

# Screening af Bygherreområde 558-DA Skagens Rev for Kystdirektoratet

Ressourcevurdering og oplæg til videre efterforskning

Christensen, N., Nørgaard-Pedersen, N.

## Indhold

<b>1.</b>	<b>Introduktion</b>	<b>3</b>
<b>2.</b>	<b>Opgavebeskrivelse</b>	<b>4</b>
<b>3.</b>	<b>Geologisk baggrund</b>	<b>5</b>
<b>4.</b>	<b>Tilgængelige data</b>	<b>6</b>
<b>5.</b>	<b>Screening af seismik data</b>	<b>7</b>
5.1	Ressource 4 .....	8
5.2	Ressource 3 .....	9
5.3	Ressource 2 .....	10
5.4	Ressource 1 .....	11
<b>6.</b>	<b>Sedimentdynamik</b>	<b>12</b>
<b>7.</b>	<b>Boringer</b>	<b>14</b>
<b>8.</b>	<b>Miljømæssige forhold</b>	<b>15</b>
<b>9.</b>	<b>Oplæg til fremtidige undersøgelser</b>	<b>16</b>
<b>10.</b>	<b>Referencer</b>	<b>18</b>

# 1. Introduktion

For at sikre forsyningssikkerheden af sand til kystfodringen har Kystdirektoratet, Kystbeskyttelse og Infrastruktur (KDI) flere bygherretilladelser til råstofindvinding af sand på havet. Tilladelserne er typisk givet for en 10 års periode, herefter skal de fornyes eller der skal findes nye områder. Ved Skagen har Frederikshavns Kommunes indvindingstilladelsen for Bygherreområde 558-DA som udløber den 3. august 2028, hvorfor der skal søges om en fornyelse af tilladelsen her, nu med Kystdirektoratet som tilladelsesindehaver.

GEUS har for KDI fået til opgave at udføre rådgivning og bistand vedrørende indhentning af fremtidig råstofindvindingstilladelse på havet til brug for Kystdirektoratet's kystbeskyttelse iht. Fællesaftale – Skagen, samt andre kystbeskyttelsesprojekter i Frederikshavn Kommune. Nærværende rapport omfatter en indledende screening i form af en skrivebordsopgave med henblik på at vurdere om der i det eksisterende bygherreområde forefindes nødvendige ressourcer af sand, som vil kunne dække behovet for sandindvinding i den næste 10 års periode. Screeningen skal desuden danne grundlag for at kunne tilrettelægge og ansøge om tilladelse til efterforskning, udføre efterforskning og miljøundersøgelser, samt udarbejde miljøkonsekvensvurderinger og ansøgninger om tilladelse til råstofindvinding på havet jf. gældende Råstoflov og Råstofbekendtgørelse. Rambøll vil som underrådgiver for GEUS være ansvarlig for biologiske undersøgelser og miljøvurdering.

## 2. Opgavebeskrivelse

Screeningen omfatter følgende punkter:

- Vurdering af om den ønskede sandmængde er til stede, herunder begrundelse for områdets egnethed som fortsat bygherreområde
- Omfang af nye og eksisterende undersøgelser (Fase IB samt Fase II) jf. Råstofloven og råstofbekendtgørelsen
- Kort over efterforskningsområdet og beskrivelse af undersøgelsesprogram
- Tidsplan for indhentning af tilladelse til efterforskning, til selve efterforskningen, og indhentning af tilladelse til råstofindvinding

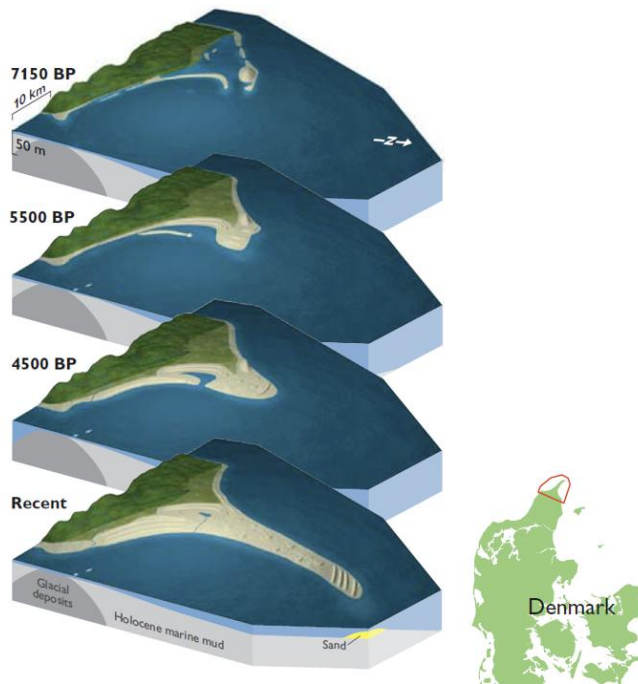
For gennemførelsen af opgaven har Kystdirektoratet udleveret relevante tilgængelige data og rapporter, herunder GIS-filer, oplysninger om eksisterende borer foretaget for Frederikshavns Kommune i 2012, samt dybdeprofiler fra tidligere opmålinger på tværs af området.

Ud over Kystdirektoratets behov for sand til kystfodring på 600.000 m<sup>3</sup> over 10 år skal indvindingstilladelsen desuden indeholde mulighed for at Frederikshavns Kommune også kan indvinde sand i området til kommunale kystbeskyttelsesprojekter. Behovet for Frederikshavn kommune er på 500.000 m<sup>3</sup> over 10 år. Til kystfodringen ønskes en mediankornstørrelsesværdi ( $D_{50}$ ) på over 0,2 mm og en uensformigheds-koefficient på under 1,3.

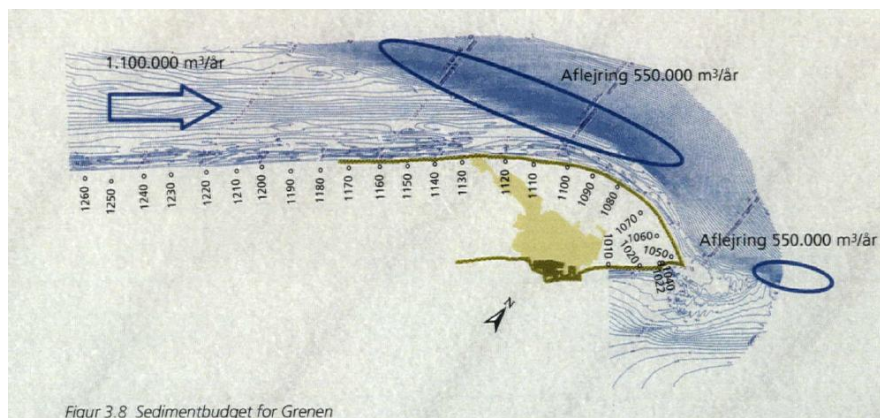
### 3. Geologisk baggrund

Skagens Odde, som udgør den nordligste del af Jylland, er dannet for 7.150 år før nu, og selve odden har udviklet sig kraftigt indenfor de seneste 4.500 år (Figur 3.1). De ældre dele af odde-systemet er hævet 13 meter over det nuværende havniveau, idet den glacial landhævning har oversteget havniveaustigning i Holocæn. Den distale og yngste del af oddesystemet er fortsat i vækst med flere meter om året (Johannessen, P. N. et al., 2006). Udviklingen af Skagens Odde er også dokumenteret af områdets sedimentbudget udregnet af Kystdirektoratet i 1999. Ifølge sedimentbudgettet bliver der årligt transporteret ca. 1,1 mio. m<sup>3</sup> sediment langs oddens vestsiden mod nord. Halvdelen af materialet bliver aflejret vest for Grenen ud over den bathymetriske stejle kant, og det resterende materiale bliver aflejret ved Skagens Rev (Figur 3.2) (Kystdirektoratet, 2001).

Den kvartære lagserie er gennemboret af en 224 m dyb landboring ved grenen (DGU nr. 1.287), som viser en tykkelse af Holocæne sedimenter på 114 meter, hvoraf de øverste 25 meter er beskrevet som sand (Knudsen et al., 1996).



Figur 3.1: Paleogeografisk rekonstruktion af Skagens Odde fra 7.200 år før nu til i dag. (Knudsen et al., 2006).



Figur 3.8 Sedimentbudget for Grenen

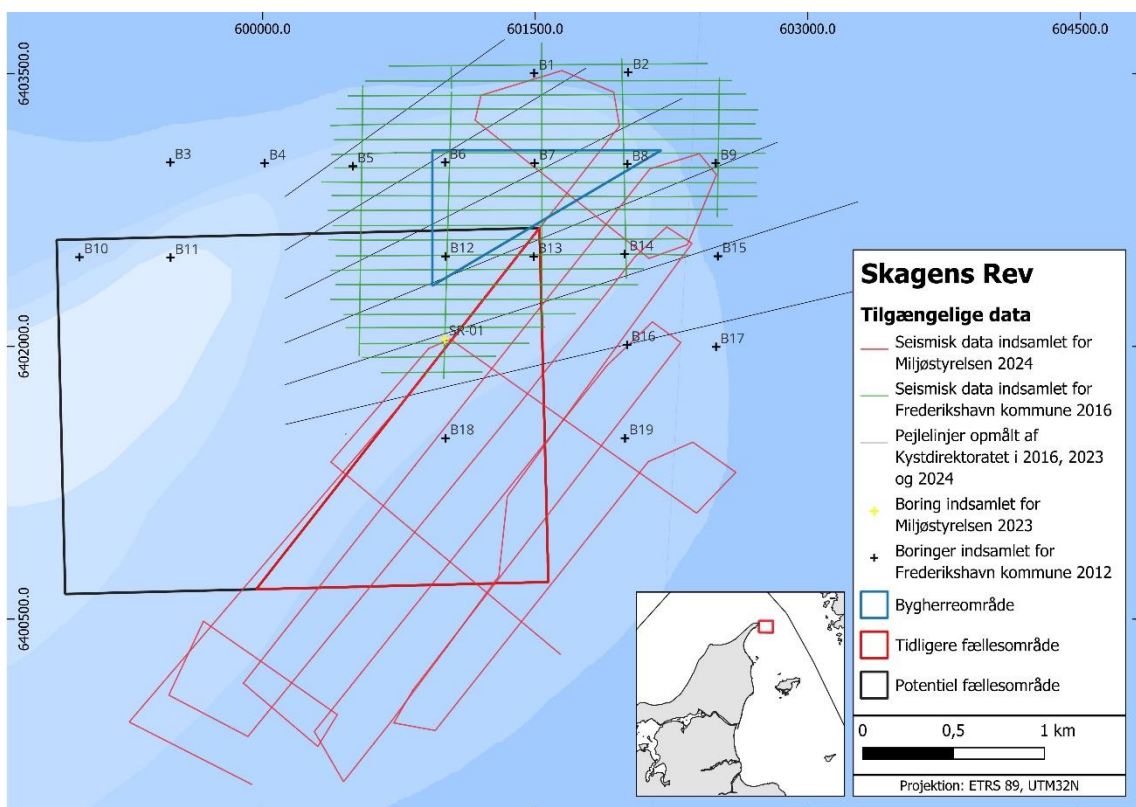
Figur 3.2: Sedimentbudget for den nordlige del af Skagens Odde (Kystdirektoratet, 2001).

## 4. Tilgængelige data

Bygherreområde 558-DA ligger nord for det tidligere fællesområde Skagens Rev 558-CB, som udløb ved udgangen af 2025.

Ved etableringen af bygherreområdet blev der indsamlet 19 vibrocore borer i 2012 (Geoscandic, 2012) suppleret med 46,8 km geofysiske data af en linjetæthed på 100 x 500 m i 2016 (Orbicon, 2016) for Frederikshavn Kommune. Tilgængelige geofysiske data fra 2016 består af højopløslig seismisk data af typen subbottom profiler og sidescan sonar. I det tidligere fællesområde er der i 2023 lavet en enkelt boring og i 2024 er der indsamlet geofysisk data med en linjetæthed på 250 x 1000 m for Miljøstyrelsen, af disse data fører to linjer ind i bygherreområdet (Figur 4.1). Foruden subbottom profiler og sidescan sonar data blev der også indsamlet sparker seismisk data i 2024, som har en lavere opløselighed, men en større nedtrængning (GEUS Rapport 2024/23).

Derudover har Kystdirektoratet en række pejlelinjer i området, som er opmålt i 2016, 2023 og 2024 (Figur 4.1).

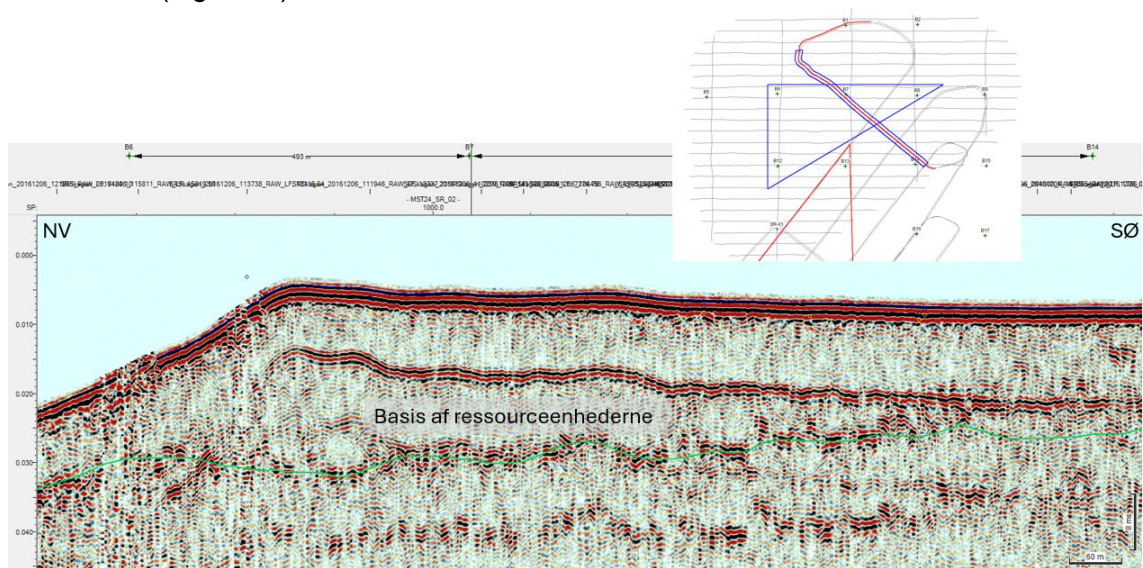


Figur 4.1: De tilgængelige data i og omkring bygherreområdet ved Skagens Rev.

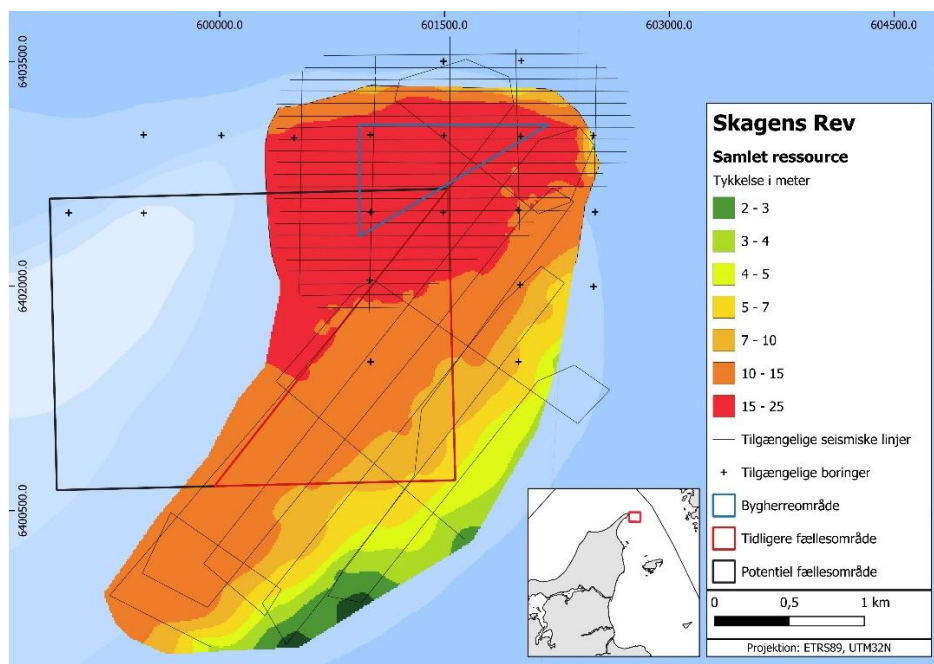
## 5. Screening af seismik data

Ved Skagens rev kan der på basis af subbottom profiler data tolkes fire større udbyggende enheder af Holocæn alder. Den samlede tykkelse af de fire enheder er vurderet ved hjælp af sparker seismik data, som blev indsamlet for Miljøstyrelsen i 2024, da de højoopløselige subbottom profiler data fra 2016 ikke har en dybere nedtrængning end 4 til 6 m. De fire ressourceneheder kan derimod ikke skelnes fra hinanden ved hjælp af de sparker seismiske data (Figur 5.1).

Ud fra de to sparker seismiske linjer i bygherreområdet vurderes det at den samlede resourcetykkelse er mellem 15 og 25 m, svarende til ca. 9,2 mio m<sup>3</sup>. 250 m nord og øst for bygherreområdet er tykkelsen aftagende, hvilket er sammenfaldende med de større dybder for området (Figur 5.2).



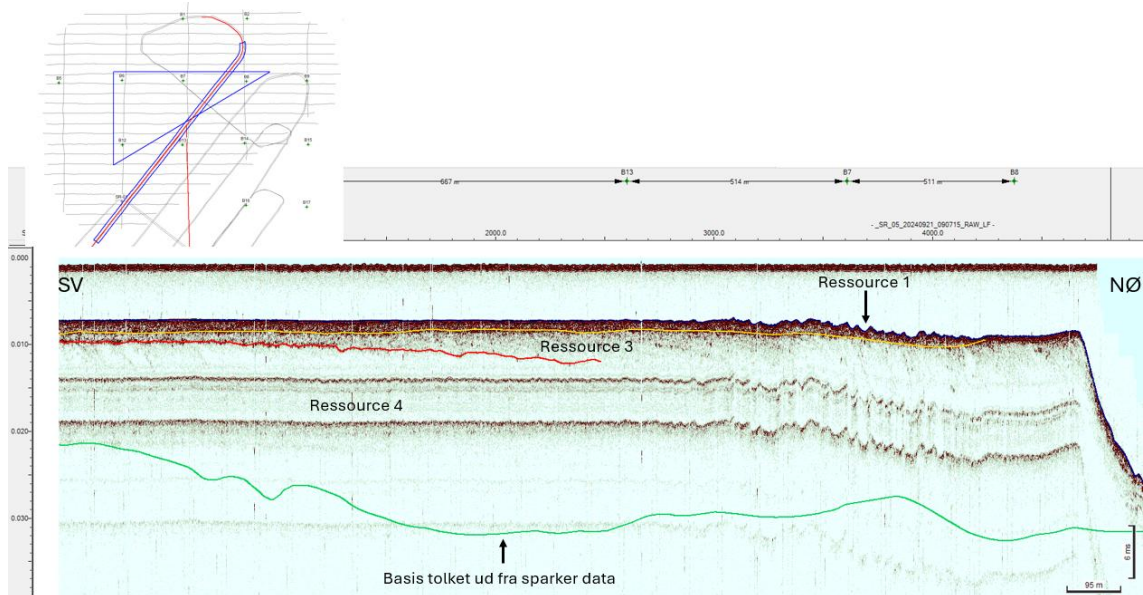
Figur 5.1: Sparker seismik linje, som går igennem bygherreområdet. På linjen kan basis af de fire ressourceneheder tolkes, men det er ikke muligt at skelne mellem enhederne.



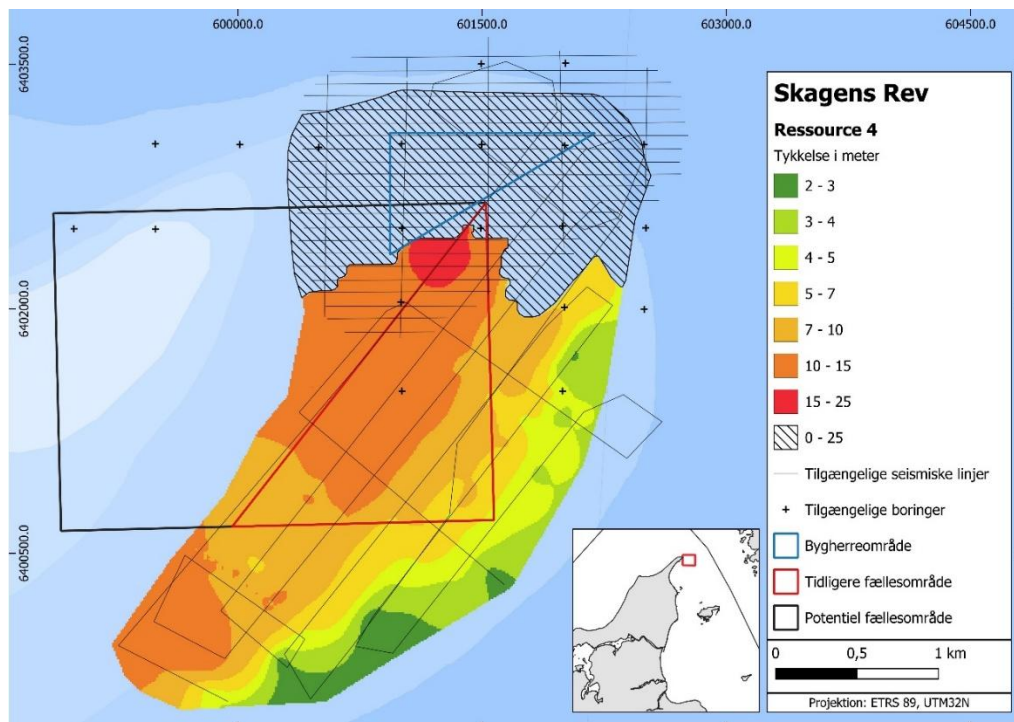
Figur 5.2: Samlet tykkelse for de fire ressourceneheder i området.

## 5.1 Ressource 4

Den ældste af ressourceenhederne (ressource 4) er overløjet af ressource 3,2 og 1 i bygherreområdet, og er kun eksponeret ved havbunden i det tidligere fællesområde. I bygherreområdet har det ikke været muligt at tolke den øvre grænse af enheden, grundet den begrænsede seismiske opløselighed (Figur 5.3), men tykkelsen må være mellem 0 m og den maksimale tykkelse på 25 m (Figur 5.4). Den Interne seismiske facies består af skråstillede reflektorer af stor hældning, og er en tidlig Holocæn udbyggende enhed mod sydøst.



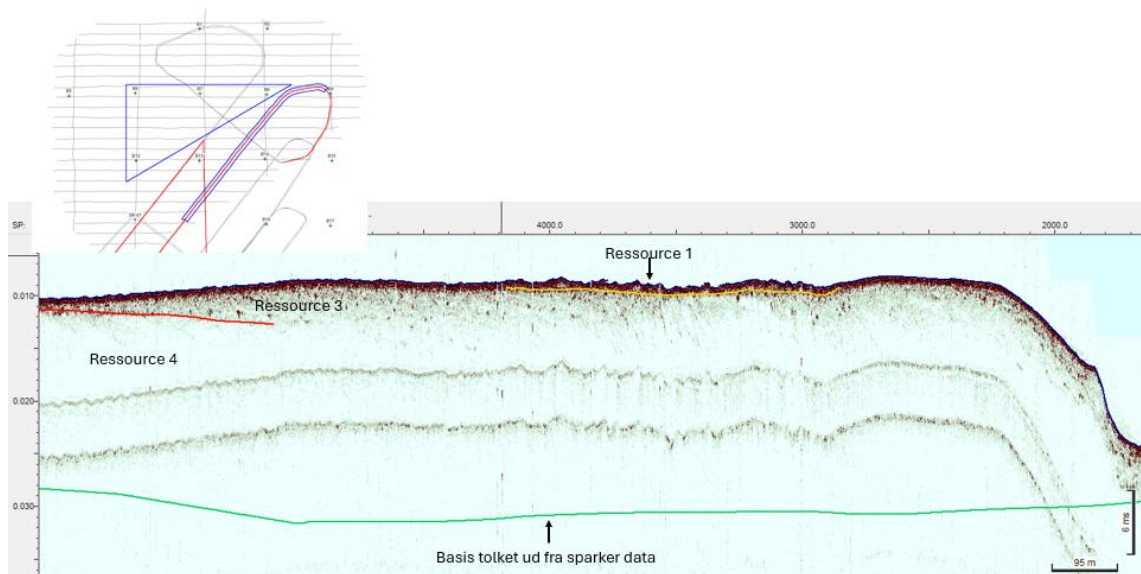
Figur 5.3: Subbottom profiler eksempel fra 2024. Den øvre grænse af ressource 4 kan ikke opløses i bygherreområdet, svarende til den nordøstlige del af profilet



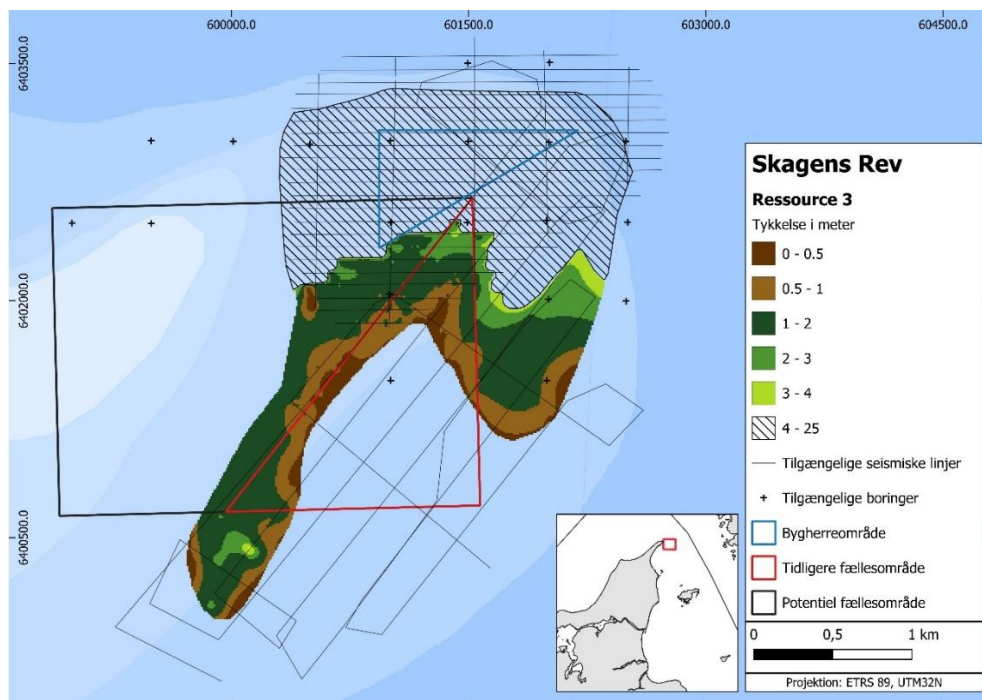
Figur 5.4: Tykkelseskort af ressource 4. I bygherreområdet er tykkelsen mellem 0 og 25 m.

## 5.2 Ressource 3

I bygherreområdet er ressource 3 overlejret af ressource 2 og 1 med undtagelse af det østlige hjørne omkring boring B8, hvor enheden er eksponeret ved havbunden. Det har kun været muligt at tolke basis af enheden, hvis enhedstykkelsen og de overlejrende sedimenter er under 4 meter, grundet den begrænsede seismiske opløselighed (Figur 5.5). Det har derfor ikke været muligt at tolke tykkelsen af enheden i bygherreområdet, men det antages at den er mellem 4 m og den maksimale tykkelse på 25 m (Figur 5.6). Enheden har en lignende seismisk facies som ressource 4, bestående af skråtstillede interne reflektorer med en stigende hældning mod nord til nordøst, hvilket er sammenfaldene med enhedens udbygningstretningen.



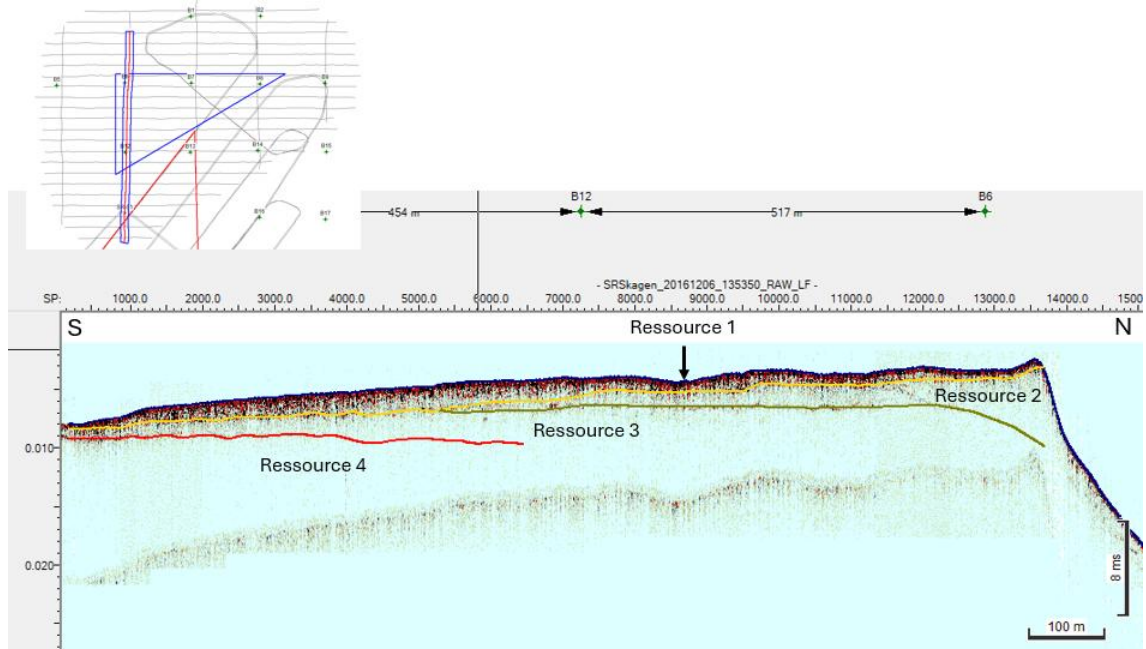
Figur 5.5: Subbottom profiler eksempel af ressource 3, umiddelbart øst for bygherreområdet. I bygherreområdet er det ikke muligt at tolke basis af enheden.



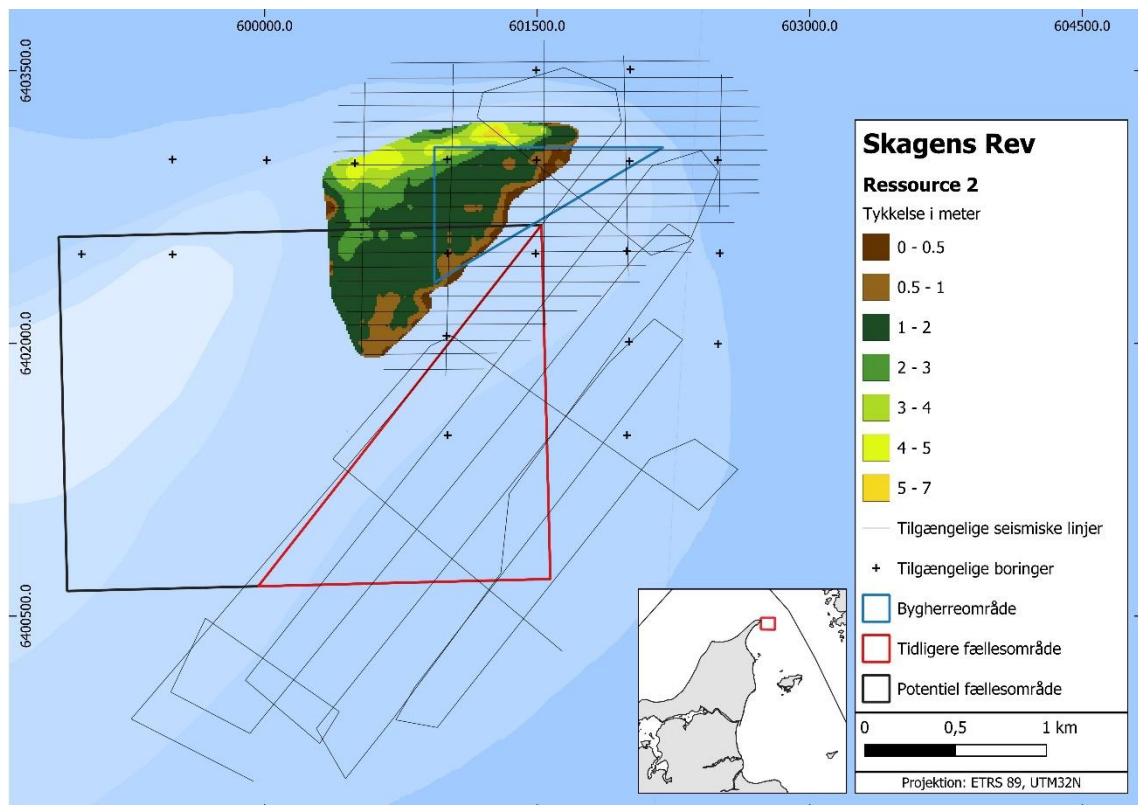
Figur 5.6: Tykkelseskort af ressource 3. I bygherreområdet er tykkelsen mellem 4 og 25 m.

## 5.3 Ressource 2

Ressource 2 er overlejret af ressource 1 i bygherreområdet, og er kun eksponeret ved havbunden nord for bygherreområdet. Enheden har en transparent seismisk facies, med få skråtstillede reflektorer, som er udbyggende mod nord til nordvest (Figur 5.7). Ressourcen har en maksimal tykkelse på 7 meter med et deponeringscenter 80 meter nord for bygherreområdet (Figur 5.8). Indenfor bygherreområdet har ressourcen et volumen på 0,4 mio. m<sup>3</sup>.



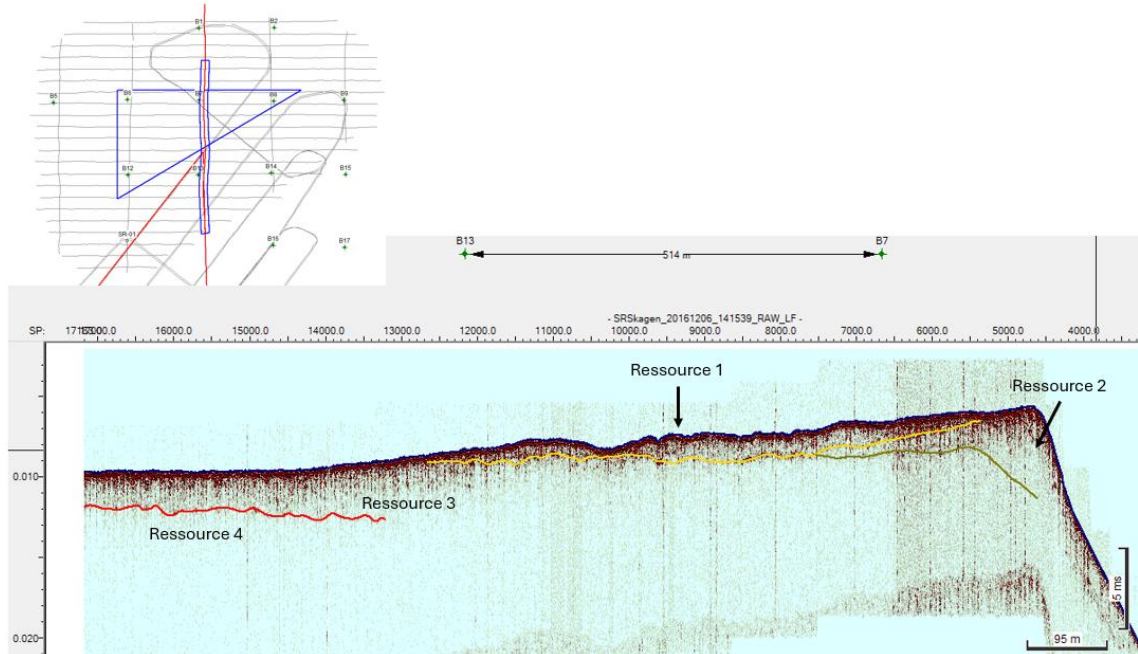
Figur 5.7: Subbottom profiler eksempel af ressource 2, som er overlejret af ressource 1 i bygherreområdet



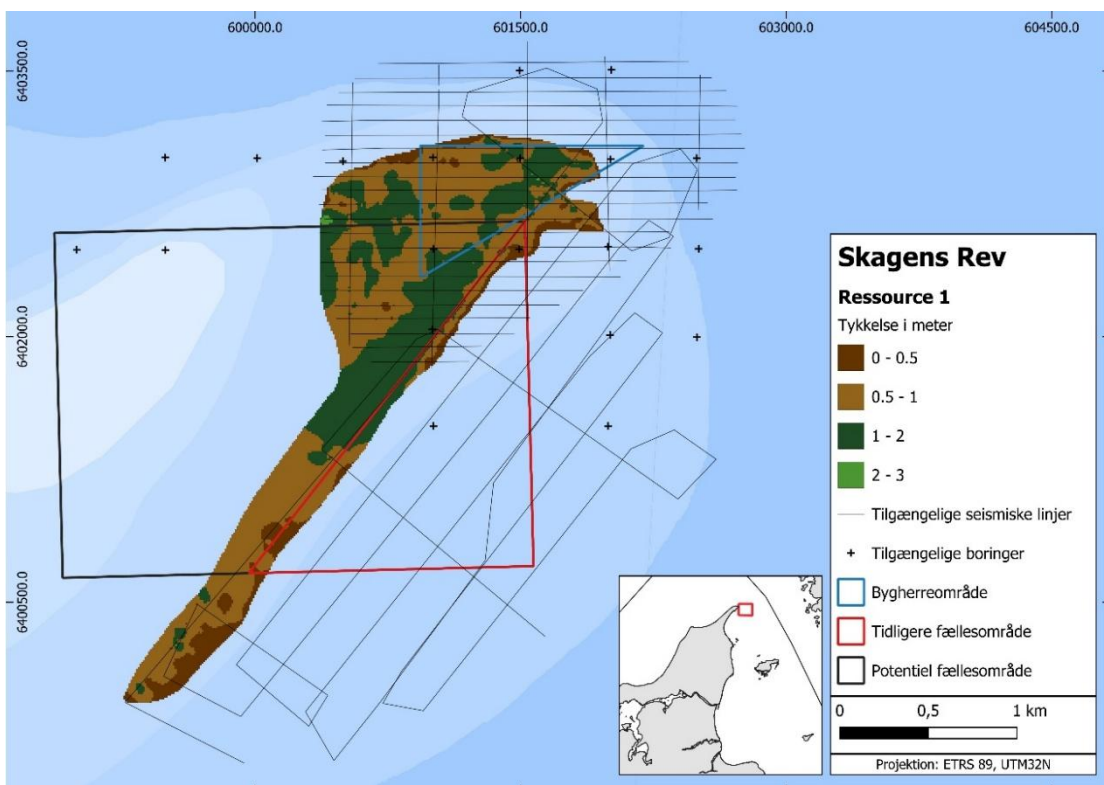
Figur 5.8: Tykkelseskort af ressource 2, som har et volumen på ca. 0,4 mio. m<sup>3</sup> i bygherreområdet.

## 5.4 Ressource 1

Ressource 1 er den yngste af de Holocæne ressourceenheder, og er eksponeret ved havbunden i hele bygherreområdet med undtagelse af det østlige hjørne omkring boring B8. Den seismiske facies af enheden er af en kaotisk karakter med en høj amplitude (Figur 5.9). Ressourcen har en beskedne tykkelse på maksimalt 2 meter. Indenfor bygherreområdet er volumen på ca. 0,4 mio. m<sup>3</sup> (Figur 5.10).



Figur 5.9: Subbottom profiler eksempel af ressource 1, som er eksponeret ved havbunden i hele bygherreområdet, med undtagelse af det vestlige hjørne ved boring B8.



Figur 5.10: Tykkelseskort af ressource 1, som har et volumen på 0,4 mio. m<sup>3</sup> i bygherreområdet.

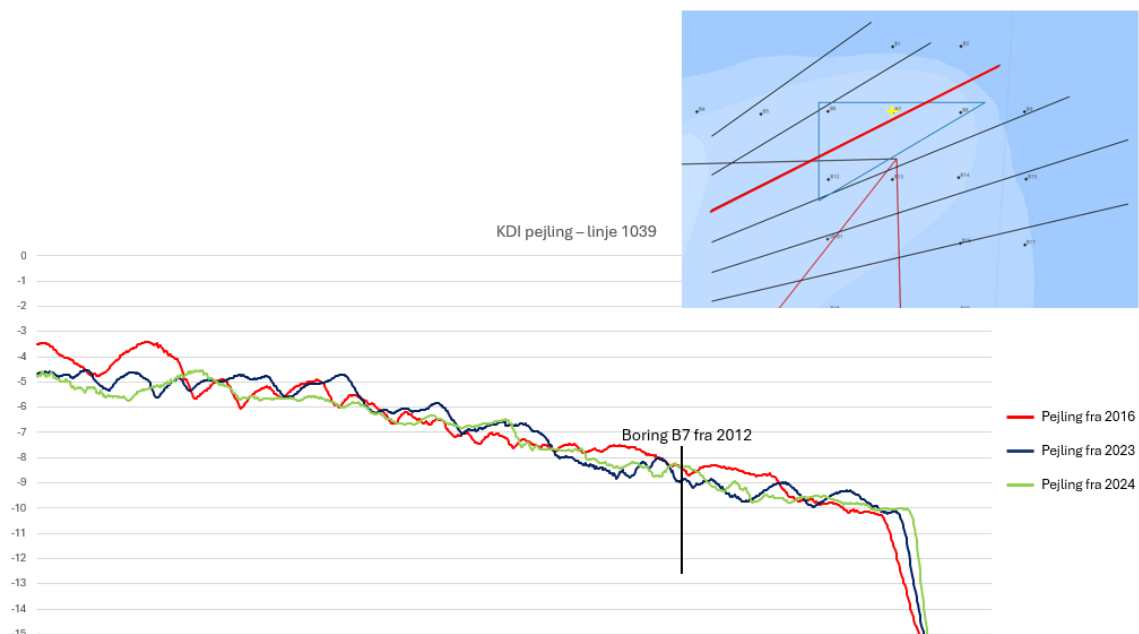
## 6. Sedimentdynamik

I området bliver der jævnligt lavet dybdemålinger af Kystdirektoratet langs faste pejlelinjer. I bygherreområdet er der langs to pejlelinjer; 1039 og 1040, indsamlet data i 2016, 2023 og 2024. Dybdemålingerne er interessante i forhold til områdets sedimentdynamik og udvikling, da de tilgængelige borer er fra 2012, og de fleste af de tilgængelige seismiske linjer er fra 2016.

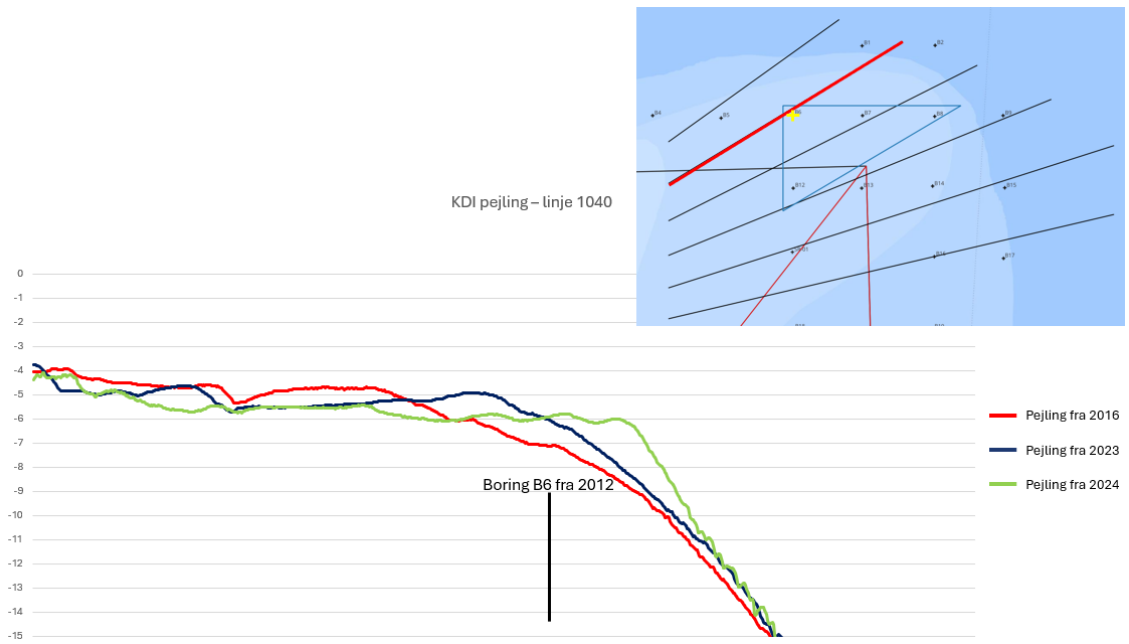
Linje 1039 ligger centralt i bygherreområdet 50 meter syd for boring B7 fra 2012, hvor der dengang er noteret en vanddybde på 7,5 meter. Dybdemålingerne ved linje 1039 viser samtidig en dybde på 8,5 m i 2016, 9,0 m i 2023 og 8,4 m i 2024 omkring boringens placering (Figur 6.1). De tilgængelige dybde data viser derved en stor variation indenfor de øverste to meter, hvilket svarer til tykkelsen af ressourceenhed 1 og 2 langs linje 1039.

Linje 1040 krydser det nordvestlige hjørne af bygherreområdet, 50 meter nordvest for boring B6, og er sammenfaldende med deponeringscenteret af ressourceenhed 2. Den noterede boreringsdybde fra 2012 og de tre dybdemålinger fra 2016, 2023 og 2024 viser en kontinuerlig udbygning af sedimenter mod NØ langs pejlelinjen. Fra 2012 til 2016 er der aflejret 2 meter materiale omkring boring B6, hvilket er svarende til lidt over halvdelen af tykkelsen for ressourceenhed 2, ved boreringsplaceringen (Figur 6.2).

Ud fra de tilgængelige dybde data tolkes ressourceenhed 1, som en dynamisk enhed af høj årlig variation, induceret af bølger og strøm. Ressourceenhed 2 tolkes som en nutidig udbyggende enhed mod nord til nordøst, induceret af generelle strømforhold i området. Ressourceenhed 3 og 4 tolkes som to tidligere udbygninger, som har en mere begrænset nutidig dynamisk udvikling.



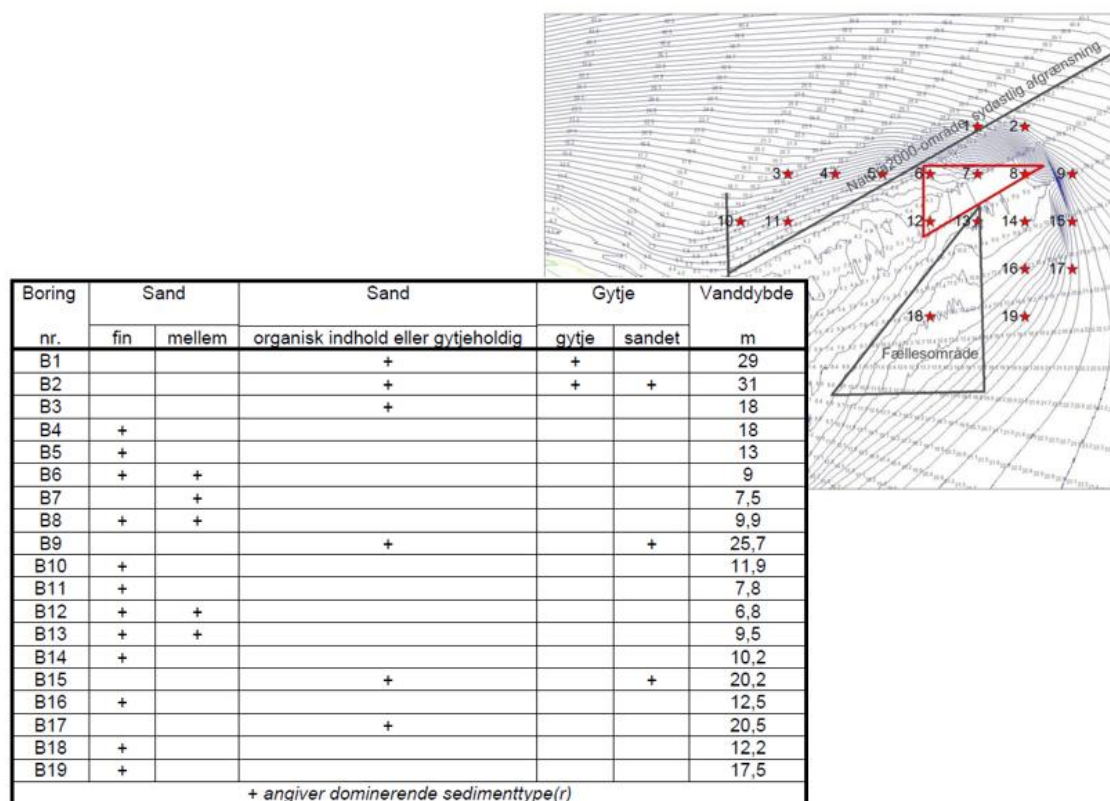
Figur 6.1: Dybdemåling fra 2016, 2023 og 2024 langs pejlelinje 1039. Linjen er 50 meter syd for boring B7, og boreringsdybden og placeringen heraf er vist på figuren.



Figur 6.2: Dybdemåling fra 2016, 2023 og 2024 langs pejlelinje 1039. Linjen er 50 meter nordvest for boring B6, og boringsdybden og placeringen heraf er vist på figuren.

## 7. Boringer

Boringerne fra 2012 viser mellemkornet sand i de øvre ca. 5 m af bygherreområdet og i den nordlige del af det tidligere fællesområde (boring B7, B6, B8, B12 og B13). På flankerne og ved større dybde består sedimenterne primært af finkornet sand med gytjeindslag (Figur 7.1). Det har ikke været muligt at korrelere de tilgængelige boringer fra 2012 med ressourcenhed 1 og 2, da dybde-data fra bygherreområdet viser stor variabilitet fra 2012 til 2016. Boringerne kan derimod korreleres med ressourcenhed 3, som har haft en begrænset udvikling fra 2012 til 2016. Boringerne viser en gennemsnitlig mediankornstørrelsesværdi ( $D_{50}$ ) på 0,22 mm og en gennemsnitlig uensformigheds-koefficient på 1,76 i bygherreområdet. For yderligere information angående boringerne fra 2012 henvises til den geotekniske rapport (Geoscandic, 2012).



Figur 7.1: De beskrevne sedimentter i boringerne fra 2012 er opsummeret i ovenstående figur. Mellemkornet sand er kun at finde i bygherreområdet og i den nordlige del af det tidligere fællesområde.

## 8. Miljømæssige forhold

Verifikation af substratforholdene og kortlægningen af de makrobiologiske forhold knyttet til bundoverfladen vil ske vha. ROV. Det forventes at foretage 12 ROV dyk, dækkende de forskellige registrerede sedimenttyper i relation til dybdeforhold. Iflg. råstofbekendtgørelsen skal der udføres mindst 4 dyk pr. overfladesedimenttype fordelt på følgende 3 dybdeintervaller: under springlaget (forventelig mellem 10 og 15 m), ved springlagsdybden og over denne. Dybden i efterforskningsområdet går fra ca. 5 m i den vestlige del til ca. 30 m i den østlige del.

Der vil desuden blive udtaget bundprøver for hver af de identificerede typeområder (forventelig omkring 6-8 i alt), til bestemmelse af overfladesedimentets kornstørrelse, glødetab, N og P samt miljøfremmede forurenede stoffer (MFS). Undersøgelserne af sedimentforholdene er begrundet i Vandområdeplanerne, idet indvindingsområdet ligger inden for 12 sømilgrænsen, og beliggende tæt på 1 sømil nabovandområder.

## 9. Oplæg til fremtidige undersøgelser

På baggrund af screening af de eksisterende data fra bygherreområdet må det forventes, at der er rigelige sandressourcer til rådighed for en fornyet 10-årig indvindingstilladelse. Det anbefales at lave nye detaljerede undersøgelser i det eksisterende bygherreområde, for at få kendskab til de nutidige ressourcetykkelser, og sedimentudviklingen fra 2016 til 2026.

Ud fra de eksisterende data i og omkring det nuværende bygherreområde er der kortlagt fire sand-ressourceenheder. De fire enheder har en samlet tykkelse på mellem 15 og 25 meter, hvilket giver et estimeret bruttovolumen på 9,2 mio. m<sup>3</sup> indenfor bygherreområdet. De tilgængelige boreriger fra 2012, viser at de øvre ca. 5 meter af ressourcen har den ønskede kvalitet til kystfodring. Dybde data fra 2016, 2023 og 2024 viser en forventelig høj dynamisk udvikling i området, særligt i det nordvestlige hjørne af bygherreområdet, hvor ca. 3 meter sand er aflejret fra 2012 til 2024. På baggrund af dybde data og de generelle anslåede sandtilførselsmængder til Skagens Gren ved naturlige processer, vurderes det at udførte og planlagte sandindvindinger vil være mængdemæssigt underordnede.

Kystdirektoratet ønsker en fladdækkende bathymetrisk multibeam opmåling, med tilhørende fulddækkende sidescan sonar data i bygherreområdet. Herudover anbefales det at tilføje en seismisk opmåling med en subbottom profiler, for at beregne tykkelserne for de overfladnære ressourcer, som kvalitetsmæssigt kan være forskellige. Alle tre datatyper kan indsamles simultant, og meromkostningen ved dataindsamling er derfor begrænset. For at opnå en fladdækkende bathymetri i bygherreområdet, er det nødvendigt med en sejllinjeafstand på 35 meter i den sydlige og centrale del af området, da der kan forventes dybder ned til 5 meter. I den nordlige del af området er vanddybden på over 10 meter, og derved kan opgaven løses med en sejllinjeafstand på 50 meter.

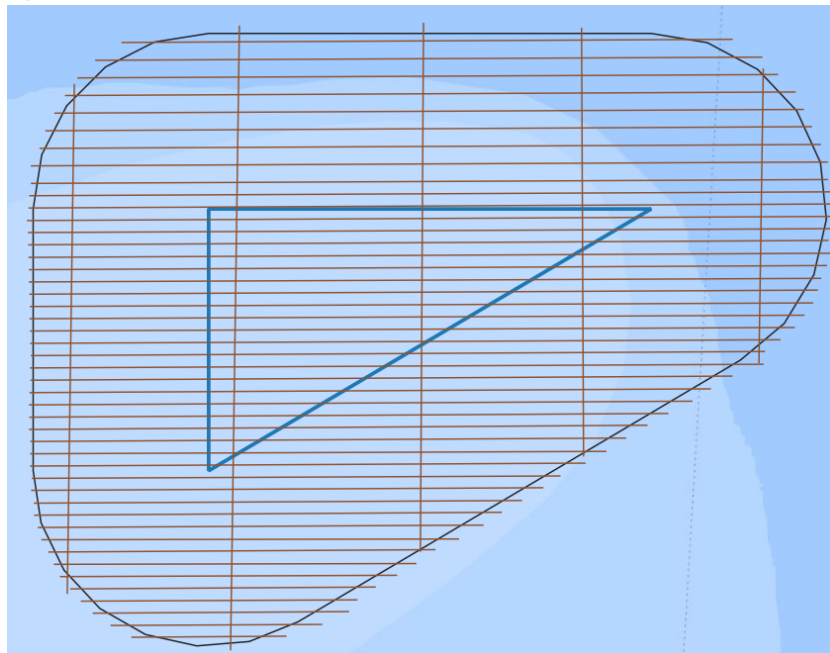


Figure 9.1: Oplæg til linjeplan. I den sydlige del af området er linjeafstanden på 35 meter, og i den nordlige del er den på 50 meter, hvilket er nødvendigt for at opnå 200% fladdækkende multibeam bathymetri.

Senest 4. marts 2026 indsendes en efterforskningsansøgning til Miljøstyrelsen, og i maj-juni 2026 forventes de geofysiske undersøgelser gennemført over 2 dage efterfulgt af ROV-inspektion på 12 udvalgte positioner, samt kornstørrelse, glødetab, N og P, MFS prøvetagning af sedimentoverfladen på 6-8 udvalgte positioner. Rapportering og databehandling af feltundersøgelserne samt udformning af samlet miljøvurdering vil derefter blive gennemført. Indvindingsansøgning indsendes til Miljøstyrelsen senest d. 2. december 2026.

## 10. Referencer

Johannessen, P. N., & Nielsen, L. H. (2006). Spit-systems – an overlooked target in hydrocarbon exploration: the Holocene to Recent Skagen Odde, Denmark. *GEUS Bulletin*, 10, 17-20. <https://doi.org/10.34194/geusb.v10.4882>

Knudsen, K. L., Conradsen, K., Heier-Nielsen, S. & Seidenkrantz, M.-S.: Quaternary palaeoceanography and palaeogeography in northern Denmark: a review of results from the Skagen cores. *Bulletin of the Geological Society of Denmark*, Vol.43.pp.22-31.Copenhagen, 1996-07-14. <https://doi.org/10.37570/bgsd-1996-43-03>

Kystdirektoratet 2001. Sedimentbudget Vestkysten

Geoscandic 2012. Geoteknisk rapport Skagens Rev.

Orbicon 2016. Ansøgning om godkendelse af bygherreområdet og tilladelse til indvinding i område 7321-00063.

GEUS Rapport 2024/23: *Under udarbejdelse*