

Indhold

1.	Introduktion og opgave	5
1.1	Undersøgelsesområdet.....	5
2.	Resume	7
3.	A. Overblik over det tilgængelige datagrundlag inden for forundersøgelsesområdet	8
3.1	Råstofundersøgelser Geoteknisk Institut 1984 (analoge data	8
3.2	Holger Lykke Linjer (Dana 1998)	10
3.3	Rohde Nielsen A/S råstofundersøgelser 2013	11
3.4	LILLEBÆLT SYD VINDMØLLEPARK	12
3.5	Habitat undersøgelser NST 2012 og 2014	13
3.6	Als-Fyn Cable Route Geophysical / Bathymetric Survey 2014	13
3.7	IODP-borings togt 347 boring M0059	14
4.	B. Vurdering af om der kan laves en valid geologisk rapport på basis af det tilgængelige datagrundlag	16
5.	C. Anbefalinger til supplerende undersøgelser og tolkning	17
5.1	Supplerende undersøgelser.....	17
5.1.1	Seismik	17
5.1.2	Vibrocoringer	22
5.2	Tolkning af indsamlede data	23
5.2.1	Processering af akustiske data	23
5.2.2	Tolkning af horisonter og lagtykkelser.....	23
5.2.3	Tolkning af sedimenter	23
5.2.4	Konstruktion af kystlinjeniveauer og palæogeografiske scenarier.....	23
5.2.5	Synergi med miljøvurderinger og geoteknisk analyse	23
5.2.6	Specielt for miljøvurderingerne.....	24
5.2.7	Specielt for geotekniske vurderinger.....	24
6.	D. Budgetoplæg på forundersøgelse samt tidsplan for denne	25
6.1	A. Overblik over det tilgængelige datagrundlag inden for forundersøgelsesområdet.....	25
6.2	B. Vurdering af om der kan laves en valid geologisk rapport på basis af det tilgængelige datagrundlag	25
6.2.1	Minimumsløsningen med Holger Lykke Data, 1982 analoge data samt IODP-boring. 25	
6.2.2	Maksimum løsning med alle data beskrevet i Afsnit 4.	25
6.3	C. Anbefalinger til supplerende undersøgelser og tolkning	26
6.3.1	Vi indsamler supplerende undersøgelser, nye 1 X 1 km grid data, i forundersøgelsesområdet (det grønne område), samt udfører tolkning af disse data	27

6.3.2	En fulddækning seismisk kortlægning med et 1 X 1 km grid i hele det geologiske undersøgelsesområde (det grønne + blå område), samt udføre tolkning af disse data.	27
6.3.3	Sedimentverifikation ved hjælp af vibrocore	27
6.3.4	Økonomiske overslag.....	28
7.	Mulig gennemførelse af undersøgelses scenarier	32
7.1	Ansøgning om og godkendelse af efterforskningstilladelse (Anmeldelse):.....	32
8.	Referencer	33

1. Introduktion og opgave

GEUS er af Sund & Bælt Holding A/S blevet bedt om at lave en foranalyse, som skal være med til at danne grundlag for en forundersøgelse af en Als-Fyn forbindelse.

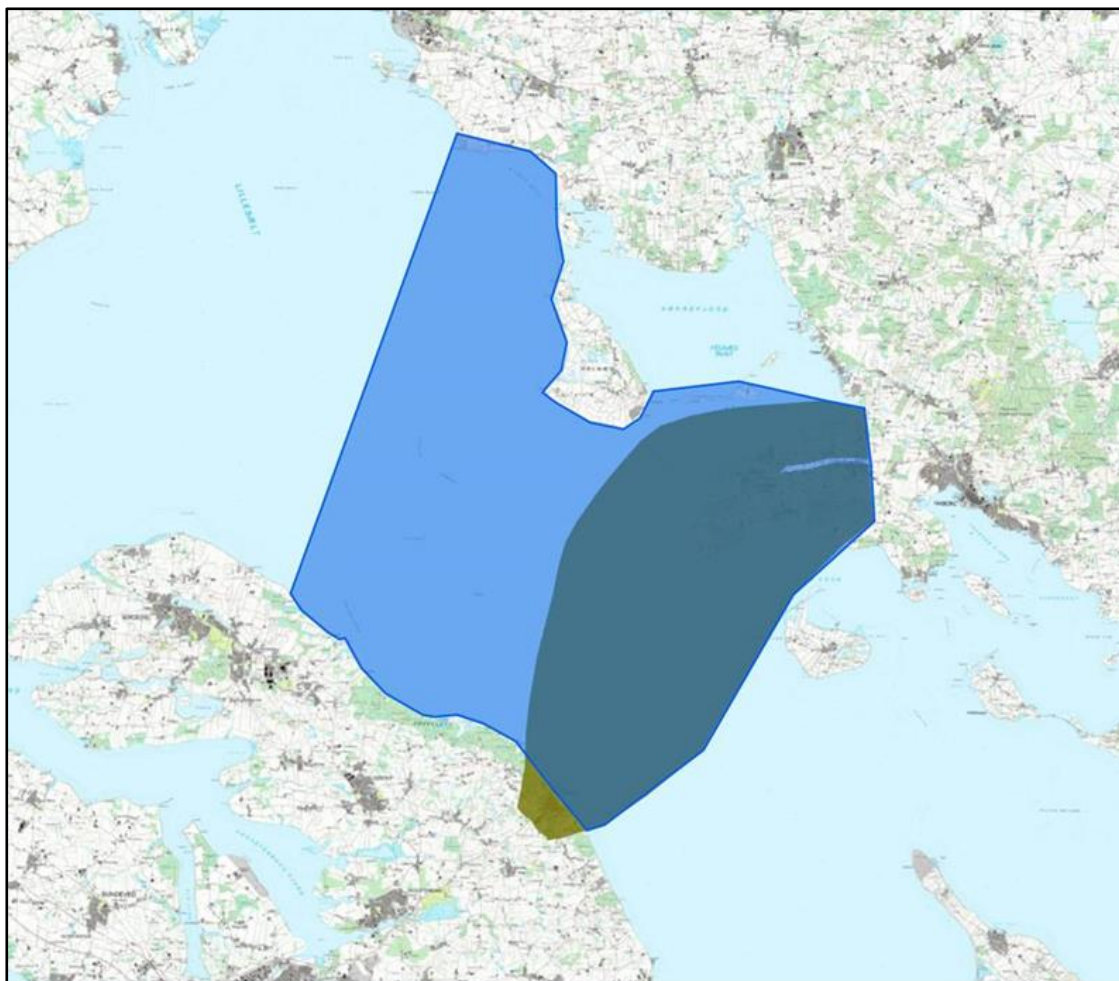
Den geologiske rapport skal kunne bruges både til anlægstekniske analyser af konstruktioner, samt til miljøundersøgelserne. Herunder særligt sedimentspild som tidligere lavet i Kattegat-forundersøgelsen

Foranalysen skal:

- A. Bidrage med overblik over det tilgængelige datagrundlag inden for forundersøgelsesområdet
- B. Komme med en vurdering af, om der kan laves en valid geologisk rapport på basis af det tilgængelige datagrundlag
- C. Såfremt dette ikke er tilfælde komme med anbefalinger til supplerende undersøgelser og tolkning (i prioriteret rækkefølge), hvis pkt. B peger på væsentlige mangler.
 - Der bør estimeres omkostninger og tidsforbrug ift. evt. anbefalede undersøgelser og tolkning. Det skal vurderes om der er planlagte undersøgelser, som vi kan "koble" os på.
- D. Indeholde et samlet budgetoplæg på forundersøgelsen samt tidsplan for denne

1.1 Undersøgelsesområdet

Traceområdet omfatter et af Sund og Bælt defineret trace område (Figur 2.1) som er udvidet mod nord i et alternativ trace område. Der ønskes et overblik over eksisterende GEUS registrerede data fra det samlede område.



Figur 1.1 Det Geologisk undersøgelsesområde omfatter det med blå markerede område og Forundersøgelsesområdet omfatter det med mørkegrønt markerede område.

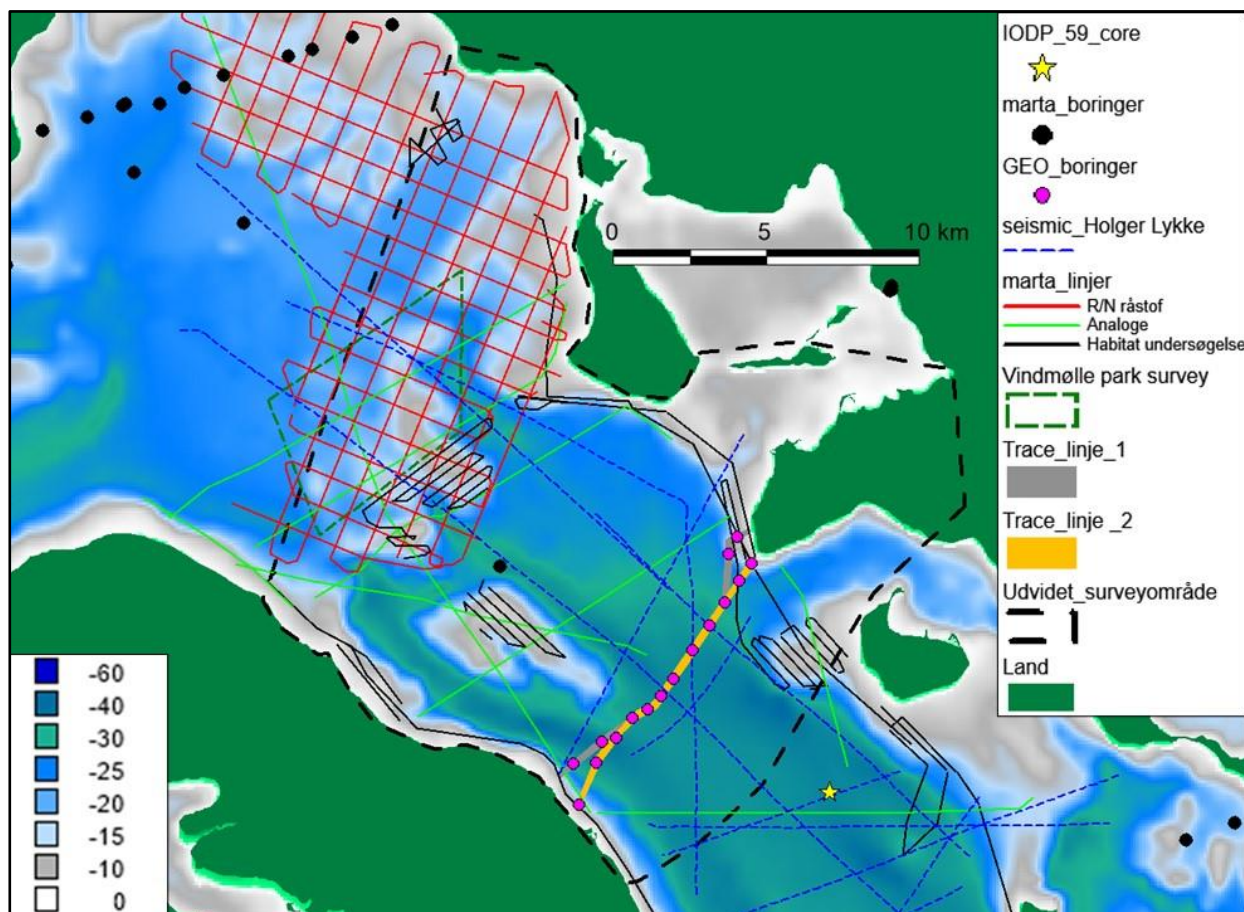
2. Resume

Der er foretaget en screening af Als – Fyn traceområdet med hensyn til eksisterende survey data fra GEUS Marta databasen og Jupiter databasen, suppleret med information fra rapporter og interne GEUS-databaser. Dette med henblik på en vurdering af mulighederne for en regional kortlægning af de marine områder ud fra eksisterende data.

- Med udgangspunkt i de registrerede surveys er det benyttede akustiske og prøvetagningsudstyr præsenteret og der er foretaget en vurdering af de enkelte surveys datakvalitet.
- Der er registreret både digitale og analoge data og i rapporten er præsenteret eksempler på datatyper.
- Generelt er de digitale akustiske data af god kvalitet og en reprocessering vil i visse tilfælde kunne optimere data til brug for forundersøgelsen af en fast forbindelse mellem Als og Fyn.
- De analoge akustiske data er ligeledes af god kvalitet og kan evt. scannes og digitaliseres til brug på lige fod med digitale data i seismisk tolkeprogram
- IODP-boring M0059 er placeret ca. 2km syd for traceområdet og beskriver områdets sediment lag
- Det er uvist om Rohde Nielsen A/S råstofdata og Lillebælt Syd Vindmøllepark kan indgå i analysen da de ikke er frigivet
- Det kan konkluderes at det vil være muligt at retolke Holger Lykke til brug for optimering af supplerende undersøgelser.
- Det vil i alle tilfælde være nødvendigt at gennemføre supplerende seismiske undersøgelser og prøvetagninger. Derfor anbefales det ikke at tolke på de eksisterende data.
- Der er foretaget økonomiske beregninger af mulige nyindsamlinger af seismiske data og prøvetagninger, processering tolkning og afrapportering.
- Endelig er der set på muligheder for gennemførelse af nye dataindsamlinger og synergi-effekter.

3. A. Overblik over det tilgængelige datagrundlag inden for forundersøgellesområdet

I de følgende afsnit præsenteres de enkelte surveys inklusive datatyper

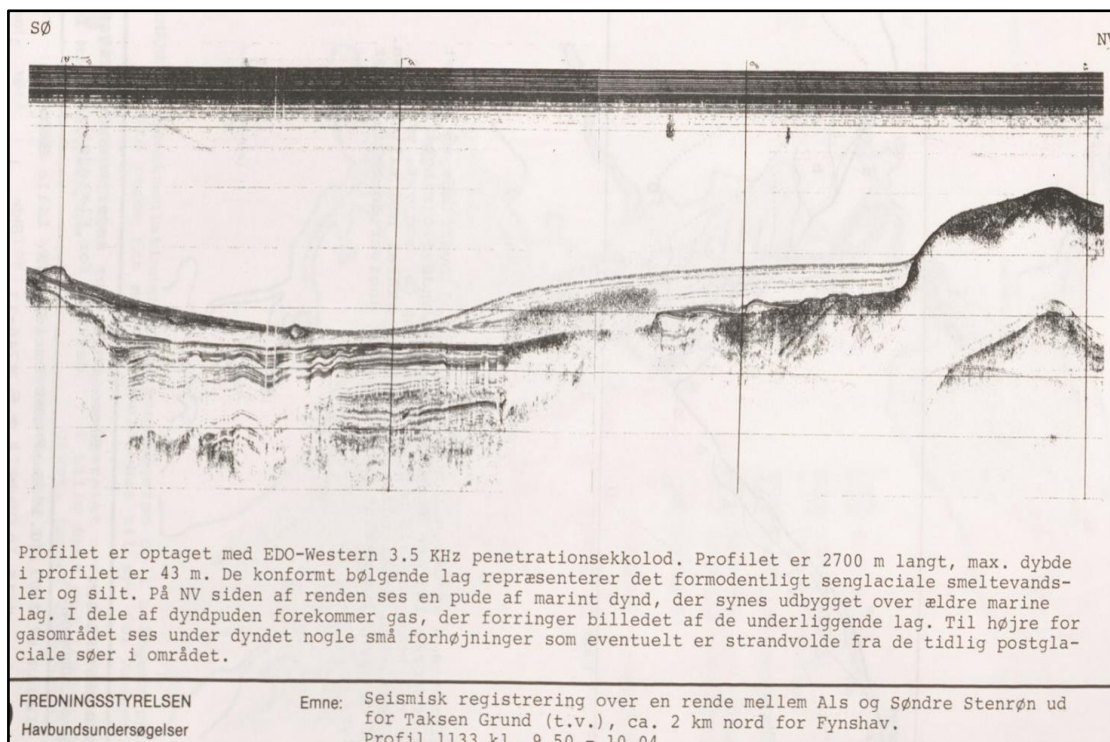


Figur 3.1 Eksisterende data i form af boringer og seismik i undersøgelsesområdet (omkranset af sort stiplede linje)

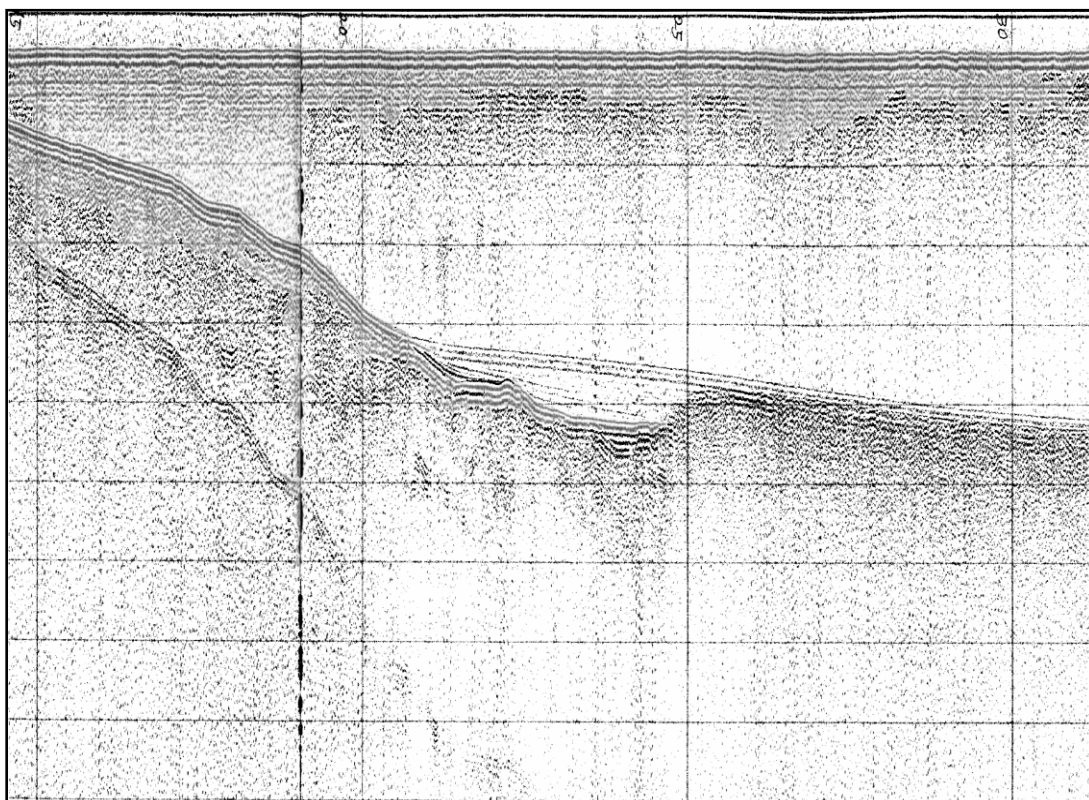
3.1 Råstofundersøgelser Geoteknisk Institut 1984 (analoge data)

Som led i den generelle råstofgeologiske kortlægning i Danmark udførte DGI seismiske undersøgelser og boringer i 1984, som er publiceret i råstofrapport (Fredningsstyrelsen 1986).

Der blev indsamlet geofysiske data i form af EDO-Western 3,5 KHz penetrations ekkolod (Figur 3.2 og EGG Boomer data samt meget få Vibrationsboringer. (Fredningsstyrelsen 1986).



Figur 3.2 Eksempel på EDO-Western 3,5 KHz penetrations ekkolod data fra traceområdet.



Figur 3.3 Eksempel på Boomer linje

Alle data er analoge og kan eventuelt digitaliseres til brug for en samlet tolkning i Kingdom Suite tolkeprogram.

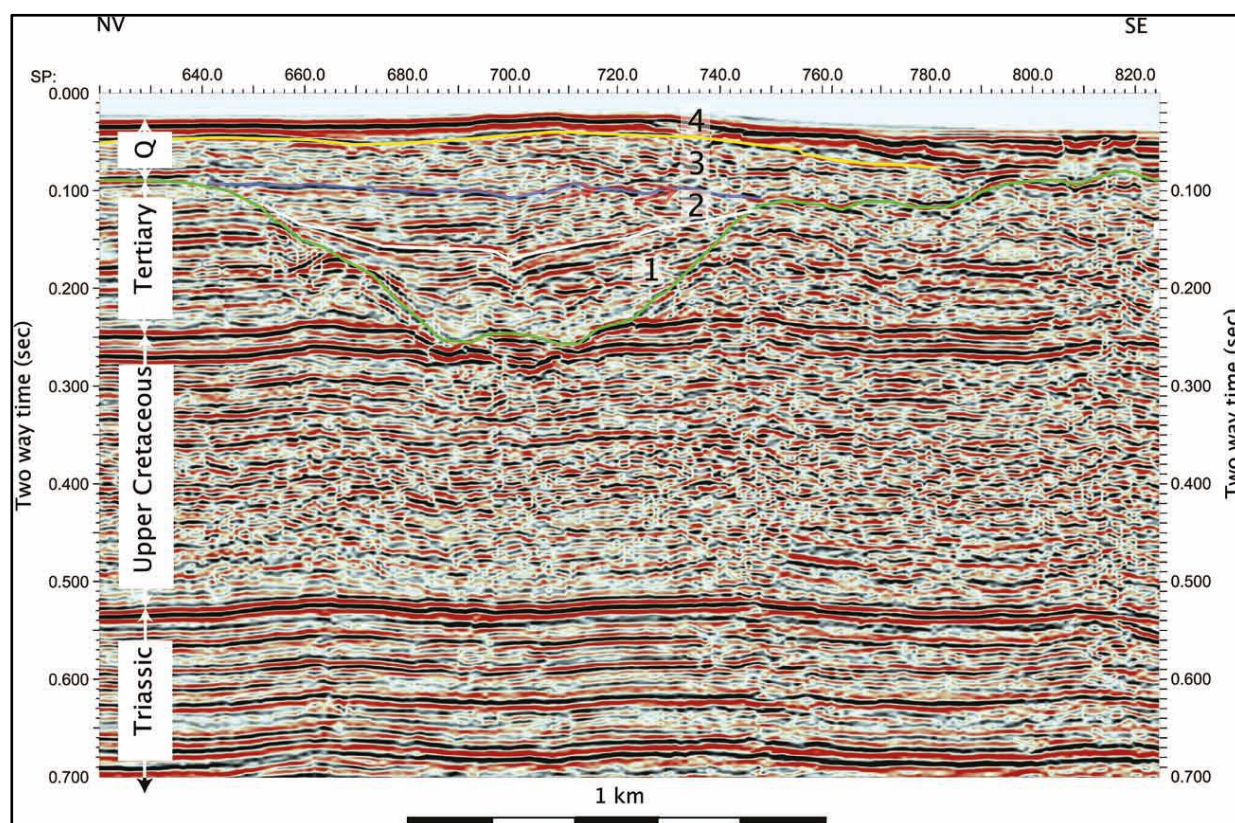
På Figur 3.1 er de lokaliserede 1984 data angivet som lysgrønne analoge linjer. Der er kun spredt dækning med data, da en del af linjerne ikke har kunnet identificeres i det analoge arkiv. Eksisterende vibrationsboringer (kun en boring inden for undersøgelsesområdet) findes i MATRA databasen.

3.2 Holger Lykke Linjer (Dana 1998)

Som led i BALTSEIS projektet indsamlede Holger Lykke Andersen (Aarhus Universitet) i 1998 seismiske data fra surveyskibet Dana.

Instrumenteringen bestod af sleeve-gun 70 kubik tommer og en 300m streamer, 48 hydrofoner med 6,25m separation.

Datakvaliteten er generelt god med en penetration på 1 – 1,5 sec, en vertikal opløsning på ca. 5m og en skudafstand på ca. 12,5m.



Figur 3.4 Eksempel på Dana 1998 sleeve-gun data

På Figur 4.1 er de lokaliserede 1998 data angivet som blå stiplede linjer. Der er kun spredt dækning med data. Alle data findes i GEUS arkiv, som digitale processerede linjer, der kan loades i tolkeprogram.

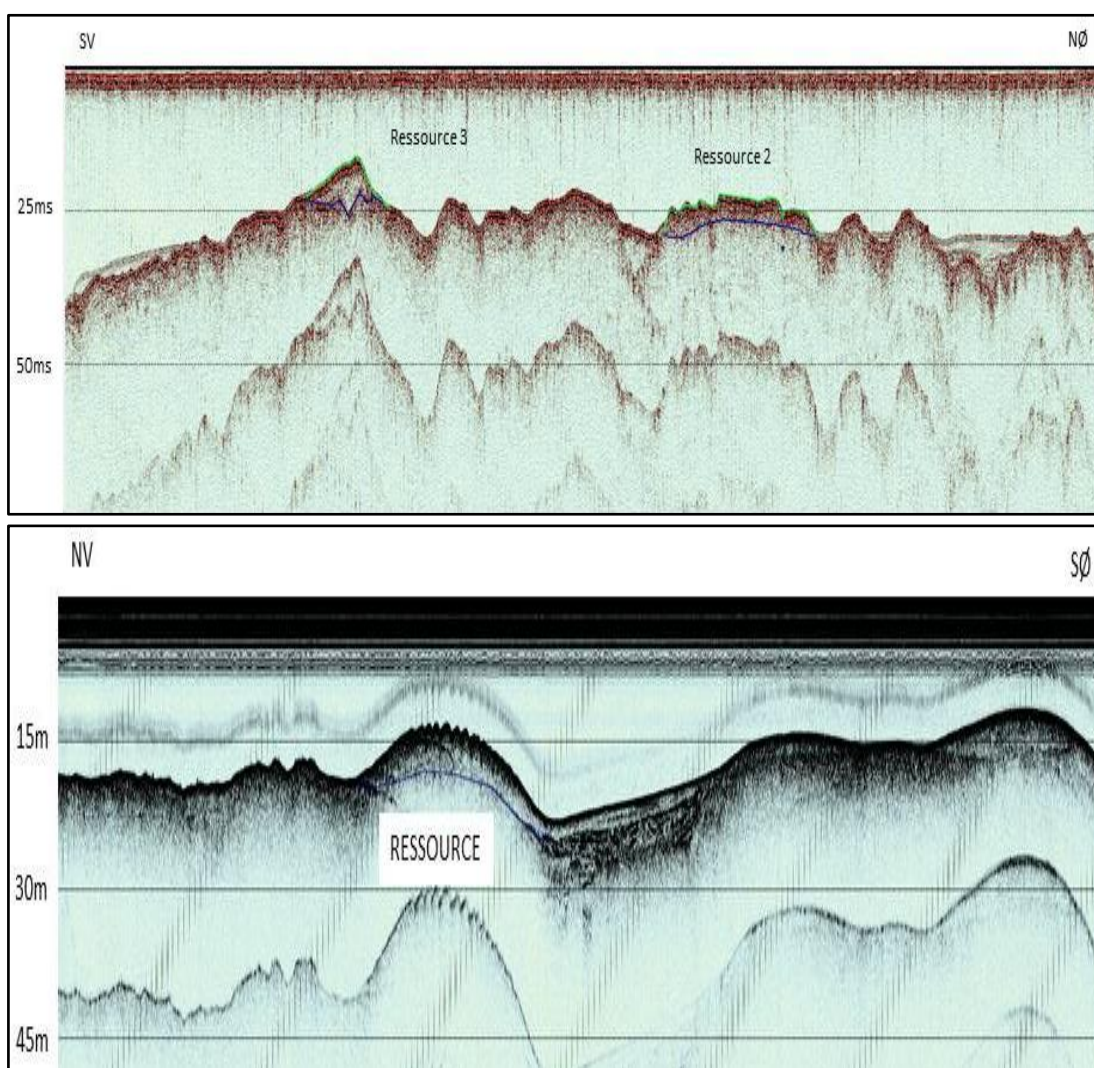
3.3 Rohde Nielsen A/S råstofundersøgelser 2013

GEUS har for Rohde Nielsen A/S indsamle baggrundsmaterialet til ansøgning om tildeling af råstofmængder i efterforskningsområde Torø Banke og Hesteskoen og Lille Grund.

Undersøgelsen er udført med akustisk udstyr omfattende:

- Side scan sonar (100 kHz), der giver oplysninger om bundsedimentet.
- Højfrekvent (1-10 kHz) chirp, der giver detaljeret information om tykkelser af eventuelt blød overjord (hovedsagelig dynd).
- Lavfrekvent (ca. 500-2000 Hz) sparker, der er i stand til at penetrere grovere sedimenttyper og vise interne og bundreflektorer af den formodede råstofressource.

De geofysiske undersøgelser blev udført i et seismisk grid med en afstand på 1.000 meter



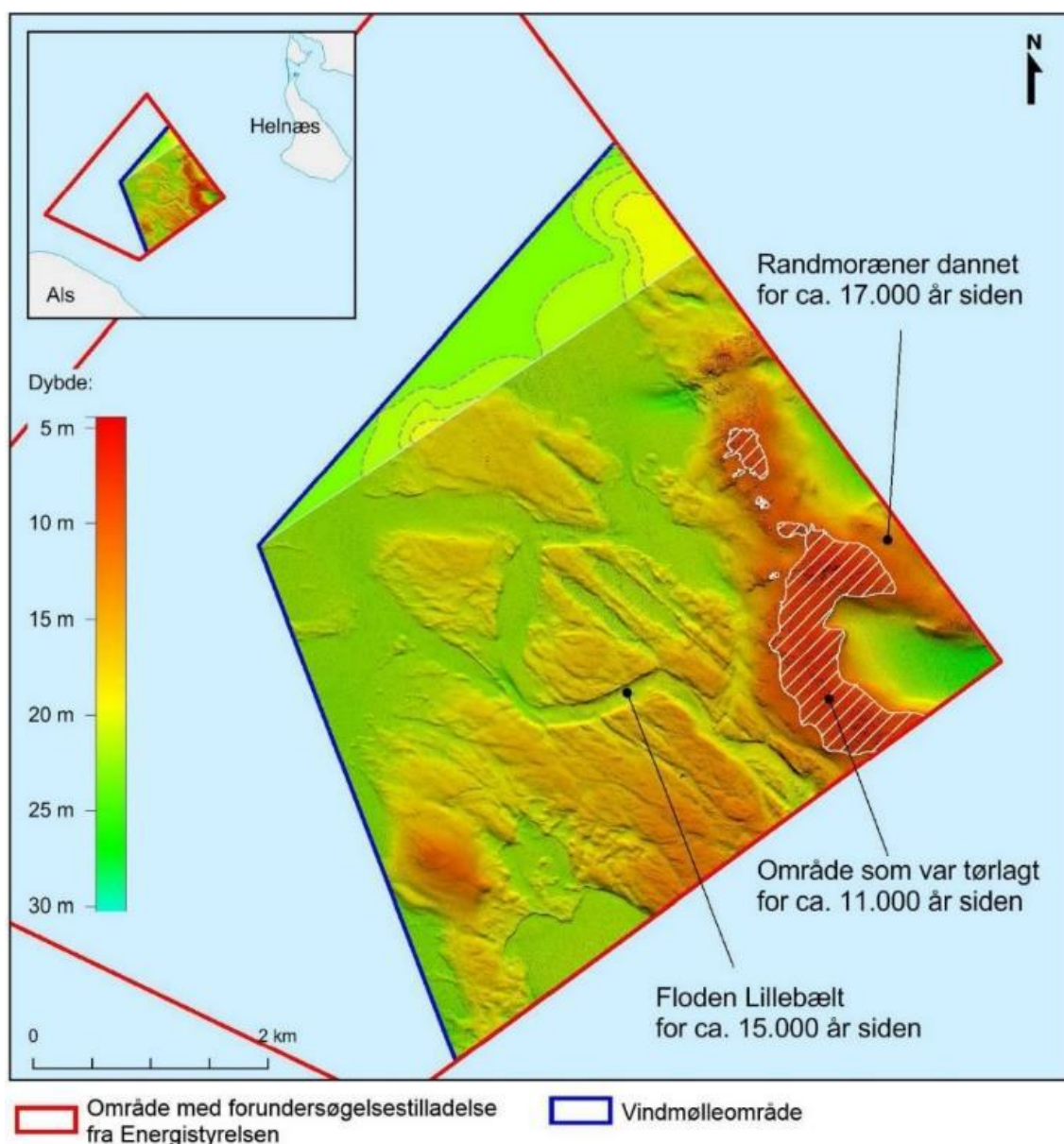
Figur 3.5 Seismiske eksempler på Boomer (øverst) og Chirp (nederst) fra Rohde Nielsen A/S survey.

På Figur 4.1 er Rohde Nielsen data angivet som røde linjer i nordlige del af undersøgelsesområdet. Alle data findes i GEUS arkiv som digitale processerede linjer der kan loades i tolkeprogram, men data er ikke frigivet af Rohde Nielsen A/S så tilladelse skal indhentes hos direktøren Jeanette Rohde (Firma hoved tlf. nr. 33912507).

3.4 LILLEBÆLT SYD VINDMØLLEPARK

I forbindelse med forundersøgelser til Lillebælt syd vindmøllepark er der indsamlet geofysiske data i form af multibeam og sidescan data.

Af projektets hjemmeside fremgår det kun at der er lavet miljøkonsekvensrapport (<https://lillebaeltsyd.dk/>), men der findes sandsynligvis også geofysiske data og borerer udført i forbindelse med geoteknisk evaluering.



Figur 3.6 Multibeam kort fra Lillebælt syd vindmøllepark.

På Figur 4.1 er Lillebælt Syd Vindmøllepark angivet med mørkegrøn stiplet polygon grænse i nordlige del af undersøgelsesområdet.

Sund og Bælt har oplyst at det er forbundet med store omkostninger at erhverve de geotekniske data.

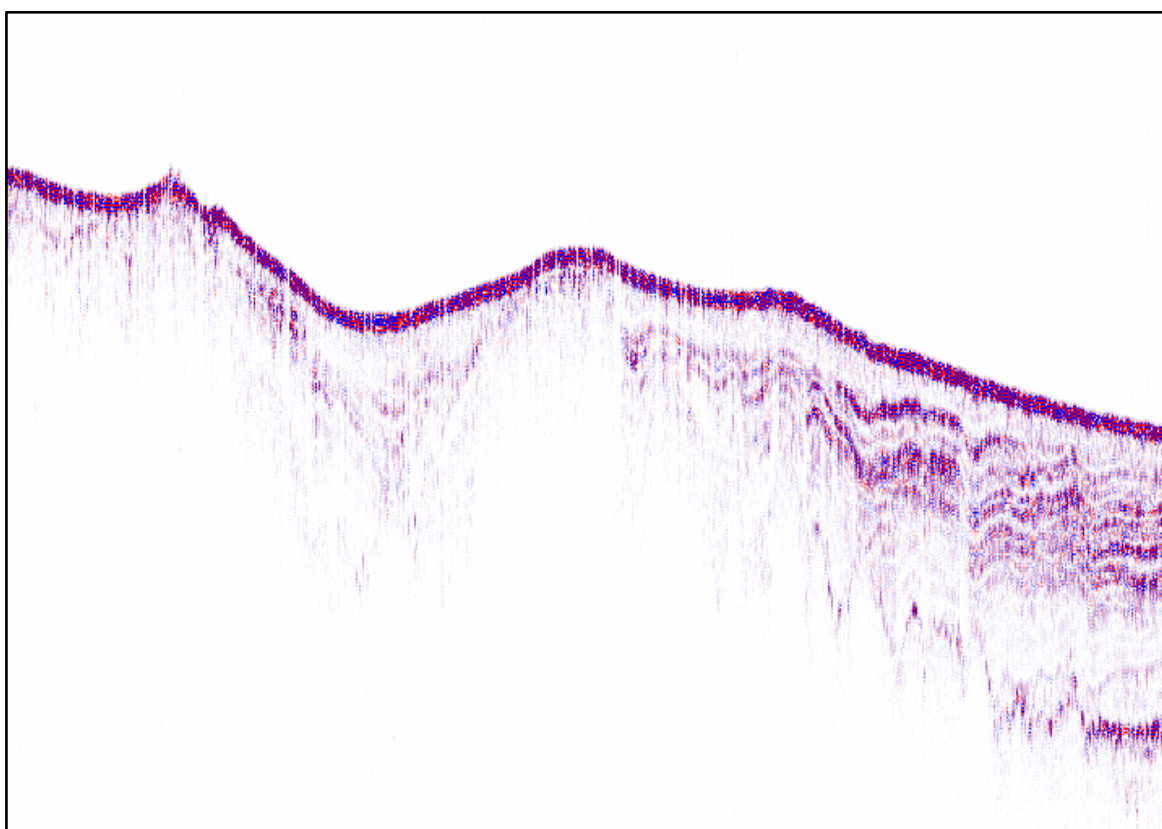
Med det udvidede traceområde er det relevant at overveje at anskaffe disse data.

3.5 Habitat undersøgelser NST 2012 og 2014

I 2012 og 2014 har GEUS, i samarbejde med DCE, gennemført substrat- og habitatnaturtypekortlægning for Naturstyrelsen i områder 173 Lillebælt.

Det overordnede formål i 2014 var at detailundersøge rev i en del af de undersøgelsesområder, som i 2012 blev kortlagt i storskala.

Der blev sejlet med ekkolod, sediment echosounder og side scan sonar. Efter de seismiske undersøgelser var tilendebragt, blev der udvalgt videotranssects.



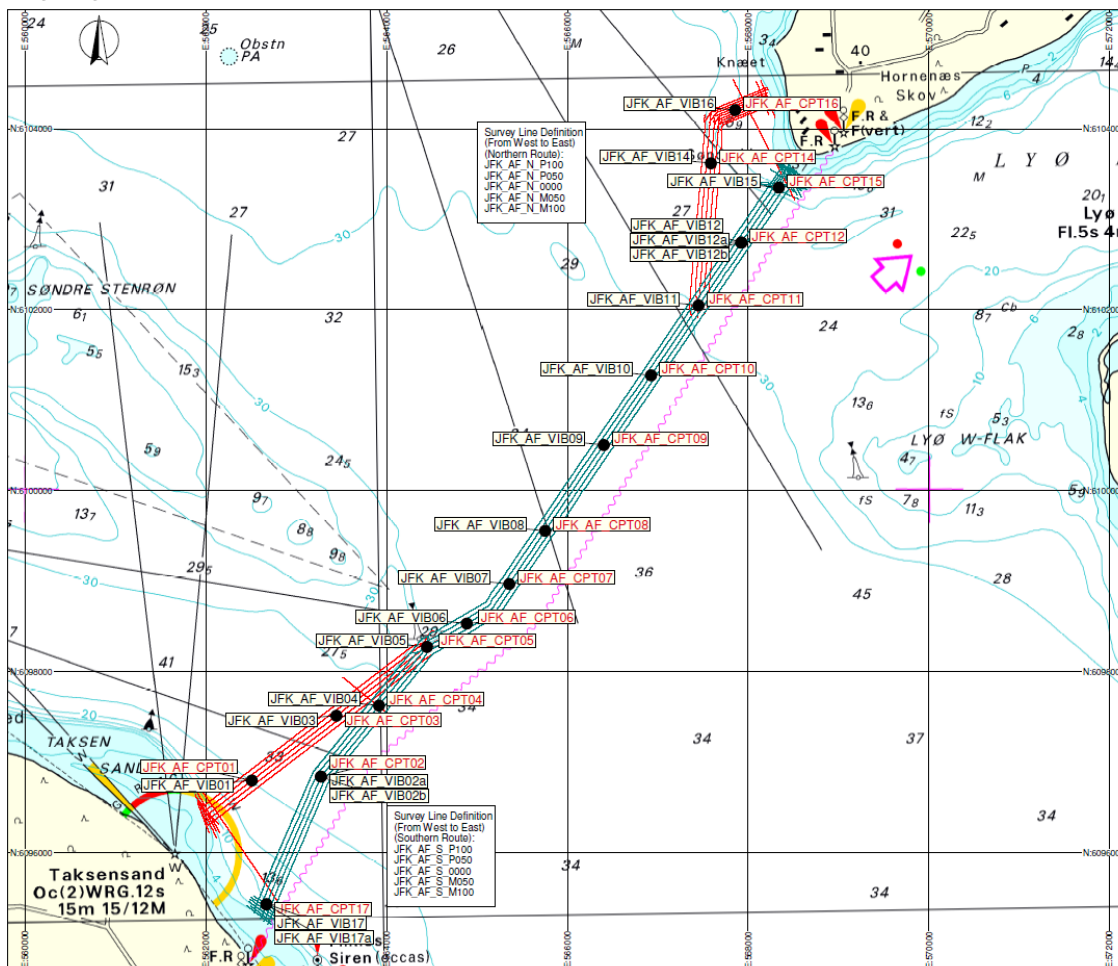
Figur 3.7 Seismisk eksempel på Innomar sediment ekkolod data fra undersøgelsesområdet.

På Figur 4.1 er habitatundersøgelserne 2012 – 2014 angivet som sorte linjer i lavvandede områder af undersøgelsesområdet. Alle data findes i GEUS arkiv, som digitale processerede linjer der kan loades i tolkeprogram og data er frit tilgængelige.

3.6 Als-Fyn Cable Route Geophysical / Bathymetric Survey 2014

GEO har I 2014 udført forundersøgelse i tracelinjen Hornenæs – Taksensand.

I tracelinjen blev udført multibeam, side scan sonar, pinger og sparker seismisk survey i 5 linjer. Desuden blev der udført 16 vibrationsboringer med tilhørende CPT'er. Udover GEO har Rambøll udført yderligere analyser og afrapporteret i oktober 2014 i "Fast forbindelse Als-Fyn Havbundsundersøgelser" Rambøll er i gang med at finde data frem. GEUS har af Sund og Bælt A/S fået geoteknisk Bilags rapport, som kan benyttes i forbindelse med tolkning af øvrige data, men det vil være formålstjenligt at inddrage originale seismiske data og boringslog.



Figur 3.8 Ala – Fyn traceundersøgelse 2014 oversigt

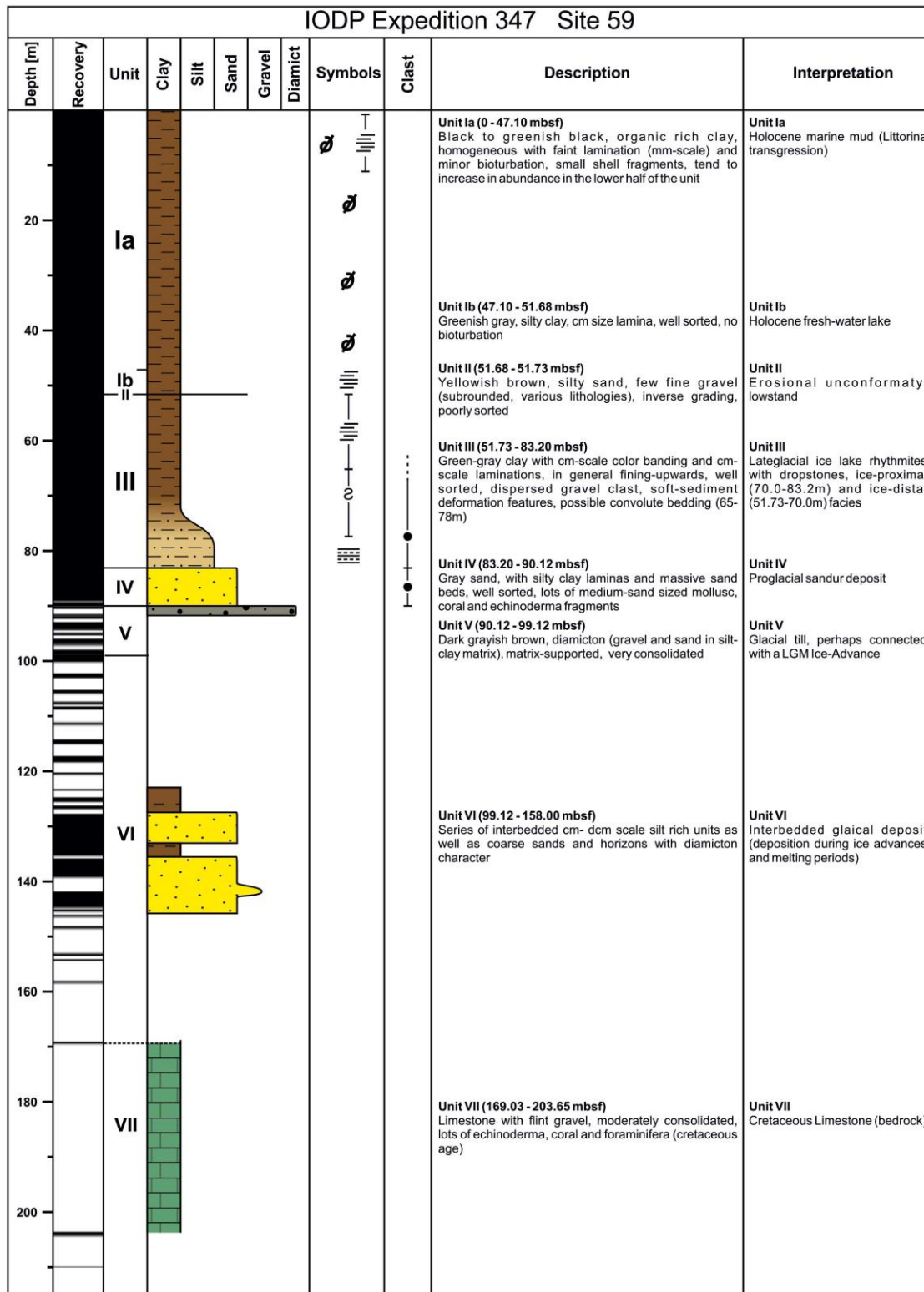
Traceundersøgelsen kan ses på Figur 3.1 i sammenhæng med de øvrige data.

3.7 IODP-borings togt 347 boring M0059

I 2013 blev der gennemført et internationalt boringstogt i Østersøen (Ocean Drilling Program (IODP) Expedition 347),

Ud over lithologiske beskrivelser er der foretaget en række analyser og logging af fysiske parametre (Andrén et al. 2014)

På Figur 4.1 er IODP boring M0059 angivet som en gul stjerne placeret ca 2km syd for tra-
ceområdet, midt i et dyndområde og boringen forventes at have penetreret de fleste rele-
vante geologiske enheder i området.



Figur 3.9 Lithologisk beskrivelse af IODP boring M0059.

4. B. Vurdering af om der kan laves en valid geologisk rapport på basis af det tilgængelige datagrundlag

En samlet vurdering af det tilgængelige datagrundlag kan kun gøres med forbehold, da det er uvist om R/N råstofundersøgelser 2013, LILLEBÆLT SYD VINDMØLLEPARK og Als-Fyn kabel Route data vil være til rådighed.

De eneste sikre data er analoge data fra 1984, Holger Lykke 1998 data og Habitat data 2012 – 2014.

- Hvis vi antager at alle arkiv geofysiske data er til rådighed kan den nordlige del (Rohde Nielsen A/S råstofdata område) kortlægges i rimelig grad, medens der ikke kan laves en valid kortlægning af hele den centrale del af forundersøgellesområdet.
- De lavfrekvente Holger Lykke data, har en for dårlig opløsning og er for spredte linjer til anlægstekniske vurderinger. De øvrige enkeltkanals seismiske data giver kun oplysninger i de overfladenære lag og er begrænset til de områder hvor der ikke er gas i sedimentet.
- Med hensyn til prøvetagninger vil IODP boringen og Als – Fyn kabelforbindelsen i nogen grad kunne give oplysninger om lithologien og geoteknik i sydligste del af undersøgellesområdet, men er ikke anvendelige data til vurdering af miljøundersøgelser da der mangler oplysninger om kornstørrelsesfordelinger og organisk indhold.
- På baggrund af eksisterende data vil det være muligt at opstille en foreløbig stratigrafisk model.
- Det eksisterende datagrundlag vil kun i ringe grad kunne benyttes til sedimentpildskørsler/miljøpåvirkninger, da det ikke er repræsentativt for hele forundersøgellesområdet og derfor ikke er tilstrækkeligt.
- De eksisterende seismiske undersøgelser i det nordlige Rohde Nielsen A/S vil kunne give en god indikation af det overfladenære og ligeledes med kabeltrace undersøgelsen fra GEO, men kun indtil man støder på gassen i få meters dybde.
- Hapsprøver, vibrocores og CPT-test fra GEO, kan benyttes, hvis vi kan få kornstørrelsesanalyser og organisk indhold fra disse data, men igen vil det ikke være repræsentativt for hele forundersøgellesområdet.

Det må forventes at de tilgængelige data kun kan danne baggrund for en generel vurdering i forbindelse med planlægning af et tættere seismisk grid og supplerende prøvetagninger. Det anbefales ikke at benytte arkivdata i kortlægningen da det i høj grad vil give anledning til dobbeltarbejde.

5. C. Anbefalinger til supplerende undersøgelser og tolkning

For at kunne lave en valid geologisk rapport, som skal kunne bruges både til anlægstekniske analyser af konstruktioner, samt til miljøundersøgelserne, er der behov for nye undersøgelser.

I det følgende foreslås supplerende undersøgelser i prioriteret rækkefølge, omfattende geofysiske undersøgelser og prøvetagning.

5.1 Supplerende undersøgelser

De geofysiske undersøgelser skal danne baggrund for at udarbejde teknisk design, som kan håndtere de geotekniske forhold, herunder at kunne kvantificere volumener og kortsammensætning til brug for de miljømæssige modelkørsler.

5.1.1 Seismik

5.1.1.1 Dybere seismik til geoteknisk vurdering og stratigrafisk model

For at kunne lave en valid geologisk model for undersøgelsesområdet, der kan bruges til evaluering af de geotekniske forhold for de dybere lag, er der behov for indsamling af multi-kanal Ultra høj opløsnings seismik (mUHRS) med følgende minimum datakrav

- Penetration under havbund: 70 meter.
- Vertikal opløsning: 0-40 meter under havbund: 0.3 meter. >40 meter under havbund: 1.0 meter.
- Horisontal opløsning/CDP bin: 1.0 meter.

Som eksempel kan gives GEUS-systemet:

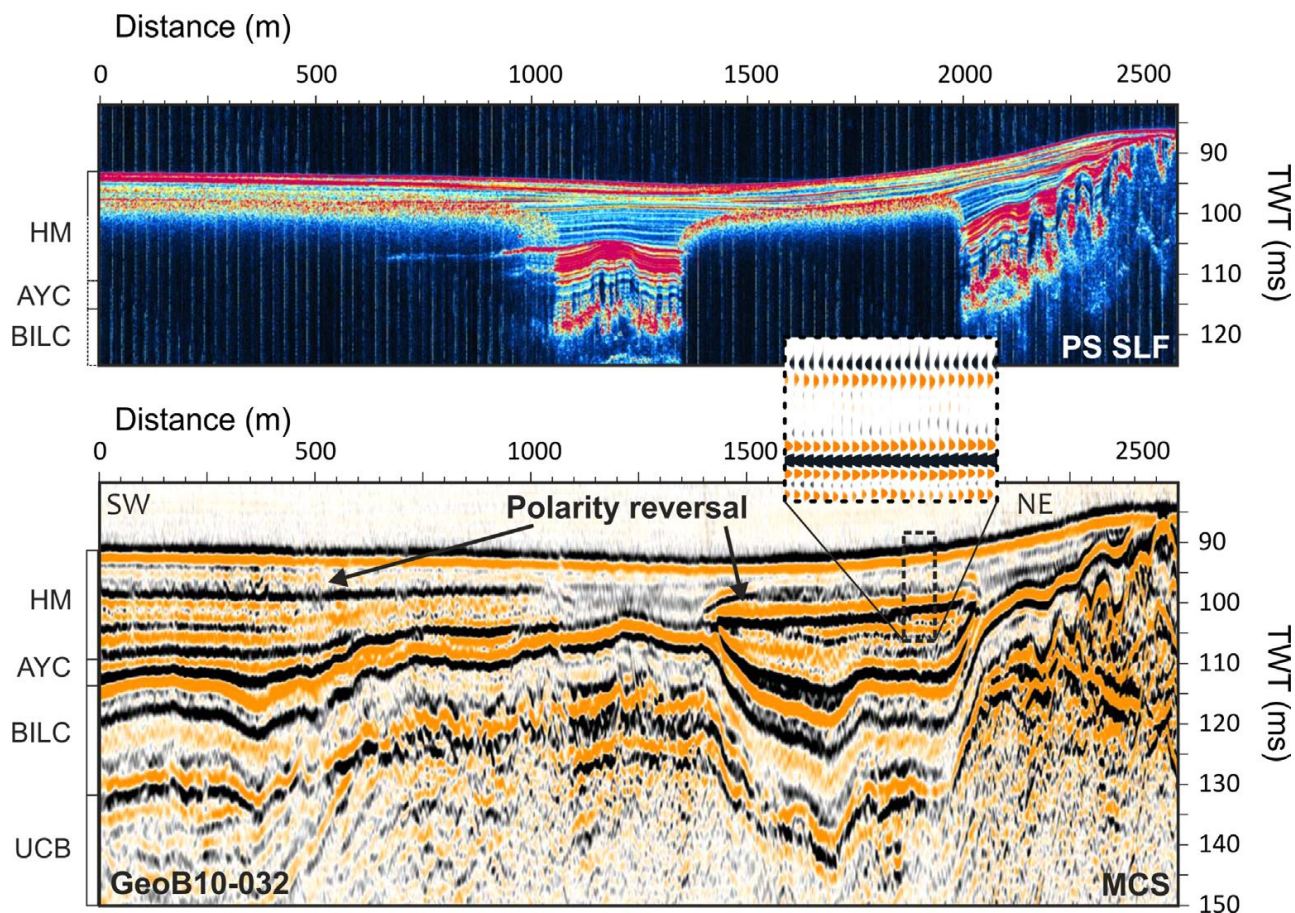
Geo-Spark 2000 X kombineret med 800-tip Geo-Source Sparker med vedligeholdelses fri elektroder, som giver en puls på omkring 500 us, hvilket gør at vi kan leve op til krav om en opløsning på 0.3 m, kombineret med Geometrics GeoEel streamer

GeoEel Solid LH-16 Digital Solid Streamer 1m ch. 1-24, 2m at ch. 25-48, som er en state of the art højopløsning digital streamer.

Det multikanale system kan, i modsætning til de eksisterende enkeltkanals data, penetrere gasholdige sedimenter og de glaciale lag, samt øvre dele af prækvartæret. Eksempel på forskellen mellem enkeltkanals seismik og multikanals seismik kan ses i figur 5.1.

Eksemplet er fra Bornholmer Bassinet og viser at sedimentekkolodet ikke kan trænge igennem gasholdige sedimenter, medens den multikanale airgun ikke har problemer. Vi foreslår her sparker som lydkilde for multikanal undersøgelserne, da det giver en højere opløsning. Det vil således være muligt at kortlægge de geoteknisk vigtige overflader samt lagtykkelserne for:

- Prækvarter overfladen
- Yngste moræneoverflade
- Senglaciale sedimentoverflade



Figur 5.1. Eksempel fra Bornholmer Bassinet. Øverste sedimentekkolodprofil 4,3 kHz med store områder med gas blokering. Nederst multikanal airgun sismik (samme linje) som penetrerer gas i sedimentet. (Tóthet.al. 2014)

5.1.1.2 Overfladenær seismik og multibeam

De overfladenære undersøgelser har fokus på detailkortlægning af de øvre bløde lag, samt havbundsoverfladens beskaffenhed, til disse formål anvendes sidescan (SS), sediment ekkolod (SBP) og multibeam (MBES) udstyr

SS, MBES og SBP skal opfylde følgende formål:

- SS: Være anvendelig til klassificering af overfladesedimenternes beskaffenhed
- SBP: Være anvendeligt til at karakterisere og kortlægge geologiske strukturer fra 0m ned til en dybde på 10-15 m under havbunden.
- MBES: Kortlægge koten af havbunden (DVR90) og input til processering af de seismiske undersøgelserne. Skal yderligere være anvendeligt til bestemmelse af havbundsmorfologien.

De overflade nære metoder giver mulighed for at kortlægge interne horisonter i de bløde overfladenære sedimenter

- Ferskvandslags overfladen
- Brakvandssediment overfladen
- Littorina transgressions sedimentoverflade
- Nutidige dynamiske sedimenter

De tolkede seismiske horisonter eksporteres til GIS, hvor overfladerne præsenteres og tykkelses kort af relevante lag præsenteres.

- Tykkelse af senglaciale sedimenter
- Tykkelse af Holocæne ferskvandslag
- Tykkelse af Holocæne brakvandslag
- Tykkelse af Littorina sedimenter
- Tykkelse af nutidige sedimenter

5.1.1.3 Omfang af seismiske undersøgelser

Der tages udgangspunkt i at man bør tilstræbe en seismisk dækning med et grid på 1 X 1 km, for at kunne fastlægge den optimale tracelinje.

Med den forudsætning i mente beskrives 3 scenarier:

- Hvis kun forundersøgelsesområdet skal dækkes med nye seismiske data
- Hvis hele undersøgelsesområdet skal dækkes med nye data.
- Hvis R/N data og evt. Lillebælt Syd Vindmøllepark seismiske data kan benyttes.

5.1.1.3.1 Hvis kun forundersøgelsesområdet skal dækkes med nye seismiske data

Hvis kun forundersøgelsesområdet skal dækkes i et 1 X 1 km grid skal der sejles 220 linje km

Sidescan, Multibeam, sedimentekkolod og multikanal Ultra høj opløsnings seismik (mUHRS)

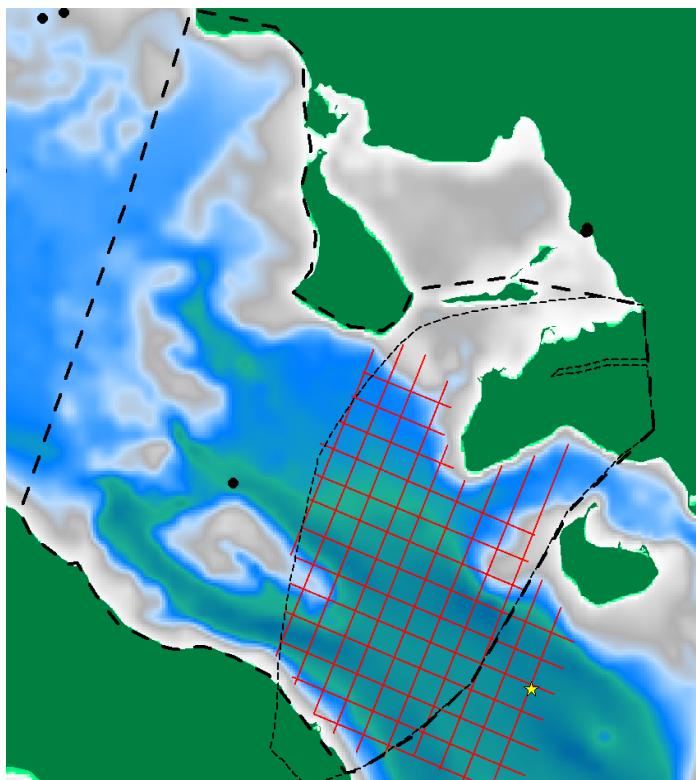
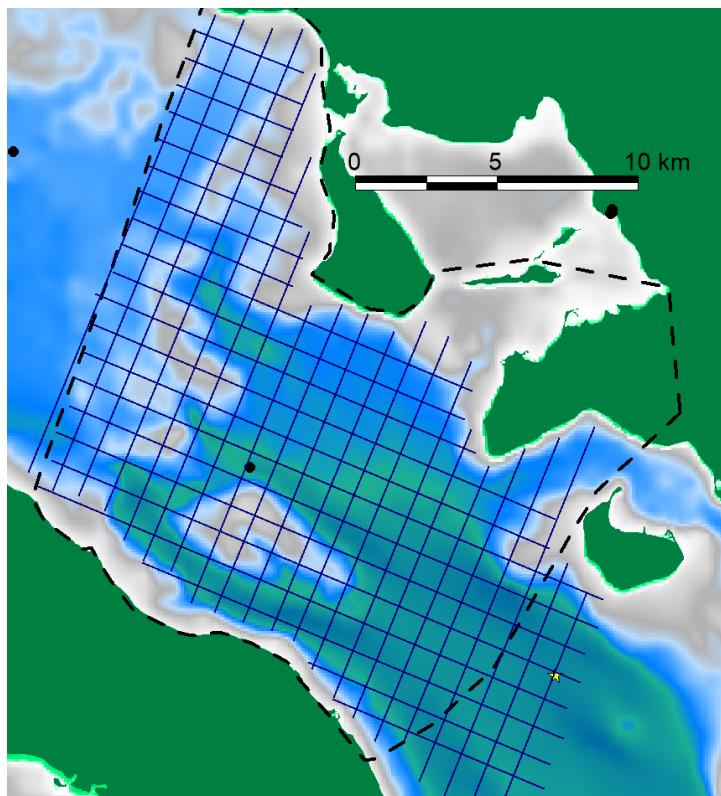


Figure 5.1 Undersøgelsesgrid hvis kun forundersøgelsesområdet skal dækkes

5.1.1.3.2 Hvis hele det geologiske undersøgelsesområde skal dækkes med nye seismiske data.

Hvis hele det geologiske undersøgelsesområde skal dækkes i et 1 X 1 km grid skal der sejles 540 linje km Sidescan, Multibeam, sedimentekkolod og multikanal Ultra høj opløsnings seismik (mUHRS)

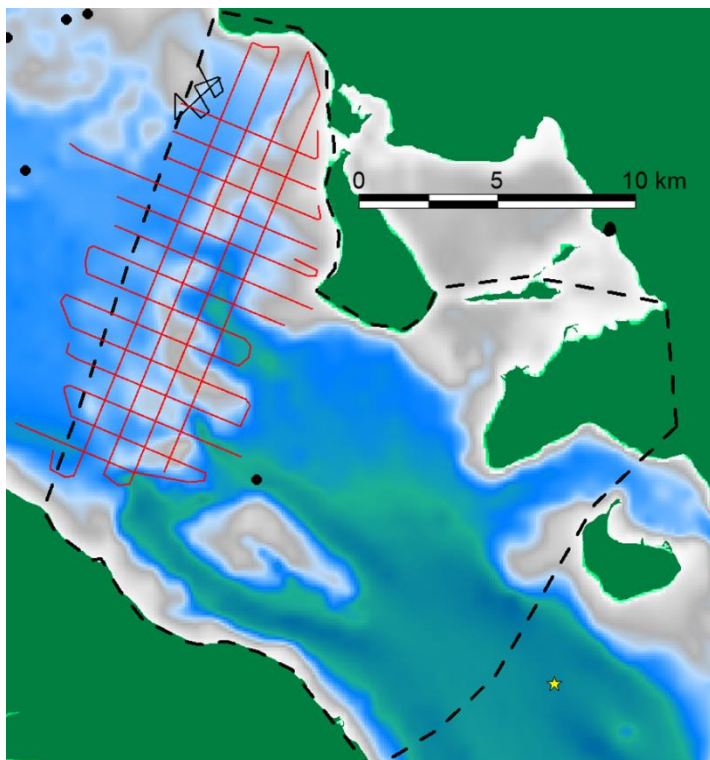


Figur 5.2 Undersøgelses grid hvis hele det geologiske undersøgelsesområde skal dækkes

5.1.1.3.3 Hvis Rohde Nielsen A/S data og evt. Lillebælt Syd Vindmøllepark seismiske data kan benyttes

Hvis R/N data kan benyttes og resten af undersøgelsesområdet skal dækkes i et 1 X 1 km grid, kan der trækkes 200km fra så der skal sejles 340 linje km

Sidescan, Multibeam, sedimentekkolod og multikanal Ultra høj opløsnings seismik (mUHRS)



Figur 5.3 Rohde Nielsen A/S grid i undersøgelsesområdet (200km) som evt. kan trækkes fra.

5.1.2 Vibrocoringer

Som supplement til de ny indsamlede seismiske data foreslås det at foretage en række vibrationsboringer med en penetration på op til 6m, da det højest sandsynligt vil være muligt, på basis af den seismiske tolkning, at udpege positioner, så man får repræsenteret alle lagtyper undtagen prækvartæret. Det er nødvendigt med nye boringer da eksisterende GEO vibrocores ikke er repræsentative for hele forundersøgelsesområdet

Det vil efterfølgende være muligt at foretage geotekniske laboratorie analyser af kernematerialet til en foreløbig beskrivelse af lagenes styrkeparametre. Vi har tidligere benyttet GEO <https://www.geo.dk> til den type opgaver.

Desuden foretages kornstørrelsesanalyser og indhold af organisk materiale til vurdering af miljøeffekter i form af sediment spredning. Disse undersøgelser står GEUS selv for.

Denne lavpris løsning vil være tilstrækkelig til udpegning af det optimale trace, hvor detaljerede undersøgelser kan foretages.

5.1.2.1 Indsamling af Vibrocores

Hvis der vælges at indsamle vibrocores til at verificere de geologiske enheders geotekniske egenskaber, samt kornstørrelser og organisk indhold, anslås det at der behøves omkring 20 vibrocores, hvis forundersøgelsesområdet skal dækkes og 10 til 15 hvis der vælges kun at kortlægge det geologiske undersøgelsesområde. Der skal udføres laboratorie test af de indsamlede boringer. GEUS vil stå for udførelse af boringer og sediment test medens GEO kan stå for de geotekniske analyser i form af forskydningsstyrke målinger og triaxial tests.

5.2 Tolkning af indsamlede data

Indsamlingen af geofysiske data og vibrocore borerer danner baggrund for processering af akustiske data, tolkning af horisonter, præsentation af lagtykkelser, samt beskrivelse af enhedernes sedimenter samt geotekniske egenskaber.

5.2.1 Processering af akustiske data

De indsamlede akustiske data vil fremstå som rå data, som nødvendigvis skal processeres inde data kan tolkes. Det er processer som kommer direkte i forbindelse med feltarbejdet og som normalt udføres af samme firma.

5.2.2 Tolkning af horisonter og lagtykkelser

De processerede data loades i tolknings software, hvor de relevante seismiske horisonter tolkes og der produceres griddede lag, som eksporteres til GIS, hvor tykkelser af de enkelte lag udføres. Det er ligeledes en standart opgave for indsamlingsfirmaet.

5.2.3 Tolkning af sedimenter

De indsamlede vibrocores bringes til sedimentlaboratoriet, hvor kernerne splittes i 2 halvdele, der udtages prøver til kornstørrelses analyser og organisk indhold. De splittede kerner bringes til det geotekniske laboratorie, hvor de geotekniske analyser udføres. Sedimentanalyserne kan udføres i et standardsedimentlaboratorie, medens de geotekniske analyser kræver specielt udstyr i et geoteknisk laboratorie.

5.2.4 Konstruktion af kystlinjeniveauer og palæogeografiske scenarier

De kortlagte lag korreleres med kystlinjeniveauer og relevante palæogeografiske scenarier præsenteres. De palæogeografiske scenarier præsenteres i GIS format, som baggrund for analyse af arkæologiske hotspots. Disse undersøgelser udføres ligeledes af GEUS.

5.2.5 Synergi med miljøvurderinger og geoteknisk analyse

Der er i høj grad synergi mellem de nødvendige geologiske baggrundsdata til arkæologiske hotspot analyse og de data, som skal anvendes til at vurdere geoteknik og miljømæssige konsekvenser af såvel anlægsarbejderne, som det permanente anlæg af en bro- eller tunnelforbindelse.

Således er det kun konstruktionen af kystlinjeniveauer og de deraf afledte palæogeografiske scenarier, som udelukkende laves af hensyn til de arkæologiske vurderinger og i koordinering med arkæologer. I dette tilfælde er kontakt adressen Moesgaard Museum som har ansvar for Jylland og Fyn, Moesgård Allé 15 8270 Højbjerg Tlf. 87 16 10 16 E-mail ark@moesgaardmuseum.dk

Derimod er oparbejdningen og tolkning af seismiske data, samt kortlægning af horisonter og lagtykkelser, ligeledes geologiske basis data for de geotekniske vurderinger og miljømæssige konsekvensvurderinger.

5.2.6 Specielt for miljøvurderingerne

Ud over de nævnte procedurer for de arkæologiske studier er der supplerende behov med hensyn til miljøvurderings analyser.

De kortlagte sedimentpakker skal således korreleres med boringsdata, med henblik på præsentation af fordelingen af sedimenttyper i de enkelte sedimentpakker, hvor kornstørrelsesanalyser og organisk indhold er vigtige parametre, hvor tolkning af geologisk sedimentationsmiljø ligeledes styrker den geologiske model. GEUS står for de geologiske undersøgelser medens spildundersøgelser skal udføres af andre rådgivere.

I forbindelse med de miljømæssige vurderinger indgår ligeledes effekten på de omkringliggende habitater, hvor fordelingen af substrattyperne 1170 Stenrev og 1110 Sandbanker i Natura 2000 områder er meget vigtige. Geologisk tolkning af de ny indsamlede multibeam-data kombineret med sedimerntekkolod/Innomar data er ligeledes geologiske baggrundsdata som GEUS udfører. Biologiske miljøvurderinger skal derimod udføres af andre rådgivere.

5.2.7 Specielt for geotekniske vurderinger

Med hensyn til de geotekniske vurderinger er det ligeledes vigtigt at kende overfladerne og tykkelserne af de tidligere nævnte Holocæne bløde lag over morænen, samt prækvartær-overfladens forløb, som bliver kortlagt, som en del af den geologiske basistolkning af de seismiske data. Ved udvælgelse af relevante positioner for vibrationsboringer, kan de enkelte sedimentpakker beskrives med hensyn til geotekniske parametre, kornstørrelsesanalyse samt organisk indhold.

- De geologiske data produceres af GEUS medens de geotekniske vurderinger skal udføres af andre rådgivere.
- Med hensyn til opstilling af en geologisk model kan GEUS deltage sammen med andre rådgivere med geoteknisk ekspertise.

6. D. Budgetoplæg på forundersøgelse samt tidsplan for denne

I det følgende præsenteres en økonomisk oversigt over, foranalysen, samt en samlet udarbejdelse af geologisk rapport herunder tolkning af eksisterende arkiv data og supplerende undersøgelser.

6.1 A. Overblik over det tilgængelige datagrundlag inden for forundersøgesområdet

Arbejdet med frembringelsen af herværende rapport i foranalysen omfatter en beskrivelse af:

- Dataoversigt,
- Forslag til tolkning af eksisterende generelle arkiv data
- Undersøgelses scenarier
- samt indarbejdelse af kommentarer fra Sund & Bælt

Foranalysen afregnes som et fastbeløbstilbud på 30.000 kr.

6.2 B. Vurdering af om der kan laves en valid geologisk rapport på basis af det tilgængelige datagrundlag

Tolkningen af de eksisterende data afhænger af tilgang til data. Vi har her valgt at beskrive et minimums og en maksimumsløsning, som begge vil kunne afrapporteres primo juni 2022. Det anbefales dog ikke at lave en indledende tolkning af eksisterende data, da det vil føre til en del dobbeltarbejde.

6.2.1 Minimumsløsningen med Holger Lykke Data, 1982 analoge data samt IODP-boring.

Arbejdet med minimumsløsningen vil omfatte:

• Scanning af analoge data og digitalisering	7.000 kr
• Seismisk tolkning af seismiske arkiv data	15.000 kr
• Opstilling af geologisk model	5.000 kr
• Rapportering	15.000 kr
Fast pris I alt	<u>42.000kr</u>

6.2.2 Maksimum løsning med alle data beskrevet i Afsnit 4.

Arbejdet med maksimumsløsningen vil omfatte:

• Scanning af analoge data og digitalisering	7.000 kr
• Seismisk tolkning af seismiske arkiv data	55.000 kr
• Opstilling af geologisk model	10.000 kr
• Rapportering	25.000 kr
Fast pris I alt	<u>97.000kr</u>

6.3 C. Anbefalinger til supplerende undersøgelser og tolkning

På baggrund af erfaringer fra tidligere undersøgelser præsenteres 3 mulige undersøgelses scenarier i undersøgelsesområdet (Figure 6.1) omfattende

1. Vi indsamler supplerende undersøgelser, nye 1 X 1 km grid data, i forundersøgelsesområdet (det grønne område), samt udfører tolkning af disse data
2. En fulddækning seismisk kortlægning med et 1 X 1 km grid i hele det geologiske undersøgelsesområde (det grønne + blå område), samt udføres tolkning af disse data.
3. Sedimentverifikation ved hjælp af vibrocore. Der foreslås som et tilvalg der skal indgå i alle seismiske scenarier.

Desuden beskrives en række standard priser for henholdsvis 1, 2 og 5 surveydage



Figure 6.1 Det blå + det grønne område udgør Geologisk undersøgelsesområde og det grønne område udgør Forundersøgelsesområdet.

6.3.1 Vi indsamler supplerende undersøgelser, nye 1 X 1 km grid data, i forundersøgellesområdet (det grønne område), samt udfører tolkning af disse data

Forundersøgellesområde løsningen omfatter indsamling af dybere og overfladenær seismik i et kombineret togt, samt efterfølgende processering, tolkning og rapportering. Løsningen inkluderer 220 linje km seismik svarende til 2 surveydage se tabel II.

Der kan evt. opnås en synergieffekt, hvis survey lægges back to back med allerede planlagt survey. Derved kan spares 2 mobiliseringsdage (ca. 150.000kr.) samt 2 transit dage (ca. 120.000kr.).

6.3.2 En fulddækning seismisk kortlægning med et 1 X 1 km grid i hele det geologiske undersøgellesområde (det grønne + blå område), samt udføre tolkning af disse data.

Denne maximum løsning omfatter indsamling af dybere og overfladenær seismik i et kombineret togt, samt efterfølgende processering, tolkning og rapportering.

Denne Maximum. Løsningen inkluderer 540 linje km seismik svarende til 5 survey dage se tabel III.

Der kan evt. opnås en synergieffekt, hvis survey lægges back to back med allerede planlagt survey. Derved kan spares 2 mobiliseringsdage (ca. 150.000kr.) samt 2 transit dage (ca. 120.000kr.).

6.3.3 Sedimentverifikation ved hjælp af vibrocores

Indsamling og analyse af 20 vibrocores vil beløbe sig til ca. 450.000 kr. Tabel IV.

Inddragelse af vibrocores til geotekniske og sedimentspild undersøgelser vil betyde en ekstra udgift til mobilisering på ca. 51.000kr.

Ved et valg af 20 vibrocores vil udgiften til selve indsamlingen og beskrivelse beløbe sig til ca. 300.000 kr.

Efterfølgende kornstørrelse og organisk indhold laboratoriarbejde beløber sig til ca. 80.000 kr.

Det geotekniske laboratoriarbejde er ikke inddraget i budgettet, men forventes at svare ca. til udgifterne ved sedimentanalyserne.

Ved reduktion til 10 vibrocores, vil man kunne forvente en prisreduktion på ca. 200.000 kr.

6.3.4 Økonomiske overslag

I de følgende Tabeller er det opgjorde hvad henholdsvis én, to og 5 dages seismisk sejlads med tilhørende tolkning vil koste. Vejrlig er vurderet til 1 dag for de mindre surveys og 2 dage for det længere 5 dages seismiske togt.

Desuden skal det nævnes at man vil kunne spare 2 mobiliseringsdage (ca. 150.000kr.) samt 2 transit dage (ca. 120.000kr.), hvis survey lægges back to back med allerede planlagt survey.

Endelig er omkostninger ved et vibrocore togt angivet.

1 survey dag

Projekt	Lillebælt survey 2022	Forundersøgelses Området 1 X 1 km grid 220 linje km			
Del	Total bud- get				
Total					Pris
Total budget					993313
Projektledelse, planlægning, kvalitetssikring, mm			Takst	Timer	Pris
	Projektle- delse		1049	20	20980
	Planlæg- ning		1049	20	20980
	Kvalitetssik- ring		1049	20	20980
Subto- tal			1049	60	62940
F1 Feltarbejde (geofysisk kortlægning)			Takst	Dage	Pris
	Transport		37000	1	37000
	Mob/de- mob/test		68123	3	204370
	Survey		112250	1	112250
	Transit		62817	3	188450
	Vejrlig		78848	1	78848
Subto- tal			73317	10	620918
F3 Databehandling			Takst	Timer	Pris
	Databehandling - Geofysik		1049	215	225535

Subtotal				215	225535
F3 Rapportering			Takst	Timer	Pris
	Rapportering - Geofysik		1049	80	83920
Subtotal			1049	80	83920

2 survey dage

Projekt	Lillebælt survey 2022	Forundersøgelses Området 1 X 1 km grid 220 linje km			
Del	Total budget				
Total					Pris
Total budget					1158013
Projektleidelse, planlægning, kvalitetssikring, mm			Takst	Timer	Pris
	Projektleidelse		1049	30	31470
	Planlægning		1049	30	31470
	Kvalitetssikring		1049	20	20980
Subtotal			1049	80	83920
F1 Feltarbejde (geofysisk kortlægning)			Takst	Dage	Pris
	Transport		37000	1	37000
	Mob/demob/test		68123	3	204370
	Survey		112250	2	224500
	Transit		62817	3	188450
	Vejrlig		78848	1	78848
Subtotal			73317	10	733168
F3 Databehandling			Takst	Timer	Pris
	Databehandling - Geofysik		1049	235	246515
Subtotal				235	246515

F3 Rapportering			Takst	Timer	Pris
	Rapportering - Geofysik		1049	90	94410
Subtotal			1049	90	94410

5 survey dage

Projekt	Lillebælt survey 2022	Hele geologiske undersøgelsesområde grid 1 X 1 km 540 linje km			
Del	Total budget				
Total					Pris
Total budget					1862086
Projektledelse, planlægning, kvalitetssikring, mm			Takst	Timer	Pris
	Projektledelse		1049	40	41960
	Planlægning		1049	40	33800
	Kvalitetssikring		1049	40	41960
Subtotal			1049	120	125880
F1 Feltarbejde (geofysisk kortlægning)			Takst	Dage	Pris
	Transport		37000	1	37000
	Mob/demob/test		68123	3	204370
	Survey		112250	5	561250
	Transit		62817	3	188450
	Vejrlig		78848	2	157696
Subtotal			82301	13	1148766
F3 Databehandling			Takst	Timer	Pris
	Databehandling - Geofysik		1049	420	440580
Subtotal				265	440580
F3 Rapportering			Takst	Timer	Pris
	Rapportering - Geofysik		1049	140	146860
Subtotal			1049	140	146860

Lillebælt boringer	Pris/enhed	enheder	Subtotal
Projektledelse, administration, QC	1049	20	20.980
Mob/demob Havn			
MS Arctic Ocean	36750	0	0
Havnepenge	2500	0	0
Johnny inkl kørsel	12000	1	12000
Lastbil x2	10000	2	20000
Geus tekniker , LAGR	845	10	8450
Geus tekniker , SBA	845	10	8450
Rejser	1	5000	5000
Mob/demob del sum			53900
Vibroboring 20 stk m. Databehandling/afrapportering:			
MS Arctic Ocean omrigning i Havn + boring	36750	2	73500
PAX, 5 prs., 325/pers/d	325	10	3250
Fuel	5000	2	10.000
GEUS Seniorgeolog	1049	22	23.078
Boremandskab (Johnny + 3 hjælpere)	32500	3	97.500
bil og bro/færge (Johnny + 3 hjælpere)	7000	1	7.000
Vibrocore leje	7000	2	14.000
Coreliners, 20 stk.	900	20	18.000
Kernebeskrivelse + prøveudtagning	1049	30	31.470
Rapportering, logs mm	1049	30	31.470
Vibroboringer 20 stk. del sum DKK			309.268
Laboratorieundersøgelser 40 stk.			
Kornstørrelsesanalyser	1500	40	60.000
Organisk indhold	500	40	20.000
Laboratorieundersøgelser 40 stk. del sum DKK			80.000
Geotekniske undersøgelser? Rambøll			??
GEUS andel - samlet pris, DKK			464.148

Tabel I. Generelt ca. budget for vibrocore survey.

7. Mulig gennemførelse af undersøgelses scenarier

Hvis det besluttes at gennemføre en af feltoperationerne, vil det kræve at der udformes en ansøgning om undersøgelsestilladelse og man må forvente en sagsbehandling på et par måneder op til 3 måneder, inden en tilladelse foreligger.

7.1 Ansøgning om og godkendelse af efterforskningstilladelse (Anmeldelse):

- Undersøgelsesprogram seismik/boringer 1-2 uger (GEUS skriver dette)
- Miljøvurdering af effekter ved undersøgelser: 2 uger (WSP udfører dette)
- Myndighedsbehandling: 2 uger, 4 uger Høring, 2 uger godkendelse, + 4 uger efter godkendelse.

Omkostninger i forbindelse med efterforskningstilladelse i størrelsesordenen 100.000kr – 150.000kr.

Realistisk set må man forvente at et eventuelt survey først kan udføres i august – september 2022.

GEUS har på nuværende tidspunkt ikke kontrakt på surveyopgaver i den periode, men vi forventer at kunne kombinere et evt. Lillebælt survey med andre surveyaktiviteter i efteråret 2022 hvis der skulle være behov for det.

8. Referencer

Andrén, T., Jørgensen, B.B., Cotterill, C., Green, S., and the Expedition 347 Scientists 2014: Proceedings of the Integrated Ocean Drilling Program, Volume 347 Site M0059.

Eiriksson, J., Kristensen, P. H., Lykke-Andersen, H., Brooks, K., Murray, A., Knudsen, K. L. & Glaister, C. 2006: A sedimentary record from a deep Quaternary valley in the southern Lillebælt area, Denmark: Eemian and Early Weichselian lithology and chronology at Mommark. *Boreas*, Vol. 35, pp. 320.

Lykke Andersen H, 2001: 2D scientific surveys DANA 1998, DANA 1999 og DANA 2000. The BALTSEIS-PROJECT. GEUS report file no. 27571.

Fredningsstyrelsen 1986: Råstoffer og Fredningsinteresser Oversigt Lillebælt.

GEO 2014: Als-Fyn Cable Route Geophysical / Bathymetric Survey.

Miljøministeriet 2014: Marin habitatkortlægning i de indre danske farvande 2014

Rambøll 2014: FAST FORBINDELSE ALS-FYN HAVBUNDSUNDERSØGELSER

Zsuzsanna Tóth, Volkhard Spieß and Jørn Bo Jensen 2014: Seismo-acoustic signatures of shallow free gas in the Bornholm Basin, Baltic Sea. *Continental Shelf Research* 88 (2014) 228–239