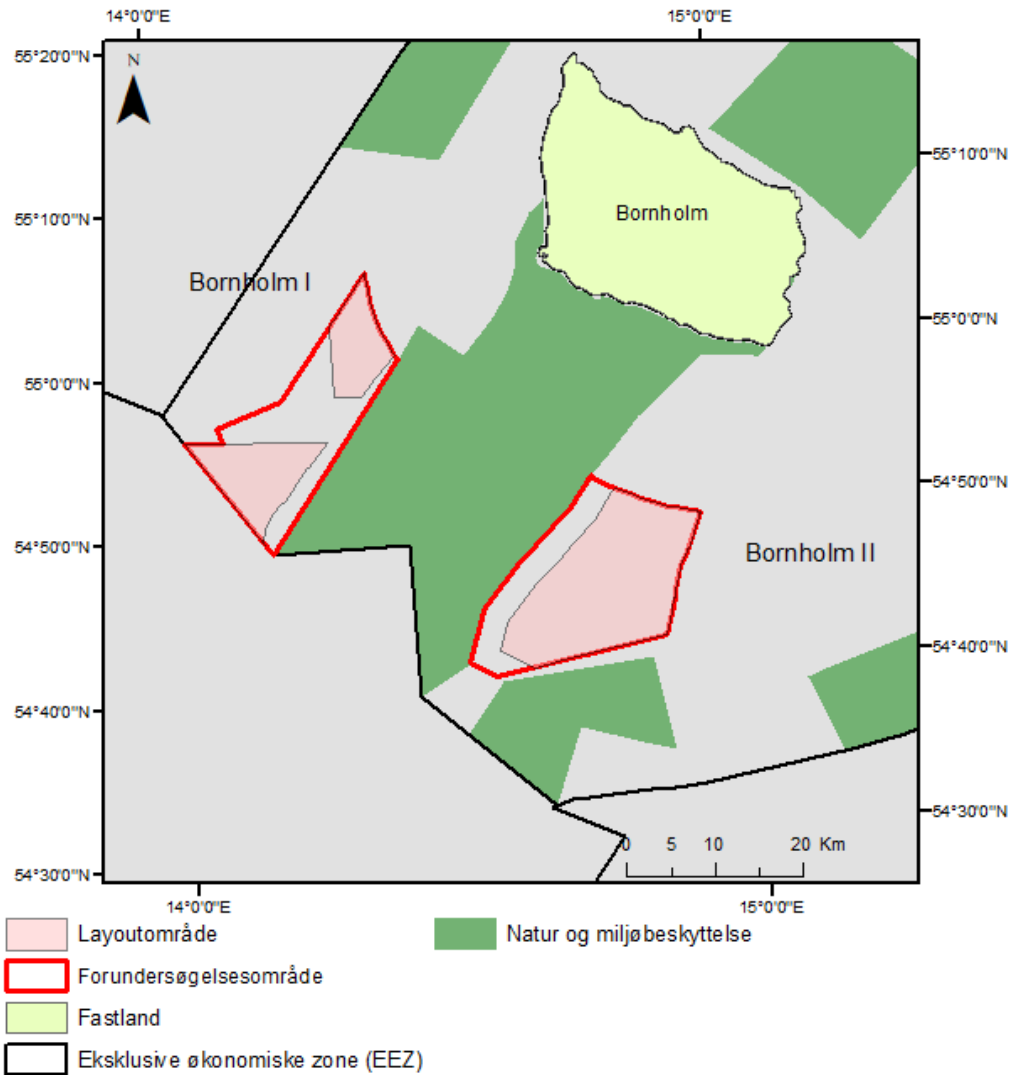
Der er udlagt en zone til beskyttelse af luftfart i en radius på 15 km fra omkring lufthavnen i Rønne (Figur 3-15). Projektområderne Bornholm I og Bornholm II ligger i behørig afstand fra beskyttelseszonen og vurderes ikke at påvirke luftfarten.



Figur 3-15 Beskyttelsesforanstaltninger for luftfart i og omkring projektområderne.

Natur og miljøbeskyttelse

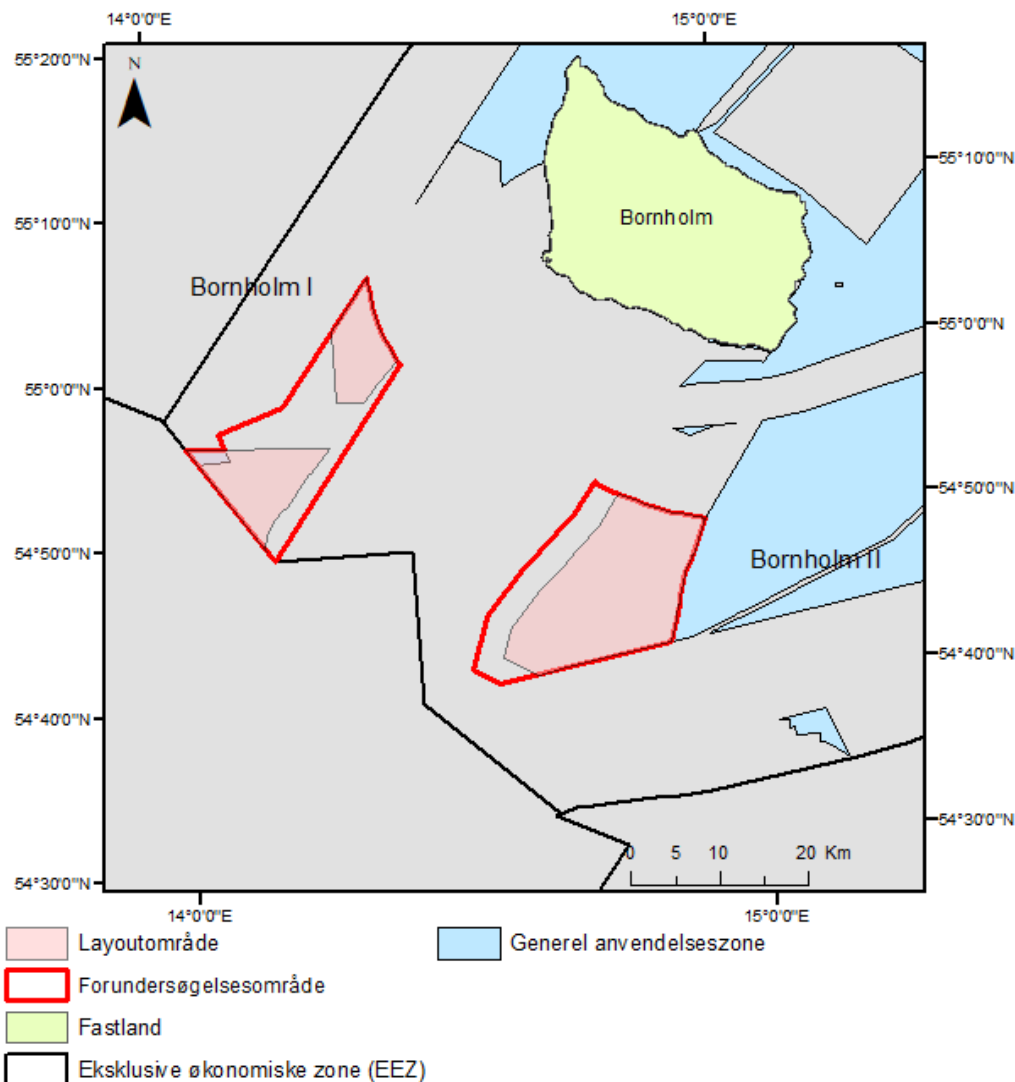
Havplanen har udlagt områder til natur- og miljøbeskyttelse i nærheden af Bornholm I og Bornholm II (Figur 3-16). Da projektområderne ligger minimum 1 km fra disse områder, vurderes projektområderne ikke at være i konflikt med havplanen.



Figur 3-16 Områder til natur- og miljøbeskyttelse i nærheden af Bornholm I og Bornholm II.

Generel anvendelseszone

Der er et overlap mellem generelle anvendelseszoner udlagt i havplanen og den sydlige del af Bornholm I-området (Figur 3-17). Energistyrelsen er i dialog med Søfartsstyrelsen om at få omkategoriseret området.

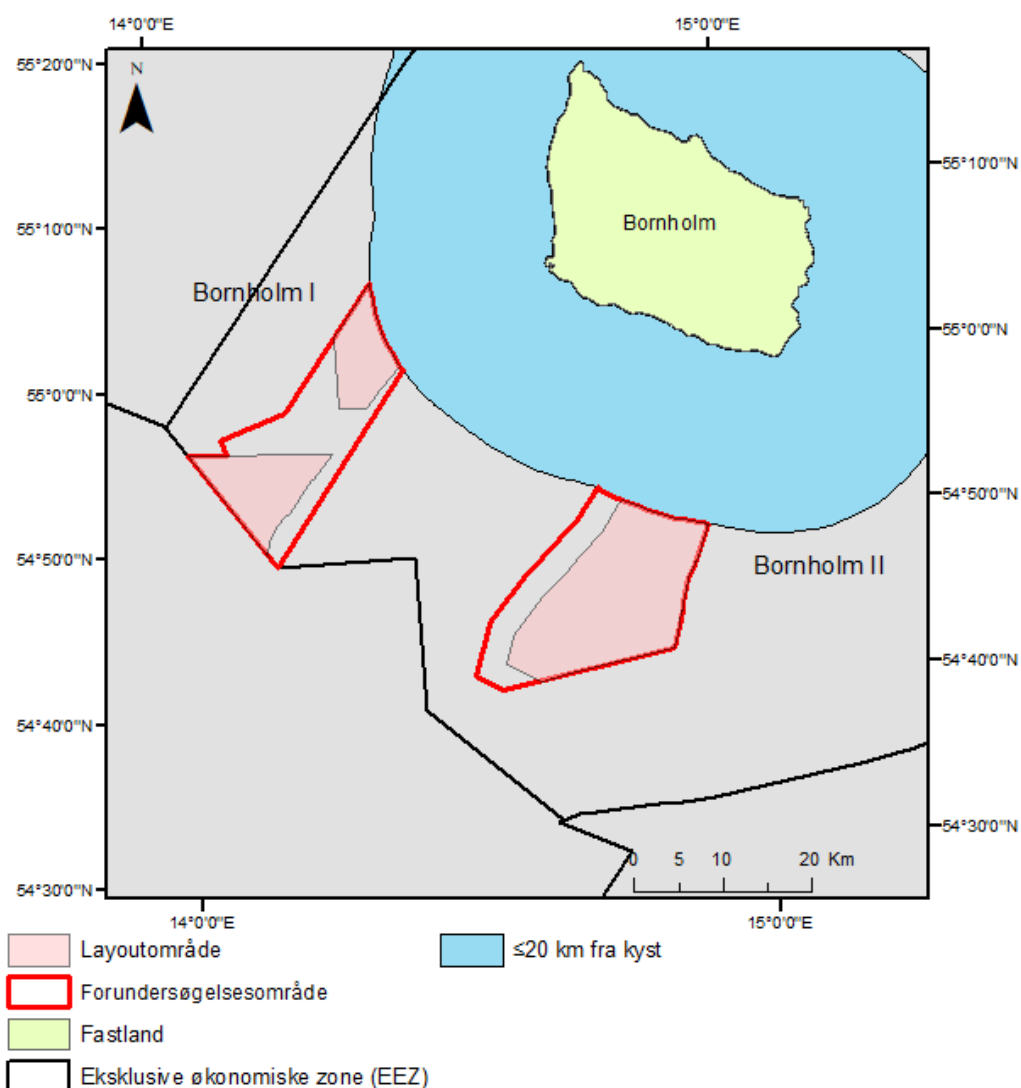


Figur 3-17 Områder udlagt som generel anvendelseszone i nærheden af Bornholm I og Bornholm II.

3.4 Eksisterende forhold for menneskelig aktivitet

3.4.1 Visuelle effekter

De to potentielle projektområder er placeret således at afstanden til kysten er mindst 20 km og placeringen lever dermed op til den politiske beslutning om afstand til Bornholms kyst fra 2020 (Figur 3-18). Det forventes at møllerne i de nordlige dele af områderne vil være synlige fra land. Omfanget af visuelle effekter skal undersøges vha. af en visualiseringsanalyse i forbindelse med miljøvurderingen af et konkret projekt.



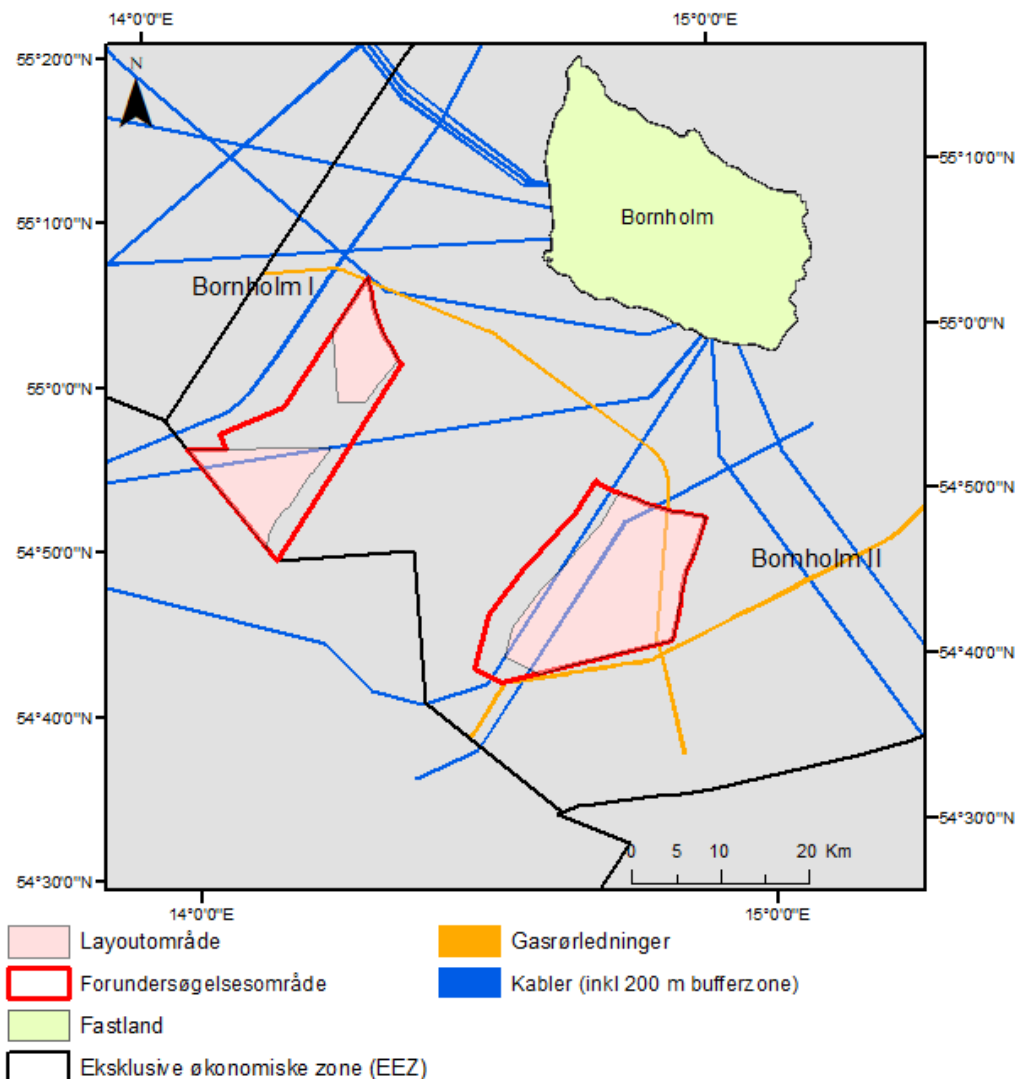
Figur 3-18 Mulige visuelle påvirkningsområder ved projektområderne Bornholm I og Bornholm II.

3.4.2 Elkabler og olie/gasledninger

Der løber ét eller flere kabel gennem hver af de to potentielle projektområder Bornholm I og Bornholm II. Gennem Bornholm II løber desuden rørledningen Baltic Pipe, der er en gasledning (Figur 3-19) (se i øvrigt afsnit 3.3 - Konkrete transitørledninger). Den planlagte gasrørledning Baltic Pipe, der vil forbinde gassystemerne i Norge, Danmark og Polen, vil komme til at grænse op til den nordlige del af Bornholm I. Rørledningen forventes at være klar til drift i oktober 2022.

Energistyrelsen har desuden givet tilladelse til etablering af Nord Stream 2 som forløber syd for Bornholm II.

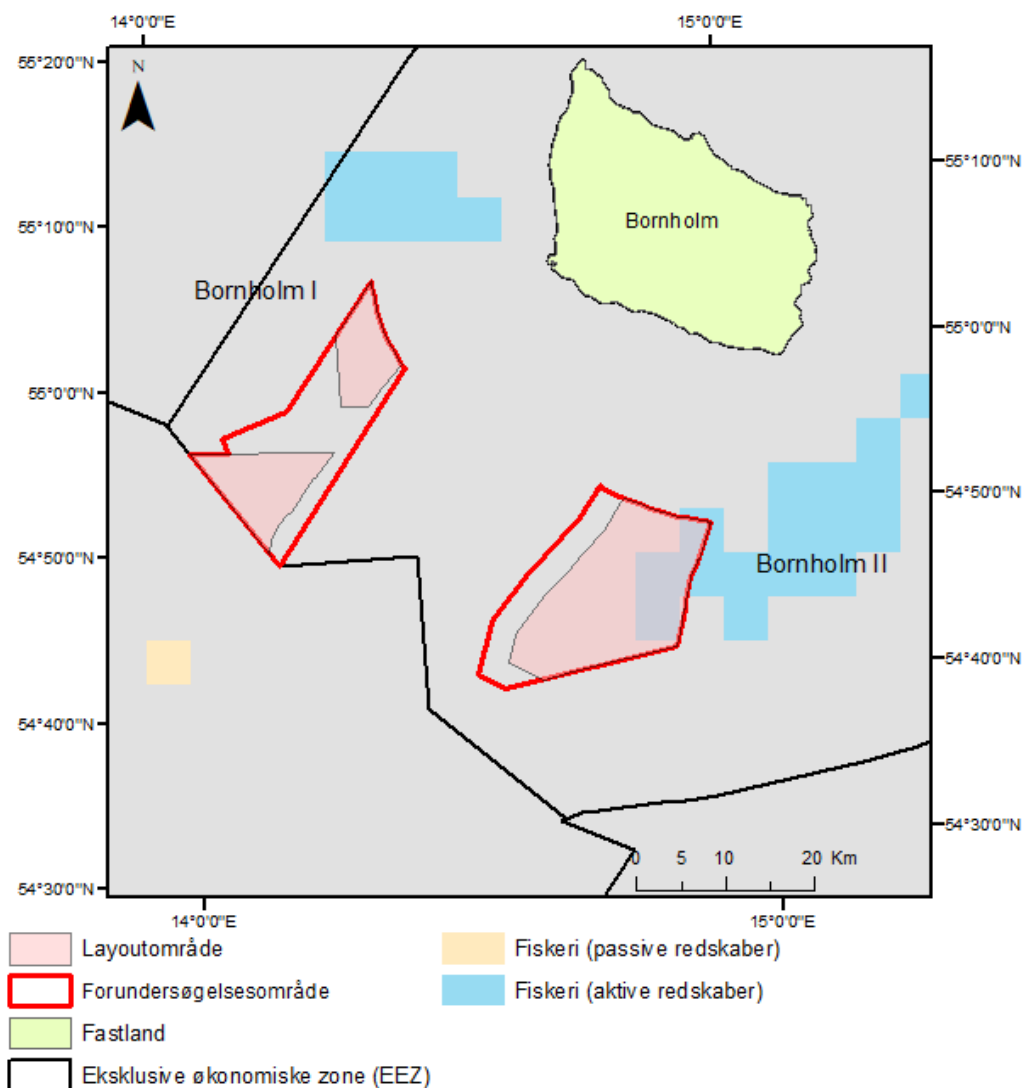
Der kan ikke etableres havvindmøller i traceerne for kabler og rørledninger (med 200 m sikkerhedszone).



Figur 3-19 Elkabler, og olie/gasledninger i og omkring projektområderne.

3.4.3 Fiskeri

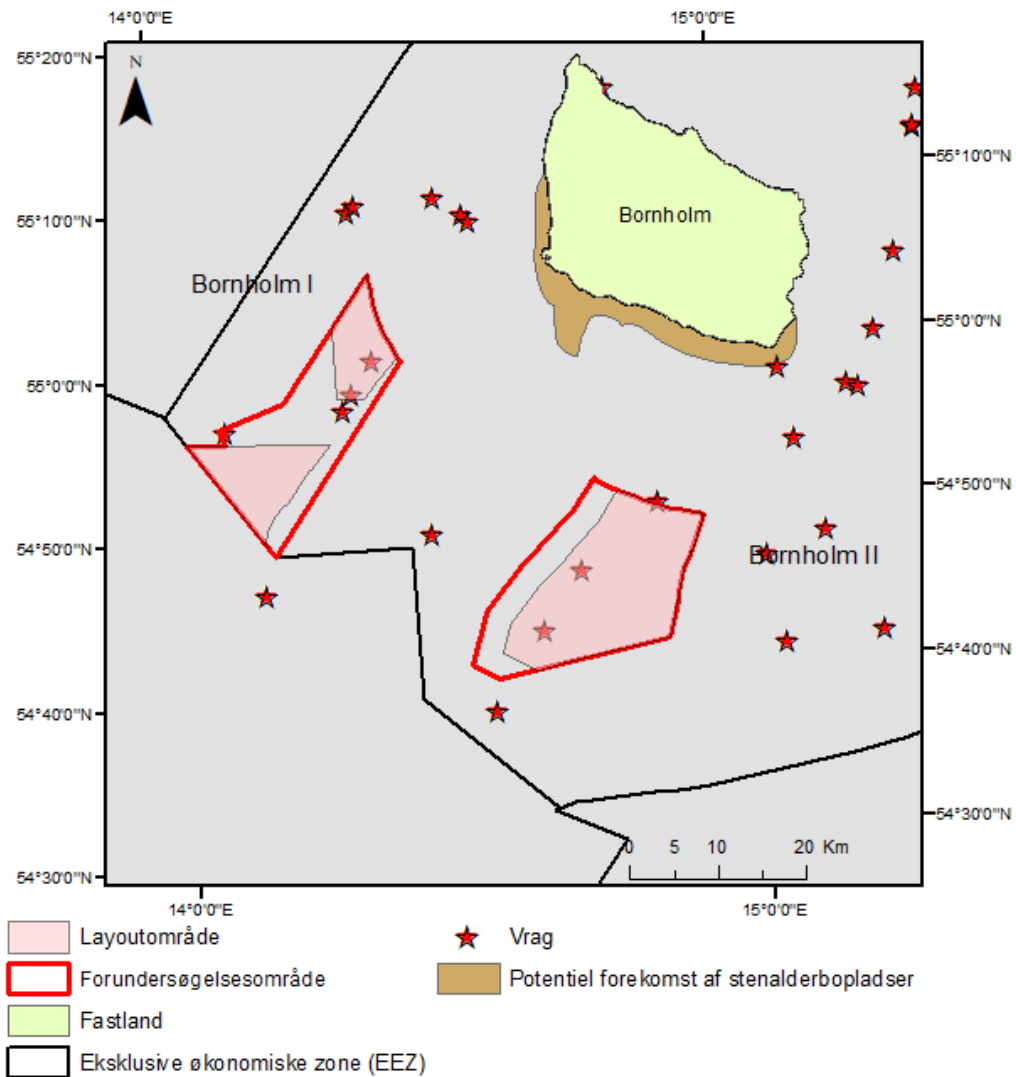
Bornholm II overlapper delvist med et vigtigt område for fiskeri med aktive redskaber (trawl og bomtrawl) (Figur 3-20). Bornholm I og den vestlige del af Bornholm II vurderes ikke som vigtige områder for fiskeriet. Før en evt. havvindmøllepark i de screenede områder etableres, bør der være dialog med fiskere om forsat mulighed for fiskeri i området.



Figur 3-20 De vigtigste fiskeriområder for større danske fiskefartøjer, der anvender aktive fiskeredskaber (trawl- og bomtrawl) samt passive redskaber (dvs. i dette område: garn) i perioden 2007-2015. (Egekvist et al 2017). Figuren er baseret på VMS (Vessel Monitoring System) og AIS (Automatic Identification System) data fra fiskefartøjer større end hhv. 12 m og 15 m. VMS og AIS systemerne registrerer skibenes placering, sejlretning og sejlhastighed en gang i timen. Data frem til og med 2012 omfatter kun fartøjer ≥ 15 m. Senere data omfatter fartøjer ≥ 12 m. Figuren viser områder hvor antallet af registrerede VMS-punkter inden for 1 x 1 sømil overstiger 200.

3.4.4 Arkæologiske forhold

Arkæologiske fund og fortidsminder i og i nærheden af projektområderne Bornholm I og Bornholm II omfatter vrug og langs Bornholm sydkyst er der et større område med potentiel forekomst af stenalderbopladser (Figur 3-21). Der er registreret tre vrug i hver af de to projektområder (Figur 3-21). Ingen af de registrerede fund er fredede.



Figur 3-21 *Beliggenhed af kendte vrug og andre arkæologiske fokuspunkter af arkæologisk interesse (Slots- og Kulturstyrelsen, 2021).*

3.4.5 UXO

Der er ikke registreret forekomster af UXO indenfor eller i nærheden af projektområderne Bornholm I og Bornholm II. Nordøst for Bornholm ligger et område, hvor der efter Anden Verdenskrig blev dumpet kemiske kampstoffer (primært senneps-gasgranater), hvor fiskeri og opankring er forbudt. Udenom selve dumpning området er der på søkort markeret et større område, hvor fiskeri med bundtrawl, opankring og havbundsintervention frarådes. Der er ikke registreret forekomst senneps-gasgranater i de to potentielle projektområder (HELCOM 2020), men de ligger imidlertid indenfor et område, der er udpeget som risikoområde omkring hele Bornholm, hvor fiskefartøjer skal have førstehjælps gasudstyr om bord (Rambøll 2019).

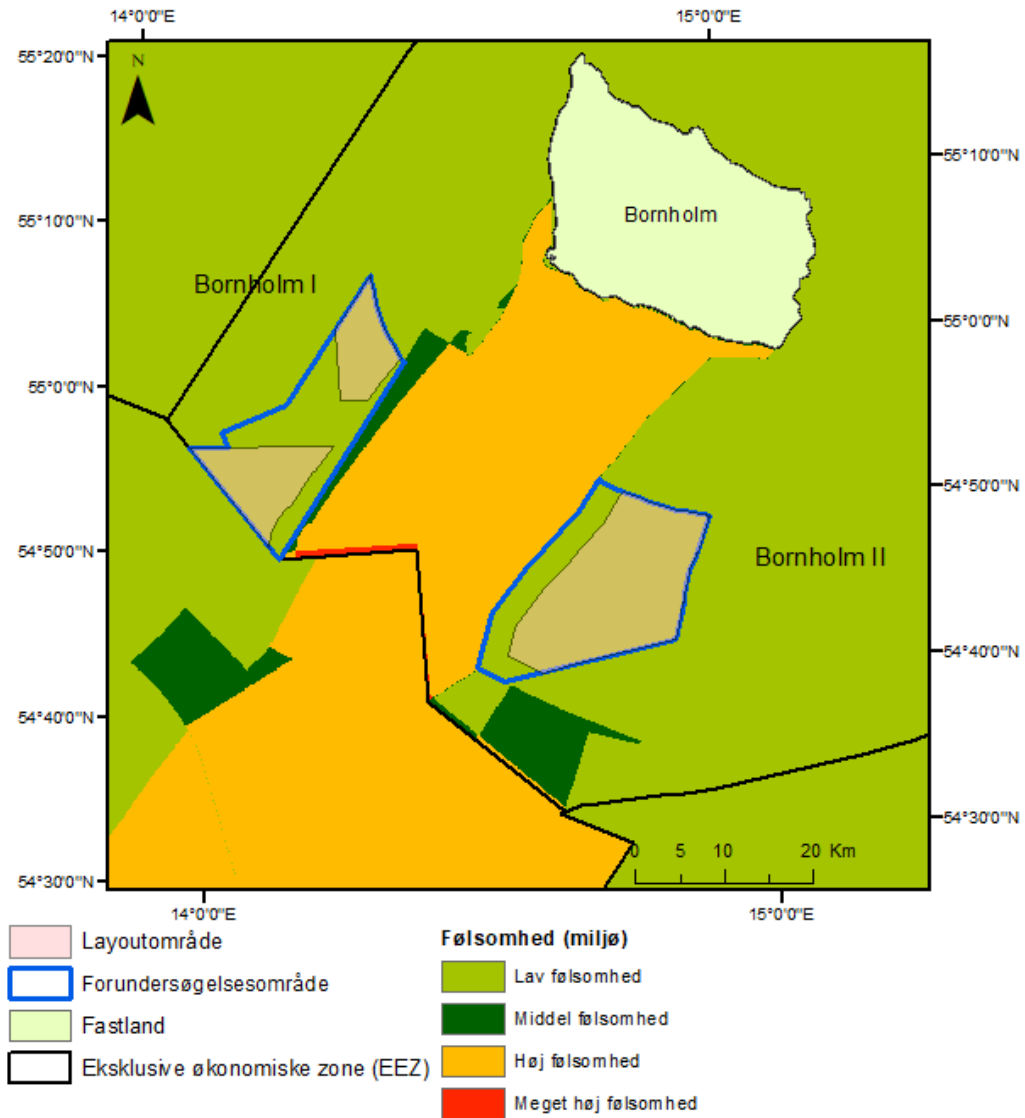
3.5 Konklusion og anbefalinger Bornholm I og Bornholm II

3.5.1 Følsomhed i relation til miljø

Figur 3-22 viser den samlede beregnede følsomhed af miljøfaktorer i forhold til opstilling af havvindmøller i Bornholm I og Bornholm II. Som det fremgår, ligger havvindmøllearealerne i områder, der kan klassificeres med lav følsomhed i relation til miljøforhold.

I området mellem de to projektområder er følsomheden høj. Dette skyldes primært at området er et vigtigt overvintringsområde for fugle og at området er beskyttet via habitatdirektivet og fuglebeskyttelsesdirektivet. Områder med høj følsomhed ligger minimum 1 km fra projektområderne.

I forhold til screeningen, der blev gennemført i maj 2020, undgår man med disse placeringer et område med middel følsomhed i Bornholm II og den sydvestlige del af Bornholm I. Der er tale om områder som er vigtige for havlit og andre havfugle.



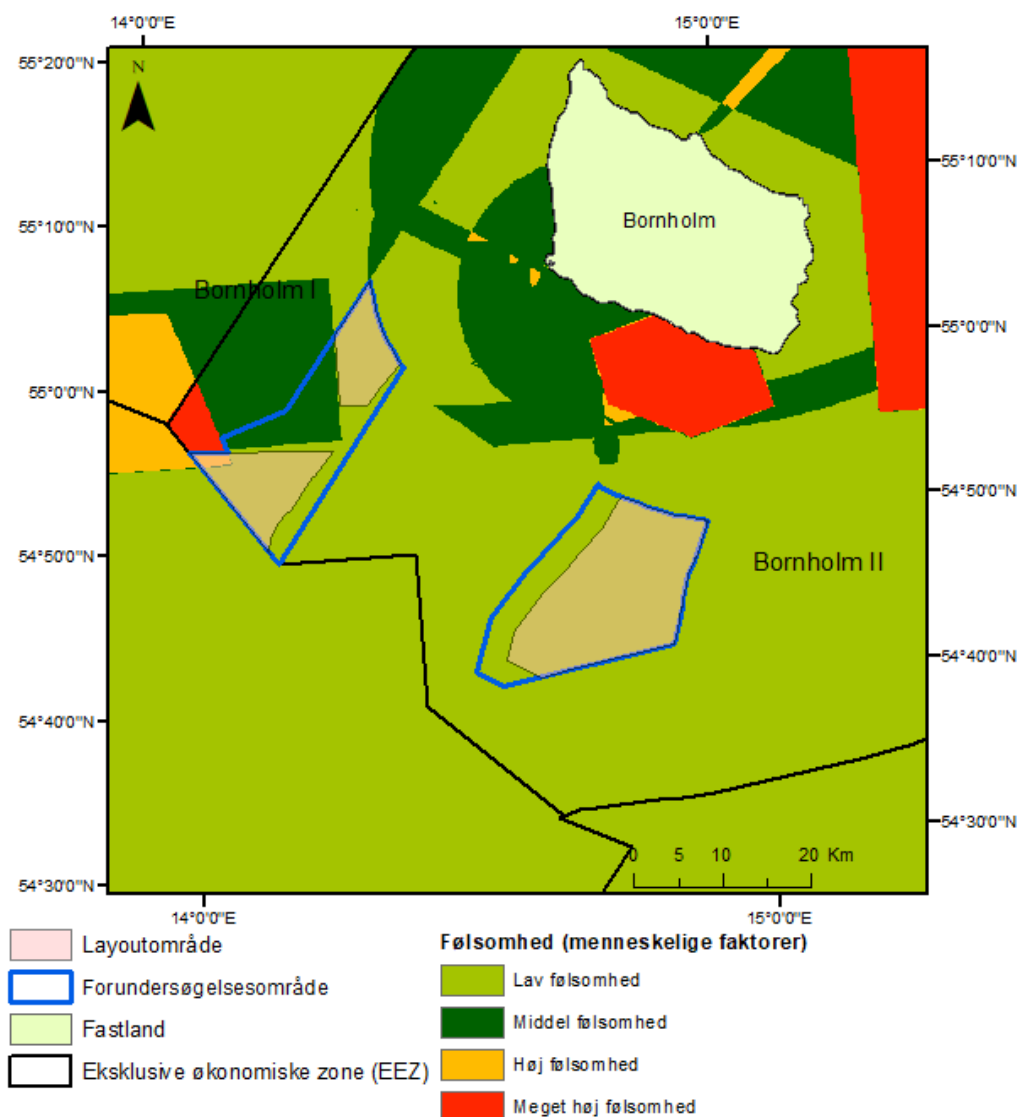
Figur 3-22 Samlet følsomhed af miljøfaktorer i forhold til havvindmøller i Bornholm I og Bornholm II.

3.5.2 Følsomhed i relation til menneskelige interesser

Den samlede beregnede følsomhed af menneskelige interesser i forhold til opstilling af havvindmøller i Bornholm I og Bornholm II, er vist på Figur 3-23. Følsomheden i de identificerede områder er generelt lav, men kabler og eksisterende og planlagte rørledninger (hhv. Nordstream 1 og Baltic pipeline) har meget høj følsomhed.

I forhold til screeningen der blev gennemført i maj 2020, undgår man med disse placeringer følgende:

- > Et område med middel følsomhed i Bornholm I, hvor der findes en lokal sejlrunde
- > Et område med middel følsomhed i Bornholm I, hvor der ligger et militært øvelsesområde (dog er der overlap i et ganske lille område i den sydlige del af Bornholm I)



Figur 3-23 Samlet følsomhed af menneskelige faktorer i forhold til havvindmøller indenfor og i nærheden af projektområderne Bornholm I og Bornholm II.

3.5.3 anbefalinger

Begge projektområder ligger i nærheden af det internationalt vigtige fugleområde (IBA) nr. DK120 *Rønne Banke*, som i 2021 er foreslået som Natura 2000 område (Fuglebeskyttelsesområde "*Rønne Banke*") med havlit som udpegningsgrundlag. Området er et vigtigt overvintringsområde for havlit, fløjlsand og sortand, der bl.a. lever af blåmuslinger og hvor der er store forekomster af blåmuslinger.

For det undersøgte layout er havvindmøllerne placeret mindst 3 km fra det foreslåede fuglebeskyttelsesområde. Danske undersøgelser viste, at havlitter blev fortrængt fra områder på op til 2 km fra havvindmølleparker. Formålet med denne rapport er at sikre, at der kan etableres 2 GW havvind i Bornholm I og Bornholm II selv hvis nogle områder ikke kan anvendes og der er derfor valgt en afstand på 3

km, da der med denne afstand er en reduceret risiko for, at havlit vil blive fortrængt fra området. Med den eksisterende viden forventes det derfor at risikoen for at der vil forekomme fortrængningseffekter på havlit vil være lille. Det kan imidlertid ikke udelukkes, at en kommende Natura 2000-konsekvensvurdering ikke kan afvise en påvirkning på udpegningsgrundlaget i fuglebeskyttelsesområdet.

Det anbefales derfor, at der gennemføres en detaljeret analyse af følsomheden af havlit, men også fløjsand og sortand i relation til opstilling af havvindmøller i Bornholm I og Bornholm II, herunder habitategnethed (habitat suitability) og risikoen for fortrængningseffekter (habitat displacement).

Bornholm I og Bornholm II ligger i trækruterne for fugle, der yngler i Sverige og Norge og som overvintrer mod syd. Østersøområdet mellem Danmark, Sverige og Tyskland er således vigtig for bl.a. trane- og rovfugle-træk. Der kan være risiko for, at opstilling af havvindmøller kan forårsage en barrierevirkning eller udgøre en kollisionsrisiko for trækkende fugle.

Det anbefales, at der gennemføres en detaljeret analyse af følsomheden af traner i relation til opstilling af havvindmøller i Bornholm I og Bornholm II, herunder estimering af antal fugle, der omkommer som følge af kollision i forhold til PBR³

Det skal yderligere bemærkes:

- > At begge områder krydses af et telekommunikationskabel, der skal undgås, hvis havvindmøllerne opstilles
- > At den nordlige del af Bornholm II krydses af traceen for den planlagte og godkendte Baltic Pipe, der skal undgås, hvis havvindmøllerne opstilles
- > At et militært øvelsesområde i et område af Bornholm I grænser op til den vestlige del af Bornholm I og overlapper i den vestligste del af det sydlige layoutområde.

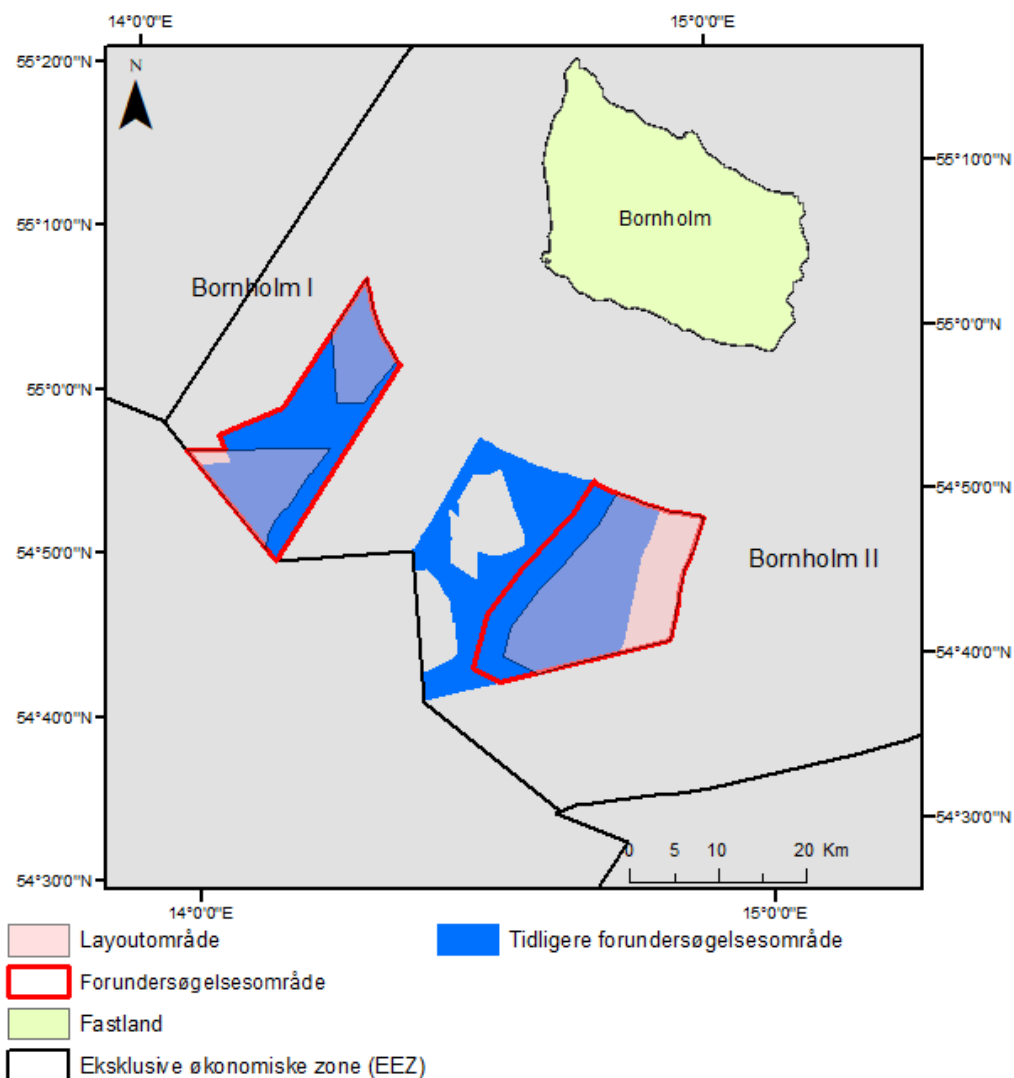
Det vurderes, at der er tilstrækkelig information til at kunne drage disse konklusioner. I forbindelse med en miljøkonsekvens-vurdering for et konkret projekt, skal der dog gennemføres feltundersøgelser, indsamles nye data og gennemføres detaljerede analyser af potentielle påvirkninger.

³ PBR (Potential Biological Removal) er et mål for den ekstra dødelighed, den samlede biogeografiske bestand vurderes at kunne tåle.

4 Havbund og geologiske forhold

Dette afsnit beskriver resultaterne af finscreeningen i relation til havbund, geologiske- og funderingsmæssige forhold for Bornholm I og Bornholm II. Resultaterne skal sammenholdes med konklusioner og anbefalinger fra de andre afsnit i denne rapport.

I nærværende finscreening er områderne for Bornholm I og Bornholm II blevet ændret i forhold til den tidligere finscreening af Bornholm I- og Bornholm II-områderne (COWI, 2020 (1)). Bornholm I har fået tillagt ca. 6 km² i den vestlige del af området mens Bornholm II er blevet beskåret i den vestlige del og udvidet mod øst. Ændringerne af områderne har ikke ændret på den overordnede geologiske vurdering af områderne i forhold til forventede litologier i de øverste 100 m under havbunden.



Figur 4-1 Oversigt over ændringen i screeningsområder mellem de nuværende områder og områderne fra den tidligere finscreening (COWI, 2020 (1)).

4.1 Metode og antagelser

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

- > En GIS-baseret vurdering af de geologiske- og funderingsmæssige forhold i forbindelse med rangordning af lokaliteterne og delområder inden for de udpegede områder i relation til egnethed i forhold til etablering af havvindmøller
- > En GIS-baseret vurdering af viste eksportsøkabeltracéer fra havvindmølleparken til ilandføringspunktet.
- > Konceptuelle geomodeller, der karakteriserer de potentielle havvindmølleområder.

4.2 Vurdering af egnethed

Egnetheden er vurderet gennem følgende 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 områdernes egnethed til etablering af havvindmølleparker samt fremstilling af GIS-kort.

Trin 1

Trin 1 i vurderingen omfatter udarbejdelse af konceptuelle geologiske modeller for områderne. Modellerne er baseret på tidligere erfaringer fra områderne, tolkning af eksisterende seismisk data samt modificering af allerede publicerede geologiske modeller.

Modellerne er opbygget som lithostratigrafiske profiler for hvert område. Profilerne afhænger af områdets størrelse, den geologiske variation og datatilgængelighed.

De faste parametre, som områderne er vurderet ud fra, er opstillet og prioriteret herunder.

Tabel 4-1: Geologiske- og geotekniske forhold der bruges i vurderingen.

Parameter	Bemærkninger
Vanddybde	Vil vanddybden begrænse brugen af forskellige typer af fundament?
Overfladenær kalk / hårde bjergarter	Vil kalk/hårde bjergarter fordyre eller umuliggøre brugen af f.eks. monopæle som fundament?
Mængde af stenet sediment (glaciale sediment)	Vil store sten besværliggøre installationen af fundamenterne?

Parameter	Bemærkninger
Bløde sedimenter på overfladen	Er der store mængder blødbund som kan udfordre jack-up operationer eller give specielle krav til funderingen?
Tyndt- eller tykt sandlag i overfladen	Vil meget tynde sandlag fordyre installationen af inter-array- eller eksportsøkabler? Er der sandlag tykke nok til at muliggøre f.eks. anvendelse af suction buckets og dermed give alternativer til monopæl-fundamenter?
Strømhastigheder og sedimenttransport	Vil høje havstrømhastigheder besværliggøre installationen af havvindmøllerne (øget mængde vejrlig)? Vil høj sedimenttransport øge risikoen for erosion eller blotlægning af kabler som dermed skaber behov for fordyrende tiltag?
Design af eksportsøkabelruter	Er området langt fra kysten, går ruten igennem fordyrende sedimenttyper (blødbund, glaciale sedimenter eller stenrev)?
UXO ⁴ -risiko	Er UXO-risikoen forhøjet og dermed kræver yderligere undersøgelser?

Trin 2

Under trin 2 er underområderne blevet givet en overordnet kategorisering, V+, V, eller V-, som rangerer deres egnethed til konstruktion af hhv. havvindmøller og energier 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

4.3 Datagrundlag

Herunder er opstillet det, på screeningstidspunktet, tilgængelige datagrundlag.

I forhold til vurdering af UXO er der for alle områder udelukkende indhentet udtalelse fra Det Nationale Beredskab, Søværnskommandoen, omkring den generelle UXO-risiko. Dette er derfor ikke at anse som en specifik UXO-forundersøgelse.

Følgende data er anvendt for vurderingen af Bornholm I og Bornholm II:

- > Batymetri og søkort fra hhv. GEBCO – General Bathymetric Chart of the Oceans (<https://download.gebco.net>) og Geodatastyrelsen
- > GIS-lag over kortlagte havbundssedimenter udgivet af GEUS i 2015, beskrevet i tidsskriftet Geoviden 2014, nr. 2.

⁴ UXO – Un-eXploded Ordnance – ueksploderet ammunition.

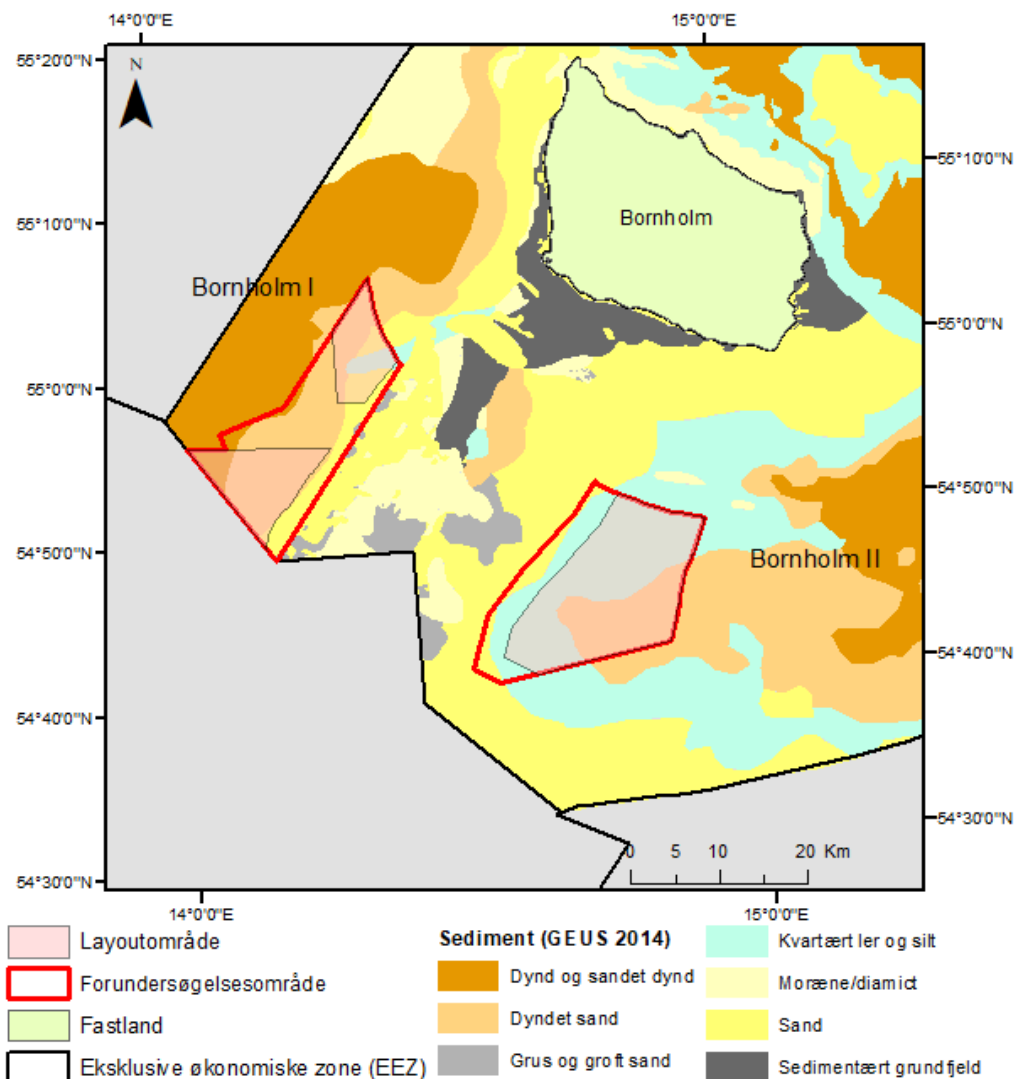
- > Kortlagte havbundssedimenter i tysk og polsk farvand i Østersøen er hentet fra Emodnet (https://www.emodnet-geology.eu/map-viewer/?p=seabed_substrate)
- > Boringer fra GEUS' Jupiter database
- > Videnskabelige artikler og rapporter, se Referencer.

4.4 Resultater

De to screeningsområder er beskrevet nærmere med hensyn til de respektive konklusioner og vurderinger. Områderne er opstillet i relativ prioriteret rækkefølge (rangordnet) med det mest egnede område listet først. Kategoriseringen nævnt i afsnit 4.2 er blevet anvendt.

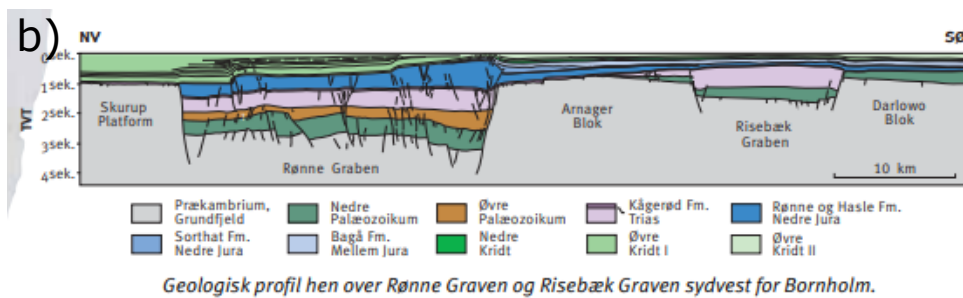
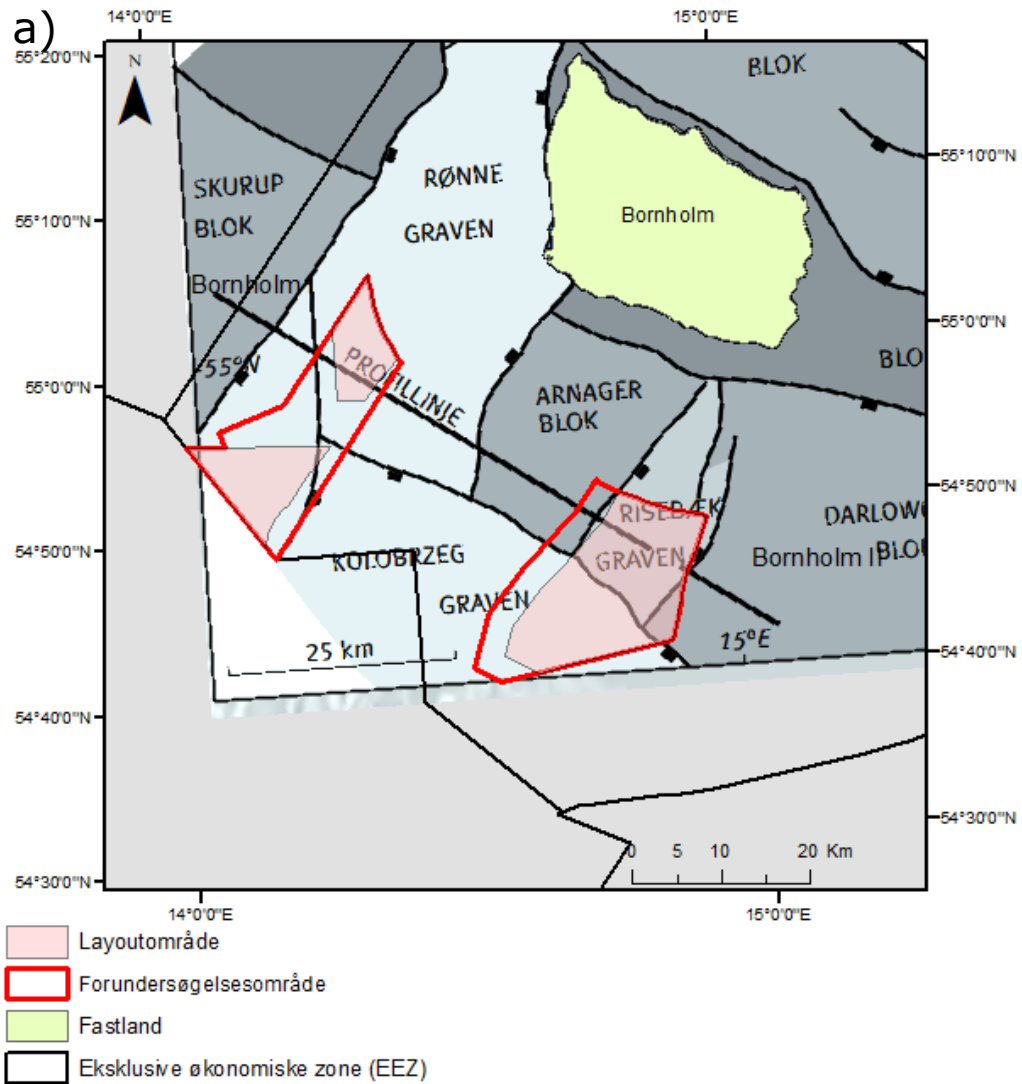
Klassifikationen på havbundssedimentkortet i Bornholm I-området viser et sandet lag der ikke umiddelbart er i overensstemmelse med boringsdata fra området. Det antages derfor, at der findes et tyndt (0 – 2 m) lag mobilt post-glacialt sand ovenpå den lerede og siltede moræne, der fremgår af boringerne. I Bornholm II-området er tykkelsen af det postglaciale sand generelt større, mellem 2 og 10 m og overensstemmelsen med havbundssedimentkortet bedre.

De glaciale aflejringer i Bornholm I-området er primært lerede, men med adskillige sand og gruslag. De er i området 5-20 m tykke. I både Bornholm I- og Bornholm II-områderne kan der forventes tilstedeværelse af kanaler eroderet ned i prækvartæret. I disse kanalstrukturer kan tykkelsen af de glaciale aflejringer nå op på 50 m eller mere. Tilstedeværelsen af de glaciale aflejringer samt systemet af kanaler er primært identificeret på seismisk data. Det tilgængelige datagrundlag er sparsomt og kanalsystemerne er derfor ikke kortlagt i nærværende finscreening. En oversigt over havbundssedimenterne i området vest og syd for Bornholm er vist på Figur 4-2.



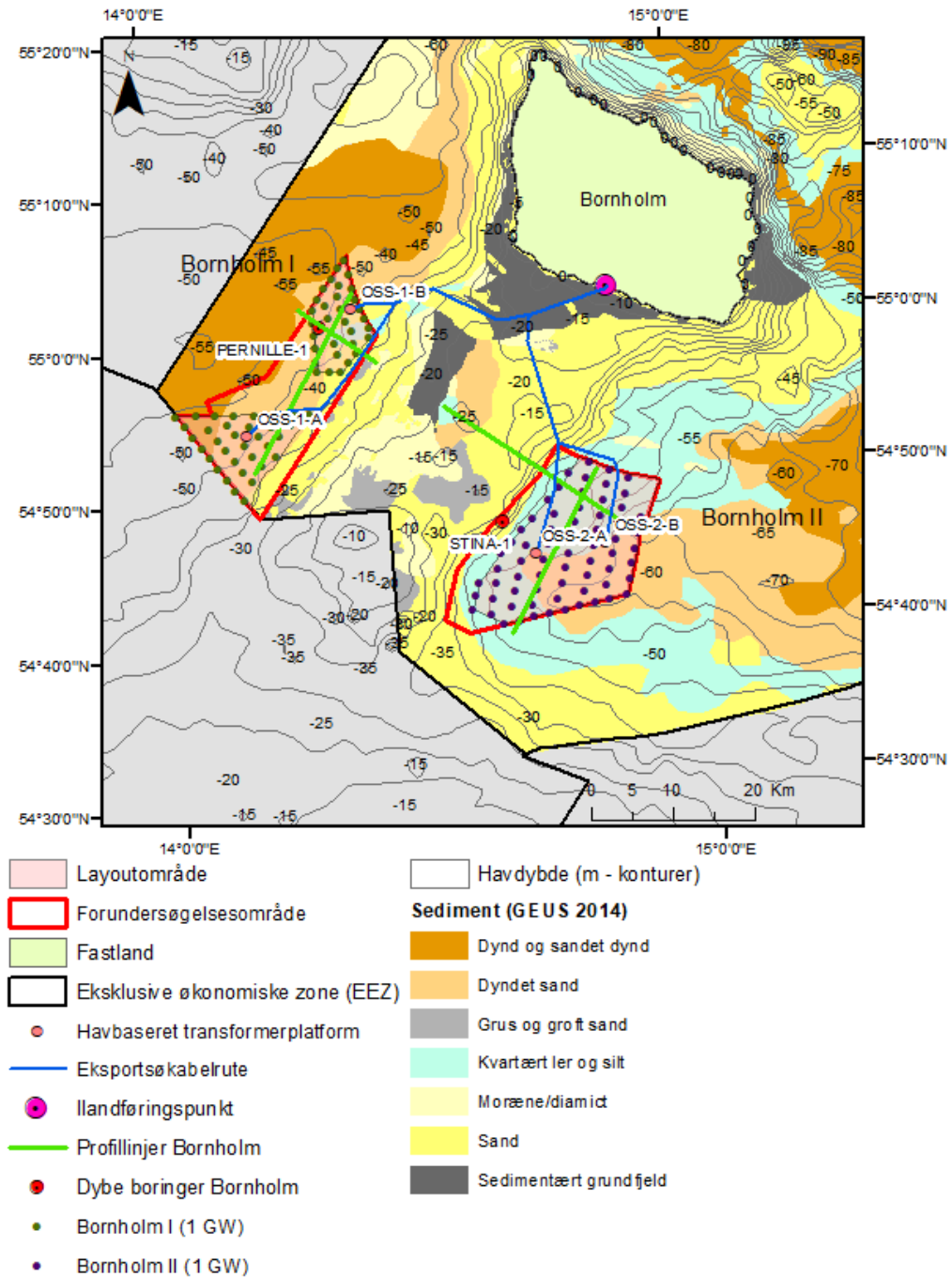
Figur 4-2: Kort over havbundssedimenter i området syd for Bornholm.

Prækvartæret forventes mod nord og sydøst at bestå af Øvre og Nedre Kridt kalk. Mod sydvest forventes Mellem Jura marine og delta-aflejringer bestående af sand-, silt-, og lersten. Denne forskel skyldes, at regionalgeologien er strukturelt kompleks (Figur 4-3) med flere grabenstrukturer (bl.a. Kolobzreg Graven og Rønne Graven) og med forkastningsaktivitet i flere perioder. Indenfor Bornholm I- og Bornholm II-områderne betyder dette, at der indenfor korte afstande forekommer store ændringer i prækvartærgeologien og dermed funderingsforholdene, hvilket er illustreret på de konceptuelle profiler vist ved Figur 4-6 og Figur 4-8.

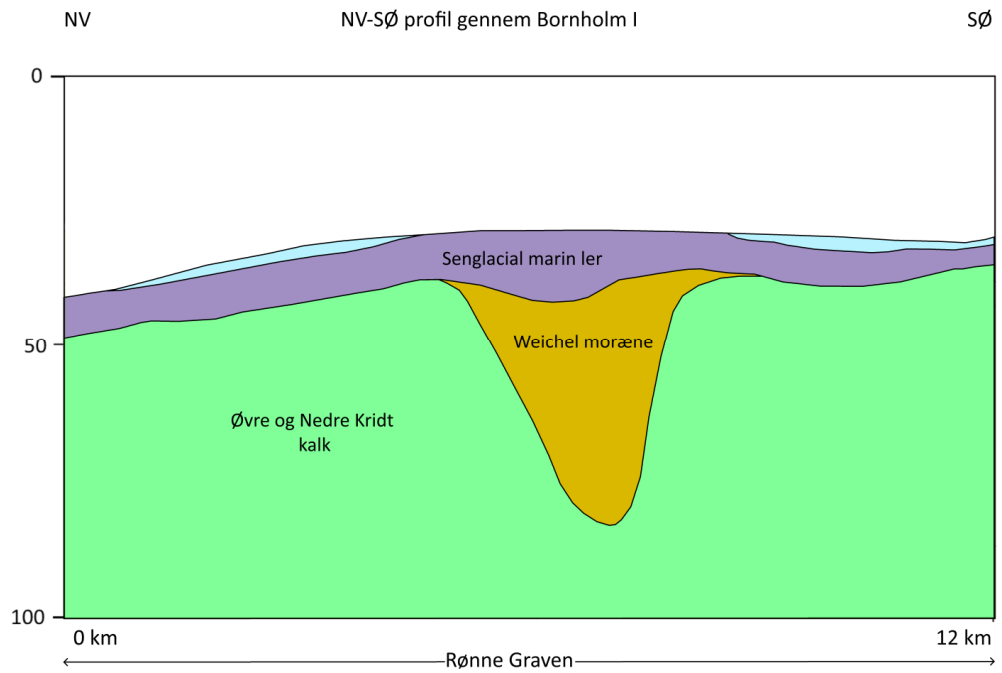


Figur 4-3 a) Oversigt over den strukturelle opbygning omkring Bornholm. Bornholm I-området strækker sig fra Kolobzreg Graven i syd til Rønne Graven i nord. Bornholm II-området omfatter dele af Arnager Blokken, Kolobzreg Graven, og Rønbæk Graven. b) NV-SØ gående profil, placering ses på a).

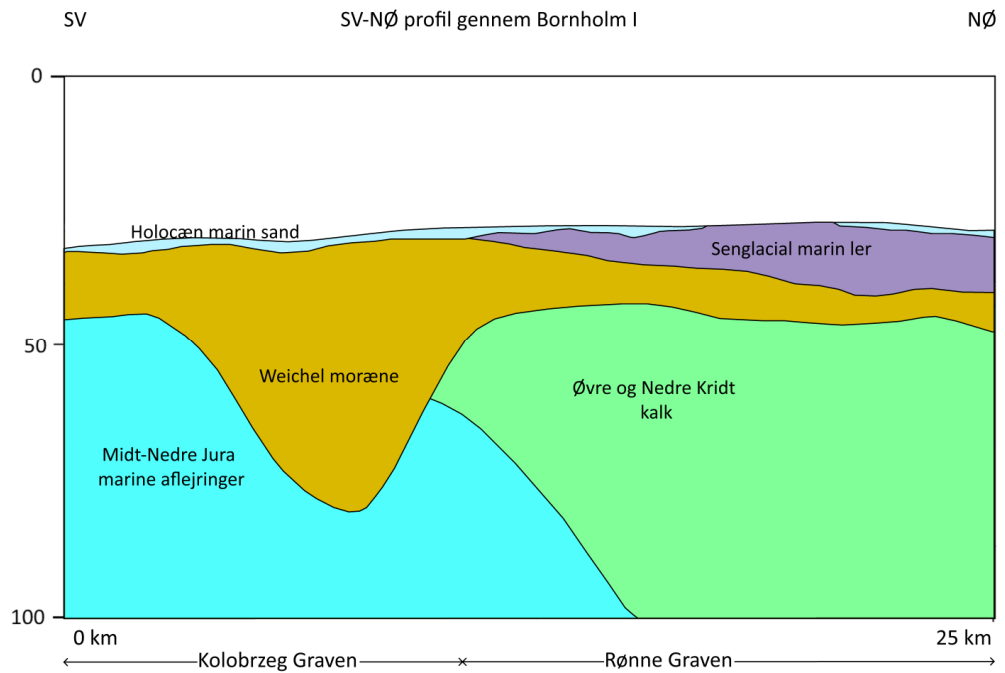
Fire konceptuelle profiler af geologien kan ses i Figur 4-5, Figur 4-6, Figur 4-7, og Figur 4-8. En oversigt over den samlede vurdering af Bornholm I- og Bornholm II-områderne er vist i Tabel 4-2 og Tabel 4-3.



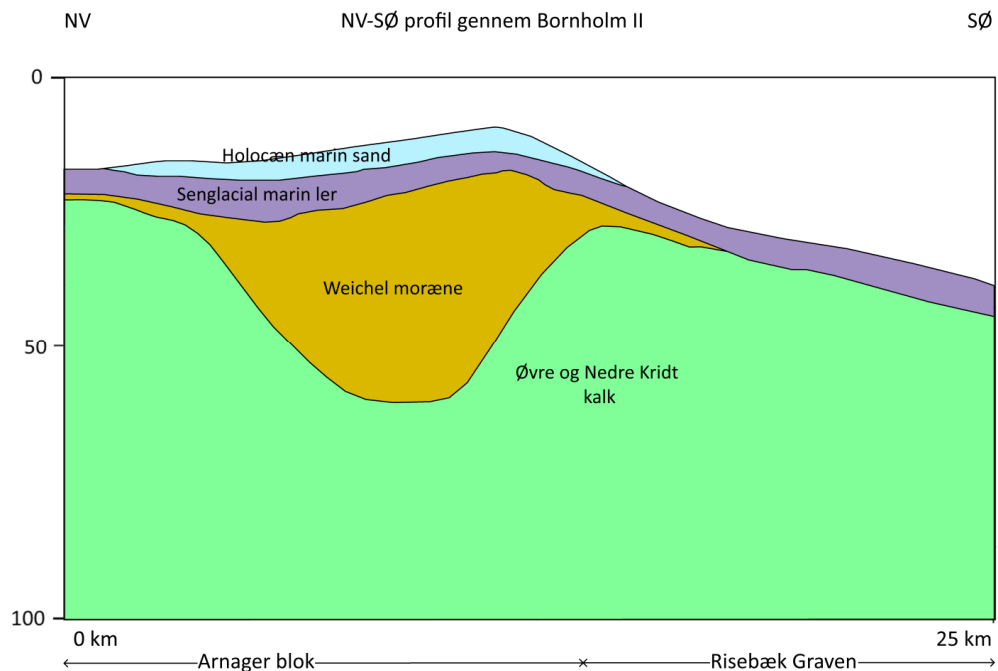
Figur 4-4 Placering af Bornholm I og Bornholm II. Placeringer af konceptuelle profiler, planlagte eksportskabelruter, samt de to dybe borer, Pernille-1 og Stina-1, er vist. Batymetri er vist med 5 m konturlinjer.



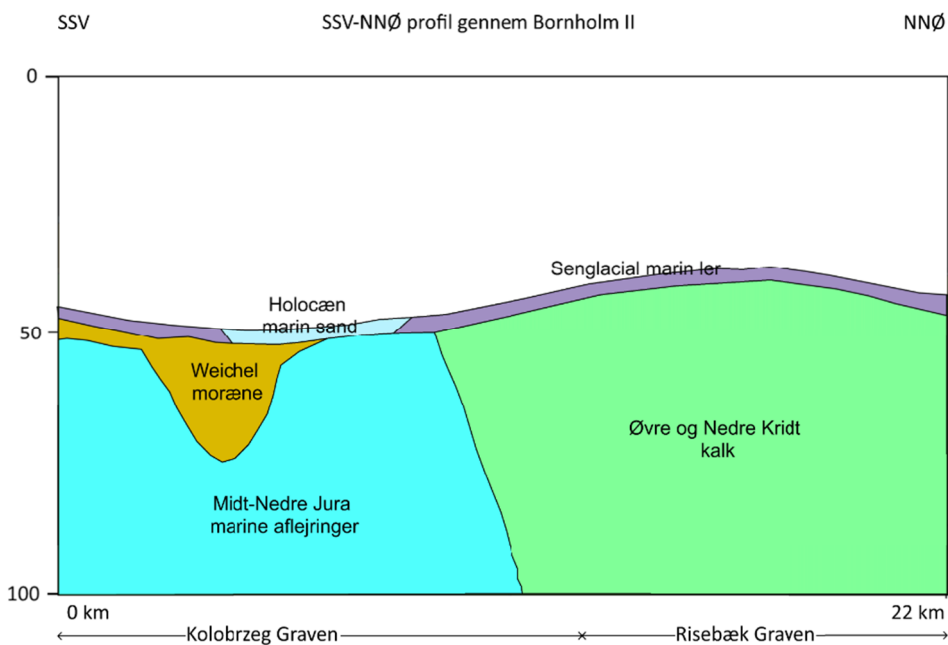
Figur 4-5: Konceptuelt profil gennem Bornholm I-området gående fra nordvest mod syd-øst.



Figur 4-6: Konceptuelt profil gennem Bornholm I-området gående fra sydvest mod nordøst. Udstrækningen af Kolobrzeg Graven og Rønne Graven er markeret under profilet. Disse er på stor dybde adskilt af en forkastning, men udover opløft af Midt-Nedre Jura aflejringer har den ikke betydning i funderingsdybden.



Figur 4-7: Konceptuelt profil gennem Bornholm II-området gående fra nordvest mod sydøst.



Figur 4-8: Konceptuelt profil gennem Bornholm II-området gående fra syd-sydvest mod nord-nordøst. Udstrækningen af Kolobrzeg Graven og Risebæk Graven er markeret under profilet. Disse er adskilt af en forkastning.

4.4.1 Eksportsøkabelrute

Der er foretaget en screening for mulige eksportsøkabelruter fra begge områder med landfall ved Sose Bugt (Figur 4-4). Området på land fra landfall til den endelige destination for eksportsøkablerne er ikke medtaget i screeningen. Det skal her bemærkes, at sedimentkortet stemmer dårligt overens med information fra boringer i området, hvorfor havbundsforholdene langs eksportsøkabelruten er baseret på boringsdata.

Eksportsøkabelruterne går fra landfall området og ca. 7,5 km ud fra kysten langs den vestlige kant af det militære skydeområde, hvor de splitter op til en vestlig eksportsøkabelrute mod Bornholm I-området og en sydøstlig eksportsøkabelrute mod Bornholm II-området.

Kabelruten til Bornholm I-området er ca. 53 km til den fjerneste havbaserede AC transformerplatform og ca. 33 km til den nærmeste havbaserede AC transformerplatform. De første ca. 16 km fra ilandføringspunktet forventes havbunden at bestå af 0-5 m post- og seneglacialt sand over hærdede bjergarter. Langs de efterfølgende 22 km forventes havbunden at bestå af 0-3 m post- og seneglacialt sand over glacial moræneaflejringer. I den sydlige del af Bornholm I, forventes bundforholdene at variere fra 0-3 m seneglacialt dyndet silt og ler over til 5+ m glaciale ler- og sandaflejringer.

Eksportsøkabelruten til Bornholm II-området er ca. 44 km til fjerneste havbaserede AC transformerplatform og ca. 40 km til nærmeste havbaserede AC transformerplatform. De første ca. 12 km fra ilandføringspunktet forventes havbunden at bestå af 0-5 m post- og seneglacialt sand over hærdede bjergarter. Herefter forventes 0-5 m post- og seneglacialt sand over glacial moræne eller kalk langs en strækning på ca. 15 km. Inde i screeningsområdet forventes 5+ m glaciale ler- og siltaflejringer overlejrende kalk.

4.5 Vurdering af områder

I Tabel 4-2 og Tabel 4-3 er vist en oversigt over vurderingen af henholdsvis Bornholm I og Bornholm II.

Tabel 4-2: Oversigt over vurderingen af Bornholm I-området

Omgivelser			
Parameter	Screening	Bemærkninger	Vurdering
Vejrforhold	Østersøen		Der vurderes en middel risiko for standby tid i forbindelse med installationen afhængig af årstid. Generelt forventes områder med lav vanddybde at være mere velegnede end områder med stor vanddybde.
Vanddybde, kote	-32 m - -47 m		

Jordlag			
Parameter	Screening	Bemærkninger	Vurdering
Havbund	Dyndet sand, sand, og kvartært ler og silt, hårde bjergarter	Jack-up i forbindelse med udførelsen vurderes at være uproblematisk	Området vurderes som mindre velegnet for fundering med monopæle, idet installation af monopæle besværliggøres af mulig hårdt moræneler med sten, højtliggende, mulig hårdt og flintrig kalk, samt højtliggende, muligvis cementerede marine aflejringer. Jackets kan være en mulig funderingsmetode, dog vil samme udførelsesmæssige problemer som for monopæle gøre sig gældende ved nedbringning af pæle. Direkte fundering vurderes ikke realistisk på de aktuelle vanddybder.
Postglaciale aflejringer	0-2 m marint sand		
Senglaciale aflejringer	0-6+ m marint ler		
Glaciale aflejringer	5-15 m, lokalt 30-50 m moræneler	Kan indeholde sten. Kan have høje styrker.	
Øvre og Nedre Kridt	Op til 850 m i Rønne Graven, kalk	Stærkt varierende mægtighed pga. forkastningsaktivitet. Er fraværende mod SSV. Kalken kan være hård og flintrig.	
Midt-Nedre Jura	400-500 m i Kolobzreg Graven, marine sedimenter i den øverste del af lagfølgen	Underlejrer de glaciale sedimenter mod SSV. Lagfølgen forventes at være kompakteret. Aflejringerne kan være cementerede.	
Kabelrute			
Parameter	Screening	Bemærkninger	Vurdering
Havbund	0-5 m post- og senlacialt sand over hærdede bjergarter, 0-3 m post- og senlacialt sand over glaciale		Kabler forventes dels at kunne spules ned i havbunden (sand) dels at skulle pløjes/graves ned (ler). På strækninger med hårde bjergarter i havbundsniveau vil installation af kablet i disse kræve særlige tiltag såfremt kablet skal nedgraves.

	moræneaflejringer, 0-3 m senglacialt dyn- det silt og ler over 5+ m glaci- ale ler- og sand- aflejringer		
UXO			
Parameter	Screening	Bemærknin- ger	Vurdering
UXO	Der er tidligere udført UXO-undersøgelser, samt konstateret UXO i området		Der må påregnes udgifter til udredelse af UXO-risiko

Konklusion:

Positivt: Fundering sandsynligvis mulig med monopæle og jacket-fundamenter.

Negativt: Installation af monopæle og jacket-fundamenter besværliggøres af mulig hård og stenfyldt moræne samt højtliggende hårde jord-/bjergarter. Direkte fundering vurderes ikke realistisk med store fundamenter og store vanddybder.

Tabel 4-3: Oversigt over vurderingen af Bornholm II-området.

Omgivelser			
Parameter	Screening	Bemærknin- ger	Vurdering
Vejrlig	Østersøen		Der vurderes en middel risiko for standby tid i forbindelse med installationen afhængig af årstid. Relativ stor vanddybde i forhold til andre havvindmølleområder.
Vanddybde, kote	-41 m - -55 m		
Jordlag			
Parameter	Screening	Bemærknin- ger	Vurdering
Havbund	Sand, kvartært ler og silt, lokalt sandet dynd, hårde bjergarter	Jack-up i forbindelse med udførelsen er formentlig uproblematisk	Området vurderes som mindre velegnet for fundering med monopæle, idet installation af monopæle besværliggøres af mulig hårdt moræneler med sten, højtliggende, mulig hårdt og flintrig kalk, samt højtliggende, muligvis cementerede marine aflejringer.

Postglaciale aflejringer	0 – 10+ m marint sand, lokalt sandet dynd		<p>Jackets kan være en mulig funderingsmetode, dog vil samme udførelsmæssige problemer som for monopæle gøre sig gældende ved nedbringning af pæle.</p> <p>Direkte fundering vurderes ikke realistisk på de aktuelle vanddybder.</p>
Senglaciale aflejringer	1 – 6+ m marint ler		
Glaciale aflejringer	0 – 2+ m, lokalt 30-50 m moræner	<p>Kan indeholde sten.</p> <p>Kan have høje styrker</p>	
Øvre og Nedre Kridt	0 – 175 m i Risebæk Graven, kalk	<p>Stærkt varierende mægtighed pga. forkastningsaktivitet mod SSV.</p> <p>Kalken kan være hård og flintring.</p>	
Midt-Nedre Jura	400-500 m i Kolobzreg Graven, marine aflejringer i den øverste del af lagfølgen	<p>Underlejrer de glaciale sedimenter i Kolobzreg Graven.</p> <p>Lagfølgen forventes at være kompakteret.</p> <p>Aflejringerne kan være cementerede.</p>	
Kabelrute			
Parameter	Screening	Bemærkninger	Vurdering
Havbund	0-5 m post- og senlaciale sand over hærkede bjergarter, 0-5 m post- og senlaciale sand over glaciale moræneaflejringer eller kalk, 5+ m glaciale ler- og siltaflejringer over kalk.		<p>Kabler forventes dels at kunne spules ned i havbunden (sand) dels at skulle pløjes/graves ned (ler).</p> <p>På strækninger med grundfjeld i havbunds niveau vil eventuel nedbringning i grundfjeldet kræve særlige tiltag såfremt kablet skal nedgraves.</p>

UXO			
Parameter	Screening	Bemærkninger	Vurdering
UXO	Der er tidligere udført UXO-undersøgelser, samt konstateret UXO i området		Der må påregnes udgifter til udredelse af UXO-risiko

Konklusion:

Positivt: Fundering sandsynligvis mulig med monopæle og jacket-fundamenter.

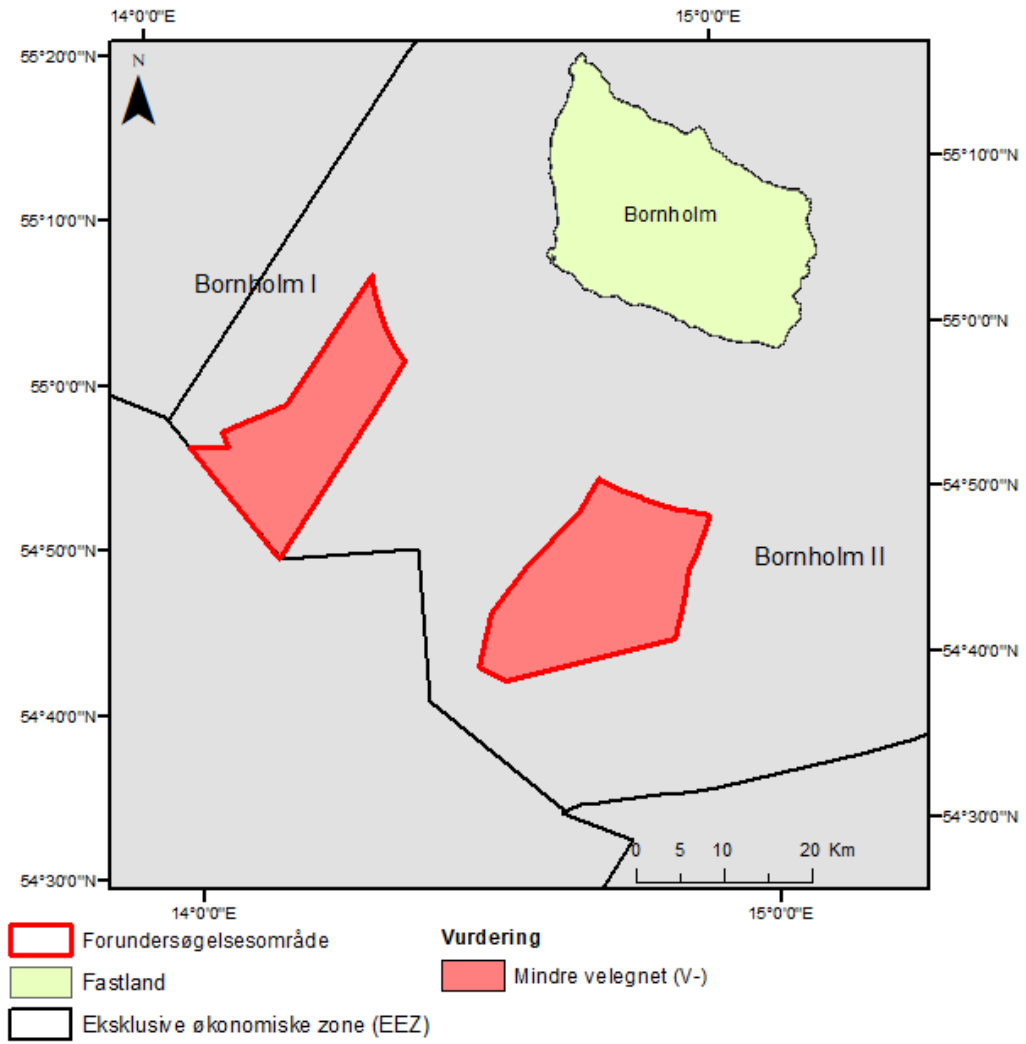
Negativt: Installation af monopæle og jacket-fundamenter besværliggøres af mulig hård og stenfyldt moræne samt højtliggende hårde jord-/bjergarter. Direkte fundering vurderes ikke realistisk med store fundamenter og store vanddybder.

4.6 Samlet geologisk vurdering

De to områder der er inkluderet i finscreeningen er rangeret efter den geotekniske vurdering, overordnet geologi, havbundssedimentet og vanddybden samt variationsmulighed for placering af havvindmøllerne. Vurderingen for områderne er kategoriseret som "Mindre velegnet (V-)" (Tabel 4-4 og Figur 4-9). På nuværende tidspunkt og vidensniveau er der ikke fundet geologiske eller geotekniske faktorer der vurderes at være show-stoppere for placering af havvindmøllefundamenter. Vurderingen som "Mindre Velegnet" skal ses i lyset af, at der findes andre geologiske formationer der er mere optimale og dermed lettere at placere havvindmøllefundamenter i end det der vurderes at forefindes i de screenede områder. Den samlede vurdering skal derfor også betragtes som en relativ rangering af områderne i forhold til områderne vurderet i den oprindelige screeningsrapport (COWI, 2020 (1)).

Tabel 4-4: Samlet vurdering og rangering af de screenede områder ved Bornholm.

Rang	Område	Kategori
1	Bornholm II	Mindre Velegnet (V-)
2	Bornholm I	Mindre Velegnet (V-)



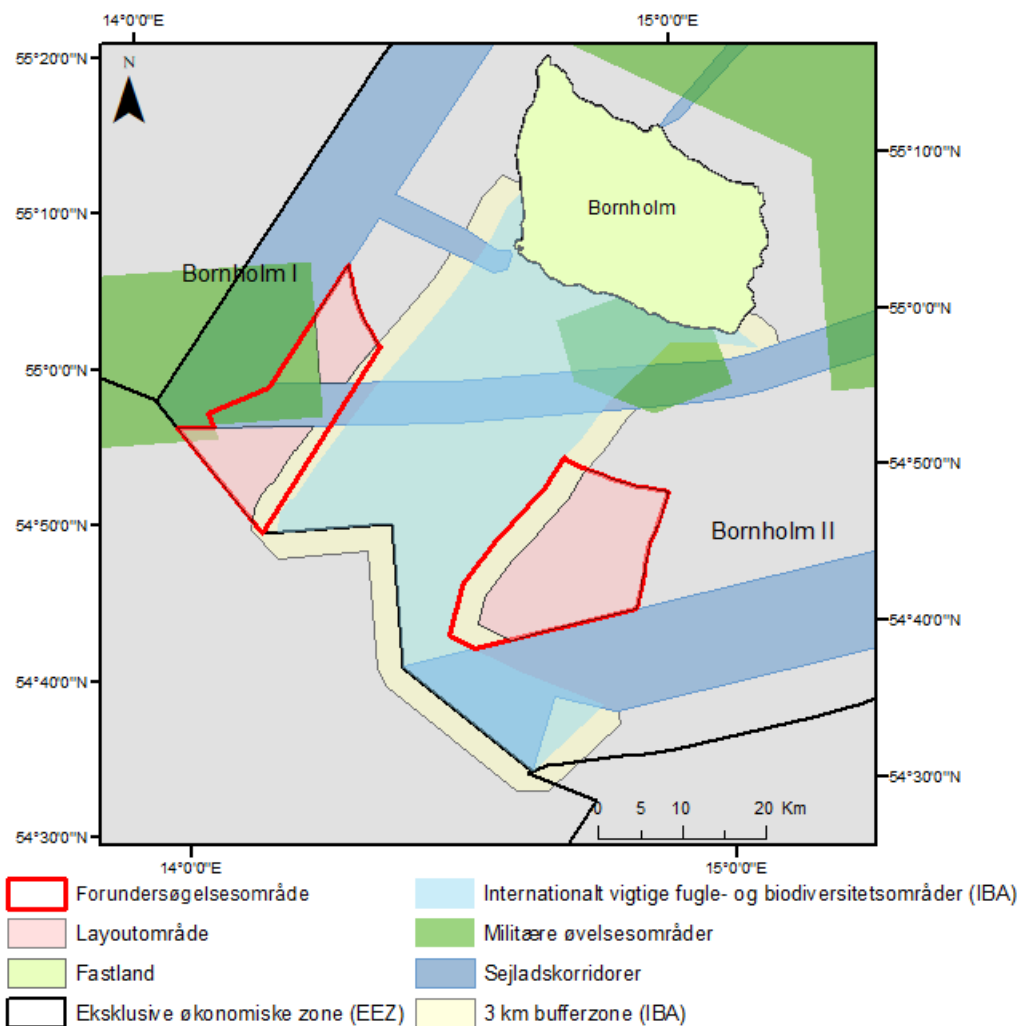
Figur 4-9 Geologisk arealvurdering af Bornholm I og Bornholm II.

5 Vindressource, layouts og energiproduktion

Energistyrelsens anmodning drejer sig om undersøgelsen af scenariet: 1 GW installeret effekt i område Bornholm I og 1 GW installeret effekt i Bornholm II. For at fastlægge udgangspunktet for placeringen af havvindmøllerne, er der taget udgangspunkt i kombinationen af forundersøgelingsområdet og de potentielle arealbe- grænsninger inden for forundersøgelingsområdet. Det resulterende tilgængelige areal er anvendt til design af layoutet for placeringen af havvindmøller. Derudover er vindressourcen og den elektriske infrastruktur inddraget i designlayoutet.

Som input, brugte COWI mesoskala modelleringsdatapunkter fra WRF - StormGeo atmosfærisk model med høj opløsning. Mesoscale modellering er en anerkendt og "*state of the art*" metode til at fastlægge vindressourcen, når målinger ikke er til- gængelige. Detaljer for modellen og yderligere beskrivelse er medtaget i den tidli- gere finscreeningsrapport (COWI, 2020 (3)).

Bornholm I-området er blevet udvidet til at inkludere ca. 6 km² i den vestlige del af området mens Bornholm II-området er ændret mod øst og nord, i forhold til den oprindelige finscreening (COWI, 2020 (3)). Energistyrelsens anmodning drejer sig om undersøgelsen af scenariet: 1 GW installeret effekt i område Bornholm I og 1 GW installeret effekt i Bornholm II. Det udpegede område i Østersøen er vist i Figur 5-1.



Figur 5-1 Området ved Bornholm inklusive begrænsningsområderne.

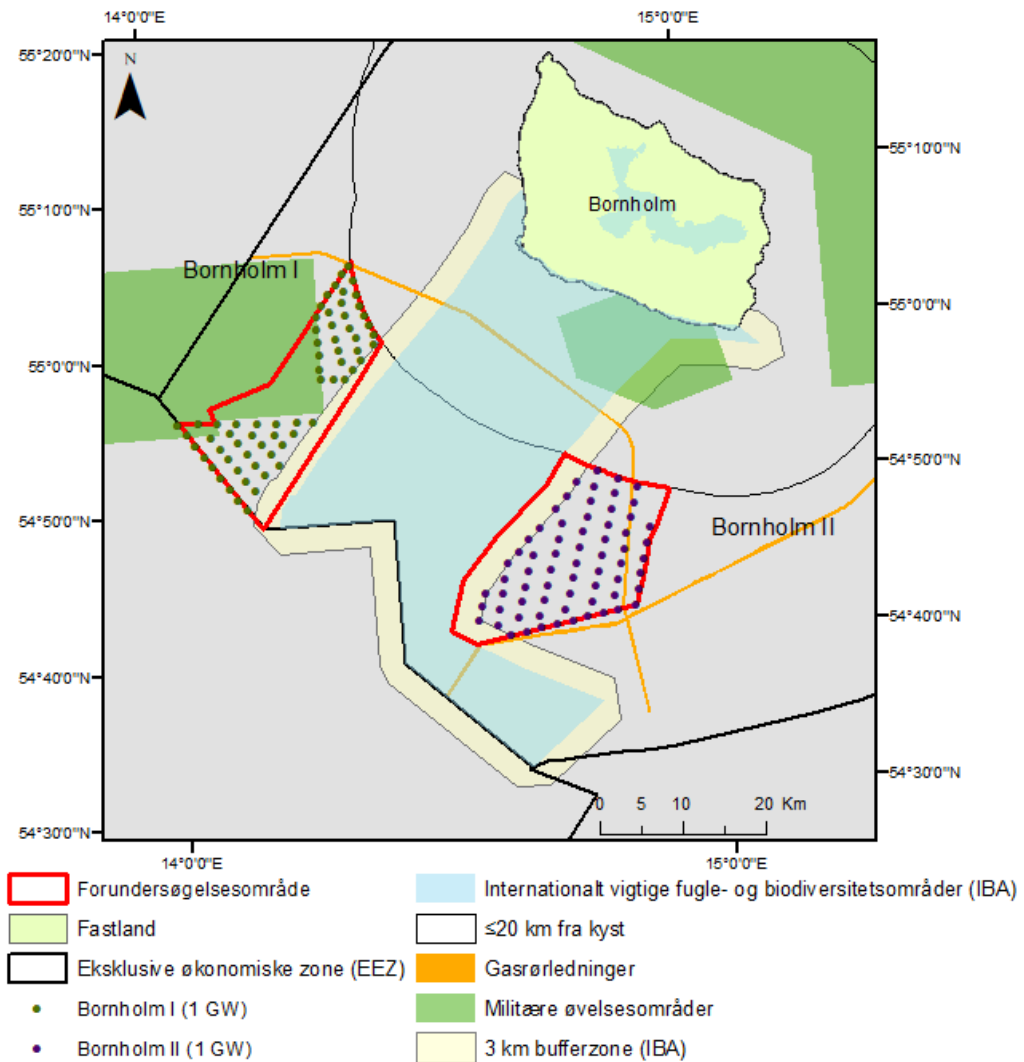
Parklayout baseres på en 15 MW havvindmølle – Vestas V236-15MW. Der vælges en navhøjde på 150 m og en rotordiameter på 236 m, så den maksimale tiphøjde bliver 268 m og frihøjden 32 m ift. havniveau. Navhøjden på 150 m tilbydes i dag kommercielt på GE Haliade-X 12 MW, SG 14-222DD 14 MW og Vestas V236-15 MW havvindmølle-platforme hvilket giver vished for at struktureffrekvensen kan håndteres.

5.1 Bornholm I (1 GW) og Bornholm II (1 GW)

Det er bestemt, at den nye havvindmøllepark skal være på 2 GW installeret effekt. Da der er anvendt en 15 MW havvindmølle, betyder det, at hvert layout består af 67 havvindmøller (dvs. 2 x 67 – 134 havvindmøller og i alt 2010 MW). Hvis de 134 havvindmøller bliver installeret i disse områder, vil afstanden mellem havvindmøller i en række og mellem rækkerne være mindre end hvad der normalvis tilstræbes. Det vil føre til et relativt stort skyggetab pga. de mange havvindmøllerækker og mindre afstand mellem havvindmøllerne.

Layoutet er vist i Figur 5-2. På grund af de potentielle arealbegrænsninger og for at opretholde skyggetabene på et så lavt niveau som muligt, er layoutkonceptet optimeret således at grænsen af det tilgængelige område er taget i brug. Desuden er

antallet af havvindmøller for Bornholm I opdelt i to klynger på 34 stk svarende til 510 MW (sydvest) og 33 stk svarende til 495 MW (nordøst) for at passe til de hav-baserede AC transformerplatforme (OSS-1-A og OSS-1-B – se Figur 5-5).



Figur 5-2 Bornholm 2 GW-scenarie, område, begrænsning og forslag til placering af havvindmøllerne i Bornholm I og Bornholm II. 20 km afstand fra kysten er markeret med en cirkel.

Afstandene mellem havvindmøllerne (Figur 5-2) er ca. 7 RD (dvs. $7 \times 236 = 1.652$ m) for havvindmøller i samme række (*crosswind*) og 7 til 10RD (dvs. 1.652 til 2.360 m) for havvindmøller i efterfølgende række (*downwind*).

I Bornholm I dækker 67 havvindmøller et område på 145 km², som svarer til en effekttæthed på 6,39 MW/km² (dvs. arealbehovet af 2,16 km²/havvindmølle), mens i Bornholm II dækker 67 havvindmøller et område på 241 km², som svarer til en effekttæthed på 4,17 MW/km² (dvs. arealbehovet af 3,60 km²/havvindmølle). Se koordinater for alle havvindmølleplaceringer for Bornholm i Bilag C.

Den gennemsnitlige vanddybde er 41,6 m for Bornholm I og 48,2 m for Bornholm II. Disse blev brugt til estimering af fundamentomkostninger i afsnit 5.5.1

5.2 Tab og produktionsestimater

I Tabel 5-1 ses et resume af input til beregningen af layouts og i Tabel 5-2 ses bruttoproduktionen, skyggetab, parkproduktion (efter skyggetab er fratrukket), tab og korrektioner samt nettoproduktionen eksklusive elektriske tab for hvert af de foreslåede havvindmøllelayouts i Bornholm I og Bornholm II.

Tabel 5-1 Beregningsinputoversigt for alle de foreslåede havvindmøllelayouts.

Park	Turbineafstand [RD ⁵]	Layout [km ²]	Effekttæthed [MW/km ²]	Arealbehov [km ² /havvindmølle]
Bornholm I 1 GW	7 x 9 RD	145	6,93	2,16
Bornholm II 1 GW	7 x 10 RD	241	4,17	3,60
Bornholm I-II 2 GW ⁶	-	386	5,55	2,88

Den resulterende bruttoenergiproduktion, skyggetab og nettoenergi er vist i Tabel 5-2.

Skyggetabet er størst ved Bornholm I grundet den relativt korte afstand mellem havvindmøllerne på grund af det reducerede tilgængelige areal. Men generelt er nettoresultaterne ens, hvilket indikerer homogene vindressourcer ved Bornholm.

For alle layouts i denne undersøgelse er en optimeret placering af havvindmøllerne blevet indført. Rækkerne af havvindmøller i layoutet er placeret på grænserne for områderne, hvilket tillod færre havvindmøller i midten af layoutet. Dette resulterer i en øget energiproduktion for havvindmølleparkerne.

Produktionsestimaterne ved brug af Vestas V236-15MW turbine er højere sammenlignet med brugen af den tidligere ekstrapolerede effektkurve. Resultaterne er generelt 4-5 % højere på et nettoenerginiveau. Der forventes dog yderligere energioptimering i en udviklingsfase af projekterne og en opdateret effektkurve skal være tilgængelig for layoutkonceptet og produktionsestimeringen.

⁵ Rotordiameter = 236 m

⁶ 2010 MW - gennemsnit

Tabel 5-2 Produktionsestimater for alle de foreslåede havvindmøllelayouts.

Park	Brutto- produktion [GWh/år]	Skygge- tab ⁷ [%]	Park- produktion ⁸ [GWh/år]	Tab & LT- korrektio n [%]	Netto- produktion [GWh/år] ⁹
Bornholm I 1 GW	5438,0	5,2	5156,0	-6,1	4842,4
Bornholm II 1 GW	5434,7	5,0	5162,4	-6,1	4848,5
Bornholm I-II 2 GW ¹⁰	10872,7	5,1	10318,4	-6,1	9690,9

⁷ Internt skyggetab i havvindmølleparken

⁸ Inklusive skyggetab

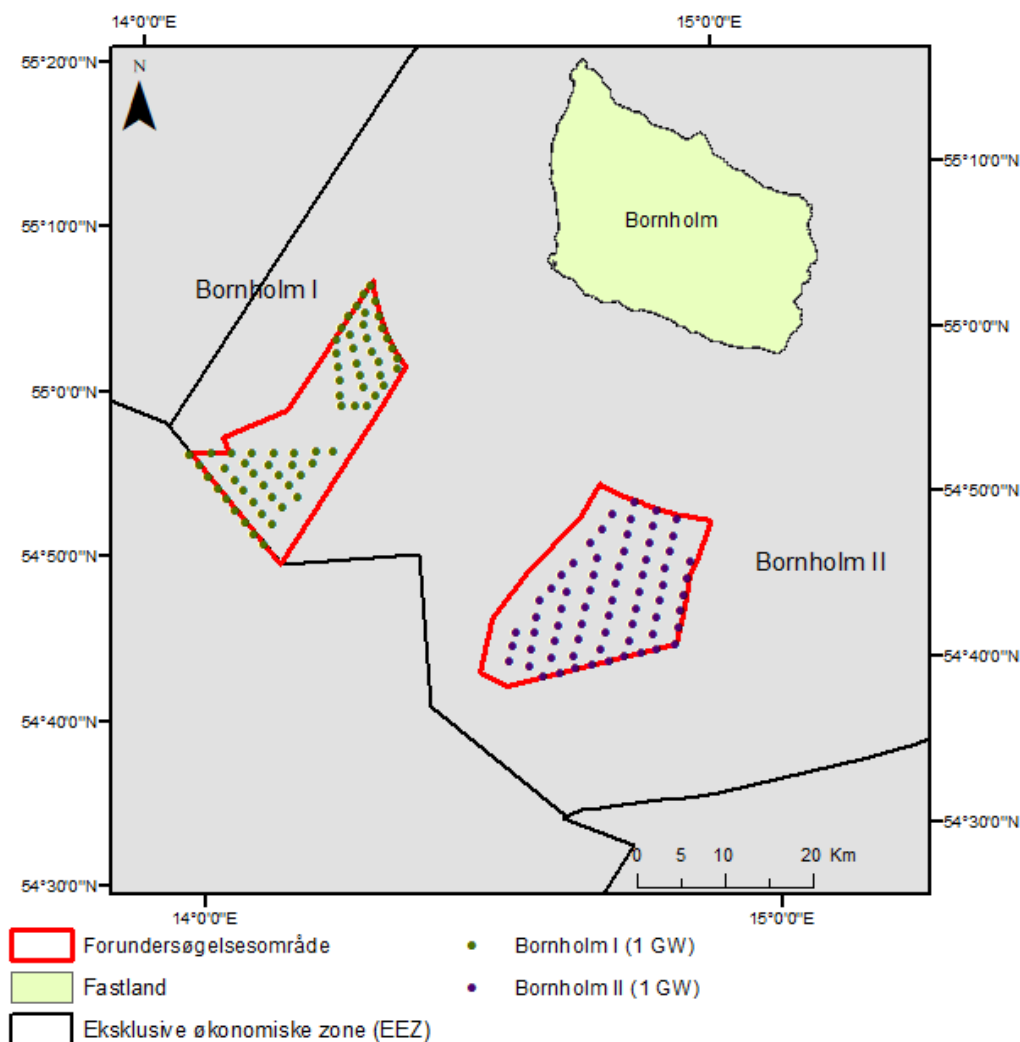
⁹ Eksklusiv elektriske tab

¹⁰ Total 2010 GW i Bornholm I og Bornholm II

5.3 Elektriske systemer

5.3.1 Overordnet parklayout

Parklayout for Bornholm er udlagt med 134 havvindmøller fordelt med 1 GW i det vestligt beliggende Bornholm I og 1 GW i det østligt beliggende Bornholm II. Figur 5-3 angiver parklayout, som danner grundlag for udarbejdelsen af de elektriske op-samlingsanlæg.

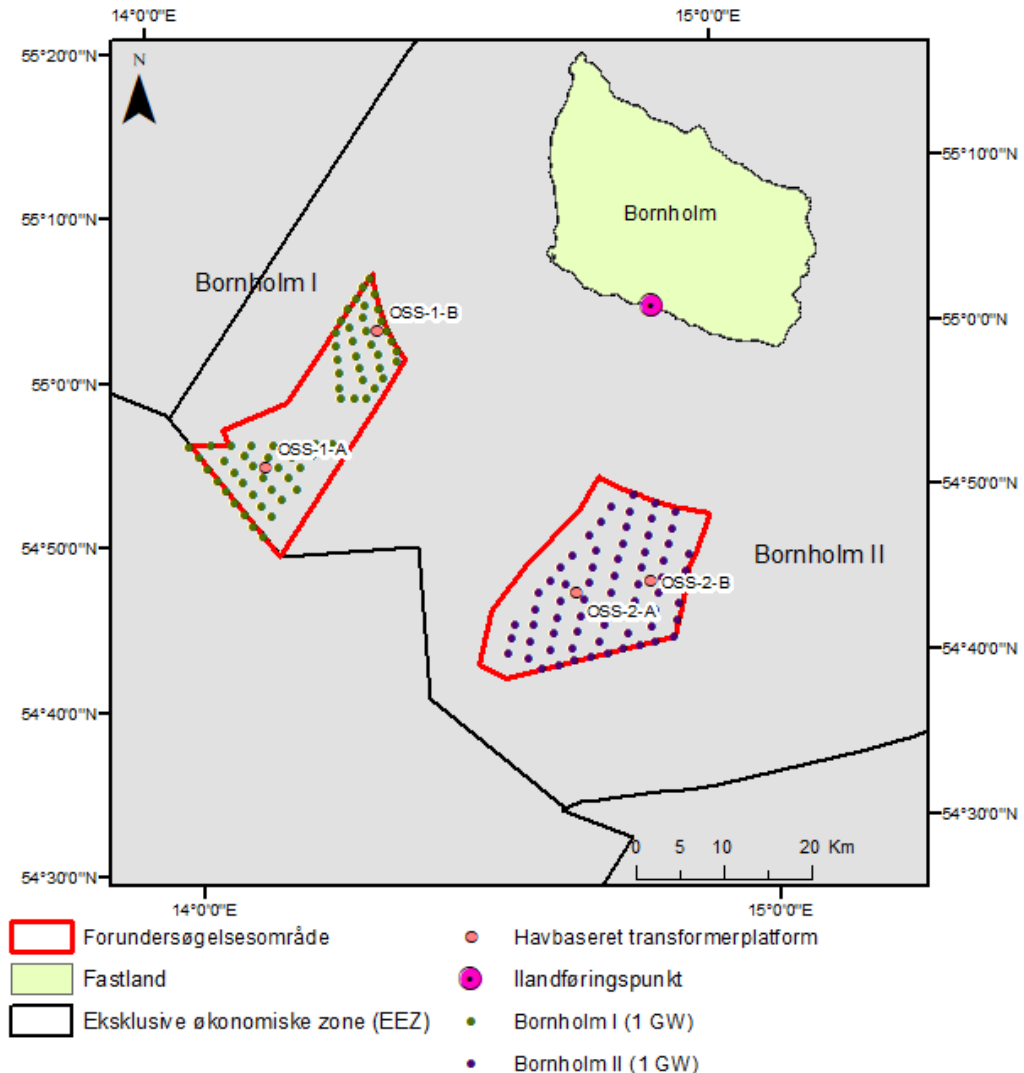


Figur 5-3 Overordnet parklayout for Bornholm I og Bornholm II

5.3.2 Parklayout

Nærværende studie er baseret på, at de to områder af Bornholm opdeles i fire stk 500 MW systemer, hver med en havbaseret AC transformerplatform og et 500 MW eksportskabelsystem. Efterfølgende studier bør vurdere nødvendigheden af en sammenkobling af flere havbaserede AC transformerplatforme for øget forsynings-sikkerhed.

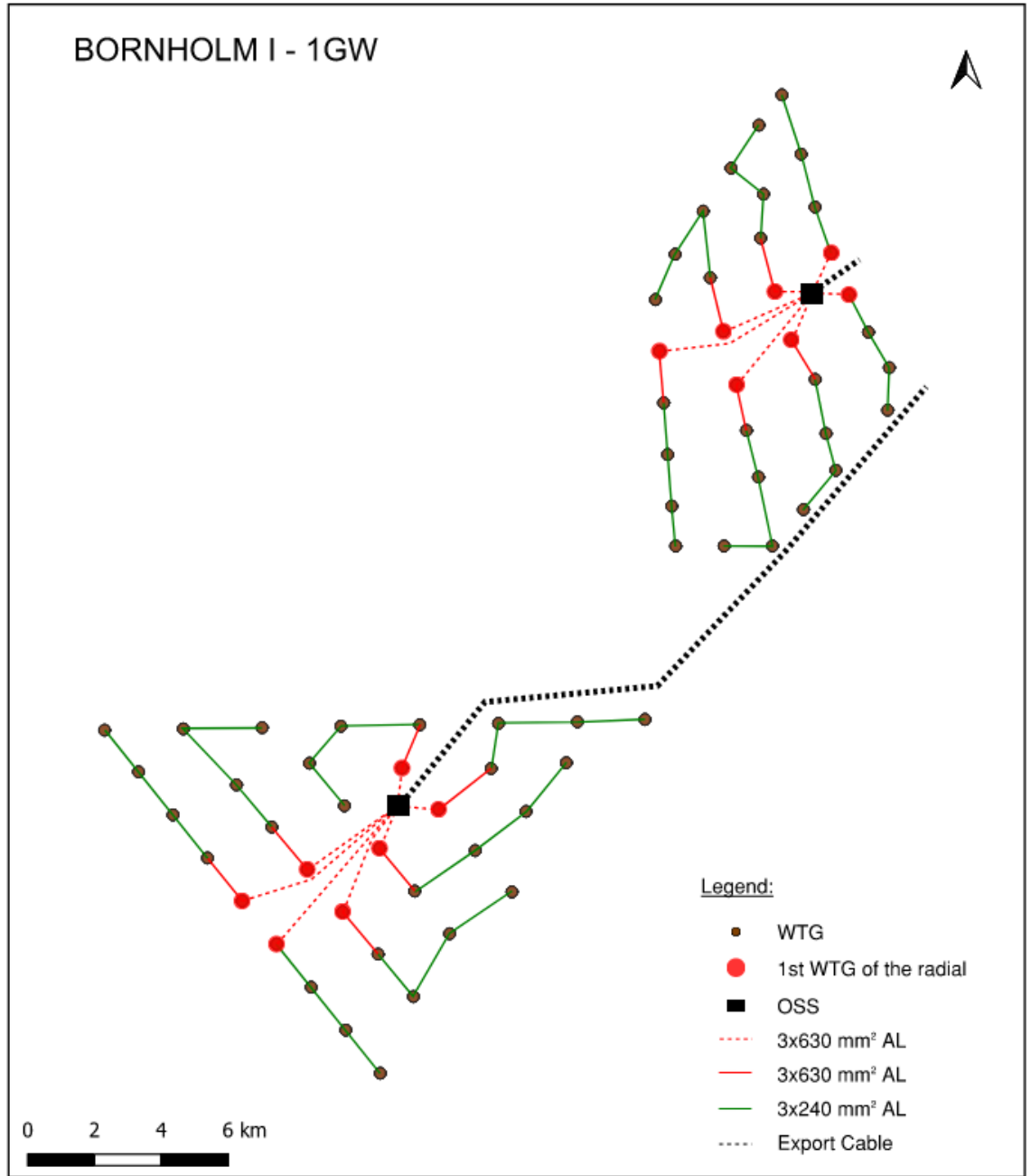
Parklayoutet er baseret på en konfiguration som vist på Figur 5-4 med to havbase-
 rede AC transformerplatforme placeret i hhv. Bornholm I og Bornholm II, alle fire
 med en kapacitet på 500 MW samt ilandføringspunkt ved Sose Bugt.



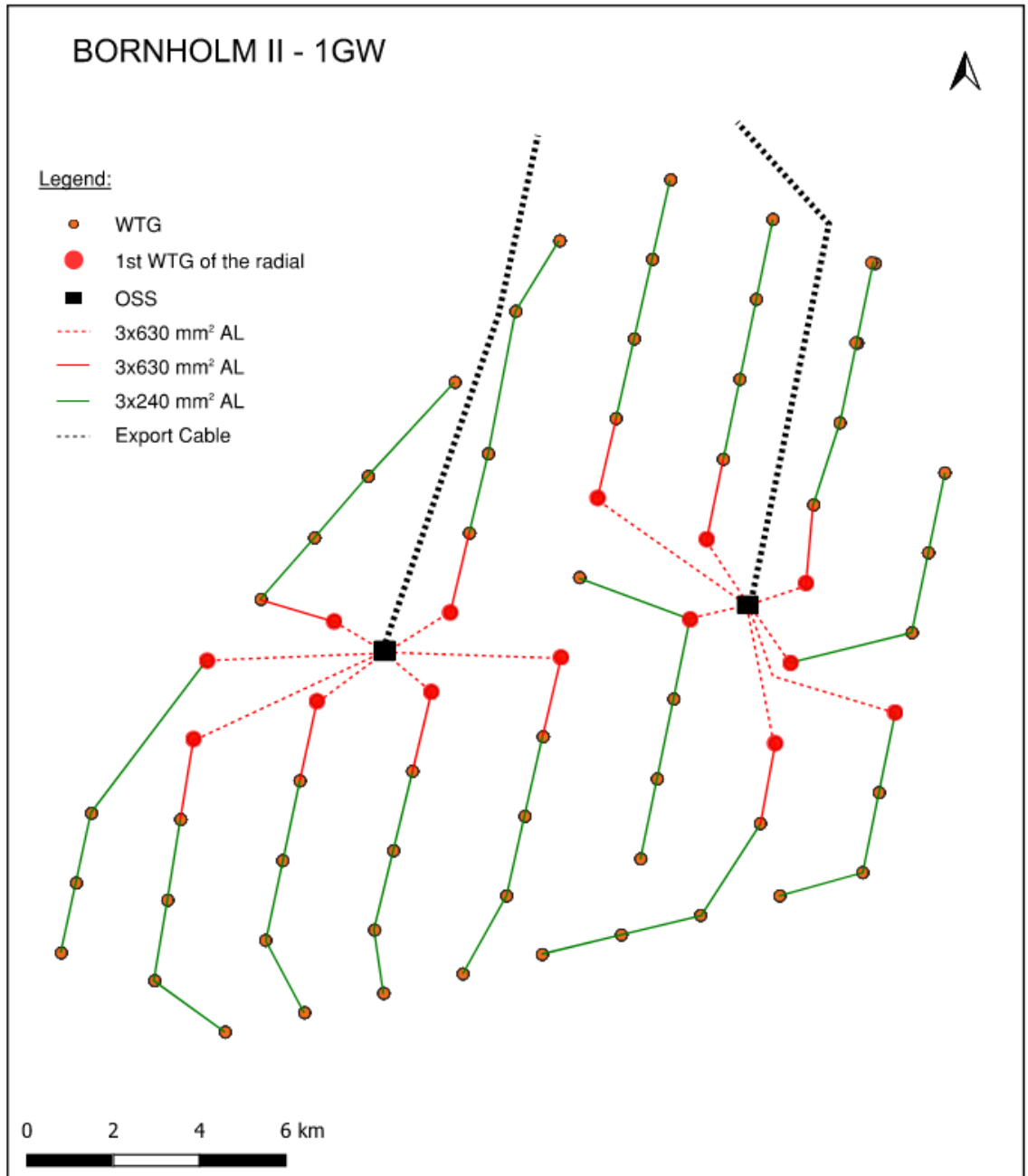
Figur 5-4 Bornholm I og Bornholm II. Parklayout med havbaserede AC transformer-
 platforme samt ilandføringspunkt ved Sose Bugt.

Arraykabel topologi

Der etableres 66 kV arraykabler mellem havvindmøllerne og mellem havvindmøl-
 lerne i de enkelte radialer og videre frem til AC transformerplatformene i henhold til
 Figur 5-5 (Bornholm I) og Figur 5-6 (Bornholm II).



Figur 5-5 Bornholm I (1 GW), arraykabel topologi.



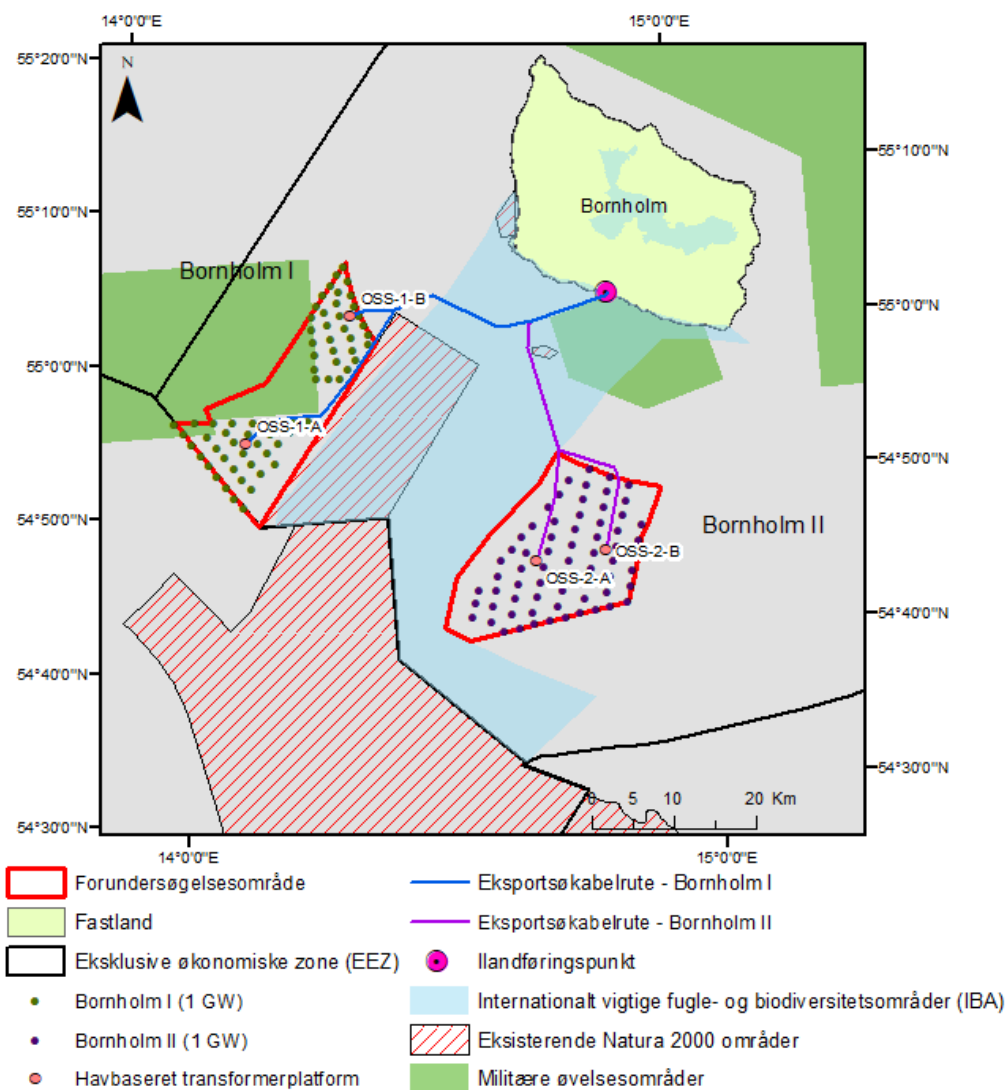
Figur 5-6 Bornholm II (1 GW), arraykabel topologi.

Eksportsøkabel

Der etableres 220 kV AC eksportsøkabler mellem de havbaserede AC transformerplatforme og ilandføringsstedet ved Sose Bugt. Linjeføringen fremgår af Figur 5-7. Linjeføringen er valgt uden hensyntagen til havbundens beskaffenhed.

Linjeføringen for eksportsøkablerne til ilandføringspunktet er valgt således, at kablerne friholdes fra Natura 2000 området mellem Bornholm I- og Bornholm II-områderne samt det militære øvelsesområde øst for ilandføringspunktet.

Fremføring af eksportsøkablerne til ilandføringsstedet ved Sose Bugt vurderes til at have lav kompleksitet, der skal dog tages højde for klippegrund.



Figur 5-7 Bornholm I og Bornholm II. Parklayout med havbaserede AC transformerplatforme, eksportskabelkorridor samt ilandføringspunkt ved Sose Bugt.

5.3.3 Fælles forhold

Arraykabler

Arraykabler antages installeret ved udlægning på havbunden, hvorefter de spules ned i havbunden til en dybde på ca. 1,5-2 m. Der vil i forbindelse med etablering af havvindmølleparkerne Bornholm I og Bornholm II være krydsninger af eksisterende ledninger (Figur 3-19), som der skal tages højde for, ved indgåelse af nødvendige krydsningsaftaler med relevante ledningsejere samt tiltag i forbindelse med installation og beskyttelse af kablerne.

Det bemærkes, at eksportskablerne fra Bornholm II ikke føres til land i en lige linje, men at de i stedet er ført vest om det militære øvelsesområde som støder op til området for ilandføringen.

Det skal ligeledes noteres, at eksportsøkablerne for Bornholm I fremføres i en meget smal korridor stødende op mod Natura 2000 området. Giver korridoren ikke den nødvendige plads til installation af kablerne, kan disse fra den sydlige del af Bornholm I, føres ind mellem havvindmøllerne på det smalleste sted. Krydsning af arraykablerne vil således blive håndteret som en del af projektet uden forventelige udfordringer.

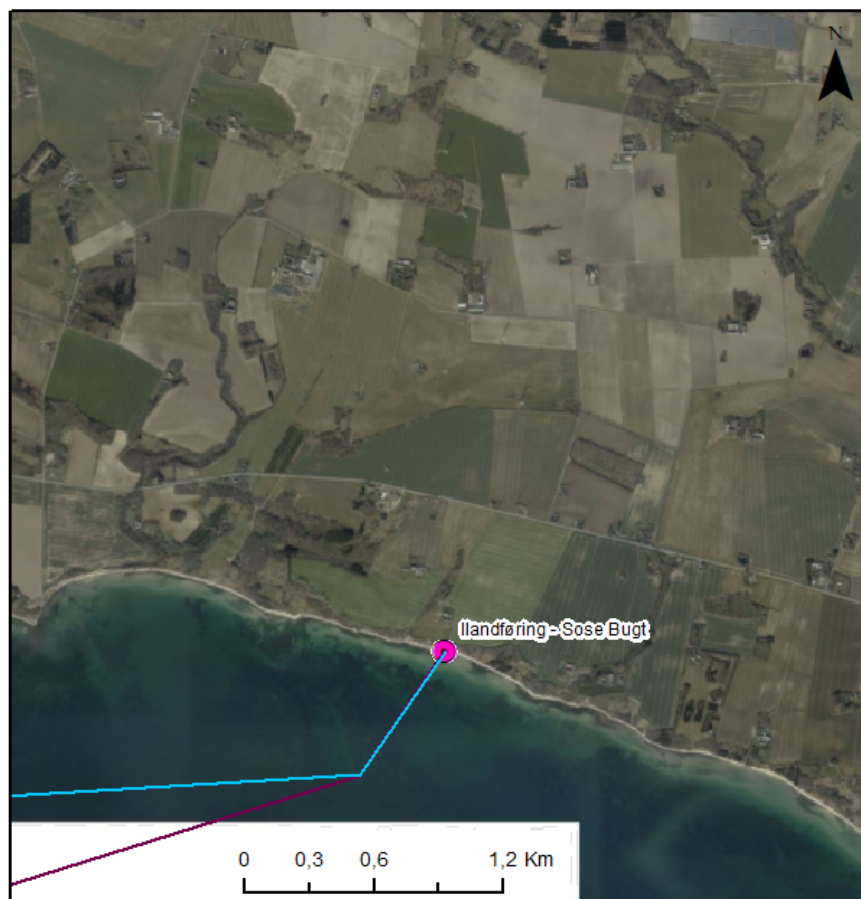
Eksportsøkabler

Eksportsøkabler antages installeret ved nedpløjning til en dybde på ca. 1,5-2 m. Der vil i forbindelse med etablering af havvindmølleparkerne Bornholm I og Bornholm II være en del krydsninger af eksisterende ledninger (Figur 3-19), som der skal tages højde for, ved indgåelse af nødvendige krydsningsaftaler med relevante ledningsejere samt tiltag i forbindelse med installation og beskyttelse af kablerne.

Ilandføring

Punktet for ilandføring er valgt til at være i området ved Sose Bugt øst for lufthavnen. Der foreligger ikke for nuværende planer for endelig placering af HVAC/ HVDC station, men selve ilandføringsområdet er valgt i et område med marker og landbrugsejendomme, og vurderes derfor velegnet til formålet (Figur 5-8).

Med en samlet kapacitet på 2 GW, skal der ilandføres fire kabelsystemer, hvilket der skal tages højde for i forbindelse med udpegningen af ilandføringsområdet. Det antages at indbyrdes afstand imellem systemerne er 50 m, hvorved samlet bredde på ilandføringsområdet vil blive minimum 200-250 m.



- Eksportkabel - Bornholm I
- Eksportkabel - Bornholm II
- Ilandføringspunkt

Figur 5-8 Bornholm I og Bornholm II. Ilandføringsområde ved Sose Bugt.

5.3.4 Energiflow

Den valgte arraykabelkonfiguration minder meget om beregninger udført for Nordsøen I, Hesselø og Kriegers Flak (COWI, 2020 (2)), og det er derfor valgt at anvende resultatet (gennemsnittet) fra disse beregninger i dette afsnit. Det vil give retningsvisende værdier for tab i systemet, og det vurderes, at med den relative høje usikkerhed CAPEX og OPEX-beregninger er behæftet med, vil denne tilnærmelse ikke få væsentlig betydning for resultatet.

Tabel 5-3 Beregnede effekttab i arraykabler for Nordsøen I, Hesselø og Kriegers Flak.

Område	Effekt tab [MW]
Nordsøen I, L1	8,5
Nordsøen I, L2	8,1
Nordsøen I, L3	8,4
Hesselø	7,5
Kriegers Flak	6,9
Gennemsnitligt maksimale tab pr. 1 GW område	8

Det maksimale effekttab i arraykabelsystemet fremgår af Tabel 5-4.

Tabel 5-4 Effekttabsberegning.

Effekttab	Parklayout	
	Bornholm I	Bornholm II
Installeret effekt [MW]	1.005	1.005
Samlet arraykabel tab [MW]	8	8
Effekt leveret [MW] ¹¹	997	997

Med henvisning til Afsnit 5.3.5 er det valgt at fastholde oprindeligt beregnede effekttab, da der ikke er nævneværdige ændringer i de anvendte kabelkonfigurationer.

5.3.5 Kabelsystemer

De totale estimerede kabellængder for Bornholm er summeret i nedenstående Tabel 5-5.

Tabel 5-5 Estimerede kabellængder for array- og eksportsøkabler.

Arraykabler (66 kV)	[km]
3x240 mm ² Al	170
3x630 mm ² Al	119
Eksportsøkabler (220 kV)	[km]
Bornholm I	87
Bornholm II	84

De estimerede arraykabellængder som fremkommer af dette opdaterede studie, afviger fra de tidligere opgørelser med mindre end 1%, og vurderes derfor ikke at have nævneværdig indvirkning på beregning af CAPEX og LCoE.

De estimerede eksportsøkabellængder som fremkommer af dette opdaterede studie, er reduceret med ca. 8%. En reduktion som hovedsageligt fremkommer på grund af nyt ilandføringsområde ved Sose Bugt. De reducerede eksportsøkabellængder er indregnet i den opdaterede CAPEX og LCoE beregning.

5.3.6 Samlede årlige elektriske tab

De samlede årlige elektriske tab i opsamlings- og transmissionssystemet er baseret på summen af tab i arraykabelsystemerne samt i eksportsystemet inkl. HVDC transmissionssystemet frem til tilslutningspunktet i henholdsvis DK2 og Polen. De

¹¹ Samlet maksimaleffekt leveret på 66 kV samleskinne i havbaseret AC transformerplatform. For leveret effekt i PoC skal fratrækkes tab i selve eksportsystemet.

samlede årlige tab i arraykabelsystemet er beregnet på baggrund af produktionsprofilen for Bornholm. De samlede årlige tab i eksportsystemet, oplyst af Energinet, er beregnet på baggrund af produktionsprofilen for Anholt.

De samlede årlige elektriske tab er i dette opdaterede studie korrigeret for 5% forøgelse af netto produktion (Afsnit 5.2) samt 8% reduktion af eksportsøgekabelsystemerne. Korrektionen af det årlige effekttab er foretaget med en lineær skalering af oprindelige beregnede tab, hvilket vurderes at være en acceptabel tilnærmelse.

De korrigerede samlede årlige effekttab i elsystemet fremgår af Tabel 5-6.

Tabel 5-6 Samlede årlige effekttab i elsystemet.

Anlægstype	Samlede årlige effekttab [GWh/år]
Arraykabler	72 ¹²
Eksportsystem (HVAC og HVDC)	575
Sum	647

¹² De samlede tab i arraykabelsystemet er øget med antaget 5% pga. øget energiproduktion.

5.4 Endelig energiproduktion

Med anvendelse af den opdaterede nettoproduktion fra havmølleparkerne samt de nye beregnede elektriske tab i array- og eksportsystemet vises den endelige årlige netto elektriske energiproduktion i Tabel 5-7.

Tabel 5-7 Endelig energiproduktion.

SITE/LAYOUT	Netto produktion [GWh/år]	Elektriske tab [GWh/år]	Endelig energiproduktion [GWh/år]
Bornholm I+II	9.691	647	9.044

5.5 Omkostninger

De økonomiske levetidsomkostninger er beregnet for de givne ændringer med udgangspunkt i de samme antagelser som i Finscreening 2020¹³. Det antages at opførelsen af parkerne finder sted efter 2030. Opførelsen af havvindmølleparkerne har især en indflydelse på investeringsomkostningen for vindturbinen.

5.5.1 Fundamenter

Investeringsomkostninger til fundamenter er taget fra tillæg til finscreening 2020. Priserne er baseret på monopæl fundering. Monopælen vurderes at være den mest pris effektive fundering på baggrund af det nuværende datagrundlag. Prisoverslagene er som følger i Tabel 5-8.

Tabel 5-8 Priser på fundering af havvindmøllerne i hver havvindmøllepark.

SITE/LAYOUT	Kategori	Fundamenter	Total om- kostning [x1000 DKK]
Bornholm I og Bornholm II	(V-)	134	6.888.270

5.5.2 Arraykabler

Investeringsomkostninger til arraykabler er taget fra tillæg til finscreening 2020. I afsnit 5.3.5 er det vurderet, at de små variationer i længden på arraykablerne ikke vil have betydning for CAPEX. Omkostningerne til arraykabler er vist i Tabel 5-9.

¹³A132994-2-3 – Vindressource, layouts og energiproduktion for Bornholm I + II, Nordsøen II + III og området vest Nordsø II + III

Tabel 5-9 Investeringsomkostninger til array kabler.

SITE/LAYOUT	Omkostning [x1000 DKK]
Bornholm I og Bornholm II	1.158.000

5.5.3 Eksportsystem

I 2020 finscreeningen anvendtes en CAPEX for eksportsystemet på 15,9 mia. DKK. Som følge af ændringer i layoutet er der en reduktion i mængden af eksportsøkabler på 15 km, hvilket resulterer i en estimeret reduktion i CAPEX på 146 mio. DKK. Opdateret CAPEX for eksportsystemet fremgår af Tabel 5-10

Tabel 5-10 Eksportsystemer – Omkostninger.

Vindmøllepark	CAPEX Anlæg [x1000 DKK]
Bornholm I og Bornholm II	15.754.000

Eksportsystemet ved Bornholm forventes at blive noget dyrere per installeret GW end i Nordsøen grundet behovet for havbaserede AC transformerplatforme og længere transportkabler til DK2 og udlandet.

5.5.4 Samlede investeringsomkostninger

Tabel 5-11 opsummerer alle investeringsomkostningerne beskrevet nedenfor med undtagelse af udviklingsomkostningerne, WTG, fundamenter og arraykablerne som er hentet fra finscreeningen fra 2020. Tabellen opsummerer også CAPEX for de tidligere finscreeninger, for at kunne sammenligne investeringsomkostningerne på tværs af de forskellige screeninger. Der er ikke sket ændringer for CAPEX siden tillæg til screeningen for havvindmøllerne, fundamenterne, arraykablerne eller udviklingsomkostningerne. Som følge af en reduktion i længden af eksportsøkabler falder CAPEX for eksportsystemet i denne finscreening med 146 mio. sammenlignet med tidligere.

Tabel 5-11 Samlede investeringsomkostninger per layout (1.000 kroner).

Site/Layout	Bornholm I og Bornholm II 2 GW Finscreening 2020	Bornholm I og Bornholm II 2 GW tillæg til Finscreening 2020	Bornholm I og Bornholm II 2 GW Finscreening 2021
WTG	15.372.279	15.372.279	15.372.279
Fundamenter	6.040.000	6.888.270	6.888.270
Arraykabler	1.157.000	1.158.000	1.158.000

Eksportsystem	15.900.000	15.900.000	15.754.000
Udvikling	625.000	625.000	625.000
Total	39.094.279	39.943.549	39.797.549
Installeret effekt (MW)	2.010	2.010	2.010
1000 kr/MW	19.450	19.872	19.800

5.6 Drifts- og vedligeholdelsesomkostninger

Drifts- og vedligeholdelsesomkostningerne er udregnet med samme antagelser som i Finscreening 2020, hvor det er antaget at drift og vedligeholdelsesomkostninger ved produktion af 1 MWh er 75 DKK inklusive transmissionsdelen. De totale drifts-omkostninger per år for Bornholm scenarie er vist i Tabel 5-12. Tabellen viser også en sammenligning med de totale drift- og vedligeholdelsesomkostninger i de tidligere finscreeninger. Forskellen skyldes primært, at den årlige energiproduktion er lidt højere end tidligere.

Tabel 5-12 Driftsomkostninger per år (x1.000 DKK).

SITE/LAYOUT	Bornholm I og Bornholm II 2 GW Finscreening 2020	Bornholm I og Bornholm II 2 GW tillæg til Finscreening 2020	Bornholm I og Bornholm II 2 GW Finscreening 2021
Bornholm I og Bornholm II	637.824	640.451	678.293

5.7 Levetidsomkostninger per kWh

Levetidsomkostninger per kWh (LCoE) er beregnet på baggrund af de samme antagelser som i Finscreening 2020. Dvs. en diskonteringsrate på 8 %.

Baseret på den endelige energiproduktion samt de samlede investerings-, drifts- og vedligeholdelsesomkostninger er levetidsomkostningerne målt i DKK/kWh, DKK/MWh og EUR/MWh præsenteret i Tabel 5-13.

Tabel 5-13 Levetidsomkostninger for Bornholm I og Bornholm II.

SITE/LAYOUT	(DKK/kWh)	(DKK/MWh)	(EUR/MWh)
Bornholm I og Bornholm II	0,47	466	63

Tabel 5-14 viser omkostningsforskellen mellem nærværende undersøgelse og den tidligere finscreening 2020.

Tabel 5-14 Oversigt over levetidsomkostningerne fundet i finscreening 2020 og i nærværende tillæg til finscreening 2020.

SITE/LAYOUT	LCoE finscreening 2020 (DKK/MWh)	LCoE tillæg til finscreening 2020 (DKK/MWh)	LCoE finscreening 2021 (DKK/MWh)
Bornholm I og Bornholm II	483	490	466

I forhold til tillægget til Finscreening 2020 er 2 GW scenariet for Bornholm I og Bornholm II blevet billigere, da layoutoptimeringen resulterede i en 6% højere årlig energiproduktion. Dog stiger CAPEX til eksportsystemet med 1 %, men da de resterende investeringsomkostninger ikke har ændret sig fra sidste finscreening, resulterer disse ændringer i en 4% lavere levetidsomkostning.

6 Referencer

Amundin, M., 2016, SAMBAH Final report LIFE08 NAT/S/000261: Kolmårdens Djurpark AB, Vildmarksvägen, SE-618 92 Kolmården, Sweden.

BirdLife International (2020). DK120 Rønne Banke. Downloaded fra <http://www.birdlife.org> on 29/02/2020

COWI, 2020 (1): Havbund og geologiske forhold for Bornholm I + II, Nordsøen II + III og Området vest for Nordsøen II + III, A132994-2-2. Finscreening af havarealer til etablering af nye havvindmølleparker med forbindelse til energiø/hub. Rapport for Energistyrelsen.

COWI, 2020 (2): Elektriske systemer for Nordsøen I, Hesselø og Kriegers Flak II, A132994-1-4. Finscreening af havarealer til etablering af nye havvindmølleparker med forbindelse til energiø/hub. Rapport for Energistyrelsen.

COWI, 2020 (3): Vindressource, layouts og energiproduktion for Bornholm I + II, Nordsøen II + III og Området vest for Nordsøen II + III, A132994-2-3. Finscreening af havarealer til etablering af nye havvindmølleparker med forbindelse til energiø/hub. Rapport for Energistyrelsen.

COWI (2020 (4)). Miljø-og planmæssige forhold for Bornholm I + II. Nordsøen I + II og området Vest Nordsø II + III. Finscreening af havarealer til etablering af nye havvindmølleparker med forbindelse til energiø/hub. Rapport til Energistyrelsen maj 2020.

COWI, 2020 (5): Tillæg til finscreening af havarealer til etablering af nye havmølleparker med forbindelse til energiø/hub. Rapport for Energistyrelsen.

DCE, DHI og NIRAS (2015). Kriegers Flak Offshore Wind Farm. Marine Mammals. EIA-Technical Report. June 2015

DHI (2019). Site selection for offshore wind farms in Danish waters. Investigations of bird distribution and abundance. Energistyrelsen/Danish Energy Agency. September 2019.

DOF basen (2020). IBA Skagerrak & Sydvestlige Norske Rende.

Edelvang K., Gislason H., Bastardie F., Christensen A., Egekvist J., Dahl K., Goeke C., Petersen I.K., Sveegaard S., Heinänen S., Middelboe A.L., Al-Hamdani Z., Jensen J.B. & Leth J.

(2017) Analysis of marine protected areas – in the Danish part of the North Sea and the Central Baltic around Bornholm. Part 1: The coherence of the present network of MPAs DTU Aqua Report No. 325-2017. National Institute for Aquatic Resources, Technical University of Denmark, 105 pp.

Egekvist, J., Mortensen, L.O. & Larsen, F. (2017). Ghost nets-A pilot project on derelict fishing gear. DTU Aqua Report No. 323-2017. National Institute for Aquatic Resources. Technical University of Denmark. 46 pp.

Energistyrelsen (2015). Bornholm Havvindmøllepark. VVM-redegørelse. Del 2: Det marine miljø Energinet.dk, NIRAS.

Galatius, A., Kinze, C.C. and Teilmann, J. (2012). Population structure of harbour porpoises in the greater Baltic region: Evidence of separation based on geometric morphometric comparisons. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom 92(8): 1669-1676

GEUS (2018). GEUS kort over havbundssedimenter. <http://data.geus.dk/geusmap>.

Graversen, O., 2004: Upper Triassic – Cretaceous stratigraphy and structural inversion offshore SW Bornholm, Tornquist Zone, Denmark. Bulletin of the Geological Society of Denmark, 2004.

Graves JA, Helyar A, Biuw M, Jussi M, Jussi I et al. (2009). Microsatellite and mtDNA analysis of the population structure of grey seals (*Halichoerus grypus*) from three breeding areas in the Baltic Sea. Conservation Genetics 10: 59-68. doi:10.1007/s10592-008-9517-1

Hammond PS, Lacey C, Gilles A, Viquerat S, Börjesson P, Herr H, Macleod K, Ridoux V, Santos MB, Scheidat M, Teilmann J, Vingada J, Øien N. 2017.

Hearn, R.D., Harrison, A.L. & Cranswick, P.A. 2015. International Single Species Action Plan for the Conservation of the Long-tailed Duck (*Clangula hyemalis*). AEW Technical Series No. 57. Bonn, Germany

HELCOM (2020). Sea-Dumped Chemical Munitions. <https://helcom.fi/Baltic-sea-trends/hazardous-substances/sea-dumped-chemical-munitions/>.

Langston R.H.V. and J.D. Pullan (2003). Wind farms and Birds: An analysis of the effects of wind farms on birds, and guidance on environmental assessment criteria and site selection issues. Report written by BirdLife International on behalf of the Bern Convention. Convention on the conservation of European wildlife and natural habitats. Standing committee 23rd meeting. Strasbourg, 1-4 December 2003.

Leth, O.L og Larsen, B., 2014: Den danske havbund. Geoviden 2014, geologi og geografi nr. 02. (GEUS havbundssedimentkort).

Miljøstyrelsen (2020). Gråsåel. <https://mst.dk/natur-vand/natur/artsleksikon/pattedyr/grasaael/>

NABU (2019). Migration of cranes in Europe. Kranichschutz Deutschland 2017-2019.
<https://www.nabu.de/>

Naturstyrelsen (2014). Natura 2000-basisanalyse 2016-2021 revideret udgave for Adler Grund og Rønne Banke. Natura 2000-område nr. 252. Habitatområde 261.

Perini et al., 1994: Seismic stratigraphy of Late Quaternary glacial to marine sediments off-shore Bornholm, southern Baltic Sea. *Sedimentary Geology* 102 (1996) 3-21.

Petersen, I., Christensen, T., Kahlert, J., Desholm, M., & Fox, A. (2006). Final results of bird studies at the offshore wind farms Nysted and Horns Rev, Denmark. NERI.

Ramboll (2019). Atlas. Miljøkonsekvensvurdering. Danmark. Sydøstlig rute. Nordstream 2. April 2019.

SAMBAH (2016). Static Acoustic Monitoring of the Baltic Sea Harbour Porpoise (SAMBAH). Final report under the LIFE+ project LIFE08 NAT/S/00026, Kolmårdens Djurpark AB, SE618 92 Kolmården, Sweden. 81pp.

Slots og Kulturstyrelsen (2021). Fund og Fortidsminder. [Databaser \(slks.dk\)](https://slks.dk)

Sveegaard, S., Galatius, A., Dietz, R., Kyhn, A., Koblitz, J.C., Amundin, M., Nabe-Nielsen, J., Sinding M.H., Andersen L.W., Teilmann, J. (2015). Defining management units for cetaceans by combining genetics, morphology, acoustics and satellite tracking. *Global Ecology and Conservation* 3: 839–850

Warnar T. Huwer B., Vinter M., Egekvist J., Sparrevohn R. C., Kirkegaard E., Dolmer P. Munk P. og Sørensen T.K. (2012). Fiskebestandene struktur. Faglig Baggrundsnotat til den danske implementering af EU`s havstrategidirektiv. DTU Aqua- rapport nr 254-2012.

Watchorn, P., 2014: Interpretative Report – Site 6 – Rønne Banke (Revision 2 – Final). EGS International Ltd, for Energinet

Wiemann, A., Andersen, L.W., Berggren, P., Siebert, U., Benke, H., Teilmann, J., Lockyer, C., Pawliczka, I., Skora, K., Roos, A., Lyrholm, T., Paulus, K.B., Ketmaier, V. & Tiedemann, R. (2010). Mitochondrial Control Region and microsatellite analyses on harbour porpoise (*Phocoena phocoena*) unravel population differentiation in the Baltic Sea and adjacent waters. *Conservation Genetics* 11: 195–211

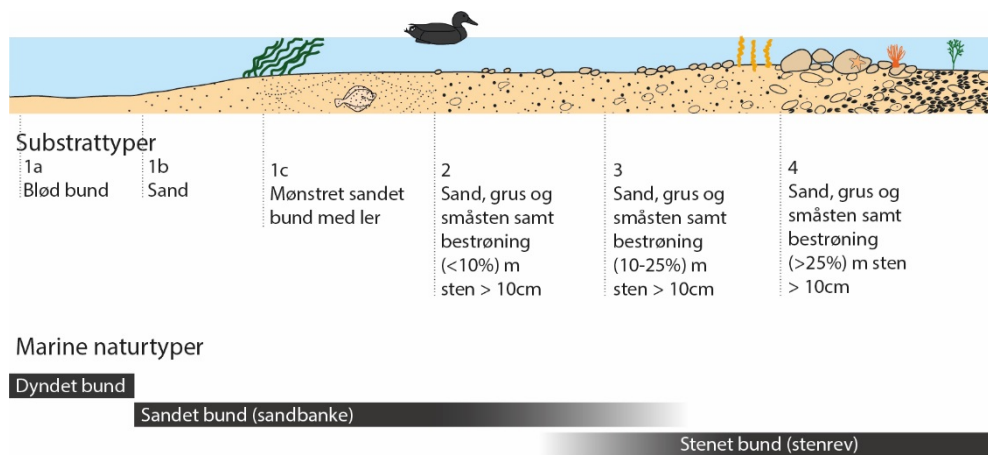
Bilag A Datagrundlag og GIS lag

GIS-analyserne er baseret på eksisterende digitale geodata for miljømæssige og planmæssige forhold og menneskelige aktiviteter fra forskellige kilder.

A.1 Eksisterende miljøforhold i projektområdet

A.1.1 Marine habitater

Udbredelsen af marine habitater blev kortlagt på basis af digitale data vedrørende udbredelsen af forskellige havbundssedimenter udarbejdet af GEUS (GEUS 2018). Udbredelsen af potentielle stenrevsområder blev vurderet på basis af udbredelsen af områder med moræne og anvendt i GIS modellen. Klassificeringen af substrat tager udgangspunkt i de klassifikationer af sub-stratyper som er udviklet og anvendt i GEUS arbejde. Figur 6-1 viser klassifikationerne og sammenhængen til relevante naturtyper i denne kortlægning.



Figur 6-1 Substrattypeklassifikation og sammenhæng med habitattype.

Udbredelsen af forskellige bundfaunasamfund på blød bund (sand, sandblandet mudder, mudderblandet sand og mudder) blev vurderet på basis af bundtype, dybde, sedimenttype og farvand baseret på Thorson (1957) og verificeret på baggrund af data fra nyere bundfaunaundersøgelser fra områder i eller nær de potentielle projektområder. Udbredelsen af forskellige bundfaunasamfund på blødbund indgår ikke i GIS modellen, men blev anvendt i beskrivelsen af de biologiske forhold i de potentielle projektområder.

Kysthabitater

Følgende kysthabitater indgår i GIS modellen:

"Klippekyst eller bløde klinte",

"Sand eller klitkyst",

"Tilgroningskyst vadehavet".

Digitale data fra Kystdirektoratets kystatlas blev direkte overført til GIS modellen (<http://kystatlas.kyst.dk>).

A.1.2 Fugle

GIS analysen vedrørende fugle er baseret på følgende data:

GIS lagene "*Vigtige fourageringsområder for ynglende hav- og kystfugle*" og "*Vigtige rasteområder for trækfugle*" er baseret på en kombination af to datasæt, et der dækker Østersøen og indre danske farvande og et der dækker Nordsøen. Data vedrørende Østersøen og indre danske farvande er fra det HELCOM finansierede BRISK-projekt (sub-regional risk of spill of oil and hazardous substances in the baltic sea, 2009-2012). Data vedrørende Nordsøen er fra det EU finansierede BEAWARE projekt (Bonn Agreement: Area-wide Assessment of Risk Evaluations 2014-2015) Begge datasæt findes i HELCOM databasen og på BEAWAREs hjemmeside: <http://maps.helcom.fi/web-site/mapservice/>; <http://metadata.helcom.fi/geonetwork/srv/eng/catalog.se-arch#/home>; <http://www.helcom.fi/helcom-at-work/projects/completed-projects/brisk>; <http://www.bonnagreement.org/projects/i/final-report>)

GIS laget "*Vigtige overvintringsområder for havfugle*" er baseret på data fra (Se referencelisten nedenfor): Clausen et al. 2019, DHI 2019, DHI 2020, OBIS-Seamap database (data fra 1972-2018), Holm et al. 2018, Petersen et al 2019, DOF 2015, Skov et al. 2011, Skov et al. 1995, Durinch et. al 1994.

A.1.3 Marine pattedyr

Sæler

De anvendte data vedrørende raste- og ynglelokaliteter for sæler er fra den nationale overvågning (NOVANA) og kortlægning i forbindelse med BRISK-projektet.

Marsvin

GIS laget vedrørende udbredelse af marsvin er en sammenstilling af data fra Guilles et al 2016, Sveegaard, et al 2018 og 2011 samt SAMBAH 2016. Det drejer sig om følgende:

Udgangspunktet for GIS laget var data fra Sveegaard et al 2011, der viser udbredelsen af marsvin i den vestlige Østersø

Data fra Sveegaard et al 2018, der giver en vurdering af graden af usikkerhed

A.1.4 Fisk

GIS lagene "*Gydepladser for fisk der lægger æg på havbunden*" og "*Opvækst pladser for fiskeyngel*" er en sammenstilling af GIS lagene fra BRISK-projektet (Østersøen og indre danske farvande) og BEAWARE projektet (Nordsøen).

GIS laget "Gydepladser for fisk der lægger æg på havbunden" er en sammenstilling af data fra Warnar et al 2012 og omfatter tobis og sild, der begge lægger deres æg på havbunden. Øvrige arter, der har bundlagte æg, er tilknyttet vegetationen på stenrev (der allerede indgår i analysen) og ålegræs (der ikke findes i de potentielle projektområder).

A.1.5 Beskyttede naturområder

Beskyttede naturområder omfatter Natura 2000 områder, RAMSAR områder, Havstrategi områder og Vildtreservater samlet i et GIS lag. Digitale data blev indhentet fra:

<https://arealinformation.miljoeportal.dk/html5/index.html?viewer=distribution> og

<https://mst.dk/natur-vand/vandmiljoe/havet/havmiljoe/danmarks-havstrategi/indsats-program/>).

<https://havplan.dk/en/page/info>

A.2 Menneskelig aktivitet i projektområdet

A.2.1 Visuelle effekter

I GIS modellen blev risikoen for at der opstår negative visuelle effekter på kysten defineret som afstande mindre end 20 km fra kysten. GIS laget, der blev anvendt i modellen, blev genereret ved at danne en bufferzone på 20 km omkring Bornholm.

A.2.2 Skibsfart

Data vedrørende skibstrafik blev hentet fra Danmarks Havplan:

<https://havplan.dk/en/page/info>

A.2.3 Fiskeri og akvakultur

Fiskeridata blev indhentet fra Egekvist et al. 2017.

Disse data viser de vigtigste fiskeriområder for større fiskefartøjer, der anvender aktive fiskeredskaber (trawl- og bomtrawl) samt passive redskaber (dvs. især garn i perioden 2007-2015. Data var baseret på VMS (Vessel Monitoring System) og AIS (Automatic Identification System) data fra fiskefartøjer større end hhv. 12 m og 15 m. VMS og AIS systemerne registrerer skibenes placering, sejlretning og sejlhastighed en gang i timen. Data frem til og med 2012 omfatter kun fartøjer ≥ 15 m. Senere data omfatter fartøjer ≥ 12 m.

Vigtige fiskeområder blev defineret som områder, hvor antallet af registrerede VMS eller AIS punkter inden for 1 x 1 sømil overstiger 200.

Informationer vedrørende marine akvakulturanlæg (muslinger og fisk) blev indhentet fra Danmarks Havplan:

<https://havplan.dk/en/page/info>

A.2.4 Klappladser og råstofområder

Råstofindvinding

Data vedrørende råstofområder blev indhentet fra Danmarks Havplan:

<https://havplan.dk/en/page/info>

Klappladser

Udlægning af klappladser skete i amterne som en udpegning af områder med lempede målsætninger og det er i de allerfleste tilfælde disse områder, der anvendes til klappning. Miljøstyrelsen har dog som tilladelsesgivende myndighed i klapsager mulighed for at tillade klappning i andre områder. Valg af klappads i konkrete sager sker ud fra en miljømæssig vurdering, som afvejes i forhold til sejlads- eller fiskerimæssige interesser, samt råstofinteresser, kulturhistoriske beskyttelsesinteresser og til havnenes ønske om at begrænse sejlafstanden. Miljøstyrelsen tilstræber derudover, at det havbundsmateriale, der skal klappes, er af samme type med samme kornstørrelse og indhold af organisk stof, som findes på klappadsen.

A.2.5 Kabler og olie/gasledninger

Data vedrørende Kabler og olie/gasledninger indhentet fra Energistyrelsen og omfatter:

Elkabler til søs

Olie/gas ledninger

Diverse telekommunikationskabler

Elkabler er nedgravede kabler der forbinder lande og landsdele med elektricitet. Olie/gasledninger er nedgravede rørledninger som transporterer olie/gas produktion fra offshore felter til anlæg på anlæg til videre forarbejdning eller transport og forbrug. Telekommunikationskabler er telefon- og datakabler.

For alle de nævnte kabler og rørledninger er det vurderet at man ikke kan opstille havvindmøller på deres positioner og i en bufferzone på 200 m på hver side af et kabel eller en ledning.

Konkrete transitørledninger

GIS lag for planlagte konkrete transitørledninger er hentet via Danmarks Havplan:

<https://havplan.dk/en/page/info>

A.2.6 Militærområder

GIS laget vedrørende militærområder er en sammenstilling af to lag:

Forsvarets skyde- og øvelsesområder, der blev stillet til rådighed af Energistyrelsen (indlagt som servicelag i Danmarks Havplan)

Forekomst af ueksploderet ammunition (UXO) I 1999 og 2015. Data blev uddraget fra OSPAR (<https://odims.ospar.org/maps/1137>) som datapunkter. I GIS laget blev der indlagt en bufferzone omkring punkterne med en radius på 100m.

A.2.7 Flytrafik

Data vedrørende flytrafik er fra Danmarks Havplan:

<https://havplan.dk/en/page/info>

Laget indeholder beskyttelsesforanstaltninger for luftfart.

A.2.8 Arkæologiske forhold

Data vedrørende skibsvrag og andre artefakter af arkæologisk interesse blev uddraget fra Slots- og Kulturarvsstyrelsen som punktdata. Fartøjer fra "nyere tid" blev ikke medtaget. I GIS laget blev der indlagt en bufferzone omkring punkterne med en radius på 100m.

A.2.9 Referencer

Clausen, P., Petersen, I.K., Bregnballe, T & Nielsen, R.D. (2019). Trækfuglebestande i de danske fuglebeskyttelsesområder, 2004 til 2017. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 308 s. - Teknisk rapport nr. 148

<http://dce2.au.dk/pub/TR148.pdf>

DHI (2019). Site selection for offshore wind farms in Danish waters. Investigations of bird distribution and abundance. Energistyrelsen/Danish Energy Agency. September 2019.

DHI (2020). Development of offshore wind farms at Hesselø and Ringkøbing (Thor). Assessment of the sensitivity of sites in relation to birds. Energistyrelsen/Danish Energy Agency . February 2020.

DOF (2015). Status og udviklingstendenser for Danmarks Internationalt vigtige Fugleområder (IBAer). Dansk ornitologisk Forening.

Durinck J. H. Skov, F. Pagh Jensen and S. Pihl (1994). Important Marine Areas for Wintering Birds in the Baltic Sea. EU DG XI research contract no 2242/90-09-01. Ornithology Consult report 1994, 110 pp.

Egekvist, J., Mortensen, L.O. & Larsen, F. (2017). Ghost nets-A pilot project on derelict fishing gear. DTU Aqua Report No. 323-2017. National Institute for Aquatic Resources. Technical University of Denmark. 46 pp.

Gilles, A., S. Viquerat, E. A. Becker, K. A. Forney, S. C. V. Geelhoed, J. Haelters, J. Nabe-Nielsen, M. Scheidat, U. Siebert, S. Sveegaard, F. M. van Beest, R. van Bemmel, and G. Aarts. 2016. Seasonal habitat-based density models for a marine top predator, the harbor porpoise, in a dynamic environment. *Ecosphere* 7(6):e01367. 10.1002/ecs2.1367

Holm, T.E., Clausen, P., Nielsen, R.D., Bregnballe, T. Petersen, I.K., Mikkelsen, P. & Bladt, J. (2018). Fugle 2016. NOVANA. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 136 s. - Videnskabelig rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr.261 <http://dce2.au.dk/pub/SR261.pdf>

Petersen, I.K., Sørensen, I.H., Nielsen, R.D., Fox, T. & Christensen, T.K. (2019). Status for overvintrende fløjsænder og havlitter i danske farvande. En analyse af bestandsudviklingen og årsager til forandringer. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 52 s. - Videnskabelig rapport nr. 3.

SEAPOP (2020). The distribution of seabirds in Norwegian and adjacent sea areas. Norwegian Institute for Nature Research (NINR). Norwegian Polar Institute (NPI).

Skov, H. J. Durinck, M.F. Leopold & M. L. Tasker (1995). Important Bird Areas for the seabirds in the North Sea. OrnisConsult, RSPB. BirdLife International.

Skov H. et al (2011). Waterbird Populations and Pressures in the Baltic Sea. Tema Nord 2011:550.

SAMBAH (2016). Heard but not seen. Sea-scale passive acoustic Survey Reveals a Remnant Baltic Sea Harbour Population that needs Urgent Protection. SAMBAH. Non-Technical report. Static Acoustic Monitoring of the Baltic Harbour porpoise. LIFE08 NAT/S/000261.

Sveegaard, S., Teilmann, J., Tougaard, J., Dietz, R., Mouritzen, K., & Desportes, G. (2011). High-density areas for harbor porpoises (*Phocoena phocoena*) identified by satellite tracking. *Marine Mammal Science*, 27(1), 230-246.

Sveegard, S., Nabe-Nielsen, J. & Teilmann, J. 2018. Marsvins udbredelse og status for de marine habitatområder i danske farvande. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 36 s. - Videnskabelig rapport nr. 284 <http://dce2.au.dk/pub/SR284.pdf>.

Warnar T. Huwer B., Vinter M., Egekvist J., Sparrevohn R. C., Kirkegaard E., Dolmer P. Munk P. og Sørensen T.K. (2012). Fiskebestandene struktur. Faglig Baggrundsnotat til den danske implementering af EU`s havstrategidirektiv. DTU Aqua- rapport nr 254-2012.

Bilag B Scoring sværdier og vægte

B.1 Indledning

Tabel 6-1 og Tabel 6-2 viser scoring sværdier og vægte, der er anvendt i GIS følsomhedsanalyserne af hhv. miljømæssige forhold og menneskelige aktiviteter/påvirkninger. I det følgende begrundes scoring sværdier og vægte for de forskellige forhold.

Tabel 6-1 Scoring sværdier og vægte for følsomhed af miljømæssige forhold i relation til etablering af havvindmølleparker.

Parameter		Scoring sværdi	Vægt
Fugle	Vigtige overvintringsområder for havfugle: > Fuglebeskyttelsesområder > Områder af international betydning (IBA)	4	0,23
	Vigtige fourageringsområder for ynglende hav- og kystfugle: > Fuglebeskyttelsesområder > Områder af international betydning (IBA)	4	0,23
	> Vigtige rasteområder for trækfugle: Fuglebeskyttelsesområder > Områder af international betydning (IBA)	4	0,23
Marine pattedyr	Vigtige områder for marsvin	2	0,03
	Raste-og yngle lokaliteter for sæler	3	0,03
Fisk	Gydepladser for fisk, der lægger æg på havbunden	1	0,01
	Opvækst pladser for fiskeyngel	1	0,01
Habitater	Stenrev	3	0,05
Kysthabitater	Sandstrande	1	0,01
	Tidevands/marsk kyst/Tilgronings og fladkyst	2	0,01
	Klintekyst	2	0,01
Beskyttede naturområder	Natura 2000 områder RAMSAR områder Fredede områder Havstrategiområder	4	0,15
Summen af vægte			1,0

Tabel 6-2 Scoringseværdier og vægte for følsomhed af menneskelige aktiviteter/påvirkninger, i relation til etablering af havvindmølleparker

Parameter		Scoringseværdi	Vægt
Visuelle effekter	Områder indenfor 0-20 km fra kysten	4	0,20
Skibsfart	Sejladskorridorer	4	0,20
Fiskeri og akvakultur	Vigtige områder for fiskeriet og akvakultur erhvervet	3	0,05
Militærområder	Militære skyde- og øvelsesområder	4	0,20
Flytrafik	Beliggenhed af beskyttelsesforanstaltninger for luftfart.	4	0,10
Arkæologiske forhold	Beliggenhed af kendte skibsvrag- og andre arkæologiske artefakter	3	0,05
Klappladser og Råstofområder	Klappladser Råstofindvinding herunder > Auktionsområder (råstoffer) > Bygherretilladelser > Efterforskningstilladelser > Fællesområder > Zoner omkring fællesområder > Potentielle fællesområder > Reservationsområde	4	0,10
Områder med risiko for forekomst af UXO*		4	0,10
Summen af vægte			1,0

*UXO= Unexploded ordnance (ueksploderet ammunition)

B.2 Miljømæssige forhold

B.2.1 Fugle

Potentielle effekter på havfugle

Det har vist sig, at de potentielt største miljøpåvirkninger af etablering af havvindmølleparker er skadelige effekter på havfugle i driftsfasen. Der er især tale om:

- > Fortrængning af fugle fra vigtige fouragerings-, yngle-, fælde- og rasteområder
- > Det forhold at havvindmølleparker kan udgøre en barriere for trækkende eller fouragerende, hvilket kan bevirke fragmentering af fouragerings-, yngle- og rasteområder for fugle og
- > Kollisionsrisiko
- > Tab af- eller påvirkninger på fuglehabitater

Observerede effekter af havvindmølleparker på fugle er vist i Figur 6-2.

Effekter på fugle i konstruktionsfasen er ubetydelige i forhold til effekter i driftsfasen og er begrænset til effekter i form af støj og anden forstyrrelse. Effekter i konstruktionsfasen indgår derfor ikke i følsomhedsanalysen.

Figur 6-2 Potentielle effekter af havvindmølleparker på fugle i operationsfasen. (Bailey et al. 2014, COWI 2015, COWI 2012, Langston and Pullan 2003, Desholm and Kahlert 2005).

Fortrængning
<p>Flere internationale og danske og undersøgelser, bl.a. undersøgelser ved Horns Rev og Nysted viser, at nogle fuglearter tilsyneladende undgår havvindmølleparker, hvilket kan begrænse fuglenes muligheder for at søge føde fordi de fortrænges fra et vigtigt fourageringsområde. Det gælder f.eks. sortand og lom som tilsyneladende undgår at søge føde i og omkring havvindmølleparkerne. Undersøgelserne viste således, at hovedparten af sortænder og alle lommer ved Horns Rev holder sig mere end 500 meter fra parken. Det betyder i praksis at disse arter mister områder hvor de kan søge føde. Andre, som sølvmåge og skarver, er mindre påvirkede og flyver rundt inde i havvindmølleparkerne eller sidder på havvindmøllernes fundamenter. Havvindmølleparker kan desuden fortrænge havfugle fra vigtige yngle-, raste- og fældeområder.</p> <p>Fortrængningseffekter synes at være artsspecifikt. Følgende grupper og arter af fugle synes i særlig grad at ville blive fortrængt af havvindmølleparker:</p> <ul style="list-style-type: none"> > Lommer > Lappedykkere > Svaner > Ænder (især edderfugl, havlit. sortand og fløjlsand) > Vadefugle (som f.eks. hjejle, stor kobbersneppe, stor kobbersneppe) > Alkefugle <p>Påvirkningens omfang er afhængigt af:</p> <ul style="list-style-type: none"> > Størrelsen af det vigtige habitat fra hvilket fuglene fortrænges > Tilgængelighed, størrelse og kvalitet af andre passende habitater, som kan rumme fortrængte fugle > Bevaringsstatus for fortrængte fugle
Barriere effekt
<p>Havvindmølleparker kan virke som barrierer for trækkende fugle. I stedet for at flyve mellem de enkelte havvindmøller kan der være risiko for at fuglene flyver udenom havvindmølleparken hvorvidt dette vil udgøre et problem, afhænger af:</p> <ul style="list-style-type: none"> > Havvindmølleparkens størrelse > Afstanden mellem de enkelte havvindmøller > Den afstand som fuglene skal tilbagelægge udenom havvindmølleparken og deres evne til at kompensere for øget energiforbrug ved at flyve en omvej > Beliggenheden af havvindmølleparken i forhold til træk ruter for fugle > Barriereffekter synes at være artsspecifikt. Fugle, der især er følsomme overfor fortrængning (se ovenfor) er også følsomme i relation til barrierevirkning.
Kollisions risiko
<p>De fleste studier har vist, at risikoen for at fugle flyver ind i havvindmøller og bliver dræbt er meget lav. Undersøgelser ved Horns Rev og ved Nysted har således vist, at langt de fleste havfugle flyver udenom eller over havvindmølleparkerne og at det kun er</p>

ganske få fugle som er i fare for at kolliderer med havvindmøllerne. Det er således beregnet, at risikoen for at en edderfugl kolliderer med en havvindmølle er 0,02 % (DMU 2006).

En ny dansk undersøgelse ved havvindmølleparken Rødsand II har imidlertid vist, at rovfugle på træk efterår- og forår tiltrækkes af havvindmølleparken idet de ændrer retning og søger direkte mod havvindmøllerne (Skov et al. 2016). Rovfugle er bange for åbent hav, og de undgår derfor at trække over større vandområder, hvor der ikke opstår termik som over landjorden. Det ses, at rovfugle tiltrækkes af øer som f.eks. Anholt hvor de kan finde sikkerhed og udnytte den termik, der opstår over land, til at skrue sig op i en passende højde inden trækket videre ud over havet. Skov et al 2016 har fremsat den teori, at rovfugle måske tiltrækkes af havvindmøllerne fordi de opfatter havvindmølleparken som en ø, hvilket teoretisk set øger risikoen for kollisioner. Det er imidlertid endnu ikke undersøgt om fuglene rent faktisk kolliderer med havvindmøllevingerne.

Habitat ødelæggelse

Ødelæggelse af habitater som følge af anlæggelse af havvindmølle parker anses ikke for at være et større problem udenfor beskyttede naturområder af national eller international betydning.

Hvis meget store havvindmølleparker anlægges i vigtige fourageringsområder som f.eks. sandbanker på lavt vand kan det imidlertid ikke udelukkes at fuglepopulationer vil blive påvirket og at en sådan habitatødelæggelse vil forstærke eventuelle fortrængningseffekter.

De følgende grupper af fugle synes at være særlig følsomme overfor habitat ødelæggelse:

- > Skarver
- > Ænder (især edderfugl, havlit. sortand og fløjlsand)
- > Alkefugle

Tildelte scoringsværdier og vægte for fugle

Da fugle er de mest følsomme organismer overfor tilstedeværelse af havvindmøller, især hvad angår fortrængningseffekter har vinagtige overvintringsområder, vigtige fourageringsområder for ynglende hav- og kystfugle samt vigtige rasteområder for trækfugle blevet tildelt scoringsværdierne 4. Alle parametre er tildelt en relativ høj vægt, da der er tale om forekomst af fugle af international eller national betydning (Tabel 6-3).

Tabel 6-3 Scoringseværdier og vægte for følsomhed af fugle i relation til etablering af havvindmølleparker.

Parameter	Scoringseværdi	Vægt
Vigtige overvintringsområder for havfugle: > Fuglebeskyttelsesområder > Områder af international betydning (IBA) > Områder af regional betydning	4	0,23
Vigtige fourageringsområder for ynglende hav- og kystfugle: > Fuglebeskyttelsesområder > Områder af international betydning (IBA) > Områder af regional betydning	4	0,22
Vigtige rasteområder for trækfugle: > Fuglebeskyttelsesområder > Områder af international betydning (IBA) > Områder af regional betydning	4	0,23

B.2.2 Marine pattedyr

Potentielle effekter

Sæler og hvaler kan påvirkes af anlægsarbejderne som følge af undervandsstøj eller vibrationer fra f.eks. nedramningsarbejder. Følgende potentielle effekter kan forekomme:

- > Permanente eller midlertidige høreskader hos hvaler og sæler
- > Påvirkning af vokaliseringen hos hvaler, dvs. at de enten udsender højere eller lavere kommunikations-/orienteringslyde
- > Påvirkning af adfærd, som f.eks. flugtaadfærd, hos sæler og hvaler

Med den foreliggende viden vil sådanne potentielle påvirkninger især forekomme i anlægsfasen og navnlig i forbindelse med nedramningsarbejder. Effekter i driftsfasen vil med den foreliggende viden være ubetydelig og indgår derfor ikke i screeningen. Eksempler på observerede effekter af undervandsstøj på marine pattedyr i forbindelse med etablering af havvindmølleparker er vist i Tabel 6-4.

Tabel 6-4 *Potentielle effekter af undervandsstøj fra havvindmølleparker på sæler og hvaler (Tougaard 2014, Däne et al. 2013, Brandt et al. 2011, Thompson et al. 2010, Tougaard et al. 2009, Skjellerup et al 2015).*

Høreskader hos sæler og hvaler
<p>Marsvin kan miste hørelsen permanent hvis de eksponeres til lydstyrker over 183 dB re 1µPa²s. Lydniveauer over 164 dB re 1µPa²s kan forårsage midlertidigt høretab. Høretab er alvorlig, idet marsvin bruger hørelsen i forbindelse med kommunikation og lokalisering af de fisk som de lever af. Lydniveauer, der kan forårsage høreskader, er begrænset til det område i umiddelbar nærhed af lyd kilden.</p> <p>Sæler kan miste hørelsen permanent hvis de eksponeres til lydstyrker over 200 dB re 1µPa²s. Lydniveauer over 176 dB re 1µPa²s kan forårsage midlertidigt høretab. Sæler kan undgå undervandsstøj ved at stikke hoved over vandet.</p>
Adfærdsmæssige effekter
<p>Flere studier har vist at støj, fra nedramning under etablering af havvindmøller studies påvirker hvalers adfærd. En dansk undersøgelse ved Horns Rev har således vist, at marsvin blev generel af støj fra nedramning og forlod området og at flugtaadfærd kunne observeres helt op til 25 km fra nedramningsstedet</p> <p>Sæler er mere tolerante, hvad angår undervandsstøj. Tilgængelige data viser, at sælers adfærd ikke påvirkes af lydniveauer op til 200 dB re 1µPa. Målinger viser at lydniveauer over 200 dB er begrænset til en afstand på mindre end 100 m fra kilden.</p>

Tildelte scoringsværdier og vægte for marine pattedyr

Da effekter på marsvin kun forekommer i kort tid pga. undervandsstøj i anlægsfasen og at disse effekter kan afværges vha. "soft start" mm. er forekomst af marsvin blevet tildelt en relativ lav score og lav vægt (hhv. 2 og 0,03) (Tabel 6-5).

Raste- og ynglelokaliteter for sæler har fået tildelt scoringsværdien 3 i det sæler i raste- og ynglelokaliteter er særligt følsomme overfor forstyrrelser. (Tabel 6-5).

Tabel 6-5 *Scoringsværdier og vægte for følsomhed af marine pattedyr i relation til etablering af havvindmølleparker.*

Parameter	Scoringsværdi	Vægt
Vigtige områder for marsvin	2	0,03
Raste-og yngle lokaliteter for sæler	3	0,03

B.2.3 Fisk

Potentielle effekter

Fisk og fiskebestande kan potentielt blive påvirket af etablering af havvindmølleparker i konstruktionsfasen som følge af:

- > At faner af sediment, der spildes under etablering af havvindmøllerne, kan forårsage flugtaadfærd hos fisk og derved midlertidigt f.eks. forstyrre gydning eller fiskevandring
- > Konstruktionsstøj eller vibrationer (f.eks. som følge af nedramning). der forårsager permanent eller midlertidige høreskader eller flugt adfærd

Fisk kan blive påvirket i operationsfasen som følge af:

- > At gydehabitater på havbunden for fisk med bundlagte æg, kan ødelægges som følge af ændringer i sedimenttransporten forårsaget af tilstedeværelsen af havvindmøller og fundamenter
- > Tab af gyde- og opvæksthabitater pga. tildækning under turbiner, fundamenter og erosionsbeskyttelse
- > Etablering af nye levesteder og gyde- og opvækstpladser for "stenrevsfisk" på turbiner, fundamenter og erosionsbeskyttelse

Det har været fremført, at elektromagnetiske felter omkring kabler potentielt kunne påvirke fisks adfærd, herunder at forårsage flugtaadfærd. Dette er dog ikke entydigt påvist.

Tildelte scoringsværdier og vægte for fisk

Gydepladser for fisk, der lægger æg på havbunden og opvækstpladser for fiskeyngel er tildelt lave scoringsværdier og vægte (Tabel 6-6) fordi de gyde- og opvækstarealer, der måtte blive ødelagt af etablering af turbiner, fundamenter og erosionsbeskyttelse generelt er lille i forhold til de samlede arealer af gyde- og opvækstpladser. Hertil kommer, at der vil opstå nye gyde- og opvækstpladser for "stenrevsfisk" på disse elementer.

Tabel 6-6 Scoringsværdier og vægte for følsomhed af fisk i relation til etablering af havvindmølleparker.

Parameter	Scoringsværdi	Vægt
Gydepladser for fisk, der lægger æg på havbunden	1	0,01
Opvækst pladser for fiskeyngel	1	0,01

B.2.4 Stenrev

Potentielle effekter

Stenrev er forholdsvis sjældne, økologisk vigtige og artsrige habitater. Der findes en rig flora af forskellige tangplanter. På- og mellem tangplanternes blade lever der myriader af små snegle og krebsdyr (tanglopper, tanglus og pungrejer), der udgør det primære fødegrundlag for en rig fiskefauna. Stenrevene er også gyde- og opvækstpladser for en lang række fisk, herunder fisk af kommerciel interesse.

Tildækning af stenrev under turbiner, fundamenter eller erosionsbeskyttelse forårsager således ødelæggelse af et vigtigt habitat. Omvendt viser adskillige undersøgelser at disse elementer vil komme til at fungere som et kunstigt stenrev. Anbringes en havvindmøllepark på et stenrev vil de ødelagte stenrevshabitater blive kompensert af kunstige stenrev og hvis de anbringes på f.eks. sandbund, vil der etableres et nyt stenrevsområde.

Tildelte scoringsværdier og vægte for stenrev

Stenrev er tildelt en forholdsvis høj scoringsværdi (3) fordi det er et økologisk vigtigt og forholdsvis sjældent habitat i vores farvande. Omvendt er vægten af stenrev kun sat til 0,05, fordi etablering af havøller på stenrev vil kompenseres af fast substrat i form af turbiner, havvindmøllefundamenter eller erosions-beskyttelse, der vil komme til at fungere som kunstige stenrev.

Tabel 6-7 Scoringsværdier og vægte for følsomhed af områder med stenrev i relation til etablering af havvindmølleparker.

Parameter		Scoringsværdi	Vægt
Forekomst af stenrev		3	0,05

B.2.5 Kysthabitater

Potentielle effekter

Kystzonen kan potentielt påvirkes fra anlæg af ilandføringskabler ved:

- > Midlertidig stigning i koncentrationer af suspenderet sediment fra nedgravning
- > Midlertidig stigning i sediment deposition fra sedimentfaner
- > Frigivelse af miljøfarlige stoffer bundet i sediment
- > Fysisk forstyrrelse af kystzonen i ilandføringskorridoren fra kabel rende

Tildelte scoringsværdier og vægte for kysthabitater

De tre kortlagte kysttyper har fået tildelt nedenstående scoringsværdier baseret på en vurdering af deres følsomhed og de tekniske komplikationer der kan forekomme ved udlægning af kabler. Alle tre typer er vægtet med 0,01.

Tabel 6-8 Scoringseværdier og vægte for følsomhed af fisk i relation til etablering af havvindmølleparker.

Parameter	Scoringseværdi	Vægt
Sandstrande	1	0,01
Tidevands/marsk kys/Tilgronings og fladkyst	2	0,01
Klintekyst	2	0,01

B.2.6 Beskyttede Naturområder

Følgende beskyttede områder indgår i miljøscreeningen:

- > Natura 2000 områder
- > RAMSAR områder
- > Fredede områder
- > Havstrategiområder

Da områderne er beskyttede, har de fået tildelt en høj scoringseværdi og en høj vægt (Tabel 6-9).

Tabel 6-9 Scoringseværdier og vægte for følsomhed af beskyttede områder i relation til etablering af havvindmølleparker.

Parameter	Scoringseværdi	Vægt
Beskyttede områder Natura 2000 områder RAMSAR områder Fredede områder Havstrategiområder	4	0,16

B.3 Planmæssige forhold/menneskelig aktivitet

B.3.1 Visuelle effekter

Potentielle effekter

Visuelle påvirkninger i kystzonen er blevet en vigtig faktor for udviklingen af havvindmølleparker. Der er en risiko for at projekter vil kunne møde væsentlig modstand på grund af potentielle visuelle påvirkninger (Sullivan et al. 2012, Energistyrelsen 2007).

De danske myndigheder har defineret tre zoner i danske farvande i forhold til visuel påvirkning på kystzonen fra havvindmølleparker op til moderat størrelse (Energistyrelsen 2007):

- > Nærzonen er 12-15 km ud fra kysten. I denne zone ses havvindmøller tydeligt fra land og anses for at have en væsentlig visuel påvirkning
- > Mellemzonen er 16-19 km fra kysten. Afhængig af sigtbarheden, kan havvindmøller stadig tydeligt ses, men den samlede visuelle påvirkning er mindre i forhold til nærzonen
- > Fjernzonen er 20-34 km fra kysten. I denne zone virker havvindmøller så små, at det er svært at skelne de enkelte havvindmølletårne og store dele af havvindmøllerne er under horisonten. Havvindmøllerne fremstår som et lavt bånd i horisonten uden nogen væsentlig visuel påvirkning.

Omfanget af de tre zoner afhænger af havvindmøllehøjden og kan være højere end forudsætningen for definitionen af zonerne. Fremtidige havvindmøller kan blive markant højere, og viden om den visuelle påvirkning fra sådanne havvindmøller er mangelfuld, men kan være synlige op til 50 km fra kysten. Sættes den afstand som en maksimal synlig afstand og anvendes de samme intervalforhold som ovenfor, er følgende zoner defineret:

- > Nærzone: 0-20 km fra kysten
- > Mellemzone: 20-40 km fra kysten
- > Fjernzone: 40-50 km fra kysten

Tildelte scoringsværdier og vægte for visuel påvirkning

De følgende scoringsværdier og vægtninger er anvendt for at rangordne visuelle påvirkninger.

Tabel 6-10 Scoringsværdier og vægte for visuelle effekter i relation til etablering af havvindmølleparker.

Parameter	Scoringsværdi	Vægt
Områder indenfor 0-20 km fra kysten	4	0,20

B.3.2 Skibsfart

Potentielle effekter

Skibstrafik kan påvirkes i anlægsfasen ved:

- > Potentiel forøgelse af navigationsrisici på grund af øget trafik af anlægsfartøjer

Skibstrafik kan påvirkes i driftsfasen ved:

- > Oprettelse af eksklusionszoner med forbud mod passage eller opankring

Tildelte scoringsværdier og vægte for skibstrafik

Sejlruter er meget følsomme overfor havvindmølleparker og derfor har de fået allokeret en score på 4 og en vægtning på 0,2.

Tabel 6-11 Scoringsværdier og vægte for effekter på skibsfart.

Parameter	Scoringsværdi	Vægt
Vigtige sejlruter for skibsfarten	4	0,20

B.3.3 Fiskeri og akvakultur

Potentielle effekter

Erhvervsfiskeri og akvakultur kan påvirkes som følge af:

- > Reduceret adgang til fiskeriområder og områder med akvakultur
- > Potentiel forøgelse af kollisionsrisici på grund af øget trafik af anlægsfartøjer

Erhvervsfiskeri og akvakultur kan påvirkes i driftsfasen ved:

- > Tab af adgang til eksisterende fiskeriområder og akvakulturområder
- > Begrænsninger i brug af visse fiskeredskaber

De mulige påvirkninger kan have økonomiske konsekvenser for erhvervsfiskeri og akvakultur. I Sverige kompenseres fiskere for eventuelle tabte indkomstmuligheder i havvindmølleområder. Kompensationens størrelse fastsættes ved hjælp af relevante officielle fangststatistikker og en vurdering af hvilken type fiskeri der udføres.

Tildelte scoringsværdier og vægte for fiskeri og akvakultur

Områder der er vigtige for fiskeri og akvakultur har fået en scoringsværdi på 3 og en vægtning på 0,05.

Tabel 6-12 Scoringsværdier og vægte for effekter på fiskeri og akvakultur.

Parameter		Scoringsværdi	Vægt
Fiskeri og akvakultur	Vigtige områder for fiskeriet og akvakultur erhvervet	3	0,05

B.3.4 Militærområder

Potentielle effekter

Hæren, Søværnet eller Flyvevåbnet anvender en række havområder som skyde- og øvelsesområde, hvor der kan være en konflikt i forhold til en havvindmøllepark. Desuden er der registreringer af lokaliteter, hvor der ligger ueksploderet ammunition (UXO).

Tildelte scoringsværdier og vægte for militære områder

Militære skyde- og øvelsesområder samt UXO-positioner har fået tildelt en scoringsværdi på 4 og en vægtning på 0,2.

Tabel 6-13 Scoringsværdier og vægte effekter i militærområder og områder, hvor der er risiko for at støde på UXO.

Parameter		Scoringsværdi	Vægt
Militærområder	Militære skyde- og øvelsesområder Områder med risiko for forekomst af UXO*	4	0,3

*UXO= Unexploded ordnance (ueksploderet ammunition)

B.3.5 Flytrafik

Potentielle effekter

Havvindmølleparker kan påvirke flytrafik ved:

- > At udgøre en forhindring for fly i indflyvningszoner
- > Reducere og /eller reflektere radarsignaler og derved skabe blinde områder for flytrafikken
- > Påvirke radioanlæg til brug for flynavigation

Tildelte scoringsværdier og vægte for flytrafik

Indflyvningszoner, fuglekollisionsområder (13 km zone om anlæg), placering af luftanlæg (inkl. radar) og respektafstande til disse har fået tildelt en scoringsværdi på 4 og en vægtning på 0,1.

Tabel 6-14 Scoringsværdier og vægte for effekter på flytrafik.

Parameter		Scoringsværdi	Vægt
Flytrafik	Beliggenhed af indflyvningszoner, fuglekollisionsområder (13 km zone om anlæg), placering af luftanlæg (inkl. radar) og respektafstande til disse	4	0,10

B.3.6 Arkæologiske forhold

Potentielle effekter

Arkæologiske steder og vigtige kulturarvsområder kan påvirkes i anlægsfasen ved:

- > Direkte skade på vrug eller andre vigtige arkæologiske fokuspunkter
- > Påvirkninger forårsaget af erosion

Arkæologiske steder og vigtige kulturarvsområder kan påvirkes i driftsfasen ved:

- > Ændringer i sediment transport kan eksponere tidligere skjulte objekter eller områder

Tildelte scoringsværdier og vægte for arkæologiske forhold

Områder af arkæologisk interesse er blevet tildelt en scoringsværdi på 4 og en vægtning på 0,05.

Tabel 6-15 Scoringsværdier og vægte for effekter på arkæologiske forhold

Parameter		Scoringsværdi	Vægt
Arkæologiske forhold	Beliggenhed af kendte skibsvrag- og andre arkæologiske forhold	4	0,05

B.3.7 Råstofområder og klappladser

Potentielle effekter

Ressourceområder er områder, der er udpeget til at indeholde råstoffer i mængder, der gør det muligt at indvinde det. De kan potentielt påvirkes ved:

- > Begrænset adgang til området
- > Reducerede mængder som følge af ændrede hydrodynamiske forhold

Tildelte scoringsværdier og vægte for råstofområder og klappladser

Råstofområder og klappladser har fået tildelt scoringsværdien 4 og en vægtning på 0,1.

Tabel 6-16 Scoringsværdier og vægte for effekter på ressourceområder.

Parameter		Scoringsværdi	Vægt
Klappladser og Råstofområder	Klappladser Råstofindvinding herunder: <ul style="list-style-type: none"> > Auktionsområder (råstoffer) > Bygherretilladelser > Efterforskningstilladelser > Fællesområder > Zoner omkring fællesområder > Potentielle fællesområder > Reservationsområde 	4	0,10

B.4 Referencer

Baily H., K.L. Brookes and P.M. Thompson (2014). Assessing environmental impacts of offshore wind farms: lessons learned and recommendations for the future. *Aquatic Biosystems* 2014, 10:8. www.aquaticbiosystems.org/content/10/1/8.

Brandt M.J., A. Diedrichs, K. Betke and G. Niels (2011). Responses of harbour porpoises to pile driving at the Horns Rev II offshore wind farm in the Danish North Sea. *Mar Ecol Prog Ser* Vol 421:205-216.

COWI (2015). BE AWARE. Environmental and socioeconomic vulnerability. Task F. Report to Bonn agreement November 2015.

COWI (2012). Sub-regional risk of oil and hazardous substances in the Baltic Sea (BRISK). Environmental vulnerability. Report to Admiral Danish Fleet HQ, National Operations, Maritime Environment.

Desholm M. and J. Kahlert (2005). Aviation collision risk at an offshore wind farm.

DMU (2006). Havvindmøllers effekter på miljøet. *Energistyrelsen DMUNyt* Årg. 10, nr. 16 - 15. december 2006

Dähne, M.; Gilles, A.; Lucke, K.; Peschko, V.; Adler, S.; Krügel, K.; Sundermeyer, J.; Siebert, U. (2013). Effects of Pile-Driving on Harbour Porpoises (*Phocoena Phocoena*) at the First Offshore Wind farm in Germany. *Environmental Research Letters* 8.

Langston R.H.V. and J.D. Pullan (2003). Wind farms and Birds: An analysis of the effects of wind farms on birds, and guidance on environmental assessment criteria and site selection issues. Report written by BirdLife International on behalf of the Bern Convention. Convention on the conservation of European wildlife and natural habitats. Standing committee 23rd meeting. Strasbourg, 1-4 December 2003.

Skjellerup P, Maxon CM, Tarpgaard E, Thomsen F, Schack HB, Tougaard J, Teilmann J, Madsen KN, Mikaelson MA, Heilskov NF (2015) Marine mammals and under - water noise in relation to pile driving—report of working group. [Energinet.dk](http://energinet.dk).

Skov H, M. Desholm, S. Heinänen, J. A. Kahlert, B. Laubek, N. E. Jensen, R. Žydelis, B. Præstegaard Jensen (2016). Patterns of migrating soaring migrants indicate attraction to marine wind farms *Biology Letters*. 21 December 2016. DOI: 10.1098/rsbl.2016.0804

Sullivan R.G., L.B. Kirchler, J. Cotren, S.L. Winters (2012). Offshore Wind Turbine Visibility and Visual Impact Threshold Distances. *Research Articles. Visual Resource Analysis of Argonne National Laboratory*. doi:10.1017/S1466046612000464.

Thompson P.M., D. Lusseau. T. Barton, D. Simmons, J. Rusin, H. Bailey. (2010). Assessing the responses of coastal cetaceans to the construction of offshore wind turbines. *Marine Pollution Bulletin* 60: 1200-1208.

Thorson G. (1957). Bottom communities (Sublittoral or shallow shelf). Treatise on Marine Ecology and Paleoecology, 1957.

Tougaard J. (2014). Vurdering af effekter af undervandsstøj på marine organismer. Del. 2 Påvirkninger. Aarhus Universitet, DCE-Nationalt Center for Miljø og Energi, 51 s. Teknisk rapport fra DCE-Nationalt Center for Miljø og Energi nr 45.
<http://dce2.au.dk/pub/TR45.pdf>.

Tougaard, J., J. Carstensen, J. Teilmann, H. Skov, P. Rasmussen (2009). Pile driving zone of responsiveness extends beyond 20 km for harbour porpoise (*Phocoena (L)*). The journal of the Acoustical Society of America 126: 11-14.

Bilag C Vindmøllepark layouts

C.1 Bornholm I og Bornholm II – 2 GW scenarie -20 km afstand fra Bornholm og 3 km IBA.

Tabel 6-17: Bornholm I – 1 GW opstillet – 2 GW scenarie (20 km, 3 km IBA). Koordinater (UTM Nord - ETRS89 Zone 32).

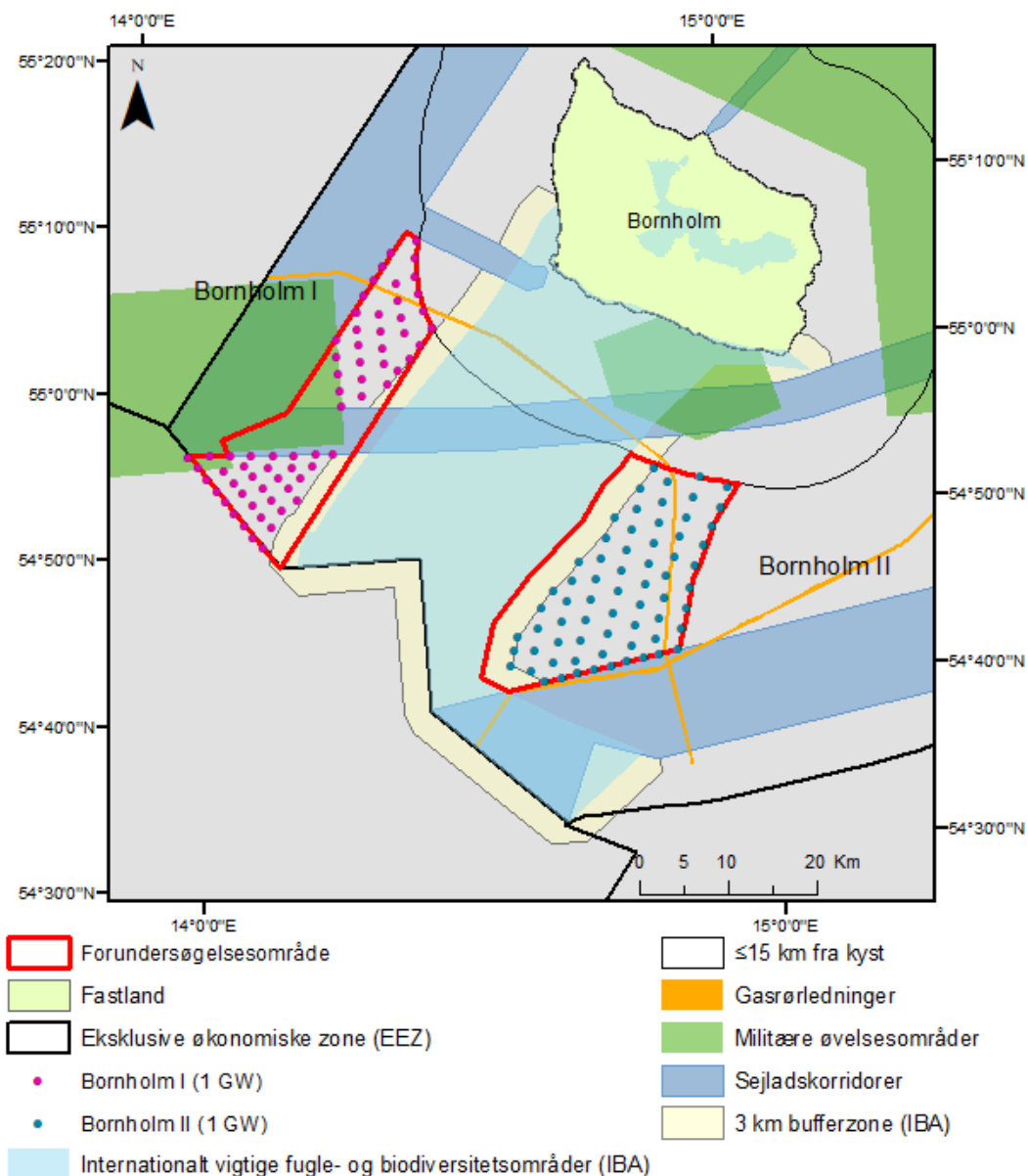
Havvindmølle nr.	X	Y	Havvindmølle nr.	X	Y
T01	822.069	6.098.755	T48	841.674	6.106.336
T02	823.088	6.097.507	T49	843.022	6.105.366
T03	824.123	6.096.217	T50	840.013	6.114.303
T04	825.159	6.094.928	T51	840.850	6.115.591
T05	826.194	6.093.638	T52	841.825	6.114.813
T06	827.230	6.092.348	T53	841.738	6.113.495
T07	828.266	6.091.058	T54	842.165	6.111.897
T08	829.302	6.089.769	T55	842.659	6.110.445
T09	830.338	6.088.479	T56	843.377	6.109.264
T10	824.431	6.098.793	T57	843.700	6.107.641
T11	826.025	6.097.119	T58	843.996	6.106.538
T12	827.086	6.095.851	T59	841.686	6.116.880
T13	828.147	6.094.582	T60	842.380	6.117.786
T14	829.209	6.093.313	T61	842.954	6.116.009
T15	830.270	6.092.044	T62	843.370	6.114.424
T16	831.332	6.090.776	T63	843.857	6.113.053
T17	826.794	6.098.833	T64	844.389	6.111.800
T18	828.211	6.097.766	T65	844.972	6.110.679
T19	829.262	6.096.489	T66	845.596	6.109.616
T20	830.314	6.095.212	T67	845.548	6.108.345
T21	831.365	6.093.935			
T22	832.417	6.092.658			
T23	829.157	6.098.874			
T24	830.989	6.097.623			
T25	832.087	6.096.386			
T26	833.185	6.095.149			
T27	834.283	6.093.911			
T28	831.519	6.098.917			
T29	833.663	6.097.607			
T30	834.704	6.096.322			
T31	833.882	6.098.960			
T32	835.915	6.097.779			
T33	836.245	6.099.005			
T34	838.272	6.099.078			
T35	838.587	6.111.656			
T36	838.709	6.110.109			
T37	838.830	6.108.562			
T38	838.952	6.107.014			
T39	839.073	6.105.467			
T40	839.193	6.104.268			
T41	840.645	6.104.271			
T42	842.097	6.104.274			
T43	839.176	6.113.015			
T44	840.229	6.112.313			
T45	840.624	6.110.707			
T46	841.020	6.109.100			
T47	841.314	6.107.733			

Tabel 6-18: Bornholm II – 1 GW opstillet – 2 GW scenarie (20 km, 3 km IBA). Koordinater (UTM Nord - ETRS89 Zone 32).

Havvind- mølle nr.	X	Y	Havvind- mølle nr.	X	Y
T01	858.937	6.078.657	T51	871.224	6.075.838
T02	858.587	6.077.040	T52	873.060	6.076.290
T03	858.236	6.075.423	T53	877.019	6.091.413
T04	862.867	6.083.613	T54	876.654	6.089.557
T05	861.622	6.082.189	T55	876.290	6.087.701
T06	861.309	6.080.377	T56	875.681	6.085.801
T07	861.007	6.078.511	T57	875.509	6.083.992
T08	860.704	6.076.644	T58	875.154	6.082.134
T09	860.402	6.074.777	T59	874.799	6.080.277
T10	864.112	6.085.036	T60	874.444	6.078.419
T11	864.568	6.083.104	T61	874.896	6.076.744
T12	864.169	6.081.256	T62	878.724	6.086.544
T13	863.771	6.079.407	T63	878.343	6.084.692
T14	863.373	6.077.558	T64	877.962	6.082.839
T15	862.974	6.075.710	T65	877.581	6.080.987
T16	862.040	6.073.586	T66	877.200	6.079.134
T17	865.356	6.086.460	T67	876.819	6.077.282
T18	867.366	6.088.641			
T19	868.141	6.086.985			
T20	867.701	6.085.146			
T21	867.261	6.083.307			
T22	866.822	6.081.468			
T23	866.382	6.079.628			
T24	865.942	6.077.789			
T25	865.502	6.075.950			
T26	863.877	6.074.035			
T27	865.714	6.074.484			
T28	867.551	6.074.935			
T29	868.777	6.090.284			
T30	869.796	6.091.918			
T31	872.368	6.093.333			
T32	871.945	6.091.489			
T33	871.523	6.089.646			
T34	871.100	6.087.802			
T35	870.678	6.085.959			
T36	870.255	6.084.116			
T37	869.832	6.082.272			
T38	869.410	6.080.429			
T39	868.987	6.078.586			
T40	868.564	6.076.742			
T41	869.387	6.075.386			
T42	874.737	6.092.414			
T43	874.354	6.090.562			
T44	873.971	6.088.710			
T45	873.588	6.086.858			
T46	873.205	6.085.006			
T47	872.822	6.083.154			
T48	872.439	6.081.302			
T49	872.056	6.079.450			
T50	871.673	6.077.598			

C.2 Bornholm I og Bornholm II – 2 GW scenarie -15 km (3 km IBA).

Der er fra Energistyrelsen også anmodet om et yderligere 2 GW scenarie, hvor havvindmøllerne ville være mindst 15 km fra Bornholm og 3 km fra IBA. Layoutet er vist i Figur 6-3. Da afstanden til kysten fra tættest placerede havvindmølle falder med 5 km (dvs. fra 20 km til 15 km), stiger den ledige plads til havvindmølleplaceringer betydeligt.



Figur 6-3 Bornholm I- og Bornholm II-området, potentielle arealbegrænsninger og forslag til placering af havvindmøllerne. 15 km afstand fra kysten er markeret med en sort polygon.

Afstandene mellem havvindmøllerne (Figur 6-3) er ca. 7 RD (dvs. $7 \times 236 = 1652$ m) for havvindmøller i samme række (*crosswind*) og 7 til 10RD (dvs. 1652 til 2360 m) for havvindmøller i efterfølgende række (*downwind*).

I Bornholm I dækker 67 havvindmøller et område på 183 km², som svarer til en effekttæthed på 5,49 MW/km² (dvs. arealbehovet af 2,73km²/møller), mens i Bornholm II dækker 67 havvindmøller et område på 295 km², som svarer til en effekttæthed på 3,41 MW/km² (dvs. arealbehovet af 4,40 km²/møller). Se koordinater for alle havvindmølleplaceringer for Bornholm i Bilag C.2.3.

C.2.1 Tab og produktionsestimater

I Tabel 5-1 ses et resume af input til beregningen af layout-energi og i Tabel 5-2 ses bruttoproduktion, skyggetab, parkproduktion (efter skyggetab er fratrukket), tab og korrektioner samt nettoproduktionen for hvert af de foreslåede havvindmøllelayouts i Bornholm I og Bornholm II.

Tabel 6-19 Beregningsinputoversigt for alle de foreslåede havvindmøllelayouts.

Park	Turbineafstand [RD ¹⁴]	Layout [km ²]	Effekttæthed [MW/km ²]	Arealbehov [km ² / havvindmøller]
Bornholm I 1 GW	7 x 9 RD	183	5,49	2,73
Bornholm II 1 GW	7 x 10.5 RD	295	3,41	4,40
Bornholm I og Bornholm II 2 GW ¹⁵	-	478	4,21	3,57

Den resulterende bruttoenergiproduktion, skyggetab og nettoenergi er vist i Tabel 6-20.

For Bornholm-området er skyggetabet størst ved Bornholm I grundet den relativt korte afstand mellem havvindmøllerne på grund af det reducerede tilgængelige areal. Men generelt er nettoresultaterne ens, hvilket indikerer homogene vindressourcer ved Bornholm.

For alle layouts i denne undersøgelse er en optimeret placering af havvindmøllerne blevet indført. Rækkerne af havvindmøller i layoutet er placeret på grænserne for område, hvilket tillod færre havvindmøller i midten af layoutet. Dette resulterer i en øget energiproduktion for havvindmølleparkerne.

¹⁴ Rotordiameter = 236 m

¹⁵ 2010 MW - gennemsnit

Tabel 6-20 Produktionsestimater for alle de foreslåede havvindmøllelayouts.

Park	Brutto- produktion [GWh/år]	Skygge- tab ¹⁶ [%]	Park- produktion ¹⁷ [GWh/år]	Tab & LT- korrektion [%]	Netto- produktion [GWh/år] ¹⁸
Bornholm I 1 GW	5465,4	4,2	5234,5	-6,1	4916,2
Bornholm II 1 GW	5450,7	4,2	5220,6	-6,1	4903,1
Bornholm I og Bornholm II - 2 GW	10916,1	4,2	10455,1	-6,1	9819,3

C.2.2 Sammenligningen

Sammenligningen mellem resultaterne for 2 GW-scenariet med 20 og 15 km afstand fra Bornholm er vist i Tabel 6-21.

Tabel 6-21 Sammenligning mellem 2 GW scenarierne med hhv. 20 og 15 km afstand fra Bornholm.

Park	Brutto- produktion [GWh/y]	Skygge- tab ¹⁹ [%]	Park- produk- tion ²⁰ [GWh/y]	Tab & LT-korrektion [%]	Netto- produktion [GWh/y] ²¹
BI-II 2 GW 20 km + 3 km IBA	10872,7	5,1	10318,4	-6,1	9690,9
BI-II 2 GW 15 km + 3 km IBA	10916,1	4,2	10455,1	-6,1	9819,3
Forskel [%]	-0,4%	17,1%	-1,3%		-1,3%

Som det kan observeres, er den mest relevante forskel i skyggetab, hvor der ses en forskel på cirka 17%. Dette er en direkte konsekvens af den kortere afstand mellem havvindmøllerne i scenariet med 20 km begrænsning. Forskellen mellem scenarierne er imidlertid cirka 1,3% i nettoproduktionen, hvilket er acceptabelt og inden for usikkerhedsområdet for denne form for foreløbig analyse.

¹⁶ Internt skyggetab i havvindmølleparken

¹⁷ Inklusive skyggetab

¹⁸ Eksklusiv elektriske tab

¹⁹ Internt skyggetab i havvindmølleparken

²⁰ Inklusive skyggetab

²¹ Eksklusiv elektriske tab

C.2.3 Bornholm I og Bornholm II – 2 GW scenarie -15 km (3 km IBA).

Tabel 6-22: Bornholm I – 1 GW opstillet – 2 GW scenarie (15 km, 3 km IBA). Koordinater (UTM Nord - ETRS89 Zone 32).

Havvind- mølle nr.	X	Y	Havvind- mølle nr.	X	Y
1	840.869	6.114.988	49	829.209	6.093.313
2	841.013	6.113.103	50	830.270	6.092.044
3	841.158	6.111.218	51	831.332	6.090.776
4	841.302	6.109.333	52	830.989	6.097.623
5	841.447	6.107.448	53	832.087	6.096.386
6	841.591	6.105.562	54	833.185	6.095.149
7	848.373	6.115.087	55	834.283	6.093.911
8	847.445	6.120.976	56	844.843	6.121.696
9	847.605	6.122.948	57	843.810	6.120.113
10	849.281	6.113.132	58	842.777	6.118.529
11	828.211	6.097.766	59	841.743	6.116.946
12	829.262	6.096.489	60	843.476	6.114.786
13	830.314	6.095.212	61	843.648	6.112.904
14	831.365	6.093.935	62	843.821	6.111.021
15	832.417	6.092.658	63	843.994	6.109.138
16	835.915	6.097.779	64	845.255	6.118.165
17	838.272	6.099.078	65	845.597	6.116.306
18	838.575	6.111.881	66	845.939	6.114.446
19	838.723	6.109.996	67	846.281	6.112.587
20	838.871	6.108.111			
21	839.019	6.106.226			
22	839.167	6.104.341			
23	847.498	6.119.059			
24	847.817	6.117.035			
25	848.018	6.111.268			
26	846.794	6.109.827			
27	845.569	6.108.387			
28	844.344	6.106.947			
29	833.663	6.097.607			
30	834.704	6.096.322			
31	823.088	6.097.507			
32	824.123	6.096.217			
33	825.159	6.094.928			
34	826.194	6.093.638			
35	827.230	6.092.348			
36	828.266	6.091.058			
37	829.302	6.089.769			
38	830.338	6.088.479			
39	836.245	6.099.005			
40	833.882	6.098.960			
41	831.519	6.098.917			
42	829.157	6.098.874			
43	826.794	6.098.833			
44	824.431	6.098.793			
45	822.069	6.098.755			
46	826.025	6.097.119			
47	827.086	6.095.851			
48	828.147	6.094.582			

Tabel 6-23: Bornholm II – 1 GW opstillet – 2 GW scenarie (15 km, 3 km IBA). Koordinater (UTM Nord - ETRS89 Zone 32).

Havvind- mølle nr..	X	Y	Havvind- mølle nr.	X	Y
1	875.621	6.085.434	51	858.236	6.075.423
2	862.930	6.083.690	52	858.587	6.077.040
3	862.040	6.073.586	53	858.937	6.078.657
4	863.877	6.074.035	54	860.402	6.074.777
5	865.714	6.074.484	55	860.780	6.077.111
6	867.551	6.074.935	56	861.158	6.079.444
7	869.387	6.075.386	57	861.535	6.081.778
8	871.224	6.075.838	58	876.819	6.077.282
9	873.060	6.076.290	59	877.312	6.079.594
10	874.896	6.076.744	60	877.805	6.081.906
11	865.502	6.075.950	61	878.299	6.084.218
12	866.052	6.078.249	62	878.792	6.086.530
13	866.602	6.080.548	63	879.794	6.088.822
14	867.151	6.082.847	64	880.704	6.091.004
15	867.701	6.085.146	65	881.614	6.093.186
16	868.251	6.087.445	66	882.524	6.095.368
17	868.800	6.089.744	67	874.149	6.097.515
18	869.796	6.091.918	51	858.236	6.075.423
19	865.907	6.086.912	52	858.587	6.077.040
20	862.974	6.075.710			
21	863.472	6.078.021			
22	863.970	6.080.331			
23	864.468	6.082.642			
24	864.966	6.084.953			
25	868.564	6.076.742			
26	869.092	6.079.047			
27	869.621	6.081.351			
28	870.149	6.083.655			
29	870.678	6.085.959			
30	871.206	6.088.263			
31	871.734	6.090.567			
32	872.262	6.092.872			
33	872.790	6.095.176			
34	871.673	6.077.598			
35	872.183	6.079.906			
36	872.692	6.082.215			
37	873.201	6.084.523			
38	873.711	6.086.832			
39	874.220	6.089.140			
40	874.729	6.091.449			
41	875.238	6.093.757			
42	875.746	6.096.066			
43	876.467	6.087.535			
44	877.192	6.089.785			
45	877.918	6.092.035			
46	878.644	6.094.285			
47	879.369	6.096.535			
48	874.444	6.078.419			
49	874.888	6.080.741			
50	875.332	6.083.063			