

Marin habitatkortlægning i Nordsøen 2019-2020

Østlige Nordsøen og Doggerbanke Tail End

Udført for Miljøstyrelsen

Zyad Al-Hamdani, Lars Ø. Hansen, Mikkel S. Andersen, Nicky Witt, Matthew Owen,
Anders Dahlin, Lars G. Rödel, Ole Bennike, Verner B. Ernstsen, Jørn Bo Jensen,
Jan Nicolaisen, Frederik Gai, Danni Junge Jensen, Sanne Kjellerup,
Morten Warnick Stæhr, Louise Kjeldgaard Poulsen & Lea Bjerre Schmidt

Marin habitatkortlægning i Nordsøen 2019-2020

Østlige Nordsøen og Doggerbanke Tail End

Udført for Miljøstyrelsen

Zyad Al-Hamdani¹, Lars Ø. Hansen¹, Mikkel S. Andersen¹, Nicky Witt¹,
Matthew Owen¹, Anders Dahlin¹, Lars G. Rödel¹, Ole Bennike¹,
Verner B. Ernstsen¹, Jørn Bo Jensen¹, Jan Nicolaisen², Frederik Gai²,
Danni Junge Jensen², Sanne Kjellerup², Morten Warnick Stæhr,
Louise Kjeldgaard Poulsen² & Lea Bjerre Schmidt²

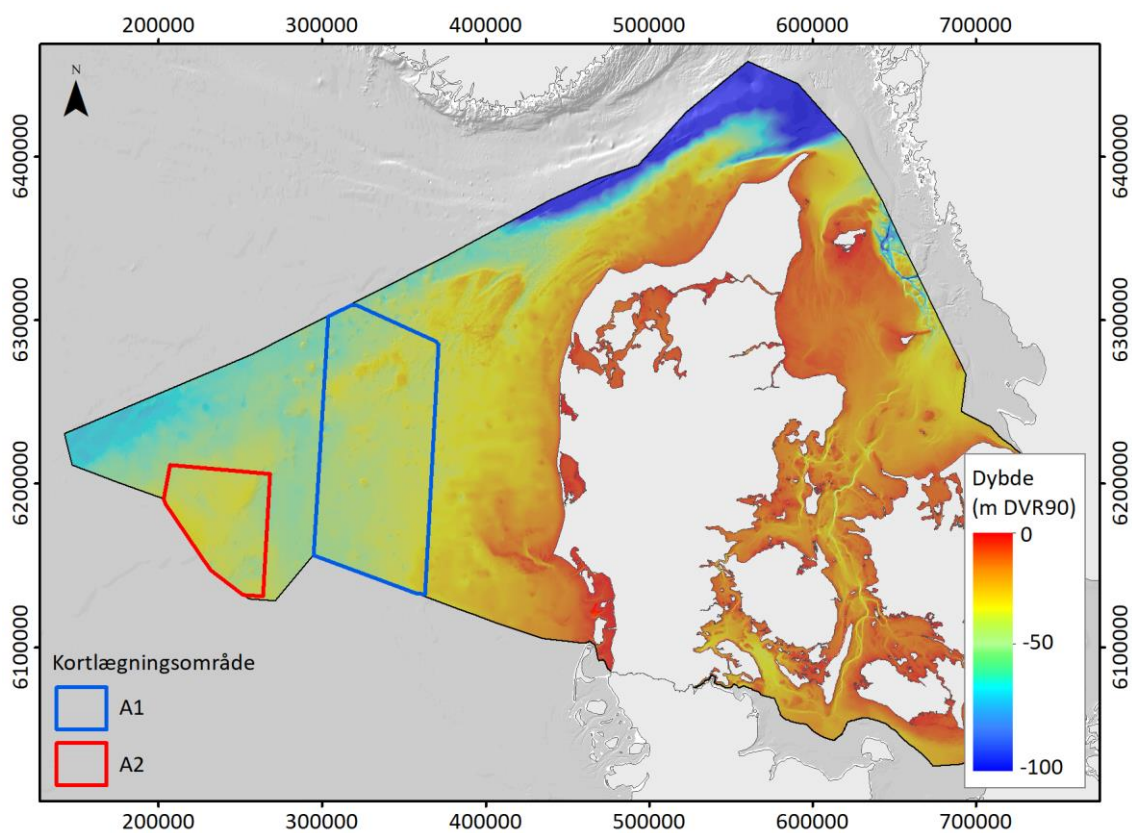
¹De Nationale Geologiske Undersøgelser for
Danmark og Grønland (GEUS)

²WSP Danmark A/S



Marin habitatkortlægning i Nordsøen 2019-2020

Østlige Nordsøen og Doggerbanke Tail End



EMODnet batymetri i dansk EEZ og kortlægningsområderne "Østlige Nordsøen" (A1) og "Doggerbanke Tail End" (A2).

Titel: Marin habitatkortlægning i Nordsøen 2019-2020.
Østlige Nordsøen og Doggerbanke Tail End

Udgiver:

Miljøstyrelsen
Tolderlundsvej 5
5000 Odense
www.mst.dk

År:

2019-2021

Faglige forfattere GEUS:

Zyad Al-Hamdani
Lars Ø. Hansen
Mikkel S. Andersen
Nicky Witt
Matthew Owen
Anders Dahlin
Lars G. Rödel
Ole Bennike
Verner B. Ernstsen
Jørn Bo Jensen (QC)

Faglige forfattere WSP:

Jan Nicolaisen
Frederik Gai
Danni Junge Jensen
Sanne Kjellerup
Morten Warnick Stæhr
Louise Kjeldgaard Poulsen
Lea Bjerre Schmidt (QC)

Indhold

INDHOLD	2
1. INDLEDNING	18
1.1 BAGGRUND	18
1.2 FORMÅL	18
2. OMRÅDEBESKRIVELSE	20
2.1 PLACERING AF KORTLÆGNINGSOMRÅDERNE	20
2.2 NORDSØEN	20
2.2.1 Østlige Nordsøen	26
2.2.2 Doggerbanke Tail End	26
3. MATERIALER OG METODER	28
3.1 EKSISTERENDE DATA	28
3.1.1 Rumlige geofysiske data	28
3.1.2 Fysiske og biologiske punktdata	28
3.2 DATAINDSAMLING OG BEARBEJDNING	33
3.2.1 Indsamling af rumlige geofysiske data	33
3.2.2 Indsamling af fysiske og biologiske punktdata	38
3.2.3 Bearbejdning af rumlige geofysiske data	46
3.2.4 Bearbejdning af fysiske og biologiske punktdata	46
3.3 ANALYSE OG TOLKNING	47
3.3.1 Batymetri	47
3.3.2 Substrattyper	48
3.3.3 Overordnede habitattyper	49
3.3.4 Bundfauna	51
3.3.5 Andre observationer (vrag, trawlspor, rørledninger)	57
4. RESULTATER	58
4.1 BATYMETRI	58
4.1.1 Østlige Nordsøen	58
4.1.2 Doggerbanke Tail End	59
4.2 GEOLOGISKE FORHOLD	62
4.2.1 Østlige Nordsøen	64
4.2.2 Doggerbanke Tail End	68
4.3 SUBSTRATTYPER	72
4.3.1 Østlige Nordsøen	74
4.3.2 Doggerbanke Tail End	82
4.4 KORNSTØRRELSFORDELING	95
4.4.1 Østlige Nordsøen	96
4.4.2 Doggerbanke Tail End	100
4.5 OVERORDNEDE HABITATTYPER	104

4.5.1	<i>Østlige Nordsøen</i>	104
4.5.2	<i>Doggerbanke Tail End</i>	107
4.6	BUNDFLORA OG -FAUNA.....	110
4.6.1	<i>Østlige Nordsøen</i>	110
4.6.2	<i>Doggerbanke Tail End</i>	156
4.6.3	<i>Det samlede kortlægningsområde</i>	185
4.7	ANDRE OBSERVATIONER (VRAG, TRAWL, RØRLEDNINGER)	193
4.7.1	<i>Østlige Nordsøen</i>	194
4.7.2	<i>Doggerbanke Tail End</i>	197
4.8	GENEREL BESKRIVELSE AF DYNAMISKE FORHOLD	202
4.8.1	<i>Østlige Nordsøen</i>	203
4.8.2	<i>Doggerbanke Tail End</i>	205
5.	DISKUSSION	208
5.1	SUBSTRAT, GEOMORFOLOGI OG GEOLOGI.....	208
5.1.1	<i>Batymetri</i>	208
5.1.2	<i>Substrattyper</i>	209
5.1.3	<i>Kornstørrelsesfordelinger og statistiske kornstørrelsesparametre</i>	210
5.1.4	<i>Menneskelig påvirkning og naturlig dynamik</i>	211
5.2	BIOLOGI OG BIODIVERSITET	213
5.2.1	<i>Epiflora og -fauna</i>	213
5.2.2	<i>Infauna</i>	214
5.3	HABITATTYPER OG HABITATDYNAMIK	219
5.4	ANBEFALINGER	220
5.4.1	<i>Geofysisk kortlægning</i>	220
5.4.2	<i>Biologisk kortlægning</i>	222
6.	KONKLUSION	225
7.	REFERENCER	230
8.	BILAG	235

Sammenfatning

Projektet "Marin habitatkortlægning i Nordsøen 2019-2020" (EU-udbud nr. 2019/S 047-107780) er muliggjort gennem en Finanslovsbevilling i forbindelse med udførelse af overvågningsaktiviteter i regi af Havstrategidirektivet (HSD).

Miljøstyrelsen skal som led i overvågningsprogrammet under Havstrategidirektivet øge kendskabet til havbunden gennem en kortlægning af havbundens habitater i de danske farvande (afgrænset af EEZ-linjen) med henblik på at vurdere fysisk tab og forstyrrelse (HSD Deskriptor 6 Havbundens integritet) af havbunden gennem overordnede habitattyper. I dag findes der et kort over udbredelsen af disse habitattyper i danske farvande, men det bygger i mange farvandsområder på meget få data, og kortet må derfor betragtes som meget usikkert. I sådanne områder er der derfor behov for en mere præcis og detaljeret kortlægning.

Miljøstyrelsen har ønsket at kortlægge havbunden i den centrale og vestlige del af den danske Nordsø, hvor der er sparsom viden om havbunden, herunder biologiske forhold; og hvor havbunden, baseret på tidligere kortlægninger, er karakteriseret ved en relativ høj diversitet.

De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland (GEUS) og Orbicon WSP (nu WSP Danmark) har udført projektet i partnerskab med GEUS som ledende konsortiepartner.

Projektet omfatter kortlægning af havbunden indenfor to afgrænsede områder benævnt Østlige Nordsøen (område A1) med et areal på 10.779 km² og Doggerbanke Tail End (område A2) med et areal på 3.591 km², beliggende i henholdsvis den centrale og vestlige del af den danske Nordsø.

Områderne er kortlagt i henhold til substrattyper og overordnede habitattyper, jf. EU-Kommissionens afgørelse 2017/848, der anvendes under havstrategidirektivet. Herunder er artssammensætningen og artsdiversiteten af flora og fauna knyttet til de forskellige bundtyper kortlagt og beskrevet.

Projektet blev udført i 3 faser:

Fase 1 bestod af en geofysisk dataindsamling (en akustisk kortlægning med sidescan sonar og sedimentekkolod) og dataanalyse. Den geofysiske opmåling blev udført med en linjeafstand på 1,5 km og der blev kortlagt ~8.057 linje-km fordelt på Østlige Nordsøen (~5.856 km) og Doggerbanke Tail End (~2.201 km). Der blev udpeget 144 HAPS-bundprøve stationer til brug for kornstørrelses- og infaunaanalyser og 178 ROV-stationer (delvist overlappende med HAPS stationerne) til brug for verifikation af de tolkede substrattyper samt til beskrivelse af artssammensætningen og artsdiversiteten af flora og fauna knyttet til de kortlagte substrattyper og overordnede habitattyper.

Formålet med fase 1 var at muliggøre en kortlægning af overordnede habitattyper efter EUNIS-klassifikationen (Tabel 2 i EU-Kommissionens afgørelse 2017/848) samt substrattyper efter Miljøstyrelsens klassifikation indenfor kortlægningsområderne.

Fase 2 bestod af en biologisk og fysisk punktdataindsamling ved visuel dokumentation med ROV og HAPS-bundprøvetagning.

Formålet med fase 2 var at foretage en biologisk kortlægning af områdernes artssammensætning og artsdiversitet af flora og fauna i relation til bundtype, samt at kortlægge overfladesedimentets sammensætning med henblik på at verificere/korrigere substrattypetolkningen og derudover fungere som input til de biologiske analyser.

I Fase 3 blev der udarbejdet overordnede habitattypekort for de to områder, og der blev udført samtolkning og afrapportering af den geofysiske og biologiske kortlægning.

Geofysisk kortlægning

I forbindelse med den akustiske kortlægning blev der registreret vanddybder med sedimentekoloddet, som blev anvendt til at udarbejde en dybdemodel langs sejllinjerne.

Med udgangspunkt i den indsamlede sidescan sonar data, som dækkede et område på 200-300 m vinkelret på sejllinjen, blev der foretaget substrattypetolkning langs sejllinjerne svarende til 1.324 km² (12%) af det samlede areal indenfor område A1, mens der blev kortlagt 676 km² (19%) af det samlede areal indenfor område A2. Substrattypetolkningen fulgte Miljøstyrelsens klassifikation som beskrevet i Tabel 3-3. De kortlagte substrattypearealer blev interpoleret for at opnå fulddækkende substrattypekort i hvert af kortlægningsområderne.

De genererede substrattypekort illustrerer tydeligt de overordnede variationer i substrattypeforholdene i de to områder (jf. sektion 4.3), som er delvist sammenlignelige med de eksisterende substrattypekort fra områderne, der er tilgængelige via EMODnet-portalen (<https://emodnet.eu/en>), og ligeledes med det eksisterende sedimentkort fra GEUS' [Marta](#) database. Substrattypekortlægningen har øget detaljegraden af substrattypekortet i de to områder væsentligt. De fladedækkende substrattypekort er dog interpolerede og er derfor en rumlig generalisering af de kortlagte substrattyper i hvert område (jf. kapitel 3). Det betyder, at substrattypekortene har en høj konfidens langs sejllinjerne (dvs. områder med en bredde på 200-300 m), hvor substrattyperne er baseret på data; hvorimod substrattypekortene mellem sejllinjerne (dvs. områder med en bredde på 1.200-1.300 m) har en tilsvarende lavere konfidens, idet substrattyperne her er interpolerede med understøttelse af det eksisterende sedimentkort fra GEUS samt eksisterende ROV undersøgelser og bundprøve data baseret på grab og kerner ([Marta](#)).

De interpolerede substrattypekort blev derefter anvendt som input i EMODnet 2019 modellen til udarbejdelse af de overordnede habitattyper baseret på EUNIS-klassifikationen level 3 / MSFD Broad habitat types (jf. afsnit 3.3.3).

Resultatet af modelleringen viste at de tre mest udbredte overordnede habitattyper for begge områder (dækningsgrad i procent) er offshore cirkalittoralt mudder på hhv. ~17% (A1) og ~41%

(A2), cirkalittoralt sand med hhv. ~21% (A1) og ~36% (A2), samt offshore cirkalittoralt sand med hhv. ~47% (A1) og ~22% (A2).

Det gælder for de overordnede habitattyper, som for substrattyperne, at langs sejllinjerne (dvs. områder med en bredde på 200-300 m) er konfidensen høj, idet de overordnede habitattyper her er baseret på indsamlet data; mens de overordnede habitattyper mellem sejllinjerne (dvs. områder med en bredde på 1.200-1.300 m) har lavere konfidens, idet disse områder er baseret på interpoleret data.

Det er essentielt at kende konfidensen af både substrattypekortet og det overordnede habitattypekort, så kortene ikke anvendes udover deres gyldighedsområde ift. rumlig opløsning og nøjagtighed. Den tidlige variation i inputparametre, såsom en naturlig sæsonvariabilitet og dermed en mulig naturlig sæsonvariabilitet i overordnede habitattyper, er ikke inddraget i nærværende kortlægning. Både konfidens og naturlig variabilitet er væsentlige deskriptorer, som kunne ledsage det overordnede habitattypekort. Netop den naturlige variabilitet, som følge af årstidsvariationer, men også ændringer drevet af klimavariationer på længere sigt (fx ændringer i temperatur, salinitet, havspejlsniveau, stormintensitet, strøm og bølger, osv.), er væsentlige at undersøge og kvantificere med henblik på at vurdere tab og forstyrrelse af havbundens integritet.

De indsamlede data og genererede kort i nærværende projekt udgør et unikt grundlag for yderligere analyser og undersøgelser ift. kortlægning af habitatnaturtyper. Det er ikke muligt at kortlægge habitatnaturtyper fladedækkende baseret på de indsamlede data, men det er muligt med yderligere analyser at vurdere udbredelsen af habitatnaturtyper langs sejllinjerne, hvilket kan danne et robust grundlag for udvidede undersøgelser.

Epiflora og -fauna

De biologiske samfund i form af epiflora- og fauna var, grundet deres tilknytning til de forskellige substrattyper og overordnede habitattyper meget forskellige både i forhold til artsammensætning og antal af individer i begge undersøgte områder: A1 - Østlige Nordsøen og A2 - Doggerbanke Tail End. Observationerne er baseret på 132 og 46 ROV-dyk i hhv. område A1 og A2. Indenfor samme substrattyper og overordnede habitattyper var biologien i de to områder meget ens.

På de sandede substrater blev der observeret arter, der er almindeligt forekommende for områder med siltet og sandet havbund i Nordsøen heriblandt almindelig søstjerne, maskekrabbe og eremitkrebs. Antallet af arter og individer af epifauna var generelt begrænset på de sandede substrater hvilket også var forventeligt. Her forventes der derimod en større artsdiversitet og et større antal af individer af dyr, der lever i sandbunden kaldet infauna. På grovere og mere stenede substrater steg dækningen af epifauna med dækningen af sten og dermed mulighed for fasthæftelse for fauna. Her blev der generelt observeret arter, der er meget almindeligt forekommende i områder med stenede substrater i Nordsøen specielt dødningshåndkoral og bladmosdyr. Synlige tegn på infauna i havbunden (i form af huller og rør) aftog som forventet i de

mere stenede områder, idet infauna fortrinsvis er tilpasset sandet substrat. Flere af de mere stenede områder bar præg af de dynamiske forhold i Nordsøen, hvilket bl.a. sås ved sanddækning af sten og den påhæftede fauna. Ved flere lejligheder sås epifauna som dødningehåndkoral, der rejste sig fra en bund, der tilsyneladende var sandet, hvilket vidnede om et lag af hårdt substrat under den sandede overflade. Der blev ikke observeret flora, med undtagelse af enkelte skorpeformende alger, hvilket først og fremmest skyldtes dybden og derved også lysmangel for makroalger, samt lav udbredelse af egnet substrat til fasthæftning. Det observerede antal fiskearter var umiddelbart lavt for en kortlægning af denne størrelse og bestod af almindeligt forekommende fiskearter for Nordsøen, domineret af fladfisk såsom ising, rødspætte samt fløjfisk og torsk. Der var ikke forskel på antallet af epiflora og -fauna arter i de to områder - A1, Østlige Nordsøen og A2, Doggerbanke Tail End, når der tages højde for forskellen på udbredelsen af substraterne i de to områder.

Inddeling af biologien tilknyttet havbunden på forskellige substrattyper har givet et overblik og en generel forståelse for udbredelsen af flora og fauna i områderne A1 og A2. Opdelingen i overordnede habitattyper er mest relevant, når den ses i en større sammenhæng, hvor områder med mere forskellige dybde-, lys- og salinitetsforhold etc., sammenlignes på baggrund af de overordnede habitattyper og de tilhørende biologiske forhold. For nærværende undersøgelse er det vanskeligt at differentiere mellem de opdelte overordnede habitattyper på baggrund af epiflora og -faunaudbredelsen.

Infauna

De biologiske samfund i form af infauna knyttet til de forskellige substrater var meget forskellige både i forhold til artsammensætning og antal af individer i de to undersøgte områder: A1 - Østlige Nordsøen og A2 - Doggerbanke Tail End. Infaunaanalyserne er baseret på 101 og 43 bundfaunaprøver i hhv. område A1 og A2. Generelt bestod infaunaen i begge områder af arter, der var forventelige for de observerede substratforhold i Nordsøen.

I område A1 var de mest talrige arter bl.a. fin mudderslangestjerne, sømus og *Phoronis* sp., mens de mest talrige klasser bl.a. var havbørsteorme, storkrebs og muslinger. Disse arter og klasser er tilpasset den bløde bund, som er meget udbredt i området. Det var i gennemsnit 6,8 arter og 24,8 individer pr. delprøve. Infaunabiomassen i området var domineret af arter tilhørende klassen sømus efterfulgt af arter tilhørende klassen muslinger, hvilket er forventeligt set i relation til arternes typisk store volumen og vægt.

Statistiske analyser og test (MDS, ANOSIM) viste, at der var signifikant forskel mellem infaunasamfundene på substrattype 1a og 1b, 1a og 2a, 1a og 2b samt 1b og 2a. For de overordnede habitattyper viste tilsvarende analyser og test, at samfundene på OCM (Offshore cirkalittoralt mudder) var signifikant forskellige fra samfundene på alle øvrige overordnede habitattyper. Derudover var samfundet på OCS (Offshore cirkalittoralt sand) signifikant forskellige fra samfundene på OCCS (Offshore Cirkalittoralt groft sediment) og CCS (Cirkalittoralt groft sediment). SIM-

PER-analyser viste, at det primært var arter tilhørende slægten Phoronis og klasserne slange-stjerner, havbørsteorme og muslinger, som bidrog mest til både ligheden indenfor delprøverne på hver substrattype/overordnede habitattype og forskelligheden mellem forskellige substrattyper/overordnede habitattyper. Ligheden var størst for de delprøver, som var indsamlet på substrattype 1a og den overordnede habitattype OCM sammenlignet med prøver indsamlet på øvrige substrater.

Den samlede artsrigdom for de prøver, som blev indsamlet i område A1, indikerede at være meget afhængigt af antallet af prøver, som blev indsamlet på den enkelte substrattype eller overordnede habitattype. AMBI-indekset varierede fra 1,49 til 2,23 for alle substratklassifikationer og karakteriserer alle områder, på baggrund af de observerede arter, til at være let forstyrrede og alle infaunasamfund som værende i ubalance. Shannon Wiener diversiteten (artsdiversiteten) lå for alle substratklassifikationer lavt omend den for samfundet på substrattype 1a og den overordnede habitattype OCM lå inden for det niveau, som typisk ses i Nordsøen (1,5-3,5). DKI-værdien varierede fra 0,67 til 0,80 for alle de kortlagte substratklassifikationer på nær CM (Cirkalittoralt Mudder), hvilket klassificerede den økologiske tilstand som god.

I **område A2** var de mest talrige arter bl.a. havbørsteormene *Lanice conchilega*, *Spiophanes bombyx* og *Galathowenia oculatamens*, mens de mest talrige klasser bl.a. var havbørsteorme, muslinger og storkrebs. Disse arter og klasser er tilpasset den sandede og bløde bund, som begge er meget udbredte i området. Det var i gennemsnit 9,7 arter og 33,9 individer pr. delprøve. Infaunabiomassen var domineret af arter tilhørende klassen muslinger efterfulgt af arter tilhørende klassen søpindsvin, hvilket er forventeligt set i relation til arternes typisk store volumen og vægt.

Statistiske analyser og test (MDS, ANOSIM) viste, at der var signifikant forskel mellem infaunasamfundene på substrattype 1a og 1b samt mellem samfundene på 1b og 2b. For de overordnede habitattyper viste tilsvarende analyser og test, at samfundene på CS (Cirkalittoralt sand) og OCM (Offshore cirkalittoralt mudder) var signifikant forskellige. Ligeledes var samfundene på OCS (Offshore cirkalittoralt sand) og OCM også signifikant forskellige. SIMPER-analyser viste, at det primært var arter tilhørende klasserne havbørsteorme og slangestjerner, som bidrog mest til både ligheden indenfor delprøverne på hver substrattype/overordnede habitattype og forskelligheden mellem forskellige substrattyper/overordnede habitattyper. Ligheden var størst for de delprøver, som var indsamlet på hhv. substrattype 1b og 1a. På samme vis var der ret stor forskel i infaunasamfundene, som blev registreret på henholdsvis substrattype 1a og 1b. For de overordnede habitattyper var ligheden her større inden for delprøver indsamlet på CS i forhold til OCM. De største forskelle i forhold til samfund på de forskellige overordnede habitattyper ses i forhold til OCM og de øvrige overordnede habitattyper.

Den samlede artsrigdom for de prøver, som er indsamlet i område A2, indikerede at være meget afhængigt af antallet af prøver, som blev indsamlet på den enkelte substrattype eller overordnede habitattype. AMBI-indekset varierede fra 1,63 til 2,10 for alle substratklassifikationer og

karakteriserede alle området, på baggrund af de observerede arter, til at være let forstyrrede og alle infaunasamfund som værende i ubalance. Shannon Wiener diversiteten (artsdiversiteten) var for alle substratklassifikationer mellem 1,54 til 1,83, hvilket er inden for det niveau som man typisk ser i Nordsøen (1,5-3,5). DKI-værdien varierede fra 0,78 til 0,83 inden for alle de kortlagte substratklassifikationer. Dette klassificerede den økologiske tilstand som høj indenfor alle de kortlagte substratklassifikationer på nær substrattype 2, hvor den økologiske tilstand klassificerede som god.

Ligesom der er anvendt multivariante statistiske analyser for hvert kortlægningsområde blev samme analyser udført for **begge områder samlet**. Statistiske analyser og test (MDS, ANOSIM) viste, at der var signifikant forskel mellem infaunasamfundene på substrattype 1a og 1b samt mellem samfundene på 1a og 2a, 1a og 2b samt 1b og 2a. For de overordnede habitattyper viste tilsvarende analyser og test, at samfundet på OCM (Offshore cirkalittoralt mudder) var signifikant forskellig fra alle øvrige overordnede habitattyper. Ligeledes var samfundet på OCS (Offshore Cirkalittoralt sand) signifikant forskelligt fra samfundene på OCCS (Offshore Cirkalittoralt groft sediment) og CCS (Cirkalittoralt groft sediment) ligesom CS (Cirkalittoralt sand) var signifikant forskelligt fra CCS og CM (cirkalittoralt mudder). AMBI-indekset varierede fra 1,49 til 2,23 for alle substratklassifikationer og karakteriserede alle områder, på baggrund af de observerede arter, til at være let forstyrrede og alle infaunasamfund som værende i ubalance. Shannon Wiener diversiteten (artsdiversiteten) var for alle substratklassifikationer lavt mellem 1,15 til 1,55, omend den for samfundet på substrattype 1a og den overordnede habitattype OCM lå inden for det niveau, som typisk ses (1,5-3,5). DKI-værdien varierede fra 0,67 til 0,80 for alle de kortlagte substratklassifikationer på nær CM (Cirkalittoralt Mudder), hvilket klassificerede den økologiske tilstand som god.

Inddeling af infauna i forhold til hvilken substrattype eller overordnede habitattype hvorpå prøven er indsamlet, har givet et groft overblik og en generel beskrivelse for udbredelsen og diversiteten af infauna i de to områder. Ved at se på resultaterne fra ANOSIM analysen (Global Test, bilag F), kan man undersøge om den variation, der kan registreres i infaunaen bedst kan forklares ved at sortere data i relation til substrattyperne eller overordnede habitattyper. Variationen i infaunasammensætning i A1 blev forklaret en anelse bedre ved hjælp af sorteringen i de overordnede habitattyper i forhold til substrattyperne, mens substrattyper havde en markant større forklaringsgrad end de overordnede habitattyper i A2. At variationen i infaunasammensætning blev så godt forklaret ved at opdele prøverne i A2 i forhold til substrattyper skyldes sandsynligvis, at der var relativt stor forskel på det fine og grove substrat i A2, hvilket umiddelbart forklares bedre med opdelingen i substrattyper relativt til de overordnede habitattyper. Samlet set, for begge områder er der ikke entydigt større viden om variationen i infaunasamfundet mellem prøverne ved at inddele efter substrattyper i forhold til de overordnede habitattyper eller vice versa. I en større sammenhæng, hvor områder har mere forskellige dybde-, lys- og salinitetsforhold etc., vil opdeling i overordnede habitattyper være særdeles relevant. I mere lokale områder med mindre variation i f.eks. dybde, lys og salinitet såsom A1 og A2 er det vanskeligt entydigt at

sige, at den ene klassifikation af substratforhold er bedre end den anden til at forklare variationen i infauna-artssammensætningen. Nærværende kortlægning viser, at artssammensætningen af infauna kan variere fra lokalitet til lokalitet og er afhængig af gradienten i fysiske forhold indenfor det kortlagte område, områdets størrelse, etc.

Andre observationer

Menneskelige aktiviteter og objekter (dvs. trawlspor, vrug og rørledninger i nærværende kortlægning) blev identificeret ud fra tolkning af sidescan sonar billeder, understøttet af sediment-ekkolodsprofiler og eksisterende søkort (jf. kapitel 3). Dette setup muliggjorde en overordnet afgrænsning og kortlægning af trawlspor, vrug og rørledninger langs sejllinjerne.

Kortlægningen af områder påvirket af trawling (identificeret ved tilstedeværelsen af trawlspor) illustrerer tydeligt den overordnede akkumulerede udbredelse af trawlspor langs sejllinjerne i begge områder, hvor store dele er påvirket af bundtrawling. Det er dog vigtigt at understrege, at trawlsporene afspejler en akkumuleret udbredelse af trawlaktivitet og ikke et øjeblikbillede af aktuel trawlaktivitet.

Bundtrawling anses for at være den dominerende presfaktor for bundfaunaens biodiversitet i Nordsøen. De indsamlede infaunadata, i forbindelse med nærværende kortlægning, blev analyseret med henblik på at vurdere om en potentiel effekt af trawlfiskeriet i de to områder var mulig at påvise i infaunasammensætningen. På baggrund af den udførte analyse var det ikke entydigt, om de forskelligheder, som kunne observeres i infaunasamfundet, var styret af trawlaktivitetens påvirkning/stress, eller det at afstanden mellem de indsamlede prøver var stor og varierende og heraf varierende fysiske forhold, varierende diversitet både indenfor og imellem trawlpåvirkede og ikke trawlpåvirkede områder.

Perspektiver

Overordnet har nærværende kortlægning forbedret datagrundlaget indenfor de udpegede områder i form af øget dækning samt en højere datakonfidens langs sejllinjerne. Kortlægningen har ligeledes skabt et grundlag (en "baseline") for yderligere og mere detaljeret kortlægning i udvalgte interesseområder/monitoringsområder med henblik på estimering og vurdering af havbundens naturlige dynamiske forhold, naturlige variabilitet og biologi. Dermed udgør kortlægningen også et første vigtigt skridt mod at kunne estimere og vurdere tab og forstyrrelse af havbunden – specifikt i forhold til substratyper og overordnede habitatyper langs sejllinjerne.

Summary

The project "Marine habitat mapping in the North Sea 2019-2020" (EU tender nr. 2019/S 047-107780) was facilitated through Finance Act funding in connection with monitoring activities under the Marine Strategy Framework Directive (MSFD).

The Danish Environmental Protection Agency (Danish EPA) is required to increase the knowledge of the seabed through mapping of seabed habitats in the Danish waters (within the Danish EEZ) as part of the monitoring programme under the MSFD. This will enable the assessment of physical loss and physical disturbance (mentioned in MSFD Descriptor 6 Sea-floor integrity) of the seabed utilising broad habitat types (BHT).

The spatial distribution maps of these BHTs are already existing for the Danish waters, but in many areas the BHT distribution is based on very limited seabed substrate data that renders the existing map associated with a high degree of uncertainty. There is therefore a need for a more accurate and detailed mapping in areas where data are sparse.

The Danish EPA tender (nr. 2019/S 047-107780) was to map the seabed in the central and western areas of the Danish part of the North Sea as these areas are characterised by limited knowledge of the seabed and its associated benthic biology. The seabed in these areas is also characterised by a relatively high substrate diversity based on previous mapping.

The mapping project was conducted in a partnership of the Geological Survey of Denmark and Greenland (GEUS) and WSP Denmark with GEUS as lead partner.

The project entailed mapping of the seabed within two delimited areas named Eastern North Sea (area A1) with an area of 10,779 km² and Dogger Bank Tail End (area A2) with an area of 3,591 km² located in the central and western part of the Danish part of the North Sea, respectively.

The mapping endeavour of these two areas resulted in the production of substrate maps and broad habitat types that are mentioned in the EU Commission's Decision 2017/848 drafted under the MSFD. The work also resulted in mapping and description of species composition and diversity of flora and fauna in relation to seabed substrate type.

The present project consisted of three phases:

Phase 1 was the geophysical survey (consisting of acoustic mapping with side scan sonar and sediment echosounder) and subsequent data analysis. The geophysical survey was conducted with 1.5 km distance between survey lines and covered ~8,057 line-km distributed on Eastern North Sea (~5,856 km) and Dogger Bank Tail End (~2,201 km). Preliminary geophysical data analyses and interpretation were made and the 1st Generation substrate maps were produced. Based on that, 144 HAPS sample stations were designated for grain size and infauna analyses, and 178 ROV stations were designated (some overlap with HAPS stations) for ground truthing and for describing species composition and diversity of flora and fauna in relation to both substrate types and broad habitat types.

The aim of phase 1 was to produce maps of broad habitat types according to the EUNIS classification (Table 2 in EU Commission Decision 2017/848), as well as substrate types according to the Danish EPA's classification.

Phase 2 consisted of biological and physical point data collection based on the sample stations defined in phase 1. The data collection encompassed visual documentation with ROV and seabed HAPS samples.

The aim of phase 2 was to map species composition and species diversity of flora and fauna in relation to seabed type, and to map the seabed sediment composition. The ROV documentation and seabed sediment composition served as ground truth in relation to the substrate interpretation and as input to the biological analyses.

In phase 3 the final interpretations and analyses were conducted, and the final report was written.

Geophysical mapping

Water depth was obtained from the sediment echosounder data that was corrected and used to generate the bathymetry along the survey lines.

Substrate interpretation was based primarily on the side scan sonar acoustic seabed imagery. The swath of the side scan sonar covered 200-300 m across the survey line, whereby 1,324 km² (12%) of the total area of Eastern North Sea (area A1) and 676 km² (19%) of the total area of Dogger Bank Tail End (area A2) were mapped. The substrate interpretation followed the Danish EPA's classification as defined in Table 3-3. The substrate types between the survey lines were interpolated within each area to achieve full coverage substrate maps for both areas.

The resulting substrate maps clearly illustrate the overall variations in substrate type distribution within the mapped areas (cf. section 4.3) and are generally comparable with the existing substrate maps of the two areas (available in the EMODnet portal (<https://emodnet.eu/en>)) and also to the existing sediment map from GEUS' [Marta](#) database. However, the present mapping has significantly increased the resolution and confidence of the substrate map within the surveyed areas. It should be noted that the full coverage substrate maps are however interpolated and thus constitute a spatial generalization of the mapped substrates in each area (cf. chapter 3). This means that the maps have a high confidence along the survey lines (i.e., areas with a width of 200-300 m) where the resulting substrates are based on surveyed data; whereas lower confidence is expected between the survey lines (i.e. areas with a width of 1,200-1,300 m) as these areas are based on interpolation, supported by GEUS' existing sediment map as well as existing ROV and seabed sample data ([Marta](#)).

The broad habitat types based on the EUNIS classification level 3 / MSFD Broad habitat types were generated using the EMODnet 2019 model with the interpolated substrate maps as an input to the model (cf. section 3.3.3).

The modelled result showed that the three largest broad habitat types within the investigated areas (coverage in percent) are offshore circalittoral mud with ~17% (A1) and ~41% (A2), circalittoral sand with ~21% (A1) and ~36% (A2), as well as offshore circalittoral sand with ~47% (A1) and ~22% (A2).

As for the substrates, the broad habitat types along the survey lines (i.e., areas with a width of 200-300 m) have a high confidence as they are based on surveyed data; while the areas between the survey lines (i.e., areas with a width of 1,200-1,300 m) have an equally lower confidence as they are based on interpolated data.

It is essential to acknowledge the confidence variation across the surveyed areas (A1 & A2) of both the substrate maps and the broad habitat type maps so that they are not used beyond their confidence limitations in relation to spatial resolution and accuracy. One important parameter which was outside the scope of this mapping project is the natural dynamics and variability. Both the confidence and natural variability are important descriptors that should accompany the broad habitat type maps. The natural variability, caused by e.g. seasonal variations, but also changes driven by longer term climate variations (e.g. temperature changes, salinity, changes in sea level, storm intensity, current and waves, etc.) are important parameters to investigate and quantify to enable assessment of the physical loss and disturbance in relation to MSFD seabed integrity.

The collected data and resulting maps generated in this project constitute a unique foundation for further analyses and investigations in relation to mapping of habitat types (dk: habitatnaturtyper). It is not possible to map full coverage habitat types based on the collected data; however, it is possible with further analyses to assess the spatial distribution of habitat types along the survey lines, which could form an important baseline for further investigations.

Epiflora and -fauna

The biological communities of epiflora and -fauna were, due to their association with the different types of substrate and broad habitat types, very different in both diversity and abundance in both the investigated areas: A1 – Eastern North Sea and A2 – Dogger Bank Tail End. The observations are based on 132 and 46 ROV-surveys in areas A1 and A2 respectively. Within the same substrate types and broad habitat types, the biology in the two areas were much alike.

On the sandy substrates, the species found were commonly associated with silty and fine sanded sea floors in the North Sea, such as common starfish, masked crab and hermit crab. As expected, the number of species and individuals of epifauna was limited in general on the sandy substrates. In these habitats a greater diversity and abundance are expected to be found *in* the sand (infauna). On more coarse substrates with gravel and stones, the abundance of epifauna increased with the amount of available stones on the sea floor for the epifauna to attach to. On these substrates the species found were ones that are commonly associated with stony sea floors in the North Sea, such as dead man's fingers and bryozoans (Flustra foliacea). Visible signs

of infauna below the sand (such as holes and siphons) decreased with the scarcity of fine sand, which is to be expected for fauna primarily adapted to this substrate. A number of the stony substrates that were investigated, were visibly affected by the very dynamic environment in the North Sea, which was apparent by occasional sand coverage of the stones and attached fauna. On multiple sites epifauna such as dead man's finger was observed to apparently emerge from of a sandy sea floor, indicative of stony substrate right underneath the covering layer of sand. No flora was observed on the investigated sites, with the exception of a few species of encrusting algae. This is primarily due to the depths of the areas and thereby the scarcity of sunlight required for most macroalgae to thrive and the relatively low occurrences of stony substrate areas necessary for the macroalgae to settle. The observed diversity of fish was relatively low considering the size of the survey area and the species found were common for North Sea bottoms. The fish species most represented were flatfish such as the common dab and the european plaice, as well as dragonets and atlantic cod. When comparing the two areas A1 – Eastern North Sea and A2 – Dogger Bank Tail End, no differences were found in epiflora and -fauna diversity, considering the differences in substrate type distribution.

Division of the sea floor biology on the different types of substrate has provided an overview and a general understanding of the distribution of flora and fauna in the areas A1 and A2. The division into broad habitat types is mostly relevant, when looking from a bigger perspective where areas with different depths, amounts of light, salinity concentrations etc. are compared on the basis of these habitat types and their respective biological conditions. In regard to this investigation, it is difficult to differentiate between the broad habitat types based upon the distribution of epiflora and -fauna.

Infauna

The biological communities of infauna related to the different types of substrate proved significantly different both in diversity and abundance in both of the investigated areas: A1 - Eastern North Sea and A2 – Dogger Bank Tail End. The observations are based on 132 and 46 ROV-surveys in areas A1 and A2 respectively. Overall, the infauna communities in both areas were comprised of species that are commonly associated with observed substrate conditions in the North Sea.

In area A1 the most abundant species were, amongst others, brittle star *Amphiura filiformis*, common sea potato and *Phoronis* sp., while the most abundant classes were polychaetes, malacostracans and bivalves. These species and classes are adapted to the widely spread soft bottom in the area. On average, 6,8 species and 24,8 individuals were found per sample. The infauna biomass in the area was dominated by the class of *Echinoidea* (sea potatoes) followed by bivalves, which is somewhat expectable, considering these animals high weight and volume.

Statistical analyses and tests (MDS, ANOSIM) showed significant differences in infauna communities between substrate type 1a and 1b, 1a and 2a, 1a and 2b as well as 1b and 2a. For the broad habitat types, the corresponding analyses and tests showed that the communities in OCM

(Offshore circalittoral mud) were significantly different from the communities in all other broad habitat types. Furthermore, the communities found in OCS (Offshore circalittoral sand) were significantly different from the communities found in OCCS (Offshore Circalittoral coarse sediment) and CCS (Circalittoral coarse sediment). SIMPER-analyses showed that primarily species of the genus *Phoronis* and the classes brittle stars, polychaetes and bivalves were the biggest contributors to both the similarity in the samples in each substrate type/broad habitat type and the level of difference between different substrate types/broad habitat types. The similarity was highest for the samples collected on substrate type 1a and the broad habitat type OCM compared with samples collected on other substrates.

The total species richness for the samples that were collected in area A1, indicated a dependency of the number of samples that were collected on that substrate type or broad habitat type. The AMBI-index varied from 1,49 to 2,23 for all substrate classifications and characterized all areas, based on the observed species, to be slightly disturbed and all infauna communities as being unbalanced. The Shannon Wiener diversity (diversity of species) placed low for all substrate classifications, although that of the community of substrate 1a and the broad habitat type OCM placed within the level typically observed in the North Sea (1,5-3,5). The DKI-index value varied from 0,67 to 0,80 for all mapped substrate classifications but CM (Circalittoral mud), which classified the ecological condition as good.

In area A2 the most abundant species were, amongst others, the polychaetes *Lanice conchilega*, *Spiophanes bombyx* and *Galathowenia oculatamensis*, while the most abundant classes were polychaetes, malacostracans and bivalves. These species and classes are adapted to the widely spread soft bottom in the area. On average, 9,7 species and 33,9 individuals were found per sample. The infauna biomass in the area was dominated by the class of *Echinoidea* (sea potatoes) followed by bivalves, which is somewhat expectable, considering these animals' high weight and volume.

Statistical analyses and tests (MDS, ANOSIM) showed significant differences in infauna communities between substrate type 1a and 1b as well as 1b and 2b. For the broad habitat types, the corresponding analyses and tests showed that the infauna communities in CS (Circalittoral sand) and OCM (Offshore circalittoral mud) were significantly different from each other. Furthermore, the communities found in OCS (Offshore circalittoral sand) and OCM were also significantly different from each other. SIMPER-analyses showed that primarily species of the classes polychaetes and brittle stars were the biggest contributors to both the similarity in the samples in each substrate type/broad habitat type and the level of difference between substrate type/broad habitat type. The similarity was highest for the samples that were collected on substrate type 1b and 1a respectively. Similarly, the difference was fairly high between the infauna communities registered on substrate type 1a and 1b respectively. For the broad habitat types, the similarity was highest between samples from CS compared with samples from OCM. The highest differences in communities in the various broad habitat types were seen between OCM and all other broad habitat types.

The total species richness for the samples that were collected in area A2, indicated a high dependency of the number of samples that were collected on the single substrate type or broad habitat type. The AMBI-index varied from 1,63 to 2,10 for all substrate classifications and characterized all areas, based on the observed species, to be slightly disturbed and all infauna communities as being unbalanced. The Shannon Wiener diversity (diversity of species) for all substrate classifications was between 1,54 and 1,83 which is within the levels typically observed in the North Sea (1,5-3,5). The DKI-index varied from 0,78 to 0,83 for all mapped substrate classifications. This classified the ecological condition as high within all the mapped substrate classifications but substrate type 2, where the ecological condition classified as good.

Just like the applied multivariate statistical analyses for each area, the same analyses were done for **both areas combined**. Statistical analyses and tests (MDS, ANOSIM) showed significant differences in infauna communities between substrate type 1a and 1b, 1a and 2b as well as 1b and 2b. For the broad habitat types, the corresponding analyses and tests showed that the communities in OCM (Offshore circalittoral mud) were significantly different from all other broad habitat types. Furthermore, the communities found in OCS (Offshore circalittoral sand) were significantly different from the communities in OCCS (Offshore circalittoral coarse sediment) and CCS (Circalittoral coarse sediment), just as CS (Circalittoral sand) was significantly different from CCS and CM (Circalittoral mud). The AMBI-index varied from 1,49 to 2,23 for all substrate classifications and characterized all areas, based on the observed species, to be slightly disturbed and all infauna communities as being unbalanced. The Shannon Wiener diversity (diversity of species) for all substrate classifications was low, between 1,15 and 1,55, although substrate type 1a and the broad habitat type OCM was within the levels typically observed in the North Sea (1,5-3,5). The DKI-index value varied from 0,67 to 0,80 for all mapped substrate classifications but CM (Circalittoral mud) which classified the ecological condition as good.

Division of infauna in respect to substrate types (ST) or broad habitat types from which the sample was collected, has given a gross overview and a general description of the distribution and diversity of infauna in the two areas. By reviewing the results from the ANOSIM analysis (Global test, appendix F), it is possible to investigate whether the variation registered in the infauna is best explained by sorting the data in relation to substrate types or broad habitat types. The variation in infauna composition in A1 was explained slightly better by the sorting in relation to the broad habitat types, while substrate types was a noticeably better explanation than broad habitat types in area A2. The fact that variation in infauna composition was so well explained by sorting the A2 samples in relation to substrate types, is most likely due to the relatively high differences in the fine and coarse substrate in A2, which is probably explained better by sorting in substrate types compared to broad habitat types. Collectively for both areas, there is not unambiguously greater knowledge of the variation in the infauna community between the samples with dividing by substrate types compared to broad habitat types or vice versa. In a greater context where the areas vary more in terms of depth, light intensity and salinity etc., the division in broad habitat types would be very relevant. In more local areas with less variation in these factors such as in A1 and A2, it is difficult to state clearly that one classification of substrate

conditions is better than the other in explaining the variation of infauna diversity. In this report, the mapping shows that the diversity of infauna can vary from site to site and that it is more dependent on the gradient of physical conditions within the mapped area, the size of the area, etc.

Human activities and man-made objects

Human activities and man-made objects (i.e., trawl marks, wrecks, and pipelines) were identified from interpretation of side scan sonar imagery, supported by sediment echosounder profiles and existing sea charts (cf. chapter 3). This setup enabled an overall delineation and mapping of trawl marks, wrecks, and pipelines along the survey lines.

Mapping of areas affected by trawling clearly illustrates the overall accumulated spatial distribution of trawl marks along the survey lines in both areas, where large areas are affected by trawling. It is however important to stress that the trawl marks represent the accumulated spatial distribution of trawling activity; it does not necessarily represent the current trawling activity.

Bottom trawling is considered the most dominant stress factor for the biodiversity of bottom dwelling fauna in the North Sea. The infauna data collected in relation to this mapping was analyzed with the purpose of estimating whether or not, a potential effect of fishing by trawling in the two areas was detectable in the infauna composition. Based on the performed analysis, it was not unambiguous whether the observed differences in the infauna community was a product of the trawling activities, or whether it was the varying and in general high distance between the collected samples, resulting in varying physical conditions and diversity both inside and between trawl affected areas and areas not affected by trawling.

Perspectives

The present mapping campaign has generally improved the data foundation within the designated areas by increasing the data coverage as well as providing a higher data-confidence along the survey lines. The present mapping has also created a foundation (a baseline) for further and more detailed mapping of e.g. designated areas of interest/monitoring areas with the aim of estimating and assessing the seabed's natural dynamic conditions, natural variability, and biology. The present mapping is thus a first important step towards estimation and assessment of loss and disturbance of the seabed – specifically in relation to substrate types and broad habitat types along the survey lines.

1. Indledning

1.1 Baggrund

Projektet "Marin habitatkortlægning i Nordsøen 2019-2020" (EU-udbud nr. 2019/S 047-107780) er muliggjort gennem en Finanslovsbevilling i forbindelse med udførelse af overvågningsaktiviteter i regi af Havstrategidirektivet (HSD).

Udbuddet er afholdt af Miljøstyrelsen under Miljø- og Fødevareministeriet.

Miljøstyrelsen skal som led i overvågningsprogrammet under Havstrategidirektivet øge kendskabet til havbunden gennem en kortlægning af havbundens habitater i de danske farvande (afgrænset af EEZ-linjen) med henblik på at vurdere fysisk tab og forstyrrelse (HSD Deskriptor 6 Havbundens integritet) af havbunden gennem overordnede habitattyper. I dag findes der et kort over udbredelse af disse habitattyper i danske farvande, men det bygger i mange farvandsområder på meget få data, og kortet må derfor betragtes som meget usikkert. I sådanne områder er der derfor behov for en mere præcis og detaljeret kortlægning.

Miljøstyrelsen har ønsket at kortlægge havbunden i den centrale og vestlige del af den danske Nordsø, hvor der er sparsom viden om havbunden, herunder biologiske forhold; og hvor havbunden, baseret på tidligere kortlægninger, er karakteriseret ved en relativ høj diversitet.

De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland (GEUS) og Orbicon WSP (nu WSP Danmark) har udført projektet i partnerskab med GEUS som ledende konsortiepartner.

1.2 Formål

Projektet omfatter kortlægning af havbunden i den centrale og vestlige del af den danske Nordsø, Østlige Nordsøen (område A1) og Doggerbanke Tail End (område A2).

Områderne kortlægges for udbredelsen af substrattyper og overordnede habitattyper, jf. EU-Kommissionens afgørelse 2017/848, der anvendes under havstrategidirektivet. Herunder kortlægges og beskrives artssammensætningen og artsdiversiteten af flora og fauna på de forskellige bundtyper indenfor kortlægningsområderne.

Opgaven opdeles i 3 faser:

- Fase 1 – geofysisk dataindsamling (en akustisk kortlægning), dataanalyse og substrattypetolkning på baggrund af den akustiske kortlægning samt udpegning af verifikationspunkter.
- Fase 2 – biologisk og fysisk punktdataindsamling ved visuel dokumentation med ROV og HAPS-bundprøvetagning for at udføre en biologisk kortlægning af områdernes arts-

sammensætning og artsdiversitet af flora og fauna i relation til bundtype, samt til beskrivelse af overfladesedimentets sammensætning og kornstørrelsesfordeling med henblik på at verificere/korrigere substrattypetolkningen udført i fase 1.

- Fase 3 – udarbejdelse af overordnede habitattypkort for de to områder samt afrapportering af den geofysiske og biologiske kortlægning, så den tilgodeser Miljøstyrelsens ønsker og krav.

Kortlægningen resulterer i fulddækkende kort over substrattyper efter Miljøstyrelsens klassifikation (Tabel 3-3) og overordnede habitattyper baseret på EUNIS (afsnit 3.3.3). Begge typer kort udarbejdes, da nærværende kortlægningsprojekt derved bliver sammenligneligt med tidligere kortlægninger i Nordsøen.

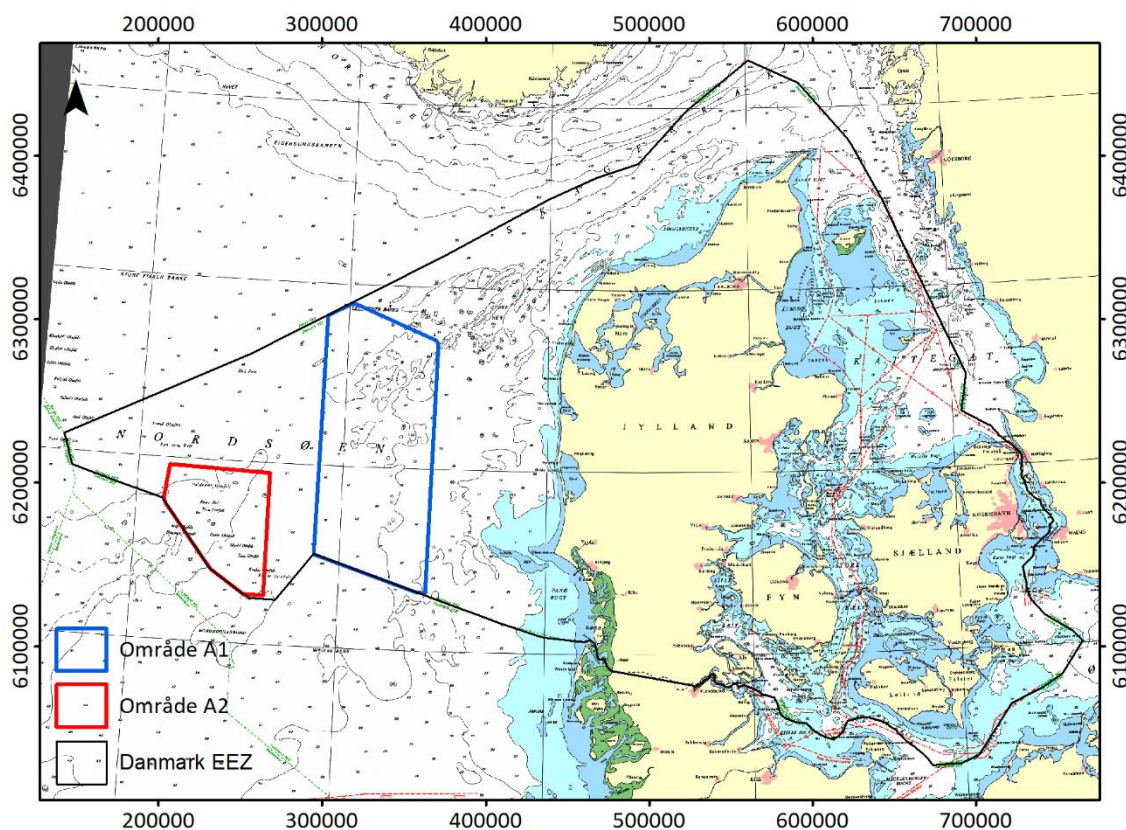
Der er for området behov for indsamling af nye data. Eksisterende data fra dele af områderne gentolkes og indgår i kortlægningen således, at der opnås en samlet fyldestgørende kortlægning af områderne. Akustiske og prøvetagnings arkivdata fra GEUS' [Marta](#) og [Jupiter](#) databaser inddrages som supplement til de øvrige data.

2. Områdebeskrivelse

2.1 Placering af kortlægningsområderne

Projektet "Marin habitatkortlægning i Nordsøen 2019-2020" omfatter habitatkortlægning af havbunden i to delområder, som er beliggende i den centrale og vestlige del af den danske Nordsø. De to områder benævnes henholdsvis Østlige Nordsøen (område A1) og Doggerbanke Tail End (område A2). Placeringen af de to kortlægningsområder kan ses på nedenstående oversigtskort (Figur 2-1).

Kortlægningsområderne er beliggende i nogle af de mest diverse og komplekse havbundsområder i henhold til batymetri og overfladesediment i den centrale og vestlige del af den danske Nordsø.



Figur 2-1. Oversigtskort med angivelse af afgrænsningen for de to kortlægningsområder Østlige Nordsøen (område A1) og Doggerbanke Tail End (område A2).

2.2 Nordsøen

Nordsøen er en havdækket del af Det Europæiske Kontinent. Vanddybden tiltager jævnt fra Jyllands vestkyst og mod vest. Længst mod vest, i Centralgraven, er vanddybden omkring 80 m, mens de østlige dele af Nordsøen er lavvandede, typisk med vanddybder mellem 10 og 30 m. I

Skagerrak tiltager dybden mod nordvest, mod den Norske Rende, hvor den maksimale dybde i dansk farvand er omkring 500 m. Dogger Banke er et stort lavvandet område, beliggende i den centrale del af Nordsøen, hvor vanddybden i den danske del er 25 til 35 m (Figur 2-4).

De præ-Kvartære sedimenter ved basis af Kvartær i den danske del af Nordsøen og Skagerrak domineres af skrivekridt og Tertiært ler, silt og sand. De præ-Kvartære lag kan være foldede og forkastede; det gælder særligt i Sorgenfrei-Tornquist Zonen, der adskiller det Fenno-Skandiske Skjold fra det Danske Basin.

Basis af Kvartæret ligger højt i den østlige del af Nordsøen, og tykkelsen af de Kvartære lag er typisk kun nogle titals meter. De Kvartære lag afgrænses fra de ældre lag af en erosionsflade. Mod vest stiger tykkelsen af de Kvartære lag, og i Centralgraven er mægtigheden over 1.000 m (Nielsen *et al.* 2008).

Under Kvartærtiden er Nordsøen talrige gange blevet dækket af det Skandinaviske Isskjold, og de ældste spor af nedisninger er omkring 2,6 millioner år gamle. Under nedisningerne er der aflejret moræneler og morænesand, med sten og blokke. Ud over moræneaflejringer blev der også aflejret store mængder sand af smeltevandsfloder, og i isdæmmede søer blev der aflejret ler og silt. Under nedisningerne blev der eroderet dybe tunneldale, som senere blev udfyldt med sediment, så de nu fremstår som begravede dale. Et andet fænomen fra istiderne er glacial-tektoniske forstyrrelser især i form af overskydninger og folder; de kendes blandt andet fra Jamberbugt og fra Fanø Bugt. De er dannet af gletschere, der bevægede sig mod vest. Det relative hav-niveau var generelt lavt under sidste istids maksimum, men der er dog fundet glaciomarine aflejringer som viser, at havet er trængt ind i området for måske 30.000 til 50.000 år siden (Knudsen 1985; Larsen *et al.* 2009).

Under mellemistiderne var Nordsøen havdækket, og marint sand og ler fra Eem-tiden er påvist mange steder, ligesom der også er fundet aflejringer fra ældre mellemistider.

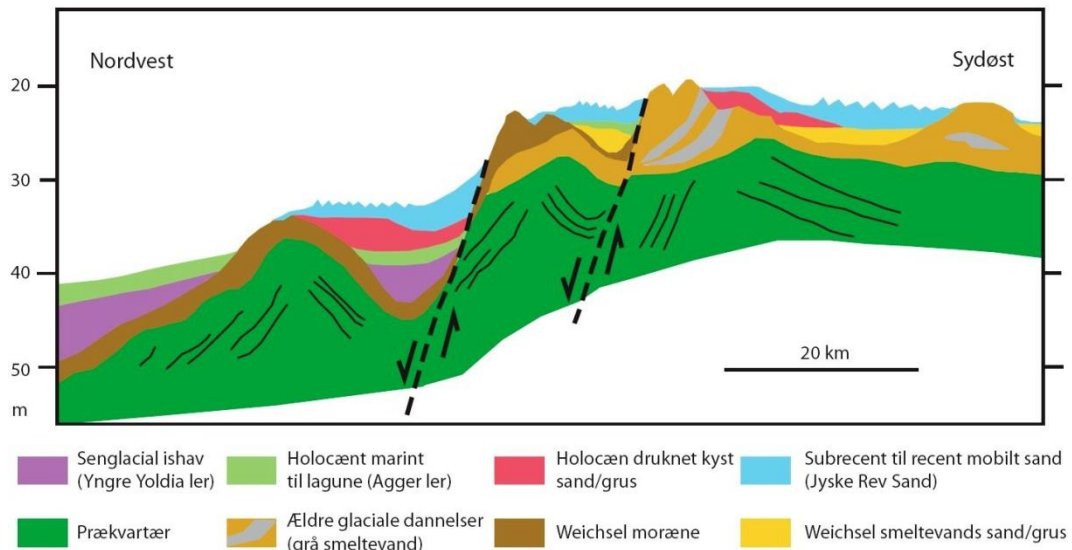
Under sen-glacial tid trængte havet ind i de nordlige dele af Dansk Nordsø, hvor istykkelsen var størst under sidste istid, og jordskorpen derfor var presset ned. I de mere lavvandede dele af Nordsøen var der lokalt søer, hvor der blev aflejret ler og gytje. I tidlig Holocæn var Nordsøen tørt land og man kunne gå fra Jylland til England. Fra denne tid stammer tørveaflejringer, som er påvist en del steder i Nordsøen.

For omkring 10.000 år siden begyndte havet at trænge ind i den danske del af Nordsøen, og i løbet af de næste årtusinder fik Nordsøen den udstrækning, som vi kender i dag. Den Engelske Kanal blev ligeledes transgrederet af havet, og det nuværende mønster med havstrømme opstod.

GEUS har siden begyndelsen af 1990'erne arbejdet med at kortlægge den geologiske udvikling af Nordsøen. Ud over GEUS' egne forskningsprojekter er der gennem adskillige projekter udført for Naturstyrelsen, Kystdirektoratet og råstofindustrien opbygget en detaljeret viden og forståelse af den geologiske udvikling af kortlægningsområderne. Især skal projektet Marin råstof- og

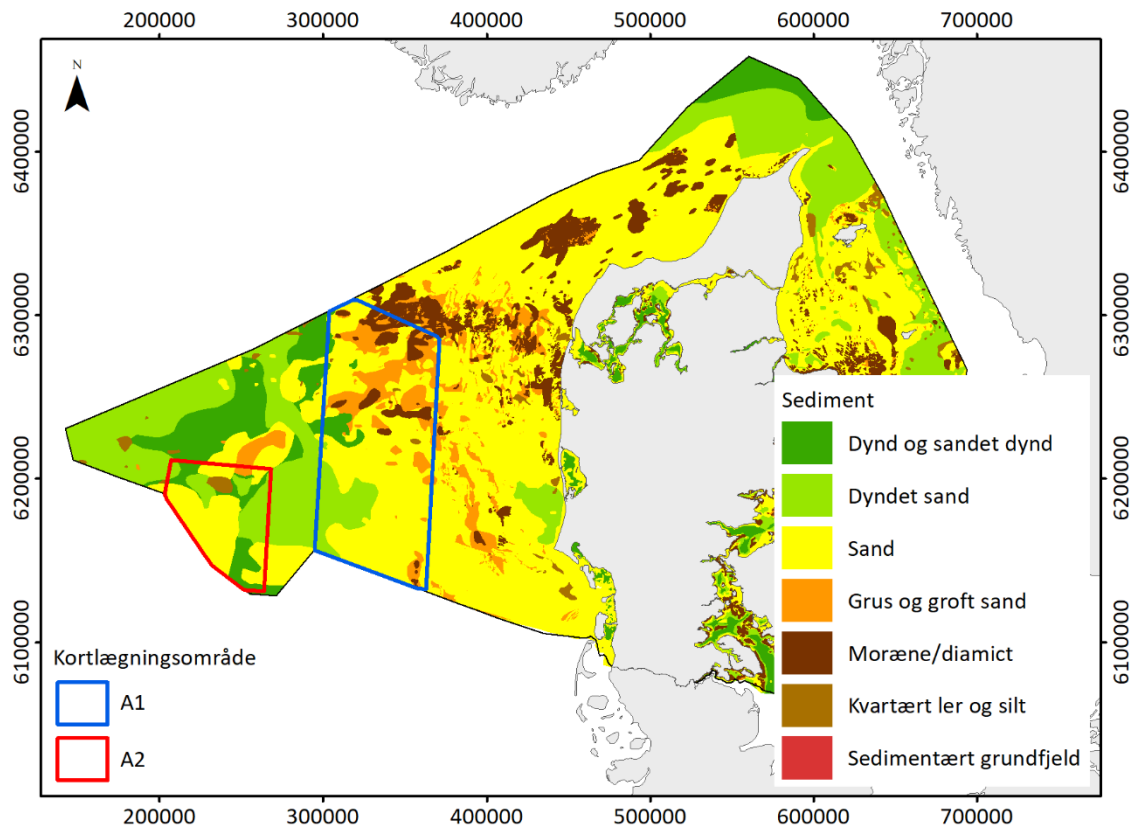
naturtypekortlægning i Nordsøen 2010 udført for Naturstyrelsen af GEUS og Orbicon (Naturstyrelsen, 2011) fremhæves.

GEUS har opstillet en geologisk model for dele af Nordsøen (Figur 2-2). Denne model har dannet grundlag for karakteriseringen og forståelsen af de marine habitater i kortlægningsområderne.

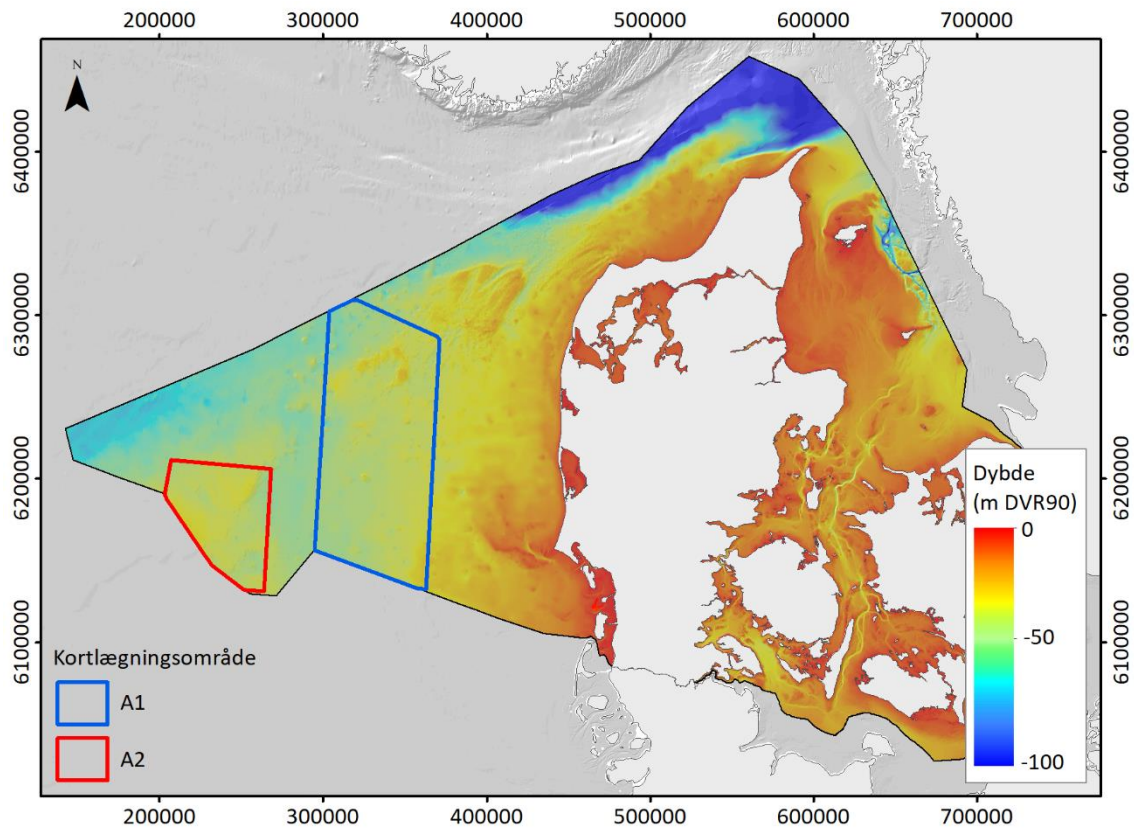


Figur 2-2 Generel geologisk model for den østlige del af Nordsøen udviklet af GEUS på baggrund af ca. 25 års kortlægningsaktiviteter i området. Fra Jensen et al. (2011).

Den generelle fordeling af overfladesediment i de danske farvande er illustreret i Figur 2-3. Kortet viser sedimentfordelingen i hovedtræk, og de regionale forskelle træder tydeligt frem. Det ses, at de mere lavvandede dele domineres af sand. Dybere områder domineres af dynd og dynd-holdigt sand (Figur 2-3 og Figur 2-4). Lokalt, i mindre områder findes moræneaflejringer og grus.

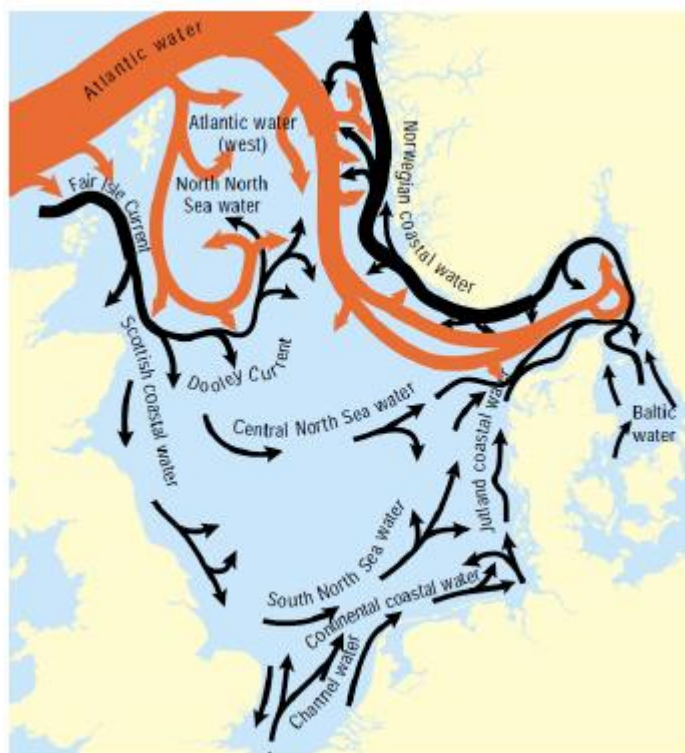


Figur 2-3. Overfladesedimentkort der viser et gennemsnit af den øverste meter af havbunden samt de to kortlægningsområder.



Figur 2-4. EMODnet batymetri med skyggeeffekt samt de to kortlægningsområder og dansk EEZ-afgrænsning.

Nordsøen er et halvlukket havområde, hvor vandcirkulationen overordnet styres af indstrømningen fra Nordatlanten mellem Norge og Skotland (Atlantic Water Current og Fair Isle Current), gennem Den Engelske Kanal (Channel water), flodudstrømning fra de store floder på kontinentet (Continental coastal water) og udstrømningen fra Østersøen gennem Skagerrak (Norwegian coastal water) (Figur 2-5). Disse forskelligartede strømninger interagerer med hinanden og skaber tilsammen et komplekst hydrografisk strømningssystem i Nordsøen påvirket af kræfter fra tidevand, vind og lufttryk. Disse hydrografiske betingelser vurderes at være af stor betydning for økosystemerne i Nordsøen (Rambøll, 2015).



Figur 2-5. Skematisk diagram af det generelle strømningmønster i Nordsøen. Pilenes bredde indikerer transportvolumens relative størrelse (fra OSPAR, 2000).

Havstrømmene roterer generelt mod uret med kystparallelle strømme, som bevæger sig fra syd mod nord langs den jyske vestkyst og Skagerrak. Tidevand er en dominerende faktor i Nordsøen og er karakteriseret ved en markant rumlig variation, både i relation til flod og ebbe og i relation til strømhastigheder (Otto et al., 1990). I den danske Nordsø, når de maksimale strømhastigheder op på $\sim 0,6$ m/s, mens der i den sydlige del, nær Holland, er målt maksimale strømhastigheder på $\sim 1,5$ m/s.

Det overordnede strømningmønster i Nordsøen påvirker nettosedimenttransporten og resulterer for eksempel i sedimenttransport fra syd mod nord i områderne langs Nordsøens sydlige og østlige afgrænsning. Den nordgående sedimenttransport langs den danske vestkyst er styret af den Jyske kyststrøm, som transporterer sediment fra det tyske område til Skagerrak (Anthony & Leth, 2002).

Bundformer (fx sandbanker og sandbølger) genereret ved interaktionen mellem strømmende vand (fx havstrømme og tidevandsstrømme) og havbundens mobile sedimenter er udbredte og mangfoldige i Nordsøen inklusiv det europæiske Vadehav. Adskillige studier har undersøgt disse bundformers dimensioner, dynamik og udbredelse bl.a. i belgiske (fx Deleu et al., 2004; Cherlet et al., 2007; van Lancker et al., 2012), hollandske (fx Hulscher & van den Brink, 2001; van Dijk & Kleinhaus, 2005; Baptist et al., 2006; Cheng et al., 2020) og tyske (fx Diesing et al., 2006; Markert et al., 2013; Mielck et al., 2015) farvande. Ligeledes er tilsvarende bundformer observeret i for-

bindelse med kortlægninger i den danske del af Nordsøen (Naturstyrelsen, 2011, 2015; Miljøstyrelsen, 2018); og enkelte studier har også undersøgt sedimentmønstrene, formerne, dimensionerne og dynamikken for disse bundformer i relativt kystnære områder i den danske del af Nordsøen (Anthony & Leth, 2002; Bartholdy et al., 2002; Ernstsen et al., 2005, 2006, 2011). Der eksisterer ikke en oversigt over den rumlige fordeling af bundformer i den danske del af Nordsøen eller i danske farvande generelt.

Saltholdigheden i Nordsøen varierer fra saltvand i vest til brakvand langs kystområderne mod øst. Langs kystområderne forekommer der en sæsonvariation i saltholdigheden, mens saltholdigheden stort set er konstant i den centrale del af Nordsøen (OSPAR, 2000).

Den danske sektor af Nordsøen er generelt karakteriseret ved sediment bestående af sand, mudret sand og mudder samt mindre områder med moræne og grove sedimenter. Det ses, at de mere lavvandede dele af Nordsøen domineres af sand, til dels som mudret sand, mens de dybere dele domineres af mudder (Figur 2-3).

2.2.1 Østlige Nordsøen

Østlige Nordsøen (område A1) ligger i den centrale del af den danske del af Nordsøen. Mod syd grænser området op til den dansk-tyske grænse og mod nord grænser området op til den dansk-norske grænse. Området måler ~160 km fra nord til syd og ~70 km fra øst til vest. Arealet udgør 10.779 km².

Vanddybden i området varierer mellem ~20 m og ~60 m. De mest lavvandede områder er beliggende i den nordlige halvdel, langs et sydvest-nordøst orienteret topografisk relief og i det syd-østlige hjørne af kortlægningsområdet. Området domineres af østgående havstrømme (Figur 2-5) og saltholdigheden er ~34 psu. Overfladesedimentet i området udgøres primært af sand og dyndet sand. Mod nord forekommer mindre områder med moræneaflejringer, ler og grus.

Langs havbunden løber der flere rørledninger gennem området fra olie- og gasfelterne i Nordsøen og ind til land ([Energistyrelsen](#)).

2.2.2 Doggerbanke Tail End

Doggerbanke er et isoleret topografisk relief beliggende i den centrale del af Nordsøen og strækker sig ind i både britisk, tysk, dansk og hollandsk farvand. Det er en stor sandbanke med en elongeret form orienteret sydvest-nordøst. Den nordøstlige ende af Doggerbanke danner en meget karakteristisk hale, som kaldes "Doggerbanke Tail End", hvis østlige afgrænsning ligger inden for kortlægningsområdet (område A2). Doggerbanke Tail End (område A2) er beliggende i den sydvestlige del af den danske Nordsø og grænser mod sydvest op til den dansk-tyske

grænse. Områdets maksimale udbredelse er ~64 km i øst-vestlig retning og ~75 km i nord-sydlig retning. Arealet udgør 3.591 km².

Vanddybden i området varierer mellem ~30 m og ~55 m med de laveste dybder over Doggerbanke Tail End. De dominerende havstrømme i området er østgående, styret af Central North Sea Water Current. Saltholdigheden i området er ~34 psu. Overfladesedimentet i dette område af Nordsøen udgøres primært af sand, dyndet sand, dynd samt mindre områder med ler og grus (Figur 2-3).

Kortlægningsområdet (A2) er beliggende i et område af Nordsøen med mange olie- og gasfelter f.eks. Tyra, Dagmer, Gorm, Halfdan, Skjold m.fl. Området gennemskæres af et netværk af rørledninger mellem de enkelte olie- og gasfelter samt i forbindelse med forsyningen til land ([Energistyrelsen](#)).

3. Materialer og metoder

3.1 Eksisterende data

3.1.1 Rumlige geofysiske data

Det eksisterende datagrundlag bygger på tidligere geofysiske kortlægningskampagner. I 2009 foretog GEUS en geofysisk kortlægning for Naturstyrelsen (Gravesen et al., 2009), som dækker den sydlige del af undersøgelsesområdet med øst-vest gående surveylinjer. Til denne kortlægning blev der anvendt sparker, sidescan sonar og chirp.

I 2010 foretog GEUS, i samarbejde med Orbicon, en kortlægning af marine råstoffer og naturtyper for Naturstyrelsen (Naturstyrelsen, 2011). Den geofysiske del af kortlægningen blev udført med sparker, single beam ekkolod, sidescan sonar og chirp.

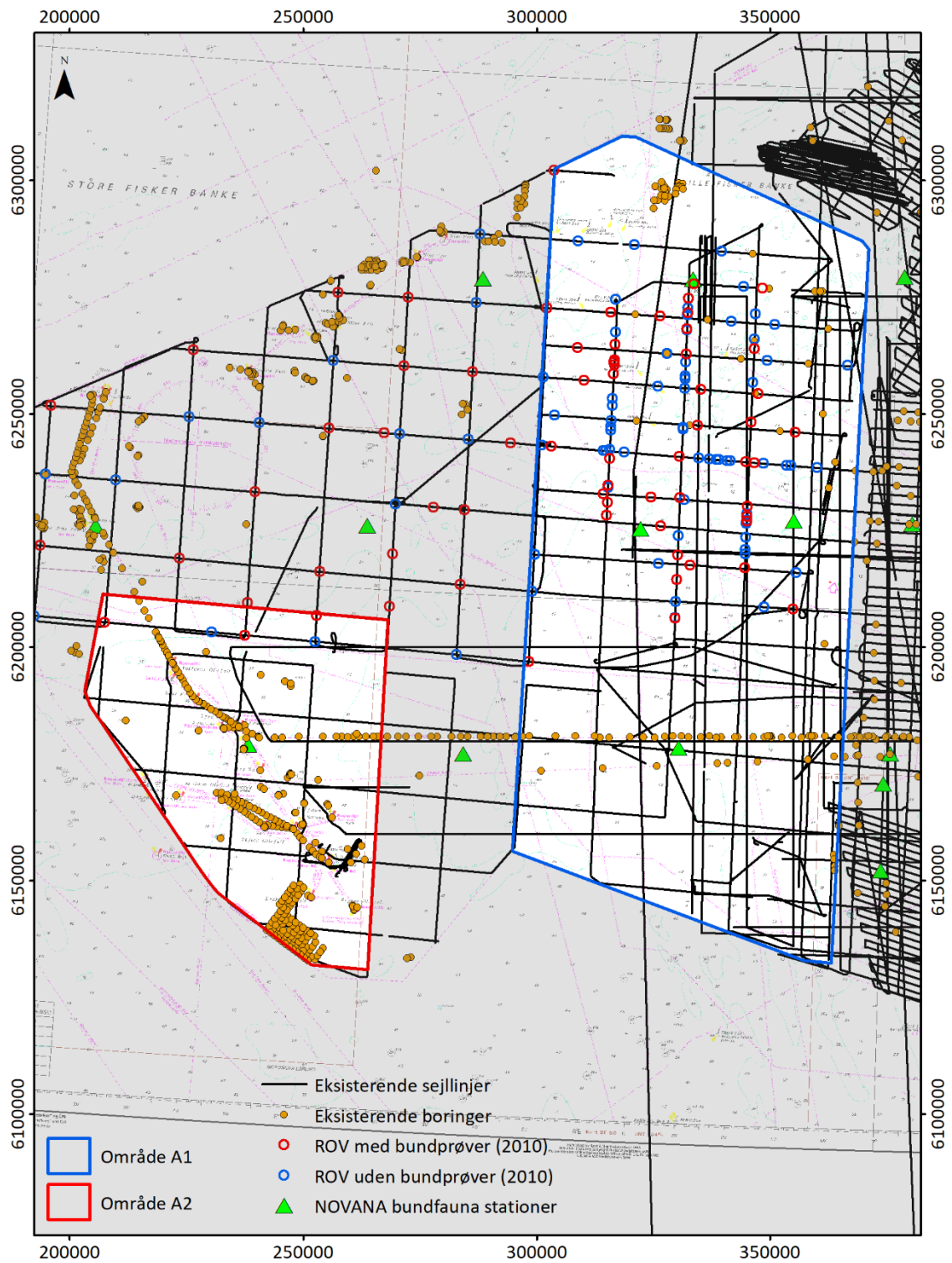
Figur 3-1 og Tabel 3-1 giver et overblik over eksisterende data indenfor de to områder.

3.1.2 Fysiske og biologiske punktdata

3.1.2.1 Fysiske punktdata

Der er gennem tiden udtaget et betydeligt antal kerner i den danske del af Nordsøen ([Marta](#)), som bidrager til forståelsen af den geologiske udvikling af Nordsøområdet.

I forbindelse med NOVANA-programmet er der indsamlet bundfaunaprøver flere steder i kortlægningsområdet (Miljøstyrelsen, 2021). Desuden foreligger der en række bundfaunaprøver og ROV-dyk fra et tidligere gennemført survey (Naturstyrelsen, 2011) (Figur 3-1).



Figur 3-1. Eksisterende data indenfor de to kortlægningsområder. Data fra GEUS' Marta database og MiljøGIS samt fra Naturstyrelsen (2011). Den østligste NOVANA-station i område A1 er ikke prøvetaget i NOVANA-programmet.

Tabel 3-1. Eksisterende data indenfor de to kortlægningsområder, opgjort i hhv. antal for punktobservationer og km for linjeobservationer. Data fra GEUS' Marta database og MiljøGIS samt fra Naturstyrelsen (2011).

Eksisterende data	Område A1	Område A2
NOVANA stationer (antal)	4	1
ROV med bundprøver (antal)	45	3
ROV uden bundprøver (antal)	62	2
Boringer (antal)	104	294
Sejllinjer (km)	4.081	914

3.1.2.2 Biologiske punktdata / eksisterende biologiske forhold

3.1.2.2.1 Epiflora og -fauna

Eksisterende biologiske forhold er beskrevet ud fra ROV-dyk fra et tidligere gennemført survey i området i 2010, der lagde grund for en substrat- og naturtypekortlægning gennemført for Naturstyrelsen (2011).

Inden for område A2 "Doggerbanke Tail End" blev der gennemført 5 ROV-punkter, hvoraf tre punkter er med bundprøve og to punkter er uden bundprøve. Inden for område A1 "Østlige Nordsøen" blev der gennemført i alt 107 ROV-punkter, hvoraf 45 punkter er med bundprøve, mens 62 punkter er uden bundprøve (Naturstyrelsen, 2011) (Tabel 3-1). Placeringen af de enkelte ROV-punkter kan ses på Figur 3-1.

Eksisterende biologiske forhold i område A1 "Østlige Nordsøen"

De 107 ROV punkter dækker en stor del af A1 "Østlige Nordsøen" og beskrives herunder i relation til de kortlagte substrattyper fra 2010-kortlægningen (Naturstyrelsen, 2011).

Substrattype 1a

På substrattype 1a, som er den blødeste bund, er der inden for område A1 kun gennemført ganske få ROV stationer, hvorved det er vanskeligt at uddrage konklusioner ud fra det tilgængelige datamateriale. Af de arter, der blev observeret, kan nævnes kamstjerner (*Astropecten irregularis*), maskekrabber (*Corystes cassivelaunus*), eremitkrebs (*Pagurus bernhardus*), børsteorm (polychater sp), jomfruummer (*Nephrops norvegicus*), konk (*Buccinum undatum*), og alm. søstjerne (*Asterias rubens*). Desuden er der observationer af dødningehåndkoral (*Alcyonium digitatum*) og polypper (hydrozoa sp.) i tilknytning til fast substrat som en stor skal eller lign. Børsteorm sås ofte sammen med konk (*Buccinum undatum*), da konk gerne spiser børsteorm. Generelt er de observerede stationer med substrattype 1a med få epifaunaarter, svarende til ni arter på fem stationer.

Der blev kun observeret enkelte fisk i relation til substrattype 1a og her primært arter af fladfisk, men dog også enkelte observationer af torsk (*Gadus morhua*) og fløjfisk (*Callionymus lyra*).

Substrattype 1b

Typiske arter tilknyttet denne substrattype var kamstjerne (*Astropecten irregularis*), og eremitkrebs (*Pagurus bernhardus*), som var at finde på hovedparten af stationer med substrattype 1b. Oftest var det de eneste to arter, der blev registeret på lokaliteten. Alm. søstjerne (*Asterias rubens*) var også meget almindelig på denne substrattype. Maskekrabbe (*Corystes cassivelaunus*), konk (*Buccinum undatum*) og knivmusling (*Ensis* sp.) var også forekommende på substrattype 1b, men var ikke nær så almindelig som de ovenstående arter. Generelt er de observerede stationer med substrattype 1b med middel antal epifaunaarter, svarende til 17 arter på 60 stationer.

På de stationer, hvor der blev observeret arter af fisk, var det tobis (*Ammodytes marinus*), torsk (*Gadus morhua*) fløjfisk (*Callionymus lyra*) og arter af fladfisk, der blev observeret – typisk dog kun en til to arter per station.

Substrattype 2

Epifaunaen på substrattype 2 minder om epifaunaen observeret på substrattype 1b, dog med den undtagelse at der optrådte enkelte fastsiddende dyr, idet substrattypen indeholder mindre sten og skaller, som muliggør vedhæftning. Hyppigt observerede dyr i tilknytning til denne substrattype var alm. søstjerne (*Asteria rubens*), slangestjerne (*Ophiothrix fragilis*), kamstjerne (*Astropecten irregularis*), eremitkrebs (*Pagurus bernhardus*), dødningehåndkoral (*Alcyonium digitatum*) og trekantorm (*Pomatoceros triqueter*). Specielt trekantorm adskiller epifaunaen på substrattype 2 fra epifaunaen på substrattype 1b. Arten er observeret på mange stationer med substrattype 2 på mindre sten, men kun på en enkelt station med substrattype 1b. Generelt er de observerede stationer med substrattype 2 med middel antal epifaunaarter, svarende til 18 arter på 22 stationer.

Der er generelt kun få observationer af fisk på denne substrattype og flere af stationerne er helt uden observationer af fisk. Til gengæld blev der observeret mange forskellige arter stationerne imellem, herunder rødspætte (*Pleuronectes platessa*), fløjfisk (*Callionymus lyra*), tobis (*Ammodytes marinus*), kutling (*Gobiidae*), torsk (*Gadus morhua*) og ikke nærmere bestemte arter af fladfisk.

Substrattype 3 og 4

Epifaunaen på de hårde substrattyper 3 og 4 er meget sammenlignelige og beskrives derfor samlet. Den observerede epifauna var artsrig og helt domineret af dyr knyttet til hårdt substrat, som trekantorm (*Pomatoceros triqueter*), dødningehåndkoral (*Alcyonium digitatum*), stort søpindsvin (*Echinus esculentus*), bladmosdyr (*Flustra foliacea* og *Securiflustra securifrons*), fjergrenede polypper (*Nemertesia* sp.), brændende søanemone (*Bolocera tuediae*), og andre søanemoner, rur sp. kamstjerner (*Astropecten irregularis*), slangestjerner (*Ophiothrix fragilis*), alm. søstjerne (*Asterias rubens*) og eremitkrebs (*Pagurus bernhardus*). Derudover er der observationer af tasekrabber (*Cancer pagurus*) som bruger hulrummene mellem stenene til at gemme sig i. Generelt er de observerede stationer med substrattype 3 og 4 med middel antal epifaunaarter, svarende til 14 arter på 12 stationer.

Den hyppigst observerede fiskeart i tilknytning til disse substrattyper var torsk (*Gadus morhua*), men der var også observationer af fløjfisk (*Callionymus lyca*), kutling (*Gobiidae*) og ganske sensationelt så vi sildehaj to gange. En del af stationerne med substrattype 3 og substrattype 4 var dog uden observationer af fisk.

Vegetation

De stenede substrattyper blev registreret på vanddybder mellem 38 og 56 meter. På disse dybder kommer der så lidt lys på havbunden, at det tilsyneladende ikke er muligt for makroalgerne at etablere sig, trods egnet substrat. Makroalgerregistreringerne omfattede alene af to observation af røde kødskorper og røde kalkskorper på stationer beliggende på henholdsvis 43,5 og 44,2 meters vanddybde. Ingen andre algerarter blev observeret.

Eksisterende biologiske forhold i område A2 "Doggerbanke Tail End"

Området A2 "Doggerbanke Tail End" er kun dækket af 5 ROV-stationer, hvilket må beskrives som mangelfuldt. Det forventes, at området indeholder mange af de samme arter, som i ovennævnte område A1 "Østlige Nordsøen". Faunaobservationerne fra ROV-stationerne beskrives imidlertid herunder i relation til de kortlagte substrattyper fra 2010-kortlægningen (Naturstyrelsen, 2011).

Substrattype 1a

De almindeligste arter tilknyttet substrattype 1a var konk (*Buccinum undatum*) og børsteorm (*Polychaeta* sp). Konk har børsteorm som en af sine væsentligste fødekilde og de to arter sås ofte på de samme stationer. Derudover blev der observeret knivmusling og tobis (*Ammodytidae*).

Substrattype 1b

De almindeligste arter tilknyttet substrattype 1b var konk (*Buccinum undatum*) og børsteorm (*Polychaeta* sp). Konk har børsteorm som en af sine væsentligste fødekilde og de to arter sås ofte på de samme stationer. Derudover blev der observeret almindelig søstjerne, kamstjerne, eremitkrebs og fladfisk sp.

3.1.2.2 Infauna

Bundfaunaen i Nordsøen og Skagerrak overvåges i regi af havstrategidirektivet. Der findes i alt 20 prøvetagningsområder hver med 42 prøvetagningspositioner, som hver især har været prøvetaget hvert andet år siden 2015 (Hansen & Høgslund, 2019). I henhold til nærværende kortlægningsområder, "Østlige Nordsøen" og "Doggerbanke Tail End" findes henholdsvis tre og et af disse prøvetagningsområder inden for projektets afgrænsninger (Figur 3-1). I Tabel 3-2 er infauna data samlet for årene 2017 og 2018 for de relevante områder.

Tabel 3-2. (fra Marine områder 2017 og 2018, ((Hansen J. W., 2019) (Hansen & Høgslund, 2019)). Bundfaunastationsområder (lokaliteter) med angivelse af prøvetagningsdybde i Nordsøen og i Skagerrak indsamlet i 2017 og 2018. Dybden angiver gennemsnitsdybden for området. S₁ angiver det gennemsnitlige antal arter i en HAPS-prøve. Tætheden angiver individtætheden pr. kvadratmeter, VV angiver vådvægten pr. kvadratmeter, S₄₂ angiver artsrigdommen i hele prøvetagningsområdet med 42 stationer. AMBI er beregnet for individuelle HAPS-prøver. H' angiver den gennemsnitlige Shannon-diversitet for en HAPS-prøve. DKI-værdien er beregnet under antagelse af, at saltholdigheden er ~30 psu. Usikkerheden angives ved standardafvigelsen.

	Årstal	Dybde m	S ₁	Tæthed Antal m ⁻²	VV g m ⁻²	S ₄₂	AMBI	H'	DKI v.3
Østlige Nordsøen									
DMU1026	2018	47	8,9	4955	304	54	1,61	1,56	0,54 ± 0,07
DMU1046	2018	45	6,5	714	163	64	1,21	2,36	0,58 ± 0,11
DMU1074	2017	44	3,9	338	44	49	1,61	1,83	0,43
<i>Middel</i>	-	-	6,4	2002	170	56	1,48	1,92	0,52
Doggerbanke Tail End									
DMU1048	2018	42	8,2	1019	293	75	1,76	2,65	0,6 ± 0,07
Nordsøen									
<i>Middel</i>	2018	-	9,1	2257	237	60,8	1,54	2,27	0,59

I Marine områder, 2018 (Hansen & Høgslund, 2019) beskrives det, at der generelt for Nordsøen og Skagerrak i perioden 2016-2018 sås et fald i biomasse, ligesom den gennemsnitlige individtæthed var faldende. Med hensyn til artsrigdommen, artsdiversiteten (H'), følsomheden (AMBI) og miljøkvalitetsindeks (DKI) var disse på samme niveau i de to prøvetagningsår, hvilket indikerer uændrede forhold. Nyere data fra Nordsøen i 2019 (Hansen & Høgslund, 2020) tyder på, at der har været ret konstante forhold for bundfaunaen generelt i Nordsøen i perioden 2015 til 2019.

For prøvetagningsstationerne inden for afgrænsningerne af nærværende kortlægningsområder sammenlignet med Nordsøen generelt (Tabel 3-2), ses for Østlige Nordsøen lavere artsrigdom, biomasse, og artsdiversitet, mens individtætheden, AMBI og DKI var sammenlignelige. For Doggerbanke Tail End, der er repræsenteret med et enkelt prøvetagningsområde i 2018, ses lavere artsrigdom for enkeltprøver og individtæthed, mens biomasse, den samlede artsrigdom, artsdiversitet og DKI var højere og AMBI sammenligneligt.

3.2 Dataindsamling og bearbejdning

3.2.1 Indsamling af rumlige geofysiske data

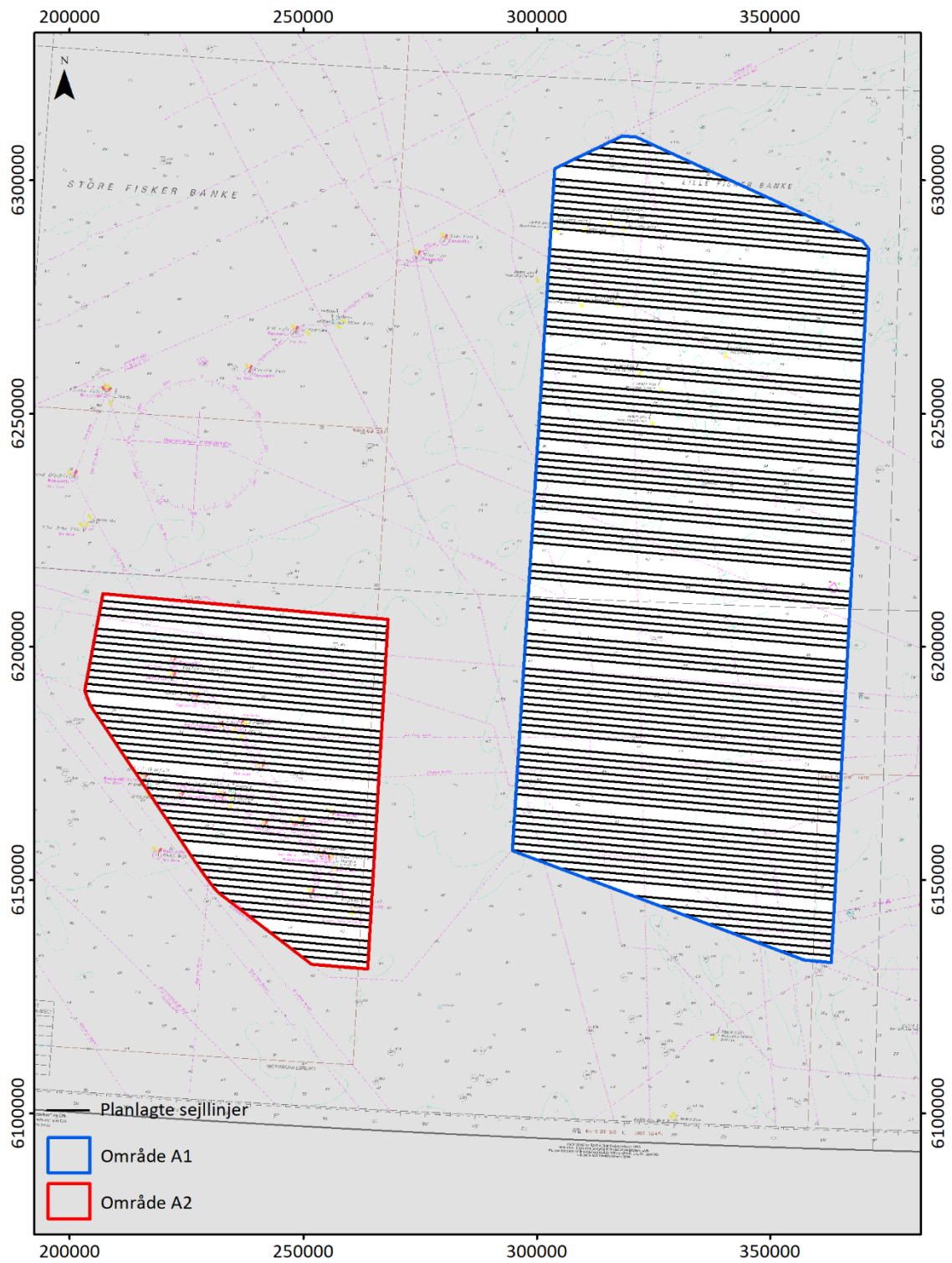
Skibet M/S Skoven blev anvendt som platform for det geofysiske feltarbejde (Figur 3-2). Den geofysiske dataindsamling foregik i perioden fra den 3. juni til den 25. juli 2019 og blev udført af GEUS og WSP Danmark. M/S Skoven er 42 m langt, 8,4 m bredt og har en maksimal cruise-hastighed på 11,5 knob. Skibets størrelse og vægt gør det til en stabil platform, som er ideel til survey i relativ stærk vind og i relativt store bølger.

Der blev planlagt 8.057 linje-km til den geofysiske kortlægning fordelt på Østlige Nordsøen (5.856 km) og Doggerbanke Tail End (2.201 km). Linjerne blev placeret under hensyntagen til eksisterende data i området således, at der ikke blev sejlet oven på tidligere kortlagte linjer. De planlagte sejllinjer fremgår af Figur 3-3.

Til den geofysiske dataindsamling blev der anvendt et EdgeTech 4200 series sidescan sonar system samt et Innomar SES-2000 Medium sub-bottom profiler system (sedimentekkolod).



Figur 3-2. M/S Skoven blev anvendt til de geofysiske undersøgelser (Billede fra Miljøstyrelsen, 2018).



Figur 3-3. Oversigt over planlagte sejllinjer indenfor Østlige Nordsøen (område A1) og Doggerbanke Tail End (område A2). Der er 5.856 linje-km i område A1 og 2.201 linje-km i område A2, hvilket giver et samlet antal linje-km på 8.057 km.

3.2.1.1 Positionering

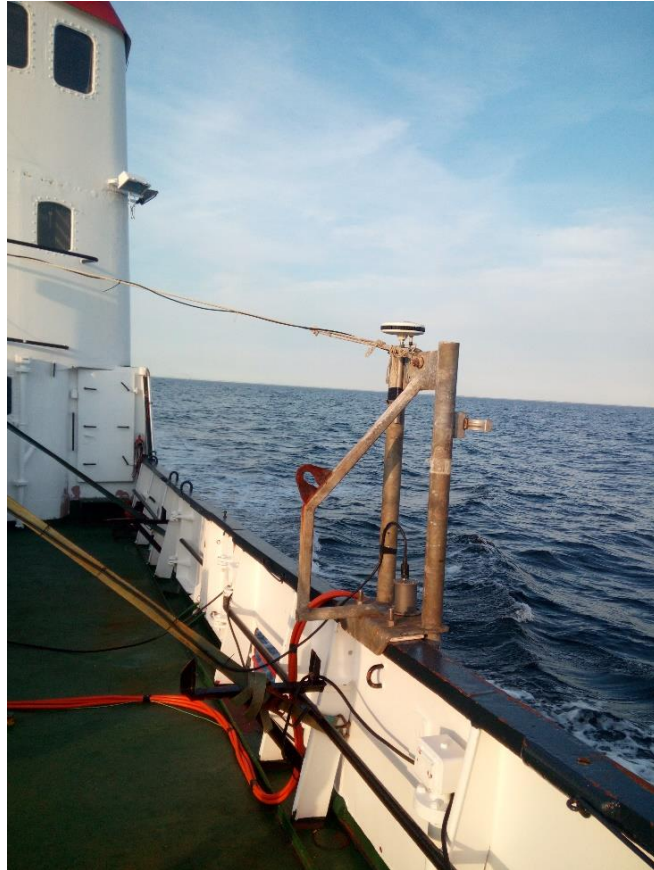
Til positionering af M/S Skoven blev der anvendt en C-Nav 3050, som er en præcisions GPS/GNSS/L modtager. Systemet leverer en positionsnøjagtighed på ~1 m. Systemets GPS-antenne er fastgjort i toppen af stativet, hvorpå sedimentekkolodet er monteret. Alle instrumenters indmålte offsets er i relation til GPS-antennens placering. GPS-positioner blev logget i den centrale navigationscomputer med Hypack software, som distribuerede de indsamlede antennepositioner til de to instrumenters optage-software, hvori positionerne blev korrigeret i forhold til de respektive instrumenters offsets.

3.2.1.2 Sedimentekkolod

Til karakterisering af de overfladenære sedimentlag blev der benyttet et sedimentekkolod af typen Innomar SES-2000 Medium sub-bottom profiler. Instrumentet er en såkaldt parametrisk sub-bottom profiler, der i kraft af en fleksibel pulsmodulering kan benyttes på vanddybder mellem 2 og 2.000 m. Nedtrængningen under havbunden er op til 70 m (ved dyndede finkornede sedimenter), og den vertikale opløsning er op til 5 cm, afhængig af pulsindstillingen. Systemets højfrekvente kanal blev brugt som "singlebeam" ekkolod til at bestemme vanddybder. Alle data er korrigerede for rul og heave ved hjælp af en motion sensor (SMC), der udjævner bølgebevægelser og derved optimerer de seismiske data.

Systemet var monteret på en pole, som var fastmonteret til en ramme på skibets bagbordsside. Motion sensoren var monteret på rammen lige over pole'n, og over denne sad der en GPS-antenne til brug for positionering (Figur 3-4).

SES-data blev indsamlet i systemets tilhørende software (SESWIN).



Figur 3-4. På billedet ses rammen hvorpå sedimentekkoloddet er monteret. I toppen af rammen ses GPS-antennen og ved rælingen motion sensoren.

3.2.1.3 Sidescan sonar

Til indsamling af akustisk information om overfladesedimenttyper blev der benyttet en sidescan sonar af typen EdgeTech 4200 series (Figur 3-5). Sidescan sonar anvender overfladeruheden til at beskrive havbundens beskaffenhed. Et sidescan sonar billede angiver intensiteten af den reflekterede lydbølge og det er denne intensitet, som kan relateres til havbundens substrat og form. Det er således forskellen i den målte intensitet, som gør det muligt at identificere og adskille forskellige substrattyper med deres specielle karakteristika eller enheder/objekter så som sandflader, sten, boblerev, vrage m.m.

I løbet af det næsten to måneder lange geofysiske survey blev der anvendt to forskellige EdgeTech 4200 systemer. Begge sonarsystemer var dobbeltfrekvens systemer, forskellen lå i de frekvenser som systemerne anvendte, som var henholdsvis 100/400 kHz og 300/600 kHz.

100/400 kHz sidescan sonar-systemet har en horisontal strålingsvinkel på $1,5^{\circ}/0,4^{\circ}$ og en opløselighed vinkelret på sejlretningen på 8 cm/2 cm. Hvorimod 300/600 kHz systemet har en horisontal strålingsvinkel på $0,5^{\circ}/0,26^{\circ}$ og en opløselighed vinkelret på sejlretningen på 3 cm/1,5 cm.

Den lavfrekvente kanal (100 kHz og 300 kHz) blev indstillet til et tværsnit på 300 m på tværs af sejlretningen, mens den højfrekvente kanal (400 kHz og 600 kHz) dækkede et tværsnit på 200 m.

Selve sonaren blev fastgjort til en kabeltromle og kablet blev ført gennem en talje med omgangstæller, som talte hjulets rotationer, hvorved kabellængden fra talje til sonarfisken kunne bestemmes. Dermed var det muligt at bestemme sonarfiskens "layback" samt dens position relativt til GPS-antennen.

Data blev optaget i EdgeTech Discover software mens fortløbende kvalitetskontrol blev udført i SonarWiz software.



Figur 3-5. EdgeTech 4200 series sidescan sonar.

3.2.2 Indsamling af fysiske og biologiske punktdata

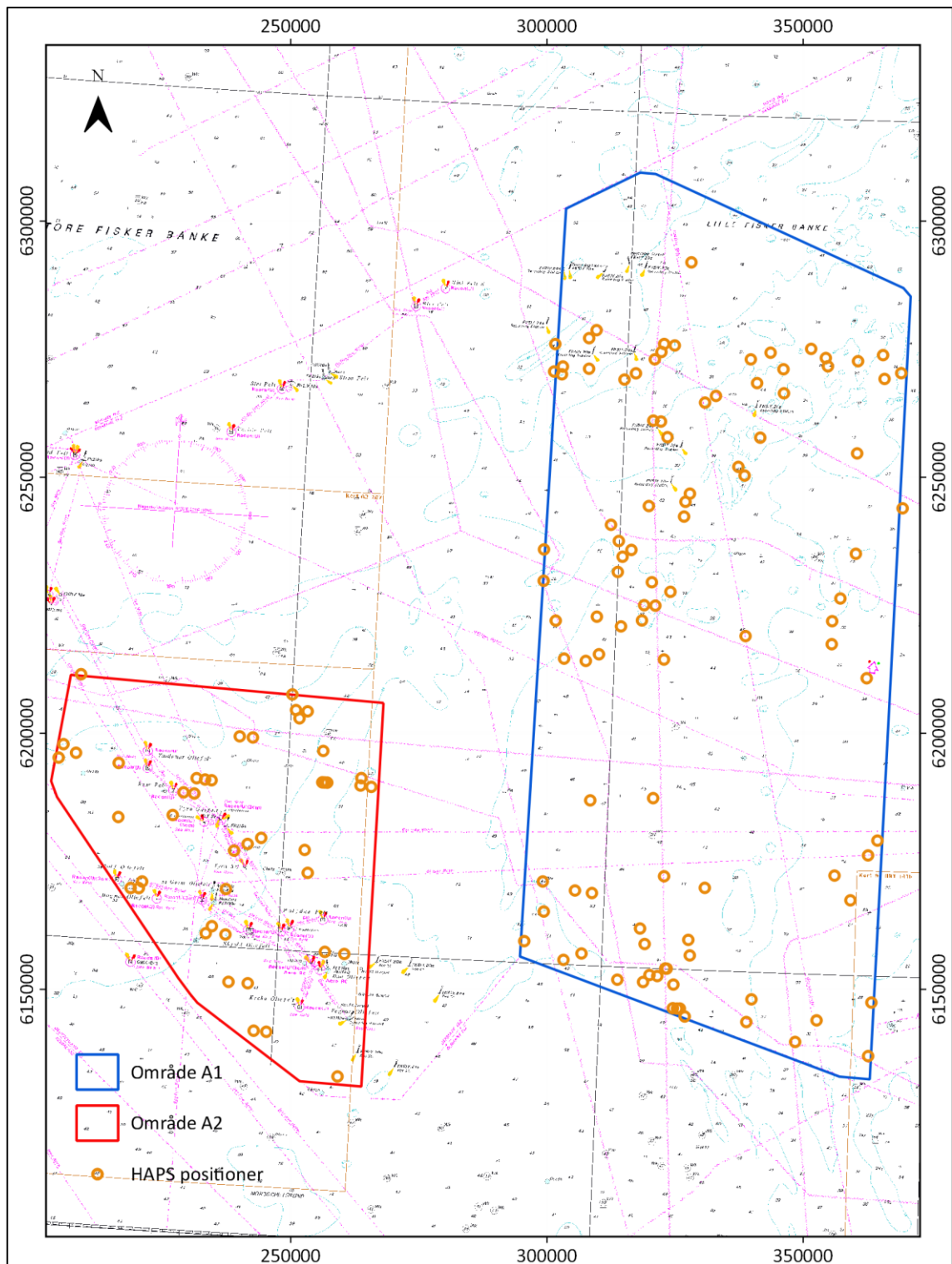
3.2.2.1 Bundprøver

Bundprøvetagningen bestod af en prøve til kornstørrelse og en til bundfauna pr. station. Alle bundprøver blev indsamlet med en HAPS kernebund-henter med et prøveareal på 0,0143 m². I forbindelse med nærværende substrat- og habitattypekortlægning blev der indsamlet bundprøver fra 144 stationer. På samtlige 144 HAPS-stationer blev der udtaget materiale til kornstørrelsesanalyse, tørvægt og glødetab, mens der blev indsamlet 141 bundprøver til brug for infauna analyser ud af de 144 stationer. På stationer, hvor det kun var muligt at udtage en bundprøve, er bundprøver til brug for kornstørrelsesanalyser blevet prioriteret.

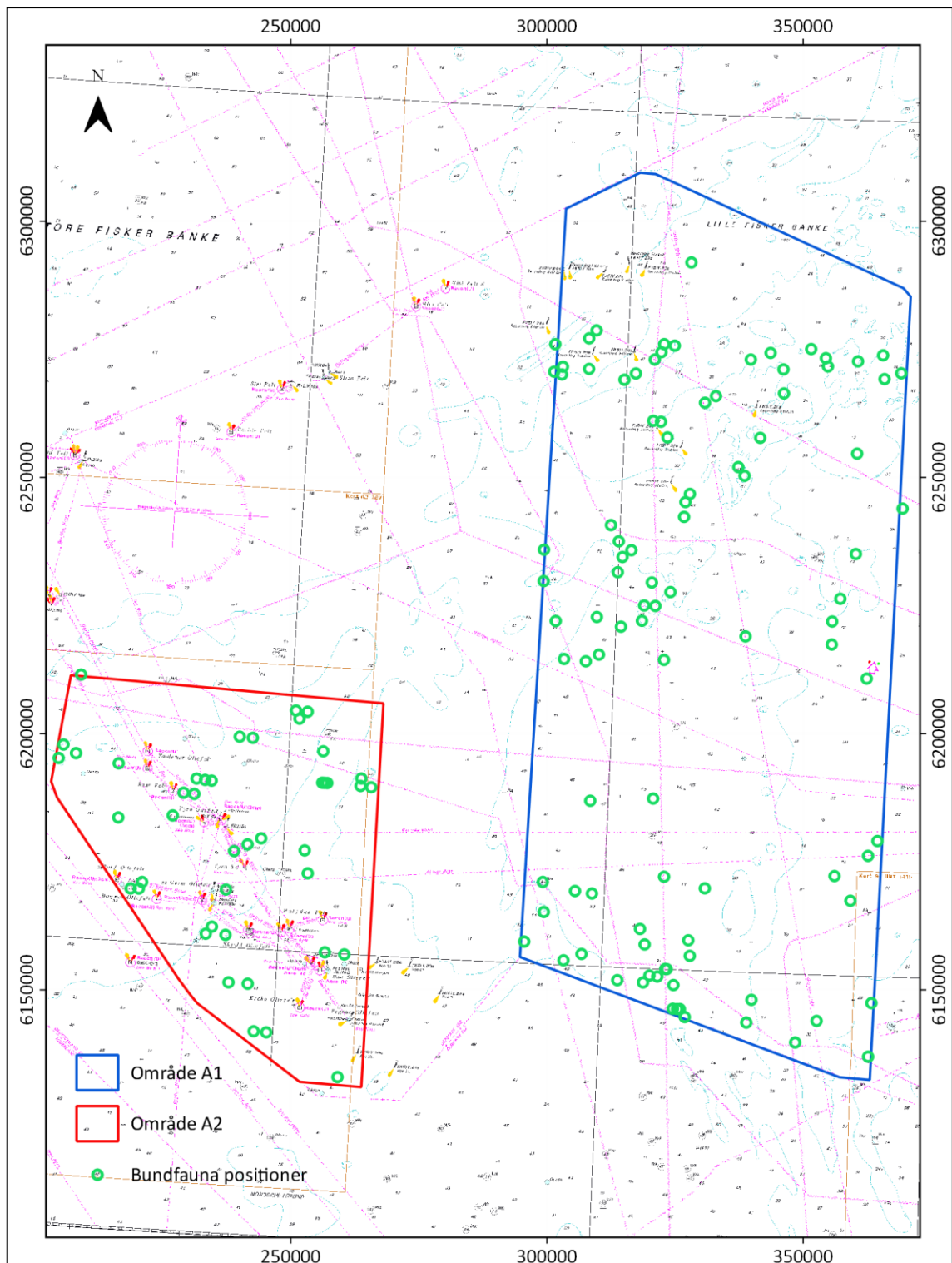
Prøverne blev indsamlet fra Skoven (FOGA) i perioden 30.-31. marts 2020 samt fra Cecilie (FOGA) i perioden 20.-29. maj 2020 af WSP. Alle infaunaprøver blev gennemført i henhold til NOVANA-programmets forskrifter – teknisk anvisning nr. M 19 (Hansen et al., 2018).

Den endelige prøvetagningsplan for bundprøver (Figur 3-6 og Figur 3-7) var aftalt med og godkendt af Miljøstyrelsen på baggrund af den geofysiske kortlægning.

Prøvetagning med HAPS er kun mulig at gennemføre på blød bund, hvorfor det ikke er muligt at indsamle oplysninger om kornstørrelse og bundfauna på hårdt substrat, såsom substrattype 3 og 4 (se Tabel 3-3 for substrattype definitioner). HAPS-prøvetagning er dog mulig i forbindelse med lokale lommer af f.eks. sandede sedimenter i tilknytning til stenede substrater.



Figur 3-6. Oversigtskort med angivelse af positioner for HAPS-prøver til kornstørrelsesanalyse.



Figur 3-7. Oversigtskort med angivelse af positioner for HAPS-prøver til infaunaanalyse.

Inden for området Østlige Nordsøen (område A1) blev der i alt indsamlet 100 HAPS prøver til korntørrelse (Figur 3-6) og 98 prøver til bundfauna (Figur 3-7).

Inden for området Doggerbanke Tail End (område A2) blev der i alt indsamlet 44 HAPS prøver til korntørrelse (Figur 3-6) og 43 HAPS prøver til bundfauna (Figur 3-7).

Alle prøver indsamlet til kornstørrelsesanalyse blev overført direkte fra HAPSen over i en PID-pose og hjembragt til analyse på GEUS' laboratorium.

Bundprøver til brug for infaunaanalyse blev sigtet på skibet gennem en 1 mm sigte (Figur 3-8), hvorefter sigteresten blev konserveret i sprit (96% ethanol) og hjembragt til WSPs laboratorium. Infauna-delprøverne blev mærket og i sigteresten blev vedlagt en etiket til identifikation af delprøven.

For yderligere information om bearbejdningen af bundprøverne henvises til afsnit 3.2.4 om bearbejdning af fysiske og biologiske punktdata.



Figur 3-8. På billedet til venstre ses HAPS umiddelbart før prøven tages ud. Billedet til højre viser sigteresten, som efterfølgende fikseredes i ethanol.

3.2.2.2 Visuel dokumentation med ROV

De visuelle observationer er benyttet til at verificere, og hvis nødvendigt korrigere, de sidescannetolkede substrattyper. Desuden er de benyttet til en grundig beskrivelse af artssammensætningen og -diversiteten af planter og dyr knyttet til de kortlagte substrattyper og overordnede habitattyper indenfor hvert kortlægningsområde.

De visuelle observationer blev gennemført ved anvendelse af WSP's egen ROV (Remotely Operated Vehicle, BlueROV2 fra BlueRobotics) med indbygget positioneringssystem (Figur 3-9). BlueROV2 er forsynet med et højopløseligt farvekamera med zoom, tilt og pan funktion. Desuden er den forsynet med lys samt thrustere, der muliggør bevægelse i alle retninger. ROV og video

styres fra en kontrolpult med joystick og monitor. Det er således muligt at manøvrere ROV'en med stor præcision og filme meget tæt på havbunden, hvilket giver optimale betingelser for gode optagelser til den visuelle verifikation – også i områder med dårlig sigt.



Figur 3-9. WSPs ROV - BLUEROV2 FRA BLUEROBOTICS

Der er samlet udført 178 visuelle observationer med ROV for de to undersøgelsesområder (Figur 3-10). Fordelingen af observationspunkter blev fastlagt i samarbejde med Miljøstyrelsen.

De visuelle observationer er gennemført i perioden marts-maj 2020 fra M/S Skoven og Cecilie (FOGA). I forhold til opankring var der stor forskel på, hvor godt det enkelte skib var til at positionere sig i forhold til den udpegede ROV station. Generelt var afvigelsen i meter mellem den udførte ROV position og den udpegede ROV position betydelig mindre for Skoven sammenlignet med Cecilie. Dette skyldes i høj grad skibenes fysiske konstruktioner og kunnen. Bl.a. havde Skoven mulighed for at bruge trustere både for og agter samt pitch på skruen, mens Cecilie grundet dens fortid som bom-trawler har en overdimensioneret skruer uden pitch, hvilket besværliggjorde finmanøvrering. Desuden var vejrforholdene under surveyet fra Cecilie betydeligt hårdere sammenlignet med surveyet fra Skoven, hvilket besværliggjorde positioneringen yderligere.

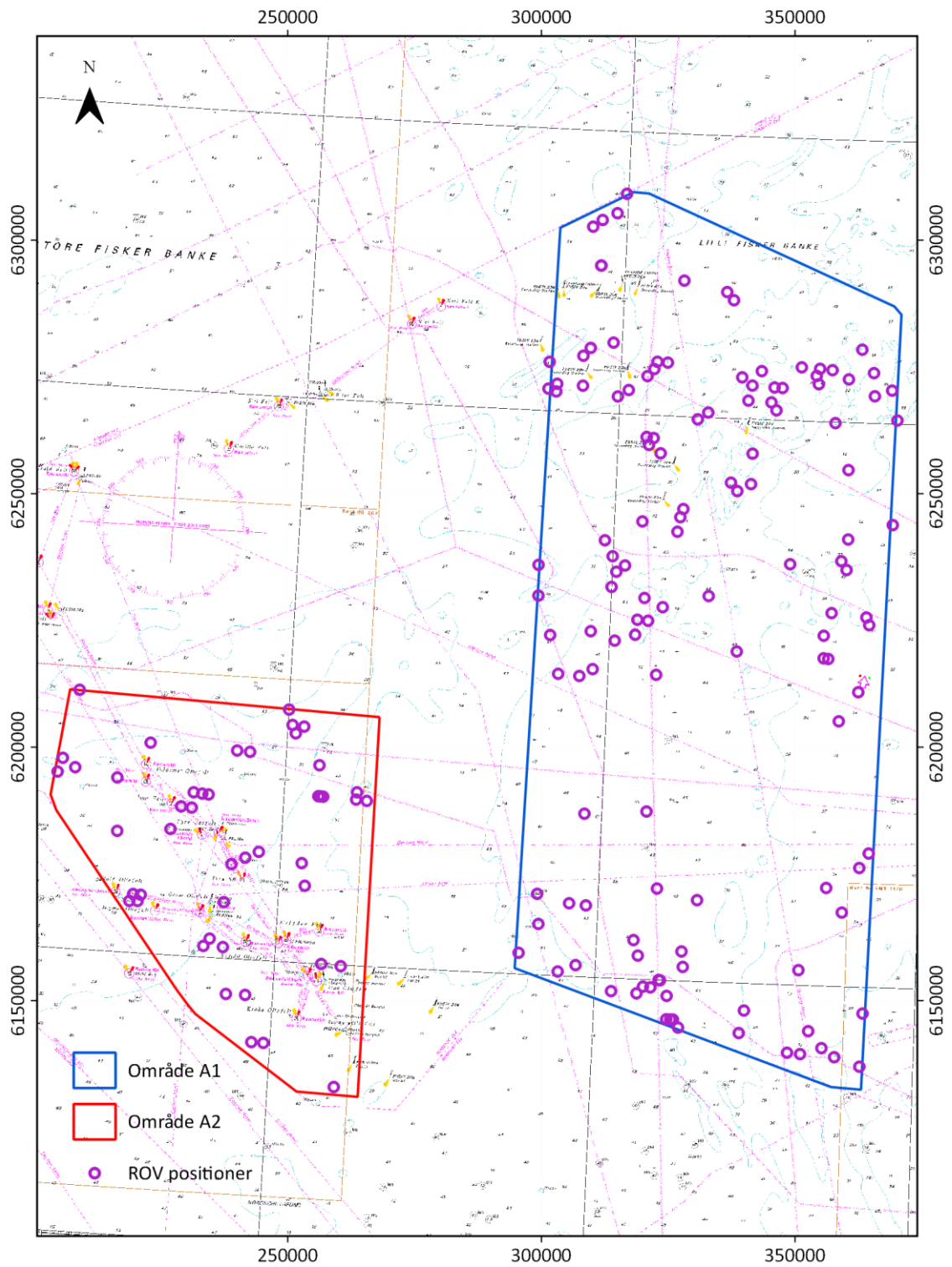
I forbindelse med surveyet fra Skoven varierede afvigelsen fra positionen mellem 2 til 49 meter med et gennemsnit på 20 m. I forbindelse med surveyet fra Cecilie varierede afvigelsen fra positionen mellem 9 til 290 meter med et gennemsnit på 58 m. Set i forhold til at der ved nærværende kortlægning fokuseres på makrostrukturer, så vurderes afvigelserne ikke at have væsentlig betydning.

Ved de visuelle observationer lægges skibet i den ønskede position og ROV'en blev sendt til bunden, hvor der blev gennemført en afsøgning af området i henhold til beskrivelsen af punktet (ud fra sidescan-billedet). Når der var opnået et godt overblik over området, blev der optaget en passende sekvens (3-5 minutter), afhængig af områdets kompleksitet. Udbredelsen af det afsøgte område varierede inden for en radius på 15 m, svarende til et areal på mellem 500 – 700 m² pr. station. Ved verifikationer, der lå på grænsen mellem to substrattyper, blev der foretaget separate beskrivelser af hver substrattype; en primær og sekundær beskrivelse.

Der blev gennemført et 'speak' (af en erfaren marinbiolog), som en integreret del af videosekvensen med henblik på en beskrivelse / verifikation af substrattypen. Desuden blev der gennemført en beskrivelse af de tilstedeværende biologiske samfund med angivelse af dækningsgrader mm. af faunaarter. Under hvert ROV-dyk blev der udarbejdet en logbog med en række oplysninger om bølge og vindmæssige forhold, position, dybde mm. samt substrattypebeskrivelser og beskrivelser af de tilstedeværende biologiske forhold. Logbøgerne indgår i det samlede data-grundlag (Bilag B1).

Inden for området Østlige Nordsøen (område A1) er der indsamlet 132 ROV-observationer (A1.001 til A1.131). ROV stationerne er spredt udover hele afgrænsningen for område A1, men tætheden af punkter er i høj grad størst omkring de stenede substrater primært i den nordlige halvdel af området og i den allersydligste del (Figur 3-10).

Inden for området Doggerbanke Tail End (område A2) er der indsamlet 46 ROV-observationer (A2.01 til A2.47). Der er ikke indsamlet ROV-data på station A2.44. I forhold til område A1 er ROV-stationerne indenfor område A2 mere jævnt fordelt udover området, hvilket primært skyldes, at overfladesedimentet er mere ensartet (Figur 3-10).



Figur 3-10. Oversigt over fordelingen af indsamlede ROV-observationer for de to kortlægningsområder Østlige Nordsøen (område A1) og Doggerbanke Tail End (område A2).

3.2.3 Bearbejdning af rumlige geofysiske data

3.2.3.1 Sedimentekkolod

Sedimentekkolods-data blev post-processeret i ISE software for at visualisere de overfladenære sedimentlag i form af reflekterede intensiteter. Data havde til formål at understøtte tolkningen af sidescan sonar-billederne og bestemme dybder i undersøgelsesområdet.

Systemet fungerer som et "single beam" ekkolod hvor den del af det reflekterede signal med den højeste intensitet repræsenterer overgangen mellem medier, dvs. overgangen mellem vand og sediment. Dybderne blev beregnet online af opsamlingssoftwaren baseret på bunddetektion i den højfrekvente kanal. Systemets beam footprint svarer til ~3,5% af vanddybden (<https://www.innomar.com/ses2000medium-100.php>), dvs. på 50 m vand er systemets beam footprint ~1,75 m i diameter. Hvert footprint (ping) indeholder en dybdemåling. Dybdemålingerne blev eksporteret som punktdata i et XYZ-format. Punktdata blev herefter kontrolleret og korrigeret for outliers samt korrigeret for tidevand, hvorefter data blev importeret til GIS software og konverteret til raster-data.

3.2.3.2 Sidescan sonar

Sidescan sonar-data blev post-processeret i SonarWiz software. Post-processeringen bestod i at beregne den trukne sonarfisks position (vha. layback algoritmen i SonarWiz) for at korrigere positioneringen af de identificerede objekter på havbunden, i relation til deres placering på søkortet – især rørledninger blev brugt til dette formål. Selvom graden af objekters positionsnøjagtighed på søkortet må antages at være af svingende kvalitet, var det den bedst tilgængelige mulighed for at verificere sonarfiskens position. Derudover blev signalet fra vandsøjlen fjernet (vha. bottom tracking) og forskellige visualiseringsparametre blev justeret med henblik på at opnå den optimale kontrast mellem forskellige objekter og substrattyper.

3.2.4 Bearbejdning af fysiske og biologiske punktdata

3.2.4.1 HAPS-bundprøver

Halvdelen af hver HAPS-prøve blev analyseret med henblik på at bestemme kornstørrelsesfordeling, vand- og organisk indhold.

Kornstørrelsesfordelingen blev bestemt ved sigteanalyse. Totalprøven blev tørret og sigtet som beskrevet i DS 405.9 DS/EN 933-1 med følgende sigter: 16; 8; 4; 2; 1; 0,5; 0,25; 0,125; 0,075 (mm) svarende til ½ phi sigtning. For at opfylde kravet til metoden for sigtningen blev følgende sigter tilføjet: 0,180; 0,090; 0,063 (mm).

Prøvernes vandindhold blev bestemt efter DS 405.11 og prøvernes organiske indhold blev bestemt ved glødetab efter DS 204.

Kornstørrelsesfordelingerne præsenteret i afsnit 4.4.1 og 4.4.2 blev korrigeret for skal-indhold således, at skaller blev repræsenteret i fordelingerne ved den sigtestørrelse, hvis indhold kun bestod af skal-fragmenter. Sigtestørrelsen hvor indholdet kun bestod af skaller var varierende mellem prøverne, men lå typisk i spændet fra >1 mm til >4 mm. Da sedimentprøverne ikke blev syrebehandlet, kunne der ikke bestemmes skal-indhold for de resterende kornstørrelsesfraktioner.

Med udgangspunkt i sigteanalyseresultaterne blev der beregnet median- og middelkornstørrelse samt sortering, skævhed og kurtosis. Beregningerne blev foretaget med GRADISTAT (Blott & Pye, 2001) efter Folk & Ward (1957).

Oparbejdningen af infaunaprøverne fulgte "Teknisk anvisning for marin overvågning, M19, Blødbundsfauna" (Hansen og Josefson, 2018).

I WSP's laboratorium blev prøverne sorteret under stereomikroskop og de forekommende dyr blev optalt og artsbestemt, i videst muligt omfang af en interkalibreret infaunaekspert med mere end 25 års erfaring (Erik Skindhøj Pedersen). Efter artsbestemmelse måltes vådvægten efter afdupning af dyrene på filtrérpapir. Endeligt bestemtes tørvægten efter tørring i varmeskab ved 60°C til konstant vægt i minimum 24 timer.

WSP har i forbindelse med udsortering og artsbestemmelse af blødbundsfauna varetaget en høj grad af intern kvalitetssikring. Dette bl.a. igennem et "interaktivt" skema ved indtastning af data. I dette skema bliver indtasteren advaret ved de mest almindelige fejl; Fejl i artsnavne, individantal, tørvægt samt vådvægt for den enkelte indtastning med reference til STANDAT-databasen og dennes standardværdier. Herved minimeres risiko for fejlindtastning. Data er efterfølgende indtastet i WinRambi via Miljøportalen.

Den videre databehandling af bundfaunaprøverne beskrives under afsnit 3.3.4.

3.2.4.2 ROV

Videoerne blev gennemset af erfarne marinbiologer og -geologer, hvor positioner, substrattyper, biologi og andre relevante parametre blev kontrolleret og kvalitetssikret.

3.3 Analyse og tolkning

3.3.1 Batymetri

ESRI ArcGIS software blev anvendt til at generere linje-batymetri ud fra XYZ-dybdemålingerne, dvs. punktdata blev konverteret til raster grid med en cellestørrelse på 100 m x 100 m. Den

valgte grid-cellestørrelse resulterede i en vis udglatning af havbunden. Størrelsen af grid-cellerne blev valgt for at muliggøre visualisering på område-skala, og så de cirka svarer til dækningen af den højfrekvente kanal på sidescan sonaren. Dybden i hver grid-celle blev bestemt med en vægtet midling (Inverse Distance Weighting - IDW). Den resulterende batymetri er derfor kun anvendelig som tendens-overflade, dvs. det er ikke muligt at opløse en detaljeret batymetri grundet systemets iboende begrænsninger (single beam ekkolod). Batymetrien blev brugt til at understøtte klassificering af substrattyper samt overordnede habitattyper.

3.3.2 Substrattyper

Klassifikation af substrattyper tog udgangspunkt i de substrattypeklassifikationer, som tidligere er anvendt i danske råstof-, substrat- og habitatnaturtype-kortlægninger (f.eks. Naturstyrelsen, 2011), og som er defineret og fastlagt i samarbejde med Miljøstyrelsen. Til denne substrattypeklassifikation er der tilføjet en ekstra klasse, som er beskrevet i nedenstående.

Klassifikationen forudsætter en geofysisk kortlægning med sidescan sonar, seismisk karakterisering af overfladenære lag, samt verifikationspunkter. Tolkningen af substrattyper samt deres afgrænsning er baseret på ekspertvurdering.

Arealer dækket med sidescan-mosaik inddeles i 7 substrattyper benævnt: 1a, 1b, 1c, 2a, 2b, 3 og 4. Stenrev er her defineret som substrattype 3 og 4, når disse forekommer i ét sammenhængende område, ellers kun når substrattype 4 forekommer alene.

Oprindeligt var der udpeget 6 substrattypeklasser som skulle anvendes til kortlægningen, men på grund af en observeret, ret markant, variation indenfor substrattype 2, blev det besluttet i samråd med Miljøstyrelsen, at underinddele substrattype 2 i henholdsvis 2a og 2b. Forskellen på 2a og 2b er funderet i indholdet af sten >10 cm. Andelen af sten per arealenhed er baseret på ekspertvurdering. Definition af substrattyperne fremgår af Tabel 3-3.

Tabel 3-3. Definition af substrattyper anvendt til substratkortlægningen (Efter Miljøstyrelsen, 2018). Substrattype 2a er introduceret i dette projekt.

Substrattype	Definition
1a. Blødbund	Homogen siltet sandbund eller dynd, hvor bunden ikke er dynamisk påvirket, og hvor sedimentet består af silt og siltet sand eller dynd.
1b. Sand	Homogen fast sandbund (sand er defineret som kornstørrelser fra 0,06–2,0 mm) præget af en vis form for dynamik med bølgeribber m.m. Denne substrattype kan også have varierende indslag af skaller, grus og silt.
1c. Mønstret sandet bund med ler	Område bestående af ler eller større relikte lerblokke på en siltet til sandet havbund, hvor det høj-reflektive ler giver havbunden et mønstret udseende. Disse ler-mønstre kan have meget markante strømstriber.
2a. Sand, grus og småsten	Meget varierende substrattype, domineret af sand og groft sand med varierende mængder af grus og småsten. Substratet består af en blanding af sand, groft sand og grus med en kornstørrelse på ca. 0,06 - 20 mm og småsten med størrelser på ca. 2 til 10 cm.
2b. Sand, grus og småsten samt bestrøning (< 10 %) med sten >10 cm	Meget varierende substrattype, domineret af sand og groft sand med varierende mængder af grus og småsten samt spredte store sten. Substratet består af en blanding af sand, groft sand og grus med en kornstørrelse på ca. 0,06 - 20 mm og småsten med størrelser ca. 2 til 10 cm. Substrattypen kan også indeholde større sten >10 cm, dog kun op til 10 % dækning.
3. Sand, grus og småsten samt bestrøning (10 - 25 %) med sten >10 cm	Område bestående af blandede substrater med sand, grus og småsten og med bestrøning af større sten >10 cm. Substrattypen indeholder et større antal sten >10 cm, oftest som bestrøning med en dækning på 10 % - 25 %.
4. Sten > 10 cm dækkende >25 %	Område domineret af sten >10 cm, men også med varierende indslag af sand, grus og småsten. Stenene ligger enten spredt på havbunden eller som et tæt lag af sten med en dækning >25 %.

Der er foretaget interpolation mellem de tolkede linjedata med henblik på at generere et fladedækkende substrattypekort for begge kortlægningsområder. Til at understøtte interpolationen blev der gjort brug af det eksisterende sedimentkort fra GEUS, ROV og HAPS-prøve data, det seismiske datasæt, dybde data samt eksisterende data fra tidligere undersøgelser tilgængelige i GEUS' [Marta](#) database. Det fladedækkende (interpolerede) substrattypekort er derfor en rumlig generalisering af de kortlagte substrattyper i hvert område. I nogle tilfælde blev mindre substrattypeområder (<100 m²), forskellig fra den lokalt dominerende substrattype, sammenlagt med den omgivende substrattype som et led i interpoleringsprocessen.

3.3.3 Overordnede habitattyper

EU-kommissionen udstedte en kommissionsafgørelse af 17. maj 2017 om fastlæggelse af kriterier og metodiske standarder for god miljøtilstand i havområder. I del II af denne afgørelse er der et tema om bentiske habitater, herunder en beskrivelse af deskriptorer relateret til bentiske habitater, som svarer til deskriptorerne 1-6 beskrevet i havstrategirammedirektivet (HSD). I Tabel 2 under temaet bentiske habitater beskrives de overordnede habitattyper i relation til EUNIS-klasifikationen (EU Commission Decision (EU) 2017/848).

Oversættelsen mellem habitattyper i EUNIS og de overordnede habitattyper blev fastlagt ved en revidering foretaget af EU-kommissionen i 2016 og blev godkendt af kommissionen i ovennævnte afgørelse. Oversættelsen mellem EUNIS-klassifikationen og de overordnede habitattyper (Evans *et al.*, 2016) blev, i dette projekt, anvendt til at producere kortet med overordnede habitattyper.

De overordnede habitattyper er klassificeret i henhold til EUNIS-klassifikationen level 3 / MSFD Broad habitat types efter EMODnet 2019 modellen. EMODnets MSFD Broad habitat types model benytter en Folk 5 substratklassifikation som input (<https://www.emodnet-seabedhabitats.eu/>). I nærværende klassifikation af overordnede habitattyper, er denne deskriptor erstattet af substrattypeklasserne beskrevet i ovenstående afsnit 3.3.2. I Tabel 3-4 ses konverteringen mellem de sedimenttyper som anvendes i EMODnets Broad habitat types og de substrattyper som anvendes i dette projekt.

Tabel 3-4. Sedimenttyper anvendt til klassifikation af overordnede habitattyper (tv) og de tilsvarende substrattyper anvendt i dette projekt (th).

Sedimenttyper (overordnede habitattyper)	Tilsvarende substrattyper
Mudder	Substrattype 1a
Sand	Substrattype 1b
Groft sediment	Substrattype 2a og 2b
Blandet sediment	Substrattype 1c, 3 og 4

EUNIS-klassifikationen af Nordsøen blev produceret i forbindelse med EMODnet Seabed Habitats projektet i 2017 (Populus *et al.*, 2017) og blev videreudviklet i Fase III af EMODnet projektet (Vasquez *et al.*, 2019). De modellerede EUNIS-klasser blev produceret ved hjælp af fysiske lag fra andre EMODnet projekter, navnlig havbundssedimentklasser fra EMODnet Geology og batymetri fra EMODnet Bathymetry, samt fra modellerede datalag erhvervet gennem eksterne kilder, som angivet nedenfor:

Strøm-induceret kinetisk energi ved havbunden, leveret af National Oceanography Centre (UK) (<https://www.bodc.ac.uk/data/documents/nodb/316641/>).

Bølge-induceret kinetisk energi ved havbunden, leveret af DHI MIKE21 Spectral wave model for kystnæreområder. Data er anvendt ud til omkring 6 km fra kystlinjen.

Stråling tilgængelig for fotosyntese (eng: Photosynthetically Available Radiation, PAR) ved havbunden. Data leveret af European Space Agency (ESA)'s ENVISAT platform, målt med MEdium Resolution Imaging Spectrometer (MERIS) (<https://earth.esa.int/web/guest/missions/esa-operational-eo-missions/envisat/instruments/meris>).

Tærskelværdier til klassificering af de modellerede lag (lys og energi) blev beregnet ved hjælp af statistiske metoder som Generalised Linear Model (GLM) eller Fuzzy modelling, og resultaterne blev sammenholdt med kontroldata tilgængelig for de europæiske vande. En komplet beskrivelse af metoden til beregning af tærskelværdier og deres anvendelse er tilgængelig i Populus *et al.* (2017).

3.3.4 Bundfauna

Formålet med nærværende analyser er at øge vidensniveauet i den vestlige og den centrale del af den danske Nordsø, hvor der er sparsom viden om havbunden herunder også de biologiske forhold. De oparbejdede HAPS-prøver (bundfauna og kornstørrelse) fra de to kortlagte områder tillader en kvantitativ analyse, hvorved det biologiske samfund vil blive udtrykt i bl.a. artsdiversitet, biomasse samt diversitets- og miljøkvalitetsindeks. Ydermere anvendes også MDS-analyser (multi-dimensional scaling) for at analysere hvilke infaunasamfund, som karakteriserer de observerede substrattyper og overordnede habitattyper.

For hvert kortlægningsområde og for det samlede kortlagte område beregnes (Se bilag E og F):

- Artsantal
- Tæthed og biomasse pr. m²
- Artsdiversiteten (Shannon Wiener-diversiteten og Pielou's evenness indeks)*
- AMBI indeks*
- DK1*
- Bray-Curtis similaritetsindeks og MDS-plot (ANOSIM-test og SIMPER-analyse)
- DistLM (Distance based linear model, AIC)

*Det er vigtigt at pointere, at de anvendte miljøindeks ikke er udviklet til at sammenligne forskellige lokaliteter, da f.eks. bølgepåvirkning sediment- og forureningsforhold varierer. Der vil således være lokaliteter, hvor man helt naturligt (f.eks. højdynamiske områder) ikke forventer en stor forekomst af følsomme arter, hvilket vil blive afspejlet i indekxsværdien. Ved tidsserier fra samme lokalitet kan man derimod følge miljøkvaliteten på lokaliteten over tid.

I nærværende kortlægning dækker hvert område store havbundsarealer, hvor bl.a. sediment-, dybde- og dynamiske forhold varierer. Prøvetætheden er derfor meget lav. Denne variation i fysiske forhold mellem prøverne er langt større end ved et normalt datasæt indsamlet i NOVANA sammenhæng.

Underordnet af afstanden mellem de enkelte HAPS-prøver vil der altid være forskel i artssammensætning mellem de enkelte prøver indenfor et prøvetagningsområde. Jo mere forskelligartet prøverne er, desto mere stiger artsrigdommen med antallet af prøver. Ved nærværende kortlægning er havbunden heterogen indenfor begge prøvetagningsområder, hvilket betyder, at artsrigdommen vil være større, end hvis prøverne var indsamlet indenfor et mere homogent område. Sagt med andre ord: jo større et prøvetagningsområde er, desto flere forskellige bundtyper og bundfaunasamfund forventes repræsenteret i samling af prøver. For at undgå at prøvetagningsarealet ikke resulterer i for høj betadiversitet, er data fra syv oparbejdede bundfauna-prøver ikke aggregeret, men beregnet for individuelle HAPS-prøver jf. (Hansen, 2018). Resultaterne er herefter beregnet som gennemsnit i forhold til, hvilken substrattype eller overordnede habitattype prøven er indsamlet på for hvert kortlagt område og for begge områder sam-

let. Beregningerne er foretaget for alle substrattyper og overordnede habitattyper, som er kortlagt indenfor det samlede kortlægningsområde. Antallet af HAPS-prøver indenfor en substrattype eller overordnede habitattype inddrages i tolkningen af resultaterne.

Gennemgang af data

Infauna-data modtaget fra laboratoriet er blevet kvalitetssikret. Herudover er:

- Artsnavne opdateret i henhold til WoRMS (WoRMS Editorial Board, 2021)
- Fjernelse af fisk, som kun er bestemt til Ammodytidae indet.

Artsantal

Der er flere faktorer, som har betydning for artsantallet i et givent område, herunder havbundens beskaffenhed (herunder substrattype og dynamiske forhold) samt hvilken dybde-, temperatur- og salinitetsgradient de enkelte arter er tilpasset. Hertil kommer den påvirkning, som skyldes menneskelig aktivitet, såsom eutrofiering (større risiko for iltsvind), trawlfiskeri eller fjernelse af substrat ved råstofindvinding, hvilket direkte eller indirekte påvirker artsantallet og sammensætningen i en kortere eller længere periode.

Tæthed og biomasse

Tætheden udtrykker noget om presfaktorer, fødetilgængelighed og dominerende arter, mens biomassen er et udtryk for størrelsen af dyrene og deres vægt. Tætheden vurderes i forhold til artsfordelingen for at vurdere samfundets stabilitet. Biologiske karakteristika for de dominerende arter for hvert område præsenteres og diskuteres. Størrelsen er særligt vigtig, hvis man skal vurdere, hvilket fødegrundlag infaunaen udgør for andre arter samt aldersfordelingen inden for en bestemt art. I nogle tilfælde vil biomassefordelingen afsløre, om der primært findes unge (små) individer, mens der i andre mere stabile miljøer vil være større og derved ældre individer, som har haft mulighed for at overleve og vokse sig store. Alderen på eks. muslingsamfund kan indikere, om samfundet har været påvirket af f.eks. iltsvind, råstofindvinding eller intensivt bundtrawl.

Artsdiversitet

Shannon-Wiener-indekset H' (Shannon & Weaver, 1949) er et matematisk udtryk for diversiteten i samfundet, som giver en større information om samfundets sammensætning end antallet af tilstedeværende arter, da den relative hyppighed af de forskellige arter indgår i udtrykket.

$$H' = - \sum_{i=1}^R p_i \ln p_i$$

, hvor p_i er antallet af dyr af hver art divideret med det samlede antal individer af alle arter i samfundet. Shannon-Wiener værdien bliver lav, hvis der er få arter, hvoraf nogle dominerer med et højt individantal. Hvis der derimod er mange arter i prøverne og disse har forholdsvis ens tæthed, bliver værdien høj. Værdien for H' ligger mellem 0 og 5, dog typisk mellem 1,5 og 3,5.

Pielou's evenness, J' er et udtryk for lighedfordelingen.

$$J' = \frac{H'}{H'_{max}}$$

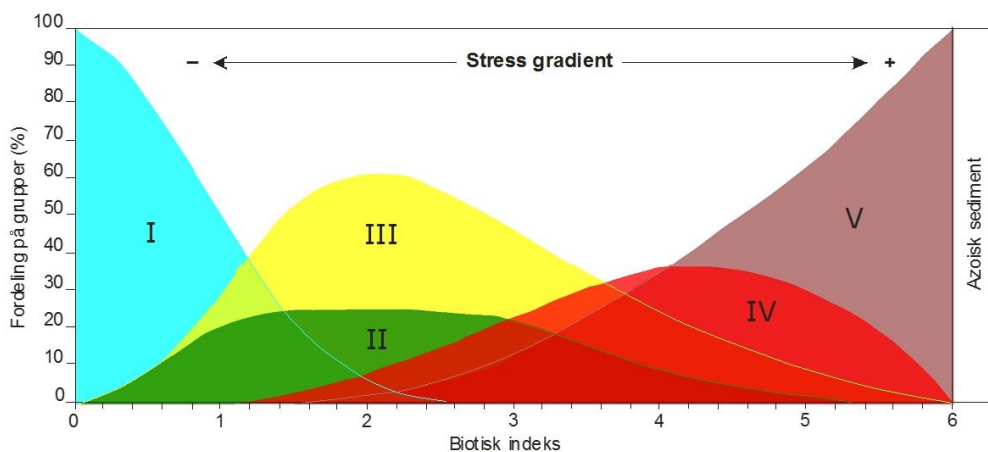
, hvor H' er den observerede værdi fra Shannon-Wiener mangfoldigheds indeks og $H'_{max} = \ln(n)$, hvor n er antallet af arter. I tilfælde af helt ens hyppigheder af de præsenterede arter er H og H'_{max} ens, hvilket giver en Pielou's evenness værdi på 1.

Shannon-diversiteten er beregnet for individuelle HAPS-prøver og beregnet under antagelse af at saltholdigheden er ca. 30 ‰. Resultaterne er herefter beregnet som gennemsnit i forhold til hvilken substrattype eller overordnede habitattype, som prøven er indsamlet på, for hvert kortlægningsområde og for begge områder samlet.

AMBI indeks

AMBI er ligeledes beregnet for individuelle HAPS-prøver ligesom Shannon-diversiteten. Resultaterne er herefter beregnet som gennemsnit i forhold til hvilken substrattype eller overordnede habitattype prøven er indsamlet på for hvert område og for begge områder samlet.

AMBI-indekset et marinbiologisk indeks, som er udviklet til bundfaunaen i europæiske fjorde, kyster og havområder med henblik på at vurdere effekterne som følge af eutrofiering (Borja, Franco & Landa, 2000). Dette indeks er afledt af den individuelle tæthed i fem økologiske faunagrupper, som er klassificeret efter deres følsomhed/tolerance over for miljømæssige stressfaktorer (GI-GV) (se nedenfor samt Figur 3-11). Som nævnt tidligere kan AMBI-indekset ikke anvendes til sammenligning af forskellige lokaliteter, men derimod til at følge samfundets/lokalitetens udvikling over tid på samme lokalitet.



Figur 3-11. Teoretisk udvikling af de fem faunagrupper og AMBI-værdier over en stressgradient - ændret fra Hedeselskabet (2005).

Faunagruppe GI; arter, der er meget følsomme overfor organiske betingelser og er tilstede under uforurenede forhold. Dette kan være specialiserede rovdyr eller bestemte rørboende børsteorme.

Faunagruppe GII; arter, der er indifferente overfor næringsstofberigelse og altid tilstede i lave tætheder uden signifikante variationer over tid. Dette kan være suspensionsædere, ikke-specialiserede rovdyr og ådselsædere.

Faunagruppe GIII; arter, der er tolerante overfor massiv organisk berigelse. Disse arter kan optræde under normale omstændigheder, men stimuleres af organisk berigelse. Dette kan for eksempel være overfladedetritusædere, eksempelvis rørboende spionider.

Faunagruppe GIV; anden-ordens opportunistiske arter, der er hurtigtvoksende og tilpasser sig organisk berigelse. Dette drejer sig om arter, der er overfladedetritus- eller sedimentædere.

Faunagruppe GV; første-ordens opportunistiske arter, der er hurtigtvoksende og tilpasser sig organisk berigelse og belastede forhold, eksempelvis lavt iltindhold.

På baggrund af fordelingen af arter kan man beregne en AMBI-værdi ud fra formlen:

$$AMBI = \frac{0 * \%GI + 1,5 * \%GII + 3 * \%GIII + 4,5 * \%GIV + 6 * \%GV}{100}$$

AMBI-værdien kan efterfølgende tolkes i henhold til (Borja, Franco & Landa, 2000), som både angiver bundsamfundets tilstand, samt i hvilken grad lokaliteten er forstyrret. Skalaen går fra normal til stærkt forurenede for bundsamfundet og fra uforstyrret til ekstremt forstyrret for lokaliteten (Tabel 3-5).

Tabel 3-5 Oversat fra (Borja, Franco & Landa, 2000) kan AMBI-Værdierne tolkes som vist i tabellen herunder.

AMBI	Dominerende økologisk gruppe	Det benthiske samfunds tilstand	Områdeforstyrrelses-klassifikation
0,0 < AMBI ≤ 0,2 0,2 < AMBI ≤ 1,2	I	Normal Svækket	Uforstyrret
1,2 < AMBI ≤ 3,3	III	I ubalance	Let forstyrret
3,3 < AMBI ≤ 4,3		Overgang til forurening	Middel forstyrret
4,3 < AMBI ≤ 5,0	IV-V	Forurenede	
5,0 < AMBI ≤ 5,5		Overgang til stærk forurening	Stærkt forstyrret
5,5 < AMBI ≤ 6,0	V	Meget stærkt forurenede	
Azoisk	Azoisk	Azoisk	Ekstremt forstyrret

DKI

Det danske kvalitetsindeks, DKI, er udviklet til at vurdere et vandområdes tilstand i henhold til EU's vandrammedirektiv. DKI kombinerer bl.a. diversiteten (udtrykt som Shannon-Wieners diversiteten) og graden af følsomhed i infaunasamfundet (AMBI). DKI er ligeledes beregnet for individuelle HAPS-prøver (DKI v.3). Resultaterne er herefter beregnet som gennemsnit i forhold til, hvilken substrattype eller overordnede habitattype prøven er indsamlet på for hvert kortlægningsområde og for begge områder samlet.

I udregningen af DKI anvendes version 3, og saliniteten er antaget til at være ca. 30 (‰).

$$DKI \text{ vers. 3} = \left(\frac{\left(1 - \frac{AMBI - AMBI_{min}}{7}\right) + \left(\frac{H}{H_{max}}\right)}{2} \right) * \left(1 - \frac{1}{N}\right)$$

, hvor N er antal individer.

Herudover anvendes $AMBI_{min}$ og H_{max}

$$AMBI_{min} = 3,083 - 0,111 * \text{salinitet (o/oo)}$$

$AMBI_{min}$ må aldrig være negativ, hvis det er tilfældet, sættes den til 0.

$$H_{max(H99)} = 2,117 + 0,086 * \text{salinitet (o/oo)}$$

H/H_{max} må aldrig være <1 , hvis det er tilfældet, sættes $H_{max} = 0$

For at vurdere, hvilken tilstand et vandområde opnår i forhold til vandrammedirektivet, benyttes nedenstående grænseværdier (Tabel 3-6) glædende for Nordsøen (EU, 2018).

Tabel 3-6 Oversigt over DKI-grænseværdier for dårlig til høj økologisk tilstand i danske farvande.

Dårlig	Ringe	Moderat	God	Høj
<0,20	0,20-0,40	0,40-0,60	0,60-0,80	>0,80

Bray-Curtis similaritetsindeks og MDS analyse

Ligheder og forskelle i taxon-sammensætningen mellem de enkelte prøver og områder bliver analyseret ved hjælp af multidimensionel skalering ved Bray-Curtis similariteter (BC_{ij}) udregnet parvis for samtlige kombinationer af prøver. Hertil anvendes programmet PRIMER (Primer-E, version 6/7, se (Clarke & Gorley, 2006)). Data bliver inden analysen kvadratrodttransformeret for at nedvægte dominerende taxa.

$$BC_{ij} = 1 - \frac{2C_{ij}}{S_i + S_j}$$

Hvor C_{ij} er summen af den mindste værdi for de arter, der findes i begge prøver/områder. S_i og S_j er det totale antal arter, som er fundet i prøven/området.

Den beregnede Bray-Curtis-similaritetsmatrix vises som et MDS-plot (multi-dimensional-skalering), hvorved adskilte grupper kan identificeres.

I tolkningen af data evalueres MDS-plottets stresstal. Ved en værdi på mindre end 0,1 er der ingen/lav misvisning i fortolkningen af data, hvorimod tolkningen er behæftet med større usikkerhed ved stressværdier større end 0,2.

ANOSIM (Analysis of Similarity)

Denne metode anvender Bray-Curtis similaritetsværdier og giver en P-værdi (signifikansniveau) og en R-værdi (styrken). R-værdien er typisk mellem 0 og 1, men kan dog også være negativ ned til -1, selv om den oftest vil være tæt på 0. En R-værdi tæt på 1 indikerer en høj grad af adskillelse mellem delprøver fra en station vs. delprøverne fra en anden station, mens R-værdier værdier tæt på 0 indikerer ingen adskillelse mellem delprøverne af de to stationer. R-værdien påvirkes således både at den variation (spredning) der er i artsfordelingen mellem delprøver indenfor hver station samt mellem delprøverne fra den anden station.

I ANOSIM-analyser skal man således først teste, om der er en signifikant forskel og herefter angive R-værdien. Man kan således opleve at der er en signifikant forskel, men at R-værdien er lav (f.eks. 0,2), og er derfor ikke vigtig.

SIMPER (Similarity Percentages)

SIMPER-analysen angiver procentdelen af lighed mellem delprøver indenfor hver station samt ulighed mellem stationer og/eller år. Derudover angiver den, hvilke variable (arter), der bidrager mest til ligheden mellem delprøver indenfor én station samt til forskelligheden mellem stationer og/eller år. Ved nærværende opgave inkluderes de arter, som bidrager mest til henholdsvis ligheden indenfor hver substrattyper/overordnede habitattyper samt forskelligheden mellem substrattyper og overordnede habitattyper.

Forklaringsgrad af miljøvariable

På det fulde datasæt laves der en analyse af, hvilke målte miljøvariable, der beskriver variationen i infaunasamfundet mest. Analyserne er udført i programmet Primer 7 ved en DistLM analyse (AIC, Se bilag F).

Inkluderede miljøvariable:

- % ler og silt
- % groft sand / % fint sand (anvendes som udtryk for hvor ensartet sedimentet er.
- % glødetab af tørstof (tørstof-glødetab udtrykker sediments indhold af organisk stof).
- Dybde

Den afstandsbaserede lineære model (DistLM) kombinerer abiotiske og biotiske lighedstrin og bruges til at modellere forholdet mellem en multivariat datasky og forudsigeligheden af miljøvariabler via en afstandsbaseret redundansanalyse (dbRDA). Selektionskriteriet 'AIC' blev valgt for ikke kontinuerligt at forbedre modellen hver gang antallet af forudsigelsesvariabler i modellen stiger (Anderson, Gorley & Clarke, 2008).

Det har ikke været muligt at anvende d10 (10% gennemfald) og d60/D10 (uensformighedstallet), idet d10 ikke er målt for alle prøver. For enkelte delprøver foreligger der heller ikke værdier for d50 (median kornstørrelse). Grunden hertil er, at metoden til kornstørrelsesanalysen er baseret på sigteanalyser og ikke laserdiffraktion.

3.3.5 Andre observationer (vrag, trawlspor, rørledninger)

Menneskelige aktiviteter og objekter (eng: man-made objects, MMOs) blev identificeret ud fra tolkning af sidescan-data, understøttet af de seismiske data og eksisterende søkort. Individuelle objekter så som vrag og rørledninger blev afgrænset af polygoner. I områder med høj tæthed af trawlspor blev hele området afgrænset af et polygon, som yderligere blev vedhæftet en substrattype-beskrivelse i henhold til pågældende klassifikation. Observationerne blev registreret sideløbende med substrattypetolkningen i et særskilt datalag.

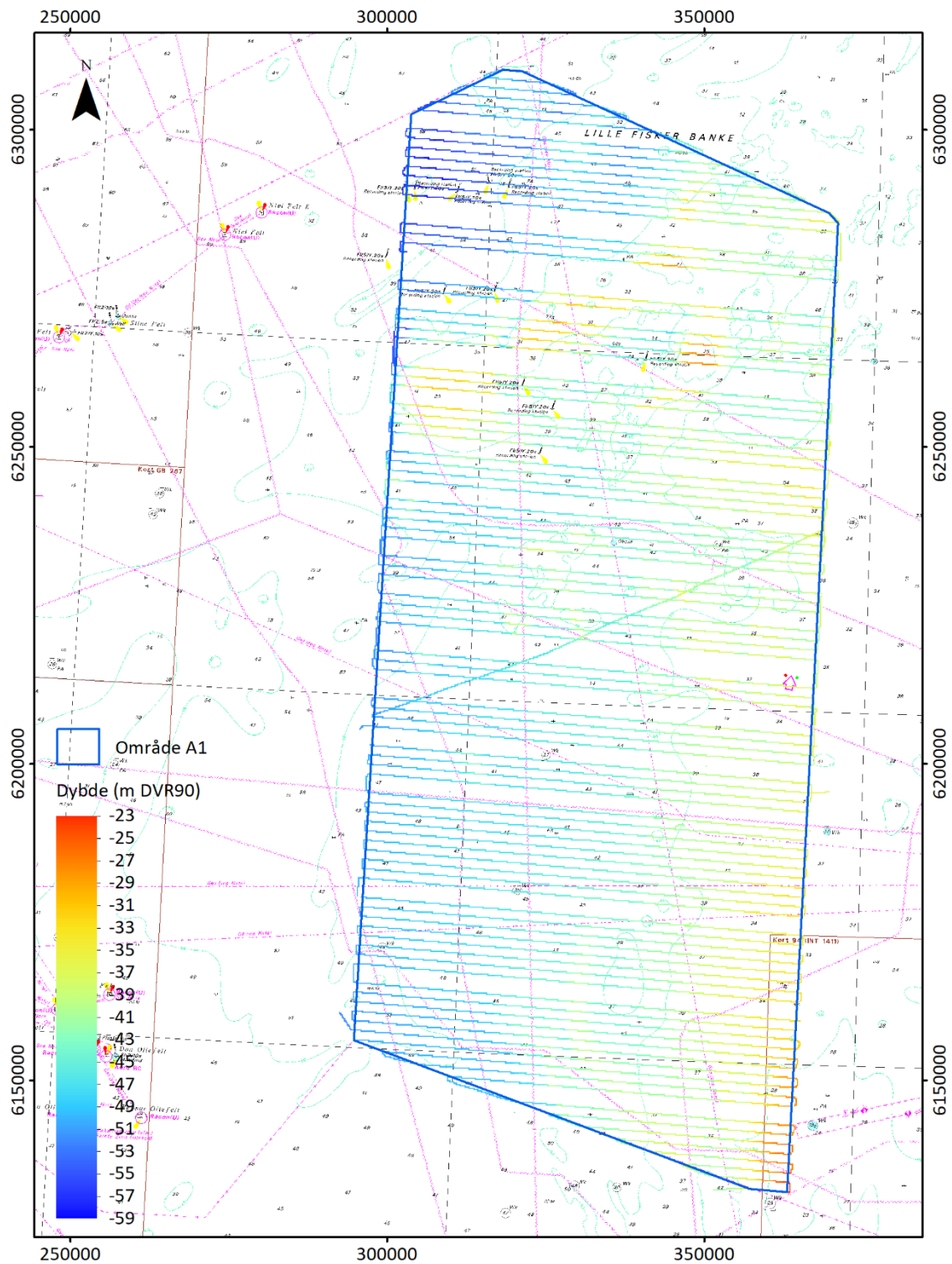
4. Resultater

4.1 Batymetri

Vanddybder blev registreret med singlebeam ekkolod (sedimentekkolod) med en linjeafstand på 1.500 meter. Nedenstående dybdemodeller (Figur 4-1 og Figur 4-2) er udarbejdet på baggrund af tilvejebragte singlebeam data. I forbindelse med videooptagelserne blev dybden ligeledes registreret ved hver ROV-station.

4.1.1 Østlige Nordsøen

I Østlige Nordsøen (område A1) blev der målt vanddybder på ~20 m til ~60 m. Den generelle tendens for området er en øget vanddybde fra øst mod vest. De største vanddybder er registreret i den nordvestlige del af området, hvor lokale vanddybder overstiger 50 m. De mindste vanddybder er observeret i den sydøstlige del af området, med dybder ned til omkring 20 m. Den nordlige del af området gennemskæres af en højderyg orienteret sydvest-nordøst med vanddybder fra ~25 m til ~35 m (Figur 4-1).



Figur 4-1. Dybdekort for Østlige Nordsøen (område A1).

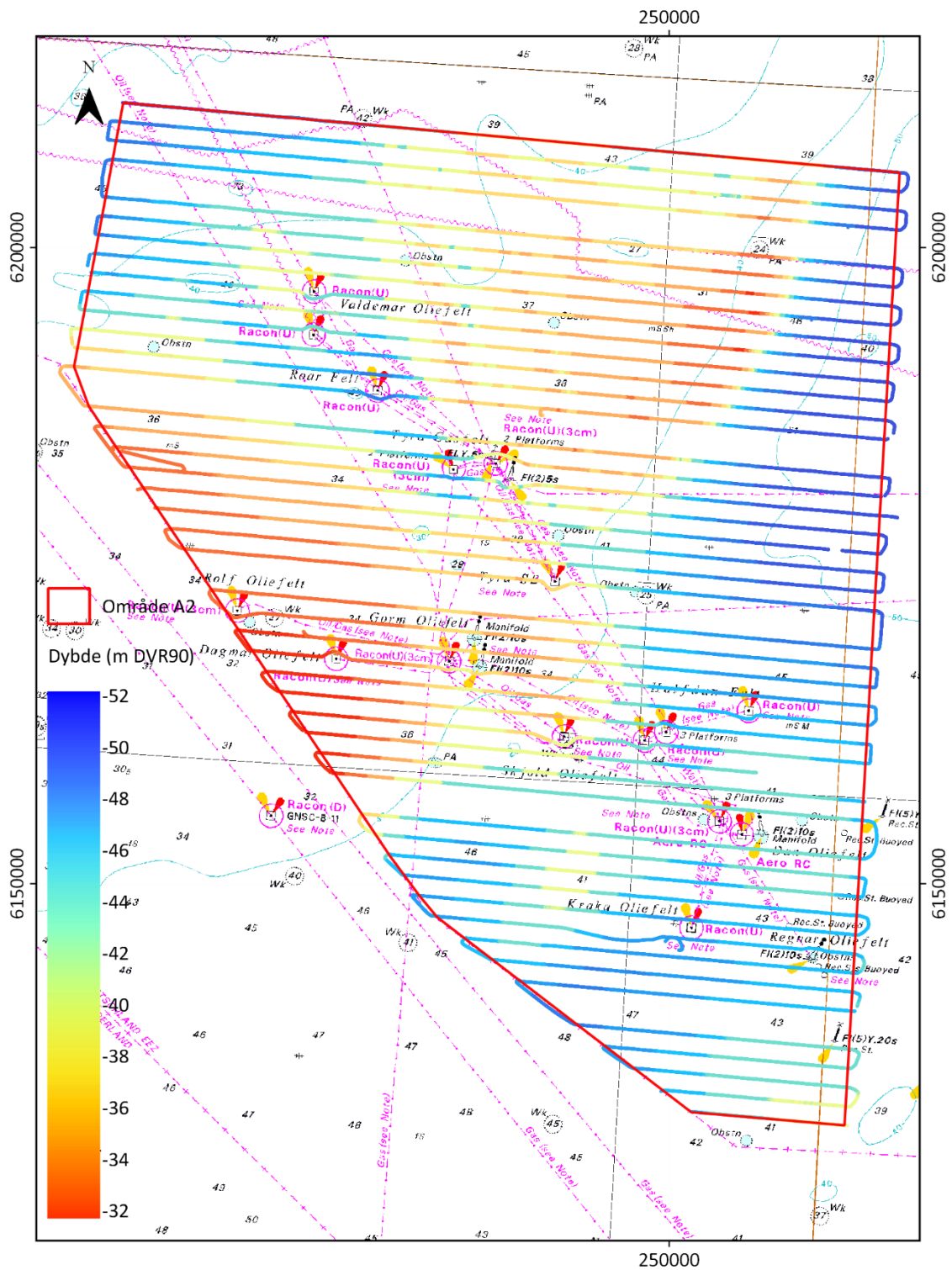
4.1.2 Doggerbanke Tail End

Ved Doggerbanke Tail End (område A2) blev der målt vanddybder på ~33 m til ~55 m. Generelt er de største vanddybder registreret i den østlige og sydøstlige del af området, hvor vanddybden

udbredt er >45 m. I det nordvestlige hjørne af området er der registreret vanddybder på >50 m. De mindste vanddybder er registreret i den sydvestlige og nordlige del af området, hvor vanddybden udbredt er <40 m. Disse relativt lavvandede områder er relateret til "Tail End of Dogger Bank" og udgør den nordøstlige afgrænsning af Doggerbanke, som er en del af et større morænerelief centralt i Nordsøen, jf. afsnit 2.2.

Den batymetriske kortlægning viser tilstedeværelsen af en markant skrænt, som gennemskærer den østlige del af området. Denne skrænt markerer den østlige afgrænsning og udbygning af "Tail End" på Doggerbanke, som adskiller bankestrukturen og de omkringliggende dybere bassinarealer (Figur 4-2).

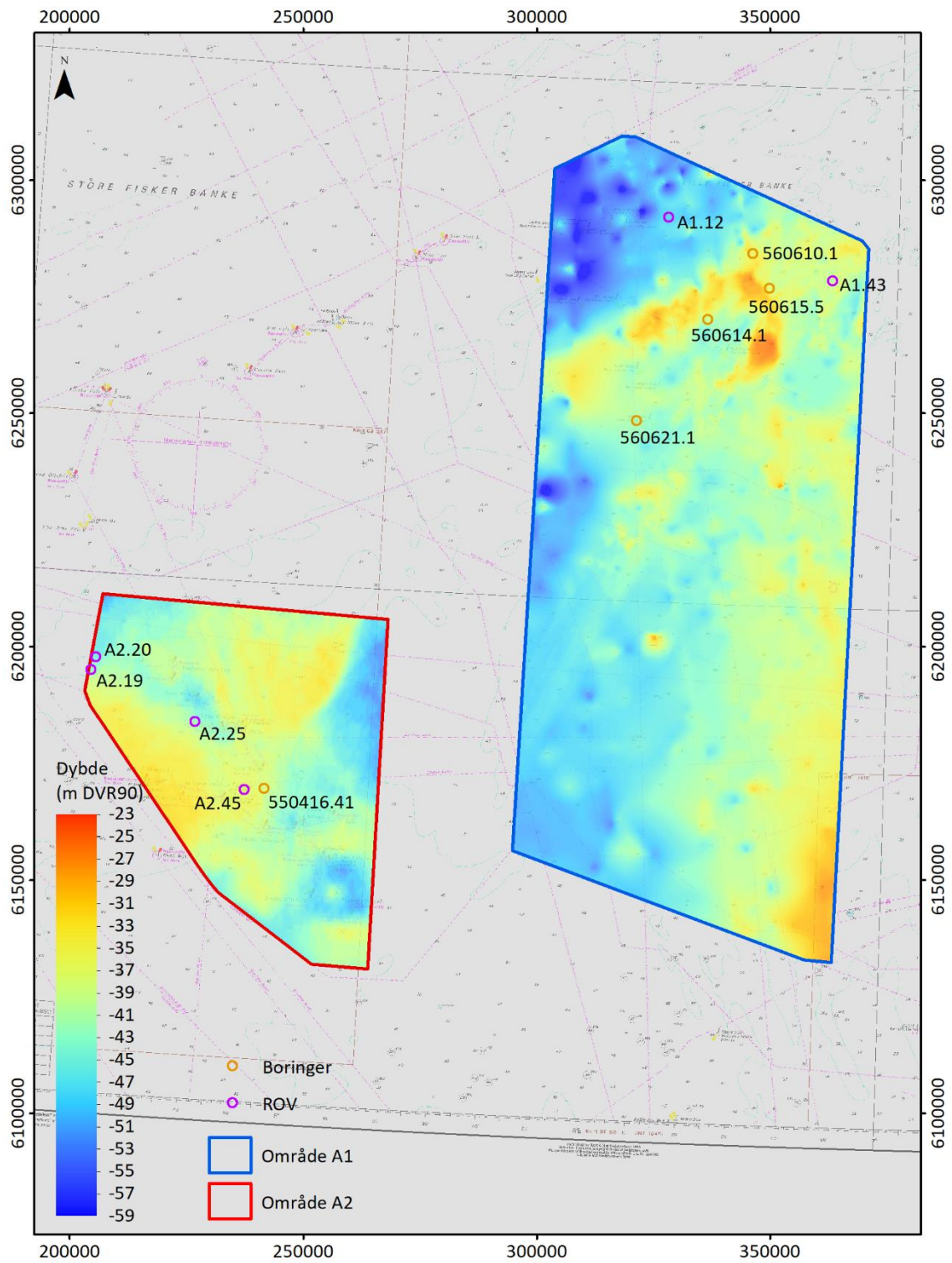
Det relativt lavvandede område gennemskæres mod nordvest af en kanal, hvor vanddybden lokalt overstiger 50 m. Denne kanal strækker sig mod sydøst ind til den centrale del af område A2. I den nordlige del af det lavvandede område (nord for kanalen) er der en indikation på tilstedeværelsen af "mindre" sandbanker i form af nord-syd orienterede kamme- og trug-strukturer.



Figur 4-2. Dybdekort for Dogger Banke Tail End (område A2).

4.2 Geologiske forhold

Der blev givet en generel beskrivelse af de geologiske forhold i afsnit 2.2. I nedenstående gives en beskrivelse af sammenhængen mellem den overfladenære geologi og substratet på havbunden. Sammenhængen illustreres ved brug af eksisterende kerne-data (fra [Jupiter](#) databasen) samt den indsamlede data i form af seismiske profiler, sidescan-data og ROV-optagelser. Overblik over de anvendte eksempler fremgår af Figur 4-3.

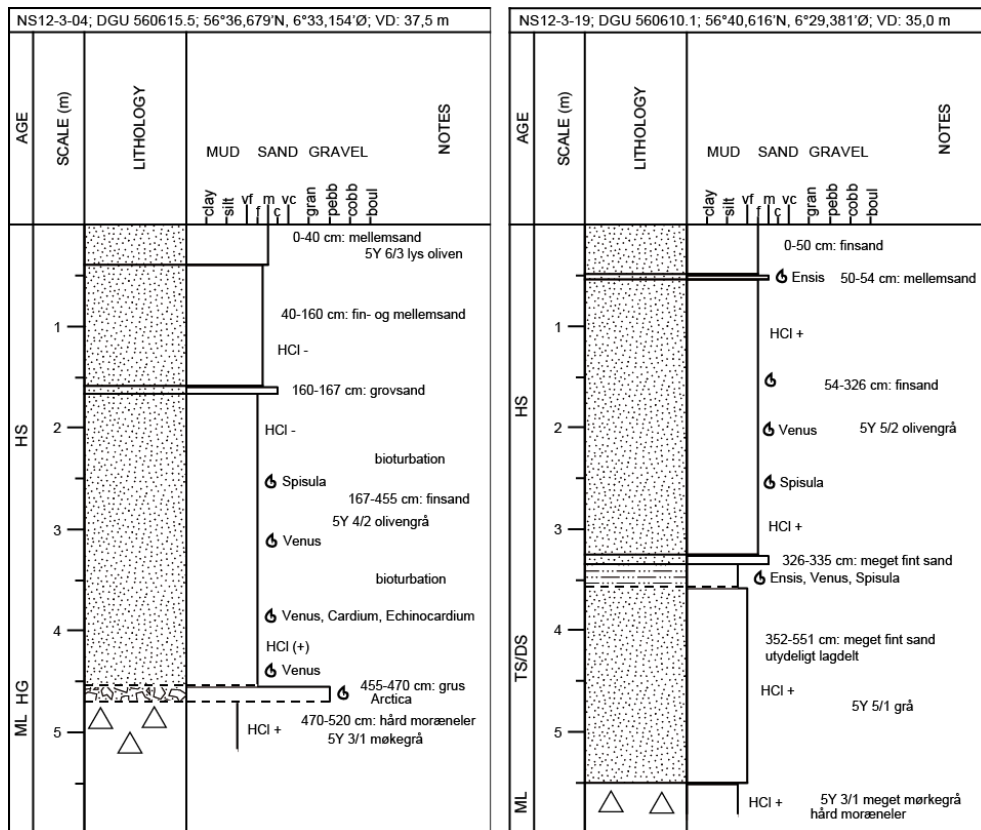


Figur 4-3. Oversigt over boringer og ROV-stationer anvendt som eksempler i den geologiske beskrivelse af kortlægningsområdet. Som baggrund er anvendt EMODnet batymetri.

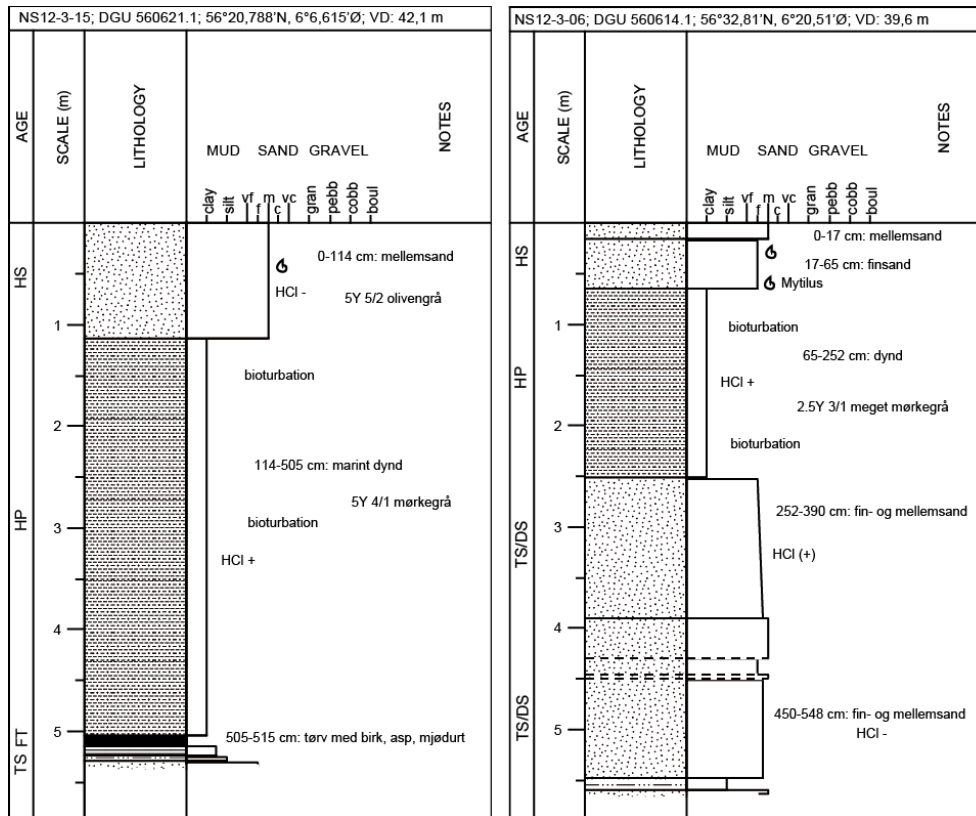
4.2.1 Østlige Nordsøen

Området strækker sig hele vejen fra den dansk-tyske grænse til den dansk-norske grænse, og det dækker en stor bid af den danske del af Nordsøen. GEUS' sedimentkort (Figur 2-3) viser, at området domineres af sand og dyndet sand. Moræneaflejringer og grus findes i mindre områder, især mod nord, hvor der findes lavvandede områder. Den Kvartære lagserie er tynd og adskilt fra Neogene lag af en erosionsflade (Nielsen et al. 2008).

Ud fra vibrationsboringer i området fremgår det, at der findes hård moræneler (ML), smeltevandssand (TS/DS) og lamineret ler (TL/DL). Disse sedimenttyper stammer fra sidste istid, og stedvist er der i sandet fundet planterester af arktiske planter, så som Dryas, polarpil og dværgbirk, som er dateret dels til Yngre Dryas tiden og dels til tiden forud for sidste istids maksimum (Bennike et al. 2014). Under Fastlandstiden er der lokalt aflejret tynde lag af tørv, og efter området blev transgrederet af havet i tidlig Holocæn, er der aflejret marint grus, sand og dynd (HG, HS og HP) med skaller af marine muslinger og snegle (Figur 4-4 og Figur 4-5).

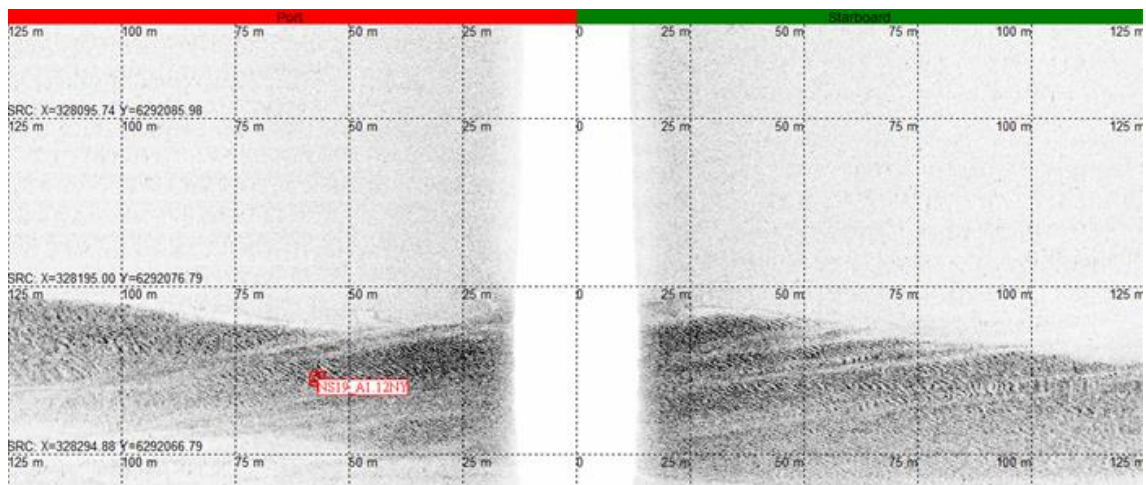


Figur 4-4. Sedimentologiske logs for borerne DGU 560615.5 og 560610.1.



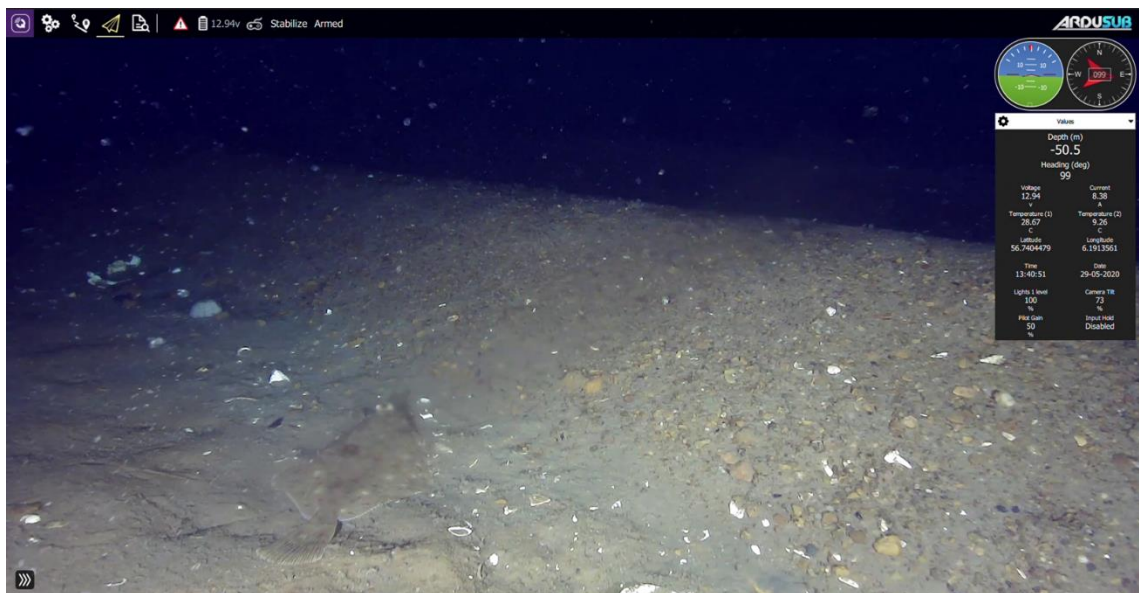
Figur 4-5. Sedimentologiske logs for borerne DGU 560021.1 og 560614.1.

I den nordlige del af området, ved Lille Fisker Banke, er der et fint eksempel på hvordan den overfladenære geologi kommer til udtryk i substratet på havbunden. Eksemplet er mere nøjagtigt beliggende ved prøvetagningsstation A1.12. Sidescan-data indikerer at området er domineret af substrattype 1b sand, gennemskåret af en stribe mere høj-reflektivt substrat (2a sand, grus og småsten). Bunden fremstår med en morfologi af kamme og trug, hvilket indikerer tilstedeværelsen af dynamiske processer (Figur 4-6).



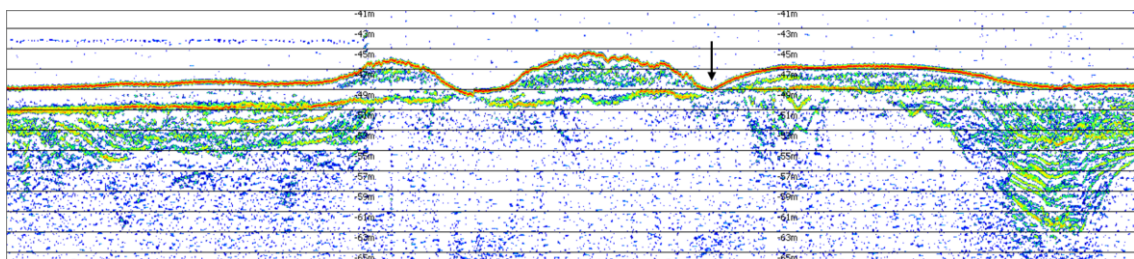
Figur 4-6. Sidescan-eksempel som illustrerer overgangen mellem to substrattyper (1b sand og 2a sand, grus og småsten). ROV-station A1.12.

På ROV-optagelsen fra prøvetagningsstationen ses en bundform bestående af groft sediment (2a sand, grus og småsten) med mere finkornet sediment og skaller i truget (Figur 4-7).



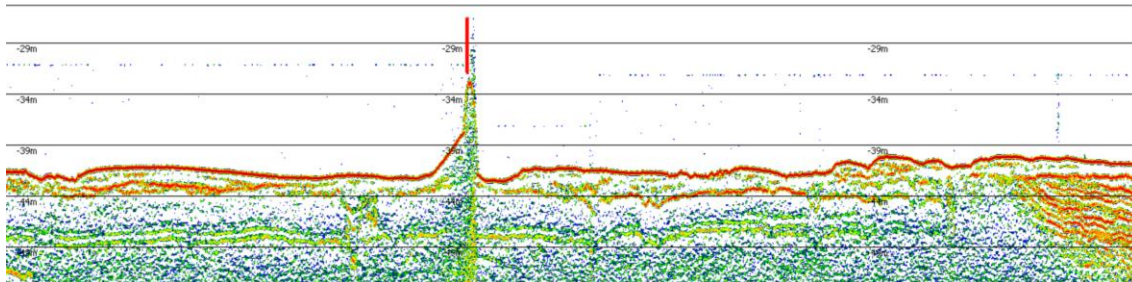
Figur 4-7. ROV-billede hvorpå der ses en bundform bestående af groft sediment med skaller. ROV-station A1.12

På det seismiske profil ved prøvetagningsstationen, ses det hvordan det høj-reflektive grusholdige lag bryder overfladen i trugene på nogle større bundformer (2-4 m høje). Derudover fremgår det, at området også består af blødere sediment (jf. penetrationsdybden på op til 16 m) aflejret i relikte kanaler (Figur 4-8).

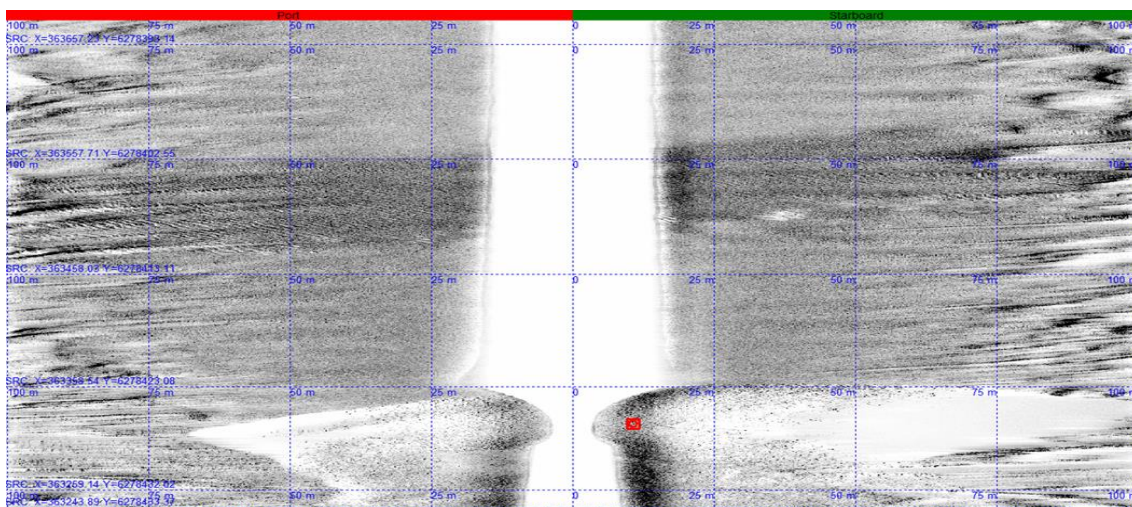


Figur 4-8. Seismisk profil som viser et høj-reflektivt sedimentlag der bryder overfladen i trugene af nogle større bundformer. Pilen indikerer hvor laget når op til havbunden.

I den nordøstlige del af området ved ROV-station A1.43 ses et andet eksempel på hvordan geologien direkte påvirker havbundens beskaffenhed. På det seismiske data ses en ret markant og stejl forhøjning på havbunden. Tæt under overfladen ligger et høj-reflektivt lag som bryder det relativt tynde overfladelag i området omkring forhøjningen (Figur 4-9). Substratet som omgiver forhøjningen er tolket som værende henholdsvis 1b sand og 2b sand, grus og småsten samt bestrøning (jf. Tabel 3-3; Figur 4-10).

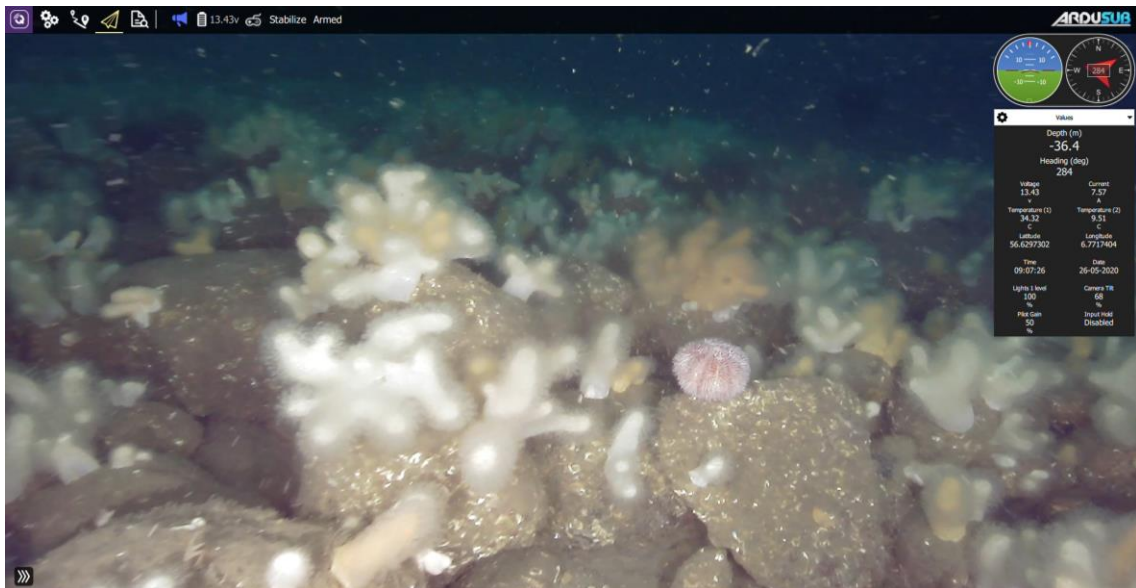


Figur 4-9. Seismisk profil af et høj-reflektivt underliggende lag som bryder overfladen og forårsager en markant forhøjning på havbunden.



Figur 4-10. Sidescan-eksempel ved ROV-station A1.43 med en markant forhøjning på havbunden.

På ROV-optagelsen ses det at forhøjningen udgør en kam bestående af større sten (Figur 4-11), antageligvis relateret til en overfladenær glacial aflejring delvist overlejret af et tyndt sand og gruslag.



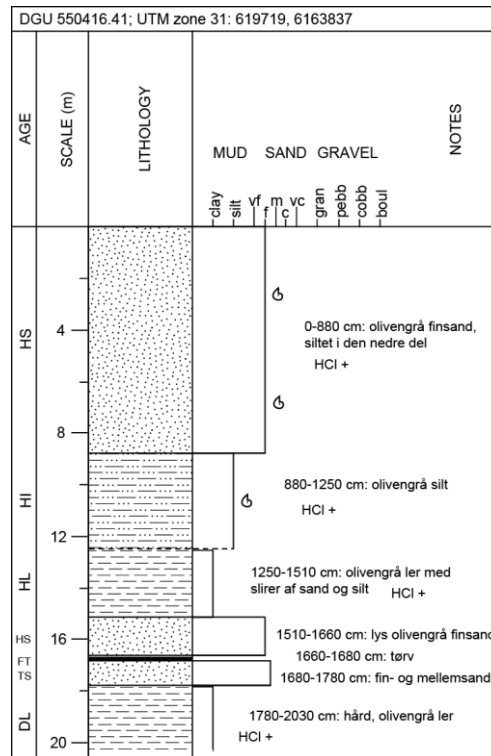
Figur 4-11. ROV-optagelse ved station A1.43, hvorpå der ses en kam af større sten, som udgør forhøjningen der ses på Figur 4-9 og Figur 4-10.

4.2.2 Doggerbanke Tail End

Det kortlagte område strækker sig fra den dansk-tyske grænse nordpå og dækker den nordøstlige del af Dogger Banke, samt et mindre dybereliggende område vest for banken og et større dybereliggende område øst for banken. Dogger Banke er et stort lavvandet område i den vestlige/centrale del af Nordsøen. GEUS' sedimentkort (Figur 2-3) viser, at det kortlagte område domineres af sand og dyndet sand, desuden findes mindre områder med dynd og længst mod nord, et lille område med grus. Den Kvartære lagserie er tyk og adskilt fra Neogene lag af en erosionsflade (Nielsen et al. 2008).

Lagserien i området kan beskrives ud boring 550416.41 (Figur 4-12). I denne boring findes øverst 8,8 m Holocænt marint finsand (HS), derunder Holocænt marint silt (HI), Holocænt marint ler (HL), Holocænt marint sand (HS) og 20 cm tørv (FT) fra Fastlandstiden, hvor området var land. Nederst er der aflejringer fra sidste istid, i form af smeltevandssand (TS) og hårdt ler (DL), der formentlig er aflejret i en issø.

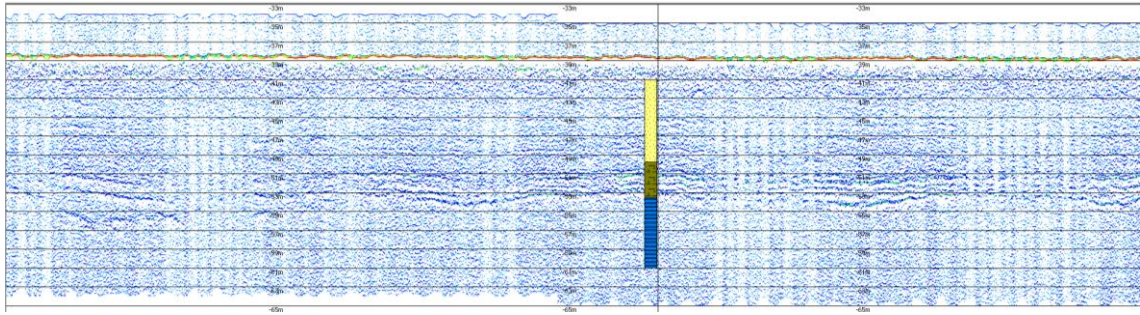
Den øvre del af selve Dogger Banke opbygges hovedsageligt af Holocænt sand aflejret efter sidste istid, moræneler og smeltevandssedimenter fra sidste istid samt marint sand fra sidste mellemistid (Eem; Cotterill et al. 2017).



Figur 4-12. Sedimentologisk log for boring DGU 550416.41.

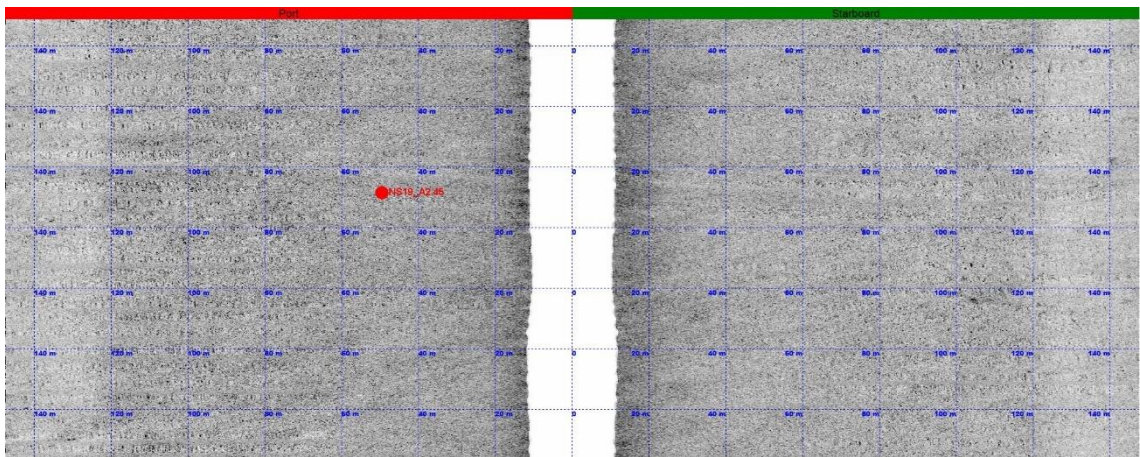
De overordnede geologiske forhold har indflydelse på overfladesedimentets sammensætning og fordeling, og dermed også på substrattyperne. Ligesom de geologiske forhold også er tæt knyttet til dybdeforholdene.

Baseret på de seismiske data ses det, at der flere steder i området forekommer udbygningssystemer bestående af sand og silt. Udbygningssystemerne ses som positive anomalier på dybdekortet (Figur 4-2), mens de på det seismiske data fremstår som tykke aflejringer af sandede og siltede sedimenter. Et eksempel herpå kan ses på Figur 4-13, hvor boringen på Figur 4-12 er korreleret til det nærmeste seismiske profil. Boringen illustrerer de overordnede geologiske forhold i området. Øverst er der som beskrevet ovenfor 8,8 meter Holocænt marint sand. Denne postglaciale sandenhed er relateret til den store sandbanke ved Doggerbanke Tail End. Sandaflejringerne underlejres af siltede, lerede og sandede Holocæne marine aflejringer. Herunder følger et 20 cm tykt tørvlag fra Fastlandstiden. De Holocæne lag underlejres af senglaciale aflejringer, der består sand og ler.

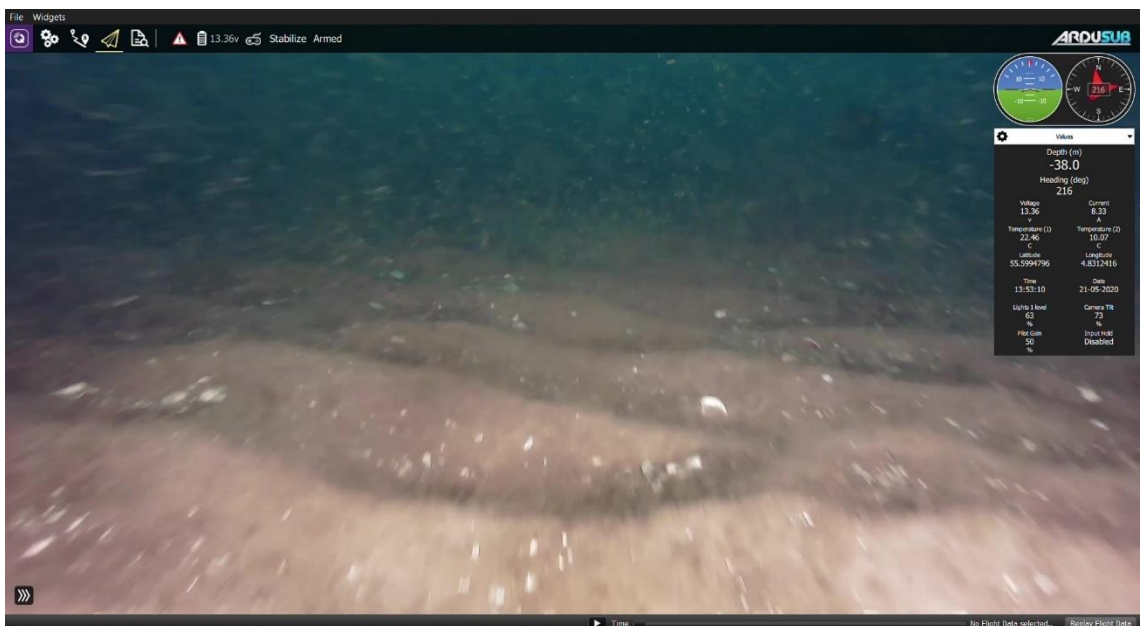


Figur 4-13. Korrelation mellem boring DGU-nr. 550416.41 og seismikken, som er fra den centrale del af området.

ROV-station A2.45, ~4 km vest for boringen, er givet som et repræsentativt eksempel på sandpakkens beskaffenhed ved overfladen. Den sandede overflade (substrattype 1b) med bundformsstrukturer kan erkendes på sidescan-data (Figur 4-14) og bekræftes af ROV-optagelsen (Figur 4-15), hvor bundformerne ligeledes giver en indikation af områdets dynamiske beskaffenhed.

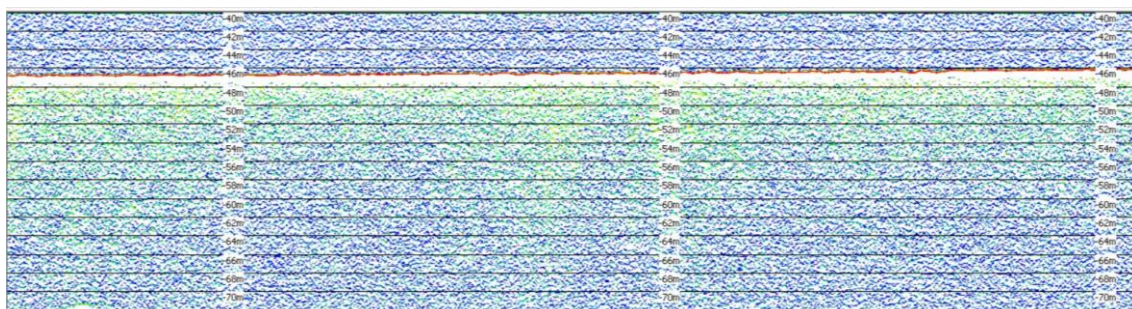


Figur 4-14. Sidescan-eksempel ved ROV-station A2.45. Eksemplet viser et sandet substrat med bundformer.



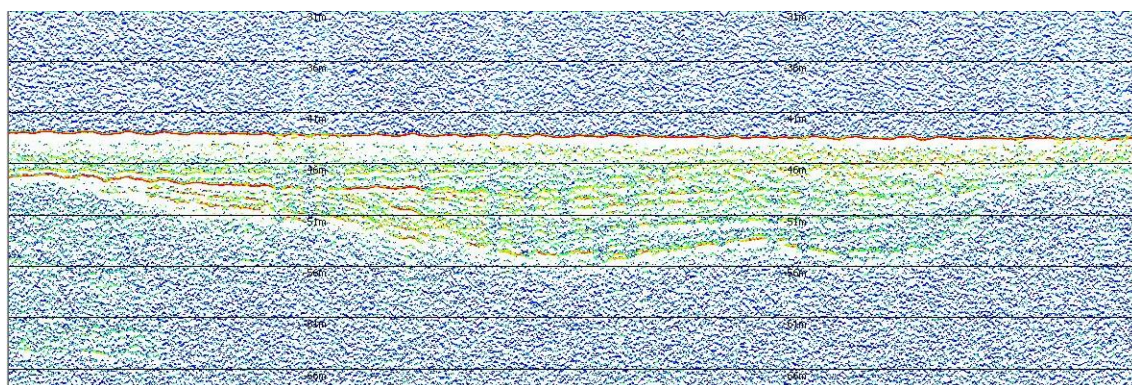
Figur 4-15. ROV-billede fra station A2.45. Eksemplet viser et sandet substrat med skalfragmenter og bundformer.

Formodede moræneaflejringer er flere steder observeret tæt under havbunden på de seismiske data. Inden for dette område er blotlagt moræne kun observeret i den nordvestlige del af området, hvor der er registreret større sten og leret sediment på havbunden (jf. ROV-station A2.19 og A2.20). Et eksempel på den seismiske signatur, som der tolkes som værende højtstående glaciale aflejringer er vist på Figur 4-16, signaturen er karakteriseret ved en høj reflektion af det akustiske signal nær havbunden, hvilket indikerer en hård overflade. Sidescan-eksempler og ROV-optagelser fra ovennævnte ROV-stationer fremgår af Figur 4-48, Figur 4-49, Figur 4-50 og Figur 4-51 i afsnit 4.3.2.



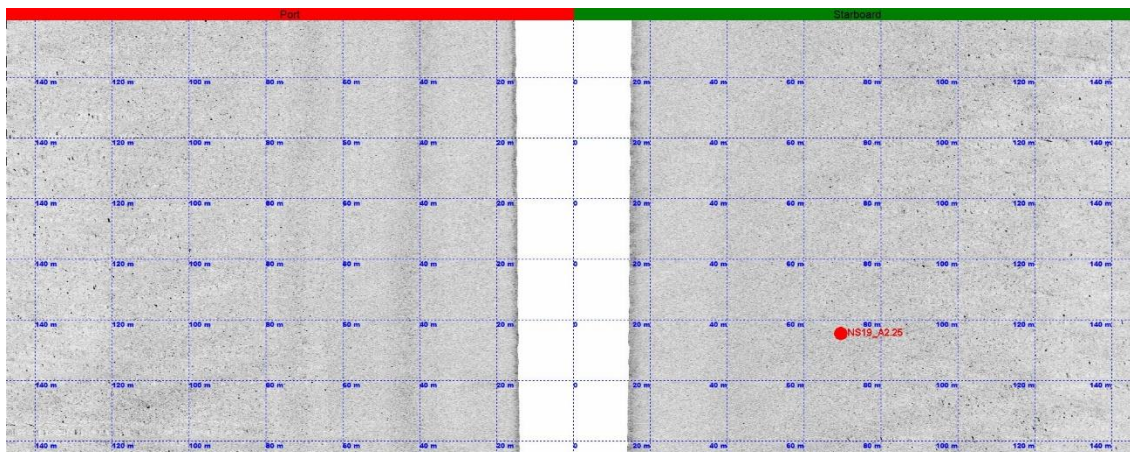
Figur 4-16. Seismisk profil fra den nordvestlige del af området, der viser en hård bund ved havbunden, hvor der lokalt forekommer større sten på havbunden (substrattype 2b).

Der er flere steder i området observeret kanalsystemer på de seismiske data. På dybdekortet ses et større kanalsystem som gennemskærer den centrale og nordvestlige del af området (Figur 4-2). Dele af kanalsystemet fremgår også af de seismiske data (Figur 4-17). Der er både registreret substrattype 1a og 1b i dette område.



Figur 4-17. Seismisk profil, der viser kanalsystemet beliggende i den centrale og nordvestlige del af området. I den dybeste del af kanalen er tykkelsen af lagene lokalt over 2 meter. Kanalen er generelt fyldt op med siltede og sandede aflejringer.

Et sidescan- og ROV-eksempel (A2.25) fra den sydvestlige skråning af kanalen er vist på Figur 4-18 og Figur 4-19. Herpå fremgår det at substrattypen ved denne del af kanalen primært består af 1b sand.



Figur 4-18. Sidescan-eksempel ved ROV-station A2.25. Eksemplet viser en substrattype 1b ved skråningen til den store kanal centralt i kortlægningsområdet.



Figur 4-19. ROV-billede fra station A2.25. Eksemplet viser en substrattype 1b med mindre irregulære strukturer ved skråningen til den store kanal centralt i kortlægningsområdet.

4.3 Substrattyper

Indenfor kortlægningsområderne Østlige Nordsøen (område A1) og Doggerbanke Tail End (område A2) blev der kortlagt et havbundsareal på hhv. 1.324 km² og 676 km², baseret på sidescan-dækningen. Det betyder, at hhv. ~12% og ~19% af det samlede areal inden for område A1 og område A2 er kortlagt i relation til substrattyper og overordnede habitattyper.

Havbunden i de to kortlægningsområder kan på baggrund af tolkning af sidescan-data, videooptagelser med ROV samt screening af de overordnede geologiske forhold inddeles i 7 forskellige substrattyper: 1a, 1b, 1c, 2a, 2b, 3 og 4.

For definition af de enkelte substrattyper henvises læseren til Tabel 3-3.

Substrattype 1a er generelt karakteriseret ved en blød bund bestående af silt og finsand og forefindes primært på større vanddybde (typisk >45-50 m). Intensiteten af det akustiske signal fra denne substrattype er typisk lavere i forhold til den mere faste og sandede havbund (substrattype 1b). Bundtypen er typisk meget homogen og præget af en del infaunaaktivitet. Desuden er der på den bløde bund observeret en del trawlspor, som er nærmere beskrevet under afsnit 4.7 om andre observationer.

Substrattype 1b er en fast sandbund bestående af fin- til mellemkornet sand med indhold af hvide skaller, og bundtypen ses typisk med bølgeribber og bundformer af varierende udtryk og størrelse. Overordnet har substrattypen et varierende indhold af silt, som generelt tiltager med øget vanddybde som følge af generelt faldende energiforhold. Substrattype 1b er hovedsageligt beliggende på mindre vanddybder (typisk <40-45 m) og på sidescan-data fremstår bundtypen med en relativ høj reflektivitet. Bundtypen er typisk meget homogen og præget af en del trawlspor. Dette er nærmere beskrevet under afsnit 4.7 om andre observationer.

Substrattype 1c er karakteriseret ved en sandet til siltet havbund med områder bestående af ler og relikte lerblokke. Denne substrattype er kun observeret i Østlige Nordsøen (område A1) og registreret på dybder mellem ~35 m og ~45 m. Det akustiske signal fra denne substrattype er vanskeligt at adskille fra det akustiske signal, som karakteriserer substrattype 2a og 2b. Substrattype 1c er kendetegnet ved et høj-reflektivt akustisk signal fra de lerdominerede områder. Det er den mindst forekommende substrattype i indeværende kortlægning.

Substrattype 2a er en sandet, gruset og småstenet bund bestående af en sandmatrix med vekslende andel af grus og mindre sten. Desuden består substratet typisk af en del hvide skalfragmenter. Substrattype 2a adskiller sig fra substrattype 2b ved at indeholde <1% større sten, jf. Tabel 3-3. Substrattype 2a er hovedsageligt beliggende på lavere vanddybde (typisk <40-45 m) og på sidescan-data fremstår bundtypen med en høj reflektivitet. Bundtypen forekommer typisk som mindre spredte områder inden for substrattype 1b og forekommer generelt i mere dynamiske områder. På grund af de dynamiske forhold er afgrænsningen under konstant forandring. Dette er nærmere beskrevet under afsnit 4.8 om generel beskrivelse af de dynamiske forhold.

Substrattype 2b er en bund bestående af sand, groft sand og grus med vekslende indhold af større sten. Substrattype 2b adskiller sig fra substrattype 2a ved at indeholde mere end 1% større sten, jf. Tabel 3-3. Substrattype 2a fremstår på sidescan-data med en høj reflektivitet og bundtypen forekommer typisk som mindre spredte områder inden for substrattype 1b.

Substrattype 3 er karakteriseret ved grovere sediment med en bestrøning af større sten på mellem 10 % og 25 %, jf. Tabel 3-3. Den er primært observeret i den nordlige del af Østlige Nordsøen (område A1). Substrattypen er hovedsageligt observeret på vanddybder >40 m omgivet af sandede og grusede sedimenter og er identificeret ved det karakteristiske akustiske signal som

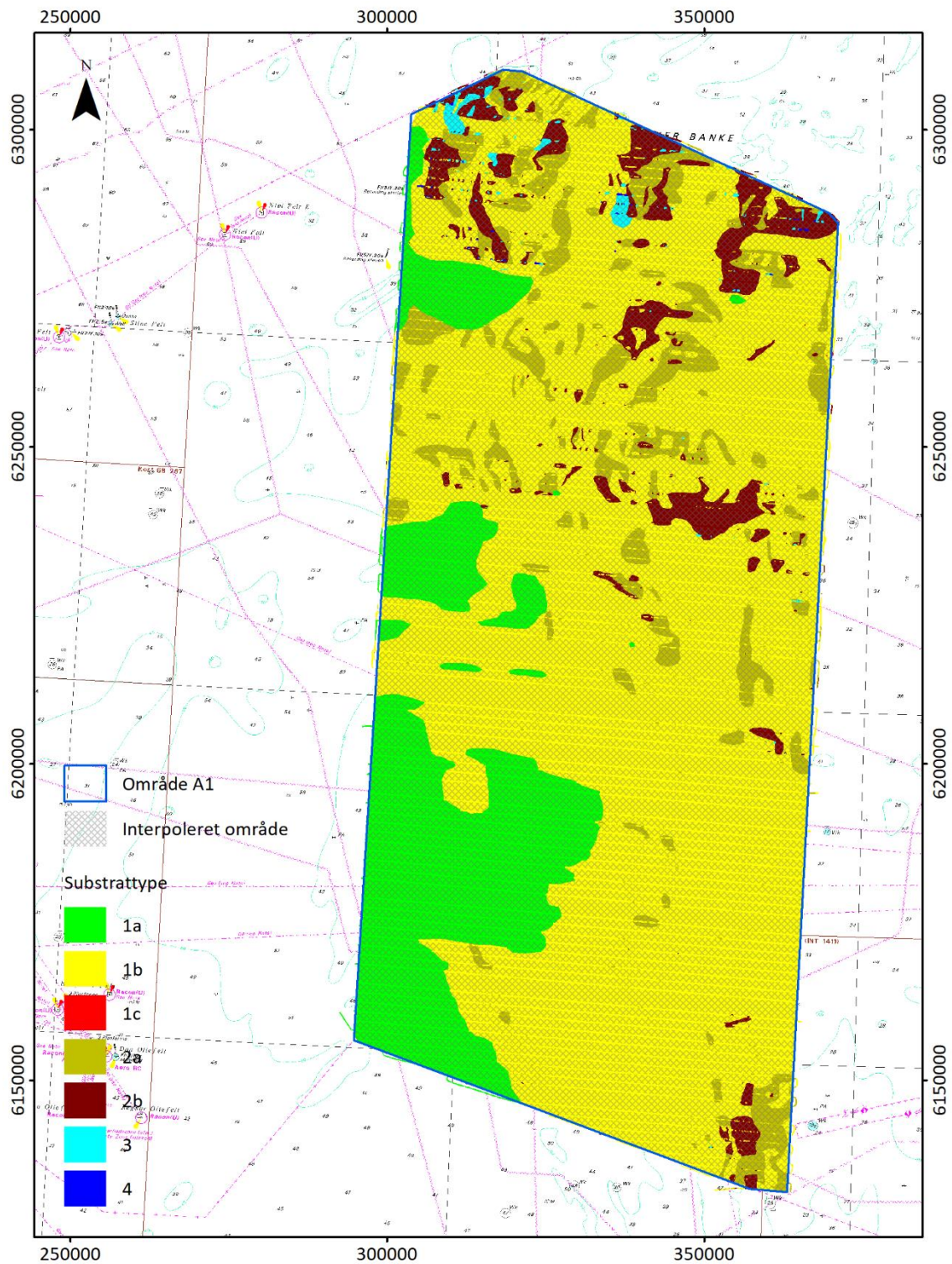
fremkommer af sten på havbunden. Retursignalet fra sten er typisk karakteriseret ved høj intensitet og afhængig af stenens størrelse og lydbølgens indfaldsvinkel vil der opstå en skygge (lavere intensitet) i området bagved stenen, længst fra lydkilden (se eksempel i Figur 4-25).

Substrattype 4 er domineret af sten >10 cm med varierende indslag af sand, grus og småsten. Substrattype 4 er kun observeret i den nordlige del af Østlige Nordsøen (område A1). Substratet er primært observeret på vanddybder >40 m omgivet af sandede og grusede sedimenter. Ligesom med substrattype 3, er substrattype 4 identificeret ved det karakteristiske signal som fremkommer af sten på havbunden.

I afsnit 4.3.1 og 4.3.2 gives en rumlig beskrivelse af fordelingen af substrattyper for henholdsvis område A1 og A2. I den forbindelse foretages en beregning af arealfordeling af de enkelte substrattyper og en beregning af de kortlagte arealer. Der præsenteres eksempler af sidescan-data og ROV-billeder for hver substrattype fordelt over de to områder.

4.3.1 Østlige Nordsøen

Havbunden i Østlige Nordsøen (område A1) kan inddeles i 7 substrattyper; 1a, 1b, 1c, 2a, 2b, 3 og 4. Den rumlige fordeling af substrattyper for område A1 fremgår af Figur 4-20.



Figur 4-20. Substrattypekort for Østlige Nordsøen (område A1) med tolket samt interpoleret data (grå-skraveret).

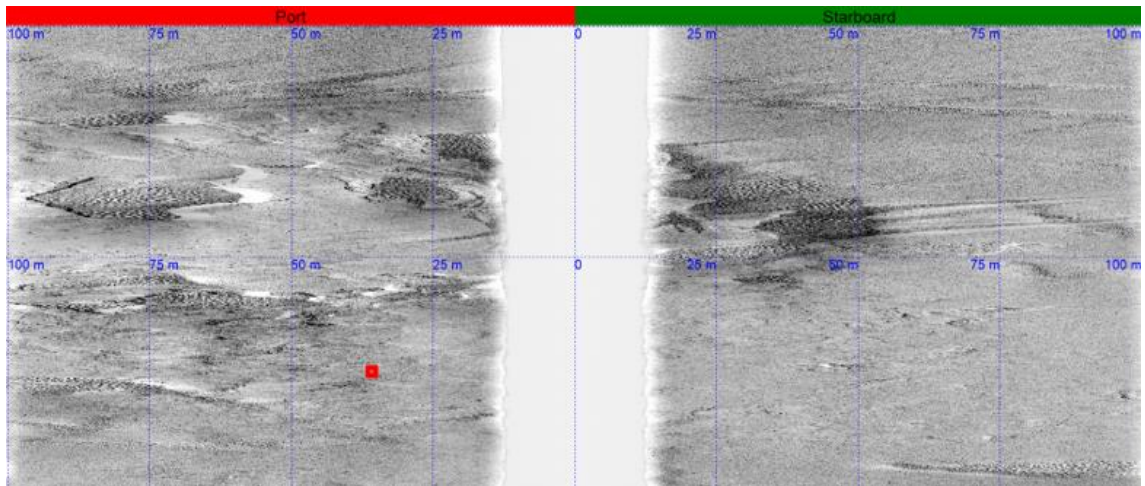
I nedenstående gives en beskrivelse af den rumlige fordeling af substratyper samt deres karakteristika. Der vises sidescan-eksempler samt ROV-billeder af de substratyper, som kun forefindes i område A1. Sidescan- og ROV-eksempler på de substratyper, som forefindes i begge områder kan ses i afsnit 4.3.2.

Den procentuelle fordeling af substrattyper angivet i nedenstående er med reference til det samlede areal for Østlige Nordsøen (område A1). Der blev også indsamlet data uden for den fastlagte områdefrænsning i forbindelse med transit mellem surveylinjer. Substrattypetolkning uden for område A1 fremgår også af Figur 4-20, men indgår ikke i arealberegningerne. Et samlet overblik over den rumlige fordeling af substrattyper er givet i Tabel 4-1.

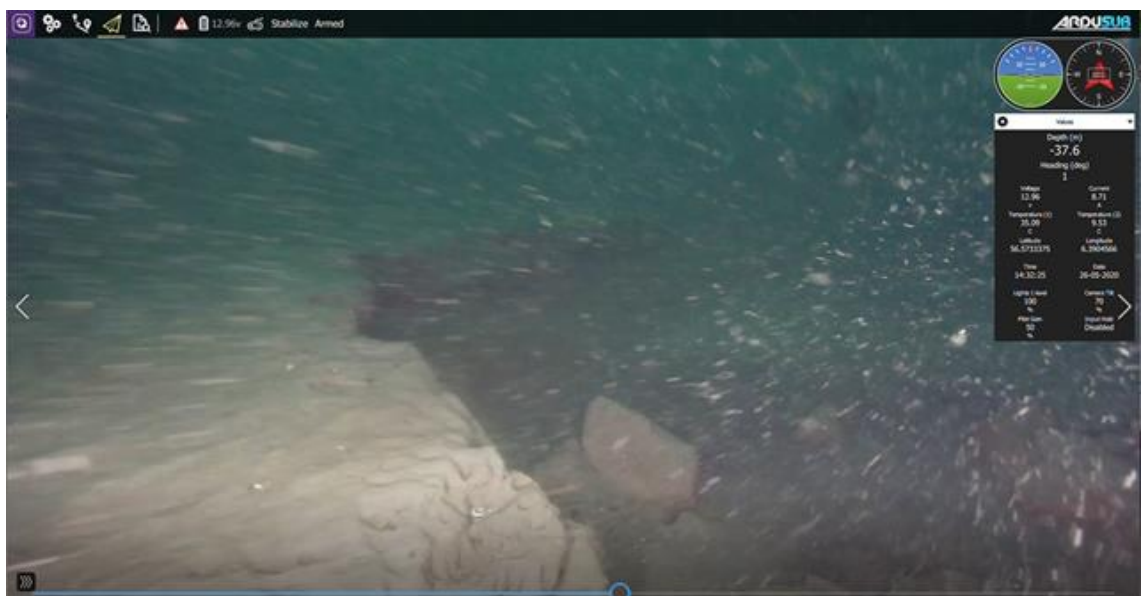
Substrattype 1a er primært observeret i den vestlige halvdel af området med den største rumlige udbredelse i det sydvestlige hjørne. Større sammenhængende områder findes både nord og syd for den sydvest-nordøst orienterede højderyg i den nordlige del af området. Substrattypen ligger hovedsageligt på vanddybder >40 m. Sidescan-eksempler af substrattype 1a fremgår af Figur 4-32, Figur 4-34 samt Figur 4-36. I område A1 er der kortlagt ~262 km² som substrattype 1a. Det svarer til, at substrattype 1a dækker 20% af den kortlagte havbund. Substrattype 1a er dermed den næstmest udbredte substrattype i område A1. I forhold til det interpolerede substrattypekort for området udgør substrattype 1a 17% af det samlede havbundsareal (Tabel 4-1).

Substrattype 1b er det mest udbredte substrat i området. Det er hovedsageligt identificeret på dybder <50 m, men forekommer også på større dybde, især i den nordvestlige del af området. Sidescan-eksempler af substrattype 1b fremgår af Figur 4-38 og Figur 4-39. I område A1 er der kortlagt ~838 km² som substrattype 1b. Det svarer til, at substrattype 1b dækker 63% af den kortlagte havbund. Substrattype 1b er dermed den mest udbredte substrattype i område A1. I forhold til det interpolerede substrattypekort for området udgør substrattype 1b 68% af det samlede havbundsareal (Tabel 4-1).

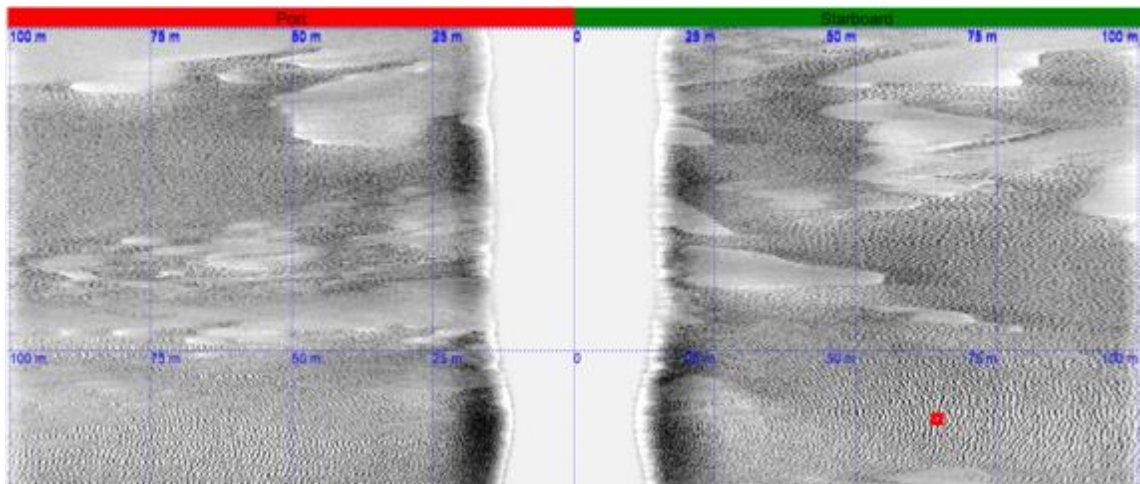
Substrattype 1c er kun observeret ganske få steder i den nordlige del af området. Substrattypen er identificeret i områder domineret af enten substrattype 1b eller 2b på vanddybder mellem ~30 m og ~45 m. Substrattypen blev ikke identificeret ved første substrattypetolkning, her blev 1c hovedsageligt tolket som 2a/2b. Derfor er udbredelsen af denne type primært baseret på ROV-identifikation og "ekstrapoleret" til nærliggende områder med samme akustiske signal. Substrattype 1c blev fundet ved følgende fire ROV-stationer; A1.57, A1.60, A1.71 og A1.80. På Figur 4-21 og Figur 4-23 ses eksempler på sidescan-mosaik, hvor ROV-optagelserne viste områder delvist bestående af substrattype 1c (Figur 4-22 og Figur 4-23). Sammenholder man sidescan-mosaik for substrattype 1c (Figur 4-21 og Figur 4-23) med 2a (Figur 4-44 og Figur 4-46) og 2b (Figur 4-48 og Figur 4-50) fremgår det, hvorfor disse kan være svære at adskille baseret på sidescan-data alene.



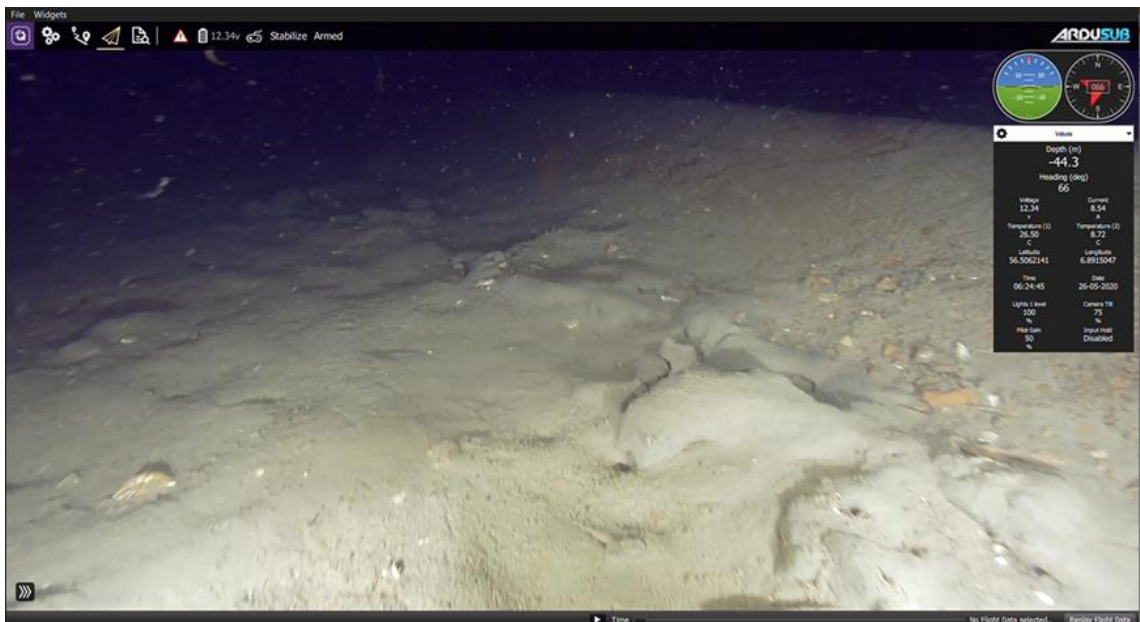
Figur 4-21. Sidescan-eksempel af substrattype 1b og 1c. De høj-reflektive (sorte) områder er blotlagte moræneaflejringer. Rødt mærke indikerer position af ROV-station A1.57.



Figur 4-22. ROV-optagelse af 1b og 1c ved ROV-station A1.57. På billedet ses en blotlagt moræneaflejring.



Figur 4-23. Sidescan-eksempel på 1b og 1c. Rød cirkel angiver position for ROV-station A1.71.



Figur 4-24. ROV-optagelse af 1b og 1c ved ROV-station A1.71.

I område A1 østlige Nordsøen er der kortlagt $\sim 0,3 \text{ km}^2$ som substrattype 1c. Det svarer til, at substrattype 1c dækker $<1\%$ af den kortlagte havbund. Substrattype 1c er dermed den mindst udbredte substrattype i område A1. I forhold til det interpolerede substrattypekort for området udgør substrattype 1c $<1\%$ af det samlede havbundsareal (Tabel 4-1).

Substrattype 2a er hovedsageligt beliggende i den nordlige halvdel af området, men der er også et større sammenhængende område i det sydøstlige hjørne. Størstedelen af denne substrattype er identificeret på vanddybder $<45 \text{ m}$, men i den nordligste del af område A1 findes substratet også på større vanddybder. I visse høj-dynamiske områder bestående af substrattype 1b med udbredt ribbe-morfologi, var det vanskeligt, baseret på det akustiske signal, at differentiere mellem substrattype 1b og 2a. Det betyder, at nogle områder efterfølgende er korrigeret fra 2a til

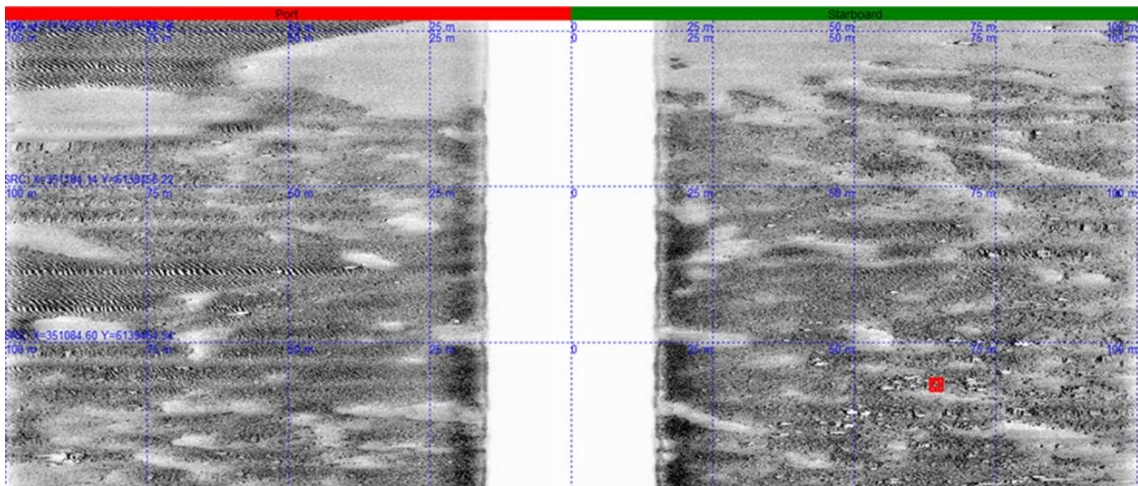
1b baseret på ROV-observation og kornstørrelsesanalyse. Eksempler på den akustiske afbildning af substrattype 2a er vist i Figur 4-44 og Figur 4-46.

I område A1 er der kortlagt $\sim 129 \text{ km}^2$ som substrattype 2a. Det svarer til, at substrattype 2a dækker 10% af den kortlagte havbund. Substrattype 2a er dermed den tredje mest udbredte substrattype i område A1. I forhold til det interpolerede substrattypekort for området udgør substrattype 2a 9% af det samlede havbundsareal (Tabel 4-1).

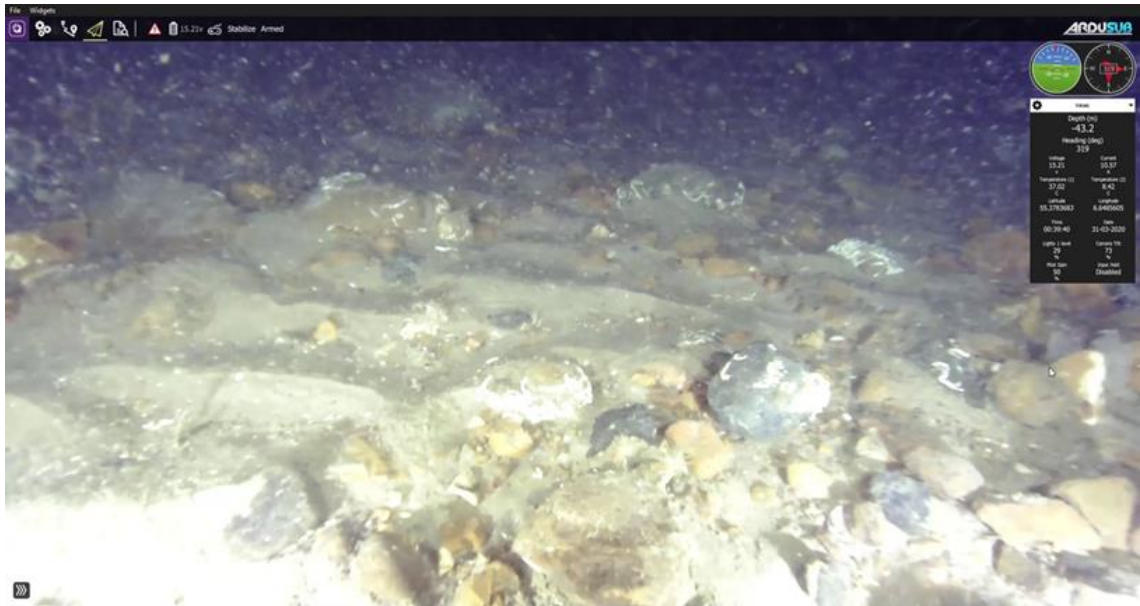
Substrattype 2b adskiller sig kun fra substrattype 2a ved andelen af sten $> 10 \text{ cm}$ (se afsnit 3.3.2). Substratet er primært observeret i områder domineret af substrattype 1b og i umiddelbar nærhed af substrattype 2a, 3 og 4. Substratet er primært observeret i den nordlige halvdel af området, men forekommer også i det sydøstlige hjørne. Substrattype 2b forefindes primært i områder med højtliggende moræneaflejringer som kun er dækket af tynde mobile sand- og gruslag. Eksempler på substrattype 2b med henholdsvis sidescan-mosaik og ROV-optagelser fremgår af Figur 4-48, Figur 4-50, Figur 4-49 samt Figur 4-51.

I område A1 er der kortlagt $\sim 78 \text{ km}^2$ som substrattype 2b. Det svarer til, at substrattype 2b dækker 6% af den kortlagte havbund. Substrattype 2b er dermed den fjerde mest udbredte substrattype i område A1. I forhold til det interpolerede substrattypekort for området udgør substrattype 2b 5% af det samlede havbundsareal (Tabel 4-1).

Substrattype 3 er primært identificeret i den nordlige del af område A1 og forefindes kun i begrænset omfang i den centrale og sydlige del. Substrattypen er hovedsageligt observeret på vanddybder $> 40 \text{ m}$ og kun i ganske begrænset omfang på lavere vand. Sidescan-eksempel og ROV-eksempel af substrattype 3 er vist på Figur 4-25 og Figur 4-26.



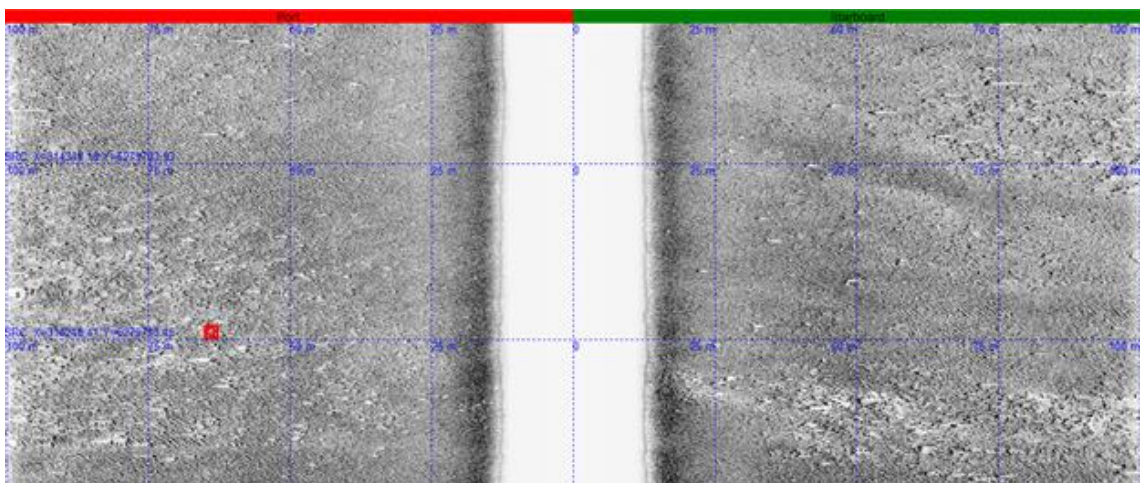
Figur 4-25. Sidescan-eksempel af havbund bestående af substrattype 3 delvist overlejret af substrattype 1b. Rødt mærke angiver ROV-station A1.24.



Figur 4-26. ROV-billede af substrattype 3 optaget ved ROV-station A1.24.

I område A1 er der kortlagt $\sim 13 \text{ km}^2$ som substrattype 3. Det svarer til, at substrattype 3 dækker 1% af den kortlagte havbund. I forhold til det interpolerede substrattypekort for området udgør substrattype 3 $< 1\%$ af det samlede havbundsareal (Tabel 4-1).

Substrattype 4 er kun observeret i ganske begrænset omfang i den nordlige del af område A1, med den største udbredelse i det nordvestlige hjørne af området (Figur 4-20). Substratet er primært observeret på vanddybder $> 40 \text{ m}$. I enkelte tilfælde er substrattype 4 identificeret på vanddybder ned til $\sim 30 \text{ m}$. Figur 4-27 og Figur 4-28 viser et eksempel på substrattype 4 optaget med henholdsvis sidescan sonar og ROV.



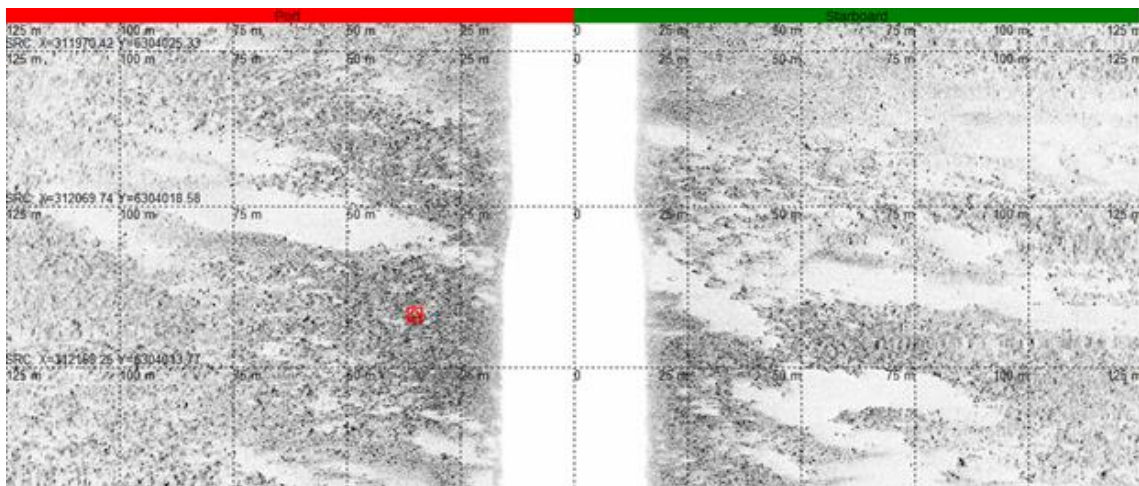
Figur 4-27. Sidescan-eksempel på substrattype 4. Rødt mærke indikerer position for ROV-station A1.44.



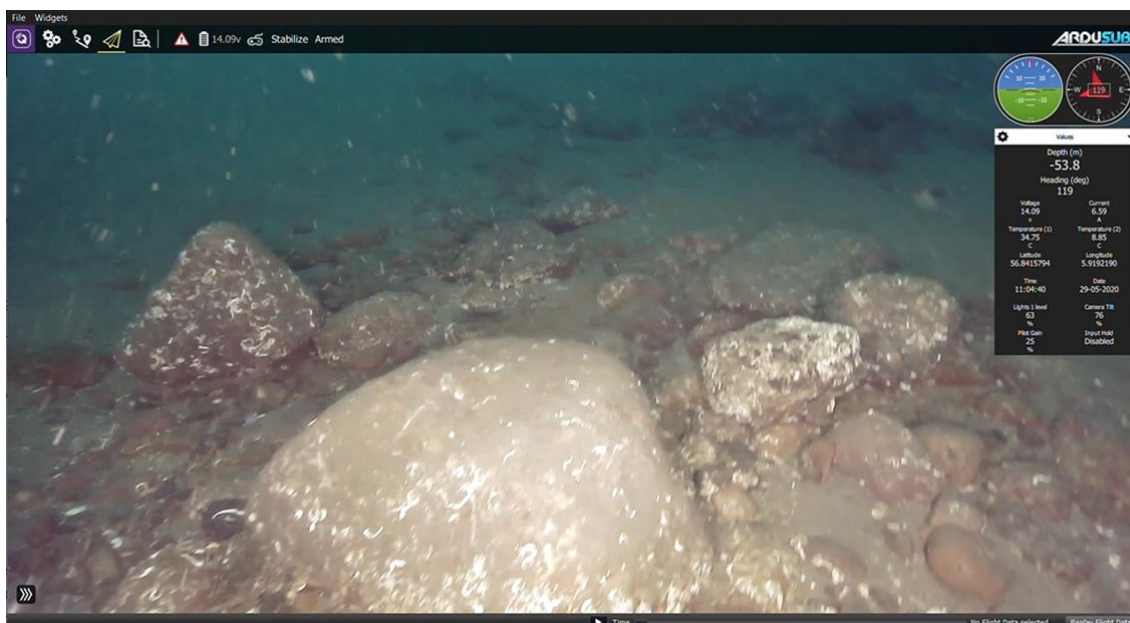
Figur 4-28. ROV-billede af substrattype 4 optaget ved ROV-station A1.44.

I område A1 er der kortlagt $\sim 3 \text{ km}^2$ som substrattype 4. Det svarer til, at substrattype 4 dækker $<1\%$ af den kortlagte havbund. I forhold til det interpolerede substrattypekort for området udgør substrattype 4 ligeledes $<1\%$ af det samlede havbundsareal (Tabel 4-1).

Generelt gælder det, at områder bestående af grovere sediment såsom substrattype 2b, 3 og 4, ofte fremstår som en mosaik af grovkornede substrattyper, delvist overlejret af finere sandlag (substrattype 1b). Eksempler på dette fremgår af Figur 4-29 og Figur 4-30.



Figur 4-29. Sidescan-eksempel på område bestående af substrattype 1b, substrattype 3 samt substrattype 4. Rødt mærke angiver ROV-station A1.128



Figur 4-30. ROV-optagelse ved ROV-station A1.128.

Tabel 4-1. Oversigt over kortlagt og samlet (kortlagt + interpoleret) areal for de tolkede substrattyper i Østlige Nordsøen (område A1).

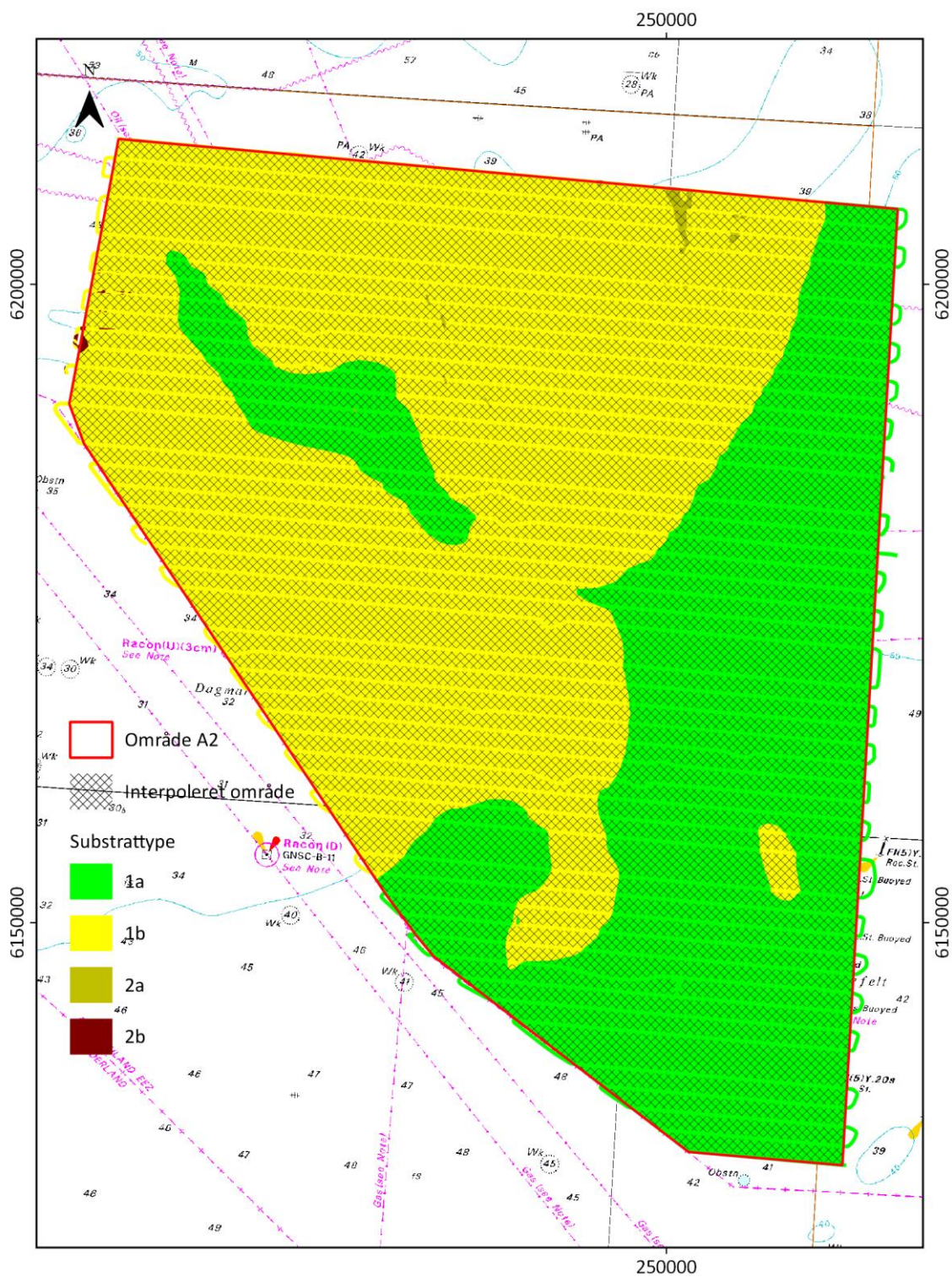
Substrattype	Kortlagt areal		Samlet areal		Kortlagt andel % kortlagt areal af samlet areal
	km ²	%	km ²	%	
Substrattype 1a	262	20	1.835	17	14
Substrattype 1b	838	63	7.338	68	11
Substrattype 1c	<1	<1	<1	<1	100
Substrattype 2a	129	10	966	9	13
Substrattype 2b	78	6	588	5	13
Substrattype 3	13	1	48	<1	27
Substrattype 4	3	<1	4	<1	60
Total	1.324	100	10.779	100	12

Ovenstående arealberegning viser, at den samlede andel af havbunden, der er kortlagt inden for område A1 svarer til ~12%. Det vil sige, at resultaterne for de øvrige havbundsarealer inden for område A1 er interpoleret fra kortlægningen af de 12%. Med andre ord er ~88% af havbunden ikke kortlagt; beskrivelsen af havbunden er her baseret på et interpoleret datagrundlag.

4.3.2 Doggerbanke Tail End

Havbunden i område A2 kan på baggrund af tolkningen af sidescan-data, videooptagelserne med ROV samt screeningen af de overordnede geologiske forhold inddeles i 4 forskellige substrattyper; 1a, 1b, 2a og 2b.

Fordelingen af substrattyper i område A2 kan ses på nedenstående substrattypekort (Figur 4-31).



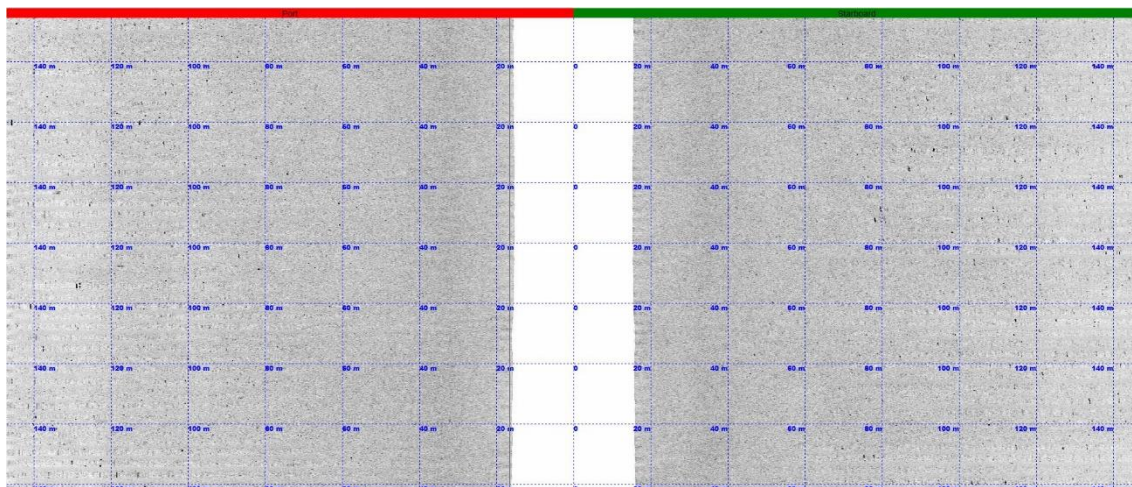
Figur 4-31. Substrattypekort for Doggerbanke Tail End (område A2) med tolket samt interpoleret data (grå-skriveret).

I nedenstående gives en beskrivelse af den rumlige fordeling af substrat typer samt deres karakteristika. Der vises sidescan-eksempler samt ROV-billeder af substrat typerne identificeret i område A2.

Den procentuelle fordeling af substrattyper angivet i nedenstående er med reference til det samlede areal for Doggerbanke Tail End (område A2). Der blev også indsamlet data uden for den fastlagte områdeafgrænsning i forbindelse med transit mellem surveylinjer. Substrattypetolkning uden for område A2 fremgår også af Figur 4-31, men indgår ikke i arealberegningerne. Et samlet overblik over den rumlige fordeling af substrattyper er givet i Tabel 4-2.

Substrattype 1a er primært identificeret i den østlige og sydlige del af område A2 (Figur 4-31) typisk beliggende på >45-50 m dybde. Sidescan- og ROV-eksempler fra det sydlige (Figur 4-32 og Figur 4-33) og østlige område (Figur 4-34 og Figur 4-35) er vist nedenfor. Desuden er der identificeret forekomst af substrattype 1a langs kanalsystemet beliggende i den nordvestlige del af området (Figur 4-31). Sidescan- og ROV-eksempel fra dette område kan ses på Figur 4-36 og Figur 4-37. Kanalsystemet er ligeledes dokumenteret på de seismiske data, jf. Figur 4-17.

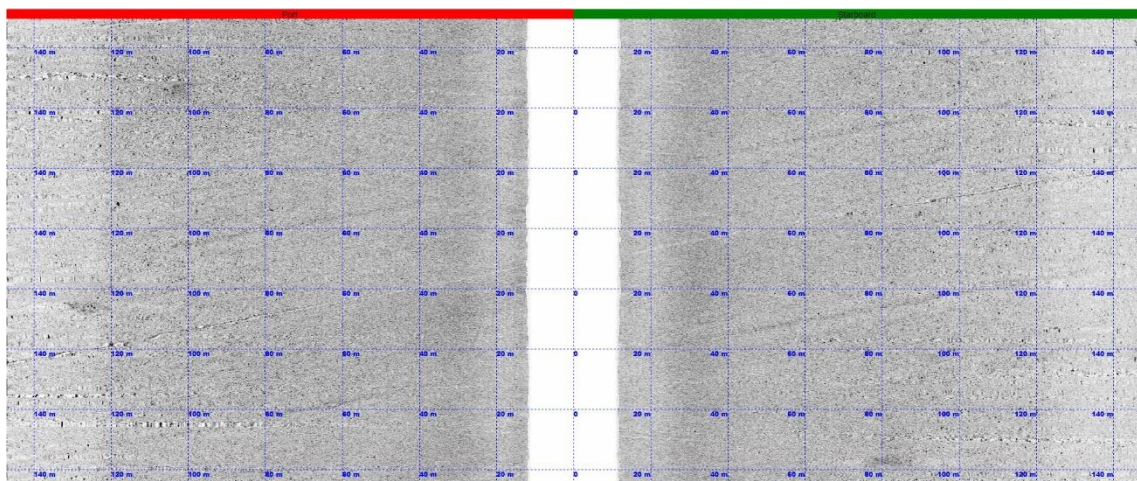
Overgangen mellem substrattype 1a og 1b er ofte ikke skarp og ses som en gradvis overgang, som primært følger dybdeforholdene. Denne overgang er ofte meget vanskelig at genkende på sidescan-data. Overgangen mellem substrattype 1a og 1b er derfor til dels baseret på dybdemodellen (se afsnit 4.1.2), resultatet af kornstørrelsesanalyserne (se afsnit 4.4.2) og på ROV-observationer (se afsnit 4.6.2).



Figur 4-32. Sidescan-eksempel af en substrattype 1a bestående af en blød, siltet bund. Eksemplet er fra den sydøstlige del af området beliggende på ~48 meters vanddybde tæt ved ROV-station A2.43 (Linje 41.2).



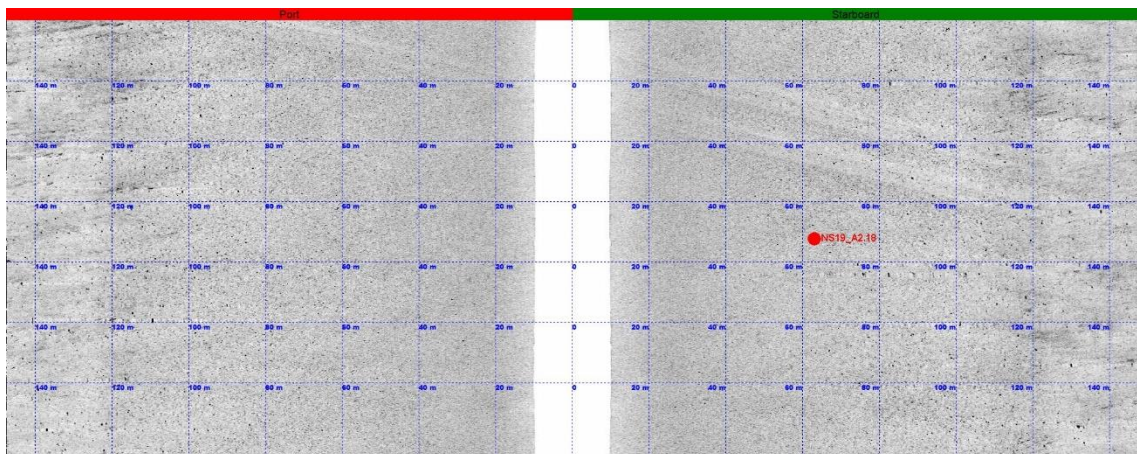
Figur 4-33. ROV-billede af en substrattype 1a. Eksemplet er fra ROV-station A2.47 beliggende i den sydøstlige del af området optaget på ~42 meters dybde. ROV-stationen er placeret i det dybe bassinområde mod sydøst. På optagelserne ses en blød siltet bund med små ribbe-lignende strukturer.



Figur 4-34. Sidescan-eksempel af en substrattype 1a bestående af en blød, siltet bund. På bunden ses spor efter trawling. Eksemplet er fra den nordøstlige del af området beliggende på ~54 meters vanddybde tæt ved ROV-station A2.10 og A2.11 (Linje 13.13).



Figur 4-35. ROV-billede af en substrattype 1a. Eksemplet er fra ROV-station A2.30 beliggende i den østlige del af området optaget på ~48 meters dybde. ROV-stationen er placeret i det dybe bassinområde mod øst. På optagelserne ses en blød siltet bund med små ribbe-lignende strukturer.



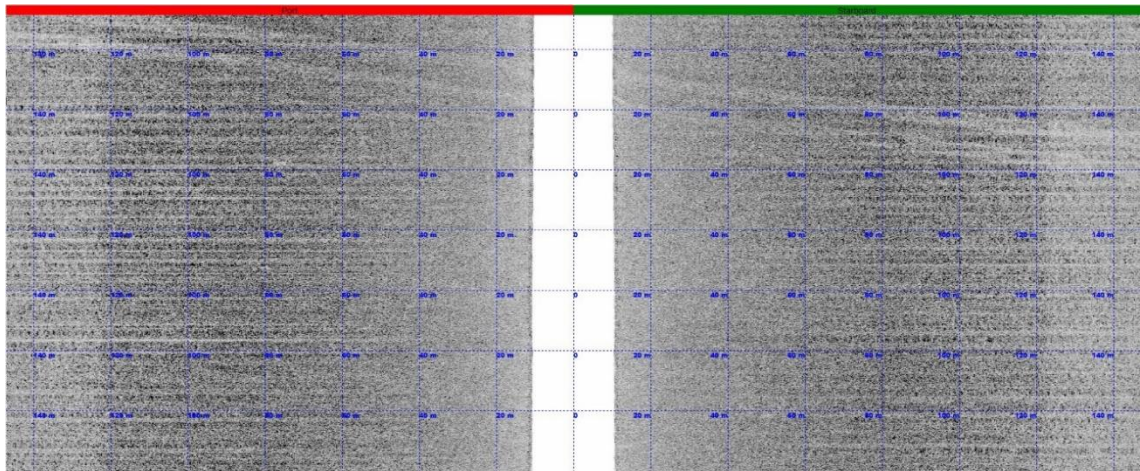
Figur 4-36. Sidescan-eksempel af en substrattype 1a bestående af en blød, siltet bund. Eksemplet er fra den dybeste del af kanalen beliggende i den nordvestlige del af området på ~45 meters vanddybde ved ROV-station A2.18.



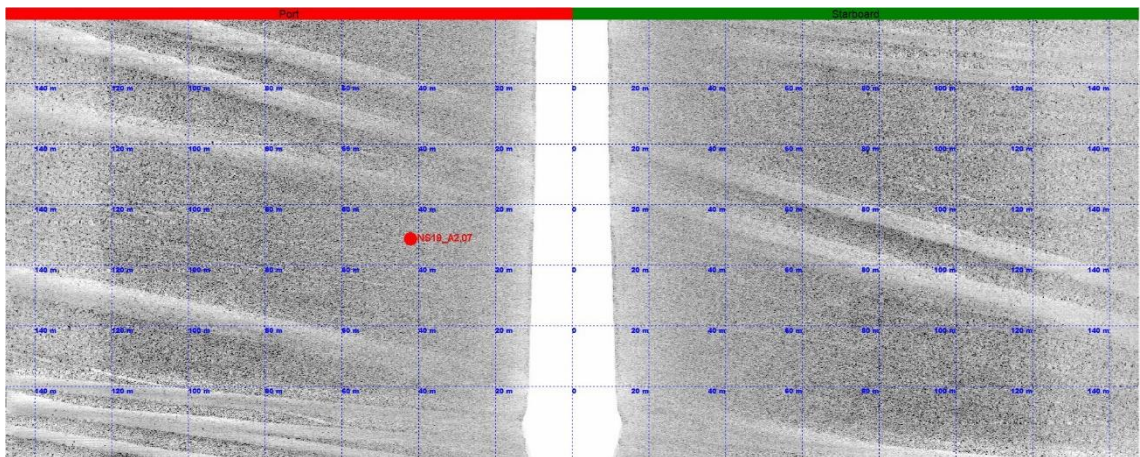
Figur 4-37. ROV-billede af en substrattype 1a. Eksemplet er fra ROV-station A2.24 beliggende i den centrale del af området optaget på ~48 meters dybde. ROV-stationen er placeret ved kanalsystemet beliggende i den centrale og nordvestlige del af området. ROV-optagelserne viser en blød siltet bund med små ribbe-lignende strukturer og infaunaaktivitet.

Ved Doggerbanke Tail End (område A2) er der kortlagt ~288 km² substrattype 1a. Det svarer til, at substrattype 1a dækker ~43% af den kortlagte havbund (Tabel 4-2). Overordnet er substrattype 1a derfor den næstmest forekommende substrattype i området. I forhold til det interpolerede areal for Doggerbanke Tail End svarer det til, at 42% af den samlede havbund består af substrattype 1a (Tabel 4-2).

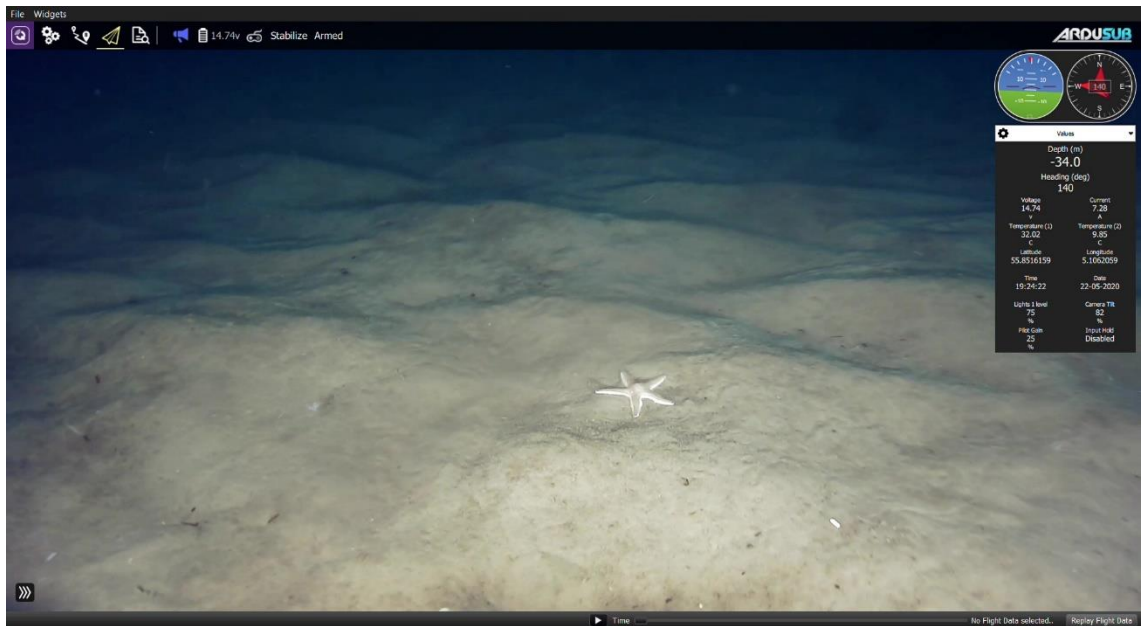
Substrattype 1b er primært identificeret i den vestlige og nordlige del af området (Figur 4-31) typisk beliggende på <40-45 m vanddybde. Sidescan- og ROV-eksempler af substrattype 1b fremgår af nedenstående figurer (Figur 4-38, Figur 4-39, Figur 4-40, Figur 4-41, Figur 4-42 og Figur 4-43). Desuden er der identificeret en mindre forekomst af substrattype 1b i den sydøstlige del af området (Figur 4-31). Substrattype 1b forekommer primært i forbindelse med større sandbankestrukturer relateret til Doggerbanke. Derudover forekommer substrattypen også i forbindelse med tynde sandlag som overlejrer områder med højtliggende moræne. Disse tynde sandlag dominerer primært havbunden i den nordvestlige og vestlige del af området. Som det fremgår af ROV-eksemplerne (Figur 4-40, Figur 4-41, Figur 4-42 og Figur 4-43) er der flere steder observeret bundformer på substrattype 1b, som indikerer dynamiske påvirkninger af sedimentet.



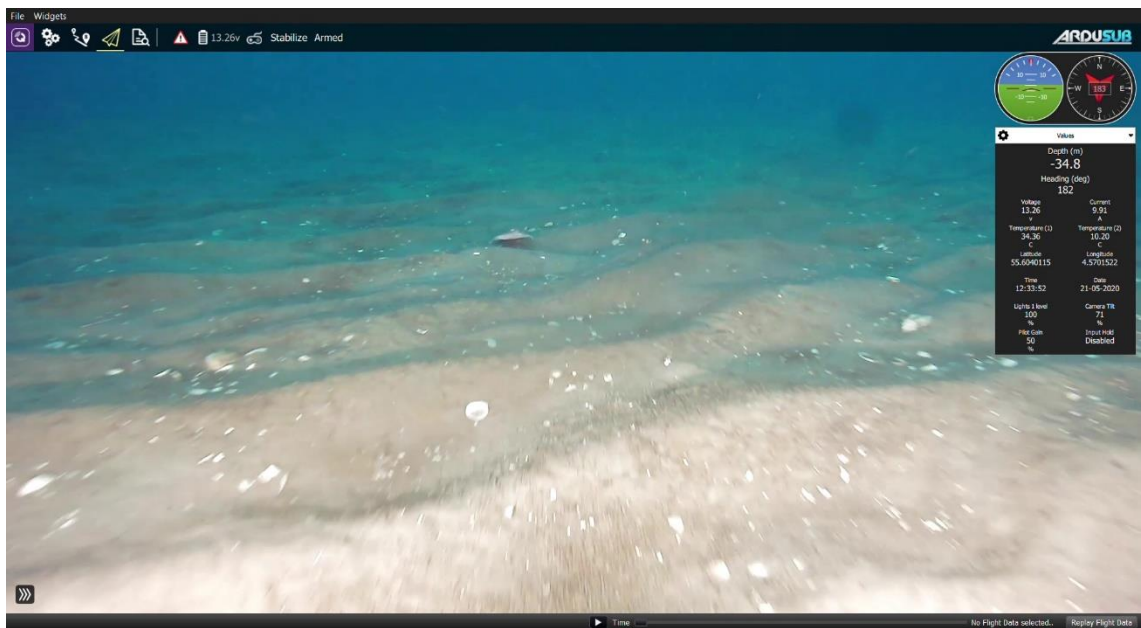
Figur 4-38. Sidescan-eksempel af en substrattype 1b bestående af en finkornet sandbund. På bunden ses spor efter trawling. Eksemplet er fra den nordvestlige del af området beliggende på ~36 meters vanddybde (Linje 11.02).



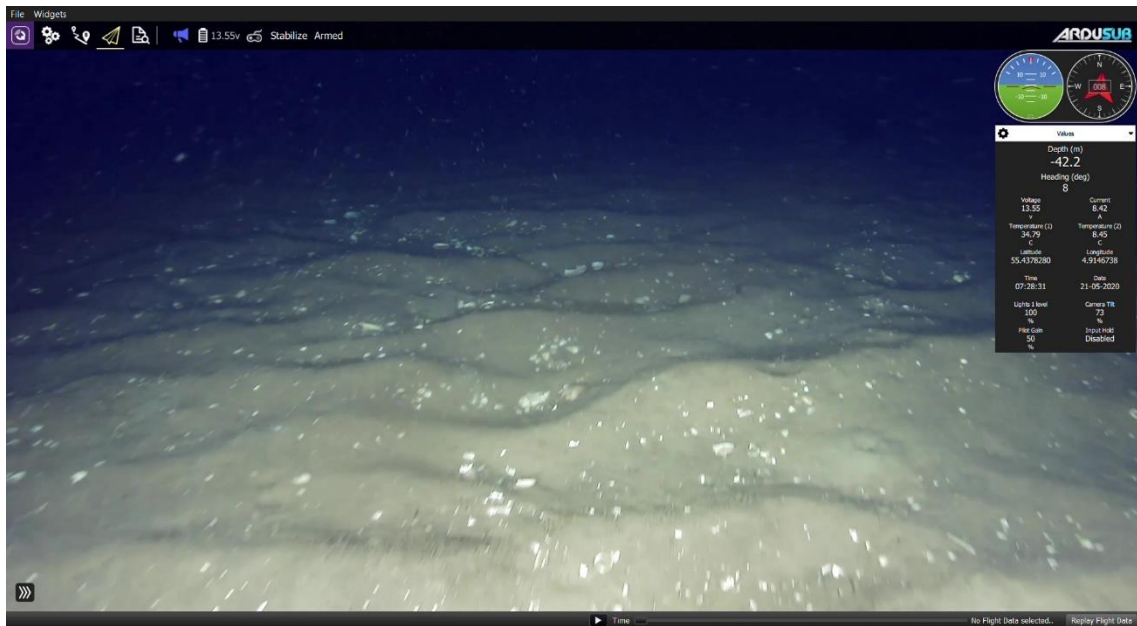
Figur 4-39. Sidescan-eksempel af en substrattype 1b bestående af mellemkornet sand. På bunden ses spor efter trawling. Eksemplet er fra den nordøstlige del af området beliggende på ~37 meters vanddybde ved ROV-station A2.07.



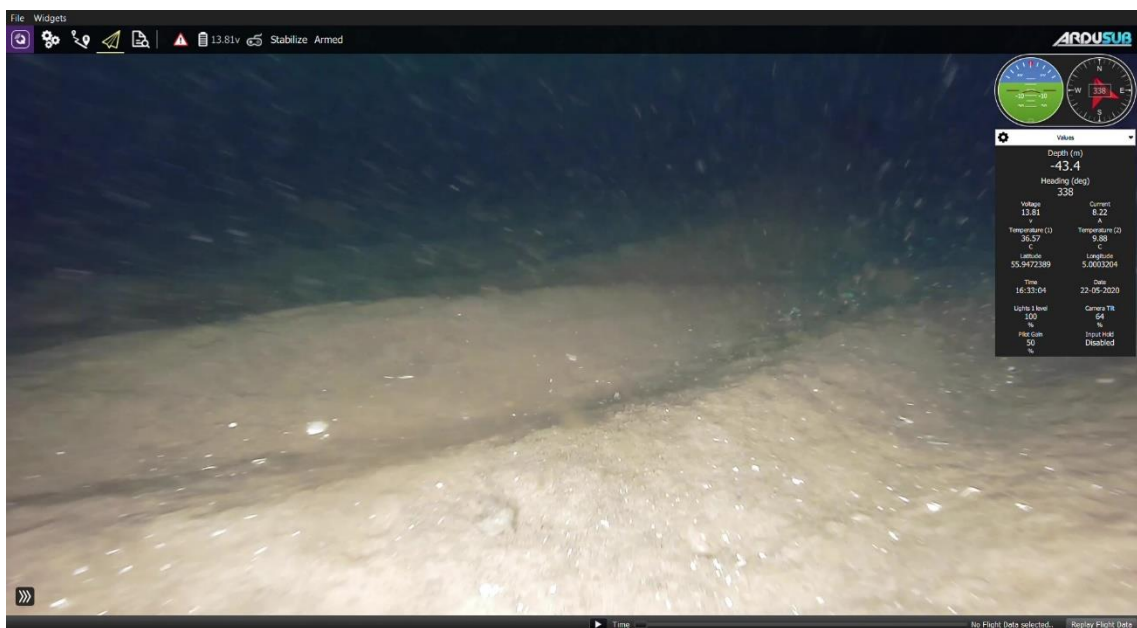
Figur 4-40. ROV-billede af en substrattype 1b. Eksemplet er fra ROV-station A2.06 beliggende i den nordøstlige del af området optaget på ~33 meters dybde. Eksemplet er fra toppen af den store sandbankeanomali beliggende mod øst. ROV-optagelserne viser en sandet bund med mindre bundformer.



Figur 4-41. ROV-billede af en substrattype 1b. Eksemplet er fra ROV-station A2.34 beliggende i den sydvestlige del af området optaget på ~34 meters dybde. Eksemplet er fra toppen af den store sandbankeanomali beliggende mod syd-vest. ROV-optagelserne viser en sandet bund med ribbestrukturer.



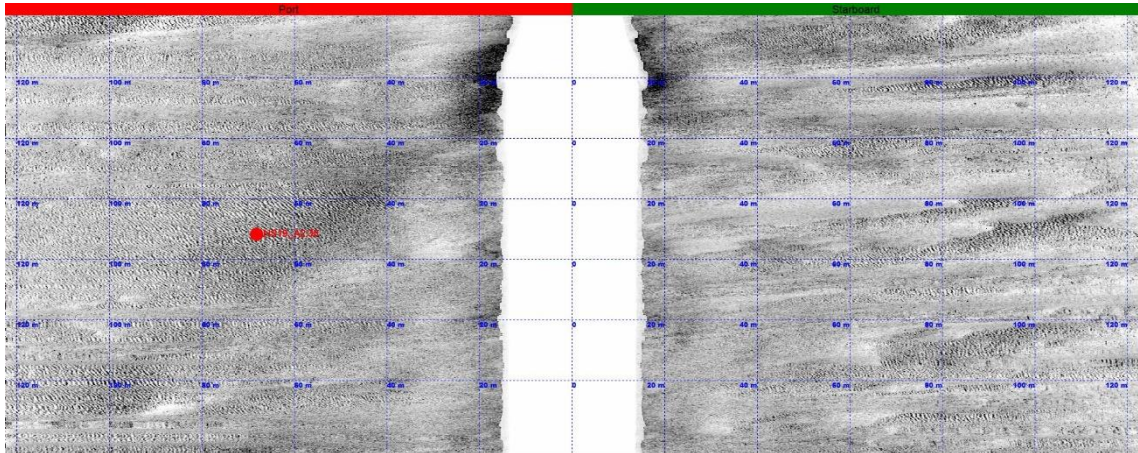
Figur 4-42. ROV-billede af en substrattype 1b. Eksemplet er fra ROV-station A2.39 beliggende i den sydlige del af området optaget på ~42 meters dybde. Eksemplet er fra toppen af en lille sandbankeanomali beliggende mod syd. ROV-optagelserne viser en siltet sandbund med mindre bundformer og hvide skalfragmenter.



Figur 4-43. ROV-billede af en substrattype 1b. Eksemplet er fra ROV-station A2.38 beliggende i den nordlige del af området optaget på ~43 meters dybde. Eksemplet er fra et område præget af mere dynamiske forhold. ROV-optagelserne viser en sandbund med markante ribbestrukturer og hvide skalfragmenter.

Ved Doggerbanke Tail End (område A2) er der kortlagt ~385 km² substrattype 1b. Det svarer til, at substrattype 1b dækker ~57% af den kortlagte havbund (Tabel 4-2). Overordnet er substrattype 1b dermed den mest forekommende substrattype i området. I forhold til det interpolerede areal for Doggerbanke Tail End svarer det til, at 58% af den samlede havbund består af substrattype 1b (Tabel 4-2).

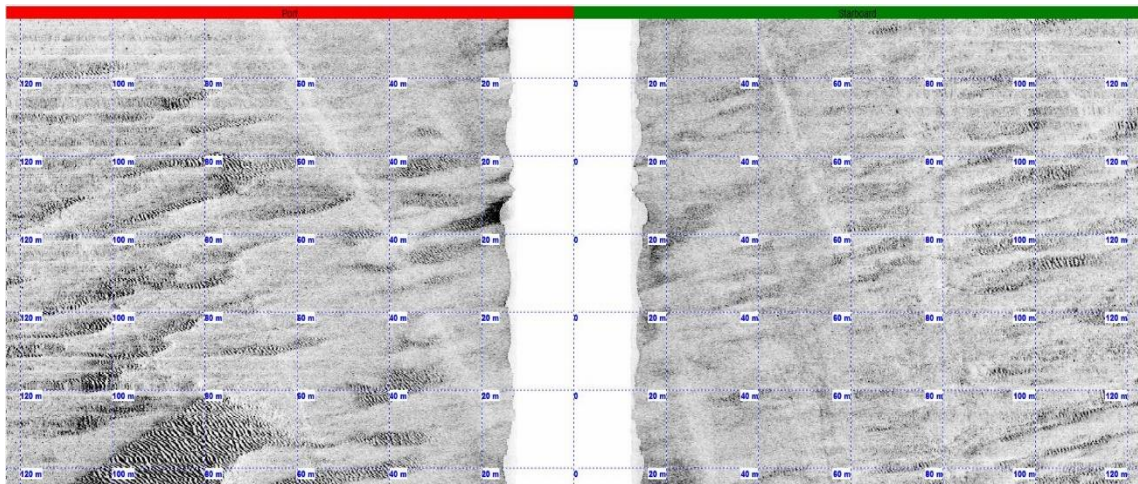
Substrattype 2a er primært identificeret i mindre områder i den nordlige og nordøstlige del af området (Figur 4-31) typisk beliggende på <40-45 m dybde. I nedenstående vises to sidescan- og ROV-eksempler fra den nordlige del af området (Figur 4-44, Figur 4-45 og Figur 4-46, Figur 4-47).



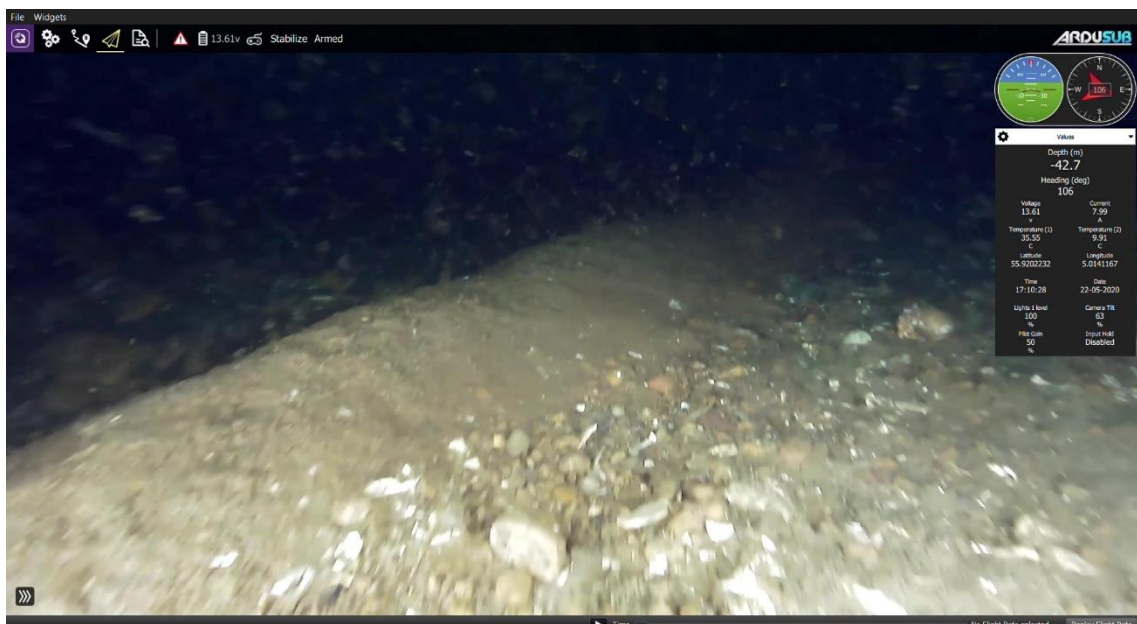
Figur 4-44. Sidescan-eksempel af en sandet og stedvist gruset bund (substrattype 2a) med markante ribbestrukturer ved ROV-station A2.38, beliggende i den nordlige del af området.



Figur 4-45. ROV-billede af en substrattype 2a. Eksemplet er fra ROV-station A2.38 beliggende i den nordlige del af området optaget på ~43 meters dybde. Eksemplet er fra et af de mere dynamiske områder inden for Doggerbanke Tail End området. ROV-optagelserne viser en sandet bund med ribbestrukturer og hvide skalfragmenter. Desuden består bunden lokalt af grus og småsten i trugene.



Figur 4-46. Sidescan-eksempel af en sandet og småstenet bund vekslede mellem substrattype 1b og substrattype 2a. Eksemplet er fra den nordlige del af området beliggende på ~44 meters dybde tæt ved lokationen for ROV-station A2.03.



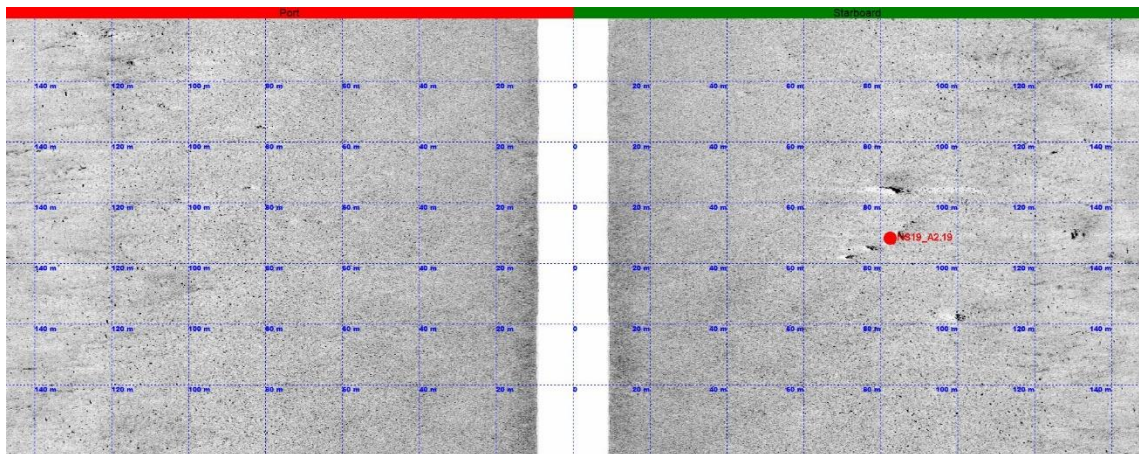
Figur 4-47. ROV-billede af en substrattype 2a. Eksemplet er fra ROV-station A2.03 beliggende i den nordlige del af området og optaget på ~42 meters dybde. Eksemplet er fra et af de mere dynamiske områder inden for Doggerbanke Tail End området. ROV-optagelserne viser en sandet bund med en del grus og småsten samt hvide skalfragmenter.

Der er ligeledes, på sidescan-data, tolket forekomst af substrattype 2a langs flere rørføringer på havbunden (Figur 4-31). Substrattypen ses som smalle bånd af signifikant anderledes substrat sammenlignet med den omgivende havbund, som ikke er naturligt forekommende. Det formodes at være gruset materiale anlagt som beskyttelse på de begravede rørføringer. Substrattypen er primært identificeret langs kablerne mellem Skjold og Gorm Oliefelterne beliggende i den centrale og vestlige del af området. Derudover er der identificeret mindre forekomster af substrattype 2a langs kablerne mellem Gorm Oliefelt og henholdsvis Rolf Oliefelt og Tyra Gasfelt, mellem Skjold Oliefelt og Dan Oliefelt samt mellem Dan Oliefelt og Kraka Oliefelt. Sidescan-ek-

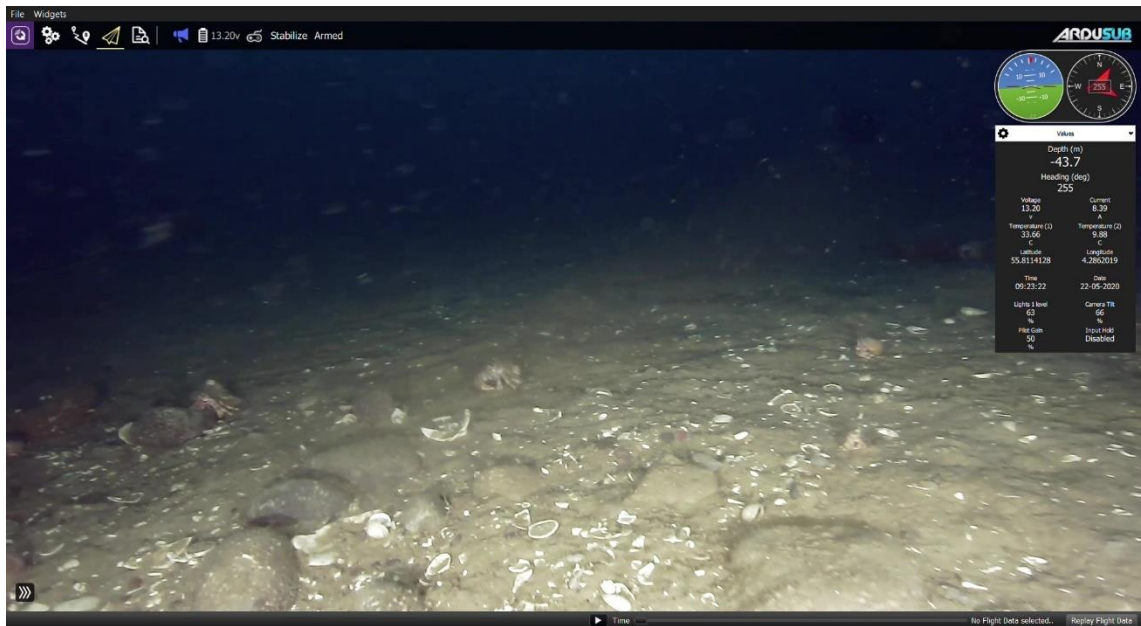
sempler på de identificerede forekomster af substrattype 2a kan ses i afsnit 4.7.2 om andre observationer, jf. Figur 4-131 og Figur 4-132. Substratet er ikke verificeret på ROV-observationer, men baseret på reflektiviteten på sidescan-data forventes substratet at bestå af sand, grus og småsten.

Ved Doggerbanke Tail End (område A2) er der kortlagt $\sim 2 \text{ km}^2$ substrattype 2a. Det svarer til, at substrattype 2a dækker $<1\%$ af den kortlagte havbund (Tabel 4-2). I forhold til det interpolerede areal for Doggerbanke Tail End svarer det til, at $<1\%$ af den samlede havbund udgøres af substrattype 2a (Tabel 4-2).

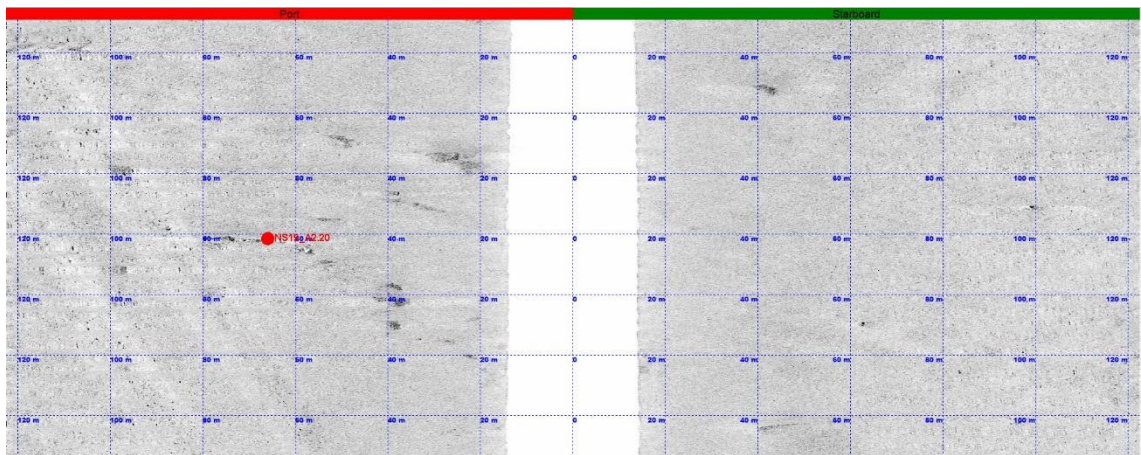
Substrattype 2b er primært identificeret i et mindre område i den nordvestlige del af området (Figur 4-31) typisk beliggende på $<40\text{-}45 \text{ m}$ vanddybde. Sidescan- og ROV-eksempler af substrattype 2b fremgår af (Figur 4-48, Figur 4-49 og Figur 4-50, Figur 4-51). Substrattypen er relateret til områder med højtstående glaciale aflejringer, hvor morænelaget stedvist er blottet på havbunden.



Figur 4-48. Sidescan-eksempel af en sandet og stenet bund vekslede mellem substrattype 1b og substrattype 2b. Eksemplet er fra den nordvestlige del af området beliggende på ~ 42 meters dybde ved ROV-station A2.19.



Figur 4-49. ROV-billede af en substrattype 2b. Eksemplet er fra ROV-station A2.19 beliggende i den nordvestlige del af området optaget på ~43 meters dybde. ROV-optagelsen viser en stenet bund strøet med skalfragmenter. Desuden består bunden lokalt af ler, som er relateret til blottede moræneaflejringer (substrattype 2b).



Figur 4-50. Sidescan-eksempel af en leret og stenet bund. Eksemplet er fra den nordvestlige del af området beliggende på ~45 meters dybde ved ROV-station A2.20.



Figur 4-51. ROV-billede af en substrattype 2b. Eksemplet er fra ROV-station A2.20 beliggende i den nordvestlige del af området og optaget på ~45 meters dybde. ROV-optagelsen viser en leret bund med spredte større sten, som er relateret til blottede moræneaflejringer (substrattype 2b).

Inden for Doggerbanke Tail End (område 2A) er der kortlagt ~1 km² substrattype 2b. Det svarer til, at substrattype 2b dækker <1% af den kortlagte havbund (Tabel 4-2). I forhold til det interpolerede areal for Doggerbanke Tail End svarer det til, at <1% af den samlede havbund udgøres af substrattype 2b (Tabel 4-2).

Tabel 4-2. Oversigt over kortlagt og samlet (kortlagt + interpoleret) areal for de tolkede substrattyper ved Dogger Banke Tail End (område A2).

Substrattype	Kortlagt areal		Samlet areal		Kortlagt andel % kortlagt areal af samlet areal
	km ²	%	km ²	%	
Substrattype 1a	288	43	1.489	42	19
Substrattype 1b	385	57	2.094	58	18
Substrattype 2a	2	<1	7	<1	34
Substrattype 2b	1	<1	1	<1	100
Total	676	100	3.591	100	19

Ovenstående arealberegning viser, at den samlede andel af havbunden, der er kortlagt inden for område A2 svarer til ~19%. Det vil sige, at resultaterne for de øvrige havbundsarealer inden for område A2 er interpoleret fra kortlægningen af de ~19%. Med andre ord er ~81% af havbunden ikke kortlagt; beskrivelsen af havbunden er her baseret på et interpoleret datagrundlag.

4.4 Kornstørrelsesfordeling

Der er foretaget kornstørrelsesanalyse på i alt 143 HAPS-sedimentprøver fordelt over de to kortlægningsområder. Prøverne er fordelt jævnt, i mindre grupperinger, ud over begge områder,

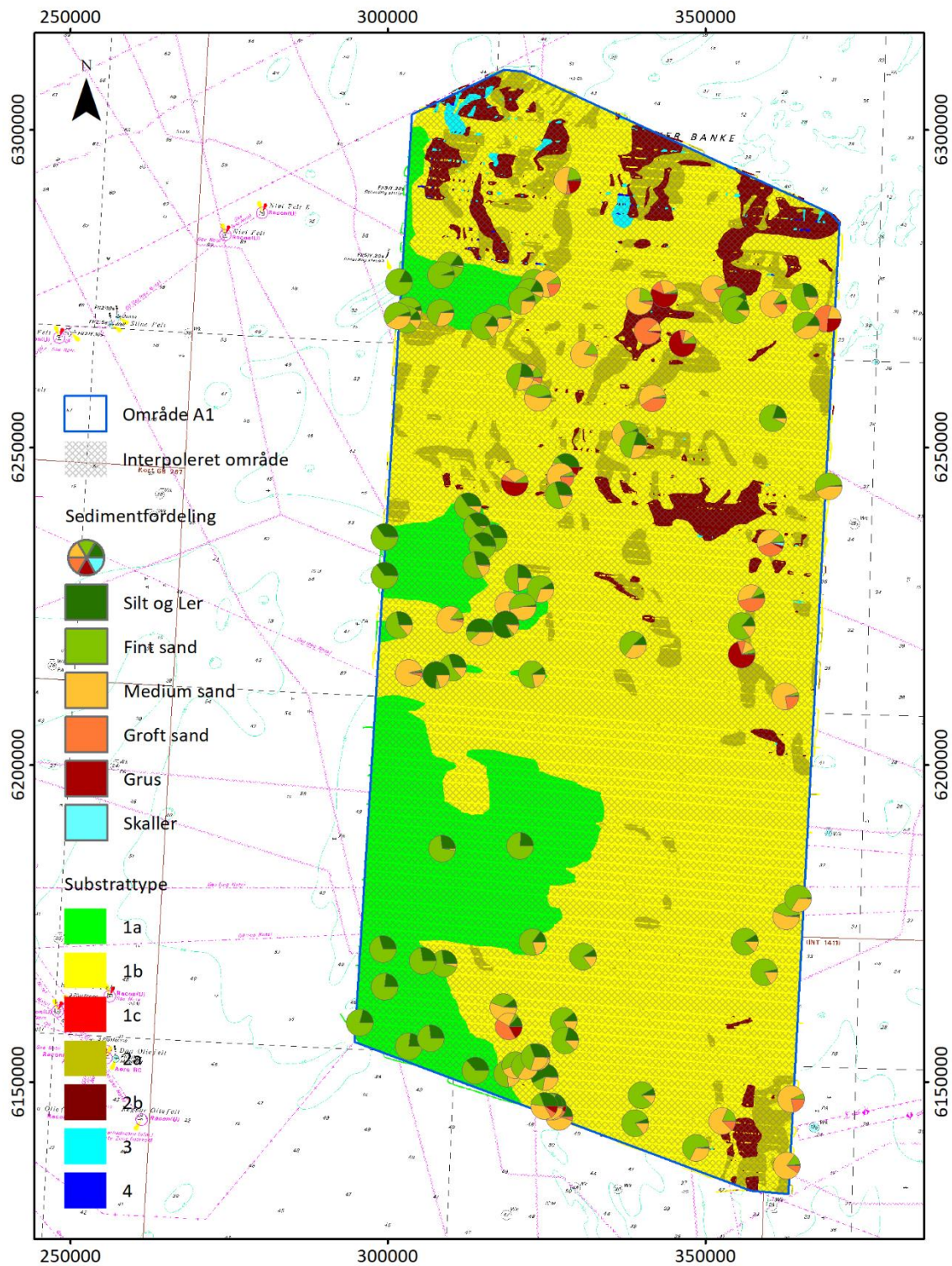
sådan at de tolkede substrattyper, hvor fra det var muligt at udtage HAPS-prøver, er repræsenteret. I nedenstående præsenteres og beskrives kornstørrelsesfordelinger i relation til deres rumlige udbredelse for hvert område (Figur 4-52 og Figur 4-54). Derudover præsenteres og beskrives middeldkornstørrelserne i relation til deres rumlige udbredelse (Figur 4-53 og Figur 4-55).

4.4.1 Østlige Nordsøen

Der er udtaget 100 HAPS-prøver til analyse indenfor område A1. Der er lavet kornstørrelsesanalyse på 99 af sedimentprøverne. En prøve blev udeladt, da den primært bestod af organisk materiale (A1.76).

Prøverne er primært udtaget på substrattype 1a (blød bund) og substrattype 1b (fast sandbund), fordelt i små grupperinger jævnt i hele området, hvor der også er indsamlet akustiske data. Derudover er der indsamlet et mindre antal HAPS-prøver (13) på substrattype 2a (groft sand og grus) og substrattype 2b (dækning af større sten på mellem 1-10%). Der er udtaget en enkelt prøve på substrattype 1c. Fordelingen af indsamlede HAPS-prøver i relation til substrattype og overordnede habitattype fremgår af bilag C.

Kornstørrelsesfordelingerne for område A1 er vist og sammenholdt med substrattypekortet på Figur 4-52. Der er generelt god overensstemmelse mellem substrattype og kornstørrelsesfordeling.



Figur 4-52. Substrattypekort over område A1 med sedimentfordelinger bestemt på HAPS-prøverne.

Fint sand og medium sand er generelt de hyppigst forekommende kornstørrelsesfraktioner. På substrattype 1a udgør fint sand oftest den største andel. Der forekommer dog enkelte undtagelser centralt i den vestlige del af området samt i den sydlige del, hvor silt og ler er den mest dominerende kornstørrelsesfraktion. Silt-ler indholdet i prøverne varierer ganske meget fra 0,4% til 82%, med en middelværdi på 16%.

I overgangen fra substrattype 1a til 1b eller 2a ses en øget andel af især medium sand-fraktionen. Mod nord, i den centrale og østlige del af området, primært på substrattyperne 2a og 2b, ses relativt store andele af groft sand og grus. Mod syd er der også observeret enkelte prøver med relativt store andele af groft sand og grus (Figur 4-52). Andelen af grus i prøverne varierer fra 0% til 70%, med en middelværdi på 4%.

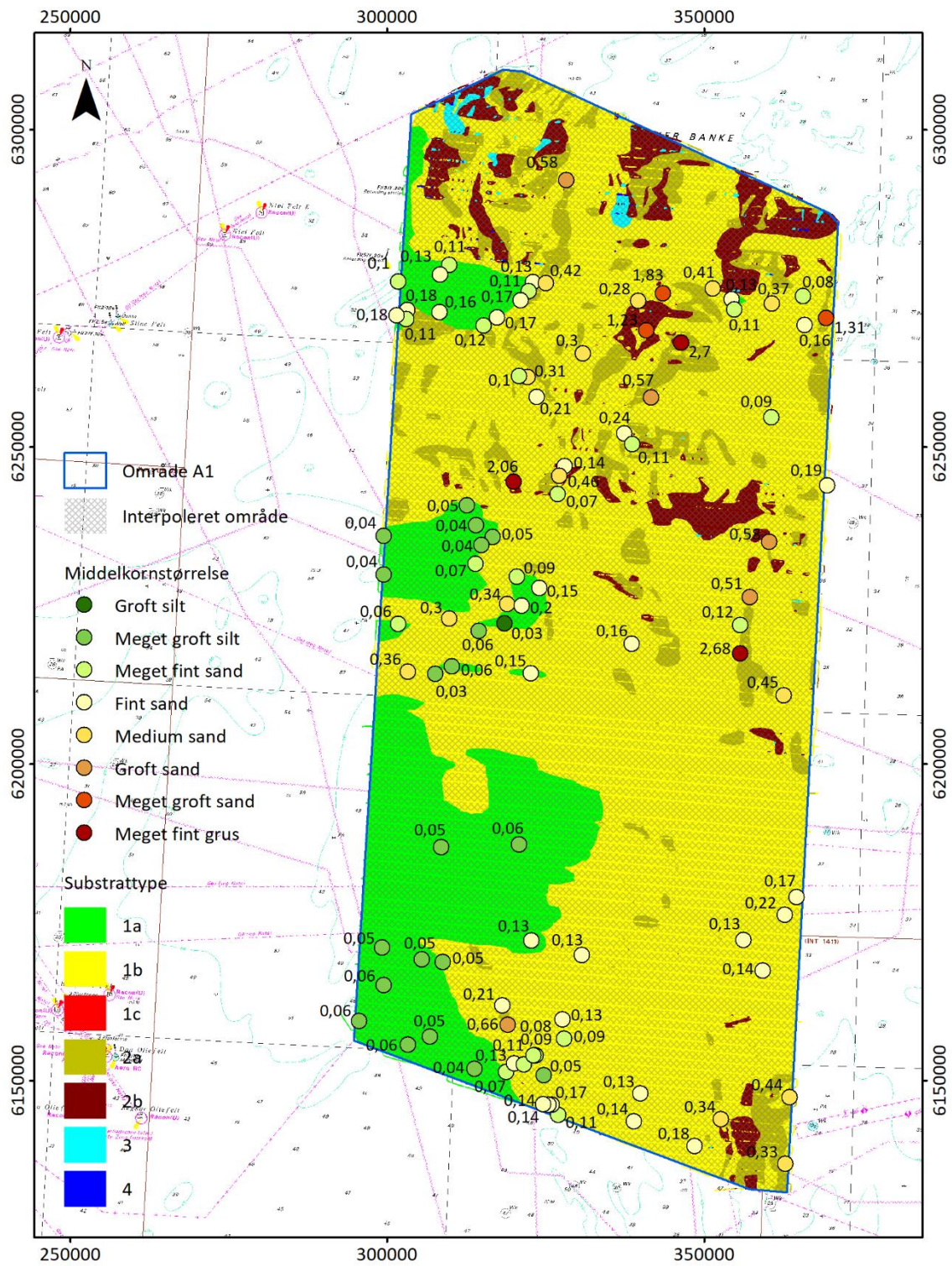
Størrelsesfraktioner kun bestående af skalfragmenter er relativt små, hovedsageligt under 1%. Kun to prøver viste skalfraktioner med en vægt-procent >1%. Det er i den forbindelse vigtigt at understrege, at der her er tale størrelsesfraktioner som udelukkende udgøres af skalfragmenter. Der er ikke bestemt indhold af skalfragmenter for de resterende størrelsesfraktioner.

Kornstørrelsesfordelingerne beskrevet ved middeldkornstørrelsen og den dertilhørende deskriptive klassificering (Folk & Ward, 1957) er vist på Figur 4-53. Heraf fremgår det, at middeldkornstørrelsen på substrattype 1a (Blødbund) spænder fra 0,03 mm (groft silt) til 0,18 mm (fint sand) med de højeste middelværdier i den nordvestlige del, og de laveste i den sydvestlige og vestlige del af området.

På substrattype 1b (sand) spænder middeldkornstørrelsen fra 0,06 mm (meget groft silt) til 1,83 mm (meget groft sand), hvor den generelle tendens er stigende middelværdier fra syd mod nord og fra vest mod øst.

Hovedparten af de største middeldkornstørrelser befinder sig i den nordøstlige del af området på substrattype 2a (sand, grus og småsten) og 2b (sand, grus og småsten samt <10% bestrøning af større sten), eller på 1b i umiddelbar nærhed af de grovere substrattyper.

En oversigt over alle beregnede kornstørrelsesparametre (median, middel, sortering, skævhed og kurtosis) for HAPS-prøverne er vedlagt i bilag D.

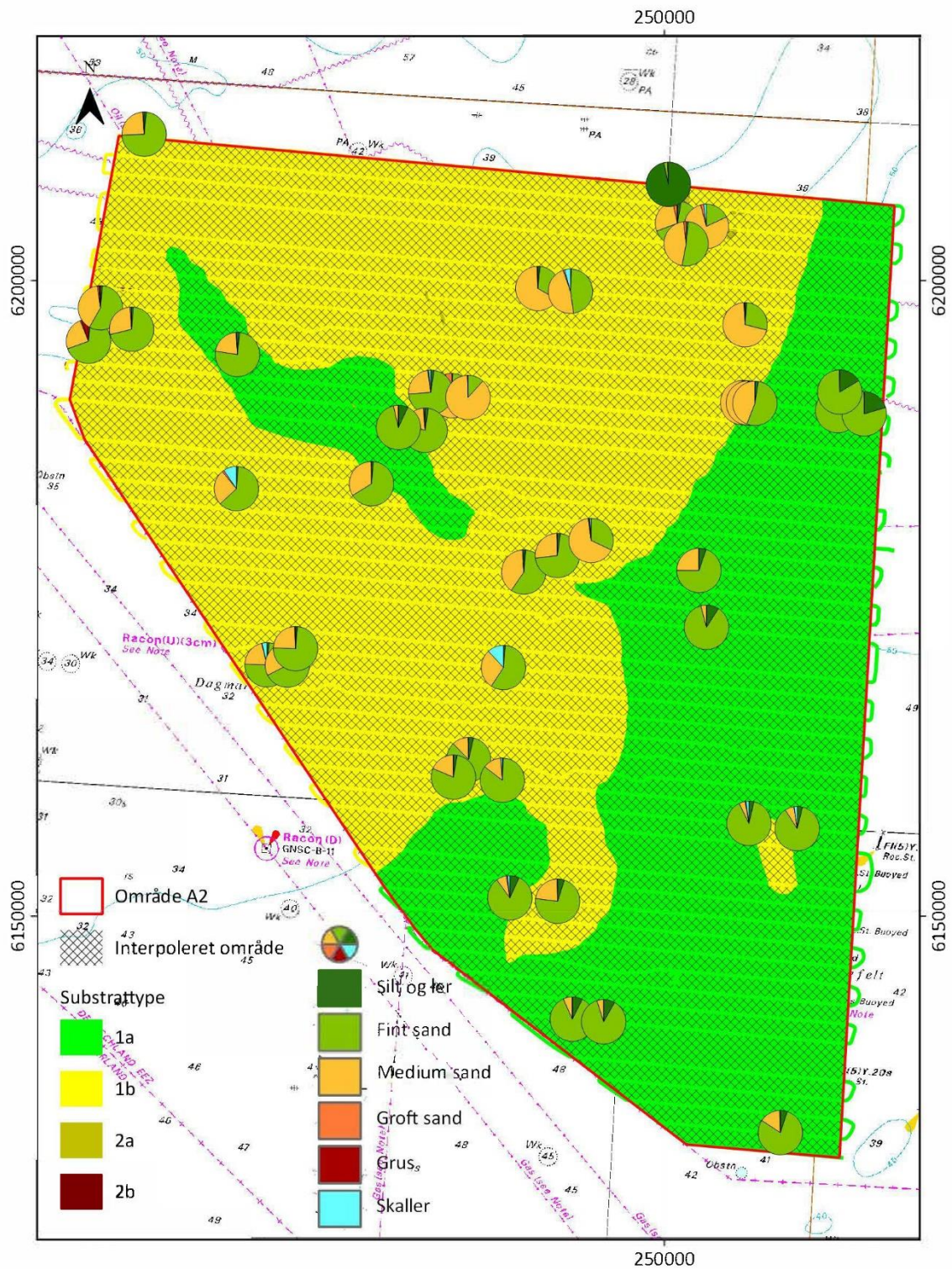


Figur 4-53. Geometrisk middelkornstørrelse (mm) og dertilhørende beskrivelse (Folk & Ward, 1957) indenfor område A1.

4.4.2 Doggerbanke Tail End

Der er foretaget kornstørrelsesanalyse på i alt 44 HAPS-sedimentprøver indsamlet inden for område A2. Prøverne er primært udtaget på substrattype 1a (blød bund) og substrattype 1b (fast sandbund), fordelt i små grupperinger jævnt i hele området, hvor der også er indsamlet akustiske data. Desuden er der indsamlet enkelte HAPS-prøver på substrattype 2a (groft sand og grus) og substrattype 2b (dækning af større sten på mellem 1-10%). Fordelingen af indsamlede HAPS-prøver i relation til substrattype og overordnede habitattype fremgår af bilag C.

Kornstørrelsesfordelingerne for område A2 er vist og sammenholdt med substrattypekortet på Figur 4-54.



Figur 4-54. Substrattypekort over område A2 med sedimentfordelinger bestemt på HAPS-prøverne.

Resultaterne af kornstørrelsesfordelingerne viser primært indhold af fint sand og medium sand, hvor fraktionen af medium sand øges inde centralt i substrattype 1b områderne, hvor vanddybden ligeledes er mindst. Der ses derudover prøver med et moderat indhold af skaller på 4-12% beliggende på 1b bund og få prøver med et relativt højt indhold af silt og ler beliggende primært på 1a bund. Andelen af silt-ler indholdet i prøverne varierer fra 0% til 97%, men for de fleste

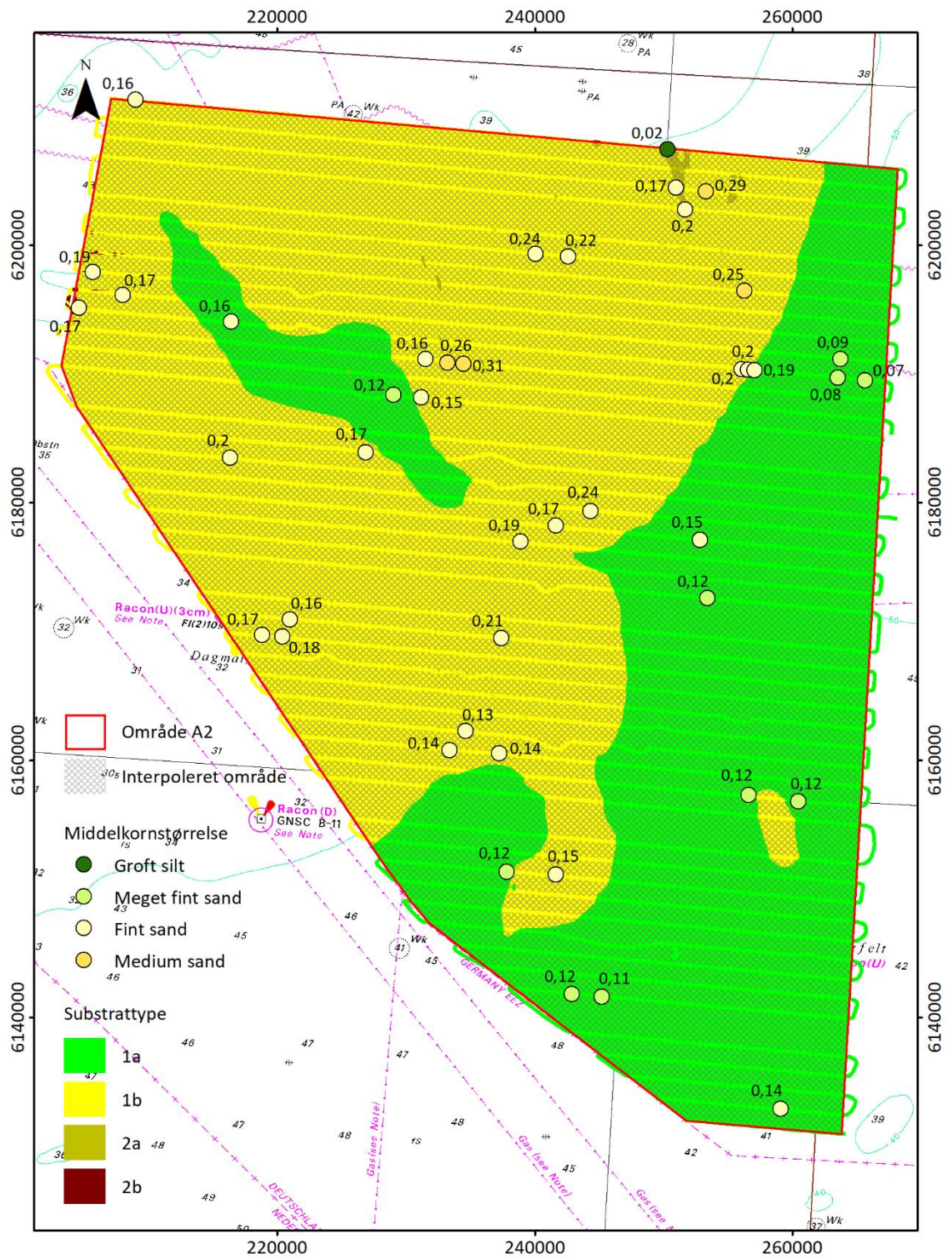
prøver er indholdet <5%. Der er seks prøver med et moderat indhold på 5-10%, tre prøver med et højt indhold på 15-20% (A2.10, -11 og -12) og én afstikker med et meget højt indhold på 97% (A2.38). Gennemsnitligt ligger silt og ler indholdet på 6%. Prøverne har generelt et meget lavt indhold af groft sand og grus, hvor de prøver med den største andel er relateret til substrattype 2a bund.

Kornstørrelsesfordelingerne beskrevet ved middeldkornstørrelsen og den dertilhørende deskriptive klassificering (Folk & Ward, 1957) er vist på Figur 4-55. Heraf fremgår det, at middeldkornstørrelsen på substrattype 1a (Blødbund) spænder fra 0,07 mm (meget fint sand) til 0,19 mm (fint sand). De tre HAPS-prøver med de mindste middeldkornstørrelser ligger tæt på hinanden i det nordøstlige hjørne af området, men derudover er der ingen markant tendens i den rumlige fordeling på denne substrattype.

På substrattype 1b (sand) spænder middeldkornstørrelsen fra 0,13 mm (fint sand) til 0,31 mm (medium sand). De største middeldkornstørrelser er koncentreret i den nordlige halvdel af området, mens de mindste middelværdier findes i de sydligste områder af denne substrattype.

Op mod den nordlige afgrænsning af området er der, som nævnt i ovenstående, på substrattype 2a (sand, grus og småsten), en afstikker med en middeldkornstørrelse på 0,02 mm (groft silt).

En oversigt over alle beregnede kornstørrelsesparametre (median, middel, sortering, skævhed og kurtosis) for HAPS-prøve er vedlagt i bilag D.



Figur 4-55. Geometrisk middelkorntørrelse (mm) og dertilhørende beskrivelse (Folk & Ward, 1957) indenfor område A2.

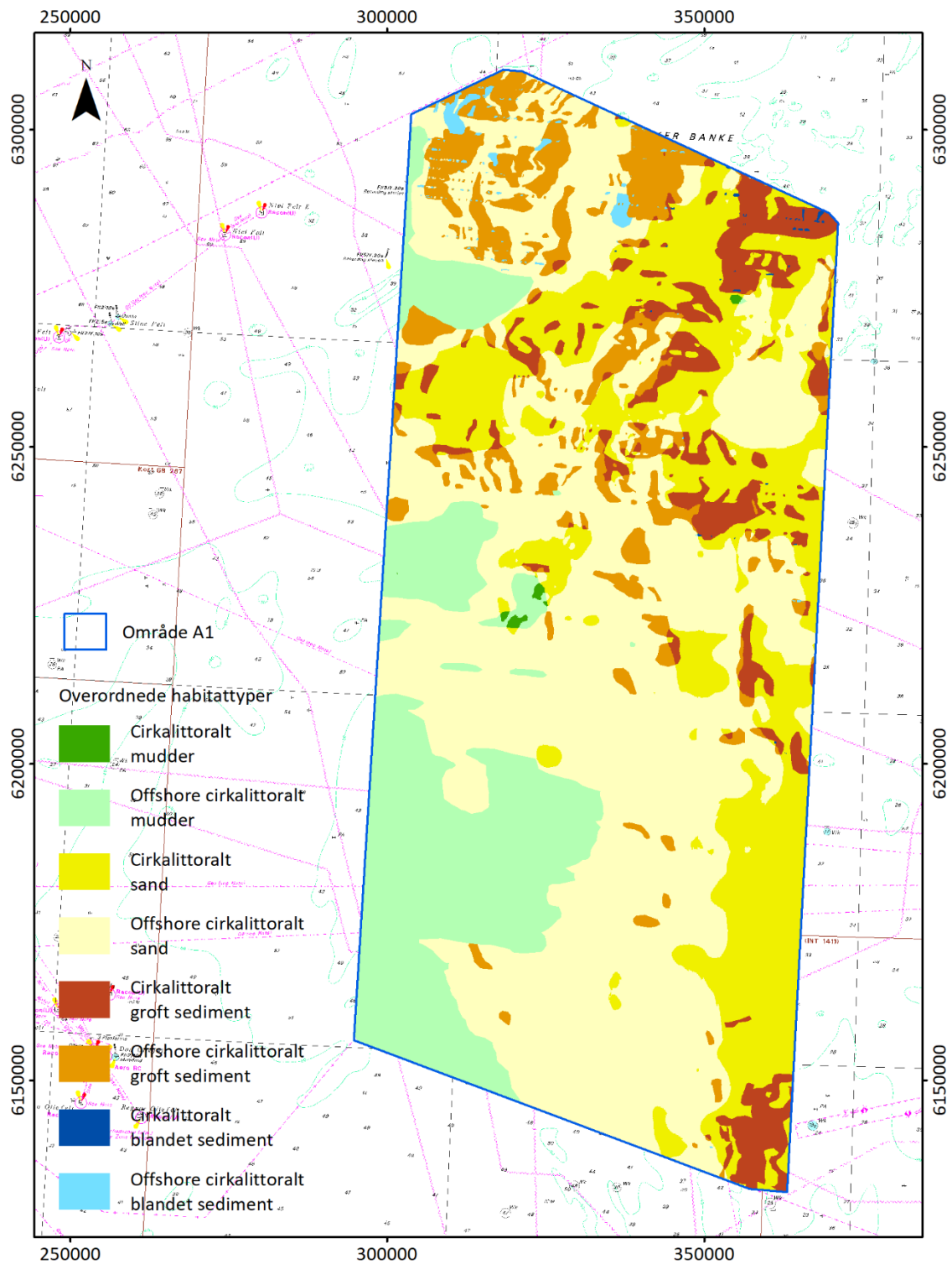
4.5 Overordnede habitattyper

De overordnede habitattyper, klassificeret i henhold EUNIS-klassifikationen level 3 / MSFD Broad Habitat Types efter EMODnet 2019 modellen, identificerede 8 klasser i indeværende kortlægning. Klassifikationen af overordnede habitattyper benytter den interpolerede substrattypeklassifikation som input, hvorfor den overordnede habitattypeklassifikation dækker hele kortlægningsområdet.

Et fulddækkende substrattypekort er påkrævet for at kunne lave et meningsfuldt og brugbart kort over overordnede habitattyper. Det giver ikke mening at kortlægge overordnede habitattyper langs de 200 m brede surveylinjer, hvis resultatet skal være sammenligneligt med EMODnets overordnede habitattypekort eller hvis kortet skal bruges til biologiske eller økologiske studier og forvaltning. Derfor er det tolkede substrattypekort langs med surveylinjerne anvendt sammen med det eksisterende havbundssedimentkort, batymetri og eksisterende kerner og bundprøver til at interpolere substrattyperne mellem surveylinjerne. Interpolationsmetoden inkluderer en generalisering af små substratområder (<100 m²) som er omgivet af større områder bestående af en anden substrattype. Dette for at sikre at en tilnærmelsesvis ensartet opløsning af det fulddækkende substrattypekort.

4.5.1 Østlige Nordsøen

Den rumlige fordeling af overordnede habitattyper indenfor område A1 fremgår af Figur 4-56 og beskrives i nedenstående. I område A1 er der klassificeret 8 overordnede habitattyper på et areal svarende til 10.779 km².



Figur 4-56. Klassifikation af MSFD Overordnede habitattyper for Østlige Nordsøen (område A1).

Cirkalittoralt mudder (CM) har en ganske begrænset udbredelse og forefindes kun i mindre områder i den centrale og nordøstlige del af området, på vanddybder omkring 40 m (Figur 4-56). Habitattypen Cirkalittoralt mudder udgør kun ~12 km², hvilket svarer til <1% af det dækkede areal (Tabel 4-3).

Offshore cirkalittoralt mudder (OCM) er den tredje mest forekommende habitattype i undersøgelsesområdet. Habitattypen udgøres af større sammenhængende områder, primært på dybere vand (>40 m) i den vestlige del af området (Figur 4-56).

Offshore cirkalittoralt mudder udgør $\sim 1.823 \text{ km}^2$, hvilket svarer til $\sim 17\%$ af det dækkede areal (Tabel 4-3).

Habitattypen Cirkalittoralt sand (CS) er den næstmest udbredte habitattype i undersøgelsesområdet. Større sammenhængende områder er observeret langs områdets østlige grænse og på det sydvestlige-nordøstlige orienterede topografiske relief mod nord (Figur 4-56).

Cirkalittoralt sand udgør $\sim 2.246 \text{ km}^2$, hvilket svarer til $\sim 21\%$ af det dækkede areal (Tabel 4-3).

Offshore cirkalittoralt sand (OCS) er den mest udbredte habitattype i undersøgelsesområdet. Større sammenhængende arealer er fordelt over hele området, men den største arealmæssige udbredelse forefindes i den sydlige halvdel af undersøgelsesområdet (Figur 4-56).

Offshore cirkalittoralt sand udgør $\sim 5.092 \text{ km}^2$, hvilket svarer til $\sim 47\%$ af det dækkede areal (Tabel 4-3).

Udbredelsen af den overordnede habitattype Cirkalittoralt groft sediment (CCS) er koncentreret i den nordlige del af området, men dækker også et relativt stort område i det sydøstlige hjørne. I den østlige halvdel af området består habitattypen oftest af større sammenhængende enheder, hvorimod den mod vest udgøres af spredte, relativt små enheder (Figur 4-56).

Habitattypen Cirkalittoralt groft sediment udgør $\sim 690 \text{ km}^2$, hvilket svarer til $\sim 6\%$ af det dækkede areal (Tabel 4-3).

Habitattypen Offshore cirkalittoralt groft sediment (OCCS) forefindes primært i den nordlige halvdel af området og kun nogle få, mindre områder, er klassificeret i den sydlige del. Habitattypen er blandt de mest dominerende i den nordlige del af området på vanddybder >45 m (Figur 4-56).

Offshore cirkalittoralt groft sediment udgør $\sim 863 \text{ km}^2$ af det klassificerede område, hvilket svarer til $\sim 8\%$ af det dækkede areal (Tabel 4-3).

Habitattypen Cirkalittoralt blandet sediment (CMS) udgør en relativt lille del af det klassificerede område og forefindes kun i det nordøstlige hjørne af kortlægningsområdet (Figur 4-56).

Habitattypen Cirkalittoralt blandet sediment udgør kun $\sim 6 \text{ km}^2$, hvilket svarer til $<1\%$ af det dækkede areal (Tabel 4-3).

Udbredelsen af Offshore cirkalittoralt blandet sediment (OCMS) er koncentreret i den nordvestlige del af området. Habitattypen udgøres af enkelte, større områder og en hel del mindre områder. Disse mindre områder er sammenfaldende med de kortlagte substrattypelinjer (Figur 4-20 og Figur 4-56).

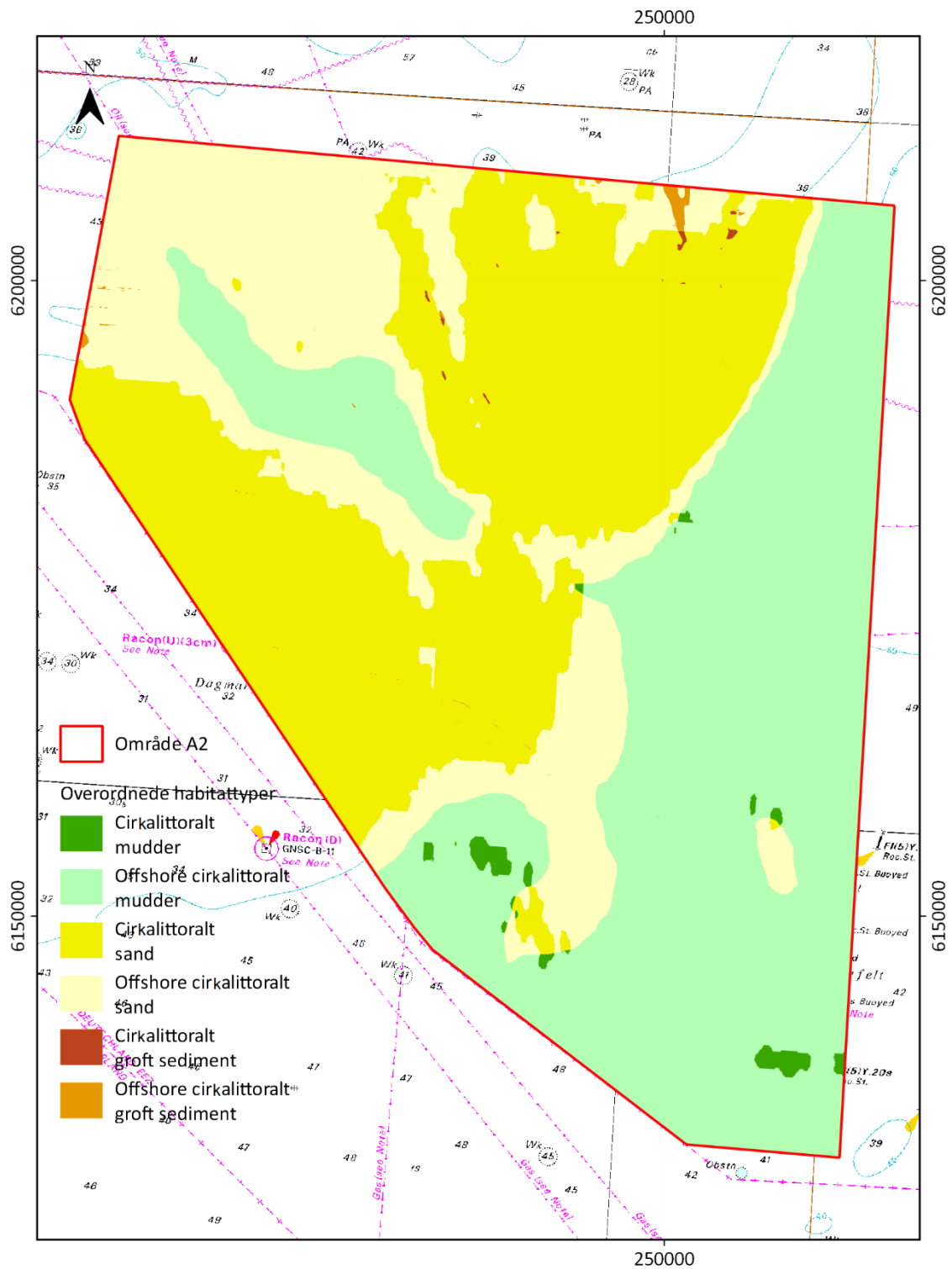
Habitattypen Offshore cirkalittoralt blandet sediment udgør kun ~47 km², hvilket svarer til <1% af det dækkede areal (Tabel 4-3).

Tabel 4-3. Fordeling af MSFD Overordnede habitattyper for Østlige Nordsøen (område A1).

MSFD Overordnede habitattyper	Areal (km ²)	Areal (%)
Cirkalittoralt mudder (CM)	12	<1
Offshore cirkalittoralt mudder (OCM)	1.823	17
Cirkalittoralt sand (CS)	2.246	21
Offshore cirkalittoralt sand (OCS)	5.092	47
Cirkalittoralt groft sediment (CCS)	690	6
Offshore cirkalittoralt groft sediment (OCCS)	863	8
Cirkalittoralt blandet sediment (CMS)	6	<1
Offshore cirkalittoralt blandet sediment (OCMS)	47	<1
Total	10.779	100

4.5.2 Doggerbanke Tail End

Den rumlige fordeling af overordnede habitattyper indenfor område A2 fremgår af Figur 4-57 og beskrives i nedenstående. I område A2 er der klassificeret 6 overordnede habitattyper på et areal svarende til 3.591 km².



Figur 4-57. Klassifikation af MSFD Overordnede habitattyper for Doggerbanke Tail End (område A2).

Udbredelsen af den overordnede habitattype Cirkalittoralt mudder (CM) er meget begrænset og forekommer stedvist i de mere lavvandede dele af den bløde bund (substrattype 1a). Typen forekommer stedvist i den sydlige og østlige del af området (Figur 4-57). Cirkalittoralt mudder udgør et areal på ~21 km², hvilket svarer til <1% af det samlede areal (Tabel 4-4).

Udbredelsen af den overordnede habitattype Offshore cirkalittoralt mudder (OCM) dominerer i den østlige del området, men dækker også et relativt stort område i det nordvestlige hjørne. Offshore cirkalittoralt mudder er knyttet til større sammenhængende enheder karakteriseret ved substrattype 1a, som typisk er beliggende i de dybere bassinområder (Figur 4-57). Offshore cirkalittoralt mudder udgør et areal på $\sim 1468 \text{ km}^2$, hvilket svarer til $\sim 41\%$ af det samlede areal. Denne type er dermed den mest forekommende overordnede habitattype i området (Tabel 4-4).

Udbredelsen af den overordnede habitattype Cirkalittoralt sand (CS) dominerer i de lavvandede dele af sandfladerne, som primært er beliggende i den sydvestlige, centrale og nordlige del af området. Typen fremstår som større sammenhængende enheder knyttet til substrattype 1b (Figur 4-57). Cirkalittoralt sand (CS) udgør et areal på $\sim 1289 \text{ km}^2$, hvilket svarer til $\sim 36\%$ af et samlede areal. Cirkalittoralt sand er dermed den næstmest forekommende overordnede habitattype i området (Tabel 4-4).

Udbredelsen af den overordnede habitattype Offshore cirkalittoralt sand (OCS) dominerer i de dybere dele af sandfladerne, som primært dominerer i området langs den markante øst-skrånende skrænt og i den nordvestlige del af området. Typen fremstår både som større sammenhængende enheder og som mindre isolerede områder knyttet til substrattype 1b (Figur 4-57). Offshore cirkalittoralt sand udgør et areal på $\sim 804 \text{ km}^2$, hvilket svarer til $\sim 22\%$ af det samlede areal. Typen er dermed den tredje mest forekommende overordnede habitattype i området (Tabel 4-4).

Udbredelsen af den overordnede habitattype Cirkalittoralt groft sediment (CCS) er meget begrænset. Typen forekommer stedvist i de mere lavvandede og mest grovkornede dele af sandfladerne (substrattype 2a), hvor miljøet typisk er mere dynamisk. Cirkalittoralt groft sediment forekommer stedvist i den nordøstlige del af området (Figur 4-57). Cirkalittoralt groft sediment udgør kun et areal på $\sim 2 \text{ km}^2$, hvilket svarer til $<1\%$ af det samlede areal (Tabel 4-4).

Udbredelsen af den overordnede habitattype Offshore cirkalittoralt groft sediment (OCCS) er meget begrænset og knytter sig både til substrattype 2a og 2b. Offshore cirkalittoralt groft sediment knytter sig primært til substrattype 2a på de dybere dele af sandfladerne, hvor miljøet er relativt dynamisk, som forekommer i den nordøstlige del af området. De områder, hvor Offshore cirkalittoralt groft sediment knytter sig til substrattype 2b, forekommer i den nordvestlige del af området, hvor der er blotlagt moræneler på havbunden (Figur 4-57). Offshore cirkalittoralt groft sediment udgør et areal på $\sim 6 \text{ km}^2$, hvilket svarer til $<1\%$ af det samlede areal (Tabel 4-4).

Tabel 4-4. Fordeling af MSFD overordnede habitattyper for Doggerbanke Tail End (område A2).

MSFD Overordnede habitattyper	Areal (km ²)	Areal (%)
Cirkalittoralt mudder (CM)	21	<1
Offshore cirkalittoralt mudder (OCM)	1.468	41
Cirkalittoralt sand (CS)	1.289	36
Offshore cirkalittoralt sand (OCS)	804	22
Cirkalittoralt groft sediment (CCS)	2	<1
Offshore cirkalittoralt groft sediment (OCCS)	6	<1
Total	3.591	100

4.6 Bundflora og -fauna

4.6.1 Østlige Nordsøen

4.6.1.1 Biologiske forhold tilknyttet substrattyper

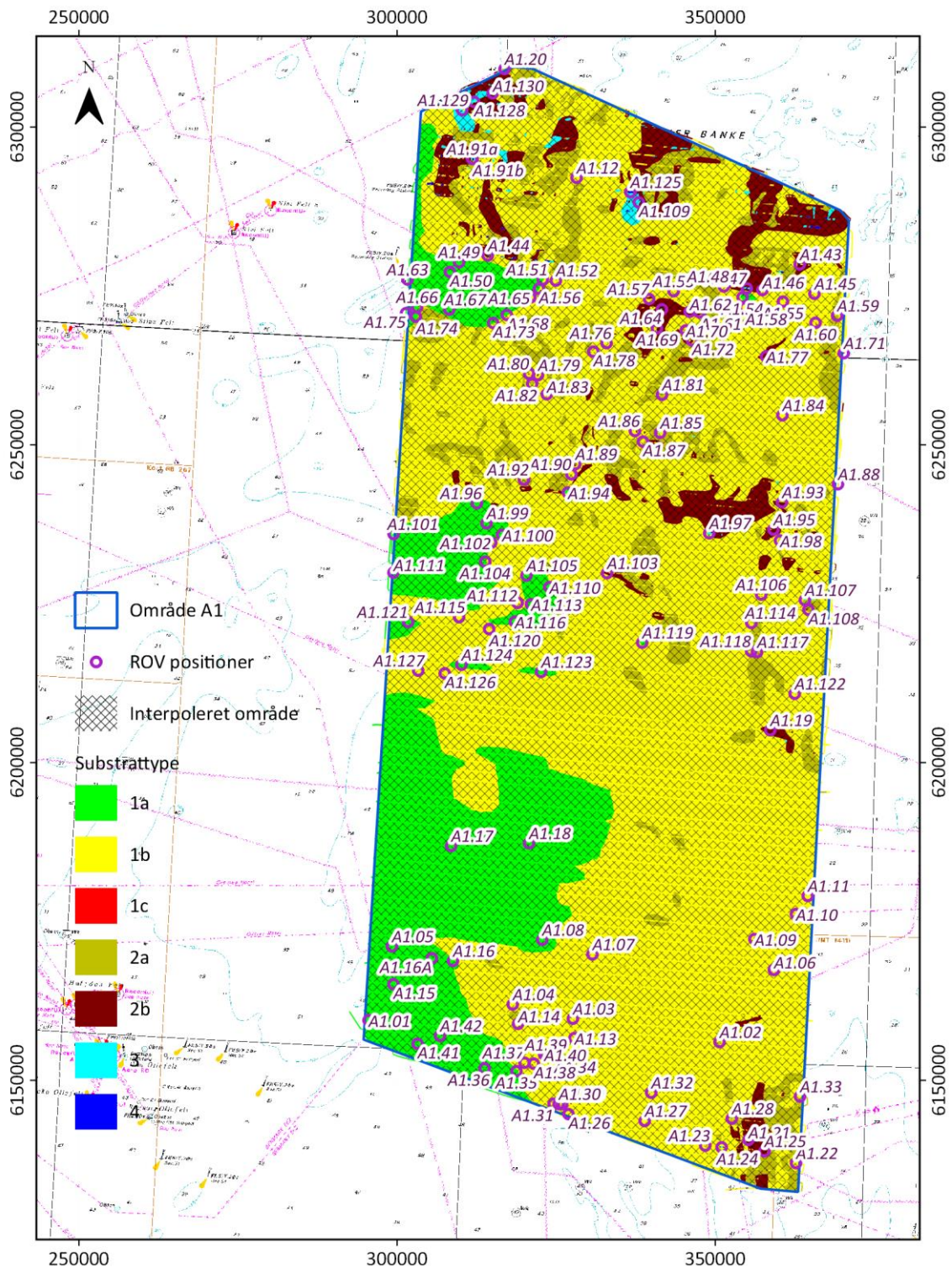
I det følgende er biologien på havbunden for hver af de 132 ROV-stationer i område A1 Østlige Nordsøen beskrevet samlet for hver substrattype.

Baseret på ROV-verifikationerne er der observeret 7 substrattyper (Tabel 4-5; Figur 4-58):

- Substrattype 1a – siltet bund
- Substrattype 1b – sandbund med ribbe-struktur og spredte hvide skaller
- Substrattype 1c – lerbund
- Substrattype 2a – sandet, gruset og småstenet bund
- Substrattype 2b – sandbund med få større sten eller blottet moræneler (store sten 1-10%)
- Substrattype 3 – havbund med store sten (>10 cm/dækningsgrad 10-25%)
- Substrattype 4 – stenrev (dækningsgrad store sten >25%)

Tabel 4-5. Fordeling af ROV-stationerne på de forskellige substrattyper i området Østlige Nordsøen.

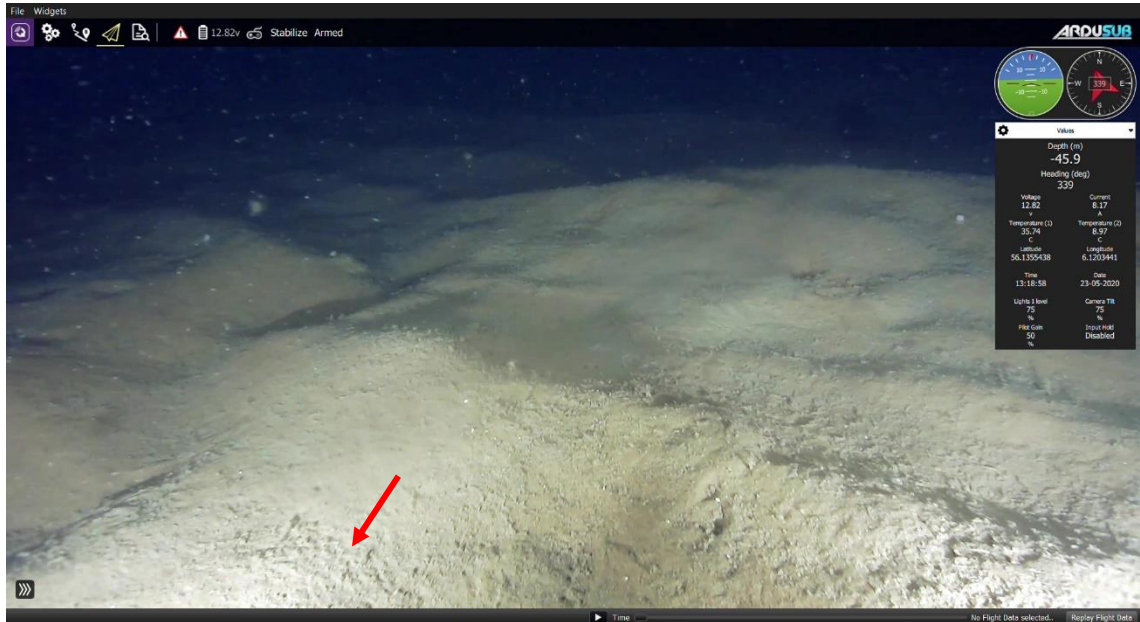
Substrattype	Areal (km ²)	ROV stationer
Substrattype 1a	1.835 (17%)	01, 05, 08, 15, 16, 17, 18, 35, 36, 41, 42, 49, 50, 51, 54, 56, 63, 65, 66, 67, 73, 74, 75, 94, 96, 99, 100, 101, 102, 104, 105, 110, 111, 113, 116, 119, 121, 123, 124, 131
Substrattype 1b	7.338 (68%)	03, 04, 06, 07, 09, 10, 11, 13, 14, 21, 22, 23, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 37, 38, 39, 40, 45, 48, 52, 53, 55, 57, 58, 60, 62, 68, 76, 78, 80, 83, 84, 86, 87, 88, 89, 90, 106, 112, 114, 115, 120, 126, 127
Substrattype 1c	0,2 (<1%)	71
Substrattype 2a	966 (9%)	02, 12, 20, 59, 69, 81, 82, 92, 93, 98, 118
Substrattype 2b	588 (5%)	19, 25, 26, 46, 61, 70, 72, 77, 79, 95, 97, 103, 108, 117
Substrattype 3	48 (<1%)	24, 44, 47, 64, 85, 91a, 107, 109, 122, 128, 129
Substrattype 4	4 (<1%)	43, 91b, 125, 130



Figur 4-58. Lokalteter for indsamlede ROV stationer oven på de tolkede substrattyper for området østlige Nordsøen.

Substrattype 1a er en blød bund bestående af silt og finsand med ingen til få bølgeribber og udbredt infaunaaktivitet. Substrattype 1a findes fortrinsvis i det nordvestlige og sydvestlige hjørne af område A1 (Figur 4-58).

Faunaen knyttet til substrattype 1a var domineret af infauna. Generelt blev der observeret et højt antal arter og dækningsgrader svarende til totalt ca. 27 bundfaunataxa/arter og en dækningsgrad på ca. 1-5% (totalt for alle stationer) på ROV-videoerne. Det faktiske taxa/artsantal er højere, idet man ikke kan artsbestemme infauna ud fra ROV-video. Der findes f.eks. adskillige slags børsteormerør, men i videoerne blev kun børsteormerør generelt, Lanicerør og Chaetopterus sp. talt med, da kun disse kunne artsbestemmes herudfra.



Figur 4-59. Siltet bund med phoroniderør (rød pil), som dominerede bunden på næsten alle stationer. ROV-station A1.113.



Figur 4-60. Siltet bund med phoroniderør forrest i billedet (gul pil), havbørsteormehobe (lysere grå toppe, rød pil), muslingesifoner (grøn pil), en maskekrabbe og en kamstjerne (bagerst til venstre i billedet). ROV-station A1.41.



Figur 4-61. Større havbørsteormerør og muslingesifonhuller (rød pil) på den bløde bund. ROV-station A1.41.

Bundfaunaen var domineret af infauna, små phoroniderør (*Phoronis* sp.), børsteormerør, børsteormebunker/hobe og forskellige andre typer huller i havbunden fra børsteorme, muslingesifoner, sømushuller, jomfruhummerhuller mm. Phoroniderør var svære at se på ROV-videoen og krævede at kameraet var tæt på havbunden, og ramte det rigtige fokus (Figur 4-59, Figur 4-60). Det var derfor ikke muligt at give en præcis dækningsgrad for Phoroniderørerne, og der angives i stedet en overordnet dækningsgrad for alle synlige fauna taxa/arter. Der forekom desuden enkelte spredte hvide muslingeskaller (inkl. alm. hjertemusling, pigget hjertemusling) og andre muslingeskaller såsom knivmuslingeskaller eller fragmenter, men dette var langt mere karakteristisk for substrattype 1b sandbunden.



Figur 4-62. Siltet bund med flere sømushuller (rød pil). ROV-station A1.35.

Karakteristiske epifaunaarter observeret på ROV-video inkluderede (rækkefølge med mest dominerende først): søstjerner (kamstjerne og almindelig søstjerne), eremitkrebs i konksneglehuse, maskekrabber (Figur 4-60), den krybende rovpolychaet *Ophiodromus flexuosus* (Hesioniidae), sømus fortrinsvis sømusskaller (Figur 4-62), jomfruummerhuler og enkelte levende jomfruummere (Figur 4-63).



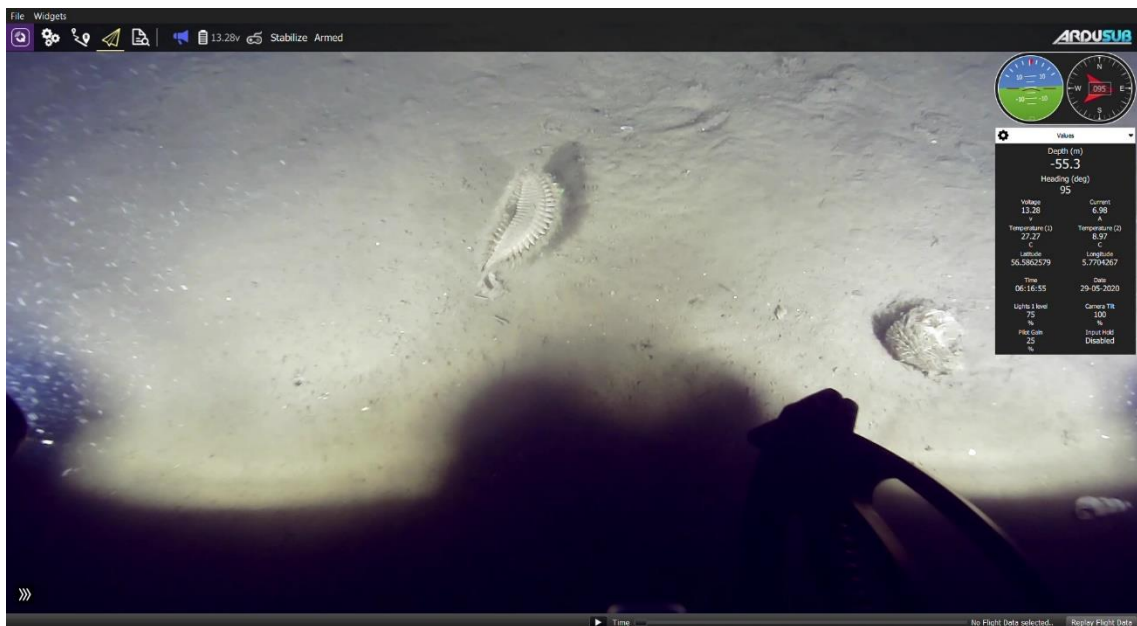
Figur 4-63. To jomfruummere og små phoroniderør forrest i billedet. ROV-station A1.111.

Taxa/arter observeret:

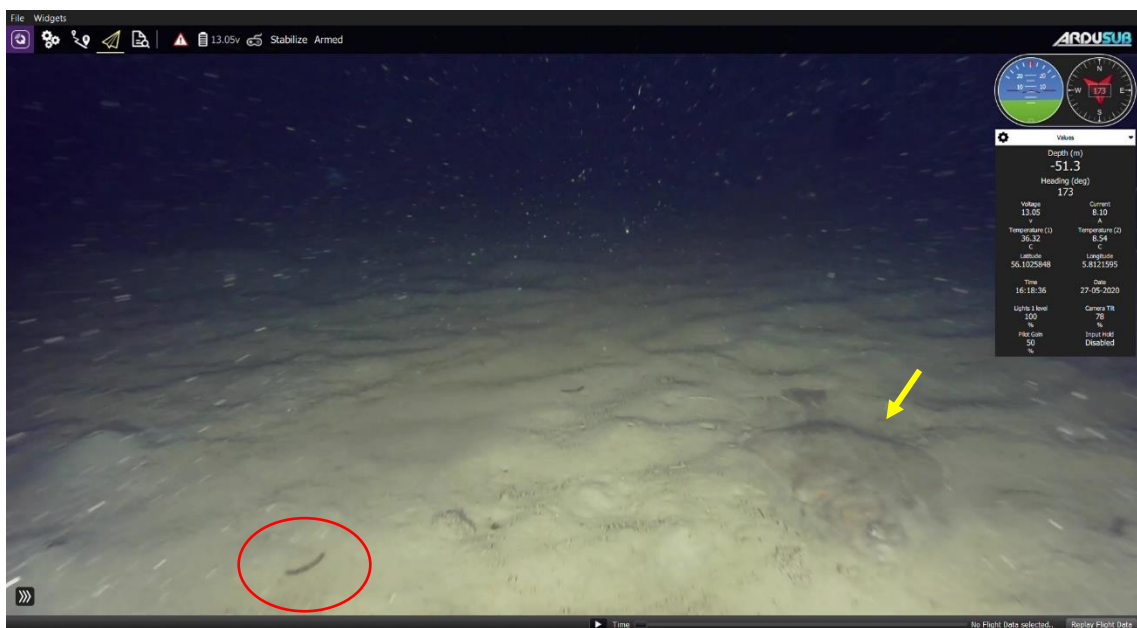
Blødbundstaxa: Phoronider (*Phoronis* sp.), forskellige børsteormerør inkl. Lanice, Chaetopterus sp., børsteormebunker/hobe, og forskellige andre huller i havbunden. Almindelig søstjerne, kamstjerne, maskekrabbe, svømmekrabbe, taskekrabbe, *Ophiodromus flexuosus* (Figur 4-65), eremitkrebs, sømus, guldmus (Figur 4-64), jomfruummer, slangestjerne, uspec. hvide skalfragmenter fra muslinger, pigget hjertemuslingskal, hjertemuslingskal, knivmuslingskaller, konksnegleskaller og enkelte levende konksnegle, tårnsneglehuse og pelikanfodsnegleskal.

Hårbundstaxa på enkelte sten: søanemone og drivende hydroider.

Der blev ikke observeret bundflora (0%) pga. manglende hårdt substrat til fasthæftning og stor dybde med begrænset lys.



Figur 4-64. Guldmus og eremitkrebs observeret på type 1a sandbund. ROV-station A1.63.



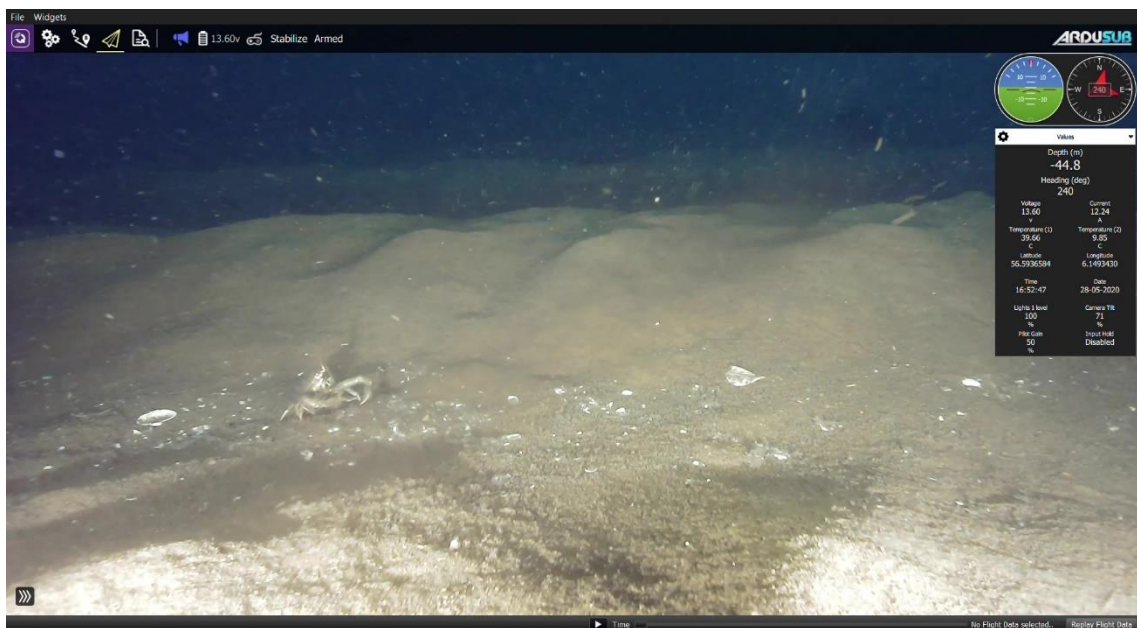
Figur 4-65. Siltet sandbund med infaunaaktivitet i form af huller og lysere grå havbørsteorme-bunker, den krybende rovpolychaet *Ophiodromus* (rød cirkel) og en ising (gul pil). ROV-station A1.121.

På den siltede sandbund blev der observeret en del fladfisk; flest isinger (Figur 4-65), rødspætte, tunge, rødtunge, pighvar, juvenile uidentificerbare fladfisk, samt fladfiskefourageringshuller. Herudover også fløjfisk, knurhane, sild, torsk, hvilling og småfisk/fiskeyngel.

Substrattype 1a blev verificeret som primær substrattype på 40 ROV-stationer, se Tabel 4-5.

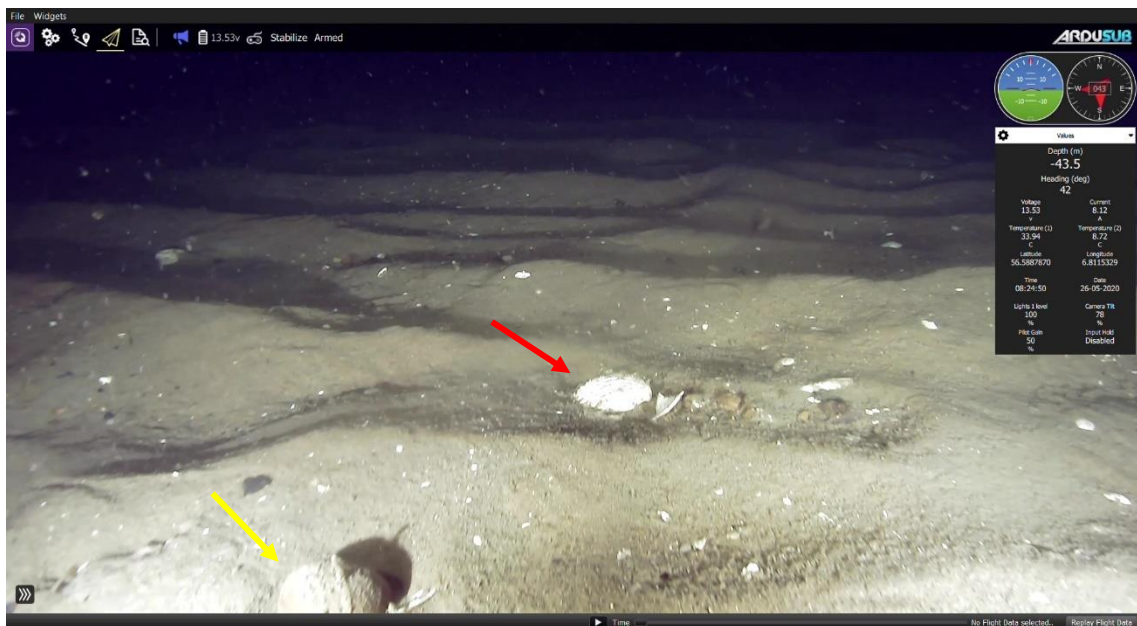
Substrattype 1b er en fast sandbund bestående af fint til mellem sand med indhold af hvide skaller, og bundtypen ses typisk med bølgeribber og bundformer af varierende udtryk og størrelse. Overordnet har substrattypen et varierende indhold af silt, som generelt stiger med stigende vanddybde (overgang til substrattype 1a). Substrattype 1b er hovedsageligt beliggende på mindre vanddybder (typisk <40-45 m) og er udbredt forekommende i hele kortlægningsområdet (Figur 4-58).

Denne bundtype havde et højt antal bundfaunaarter og dækningsgrader svarende til ca. 32 bundfaunataxa/arter og ca. 1-7% dækningsgrad domineret af infauna. Bundsamfundet på sandbunden bestod af mange af de samme arter som ses på substrattype 1a dog med enkelte arter tilknyttet hård bund i form af enkelte sten på sandbunden.



Figur 4-66. Siltet sandbund med phoroniderør, enkelte hvide muslingeskaller og en maskekrabbe. ROV-station A1.52.

Infaunaen knyttet til substrattype 1b var domineret af tætte bestande af små phoroniderør (Figur 4-66) og generelt flere spredte hvide muslingeskaller og skalfragmenter, som indikation på en større bestand af muslinger nedgravet i sedimentet. Bunden kunne dog ikke karakteriseres som skalbund. De observerede skaller stammede bl.a. fra hjertemusling, pigget hjertemusling (Figur 4-67), knivmusling og molboøsters. Ud over phoroniderør ses også spredte større havbørsteormerør fra minimum fire arter inkl. *Lanice* (Figur 4-68) og *Chaetopterus* sp., enkelte sifonhuller fra muslinger (Figur 4-70), andre huller i havbunden, sømushuller, få jomfruhummerhuller samt havbørsteorme bunker, der ses som lysere grå bunker på den mere brune, let siltede bund.



Figur 4-67. Sandbund uden ret mange bølgeribber, sømus (gul pil) og skal fra pigget hjertemusling (rød pil). ROV-station A1.45.

Der blev generelt observeret færre epifauna og synlige infaunaspor på havbunden med groft sand/ral og store bølgeribber. Ofte ophobes mindre sten, skalfragmenter og andre organismer i trugtet mellem de store bølgeribber.



Figur 4-68. Lanicerør på sandbund med bølgeribber. ROV-station A1.09.

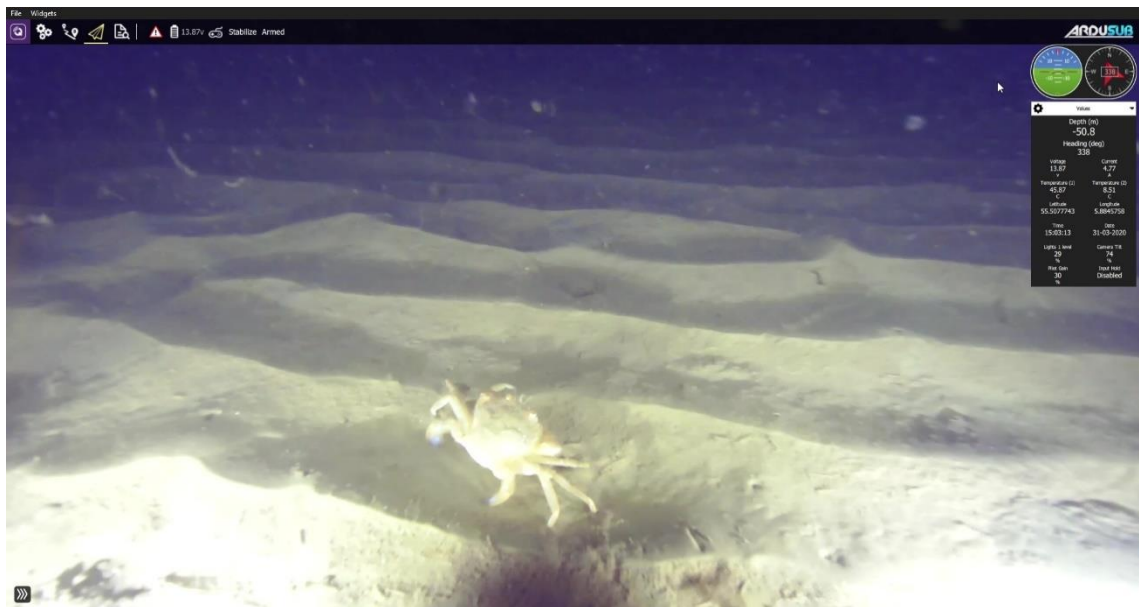
Karakteristiske epifaunaarter observeret på ROV-video inkluderede (rækkefølge med mest dominerende først): søstjerner (kamstjerne, almindelig søstjerne), eremitkrebs i konksneglehuse, sømus fortrinsvis sømusskaller, maskekrabber, svømmekrabber (Figur 4-69), skalfragmenter, enkelte levende konksnegle, pelikanfodssnegl, tårnsnegl sp. og jomfruhummer. Hårdbundstaxa blev observeret på enkelte sten.

Taxa/arter observeret:

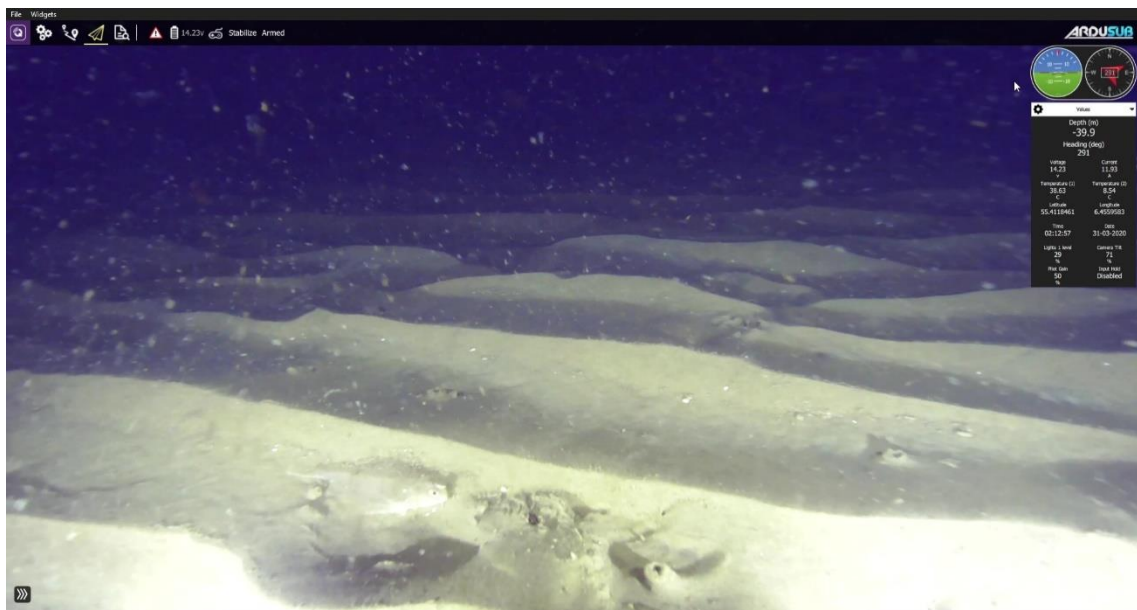
Blødbundstaxa: Phoronider (*Phoronis* sp.), forskellige børsteormer inkl. *Lanice*, *Chaetopterus* sp. og forskellige andre huller i havbunden. Almindelig søstjerne, kamstjerne, maskekrabbe, svømmekrabbe, *Ophiodromus flexuosus*, eremitkrebs, sømus, guldmus, jomfruhummer, slange-stjerne, uspec. hvide skalfragmenter fra muslinger, pigget hjertemuslingskal, hjertemuslingskal, knivmuslingskaller, molboøsters, konksnegleskaller og enkelte levende konksnegle, tårnsneg-lehuse, pelikanfodsnegleskal og et hajæg.

Hårdbundstaxa på enkelte sten: dødningshåndkoral, søanemone, tynd cylinderrose, bladmos- dyr, hydroider, trekantorm (kalkrørsorm), søpunge, marine svampe og grønt søpindsvin.

Der blev ikke observeret bundflora (0%) pga. manglende hårdt substrat til fasthæftning og stor dybde med begrænset lys.



Figur 4-69. Sandbund med svømmekrabbe. ROV-station A1.41.



Figur 4-70. Sandbund med børsteormerør og en lille fladfisk. ROV-station A1.27.

På sandbunden blev observeret mange fladfisk flest isinger, rødspætter, tunger, enkelte skrubbler, samt fladfiskefourageringshuller. Herudover også en del fløjfisk og enkelte knurhaner, sild, brisling, tobis, kutling, lidt småfisk og en smule fiskeyngel herunder enkelte juvenile fladfisk (Figur 4-70 og Figur 4-71).



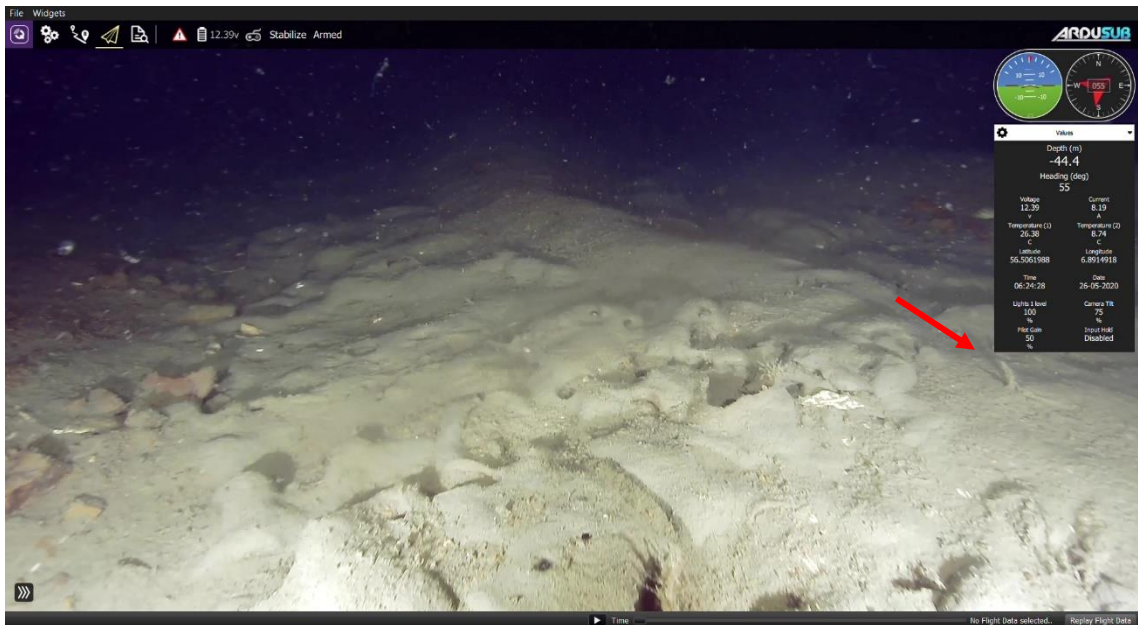
Figur 4-71. Sandbund med fløjfisk, som forekom ret ofte i område A1. ROV-station A1.01.

Substrattype 1b blev verificeret som primær substrattype på 51 ROV-stationer, se Tabel 4-5.

Substrattype 1c er en blandet bund med lerstrukturer og indslag af sand, sten, grus og skaller. Substrattypen er identificeret i områder domineret af enten substrattype 1b eller 2b på vanddybder mellem 30 m og 45 m. Substrattypen blev ikke identificeret ved første substrattype-tolkning, her blev 1c hovedsageligt tolket som 2a/2b. Derfor er udbredelsen af denne type primært

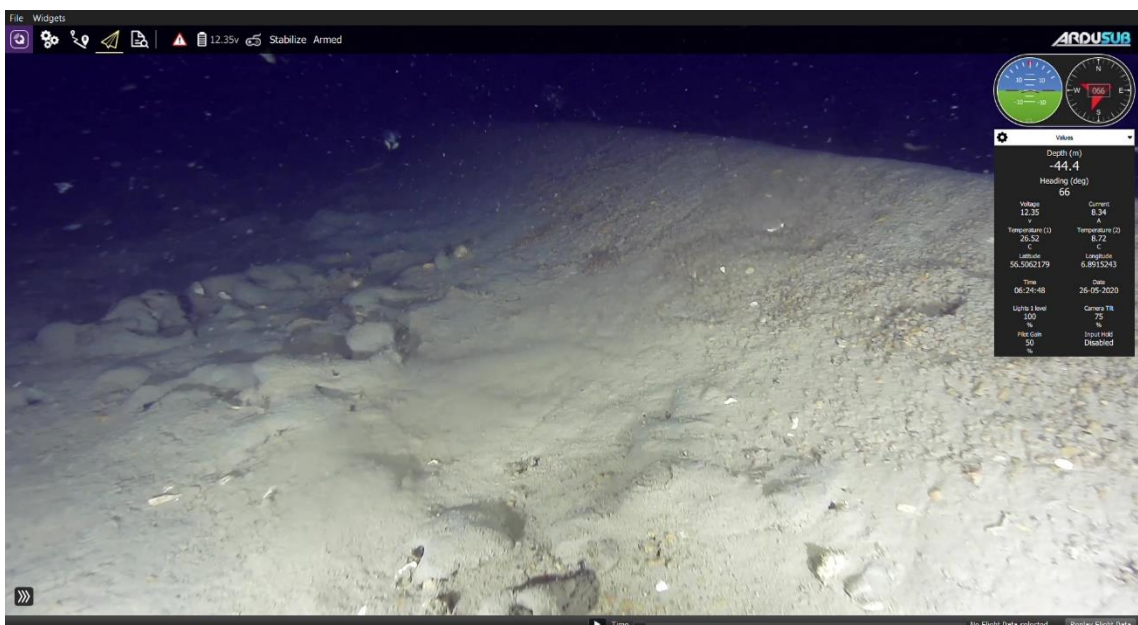
baseret på ROV-identifikation og "ekstrapoleret" til nærliggende områder med samme akustiske signal. Substrattypen blev observeret som primær substrattype i det nordøstlige del af området tæt på afgrænsningen mod øst.

Denne bundtype havde et meget lavt antal bundfaunaarter og dækningsgrader svarende til ca. tre bundfaunataxa/arter og under 1 % dækningsgrad.



Figur 4-72 Leret sandbund med enkelte børsteormerør (rød pil). ROV-station A1.71.

Infauaen var sparsom og bestod af små phoroniderør og enkelte børsteormerør (Figur 4-72) og skaller fra bl.a. hjertemusling og pelikanfodssnegl.



Figur 4-73 Leret sandbund med bølgeribber. ROV-station A1.71.

Ofte ophobes ler mindre sten, skalfragmenter og andre organismer i truget mellem de store bølgeribber (Figur 4-73).

Taxa/arter observeret:

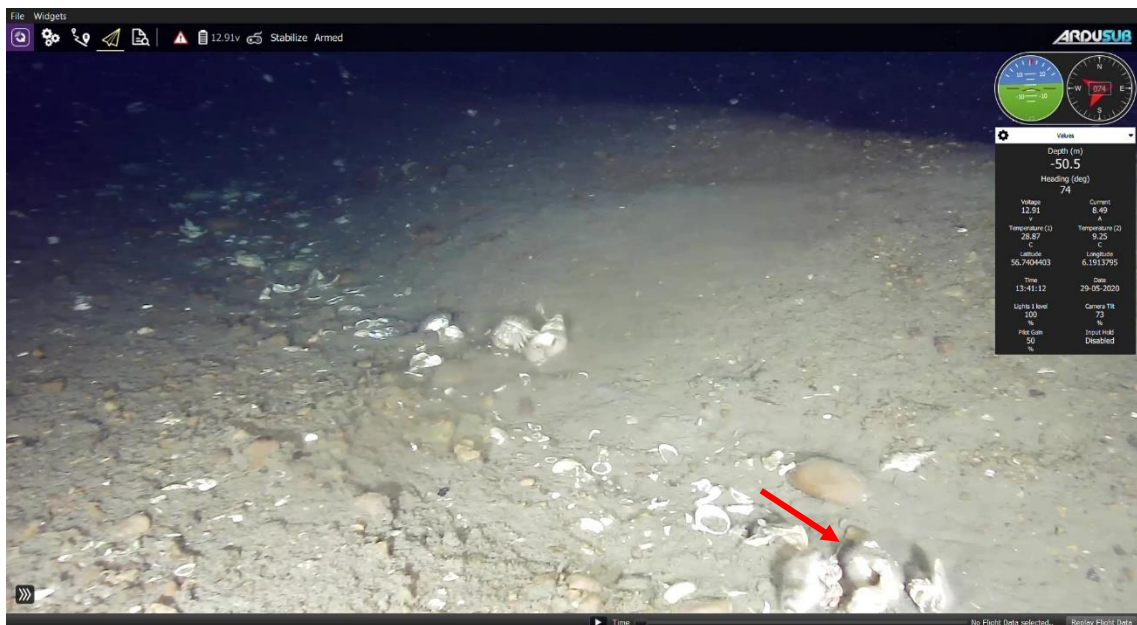
Blødbundstaxa: Phoronider (*Phoronis* sp.), forskellige, uspec. hvide skalfragmenter fra muslinger pigget hjertemuslingskal, pelikanfodsneglehus.

Der blev ikke observeret bundflora (0%) pga. stor dybde med begrænset lys.

Substrattype 1c blev fundet som primær substrattype på ROV-station A1.71 samt registreret på A1.57 og A1.60 som indslag og som sekundær substrattype på ROV-station A1.80 (Tabel 4-5).

Substrattype 2a er en sandet, gruset og småstenet bund bestående af en sandmatrix med vekslende andel af grus og mindre sten (Figur 4-76). Desuden består substratet typisk af en del hvide skalfragmenter (Figur 4-74). Substrattype 2a er hovedsageligt beliggende på lavere vanddybde (typisk <40-45 m) og bundtypen forekommer spredt udover det meste af kortlægningsområdet typisk som mindre spredte områder inden for substrattype 1b (Figur 4-58). Dækningsgraden for bundfauna var ca. <1-4 %, og der blev observeret ca. 17 arter. Andelen af hårbundsfauna på stenene er højere end på substrattype 1a og 1b.

Infauanen knyttet til substrattype 2a var domineret af phoroniderør, børsteormerør og børsteormebunker/hobe og hvide muslingeskaller og skalfragmenter spredt over bunden (Figur 4-74). Epifaunaen var domineret af eremitkrebs, søstjerner, kalkrørsorm, hydroider og dødningshåndkoral.



Figur 4-74. Sandbund med bølgeribber og ophobning af løse skalfragmenter og flere eremitkrebs (rød pil) i truget mellem bølgeribberne. ROV-station A1.12.

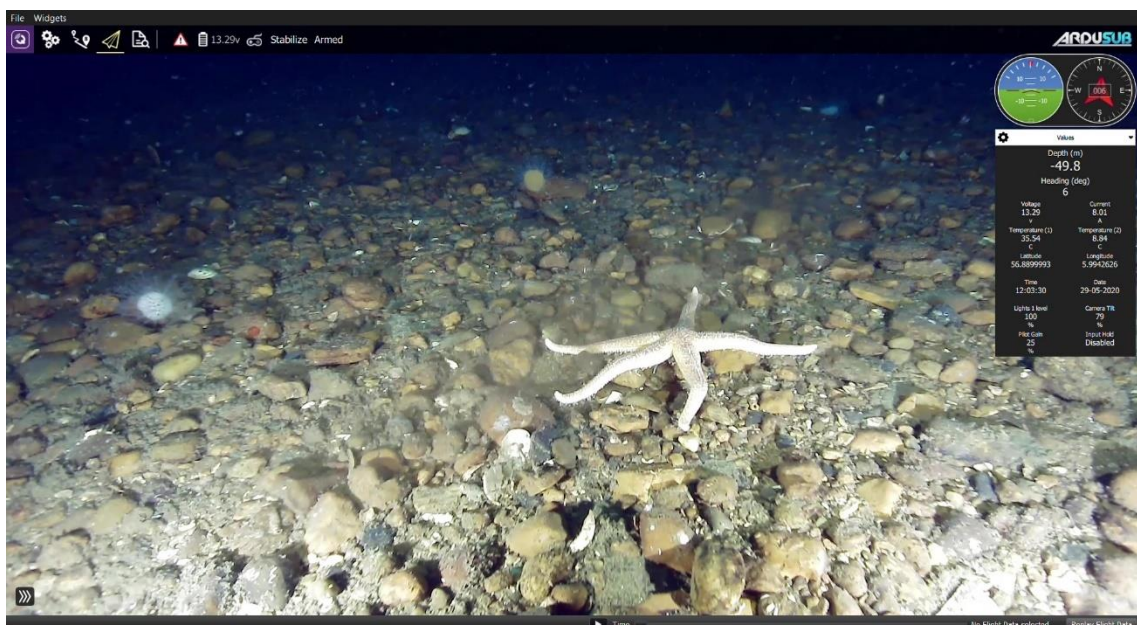


Figur 4-75. Stenet sandbund med børsteormerør og molboøstersskal. ROV-station A1.98.

Taxa/arter observeret:

Blødbundstaxa: Phoronider (*Phoronis* sp.), forskellige børsteormerør inkl. Lanice og forskellige andre huller i havbunden. Almindelig søstjerne, *Ophiodromus flexuosus*, eremitkrebs, sømus-skaller, uspec. hvide skalfragmenter fra muslinger, pigget hjertemuslingskal, hjertemuslingskal, knivmuslingskaller, molboøsters, Dosiniamusling, hestemuslingskal, tårnsneglehuse og pelikanfodsneglehus.

Hårdbundstaxa på enkelte sten: Trekantorm (kalkrørsorm), hydroider, dødningehåndkorale, bladmosdyr, rurer og marine svampe (Figur 4-76).



Figur 4-76. Brolægningsbund med mindre sten (<10 cm) enkelte små dødningehåndkorale og almindelig søstjerne. ROV-station A1.20.

Der blev ikke observeret bundflora (0%) pga. stor dybde med begrænset lys.

Observerede fiskearter omfattede fløjfisk, flere fladfiskearter (ising, rødspætte, skrubbe, tunge, rødtunge) (Figur 4-77), enkelte pelagiske småfisk og fladfiskefourageringshuller (<1%). På station A1.82 sås rigtigt mange småfisk i vandsøjlen (dækningsgrad 10-20%).

Substrattype 2a blev verificeret som primær substrattype på 11 ROV-stationer, se Tabel 4-5.



Figur 4-77. Småstenet bund med overlejring af sand og silt samt rødspætte. ROV-station A1.118.

Substrattype 2b er en bund bestående af sand, groft sand og grus med vekslende indhold af større sten. Substrattype 2b afskiller sig fra substrattype 2a ved at indeholde mere end 1% større sten, jf. substrattype klassifikationen i afsnit 3.3.2. Substratet består af sandbund med enkelte store sten (>10cm, 1-10% dækningsgrad) og forekommer typisk som mindre spredte områder inden for substrattype 1b (Figur 4-58).

Dækningsgraden for bundfauna var generelt ca. <1-10% og lokalt op til 60-90%, hvor der var mest hårbundsfauna. Der blev observeret ca. 29 bundfaunataxa/arter, som inkluderer mange af de observerede blødbunds- og hårbundsarter i område A1.

Infauanen knyttet til substrattype 2b var domineret af phoroniderør, børsteormerør og børsteormebunker/hobe, muslingesifonhuller og hvide muslingeskaller. Epifaunaen på sandbunden var domineret af eremitkrebs, søstjerner, maskekrabbe, svømmekrabbe og *Ophiodromus flexuosus*, mens hårbunden var domineret af kalkrørsorm, hydroider og dødningshåndkoral.

Blødbundstaxa: Phoronider (*Phoronis* sp.), forskellige børsteormer inkl. Lanice og forskellige andre huller i havbunden. Almindelig søstjerne, kamstjerne, *Ophiodromus flexuosus*, eremitkrebs, sømusskaller, uspec. hvide skalfragmenter fra muslinger, hjertemuslingskaller, knivmuslingskaller, molboøsters, hestemuslingskaller, slangestjerne og et lille *Modiolus* rev på (st. A1.77).

Et lille *Modiolus modiolus* rev med dække af dødningehåndkoral og mange slangestjerner sås kun på st. A1.77 (Figur 4-78) og adskilte sig fra de ellers gennemgående ens havbundshabitater svarende til substrattyperne i område A1.

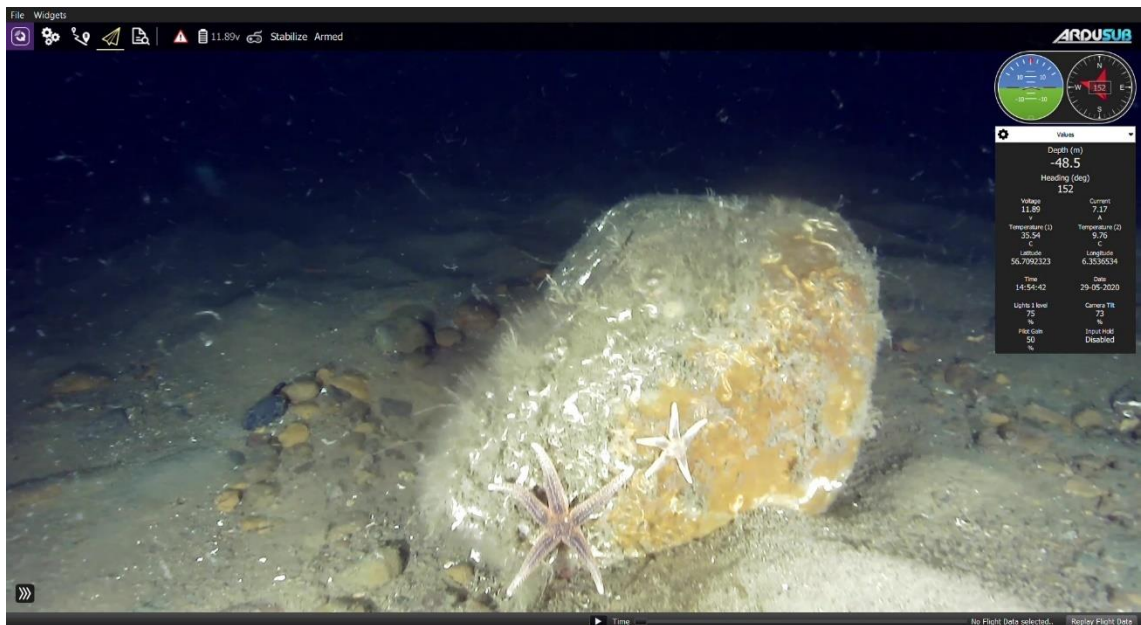


Figur 4-78. Lille plet af *Modiolus modiolus* rev (Hestemusling) med muslingerne dækket af dødningehåndkoral, kalkrørsorm og skør slangestjerne. ROV-station A1.77.

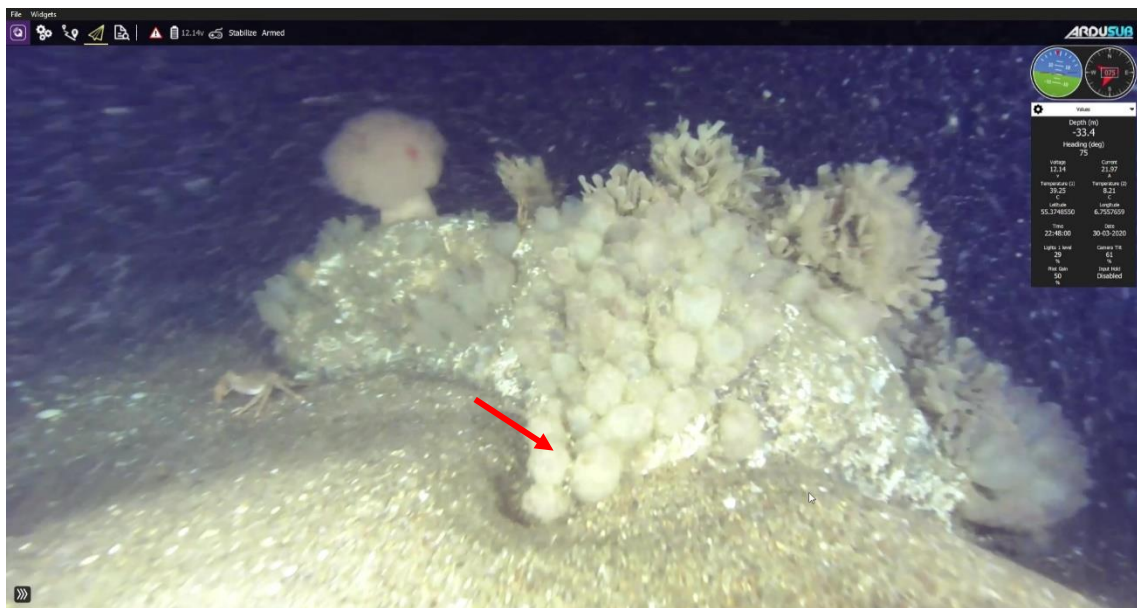
Hårdbundstaxa på enkelte sten: domineret af trekantorm (kalkrørsorm), hydroider, dødningehåndkoral (Figur 4-78), almindelig slangestjerne (Figur 4-79), skør slangestjerne (Figur 4-78), pigget søstjerne, bladmosdyr (Figur 4-81), rurer, søanemone inkl. stor søanemone (Figur 4-79) og karminrød søanemone, sønellike, fjerpolyp, stort søpindsvin, enkelte søpunge og marine svampe (Figur 4-80).



Figur 4-79. Stor søanemone, almindelig slangestjerne (gul pil) og grå hydroider på sten. ROV-station A1.117.

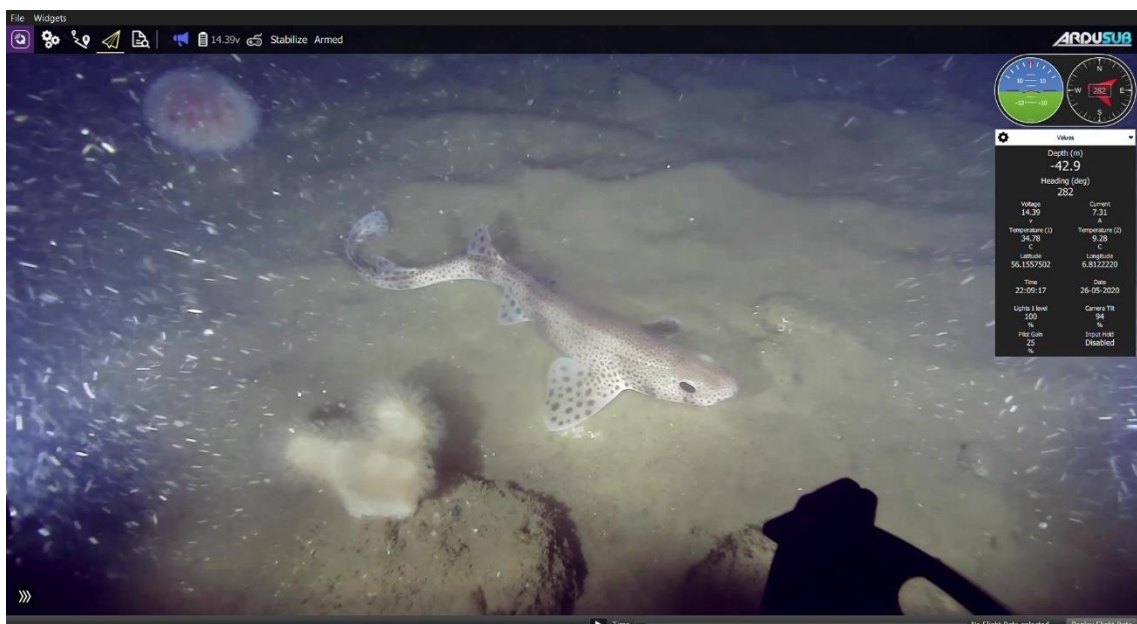


Figur 4-80. Større sten (>10cm) omgivet af sandbund med kalkrørsorm, grå hydroider, gul marin svamp, pigget søstjerne og almindelig søstjerne. ROV-station A1.108.



Figur 4-81. Søanemone, søpunge (rød pil), bladmos og en svømmekrabbe. ROV-station A1.25.

Der blev observeret meget lidt bundflora (<1%) i form af enkelte røde kalkskorpealger (Figur 4-84), den begrænsede udbredelse af bundflora skyldes først og fremmest begrænset lys på de 40-50 m dybde i området.



Figur 4-82. Lille småplettet rødhaj blev observeret på 2 stationer: A1.107 og A1.108. I baggrunden stort søpindsvin.

Der blev observeret mange fladfisk - flest isinger, rødspætter, tunger, enkelte skrubber, samt fladfiskefourageringshuller. Herudover også en del fløjfisk og enkelte knurhaner, sild, brisling, tobis, kutling lidt småfisk og fiskeyngel herunder enkelte juvenile fladfisk (<1% dækningsgrad). Herudover blev småplettet rødhaj observeret på ROV-station A1.108 (og på A1.107) (Figur 4-82).

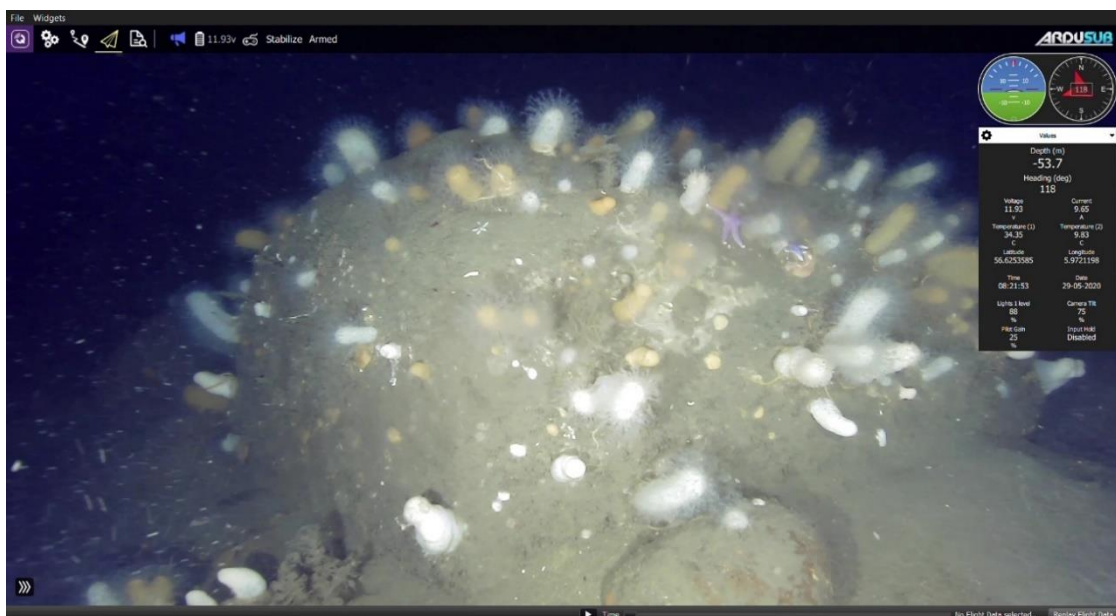
Substrattype 2b blev verificeret som primær substrattype på 14 ROV-stationer, se Tabel 4-5.

Substrattype 3 findes i lokale pletter i den nordlige del af område A1, vest for Jyske Rev (Figur 4-58). Substratet består af sandbund med spredte store sten (>10cm, 10-25% dækningsgrad). Dækningsgraden for bundfauna var generelt <1-30% og lokalt på store sten op til 40-80%. Der blev observeret ca. 31 bundfaunataxa/arter. Dækningsgraden og artsantallet på stenene er meget varierende.

Infaunanen knyttet til substrattype 3 var domineret af phoroniderør, børsteormerør og børsteormebunker/hobe, muslingesifonhuller og hvide muslingeskaller, som på substrattype 1b. Epifaunaen knyttet til substrattype 3 var domineret af hårbundsarter såsom kalkrørsorm, hydroider, dødningshåndkoral, søstjerner og bladmosdyr.

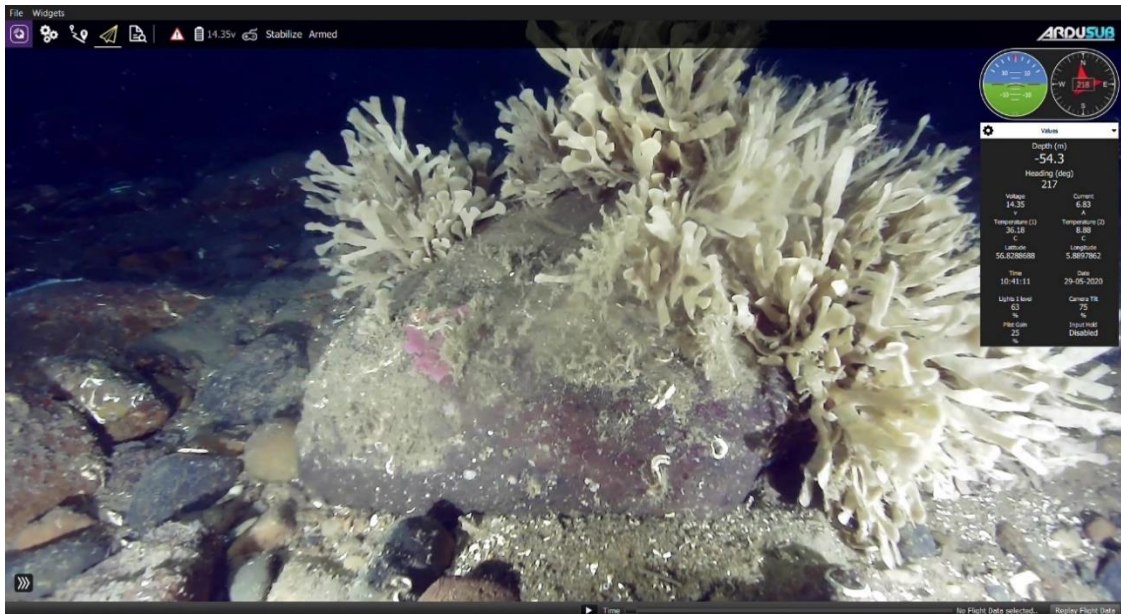
Blødbundstaxa: Phoronider (*Phoronis* sp.), forskellige børsteormerør og -bunker/hobe, muslingesifonhuller og forskellige andre huller i havbunden. Almindelig søstjerne, kamstjerne, *Ophiodromus flexuosus*, eremitkrebs, uspec. hvide skalfragmenter fra muslinger, hjertemuslingeskaller, pigget hjertemusling, knivmuslingeskaller, konksnegleskaller, tårnsnegleskal.

Hårbundstaxa på enkelte sten: domineret af trekantorm (kalkrørsorm), hydroider, dødningshåndkoral (Figur 4-83), skør slangestjerne, rurer, almindelig søstjerne, pigget søstjerne, søsol, bladmosdyr (Figur 4-84), rurer, søanemoner eremitkrebs og karminrød søanemone, søpunge, fjerpolyp, stort søpindsvin, taskekrabbe, svømmekrabbe og 3 forskellige marine svampe (rød, gulhvid og gulbrun).

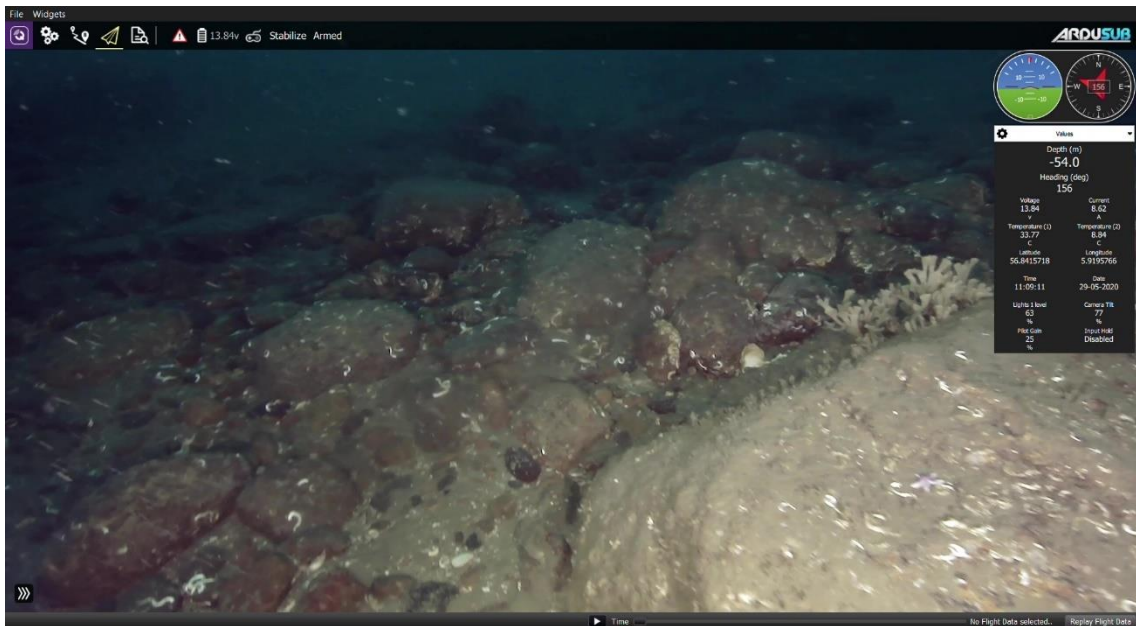


Figur 4-83. Stor sten på sandbunden med hydroider, dødningshåndkoral, skør slangestjerne og søstjerner. ROV-station A1.44.

Der blev observeret meget lidt bundflora (<1%) i form af enkelte røde kalkskorpealger (Figur 4-84), den begrænsede udbredelse af bundflora skyldes først og fremmest begrænset lys på de 40-50 m dybde i området.



Figur 4-84. Substrattype 3 sandbund med enkelte store sten. På stenene blev observeret bladmos, hydroider, hvide kalkkrørsorm (trekantorm) og en rød kalkskorpealge. ROV-station A1.129



Figur 4-85. Sten med lavere dækningsgrad og færre arter på stor dybde (54m). På stenene blev observeret kalkkrørsorm (trekantorm), bladmosdyr og enkelte hydroider og søstjerner. ROV-station A1.128.

I forbindelse med stenene blev der observeret en hel del torsk, fiskeyngel og andre småfisk, fløjfisk og knurhane (Figur 4-86). På sandbunden blev der observeret rødspætter og isinger. Herudover blev småplettet rødhaj observeret på ROV-station A1_108) (Figur 4-82).

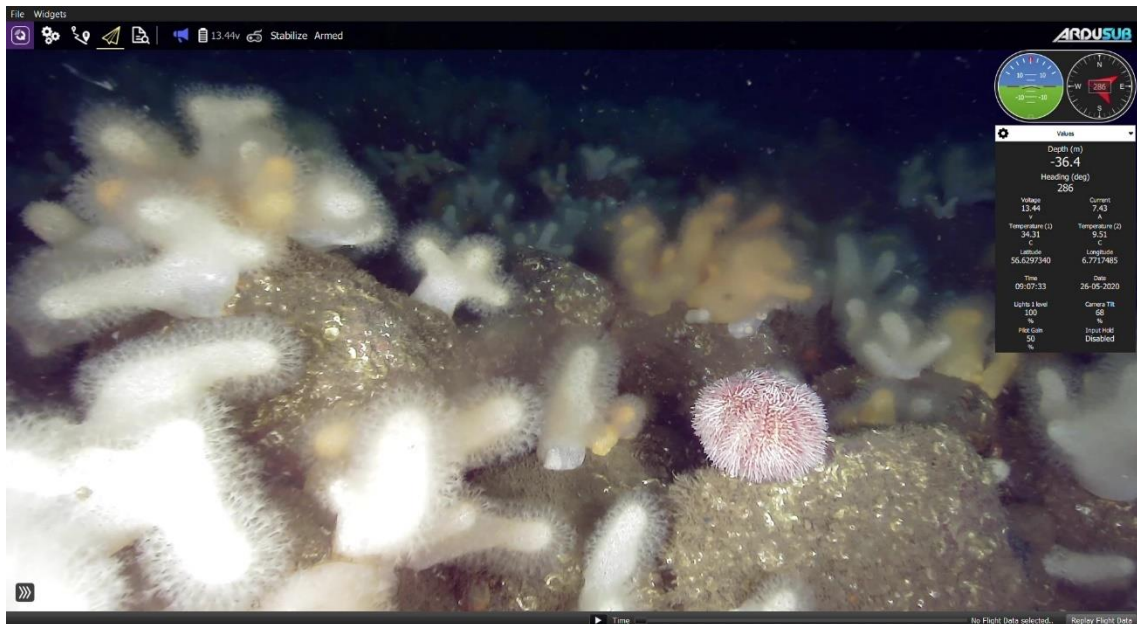


Figur 4-86. Knurhane, hjertemuslingskal og dødningshåndkoral på sandbunden mellem stenene. ROV-station A1.107.

Substrattype 3 blev verificeret som primær substrattype på 11 ROV-stationer, se Tabel 4-5.

Substrattype 4 findes i lokale pletter i den nordlige del af område A1, vest for Jyske Rev (Figur 4-58). Substratet består af blottet moræne med mange store sten (>10cm, >25% dækningsgrad). Dækningsgraden for bundfauna var generelt 3-15% og lokalt på store sten op til 30-90% domineret af epifauna. Der blev observeret ca. 28 bundfaunataxa/arter. Dækningsgraden og artsantallet på stenene er meget varierende muligvis som følge af eksponeringen (Figur 4-87 kontra Figur 4-88).

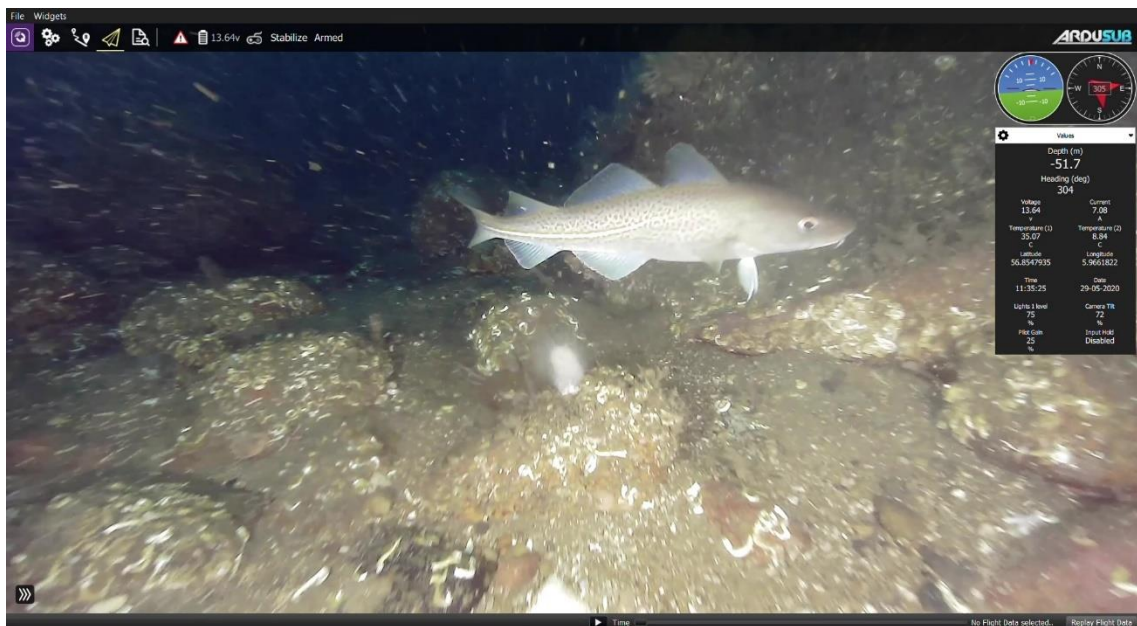
Epifaunaen knyttet til substrattype 4 var domineret af hårdbundsarter såsom kalkrørsorm, hydroider, dødningshåndkoral, søstjerner og blodmosdyr. Infaunanen knyttet til substrattype 4 var domineret af phoroniderør, børsteormerør og børsteormebunker/hobe hvide muslingskaller og hjertemusling som på substrattype 1b.



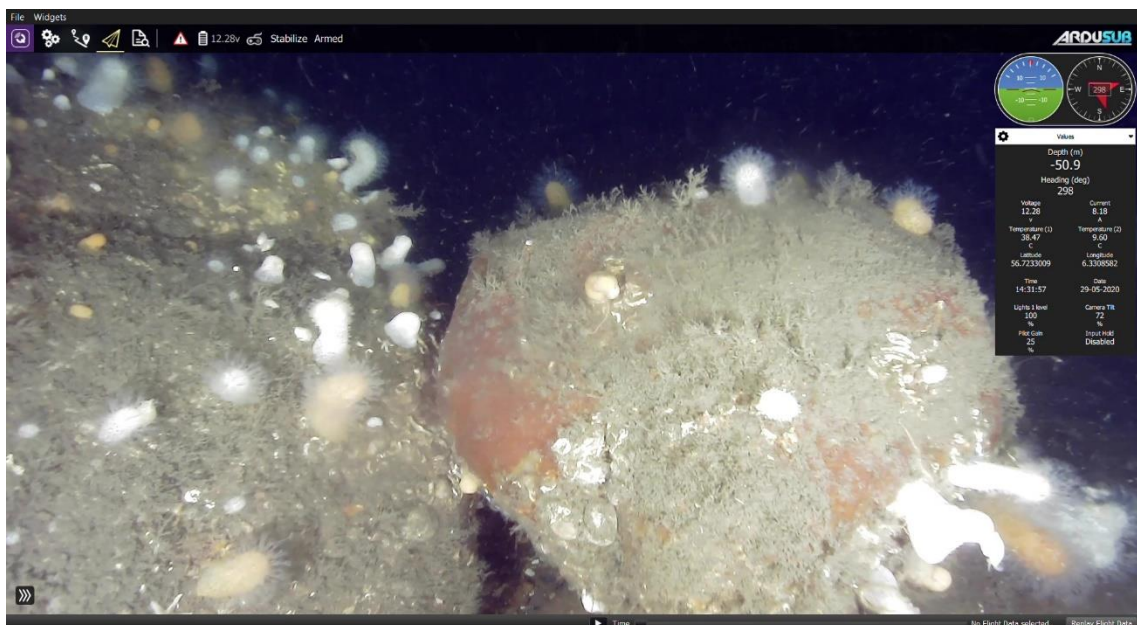
Figur 4-87. Stenrev med dødningshåndkoral, kalkrørsorm og stort søpindsvin. ROV-station A1.43.

Blødbundstaxa: Phoronider (*Phoronis* sp.), forskellige børsteormerør og -bunker/hobe, muslingesifonhuller og forskellige andre huller i havbunden. Herudover almindelig søstjerne, kamstjerne, eremitkrebs, uspec. hvide skalfragmenter fra muslinger, hjertemuslingskaller, konksnegleskaller og en enkelt levende konksnegl, tårnsnegleskal og pelikanfodssnegl.

Hårdbundstaxa: domineret af kalkrørsorm (trekantorm og posthornorm), hydroider, dødningshåndkoral (Figur 4-87), skør slangestjerne (Figur 4-87), rurer, almindelig søstjerne, juvenile søstjerner, Luidia søstjerne, pigget søstjerne, bladmosdyr, rurer, søanemoner, eremitkrebs, søpunge, fjerpolyp, ugrenet polyp, stort søpindsvin (Figur 4-87), taskekrabbe (Figur 4-90), svømmekrabbe, stankelbenskrabbe (Figur 4-90) og 4 forskellige marine svampe (rød, gulhvid, orange og gulbrun) (Figur 4-89).



Figur 4-88. Stenrev med få arter domineret af kalkrørsorm og få dødningehåndkoral og en torsk. ROV-station A1.130.



Figur 4-89. Store sten med hydroider, kalkrørsorm, dødningehåndkoral og en orange marin svamp. ROV-station A1.125.

Der blev observeret meget lidt bundflora (<1%) i form af enkelte hav-hildenbrandia og røde kalkskorpealger (Figur 4-89), den begrænsede udbredelse af bundflora skyldes først og fremmest begrænset lys på de 40-50 m dybde i området.

I forbindelse med stenforekomsterne blev der observeret en hel del torsk (Figur 4-88), havkarusse, fløjfisk, knurhane, kutlinger, fiskeyngel og andre uidentificerbare småfisk.

Substrattype 4 "stenrev" blev verificeret som primær substrattype på fire ROV-stationer, se Tabel 4-5.



Figur 4-90. Stenrev med hydroider en taskekrabbe (rød pil) og en stankelbenskrabbe (gul pil). ROV-station A1.17.

4.6.1.2 Biologiske forhold tilknyttet overordnede habitattyper

I det følgende er biologien på havbunden for hver af 132 ROV-stationer i område A1 Østlige Nordsøen beskrevet samlet for hver overordnede habitattype.

Baseret på ROV-undersøgelserne er der verificeret 8 overordnede habitattyper:

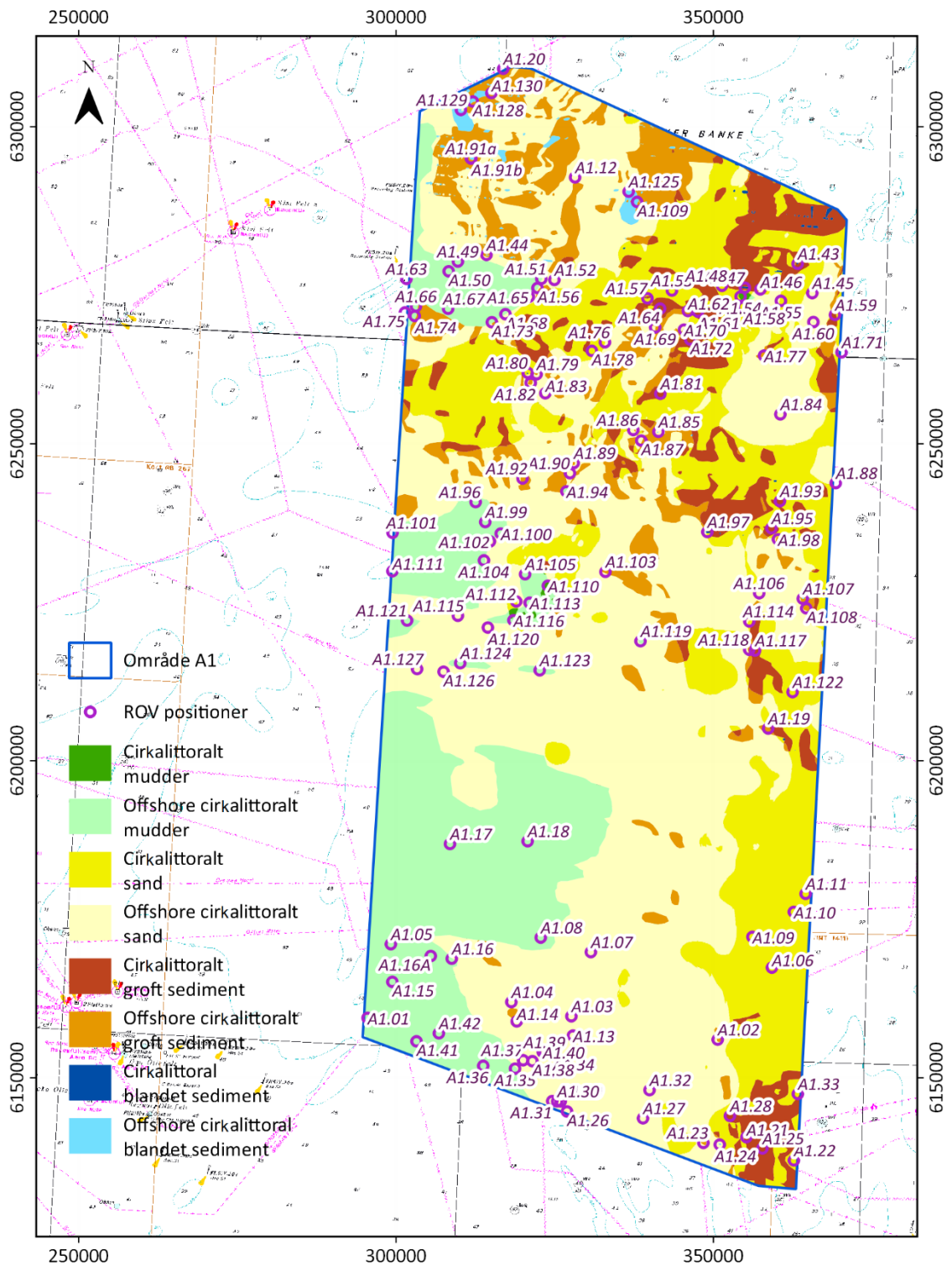
- Cirkalittoralt mudder (CM)
- Cirkalittoralt sand (CS)
- Cirkalittoralt groft sediment (CCS)
- Cirkalittoralt blandet sediment (CMS)
- Offshore cirkalittoralt mudder (OCM)
- Offshore cirkalittoralt sand (OCS)
- Offshore cirkalittoralt groft sediment (OCCS)
- Offshore cirkalittoralt blandet sediment (OCMS)

De ovennævnte overordnede habitattyper blev fundet på de i Tabel 4-6 nævnte ROV stationer.

Tabel 4-6. ROV-stationernes fordeling på overordnede habitattyper og deres arealmæssige udbredelse inden for område A1.

Overordnede habitattype	Areal (km ²)	ROV stationer
Cirkalittoralt mudder (CM)	12 (0,1%)	54, 110
Cirkalittoralt sand (CS)	2.246 (21%)	06, 09, 10, 11, 22, 33, 48, 53, 55, 58, 76, 78, 80, 112, 114
Cirkalittoralt groft sediment (CCS)	690 (6%)	21, 25, 28, 57, 59, 61, 72, 81, 93, 95, 117
Cirkalittoralt blandet sediment (CMS)	6 (0,1%)	43, 47, 64, 97, 122
Offshore cirkalittoralt mudder (OCM)	1.823 (17%)	01, 05, 08, 15, 16, 17, 18, 35, 36, 41, 42, 49, 50, 51, 56, 63, 65, 66, 67, 73, 74, 75, 94, 96, 99, 100, 101, 102, 104, 105, 111, 113, 116, 119, 121, 123, 124, 131
Offshore cirkalittoralt sand (OCS)	5.092 (47%)	03, 04, 07, 13, 14, 27, 29, 30, 31, 32, 34, 37, 38, 39, 40, 45, 52, 60, 68, 69, 83, 84, 86, 87, 88, 90, 106, 115, 120, 126, 127
Offshore cirkalittoralt groft sediment (OCCS)	863 (8%)	02, 12, 19, 20, 23, 26, 46, 62, 70, 77, 79, 82, 89, 92, 98, 103, 108, 118
Offshore cirkalittoralt blandet sediment (OCMS)	47 (0,4%)	24, 44, 71, 85, 91a, 91b, 107, 109, 125, 128, 129, 130

Lokaliteten af de enkelte ROV stationer kan ses på nedenstående oversigtskort (Figur 4-91)



Figur 4-91. Positionsoversigt for ROV stationer (epifauna) for Område A1 med angivelse af de overordnede habitattyper som baggrund.

Cirkalittoralt mudder (CM)

Cirkalittoralt mudder (CM) blev verificeret på 2 ROV-stationer (Tabel 4-6) og lokaliteterne kan ses på Figur 4-91.

Havbunden består typisk af en homogen, blød, siltet bund med svage, irregulære eller ingen bølgeribber med indslag af muslingeskalkfragmenter på toppen. Bundtypen havde middel antal bundfaunaarter og dækningsgrader svarende til ca. 9 arter og 1-3% dækningsgrad. Infaunaen var domineret af små phoroniderør (*Phoronis* sp.). Derudover fandtes andre havbørsteormerør, deriblandt *Lanice* og flere børsteormehobe, der sås som lysere grå bunker på den mere brune, let siltede bund. Den krybende rovpolychaet *Hesioniden Ophiodromus* blev desuden også observeret på havbunden. Der blev observeret flere sifonhuller fra muslinger og huler fra sømus.

Karakteristiske epifaunaarter observeret på ROV-video inkluderede (rækkefølge med mest dominerende først): almindelig søstjerne, kamstjerne, eremitkrebs i konksneglehuse, maskekrabbe, sømus fortrinsvis sømusskaller, *Hesioniden Ophiodromus*

Biologien på den overordnede habitattype CM kan sammenlignes med biologien, der er knyttet til substrattype 1a ved vanddybder mindre end ca. 45 meter (afsnit 4.6.1.1).

Taxa/arter observeret:

Blødbundstaxa: (*Phoronis* sp.), havbørsteormerør, deriblandt *Lanice*, børsteormehobe, *Hesioniden Ophiodromus*, sifonhuller fra muslinger, huler fra sømus. Få spredte hvide muslingeskaller og skalkfragmenter fra eks. knivmusling. Søstjerner (kamstjerne, almindelig søstjerne), eremitkrebs i konksneglehuse, maskekrabbe.

Hårdbundstaxa: Der blev ikke observeret hårdbundstaxa grundet manglende substrat til fasthæftelse.

Der blev ikke observeret bundflora (0%) pga. manglende hårdt substrat til fasthæftning og stor dybde med begrænset lys.

På sandbunden blev der observeret mange fladfisk, flest isinger, men også tunger, fløjfisk samt fladfiskefourageringshuller. I vandsøjlen blev der observeret ribbegøpler.

Cirkalittoralt sand (CS)

Cirkalittoralt sand (CS) blev verificeret på 15 ROV stationer (Tabel 4-6) og lokaliteterne kan ses på Figur 4-91.

Havbunden består typisk af en fast sandbund bestående af fint til mellem sand med indhold af hvide skaller, og bundtypen ses typisk med bølgeribber og bundformer af varierende udtryk og størrelse.

Denne bundtype havde et højt antal bundfaunaarter og dækningsgrader svarende til ca. 22 bundfaunataxa/arter og ca. 1-7% dækningsgrad domineret af infauna.

Infaunaen knyttet til habitattypen var domineret af tætte bestande af små phoroniderør og generelt flere spredte hvide muslingeskaller og skalfragmenter, som indikation på en større bestand af muslinger nedgravet i sedimentet. De observerede skaller stammede bl.a. fra hjertemusling, pigget hjertemusling, knivmusling og molboøsters. Ud over phoroniderør ses også spredte større havbørsteormerør fra flere arter inkl. Lanice. Der fandtes enkelte sifonhuller fra muslinger og sømushuller samt havbørsteormebunker, der ses som lysere grå bunker på den mere brune, let siltede bund.

Hårdbundstaxa blev observeret på enkelte sten, heriblandt bladmosdyr og trekantorm.

Karakteristiske epifaunaarter observeret på ROV-video inkluderede (rækkefølge med mest dominerende først): søstjerner (kamstjerne, almindelig søstjerne), eremitkrebs i konksneglehuse, sømus fortrinsvis sømusskaller, maskekrabber.

Biologien på den overordnede habitattype CS kan sammenlignes med biologien, der er knyttet til substrattype 1b ved vanddybder mindre end ca. 45 meter (afsnit 4.6.1.1).

Taxa/arter observeret:

Blødbundstaxa: Phoronider (*Phoronis* sp.), forskellige børsteormerør inkl. Lanice. Almindelig søstjerne, kamstjerne, maskekrabbe, *Ophiodromus flexuosus*, eremitkrebs, sømus, slangestjerne, uspec. hvide skalfragmenter fra muslinger, pigget hjertemuslingsskal, hjertemuslingsskal, knivmuslingeskaller, molboøsters og et hajæg.

Hårdbundstaxa på enkelte sten: bladmosdyr, hydroider, trekantorm (kalkrørsorm), søpunge, marine svampe og et grønt søpindsvin.

Der blev ikke observeret bundflora (0%) pga. manglende hårdt substrat til fasthæftning og stor dybde med begrænset lys.

På sandbunden blev observeret mange fladfisk (isinger, tunger, enkelte skrubber samt fladfiskefourageringshuller). Herudover også en del fløjfisk og små tobis, kutling, lidt småfisk og en smule fiskeyngel.

Cirkalittoralt groft sediment (CCS)

Cirkalittoralt groft sediment (CCS) blev verificeret på 11 ROV stationer (Tabel 4-6) og lokaliteterne kan ses på Figur 4-91.

Havbunden er en meget blandet bund og består til dels af en fast sandbund bestående af fint til groft sand med indhold af hvide skaller, typisk med bølgeribber og til dels med større områder med grus og mindre eller større sten.

Denne bundtype havde et højt antal bundfaunaarter og dækningsgrader svarende til ca. 24 bundfaunataxa/arter og ca. 1-15% dækningsgrad.

Infauaen knyttet til den bløde bund på habitattypen var domineret af tætte bestande af små phoroniderør og flere spredte hvide muslingeskaller og skalfragmenter, som indikation på en større bestand af muslinger nedgravet i sedimentet. De observerede skaller stammede bl.a. fra knivmusling, hestemusling. Ud over phoroniderør ses også spredte større havbørsteormerør fra flere arter inkl. Lanice og Chaetopterus. Der fandtes enkelte sifonhuller fra muslinger og sømusshuller samt havbørsteormebunker.

Hårbundstaxa tilknyttet habitattypen blev observeret på sten heriblandt dødningshåndkoral, kalkrørsorm, bladmosdyr, sønelikke og karminrød søanemone.

Karakteristiske epifaunaarter observeret på ROV-video inkluderede (rækkefølge med mest dominerende først): søstjerner (almindelig søstjerne, kamstjerne), eremitkrebs i konksneglehuse, svømmekrabbe, taskekrabbe, konksnegl, stort søpindsvin, sømus fortrinsvis sømusskaller.

Biologien på den overordnede habitattype CCS kan sammenlignes med biologien, der er knyttet til substrattype 2a og 2b ved vanddybder mindre end ca. 45 meter (afsnit 4.6.1.1).

Taxa/arter observeret:

Blødbundstaxa: Phoronider (*Phoronis* sp.), forskellige børsteormerør inkl. Lanice og Chaetopterus. Almindelig søstjerne, kamstjerne, ru søsol, eremitkrebs, svømmekrabbe, taskekrabbe, konksnegl, stort søpindsvin, sømus, skør slangestjerne, uspec. hvide skalfragmenter fra muslinger, bl.a. knivmuslingeskaller og hestemuslingskaller.

Hårbundstaxa på sten: Kalkrørsorme (trekantorm), hydroider, bladmosdyr, søpunge, dødningshåndkoral, sønelikke, stor karminrød søanemone på stenene, marin svamp som hinde (rød/orange).

På en enkelt station blev der observeret en brun skorpealge på stenene. Generelt blev der dog ikke observeret bundflora (0%) pga. manglende hårdt substrat til fasthæftning og stor dybde med begrænset lys.

På sandbunden blev observeret mange fladfisk (isinger, tunger, rødspætter, enkelte skrubber samt fladfiskefourageringshuller). Herudover også en del fløjfisk og en grå knurhane samt lidt småfisk.

Cirkalittoralt blandet sediment (CMS)

Cirkalittoralt blandet sediment (CMS) blev verificeret på 5 ROV stationer (Tabel 4-6) og lokaliteterne kan ses på Figur 4-91.

Substratet består af sandbund med spredte store sten, som bestrøningsbund eller brolægning-bund og flere steder som decideret stenrev med huledannende elementer. Dækningsgraden for bundfauna var generelt <1-30% og lokalt på store sten op til 70%. Der blev observeret ca. 24 bundfaunataxa/arter. Dækningsgraden og artsantallet på stenene var meget varierende.

Infaunanen knyttet til den bløde bund på habitattypen var domineret af tætte bestande af små phoroniderør og stedvist spredte hvide muslingeskaller og skalfragmenter, som indikation på en større bestand af muslinger nedgravet i sedimentet. Ud over phoroniderør sås også spredte større havbørsteormerør fra flere arter inkl. Lanice og Chaetopterus. Der fandtes enkelte sifonhuller fra muslinger samt havbørsteorme-bunker som på den overordnede habitattype Cirkalittoralt sand.

Karakteristiske epifaunaarter observeret på ROV-video inkluderede (rækkefølge med mest dominerende først): søstjerner (almindelig søstjerne, kamstjerne, Luidia søstjerne, pigget søstjerne), eremitkrebs i konksneglehuse, taskekrabbe, stort søpindsvin og marine svampe

Hårbundstaxa tilknyttet habitattypen blev observeret på sten heriblandt dødningshåndkoral, kalkrørsorm, bladmosdyr, sønelikke og karminrød søanemone, hydroider og bladmosdyr.

Biologien på den overordnede habitattype CMS kan sammenlignes med biologien, der er knyttet til substrattype 3 og 4 ved vanddybder mindre end ca. 45 meter (afsnit 4.6.1.1).

Taxa/arter observeret:

Blødbundstaxa: Phoronider (*Phoronis* sp.), forskellige børsteormerør inkl. Lanice og Chaetopterus. Almindelig søstjerne, kamstjerne, Luidia søstjerne, pigget søstjerne, eremitkrebs, taskekrabbe, stort søpindsvin, uspec. hvide skalfragmenter fra muslinger, bl.a. knivmuslingeskaller.

Hårbundstaxa på sten: Kalkrørsorme (trekantorm, posthornsorm), hydroider, bladmosdyr, søpunge, dødningshåndkoral, fjerpolyp, hydroider, karminrød søanemone, marin svamp som hinde (rød/orange).

På en enkelt station blev der observeret *Hildenbrandia rubra* på stenene. Generelt blev der dog ikke observeret bundflora (0%) pga. manglende hårdt substrat til fasthæftning og stor dybde med begrænset lys.

Der blev observeret ising, havkarusse, fløjfisk og fiskeyngel på denne overordnede habitattype.

Offshore cirkalittoralt mudder (OCM)

Offshore cirkalittoralt mudder (OCM) blev verificeret på 38 ROV stationer (Tabel 4-6) og lokaliteterne kan ses på Figur 4-91.

Havbunden består typisk af en homogen, blød, siltet bund med svage, irregulære eller ingen bølgeribber med indslag af muslingeskalfragmenter på toppen. Bundtypen havde et højt antal bundfaunaarter og dækningsgrader svarende til ca. 21 arter og 1-5 % dækningsgrad. Infaunaen var domineret af små phoroniderør (*Phoronis* sp.). Derudover fandtes andre havbørsteormerør, deriblandt *Lanice* og flere børsteormehobe, der sås som lysere grå bunker på den mere brune, let siltede bund. Den krybende rovpolychaet *Hesioniden Ophiodromus* blev desuden også observeret på havbunden. Der blev observeret flere sifonhuller fra muslinger og huler fra sømus.

Karakteristiske epifaunaarter observeret på ROV-video inkluderede (rækkefølge med mest dominerende først): almindelig søstjerne, kamstjerne, eremitkrebs i konksneglehuse, maskekrabbe, sømus fortrinsvis sømusskaller, *Hesioniden Ophiodromus*.

Biologien på den overordnede habitattype OCM kan sammenlignes med biologien, der er knyttet til substrattype 1a ved vanddybder større end ca. 45 meter (afsnit 4.6.1.1).

Taxa/arter observeret:

Blødbundstaxa: (*Phoronis* sp.), havbørsteormerør, deriblandt *Lanice*, børsteormehobe, *Hesioniden Ophiodromus*, sifonhuller fra muslinger, huler fra sømus. Søstjerner (almindelig søstjerne, kamstjerne, slangestjerne), eremitkrebs i konksneglehuse, maskekrabbe, svømmekrabbe, jomfruummer, taskekrabbe, konksnegl, guldmus. Spredte muslingeskaller og skalfragmenter fra knivmusling, pigget hjertemusling, hjertemusling, sømus, tårnsnegl, pelikanfodssnegl.

Domineret af phoroniderør, børsteormerør og -bunker inkl. *Lanice* og sifonhuller i bunden, herudover alm. søstjerne, kamstjerne, slangestjerne, eremitkrebs, maskekrabbe, svømmekrabbe, jomfruummer og jomfruummerhuler, taskekrabbe, konksnegl, søanemone, guldmus, hydroider, *Ophiodromus*, skaller fra knivmusling, pigget hjertemusling, hjertemusling, sømus, tårnsnegl, pelikanfodssnegl og i vandsøjlen stikkelsbærgople og Amerikansk ribbegople.

Hårdbundstaxa: På få overdækkede sten fandtes hydroider, og søanemone.

Der blev ikke observeret bundflora (0%) pga. manglende hårdt substrat til fasthæftning og stor dybde med begrænset lys.

På sandbunden blev der observeret mange fladfisk, flest isinger, men også fløjfisk, fladfisk sp. rødspætte, ising, tunge, pighvar, torsk, hvilling, rød knurhane stimer af småfisk (tobis), fiskeyngel sp. samt fladfiskefourageringshuller.

I vandsøjlen blev der observeret stikkelbærgople og ribbegopler.

Offshore cirkalittoralt sand (OCS)

Offshore cirkalittoralt sand (OCS) blev verificeret på 31 ROV stationer (Tabel 4-6) og lokaliteterne kan ses på Figur 4-91.

Havbunden består typisk af en siltet sandbund bestående af fint sand med indhold af hvide skaller, og bundtypen ses typisk med bølgeribber og bundformer af varierende udtryk og størrelse.

Denne bundtype havde et højt antal bundfaunaarter og dækningsgrader svarende til ca. 25 bundfaunataxa/arter og ca. 1-7% dækningsgrad domineret af infauna.

Infaunaen knyttet til habitattypen var domineret af tætte bestande af små phoroniderør og generel infaunaaktivitet som havbørsteormehobe og børsteormerør inkl. *Lanice* og *Chaetopterus* sp. samt muslingesifonhuller og generelt flere spredte muslingeskaller og skalfragmenter, som indikation på en større bestand af muslinger nedgravet i sedimentet. De observerede skaller stammede bl.a. fra hjertemusling, pigget hjertemusling, knivmusling, tårnsnegl, pelikanfodssnegl og sømus.

Hårdbundstaxa blev observeret på enkelte sten, heriblandt dødningehåndkoral, stor søanemone, hydroider, og bladmosdyr.

Karakteristiske epifaunaarter observeret på ROV-video inkluderede (rækkefølge med mest dominerende først): søstjerner (kamstjerne, almindelig søstjerne, slangestjerne), eremitkrebs, maskekrabbe, svømmekrabbe.

Biologien på den overordnede habitattype OCS kan sammenlignes med biologien, der er knyttet til substrattype 1b ved vanddybder større end ca. 40-45 meter (afsnit 4.6.1.1).

Taxa/arter observeret:

Blødbundstaxa: Phoronider (*Phoronis* sp.), forskellige børsteormerør inkl. *Lanice* og *Chaetopterus*. kamstjerne, almindelig søstjerne, slangestjerne, sømus, eremitkrebs, maskekrabbe, svømmekrabbe, taskekrabbe, sømus, *Ophiodromus*. Skaller fra sømus, spredte skaller inkl. hjertemusling, pigget hjertemusling, knivmusling, tårnsnegl, pelikanfodssnegl.

Hårdbundstaxa på enkelte sten: dødningehåndkoral, stor søanemone, hydroider, bladmosdyr, kalkrørsorm, havsvamp som hinde (rød/orange), søstjerner.

Der blev ikke observeret bundflora (0%) pga. manglende hårdt substrat til fasthæftning og stor dybde med begrænset lys.

På sandbunden blev observeret mange fladfisk (ising, tunge, rødspætte samt fladfiskefourageringshuller). Herudover også sild, fløjfisk, kutling, tobis, fiskeyngel sp.

I vandsøjlen blev der observeret stikkelsbærgople og ribbegopler.

Offshore cirkalittoralt groft sediment (OCCS)

Offshore cirkalittoralt groft sediment (OCCS) blev verificeret på 18 ROV stationer (Tabel 4-6) og lokaliteterne kan ses på Figur 4-91.

Havbunden er en meget blandet bund og består til dels af en fast sandbund bestående af fint til groft sand med indhold af hvide skaller, typisk med bølgeribber og til dels med større områder med grus og mindre eller større sten.

Denne bundtype havde et højt antal bundfaunaarter og dækningsgrader svarende til ca. 35 bundfaunataxa/arter og ca. 1-10% dækningsgrad, lokalt på sten op til 90% dækningsgrad.

Infauaen knyttet til den sandede bund på habitattypen var domineret af tætte bestande af små phoroniderør og flere spredte hvide muslingskaller og skalfragmenter, som indikation på en større bestand af muslinger nedgravet i sedimentet. De observerede skaller stammede bl.a. fra hjertemusling, knivmusling og molboøsters. Ud over phoroniderør ses også spredte større havbørsteormerør fra flere arter inkl. Lanice. Der fandtes enkelte sifonhuller fra muslinger og sømushuller samt havbørsteormebunker.

Hårdbundstaxa tilknyttet habitattypen blev observeret på sten heriblandt dødningehåndkoral, kalkrørsorm, bladmosdyr og hydroider.

Karakteristiske epifaunaarter observeret på ROV-video inkluderede (rækkefølge med mest dominerende først): søstjerner (almindelig søstjerne, kamstjerne, pigget søstjerne), eremitkrebs i konksneglehuse, svømmekrabbe, maskekrabbe, taskekrabbe, stort søpindsvin og sømus fortrinsvis sømusskaller.

Biologien på den overordnede habitattype OCCS kan sammenlignes med biologien, der er knyttet til substrattypen 2a og 2b ved vanddybder større end ca. 40-45 meter (afsnit 4.6.1.1).

Taxa/arter observeret:

Blødbundstaxa: Phoronider (*Phoronis* sp.), forskellige børsteormerør inkl. Lanice samt eremitkrebs, svømmekrabbe, strandkrabbe, maskekrabbe, alm. søstjerne, kamstjerne, pigget søstjerne, Ophiodromus samt spredte skaller fra hjertemusling, molboøsters, hestemusling, knivmusling, pigget hjertemusling, sømus, dosiniamusling, konksnegl, tårnsnegl, pelikanfodsnegl,

Hårdbundstaxa på sten: dødningehåndkoraller, søanemone, kalkrørsorm og bladmosdyr, muligvis en karminrød søanemone, slangestjerne, skør slangestjerne taskekrabbe, alm. søstjerne, søpindsvin, dyriske svampe, hydroider, rurer.

Der blev ikke observeret bundflora (0%) pga. manglende hårdt substrat til fasthæftning og stor dybde med begrænset lys.

På sandbunden blev observeret mange fladfisk (isinger, tunger, rødspætter, enkelte skrubber samt fladfiskefourageringshuller). Herudover også fløjfisk, sild, kutling, tobis, småpletet rødhaj, fiskeyngel og småfisk (sp).

Offshore cirkalittoralt blandet sediment (OCMS)

Offshore cirkalittoralt blandet sediment (OCMS) blev verificeret på 12 ROV stationer (Tabel 4-6) og lokaliteterne kan ses på Figur 4-91.

Substratet består af sandbund med spredte store sten, som bestrøningsbund eller brolægning-bund og flere steder som decideret stenrev med huledannende elementer. Dækningsgraden for bundfauna var generelt <1-20% og lokalt på store sten op til 90%. Der blev observeret ca. 26 bundfaunataxa/arter. Dækningsgraden og artsantallet på stenene var meget varierende.

Infaunanen knyttet til den sandede bund på habitattypen var domineret af tætte bestande af små phoroniderør og stedvist spredte hvide muslingeskaller og skalfragmenter, som indikation på en større bestand af muslinger nedgravet i sedimentet. Ud over phoroniderør sås også spredte større havbørsteormerør. Der fandtes enkelte sifonhuller fra muslinger.

Karakteristiske epifaunaarter observeret på ROV-video inkluderede (rækkefølge med mest dominerende først): søstjerner (alm. søstjerne, slangestjerner, pigget søstjerne, kamstjerne, søsol), dyriske svampe (hinde rød/orange), eremitkrebs, stort søpindsvin, svømmekrabbe, taskekrabbe

Hårdbundstaxa tilknyttet habitattypen blev observeret på sten heriblandt dødningshåndkoral, kalkrørsorm, bladmosdyr, hydroider og bladmosdyr.

Biologien på den overordnede habitattype OCMS kan sammenlignes med biologien, der er knyttet til substrattype 3 og 4 ved vanddybder større end ca. 45 meter (afsnit 4.6.1.1).

Taxa/arter observeret:

Blødbundstaxa: Phoronider (*Phoronis* sp.), alm. søstjerne, slangestjerner, pigget søstjerne, kamstjerne, ru søsol, eremitkrebs, søpunge, stort søpindsvin, svømmekrabbe, taskekrabbe, skaller fra hjertemusling, pelikanfodsnegl, hjertemusling, pigget hjertemusling, konksnegl, tårnsnegl.

Hårdbundstaxa på sten: Kalkrørsorme (trekantorm, posthornsorm), hydroider, bladmosdyr, søpunge, dødningshåndkoral, rurer, fjerpolyp, hydroider, marin svamp som hinde (rød/orange).

På enkelte stationer blev der observeret skorpealger på stenene. Generelt blev der dog ikke observeret bundflora (0%) pga. manglende hårdt substrat til fasthæftning og stor dybde med begrænset lys.

På denne overordnede habitattype blev der observeret torsk, fløjfisk, rødspætte, knurhane, småpletet rødhaj, kutlinger, småfisk sp., fiskeyngel sp.

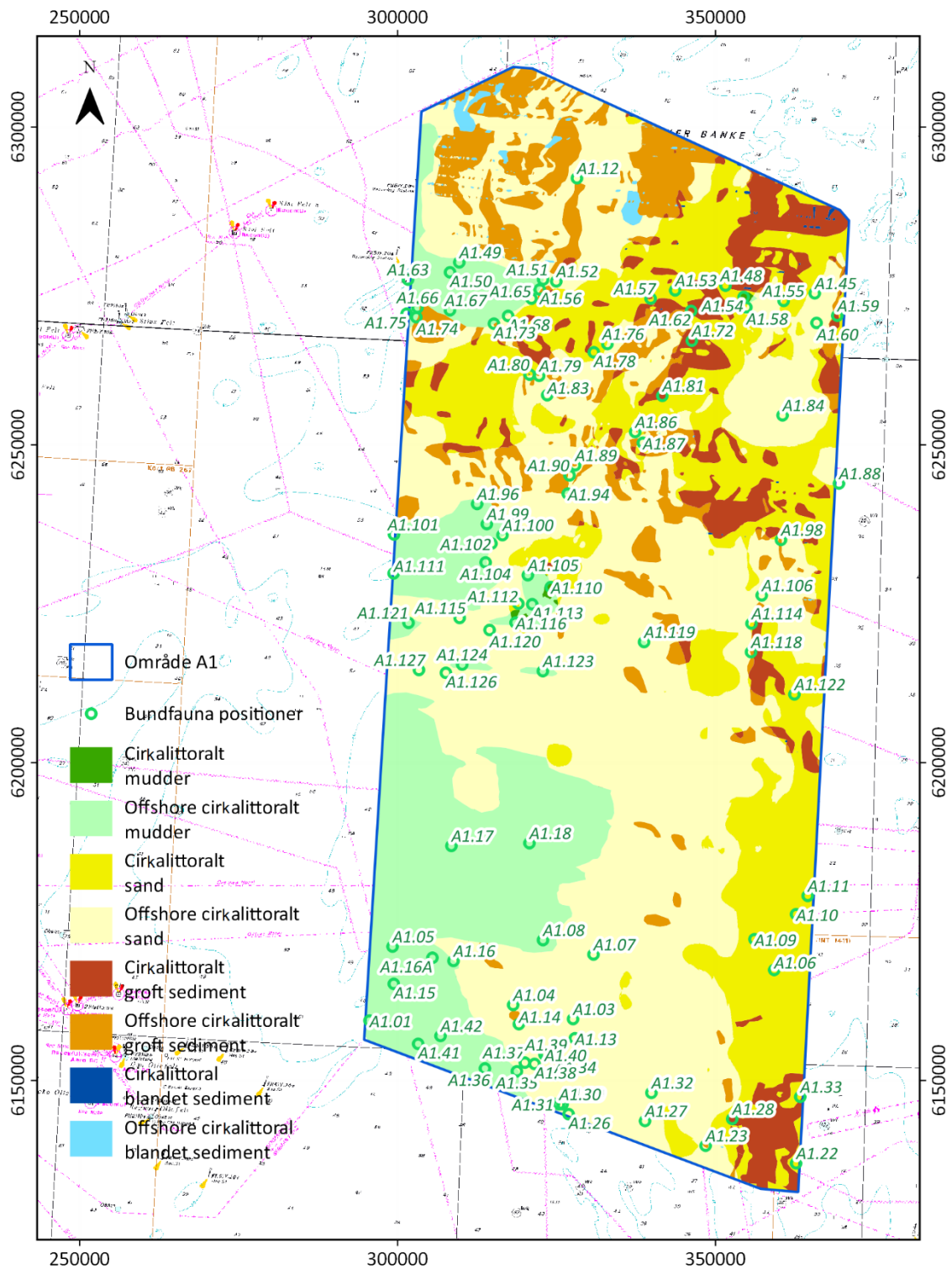
I vandsøjlen blev der observeret stikkelsbærgople og ribbegopler.

4.6.1.3 Infauna

Typisk beskrives infaunaen i et område på baggrund af indsamlede sedimentprøver repræsentativt for området, således at de udgør et samlet areal på 0,6 m². En HAPS-kernebundhenter har et prøveareal på 0,0143 m², og 42 prøver tilsvarende 0,6 m² (jf. de tekniske anvisninger for blødbundsfauna - M19). Prøverne beskriver områdets bundfaunasamfund og hver prøve omtales som en delprøve fra området. I forbindelse med den nærværende kortlægning er der i år 2020 indsamlet 98 infaunaprøver (delprøver) i området Østlige Nordsøen. Der blev i alt indsamlet 101 HAPS-prøver, hvoraf tre delprøver ikke havde nok sediment til infaunaanalysen (jf. A1.62, -69 og -92) (Tabel 4-7). Det betyder, at der i alt er indsamlet 101 prøver til kornstørrelsesanalyse med tilhørende glødetab og tørstofindhold. Placeringen af infaunaprøverne kan ses på Figur 4-92. Nøgletal for området Østlige Nordsøen er præsenteret i Tabel 4-8.

Tabel 4-7. HAPS-delprøvernes fordeling på overordnede habitattyper, substrattyper og deres areal

Overordnede habitattype	Substrattype	Areal (km ²)	HAPS-delprøve (kornstørrelse)	HAPS-delprøve (infauna)
Cirkalittoralt mudder (CM)	Substrattype 1a	12 (0,1%)	54, 110	54, 110
Cirkalittoralt sand (CS)	Substrattype 1b	2.246 (21%)	06, 09, 10, 11, 22, 33, 48, 53, 55, 58, 78, 80, 112, 114, 122,	06, 09, 10, 11, 22, 33, 48, 53, 55, 58, 78, 80, 112, 114, 122
Cirkalittoralt groft sediment (CCS)	Substrattype 2a/2b	690 (6%)	28, 57, 59, 72, 81	28, 57, 59, 72, 81
Cirkalittoralt blandet sediment (CMS)	Substrattype 1c/3/4	6 (0,1%)		
Offshore cirkalittoralt mudder (OCM)	Substrattype 1a	1.823 (17%)	01, 05, 08, 15, 16, 17, 18, 35, 36, 41, 42, 49, 50, 51, 63, 66, 67, 73, 74, 75, 96, 99, 100, 101, 102, 104, 105, 111, 113, 116, 119, 121, 123, 124, 131	01, 05, 08, 15, 16, 17, 18, 35, 36, 41, 42, 49, 50, 51, 63, 66, 67, 73, 74, 75, 96, 99, 100, 101, 102, 104, 105, 111, 113, 116, 119, 121, 123, 124, 131
Offshore cirkalittoralt sand (OCS)	Substrattype 1b	5.092 (47%)	03, 04, 07, 13, 26, 27, 29, 30, 31, 32, 34, 37, 38, 39, 40, 45, 52, 56, 60, 65, 68, 76, 79, 83, 84, 86, 87, 88, 90, 94, 106, 115, 120, 126, 127	03, 04, 07, 13, 27, 29, 30, 31, 32, 34, 37, 38, 39, 40, 45, 52, 56, 60, 65, 68, 76, 79, 83, 84, 86, 87, 88, 90, 94, 106, 115, 120, 126, 127
Offshore cirkalittoralt groft sediment (OCCS)	Substrattype 2a/2b	863 (8%)	12, 14, 23, 26, 69, 89, 92, 98, 118,	12, 14, 23, 26, 89, 98, 118
Offshore cirkalittoralt blandet sediment (OCMS)	Substrattype 1c/3/4	47 (0,4%)		



Figur 4-92. Positionsoversigt for indsamlede infaunaoprøver i kortlægningsområde A1 med angivelse af de overordnede habitattyper som baggrund.

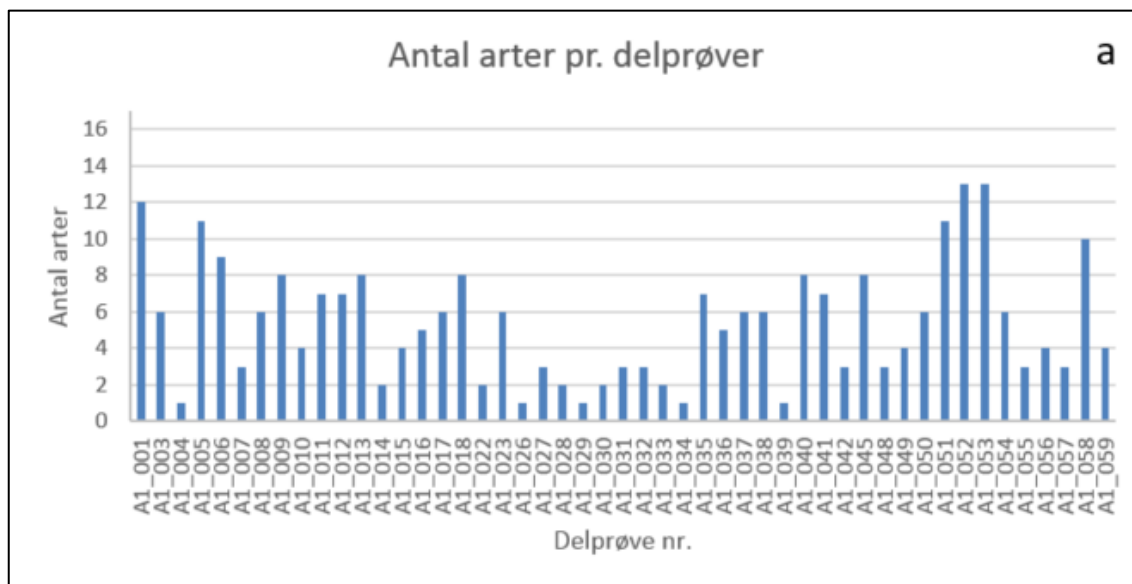
Tabel 4-8. Nøgletal for infaunasamfundet i område A1 "Østlige Nordsøen"

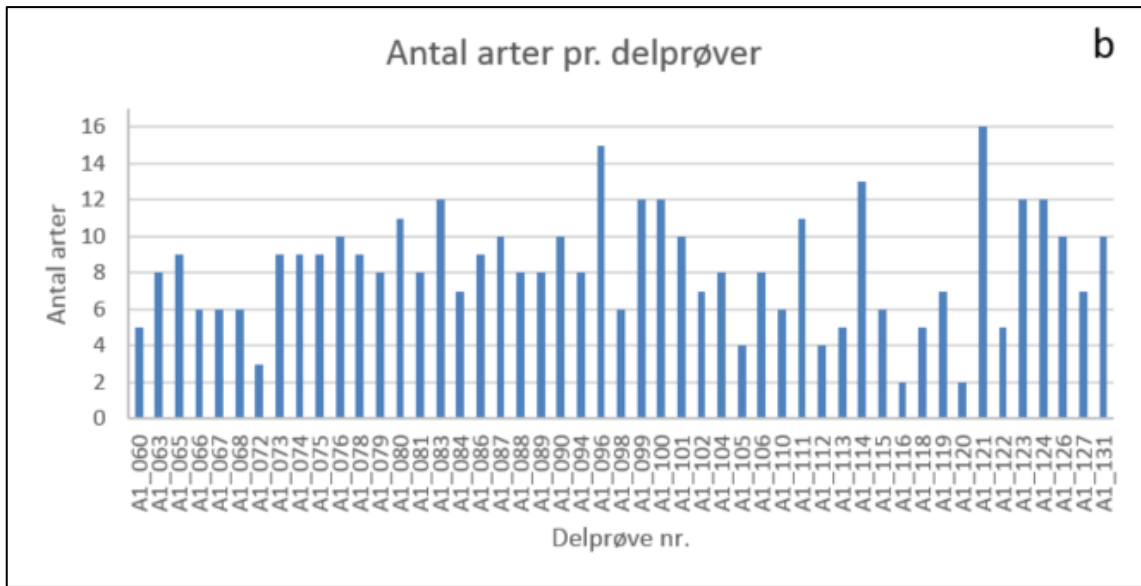
Østlige Nordsøen	Nøgletal fra Østlige Nordsøen
	(98 prøver, 1,4 m ²)
Artsantal	119
Prøver uden dyr	0
Tæthed (individer/m ²)	1734
Biomasse (vådvægt g/m ²)	135,7
Biomasse (tørvægt g/m ²)	62,1

4.6.1.3.1 Arter, tæthed og biomasse

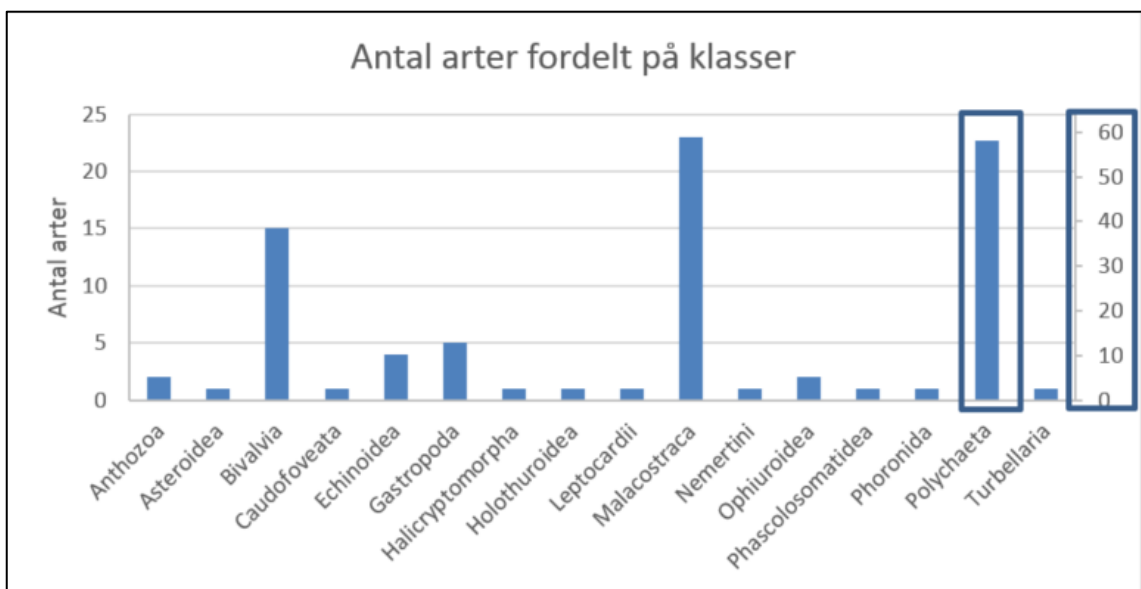
Antal arter

Antallet af arter i hver delprøve fra området kan ses på Figur 4-93. Der var mellem 1-16 arter i hver af de 98 delprøver med et gennemsnit på 6,8 arter pr. delprøve. I alt blev der fundet 119 arter i de 98 delprøver, hvoraf arter tilhørende klassen havbørsteorme (Polychaeta) var den mest artsrige med 58 arter efterfulgt af arter tilhørende klassen Storkrebs (Malacostraca) og klassen Muslinger (Bivalvia). De to sidstnævnte var repræsenteret med henholdsvis 23 og 15 arter. Øvrige klasser (Koraldyr (Anthozoa), Søstjerner (Asteroidea), Ormebløddyr (Caudofoveata), Søpindsvin (Echinoidea), Snegle (Gastropoda), Pølseorme (Priapulida), Søpølser (Holothuroidea), lancetfisk (Leptocardii (slægt)), slimbændler (Nemertini), slangestjerner (Op-hiutoidea), Peanutsorme (Phascolosomatidea), Phoronider/Hesteskoorme (Phoronida) og Fim-reorme (Turbellaria)) blev indenfor område A1 repræsenteret med 1-6 arter (se Figur 4-94).





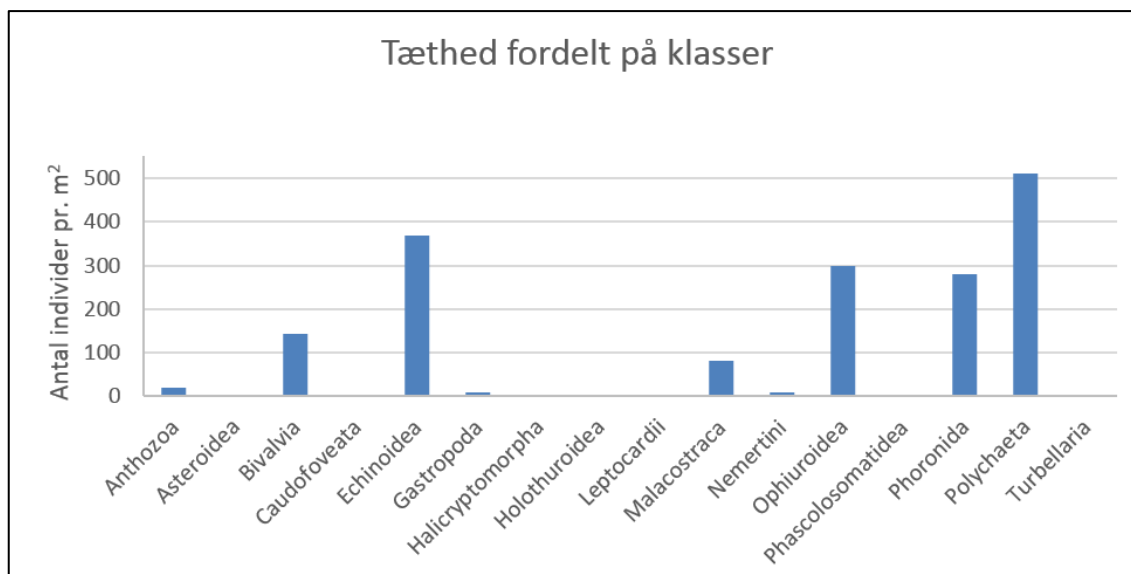
Figur 4-93 Antallet af arter i alle delprøverne fra område A1 "Østlige Nordsøen". Figur a viser hapsprøve A1.001 til A1.059, mens Figur b viser hapsprøve A1.060 til A1.131.



Figur 4-94 Individttætheden fordelt på klasser (antal individer / m²). Nemertini (slimbændler) er kun bestemt til det taksonomiske niveau "Række" Phoronida til "Slægt". Den sekundære y-akse er kun gældende for Polychaeta (markeret med en blå firkant).

Tæthed

Der var mellem 1-326 individer i hver delprøve med det gennemsnit på 24,8 individer pr. delprøve. Den samlede individtæthed for alle delprøverne indsamlet i Område A1 var 1734,0 individer/m². Figur 4-95 viser tætheden af de enkelte klasser, hvor antallet af individer tilhørende klassen havbørsteorme (Polychaeta), søpindsvin (Echinoidea), slangestjerner (Ophiuroidea) og Phoronider (Phoronida), dominerede.



Figur 4-95 Indvidtætheden fordelt på klasser (antal individer / m²). Nemertini (slimbændler) er kun bestemt til det taksonomiske niveau "Række" mens Leptocardii (lancetfisk) er bestemt til slægt.

Den mest talrige art i prøverne var *Amphiura filiformis* (17%) efterfulgt af *Echinocardium sp.* (17%), *Phoronis sp.* (16%) og *Galathowenia oculata* (6%), som tilhører hver deres klasse. Tabel 4-9 viser de ti mest talrige arter. Tabel 4-10 lister arternes økologiske klasse og giver samtidig en kort beskrivelse af disse arter.

Tabel 4-9. Mest talrige arter i samtlige 98 delprøver (beregnet pr. m² samt i procent af alle individer) * angiver at arten ikke har noget dansk artsnavn, mens ** angiver det danske slægtsnavn.

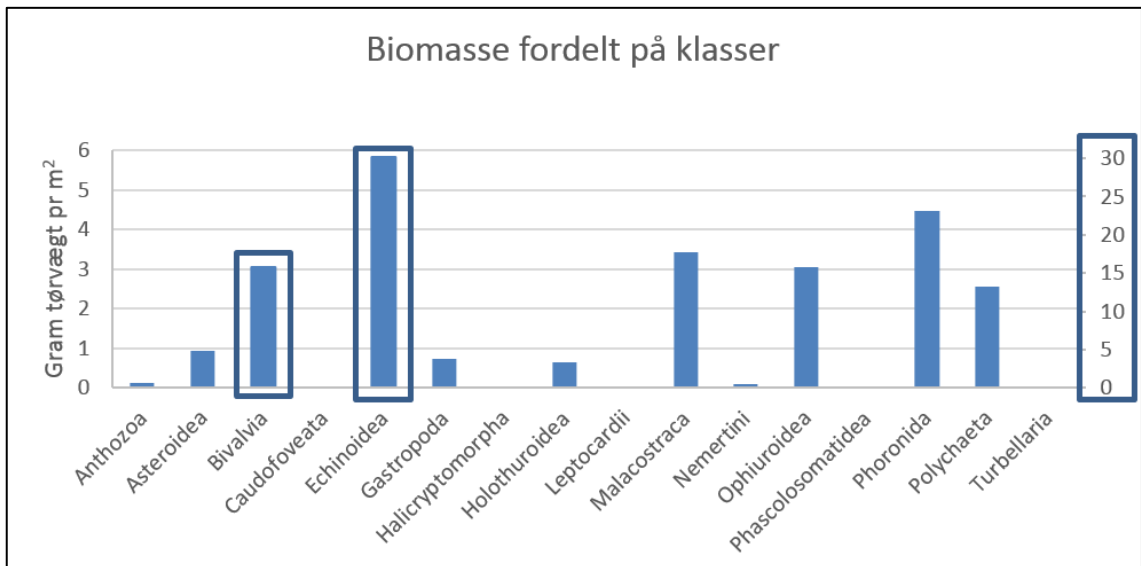
Taksonomisk Klasse	Art - Dansk navn	Art - Latinsk navn	Antal individer pr. m ² (%)
Slangestjerner	Fin mudderslangestjerne	<i>Amphiura filiformis</i>	290 (17%)
Søpindsvin	Sømus	<i>Echinocardium sp.</i>	288 (17%)
Phoronider**	*	<i>Phoronis sp.</i>	280 (16%)
Havbørsteorm	*	<i>Galathowenia oculata</i>	104 (6%)
Havbørsteorm	*	<i>Spiophanes bombyx</i>	99 (6%)
Havbørsteorm	*	<i>Lagis koreni</i> (tidligere <i>Pectinaria koreni</i>)	66 (4%)
Muslinger	Hampefrømusling	<i>Corbula gibba</i>	55 (3%)
Søpindsvin	Dværgsømus	<i>Echinocyamus pusillus</i>	47 (3%)
Havbørsteorm	*	<i>Capitella capitata</i>	37 (2%)
Storkrebs	*	<i>Callianassa tyrrenha</i>	36 (2%)

Tabel 4-10 AMBI-Værdier samt en kort beskrivelse af de 10 mest talrige arter/organismer. *kunne ikke bestemmes til artsniveau.

Klasse	Art	Økologisk gruppe	Beskrivelse
Slangestjerner	<i>Amphiura filiformis</i>	II	Fin mudderslangestjerne ernærer sig som suspensionsæder. Fin mudderslangestjerne findes både på den finere dybe mudderbund, men også på den lidt grovere sandbund på mindre dybder (i modsætning til grov mudderslangestjerne som også blev fundet i området).
Søpindsvin	<i>Echinocardium sp.</i>	I	Udgjort af enten <i>Echinocardium cordatum</i> eller <i>Echinocyamus pusillus</i> (almindelig sømus eller dværg sømus)
Phoronider**	<i>Phoronis sp.</i>	II	Slægt inden for rækken Phoronida. Arterne bliver typisk op til 2 cm lange og 1.5 cm brede. Disse orm er filtratorer og optager føde gennem en såkaldt lophophor, der er en ekstension af coelum i form af en tentakel-krone. Den lever på bunden i kystnære områder og ned til 400 m dybde og er udbredt over stort set hele verden.
Havbørsteorm	<i>Galathowenia oculata</i>	III	Lang cylinderformet krop, 3 cm. Gul eller rødlig. Dækket af små sandkorn i blødt sediment. Er både passiv suspensionsædende og lever af overfladedetritus. Lever typisk på dybder mellem 27-237 meters dybde.
Havbørsteorm	<i>Spiophanes bombyx</i>	III	Lang og tynd krop, 5-6 cm lang, 0,15 cm bred. Lyserød i farven. Danner et stift rør af sand, der stikker en anelse over sandoverfladen. Passiv suspensionsædende og lever af overfladedetritus. Findes typisk i rent, sand, ned til 60 m dybde.
Havbørsteorm	<i>Lagis koreni</i> (tidligere <i>Pectinaria koreni</i>)	II	Den laver et smalt konisk rør af sandkorn og skalfragmenter og bliver ca. 5 cm langt og relativt bredt. Det kegleformede rør er åbent i begge ender. Ormen lever med hovedet nedad i dette rør og samler partikler under overfladen med sine tentakler. Ormen findes typisk begravet i sand eller siltrigt sand.
Muslinger	<i>Corbula gibba</i>	IV	En lille, op til 12 mm lang skal, hvidlig eller svagt lyserød med mørkere brunlige kanter. Venstreskallen er mindre og fladere end højreskallen, og sidder nærmest inde i denne. Lever gravet ned lige under overfladen i bundmaterialet, hvor den lever af organisk materiale. Foretrækker et ret blødt, gerne mudderblandet bundmateriale, hvor det er nemt at grave sig ned. Muslingen er ret hårdfør og meget tolerant overfor iltfattige forhold eller store koncentrationer af svovlbrinte, der slår de fleste andre dyr ihjel.
Søpindsvin	<i>Echinocyamus pusillus</i>	I	Op til 10-15mm, flad og grå, gulligbrun til grønlig. Kroppen er smule aflang. Er almindelig i Nordsøen og foretrækker groft sand til fint grus, ned til 1250 m.
Havbørsteorm	<i>Capitella capitata</i>	V	Bliver op til 10 cm og er ofte blodrød i farven. Den findes både på sand, fint sand og den mudrede sandbund. Det er en opportunistisk art, der er tolerant over for stressende forhold og stort antal af denne art ses ofte som en indikation på forurenede vand.
Storkrebs	<i>Callianassa tyrhena</i>	III	Har en kropslængde på op til 67 mm og er hvidlig med lyserøde eller blå pletter, undertiden grønlig grå. Den lever begravet i mudret sand.

Biomasse

Som mål for biomassen blev både vådvægten og tørvægten af dyrene målt (se bilag E). I det følgende præsenteres biomassen kun som g. tørvægt pr. delprøve (0,0143 m²) eller pr. m² for de observerede klasser og arter. Biomassen var 0,0009-9,9 g. tørvægt pr. delprøve med et gennemsnit på 0,9 g tørvægt pr. delprøve. Den samlede biomasse i område A1 "Østlige Nordsøen" var 62,1 g tørvægt pr. m². Figur 4-96 illustrerer, at der var arter tilhørende klassen sømus (48,5%) efterfulgt af arter tilhørende klassen muslinger (25,4%), som bidrog mest til den totale biomasse i området. Sømus omfattede 3 arter (*Echinocardium cordatum*, *Echinocyamus pusillus*, *Echinocyamus pusillus*) samt individer (små individer), som ikke kunne bestemmes til artsniveau (*Echinocardium* sp.). Tabel 4-11 lister de ti arter, som bidrog mest til biomassen i samtlige 98 delprøver (beregnet pr. m² samt i procent af den totale biomasse).



Figur 4-96. Biomassen fordelt på klasser/grupper (g tørvægt/m²). Nemertini (slimbændler) er kun bestemt til det taksonomiske niveau "Række" og Phoronida til "Slægt". Den sekundære y-akse er kun gældende for Bivalvia (muslinger) og for Echinoidea (søpindsvin) (markeret med blå firkant).

Tabel 4-11. De ti arter, som bidrog mest til biomassen i samtlige 98 delprøver (beregnet pr. m² samt i procent af den totale biomasse) * angiver, at arten ikke har noget dansk artsnavn, mens ** angiver det danske slægtsnavn.

Taksonomisk Klasse	Art - Dansk navn	Art - Latinsk navn	Gram tørvægt pr. m ² (%)
Sømus	Almindelig Sømus	<i>Echinocardium cordatum</i>	23,2 (37%)
Muslinger	Glat Dosinia	<i>Dosinia lupinus</i>	11,0 (18%)
Sømus	Stor sømus	<i>Brissopsis lyrifera</i>	6,8 (11%)
Phoronis	Phoronider	<i>Phoronis sp.</i>	4,5 (7%)
Slangestjerne	Fin mudderslange-stjerne	<i>Amphiura filiformis</i>	3,1 (5%)
Muslinger	Stribet venusmusling	<i>Chamelea gallina</i>	2,3 (4%)
Storkrebs	*	<i>Callianassa tyrrhena</i>	1,6 (3%)
Muslinger	Amerikansk knivmusling	<i>Ensis leei</i> (tidligere <i>Ensis americanus</i>)	1,3 (2%)
Storkrebs	Maskekrabbe	<i>Corystes cassivelaunus</i>	1,0 (2%)
Søstjerner	Kamstjerne	<i>Astropecten irregularis</i>	0,9 (2%)

4.6.1.3.2 Særlige arter som bør fremhæves

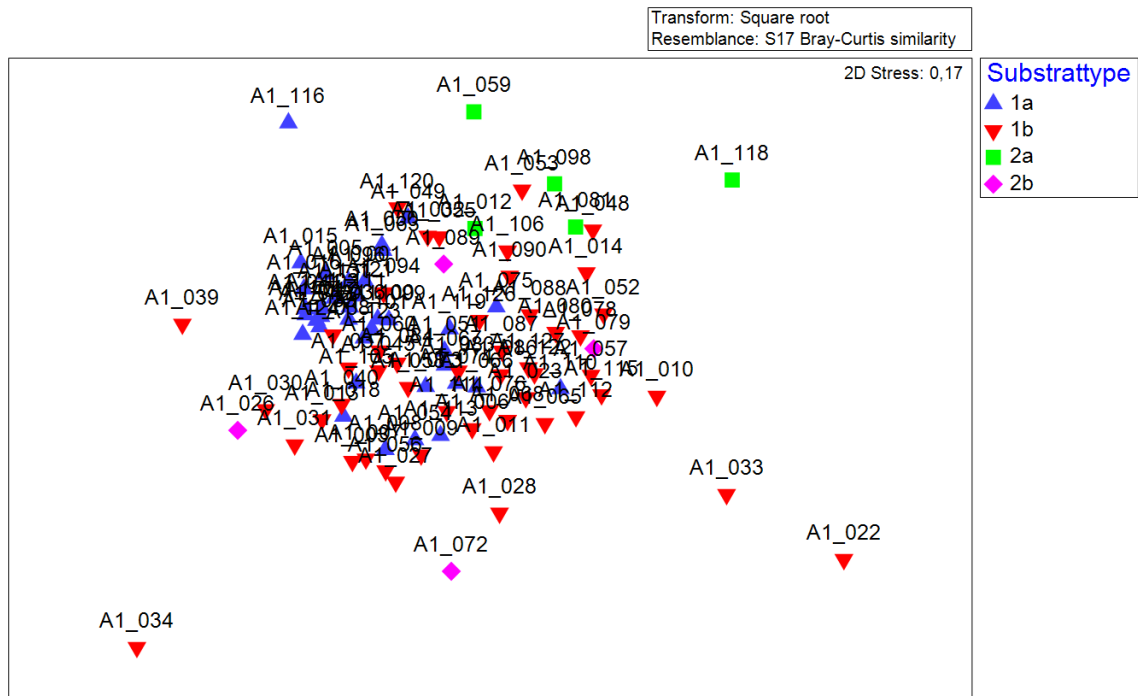
Den invasive muslingeart *Ensis leei* blev observeret med ét individ i to delprøver (A1.05, A1.11). *Ensis leei* (tidligere *Ensis americanus*), også kaldt Amerikansk knivmusling, er oprindeligt fra Nordamerika, men er blevet indført til europæiske farvande sidst i 70'erne, sandsynligvis med ballastvand (Kristiansen & Køie, 2014). Muslingen bliver op til 16 cm lang og foretrækker mudret eller fint siltet sand i lavvandede områder (gollaschconsulting.de).

Havbørsteormen *Lanice conchilega* blev fundet på 19 af de 98 HAPS-prøver fra området De rør *L. conchilega* konstruerer, stabiliserer sedimentet og strukturerne kan facilitere decideret rev-dannelse, som typisk fordrer højere artsdiversitet.

4.6.1.3.3 Arter fordelt i forhold til substrattyper og overordnede habitattyper

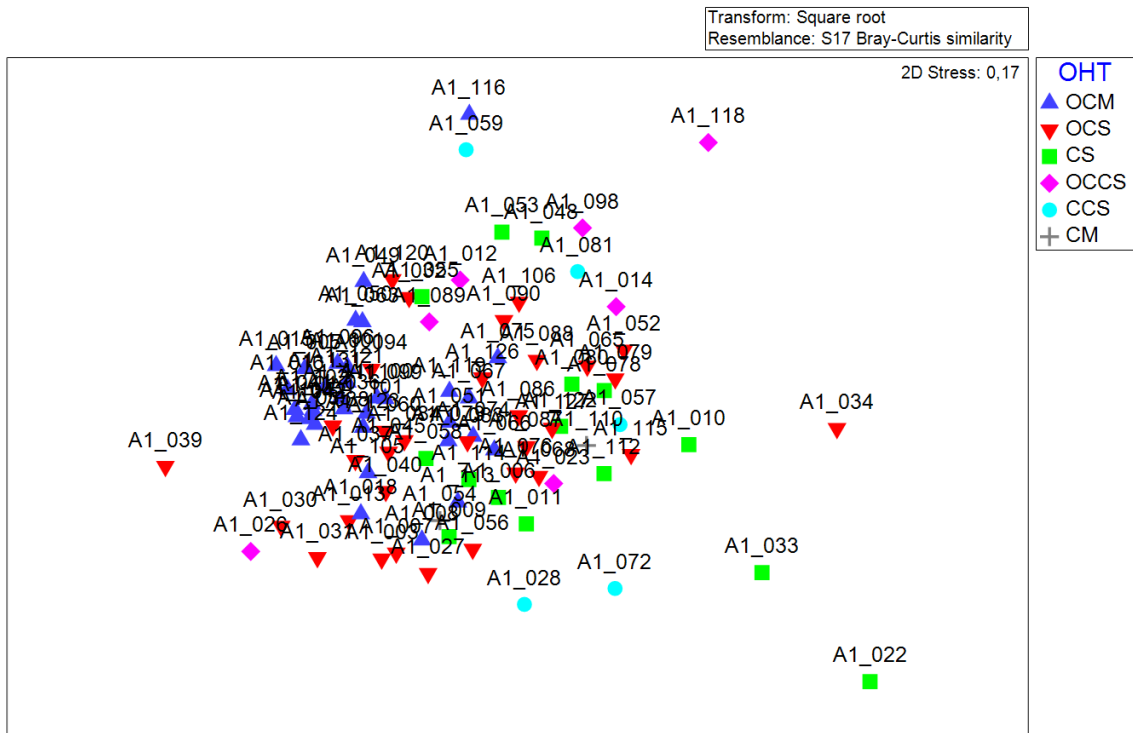
Ved at anvende multivariante statistiske analyser er det muligt at undersøge forskelle i artssammensætningen knyttet til forskellige substrattyper eller substratets overordnede habitattype indenfor det kortlagte område. Bray-Curtis-similaritetsindeks anvender rangorden og vises på MDS-plot (multi-dimensionel skalering) til at identificere adskilte grupperinger. Figur 4-97 viser plottet for alle delprøver indsamlet inden for område A1, mens farvekoden illustrerer på, hvilken substrattype delprøven er indsamlet. Én HAPS-delprøve svarer til et overfladeareal på 0,0143 m². MDS-plottet viser en forholdsvis tydelig adskillelse i samfundet på henholdsvis substrattype 1a, 1b og 2a, mens samfundet på substrattype 2b ikke umiddelbart kan adskilles fra samfundet på substrattype 1a og 1b. En tilhørende statistisk test, i form af en ANOSIM-analyse viser, at der var signifikant forskel mellem samfundene på substrattype 1a og 1b, 1a og 2a, 1a og 2b samt 1b og 2a (P<0,01), mens øvrige (1b og 2b samt 2a og 2b) ikke var signifikant forskellige. R-værdien

indikerede, at der var en relativt høj grad af adskillelse mellem specielt delprøverne fra substrattypen 1a og 2a ($R=0,75$), 1a og 2b ($R=0,54$) samt 1b og 2a ($R=0,35$), mens adskillelsen mellem 1a og 1b var noget lavere ($R=0,13$).



Figur 4-97. MDS-plottet illustrerer visuelt de forskelle og ligheder, som der var mellem delprøverne indsamlet for substrattyperne 1a, 1b, 2a og 2b. Bray-Curtis similaritetsindeks, som vises på MDS plottet, er baseret på af 4. rodstransformerede data af de enkelte arters tilstedeværelse og tæthed i de enkelte delprøver. To helt ens delprøver vil i MSD-plottet placeres i samme position.

En lignende analyse udført i forhold til, hvilken overordnede habitattypen infauna-delprøven er indsamlet på ses i Figur 4-98. På dette MDS-plot synes delprøverne indsamlet på Offshore cirkalittoralt mudder (OCM) nogenlunde adskilte fra de øvrige delprøver, mens der ikke umiddelbart var nogen tydelig adskillelse i samfundene indsamlet på de øvrige overordnede habitattyper. En tilhørende statistisk test, i form af en ANOSIM-analyse viser, at samfundene på OCM (Offshore cirkalittoralt mudder) var signifikant forskellige ($P<0,01$) fra samfundene på alle øvrige overordnede habitattyper. Derudover var samfundet på OCS (Offshore cirkalittoralt sand) signifikant forskellige ($P<0,01$) fra samfundene på OCCS (Offshore Cirkalittoralt groft sediment) og CCS (Cirkalittoralt groft sediment), mens øvrige forskelle ikke var signifikante. Den højeste grad af adskillelse var mellem OCM og CCS ($R=0,79$), men også adskillelsen mellem OCM og CS, OCCS og CM var høj ($R=0,57 - 0,62$). Øvrige forskelle mellem samfund fordelt på overordnede habitattyper var $<0,3$ (Se bilag F).



Figur 4-98. MDS-plottet illustrerer visuelt de forskelle og ligheder, som der var mellem delprøverne indsamlet for de overordnede habitattyper (OHT), OCM (Offshore Cirkalittoralt mudder), OCS (Offshore Cirkalittoralt sand), CS (Cirkalittoralt sand), OCCS (Offshore Cirkalittoralt groft sediment), CCS (Cirkalittoralt groft sediment), CM (Cirkalittoralt mudder) og Bray-Curtis similaritets indeks, som vises på MDS plottet, er baseret på af 4. rodstransformerede data af de enkelte arters tilstedeværelse og tæthed i de enkelte delprøver. To helt ens prøver vil i MSD-plottet placeres i samme position.

En SIMPER-analyse angiver forskelle og ligheder mellem delprøver indenfor hver substrattype/overordnede habitattype samt forskelligheden mellem substrattyper/overordnede habitattyper (se Tabel 4-12 og Tabel 4-13) samt hvilke arter, der bidrager mest til de procentvise ligheder og forskelligheder (Bilag F). SIMPER analysen er ikke baseret på Bray-Curtis similaritets men på de 4. rodstransformerede data.

Ikke overraskende var det primært arter tilhørende slægten *Phoronis* og klasserne slangestjerner, havbørsteorme og muslinger, som bidrog mest til både ligheden indenfor delprøverne på hver substrattype/overordnede habitattype og forskelligheden mellem forskellige substrattyper/overordnede habitattyper. Specielt *Amphiura filiformis*, *Phoronis sp.*, *Spiophanes bombyx*, *Galathowenia oculata* og *Corbula gibba* bidrog i høj grad til de observerede forskelle og ligheder mellem samfundene på hver substrattype og overordnede habitattype. Som det fremgår af Tabel 4-12 var ligheden større for de delprøver, som var indsamlet på substrattype 1a (25% lighed) end de delprøver, som var indsamlet på substrattype 1b (12% lighed) og 2a (8% lighed). Der blev i alt indsamlet tre delprøver på substrattype 2b, disse delprøver havde ingen arter tilfælles. Forskellen i infaunasamfundet, som blev registreret på de forskellige substrattyper var relativ høj for alle kombinationer (87-96 forskellige).

I forhold til overordnede habitattyper (Tabel 4-13) så var ligheden her større indenfor delprøver indsamlet på OCM (27% lighed) i forhold til ligheden indenfor øvrige overordnede habitattyper.

Der blev kun indsamlet to delprøver inden for den overordnede habitattype CM. Disse to delprøver havde ingen arter til fælles. Forskelle i forhold til samfund på de forskellige overordnede habitattyper var høj for alle kombinationer (83-97% forskellige).

Tabel 4-12. Gennemsnitlig lighed i infaunasamfundet inden for hver substrattype (blå felter) samt gennemsnitlig forskellighed mellem forskellige substrattyper (hvide felter) i procent.

Substrattype	1a	1b	2a	2b
1a	25	87	96	91
1b		12	95	92
2a			8	94
2b				0

Tabel 4-13. Gennemsnitlig lighed i infaunasamfundet inden for hver overordnede habitattype (blå felter) samt gennemsnitlig forskellighed mellem forskellige overordnede habitattyper (hvide felter) i procent.

Overordnede habitattype	OCCS	OCS	CS	OCM	CCS	CM
OCCS	5	92	93	92	93	94
OCS		14	89	85	93	86
CS			12	92	92	83
OCM				27	97	90
CCS					3	93
CM						0

4.6.1.3.4 Forklaringsgrad af miljøvariable

Infaunasamfundet i alle delprøver blev analyseret for at se, hvor meget af variationen i infaunasamfundet, som kunne forklares med de målte miljøvariable. Inkluderende miljøvariable er; dybde, %silt & ler, %groft sand/%fint sand og %glødetab af tørstof. Analyserne blev udført i Primer7 ved en "Distance based linear model" (DistLm).

En marginaltest viste, at der var en signifikant korrelation mellem infaunasamfundet og alle de målte miljøvariable ($P < 0,01$) og at en model, som inkluderede alle miljøvariable kunne beskrive 17% af ($R^2 = 0,17$) af den variation, som der var i infaunasamfundet mellem de kortlagte prøver. Tabel 4-14 viser, hvor stor en del af variationen i infaunasamfundet, som hver miljøvariabel forklarer alene samt ved en BESTtest (Best solution). Ved BESTtesten får man først forklaringsgraden af en miljøvariabel, herefter forklaringsgraden ved at inkludere endnu en miljøvariabel osv. indtil alle miljøvariable er inkluderet.

Tabel 4-14. Resultat af DistLm analysen for hver enkelt miljøvariabel samt ved en BESTtest.

Forklaret variation af hver miljøvariabel	BESTtest
% Silt & ler – 10 %	% Silt & ler – 10%
Dybde – 8 %	%sand/%groft sand – 13 %
%sand/%groft sand – 6 %	Dybde – 16 %
% glødetab af tørstof – 4 %	% glødetab af tørstof – 17 %

4.6.2 Doggerbanke Tail End

4.6.2.1 Biologiske forhold tilknyttet substrattyper

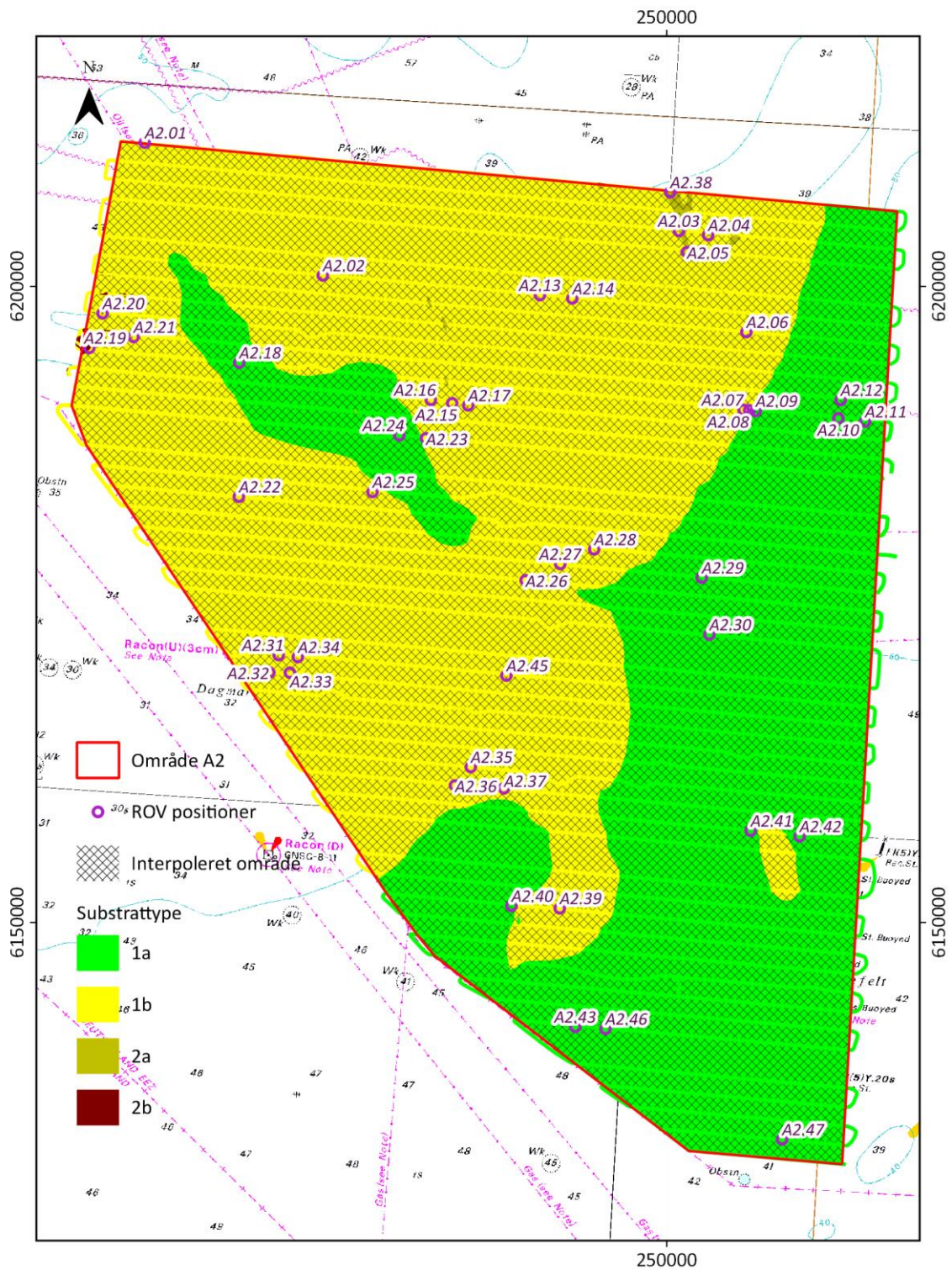
I det følgende er biologien på havbunden for hver af de 46 ROV-stationer i område A2 Doggerbanke Tail End beskrevet samlet for hver substrattype.

Baseret på ROV-verifikationer er der observeret 4 substrattyper (Tabel 4-15; Figur 4-99):

- Substrattype 1a – siltet bund
- Substrattype 1b – sandbund med bølgeribber og spredte hvide skaller
- Substrattype 2a – sandbund med indhold af en del grus og mindre sten
- Substrattype 2b – sandbund med få større sten eller blottet moræneler

Tabel 4-15 Fordeling af ROV-stationerne på de forskellige substrattyper i området.

Substrattype	Areal (km ²)	ROV-station
Substrattype 1a	1.489 (42 %)	09, 10, 11, 12, 18, 23, 24, 29, 30, 40, 41, 42, 43, 46, 47
Substrattype 1b	2.094 (58 %)	01, 02, 04, 05, 06, 07, 08, 13, 14, 15, 16, 17, 21, 22, 25, 26, 27, 28, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 39, 45
Substrattype 2a	7 (0,2 %)	03, 38
Substrattype 2b	1 (<0,1 %)	20



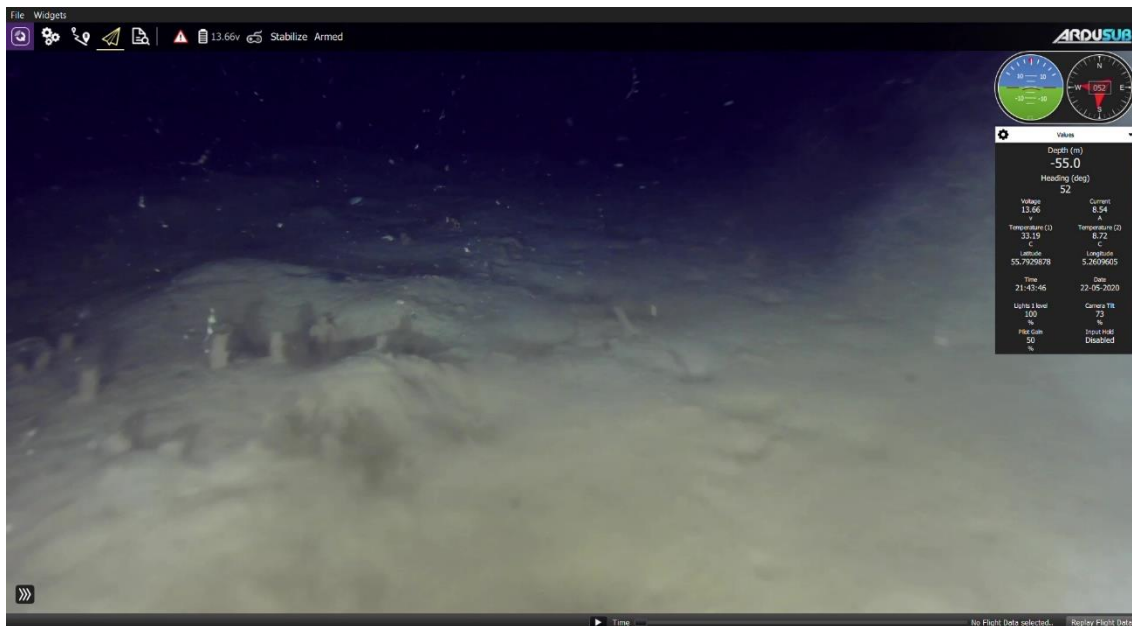
Figur 4-99. Lokalteter for indsamlede ROV-stationer oven på de tolkede substrattyper for området Doggerbanke Tail End.

Substrattype 1a er en siltet sandbund med ingen til lidt bølgeribber og udbredt infaunaaktivitet. Substrattype 1a findes fortrinsvis i den østlige del af område A2 (Figur 4-31).

Faunaen knyttet til substrattype 1a var domineret af infauna. Generelt blev der observeret et middel antal arter og dækningsgrader svarende til totalt ca. 21 bundfaunataxa/arter og ca. 1-12% dækningsgrad domineret af infauna på ROV-videoen (Figur 4-100, Figur 4-104, Figur 4-105).



Figur 4-100. Siltet bund med phoroniderør forrest i billedet, havbørsteormehobe (lysere grå toppe), en fladfish (rød pil) og fladfiskefourageringshuller (gul pil). ROV-station A2.43.



Figur 4-101. Større havbørsteormerør på den bløde bund. ROV-station A2.11.

Infaunaen knyttet til substrattype 1a var domineret af tætte bestande af små phoroniderør (*Phoronis* sp.), der er svære at se på ROV-videoen og kræver, at kameraet er tæt på havbunden, og rammer det rigtige fokus (Figur 4-100). Ud over phoroniderør sås også spredte større havbørsteormerør (Figur 4-101) inkl. *Lanice*, enkelte sifonhuller fra muslinger, andre huller i havbunden, samt havbørsteormebunker, der ses som lysere grå bunker på den mere brune, siltede

bund (Figur 4-100). Der forekom enkelte spredte hvide muslingskaller (inkl. alm. hjertemusling, pigget hjertemusling) og andre muslingskaller såsom knivmuslingskaller og molboøstersskaller (Figur 4-102) eller fragmenter, men dette er langt mere karakteristisk for substrattype 1b sandbunden.



Figur 4-102. Siltet bund med en molboøstersskal (rød pil). ROV-station A2_40

Karakteristiske epifaunaarter observeret på ROV-video inkluderede (rækkefølge med mest dominerende først): maskekrabber (Figur 4-103), søstjerner (kamstjerne og almindelig søstjerne), eremitkrebs i konksneglehuse, sømus fortrinsvis sømusskaller, svømmekrabber, maskekrabber (Figur 4-103), enkelte levende konksnegle, jomfruhummer (Figur 4-104) samt den krybende rovpolychaet *Ophiodromus* (Hesionidae) (Figur 4-105).

Taxa/arter observeret:

Blødbundstaxa: Phoronider (*Phoronis* sp.), forskellige børsteormerøvr inkl. Lanice, børsteorme-bunker/hobe, muslingsifonhuller, sømushuller, jomfruhummerhuller og forskellige andre huller i havbunden. Almindelig søstjerne, kamstjerne, maskekrabbe, svømmekrabbe, *Ophiodromus flexuosus*, eremitkrebs, sømusskal, jomfruhummer, uspec. hvide skalfragmenter fra muslinger, pigget hjertemuslingskal, hjertemuslingskal, knivmuslingskaller, molboøstersskal, *Dosinia* muslingskal, konksnegleskaller, konksnegleæg og en levende konksnegl.

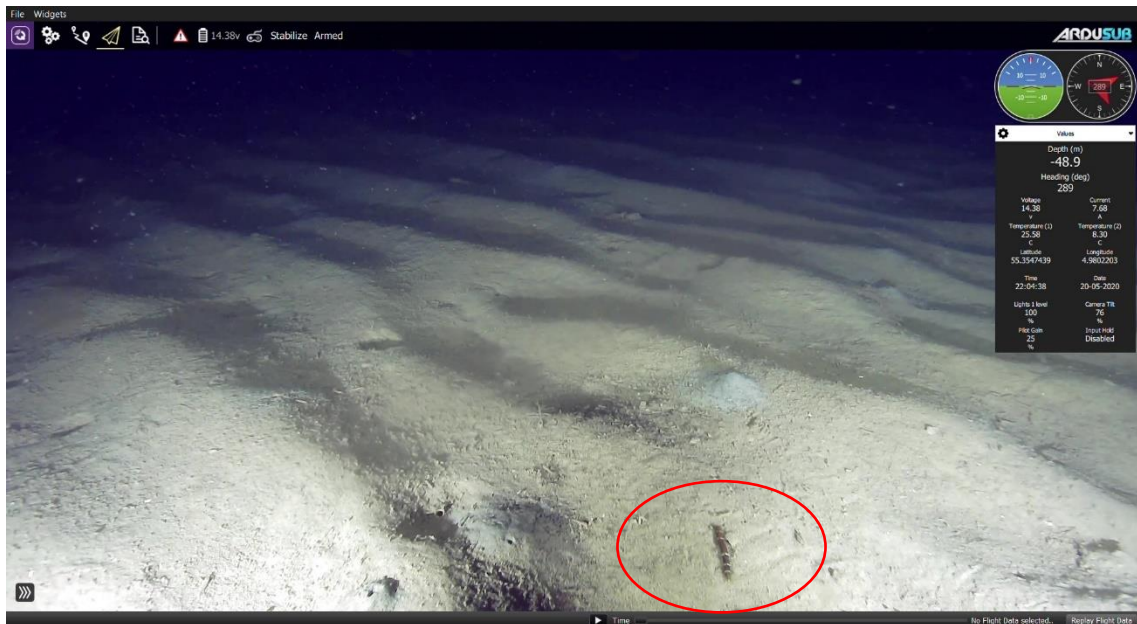
Hårdbundstaxa på enkelte sten: dødningehåndkorall formodentlig på sten under siltet.



Figur 4-103. To maskekrabber på den bløde bund. ROV-station A2.10.



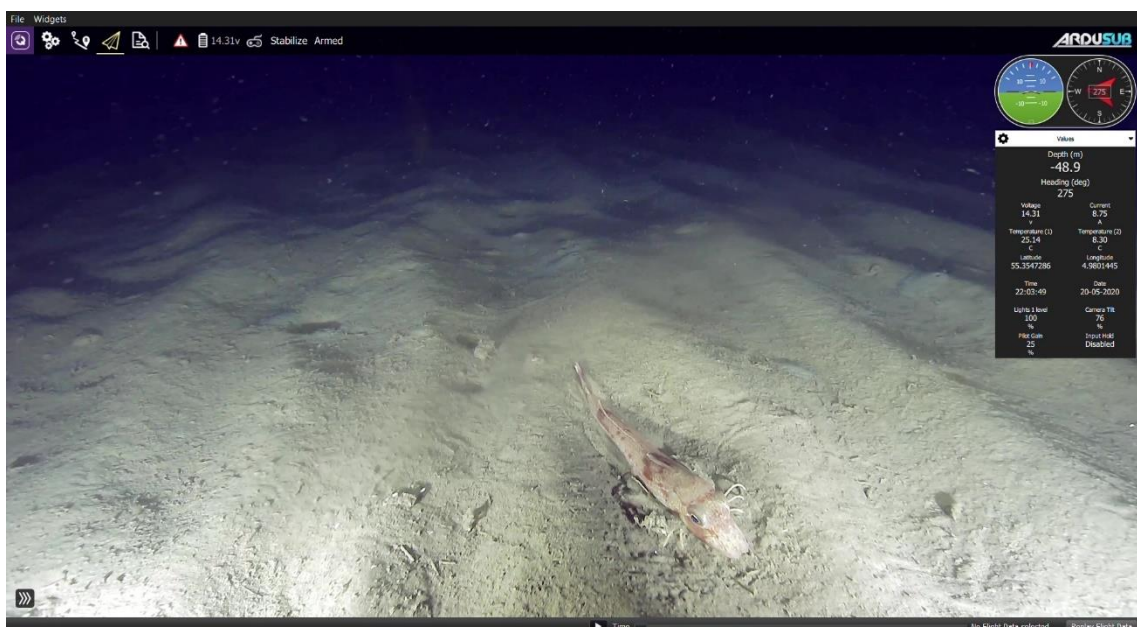
Figur 4-104. Jomfruhummer i sit hul med havbørsteorme-bunker. Desuden ses huller og anden infaunaaktivitet i havbunden. ROV-station A2.11.



Figur 4-105. Siltet sandbund med infaunaaktivitet i form af huller og lysere grå havbørsteorme-bunker og den krybende rovpolychaet *Ophiodromus* (rød cirkel). ROV-station A2.46.

Der blev ikke observeret bundflora (0%) pga. manglende hårdt substrat til fasthæftning og stor dybde med begrænset lys.

På den siltede sandbund blev der observeret mange fladfisk, flest isinger og enkelte tunger, samt fladfiskefourageringshuller. Herudover også fløjfisk, knurhane, en enkelt tobis, og lidt småfisk/fiskekeygel.

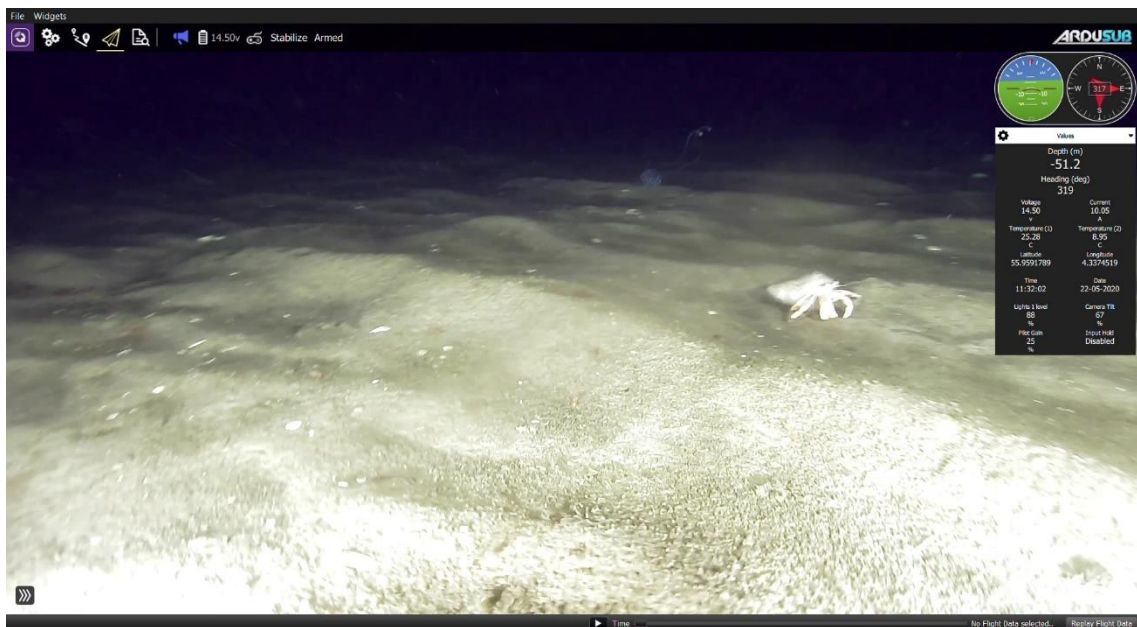


Figur 4-106. Knurhane er sammen med fladfisk en almindelig fisk på blødbunden og i område A2 generelt. ROV-station A2.46.

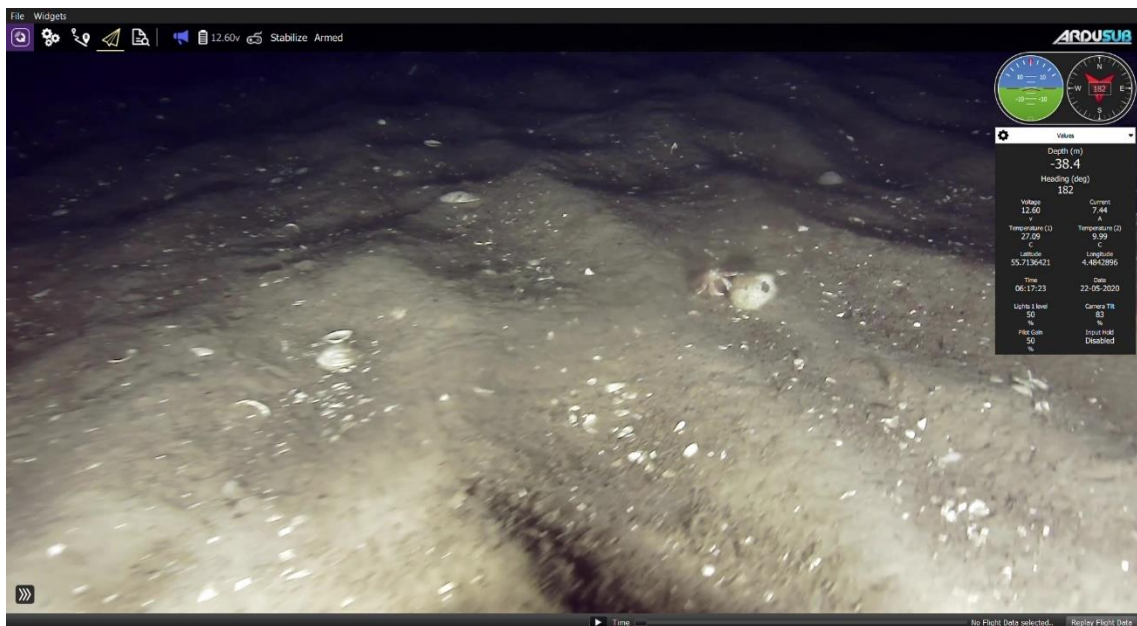
Substrattype 1a blev verificeret på 15 ROV-stationer, se Tabel 4-15.

Substrattype 1b ses fortrinsvis i den vestlige del af området ind mod Dogger Banke (Figur 4-99). Havbunden bestod af fin til let siltet sandbund, med varierende størrelse bølgeribber. Der forekommer stedvist mere gruset og småstenet (<10cm) substrat mellem bølgeribberne. Bundtypen havde middel-høj antal bundfaunaarter og dækningsgrader svarende til ca. 25 arter og 1-10% dækningsgrad domineret af infauna. Bundsamfundet på sandbunden bestod af mange af de samme arter som blev observeret på substrattype 1a dog med en del flere muslingearter og lidt flere sneglearter.

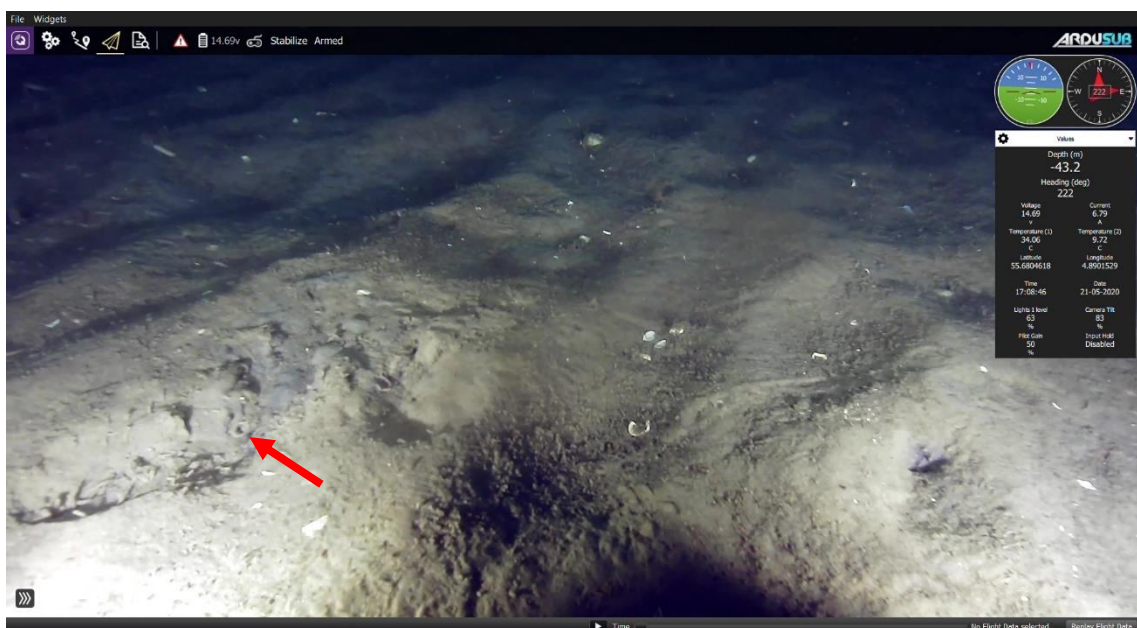
Infaunaen knyttet til substrattype 1b var domineret af tætte bestande af små phroniderør (*Phoronis* sp.) (Figur 4-107) og generelt mange spredte hvide muslingeskaller og skalfragmenter, som indikation på en større bestand af muslinger nedgravet i sedimentet (Figur 4-108). Bunden kunne dog ikke karakteriseres som skalbund. De observerede skaller stammede bl.a. fra hjertemusling, pigget hjertemusling, sandmusling, knivmusling, Dosiniamusling, nøddemusling, molboøstersskaller. Ud over phoroniderør blev der også observeret spredte større havbørsteorme-rør minimum 3 typer inkl. Lanice, enkelte sifonhuller fra muslinger (Figur 4-109), andre huller i havbunden, få jomfruhummerhuller samt havbørsteorbunker, der ses som lysere grå bunker på den mere brune, let siltede bund.



Figur 4-107. Sandbund med små phoroniderør (*Phoronis* sp.) forrest i billedet og en eremitkrebs. ROV-station A2.01.



Figur 4-108. Sandbund med spredte hvide skaller, en sømusskal og en eremittkrebs bag sømusskallen. ROV-station A2.22.



Figur 4-109. Let siltet sandbund med muslingesifonhuller (rød pil), phoroniderør og spredte hvide skaller. ROV-station A2.27.

Karakteristiske epifaunaarter observeret på ROV-video inkluderede (rækkefølge med mest dominerende først): søstjerner (kamstjerne, almindelig søstjerne og Luidia søstjerne), eremittkrebs i konksneglehuse, sømus fortrinsvis sømusskaller, maskekrabber, svømmekrabber, enkelte levende konksnegle, pelikanfodssnegl, tårnsnegl sp. og jomfruhummer. Konksnegleæg blev observeret på enkelte større objekter/sten og dødningehåndkorall på en enkelt større sten.

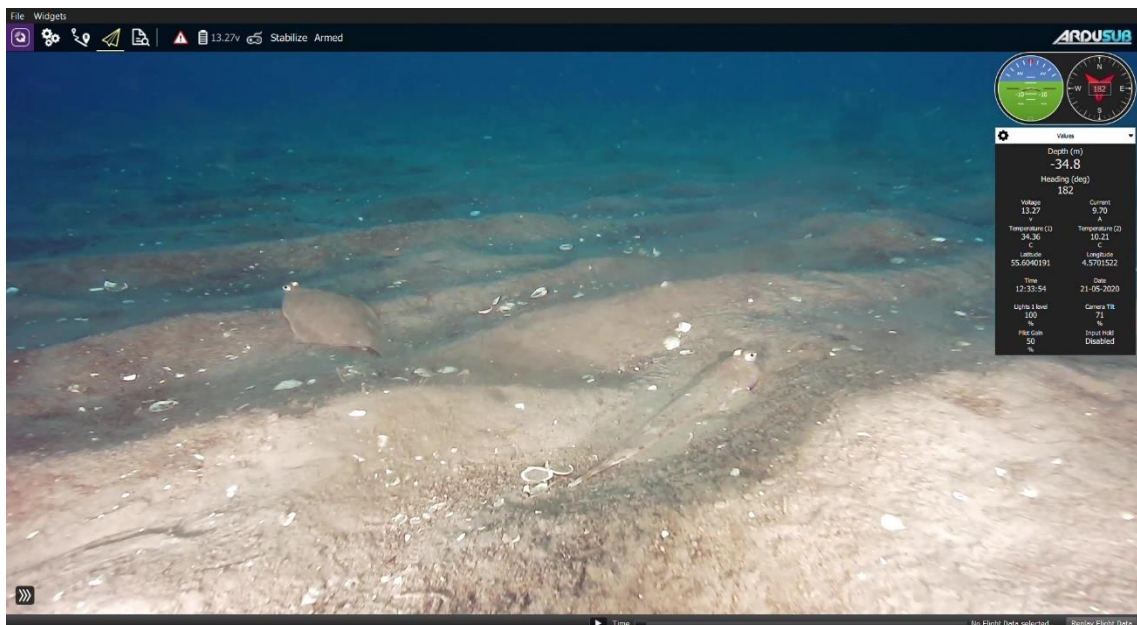
Taxa/arter observeret:

Blødbundstaxa: Phoronider (Phoronis sp.), forskellige børsteormerøer inkl. Lanice, børsteorme-bunker/hobe, muslingesifonhuller, sømushuller, enkelte jomfruhummerhuler og forskellige andre huller i havbunden. Almindelig søstjerne, kamstjerne, Luidia søstjerne, maskekrabbe, svømmekrabbe, eremitekrebs, sømus skaller og levende, uspec. hvide skalfragmenter fra muslinger, pigget hjertemuslingskal, hjertemuslingskal, sandmusling, knivmuslingskaller, molboøstersskal, Dosinia muslingskal, nøddemuslingskal, konksnegleskaller, konksnegleæg, tårnsnegl og pelikanfodssnegl.

Hårdbundstaxa: Dødningehåndkoral.

Der blev ikke observeret bundflora (0%) pga. manglende hårdt substrat til fasthæftning og stor dybde med begrænset lys.

På sandbunden blev der observeret mange fladfisk, flest isinger, nogle rødspætter, enkelte tunger, en enkelt skrubbe, samt fladfiskefourageringshuller. Herudover også torskefisk, hvilling, fløjfisk, knurhane, rødknurhane, en enkelt tobis, lidt småfisk og en smule fiskeyngel (Figur 4-110).



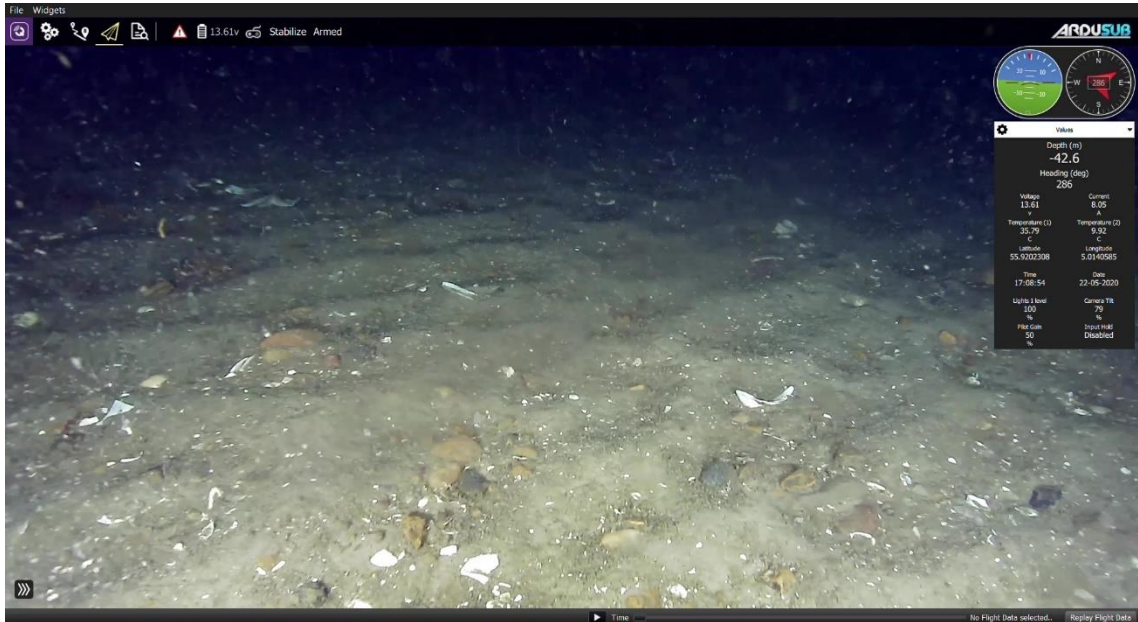
Figur 4-110. Ising og fløjfisk på havbunden, phoroniderør forrest i billedet og spredte hvide skaller. ROV-station A2.34.

Substrattype 1b blev verificeret som primær substrattype på 27 ROV-stationer. Substrattype 1b blev verificeret som sekundær substrattype på følgende to ROV-stationer: A2.03 og A2.20 (Tabel 4-15).

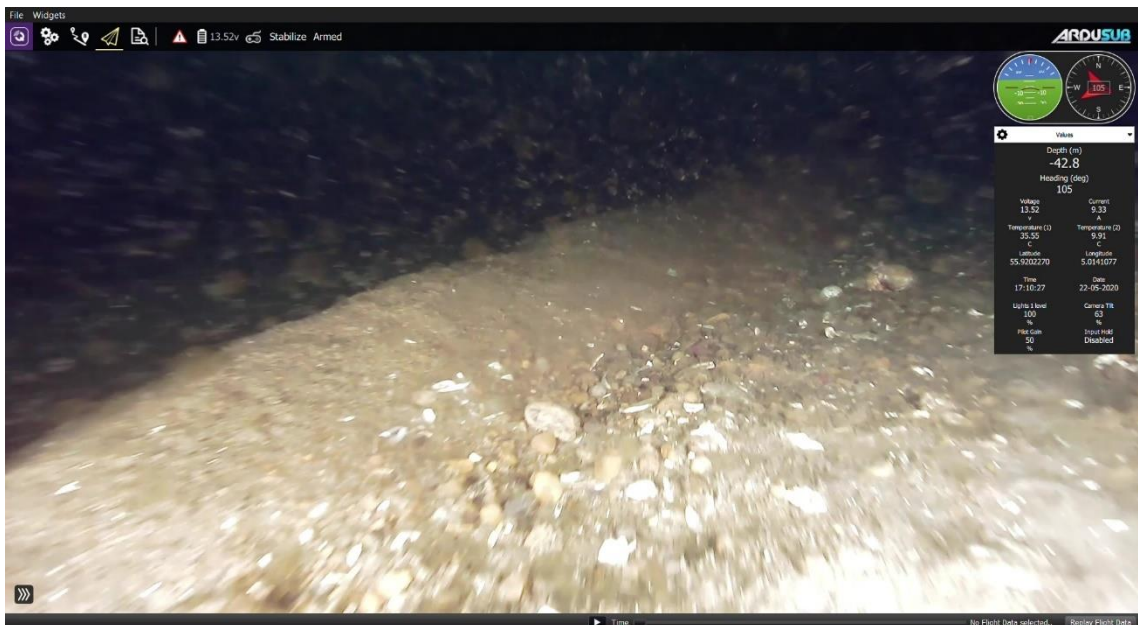
Substrattype 2a er en sandet, gruset og småstenet bund bestående af en sandmatrix med veks-lende andel af grus og mindre sten. Desuden består substratet typisk af en del hvide skalfrag-menter. Substrattypen findes i små pletter fortrinsvis i den nordøstlige del af område A2 (Figur 4-99). Dækningsgraden for bundfauna var ca. 1-3 % og der blev observeret ca. 5 arter.

Infauunanen knyttet til substrattype 2a var domineret af phoroniderør og hvide muslingskaller og skalfragmenter spredt over bunden (Figur 4-111).

Karakteristiske epifaunaarter observeret på ROV-video inkluderede (rækkefølge med mest dominerende først): søstjerner (kamstjerne og almindelig søstjerne), samt eremitkrebs (Figur 4-112) fortrinsvis i konksneglehuse.



Figur 4-111. Substrattype 2a bund – siltet sandbund med mindre sten og enkelte hvide skalfragmenter. ROV-station A2.03.



Figur 4-112. Substrattype 2a småstenet bund med bølgeribber. Hvide skaller og eremitkrebs. ROV-station A2.03.

Taxa/arter observeret:

Blødbundstaxa: Phoronider (*Phoronis* sp.), forskellige børsteormerør og forskellige andre huller i havbunden. Almindelig søstjerne, kamstjerne, eremitkrebs, uspec. hvide skalfragmenter fra muslinger.

Hårdbundstaxa: Ingen.

Der blev ikke observeret bundflora (0%) pga. manglende hårdt substrat til fasthæftning og stor dybde med begrænset lys.

Observerede fiskearter omfattede udelukkende knurhane.

Substrattype 2a blev verificeret som primær substrattype på to ROV-stationer, se Tabel 4-15.

Substrattype 2b findes spredt i små pletter indenfor et lille lokaliseret område i den nordvestlige del af område A2 (Figur 4-99). Substratet består af blotlagt moræneler med små huller og større taskekrabbehuller (Figur 4-113). Desuden blev der observeret områder med større sten (Figur 4-115). Dækningsgraden for bundfauna var 4 % og der blev observeret ca. 5 arter.



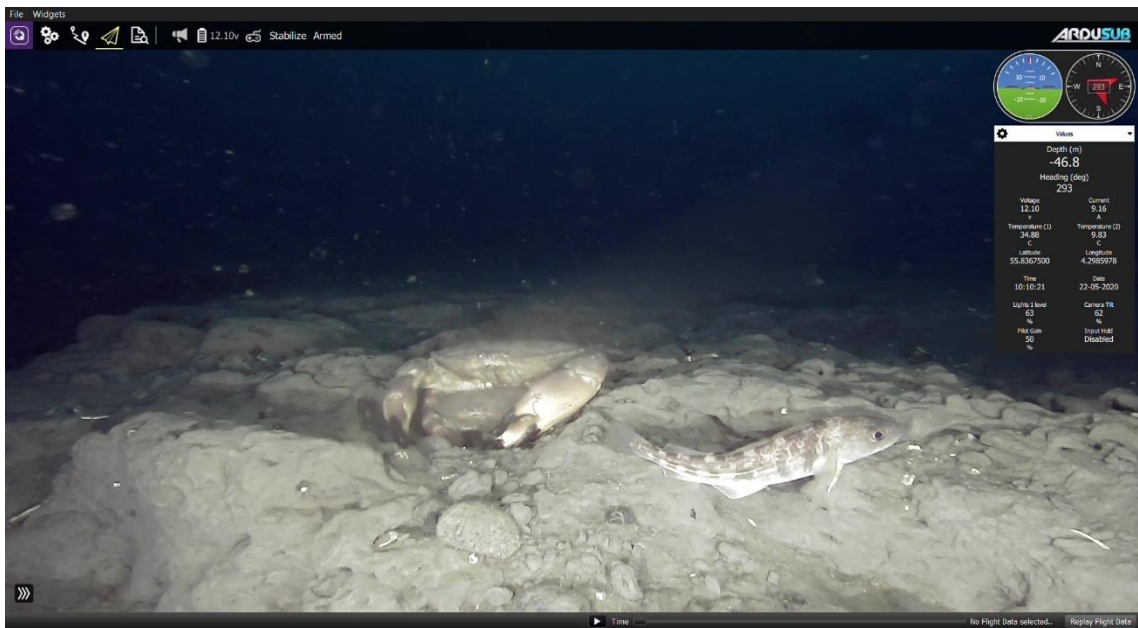
Figur 4-113. Blottet moræneler på havbunden med masser af liv i (huller) og taskekrabbefordybninger. ROV-station A2.20.

Der blev ikke observeret infauna i forbindelse med lerstrukturerne, da disse må betragtes som hårdt substrat.

Epifaunanen på og omkring lerstrukturerne knyttet til substrattype 2b var domineret af taskekrabber, som havde gravet huller i leret og eremitkrebs (Figur 4-115). Herudover blev der observeret alm. søstjerne, taskekrabbe, svømmekrabbe og på sten mange kalkrørsorm. På sandbunden omkring leret blev der observeret normalt sandbundssamfund – se substrattype 1b.

Blødbundstaxa: ler ikke synlig blødbundsfauna.

Hårdbundstaxa: taskekrabbe, kalkrørsorm, eremitkrebs, almindelig søstjerne, svømmekrabbe maskekrabbe.

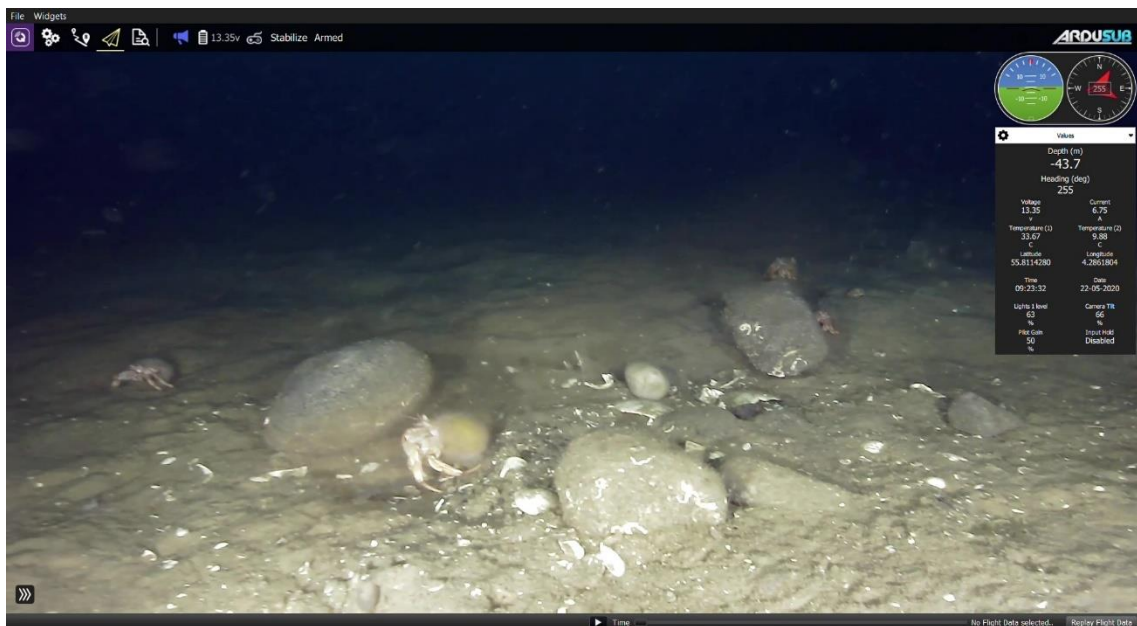


Figur 4-114. Taskekrabbe og torskefisk på leret bund. ROV-station A2.20.

Der blev ikke observeret bundflora (0%) pga. manglende hårdt substrat til fasthæftning og stor dybde med begrænset lys.

Observerede fiskearter omfattede fladfisk, torskefisk og ulk (<1%) (Figur 4-114).

Substrattype 2b blev verificeret som primær substrattype på ROV-station A2.20 og som sekundær substrattype på station A2.19 (Tabel 4-15).



Figur 4-115. Sandbund med store sten (>10 cm), flere eremitkrebs og kalkrørsorm på sten. ROV-station A2.19.

4.6.2.2 Biologiske forhold tilknyttet overordnede habitattyper

I det følgende er biologien på havbunden for hver af 46 ROV-stationer i område A2 Doggerbanke Tail End beskrevet samlet for hver overordnede habitattype.

Baseret på ROV undersøgelserne er der verificeret 4 overordnede habitattyper:

- Cirkalittoralt sand (CS)
- Offshore Cirkalittoralt mudder (OCM)
- Offshore cirkalittoralt sand (OCS)
- Offshore cirkalittoralt groft sediment (OCCS)

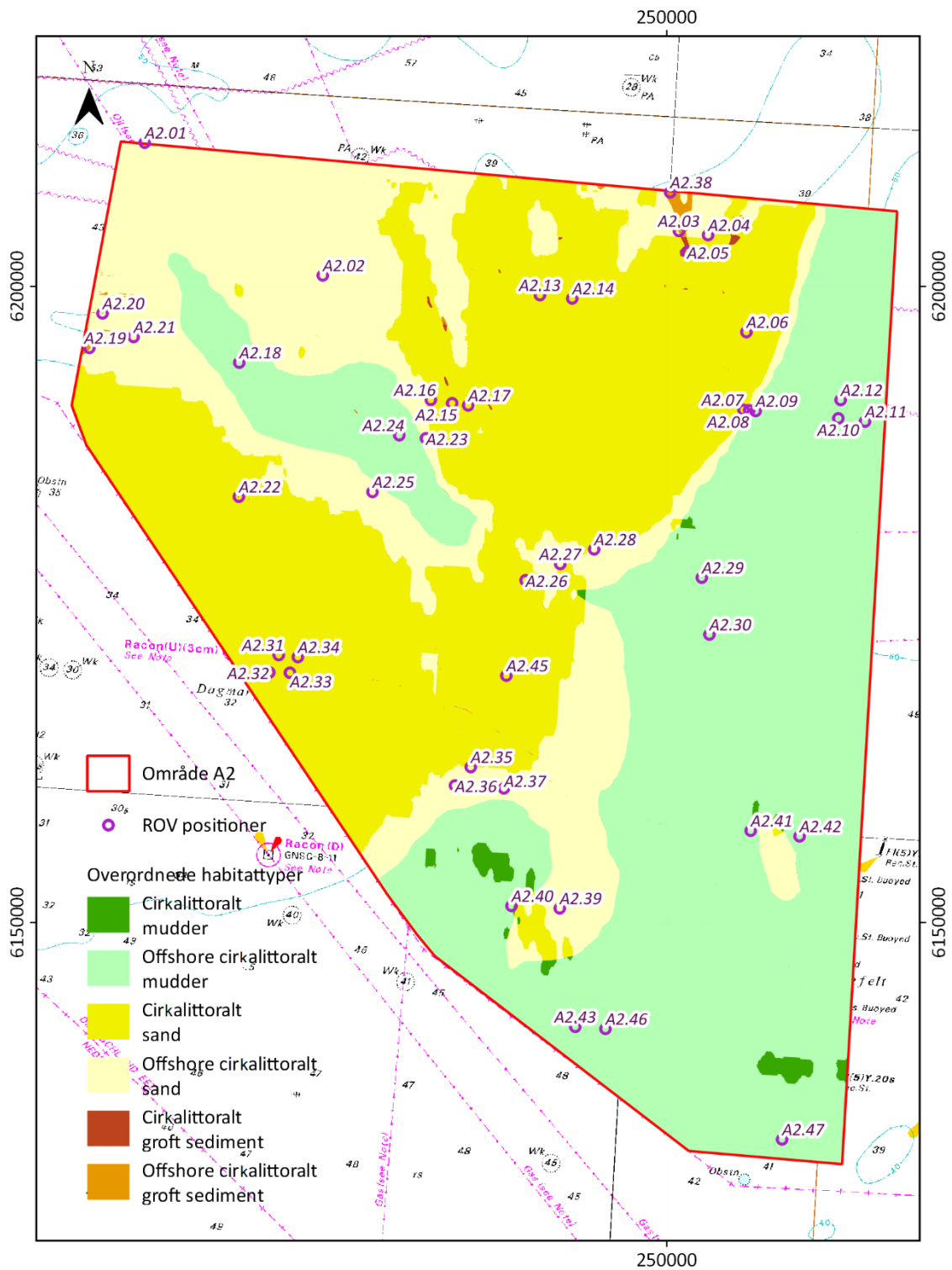
De ovennævnte overordnede habitattyper blev fundet på de i Tabel 4-16 nævnte ROV stationer.

Ved ROV undersøgelserne er de to overordnede habitattyper Cirkalittoralt mudder (CM) og Cirkalittoralt groft sediment (CCS) ikke blevet verificeret. Disse to overordnede habitattyper udgør tilsammen mindre end 1% af havbunden i området.

Tabel 4-16 ROV-stationernes fordeling på overordnede habitattyper og deres areal.

Overordnede habitattype	Areal (km ²)	ROV station
Cirkalittoralt mudder (CM)	21 (0,6%)	
Cirkalittoralt sand (CS)	1.289 (36%)	05, 06, 07, 13, 14, 15, 16, 17, 22, 26, 31, 32, 33, 34, 45
Cirkalittoralt groft sediment (CCS)	2 (0,1%)	
Offshore cirkalittoralt mudder (OCM)	1.497(41%)	09, 10, 11, 12, 18, 23, 24, 29, 30, 40, 41, 42, 43, 46, 47
Offshore cirkalittoralt sand (OCS)	801 (22%)	01, 02, 04, 08, 21, 25, 27, 28, 35, 36, 37, 39
Offshore cirkalittoralt groft sediment (OCCS)	6 (0,2%)	03, 19, 20, 38

Lokaliteten af de enkelte ROV stationer kan ses på nedenstående oversigtskort (Figur 4-116)



Figur 4-116. Positionsoversigt for epifauna for Område A2 med angivelse af de overordnede habitattyper som baggrund.

Cirkalittoralt sand (CS)

Cirkalittoralt sand (CS) blev verificeret på 15 ROV-stationer (Tabel 4-16) og lokaliteterne kan ses på Figur 4-116.

Havbunden består generelt af fint sand og silt med svage bølgeribber samt enkelte med kraftigere bølgeribber (st. A2.05 og -15). Bundtypen havde middel-høj antal bundfaunaarter og dækningsgrader svarende til ca. 18 arter og 1-10% dækningsgrad. Infaunaen var domineret af små phoroniderør (*Phoronis* sp.) og generelt mange spredte hvide muslingeskaller og skalfragmenter, som indikation på en større bestand af muslinger nedgravet i sedimentet. De observerede skaller stammede bl.a. fra hjertemusling, sandmusling, knivmusling, nøddemusling og molboøsters. Ud over phoroniderør sås også spredte større havbørsteormerør inkl. *Lanice*, enkelte sifonhuller fra muslinger samt andre huller i havbunden og havbørsteorme bunker, der sås som lysere grå bunker på den mere brune, let siltede bund.

Karakteristiske epifaunaarter observeret på ROV-video inkluderede (rækkefølge med mest dominerende først): søstjerne (kamstjerne, almindelig søstjerne og *Luidia* søstjerne), eremitkrebs i konksneglehuse, sømus fortrinsvis sømuskaller, maskekrabber, svømmekrabber.

Biologien på den overordnede habitattype CS kan sammenlignes med biologien, der er knyttet til substrattype 1b ved vanddybder mindre end ca. 45 m (afsnit 4.6.2.1).

Taxa/arter observeret:

Blødbundstaxa: Phoronider (*Phoronis* sp.), forskellige børsteormerør inkl. *Lanice*, børsteorme bunker/hobe, muslingesifonhuller, sømushuller og forskellige andre huller i havbunden. Almindelig søstjerne, kamstjerne, *Luidia* søstjerne, maskekrabbe, svømmekrabbe, eremitkrebs, uspec. hvide skalfragmenter fra muslinger, hjertemuslingskal, sandmusling, knivmuslingskal, molboøstersskal, nøddemuslingskal, konksnegleskal.

Hårdbundstaxa: En dødningshåndkoral blev observeret på en enkelt større sten,

Der blev ikke observeret bundflora (0%) pga. manglende hårdt substrat til fasthæftning og stor dybde med begrænset lys.

På sandbunden blev der observeret mange fladfisk, flest isinger, flere fløjfisk, enkelte rødspætter samt fladfiskefourageringshuller. Herudover også hvilling, torskefisk sp. og knurhane. I vand-søjlen blev der observeret stikkelsbærgopler.

Offshore cirkalittoralt mudder (OCM)

Offshore cirkalittoralt mudder (OCM) blev verificeret på 15 ROV stationer (Tabel 4-16) og lokaliteterne kan ses på Figur 4-116.

Havbunden består typisk af en blød, siltet bund med svage eller ingen bølgeribber med indslag af muslingeskallfragmenter på toppen. Bundtypen havde et middel antal bundfaunaarter og dækningsgrader svarende til ca. 14 arter og 1-12% dækningsgrad. Infaunaen var domineret af små phoroniderør (*Phoronis* sp.). Derudover fandtes andre havbørsteormerør, deriblandt *Lanice* og flere børsteorme hobe, der sås som lysere grå bunker på den mere brune, let siltede bund.

Den krybende rovpolychaet *Hesioniden Ophiodromus* blev desuden også observeret på havbunden. Der blev observeret flere sifonhuller fra muslinger og huler fra både sømus og jomfruhummer, der også fandtes levende. Generelt fandtes mange spredte hvide muslingeskaller og skalfragmenter, som indikation på en større bestand af muslinger nedgravet i sedimentet. De observerede skaller stammede bl.a. fra *Dosinia*, molboøsters og knivmusling.

Karakteristiske epifaunaarter observeret på ROV-video inkluderede (rækkefølge med mest dominerende først): søstjerner (kamstjerne, almindelig søstjerne), eremitkrebs i konksneglehuse, svømmekrabbe, maskekrabbe, sømus fortrinsvis sømusskaller. Der blev observeret dødningehåndkoral, der sad fast på underliggende hårdt substrat

Biologien på den overordnede habitattype OCM kan sammenlignes med biologien, der er knyttet til substrattype 1a ved vanddybder større end ca. 45 meter (afsnit 4.6.2.1).

Taxa/arter observeret:

Blødbundstaxa: (*Phoronis* sp.), havbørsteormerør, deriblandt *Lanice*, børsteormehobe, *Hesioniden Ophiodromus*, sifonhuller fra muslinger, huler fra både sømus og jomfruhummer, der også fandtes levende. Spredte hvide muslingeskaller og skalfragmenter fra *Dosinia*, molboøsters og knivmusling. Søstjerner (kamstjerne, almindelig søstjerne), eremitkrebs i konksneglehuse, svømmekrabbe, maskekrabbe, sømus fortrinsvis sømusskaller.

Hårdbundstaxa: Der blev observeret dødningehåndkoral, der sad fast på underliggende hårdt substrat.

Der blev ikke observeret bundflora (0%) pga. manglende hårdt substrat til fasthæftning og stor dybde med begrænset lys.

På sandbunden blev der observeret mange fladfisk, flest isinger, men også tunger, fløjfisk og en enkelt rød knurhane samt fladfiskefourageringshuller. I vandsøjlen blev der observeret ribbegøpler.

Offshore cirkalittoralt sand (OCS)

Offshore cirkalittoralt sand (OCS) blev verificeret på 12 ROV stationer (Tabel 4-16) og lokaliteterne kan ses på Figur 4-116.

Havbunden består typisk af en finkornet, siltet sandbund med bølgeribber med indslag af muslingeskalfragmenter på toppen. Bundtypen havde et middel antal bundfaunaarter og dækningsgrader svarende til ca. 17 arter og 1-10% dækningsgrad. Infaunaen var domineret af små phoroniderør (*Phoronis* sp.) og generelt mange spredte hvide muslingeskaller og skalfragmenter, som indikation på en større bestand af muslinger nedgravet i sedimentet. De observerede skaller stammede bl.a. fra knivmusling, hjertemuslinger og pigget hjertemusling, sandmusling samt

molboøsters. Ud over phoroniderør sås også spredte større havbørsteormerør inkl. Lanice, enkelte sifonhuller fra muslinger samt andre huller i havbunden og havbørsteorme bunker, der ses som lysere grå bunker på den mere brune, let siltede bund.

Karakteristiske epifaunaarter observeret på ROV-video inkluderede (rækkefølge med mest dominerende først): søstjerner (kamstjerne, almindelig søstjerne), eremitkrebs i konksneglehuse, sømus fortrinsvis sømusskaller, maskekrabber, svømmekrabber, pelikanfodssnegl, tårnsnegl samt en enkelt dødningehåndkoral.

Biologien på den overordnede habitattype OCS er meget sammenlignelig med biologien, der er knyttet til den overordnede habitattype CS, samt substrattyperne 1a og 1b ved vanddybder større end ca. 45 m (afsnit 4.6.2.1).

Taxa/arter observeret:

Blødbundstaxa: Phoronis sp. knivmusling, hjertemusling og pigget hjertemusling, sandmusling, molboøsters, havbørsteormerør inkl. Lanice og havbørsteorme bunker, sifonhuller fra muslinger, kamstjerne, almindelig søstjerne, eremitkrebs i konksneglehuse, sømus fortrinsvis sømusskaller, maskekrabbe, svømmekrabbe, pelikanfodssnegl, tårnsnegl

Hårdbundstaxa: En dødningehåndkoral blev observeret.

Der blev ikke observeret bundflora (0%) pga. manglende hårdt substrat til fasthæftning og stor dybde med begrænset lys.

På sandbunden blev der observeret mange fladfisk, flest isinger, enkelte rødspætter samt fladfiskefourageringshuller. Der blev observeret flere fløjfisk, og tobis. Herudover også hvilling og rød knurhane samt fiskeyngel sp. I vandsøjlen blev der observeret stikkelsbærgopler og ribbegopler.

Offshore cirkalittoralt groft sediment (OCCS)

Offshore cirkalittoralt groft sediment (OCCS) blev verificeret på fire ROV stationer (Tabel 4-16) og lokaliteterne kan ses på Figur 4-116.

Havbunden fremstår som en blandet bund, dels med sten grus og sand, men også med lerstrukturer (st. A2.20) eller markante bølgeribber (st. A2.38). Bundtypen havde et middel antal bundfaunaarter og dækningsgrader svarende til ca. 16 arter og 1-10% dækningsgrad. Infaunaen på den sandede bund var domineret af små phoroniderør (Phoronis sp.) og generelt mange spredte hvide muslingeskaller og skalfragmenter, som indikation på en større bestand af muslinger nedgravet i sedimentet. De observerede skaller stammede bl.a. fra knivmusling, nøddemusling og molboøsters. Ud over phoroniderør sås også spredte større havbørsteormerør. Der blev også observeret sifonhuller fra muslinger samt andre huller i havbunden og havbørsteorme bunker, der ses som lysere grå bunker.

Karakteristiske epifaunaarter observeret på ROV-video inkluderede (rækkefølge med mest dominerende først): eremitkrebs i konksneglehuse, almindelig søstjerne, maskekrabber, svømmekrabber samt taskekrabber, der havde gravet sig ind i lerstrukturerne på st. A2.20. På stenene sås kalkrørsorm og posthornsorm.

Biologien på den overordnede habitattype OCCS kan sammenlignes med biologien, der er knyttet til substrattype 2a og 2b ved vanddybder større end ca. 45 meter (afsnit 4.6.2.1).

Taxa/arter observeret:

Blødbundstaxa: Phoronider (*Phoronis* sp.), knivmusling, nøddemusling og molboøsters, havbørsteormerør, sifonhuller fra muslinger, havbørsteorme bunker, eremitkrebs, almindelig søstjerne, maskekrabbe, svømmekrabbe, taskekrabbe.

Hårdbundstaxa: Kalkrørsorm, posthornsorm.

Der blev ikke observeret bundflora (0%) pga. manglende hårdt substrat til fasthæftning og stor dybde med begrænset lys.

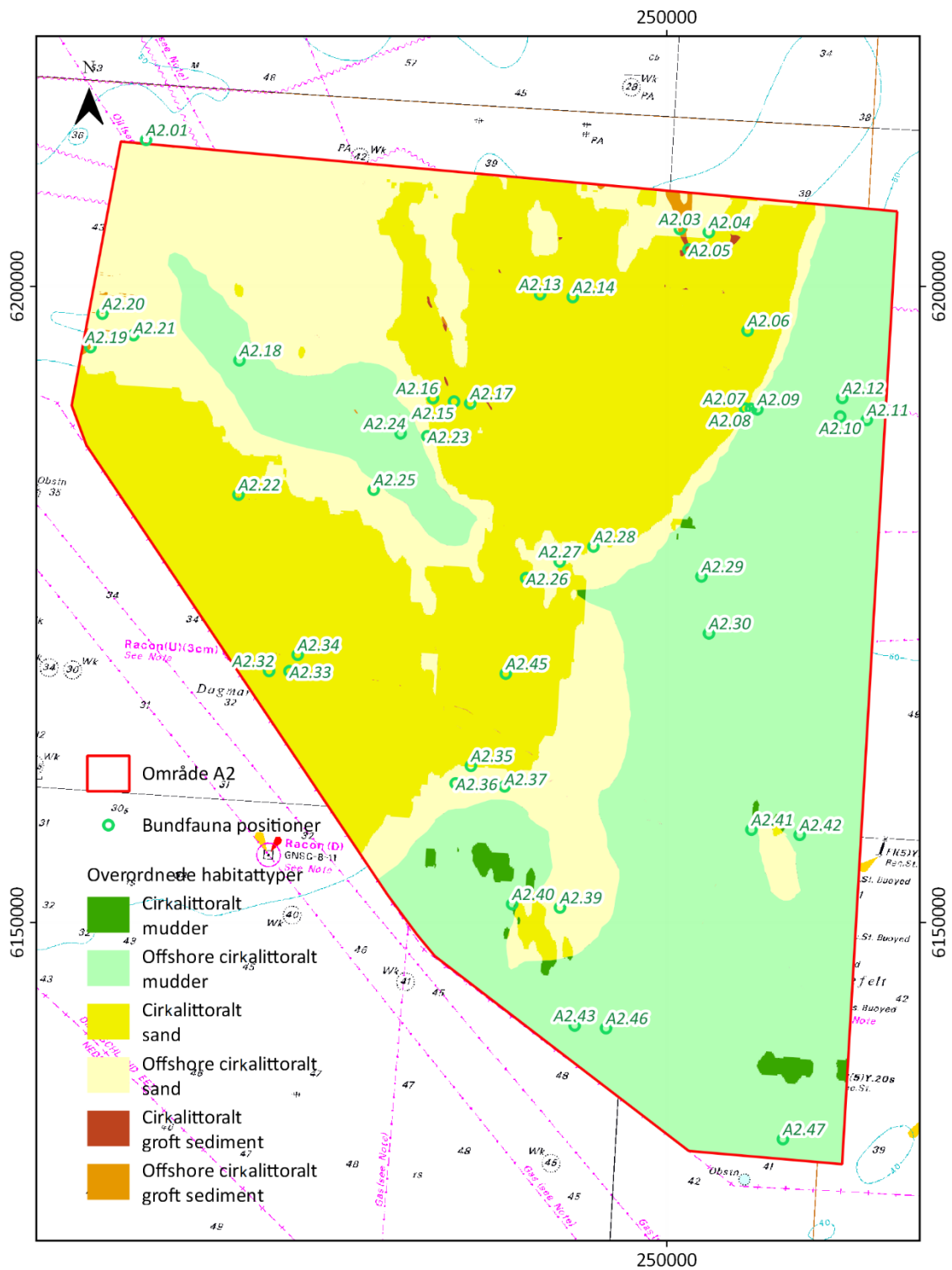
På sandbunden blev der observeret ising, rødspætte, fladfisk sp. samt fladfiskefourageringshuller, ulk, torskefisk, fløjfisk samt enkelte småfisk.

4.6.2.3 Infauna

Typisk beskrives infaunaen i et område på baggrund af indsamlede sedimentprøver repræsentativt for området så de udgør et samlet areal på 0,6 m². En HAPS kernebund-henter har et prøveareal på 0,0143 m², og 42 prøver modsvarer 0,6m² (jf. de tekniske anvisninger for blødbundsfauna - M19). Prøverne beskriver områdets bundfaunasamfund og hver prøve omtales som en delprøve fra området. I forbindelse med nærværende kortlægning er der i 2020 indsamlet 43 infaunaprøver (delprøver) i området Doggerbanke Tail End (svarende til et samlet areal på 0,61m²). Ud over de 43 infaunaprøver er der indsamlet sedimentprøver på tre yderligere positioner (A2.02, -31 og -38) (Tabel 4-17). Placeringen af de 43 delprøver, som er analyseret for infauna, kan ses på Figur 4-117. Nøgletal for området Doggerbanke Tail End er præsenteret i Tabel 4-18.

Tabel 4-17. HAPS-delprøvenes fordeling på overordnede habitattyper, substrattyper og deres areal

Overordnede habitattype	Substrattype	Areal (km ²)	HAPS-delprøve (kornstørrelse)	HAPS-delprøve (infauna)
Cirkalittoralt mudder (CM)	Substrattype 1a	21 (0,6%)		
Cirkalittoralt sand (CS)	Substrattype 1b	1.289 (36%)	05, 06, 07, 13, 14, 15, 16, 17, 22, 26, 32, 33, 34, 35, 45	05, 06, 07, 13, 14, 15, 16, 17, 22, 26, 32, 33, 34, 35, 45
Cirkalittoralt groft sediment (CCS)	Substrattype 2a/2b	2 (0,1%)		
Offshore cirkalittoralt mudder (OCM)	Substrattype 1a	1.497(41%)	09, 10, 11, 12, 18, 24, 29, 30, 40, 41, 42, 43, 46, 47	09, 10, 11, 12, 18, 24, 29, 30, 40, 41, 42, 43, 46, 47
Offshore cirkalittoralt sand (OCS)	Substrattype 1b	801 (22%)	01, 04, 08, 20, 21, 23, 25, 27, 28, 36, 37, 39,	01, 04, 08, 20, 21, 23, 25, 27, 28, 36, 37, 39,
Offshore cirkalittoralt groft sediment (OCCS)	Substrattype 2a/2b	6 (0,2%)	03, 19, 38	03, 19



Figur 4-117. Illustration af, hvor de 43 delprøver er udtaget indenfor området Doggerbanke Tail End. Som baggrunds-kort er de tolkede overordnede habitattyper anvendt.

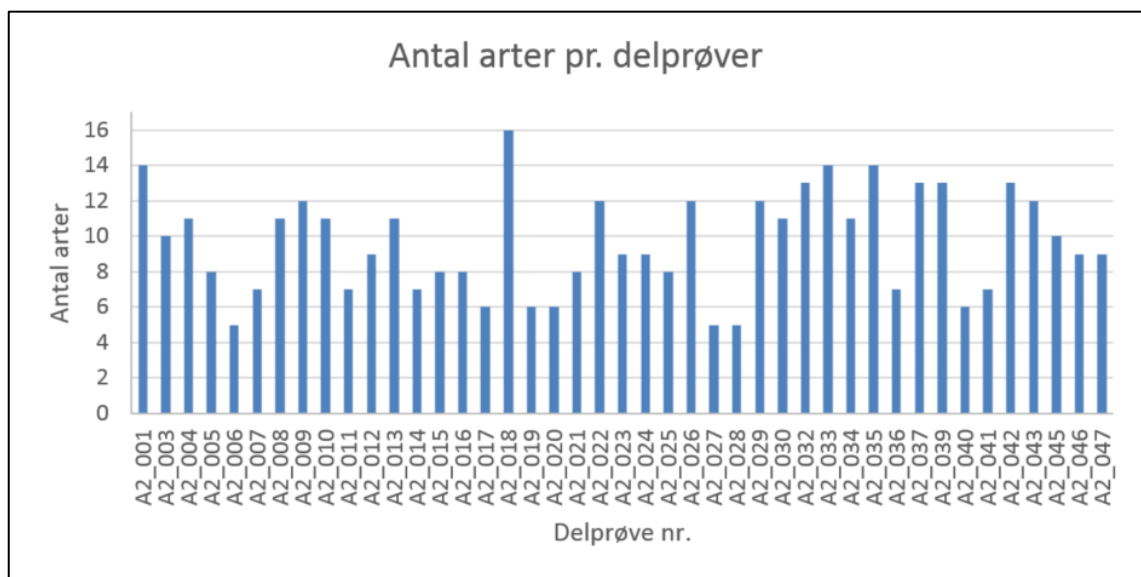
Tabel 4-18. Nøgletal for infaunasamfundet i området Doggerbanke Tail End.

Parameter	Nøgletal fra Doggerbanke Tail End
	43 prøver, 0,614 m ²
Artsantal	79
Prøver uden dyr	0
Tæthed (individer/m ²)	2369
Biomasse (vådvægt g/m ²)	318
Biomasse (tørvægt g/m ²)	213

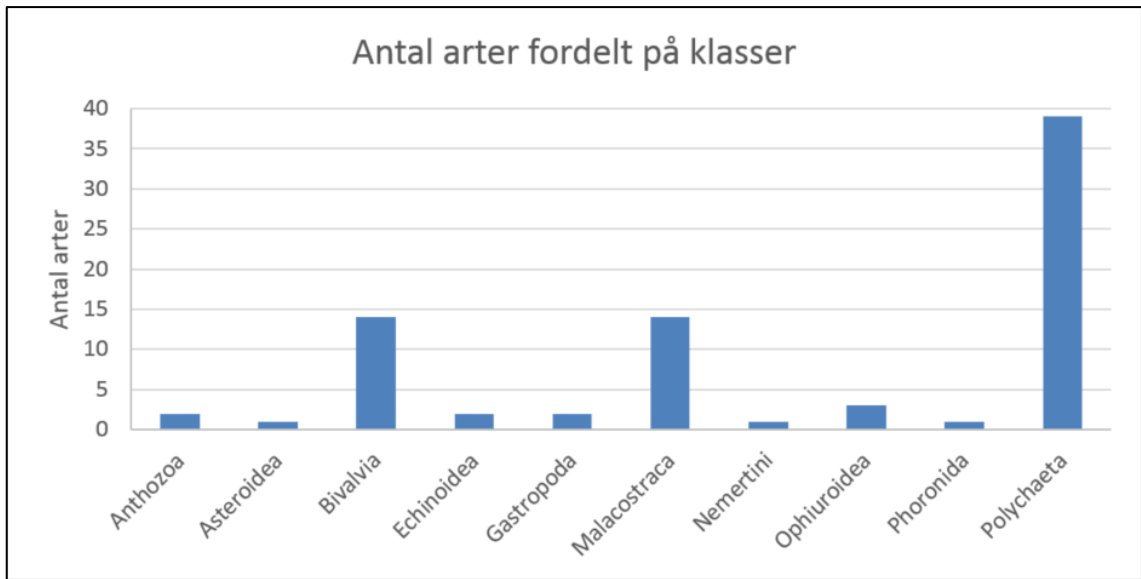
4.6.2.3.1. Arter, tæthed og biomasse

Arter

Antallet af arter i hver delprøve fra området kan ses på Figur 4-118. Der var mellem 5-16 arter i hver af de 43 delprøver med et gennemsnit på 9,7 arter pr. delprøve. I alt blev der fundet 79 forskellige arter i de 43 delprøver, hvoraf arter tilhørende klassen havbørsteorme (Polychaeta) var den mest artsrige med 39 arter efterfulgt af arter tilhørende klasserne Muslinger (Bivalvia) og klassen Storkrebs (Malacostraca), som hver især var repræsenteret med 14 arter. Øvrige klasser (Koraldyr (Anthozoa), Søstjerner (Asteroidea), Søpindsvin (Echionoidea), Snegle (Gastropoda), Slimbændler (Nemertini), Slangestjerner (Ophiutoidea) og Phoronider/Hesteskoorme (Phoronida)) blev indenfor området Doggerbanke Tail End repræsenteret med 1-3 arter (se Figur 4-119).



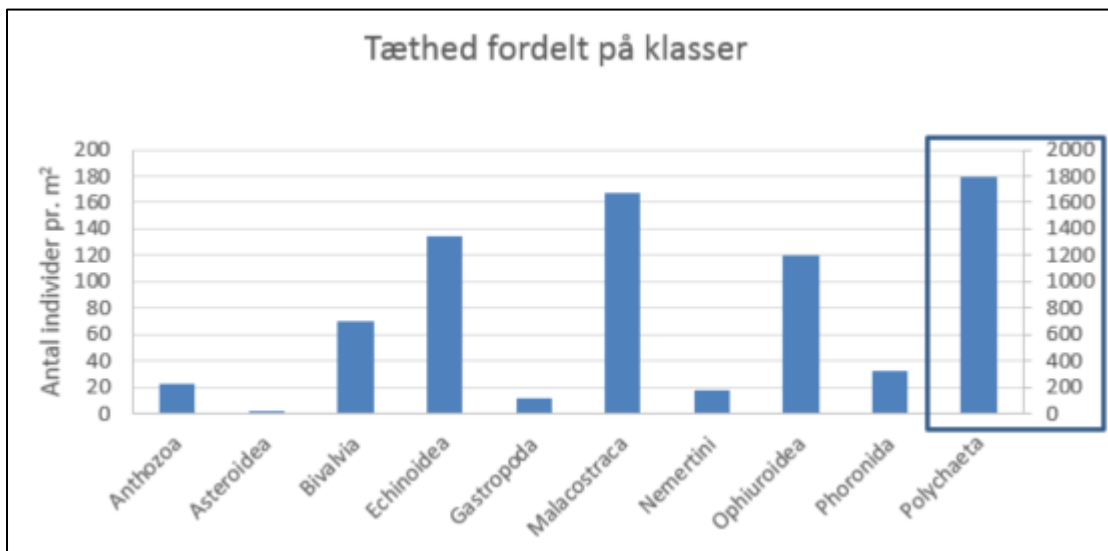
Figur 4-118. Antallet af arter i alle delprøverne fra området Doggerbanke Tail End.



Figur 4-119. Fordelingen af arter pr. klasse i området Doggerbanke Tail End. Nemertini (slimbændler) er kun bestemt til det taksonomiske niveau "Række" og Phoronida til "Slægt".

Tæthed

Der var mellem 7-116 individer i hver delprøve med det gennemsnit på 33,9 individer pr. delprøve. Den samlede individtæthed for alle delprøverne indsamlet i Doggerbanke Tail End var 2369,5 individer/m². Figur 4-120 viser tætheden af de enkelte klasser, hvor antallet af individer tilhørende klassen Havbørsteorme (Polychaeta) dominerede.



Figur 4-120. Individttætheden fordelt på klasser (antal individer / m²). Nemertini (slimbændler) er kun bestemt til det taksonomiske niveau "Række" Phoronida til "Slægt". Den sekundære y-akse er kun gældende for Polychaeta (markeret med en blå firkant).

Den mest talrige art i delprøverne var *Lanice conchilega* (22%) efterfulgt af *Spiophanes bombyx* (20%) og *Galathowenia oculata* (16%), som alle tilhører klassen havbørsteorme. Tabel 4-19 viser de ti mest talrige arter (pr. m² samt i procent af det totale antal individer). Tabel 4-20 lister arternes økologiske klasse og giver samtidig en kort beskrivelse af disse arter.

Tabel 4-19. Mest talrige arter i samtlige 43 delprøver (beregnet pr. m² samt i procent af alle individer). * angiver at arten ikke har noget dansk artsnavn, mens ** angiver det danske slægtsnavn.

Taksonomisk Klasse	Art - Dansk navn	Art - Latinsk navn	Antal individer pr.m ² (%)
Havbørsteorm	Lanice	<i>Lanice conchilega</i>	532 (22%)
Havbørsteorm	*	<i>Spiophanes bombyx</i>	483 (20%)
Havbørsteorm	*	<i>Galathowenia oculata</i>	390 (16%)
Søpindsvin	Almindelig sømus	<i>Echinocardium cordatum</i>	125 (5%)
Havbørsteorm	Trompetorm	<i>Lagis koreni (Pectinaria koreni)</i>	109 (5%)
Storkrebs	*	<i>Bathyporeia elegans</i>	107 (5%)
Slangestjerner	Fin mudderslangestjerne	<i>Amphiura filiformis</i>	96 (4%)
Havbørsteorm	*	<i>Scoloplos armiger</i>	39 (2%)
Havbørsteorm	*	<i>Magelona mirabilis</i>	37 (2%)
Phoronider** (Hesteskororme)	*	<i>Phoronis sp.</i>	33 (1%)

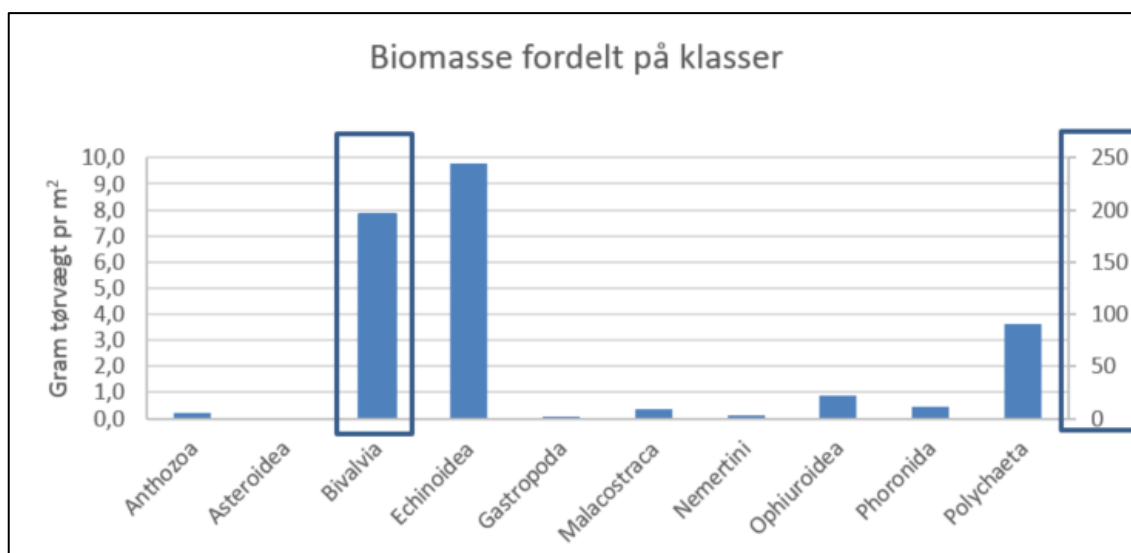
Tabel 4-20 AMBI-Værdier samt en kort beskrivelse af de ti mest talrige arter/organismer listet i samme rækkefølge som i Tabel 4-19.

Klasse	Art	Økologisk gruppe	Beskrivelse
Havbørsteorm	<i>Lanice conchilega</i>	II	Op til 30 cm lang segmenteret orm med en gullig krop. <i>L. conchilega</i> danner rør, der består af et hindeagtigt lag af påhæftede sandkorn og skalstumper. Den øverste del af røret er forgrenet og stikker et par cm op over sedimentet. Forgreningerne fanger partikler og plankton, der føres vha. tentakler ned i munden. Foretrukne sedimenttyper inkluderer rent groft sand, fint rent sand samt sandet mudder. De rør <i>L. conchilega</i> konstruerer stabiliserer sedimentet og strukturene kan facilitere decideret revdannelse <i>L. conchilega</i> er udbredt i Nordsøen, Bælthavet samt Øresund og kan leve ned til 1700 meters dybde.
Havbørsteorm	<i>Spiophanes bombyx</i>	III	Lang og tynd krop, 5-6 cm lang, 0,15 cm bred. Lyserrød i farven. Danner et stift rør af sand, der stikker en anelse over sandoverfladen. Passiv suspensionsædende og lever af overfladedetritus. Findes typisk i rent, sand, ned til 60 m dybde.
Havbørsteorm	<i>Galathowenia oculata</i>	III	Lang cylinderformet krop, 3 cm. Gul eller rødlig. Dækket af små sandkorn i blødt sediment. Er både passiv suspensionsædende og lever af overfladedetritus. Lever typisk på dybder mellem 27-237 meters dybde.
Søpindsvin	<i>Echinocardium cordatum</i>	I	Lever begravet i havbunden i mange forskellige typer sediment. Den foretrækker dog 200-3000 µm sand med et lavt mudderindhold. Den danner åndedrætskanaler som fører til overfladen.
Havbørsteorm	<i>Lagis koreni (tidligere Pectinaria koreni)</i>	II	Den laver et smalt konisk rør af sandkorn og skalfragmenter og bliver ca. 5 cm langt og relativt bredt. Det kegleformede rør er åbent i begge ender. Ormen lever med hovedet nedad i dette rør og samler partikler under overfladen med sine tentakler. Ormen findes typisk begravet i sand eller siltrigt sand.
Storkrebs	<i>Bathyporeia elegans</i>	I	Tangloppe med en smal krop, der er lateralt sammenpresset. Kroppen er farveløs og kan blive op til 6 mm i længden. Hovedet bærer et par af lange, distinkte, røde

			øjne. <i>B. elegans</i> er tilpasset habitater med fint og mudret sand og findes i 0 – 40 m dybde. <i>B. elegans</i> er udbredt fra det nordlige Norge til nordvest Afrika.
Slangestjerner	<i>Amphiura filiformis</i>	II	Fin mudderslangestjerne ernærer sig som suspensionsæder. Fin mudderslangestjerne findes både på den finere dybe mudderbund, men også på den lidt grovere sandbund på mindre dybder (i modsætning til grov mudderslangestjerne som også blev fundet i området).
Havbørsteorm	<i>Scoloplos armiger</i>	III	<i>Scoloplos armiger</i> er en almindelig udbredt havbørsteorm, der bliver op til 12 cm lang og lever nedgravet i sand-eller mudderblandet bund. Den lever af bundens organiske materiale og kan tåle iltfattig bund
Havbørsteorm	<i>Magelona mirabilis</i>	I	Omkring 2,5 mm bred og 50 til 170 mm længde. Den lever af detritus, mikroalger og mindre dyr, der findes på overfladen af sedimentet. Havbørsteormen menes muligvis at indgå som fødekilde for fladfiskeyngel. Den findes udbredt i Nordsøen bl.a. i Skagerrak og langs den Jyske vestkyst. <i>Magelona mirabilis</i> er typisk nedgravet i fint sand og findes typisk fra 0-32 m dybde og er tilpasset ustabile områder med stærk strøm, bølgeaktivitet og mobilt sediment. <i>M. mirabilis</i> kan findes i høj individtæthed, hvor miljøet tillader det.
Phoronider** (Hesteskoorme)	<i>Phoronis sp.</i>	II	Slægt inden for rækken Phoronida. Arterne bliver typisk op til 2 cm lange og 1.5 cm brede. Disse orm er filtratorer og optager føde gennem en såkaldt lophophor, der er en ekstension af coelom i form af en tentakel-krone. Den lever på bunden i kystnære områder og ned til 400 m dybde og er udbredt over stort set hele verden.

Biomasse

Som mål for biomassen blev både vådvægten og tørvægten af dyrene målt (se bilag E). I det følgende præsenteres biomassen kun som gram tørvægt pr. delprøve (0,0143 m²) eller pr. m² for de observerede klasser og arter. Biomassen var 0,006-116,00 g tørvægt pr. delprøve med et gennemsnit på 3,0 g tørvægt pr. delprøve. Den samlede biomasse i område A2 "Doggerbanke Tail" End var 213 g tørvægt pr. m². Figur 4-121 illustrerer, at det var arter tilhørende klassen muslinger (*Bivalvia*), som dominerede biomassen (93%) efterfulgt af arter tilhørende klassen søpindsvin (*Echinoidea*) (5%). Muslinger omfattede 14 forskellige arter, hvoraf *Arctica islandica* (Molboøsters) udgjorde mere end 95% af muslingebiomassen. Tabel 4-21 lister de ti arter, som bidrog mest til biomassen i samtlige 43 delprøver (beregnet pr. m² samt angivet i procent af den totale biomasse).



Figur 4-121. Biomassen fordelt på grupper (g tørvægt/m²). Nemertini (slimbændler) er kun bestemt til det taksonomiske niveau "Række" og Phoronida til "Slægt". Den sekundære y-akse er kun gældende for Bivalvia (muslinger), (markeret med blå firkant).

Tabel 4-21. De ti arter, som bidrog mest til biomassen (g. tørvægt) i samtlige 43 delprøver (beregnet pr. m² samt i procent af total biomassen). * angiver, at arten ikke har noget dansk artsnavn, mens ** angiver det danske slægtsnavn.

Taksonomisk Klasse	Art - Dansk navn	Art - Latinsk navn	G tørvægt pr. m ² (%)
Muslinger	Molbøsters	<i>Arctica islandica</i>	186,8 (88%)
Søpindsvin	Almindelig Sømus	<i>Echinocardium cordatum</i>	9,8 (5%)
Muslinger	Lucinamusling	<i>Lucinoma borealis</i>	2,9 (1%)
Muslinger	Kølet sandmusling	<i>Gari fervensis</i>	2,6 (1%)
Muslinger	Glat Dosinia	<i>Dosinia lupinus</i>	2,5 (1%)
Havbørsteorm	Lanice	<i>Lanice conchilega</i>	1,1 (1%)
Slangestjerner	Fin mudderslange-stjerne	<i>Amphiura filiformis</i>	0,8 (<1%)
Havbørsteorm	*	<i>Nephtys assimilis</i>	0,6 (<1%)
Phoronider ** (Hestesko-orme)	Phoronider	<i>Phoronis sp.</i>	0,4 (<1%)
Muslinger	Stribet tallerkenmusling	<i>Fabulina fabula</i>	0,3 (<1%)
Muslinger	Amerikansk knivmusling	<i>Ensis leei</i> (tidligere <i>Ensis americanus</i>)	0,01 (<1%)

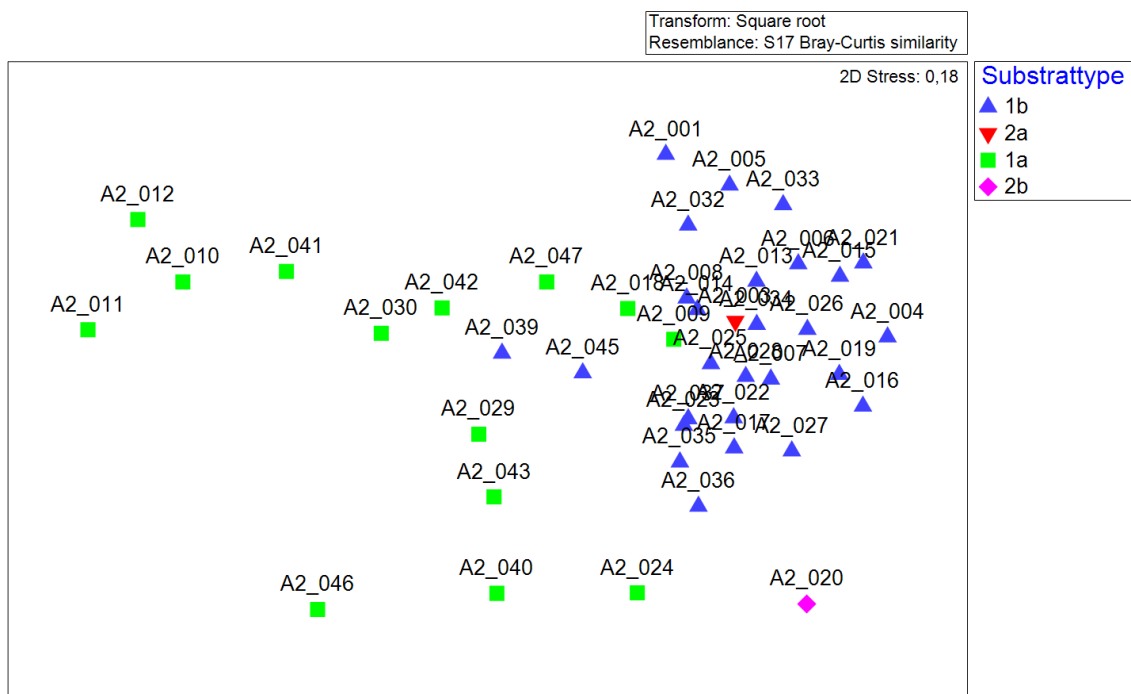
4.6.2.3.2 Særlige arter, som bør fremhæves

Den invasive muslingeart *Ensis leei* blev observeret med ét individ i én delprøve (A2.35). *Ensis leei* (tidligere *Ensis americanus*), også kaldt Amerikansk knivmusling, er oprindeligt fra Nordamerika, men er blevet indført til europæiske farvande sidst i 70'erne, sandsynligvis med ballastvand (Kristiansen & Køie, 2014). Muslingen bliver op til 16 cm lang og foretrækker mudret eller fint siltet sand i lavvandede områder.

Havbørsteormen *Lanice conchilega* blev fundet på 37 af de i alt 43 indsamlede delprøver. I de 37 delprøver blev der fundet mellem 1-33 individer med det gennemsnit på 9 (svarende til gennemsnitlig 619 individer pr m²). De rør *L. conchilega* konstruerer, stabiliserer sedimentet og strukturerne kan facilitere decideret rev-dannelse, som typisk fordrer højere artsdiversitet.

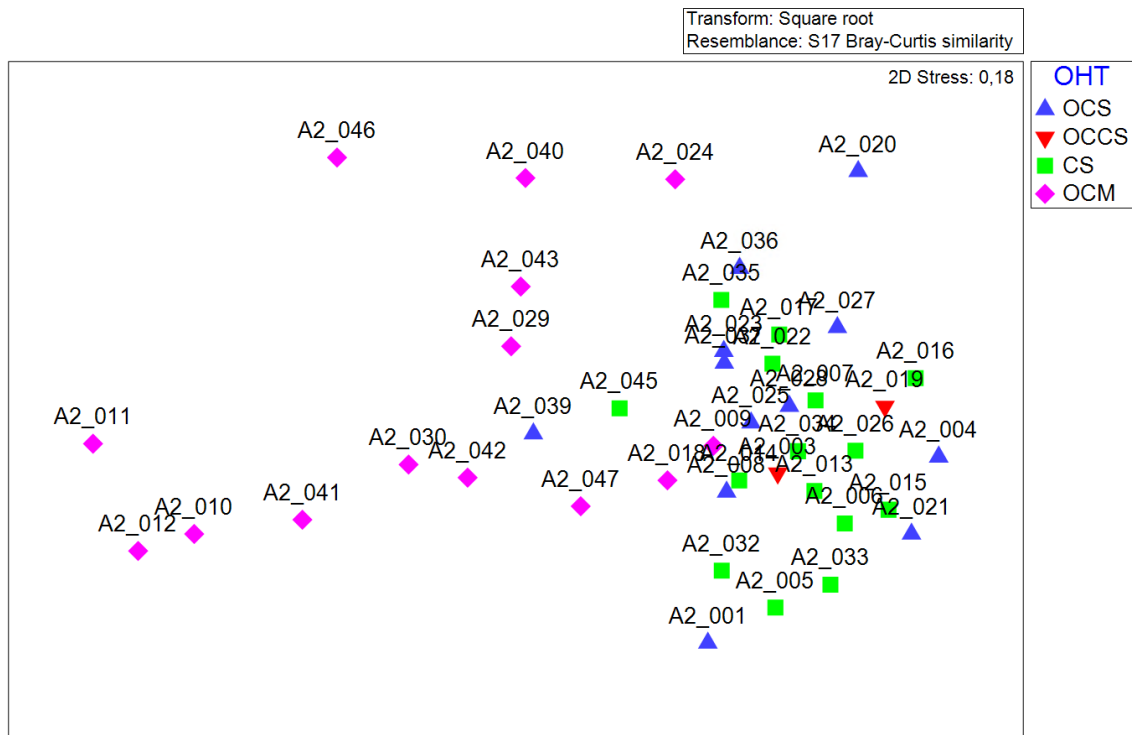
4.6.2.3 Arter fordelt i forhold til substrattyper og overordnede habitattyper

Ved at anvende multivariate statistiske analyser er det muligt at undersøge forskelle i artssammensætningen knyttet til forskellige substrattyper eller substratets overordnede habitattype indenfor det kortlagte område. Bray-Curtis-similaritetsindeks anvender rangorden og vises på MDS-plottet (multi-dimensionelskalering) til at identificere adskilte grupperinger. Figur 4-122 viser plottet for alle delprøver indsamlet ved Doggerbanke Tail End, mens farvekoden illustrerer på hvilken substrattype delprøven er indsamlet. Én HAPS-delprøve svarer til et overfladeareal på 0,0143 m². MDS-plottet viser en forholdsvis tydelig adskillelse i samfundet på henholdsvis substrattype 1a og 1b. Af de to delprøver, som blev indsamlet på det lidt grovere sediment - henholdsvis én prøve på substrattype 2b og én prøve på substrattype 2a var det kun delprøven indsamlet på substrattype 2b, som tydeligt adskilte sig fra de øvrige delprøver. En tilhørende statistisk test, i form af en ANOSIM analyse viser, at der var signifikant forskel mellem samfundene på substrattype 1a og 1b samt mellem samfundene på 1b og 2b ($P < 0,01$), mens øvrige forskelle ikke var signifikante. R-værdien indikerede, at der var en relativt høj grad af adskillelse mellem specielt delprøverne fra substrattype 1b og 2b ($R = 0,70$), mens adskillelsen mellem 1a og 1b var lidt lavere ($R = 0,60$).



Figur 4-122. MDS-plottet illustrerer visuelt de forskelle og ligheder, som der var mellem delprøverne indsamlet for substrattyperne 1a, 1b, 2a og 2b. Bray-Curtis-similaritets indeks, som vises på MDS plottet, er baseret på af 4. røds-transformerede data af de enkelte arters tilstedeværelse og tæthed i de enkelte delprøver. To helt ens delprøver vil i MSD-plottet placeres i samme position.

En lignende analyse udført i forhold til hvilken overordnet habitattype infauna-delprøven blev indsamlet på ses i Figur 4-123. På dette MDS-plot synes delprøverne indsamlet på Offshore cirkalittoralt mudder (OCM) at være adskilte fra de øvrige delprøver, mens der ikke umiddelbart var nogen tydelig adskillelse i samfundene indsamlet på de øvrige overordnede habitattyper. En tilhørende statistisk test, i form af en ANOSIM analyse viser, at samfundene på CS (Cirkalittoralt sand) og OCM (Offshore cirkalittoralt mudder) var signifikant forskellige ($P < 0,01$) og med en moderat adskillelse ($R = 0,51$). Ligeledes var samfundene på OCS (Offshore cirkalittoralt sand) og OCM også signifikant forskellige ($P < 0,01$) omend med en lavere adskillelse ($R = 0,34$). Øvrige forskelle mellem samfund fordelt på overordnede habitattyper var ikke signifikante.



Figur 4-123. MDS-plottet illustrerer visuelt de forskelle og ligheder, som der var mellem delprøverne indsamlet for de overordnede habitattyper (OHT), OCCS (Offshore Cirkalittoralt groft sediment), OCS (Offshore Cirkalittoralt sand), CS (Cirkalittoralt sand) og OCM (Offshore Cirkalittoralt mudder). Bray-Curtis similaritets indeks, som vises på MDS plottet, er baseret på af 4. rodstransformerede data af de enkelte arters tilstedeværelse og tæthed i de enkelte delprøver. To helt ens prøver vil i MSD-plottet placeres i samme position.

En SIMPER angiver forskelle og ligheder mellem delprøver indenfor hver substrattype/overordnede habitattype samt forskelligheden mellem forskellige substrattyper/overordnede habitattyper (se Tabel 4-22 og Tabel 4-23, samt hvilke arter, der bidrog mest til de procentvise ligheder og forskelligheder (Bilag F). SIMPER analysen er ikke baseret på Bray-Curtis similaritet, men på de 4. rodstransformerede data.

Ikke overraskende var det primært arter tilhørende klasserne havbørsteorme og slangestjerner, som bidrog mest til både ligheden indenfor delprøverne på hver substrattype/overordnede habitattype og forskelligheden mellem forskellige substrattyper/overordnede habitattyper. Specielt *Spiophanes bombyx*, *Lanice conchilega*, *Galathowenia oculata* og *Amphiura filiformis* bidrog i høj grad til de observerede forskelle og ligheder mellem samfundene på hver substrattype og

overordnede habitattype. Som det fremgår af Tabel 4-22 var ligheden større for de delprøver, som var indsamlet på substrattype 1b (41% lighed) end de delprøver, som var indsamlet på substrattype 1a (27% lighed). På samme vis var der ret stor forskel i infaunasamfundet, som blev registreret på henholdsvis substrattype 1 a og 1b (79% forskellige). Der er kun indsamlet én delprøve på henholdsvis substrattype 2a og 2b, hvorfor man ikke bør drage nogle konklusioner af de forskelle man ser i forhold til samfundene knyttet til de øvrige substrattyper.

I forhold til overordnede habitattyper så var ligheden her større indenfor delprøver indsamlet på CS (42% lighed) i forhold til OCM (26% lighed) (modsvarende i grove træk henholdsvis substrattype 1b og 1a). De to delprøver, som der blev indsamlet på OCCS, er mere ens end de delprøver, som blev indsamlet på de øvrige overordnede habitattyper, men prøvestørrelsen her er også lav (to delprøver). De største forskelle i forhold til samfund på de forskellige overordnede habitattyper ses i forhold til OCM og de øvrige overordnede habitattyper (78-80% forskellige).

Tabel 4-22. Gennemsnitlig lighed i infaunasamfundet indenfor hver substrattype (blå felter) samt gennemsnitlig forskellighed mellem forskellige substrattyper (hvide felter) i procent. * Sammenligning ikke mulig, da der kun er en prøve på den pågældende substrattype.

Substrattype	1a	1b	2a	2b
1a	27	79	77	84
1b		41	52	72
2a			*	76
2b				*

Tabel 4-23. Gennemsnitlig lighed i infaunasamfundet indenfor hver overordnede habitattype (blå felter) samt gennemsnitlig forskellighed mellem forskellige overordnede habitattyper (hvide felter) i procent.

Overordnede habitattype	OCCS	OCS	CS	OCM
OCCS	46	58	53	80
OCS		38	60	78
CS			42	79
OCM				26

4.6.2.3.4 Forklaringsgrad af miljøvariable

Infaunasamfundet i alle delprøver blev analyseret for at se, hvor meget af variationen i infaunasamfundet, som kunne forklares med de målte miljøvariable. Inkluderende miljøvariable er; dybde, %silt & ler, %groft sand/%fint sand og %glødetab af tørstof. Analyserne blev udført i Primer7 ved en "Distance based linear model" (DistLm).

En marginaltest viste, at der var en signifikant korrelation mellem infaunasamfundet og alle de målte miljøvariable ($P < 0,01$) og at en model, som inkluderede alle miljøvariable kunne beskrive 30% af ($R^2 = 0,30$) af den variation, som der var i infaunasamfundet mellem de kortlagte prøver. Tabel 4-24 viser, hvor stor en del af variationen i infaunasamfundet, som hver miljøvariabel for-

klarer alene samt ved en BESTtest (Best solution). Ved BESTtesten får man først forklaringsgraden af en miljøvariabel, herefter forklaringsgraden ved at inkludere endnu en miljøvariabel osv. indtil alle miljøvariable er inkluderet.

Tabel 4-24. Resultat af DistLm analysen for hver enkelt miljøvariabel samt ved en BESTtest.

Forklaret variation af hver miljøvariabel	BESTtest
% glødetab af tørstof - 23%	% glødetab af tørstof - 23%
% Silt & ler – 21%	%groft sand/%fint sand – 26%
Dybde – 15 %	Dybde – 28 %
%sand/%groft sand – 5 %	%Silt & ler – 30%

4.6.3 Det samlede kortlægningsområde

I det følgende beskrives områdernes biologi samlet for begge de kortlagte områder i forhold til de substratforhold, hvorpå den visuelle observation eller prøven er indsamlet. Substratforholdene er opdelt både i forhold til klassifikationen for substrattyper og for overordnede habitat-typer.

4.6.3.1 Epifauna

Når man sammenligner de biologiske forhold for Østlige Nordsøen (A1), jf. afsnit 4.6.1 og Doggerbanke Tail End (A2), jf. afsnit 4.6.2, fremstår epifaunaen meget ensartet for områderne. De samme arter dominerede stort set på de forskellige substrattyper. Sammenligningsgrundlaget hviler mest på de bløde substrater – substrattype 1a og 1b samt de overordnede habitat-typer CS, OCS og OCM, da disse var meget udbredte i begge kortlægningsområder. Her sås generelt et middel til højt antal fauna-arter (Tabel 4-25, Tabel 4-26).

Der er relativt flere beskrevne stationer i område A1 sammenlignet med område A2, hvilket kan forklare det højere artsantal i område A1. Dækningsgraderne for epifauna er sammenlignelige for begge kortlægningsområder. Når man ser på de grovere substrater, der var til stede i begge kortlægningsområder; substrattyper 2a og 2b samt den overordnede habitattype OCCS, sås et højt antal faunaarter repræsenteret i område A1 sammenlignet med A2 (Tabel 4-25, Tabel 4-26). Dette kan imidlertid forklares ud fra de få verificerede stationer med grovere substrater (tre stationer) i område A2 samt, at det grove substrat dækker over meget forskelligartet type havbund, fra grus, til småstenet fin sandbund med spredte sten, til decideret brolægningsbund bestående af småsten. Overfladesedimentet i område A1 var således bedre for settling af hårdbundsfæuna i forhold til området A2. Dækningsgraderne for epifauna er sammenlignelige for begge områder.

Tabel 4-25. Antal stationer, antal faunaarter og dækningsgrader i procent for epifauna fordelt på de forskellige kortlagte substrattyper i begge kortlægningsområder.

Substrattype	Antal stationer	Antal faunaarter	Faunadækning (%)	
			Overordnet	Lokal
A1, Østlige Nordsøen				
Substrattype 1a	40	27	1-5	-
Substrattype 1b	51	32	1-7	-
Substrattype 1c	1	3	<1	-
Substrattype 2a	11	17	<1-4	-
Substrattype 2b	14	29	<1-10	90
Substrattype 3	11	31	<1-30	80
Substrattype 4	4	28	3-15	90
A2, Doggerbanke Tail End				
Substrattype 1a	15	21	1-12	-
Substrattype 1b	27	25	1-10	-
Substrattype 2a	2	5	1-3	-
Substrattype 2b	1	5	4	-

Tabel 4-26. Antal stationer, antal faunaarter og dækningsgrader i procent for epifauna fordelt på de forskellige kortlagte overordnede habitattyper i begge kortlægningsområder.

Substrattype	Antal stationer	Antal faunaarter	Faunadækning (%)	
			Overordnet	Lokal
A1, Østlige Nordsøen				
Cirkalittoralt mudder (CM)	2	9	1-3	-
Cirkalittoralt sand (CS)	16	22	1-7	-
Cirkalittoralt groft sediment (CCS)	11	24	1-15	-
Cirkalittoralt blandet sediment (CMS)	5	24	<1-30	70
Offshore cirkalittoralt mudder (OCM)	38	21	1-5	-
Offshore cirkalittoralt sand (OCS)	32	25	1-7	-
Offshore cirkalittoralt groft sediment (OCCS)	17	35	1-10	90
Offshore cirkalittoralt blandet sediment (OCMS)	12	26	<1-20	90
A2, Doggerbanke Tail End				
Cirkalittoralt sand (CS)	15	18	1-10	-
Offshore cirkalittoralt mudder (OCM)	15	14	1-12	-
Offshore cirkalittoralt sand (OCS)	12	17	1-10	-
Offshore cirkalittoralt groft sediment (OCCS)	4	16	1-10	-

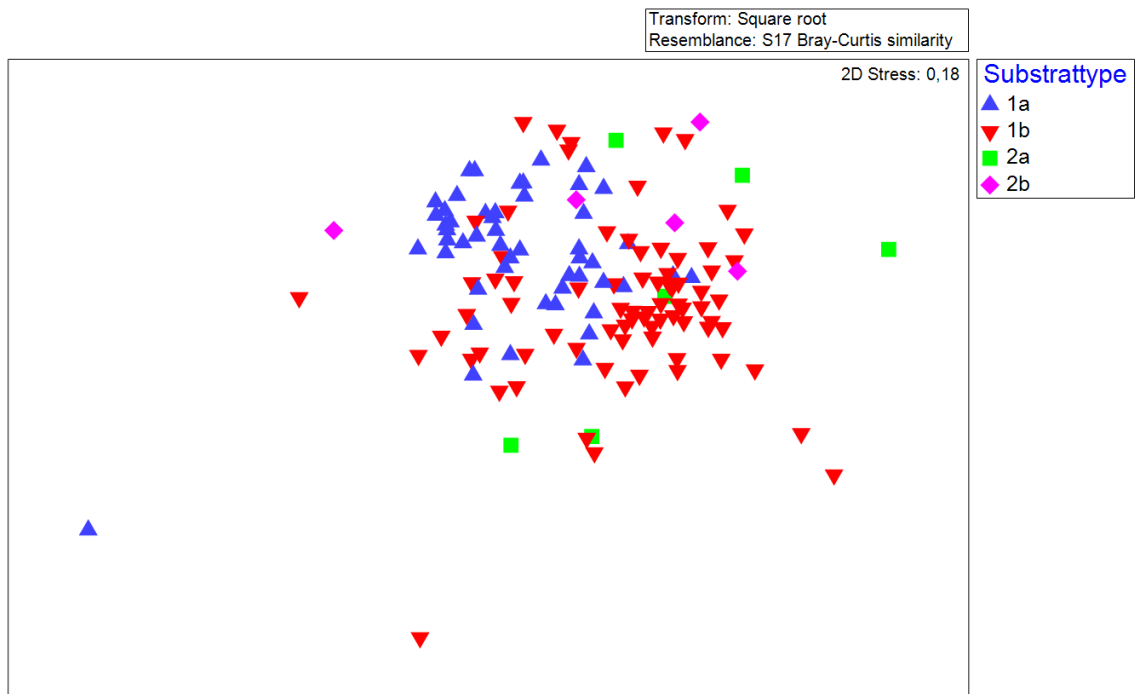
4.6.3.2 Infauna

Arteres fordeling i forhold til substratforhold og overordnede habitattype er i afsnittet herunder analyseret for det samlede datasæt på samme måde som for Østlige Nordsøen (se afsnit

4.6.1.3.3) og for Doggerbanke Tail End (se afsnit 4.6.2.3.3). Derudover er Shannon Wiener diversiteten (artsdiversiteten), AMBI- og DKI-indekset beregnet, med udgangspunkt i klassifikationen for substrattyper og for overordnede habitattyper, hvorpå de enkelte HAPS-prøver er indsamlet.

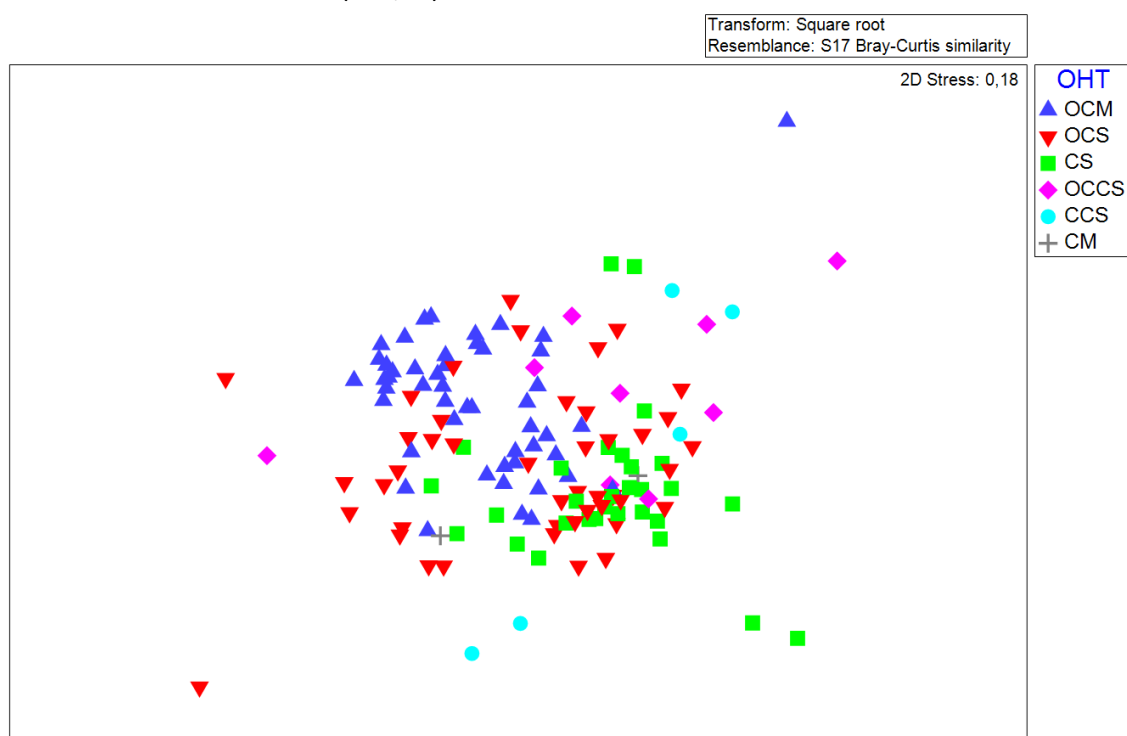
4.6.3.2.1 Arters fordeling i forhold til substrattyper og overordnede habitattyper

Ligesom der er anvendt multivariate statistiske analyser for hvert kortlægningsområde (Østlige Nordsøen og Doggerbanke Tail End) er samme analyser udført for begge områder samlet. Dette er gjort for at undersøge forskelle i artssammensætningen knyttet til forskellige substrattyper eller substratets overordnede habitattype samlet for de kortlagte områder. Bray-Curtis-similaritetsindeks anvender rangorden og vises på MDS-plot (multi-dimensionel skalering) til at identificere adskilte grupperinger. Figur 4-124 viser plottet for alle delprøver indsamlet i begge kortlægningsområder, mens farvekoden illustrerer på, hvilken substrattype delprøven blev indsamlet. Én HAPS-delprøve svarer til et overfladeareal på 0,0143 m². MDS-plottet viser en forholdsvis tydelig adskillelse i samfundet på henholdsvis substrattype 1a og 1b. Der var umiddelbart en stor spredning (varierende faunasammensætning) indenfor de delprøver, som blev indsamlet på henholdsvis substrattype 2a og 2b. En tilhørende statistisk test, i form af en ANOSIM analyse viser, at der var signifikant forskel mellem samfundene på substrattype 1a og 1b, 1a og 2a, 1a og 2b samt 1b og 2a ($P < 0,01$), mens øvrige forskelle ikke var signifikante (1b og 2b samt 2a og 2b). R-værdien indikerede, at der var en relativt høj grad af adskillelse mellem specielt faunaen i delprøverne på substrattype 1a og 2a ($R = 0,67$), mens graden af adskillelsen var moderat for faunaen i delprøverne på substrattype 1a og 2b ($R = 0,47$), substrattype 1b og 2a ($R = 0,35$) samt substrattype 1a og 1b ($R = 0,20$).



Figur 4-124. MDS-plottet illustrerer visuelt de forskelle og ligheder, som der var mellem delprøverne indsamlet for substrattyperne 1a, 1b, 2a og 2b. Bray-Curtis similaritets indekset, som vises på MDS plottet, er baseret på af 4. røds-transformerede data af de enkelte arters tilstedeværelse og tæthed i de enkelte delprøver. To helt ens delprøver vil i MSD-plottet placeres i samme position.

En lignende analyse udført i forhold til hvilken overordnede habitattype infauna-delprøven blev indsamlet på ses i Figur 4-125. På dette MDS-plot synes delprøverne indsamlet på Offshore cirkalittoralt mudder (OCM) adskilte fra de øvrige delprøver, mens der ikke umiddelbart nogen tydelig adskillelse i samfundene indsamlet på de øvrige overordnede habitattyper. En tilhørende statistisk test, i form af en ANOSIM analyse viste, at samfundene på OCM (Offshore cirkalittoralt mudder) var signifikant forskellige fra samfundene indsamlet på alle øvrige overordnede habitattyper ($P < 0,01$). Samfundet på OCS (Offshore Cirkalittoralt sand) var også signifikant forskelligt fra samfundene på OCCS (Offshore Cirkalittoralt groft sediment) og CCS (Cirkalittoralt groft sediment) ligesom CS (Cirkalittoralt sand) var signifikant forskelligt fra CCS og CM (cirkalittoralt mudder) ($P < 0,01$). Adskillelsen var størst mellem OCM og CCS ($R = 0,74$), men var også moderat mellem OCM og henholdsvis CS, OCCS og CM ($R = 0,43-0,52$) mellem OCS og CCS ($R = 0,32$), CS og OCCS ($R = 0,25$) samt CS og CCS ($R = 0,43$). Den signifikante forskel, der var mellem OCM og OCS, havde kun en lav adskillelse ($R = 0,20$).



Figur 4-125. MDS-plottet illustrerer visuelt de forskelle og ligheder, som der var mellem delprøverne indsamlet for de overordnede habitattyper (OHT: OCM (Offshore Cirkalittoralt mudder), OCS (Offshore Cirkalittoralt sand), CS (Cirkalittoralt sand), OCCS (Offshore Cirkalittoralt groft sediment), CCS (Cirkalittoralt groft sediment) og CM (Cirkalittoralt mudder)). Bray-Curtis similaritets indeks, som vises på MDS plottet, er baseret på af 4. rodstransformerede data af de enkelte arters tilstedeværelse og tæthed i de enkelte delprøver. To helt ens prøver vil i MSD-plottet placeres i samme position.

Af Figur 4-92 og Figur 4-117 fremgår det tydeligt, at prøverne ikke er indsamlet i puljer af 42 HAPS-prøver indenfor et afgrænset område med en homogen bund, som det foreskrives i retningslinjerne for indsamling af blødbundsfauna. MDS-analyserne for hvert kortlægningsområde (Figur 4-97, Figur 4-98, Figur 4-122 og Figur 4-123) samt for begge områder samlet (Figur 4-124 og Figur 4-125) illustrerer en opdeling af infaunasamfundet i forhold til på hvilken substrattype eller overordnede habitattype de enkelte prøver blev indsamlet. Med udgangspunkt i denne opdeling samt ved ikke at aggregere enkeltprøverne (se afsnit 3.3.4 (Hansen, 2018)) beregnes

Shannon Wiener diversiteten (artsdiversiteten), AMBI- og DKI-indekset for hvert kortlægningsområde og for hele datasættet herunder (afsnit 4.6.3.2.2).

4.6.3.2.2 Fauna-indeks for områdets substrattyper og overordnede habitattyper

I dette afsnit præsenteres de beregnede indekser for hvert kortlægningsområde og for det samlede område i forhold til de kortlagte substrattyper og overordnede habitattyper, hvor hver enkelt prøve blev indsamlet.

Afsnit 3.3.4 beskriver, hvordan hvert indeks beregnes og tolkes.

Tabel 4-27. Bundfaunaanalyse opdelt i forhold til substrattype (ST: 1a, 1b eller 2) og overordnede habitattype (OHT: OCM (Offshore Cirkalittoralt mudder), OCS (Offshore Cirkalittoralt sand), OCCS (Offshore Cirkalittoralt groft sediment), CM (Cirkalittoralt mudder), CS (Cirkalittoralt sand) og CCS (Cirkalittoralt groft sediment), og indenfor prøvetagningsområdet Østlige Nordsøen (A1). n angiver antallet af HAPS-prøver inden for hver "opdeling" i forhold til substrattype og overordnede habitattype. Dybden angiver gennemsnitsdybden for "opdeling" samt dybdespændet (min/max), S_1 angiver det gennemsnitlige antal arter i en HAPS-prøve. Tætheden angiver individtætheden pr. kvadratmeter, VV angiver vådvægten pr. kvadratmeter, TV angiver tørvægten pr. kvadratmeter, S_n angiver artsrigdommen i n prøver, AMBI er beregnet for individuelle HAPS-prøver, H' angiver den gennemsnitlige Shannon-diversitet for en HAPS-prøve. DKI-værdien er beregnet under antagelse af, at saltholdigheden er ca. 30 psu. Usikkerheden angives ved standardafvigelsen.

Østlige Nordsøen	n	Dybde m	S_1	Tæthed Antal m ⁻²	VV g m ⁻²	TV g m ⁻²	S_n	AMBI	H'	DKI v.3
Substrattyper										
ST 1a	37	49,6 (41,7-55,3)	8	1790	2,54	0,89	75	1,88	1,52	0,80±0,07
ST 1b	52	43,5 (27,8-51,4)	6,2	1809	1,82	1,04	88	1,83	1,27	0,76±0,14
ST 2	9	43,8 (37,8-50,4)	5,6	1089	0,15	0,03	38	1,96	1,37	0,78±0,12
Overordnede habitattyper										
OCM	35	50,0 (43,8-55,3)	8,1	1668	2,41	0,79	73	1,87	1,55	0,80±0,07
OCS	34	45,8 (39,0-51,4)	6,2	1334	1,73	1,01	74	1,95	1,37	0,78±0,12
OCCS	7	46,0 (41,5-50,4)	5,0	960	0,18	0,04	30	2,23	1,27	0,72±0,20
CM	2	42,5 (41,7-43,2)	6,0	3920	4,91	2,67	13	1,96	0,99	0,82±0,10
CS	15	38,6 (27,8-46,3)	6,9	3295	2,39	1,30	51	1,49	1,15	0,75±0,14
CCS	5	39,4 (37,6-41,8)	4,0	476	0,03	0,01	19	1,74	1,16	0,67±0,15
Gennemsnit for området - Østlige Nordsøen										
Gns.	98	45,8 (27,8-55,3)	6,8	1736	1,94	0,89	118	1,86	1,38	0,78±0,12

Som det fremgår af Tabel 4-27 varierede antallet af HAPS-prøver indenfor de observerede substrattyper og overordnede habitattyper meget. Det er vigtigt at medtage prøveantallet, når indekserne efterfølgende tolkes. Dybden varierede meget og der er en stor grad af overlap i dybdeintervallerne for de enkelte substratklassifikationer. Det er dog også tydeligt, at HAPS-prøverne indsamlet på substrattype 1a generelt er karakteriseret ved en større vanddybde sammenlignet med substrattype 1b og 2, hvilket også er helt forventeligt – jo større vanddybde, desto finere sediment. På samme måde forholdt det sig for opdelingen i forhold til overordnede habitattyper omend der her også var en opdeling i offshore typer; OCCS (Offshore Cirkalittoralt Groft Sediment), OCM (Offshore Cirkalittoralt Mudder) og OCS (Offshore Cirkalittoralt Sand) som forekom på dybere vand sammenlignet med de ikke-offshore typer CM (Cirkalittoralt Mudder), CS (Cirkalittoralt Sand) og CCS (Cirkalittoralt Groft Sediment). Gennemsnittet af arter per prøve

varierede fra 4 til 8,1 indenfor de kortlagte substratklassifikationer og var højest for de prøver, som blev indsamlet på den fine sand/mudder bund, som modsvarer henholdsvis substrattype 1a og OCM (Offshore Cirkalittoralt mudder). Tætheden af arter varierede fra 476 til 3295 individer pr m² (CM indgår ikke da n=2). Tætheden af individer pr. m² øgedes helt tydeligt fra de grove substratklassifikationer (substrattype 2, CCS og OCCS) til de finere (substrattype 1a og 1b samt CM, CS, OCM, OCS). Der var ingen tydelige forskelle i tætheden af individer mellem prøver indsamlet på sand (substrattype 1b, CS og OCS) og fint sand/mudder (substrattype 1a, CM, OCM), omend tætheden synes større på den lavere vanddybder for fint sand og mudder (CM, CS) end i prøverne indsamlet på dybere vand (OCM og OCS). Den samlede artsrigdom (S_n) for de prøver, som blev indsamlet, indikerede at være meget afhængigt af antallet af prøver, som blev indsamlet på den enkelte substrattype eller overordnede habitattype. AMBI-indekset varierede fra 1,49 til 2,23 for alle substratklassifikationer og karakteriserer alle områder, på baggrund af de observerede arter, til at være let forstyrrede og alle infaunasamfund som værende i ubalance (se afsnit 3.3.4). Shannon Wiener diversiteten (artsdiversiteten) lå for alle substratklassifikationer lavt (1,15-1,55, *CM ikke inkluderet da n=2), omend den for samfundet på substrattype 1a og den overordnede habitattype OCM lå inden for det niveau, som typisk ses (1,5-3,5). DKI-værdien varierede fra 0,67 til 0,80 for alle de kortlagte substratklassifikationer på nær CM (Cirkalittoralt Mudder), hvilket klassificerede den økologiske tilstand som god (0,60-0,82) (CM = 0,82- høj økologisk tilstand, n=2).

Tabel 4-28. Bundfaunaanalyser opdelt i forhold til substrattype (ST: 1a, 1b eller 2) og overordnede habitattype (OHT: OCM (Offshore Cirkalittoralt mudder, OCS (Offshore Cirkalittoralt sand), OCCS (Offshore Cirkalittoralt groft sediment), CCS (Cirkalittoralt groft sediment), CS (Cirkalittoralt sand)) og inden for prøvetagningsområdet Doggerbanke Tail End (A2). n angiver antallet af HAPS-prøver inden for hver "opdeling" i forhold til substrattype og overordnede habitattype. Dybden angiver gennemsnitsdybden for "opdeling" samt dybdespændet (min/max), S₁ angiver det gennemsnitlige antal arter i en HAPS-prøve. Tætheden angiver individtætheden pr. kvadratmeter, VV angiver vådvægten pr. kvadratmeter, TV angiver tørvægten pr. kvadratmeter, S_n angiver artsrigdommen i n prøver, AMBI er beregnet for individuelle HAPS-prøver, H' angiver den gennemsnitlige Shannon-diversitet for en HAPS-prøve. DKI-værdien er beregnet under antagelse af, at saltholdigheden er ca. 30 psu. Usikkerheden angives ved standardafvigelsen.

Doggerbanke Tail End	n	Dybde m	S ₁	Tæthed Antal m ⁻²	VV g m ⁻²	TV g m ⁻²	S _n	AMBI	H'	DKI v.3
Substrattyper										
ST 1a	14	48,2 (42,6-55,1)	10,2	2730	0,62	0,16	52	2,10	1,54	0,81±0,04
ST 1b	27	40,4 (34,2-50,9)	9,4	2279	6,79	4,73	60	1,88	1,68	0,83±0,04
ST 2	2	44,6 (42,6-46,5)	8,0	1085	0,18	0,04	14	1,84	1,83	0,79±0,07
Overordnede habitattyper										
OCM	14	48,2 (42,6-55,1)	10,2	2730	0,62	0,16	52	2,10	1,54	0,81±0,04
OCS	12	43,6 (41,0-50,9)	9,1	2153	14,27	10,08	42	1,91	1,66	0,82±0,04
OCCS	2	43,3 (42,6-44,0)	8,0	1260	0,47	0,26	13	1,63	1,78	0,83±0,01
CS	15	38,0 (34,2-41,8)	9,7	2357	0,76	0,42	46	1,89	1,71	0,83±0,04
Gennemsnit for området - Doggerbanke Tail End										
Gns.	43	43,1 (34,2-55,1)	9,6	2370	4,47	3,02	79	1,95	1,64	0,82±0,04

Som det fremgår af Tabel 4-28 varierede antallet af HAPS-prøver indenfor de observerede substrattyper og overordnede habitattyper meget. Det er vigtigt at medtage prøveantallet, når in-

deksene efterfølgende tolkes. Dybden varierede meget og der er en stor grad af overlap i dybdeintervallerne for de enkelte substratklassifikationer. Det er dog også tydeligt, at HAPS-prøverne indsamlet på substrattype 1a generelt er karakteriseret ved en større vanddybde sammenlignet med substrattype 1b og 2, hvilket også er helt forventeligt – jo større vanddybde, desto finere sediment. På samme måde forholdt det sig for opdelingen i forhold til overordnede habitattyper, hvor CS (Cirkalittoralt Sand) og substrattype 1b blev observeret på lavere vand end substrattype 1a og 2, OCM (Offshore Cirkalittoralt Mudder), OCS (Offshore Cirkalittoralt Sand) og OCCS (Offshore Cirkalittoralt Groft Sediment). Gennemsnittet af arter per prøve varierede fra 8 til 10,2 inden for de kortlagte substratklassifikationer og var højest for de prøver, som var indsamlet på den fine sand/mudder bund, som modsvarer henholdsvis substrattype 1a og OCM (Offshore Cirkalittoralt mudder). Tætheden af arter varierede fra 1085 til 2730 individer pr m². Tætheden af individer pr. m² øgedes helt tydeligt fra de grove substratklassifikationer (substrattype 2 og OCCS til de finere (substrattype 1a og 1b samt CS, OCM, OCS). Der er ingen tydelige forskelle i tætheden af individer mellem prøver indsamlet på sand (substrattype 1b, CS og OCS) og fint sand/mudder (substrattype 1a, CM, OCM). Den samlede artsrigdom (Sn) for de prøver, som er indsamlet, indikerede at være meget afhængigt af antallet af prøver, som blev indsamlet på den enkelte substrattype eller overordnede habitattype. AMBI-indekset varierede fra 1,63 til 2,10 for alle substratklassifikationer og karakteriserede alle området, på baggrund af de observerede arter, til at være let forstyrrede og alle infaunasamfund som værende i ubalance (se afsnit 3.3.4). Shannon Wiener diversiteten (artsdiversiteten) var for alle substratklassifikationer mellem 1,54 til 1,83, hvilket er inden for det niveau som man typisk ser (1,5-3,5). DKI-værdien varierede fra 0,78 til 0,83 inden for alle de kortlagte substratklassifikationer. Dette klassificerede den økologiske tilstand som høj indenfor alle de kortlagte substratklassifikationer på nær substrattype 2, hvor den økologiske tilstand klassificerede som god.

Tabel 4-29. Bundfaunaanalyser opdelt i forhold til substrattype (ST: 1a, 1b eller 2) og overordnede habitattype (OHT: OCM (Offshore Cirkalittoralt mudder), OCS (Offshore Cirkalittoralt sand), OCCS (Offshore Cirkalittoralt groft sediment), CM (Cirkalittoralt mudder), CS (Cirkalittoralt sand), CCS (Cirkalittoralt groft sediment)) og samlet indenfor prøvetagningsområderne Østlige Nordsøen og Doggerbanke Tail End (A1 og A2). n angiver antallet af HAPS-prøver inden for hver "opdeling" i forhold til substrattype og overordnede habitattype. Dybden angiver gennemsnitsdybden for "opdeling" samt dybdespændet (min/max), S₁ angiver det gennemsnitlige antal arter i en HAPS-prøve. Tætheden angiver individtætheden pr. kvadratmeter, VV angiver vådvægten pr. kvadratmeter, TV angiver tørvægten pr. kvadratmeter, S_n angiver artsrigdommen i n prøver, AMBI er beregnet for individuelle HAPS-prøver, H' angiver den gennemsnitlige Shannon-diversitet for en HAPS-prøve. DKI-værdien er beregnet under antagelse af, at saltholdigheden er ca. 30 psu. Usikkerheden angives ved standardafvigelsen.

Begge områder	n	Dybde m	S ₁	Tæthed Antal m ⁻²	VV g m ⁻²	TV g m ⁻²	S _n	AMBI	H'	DKI v.3
Substrattyper										
ST 1a	51	49,2 (41,7-55,3)	8,6	2048	2,02	0,69	93	1,94	1,52	0,80±0,06
ST 1b	79	42,4 (27,8-51,4)	7,3	1970	3,52	2,30	103	1,85	1,42	0,78±0,12
ST 2	11	43,7 (37,8-50,4)	6,0	1088	0,16	0,03	43	1,94	1,46	0,78±0,11
Overordnede habitattyper										
OCM	49	49,5 (42,6-55,3)	8,7	1971	1,90	0,61	93	1,94	1,54	0,80±0,06
OCS	45	45,1 (39,0-51,4)	7,0	1548	5,00	3,37	86	1,94	1,45	0,79±0,10
OCCS	9	45,3 (41,5-50,4)	5,7	1027	0,24	0,09	36	2,09	1,40	0,75±0,17
CM	2	42,5 (41,7-43,2)	6,0	3920	4,91	2,67	12	1,96	0,99	0,82±0,10
CS	30	38,3 (27,8-46,3)	8,3	2826	1,58	0,86	72	1,69	1,43	0,79±0,11
CCS	5	39,4 (37,6-41,8)	4,0	476	0,03	0,01	18	1,74	1,16	0,67±0,15
Gennemsnit for området – begge områder samlet										
Gns.	141	45,0 (27,8-55,3)	7,66	1929	2,71	1,54	136	1,89	1,46	0,79±0,10

Som det fremgår af Tabel 4-29 varierede antallet af HAPS-prøver indenfor de observerede substrattyper og overordnede habitattyper meget. Det er vigtigt at medtage prøveantallet, når indeksene efterfølgende tolkes. Dybden varierede meget og der er en stor grad af overlap i dybdeintervallerne for de enkelte substratklassifikationer. Det er dog også tydeligt, at HAPS-prøverne indsamlet på substrattype 1a generelt er karakteriseret ved en større vanddybde sammenlignet med substrattype 1b og 2, hvilket også er helt forventeligt – jo større vanddybde jo finere sediment. På samme måde forholdt det sig for opdelingen i forhold til overordnede habitattyper omend der her også var en opdeling i offshore typer; OCCS (Offshore Cirkalittoralt Groft Sediment), OCM (Offshore Cirkalittoralt Mudder) og OCS (Offshore Cirkalittoralt Sand) som forekom på dybere vand sammenlignet med de ikke-offshore typer CM (Cirkalittoralt Mudder), CS (Cirkalittoralt Sand) og CCS (Cirkalittoralt Groft Sediment). Gennemsnittet af arter per prøve varierede fra 4 til 8,7 inden for de kortlagte substratklassifikationer og var højest for de prøver, som var indsamlet på den fine sand/mudder bund, som modsvarer henholdsvis substrattype 1a og OCM (Offshore Cirkalittoralt mudder). Tætheden af arter varierede fra 476 til 2826 individer pr. m² (CM er ikke inkluderet, n=2). Tætheden af individer pr. m² øgedes helt tydeligt fra de grove substratklassifikationer (substrattype 2, CCS og OCCS til de finere (substrattype 1a og 1b samt CS, OCM, OCS og CM). Der var ingen tydelige forskelle i tætheden af individer mellem prøver indsamlet på sand (substrattype 1b, CS og OCS) og fint sand/mudder (substrattype 1a, CM, OCM). Den samlede artsrigdom (S_n) for de prøver, som blev indsamlet, indikerede at være meget afhængigt af antallet af prøver, som blev indsamlet på den enkelte substrattype eller over-

ordnede habitattype. Samlet i hele kortlægningsområdet blev der bestemt 136 forskellige infaunaarter. AMBI-indekset varierede fra 1,69 til 2,09 for alle substratklassifikationer og karakteriserede alle området, på baggrund af de observerede arter, til at være let forstyrrede og alle infaunasamfund som værende i ubalance (se afsnit 3.3.4). Shannon Wiener diversiteten (artsdiversiteten) var for alle substratklassifikationer mellem 1,16 til 1,54, og er for langt de fleste substratklassifikationer under det niveau som man typisk ser (1,5-3,5). Faktisk er det kun for prøver indsamlet indenfor substrattype 1a og den overordnede habitattype OCM, at Shannon-diversiteten var >1,5. DKI-værdien varierede fra 0,67 til 0,80 indenfor alle de kortlagte substratklassifikationer (CM ikke medtaget, n=2). Dette klassificerede den økologiske tilstand som god indenfor alle de kortlagte substratklassifikationer på tværs af de to kortlagte områder.

4.6.3.2.3 Forklaringsgrad af miljøvariable

Infaunasamfundet i alle delprøver blev analyseret for at se, hvor meget af variationen i infaunasamfundet, som kunne forklares med de målte miljøvariable. Inkluderende miljøvariable er; dybde, %silt & ler, %groft sand/%fint sand og %glødetab af tørstof. Analyserne blev udført i Primer7 ved en "Distance based linear model" (DistLm, AIC) (Anderson, Gorley & Clarke, 2008).

En marginaltest viste, at der var en signifikant korrelation mellem infaunasamfundet og alle de målte miljøvariable ($P < 0,01$) og at en model, som inkluderede alle miljøvariable kunne beskrive 20% af ($R^2 = 0,20$) af den variation, som der var i infaunasamfundet mellem de kortlagte prøver. Tabel 4-30 viser, hvor stor en del af variationen i infaunasamfundet, som hver miljøvariabel forklarer alene samt ved en BESTtest (Best solution). Ved BESTtesten får man først forklaringsgraden af en miljøvariabel, herefter forklaringsgraden ved at inkludere endnu en miljøvariabel osv. indtil alle miljøvariable er inkluderet.

Tabel 4-30. Resultat af DistLm analysen for hver enkelt miljøvariabel samt ved en BESTtest.

Forklaret variation af hver miljøvariabel	BESTtest
% Silt & ler – 13 %	% Silt & ler – 13 %
Dybde – 8 %	%sand/%groft sand – 17 %
% glødetab af tørstof – 7 %	Dybde – 19 %
%sand/%groft sand – 4 %	% glødetab af tørstof – 20 %

4.7 Andre observationer (vrag, trawl, rørledninger)

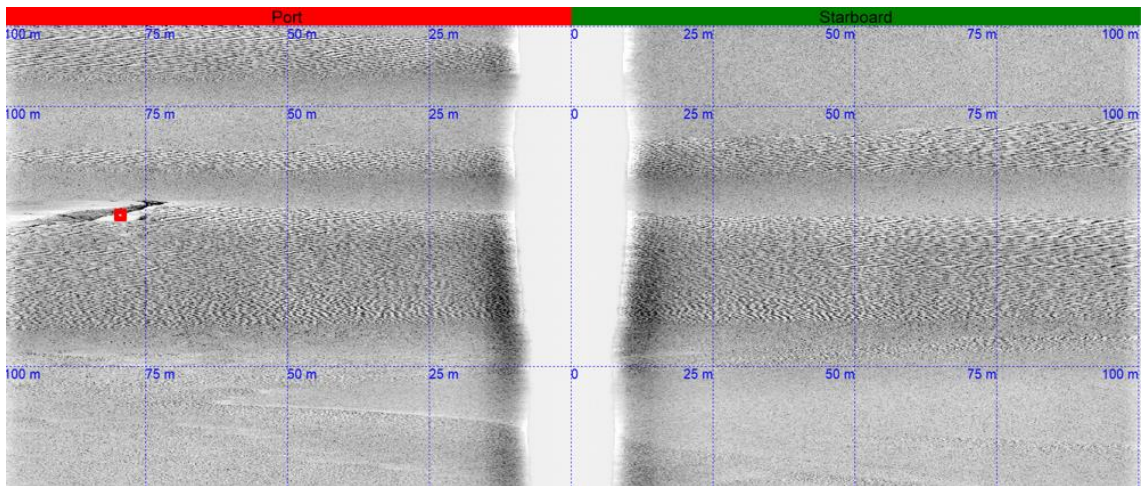
I forbindelse med de geofysiske og biologiske undersøgelser er der observeret forskellige menneskelige aktiviteter og objekter på havbunden. Disse aktiviteter og objekter er primært relateret til trawling, vrag og rørledninger. Bundtrawling er tolket på sidescan-data som værende tilstede eller ikke tilstede. Tilstede er defineret som, at der inden for få hundrede meter forekommer en eller flere spor efter bundtrawling. Ikke tilstede er defineret som, at der inden for få hundrede meter ikke er observeret spor efter bundtrawling.

Menneskelig aktivitet og objekter som beskrevet i ovenstående, er observeret i begge kortlægningsområder. I det efterfølgende præsenteres oversigtskort over de tre nævnte kategorier af

menneskelig aktivitet og objekter, observeret i henholdsvis Østlige Nordsøen (Figur 4-128) og Doggerbanke Tail End (Figur 4-138), og der vises eksempler på disse som registreret med side-scan sonar, sedimentekkolod og ROV-billeder.

4.7.1 Østlige Nordsøen

I forbindelse med kortlægningen er der observeret et vrags-lignende objekt indenfor område A1, beliggende på ~44 m vanddybde. Vraget er først observeret på sidescan-data (Figur 4-126) og efterfølgende bekræftet af ROV-observation (Figur 4-127). Yderligere eksempler på vrags og dertilhørende beskrivelse fremgår af Figur 4-129 og Figur 4-130 i afsnit 4.7.2.



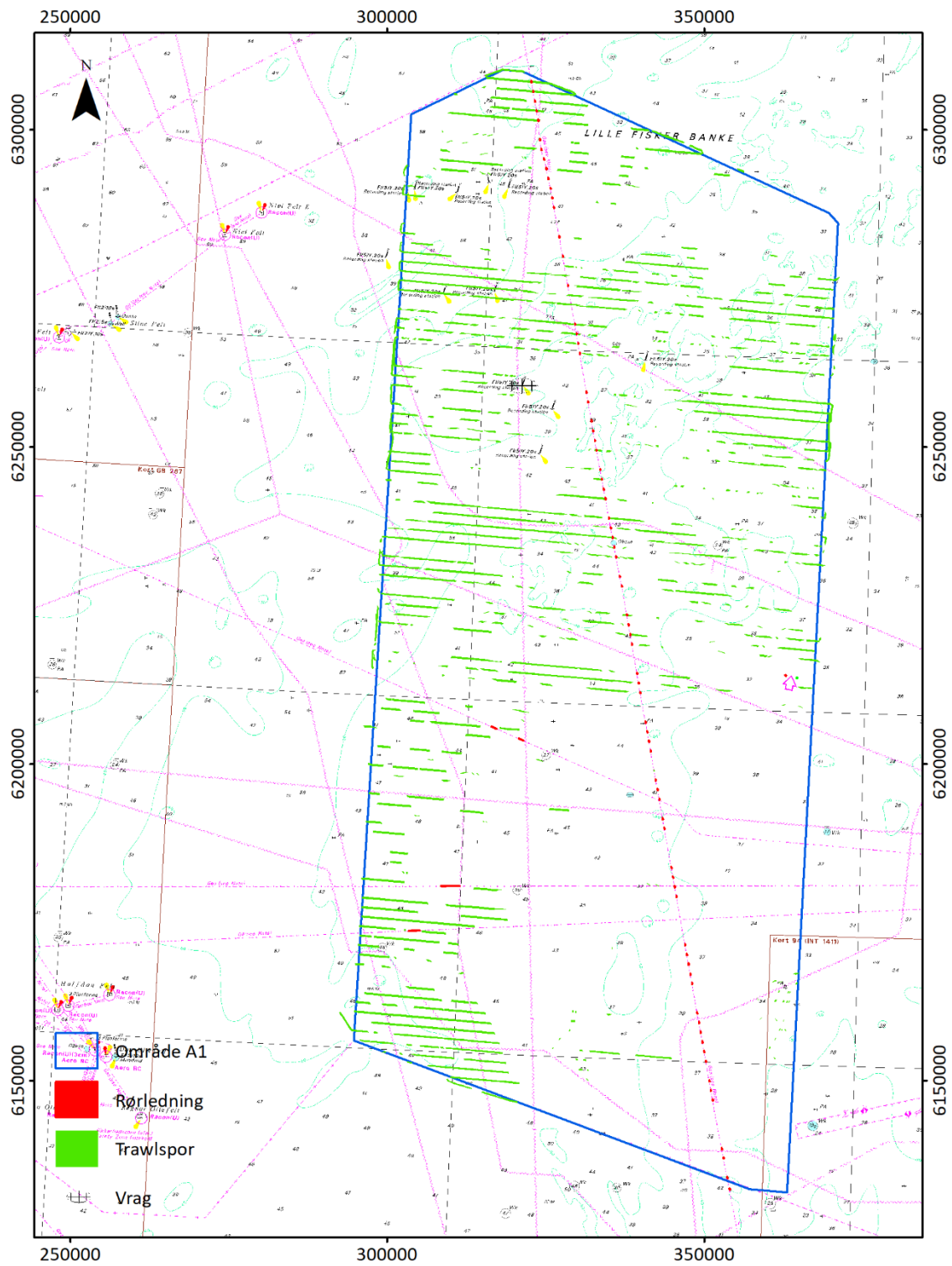
Figur 4-126. Vraglignende objekt identificeret på sidescan i område A1. Rødt mærke: ROV-station A1.82.



Figur 4-127. ROV-billede ved positionen for det vrags-lignende objekt i område A1. ROV-station A1.82.

Rørledninger er registreret de steder, hvor de ikke er overlejret af sediment. De registrerede rørledninger fremgår af Figur 4-128, hvor det også fremgår at deres position er sammenfaldende med registrerede rørledninger på det bagvedliggende søkort. Eksempler på rørledninger identificeret med sidescan sonar og sedimentekkolod, samt en mere detaljeret beskrivelse fremgår af Figur 4-131, Figur 4-132 og Figur 4-133 i afsnit 4.7.2.

Trawlspor er observeret i betydeligt omfang i område A1, primært på substrattyperne 1a (siltet sandbund eller dynd), 1b (fast sandbund) og 2a (sand, grus og småsten), jf. Figur 4-20 og Figur 4-128. Trawlspor er hovedsageligt observeret i den vestlige del, samt den nordlige halvdel af området. Eksempler på trawlspor registreret med sidescan sonar, sedimentekkolod og ROV, samt en mere detaljeret beskrivelse af disse fremgår af Figur 4-135, Figur 4-136, og Figur 4-137 i afsnit 4.7.2.

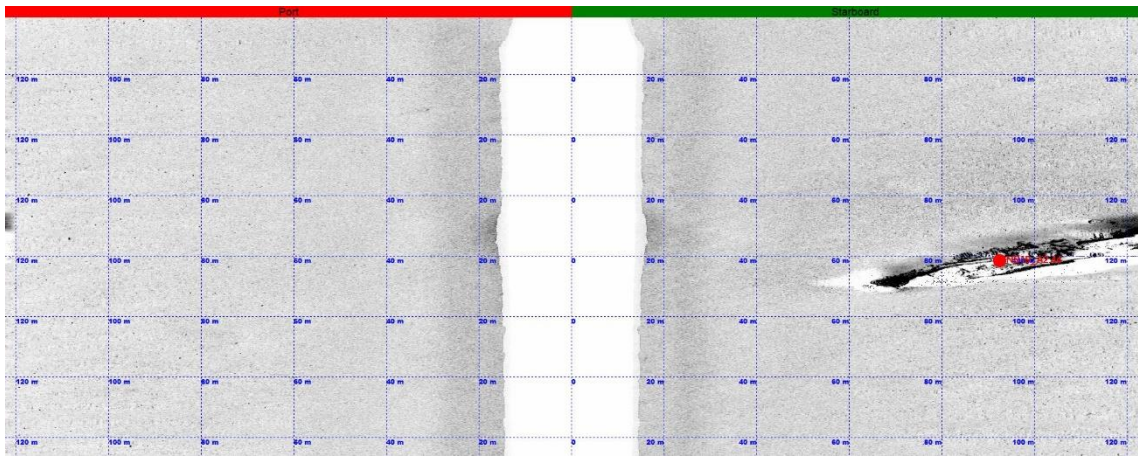


Figur 4-128. Observeret menneskelig aktivitet og objekter på havbunden i østlige Nordsøen (område A1).

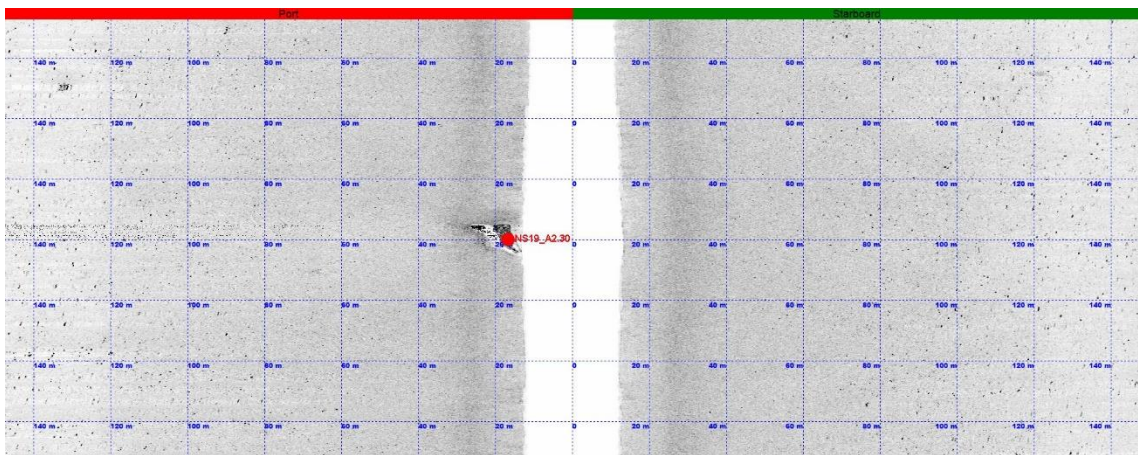
4.7.2 Doggerbanke Tail End

I forbindelse med den geofysiske kortlægning er der registreret flere større og mindre menneskeskabte objekter (eng: MMOs). Mange af dem er ikke verificeret med ROV-optagelser og er derfor kun dokumenteret ved sidescan-kortlægningen og til dels ved den seismiske kortlægning. Det største objekt dokumenteret på sidescan-data, som formodes at være et vrage, er udpeget ved ROV-station A2.44 (Figur 4-129). Grundet risiko for at ødelægge ROV'en, blev der ikke foretaget ROV-optagelser på denne station.

På sidescan-data er der identificeret et andet større vrage, som formodentlig er delvist begravet af mobilt sediment (Figur 4-130).



Figur 4-129. Sidsescan-eksempel fra ROV-station A2.44, der viser et stort vrage (>70 meter langt) beliggende i den nordøstlige del af området på ~47 meters dybde. Vraget er ikke verificeret med ROV-optagelse.

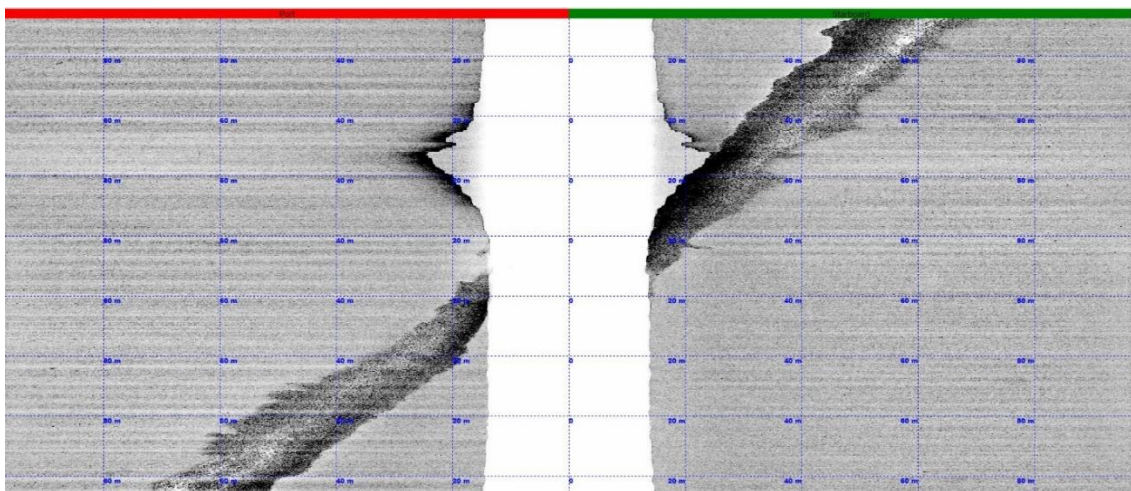


Figur 4-130. Sidsescan-eksempel fra ROV-station A2.30, der viser et muligt vrage beliggende i den østlige del af området på ~47 meters dybde. Det mulige vrage blev ikke genfundet på ROV-optagelserne.

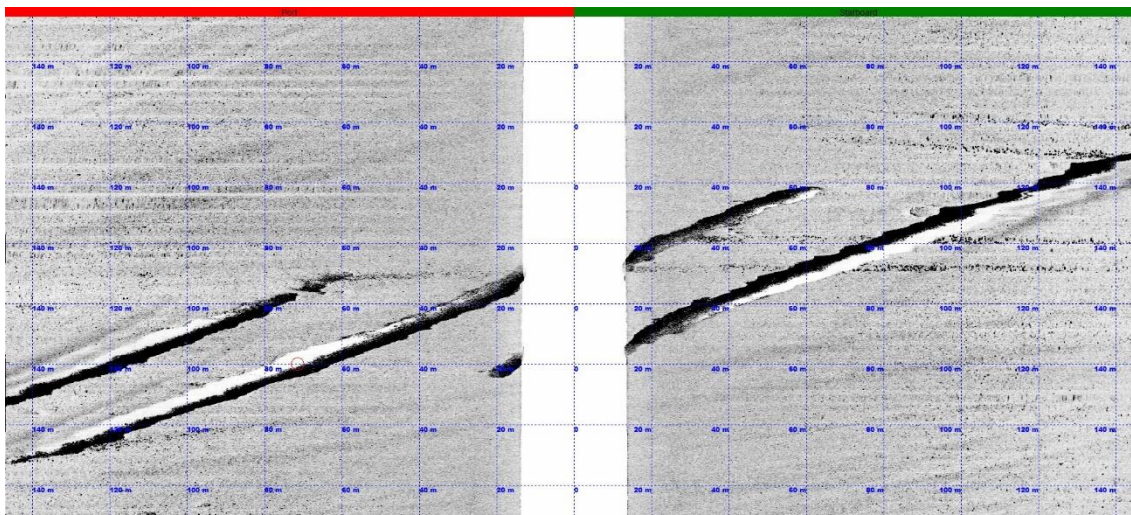
Udover ovenstående mulige vrage er der i forbindelse med sidescan-kortlægningen kun registreret få og mindre potentielle objekter. I forbindelse med sidescan-tolkningen og ROV-undersøgelserne er der ikke fundet andre større menneskeskabte objekter på havbunden med undtagelse af rørledninger som er beskrevet nedenfor.

Der er flere steder, på baggrund af sidescan-data og seismiske data, registreret rørforinger på eller i havbunden. Doggerbanke Tail End (område A2) er beliggende i et område karakteriseret ved forekomst af mange olie- og gaskabler, som gennemskærer området og som forbinder platformene.

Typisk er olie- og gaskablerne begravet under havbunden med et beskyttelseslag bestående af sand, grus og småsten ovenpå (substrattype 2a), jf. Figur 4-131. Dette lag danner en smal korridor af signifikant anderledes substrat langs kablet sammenlignet med den omkringliggende havbund. På substrattypekortet (Figur 4-31) er disse strukturer identificeret og tolket. Udbredt ses flere parallelle strukturer, som følger rørforingen og formodes at være relateret til yderligere rørforinger langs korridoren (Figur 4-132).



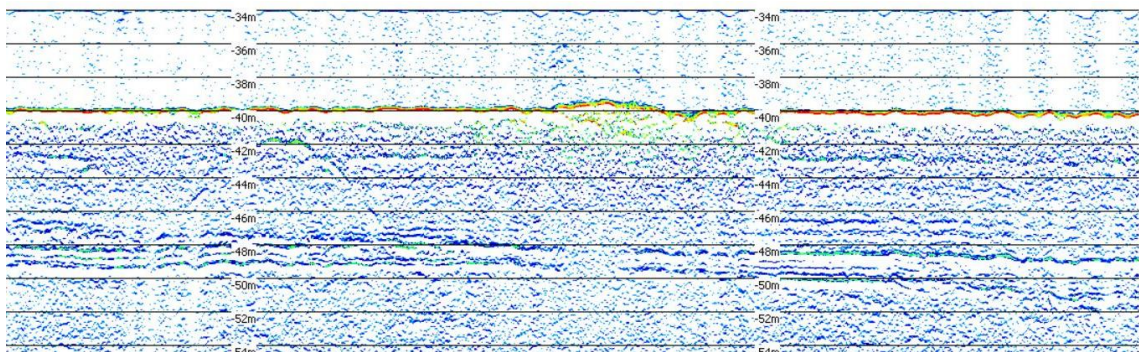
Figur 4-131. Sidsescan-eksempel af en gruset og småstenet bund oven på en rørledning. Eksemplet er fra den centrale del af området beliggende på ~40 meters vanddybde.



Figur 4-132. Sidsescan-eksempel af en gruset og småstenet bund oven på flere rørledninger. Eksemplet er fra den centrale del af området beliggende på ~40 meters vanddybde (linie A213.008).

Ovenstående blotlagte strukturer på havbunden er primært observeret på sidescan-data langs rørledningerne mellem Skjold og Gorm Oliefelt beliggende i den centrale og vestlige del af området. Derudover er strukturerne identificeret langs rørledningerne mellem Gorm Oliefelt og henholdsvis Rolf Oliefelt og Tyra Gasfelt, mellem Skjold Oliefelt og Dan Oliefelt samt mellem Dan Oliefelt og Kraka Oliefelt.

På de seismiske data ses det, at beskyttelseslaget oven på rørledningerne ofte danner et relief, som typisk stikker 0,5-1 m op over den omgivende havbund. Intensiteten af det reflekterede signal er større oven på rørledningerne, hvilket indikerer at sedimentet oven på rørledningerne er hårdere sammenlignet med det omgivende sediment (Figur 4-133).

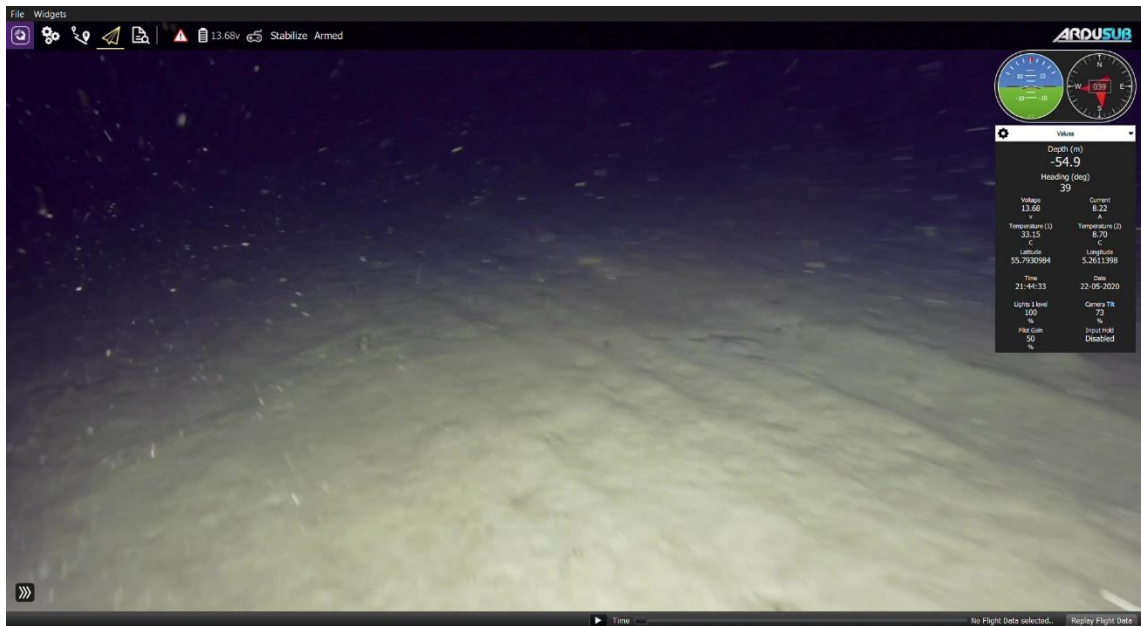


Figur 4-133. Seismisk eksempel A2_26_08062019_014947, der viser et relief af hårdt sediment oven på rørledningen. Nede i sedimentet ses en hyperbel struktur, som indikerer tilstedeværelsen af en eller flere begravede rørledninger.

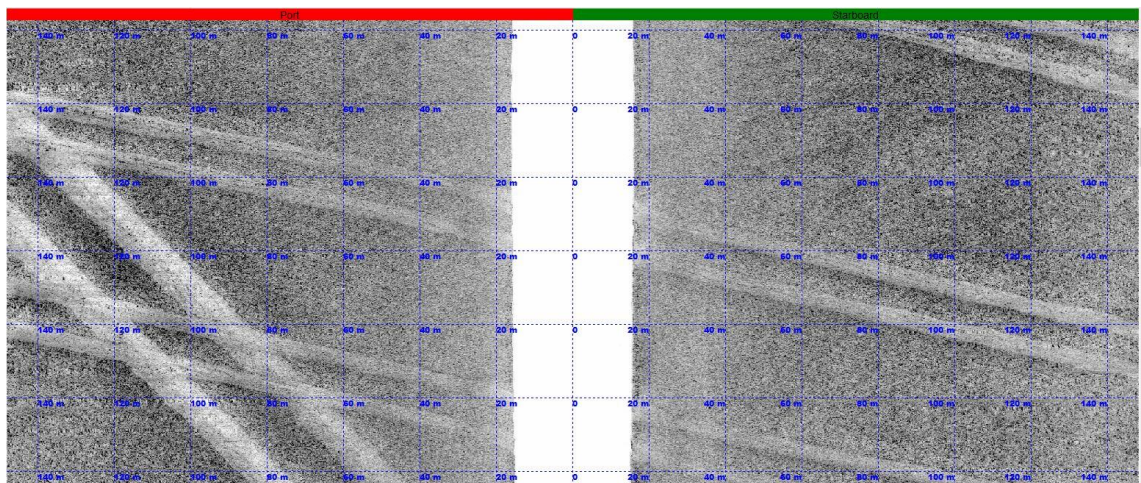
Der er flere steder registreret substrattype 1b hen over rørledningerne, hvilket kan skyldes mobile sandlag som må formodes at overlejre beskyttelseslaget (substrattype 2a). De sporadiske forekomster af substrattype 2a ved havbunden langs rørledningerne, fremgår også af substrattypekortene (især tydeligt i område A2, Figur 4-31). Det må antages at udbredelsen af beskyttelseslaget (substrattype 2a) varierer over tid i takt med at de mere mobile sandlag vandrer hen over havbunden.

Trawlspor er registreret i betydeligt omfang indenfor område A2. På sidescan-data ses sporene typisk som to parallelle spor dannet af trawlskærene. Trawlskærene skærer sig ned i havbunden og efterlader en korridor langs sejlretningen, hvor sedimentet er forstyrret.

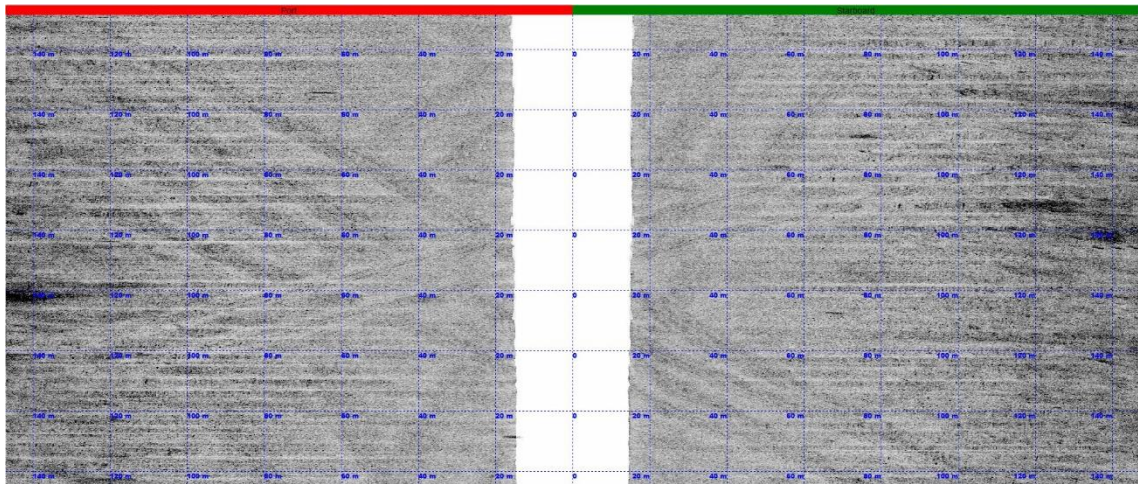
Trawlspor er registreret både på den bløde siltede bund (substrattype 1a) (Figur 4-134) og den mere sandede bund (substrattype 1b) (jf. Figur 4-135 og Figur 4-136). På sidescan-data ses det, at trawlsporene krydser hinanden i irregulære mønstre og med varierende bredde.



Figur 4-134. ROV-billede af en substrattype 1a. Eksemplet er fra ROV-station A2.11 beliggende i den nordøstlige del af området optaget på ~54 meters dybde. På optagelsen ses en blød siltet bund med en del trawlspor.

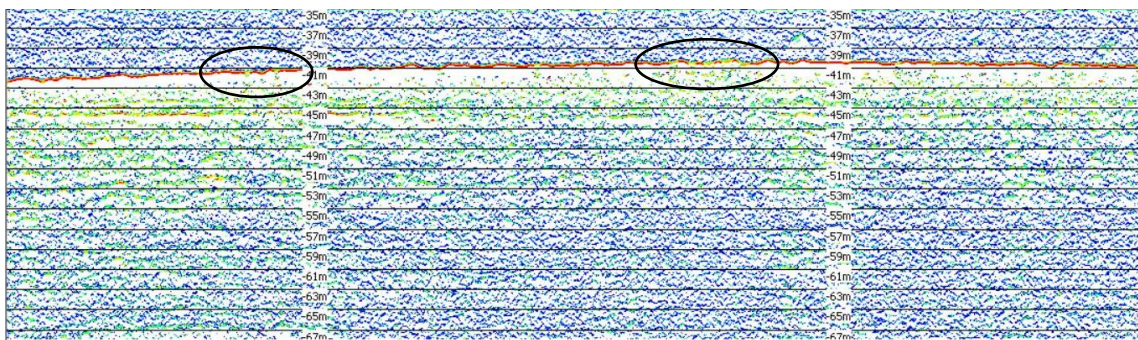


Figur 4-135. Sidescan-eksempel af en sandet bund med en del trawlspor, der krydser hinanden. Eksemplet er fra den centrale del af området (linie A221.0004).



Figur 4-136. Sidescan-eksempel af en substrattype 1b bestående af en finkornet sandbund. På bunden ses tydelig spor efter trawling. Eksemplet er fra den centrale del af området beliggende på ~41 meters vanddybde (Line 18.04).

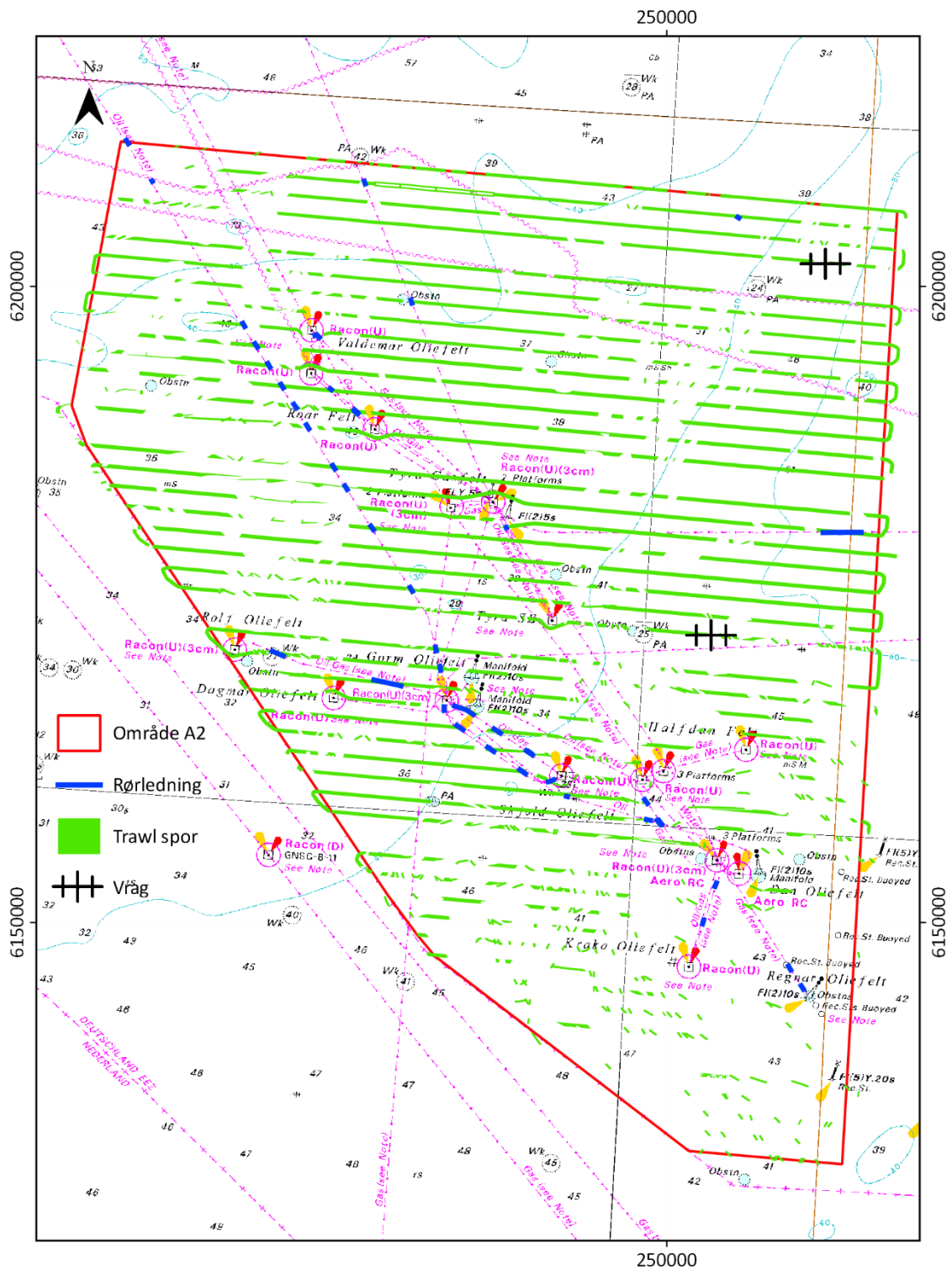
Trawlsportene kan også ses på de indsamlede seismiske data. På havbunden ses huller, som stikker 20-40 cm ned i sedimentet, som formodentligt er dannet af trawlskærene. Det ses, hvorledes fordelingen af trawlsportene er meget irregulær, men ofte forekommer koncentreret i mindre delområder (Figur 4-137).



Figur 4-137. Seismisk eksempel fra den nordøstlige del af området (NS_0004_18062019). På havbunden ses tydelige huller (sorte ellipser) som indikerer spor efter trawling.

Generelt er koncentrationen af trawlspor størst i den nordlige del af område A2 sammenlignet med den sydlige del. Mange steder i den nordlige del af området forekommer der spor efter bundtrawling langs størstedelen af de indsamlede sidescan-linjer. I de nordvestligste og sydøstligste dele af området er der identificeret væsentligt færre spor efter bundtrawling. I den sydlige del af området, hvor der kun er identificeret ganske få trawlspor ses det, at de enkelte spor kan følges over lange afstande og over flere sidescan-linjer (Figur 4-138).

Der er observeret trawling på en betragtelig del af det kortlagte område. Det er vigtigt at påpege, at dette er et øjebliksbillede af den akkumulerede trawlaktivitet. Det betyder, at denne dækning af trawlspor er varierende over tid, ligesom alderen på de enkelte spor ikke kan vurderes.



Figur 4-138. Observeret menneskelig aktivitet og objekter på havbunden ved Doggerbanke Tail End (område A2).

4.8 Generel beskrivelse af dynamiske forhold

Den generelle beskrivelse af de dynamiske forhold for kortlægningsområderne tager udgangspunkt i sidescan-tolkningen og ROV-optagelserne, som dokumenterer overfladesedimentets be-

skaffenhed og morfologi. Inden for hvert af kortlægningsområderne, er der dokumenteret rumlig variation af de dynamiske forhold. Områder domineret af finkornet sediment, som ler/silt og finsand, er typisk mindre påvirket af dynamiske processer end områder domineret af grovere sediment, som sand og grus. De dominerende strømmønstre i denne del af Nordsøen (jf. Figur 2-5) må forventes at have stor indflydelse på sedimenttransporten og dermed geomorfologien i kortlægningsområderne.

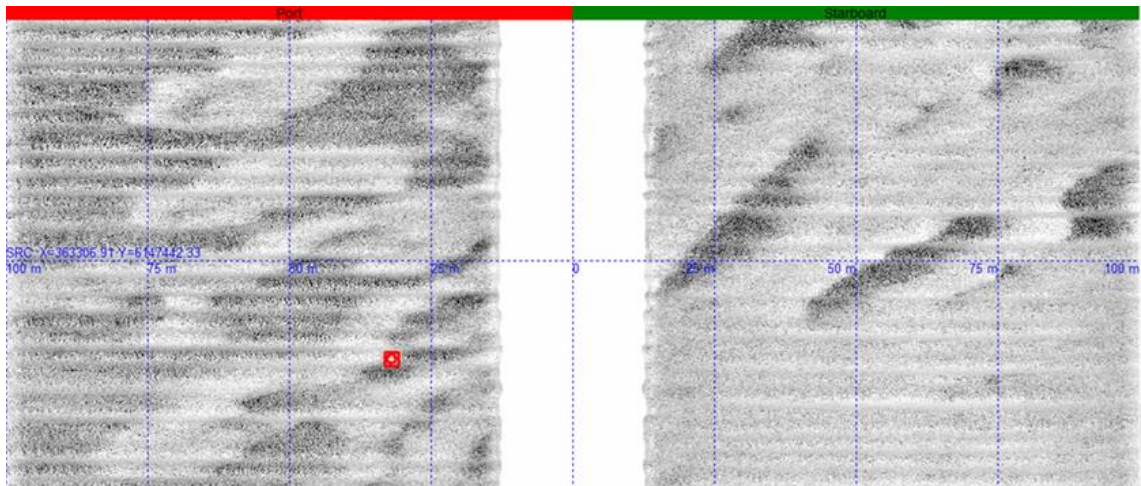
4.8.1 Østlige Nordsøen

Substrattype 1a (siltet sandbund/dynd) er typisk forekommende i dybere bassinområder, aflejret under lavenergi forhold. I område A1 findes disse mindre dynamiske områder primært i den vestlige del (Figur 4-139).



Figur 4-139. Eksempel på mindre dynamisk havbund bestående af substrattype 1a på ~52 meters vanddybde. ROV-station A1.101 i den vestlige del af område A1.

Længere mod øst, hvor vanddybden er aftagende, indikerer substratet og morfologien, tilstedeværelsen af mere dynamiske processer med mobile sand- og gruslag, nogle steder med bundformer. Ved ROV-station A1.33, i den sydøstlige del af området, er der observeret sand (1b) med bundformsstrukturer (Figur 4-140). På ROV-billedet fra station A1.33 ses bundformerne med skalfragmenter på kammene (Figur 4-141).

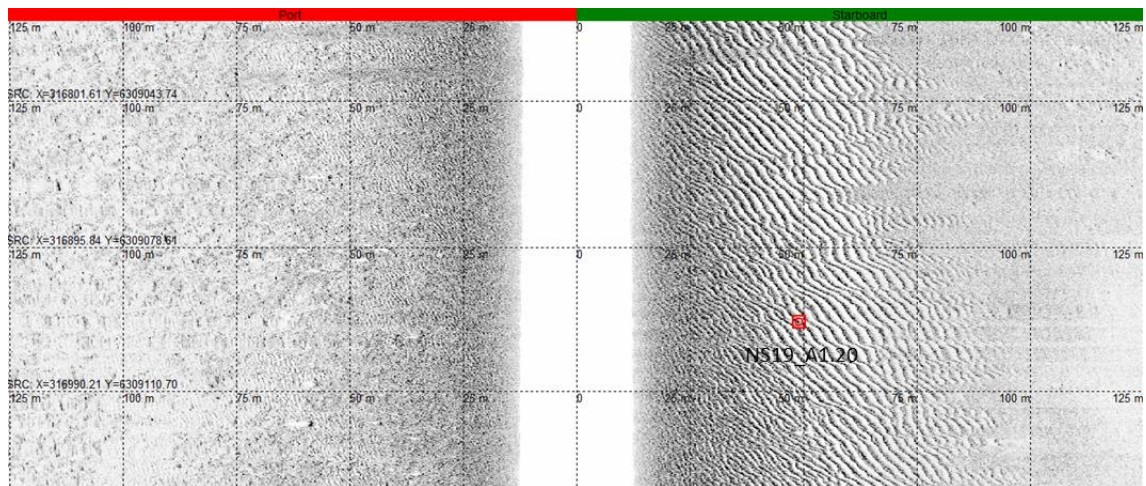


Figur 4-140. Sidescan-eksempel på et mere dynamisk område bestående af sand (1b) med bundformsstrukturer. ROV-station A1.33 i den sydøstlige del af område A1.

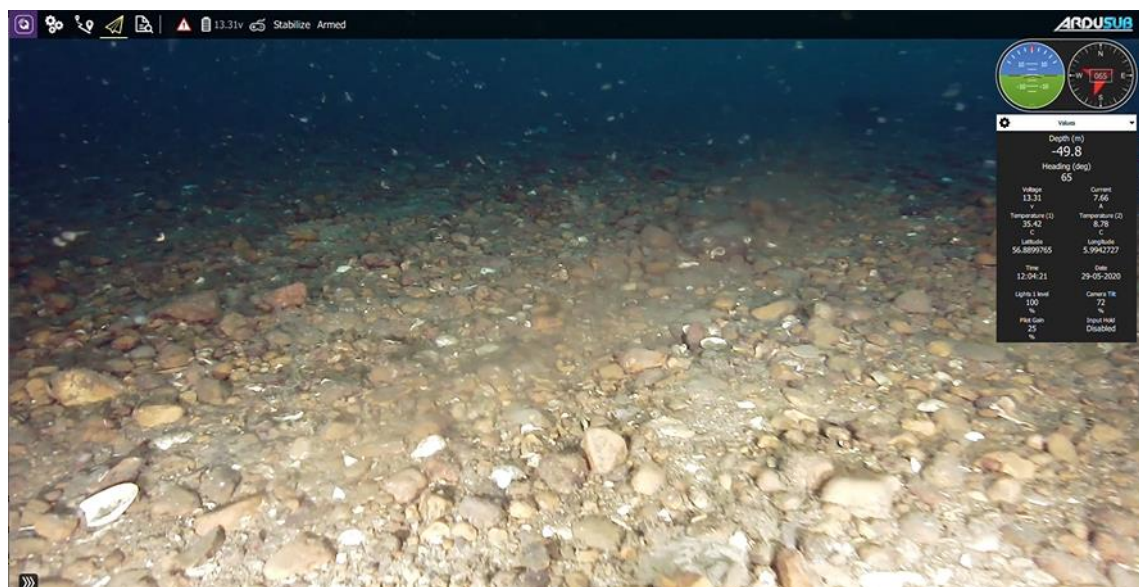


Figur 4-141. ROV-billede fra ROV-station A1.33 på substrat 1b (sand) med bundformer og skalfragmenter beliggende på ~28 meters vanddybde.

I den nordlige del af området på vanddybder >40 m er der ligeledes observeret bundformsstrukturer, som indikerer tilstedeværelsen af mere dynamiske processer. Ved ROV-station A1.20 er der observeret markante bundformer på substrattype 2a (sand og grus). Kammene er generelt orienteret sydvest-nordøst (Figur 4-142) og består af relativt groft materiale som vist på Figur 4-143.



Figur 4-142. Sidescan-eksempel på bundformer bestående af groft sediment (substrattype 2a) ved ROV-station A1.20 i den nordlige del af område A1. Nord er mod styrbord (th).

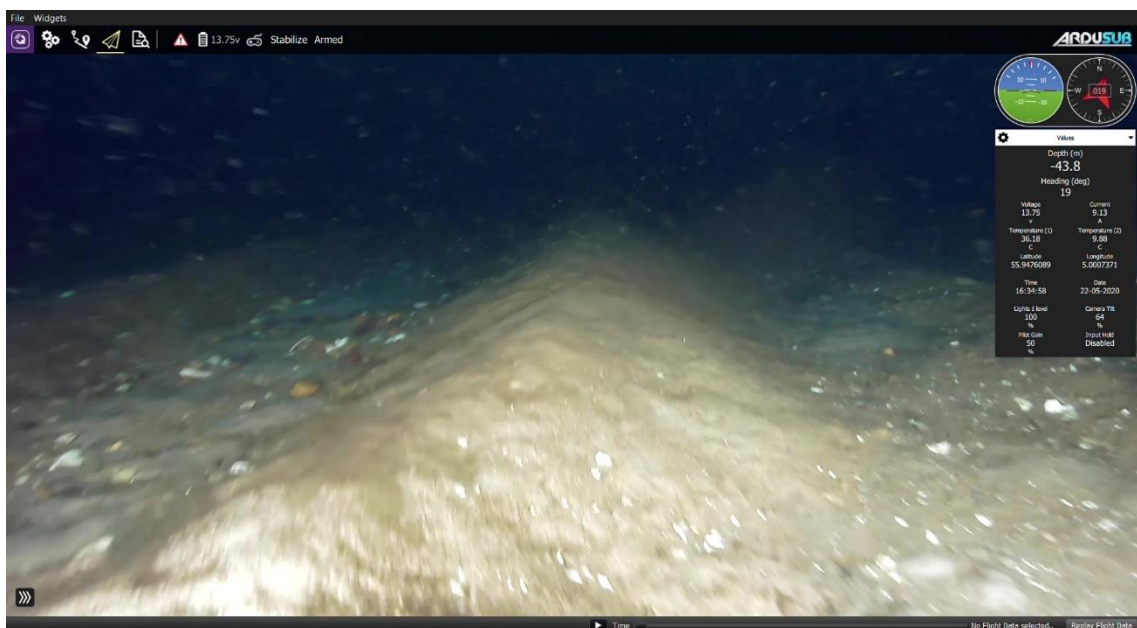


Figur 4-143. ROV-billede fra station A1.20 som viser det grove sediment, som bundformerne her består af.

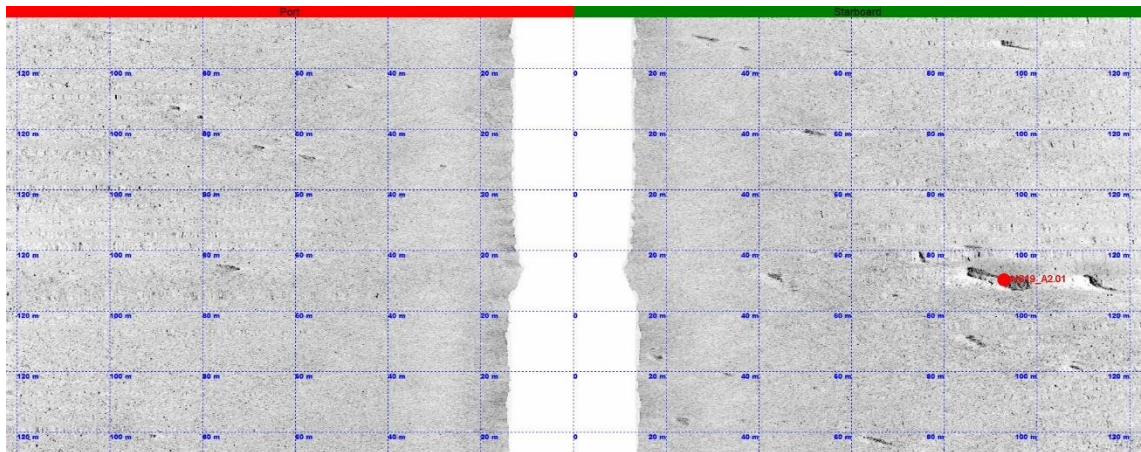
4.8.2 Doggerbanke Tail End

Doggerbanke Tail End (område A2) bærer generelt præg af at være påvirket af dynamiske processer med en udbredt tilstedeværelse af bundformer af varierende størrelse. I den nordlige del af området er der flere steder observeret bundformer som overlejrer de større sandbankestrukturer. Bundformerne fremstår med vekslende indhold af silt (substrattype 1a), sand (substrattype 1b) og grus (substrattype 2a). Disse observerede bundformer er af forskellig form og størrelse, hvilket indikerer varierende dynamiske processer.

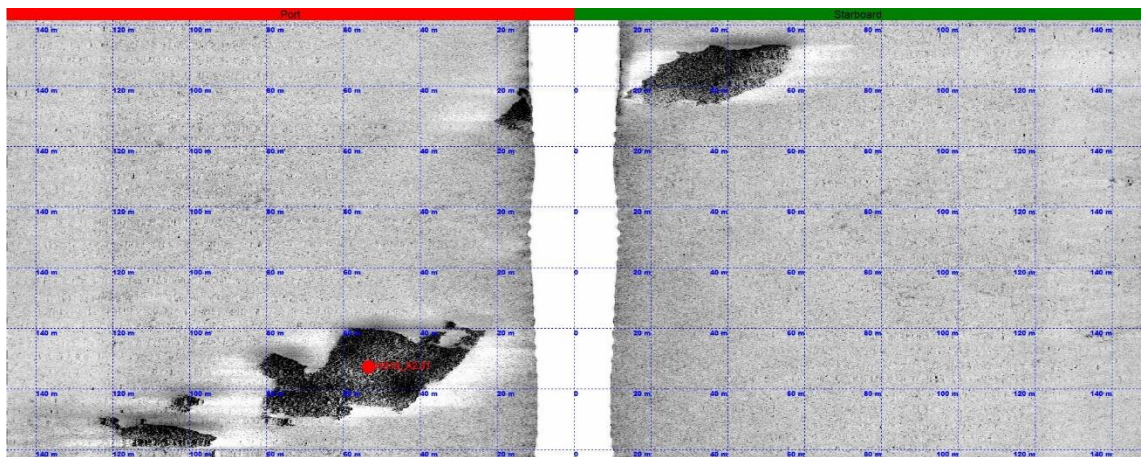
I områderne mod sydvest og nord, hvor vanddybden er <40-45 m, forekommer der typisk lidt større bundformsstrukturer. Substratet udgøres her primært af fint til medium sand (substrat-type 1b). Ofte er bundformerne mere skarpe og regulære i formen, hvor højden generelt er lidt større. Eksempler på disse typer af bundformer kan ses på ROV-station A2.34 og A2.38, jf. Figur 4-41, Figur 4-43 og Figur 4-144. I den nordlige del af området er der stedvist observeret markante bundformer på mere gruset og småstenet substrat (substrattype 2a), hvilket indikerer mere dynamiske forhold og sedimenttransport af grovere kornstørrelser. Disse forhold er observeret på ROV-optagelser ved ROV-station A2.03, A2.04, A2.05 og A2.38 (se ROV-eksempler på Figur 4-45 (A2.38) og Figur 4-47 (A2.03) og et sidescan-eksempel på Figur 4-44 (A2.38). Der er ligeledes observeret strukturer bestående af groft sediment i de nordvestlige og sydvestlige dele af området. Hvilket blandt andet er dokumenteret ved ROV-station A2.01 og A2.31 (Figur 4-145 og Figur 4-146).



Figur 4-144. ROV-billede ved station A2.38 af bundformsstrukturer med småsten og skalfragmenter i trugene og relativt finere sediment på kammene.



Figur 4-145. Sidescan-eksempel ved ROV-station A2.01 som viser lokale områder med mere groft sediment. Eksemplet er fra den nordvestlige del af området.



Figur 4-146. Sidescan-eksempel ved ROV-station A2.31 som viser lokale områder med groft sediment. Eksemplet er fra den vestlige del af området.

I de dybereliggende bassinområder mod sydøst og øst, hvor vanddybden typisk overstiger 45 meter, er havbunden generelt præget af mindre dynamiske forhold. I disse områder forekommer der kun svage og bløde strukturer på havbunden, primært bestående af silt og meget fint sand (substrattype 1a). Ofte er formerne irregulære og diffuse. Eksempel på disse lavdynamiske forhold kan ses på ROV-station A2.24, A2.30 og A2.47 (Figur 4-37, Figur 4-35 og Figur 4-33).

5. Diskussion

Overordnet har nærværende kortlægning forbedret datagrundlaget indenfor de udpegede områder i form af øget dækning samt en højere datakonfidens langs sejllinjerne. Kortlægningen har ligeledes skabt et grundlag (en "baseline") for yderligere og mere detaljeret kortlægning i udvalgte interesseområder/moniteringsområder med henblik på estimering og vurdering af havbundens naturlige dynamiske forhold, naturlige variabilitet og biologi. Dermed udgør kortlægningen også et første vigtigt skridt mod at kunne estimere og vurdere tab og forstyrrelse af havbunden – specifikt i forhold til substrattyper og overordnede habitattyper langs sejllinjerne.

Diskussionen er inddelt i fire sektioner. Første sektion omhandler de overordnede abiotiske havbundskomponenter substrat, geomorfologi og geologi med diskussion af metoder, resultater og perspektiver ift. batymetri, substrattyper, kornstørrelsesfordelinger og statistiske kornstørrelsesparametre samt menneskelig påvirkning og naturlig dynamik. Anden sektion omhandler de overordnede biotiske komponenter epifauna og infauna med diskussion af metoder, resultater og perspektiver. Tredje sektion omhandler kombinationen af yderligere abiotiske og biotiske komponenter ift. habitattyper og habitatdynamik med diskussion af metoder, resultater og perspektiver ift. overordnede habitattyper, men også med refleksion ift. habitat-naturtyper. Sidste sektion bidrager med anbefalinger med henblik på at forbedre og optimere habitatkortlægning i de danske farvande i fremtiden, både hvad angår overordnede habitattyper og habitatnaturtyper.

5.1 Substrat, geomorfologi og geologi

5.1.1 Batymetri

Vanddybder er registreret med sedimentekkoloddets højfrekvente kanal, dvs. som singlebeam ekkolodsdata, med en linjeafstand på 1.500 m i østlig-vestlig retning (jf. kapitel 3). De indsamlede dybde data er rul- og heave-korrigerede vha. motionsensordata og efterfølgende tidevandskorrigeret. Sedimentekkoloddets beam-footprint, dvs. det areal på havbunden som dybdemålingen repræsenterer, svarer i diameter til cirka 3,5% af vanddybden (jf. kapitel 3). Med vanddybder i intervallet 20-60 m (jf. sektion 4.1) er beam-footprint dermed i intervallet ~0,7-2,1 m i diameter. Sammenfattende betyder dette rent metodisk, at den rumlige opløsning og nøjagtighed er tilstrækkelig til at beskrive overordnede trends i dybdeforholdene, dvs. rumlige trends på hm- og km-skala. Et setup med singlebeam ekkolod er dog utilstrækkeligt til at kortlægge morfologiske enheder i rum, specielt mindre morfologiske enheder i m- og dm-skala.

De genererede dybdekort illustrerer tydeligt de overordnede trends i dybdeforholdene (jf. sektion 4.1), og disse er sammenlignelige og overensstemmende med de eksisterende dybdekort fra områderne, som er tilgængelige via EMODnet-portalen (<https://emodnet.eu/en>). De genererede dybdekort eller dybdeprofiler er ikke detaljerede nok – hverken i horisontal eller vertikal

opløsning og nøjagtighed – til at kortlægge havbundens mindre morfologiske enheder, som nævnt ovenfor. Dybdekortene er dermed utilstrækkelige til tolkning af, hvilke processer der foregår og har foregået på havbunden. Data, information og viden om de fysiske processer er vigtig med henblik på at vurdere havbundens stabilitet, dynamik og integritet ift. til bl.a. fremtidige klimaforandringer, og naturligvis også ift. direkte menneskelige påvirkninger (se også sektion 5.1.4 og 5.3 nedenfor).

5.1.2 Substrattyper

Substrattyper er bestemt på baggrund af sidescan sonar billeder (fladedækkende) i kombination med sedimenttekkoloddets information om geologien i de overfladenære lag af havbunden (vertikale profiler) samt verifikation med video fra ROV-optagelser og sedimentprøver fra HAPS-bundprøver på udvalgte positioner (begge punktinformationer) (jf. kapitel 3). Klassifikationen af substrattyper er med udgangspunkt i de substrattypeklassifikationer, som tidligere er anvendt i danske råstof-, substrat- og habitatnaturtype-kortlægninger, og som er defineret og fastlagt i samarbejde med Miljøstyrelsen; men derudover er der i forbindelse med denne kortlægning tilføjet en ekstra klasse, idet substrattype 2 (sand, grus og småsten) er blevet underinddelt i henholdsvis 2a og 2b, hvor 2a er sand, grus og småsten, mens 2b er sand, grus og småsten med en stenbestrøning (<10%) med sten >10 cm (jf. kapitel 3).

Anvendelsen af en sonarfisk (dvs. en towed sidescan sonar) med et multifrekvens sidescan sonar system, i dette tilfælde et dobbeltfrekvens system, giver muligheden for en stor fladedækning af havbunden (hm-skala, i denne kortlægning med en bredde på 200-300 m) og en samtidig høj rumlig opløsning af sidescan sonar billederne (dm-skala). Det sidste er specielt vigtigt med hensyn til identifikation af sten og dermed ift. estimering af stenbestrøning, som er væsentlig ift. identifikation af og differentieringen mellem substrattype 2b (<10% bestrøning med sten >10 cm), substrattype 3 (10-25% bestrøning med sten >10 cm) og substrattype 4 (>25% bestrøning med sten >10 cm).

Tolkningen af substrattyper samt deres afgrænsning er baseret på ekspertvurdering (jf. kapitel 3). En af udfordringerne ved substrattypekortlægning baseret på ekspertvurdering af sidescan sonar billeder er reproducerbarheden af kortlægningen. Ofte er grænserne mellem substrattyper ikke abrupte men flydende; en ekspertvurdering af afgrænsningen mellem substrattyper kan derfor indeholde et element af subjektivitet. Dette kan ved sammenligninger af kortlægninger udført til forskellige tidspunkter af forskellige eksperter medføre begrænsninger i anvendelsen af kortlægninger baseret alene på ekspertvurderinger, bl.a. ved en fremtidig analyse af udviklingen/ændringen i substrattyper som følge af fx klimaforandringer eller direkte menneskelig påvirkning. En automatiseret (eller semi-automatiseret) kortlægning af substrattyper baseret på ekspertvurderinger kan øge reproducerbarheden i substrattypekortlægning og dermed sammenligneligheden i fremtidige analyser.

De genererede substrattypekort illustrerer tydeligt de overordnede variationer i substrattypeforholdene i de to områder (jf. sektion 4.3), som er delvist sammenlignelige med de eksisterende

substrattypekort fra områderne, der er tilgængelige via EMODnet-portalen (<https://emodnet.eu/en>), og ligeledes med de eksisterende sedimenttypekort fra områderne ([Marta](#)). Substrattypekortlægningen har øget detaljegraden af substrattypekortet i de to områder væsentligt. De fladedækkende substrattypekort er dog interpolerede og er derfor en rumlig generalisering af de kortlagte substrattyper i hvert område (jf. kapitel 3). Det betyder, at substrattypekortene har en høj konfidens langs sejllinjerne (dvs. områder med en bredde på 200-300 m), hvor substrattyperne er baseret på data; hvorimod substrattypekortene mellem sejllinjerne (dvs. områder med en bredde på 1.200-1.300 m) har en tilsvarende lavere konfidens, idet substrattyperne her er interpolerede med understøttelse af det eksisterende sedimentkort fra GEUS samt eksisterende ROV og HAPS-bundprøve data ([Marta](#)).

Denne kortlægning er dermed et første vigtigt skridt mod fremadrettet at kunne estimere og vurdere tab og forstyrrelse af substrattyper langs sejllinjerne.

5.1.3 Kornstørrelsesfordelinger og statistiske kornstørrelsesparametre

Kornstørrelsesfordelinger og statistiske kornstørrelsesparametre er bestemt på baggrund af bundprøver indsamlet med en HAPS kernebund-henter, hvilket betyder, at prøvetagning kun er muligt på blød bund og ikke på hårdt substrat, såsom substrattype 3 og 4, hvor det kun er muligt at indsamle bundprøver i forbindelse med lokale lommer af f.eks. sandede sedimenter i tilknytning til stenede substrater (jf. kapitel 3). Med et bundprøveareal på 0,0143 m² (jf. kapitel 3) er det desuden vanskeligt at indsamle en repræsentativ bundprøve i områder med relativt heterogene sediment-/substratforhold. Bundprøverne er indsamlet knap et år efter indsamlingen af de geofysiske data. Det betyder, at bundprøverne indsamlet i foråret 2020 ikke nødvendigvis afspejler de samme bundforhold som sidescan sonar data indsamlet i sommeren 2019. Derudover kan positioneringen af hhv. sidescan sonar data og bundprøverne (begge med rumlige nøjagtigheder i m-skala) medføre, at det kan være vanskeligt at positionere bundprøverne helt nøjagtigt ift. sidescan sonar billederne, hvilket er vigtigt i områder med heterogene bundforhold. Sammenfattende betyder det, at både *rumlige* variationer pga. positioneringsnøjagtighed og skalaforhold samt *tidslige* variationer i dynamiske områder kan medføre afvigelser mellem sidescan sonar data og bundprøverne – og for den sags skyld ROV-optagelserne, som blev foretaget samtidigt med indsamlingen af bundprøver i foråret 2020. Sådanne rumlige og/eller tidslige forhold kan være forklaringen på afvigelserne for bundprøve A2.38, der har et højt silt/ler-indhold (97%), mens ROV data (Figur 4-44) og sidescan sonar billeder (Figur 4-45) viser sandet og gruset sediment.

Sedimentprøverne er ikke blevet syrebehandlet, hvorved indholdet af skaller ikke er blevet bestemt (jf. kapitel 3). Biogene sedimenter som fx skaller har typisk en lavere densitet og en mindre sfærisk form og dermed andre egenskaber end de øvrige klastiske sedimenter ift. erosion, transport og aflejring. Det kan være relevant at kende indholdet af skaller med henblik på at vurdere evt. fremtidige ændringer af bundforholdene som følge af klimaforandringer (fx mulige ændringer i strøm- og bølgeklima).

Kornstørrelsesfordelingerne er bestemt ved sigteanalyse (jf. kapitel 3), hvorved en detaljeret kornstørrelsesfordeling kun er bestemt for de ikke-kohæsive sedimenter $>0,063$ mm. Kornstørrelsesfordelingen for de kohæsive sedimenter $<0,063$ mm, dvs. silt- og lerfraktionerne er ikke bestemt. Mere detaljeret viden om kornstørrelsesfordelingen for silt- og lerfraktionerne kan være relevant at kende med henblik på at vurdere resuspension i mudrede områder som følge af den naturlige variabilitet i de dynamiske processer, men også som følge af klimaforandringer (fx mulige ændringer i strøm- og bølgeklima), idet resuspension af finkornet sediment kan have en negativ indflydelse på de bentiske habitater og økosystemer.

Kornstørrelsesstatistik med beregning af median- og middelnkornstørrelse samt sortering, skævhed og kurtosis følger Folk & Ward (1957) og er foretaget i GRADISTAT (Blott & Pye, 2001) (jf. kapitel 3). Den manglende adskillelse af skaller samt den manglende bestemmelse af kornstørrelsesfordelingen af mudder-fraktionen kan dog påvirke beregningen af de statistiske parametre for bundprøver med en relativ stor andel af hhv. skaller og/eller silt og ler.

De beregnede kornstørrelsesfordelinger iflg. Folk (1954) og middelnkornstørrelser iflg. Folk & Ward (1957) afspejler både de overordnede variationer i områderne, men også variationen mellem nærliggende bundprøver i relativt heterogene områder (jf. sektion 4.4). Med det relativt lille bundprøveareal på $0,0143$ m² (jf. kapitel 3) er de beregnede kornstørrelsesfordelinger og statistiske kornstørrelsesparametre oftest begrænset til en beskrivelse af lokale kornstørrelsesforhold, som er vanskelige at ekstrapolere/interpolere medmindre der eksisterer et relativt tætmasket net af bundprøver. På den anden side er kornstørrelsesfordelinger og statistiske kornstørrelsesparametre helt essentielle og absolut nødvendige for tolkninger af havbundens aflejringsmiljøer, dannelse og dynamik. Dermed er kvantitative analyser af bundsedimentet centrale for en fremtidig vurdering af havbundens stabilitet og dynamik under fx ændrede klimatiske forhold.

Udover en vurdering af sedimentdynamik med fokus på sedimentmobilitet og resuspension kan detaljeret viden om kornstørrelsesfordelinger og statiske kornstørrelsesparametre også bidrage til at estimere rumlige sedimenttransportmønstre vha. kornstørrelses-trendanalyser (grain size trend analysis (GSTA)), jf. fx Poizot & Méar (2008, 2010) baseret på Gao & Collins (1992, 1994) og LeRoux (1994a, b). Bestemmelse af aflejringsmiljøer, resuspension og sedimenttransportmønstre kan i sammenhold med en fremtidig bestemmelse af fx mikroplastikindholdet i indsamlede bundprøver også bidrage til at kortlægge og vurdere spredningen af mikroplastik i det marine miljø.

5.1.4 Menneskelig påvirkning og naturlig dynamik

Menneskelige aktiviteter og objekter (dvs. trawlspor, vrug og rørledninger i nærværende kortlægning) er identificeret ud fra tolkning af sidescan sonar billeder, understøttet af sedimentekolodspor og eksisterende søkort (jf. kapitel 3). Dette setup er tilstrækkeligt til en overordnet afgrænsning og kortlægning af trawlspor, vrug og rørledninger langs sejllinjerne.

De genererede kort med trawlspor illustrerer tydeligt den overordnede akkumulerede udbredelse af trawlspor langs sejllinjerne i begge områder, hvor store dele er påvirket af trawlspor (jf. sektion 4.1). Det er dog vigtigt at understrege, at trawlsporene afspejler en akkumuleret udbredelse af trawllaktivitet og ikke et øjebliksbillede af aktuel trawllaktivitet. Både relativ aldersbestemmelse, fx ved at kortlægge overlejring af trawlspor, samt absolut aldersbestemmelse, fx ved datering af aflejringer i trawlspor eller samkøring med fiskefartøjers positionslog, kunne være muligheder for en mere nuanceret og tidslig vurdering af de akkumulerede trawlspor. Derudover er det vigtigt at understrege, at det kun er muligt at afgrænse trawlspor langs sejllinjerne (dvs. i en bredde af 200-300 m); det er ikke muligt at interpolere trawlspor mellem sejllinjerne (dvs. i områderne med en bredde på 1.200-1.300 m mellem sejllinjerne).

Et nyt studie fra Middelhavsområdet viser desuden, at områder påvirket af trawling har et reduceret potentiale for lagring af kulstof (Paradis et al., 2020), dvs. at områder påvirket af trawling ikke kan optage lige så meget kulstof som tilsvarende nærliggende områder uden påvirkning af trawling, hvilket er af betydning for CO₂-regnskabet. Nærværende kortlægning med afgrænsning af trawlspor langs sejllinjerne danner et unikt grundlag for nærmere undersøgelser af tilsvarende forhold i Nordsøen.

Den generelle beskrivelse af de naturlige dynamiske forhold i kortlægningsområderne er med udgangspunkt i sidescan sonar data og ROV-optagelser (jf. sektion 4.8). Hvor sidescan sonar billeder er fladedækkende på relativ stor skala (hm-skala, i denne kortlægning med en bredde på 200-300 m) med en rumlig opløsning i m-skala til delvis dm-skala, er ROV-optagelserne fladedækkende på lille skala (m-skala) med en rumlig opløsning i cm-skala til mm-skala. Denne kombination muliggør en kvalitativ indikation af dynamiske forhold på forskellige skala-niveauer (jf. eksempler i sektion 4.8). Begge metoder er dog karakteriseret ved, at de ikke muliggør en kvantitativ dimensionering og beskrivelse af havbundens morfologiske enheder i rum. Uden kvantificering af havbundens morfologiske enheder, specielt mindre morfologiske enheder i m-skala og dm-skala, såsom bundformers dimensioner i form af længde, højde og længde/højdeforhold samt bundformers asymmetri og orientering, er det ikke muligt at bestemme, om bundformer er simple eller komplekse, om bundformer er strøm- eller bølgegenererede, eller om bundformer er fossile og stabile eller recente og mobile.

Både sidescan sonar data og ROV-optagelserne er øjebliksbilleder af forholdene på forskellige skalaer og desuden på forskellige tidspunkter, idet data er indsamlet med knap et års mellemrum. Dokumentation og kortlægning af dynamiske forhold kræver tidsseriemålinger med sammenlignelige metoder samt data på sammenlignelig skala og med sammenlignelig opløsning. Yderligere undersøgelser med fokus på en geomorfologisk tolkning baseret på de genererede substratkort samt de fladedækkende sidescan sonar data med relativ høj rumlig opløsning i kombination med sedimentekkolodsprofilerne kan skabe et robust fundament for fremtidige dynamiske tidsserieundersøgelser i udvalgte reference-områder. Dette gælder, hvad enten det er

med fokus på resuspension af fint materiale i de dybeste områder, sedimenttransport og bundformsdynamik i sandede områder, eller tilsanding og blotlægning af hårde substrater i områder med grovere og mere blandede sedimenter.

5.2 Biologi og biodiversitet

5.2.1 Epiflora og -fauna

De biologiske samfund i form af epiflora- og fauna knyttet til de forskellige substrattyper og habitatnaturtyper var meget forskellige både i forhold til artsammensætning og antal af individer i de to undersøgte områder: A1 - Østlige Nordsøen og A2 - Doggerbanke Tail End.

På de sandede og på de grovere samt mere stenede substrater blev der generelt observeret arter, der er meget almindeligt forekommende i områder med den pågældende havbund i Nordsøen. På grovere og mere stenede substrater steg dækningen af epifauna med dækningen af sten og dermed mulighed for fasthæftelse for fauna. Flere af de mere stenede områder bar præg af de dynamiske forhold i Nordsøen, hvilket bl.a. sås ved sanddækning af sten og den påhæftede fauna.

Der var ikke forskel på antallet af epiflora og -fauna arter i de to områder - A1, Østlige Nordsøen og A2, Doggerbanke Tail End, når der tages højde for forskellen på udbredelsen af substraterne i de to områder.

5.2.1.1 Sammenligning med eksisterende forhold

Sammenlignet med den marine råstof- og naturtypekortlægning foretaget i Nordsøen i 2010 (GEUS & Orbicon, 2011), har nærværende område A1 et større overlap med survey-programmet i 2010, herunder 107 ROV-punkter med beskrivelse af den tilstedeværende flora og fauna.

Resultaterne opgjort på substrattyper viste, at det generelt var overensstemmelse mellem artsammensætningen og antal af individer fundet i 2010 sammenlignet med resultaterne fra nærværende undersøgelse i område A1. Umiddelbart skal dog nævnes, at undersøgelserne i 2010 var baseret på langt færre observationer på substrattype 1a (5 stationer i 2010 vs. 40 stationer i 2020), flere på substrattype 1b (60 stationer i 2010, vs. 50 stationer i 2020), omtrent det samme antal stationer på de mere grove og småstenede områder (substrattype 2: 22 stationer i 2010, 25 stationer i 2020 (2a+2b)) og på de stenede områder (substrattype 3: 12 stationer i 2010, 15 stationer i 2020). Hertil kommer også, at der i nærværende undersøgelser var mere fokus på bl.a. artsbestemmelse af børsteormearter ud fra deres produktion af rørstrukturer, som f.eks. *Phoronis sp.*, *Lanice conchilega* og *Chaetopterus sp.*, men også på beskrivelse af tilstedeværende arter af f.eks. muslinger ud fra deres skalfragmenter og sifonhuller. Denne forskel i detaljeringsgrad skyldes mest af alt højere videokvalitet og bedre mobilitet med ROV'en i nærværende undersøgelse. Dette har muliggjort mere detaljeret efterbehandling af videomaterialet, der har ført til en mere fyldestgørende beskrivelse af epifaunaen i området. Alt i alt har dette (forskellen

på antallet af stationer og arter) ført til et relativt højere artsantal for substrattyperne i nærværende undersøgelse vs. undersøgelserne foretaget i 2010, mens den overordnede vurdering er, at sammensætningen af arter på de eksisterende substrattyper er forblevet uændret.

5.2.1.2 Substrattype vs. overordnede habitattyper

Inddeling af biologien tilknyttet havbunden på forskellige substrattyper har givet et overblik og en generel forståelse for udbredelsen af flora og fauna i områderne A1 og A2. Generelt har de typiske faunaarter tilpasset substrattype 1a været til stede ved de fleste 1a stationer på alle dybder. Det samme har gjort sig gældende for de øvrige relevante substrattyper 1b, (1c), 2a, 2b, 3 i begge områder (A1 og A2). Der er således ikke overordnet forskel på en type 1b bund på 28 meters dybde set i forhold til en 1b bund på 35, 40 eller 50 meters dybde.

Med dette for øje vanskeliggøres differentieringen af fauna mellem de overordnede habitattypers "Cirkalittorale" og "Offshore Cirkalittorale" klassifikationer, da opdelingen af habitattyperne opdeles ved en vis dybde, omtrent 45 meter, afhængigt af mange forskellige faktorer, heriblandt lysintensitet. De fleste ROV-stationer i A1 og A2 er klassificeret under "offshore", men den gennemsnitlige dybde for ROV-stationer i A1 og A2 ligger på henholdsvis 45,5 og 43,2 meters dybde, altså lige omkring opdelingen mellem "Cirkalittorale" og "Offshore Cirkalittorale" områder. Der kan således ikke skelnes mellem de biologiske epifaunaforhold i de overordnede habitattypers opdeling, hvilket resulterer i, at naturtypebeskrivelserne for eksempelvis Cirkalittoralt Sand og Offshore Cirkalittoralt Sand begge stemmer stort set overens med naturtypebeskrivelsen af substrattype 1b.

Denne opdeling i overordnede habitattyper er mest relevant, når den ses i en større sammenhæng, hvor områder med mere forskellige dybde-, lys- og salinitetsforhold etc., sammenlignes på baggrund af de overordnede habitattyper og de tilhørende biologiske forhold. Men set i forhold til det enkelte område i nærværende undersøgelse er det vanskeligt at differentiere mellem de opdeltede overordnede habitattyper på baggrund af epiflora og -faunaudbredelsen.

5.2.2 Infauna

De biologiske samfund i form af infauna knyttet til de forskellige substrater var meget forskellige både i forhold til artsammensætning og antal af individer i de to undersøgte områder: A1 - Østlige Nordsøen og A2 - Doggerbanke Tail End. Generelt bestod infaunaen i begge områder af arter, der var forventelige for de observerede substratforhold i Nordsøen.

I område A1 var de mest talrige arter tilpasset den bløde bund, som er meget udbredt i området. I område A1 er forskellen i kornstørrelsen mellem 1a og 1b lille, da kornstørrelsen er finere for 1b bunde (Se Afsnit 4.4.1). Denne sammenhæng kan også ses på MDS-plot behandlet i afsnit 4.6.1.3.3, og ANOSIM-analysen viser også at kun er en lav adskillelse i infaunasamfundet som er fundet på henholdsvis substrattype 1a og 1b ($R=0,13$). Samlet set vil det sige, at mange af 1b bundene har iblandet siltede materiale, hvilket gør 1b-substratet egnet som habitat for mange

infaunaarter, som ellers er tilpasset den bløde bund. De observerede arter er almindeligt udbredte på de dybere havbunde i Nordsøen og Skagerrak (Hansen & Høgslund, 2019). Infaunabiomassen i området var domineret af arter tilhørende klassen sømus efterfulgt af arter tilhørende klassen muslinger, hvilket er forventeligt set i relation til arternes typisk store volumen og vægt. Eksempelvis vejer en almindelig sømus omtrent 50 gange mere end en havbørsteorm af arten *Phoronis* sp.

I område A2 var de mest talrige arter tilpasset den sandede og bløde bund, som begge er meget udbredte i området. I område A2 er forskellen i kornstørrelsen mellem 1a og 1b stor, da kornstørrelsen er grovere for 1b bunde (Se Afsnit 4.4.2). Statistisk analyse (MDS-plot behandlet i afsnit 4.6.2.3.3 og ANOSIM-analysen) viser, at denne forskel i kornstørrelse medfører en stor adskillelse i infaunasamfundet, som er fundet på henholdsvis substrattypen 1a og 1b ($R=0,60$). Samlet set vil det sige, at 1b bundene er mere forskellige fra 1a bundene end det f.eks. ses i område A1, hvilket gør 1b-substratet mere sandet og bedre egnet som habitat for infaunaarter tilpasset netop den sandede bund. De observerede arter er almindeligt udbredte i Nordsøen og Skagerrak (Hansen & Høgslund, 2019). Infaunabiomassen var domineret af arter tilhørende klassen muslinger efterfulgt af arter tilhørende klassen søpindsvin, hvilket er forventeligt set i relation til arternes typisk store volumen og vægt.

5.2.2.1 Sammenligning med eksisterende forhold

Bundfaunaen i Nordsøen og Skagerrak overvåges i regi af havstrategidirektivet på 20 stationsnet (Hansen & Høgslund, 2019). De to områder i nærværende kortlægning A1 - Østlige Nordsøen og A2 - Doggerbanke Tail End indeholder henholdsvis tre og et af stationsnettene i Nordsøen (Se Tabel 3-1).

En direkte sammenligning af data fra havstrategiområderne med nærværende data er vanskelig af flere årsager. Grundlæggende er indekser som AMBI, DKI og Shannon (H') (se afsnit 3.3.4) udviklet til at følge miljøkvaliteten for de samme områder over tid og ikke til at sammenligne enkelte områder med andre. Derudover varierer bundforholdene markant i nærværende undersøgelser og prøvetagningen i nærværende undersøgelse er ikke gennemført efter samme metode som er gennemført i regi af Havstrategidirektivet, hvor 42 prøver er taget meget tættere på hinanden. De heterogene forhold i et stort område som A1 eller A2 vil resultere i en højere beta-diversitet (forskellen i artssammensætningen mellem de enkelte prøver) alene grundet, at prøverne er indsamlet over et større areal (Hansen, 2018). Dette er dog til dels imødekommet i nærværende undersøgelse ved ikke at pulje (aggregere) data-sættet men regne på individuelle HAPS-prøver (se afsnit 3.3.4).

Alt dette taget i betragtning er nærværende datasæt sammenlignet med eksisterende data fra havstrategiområderne nedenfor. For nemheds skyld er kun udvalgte data fra hhv. Havstrategidirektivets undersøgelser og nærværende undersøgelser fremlagt i Tabel 5-1.

I det følgende sammenlignes udelukkende prøver som er indsamlet på de bløde substrater i område A1 og A2, hvilket svarer til den bund, som prøvetagningen er fortaget på i forbindelse med de fire havstrategiområder, som befinder sig indenfor A1 og A2. Af denne sammenligning,

ses det, at data fra nærværende kortlægningsområde generelt har højere DKI-værdier, lavere Shannon diversitet (H'), højere AMBI, højere individtæthed og et højere gennemsnitligt antal arter pr. station (se Tabel 5-1). Det samlede antal arter (S_n) er på ca. samme niveau for begge områder (A1 og A2, 52-75 arter), som i eksisterende data fra havstrategiområderne (56-75 arter). Overordnet for det samlede område (A1+A2) ses et relativt højt samlet antal arter også taget i betragtning af den større prøvestørrelse i nærværende data relativt til de eksisterende data fra havstrategiområderne ($n=51$). Individtætheden og det gennemsnitlige antal arter pr HAPS-prøve (S_1) er sammenlignelige for de to områder i nærværende undersøgelse og havstrategiområderne (se Tabel 5-1). Biomassen i form af vådvægten er sammenlignelig for område A1 med eksisterende data fra havstrategiområderne, hvorimod område A2 havde en væsentlig lavere vådvægt. Den lavere vådvægt i område A2 skyldes formodentligt et lavt prøveantal ($n=14$) sammenlignet med de øvrige stationer, som reducerer sandsynligheden for at sample f.eks. muslinger eller søpindsvin, som udgør den største andel af biomassen i prøverne fra nærværende prøvetagning.

Den højere DKI-værdi i område A1 og A2 viser en markant højere økologisk tilstand end typiske tal fra havstrategiområderne (se Tabel 5-1). Shannon-Wiener-diversiteten (H') er derimod lavere i nærværende datasæt end fundet i de tre havstrategiområder, hvilket indikerer færre arter, hvoraf nogle dominerede med et højt individantal i nærværende datasæt. I forhold til AMBI-værdierne falder de beregnede værdier for både nærværende datasæt og data fra havstrategi-direktivet under samme kategori, hvor det benthiske samfunds tilstand ses som værende i ubalance og området anses som værende let forstyrret.

Tabel 5-1 Områdeinfo og data for havstrategidirektivets og nærværende prøvetagning. Havstrategidirektivets data i tabellen er baseret på, for Østlige Nordsøen: middelværdi af tre stationer, for Doggerbanke Tail End: én station, og for Nordsøen: middelværdi af 10 stationer fra prøvetagningen i Marine områder 2018 (Hansen & Høgslund, 2019). n angiver antallet af HAPS-prøver inden for substrattypen. Dybden angiver gennemsnitsdybden. S_1 angiver det gennemsnitlige antal arter i en HAPS-prøve. Tætheden angiver individtætheden pr. kvadratmeter, VV angiver vådvægten pr. kvadratmeter, S_n angiver artsrigdommen i n prøver, $AMBI$ er beregnet for individuelle HAPS-prøver, H' angiver den gennemsnitlige Shannon-diversitet for en HAPS-prøve. DKI -værdien er beregnet under antagelse af, at saltholdigheden er ca. 30 psu. Usikkerheden angives ved standardafvigelsen.

Område-info	n	Dybde m	S_1	Tæthed Antal m ⁻²	VV g m ⁻²	S_n	$AMBI$	H'	DKI v.3
Havstrategidirektivet									
Østlige Nordsøen									
Middel (3 st)	42	-	6,4	2002	170	56	1,48	1,92	0,52
Doggerbanke Tail End									
DMU1048	42	42	8,2	1019	293	75	1,76	2,65	0,6 ± 0,07
Nordsøen									
Middel (10 st)	42	-	9,1	2257	237	60,8	1,54	2,27	0,59
Nærværende datasæt									
Østlige Nordsøen									
Substrattype 1a	37	49,6	8	1790	177,8	75	1,88	1,52	0,80±0,07
Doggerbanke Tail End									
Substrattype 1a	14	48,2	10,2	2730	43,4	52	2,10	1,54	0,81±0,04
Samlet									
Substrattype 1a	51	49,2	8,6	2048	141,4	93	1,94	1,52	0,80±0,06

5.2.2.2 Substrattype vs. overordnede habitattyper

Inddeling af infauna tilknyttet havbunden i forskellige substrattyper (ST) og overordnede habitattyper (OHT) har givet et overblik og en generel forståelse for udbredelsen og diversiteten af infauna i de to områder. Generelt har analyser (MDS-plot, ANOSIM-analyser, afsnit 4.6.1.3.3 og 4.6.2.3.3) for forskelle og ligheder ved opdelinger af ST og OHT resulteret i signifikante adskillelser i artssammensætningen mellem grovere og finere substrater. Eksempelvis i område A1 sås en tydelig adskillelse i artssammensætningen mellem substrattyperne 1a og 1b samt en adskillelse af den overordnede habitattype OCM (Offshore cirkalittoralt mudder) og andre habitattyper (Se afsnit 4.6.1.3.3). Tilsvarende sås i område A2 en signifikant adskillelse mellem substrattyperne 1a og 1b og for de overordnede habitattyper signifikante adskillelser mellem CS (Cirkalittoralt sand) og OCM samt OCS (Offshore Cirkalittoralt sand) og OCM (Se afsnit 4.6.2.3.3). Sammenligning af forklaringsgrader for inddelingerne i ST og OHT er fortaget vha. en Global R-test (Tabel 5-2), der forklarer hvor godt sorteringen af data (vha. hhv. ST og OHT) beskriver forskellene i hele datasættet.

For substrattyper indikerer en Global R-værdi tæt på 1 en høj grad af adskillelse mellem infaunaarterne i delprøverne knyttet til de forskellige substrattyper, mens Global R-værdier værdier tæt på 0 indikerer ingen adskillelse mellem infaunaarterne i delprøverne for de forskellige substrattyper. Global R-værdien påvirkes således både af den variation (spredning), der er i artsfordelingen mellem delprøver indenfor hver substrattype samt mellem delprøverne fra de andre substrattyper. For de overordnede habitattyper er Global R ligeledes udregnet.

I Tabel 5-2 ses, at område A1s infaunasammensætning kan forklares en anelse bedre ved hjælp af sorteringen i de overordnede habitattyper i relation til substrattyperne, hvilket sandsynligvis er grundet de relativt flere inddelinger der er forbundet med opdelingen af de overordnede habitattyper. For A2 ses, at substrattyper har en markant større forklaringsgrad end de overordnede habitattyper. Dette kan bl.a. forklares ud fra kornstørrelsesfordelingen i område A2, hvor der er relativt stor forskel på det fine og grove substrat, hvilket umiddelbart forklares bedre med opdelingen i substrattyper relativt til de overordnede habitattyper.

Samlet set, for begge områder (A1+A2), er der ikke entydigt større viden om infaunasamfundets fordeling ved at inddele efter substrattyper i forhold til de overordnede habitattyper eller vice versa. Dette kan ses ved, at forklaringsgraderne bliver lave og omtrent den samme for ST og OHT ($R = 0,25$ og $R=0,26$).

Tabel 5-2 Global Test for substrattyper og overordnede habitattyper for kortlægningsområderne Østlige Nordsøen (A1), Doggerbanke Tail End (A2) samt samlet for begge områder (A1 + A2). R-værdien er forklaret under afsnit 3.3.4 under ANOSIM.

Global Test (R)	A1 Østlige Nordsøen	A2 Doggerbanke Tail End	A1+A2 Samlet
Substrattyper (ST)	0,21	0,54	0,25
Overordnede habitattyper (OHT)	0,31	0,25	0,26

I en større sammenhæng, hvor områder har mere forskellige dybde-, lys - og salinitetsforhold etc., vil opdeling i OHT være særdeles relevant. I mere lokale områder med mindre variation i f.eks. dybde, lys og salinitet såsom A1 og A2 er det vanskeligt entydigt at sige, at den ene klassifikation af substratforhold er bedre end den anden til at forklare variationen i infaunaartssammensætningen. Faktisk viser nærværende kortlægning netop, at artssammensætningen af infauna kan variere fra lokalitet til lokalitet og er afhængig af gradienten i fysiske forhold indenfor det kortlagte område, områdets størrelse, etc.

5.2.2.3 Infauna og trawlaktivitet i kortlægningsområderne

Bundtrawling anses for at være den dominerende presfaktor for bundfaunaens biodiversitet i Nordsøen (Van Loon et al., 2018; Hansen & Blomqvist, 2018; Hansen & Høgslund, 2019). I Kattegat forgår trawlaktiviteten næsten eksklusivt på mudderbund, mens der trawles både på mudder- og sandbund i Nordsøen (Eigaard et al., 2017; ICCES, 2016).

Det indsamlede infaunadata i forbindelse med nærværende kortlægning blev også analyseret i forhold til om en effekt af trawlfiskeriet i det to områder var mulig at påvise i infaunasammensætningen. Analysen blev udført opdelt på hvilken substrattype prøven var indsamlet på for hvert område og samlet for begge områder. Prøverne blev herefter opdelt i forhold til om prøven var indsamlet henholdsvis inden- eller udenfor områder, hvor der er identificeret trawlspor på havbundsoverfladen (se afsnit 4.7). Trawlpåvirkede områder anvendt i analysen er baseret på observationer af trawlspor på havbunden i den geofysiske kortlægning af de to områder. Trawlsporene er i nærværende kortlægning ikke graderet i forhold til alder, idet de dynamiske forhold i de to områder er varierende, og det dermed er svært at vurdere alderen af trawlspor.

Trawlspor på havbunden bevares længere i mindre dynamiske områder end i mere dynamiske områder. Der er ligeledes ikke anvendt fiskeridata indrapporteret fra fiskeriet over den fiskeaktivitet, der er foregået i området (VMS-data), idet det lå uden for formålet med denne kortlægning.

På baggrund af den udførte analyse var det ikke entydigt, om de forskelligheder, som kunne observeres i infaunasamfundet, var styret af trawllaktivitetens påvirkning/stress, eller det at afstanden mellem de indsamlede prøver var stor og varierende og heraf varierende dynamiske forhold, varierende diversitet både indenfor og imellem trawlpåvirkede og ikke trawlpåvirkede områder. Konklusionen må derfor være, at man ud fra data indsamlet ved nærværende kortlægning ikke kan eftervise eller afvise en presfaktor fra trawllaktiviteten i infaunasamfundet (se mere under afsnit 5.4.2 Anbefalinger).

5.3 Habitattyper og habitatdynamik

De overordnede habitattyper er klassificeret i henhold til EUNIS-klassifikationen level 3 / MSFD Broad Habitat Types efter EMODnet 2019 modellen; men hvor EMODnets MSFD Broad habitat types model benytter en Folk 5 substratklassifikation som input (www.emodnet-seabedhabitats.eu), benytter nærværende klassifikation af overordnede habitattyper den interpolerede substrattypeklassifikation som input – jf. konvertering i Tabel 3-4 – hvorved den overordnede habitattypeklassifikation dækker hele kortlægningsområdet (jf. kapitel 3).

De overordnede habitattyper er modelleret på baggrund af input-datalag (jf. kapitel 3). Disse datalag er alle baseret på målte og/eller modellerede data med varierende rumlig opløsning og nøjagtighed. Derudover er der potentielle store tidslige variationer i de enkelte inputparametre, som ikke afspejles i det endelige overordnede habitattypkort.

Afgrænsningerne i overordnede habitattyper følger overordnet afgrænsningerne i substrattyper, specielt hvis der tages højde for substrattypekonverteringen nævnt ovenfor (jf. sektion 4.5). Det illustrerer, at modelleringen af overordnede habitattyper er meget følsom overfor ændringer i substrattyper. Det betyder også, at de overordnede habitattyper langs sejllinjerne (dvs. områder med en bredde på 200-300 m) har høj konfidens, idet substrattyperne langs sejllinjerne er baseret på målinger; mens de overordnede habitattyper mellem sejllinjerne (dvs. områder med en bredde på 1.200-1.300 m) har lavere konfidens, idet substrattyperne mellem linjerne er baseret på interpolation.

Det er essentielt at kende konfidensen af både substrattypkortet og det overordnede habitattypkort, så kortene ikke anvendes udover deres gyldighedsområde ift. rumlig opløsning og nøjagtighed samt potentiel tidslig variation. Den tidslige variation i inputparametre, såsom en naturlig sæsonvariabilitet og dermed en mulig naturlig sæsonvariabilitet i overordnede habitattyper, er ikke inddraget i nærværende kortlægning. Både konfidens og naturlig variabilitet er væsentlige deskriptorer, som kunne ledsage det overordnede habitattypkort. Netop den naturlige variabilitet, som følger af årstidsvariationer, men også ændringer drevet af klimavariationer på længere sigt (fx ændringer i temperatur, salinitet, havspejlsniveau, stormintensitet, strøm og

bølger, osv.), er væsentlige at undersøge og kvantificere med henblik på at vurdere tab og forstyrrelse af havbundens integritet.

Denne kortlægning er et første vigtigt skridt mod fremadrettet at kunne estimere og vurdere tab og forstyrrelse af overordnede habitattyper langs sejllinjerne.

Sidst men ikke mindst udgør de indsamlede data og genererede kort i nærværende projekt et unikt grundlag for yderligere analyser og undersøgelser ift. kortlægning af habitatnaturtyper. Det er ikke muligt at kortlægge habitatnaturtyper fladedækkende baseret på de indsamlede data, men det er muligt med yderligere analyser at estimere og vurdere udbredelsen af habitatnaturtyper langs sejllinjerne, helt specifikt er det muligt at kortlægge udbredelsen af stenrev og sandbanker langs sejllinjerne. Dette kan danne et robust grundlag for udvidede undersøgelser af disse habitatnaturtyper og deres dynamik.

5.4 anbefalinger

Anbefalinger med henblik på at forbedre og optimere habitatkortlægningen i de danske farvande i fremtiden hvad angår både overordnede habitattyper og habitatnaturtyper er inddelt i to sektioner. Første sektion beskriver anbefalinger for den fremtidige geofysiske kortlægning med fokus på de abiotiske komponenter af habitatkortlægningen, dvs. kortlægning af de tre centrale komponenter substrat, geomorfologi og geologi, der udgør havbundens geodiversitet. Anden sektion beskriver anbefalinger for den fremtidige biologiske kortlægning med fokus på de biotiske komponenter i forbindelse med infaunaprøvetagning og -databehandling.

5.4.1 Geofysisk kortlægning

Substratkortlægning med multibeam backscatter

Substratkortlægning på baggrund af multibeam backscatter data – i kombination med sidescan sonar data samt ROV-optagelser og bundprøve til verifikation – har i løbet af de sidste 10 år udviklet sig til standardmetoden i flere af vores Europæiske nabolande (bl.a. Sverige, Norge og England). Derudover er der i løbet af de seneste par år udviklet multibeam systemer med kalibreret backscatter data, som er uafhængige af havbundens geometri (se bl.a. EU-BONUS projektet ECOMAP, <https://www.bonus-ecomap.eu/>). Det betyder bl.a., at rumlige variationer i backscatter-intensitet ikke blot repræsenterer variationer i relative intensitetsværdier, som det er tilfældet med sidescan sonar data og tidligere generationer af multibeam backscatter data, men i stedet repræsenterer variationer i absolutte intensitetsværdier, som er uafhængige af havbundens geometri, og som dermed kan karakterisere specifikke sediment- og substrattyper. Derudover giver automatisk eller semi-automatisk kortlægning af substrattyper baseret på ekspertvurderinger (bl.a. med inddragelse af metoder baseret på kunstig intelligens som fx machine learning) en øget reproducerbarhed i substrattypekortlægningen. I kombination med kalibreret multibeam backscatter data giver dette nogle unikke teknologiske og metodiske muligheder for optimeret og forbedret substratkortlægning i fremtiden.

Det er dog vigtigt at fastslå, af det optimale setup er en kombination af kalibreret multibeam backscatter med sidescan sonar data samt ROV og bundprøver til verifikation. Sidescan sonar data indsamlet tæt over bunden er fortsat essentiel med henblik på identifikation af relativt små sten på dybere vand samt en stor fladedækning på lavere vand. Det sidste er relevant for lavvandede kystnære områder, hvor multibeam data har en meget høj rumlig opløsning, men en meget lille fladedækning med en swath-bredde på maksimum 6 gange vanddybden, dvs. en swath-bredde <30 m i kystnære lavvandede områder med vanddybder under 5 m. Det anbefales derfor, at fremtidige substratkortlægninger foretages på baggrund af multibeam backscatter data kombineret med side scan sonar data samt ROV-optagelser og bundprøver til verifikation.

Geomorfologisk kortlægning med multibeam batymetri

Geomorfologisk kortlægning er essentiel for en optimeret og forbedret habitatkortlægning (jf. bl.a. Harris & Baker, 2019). Kortlægningen af batymetri i kombination med kortlægning af sediment-/substratforhold er rygraden i en geomorfologisk kortlægning. Batymetrisk kortlægning med multibeam ekkolod har i løbet af de sidste 20 år udviklet sig til standardmetoden. Fordelene ved dybdekortlægning med multibeam ekkolod er bl.a., at kortlægningen er fladedækkende med en swath-bredde på minimum 3 gange vanddybden. Med vanddybder i intervallet 20-60 m i nærværende kortlægning (jf. sektion 4.1) er fladedækningen langs sejlinjen dermed minimum i intervallet 60-180 m og typisk det dobbelte med moderne multibeam systemer, dvs. i størrelsesordenen 120-360 m, sammenlignet med $\sim 0,7-2,1$ m i nærværende kortlægning med singlebeam ekkolod. Derudover er nadir footprint generelt mindre end for singlebeam ekkolod, hvorved det er muligt at kortlægge morfologiske enheder samt deres dimensioner og orienteringer i rum. Dette muliggør en geomorfologisk kortlægning og en tolkning af de fysiske processer ved havbunden samt en vurdering af havbundens stabilitet, dynamik og integritet. Multibeam data er dermed essentielle for en fremtidig kvantitativ analyse af tab og forstyrrelse af havbundens integritet. Sidst men ikke mindst bidrager multibeam data til den kontinuerlige opgradering af EMODnet Bathymetry og dermed til FN's mål om en fulddækkende global batymetrisk kortlægning som en del af Ocean Decade 2021-2030 (<https://www.oceandecade.org/>) under projektet Seabed 2030 (<https://seabed2030.org/>). Irland har som det første land i Verden fuldført en fladedækkende batymetrisk kortlægning af det nationale havterritorium (<https://www.infomar.ie/>), hvilket er fundamentet for en bæredygtig forvaltning af havbunden ift. til benyttelse og beskyttelse.

Det anbefales derfor, at fremtidige habitatkortlægninger inddrager en batymetrisk kortlægning med multibeam ekkolod med henblik på en geomorfologisk kortlægning for en optimeret og forbedret habitatkortlægning.

Geologisk kortlægning med sedimentekkolod

Den overfladenære geologi er en vigtig komponent i habitatkortlægningen, og vigtigheden vil være tiltagende i fremtiden med henblik på at vurdere tab og forstyrrelse, hvad end det er som følge af menneskelig påvirkning eller naturlige dynamiske processer, som potentielt forstærkes som følge af klimaforandringer.

Sedimentekkoloddet anvendt i nærværende kortlægning er det optimale metodiske setup til den geologiske kortlægning og beskrivelse af de overfladenære sedimentlag i kombination med kerner og bundprøver.

Det anbefales derfor, at fremtidige habitatkortlægninger fortsat inddrager en geologisk kortlægning af de overfladenære sedimentlag med højopløseligt sedimentekkolod i kombination med kerner og bundprøver.

Kortlægning af menneskelig påvirkning og naturlig dynamik med tidsseriemålinger

Tidligere undersøgelser af sandbanken Disken i Øresund for Miljøstyrelsen (Miljøstyrelsen & Länsstyrelsen Skåne, 2018) viser på baggrund af detaljerede multibeam ekkolodsopmålinger med nogle års mellemrum, hvordan slæbesugningsspor, der ligesom trawlspor forstyrrer havbunden, langsomt udglattes i områder med bundtransport. Undersøgelserne viser dog også, at selv i områder med relativt høje bundtransportrater kan det tage årtier at udviske den menneskelige aktivitet på havbunden.

Tilsvarende har tidligere undersøgelser i de danske farvande dokumenteret potentialet for kvantitativ kortlægning af havbundens sediment- og morfodynamik med anvendelse af skibsbårne fladedækkende tidsseriemålinger med multibeam ekkolod, både hvad angår naturlige dynamiske processer samt i kombination med menneskelig påvirkning. Disse eksempler omfatter både havbundens sediment- og morfodynamik over længere tidsintervaller som år (jf. Ernstsen, 2005, 2011; Miljøstyrelsen & Länsstyrelsen Skåne, 2018; Hansen et al., in prep.), men også på kortere tidsskalaer som timer med henblik på at kvantificere effekten af tidevandsstrømme (jf. Ernstsen et al., 2006). Ligeledes har tidligere undersøgelser i de danske farvande dokumenteret potentialet for kvantitativ kortlægning af havbundens sediment- og morfodynamik med anvendelse af platformbårne punktmålinger med en kombination af morfologiske og hydrodynamiske målinger med henblik på at beskrive effekten af strøm og bølger på havbunden ifm. stormsituationer (jf. Forsberg et al., 2018).

Det anbefales derfor at overveje inddragelsen af tidsseriemålinger i fremtidige habitatkortlægninger – i form af skibsbårne fladedækkende tidsseriemålinger med multibeam ekkolod og/eller platformbårne punktmålinger med en kombination af morfologiske og hydrodynamiske målinger – med henblik på at kortlægge de dynamiske forhold i repræsentative interesseområder/moniteringsområder i de danske farvande. Dette er relevant ift. en fremtidig vurdering af tab og forstyrrelse af havbundens integritet, som forudsætter en viden om havbundens naturlige dynamiske forhold og naturlige variabilitet.

5.4.2 Biologisk kortlægning

Positionering ifm. prøvetagning

HAPS-prøvetagning i forbindelse med sediment- og infauna-prøver er foretaget fra skibene "on the fly", hvilket vil sige, at skibet har forsøgt at holde sig på positionen under prøvetagningen så godt som muligt vha. skibets hoved- og bovpropeller. Der har altså ikke været krav om opankring

(da det tager uhensigtsmæssigt lang tid på 50 m vanddybde eller mere) eller DP (Dynamic Positioning) på skibene. I praksis betyder dette, at skibet flytter sig fra den udpegede position og at de to HAPS-prøver ikke er taget det samme sted. Det samme gælder for ROV-dykkene, hvor det er tydeligt på videoen, at skibet flytter sig under optagelsen. Problematikken ved, at dataindsamlingen på en station ikke er indsamlet på den samme position, er følgende;

1. Den fra ROV-dykkene verificerede substrattype skal sammenlignes med HAPS-prøverne, for at se om kornstørrelsen passer til den givne substrattype. Her kan man således få uklart resultat, hvis en ROV-verificeret blød bund sammenlignes med en kornstørrelse fra en mere sandet bund.
2. HAPS-prøverne (sediment og infauna) skal sammenlignes i statistiske infauna-analyser for at se sammenhænge mellem kornstørrelse og infaunasamfund. Her kan man således få et falsk resultat, hvis et infaunasamfund tilpasset en blød bund sammenlignes med en kornstørrelse fra en mere sandet bund.

Margenen for, hvor langt skibet er fra den udpegede position kan være lille eller stor afhængigt af mange faktorer, herunder vind og vejr, propellernes effektivitet og navigatørens evner. Ved nærværende kortlægning er der stor forskel på prøvetagningernes afstand til den oprindelige position ved prøvetagninger foretaget med hhv. "Skoven" og "Cecilie", hvor prøvetagningerne fra "Cecilie" varierer meget (Se afsnit 3.1.2.2.2). Det kan anbefales ved fremtidige kortlægninger, at man i videst muligt omfang forsøger at blive på positionen. I mange tilfælde er det muligt at undgå for store skred i position, men som sagt er det ret skibsafhængigt. Det skal derfor indskræpes for skibets kaptajn, at vedkommende skal gøre sig så umage som muligt (hvis f.eks. Skoven benyttes fremadrettet, vil disse skred i position minimeres).

Infauna

Allerede inden data indsamles er det nødvendigt at overveje hvilken konkrete forhold man ønsker at undersøge/belyse, hvilket har stor betydning for f.eks. fordelingen af prøver indenfor et område. Ved nærværende kortlægning er prøveantallet og fordelingen af prøver optimeret indenfor projektets ramme i samarbejde med Miljøstyrelsen. Dette er gjort med fokus på bedst muligt for at dække begge områder jævnt (A1 og A2) samt at prøverne også skulle være en støtteparameter i forhold til den geofysiske kortlægning af områderne. Ved en mere specifik kortlægning i fremtiden, hvor infauna er et fokuspunkt, kan det anbefales at man over et mindre område udlægger flere prøvetagningsstationer, der kan give et detaljeret billede af infaunaen i området.

Normalt når man analyserer infaunaen i forhold til substratforhold anvendes kornstørrelsesanalysens d_{10} (10% gennemfald) og d_{60}/D_{10} (uensformighedstallet) som udtryk for den fine fraktion af sedimentet samt sorteringsgraden af sedimentet – hvilket har betydning for artssammensætningen af infaunaen. Dette har ikke været muligt, idet kornstørrelserne har været målt ved sigteanalyser. For de meget fine prøver har det således været et gennemfald på mere end 10% for den fineste sigte. For de udførte analyser er der i stedet anvendt %ler og silt som udtryk

for den finere fraktion samt %groft sand /% fint sand. Derfor kan det netop anbefales at man overvejer at bruge laserdiffraktion til fremtidig analyse af kornstørrelser.

Belysning af trawlaktivitet

På baggrund af den geofysiske kortlægning kunne der identificeres trawlspor på store dele af havbundsoverfladen indenfor begge af de kortlagte områder. Det var derfor interessant at undersøge om en opdeling i områder med trawlspor vs. områder uden trawlspor kunne identificeres i infaunasamfundene. Denne analyse er ikke præsenteret i rapporten, men kort nævnt under diskussionen. Som nævnt i afsnit 5.2.2.3 kunne presfaktoren fra trawlaktiviteten ikke eftervises i infaunasamfundene udfra det anvendte datasæt. Hvis man ønsker at få undersøgt hvilken påvirkning/stress, som trawlaktivitetens har eller kan have på infaunasamfundene, er det nødvendigt at tænke dette ind allerede i designet af prøvetagningsprogrammet samt at beslutte i hvilken grad og hvordan man vil måle/vurdere om et område er trawlpåvirket.

6. Konklusion

Miljøstyrelsen skal som led i overvågningsprogrammet under Havstrategidirektivet (HSD) øge kendskabet til havbunden gennem en kortlægning af havbundens habitater i de danske farvande (afgrænset af EEZ-linjen) med henblik på at vurdere fysisk tab og forstyrrelse (HSD Deskriptor 6 Havbundens integritet) af havbunden gennem overordnede habitattyper.

Miljøstyrelsen har ønsket at kortlægge havbunden (EU-udbud nr. 2019/S 047-107780) i den centrale og vestlige del af den danske Nordsø, hvor der er sparsom viden om havbunden, herunder biologiske forhold; og hvor havbunden, baseret på tidligere kortlægninger, er karakteriseret ved en relativ høj diversitet.

De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland (GEUS) og WSP Danmark har udført projektet i partnerskab, med GEUS som ledende konsortiepartner.

Der er foretaget kortlægning af havbunden i den centrale og vestlige del af den danske Nordsø i områderne Østlige Nordsøen (område A1) med et areal på 10.779 km² og Doggerbanke Tail End (område A2) med et areal på 3.591 km². Områderne er kortlagt i henhold til substrattyper og overordnede habitattyper, jf. EU-Kommissionens afgørelse 2017/848, der anvendes under havstrategidirektivet. Herunder er artssammensætningen og artsdiversiteten af flora og fauna knyttet til de forskellige bundtyper kortlagt og beskrevet.

Projektet blev udført i 3 faser:

Fase 1 bestod af en geofysisk dataindsamling (en akustisk kortlægning med sidescan sonar og sedimentekkolod) og dataanalyse. Den geofysiske opmåling blev udført med en linjeafstand på 1,5 km og der blev kortlagt ~8.057 linje-km fordelt på Østlige Nordsøen (~5.856 km) og Doggerbanke Tail End (~2.201 km). Der blev udpeget 144 HAPS-bundprøve stationer til brug for kornstørrelses- og infaunaanalyser og 178 ROV-stationer (delvist overlappende med HAPS stationerne) til brug for verifikation af de tolkede substrattyper samt til beskrivelse af artssammensætningen og artsdiversiteten af flora og fauna knyttet til de kortlagte substrattyper og overordnede habitattyper.

Fase 2 bestod af en biologisk og fysisk punktdataindsamling ved visuel dokumentation med ROV og HAPS-bundprøvetagning.

I Fase 3 blev der udarbejdet overordnede habitattypekort for de to områder, og der blev udført samtolkning og afrapportering af den geofysiske og biologiske kortlægning.

Geofysisk kortlægning

Med udgangspunkt i den akustiske kortlægning blev der foretaget substrattypetolkning svarende til 1.324 km² (12%) af det samlede areal indenfor område A1, mens der blev kortlagt 676

km² (19%) af det samlede areal indenfor område A2. De kortlagte arealer blev interpoleret med henblik på at producere fulddækkende substrattypekort i hvert af kortlægningsområderne efter Miljøstyrelsens klassifikation (Tabel 3-3).

De genererede substrattypekort illustrerer tydeligt de overordnede variationer i substrattypeforholdene i de to områder (jf. sektion 4.3). Substrattypekortlægningen har øget detaljegraden af substrattypekortet i de to områder væsentligt.

De interpolerede substrattypekort blev derefter anvendt som input i EMODnet 2019 modellen til udarbejdelse af de overordnede habitattyper baseret på EUNIS-klassifikationen level 3 / MSFD Broad habitat types (jf. afsnit 3.3.3).

Resultatet af modelleringen viste at de tre mest udbredte overordnede habitattyper for begge områder (dækningsgrad i procent) er offshore cirkalittoralt mudder på hhv. ~17% (A1) og ~41% (A2), cirkalittoralt sand med hhv. ~21% (A1) og ~36% (A2), samt offshore cirkalittoralt sand med hhv. ~47% (A1) og ~22% (A2).

Både substrattyper og de overordnede habitattyper er karakteriseret ved høj konfidens langs sejllinjerne (dvs. områder med en bredde på 200-300 m), idet disse områder er baseret på indsamlet data; mens områder mellem sejllinjerne (dvs. områder med en bredde på 1.200-1.300 m) er karakteriseret ved en relativt lavere konfidens, idet disse områder er baseret på interpoleret data.

Det er essentielt at kende konfidensen af både substrattypekortet og det overordnede habitattypekort, så kortene ikke anvendes udover deres gyldighedsområde ift. rumlig opløsning og nøjagtighed. Den tidlige variation i inputparametre, såsom en naturlig sæsonvariabilitet og dermed en mulig naturlig sæsonvariabilitet i overordnede habitattyper, er ikke inddraget i nærværende kortlægning.

Epiflora og -fauna

De biologiske samfund i form af epiflora- og fauna var, grundet deres tilknytning til de forskellige substrattyper og overordnede habitattyper, meget forskellige både i forhold til artsammensætning og antal af individer i begge undersøgte områder: A1 - Østlige Nordsøen og A2 - Doggerbanke Tail End. Observationerne er baseret på 132 og 46 ROV-dyk i hhv. område A1 og A2. Indenfor samme substrattyper og overordnede habitattyper var biologien i de to områder meget ens. De observerede arter var generelt almindeligt forekommende i Nordsøen.

Inddeling af biologien tilknyttet havbunden på forskellige substrattyper har givet et overblik og en generel forståelse for udbredelsen af flora og fauna i områderne A1 og A2. Opdelingen i overordnede habitattyper er mest relevant, når den ses i en større sammenhæng, hvor områder med mere forskellige dybde-, lys- og salinitetsforhold etc., sammenlignes på baggrund af de overordnede habitattyper og de tilhørende biologiske forhold. For nærværende undersøgelse er det

vanskeligt at differentiere mellem de opdeltede overordnede habitattyper på baggrund af epiflora og -faunaudbredelsen.

Infauna

De biologiske samfund i form af infauna knyttet til de forskellige substrater var meget forskellige både i forhold til artsammensætning og antal af individer i de to undersøgte områder: A1 - Østlige Nordsøen og A2 - Doggerbanke Tail End. Infaunaanalyserne er baseret på 101 og 43 bundfaunaprøver i hhv. område A1 og A2. Generelt bestod infaunaen i begge områder af arter, der var forventelige for de observerede substratforhold i Nordsøen. Infaunen i område A1 var domineret af arter tilpasset den bløde bund, som var meget udbredt i dette område bl.a. fin mudderslangestjerne, sømus og *Phoronis* sp., mens infaunen i område A2 var domineret af arter tilpasset den sandede bløde bund, bl.a. *Lanice conchilega*, *Spiophanes bombyx* og *Galathowenia oculatamensis*.

Statistiske analyser og test (MDS, ANOSIM) viste, at der i begge områder var signifikant forskel mellem infaunasamfundene på de bløde substrater (substrattype 1a, overordnede habitattype Offshore cirkalittoralt mudder) og de fleste øvrige substrater. SIMPER-analyser viste, at det for område A1 primært var arter tilhørende slægten *Phoronis* og klasserne slangestjerner, havbørsteorme og muslinger, som bidrog mest til både ligheden indenfor delprøverne på hver substrattype/overordnede habitattype og forskelligheden mellem forskellige substrattyper/overordnede habitattyper. For område A2 var det arter tilhørende klasserne havbørsteorme og slangestjerner, som bidrog mest til disse ligheder og forskelligheder. Den samlede artsrigdom for de prøver, som blev indsamlet i hvert område, indikerede at være meget afhængigt af antallet af prøver, som blev indsamlet på den enkelte substrattype eller overordnede habitattype. AMBI-indekset varierede i område A1 fra 1,49 til 2,23 og for A2 fra 1,63 til 2,10 for alle substratklassifikationer og karakteriserer alle områder, på baggrund af de observerede arter, til at være let forstyrrede og alle infaunasamfund som værende i ubalance. Shannon Wiener diversiteten (artsdiversiteten) i område A1 lå for alle substratklassifikationer lavt omend den for samfundet på substrattype 1a og den overordnede habitattype OCM lå inden for det niveau, som typisk ses i Nordsøen (1,5-3,5). I område A2 var artsdiversiteten for alle substratklassifikationer mellem 1,54 til 1,83, hvilket er inden for det niveau som man typisk ser i Nordsøen (1,5-3,5). DKI-værdien i område A1 varierede fra 0,67 til 0,80 for alle de kortlagte substratklassifikationer på nær CM (Cirkalittoralt Mudder), hvilket klassificerede den økologiske tilstand som god. I område A2 varierede DKI-værdien fra 0,78 til 0,83 inden for alle de kortlagte substratklassifikationer. Dette klassificerede den økologiske tilstand som høj indenfor alle de kortlagte substratklassifikationer på nær substrattype 2, hvor den økologiske tilstand klassificerede som god.

For begge områder samlet viste statistiske analyser og test (MDS, ANOSIM), at der i begge områder var signifikant forskel mellem infaunasamfundene på de bløde substrater (substrattype 1a, overordnede habitattype Offshore cirkalittoralt mudder) og de fleste øvrige substrater. AMBI-indekset varierede fra 1,49 til 2,23 for alle substratklassifikationer og karakteriserede alle området, på baggrund af de observerede arter, til at være let forstyrrede og alle infaunasamfund

som værende i ubalance. Shannon Wiener diversiteten (artsdiversiteten) var for alle substrat-klassifikationer lavt mellem 1,15 til 1,55, omend den for samfundet på substrattype 1a og den overordnede habitattype OCM lå inden for det niveau, som typisk ses (1,5-3,5). DKI-værdien varierede fra 0,67 til 0,80 for alle de kortlagte substratklassifikationer på nær CM (Cirkalittoralt mudder), hvilket klassificerede den økologiske tilstand som god.

Inddeling af infauna i forhold til hvilken substrattyper eller overordnede habitattyper hvorpå prøven er indsamlet, har givet et groft overblik og en generel beskrivelse for udbredelsen og diversiteten af infauna i de to områder. Variationen i infaunasammensætning i A1 blev forklaret en anelse bedre ved hjælp af sorteringen i de overordnede habitattyper i forhold til substrattypene (ANOSIM analysen (Global Test, bilag F)), mens substrattyper havde en markant større forklaringsgrad end de overordnede habitattyper i område A2. Samlet set, for begge områder er der ikke entydigt større viden om variationen i infaunasamfundet mellem prøverne ved at inddele efter substrattyper i forhold til de overordnede habitattyper eller vice versa. I en større sammenhæng, hvor områder har mere forskellige dybde-, lys - og salinitetsforhold etc., vil opdeling i overordnede habitattyper være særdeles relevant. I mere lokale områder med mindre variation i f.eks. dybde, lys og salinitet såsom A1 og A2 er det vanskeligt entydigt at sige, at den ene klassifikation af substratforhold er bedre end den anden til at forklare variationen i infauna-artssammensætningen. Nærværende kortlægning viser, at artssammensætningen af infauna kan variere fra lokalitet til lokalitet og er afhængig af gradienten i fysiske forhold indenfor det kortlagte område, områdets størrelse, etc.

Andre observationer

Menneskelige aktiviteter og objekter (dvs. trawlspor, vrage og rørledninger i nærværende kortlægning) blev identificeret ud fra tolkning af sidescan sonar billeder, understøttet af sedimentekkolodsporfiler og eksisterende søkort (jf. kapitel 3). Dette setup muliggjorde en overordnet afgrænsning og kortlægning af trawlspor, vrage og rørledninger langs sejllinjerne.

Kortlægningen af områder påvirket af trawling (identificeret ved tilstedeværelsen af trawlspor) illustrerer tydeligt den overordnede akkumulerede udbredelse af trawlspor langs sejllinjerne i begge områder, hvor store dele er påvirket af bundtrawling. Det er dog vigtigt at understrege, at trawlsportene afspejler en akkumuleret udbredelse af trawllaktivitet og ikke et øjeblikbillede af aktuel trawllaktivitet.

Bundtrawling anses for at være den dominerende presfaktor for bundfaunaens biodiversitet i Nordsøen. De indsamlede infaunadata, i forbindelse med nærværende kortlægning, blev analyseret med henblik på at vurdere en potentiel effekt af trawlfiskeriet i det to områder var mulig at påvise i infaunasammensætningen. På baggrund af den udførte analyse var det ikke entydigt, om de forskelligheder, som kunne observeres i infaunasamfundet, var styret af trawllaktivitetens påvirkning/stress, eller det at afstanden mellem de indsamlede prøver var stor og varierende og heraf varierende fysiske forhold, varierende diversitet både indenfor og imellem trawlpåvirkede og ikke trawlpåvirkede områder.

Perspektiver

Overordnet har nærværende kortlægning forbedret datagrundlaget indenfor de udpegede områder i form af øget dækning samt en højere datakonfidens langs sejllinjerne. Kortlægningen har ligeledes skabt et grundlag (en "baseline") for yderligere og mere detaljeret kortlægning i udvalgte interesseområder/moniteringsområder med henblik på estimering og vurdering af havbundens naturlige dynamiske forhold, naturlige variabilitet og biologi. Dermed udgør kortlægningen også et første vigtigt skridt mod at kunne estimere og vurdere tab og forstyrrelse af havbunden – specifikt i forhold til substrattyper og overordnede habitattyper langs sejllinjerne.

Anbefalinger

Med henblik på forbedring og optimering af fremtidige habitatkortlægninger i danske farvande anbefales det ift. den geofysiske kortlægning:

- at udføre **substratkortlægning** på baggrund af multibeam backscatter data kombineret med side scan sonar data samt ROV-optagelser og bundprøver til verifikation.
- at udføre batymetrisk kortlægning med multibeam ekkolod med henblik på en **geomorfologisk kortlægning** for en optimeret og forbedret habitatkortlægning.
- at udføre – som hidtil praktiseret – **geologisk kortlægning** af de overfladenære sedimentlag med højopløseligt sedimentekkolod i kombination med kerner og bundprøver.
- at overveje inddragelsen af **tidsseriemålinger** i form af skibsbårne fladedækkende tidsseriemålinger med multibeam ekkolod og/eller platformbårne punktmålinger med en kombination af morfologiske og hydrodynamiske målinger med henblik på at kortlægge de dynamiske forhold i repræsentative interesseområder/moniteringsområder i de danske farvande. Dette er relevant ift. en fremtidig vurdering af tab og forstyrrelse af havbundens integritet, som forudsætter en viden om havbundens naturlige dynamiske forhold og naturlige variabilitet.

Tilsvarende anbefales det ift. den biologiske kortlægning:

- At **positionere skibet** således, at man afhængigt af vind, vejr, etc., i videst muligt omfang forsøger at blive på positionen under ROV og HAPS-prøvetagning
- At bruge **laserdiffraktion** til analyse af de fine kornstørrelsesfraktioner ved fremtidige kortlægningsopgaver, hvor analyse af infauna er et delmål.
- At designe **prøvetagningsprogrammet** efter hvilke data man evt. på et senere tidspunkt ønsker at undersøge, eksempelvis påvirkning af trawl på infaunasamfundet.

7. Referencer

- Anderson, M. J., Gorley, R. N. & Clarke, K. R. 2008. PERMANOVA+ for PRIMER: Guide to Software and Statistical Methods .
- 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.
- Baptist MJ, van Dalssen J, Weber A, Passchier S, van Heteren S (2006). The distribution of macrozoobenthos in the southern North Sea in relation to meso-scale bedforms. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 68: 538-546.
- Bartholdy J, Bartholomä A, Flemming BW (2002). Grain-size control of large compound flow-transverse bedforms in a tidal inlet of the Danish Wadden sea. *Marine Geology*, 188: 391-413.
- Bennike, O., Leth, J.O., Jensen, J.B. & Lomholt, S. (2014). Arctic plant remains of Weichselian age from the Danish North Sea. *Geological Survey of Denmark and Greenland Bulletin* 31, 43–46.
- Borja, A., Franco, J. & Landa, V.P. (2000). A Marine Biotic Index to Establish the Ecological Quality of Soft-Bottom Benthos Within European Estuarine and Coastal Environments. *Marine Pollution Bulletin* 40(12):1100-1114.
- Blott, S.J. & Pye, K. (2001). GRADISTAT: a grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments. *Earth Surf. Process. Landforms* 26, 1237-1248.
- Cheng CH, Soetaert K, Borsje BW (2020). Sediment characteristics over asymmetrical tidal sand waves in the Dutch North Sea. *Marine Science and Engineering*, 8, DOI: 10.3390/jmse8060409.
- Cherlet J, Besio G, Blondeaux P, van Lancker V, Verfaillie E, Vittori G (2007). Modelling sand wave characteristics on the Belgian Continental Shelf and in the Calais-Dover Strait. *Journal of Geophysical Research*, 112(C06002), DOI: 10.1029/2007JC004089.
- Clarke, C.K. & Gorley, R.N. (2006). PRIMER v6: User Manual/Tutorial. PRIMER-E.
- Cotterill, C.J., Phillips, E., James, L., Forsberg, C.F., Tjelta, T.I., Carter, G. & Dove, D. (2017). The evolution of the Dogger Bank, North Sea: a complex history of terrestrial, glacial and marine environmental change. *Quaternary Science Reviews* 171, 136-153.
- Deleu S, van Lancker V, van den Eynde D, Moerkerke G (2004). Morphodynamic evolution of the kink of an offshore tidal sandbank: the Westhinder Bank (Southern North Sea). *Continental Shelf Research*, 24: 1587-1610.
- Diesing M, Kubicki A, Winter C, Schwarzer K (2006). Decadal scale stability of sorted bedforms, German Bight, southeastern North Sea. *Continental Shelf Research*, 26: 902-916.
- Eigaard, O. R., Bastardie, F., Hintzen, N. T., Buhl-Mortensen, L., Buhl-Mortensen, P., Catarino, R., Dinesen, G. E., Egekvist, J., Fock, H. O., Geitner, K., Gerritsen, H. D., González, M. M.,

- Jonsson, P., Kavadas, S., Laffargue, P., Lundy, M., Gonzalez-Mirelis, G., Nielsen, J. R., Papadopoulou, N., Posen, P. E., Pulcinella, J., Russo, T., Sala, A., Silva, C., Smith, C. J., Vanellander, B., Rijnsdorp, A. D., 2017. The footprint of bottom trawling in European waters: distribution, intensity, and seabed integrity. - *ICES Journal of Marine Science* 74: 847-865. doi: 10.1093/icesjms/fsw194.
- Ernstsen VB, Noormets R, Winter C, Hebbeln D, Bartholomä A, Flemming BW, Bartholdy J (2006). Quantification of dune dynamics during a tidal cycle in an inlet channel of the Danish Wadden Sea. *Geo-Marine Letters*, 26: 151-163, DOI: 10.1007/s00367-006-0026-2.
- Ernstsen VB, Lefebvre A, Bartholdy J, Bartholomä A, Winter C (2011). Spatiotemporal height variations of large-scale bedforms in the Grådyb tidal inlet channel (Denmark): a case study on coastal system impact. *Journal of Coastal Research*, SI64: 746-750, ISSN: 0749-0208.
- Ernstsen VB, Noormets R, Winter C, Hebbeln D, Bartholomä A, Flemming BW, Bartholdy J (2005). Development of subaqueous barchanoid-shaped dunes due to lateral grain size variability in a tidal inlet channel of the Danish Wadden Sea. *Journal of Geophysical Research*, 110(F04S08), DOI: 10.1029/2004JF000180.
- EU (2017). Commission Decision (EU) 2017/848 of 17 May 2017 laying down criteria and methodological standards on good environmental status of marine waters and specifications and standardized methods for monitoring and assessment, and repealing Decision 2010/477/EU (Text with EEA relevance). Official Journal of the European Union, L 125: 43–74. <http://data.europa.eu/eli/dec/2017/848/oj>.
- EU (2018). Commission Decision (EU) 2018/229 of 12 February 2018 establishing, pursuant to Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council, the values of the Member State monitoring system classifications as a result of the intercalibration exerci. Hentet fra <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32018D0229>
- Evans, D., Aish, A., Boon, A., Condé, S., Connor, D., Gelabert, E. Michez, N., Parry, M., Richard, D., Salvati, E. & Tunesi, L. (2016). Revising the marine section of the EUNIS Habitat classification - Report of a workshop held at the European Topic Centre on Biological Diversity, 12 & 13 May 2016. ETC/BD report to the EEA.
- Folk, R.L. (1954). The distinction between grain size and mineral composition in sedimentary-rock nomenclature. *Journal of Geology* 62, 344-359.
- Folk, R.L. & Ward, W.C. (1957). Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Petrology* 27, 3-26.
- Forsberg, P.L., Ernstsen, V.B., Andersen, T.J., Winter C, Becker M, Kroon A (2018). The effect of successive storm events and seagrass coverage on sediment suspension in a coastal lagoon. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 212: 329-340, DOI: 10.1016/j.ecss.2018.07.006.
- Gao, S., Collins, M., 1992. Net sediment transport patterns inferred from grain-size trend, based upon definition of "transport vectors". *Sedimentary Geology* 80, 47-60.
- Gao, S., Collins, M.B., 1994. Analysis of grain size trends, for defining sediment transport pathways in marine environments. *Journal of Coastal Research* 10, 70-78.

- Gravesen, P., Leth, J.O. & Jensen, J.B., 2009. Nordsøen – Havbundsdata og kortlægning. GEUS Rapport 2009/48, 49 pp.
- GEUS & Orbicon. 2011. Marin råstof og naturtypekortlægning i Nordsøen 2011. GEUS rapportnr. 2011/103. Udført for Naturstyrelsen.
- Hansen 2018. Notat om usikkerheder og fejlkilder ved anvendelse af DKI på bundfauna fra forskellige prøvetagningsdesign. Notat fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi.
- Hansen, J.L.S. & Blomqvist, M. 2018. Effekt af bundtrawling på bundfauna-samfund i Kattegat - undersøgt med forskellige bundfaunaindeks baseret på NOVANA overvågningsdata. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 46 s. - Videnskabelig rapport fra DCE nr. 256 <http://dce>.
- Hansen, J. W. 2019. Marine områder 2017. NOVANA. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt.
- Hansen, J., & Høgslund, S. 2019. Marine områder 2018. NOVANA. Aarhus Universitet, DCE.
- Hansen, J., & Høgslund, S. 2020. Marine områder 2019. NOVANA. Aarhus Universitet, DCE.
- Hansen, J., Hansen, L., Carausu, M., & Deding, J. 2018. Datateknisk anvisning for marin blødbundsfauna, M19. DCE.
- Hansen, L.Ø., Ernstsens, V.B., et al. Geomorphometric and geomorphological classification of a dynamic and complex marine meander bend (in prep.).
- Harris, P. & Baker, E., 2019. Seafloor geomorphology as benthic habitat. 2nd Edition, GeoHab Atlas of seafloor geomorphic features and benthic habitats. Elsevier Science, 2019 pp.
- Hulscher SJMH, van den Brink GM (2001). Comparison between predicted and observed sand waves and sand banks in the North Sea. *Journal of Geophysical Research*, 106: 9327-9338.
- ICES (2016). Working Group on Bycatch of Protected Species (WGBYC), 1-5 February 2016, ICES HQ, Copenhagen, Denmark. ICES CM 2016/ACOM: .
- Jensen, J.B., Borre, S., Leth, J.O., Al-Hamdani, Z. & Addington, L.G. 2011. Mapping of raw materials and habitats in the Danish sector of the North Sea. Geological Survey of Denmark and Greenland Bulletin 23, 33–36.
- Kedra, M., Gromisz, S., Jaskuła, R., Legeżyńska, J., Maciejewska, B., Malec, E., Opanowski, A., Ostrowska, K., Włodarska-Kowalczyk, M., & Weslawski, J. 2010. Soft bottom macrofauna of an All Taxa Biodiversity Site: Hornsund (77°N, Svalbard). Polish Polar Research. 31. 309-326.
- Knudsen, K.L. 1985. Foraminiferal stratigraphy of Quaternary deposits in the Roar, Skjold and Dan fields, central North Sea. *Boreas* 14, 311–324.
- Kristiansen, A., Køie, M. 2014. Havets dyr og planter. Gyldendal.

- 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* 38, 732–761.
- Le Roux, J.P., 1994a. An alternative approach to the identification of net sediment transport paths based on grain-size trends. *Sedimentary Geology* 94, 97-107.
- Le Roux, J.P., 1994b. A spreadsheet template for determining sediment transport vectors from grain-size parameters. *Computers & Geosciences* 20, 433-440.
- Markert E, Holler P, Kröncke I, Bartholomä A (2013). Benthic habitat mapping of sorted bedforms using hydroacoustic and ground-truthing methods in a coastal area of the German Bight/North Sea. *Estuarine, coastal and Shelf Science*, 129: 94-104.
- Mielck F, Holler P, Bürk D, Hass HC (2015). Interannual variability of sorted bedforms in the coastal German Bight (SE North Sea). *Continental Shelf Research*, 111: 31-41.
- Miljøstyrelsen (2018). Kortlægning af Natura 2000-områder Marin habitatkortlægning i Skagerrak og Nordsøen 2017-2018. Udført af GEUS og Orbicon for Miljøstyrelsen.
- Miljøstyrelsen (2021). NOVANA. Miljøstyrelsen. Hentet fra: <https://miljoegis.mim.dk/cbkort?profile=novana2017-21>
- Miljøstyrelsen & Länsstyrelsen Skåne (2018). Ny miljøundersøgelse af "Disken", Øresund. Udført af Rambøll, GEUS og IGN-KU for Miljøstyrelsen og Länsstyrelsen Skåne, 103 pp.
- Naturstyrelsen (2015). Marin habitatkortlægning i Skagerrak og Nordsøen 2015. Udført af GEUS og DCE for Naturstyrelsen.
- Naturstyrelsen (2011). Marin råstof- og naturtypekortlægning i Nordsøen 2010. Udført af GEUS og Orbicon for Naturstyrelsen.
- Nielsen, T., Mathiesen, A. & Bryde-Auken, M. 2008. Base Quaternary in the Danish parts of the North Sea and Skagerrak. *Geological Survey of Denmark and Greenland Bulletin* 15, 37–40.
- OSPAR (2000). Quality Status Report 2000, Region II – Greater North Sea. OSPAR Commission, London. 136 + xiii pp.
- Otto, L., Zimmerman, J.T.F., Furnes, G.K., Mork, M., Sætre, R., Becker, G. 1990. Review of the physical oceanography of the North Sea. *Netherlands J. Sea Res.* 26, 161-238.
- Paradis, S., Goñi, M., Masqué, P., Durán, R., Arjona-Camas, M., Palanques, A. & Puig, P, 2020. Persistence of biogeochemical alterations of deep-sea sediments by bottom-trawling. *Geophysical Research Letters* 48, <https://doi.org/10.1029/2020GL091279>
- Poizot E & Méar Y (2010). Using a GIS to enhance grain size trend analysis. *Environmental Modelling & software* 25, 513-525.
- Poizot E, Méar Y, Biscara L (2008). Sediment Trend Analysis through the variation of granulometric parameters: A review of theories and applications. *Earth-Science Reviews* 86, 15-41.

- Populus, J., Vasquez, M., Albrecht, J., Manca, E., Agnesi, S., Al Hamdani, Z., Andersen, J., Annunziatellis, A., Bekkby, T., Bruschi, A., Doncheva, V., Drakopoulou, V., Duncan, G., Inghilesi, R., Kyriakidou, C., Lalli, F., Lillis, H., Mo, G., Muresan, M., Salomidi, M., Sakellariou, D., Simboursa, M., Teaca, A., Tezcan, D., Todorova, V. & Tunesi, L. (2017). EUSeaMap, a European broad-scale seabed habitat map. 174p. <http://doi.org/10.13155/49975>
- Rambøll (2015). Maersk Oil ESIA-16: Redegørelse for miljømæssige og sociale virkninger – TYRA.
- Shannon, C., & Weaver, W. 1949. The mathematical theory of communication. The University of Illinois Press, Urbana.
- Van Dijk TAGP, Kleinmans MG (2005). Processes controlling the dynamics of compound sand waves in the North Sea, Netherlands. *Journal of Geophysical Research*, 110(F04S10), DOI: 10.1029/2004JF000173.
- Van Lancker V, Moerkerke G, du Four I, Verfaillie E, Rabaut M, Degraer S (2012). Fine-scale geomorphological mapping of sandbank environments for the prediction of microbenthic occurrences, Belgian part of the North Sea. In *Seafloor Geomorphology as Benthic Habitat – GeoHAB Atlas of Seafloor Geomorphic Features and Benthic Habitats* (Eds Harris PT & Baker EK), Elsevier, pp. 251-260.
- Van Loon, W., Walvoort, D.J.J., van Hoey, G., Vina-Herbon, C., Blandon, A., Pesch, R., Schmitt, P., Scholle, J., Heyer, K., Lavaleye, M., Phillips, G., Duineveld, G. C. A., Blomqvist, M., 2018. A regional benthic fauna assessment method for the Southern North Sea using Margalef diversity and reference value modelling. - *Ecological Indicators* 89: 667-679.
- Vasquez, M., Manca, E., Inghilesi, R., Martin, S., Agnesi, S., Al Hamdani, Z., Annunziatellis, A., Bekkby, T., Pesch, R., Askew, N., Bentes, L., Castle, L., Doncheva, V., Drakopoulou, V., Gonçalves, J., Laamanen, L., Lillis, H., Loukaidi, V., McGrath, F., Mo, G., Monteiro, P., Muresan, M., O'Keeffe, E., Populus, J., Pinder, J., Ridgeway, A., Sakellariou, D., Simboursa, M., Teaca, A., Tempera, F., Todorova, V., Tunesi, L., Virtanen, E. 2020. EUSeaMap 2019, A European broad-scale seabed habitat map, technical report. EASME/EMFF/2018/1.3.1.8/Lot2/SI2.810241–EMODnet Thematic Lot n° 2 – Seabed Habitats. <https://doi.org/10.13155/74782>
- Vittor, B. A. 2002. Gray's Reef benthic macroinvertebrate community assessment, April 2001. Final Report to NOAA under contract No. 50-DGNC-0-90024, NOAA NOS, Charleston, SC.
- WoRMS Editorial Board. 2021. World Register of Marine Species. doi:10.14284/170

8. Bilag

A	Kort
A1	Oversigtskort over kortlægningsområderne
A2	Sejllinjekort for kortlægningsområderne
A3.1	Vanddybder for A1 – Østlige Nordsøen
A3.2	Vanddybder for A2 – Doggerbanke Tail End
A4.1	Substrattypekort for A1 – Østlige Nordsøen
A4.2	Substrattypekort for A2 – Doggerbanke Tail End
A5.1	Kornstørrelsesfordelinger for A1 – Østlige Nordsøen
A5.2	Middelkornstørrelsesfordelinger for A1 – Østlige Nordsøen
A5.3	Kornstørrelsesfordelinger for A2 – Doggerbanke Tail End
A5.4	Middelkornstørrelsesfordelinger for A2 – Doggerbanke Tail End
A6.1	Overordnede habitattyper-kort for A1 - Østlige Nordsøen
A6.2	Overordnede habitattyper-kort for A2 - Doggerbanke Tail End
A7	Positioner for HAPS-prøvetagning
A8	Positioner for ROV-stationer
B	Logbøger
B1	Logbog, visuelle verifikationer og indsamling af HAPS-prøver
B2	Logbog, indsamling af geofysiske data
C	HAPS-prøver fordelt på substrattyper og overordnede habitattyper
D	Deskriptive statistiske kornstørrelsesparametre for HAPS-prøverne
E	Infaunaoversigt
F	MDS-, ANOSIM-, SIMPER- og DistLM-analyser
G	GIS
H	ROV-videosekvenser