

Dataoversigt og behov for nye data, Nordsøen

Bedre geologiske data til havvindudbygning, Energistyrelsen

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

Dataoversigt og behov for nye data, Nordsøen

Bedre geologiske data til havvindudbygning, Energistyrelsen

Lis Allaart, Thomas Vangkilde-Pedersen,
Niels Nørgaard-Pedersen & 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	Vestlige Nordsø	13
5.2	Sydlig Nordsø	15
5.3	Nordlig Nordsø	16
6.	Konklusion – indsamling af nye data	18
7.	Referencer	20
7.1	Primære rapporter	20
7.2	Videnskabelige artikler	20
7.3	Supplerende rapporter og artikler	21

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 Nordsøen 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 Nordsøen.

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, beskrivelser af marine sedimentkerner samt geologiske rapporter. Arkivdata fra GEUS er desuden suppleret med øvrige tilgængelige undersøgelsesdata, 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.

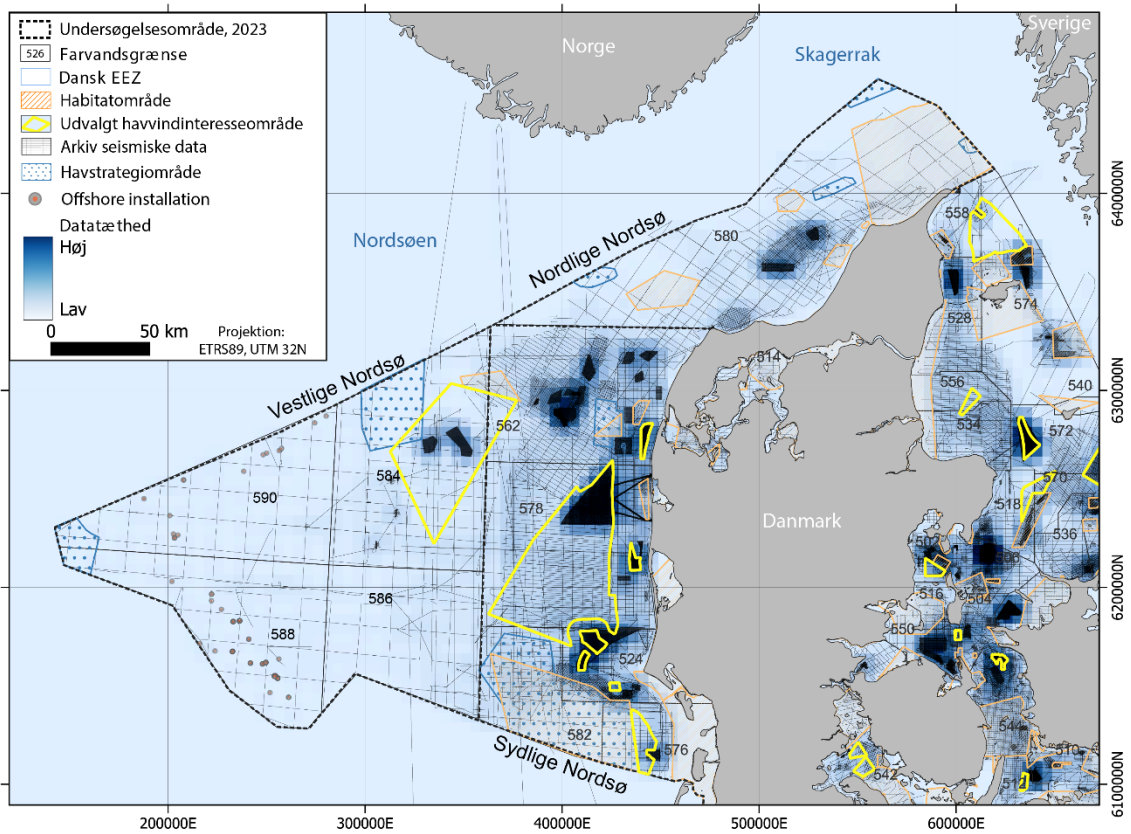
2.1 Marta-databasen

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.

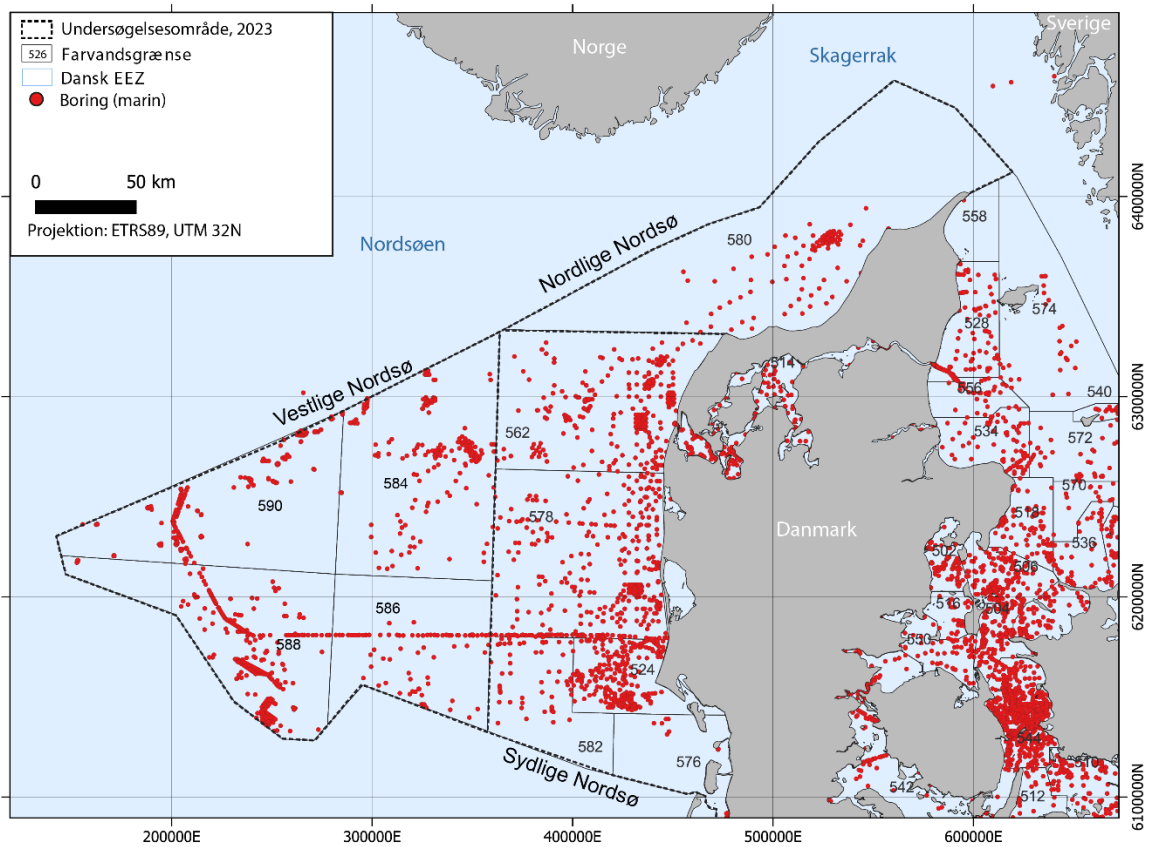
De seismiske data inkluderer både ældre analoge data samt nyere data i digitalt format. Nogle af de seismiske data er fortsat konfidentielle, men stadigt flere bliver gjort offentligt tilgængelige og kan downloades direkte fra databasen i SEG-Y format (format, der kan læses af de fleste programmer, der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

Marta-databasen indeholder desuden information om alle overladenære 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 Nordsøen med eksisterende arkiv seismiske data, som er vurderet anvendelige for geologiske tolkninger i havvindscreeningprojektet. Farvandsområder er angivet med sorte linjer og tal. Der er afgrænset tre undersøgelsesområder med stiplede linjer: Vestlige Nordsø, Sydlige Nordsø og Nordlige Nordsø. Habitatområder er skraveret med orange. I habitatområder med havpattedyr som udpegningsgrundlag er det ikke vurderet muligt at indsamle seismiske data indenfor rammerne af screeningsprojektet.



Figur 2 Oversigt over Nordsøen med eksisterende arkivboringer. Farvandsområder er angivet med sorte linjer og tal. Der er afgrænset tre undersøgelsesområder med stiplede linjer: Vestlige Nordsø, Sydlige Nordsø og Nordlige Nordsø.

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 under havbunden.

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 data af typerne x-star og pinger, som traditionelt har været benyttet til kortlægning af den mere overfladenære geologi til havs. Boomer og sparker er mere lavfrekvente og har større nedtrængning, mens x-star og 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 de 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. Det højpræcise RTK-system kan give en nøjagtighed på positionsbestemmelsen ned til 10-30 cm og benyttes i dag 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 x-

star/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

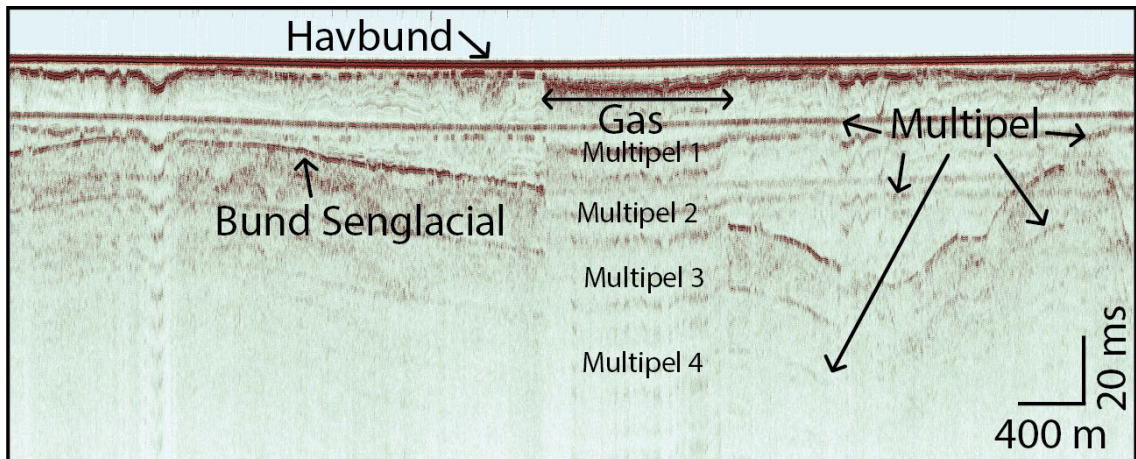
Ved indsamling af seismiske data vil der i datasættet opstå såkaldte multipler, som er lyd-bølger, der bliver reflekteret mellem havbunden og havoverfladen, og som i en vis udstrækning "overlejrer" billedet af lagene under havbunden, som ønskes kortlagt. Vanddybden i et givent område er afgørende for, 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 ved at tilfældig støj undertrykkes i forbindelse med processeringen af data. Samtidig giver multikanal data og den tilhørende processering bedre muligheder for at undertrykke de uønskede multipler.

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 kvaliteten 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/horizontalt 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 dansk farvand. 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, hvor der for nylig er gennemført dataindsamling, men hvor GEUS endnu ikke har disse data til rådighed. I samråd med Energistyrelsen er der således ikke planlagt indsamling af nye data i disse områder, men aftalt at de eksisterende data stilles til rådighed for screeningsprojektet.

3.5 Habitatområder

Der forefindes en række Natura 2000 områder i Nordsøen. 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-ungleområder for fugle forefindes desuden primært i den absolut kystnære zone eller på land, hvor dataindsamling ikke vil foregå.

Natura 2000 områderne ses på kortet i Figur 1. Dækningsgraden med eksisterende seismiske data er lav/manglende i flere af Natura 2000 områderne med havpattedyr som udpegningsgrundlag, 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. Seismiske undersøgelser vil blive gennemført i to Natura 2000 områder (H257 og H202), hvor udpegningsgrundlaget i begge tilfælde er rev, og seismiske undersøgelser ikke vil være forstyrrende.

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 Nordsøen 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 tre større undersøgelsesområder i Nordsøen (afgrænset af stiplet linje på Figur 4): Vestlige Nordsø, Sydlige Nordsø og Nordlige Nordsø, 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: Vestlige Nordsø, Sydlige Nordsø og Nordlige Nordsø.

Datatætheden af eksisterende seismiske data, samt hvor der er behov for nye data, er beskrevet for hvert undersøgelsesområde i tre separate afsnit i næste kapitel. Det samlede areal for de udpegede undersøgelsesområder udgør omkring 61.790 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.

Vestlige Nordsø dækker et areal på omkring 25.420 km² og omfatter farvandsområde 584, 586, 588 og 590.

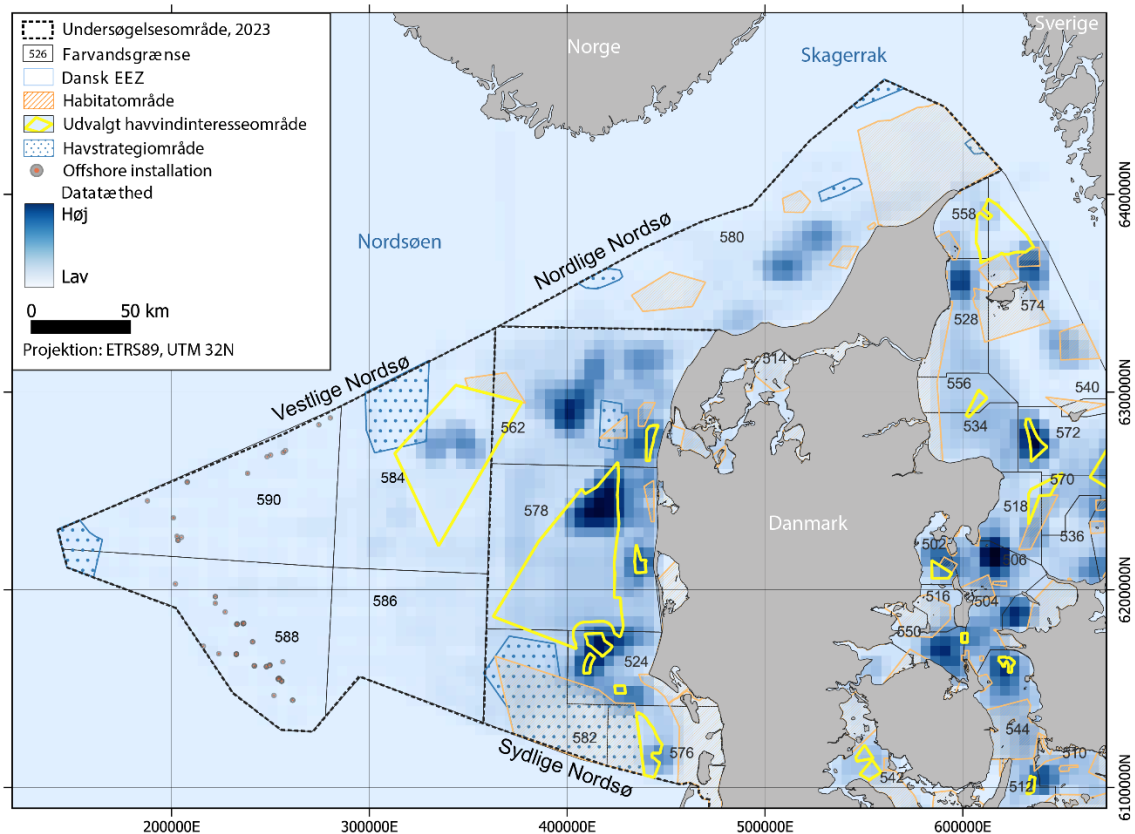
Sydlige Nordsø dækker et areal på 23.090 km² og omfatter farvandsområde 524, 562, 576, 578 og 582.

Nordlige Nordsø dækker et areal på 13.280 km² tilsvarende farvandsområde 580.

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 Nordsøen.

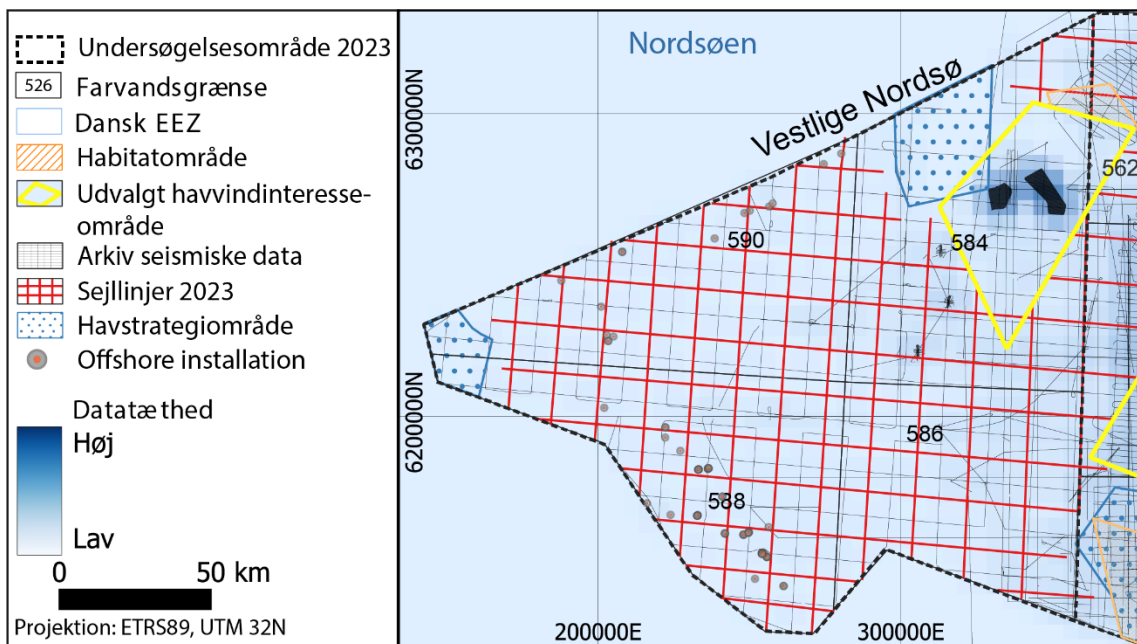


Figur 4 Datatæthedskort over Nordsøen. Mørk blå farve indikerer høj datatæthed (mange km seismiske data pr km²) og lys blå farve indikerer lav datatæthed (få km seismiske data pr km²).

5.1 Vestlige Nordsø

Undersøgelsesområdet udgør omkring 25.420 km² i den vestlige del af Nordsøen. Datatætheden er acceptabel i et lille område af den østlige del af område 584, men ellers lav og med behov for nye data. I overgangen mellem Vestlige og Sydlige Nordsø (i farvandsområde 584/562) befinder sig et habitatområde (H257), der er udpeget på baggrund af rev, og seismiske undersøgelser kan derfor udføres i området. I området forefindes desuden et havvindinteresseområde for Energjø Nordsøen, hvor der forventes nyere eksisterende data stillet til rådighed og ikke er behov for indsamling af nye data.

I den østlige del af farvandsområde 584 og 586 findes 5 eksisterende nord-sydgående linjer watergun linjer af god kvalitet og med god nedtrængning og her kan enkelte planlagte nye linjer prioriteres lavere, hvis behov.



Figur 5 Undersøgelsesområde Vestlige Nordsø. Habitatområde H257, skraveret med orange, ses i overgangen mellem farvandsområde 584 og 562.

5.1.1 Manglende data - høj prioritet

I Vestlige Nordsø er dataætheden overordnet set lav. Dækkende hele området forefindes øst-vest- og nord-sydgående sparkerlinjer i et groft 15 km grid, der giver nogen indsigt i geologien, men den store afstand mellem data højner usikkerheden af tolkningen af de geologiske enheder og korrelationen imellem disse.

5.1.2 Områder med behov for data af højere kvalitet

I farvandsområde 590 er der problemer med navigationen for de eksisterende sparkerlinjer og kvaliteten af data vurderes derfor som lav. Nye data i område 590 er af høj prioritet.

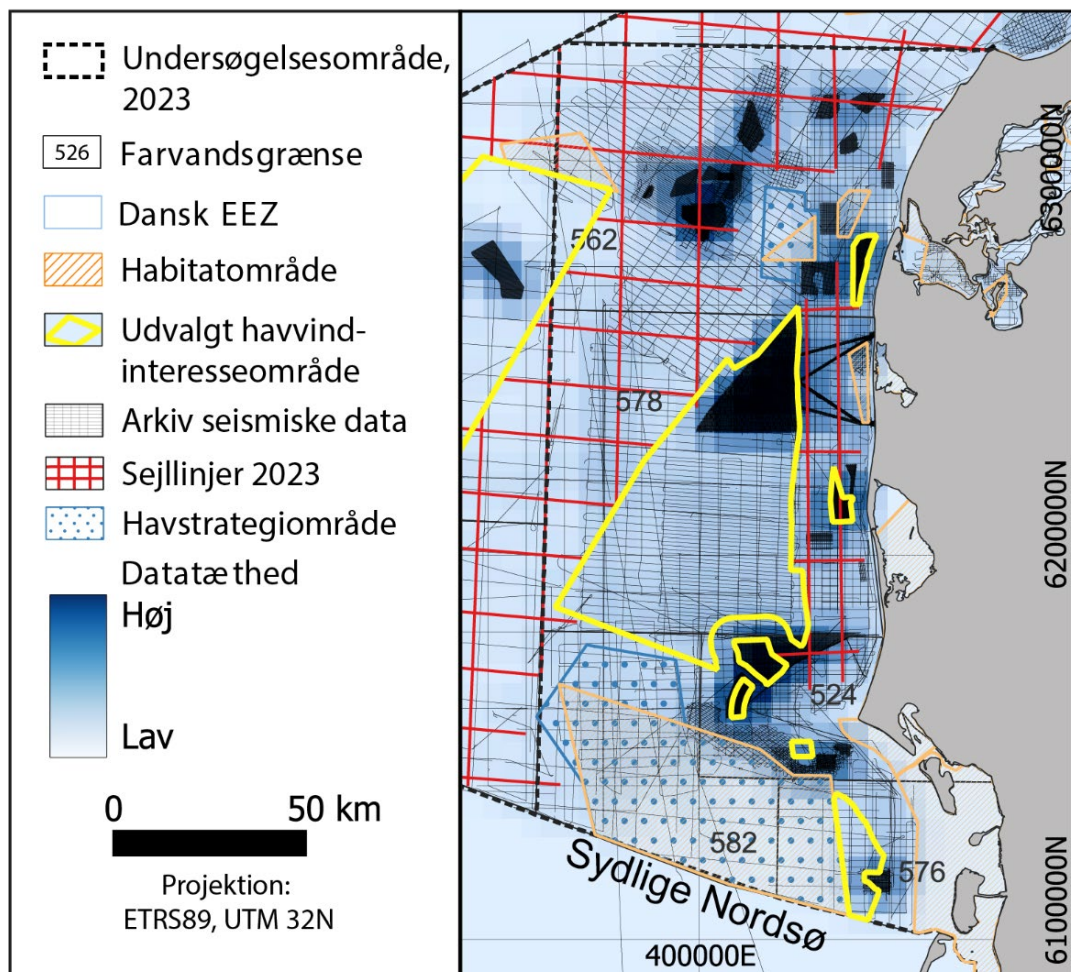
5.1.3 Konklusion Vestlige Nordsø

Indsamling af nye data i Vestlige Nordsø er af høj prioritet. Nye linjer placeret midt mellem de eksisterende linjer er af høj prioritet for at optimere muligheden for detektion af f.eks. begravede dale og andre geologiske strukturer samt korrelation af geologiske enheder linjerne imellem. Desuden vurderes det, at indsamling af nye data i farvandsområde 590 er af høj prioritet. Nye, lange øst-vest- og nord-sydgående linjer vil optimere tolkningen af de geologiske enheder og deres laterale variation. Enkelte planlagte nye linjer i den østlige del af farvandsområde 584 og 586 kan prioriteres lavere, hvis behov.

5.2 Sydlige Nordsø

Undersøelsesområde Sydlige Nordsø udgør omkring 23.090 km² i havet ud for strækningen mellem Hanstholm og Tønder. Der er spotvis god datatæthed i en række områder parallelt med kysten. Det gælder de centrale og østlige dele af område 562, områder mod øst i område 578 og i område 524, og nye data kan prioriteres lavere her, hvis behov. Der er dog behov for en række gennemgående linjer, der kan binde områder med god datadækning sammen med områder med ringere datadækning og bidrage til at forbedre forståelsen af den regionale geologi og knytte de datatætte områder langs kysten bedre sammen geologisk set. I området forefindes en række havvindinteresseområder (markeret med gult), hvoraf der i tre af områderne (Horns rev I-III) allerede er etableret havvindmøller. I de to små, nordligste områder parallelt med Jyllands kyst samt i den nordlige del af det største af områderne på kortet, er seismiske undersøgelser allerede foretaget. Dette ses ved den mørkeblå farve på kortet. I den øvrige del af det største af områderne forventes nye seismiske undersøgelser at blive stillet til rådighed, og nye data er derfor ikke planlagt her.

Der findes en række større og mindre habitatområder i området Sydlige Nordsø. Alle, bortset fra område H257, beskrevet i foregående afsnit, er udpeget på baggrund af havpattedyr og seismiske undersøgelser gennemføres derfor ikke i disse områder.



Figur 6 Undersøelsesområde Sydlige Nordsø med markering af havvindinteresseområder (gult) og habitatområder (orange).

5.2.1 Manglende data - høj prioritet

Datatætheden er lav i farvandsområde 582 og mod øst og vest i område 576, men disse udgøres stort set af habitatområder og et havstrategiområde med havpattedyr som udpegningsgrundlag, og seismiske undersøgelser foretages derfor ikke i områderne. Derudover er datatætheden relativt lav i den nordvestlige del af farvandsområde 578 og den sydvestlige og nordvestlige del af område 562, og nye linjer bør prioriteres der.

5.2.2 Områder med behov for data af højere kvalitet

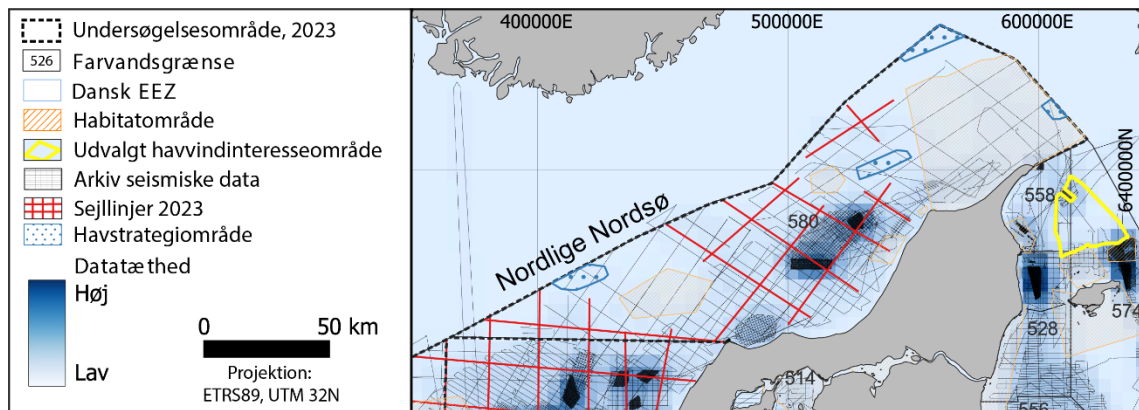
I de lavvandede, kystnære områder (østlige del af områderne 524 og 578) findes de eksisterende data kun i en version processeret med for meget forstærkning, og der er behov for nye data, der kan processeres mere optimalt. Det er specielt vigtigt i dette område, hvor lag fra Eem interglacialtiden er højtliggende og i nogle tilfælde forveksles med Holocæne aflejringer. Der er således i publicerede rapporter stridende tolkninger og aldersbestemmelse af nogle af de geologiske enheder. Der bør derfor prioriteres mindst én gennemgående linje, som kan bidrage til en forbedring af tolkningerne og optimere aldersbestemmelsen.

5.2.3 Konklusion Sydlige Nordsø

Det vurderes, at indsamling af nye seismiske data i de vestlige dele af farvandsområde 578 og 562 er af høj prioritet, ligesom mindst én sammenhængende nord-sydgående linje bør prioriteres mod øst i område 578. Øvrige planlagte linjer vil stadig være ønskelige, men kan prioriteres lavere, hvis behov.

5.3 Nordlige Nordsø

Undersøgelsesområdet udgør omkring 13.280 km² i havet ud for strækningen mellem Ska-gen og Hanstholm og er sammenfaldene med farvandsområde 580. Der er god datatæthed i den centrale del af Jammerbugten, og nye data kan prioriteres lavere her, hvis behov. Der er dog behov for en række gennemgående linjer mod nordvest, der kan binde områder med god datadækning sammen med områder med ringere datadækning og bidrage til at forbedre forståelsen af den regionale geologi. Der findes en række større og mindre habitatområder og havstrategiområder i området Nordlige Nordsø. De er alle, bortset fra område H202, udpeget på baggrund af havpattedyr, og seismiske undersøgelser gennemføres derfor ikke i disse områder.



Figur 7 Undersøgelsesområde Nordlige Nordsø med markering af habitatområder (orange).

5.3.1 Manglende data - høj prioritet:

Der er lav datatæthed mod nordøst og sydvest i farvandsområde 580, men disse områder udgøres af habitatområder og havstrategiområder med havpattedyr som udpegningsgrundlag, og seismiske undersøgelser foretages derfor ikke i området. Derudover er datatætheden lav mod nordvest, og nye linjer bør prioriteres her.

5.3.2 Områder med behov for data af højere kvalitet

Der er behov for en række gennemgående sydøst-nordvestgående linjer, der kan binde de datatynde områder mod nordvest sammen med de centrale dele af Jammerbugten, hvor datadækningen er bedre.

5.3.3 Konklusion Nordlige Nordsø

Det vurderes, at indsamling af nye seismiske data i den nordvestlige del af farvandsområde 580 sammen med en række sydøst-nordvestgående linjer bør prioriteres højt. Øvrige planlagte linjer vil stadig være ønskelige, men kan prioriteres lavere, hvis behov.

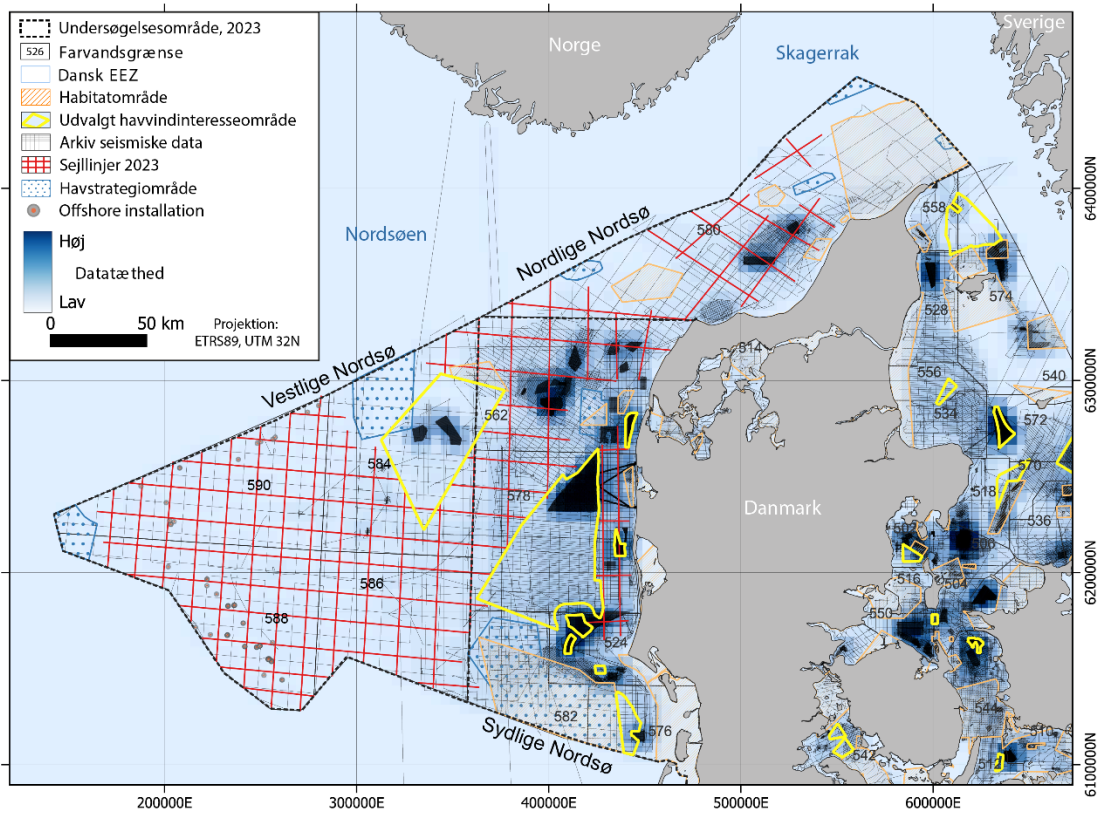
6. Konklusion – indsamling af nye data

Baseret på en overordnet og samlet vurdering af kvalitet og tæthed af eksisterende data i Nordsøen er der udpeget tre områder: Vestlige Nordsø, Sydlige Nordsø og Nordlige Nordsø, 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 tre områder er der udpeget totalt ca. 4500 km seismiske linjer, hvor der skal indsamles nye seismiske data i foråret 2023 (Figur 8). 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 nedtrængning i de geologiske lag. Der er samtidig angivet delområder, hvor nye data kan prioriteres lavere, hvis der bliver behov for det.

Enkelte områder fremstår stadig datatynde, men disse områder er fortrinsvis habitatområder og havstrategiområder med havpattedyr som udpegningsgrundlag, hvor indsamling af seismiske data ikke er vurderet mulig indenfor rammerne af screeningsprojektet (Figur 8). Desuden fremstår flere havvindinteresseområder og et område for Energiø Nordsøen relativt datatomme. Her er dog, eller forventes snart, indsamlet data for Energinet, og disse data forventes at blive stillet til rådighed for screeningsprojektet.

På baggrund af tolkningen af de nye seismiske data vil der blive planlagt et større antal borer i de tre områder til at understøtte den geologiske tolkning. Boringerne vil blive placeret langs de nye linjer og udført i efteråret 2023.



Figur 8 Kort over Nordsøen med alle arkiv seismiske data (sorte linjer), havvindinteresseområder (gule afgrænsninger) og planlagte sejllinjer i 2023 (røde linjer).

7. Referencer

7.1 Primære rapporter

COWI for Energinet.DK. 2014: OWF Horns Rev 3 – Integrated Geological Model (Final Report). COWI for Energinet Eltransmission A/S, 2021. Thor offshore windfarm - integrated geological model. Report.

GEUS, 2006: Råstoffer ved HR2 Vindmølleparken. Vurdering af mulige sand- og grusforekomster på Horns Rev. Udarbejdet for ENERGI E2. GEUS Rapport 2006/4, 15 pp.

GEUS, 2009: Nordsøen - Havbundsdata og kortlægning. Status for data, kortlægning, ressourcer, Kvartær stratigrafi og fremtidsperspektiver. GEUS Rapport 2009/48, 48 pp.

GEUS 2010: Model for potentielle sand- og grusforekomster for de danske farvande. Delområderne Jyske Rev – Lille Fisker Banke. GEUS rapport 2010/23.

GEUS, 2013: Marin råstofkortlægning i Nordsøen 2012. Detaljeret undersøgelse af 3 delområder. Udført for Naturstyrelsen. GEUS Rapport 2013/5.

GEUS 2020: En geologisk screeningundersøgelse af potentielle Energi-Ø områder i Dansk Nordsø. Rapport udført for energistyrelsen. GEUS Rapport 2020/24.

GEUS 2022: Screening of seabed geological conditions for the offshore wind farm (OWF) area Nordsøen 1, område E. GEUS rapport 2022/7.

Larsen, B. & Leth, J.O., 2001. Geologisk kortlægning af Vestkysten. Regionalgeologisk tolkning og en samlet vurdering af aflejringsforholdene i området mellem Nymindegab og Horns Rev. Udført for Kystdirektoratet 2000 og 2001. Vol. 1 og 2.

Leth, J.O., 2000.: Geologisk kortlægning af Jyske Rev. En tolkning af den geologiske udvikling samt en vurdering af ressourcepotentialet. Danm og Grønland. Geol. Unders. Rap. 2000-43, 16 sider + bilag

Søfartsstyrelsen 2021. Havplanredegørelse, Havplansekretariatet.

7.2 Videnskabelige artikler

Huuse, M. & Lykke-Andersen, H. 2000a. Overdeepened Quaternary valleys in the eastern Danish North Sea: morphology and origin. *Quat. Sci. Rev.* 19, 1233-1253.

Jensen, J.B., Gravesen, P. & Lomholt, S. 2008. Geology of outer Horns Rev, Danish North Sea. *Geological Survey of Denmark and Greenland Bulletin*, 15, 41-44.

Konradi, P.B., Larsen, B. & Sørensen, Aa.B. 2005. Marine Eemian in the Danish eastern North Sea. *Quaternary International* 133, 21–31.

Larsen, B. & Andersen, L.T. 2005. Late Quaternary stratigraphy and morphogenesis in the Danish eastern North Sea and its relation to onshore geology. *Netherlands Journal of Geosciences, Geologie en Mijnbouw*, 84, 2.

Larsen, N.K., Knudsen, K.L., Krohn C.F., Kronborg, C., Murray, A.S. & Nielsen, O.B. 2009. Late Quaternary ice sheet, lake and sea history of southwest Scandinavia – a synthesis. *Boreas*, Vol. 38, pp. 732–761.

Velenturf, A.P.M., Emery, A.R., Hodgson, D.M., Barlow, N.L.M., Mohtaj Khorasani, A.M., Van Alstine, J., Peterson, E.L., Piazzolo, S. & Thorp, M. 2021. Geoscience Solutions for Sustainable Offshore Wind Development. *Earth Science, Systems and Society*. The Geological Society of London. 2 November 2021. Volume 1. Article 10042.

Prins, L.T., Andresen, K.J., Clausen, O.R. & Piotrowski, J.A. 2020. Formation and widening of a North Sea tunnel valley - The impact of slope processes on valley morphology. *Geomorphology* 368.

Prins, L. T., & Andresen, K. J. (2021). A geotechnical stratigraphy for the shallow subsurface in the Southern Central Graben, North Sea. *Engineering Geology*, 286, [106089]

7.3 Supplerende rapporter og artikler

Andersen, L.T. 2004. The Fanø Bugt Glaciotectonic Thrust Fault Complex, Southeastern Danish North Sea. Ph.D.Thesis. 2004. Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse Rapport 2004/30, 35-68.

Anthony, D. & Leth, J.O. 2002. Large-scale bedforms, sediment distribution and sand mobility in the eastern North Sea off the Danish west coast. *Marine Geology* 182, 247-263.

Bockelmann, F.-D., Puls, W., Kleeberg, U., Müller, D. & Emeis, K.-C. 2018. Mapping mud content and median grain-size of North Sea sediments – A geostatistical approach. *Marine Geology* 397, 60-71.

Fredningstyrelsen, 1982: Horns Rev. Ressourceundersøgelser Fase 1-4. Geoteknisk Rapport Nr. 2. Bind 1: Tekst, 38 sider + bilag.

GEO, 2006: Horns Rev 2 Offshore Wind Farm Geotechnical investigations. Factual Report. Borings, CPT's and vibrocores. GEO project no. 29180

Huuse, M. & Lykke-Andersen, H. 2000. Large-scale glaciotectonic thrust structures in the eastern Danish North Sea. In: Maltman, A., Hambrey, M. & Hubbard, B. (eds): *Deformation of Glacial Materials*. Geological Society, London, Special Publications 176, 293-305.

Knudsen, K.L. 1985. Foraminiferal stratigraphy of Quaternary deposits in the Roar, Skjold

and Dan fields, central North Sea. *Boreas* 14, 311–324.

Kuijpers, A., 1993: Supplerende seismiske undersøgelser i område 524 Horns Rev. Udført for Skov- og Naturstyrelsen. DGU Kunde rapport nr. 76, 18 sider + bilag.

Kuijpers, A., 1995: Late Quaternary sediment distribution in the DK Sector of the North Sea: Area 582 and 524, DGU Datadokumentation no. 13, 13 sider + bilag.

Leth, J.O., 1994: Statnett Cable Route Survey, Danish North Sea Survey Report. DGU Service report no. 47, 33 sider + bilag

Leth, J.O., 1996: Statnett Cable Route Survey, Danish North Sea. *Danm. og Grøn. Geol. Unders. Rap.* 1996-112, 19 sider + bilag.

Leth, J.O., 1996: Late Quaternary geological development of the Jutland Bank and the initiation of the Jutland Current, NE North Sea. *Nor. Geol. Unders. Bull.* 430, side 25-34.

Leth, J.O. 1998: Late Quaternary geology and recent sedimentary processes of the Jutland Bank region, NE North Sea. Ph.D. Thesis: Aarhus Universitet. 1998.

Leth, Jørgen O., 2000: Geologisk Kortlægning af Jyske Rev - En tolkning af den geologiske udvikling samt en vurdering af ressourcepotentialet. GEUS rapport 2000-43.

Leth, J.O., 2003: TEMANUMMER. Nordsøen efter istiden – udforskningen af Jyske Rev. *Geologi, Nyt fra GEUS*, nr. 3 december 2003, side 2-12.

O Cofaigh, C. 1996. Tunnel valley genesis. *Progress in Physical Geography* 20, 1-19.

Ottesen, D., Batchelor, C.L., Dowdeswell, J.A. & Løseth, H. 2018. Morphology and pattern of Quaternary sedimentation in the North Sea Basin (52–62°N). *Marine and Petroleum Geology* 98, 836-859.

Salomonsen, I., 1994: A seismisk stratigraphic analysis of Lower Pleistocene deposits in the western Danish sector of the North Sea. *Geologie en Mijnbouw* 72, side 349-361.

Salomonsen, I., 1995: Origin of a deep buried valley system in Pleistocene. *Proceedings of the 2nd Symposium on: Marine Geology* (ed. Michelsen, O.). *Danm. Geol. Unders.. Ser, C* nr. 12, side 7-19

