

Dataoversigt og behov for nye data, indre danske farvande og Østersøen

Bedre geologiske data til havvindudbygning, Energistyrelsen

Lis Allaart, Thomas Vangkilde-Pedersen,
Niels Nørgaard-Pedersen,
Nicklas Christensen & Jørgen O. Leth

Dataoversigt og behov for nye data, indre danske farvande og Østersøen

Bedre geologiske data til havvindudbygning, Energistyrelsen

Lis Allaart, Thomas Vangkilde-Pedersen,
Niels Nørgaard-Pedersen,
Nicklas Christensen & Jørgen O. Leth

Indhold

1.	Indledning	3
2.	Datagrundlag	4
2.1	Marta databasen	4
3.	Datatyper og opgaveløsning	7
3.1	Seismiske data	7
3.2	Boringer	9
3.3	Baggrundsrapporter	9
3.4	Havvindinteresseområder	10
3.5	Habitatområder	10
3.6	Vurdering af dækningsgrad og behov for nye data	10
4.	Undersøgelsesområder	12
5.	Vurdering af behov for nye data	13
5.1	Læsø Nord - område A	13
5.2	Læsø-Anholt - område B	15
5.3	Anholt Syd – område C	16
5.4	Køge-Krieger område D	18
5.5	Bornholm – område E	19
5.6	Vejsnæs Flak – område F	20
6.	Konklusion – indsamling af nye data	22
7.	Referencer	24
7.1	Primære rapporter	24
7.2	Videnskabelige artikler	24
7.3	Supplerende rapporter	24

1. Indledning

GEUS skal for Energistyrelsen gennemføre en geologisk screening af det danske havområde og egnetheden i forhold til opførelse af havvindmølleparker. Formålet med denne rapport er at etablere et overblik over dækningsgrad og kvalitet af eksisterende seismiske data i indre danske farvande med henblik på at vurdere/dokumentere, hvor indsamling af nye data er nødvendig for at etablere et bedre datagrundlag til kommende udbygning af havvind.

Det overordnede mål for den geologiske screening er, indenfor det danske havareal, at etablere en helhedsforståelse af de overfladenære geologiske forhold under havbunden, som skal/kan bruges af beslutningstagere til at vurdere, om et givet område geologisk set er egnet til etablering af havvind/energiøer etc. En beskrivelse af de geologiske forhold under havbunden er afgørende for at kunne vurdere 1) om et havområde er egnet til opstilling af havvindmøller/energiøer, 2) omkostninger ved etablering i et givent område.

Projektet er inddelt i to delprojekter, hvor det ene dækker indre danske farvande og Østersøen og det andet dækker Nordsøen. Rapporten her beskæftiger sig udelukkende med indre danske farvande og Østersøen.

2. Datagrundlag

Vurderingen af eksisterende data og behovet for ny viden er baseret på den nationale marine råstofdatabase Marta som drives af GEUS og indeholder GEUS arkiv seismiske data, marine sedimentkerner samt geologiske rapporter. Arkivdata fra GEUS er desuden suppleret med øvrige tilgængelige undersøgelser data, herunder data fra andre havvindundersøgelser stillet til rådighed af Energistyrelsen og andre.

Datamaterialet omfatter således data og tekniske rapporter fra Energistyrelsen, Miljøstyrelsen, Energinet, GEUS og andre samt forskellige videnskabelige artikler og rapporter.

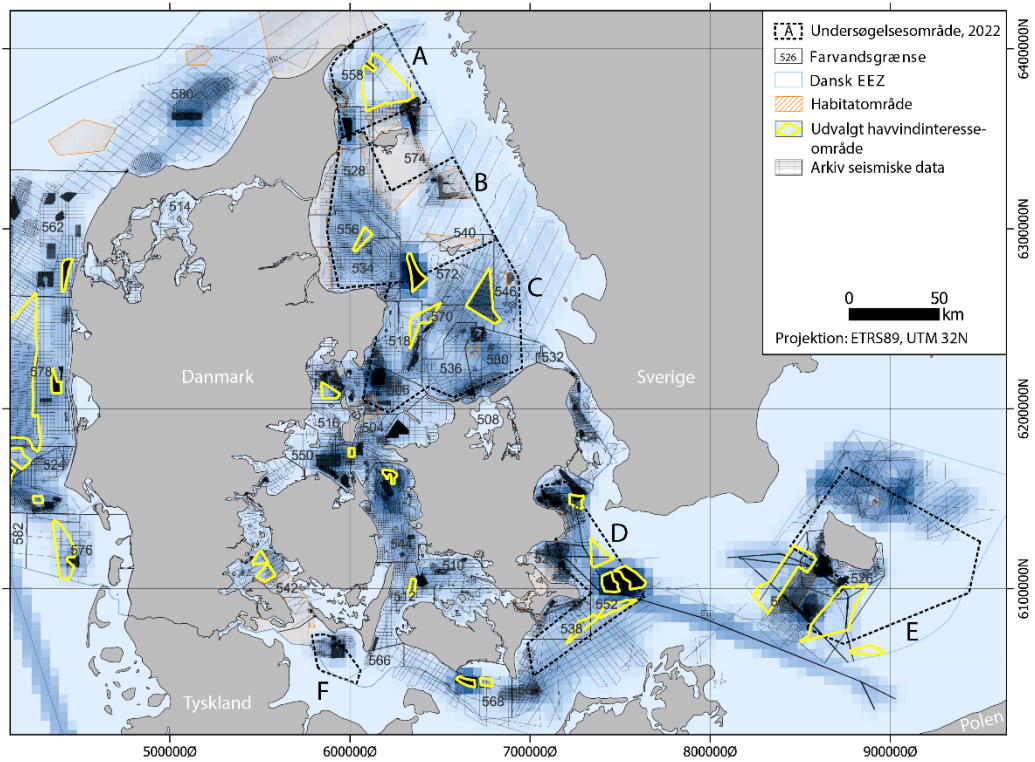
2.1 Marta databasen

Den nationale marine råstofdatabase [Marta](#) er udviklet af GEUS i samarbejde med Miljøstyrelsen og indeholder seismiske data fra indberetningspligtige råstofundersøgelser i Danske farvande. Herudover indeholder Marta databasen også link til marine råstofboringer i GEUS' nationale boringsdatabase, Jupiter, og til relevante geologiske rapporter fra råstofundersøgelser fra 1980 til i dag og andre eksterne undersøgelser.

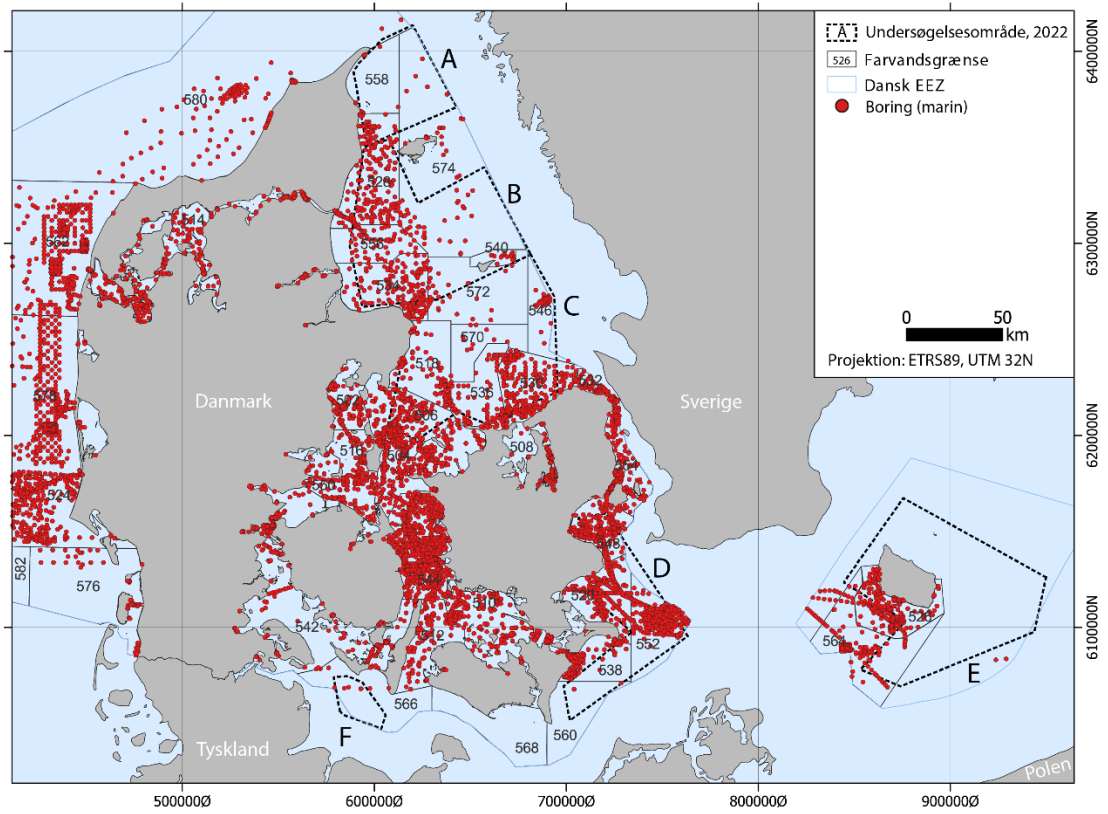
De seismiske data inkluderer både ældre analoge data samt nyere data i digitalt format. Nogle af de seismiske data er fortsat konfidentielle, men stadig flere bliver gjort offentligt tilgængelige og kan downloades direkte fra databasen i SEG-Y format (format, der kan læses af de fleste programmer, der anvendes til seismisk tolkning).

Martadatabasen indeholder endvidere information om alle overladene råstofressourceområder fra Miljøstyrelsens råstofkortlægning. Denne information anvendes også i screeningsopgaven.

I nedenstående Figur 1 ses et oversigtskort som viser eksisterende seismiske data i Marta databasen og i Figur 2 ses et oversigtskort som viser eksisterende råstofboringer.



Figur 1 Oversigtskort over de indre danske farvande med eksisterende arkiv seismiske data, som er vurderet anvendelige for geologiske tolkninger i havvindscreeningprojektet. Farvandsområder er angivet med sorte linjer og tal. Nye undersøgelsesområder for 2022 er afgrænset af stiplede linjer og angivet med bogstaverne A – F. Habitatområder med havpattedyr som udpegningsgrundlag er skraveret med orange. I habitatområderne er det ikke vurderet muligt at indsamle seismiske data indenfor rammerne af screeningsprojektet.



Figur 2 Oversigt over de indre danske farvande med eksisterende arkiv borer. Farvandsområder er angivet med sorte linjer og tal. Nye undersøgelsesområder for 2022 er afgrænset af stiplede linjer og angivet med bogstaverne A – F.

3. Datatyper og opgaveløsning

3.1 Seismiske data

Den geologiske screening af det danske havområde baseres primært på overfladenære seismiske data som giver detaljerede informationer om de øverste geologiske lag. Afhængig af de lokale geologiske forhold og typen af aflejringer kan overfladenære seismiske data give detaljerede informationer ned til mellem nogle titalsmeter og hundrede meter eller mere.

De overfladenære seismiske data er derfor et godt værktøj til kortlægning og bestemmelse af tykkelse og udbredelse af sedimentære aflejringer i de danske farvande med betydning for etablering af f.eks. havvind, mens opløseligheden af konventionelle dybere seismiske data slet ikke er høj nok til formålet (jo mere energi, jo større nedtrængning, men samtidig væsentlig mindre opløselighed).

I datagrundlaget for den geologiske screening er således medtaget seismiske data af typen boomer og sparker og såkaldte subbottom profiler eller pinger data, som traditionelt har været benyttet til kortlægning af den mere overfladenære geologi til havs gennem mange år. Boomer og sparker er mere lavfrekvente og har større nedtrængning, mens subbottom profiler/pinger data er mere højfrekvente og har mindre nedtrængning, men endnu bedre opløselighed.

Seismiske data blev indsamlet analogt og lagret på papir frem til begyndelsen af 1990'erne, hvorefter udviklingen i computerkraft gjorde det muligt at digitalisere dataindsamling, lagring og tolkning. Ældre analoge data i GEUS' arkiv er i forbindelse med nærværende projekt i stor udstrækning blevet indscannet og efterfølgende georefereret og dermed gjort tilgængelige for den overordnede kortlægning. De ældre data er af varierende kvalitet og kan være behæftet med større usikkerhed på f.eks. positionering end moderne data, men udgør ikke desto mindre en vigtig del af datagrundlaget. Mens det for nyere digitale data er muligt at processere og reprocessere, og dermed forbedre data, i takt med udvikling af ny teknologi er det dog ikke muligt for de ældre analoge data, hvor datakvaliteten er begrænset til det som i sin tid blev lagret på papir.

Som nævnt er også positioneringen af de seismiske data i forbindelse med optagelsen blevet mere nøjagtig med tiden. Hvor der i dag benyttes differential GPS, ofte med RTK (Real Time Kinematic) korrektion, foregik stedbestemmelsen tidligere med radiobaserede positioneringsystemer, hvor usikkerheden kunne være flere hundrede meter. GPS-systemet blev taget i brug fra omkring 1990, og med såkaldt Differential GPS eller DGPS kom nøjagtigheden ned på få meter, mens det højpræcise RTK-system kan give en nøjagtighed på positionsbestemmelsen ned til 10-30 cm og i dag ofte benyttes rutinemæssigt i dataindsamlingen.

Generelt vurderes det på baggrund af erfaring fra tidligere kortlægning, at både nye digitale og ældre analoge data med fordel kan anvendes i forbindelse med overordnet kortlægning af større områder med skyldig hensyntagen til de usikkerheder der kan være forbundet med

de ældre data. Samtidig vurderes det, at boomer og sparker seismik, og nogle gange sub-bottom profiler/pinger, giver både den nødvendige vertikale nedtrængning i sedimentpakken og tilstrækkelig opløselighed til at adskille de forskellige relevante geologiske enheder.

I den geologiske screening vil der dels være fokus på at kortlægge toppen af glaciale hårdere aflejringer eller ældre f.eks. prækvartære lag og dels lagpakken herover. Specielt vil der være fokus på den vertikale og laterale udbredelse af sedimentpakken af senglaciale og Holocæne aflejringer over de glaciale aflejringer og fordelingen af sand, ler, dynd mv. i denne. Samtidig vil der, i det omfang det er muligt, være fokus på dybereliggende blødbundslag og andre geologiske enheder som kan have en betydning for mulighederne for etablering af havvindmølleparker.

3.1.1 Udfordringer og muligheder i forhold til seismiske data

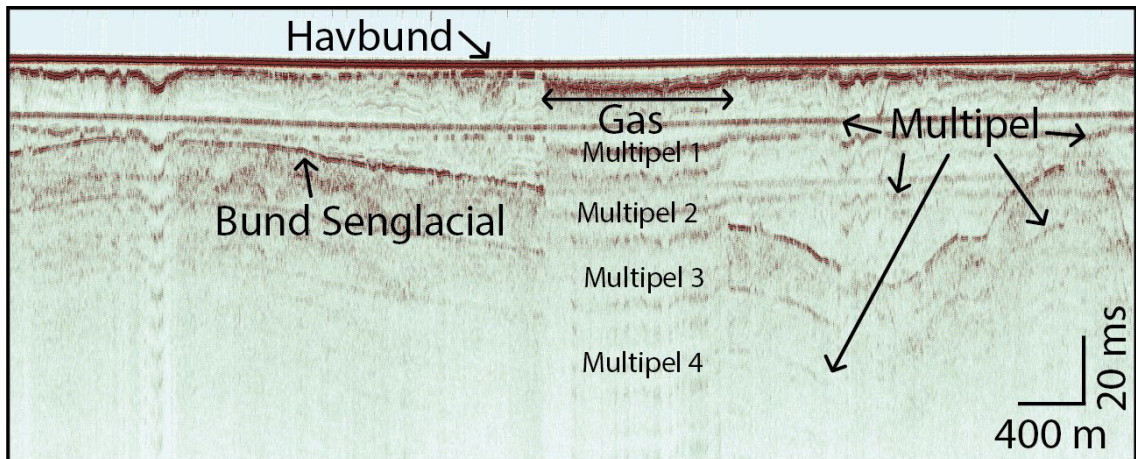
Ved indsamling af seismiske data, vil der i datasættet opstå såkaldte multipler som er lyd-bølger der bliver reflekteret mellem havbunden og havoverfladen og som i en vis udstrækning "overlejrer" billedet af lagene under havbunden som ønskes kortlagt. Vanddybden i et givent område er afgørende for, hvor 'højt' oppe i datasættet den første multipel fremkommer. Når dataindsamlingen foregår på lavt vand, vil multiplen ligge relativt højt i datasættet og forstyrre tolkningen af underliggende data (se Figur 3).

De nye sparker seismik data som indsamles som en del af screeningsprojektet bliver både optaget som traditionelle enkeltkanals sparker data og som noget relativt nyt også som multikanal sparker data. Med multikanal sparker data kan der typisk opnås en kortlægning af dybere lag end med enkeltkanals data da signalet forstærkes i kraft af de mange optagekanaler og dermed flerfoldig repræsentation af de samme refleksionspunkter i undergrunden og da tilfældig støj samtidig undertrykkes i forbindelse med processeringen af data. Samtidig giver multikanal data og den tilhørende processering bedre muligheder for at undertrykke de uønskede multipeler.

En anden udfordrende faktor for den geologiske tolkning er tilstedeværelsen af gas i de overfladenære sedimenter, da gas slører de seismiske reflektorer (se Figur 3). I processerede multikanaldata kan de seismiske reflektorer typisk detekteres en smule bedre end i enkeltkanaldata, men tilstedeværelse af gas vil altid sløre reflektorerne.

Endelig har vejrforholdene i form af bølgegang en stor indflydelse på datakvaliteten af de seismiske data. Det er således ikke ualmindeligt at eksisterende seismiske datasæt kan være af varierende datakvalitet som kan skyldes omstændighederne under optagelsen.

Som tidligere nævnt benyttes også ældre analoge data som er blevet skannet og georefereret. I den forbindelse kan der være usikkerheder i forhold til både nøjagtigheden af den oprindelige positionering og den foretagne georeferering af endepunkterne som kan resultere i et vertikalt/horisontalt offset linjerne imellem, således at den enkelte reflektor ses som forskudt i forhold til en anden linje. Her er kombinationen af både ældre og nyere eksisterende data og helt nye data værdifuld i forhold til en ny og samlet tolkning af større områder.



Figur 3 Eksempel på seismisk profil fra de indre danske farvande. Havbunden ses øverst i billedet og multipler af både havbundsreflektoren samt andre lag ses 'kopieret' nedover i dataene. Den seismiske reflektor fra bunden af de Senglaciale aflejringer ses i dette eksempel, på trods af tilstedeværelsen af multipler, tydeligt. I mere lavvandede områder, kan multipler gøre den geologiske tolkning besværlig/umulig. En anden udfordrende faktor er tilstedeværelsen af gas i de overfladenære sedimenter. Gassen vil danne et gardin over reflektorerne, som vist midt i datasættet her.

3.2 Boringer

Information fra boringer bruges til at verificere tolkningen af de seismiske data og afklare sedimentsammensætningen. Boringgrundlaget i forhold til marine overfladenære undersøgelser består typisk af relativt korte vibrocore boringer, hvor der tages op til 6 m lange borekerner fra havbunden og nedefter. De relativt korte borekerner der er til rådighed betyder, at det kan være svært at få god information om dybereliggende lag, medmindre de i nogle områder kommer så tæt på havbunden, at de kan gennembøres med vibrocore udstyr som uden sammenligning er væsentligt billigere end både geotekniske boringer og dybere boringer i undergrunden.

I GEUS' marine råstofdatabase Marta findes omkring 8000 korte råstofboringer, som typisk er placeret i områder, hvor der også foreligger seismiske data, mens der i områder med sparsomme eller ingen seismiske data typisk også kun er meget få eller slet ingen boringsoplysninger. Dækningen med vibrocore boringer har således i høj grad været styret af, hvor der har været råstofinteresser og udgør et væsentligt input til tolkningerne i disse områder. På baggrund af de nye seismiske undersøgelser som gennemføres i screeningsprojektet, vil der blive udpeget en række borepositioner til at understøtte den geologiske tolkning i de områder, hvor der indsamles nye data, og efterfølgende planlagt udførelse af disse.

3.3 Baggrundsrapporter

Der eksisterer et stort antal publicerede rapporter og artikler, der dokumenterer tidligere undersøgelser i det danske havområde. Disse indbefatter rapporter udarbejdet af GEUS, Energistyrelsen, Miljøstyrelsen, Energinet samt videnskabelige publikationer. Baggrundsrapporterne er anvendt til at dokumentere eksisterende data samt at udpege områder, hvor nye data kan supplere/optimere usikre tolkninger samt områder med lav datatæthed.

3.4 Havvindinteresseområder

Danmarks første havplan har hjemmel i lov om maritim fysisk planlægning (Søfartsstyrelsen 2021). Planen er en helhedsorienteret fysisk plan for det samlede danske havareal – søteritoriet og den eksklusive økonomiske zone (EEZ). I denne plan er der udpeget en række udviklingszoner, hvoraf særlige områder er udlagt til etablering af vedvarende energi. På oversigtskortet i Figur 1 fremgår således en række af disse områder markeret som havvindinteresseområder.

I vurderingen af eksisterende data og behovet for nye data er det forsøgt at sikre, at dækningen i havvindinteresseområderne er tilstrækkelig til en fornuftig overordnet kortlægning af de geologiske forhold. I områder hvor der for nylig er gennemført dataindsamling, men hvor GEUS endnu ikke har disse data til rådighed er der dog i samråd med Energistyrelsen ikke planlagt nye data, men aftalt, at disse data stilles til rådighed for screeningsprojektet.

3.5 Habitatområder

Der forefindes en række Natura 2000 områder i de indre danske farvande. Udpegningsgrundlaget for de enkelte områder varierer fra tilstedeværelse af særlige bundformer, til beskyttelsesområder for havpattedyr og/eller fugle. For at genere havpattedyrene mindst mulig, er alle sejlinjer og boringer udpeget, således at afstanden til Natura 2000 områder med havpattedyr som udpegningsgrundlag, er på minimum 5 km. Der er modsat ikke planlagt minimumafstand til fuglebeskyttelsesområder eller andre habitatområder, da survey-skibet vil være i konstant bevægelse og dermed ikke vil have nogen indflydelse på fiskebestand eller andre byttedyr, som fuglene måtte jage, og da undersøgelserne ikke vil påvirke havbunden. Natura 2000-yngeområder for fugle forefindes desuden primært i den absolut kystnære zone eller på land, hvor dataindsamling ikke vil foregå.

Natura 2000 områderne med havpattedyr som udpegningsgrundlag ses på kortet i Figur 1. Dækningsgraden med eksisterende seismiske data er lav/manglende i flere af disse områder, men i en afvejning af mulighederne og den tid det ville tage at bane vejen for seismiske undersøgelser i områderne mod sandsynligheden for etablering af havvind er det vurderet, at dækning af områderne ikke var muligt indenfor rammerne af screeningsprojektet, og at de må dækkes baseret på eksisterende viden i det omfang, det er muligt.

3.6 Vurdering af dækningsgrad og behov for nye data

Målet med nærværende arbejde er at vurdere den eksisterende dækningsgrad med seismiske data med henblik på identifikation af områder med lav dækningsgrad, eller anden viden om at datagrundlaget er ringe, og hvor nye data skal indsamles. Ligeledes vil det indgå, hvor der er behov for at indsamle nye, længere sammenhængende linjer, der kan knytte forståelsen af to eller flere områder med eksisterende data bedre sammen.

Det er således opgaven at:

1. Indsamle og sammenstille arkiv seismiske data, vurdere konfidens af data, herunder dokumentation af datatype (og penetrationsgrad), kvalitet samt tæthed.
2. Udvælge områder/sejllinjer, hvor nye data skal indsamles baseret på 1.

For at løse opgaven produceres derfor:

- Kortgrundlag der illustrerer tætheden af eksisterende data.
- En plan med sejllinjer, hvor der skal indsamles nye enkelt- og multikanal seismiske data, og som kan danne grundlag for ansøgning om tilladelse til undersøgelserne.

På baggrund af ovennævnte, har GEUS opstillet tre kriterier, der ligger til grund for, hvor der i de indre danske farvande skal indsamles nye seismiske data i forbindelse med screeningsprojektet:

- a) Der findes ikke eksisterende eller brugbare seismiske data i området.
- b) Der er behov for lange seismiske linjer, som binder områder sammen.
- c) Nye multikanal seismiske data vil forbedre robustheden af den geologiske tolkning.

4. Undersøgelsesområder

Hele det danske havareal er inddelt i mindre farvandsområder (se nedenstående Figur 4). Farvandsopdelingen stammer tilbage fra starten af råstofkortlægningsprogrammet i slutningen 1970'erne, hvor Fredningsstyrelsen havde ansvaret. Opdelingen med projektnumre efter farvand afspejler råstofinteresseområderne på dette tidspunkt. Opdelingen havde også et arkiveringsformål, som er videreført helt frem til i dag.

Baseret på en overordnet og samlet vurdering af kvalitet og tæthed af eksisterende data har GEUS udpeget seks større undersøgelsesområder (A-F) i de indre danske farvande (afgrænset af stiplede linje på Figur 4), hvor nye seismiske undersøgelser er nødvendige i forbindelse med den geologiske screening i forhold til havvind.

I denne rapport anvendes de 'gamle' farvandsområdenumre nævnt ovenfor som reference i forhold til beskrivelse af datatætheden af eksisterende data/behovet for nye data i de enkelte undersøgelsesområder (A-F).

Datatætheden af eksisterende seismiske data, samt hvor der er behov for nye data, er beskrevet for hvert undersøgelsesområde i seks separate afsnit i næste kapitel. Det samlede areal for de udpegede undersøgelsesområder udgør 21.640 km².

Tætheden af eksisterende data afspejler tidligere interesser i de enkelte områder, f.eks. råstofinteresser, havvindmølleparker, habitatkortlægning etc. Områder med meget lavt vand (<6 m), naturbeskyttelsesområder og militære skydeområder er typisk karakteriseret ved lav datatæthed. Ligeledes har områder langt fra kysten i dele af de danske farvande også en lavere datatæthed. Som tidligere nævnt er det ikke vurderet muligt indenfor rammerne af projektet at indsamle nye data i naturbeskyttelsesområder med havpattedyr som udpegningsgrundlag.

Område A – Læsø Nord dækker et areal på 1993,4 km² og omfatter størstedelen af farvandsområde 558 og dele af farvandsområde 574 og 528.

Område B – Læsø-Anholt dækker et areal på 5068,6 km² og omfatter størstedelen af farvandsområde 528, 534, 540 og 556 og dele af farvandsområde 572 og 574.

Område C – Anholt Syd dækker et areal på 5920,0 km² og omfatter størstedelen af farvandsområde 506, 518, 530, 536, 546 og 572 og hele farvandsområde 570.

Område D – Køge-Krieger dækker et areal på 2585,0 km² og omfatter størstedelen af farvandsområde 520, 538, 548 og 552 og en del af farvandsområde 560.

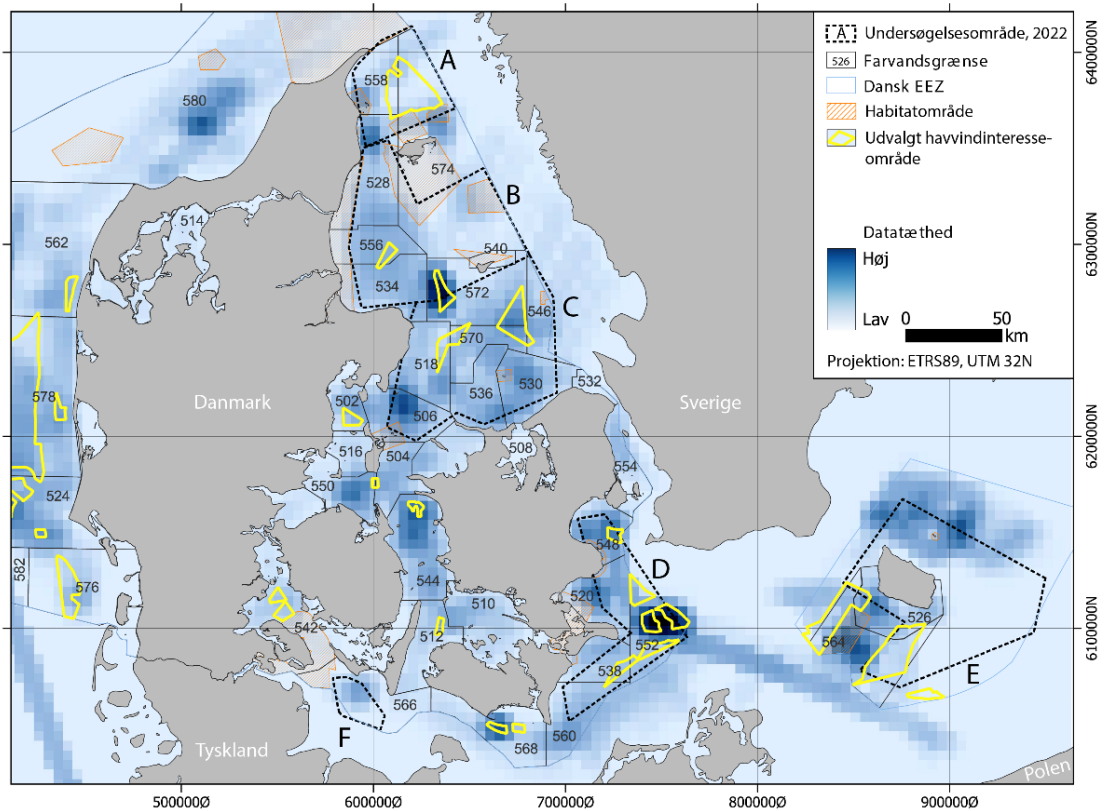
Område E – Bornholm dækker et areal på 5839,0 km² og omfatter størstedelen af farvandsområde 526 og dele af farvandsområde 564.

Område F – Vejsnæs dækker et areal på 433,0 km² og udgør en tredjedel af farvandsområde 566.

5. Vurdering af behov for nye data

I de følgende underafsnit vil hvert undersøgelsesområde blive beskrevet: hvor er datatætheden høj/acceptabel? Hvor er datatætheden lav? Hvor er kvaliteten af eksisterende data lav? Hvor er eksisterende geologiske tolkninger usikre?

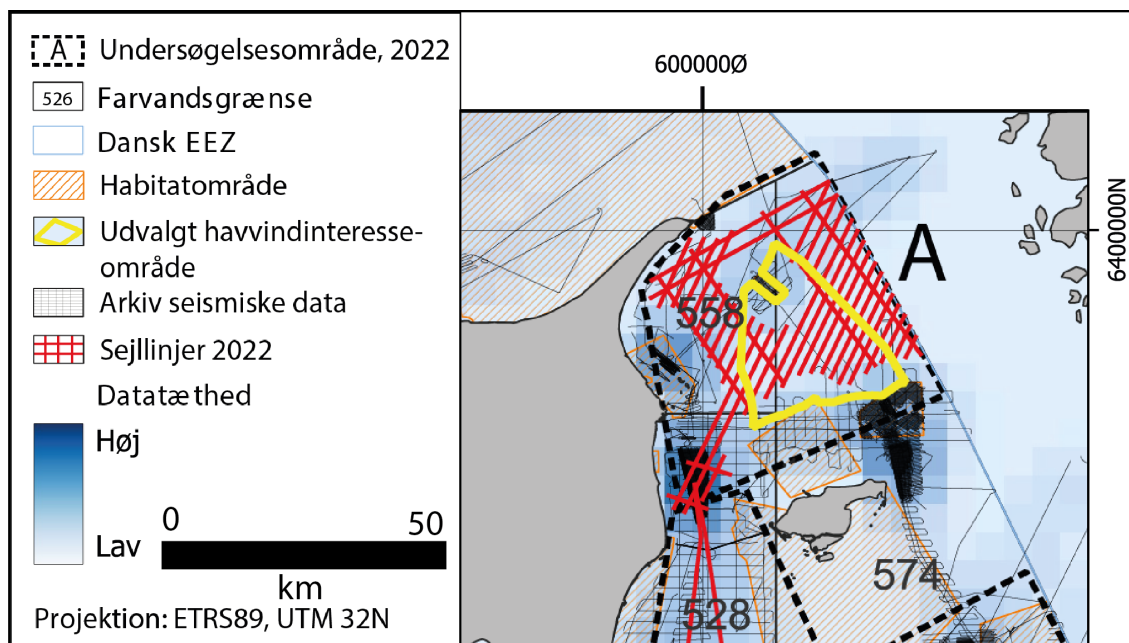
Nedenstående Figur 4 illustrerer tætheden af seismiske data i de indre danske farvande.



Figur 4 Datatæthedskort over de indre danske farvande. Mørk blå farve indikerer høj datatæthed (mange km seismiske data pr km²) og lys blå farve indikerer lav datatæthed (få km seismiske data pr km²).

5.1 Læsø Nord - område A

Undersøgelsesområde A dækker området nord for Læsø, og er det nordligst beliggende område i indeværende undersøgelser (Figur 5). Der er acceptabel datatæthed i størstedelen af projektområde 558, i den nordlige del af 528 og langs den sydlige grænse af område A (centrale del af område 574). I den østlige del af område 558 og i den nordlige del af område 574 er der udpeget et 524,6 km² stort havvindinteresseområde (Søfartsstyrelsen 2021).



Figur 5 Undersøgelsesområde A – Læsø Nord.

5.1.1 Manglende data - høj prioritet

Seismiske data findes mod vest i område 558 og centralt i område 574 (lige nord for Læsø), men nye data prioriteres højt i store dele af område A - Læsø Nord.

5.1.2 Områder med behov for data af højere kvalitet

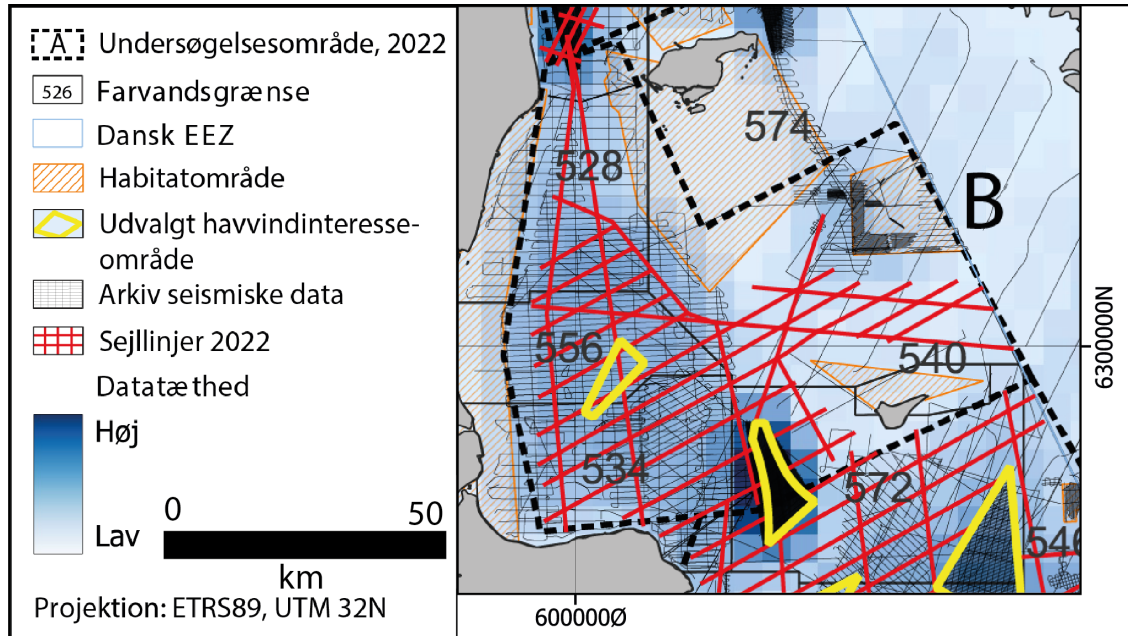
I den nordlige del af område 528 findes der et boomer datasæt indsamlet i 1983 (Fredningsstyrelsen 1983). Datasættet er blevet skannet og digitaliseret og dataene er gode, men der er et vertikalt offset mellem de samme reflektorer på flere af linjerne i de dybere områder i Læsø Rende, som formentlig skyldes stor usikkerhed på positioneringen af de gamle data, som beskrevet i afsnit 3.1 og 3.1.1. Det vurderes at nye multikanal sparkerdata bør prioriteres her for at eliminere usikkerheden ved de gamle data samt med det formål at knytte nye og gamle data bedre sammen. Gas er tilstedeværende i Læsø Rende (Fredningsstyrelsen 1983; GEUS 2010a) og kan forstyrre kvaliteten af data.

5.1.3 Konklusion område A

Indsamling af nye data i område A er af ovennævnte grunde af høj prioritet. Nye data kan eliminere usikkerhed i, eller styrke tolkning, af gamle data samt udfylde det datatynede område, hvor netop havvindinteresseområdet befinder sig. Totalt planlægges der at sejle 690 km seismiske linjer i et SV-NØ orienteret net med en linjeafstand på 2 til 3 km og 4 krydsende linjer, se Figur 5.

5.2 Læsø-Anholt - område B

Undersøgelsesområde B, dækker området mellem Læsø og Anholt i Kattegat (Figur 6). Der er acceptabel datatæthed i område 528, 556 og 534. Endvidere er der udpeget et havvindinteresseområde på 52 km² i overgangen mellem projektområde 556 og 534 (gult område, Figur 6). Der forefindes lidt data mod øst i område 574. Områderne syd og nord for henholdsvis Læsø og Anholt, udgøres af habitatområder.



Figur 6 Undersøgelsesområde B – Læsø-Anholt.

5.2.1 Manglende data - høj prioritet

Der er sparsomt med seismiske data i den sydlige del af projektområde 574 mellem Læsø og Anholt. En stor del af dette område udgøres af et habitatområde. Der findes lidt data mod øst i projektområde 574, men det er primært korte sejllinjer, som ikke er forbundet med de eksisterende mere kystnære data i Aalborg bugt – område 534, 556 og 528. Det prioriteres højt at øge datadækningen og få bundet nye data sammen med de eksisterende.

5.2.2 Områder med behov for data af højere kvalitet

I Aalborg bugt (projektområde 534, 556 og 528) er datatætheden middelhøj, men på flere af de ældre seismiske linjer, er støjniveauet højt og tolkningerne derfor usikre. Endvidere er der udpeget et havvindinteresseområde på 52 km² i overgangen mellem projektområde 556 og 534 (gult område, Figur 6). Indledende undersøgelser/tolkninger af seismiske data indikerer, at lag af bløde postglaciale aflejringer er flere titalsmeter tykke og kan være en udfordring i forhold til etablering af havvindparker.

Eksisterende tolkninger er usikre i de lavvandede, kystnære områder – vestlige del af område 528, 556 og 534 samt sydlige del af område 534. Endvidere komplicerer tilstedeværelsen af

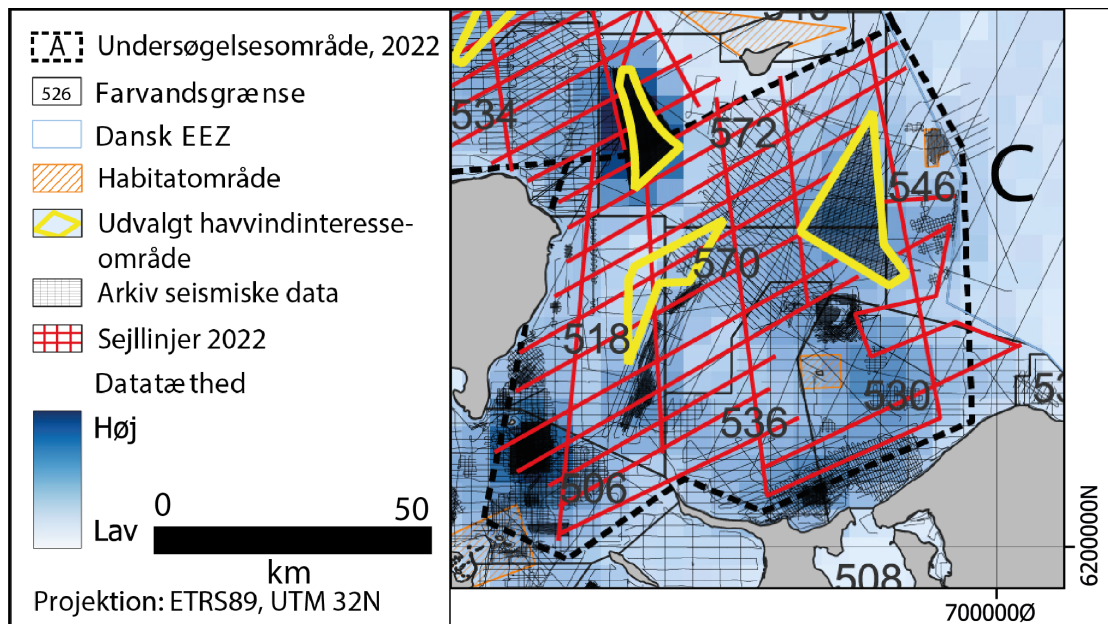
gas i de øverste sedimentlag centralt i område 528 og i nordgående retning, de geologiske tolkninger.

5.2.3 Konklusion område B

Det vurderes, at indsamling af nye, kontinuerlige seismiske øst-vestgående data i projektområde 574 er af høj prioritet så geologien i projektområde 528 og 556 kan korreleres med projektområde 574. Det vurderes endvidere, med begrundelse i sammenfaldet af tilstedeværelse af tykke lag af bløde postglaciale aflejringer og lokationen af havvindinteresseområde, at indsamling af nye seismiske data er af høj prioritet i overgangen mellem projektområde 556 og 534. Totalt planlægges der 906 km seismiske linjer i et SV-NØ orienteret net med en linjeafstand på 5 km og med 6 krydsende linjer.

5.3 Anholt Syd – område C

Undersøgelsesområde C dækker havarealet mellem Anholt, Djurslands vestkyst og Nordsjællands kyst (Figur 7). Der er acceptabel datatæthed i den sydvestlige del af området (projektområde 506) samt langs Nordsjællands kyst og mod syd i projektområde 536 og 530. Der forefindes tre havvindinteresseområder i område C. Et befinder sig mod øst i projektområde 572 – her er Anholt vindfarm allerede etableret. Endvidere findes der et i overgangen mellem projektområde 518 og 570 (119 km²) og et mod øst i område 572 og 570. Der er høj data-tæthed i sidstnævnte havvindinteresseområde – Hesselø.



Figur 7 Undersøgelsesområde C – Anholt Syd.

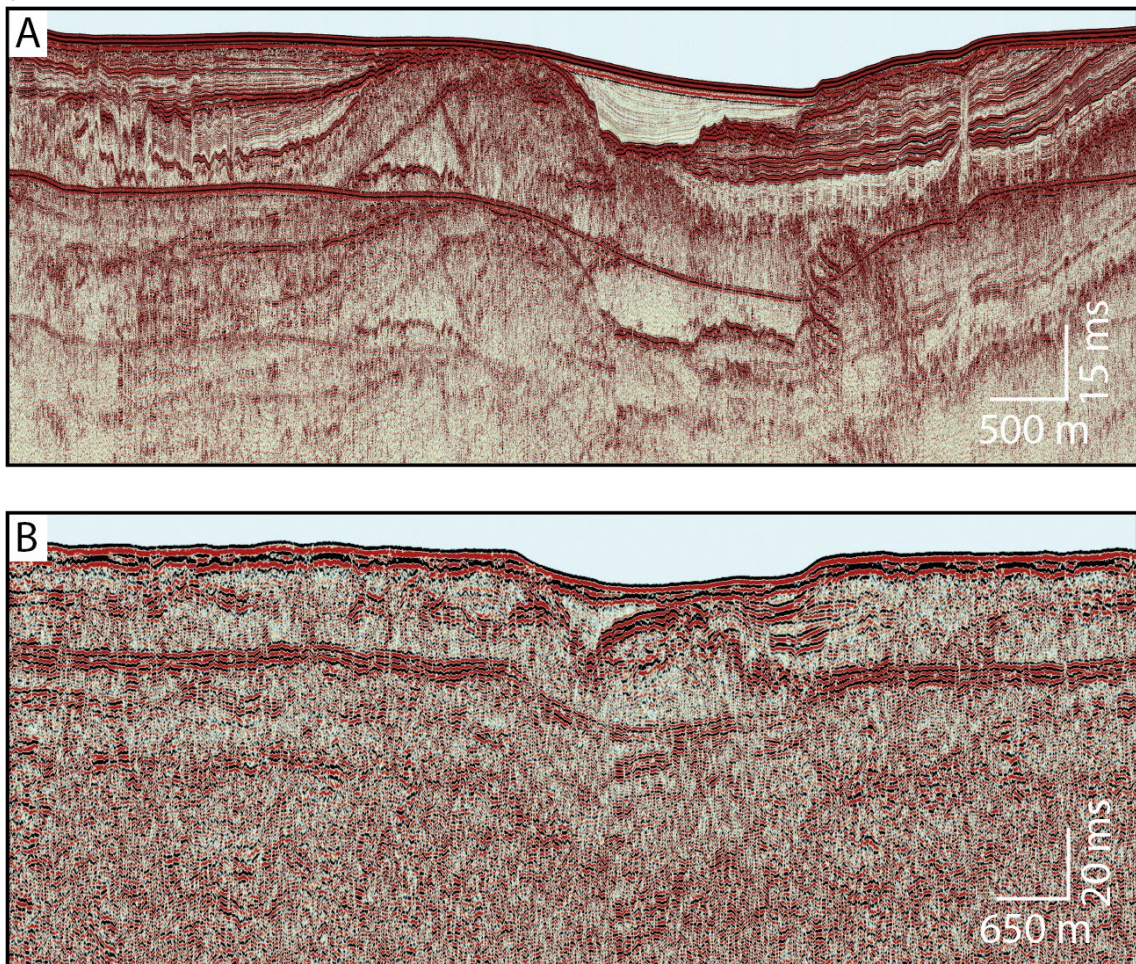
5.3.1 Manglende data - høj prioritet:

I den sydvestlige del af område 572, i den østlige del af område 570 og store del af område 518 er datatætheden generelt lav og indsamling af nye data prioriteres højt.

5.3.2 Områder med behov for data af højere kvalitet

I stort set hele område 536 (nord for Sjællands Odde) er der behov for nye data af højere kvalitet. De eksisterende data er analoge (pinger)data, der er scannet ind. Der er vertikale offset mellem de samme reflektorer på forskellige linjer på flere af de gamle linjer og mulige forklaringer kan være: 1) at der er fejl i den oprindelige tolkning af de analoge data, 2) at der er sket et offset i georefereringen under digitaliseringen af data eller 3) at den oprindelige positionering under dataindsamlingen har været upræcis.

Endvidere er der flere lange sparker seismiklinjer fra et IODP-togt i 2013 (Integrated Ocean Drilling Program), som har høj penetrationsgrad, men detaljerne i de øvre lag er svære at skille (GEUS 2020; Figur 8). Her kan nye parallelle sparkerlinjer bruges til at styrke tolkningerne af de eksisterende seismiske data.



Figur 8 Eksempel på kvalitetsforskel mellem sparker data. De to linjer ligger parallelt med blot 5 km afstand og krydser hen over den samme dal/forsænkning i havbunden i området Anholt Syd. Detaljegraden øverst (A) er meget højere end nederst (B). Eksemplet dokumenterer at nye data kan be- eller afkræfte tilstedeværelsen af reflektorer detekteret i seismiske linjer af lav kvalitet.

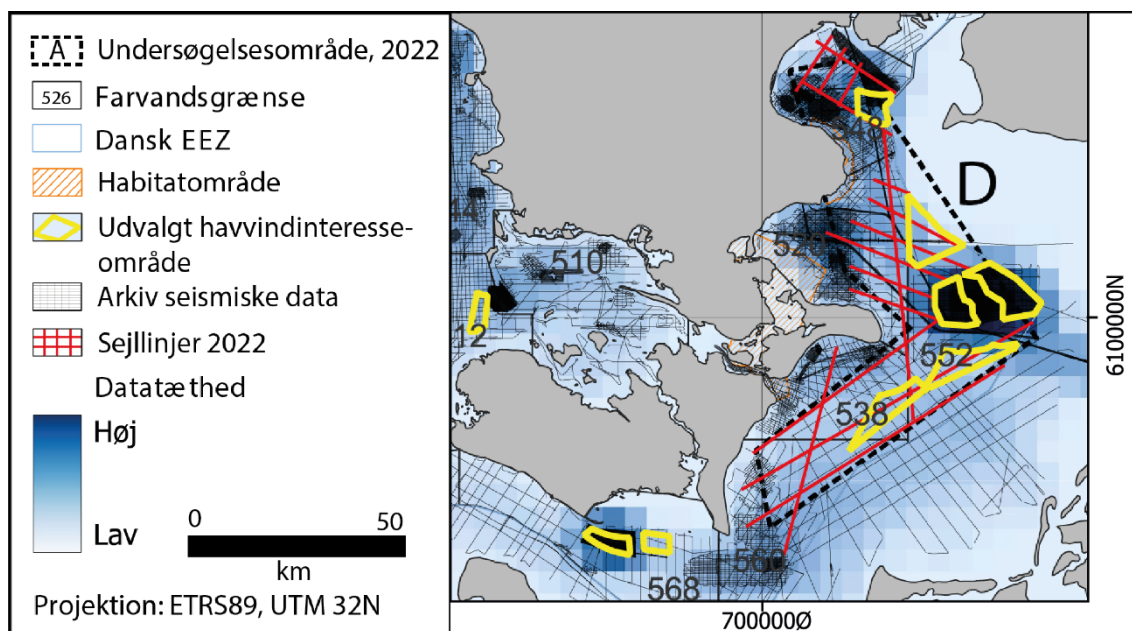
Andre områder, hvor tolkningerne vurderes som usikre, er de kystnære områder. Datatætheden er høj parallelt med eksempelvis Sjællands Odde i område 536, men støj forstyrrer muligheden for præcise tolkninger, og nye data er ønskelige. Det samme er gældende langs Djurslands Kyst i område 518.

5.3.3 Konklusion område C

Indsamling af nye data i område 572, i den østlige del af område 570 og i store dele af område 518 er af høj prioritet. Det vurderes desuden, at indsamling af nye data af højere kvalitet bør prioriteres i område 536. Endvidere vurderes det, at nye SV-NØ gående linjer bør indsamles for at binde eksisterende data fra Hesselø Vindfarm sammen med resten af området. Linjerne indsamles i et net af SV-NØ gående linjer med 5 km linjeafstand og 5 krydsende linjer – totalt 1100 km.

5.4 Køge-Krieger område D

Undersøelsesområde D udgør havarealet mellem Sjælland, Møn og Falsters kyst og den østlige danske EEZ ud mod Østersøen (Figur 9). Der er udpeget seks havvindinteresseområder i område D, hvor to af områderne (Kriegers Flak OWF) i område 552 er udbygget allerede. Datatætheden er høj i de mest kystnære dele af undersøelsesområdet samt ved Kriegers Flak OWF og langs med beliggenheden af Baltic Pipe.



Figur 9 Undersøelsesområde D – Køge-Krieger.

5.4.1 Manglende data/høj prioritet

Fjernest fra kysten i projektområde 520, 538 og 552 er der lav datatæthed og her prioriteres nye data højt.

5.4.2 Områder med behov for data af højere kvalitet

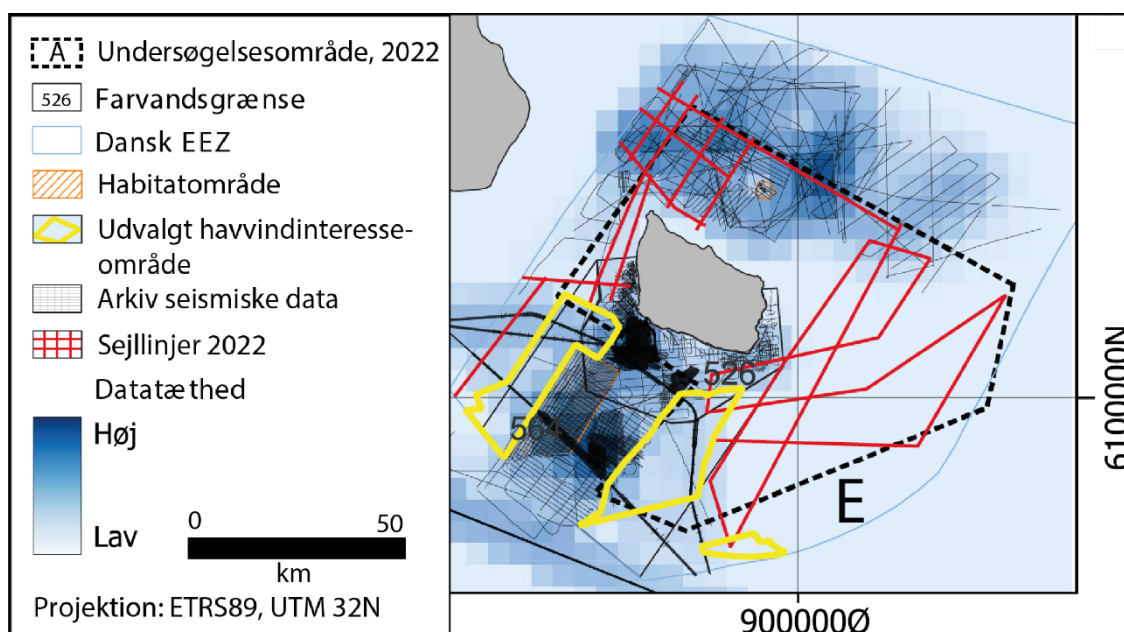
Fjernest fra kysten i projektområde 520 findes kun oprindeligt analoge data og kvaliteten er usikker. Tolkningen af de seismiske data i Krigers Flak Nord er baseret på blot to transekter gennem området (GEUS 2022), og opskaleringen til hele området kan derfor være usikker.

5.4.3 Konklusion område D

Nye data i områderne fjernest fra kysten kan bidrage til at styrke de geologiske tolkninger samt binde de eksisterende datasæt bedre sammen. Indsamling af nye data i havvindinteresseområderne Krigers Flak Nord og Syd er af høj prioritet. Der planlægges at data indsamles i et irregulært net med henblik på at dække området med færrest mulige linjekilometer samt 2 krydsende linjer – totalt 530 km.

5.5 Bornholm – område E

Undersøgelsesområde E dækker havarealet mellem Bornholms kyst og den ydre grænse for EEZ (Figur 10). I områderne OWF Bornholm I og II er der udført surveys i 2021 og 2022, og disse data vil komme GEUS i hænde ultimo februar 2023. Endvidere er der på Rønne Banke i forvejen en høj datatæthed samt tilstedeværelsen af et habitatområde. Datatætheden er høj nord for Bornholm.



Figur 10 Område E – Bornholm.

5.5.1 Manglende data/høj prioritet

Der er meget sparsomt med data i den østlige del af undersøgelsesområde E, som har den laveste datatæthed af alle 2022 undersøgelsesområderne. Nordvest for Bornholm er området også datatyndt og begge steder prioriteres indsamling af nye data højt.

5.5.2 Områder med behov for data af højere kvalitet

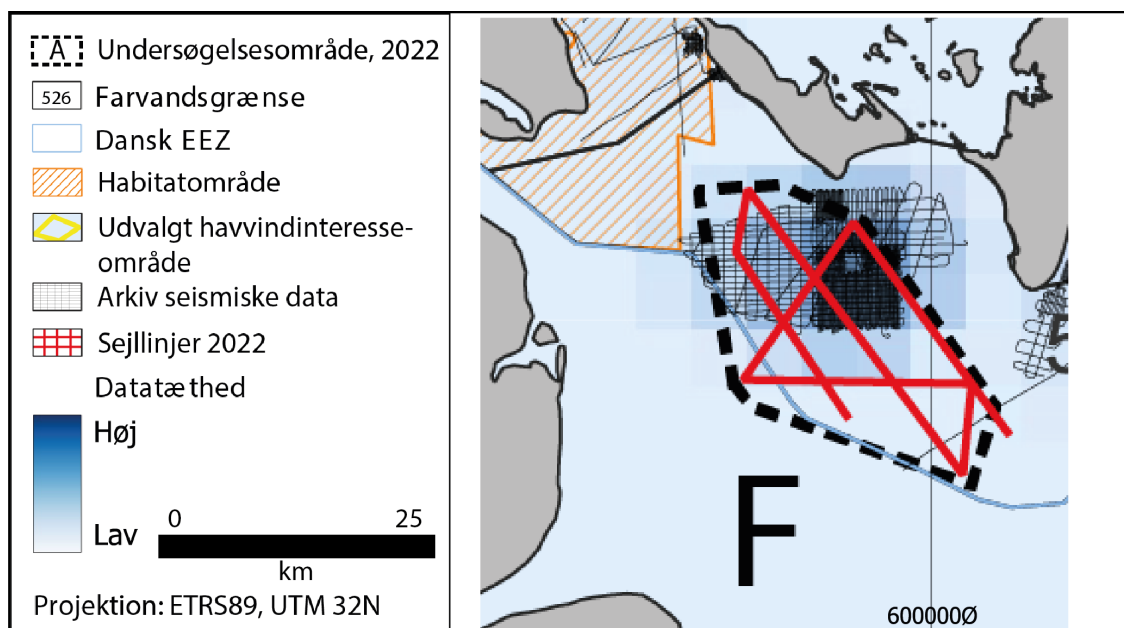
På en sparker seismiklinje med NV-SØ orientering, der går gennem OWF Bornholm I, er der detekteret skråtstillet støj, som korrelerer med viden om forkastninger (GEUS 2021b), og her vil nye data bidrage til at afklare sammenhængen.

5.5.3 Konklusion område E

Nye data i området nordøst for Bornholm er af høj prioritet, eftersom data ikke eksisterer her. Nye data kan binde de eksisterende datasæt bedre sammen og danne en helhedsforståelse af geologien omkring Bornholm. En linje løbende parallelt med Bornholm I og EEZ er af høj prioritet. Der planlægges dataindsamling i et irregulært net samt få krydsende linjer, med henblik på at dække områderne med færrest mulige linjekilometer. Totalt planlægges 740 km seismiske linjer.

5.6 Vejsnæs Flak – område F

Undersøgelsesområde F udgør havarealet omkring Vejsnæs Flak syd for Ærø og Langeland og sydover mod grænsen for EEZ (Figur 11). Datatætheden er høj i den nordlige del af område F. Området er 2022 undersøgelsesernes mindste område.



Figur 11 Undersøgelsesområde F – Vejsnæs Flak.

5.6.1 Manglende data/høj prioritet

Der findes ingen data i den sydlige del af område F/farvandsområde 566 og indsamling af nye data prioriteres højt her.

5.6.2 Områder med behov for data af højere kvalitet

Der er behov for lange linjer som kan binde nye data mod syd sammen med eksisterende data mod nord.

5.6.3 Konklusion område F

Det prioriteres højt at indsamle nye data mod syd, og længere linjer, der knytter det datatætte område mod nord sammen med de nye data mod syd, prioriteres ligeledes højt. Der planlægges derfor dataindsamling i et irregulært net med få krydsende linjer med henblik på at dække området med færrest mulige linjekilometer – totalt 130 km.

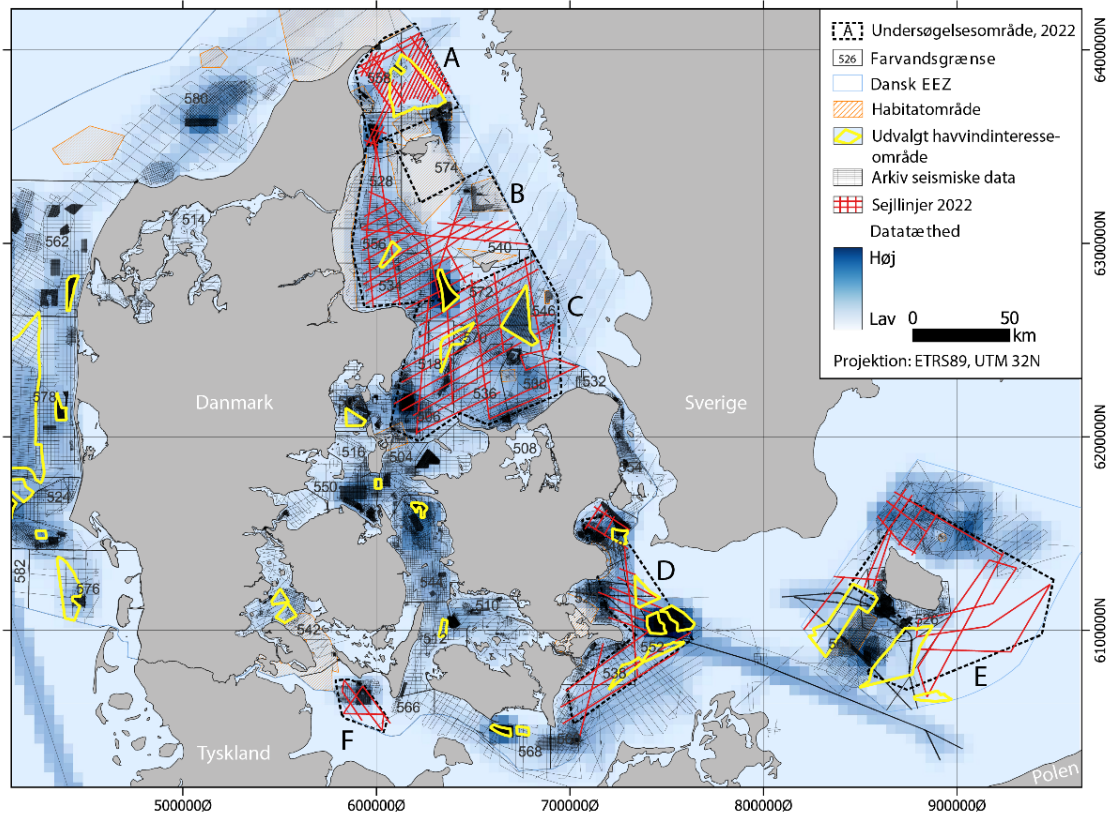
6. Konklusion – indsamling af nye data

Baseret på en overordnet og samlet vurdering af kvalitet og tæthed af eksisterende data i de indre danske farvande og Østersøen omkring Bornholm er der udpeget 6 områder (A-F), hvor der er behov for nye data i forbindelse med en geologisk screening for egnetheden af havbunden i forhold til etablering af havvind.

Indenfor de 6 områder er der udpeget totalt 4096 km seismiske linjer, hvor der skal indsamles nye seismiske data i efteråret 2022 (Figur 12). De nye sejllinjer er placeret, hvor der er lav datatæthed eller datakvalitet, hvor der er behov for længere koblende linjer mellem områder med eksisterende data, eller hvor der er behov for multikanal seismiske data med dybere penetrationsgrad.

Enkelte områder fremstår stadig datatynde, men disse områder er fortrinsvis habitatområder med havpattedyr som udpegningsgrundlag, hvor indsamling af seismiske data ikke er vurderet mulig indenfor rammerne af screeningsprojektet (Figur 12). Endvidere fremstår to havvindinteresseområder i undersøgelsesområde E, Bornholm relativt datatomme. Her er der indsamlet data i 2021 og 2022 for Energinet (<https://www.geoxyz.eu/en/projects/bornholm-ii-windfarms-energy-island>) og disse data forventes at blive stillet til rådighed for screeningsprojektet ultimo februar 2023.

På baggrund af tolkningen af de nye data indsamlet i 2022 vil der blive planlagt et større antal boringer i de 6 områder til at understøtte den geologiske tolkning. Boringerne vil blive placeret langs linjerne fra 2022-surveyet og udført i 2023.



Figur 12 Kort over de indre danske farvande med alle arkiv seismiske data (sorte linjer), havvindinteresseområder (gule afgrænsninger) og 2022 sejllinjer (røde linjer).

7. Referencer

7.1 Primære rapporter

GEUS 2022: Geological Screening of Kriegers Flak Nord and South. GEUS rapport 2022/2

GEUS 2021a: Geological screening of Kattegat Area A and B. GEUS rapport 2021/64

GEUS 2021b: Geology desk study off-shore Bornholm, Baltic Sea Windfarm investigations. GEUS Rapport 2021/18

GEUS 2021c: Geological desk study Bornholm Windfarm, cable transects Geological seabed screening in relation to possible location of cable transects GEUS Rapport 2021/63.

GEUS 2020: General geology of southern Kattegat, the Hesselø wind farm area. GEUS rapport 202/53.

GEUS 2017: Marin råstofkortlægning af Aalborg Bugt 2016. GEUS rapport 2017/16.

GEUS 2010a: Laesoe Offshore Cable. GEUS rapport 2010/49.

GEUS 2010b: Model for potentielle sand- og grusforekomster for de danske farvande. Delområderne Kattegat Syd og Østersøen Vest. GEUS rapport 2010/99.

Søfartsstyrelsen 2021. Havplanredegørelse, Havplansekretariatet.

Fredningsstyrelsen 1983: Læsø Rende, ressourceundersøgelser, fase 1. Geoteknisk Rapport nr. 5.

7.2 Videnskabelige artikler

Leth, J.O., Novak, B. 2010. Late Quaternary geology of a potential wind-farm area in the Kattegat, southern Scandinavia. GEUS Bulletin, vol 20, review of survey activities 2009.

7.3 Supplerende rapporter

GEUS 2007: Kabelruter ved Frederikshavn. GEUS rapport 2007/45.

GEUS 1996: Sand, Grus & Sten Ressourceundersøgelse Læsø Trindel-område 574. GEUS rapport 1996/106

