

KATTEGATFORBINDELSE - KYST-KYST ANLÆGSTEKNISKE FORUNDERSØGELSER

Overfladenær geologisk delmodel (GEUS)Desk Study

Lasse Tésik Prins, Matthew Owen og Jørn Bo Jensen

General geology of southern Kattegat, the Hesselø wind farm area

Desk Study

Report for Energinet Eltransmission A/S

Jørn Bo Jensen and Ole Bennike

KATTEGATFORBINDELSE - KYST-KYST AN- LÆGSTTEKNISKE FORUNDERSØGELSER Overfladenær geologisk delmodel (GEUS)

Indhold

1.	Indledning	5
2.	Resume	6
3.	Grundlag for den overfladenære geologiske del model	7
3.1	Geologisk baggrund	7
4.	Datatyper	9
4.1	Digitale seismiske data i Marta	11
4.2	Analoge seismiske data i Marta	11
4.3	Jupiter boringsdata	11
4.3.1	Prøveanalyser af jupiter boringer	11
4.4	Ny indsamlede overfladenære geofysiske data	11
4.5	Ny indsamlede dybe geofysiske data	12
5.	Tolkningsmetodik og afleverings formater	13
5.1	Stratigrafi og tolkede enheder	13
5.2	tolkningsmetodik	13
5.2.1	Tolkning af nye Innomar data	14
5.2.2	Tolkning af Nye UHR data	15
5.2.3	Tolkning af digitale arkivdata	16
5.2.4	Tolkning af Skannede arkivdata	16
5.3	Afleveringsformater af tolkningsdata	17
5.3.1	Ny indsamlede seismiske data	17
5.3.2	Arkivseismiske data	17
6.	Udbredelse og tykkelse af overfladenære enheder	18
6.1	U30 Glaciale lag	18
6.1.1	U32 Konsolideret moræne	20
6.1.2	U31 Slap moræne/flydemoræne	21
6.2	U20 Senglacial	22
6.2.1	U22 Ældre senglacial (lokale afsmeltnings afl.)	23
6.2.2	U21 Yngre senglacial (Baltiske Issø)	25
6.3	U10 Postglacial	26
6.3.1	U14 Postglacial sø aflejringer	27
6.3.2	U13 Postglacial brakvands aflejringer	28

6.3.3	U12 Postglacial marine afl.	29
6.3.4	U11 Sub recente / recente aflejringer	30
7.	Korridor analyse	32
7.1	Workflow.....	33
7.1.1	Metodik til tolkning af centerlinjegeologi.....	33
7.2	Tolkning af sedimentdata til spildanalyser	36
7.2.1	Tolkede sedimentenheder	37
7.2.2	HP Marint dynd	38
7.2.3	HL/HI Marin dynd / gytje	38
7.2.4	HS marint sand	39
7.2.5	LL - LL/ML Plastisk ler	40
7.2.6	ML Moræne ler	40
7.2.7	TL Senglacial siltet sandet ler	41
7.2.8	TS m Senglacialt mellemkornet sand.....	42
7.2.9	TS f Senglacialt finkornet sand	42
7.2.10	TS 1m senglacialt mellemkornet sand	43
7.2.11	TS 1f senglacialt finkornet sand	43
7.2.12	Tørstofindhold (dry density)	44
8.	Identificering af arkæologiske hotspots	45
8.1	Rekonstruktion af kystniveauændringer	45
8.2	Konstruktion af palæogeografiske scenarier.....	47
9.	Konklusioner	48
10.	Litteraturliste	49

Bilag 1. GEUS arkivprøver laboratorieanalyser kattegat Link

1. Indledning

I forbindelse med fase 2 af kyst-kyst undersøgelserne af Kattegat Link projektet, har Sund & Bælt bedt GEUS om at bidrage til videreudvikling af den overfladenære geologiske delmodel for de mulige korridorer og nærområderne.

Den overfladenære geologisk delmodel har fokus på lagfølgen og klassificering af de øvre sedimenter ned til overside af bæredygtige lag (typisk oversiden af glaciale/senglaciale aflejringer) til brug for miljøtekniske vurderinger.

Basis for modellen er primært GEUS' databaser og arkiver suppleret med resultaterne af de nye geofysiske undersøgelser, primært den overfladenære geofysiske kampagne mellem Samsø og Jylland. Resultaterne af den dybe geofysiske kampagne er inddraget i tolkningen af de øvre sedimenter for øvrige dele af projektområdet.

Den overfladenære geologiske delmodel skal tjene som grundlag for miljøtekniske vurderinger bl.a. ift. sedimentspilds påvirkning på havmiljøet, som foretages af Rambøll, samt bidrage til de anlægstekniske vurderinger af funderingsprincipper for bro- og sænketunnelløsninger og for borede tunnelløsninger, som COWI er ansvarlig for.

Endelig skal den overfladenære delmodel understøtte forberedelsen af undersøgelse af de marinarkæologiske forhold.

Rapporten beskriver den endelige model samt datagrundlaget som er anvendt til udviklingen af modellen, interfacet mellem de forskellige delmodeller, herunder dataformater.

2. Resume

GEUS har udarbejdet en geologisk model for de overfladenære lag i forbindelse med forundersøgelser til en fremtidig fast kattegatforbindelse. Den geologiske model indeholder forskellige elementer, som danner input til andre analyser.

Tolkningen har vist, at den geologiske udvikling i dette område, i store træk er sammenlignelig med den geologiske udvikling i området omkring storebæltsforbindelsen. Det er altså de samme overfladenære geologiske enheder, der er til stede i dette område.

Den geologiske model indeholder:

- Kortlagte horisonter fra ny erhvervede data, i henhold til den stratigrafiske ramme der er opsat for modellen.
- Fladedækkende kortlægning af top glacial fladen (top morænefladen) og transgressionsfladen (pre-Holocæn fladen), som danner grundlag for input til fundering (glacial fladen) og arkæologiske undersøgelser (begge flader). Disse er dannet på baggrund af både arkivdata og ny erhvervede data.
- Input til sedimentspildsanalyse i form af punktdata langs udvalgte korridorer, med information om geologiske enheder og fysiske egenskaber for disse.
- Input til arkæologiske undersøgelser, i form af den kortlagte transgressionsflade, bidrag til opsætning af den arkæologiske model, og bidrag til udformning af kystforskydningskurven.

3. Grundlag for den overfladenære geologiske del model

Eksisterende data og vidensgrundlag om de geologiske forhold - primært baseret på offentligt tilgængeligt, digitaliseret materiale fra bl.a. JUPITER databasen i form af boreprofiler, overfladesedimentkort, konturkort over centrale geologiske formationer og bathymetriske kort – med geofysiske undersøgelsesdata fra GEUS' MARTA database og interne (ikke-digitaliserede) arkiver suppleret med data fra to nye kampagner (se hhv. Dok. A134385-01 Kravspecifikation

Dyb Kortlægning, rev. 0.1, dateret 19-05-2020 og Dok. A134385-02. Kravspecifikation Overfladenær Kortlægning, rev. 0.1, dateret 19-05-2020), som blev gennemført august-september 2020. De to kampagner har hver sit hovedformål.

Den overfladenære geofysiske kampagne er sammen med GEUS' eksisterende data det primære grundlag for udviklingen af den overfladenære geologisk delmodel som beskrives i denne rapport.

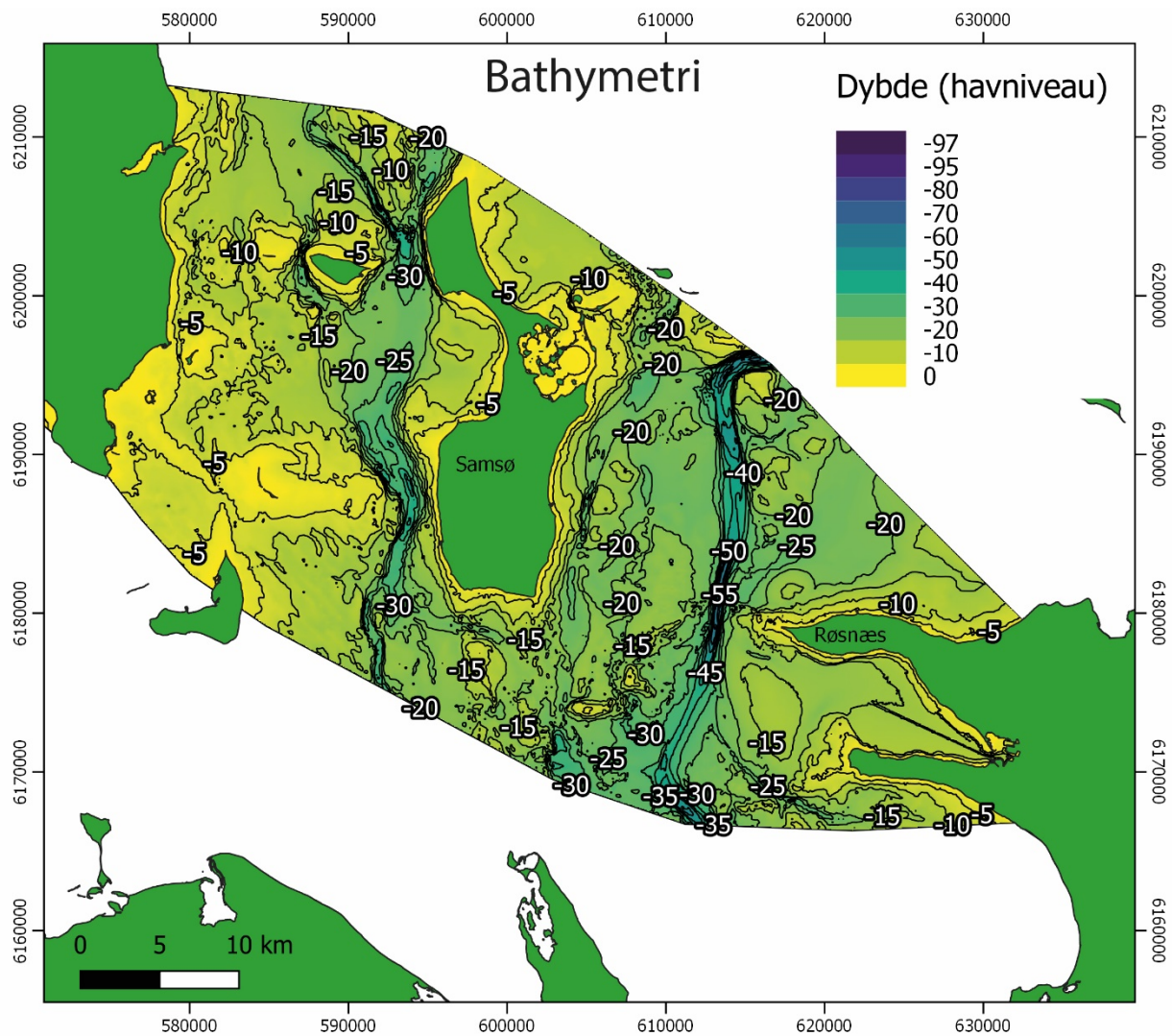
Den dybdeseismiske kampagne har til formål at forbedre grundlaget for valget af funderingskoncepter og -dybder gennem en forbedret kortlægning af lagfølgen ned til 50-75 m under havbunden som rapporteres af COWI.

3.1 Geologisk baggrund

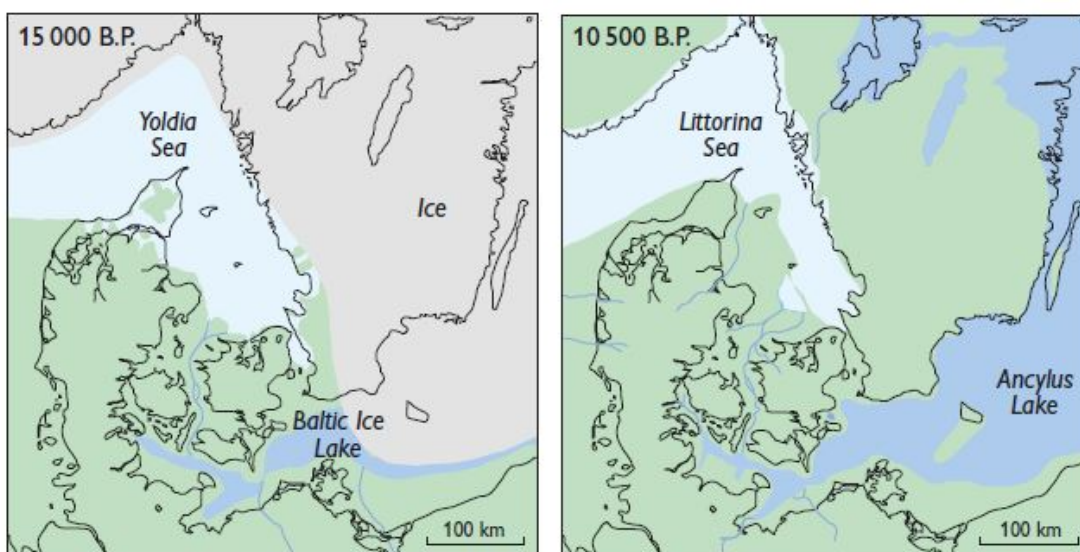
Studieområdet forbinder det brakvandsdominerede baltiske hav med det mere salte Kattegat. Der er meget varierende vanddybder i området, på mellem 2 og 55 m (Figur 1). Der findes varierende naturtyper i området, med både sandbanker, vadeblader, bugter og rev.

Området har været overskredet af is under flere isfremstød (Houmark-Nielsen, 2011). De glacialle enheder, er derfor også de hyppigst forekomne, og repræsenterer den pre-holocæne flade de fleste steder. Området har delvist fungeret som vandpassage fra først, den baltiske issø, ud i Yoldiahavet (ca. 15000 B.P.) og senere mellem Ancylus søen til Littorinahavet (ca. 10500 B.P.) (Figur 2) (Jensen et al., 2005). Der er skåret dybe render ned i de glacialle-, og nogle steder de præ-kvartære lag, som resultat af denne store vandtransport. Disse er efterfølgende blev helt eller delvist fyldt op med en sekvens af først issøsedimenter, efterfulgt af ferskvandssedimenter og til sidst marine sedimenter (Bennike et al., 2004; Jensen et al., 2005)

Det er denne aflejningssekvens, som har dannet grundlag for den stratigrafiske ramme for den nye geologiske model for området, som præsenteres i denne rapport.



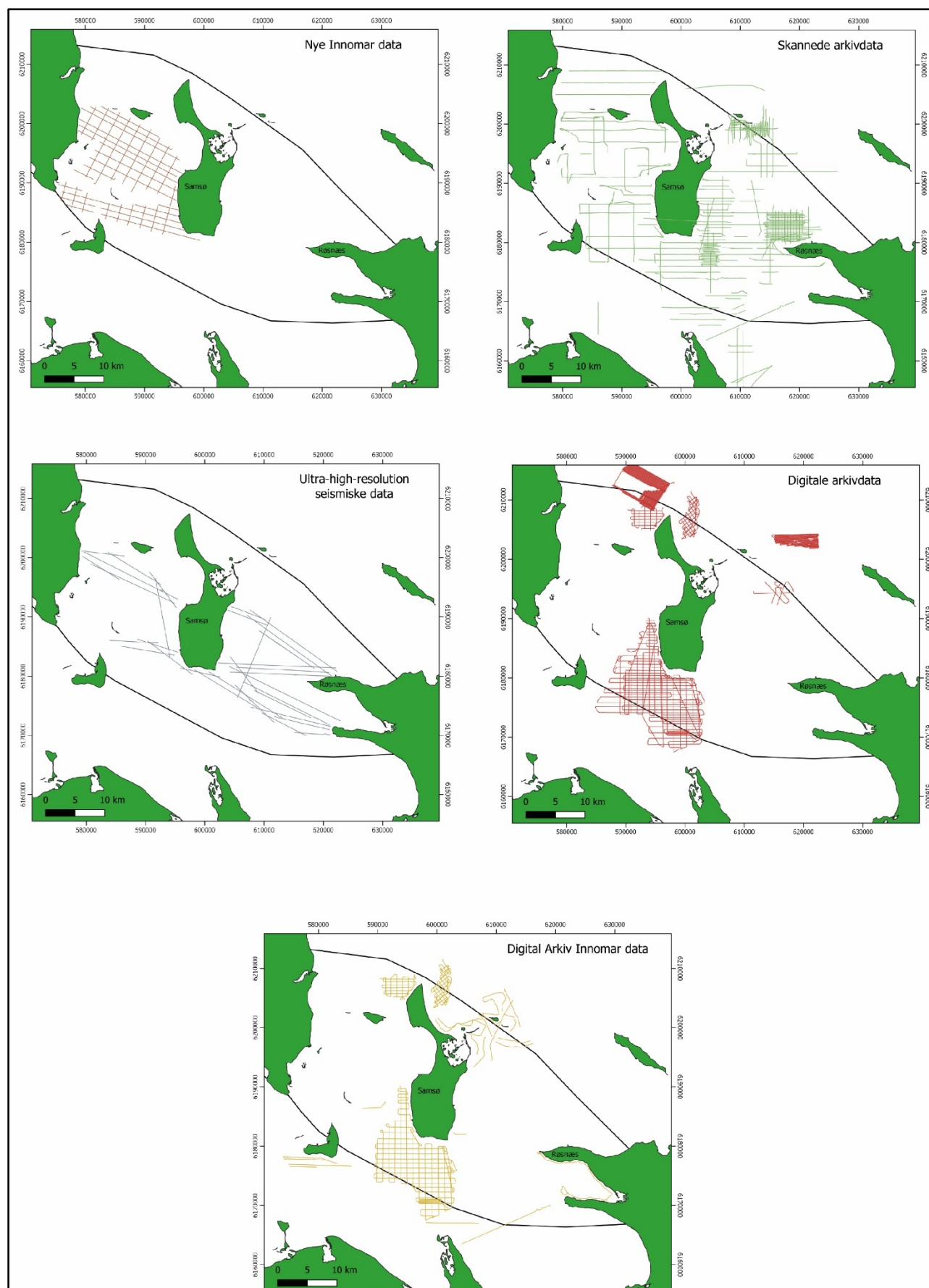
Figur 1 Bathymetrisk kort over studieområdet. landarealer er farve helt grønne. data er kun udtegnet inden for studieområdet



Figur 2 Paleogeografisk kort for perioderne, hvor Yoldia og Littorina havene eksisterede.

4. Datatyper

Til udarbejdelse af den overfladenære geologiske model, er der anvendt en række forskellige typer data, af forskellig kvalitet. Disse er beskrevet i dette afsnit. I Figur 3 ses udbredelsen af de forskellige akustiske datatyper, både ny erhvervede og arkivdata. Der er desuden brugt div. arkivdata, som også er beskrevet i dette afsnit.



Figur 3 Oversigt over udbredelsen af tilgængelige akustiske data – de nyhvervede data indbefatter Nye Innomardata og Ultra-high-resolution seismiske data (UHR).

4.1 Digitale seismiske data i Marta

De digitale seismiske arkivdata anvendt i den overfladenære model, består dels af Innomar data (Figur 3), og dels af enkeltkanal seismiske data indsamlet med sparker kilde (Digitale arkivdata i Figur 3). Kvaliteten af disse data er meget svingende, og alle linjer er derfor ikke anvendt i tolkningen af data.

4.2 Analoge seismiske data i Marta

De analoge data, som er anvendt i tolkningen, består af skannede papirdata, som er georefereret, og omdannet til SEG-Y-format, så de kan loades og tolkes i et seismisk tolkningsprogram. Disse data er indsamlet med navigationsdata, med en lavere præcision end moderne navigationssystemer, og der er derfor stor usikkerhed på positionerne (over 10 m). til gengæld har den store datatæthed givet et bedre overblik over fordelingen af morfologier i området.

4.3 Jupiter boringsdata

Jupiter boringsdatabasen er benyttet i forbindelse med tolkningen af de seismiske data til verificering af sedimenttyperne i de kortlagte seismiske enheder.

Med henblik på en nærmere beskrivelse af sedimenternes kornstørrelsesfordelinger, vandindhold og densiteter er boringsdatabasen gennemgået og der er udvalgt en række boringer til nærmere analyse. Dernæst blev arkiverne undersøgt med hensyn til at identificere mulige laboratorieanalyser. På grund af manglende analyser, blev der udvalgt en række boringer, som blev identificeret på GEUS's kernelager, prøver blev udtaget og analyseret på GEUS's sedimentlaboratorie (Bilag 1)

4.3.1 Prøveanalyser af jupiter boringer

Udvalgte prøver fra jupiter databasen blev udtaget på kernelageret og der blev udført kornstørrelsesanalyser og vandindhold. I Bilag 1 er boringerne dokumenteret med placering, sedimentologiske logs, sigteanalyser samt vandindhold.

4.4 Ny indsamlede overfladenære geofysiske data

De nye Innomar data, er indsamlet af GEUS, i sensommeren 2020. på dette togt blev der indsamlet Innomar data og Multibeam bathymetrisk data. Da de bathymetriske data ikke er fladedækkende, har de ikke været anvendt i denne model. Derimod har Sund og Bælt A/S leveret en dybdemodel fra farvandsvæsenet som vi har anvendt. Yderligere informationer om de overfladenære data, kan findes i surveyrapporten for de overfladenære undersøgelser (Owen & Prins 2020)

4.5 Ny indsamlede dybe geofysiske data

De nye seismiske data er indsamlet som Multikanal Ultra-High-resolution seismisk data (UHR). Det betyder bl.a. at data er indsamlet med en højfrekvent kilde (sparker), med korte skudintervaller (1 m) og en høj samplerate. Disse data leverer således en vertikal opløselighed på ned til 0,3 m. Detaljeret information om survey setup og processering af data kan findes i surveyrapporten- (Prins 2020) og mobiliseringsrapporten (Prins, Trinhamer og Rödel 2020) for de dybe undersøgelser

5. Tolkingsmetodik og afleverings formater

5.1 Stratigrafi og tolkede enheder

Enhederne 'U' er defineret ved deres top-reflektorer.

Hoved- enhed	Betegnelse	Under- enhed	Betegnelse
U10	Postglacial	U11	Sub recente / recente afl.
		U12	Postglacialt marin afl.
		U13	Postglacial brakvands afl.
		U14	Postglaciale sø afl.
U20	Senglacial	U21	Yngre seniglacial (Baltiske Issø)
		U22	Ældre seniglacial (lokale afsmelt- nings afl)
U30	Glacial I	U31	Slap moræne/flydemo- ræne
		U32	Konsolideret moræne
		U33	Glacialtektonik
		U34	Smeltevandsenhed

5.2 tolkningsmetodik

Tolkningen af geologisk signifikante horisonter er funderet i den ovenstående stratigrafiske ramme, med udgangspunkt i den etablerede geologiske model for storebæltsregionen (Ben- nikke et al., 2004; Jensen et al., 2005). Derudover er der indhentet information fra tidligere geotekniske undersøgelser, samt boringsinformationer fra Marta databasen.

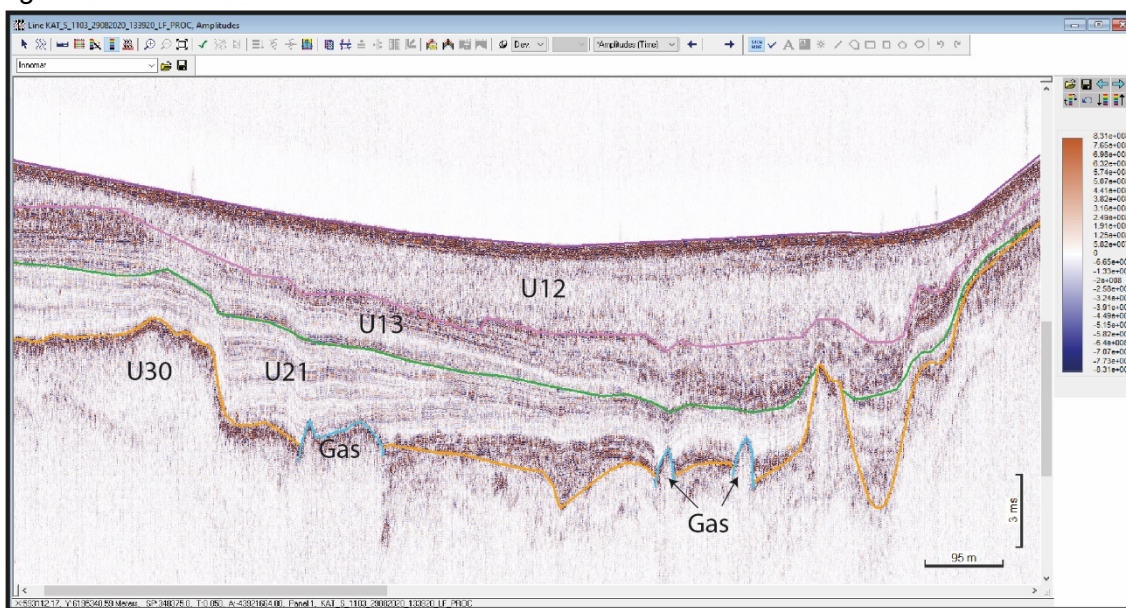
Tolkningerne er foretaget på forskellige datatyper, med forskellig seismisk opløselighed, og vertikal/horisontal positionspræcision. Datatætheden varierer meget på tværs af studieom- rådet (Figur 3).

Tolkingsmetodiken har været forskellig for de forskellige datatyper. Dette skyldes hovedsa- geligt de begrænsninger forskellige datatyper besidder (forskellig opløselighed, penetration og lateral udbredelse).

5.2.1 Tolkning af nye Innomar data

Innomar data kan levere meget høj opløselighed, ned til 5 cm, men med begrænset indtrængning. Derfor er Innomar data særligt anvendelige til tolkning af de overfladenære sedimenter.

Fremgangsmåden for tolkningen på Innomar data har været, først at identificere glacialfladen, og derefter identificere efterfølgende enheder, baseret på ændringer i seismisk facies, relateret til stratigrafien fra den eksisterende geologiske model. Tolkningen af de forskellige enheder gennemgås i det følgende, og et eksempel på en tolket innomarlinje kan ses i Figur 4. Ikke alle enheder i den stratigrafiske ramme, er blevet tolket på disse data. Der har ikke været kerner eller borer, sammenfaldende med linjer, som direkte kunne relateres til stratigrafien.



Figur 4 Eksempel på en Innomar linje, med tolkede enheder indtegnet.

U30: Denne enhed er tolket hovedsageligt på baggrund af top-fladen. Top-fladen har generelt returneret det meste energi, og det er således ikke muligt at udføre tolkninger under denne flade. Når en reflektor har returneret næsten alt energi, er den altså blevet tolket som top glacial fladen (U30), medmindre der har været indikationer på at dette ikke var tilfældet, eksempelvis ved gasforekomster (Figur 4).

U21: Denne enhed overlejrer typisk glacialfladen, og er generelt karakteriseret ved en seismisk facies, som udtrykker lave amplituder, og et draperet aflejningsmønster. I nogle områder er toppen af enheden erosiv.

U14: Denne enhed overlejrer typisk U30 eller U21, og er lokalt repræsenteret i den nordøstlige del af datasættet. Den seismiske facies viser typisk lidt højere, og mere varierende amplituder end U21, og der er stedvis downlaps på fladen. Toppen af denne enhed er nogle steder erosiv.

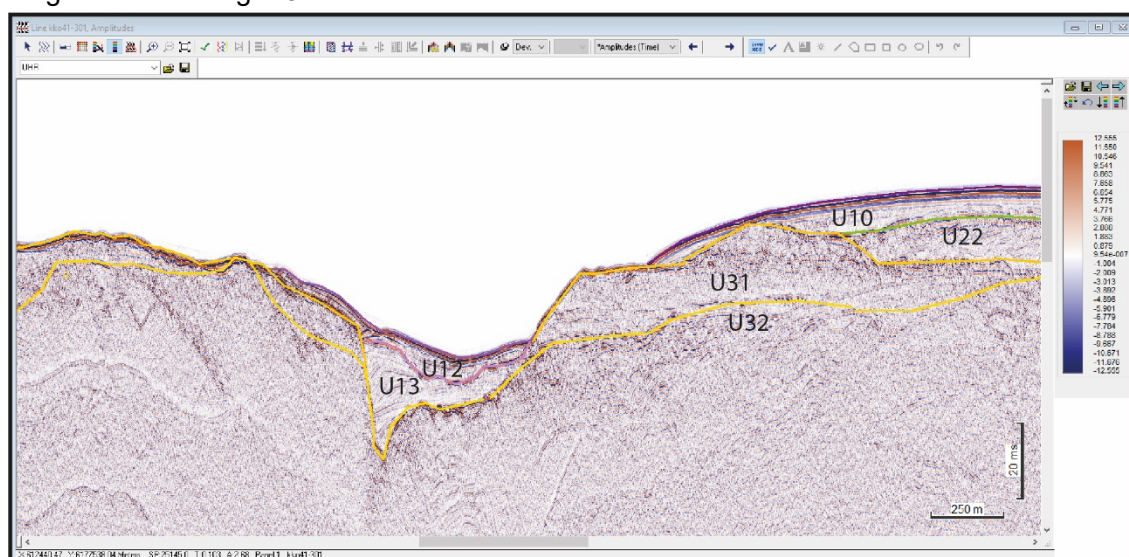
U13: Denne enhed overlejrer typisk U14, U21 eller U30. Den er begrænset til det nordøstlige hjørne af datasættet. Den seismiske facies er kendetegnet ved at være relativt høje amplituder, og en smule mere kaotiske refleksionsmønstre.

U12: Denne enhed er mere ekstensiv end de foregående, og overlejrer ældre enheder. Den seismiske facies varierer over området, fra transparent i de dybe områder, til relativt høje

amplituder i de lavvandede områder. Enheden har en erosiv øvre grænse, repræsenteret ved nutidens havbund. I hele området, udvises der høje amplituder i toppen af enheden.

5.2.2 Tolkning af Nye UHR data

Tolkningen af de nyhervervede multikanal seismiske data, er foregået ved identificering af geologisk signifikante refleksioner (erosionsfalter, el, er foregået med udgangspunkt i eksisterende viden om stratigrafien, fra den eksisterende geologiske model for området. Denne viden er suppleret med resultater indhentet fra tidligere råstofprojekter, og tidligere geotekniske rapporter fra området. Kombinationen af tidligere resultater, med den nye tolkning, har gjort det muligt, i nogle områder, at underinddele glacialfladen i en konsolideret moræne (U32) og en slap moræne/flydemoræne (U31). et eksempel på en seismisk linje, med tolkninger kan ses i Figur 5



Figur 5 Nyerhvervet ultra-high-resolution seismisk data, med indtegnede tolkninger.

U32: Den konsoliderede moræneenhed, repræsenterer den nedre grænse for GEUS model-input. Denne grænse er typisk trunkeret. Toppen er generelt repræsenteret ved en refleksion, med høj amplitude, og et ondulerende forløb langs profilerne. De underliggende refleksioner, viser typisk et kaotisk refleksionsmønster, med høje amplituder.

U31: Den slappe Moræne eller flydemorænen, overlejrer typisk den konsoliderede moræne (U32). Den er repræsenteret ved en relativt høj amplitude refleksion som øvre grænse, og de interne refleksioner, udviser stedvis lagdelte refleksioner, men er overordnet set kaotisk. Den øvre grænse er typisk trunkeret.

U30: I områder, hvor det ikke har været muligt at adskille den konsoliderede moræne fra flydemorænen, er glacialfladen tolket som U30. Den forventes dog for den største del af enheden, at repræsenterer en konsolideret moræne. Den seismiske facies er tilsvarende U32, altså høje amplituder, med en trunkeret top, og kaotiske refleksioner internt i enheden.

U22: Enheden findes på størstedelen af linjerne øst for Samsø. Den er hovedsageligt til stede langs de dybe render, der løber gennem Storebælt. Den seismiske facies er lagdelt, men stedvis kaotisk. Toppen af enheden er typisk trunkeret. Enheden er som regel vanskelig at skelne fra U31.

U13: De postglaciale brakvandsaflejringer, er kun identificeret enkelte steder i de dybe dele af den østlige rende gennem Storebælt. Her er de karakteriseret ved at der er et tydeligt skift i seismisk udtryk mellem den nedre og den øvre del af udfyldningen. U13 repræsenterer den nedre del, som udviser lave til middelhøje amplituder, og er lagdelt, men stedvis kaotisk i deres udtryk. Flere steder findes der gas i denne enhed.

U12: Denne enhed er repræsenteret i store dele af studieområdet, og er typisk sammenfaldende med havbunden. Det seismiske udtryk er typisk lagdelt, med interne erosionsflader, og ondulerende horisonter. Enheden viser sjældent kaotiske refleksioner. Toppen af enheden er flere steder trunkeret.

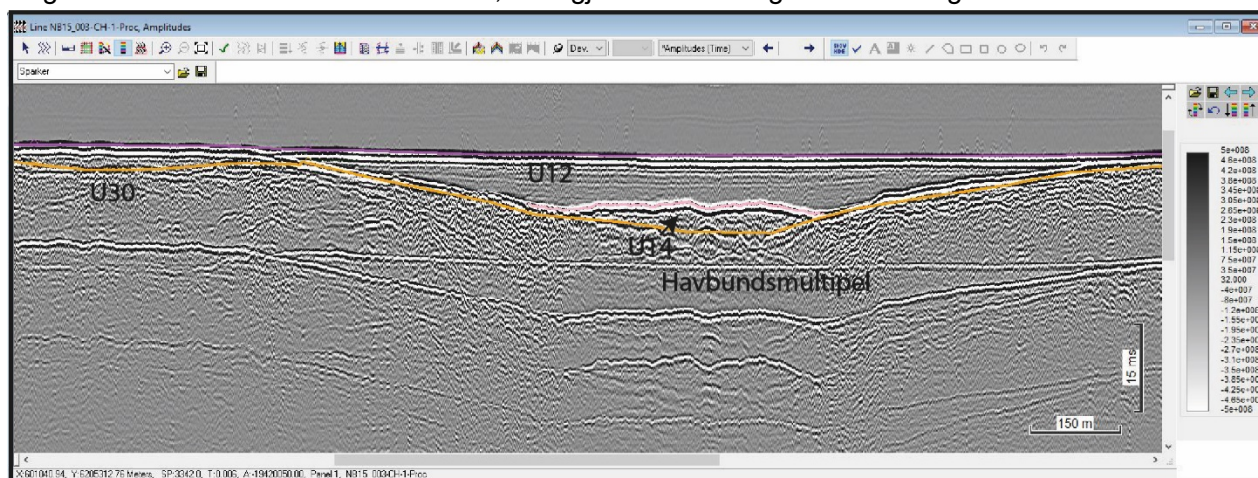
U10: Denne repræsenterer typisk mere kaotiske refleksioner end U12. Det seismiske udtryk er ellers sammenligneligt med U12. Denne enhed er tolket i områder, hvor der har været stor usikkerhed omkring oprindelsen på aflejringerne, typisk, men ikke eksklusivt, i områder med relativt lave vanddybder. Enheden vil mange steder kunne lægges sammen med U12.

5.2.3 Tolkning af digitale arkivdata

Arkivdata indsamlet med innomarsystemet, er tolket efter samme principper som beskrevet i afsnit 5.2.1.

Sparker data fra arkiverne, har ikke samme opløselighed som de nye UHR-data. Et eksempel på en arkivlinje kan ses i Figur 6. De er også indsamlet med enkeltkanal seismik, så første havbundsmultipel bestemmer hvor dybt tolkningen kan række.

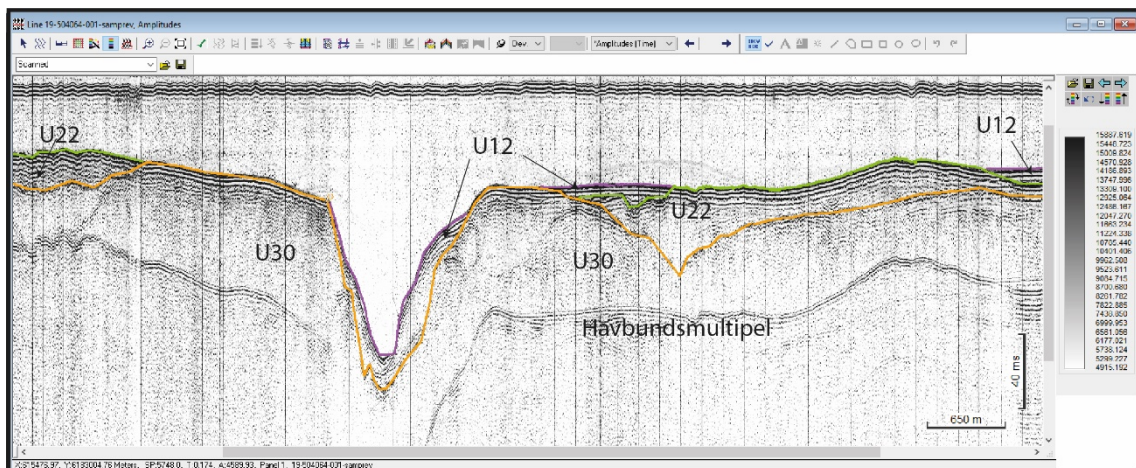
Nogle arkivdata har været af en kvalitet, som gjorde at tolkning ikke var mulig.



Figur 6 Arkivdata: enkeltkanals sparker-sesimik, med indtegnet tolkninger.

5.2.4 Tolkning af Skannede arkivdata

Tolkningen af de skannede arkivdata, er udført på samme måde som for de digitale arkivdata. Der er lagt mindre vægt på om horisonterne på de forskellige linjer er helt sammenfaldne, da der er en stor usikkerhed på positionerne XY-planet (for nogle data mere end 10m), og derigennem også i Z-planet. Nogle skannede arkivdata var af en kvalitet, som umuliggjorde tolkning. Et eksempel på en skannet arkivlinje kan ses i Figur 7



Figur 7 Arkivdata: Skannet seismisk linje, med indtegnede tolkninger.

5.3 Afleveringsformater af tolkningsdata

Tolkningerne som skal danne grundlag for den overfladenære del af COWIs geotekniske model, input til sedimentpildsanalyse og input til de marinarkæologiske undersøgelser, er leveret i forskellige formater, baseret på hvilken datakilde de kommer fra. Disse er beskrevet i det følgende.

5.3.1 Ny indsamlede seismiske data

Tolkede horisonter er leveret som:

- › ASCII 2D fil per Horisont med: LineName, trace, X, Y, Z(TWT ms)
- › ASCII 2D fil per Horisont med: LineName, trace, X, Y, Z(m) med en fast hastighed på 1500 m/s

5.3.2 Arkivseismiske data

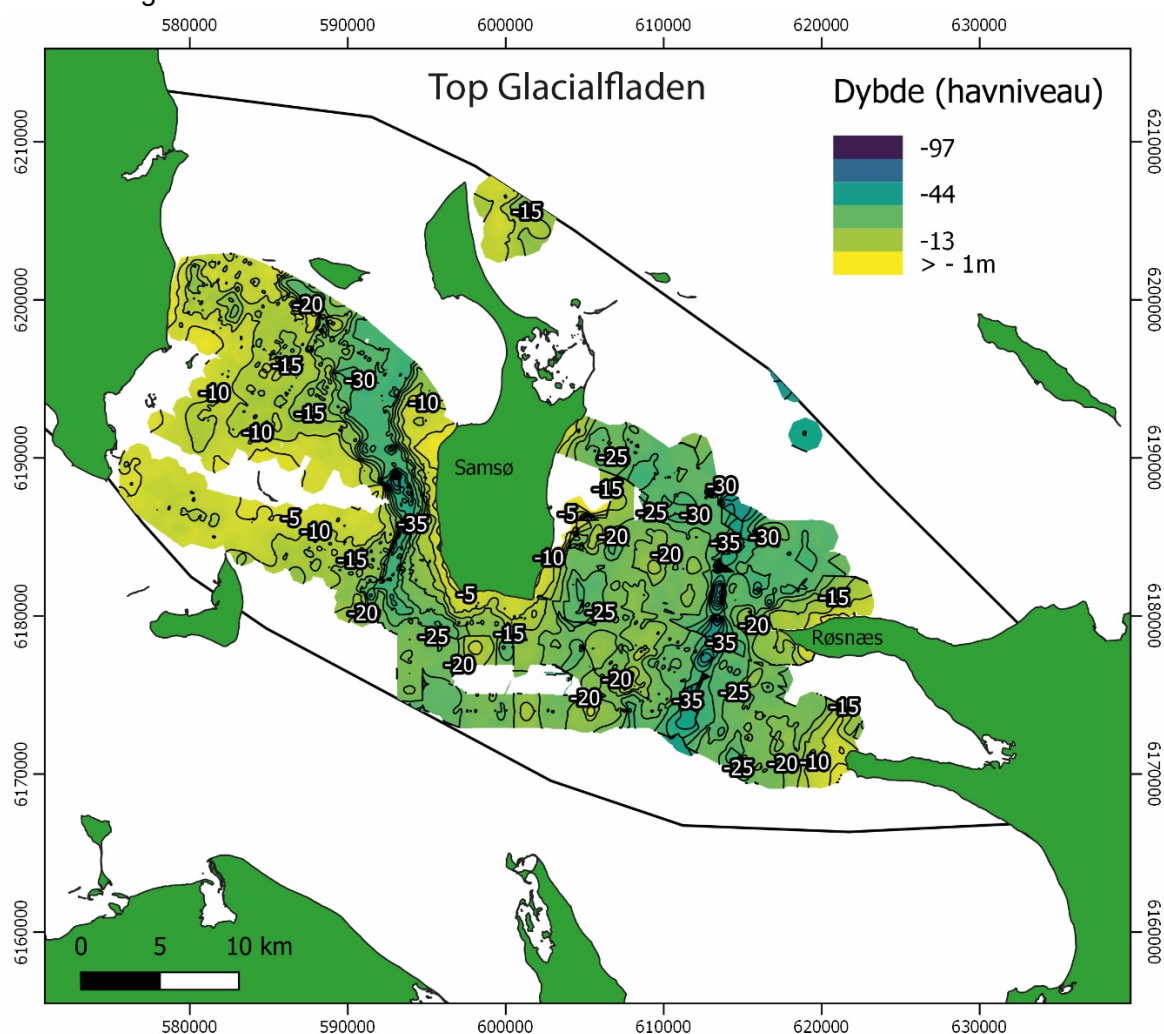
Tolkninger fra arkivseismiske data er leveret som interpolerede grids for topGlacial-fladen og for transgressionsfladen. Disse er genereret med en celledørrelse på 50 x 50 m, og er ekstrapoleret op til 1000 m væk fra linjerne, for at opnå fladedækning. Der er altså stor usikkerhed på dybderne til de forskellige horisonter i disse dataflader. Transgressionsfladen er desuden blevet kombineret med gamle tykkelseskort for forekomster af sand og dynd i området, som er blevet digitaliseret, som en del af dette projekt.

6. Udbredelse og tykkelse af overfladenære enheder

De fladedækkende grid dækker ikke hele undersøgelsesområdet da de er begrænset til områderne hvor der er data. Dette ses i de enkelt leveranceafsnit hvor tolknings input til den miljøgeologiske model har varierende udbredelse. Udbredelsen for de enkelte horisonter, som danner input til den miljøgeologiske model, kan findes i det følgende.

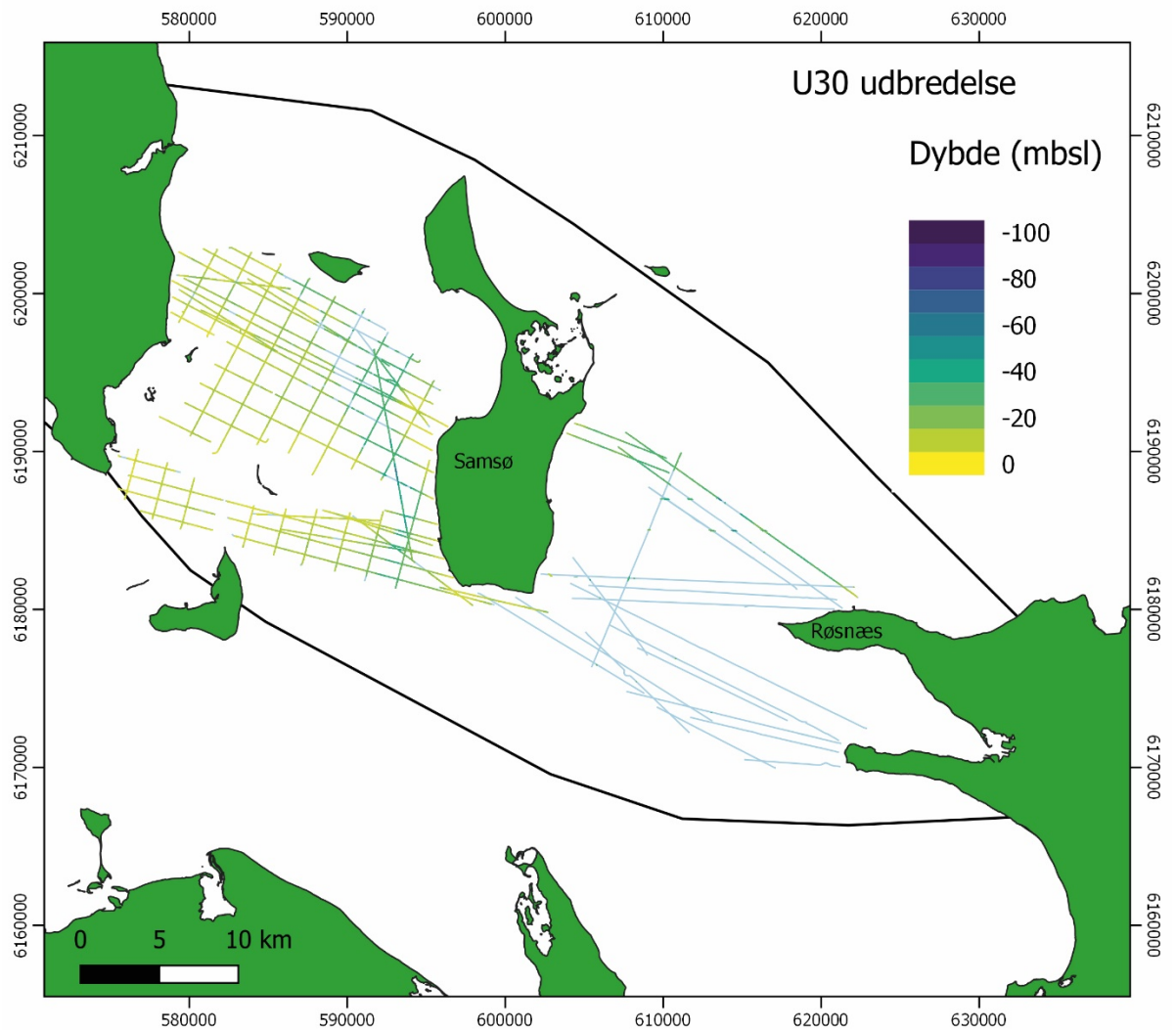
6.1 U30 Glaciale lag

De glaciale lag er i denne model en kombination af tre enheder, U30 (uspecificeret moræne), U31 (slap moræne/flydemoræne) og U32 (konsolideret moræne). Den samlede glaciale flade (U30, U31 og U32), er griddet og kombineret til en samlet flade (Figur 8). udstrækningen for de enkelte glaciale enheder er mindre.



Figur 8 Top glacialfladen. Tolkningen er behæftet med noget usikkerhed, særligt øst for Samsø, hvor der er anvendt mange forskellige datatyper, og ekstrapoleret langt fra de enkelte linjer.

I Figur 9 ses udbredelsen af den ikke opdelt glacialoverflade (U30) som den er tolket på de nyhervvede data

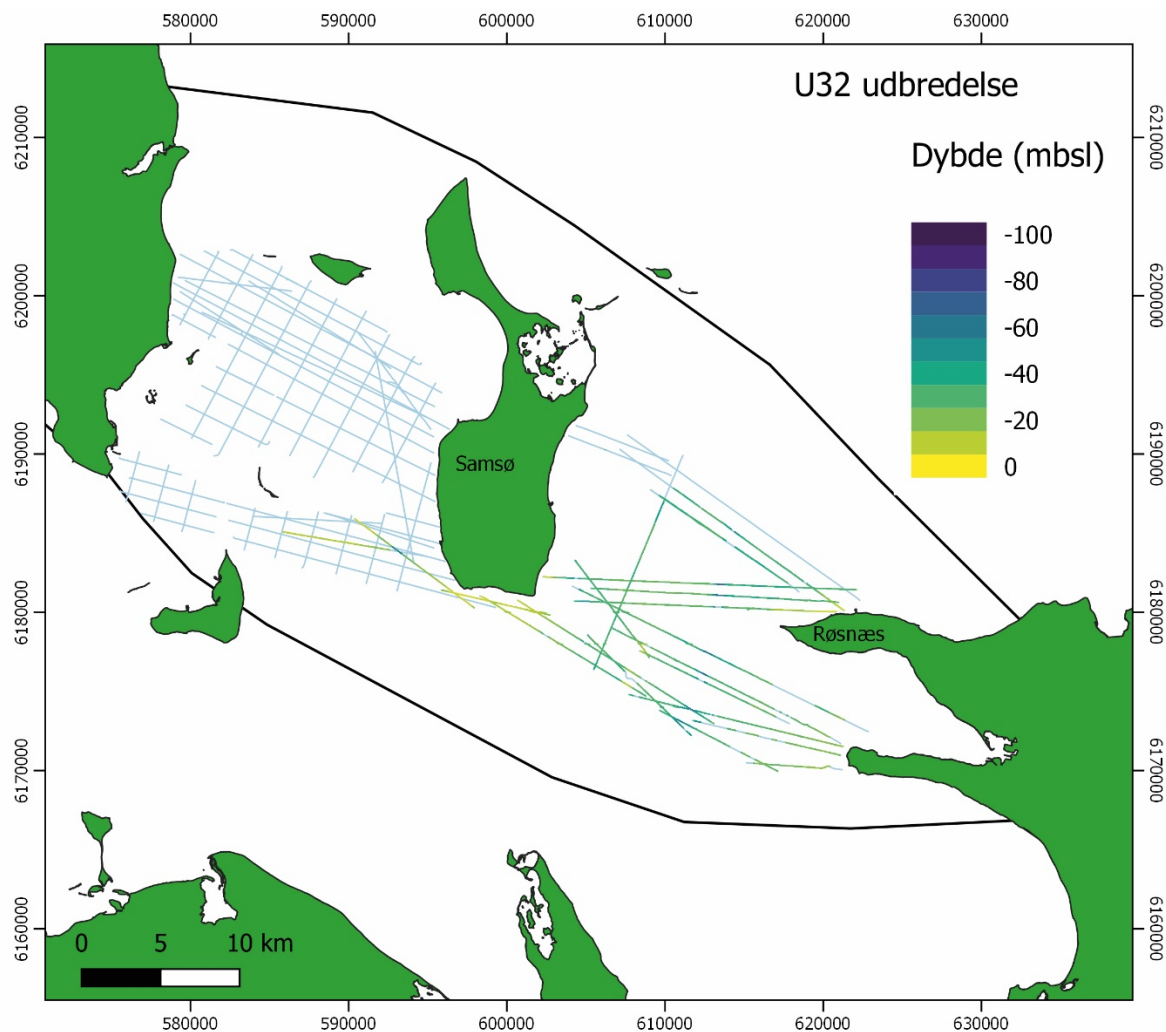


Figur 9 Udbredelsen af top U30 horisonten, tolket på nye data. Lyseblå linjestykker ingen U30 horisont.

Læg mærke til, at fladen ikke er tolket i den sydlige og centrale del af farvandet øst for Samsø, hvor det var muligt at opdele morænefladen i underenheder.

6.1.1 U32 Konsolideret moræne

Den konsoliderede Moræneflade er tolket i den sydlige del af området øst for Samsø.

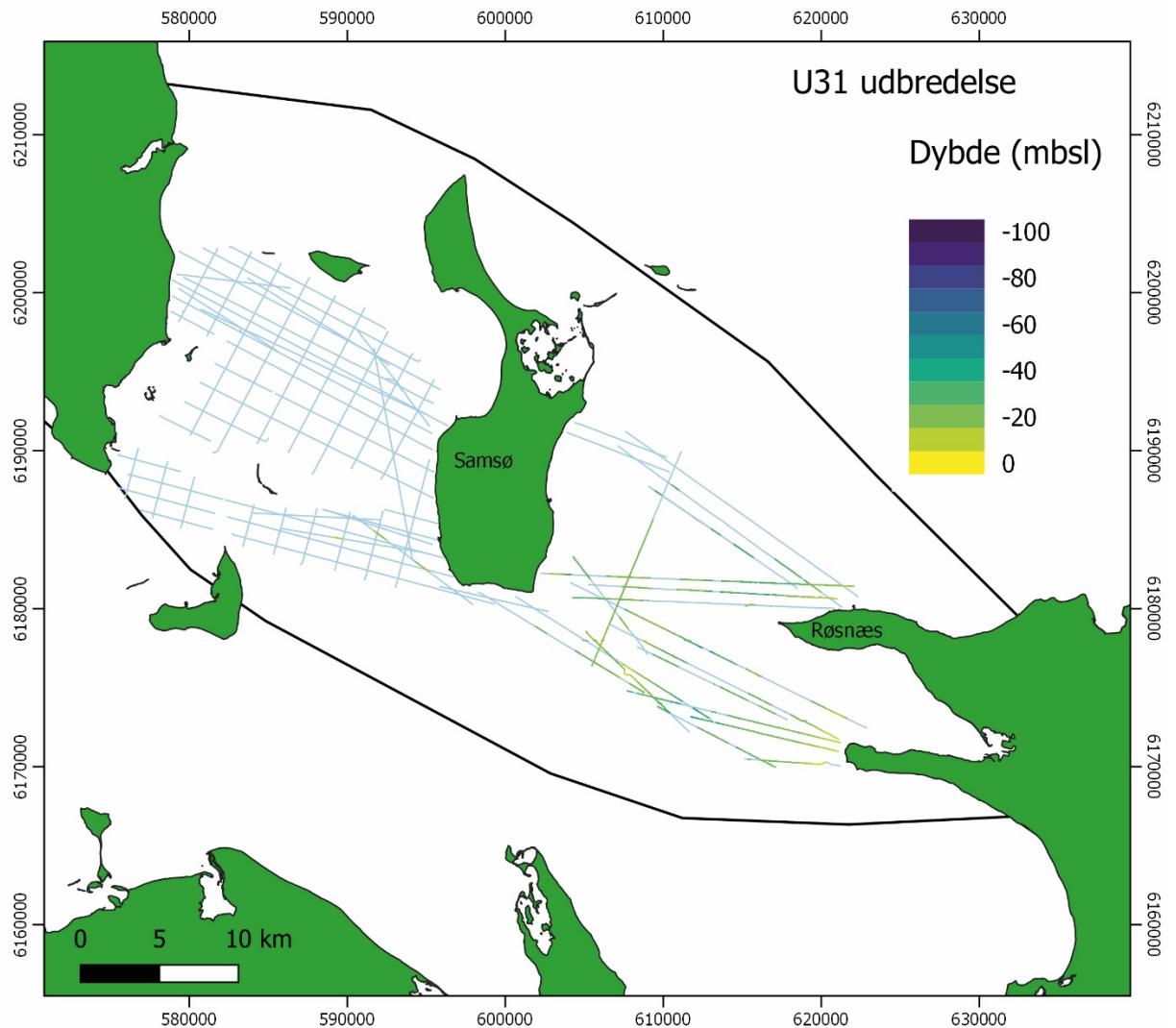


Figur 10 Konsolideret moræne udbredelse. tolket på nyerehvervede data. Lyseblå linjestykker ingen U32 horisont.

Som det ses i både Figur 8 og Figur 10 følger fladen til dels nutidens bathymetri. Det tyder på at dræningskanalerne blev etableret umiddelbart efter afsmeltning af seneste isskjold, og er blevet genaktiveret senere hen.

6.1.2 U31 Slap moræne/flydemoræne

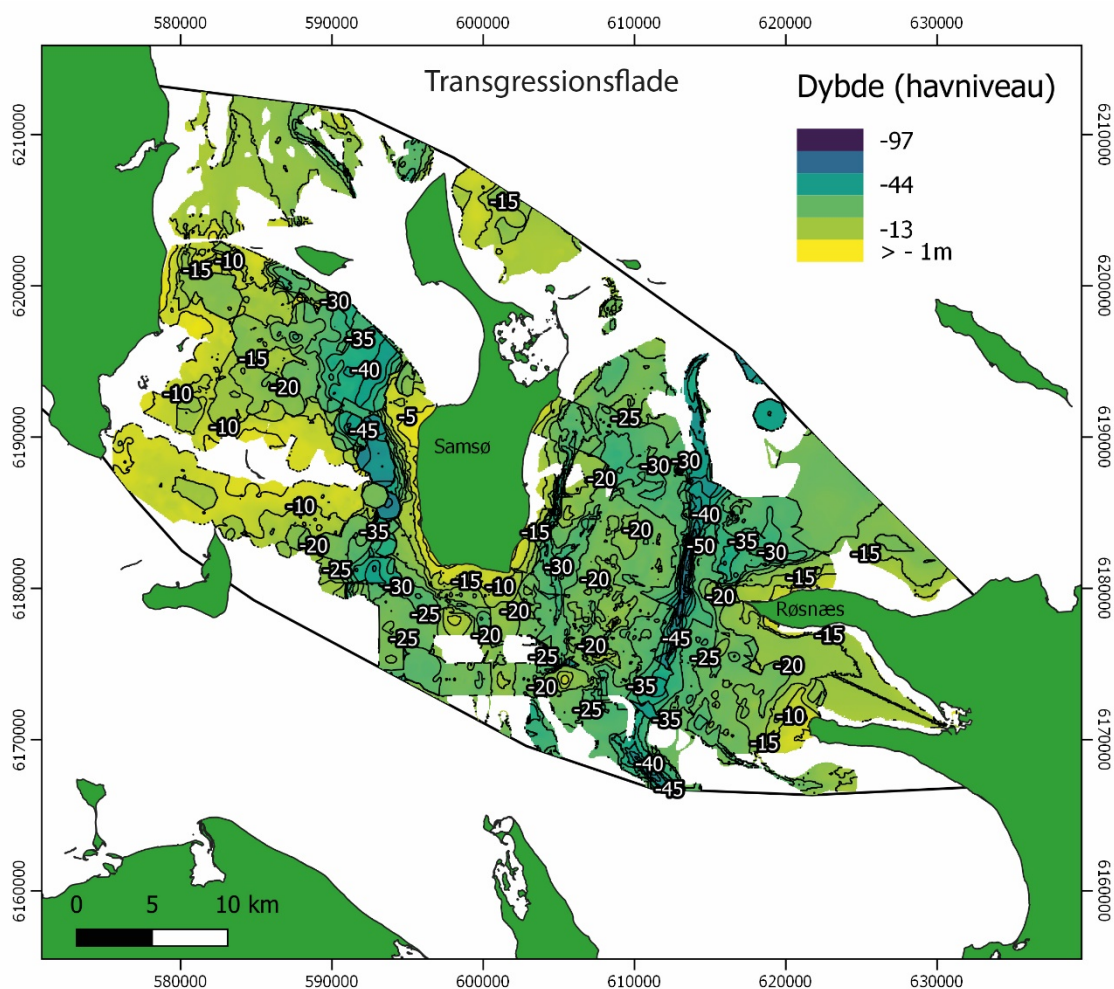
Den slappe moræne, er aflejret som en flydemoræne (melt-out till). Dens udbredelse er Begrænset til den sydlige del af farvandet øst for Samsø (Figur 11), hvor den viser de største mægtigheder væk fra flankerne på den centrale kanal, der repræsenterer de største vanddybder i området. Enheden har ikke kunne følges til den nordlige del af området, men er muligvis også til stede der.



Figur 11 U31 slap flydemoræne, kortlagt i den sydlige del af området øst for Samsø. Lyseblå linjestykker ingen U31 horisont.

6.2 U20 Senglacial

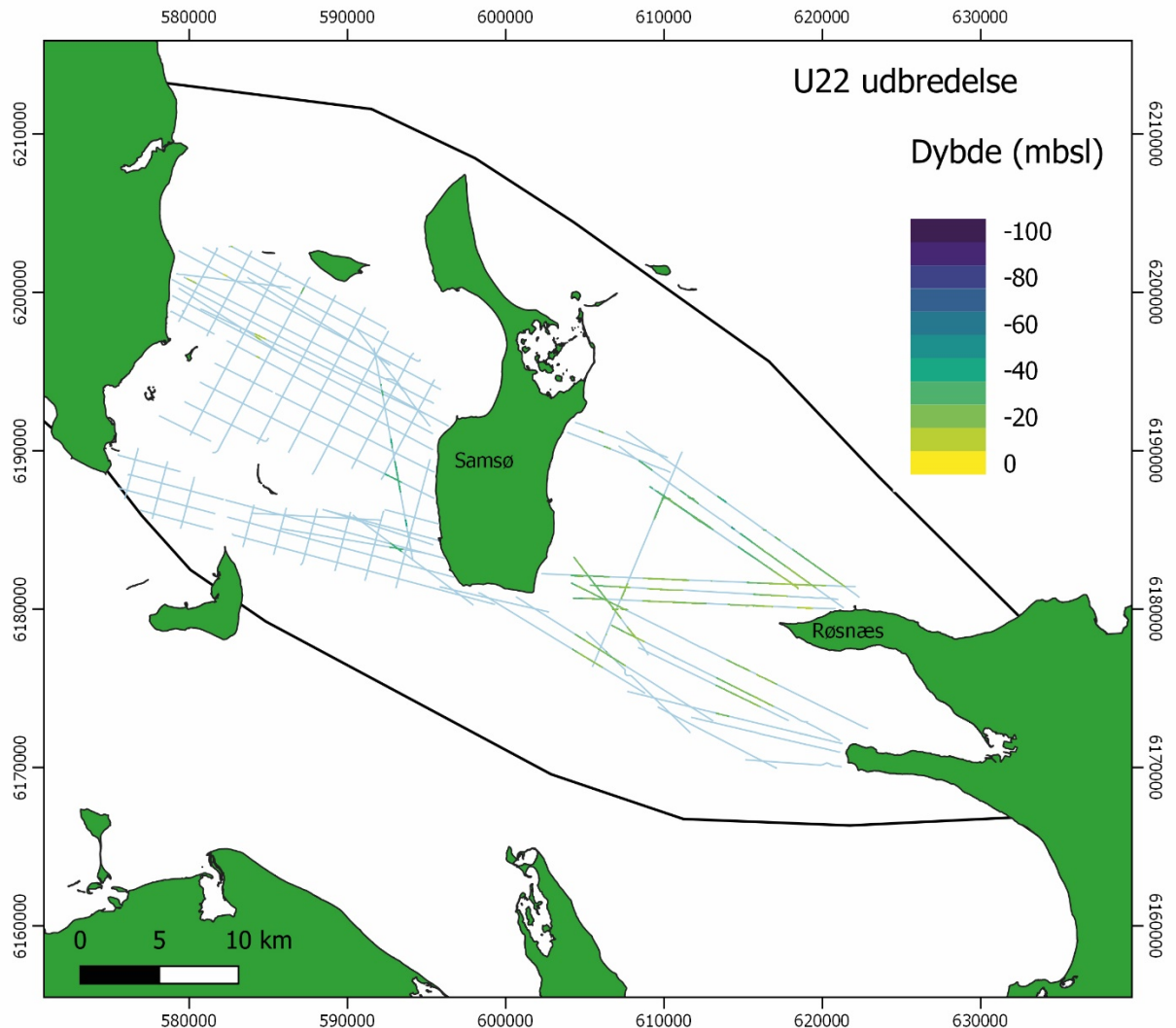
De senglaciale enheder i denne model består af to enheder; U21 (yngre senglaciale søsedi-
menter (Baltiske issø)) og U22 (Ældre senglaciale lokale smeltevandssedimenter). Den ho-
locæne transgressionsflade (Figur 12), er dannet ved at kombinere toppen af disse to enheder,
med toppen af glacialfladen.



Figur 12 Den tolkede transgressionsflade for området

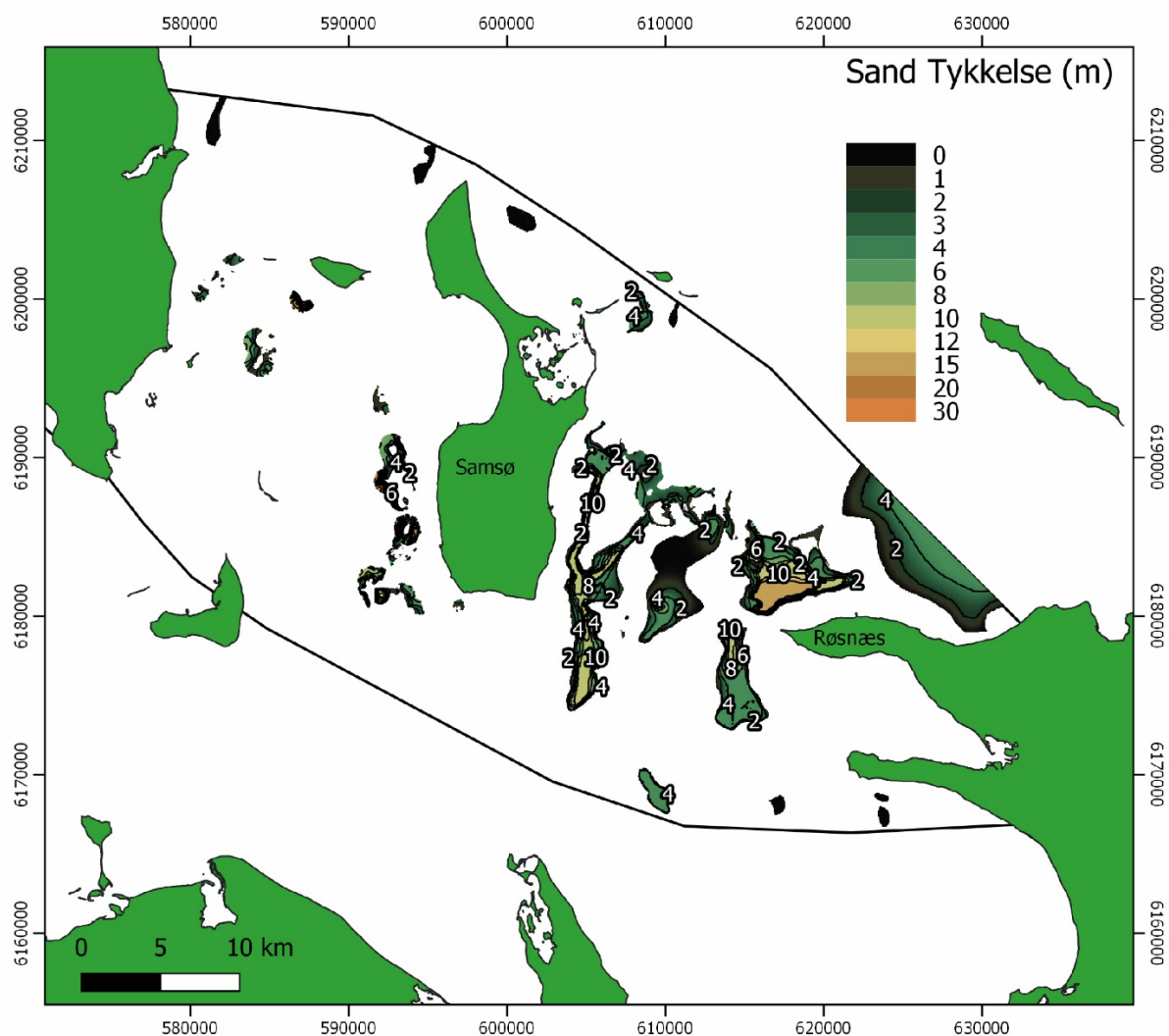
6.2.1 U22 Ældre senglacial (lokale afsmeltnings afl.)

De lokale afsmeltningssedimenter er tolket i området øst for Samsø (Figur 13). Der er stedvis erosion, så fladen ikke dækker hele området. Den udfylder ofte fordybninger i glacialfladen.



Figur 13 Udbredelse af U22. enheden er kun tolket på østsiden af Samsø. Lyseblå linjestykker ingen U22 horisont.

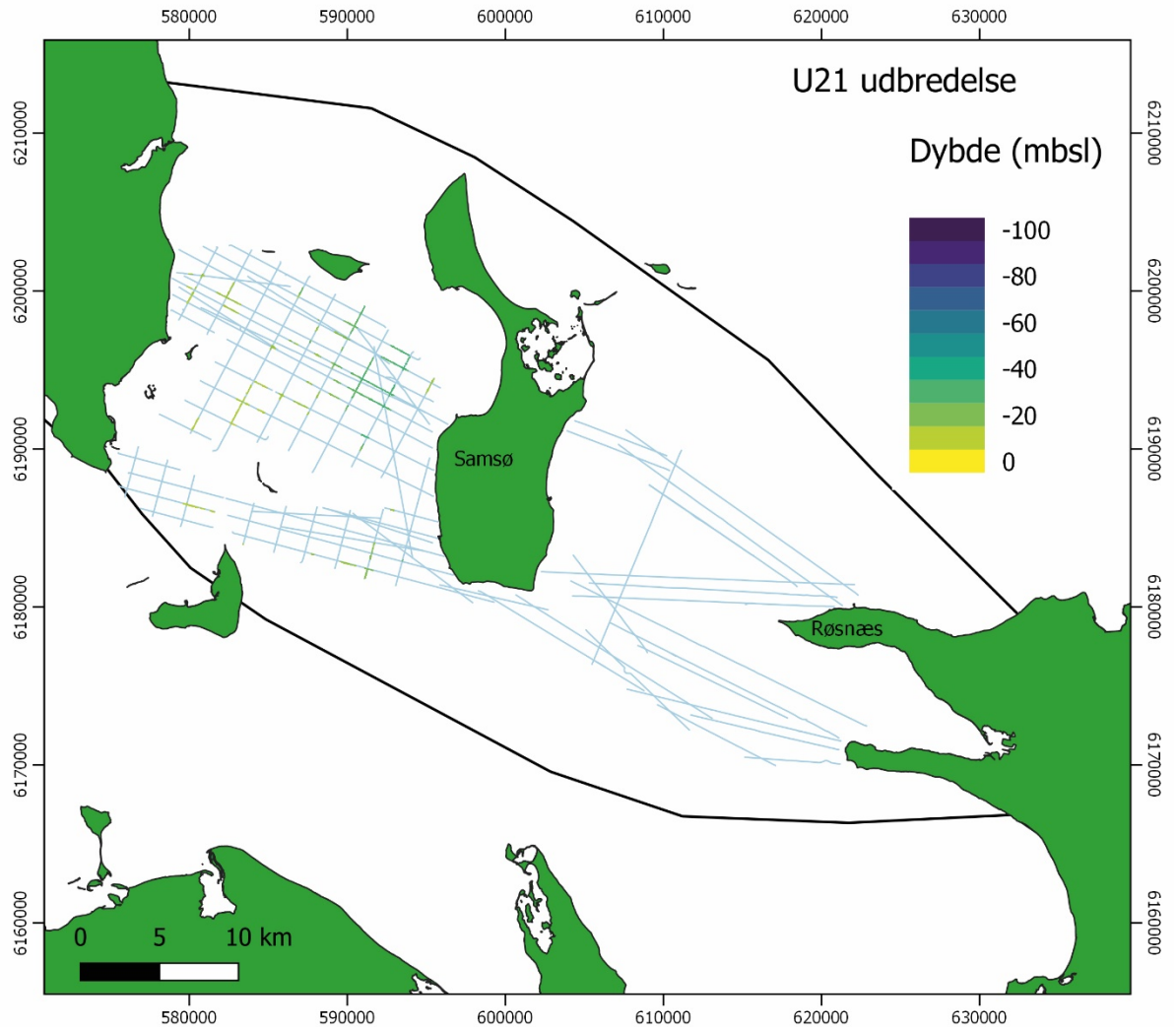
Enheden er typisk sandet. Og tolkninger på UHR-data er kombineret med eksisterende sandtykkelseskort, for at danne et samlet tykkelses- og fordelingskort for sandede sedimenter (Figur 14). På vestsiden af Samsø, er enheden hovedsageligt tolket i den dybe rende i den østlige del af området.



Figur 14 Tykkelseskort for sand i studieområdet. kortet er baseret på en kombination af seismiske data og digitaliserede arkivdata

6.2.2 U21 Yngre senglacial (Baltiske Issø)

Issøsedimenterne er kun tolket på den vestlige side af Samsø, men de er til stede i store dele af området (Figur 15).



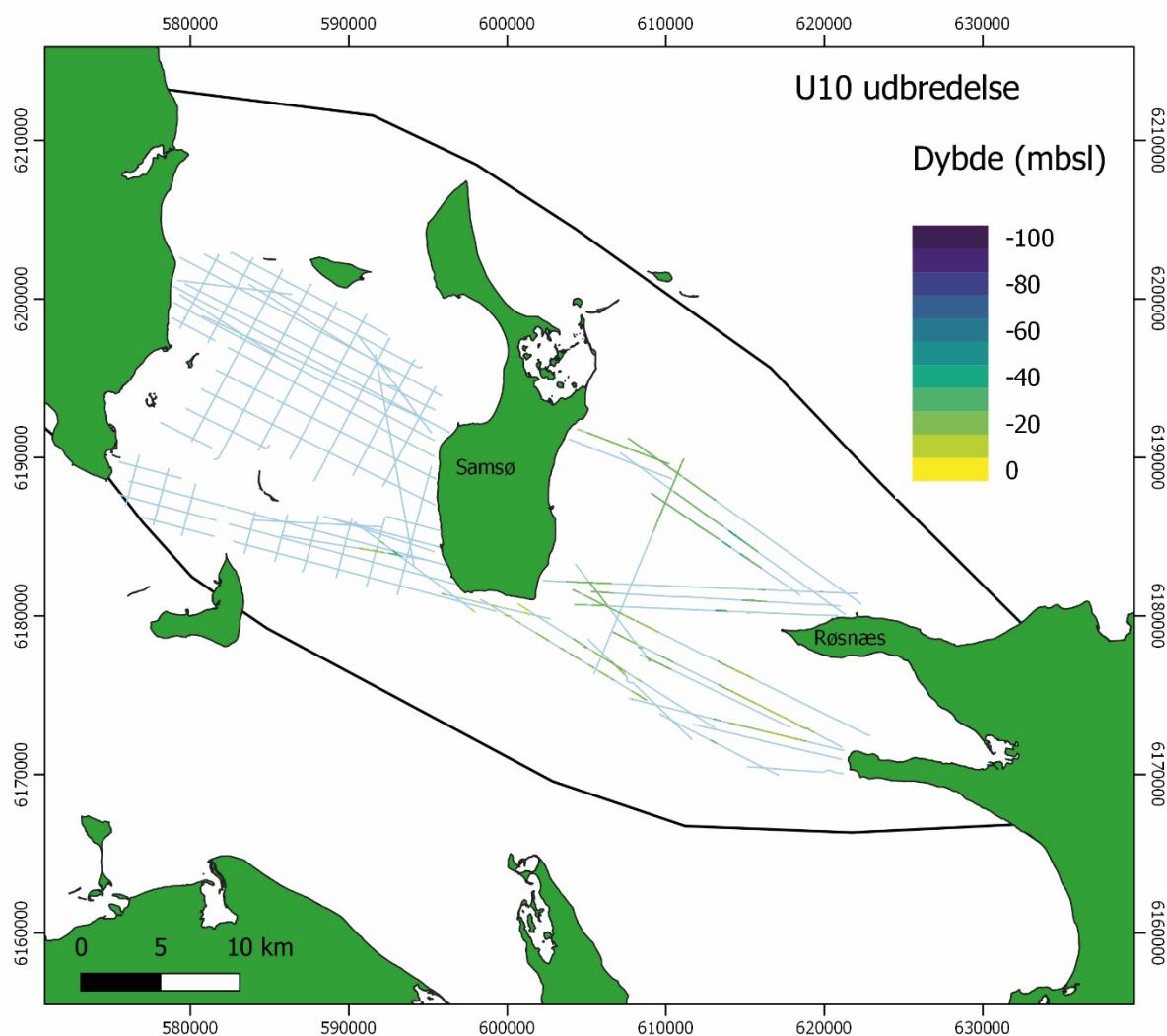
Figur 15 Udbredelse af U21. Lyseblå linjestykker ingen U21 horisont.

Enheden er typisk aflejret i fordybninger i glacialfladen. I den vestligste del af området er disse stort set fyldt op i dag, og er ikke lige så udtalte som i den østlige del af området (oversigtsfigur).

6.3 U10 Postglacial

De postglaciale aflejringer, er dannet i en transgressiv sekvens. Sekvensen går fra søaflejringer (U14) over i brakvandsaflejringer (U13), som resultat af begyndende marin indflydelse på miljøet. Den marine indflydelse øges og dominerende og marine aflejringer bliver dannet (U12). efter området er blevet helt druknet, er der lokalt dannet recente/subrecente aflejringer, hovedsageligt dynd (i depressioner), eller som positive bundformer, dannet af omlejret sand.

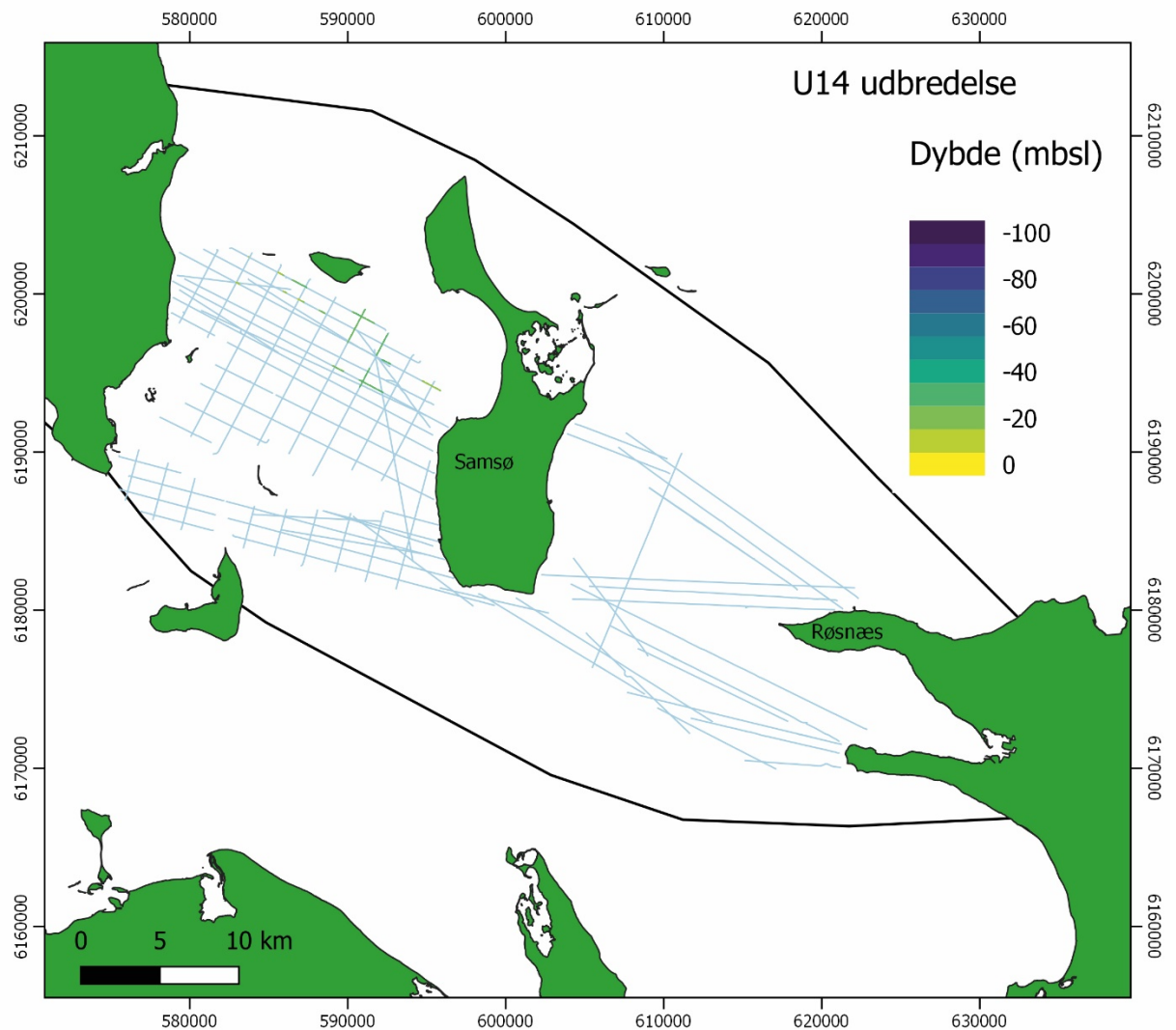
På UHR-data, er den postglaciale sekvens ofte tolket som U12 (postglacial marin) eller U10 (postglacial), da opløseligheden ikke tillader yderligere underinddeling. Udbredelsen af den del af U10, som ikke er henført til en underenhed, kan ses i Figur 16.



Figur 16 Udbredelsen af U10 - postglaciale aflejringer. Disse er ikke henført til en underinddeling. Lyseblå linjestykker ingen U10 horisont.

6.3.1 U14 Postglacial sø aflejringer

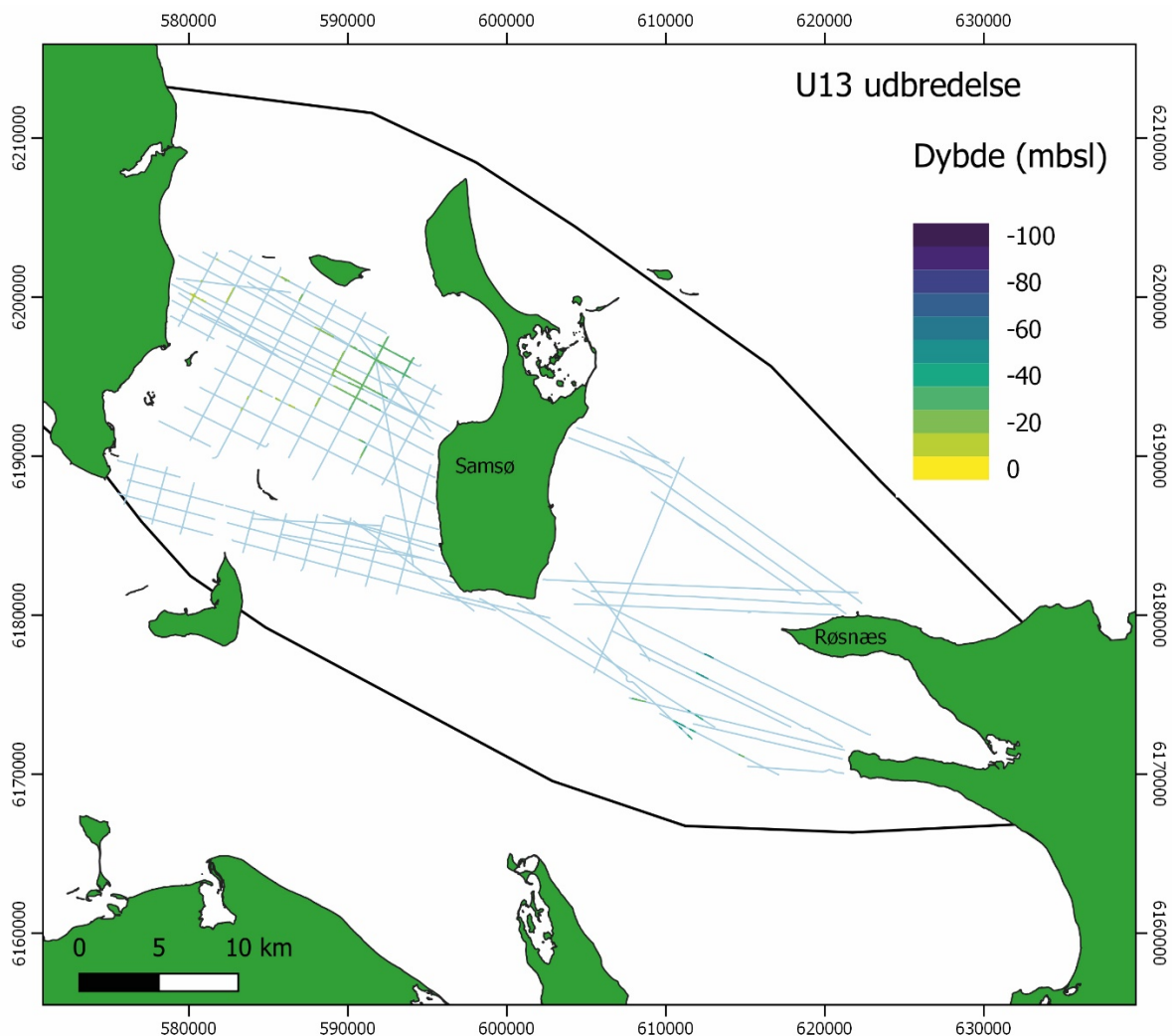
De postglaciale søaflejringer er tolket i den nordlige og nordøstligste del af området vest for Samsø



Figur 17 Udbredelsen af U14. Disse aflejringer er hovedsageligt til stede i den dybe del af området vest for Samsø, i det nordøstlige hjørne. Lysseblå linjestykker ingen U14 horisont.

6.3.2 U13 Postglacial brakvands aflejringer

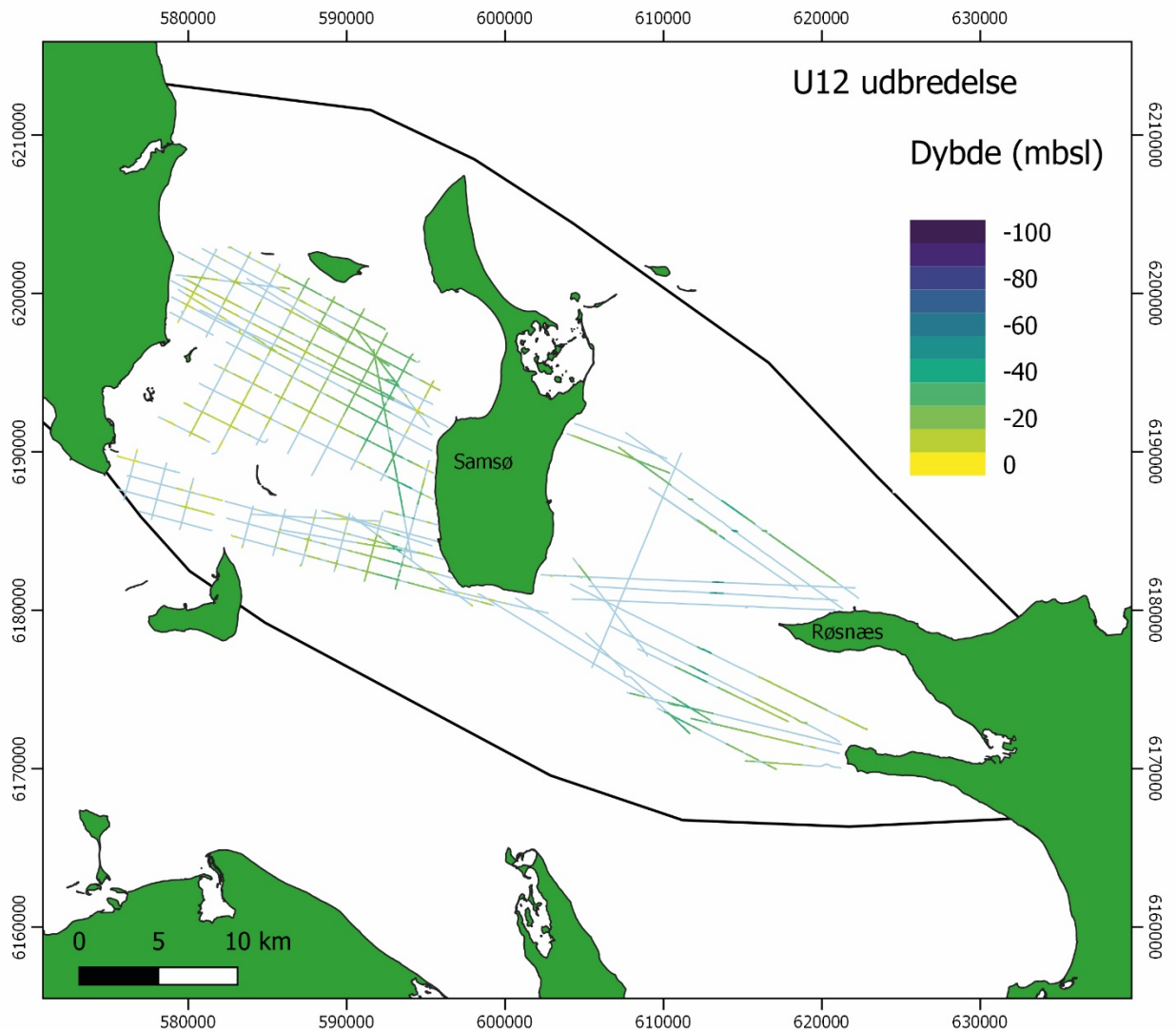
De postglaciale brakvandsaflejringer er til stede i et større område af det dybe vand i den nordøstlige del af området vest for Samsø, hvor eventuelle søaflejringer muligvis er eroderet under transgressionen.



Figur 18 udbredelsen af U13 (brakvandseflejringer). Lyseblå linjestykker ingen U13 horisont.

6.3.3 U12 Postglacial marine afl.

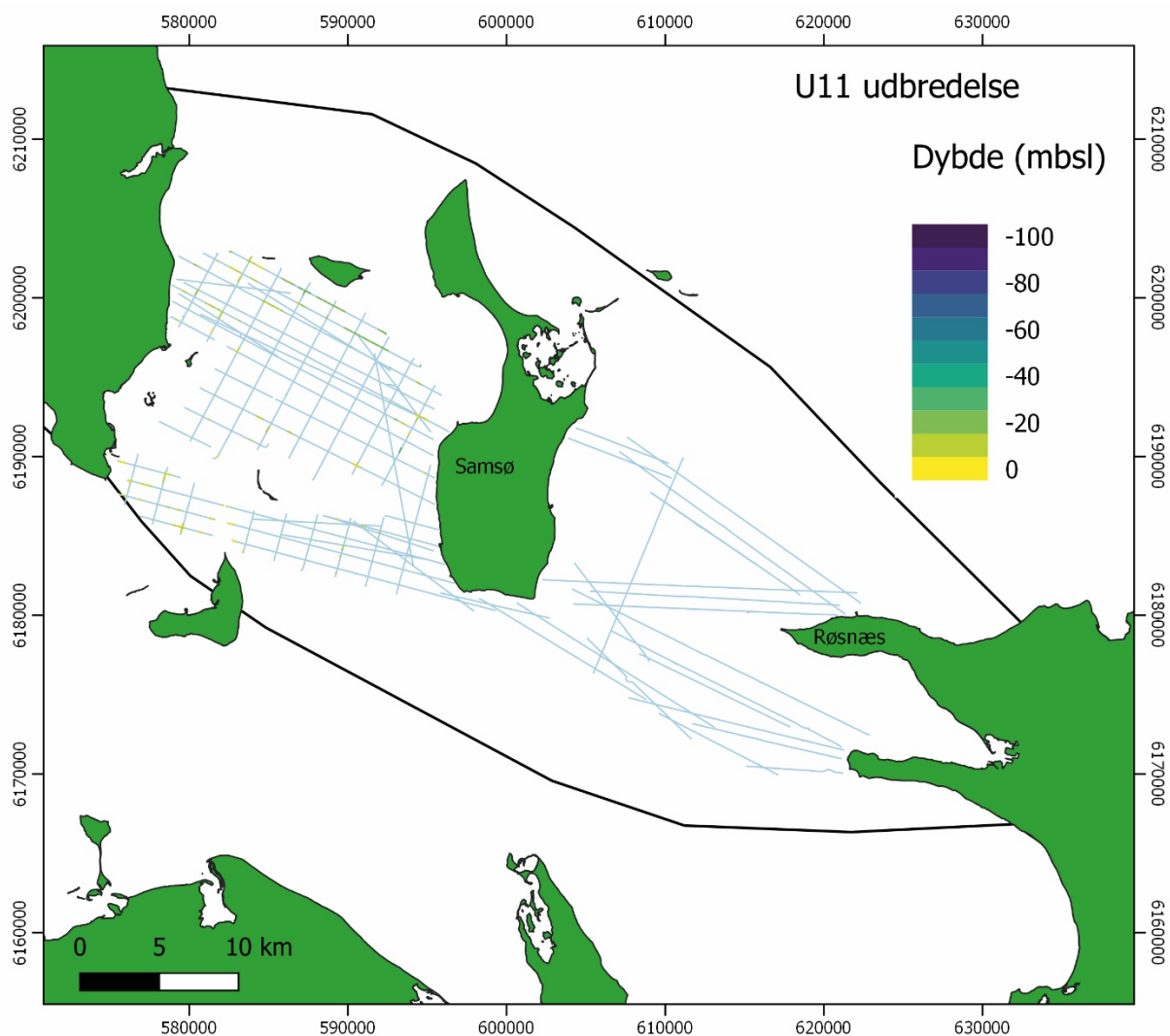
De postglaciale marine aflejringer, er til stede i store dele af området, på begge sider af samsø (Figur 19). Enheden er til stede både i de dybe render, og på lavere vand.



Figur 19 udbredelsen af Postglaciale marine aflejringer. Lyseblå linjestykker ingen U12 horisont.

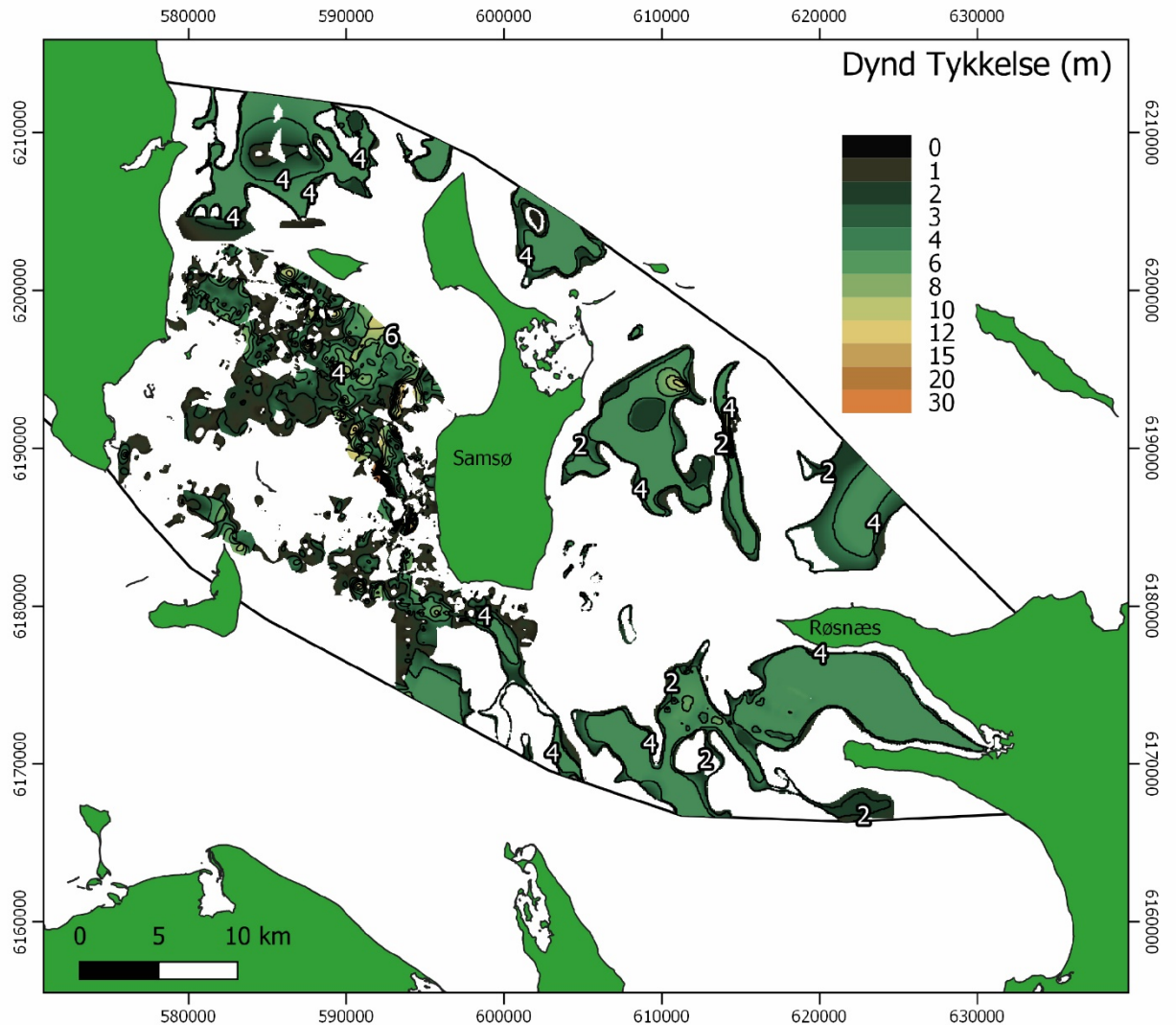
6.3.4 U11 Sub recente / recente aflejringer

De subrecente aflejringer er kun tolket på vestsiden af Samsø, på Innomar data (Figur 20). Disse aflejringer er til stede i hele området vest for Samsø, som spredte sedimentforekomster, som ikke har kunne henføres til andre enheder. Det er typisk aflejret i lavninger (som dynd) eller som dynamiske bundformer, sandsynligvis sand.



Figur 20 udbredelsen af recente/subrecente aflejringer U11. Lysseblå linjestykker ingen U11 horisont.

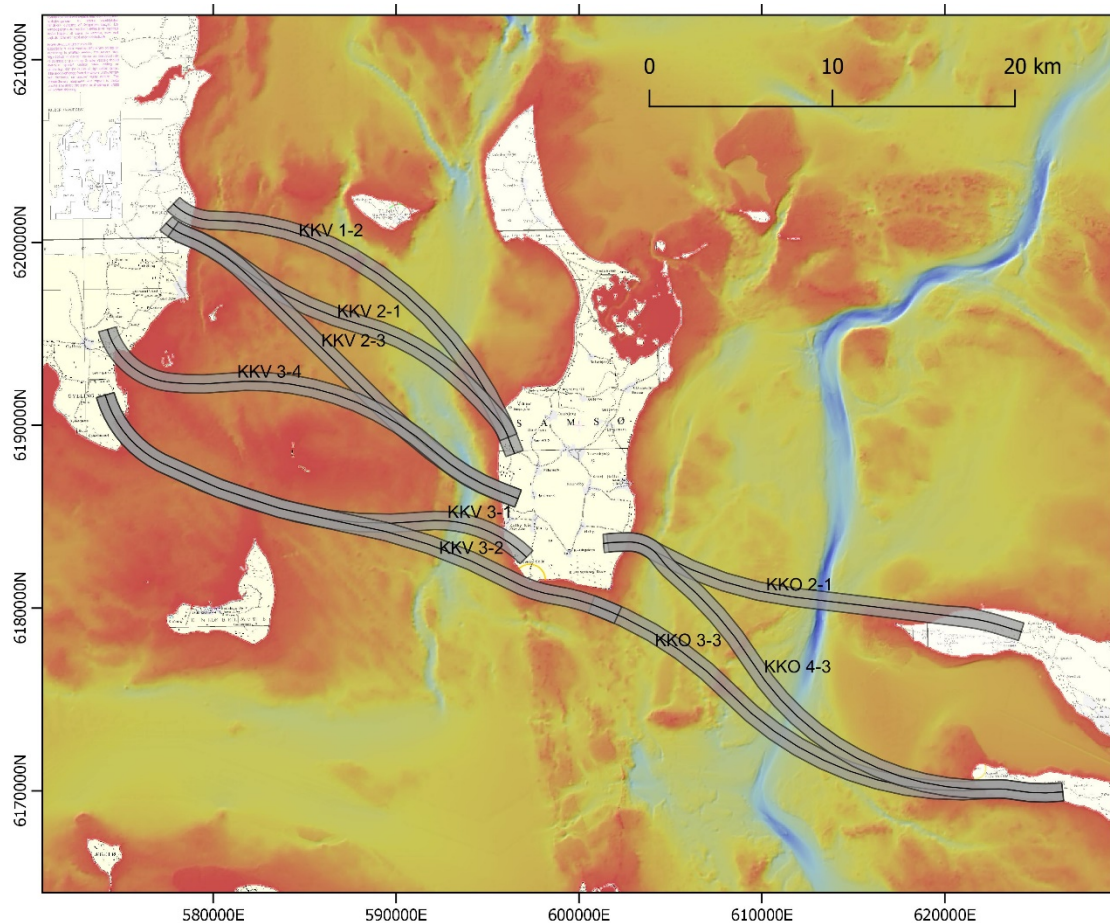
De tolkede seismiske data er kombineret med digitaliserede tykkelseskort over dyndforekomster, har resulteret i et kort over tykkelsen og fordelingen af dynd i området (Figur 21). I dette kort, er det antaget at U10, U11, U13 og U14 består af dynd.



Figur 21 kort over fordelingen og tykkelsen på dynd i området.

7. Korridor analyse

Til sedimentspildsanalysen har input til modellen været baseret på seismiske tolkninger i de 9 korridorer (Figur 22)



Figur 22 Oversigt over området, med indtegnede korridorer. baggrunden er bathymetrien

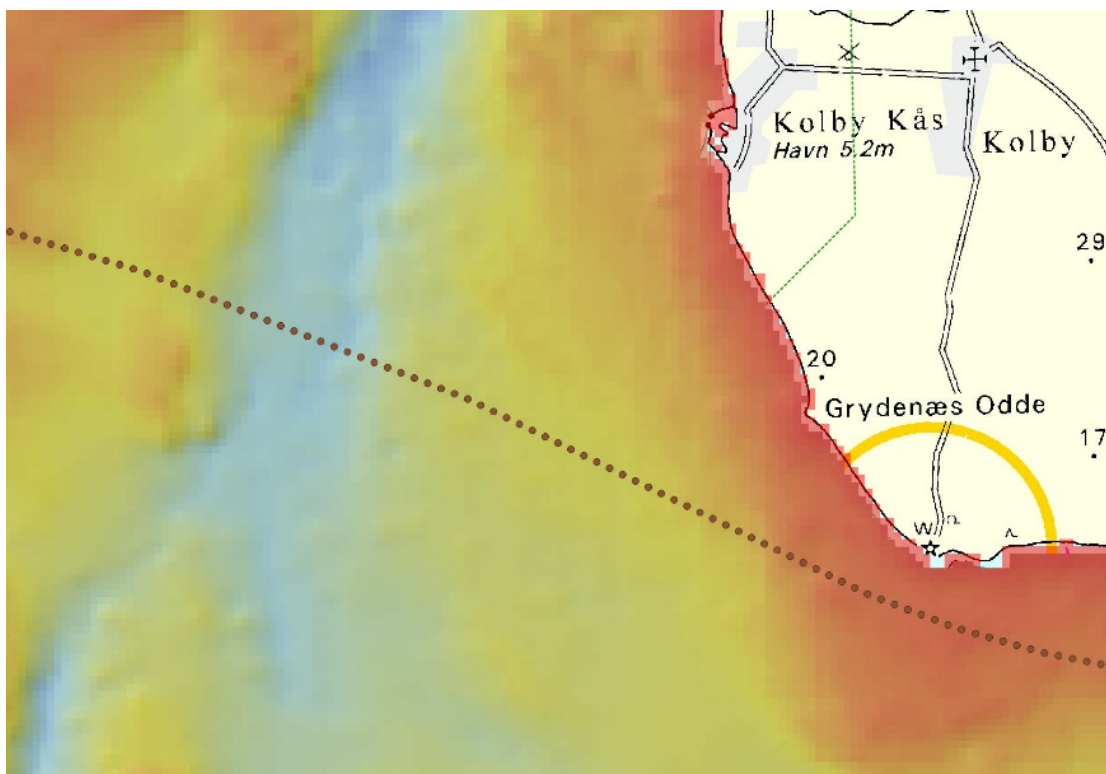
Der er efterfølgende udtrukket data, for en række punkter langs centerlinjen i hver enkelt korridor. Hver stratigrafisk enhed er blevet koblet til en lithologi, og hver lithologi, er blevet koblet til specifikke fysiske egenskaber.

Workflowet for genereringen af disse data, samt endeligt input til sedimentspildsanalyser er beskrevet i den følgende.

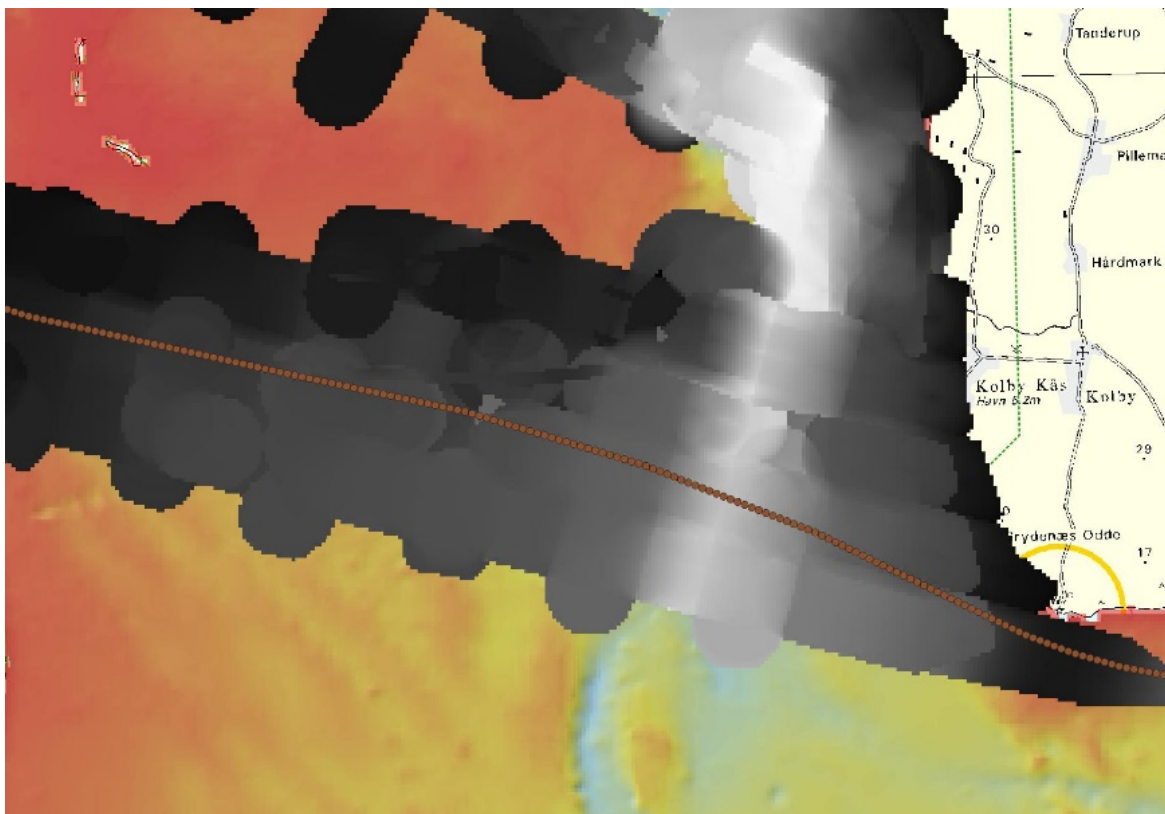
7.1 Workflow

7.1.1 Metodik til tolkning af centerlinjegeologi

1. Arbejde i IHS Kingdom:
 - a. Tolkning af geofysiske reflektorer til geologi.
 - b. Horisonter griddes til flader (Two-Way-Time) TWT i 25x25 m grid.
 - c. Export af griddede flader til XYZ.
2. Inden for hver griddet GIS:
 - a. Import af griddede flader til raster-lag.
 - i. Her udføres visual QC af fladerne, for at sikre at dybderne passer til stratigrafien.
 - ii. Fladerne klippes til den relevante korridor.
 - b. Nu dannes en point shapefil (Figur 23), med et punkt for hver 100 m langs korridorens centerlinje. For hvert punkt udtrækkes:
 - i. XY koordinater (ETRS89 UTM 32N)
 - ii. Bathymetrisk dybde (m)
 - iii. Tolkede grid værdier, for hver horisont (TWT ms –Figur 24)



Figur 23 100 m-punkter langs en korridors centerlinje



Figur 24 Værdier fra syv tolkede rasterflader trukket ud til 100 m-punkterne.

	KKO_3_3_ID	distance	X	Y	kattegatoy	GA532	U1132	U1232	U1332	U1432	U2132	U2232	U3032	U3132	U3232
115	NULL	11400.0000000000	615171.3328400...	6170968.252999...	-17.9832458500	0.0331077874	NULL	0.0265805107	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	0.0310734138	0.0338597335
116	NULL	11500.0000000000	615075.9832400...	6170998.393600...	-17.3737773900	0.0330998152	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	0.0295968316	0.0329628065
117	NULL	11600.0000000000	614980.6336500...	6171028.534199...	-16.5783939360	0.0329682641	NULL	0.0266917329	0.0345059149	NULL	NULL	NULL	NULL	0.0295142196	0.0329040848
118	NULL	11700.0000000000	614885.2840600...	6171058.674800...	-17.7005519870	0.0328024663	NULL	0.0267808456	0.0343457051	NULL	NULL	NULL	NULL	0.0315420553	0.033846613
119	NULL	11800.0000000000	614790.9999300...	6171091.724499...	-19.0141582490	0.0328216404	NULL	0.0269266684	0.0345032662	NULL	NULL	NULL	NULL	0.0335112587	0.0344399698
120	NULL	11900.0000000000	614698.7381800...	6171130.296099...	-19.9861907960	0.0330391228	NULL	0.0272853691	0.0349731445	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	0.0339029059
121	NULL	12000.0000000000	614606.4764400...	6171168.867800...	-20.3822994230	0.0332655124	NULL	0.0277447253	0.0355982743	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	0.0336346626
122	NULL	12100.0000000000	614514.2147000...	6171207.439399...	-21.6637992860	0.033297386	NULL	0.0282605123	0.0354001857	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	0.0337328874
123	NULL	12200.0000000000	614421.9529499...	6171246.010999...	-22.7125644680	0.0332180522	NULL	0.0287318658	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	0.0367310904
124	NULL	12300.0000000000	614329.6912100...	6171284.582700...	-23.5836811070	0.0333552808	NULL	0.0291313976	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	0.0393312313
125	NULL	12400.0000000000	614237.4294700...	6171323.154299...	-24.0406608580	0.0334634595	NULL	0.029656427	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	0.0401951484
126	NULL	12500.0000000000	614145.1677200...	6171361.725900...	-24.8852825160	0.0337036178	NULL	0.0300082285	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	0.040164642
127	NULL	12600.0000000000	614052.9059800...	6171400.297500...	-24.7429218290	NULL	NULL	0.0305934418	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	0.04015873
128	NULL	12700.0000000000	613960.6442400...	6171438.869199...	-24.3224487300	NULL	NULL	0.0309068132	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	0.0401592925
129	NULL	12800.0000000000	613868.3824900...	6171477.440800...	-23.2374172210	NULL	NULL	0.0313251913	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	0.0401319303
130	NULL	12900.0000000000	613776.1207500...	6171516.012400...	-24.0175247190	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	0.0400983766
131	NULL	13000.0000000000	613683.8590100...	6171554.584099...	-24.5074596410	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	0.0400835164
132	NULL	13100.0000000000	613591.5972700...	6171593.155700...	-23.7389812470	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	0.0400417782
133	NULL	13200.0000000000	613499.3355200...	6171631.727300...	-23.7389812470	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	0.039972458
134	NULL	13300.0000000000	613407.0737800...	6171670.298999...	-22.5435600280	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	0.0399074443
135	NULL	13400.0000000000	613317.2347900...	6171714.004999...	-22.0908203130	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	0.0397832431
136	NULL	13500.0000000000	613228.8046900...	6171760.696700...	-21.6985740660	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	0.0396666601
137	NULL	13600.0000000000	613140.3745799...	6171807.388399...	-22.7099494930	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	0.0395639166

Figur 25 Attributtabelen for hvert 100 m-punkt indeholder nu: position, vanddybde, og alle tolkede horisonter i TWT s.

3. Import af punkter med tolkede enheder til Excel

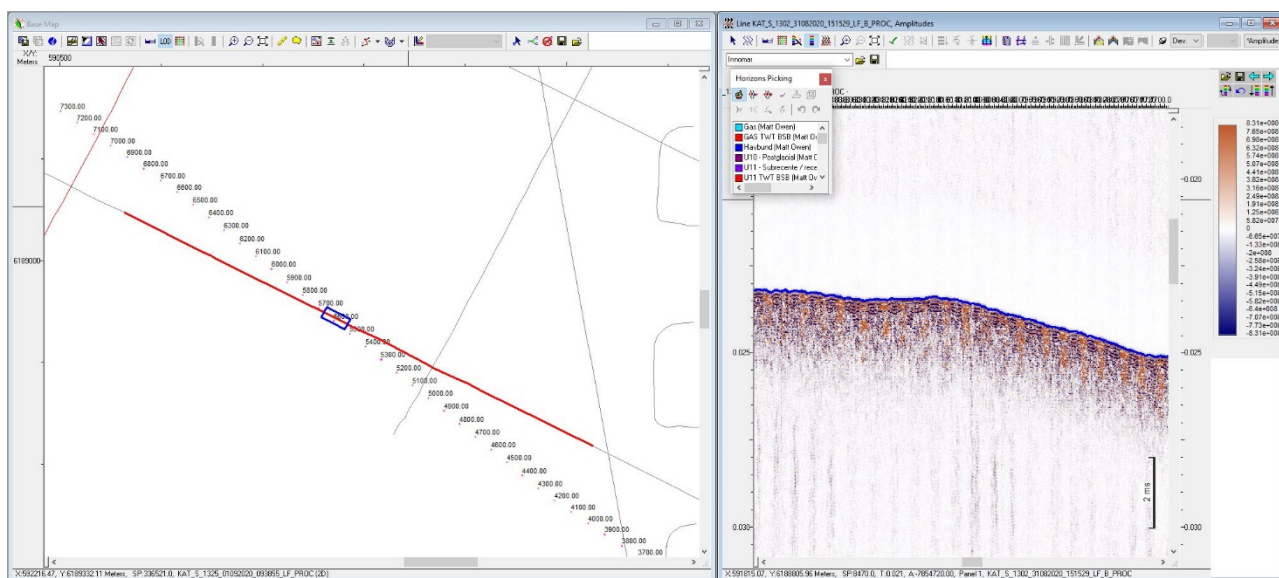
- Formatering til Ramboll's regnearksspecifikationer for sedimentspilds-modellering (Figur 25).
- Konvertering af TWT værdier til dybde (meter under havniveau) ved brug af en antaget konstant hastighed på 1500 m s⁻¹.
- Indsæt enhedsnavne i regnearkscellerne, ved siden af de beregnede dybder
- Regnearket renses for tomme celler, hvor horisonter ikke er til stede i stratigrafien
- Regnearket er nu sat op i det rette format (Figur 26)

distance	X	Y	Havbund (m)	Kode for underliggende materiale	Depth (m)	Kode for underliggende materiale	Depth (m)	Kode for underliggende materiale	Depth (m)	Kode for underliggende materiale
48300.00	582069.33	6185974.69	-2.06	No data coverage						
48400.00	581974.36	6186005.98	-2.46	No data coverage						
48500.00	581879.38	6186037.27	-2.85	No data coverage						
48600.00	581784.40	6186068.56	-2.97	No data coverage						
48700.00	581689.42	6186099.85	-3.68	HS U11	-7.50	HI/HL U12	-10.69	TI/TL U21	-11.43	ML U32
48800.00	581594.44	6186131.14	-6.14	HS U11	-7.50	HI/HL U12	-10.69	TI/TL U21	-11.43	ML U32
48900.00	581499.46	6186162.43	-6.45	HS U11	-7.50	HI/HL U12	-10.73	TI/TL U21	-11.44	ML U32
49000.00	581404.49	6186193.72	-6.95	HS U11	-7.50	HI/HL U12	-10.63	TI/TL U21	-11.07	ML U32
49100.00	581309.51	6186225.01	-7.04	HS U11	-7.50	HI/HL U12	-10.56	TI/TL U21	-10.68	ML U32
49200.00	581214.53	6186256.30	-7.28	HI/HL U12	-10.49	ML U32				
49300.00	581119.55	6186287.59	-7.50	HI/HL U12	-10.46	ML U32				
49400.00	581024.57	6186318.88	-7.40	HI/HL U12	-11.25	ML U32	-12.00	GAS		
49500.00	580929.59	6186350.17	-7.52	HI/HL U12	-11.25	TI/TL U21	-12.00	GAS		
49600.00	580834.61	6186381.46	-7.76	HI/HL U12	-11.25	TI/TL U21	-12.00	GAS		
49700.00	580739.64	6186412.75	-8.20	HI/HL U12	-11.25	ML U32				
49800.00	580644.66	6186444.04	-7.65	HI/HL U12	-11.25	ML U32				
49900.00	580549.68	6186475.33	-7.34	HI/HL U12	-10.30	TI/TL U21	-11.74	ML U32		
50000.00	580454.70	6186506.62	-7.16	HI/HL U12	-10.32	TI/TL U21	-12.04	ML U32		
50100.00	580359.72	6186537.91	-7.10	HI/HL U12	-10.32	TI/TL U21	-11.14	ML U32		
50200.00	580267.83	6186577.21	-7.19	HI/HL U12	-10.36	TI/TL U21	-10.73	ML U32		
50300.00	580176.44	6186617.80	-7.20	HI/HL U12	-10.61	ML U32				
50400.00	580085.05	6186658.39	-7.42	HI/HL U12	-10.40	ML U32				
50500.00	579993.65	6186698.98	-7.60	HI/HL U12	-10.20	ML U32				
50600.00	579902.26	6186739.57	-7.66	HI/HL U12	-9.81	ML U32				
50700.00	579810.87	6186780.15	-7.94	HI/HL U12	-9.74	ML U32				
50800.00	579719.48	6186820.74	-7.67	ML U32						
50900.00	579628.08	6186861.33	-7.81	ML U32						
51000.00	579536.69	6186901.92	-7.96	ML U32						
51100.00	579445.30	6186942.51	-7.80	ML U32						
51200.00	579353.91	6186983.10	-7.63	ML U32						

Figur 26 Korrekt regnearksformat til QC og efterfølgende aflevering

4. QC af regnearkstolknigen ved at følge linjen i IHS Kingdom.

- Importer point shape file med afstandslabel til Kingdom
- Kontrollér data på de geofysiske linjer tættest på centerlinjen for hele den del af linjen, som er indenfor korridorområdet. Dette gøres for hele korridorområdet (Figur 27).
- Findes der fejl, rettes disse i regnearket (fejl vil typisk være relateret til interpolationsfejl i gridding processen).



Figur 27 QC-processen i IHS Kingdom

7.2 Tolkning af sedimentdata til spildanalyser

I forbindelse med leverance af korridor traceer var der ligeledes et ønske om bestemmelse af de tolkede seismiske enheders sedimentkarakteristika i form af karakteristiske kornstørrelsesfordelinger og tørstof indhold (dry density).

Der indgik imidlertid ikke indsamling af nye borer i forbindelse med projektet, så den lithologiske karakterisering af de seismiske enheder er udført ud fra ekspertvurdering fra indsamling af en blanding af data fra litteraturen, GEUS-dataarkiv og indsamling af arkiv prøvemateriale fra GEUS's kernelager. Idealkurver blev konstrueret ud fra litteraturen og dataarkiv, medens de nyindsamlede prøver efterfølgende blev analyseret på GEUS sedimentlaboratorie. Datarapport over GEUS sedimentanalyserne kan ses i Bilag 1.

7.2.1 Tolkede sedimentenheder

De seismisk tolkede korridor-traceer indeholder en række seismiske enheder som er præsenteret i Tabel 1.

Hoved- enhed	Betegnelse	Under- enhed	Betegnelse
U10	Postglacial	U11	Sub recente / recente afl.
		U12	Postglacialt marin afl.
		U13	Postglacial brakvands afl.
		U14	Postglaciale sø afl.
U20	Senglacial	U21	Yngre sen glacial (Baltiske Issø)
		U22	Ældre sen glacial (lokale afsmelt- nings afl)
U30	Glacial I	U31	Slap moræne/flydemoræne
		U32	Konsolideret moræne

Tabel 1 Seismiske enheder i korridor-traceerne med behov for lithologisk karakterisering

Hver enkelt seismisk enhed langs korridor-traceerne blev vurderet og tilskrevet en sedimenttype som fremgår af Tabel 2. Forskellige seismiske enheder kan være tilskrevet samme sedimenttype.

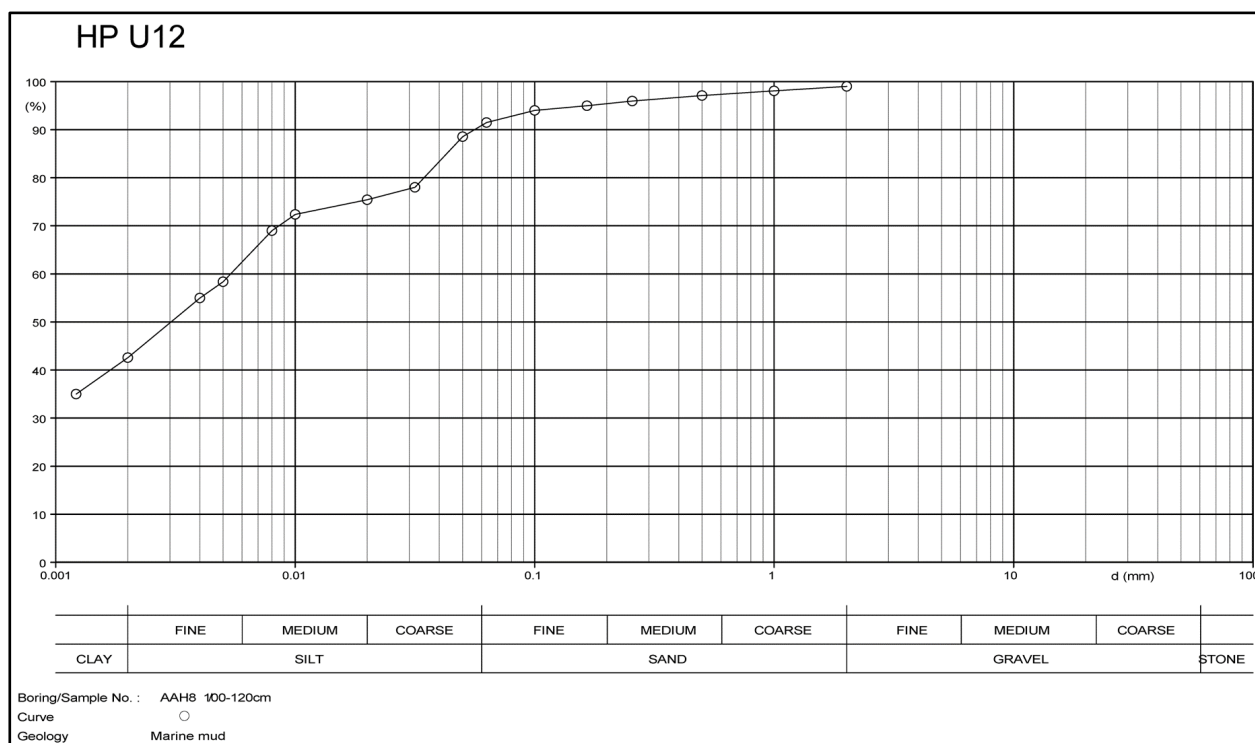
HP	U10/U12	Marint dynd taget fra Lillebælt IODP boring 347 M060 i den øvre marine dynd
HL/HL	U10/ U12/U13/U14	Marin dynd / gytje kurve taget fra Århus Bugt
HS	U10	Marint sand taget fra Samsø Syd
LL - LL/ML	U32	Plastisk ler fra Storebæltsforbindelsen LL udgør en væsentlig del af LL/ML så der skal vælges mellem plastisk fedt ler eller morænelers kurve.
ML	U30/U31/U32	Storebælts moræne
TL	U21/U22	Senglacial siltet sandet ler fra sydlige Kattegat
TS m	U22	Senglacial sand øvre mellemkornet del i boring 55A Samsøforbindelsen 1972
TS f	U22	Senglacial sand nedre finkornet del i boring 55A Samsøforbindelsen 1972
TS 1m	U22	Senglacial sand øvre del i boring 58A Samsøforbindelsen 1972
TS 1f	U22	Senglacial sand nedre del i boring 58A Samsøforbindelsen 1972

Tabel 2 Lithologisk karakterisering af seismiske enheder i korridor traceerne

7.2.2 HP Marint dynd

Den seismiske enhed U12 er tolket som Postglaciale marine aflejringer, ofte som bassin aflejringer der er karakteriseret ved at indeholde marint dynd med et højt vandindhold.

Da der ikke findes prøver i området med denne sedimenttype har vi benyttet data fra Lillebælt IODP boring 347 M060 i den øvre marine dynd med en kornkurve præsenteret i Figur 28

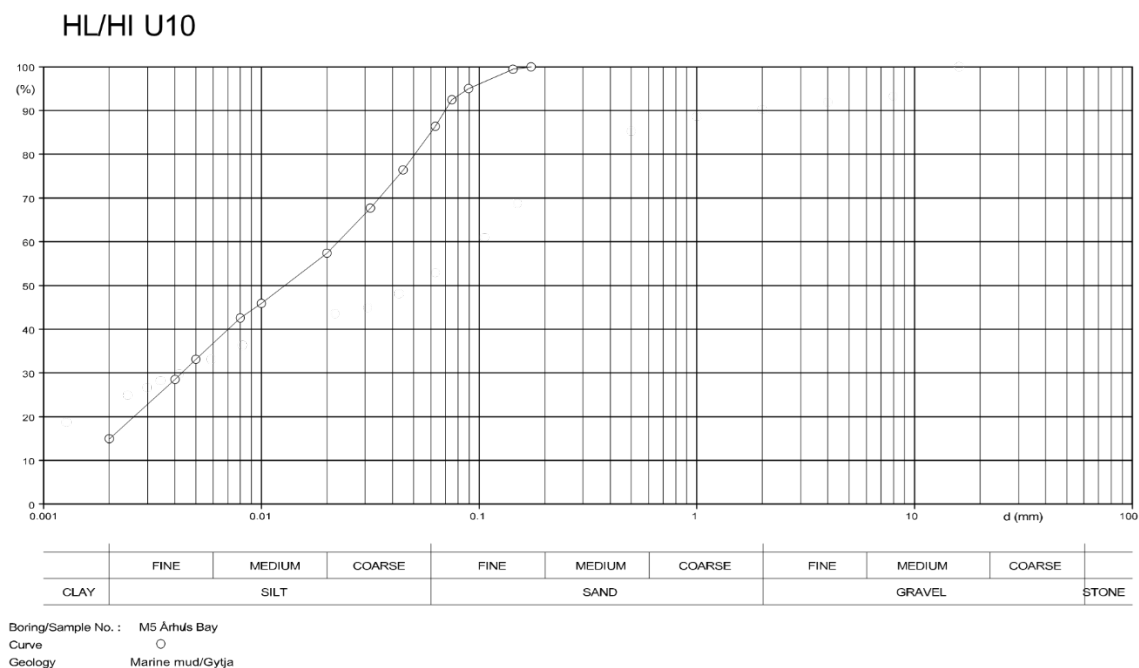


Figur 28 Kornkurve Lillebælt IODP boring 347 M060 i den øvre marine dynd.

7.2.3 HL/Hi Marin dynd / gytje

Den generelle seismiske enheder U10 tolket som Postglacial er i en række tilfælde spændende fra fersk over brak til marin U12/U13/U14 tolket som leret til siltet dynd med mindre vand og organisk indhold end i HP.

Da der ikke findes prøver i området med denne sedimenttype, har vi benyttet data fra Århus Bugt en kornkurve er præsenteret i Figur 29

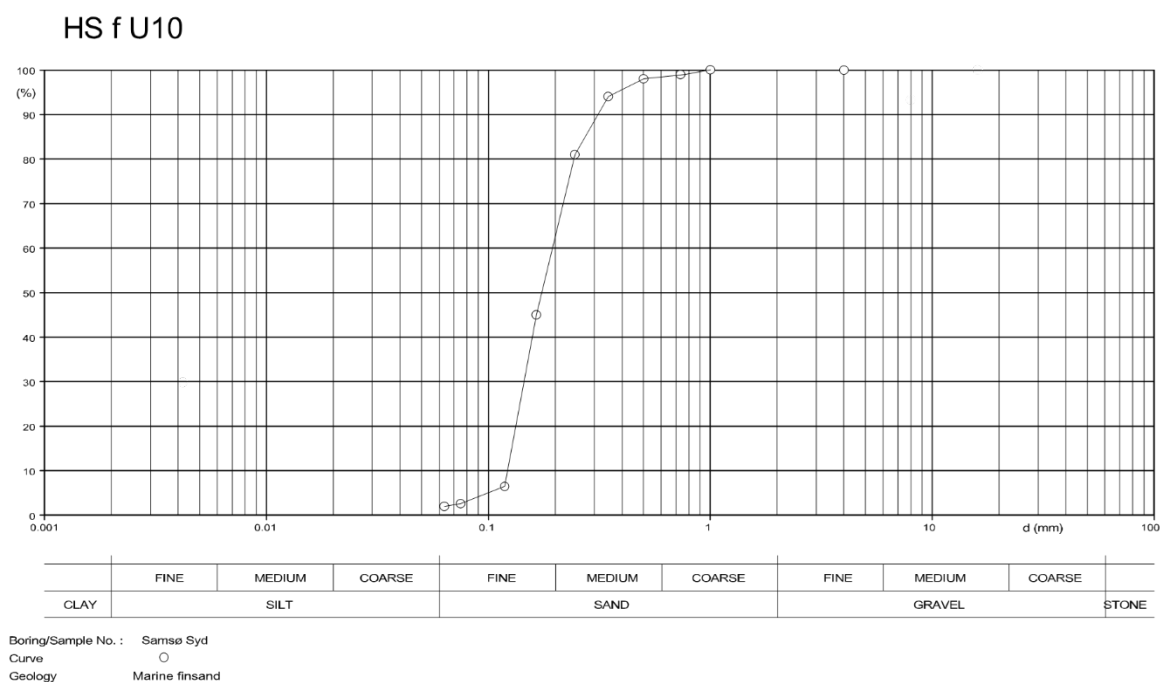


Figur 29 Kornkurve Århus bugt leret siltet marint dynd

7.2.4 HS marint sand

Den generelle seismiske enhed U10, tolket som Postglacial er i en række tilfælde tolket som marint sand.

Da der ikke findes prøver i selve trace området med denne sedimenttype, har vi benyttet GEUS arkiv prøvemateriale fra Samsø Syd en kornkurve er præsenteret i Figur 30

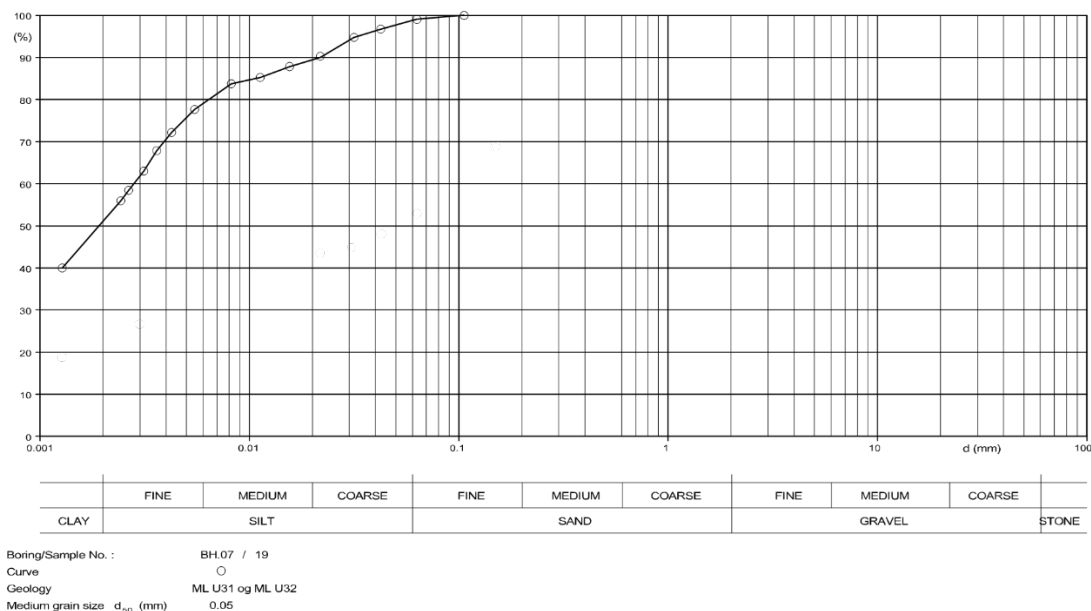


Figur 30 Kornkurve Samsø syd, marint sand

7.2.5 LL - LL/ML Plastisk ler

I nogle områder findes LL plastisk ler og ML moræne med disloceret LL i seismisk enhed U32. Vi har ikke kunnet finde kornstørrelsesdata fra denne sedimenttype i traceområdet, men i Storebælts Bro traceet findes arkivmateriale med Plastisk ler, som vi præsenterer i kornkurven Figur 31.

Plastisk ler Storebælt LL og LL/ML U32

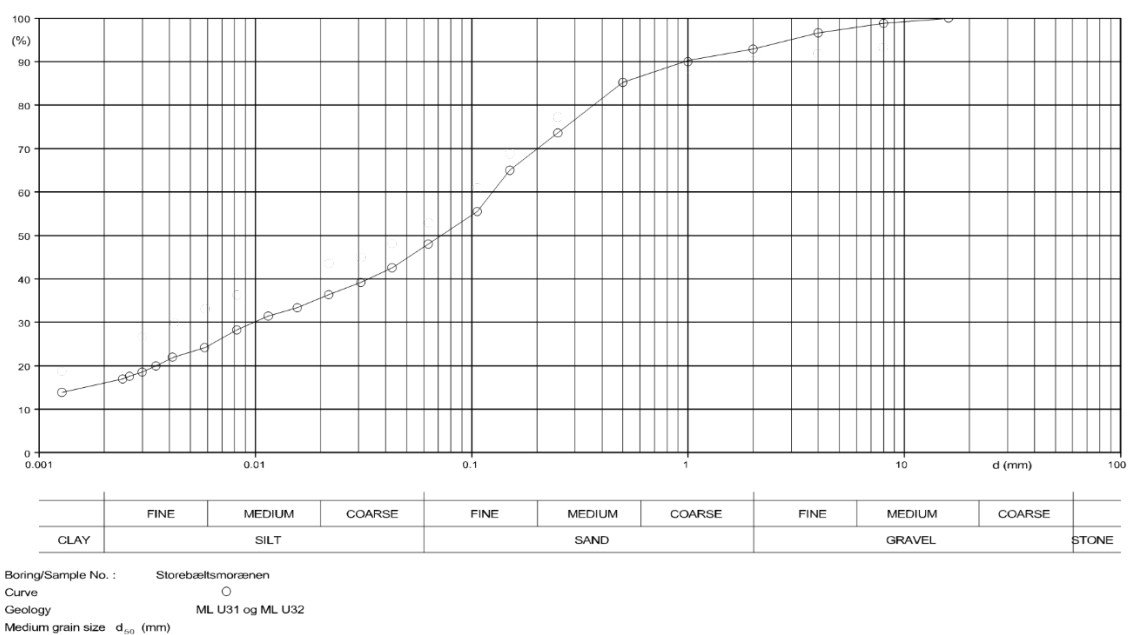


Figur 31 Kornkurve af plastisk ler fra Storebælts brotraceet

7.2.6 ML Moræne ler

Moræneler findes i de seismiske U30/U31/U32, som vi ikke kan skelnes på kornstørrelsesfordelingen. Vi har ikke kunnet finde kornstørrelsesdata fra denne sedimenttype i traceområdet, men i Storebælts Bro traceet findes arkivmateriale med moræneler, som vi præsenterer i kornkurven Figur 32

Storebælts morænen ML U31 og U32

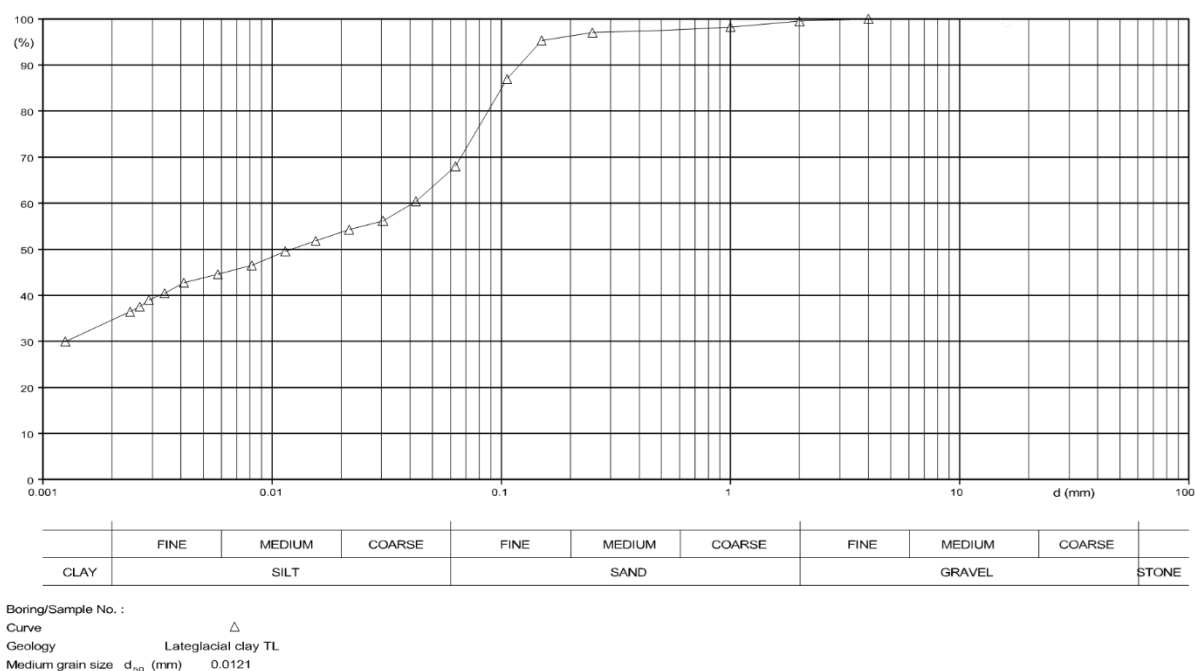


Figur 32 Kornkurve for Storebælts moræneler

7.2.7 TL Senglacial siltet sandet ler

Senglacial siltet sandet ler findes i nogle dele af seismiske enheder U21/U22 og er repræsenteret af en sandet senglacial ler fra sydlige Kattegat. Se kornkurve Figur 33

TL U22 BH 02_6

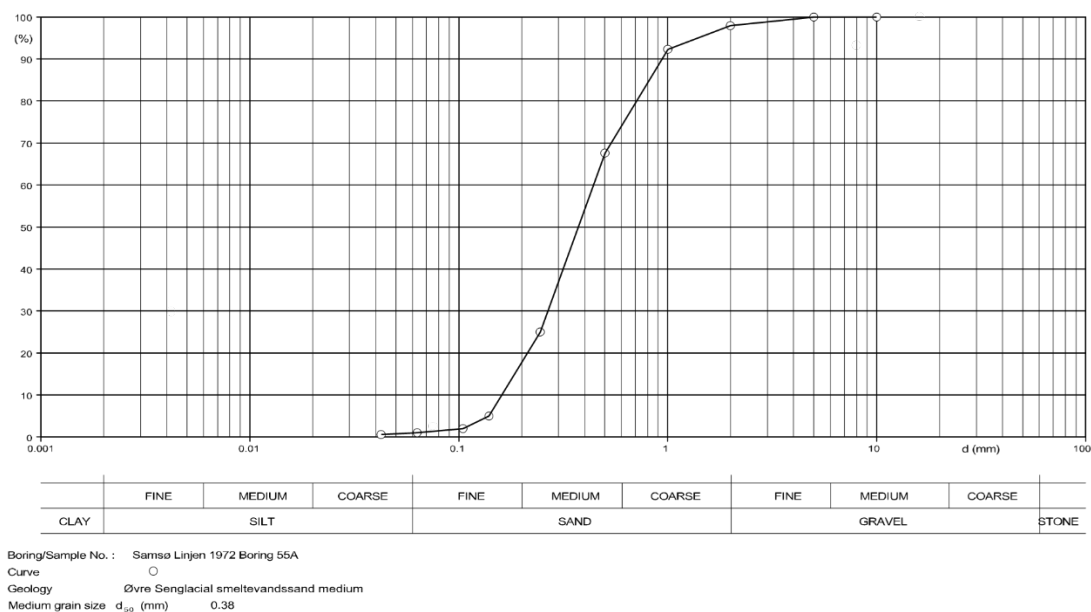


Figur 33 Senglacial ler fra sydlige Kattegat

7.2.8 TS m Senglacialt mellemkornet sand

Senglacial sand øvre mellemkornet del repræsenteret af seismiske enhed U22 findes i boring 55A Samsøforbindesen 1972, som ligger i kabelkorridor KKO 2-1. Se Figur 34

TS m U22

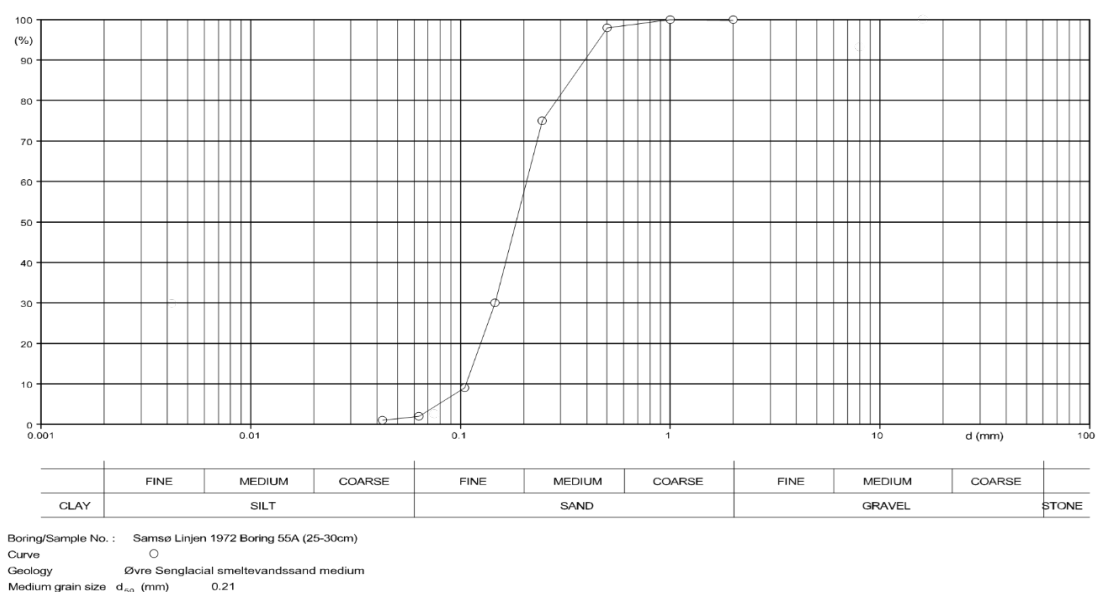


Figur 34 Samsø Linjen 1972 Boring 55A senglacial mellemkornet sand kornkurve

7.2.9 TS f Senglacialt finkornet sand

Senglacial sand nedre finkornet del repræsenteret af seismiske enhed U22 findes i boring 55A Samsø Linjen 1972 som ligger i kabelkorridor KKO 2-1. Se kornkurve Figur 35

TS f U22

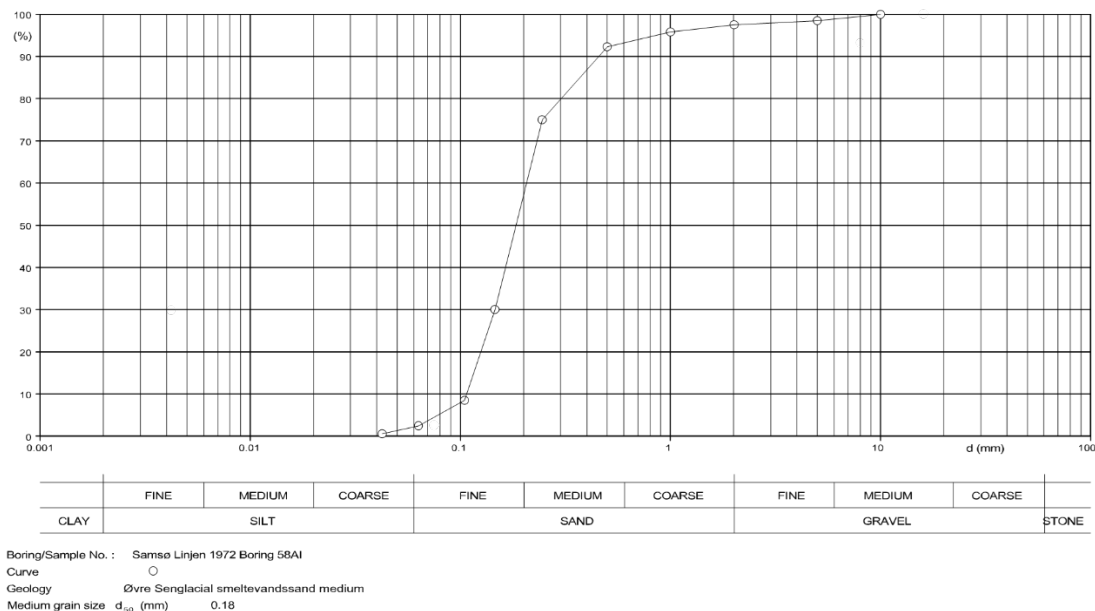


Figur 35 Samsø Linjen 1972 Boring 55A senglacial finkornet sand kornkurve

7.2.10 TS 1m senglacialt mellemkornet sand

Senglacial sand øvre mellemkornet del repræsenteret af seismiske enhed U22 findes i boring 58A Samsø Forbindelsen 1972, som ligger i kabelkorridor KKO 2-1. Se Figur 36

TS1 m U22

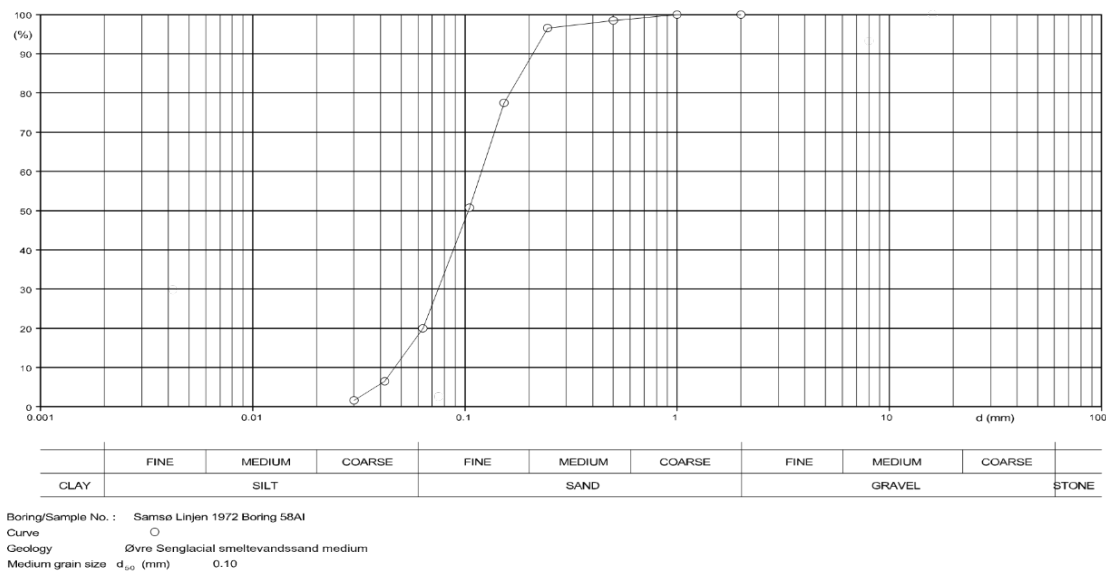


Figur 36 Samsø Linjen 1972 Boring 58A senglacial mellemkornet sand kornkurve

7.2.11 TS 1f senglacialt finkornet sand

Senglacial sand nedre finkornet del repræsenteret af seismiske enhed U22 findes i boring 58A Samsø Forbindelsen 1972, som ligger i kabelkorridor KKO 2-1. Se Figur 37

TS1 f U22



Figur 37 Samsø Linjen 1972 Boring 58A senglacial finkornet sand kornkurve

7.2.12 Tørstofindhold (dry density)

Tørstofindholdet refererer til densiteten af sedimentet i tør form. I de fleste tilfælde er det heller ikke noget som findes for de enkelte enheder.

Vi har udregnet dry density efter formlen :

$$\gamma_d = \frac{\gamma}{1 + \frac{w}{100}}$$

γ_d er enhedsvægt af sediment i tør tilstand , γ er sedimentvægten i naturtilstand og w er vandindhold udtrykt i procent.

Dry density resulteterne for de forskellige sedimenttyper fremgår af Tabel 3

			Wet bulk Densitet	Dry Densitet
			g/cm ³	kg/m ³
1	HP	HP	1,5	1059
2	HL/HI U10	HL	1,7	1274
3	HS f U10	HS	2	1834
4	LL	LL	2,1	2022
5	LL/ML U32	LL	2,1	2022
6	ML U31	ML	2,6	2389
7	ML U32	ML	2,6	2389
8	TL U22	TL	2,1	1882
9	TS m U22	TSm	2,4	1911
10	TS f U22	TSf	2,4	1911
11	TS m U22	TS1m	2,4	1911
12	TS f U22	TS1f	2,4	1911

Tabel 3 Densiteter af karakteristiske sedimenttyper

8. Identificering af arkæologiske hotspots

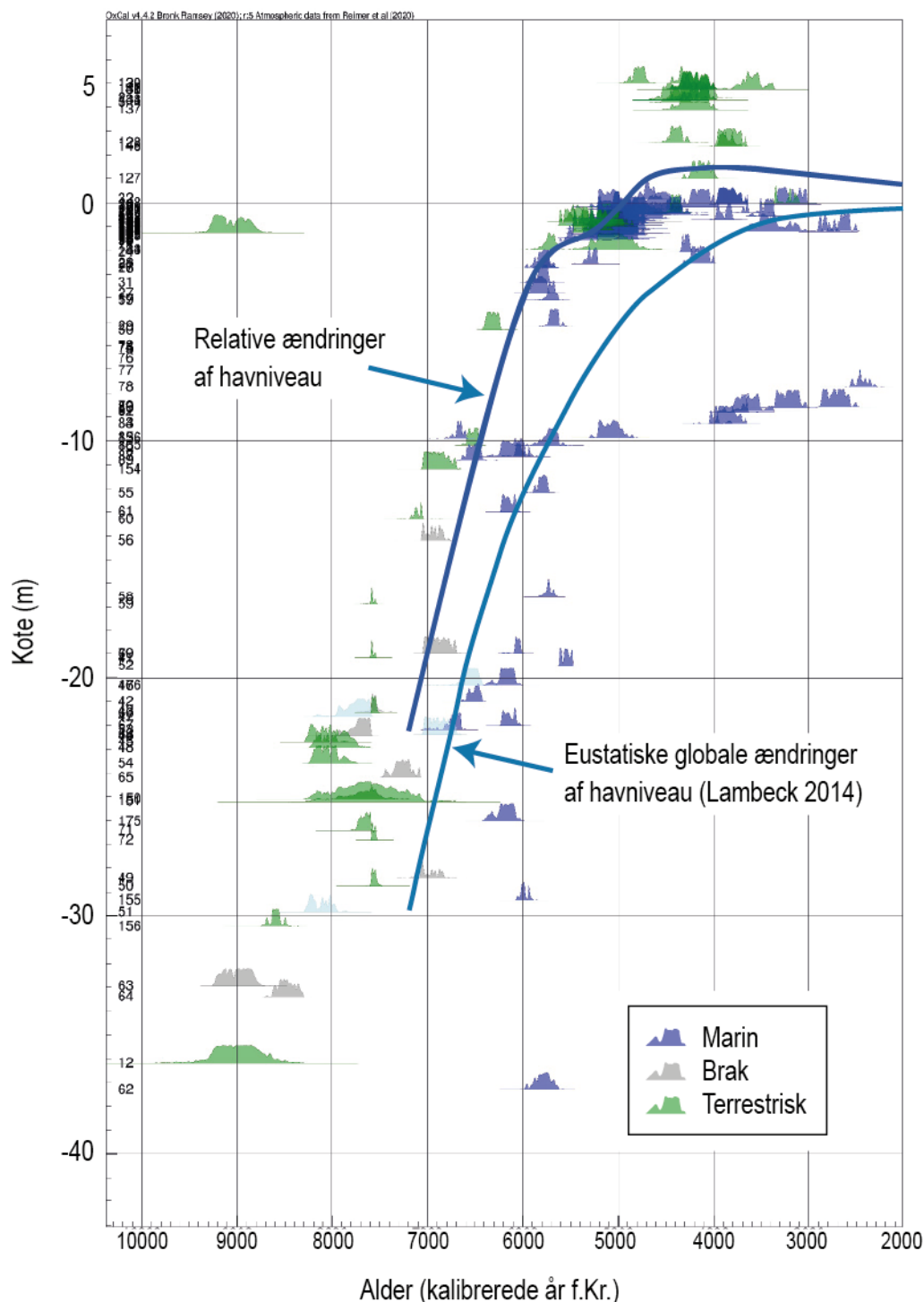
De fladedækkende data, har hovedsageligt dannet input til de arkæologiske undersøgelser. GEUS har leveret datagrundlaget for udpegning af arkæologiske hotspots, men den endelige udpegning bliver udført af Moesgaard Museum.

8.1 Rekonstruktion af kystniveauændringer

GEUS og Moesgaard Museum, har opstillet en strandforskydningskurve for Samsø området, baseret på en kompilation af ca. 150 kulstof-14-dateringer indenfor studieområdet (Figur 1). Dateringerne stammer fra sedimentkerner; kerner der især er indsamlet i forbindelse med kortlægning af sand og grus på havbunden. Desuden indgår dateringer fra arkæologiske udgravninger på land. Endvidere indgår data fra marinarkæologiske undersøgelser i Horsens Fjord.

Materialet til kulstof-14-datering er tørret og indsendt til en række forskellige laboratorier; de fleste prøver er blevet dateret ved Fysisk Institut, Aarhus Universitet. Der er dels tale om rester af landplanter, dels rester af skaller fra marine muslinger og snegle. For marine prøver har vi anvendt en reservoiralder på 400 år, men det skal understreges, at dette er behæftet med en vis usikkerhed, idet reservoiralderen muligvis var højere under den tidlige marine fase end i dag. Reservoiralder er et fænomen, der har indflydelse på kulstof-14-dateringer af skaller fra havet. En anden potentiel fejlkilde er, at tørv kan kompakteres betydeligt når den bliver dækket af sand og mange meter havvand (Baeteman et al. 2011).

Alle dateringer er udført ved accelerator-masse-spektrometri, hvor antallet af kulstof-14 atomer måles direkte. Dateringerne er angivet i konventionelle kulstof-14 år BP (before present, før år 1950; Stuiver & Polach, 1977). Kulstof-14 aldrene er kalibrerede til kalenderår F.Kr., vi har brugt de såkaldte INTCAL20 data (Reimer et al. 2020) og programmet Oxcal.



Figur 38 Kote af kulstof-14 daterede prøver fra Samsø området, plottet mod alder. Kurven viser i havniveau i forhold til i dag, indenfor tidsrummet fra ca. 7000 år F.Kr. til 2000 år F.Kr.

I Figur 38 ses kote af daterede prøver plottet mod alder og ud fra dateringerne er der tegnet en kurve, der viser, hvordan vi forestiller os at det relative havniveau har udviklet sig. Havet begyndte at trænge ind i området omkring 7000 år f.Kr., som en følge af at det globale havniveau steg hurtigere end landhævningen. Inden havet trængte ind i området, var der søer, floder, moser og skove. Vandspejlet i søerne/floderne steg efterhånden, og vandspejlet fortsatte med at stige – det steg fra ca. 19 meter under det nuværende havniveau til ca. 9 meter på omkring 600 år, ifølge vores kurve. I begyndelsen var vandet kun svagt salt, og der levede ingen arter marine muslinger eller snegle, kun visse arter af muslingekrebs, som kan tolerere

meget lav og vekslende salinitet. Snart indvandrede dog for eksempel hjertemusling, blåmusling og strandsnegl, som kræver lidt højere og mere stabil saltholdighed. Det relative havniveau steg indtil for omkring 4000 år f.Kr., hvor havniveauet nåede sit maksimum. Saltholdigheden nåede ligeledes et maksimum, samtidig med at temperaturen var et par grader højere end i dag. Desuden var der formentlig noget mere udpræget tidevand end i dag. Disse forhold betød, at en art som østers trivedes. I løbet af de sidste 6000 år har det globale havniveau været stort set stabilt, og derfor præges denne periode af landhævning og det relative havniveau er faldet.

8.2 Konstruktion af palæogeografiske scenarier

Transgressionsfladen danner, sammen med havniveaukurven for området, grundlag for udpegelsen af arkæologiske hotspots. Transgressionsfladen er en kompositflade, som er dannet ved at kombinere tykkelseskort for dynd og sand, med basis af de tolkede holocæne lag (top glacial fladen eller toppen af senglaciale lag), på baggrund af de tilgængelige data. Disse kombineres nu, så den yngste præholocæne flade danner toppen af transgressionsfladen. I områder, hvor der ikke er nogen tolkning, anvendes nutidens bathymetri.

De paleogeografiske scenarier bliver nu genereret, ved at udpege arkæologisk interessante tidspunkter (fx 5.000 f. Kr), og aflæse det relative havniveau i området, for hvert tidspunkt. Dybdekonturen for det udvalgte tidspunkt udvælges nu, og denne repræsenterer således en paleokystlinje, som potentielt har huset forhistoriske beboelser. For mere information om arkæologien, henvises der til den arkæologiske rapport, som er udarbejdet af Moesgaard Museum.

9. Konklusioner

Med udgangspunkt i den geologiske model for Storebælt (Jensen et al., 2005), er der tolket geologiske enheder, fra sidste istid (U30, U31 og U32) gennem den senglaciale periode (U21 og U22) og gennem Holocæn (U10-U14). Udbredelsen af de forskellige enheder er præsenteret på baggrund af tolkningerne på ny erhvervede seismiske data (Innomar og UHR seismisk data). Der ses altså et aflejningsmønster, der udviser stigende havniveau, opad i stratigrafien.

- De nye data, kombineret med arkivdata, er brugt til at producere tykkelseskort for både dynd og overfladenære sandaflejringer i området. Disse kort viser store mægtigheder lokalt (Figur 14 og Figur 21), for begge sedimenttyper. Men også stor variation i udbredelse og tykkelse over området. De største mægtigheder af overfladenært sand findes øst for Samsø, disse er hovedsageligt smeltevandsaflejringer i nedskårne kanaler. Fordelingen af dynd er mere spredt ud over området, men med små mængder aflejret i de dybe render øst for Samsø.
- Der er produceret fladedækkende grids for både top glacial fladen og for transgressionsfladen. Som kan anvendes til fundering (dybde til glacialfladen) og til arkæologiske undersøgelser (paleo-landskaber ud fra transgressionsfladen).
- Der er produceret punktdata med information om de enkelte geologiske enheder, og forventet lithologi, for hver 100 m, langs hver korridor. Der er desuden beskrevet fysiske egenskaber for de forskellige lithologier. Herunder kornstørrelsesfordeling og tørstofindhold.
- Der er produceret geofysisk inputdata til de arkæologiske undersøgelser, i form af fladedækkende kort, til indtegnning af potentielle bopladser (transgressionsfladen) og bidrag til produktion af en kystforskydningskurve for området.

10. Litteraturliste

- Baeteman, C., Waller, M. & Kiden, P. 2011: Reconstructing middle to late Holocene sea-level change: A methodological review with particular reference to 'A new Holocene sea-level curve for the southern North Sea' presented by K.-E. Behre. *Boreas* 40, 557–572.
- Bennike O., Jensen, J.B., Lemke, W., Kuijpers, A. and Lomholt S. 2004: Late - and postglacial history of the Great Belt, Denmark. *Boreas*, vol. 33, pp 18-33.
- Houmark-Nielsen, M., 2011: Pleistocene glaciations in Denmark: a closer look at chronology, ice dynamics and landforms. In: Ehlers, J., Gibbard, P.L., Hughes, P.D. (Eds.), *Quaternary Glaciations - Extent and Chronology, A Closer Look*. Elsevier, pp. 47e58. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-53447.00005-2>.
- Jensen, J.B., Bennike, O., Lemke, W. and Kuijpers, A. 2005: The Storebælt gateway to the Baltic. Review of Survey activities 2004. *Geological Survey of Denmark and Greenland Bulletin* 7. pp. 45 - 48.
- Owen, M. & Prins, L. T. 2020: Surveyrapport for MV Maritina - Kattegatlink, overfladenære undersøgelser. GEUS – Rapport 2020/xx
- Prins, L.T. 2020: Surveyrapport for MV Annette Christina, Kattegat-Link Dybe undersøgelser. GEUS – Rapport 2020/YY
- Prins, L.T., Trinhammer, P. og Rödel, L.G. 2020: Mobiliseringsrapport for M/V Anette Christina Kattegat Link Dyb kortlægning. Geus – Rapport 2020/zz
- Reimer, P. et al. 2020: The IntCal20 Northern Hemisphere radiocarbon age calibration curve (0-55 cal kB. *Radiocarbon* 62, doi: 10.1017/RDC.2020.41.
- Stuiver, M. & Polach, H.A. 1977: Discussion of reporting ¹⁴C data. *Radiocarbon* 19, 355–363.

Bilag 1. GEUS arkivprøver laboratorieanalyser kattegat Link

I forbindelse med miljøundersøgelserne for Kattegat Link har GEUS indsamlet en række prøver fra GEUS's kernelager og efterfølgende udført sedimentanalyser i form af kornstørrelsesanalyser og vandindhold som præsenteres i det følgende.

Placeringen af de udvalgte borer ses på Figure 1.1

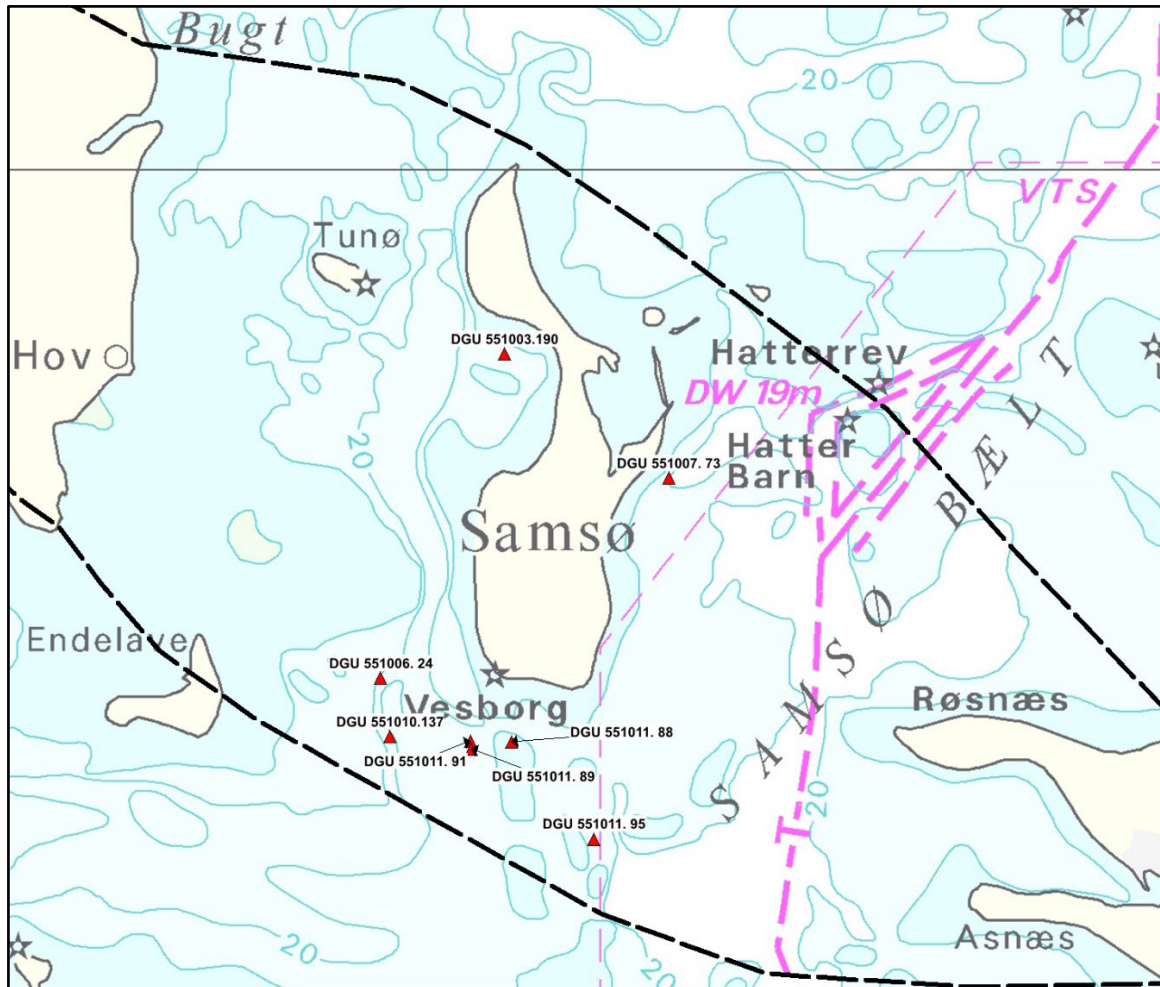


Figure 1.1 GEUS arkivboringer der indgår i analyserne.

1.1 Sediment logs af boringer

Legend to logs

Lithology

	Mud
	Clay
	Silt
	Sand
	Heterolith with alternating layers of clay and sand
	Gravel
	Peat
	Till

Structures

	Homogenous
	Laminated/layered
	Small-scale cross bedding

Boundaries

	Gradational
	Sharp

Holocene deposits

HP:	Marine mud
HL:	marine clay
HI:	marine silt
HS:	marine sand
HG:	marine gravel
HV:	heterolith
FT:	peat
FP:	lacustrine mud
FS:	lacustrine sand

Grain size scale (mm)

64	pebbles
4	granules
2	Very coarse sand
1	coarse sand
0.5	medium sand
0.250	fine sand
0.125	very fine sand
0.063	silt and clay

Late-glacial deposits

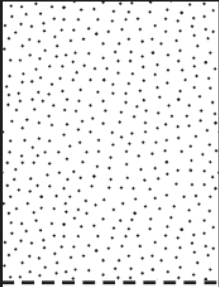
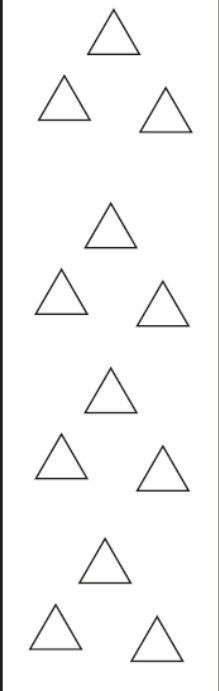
TL:	lacustrine clay
TS:	fluvial sand
TG:	fluvial gravel

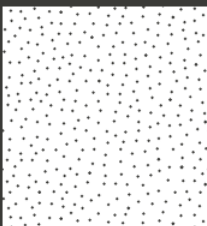
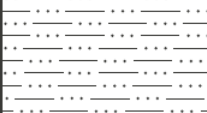
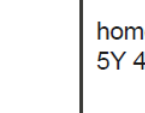
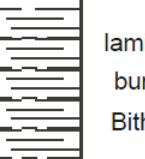
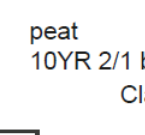
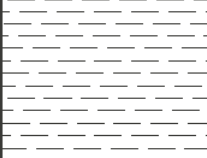
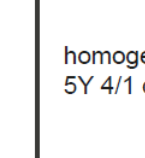
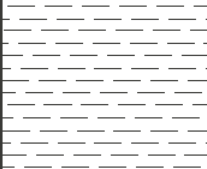
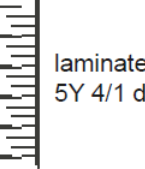
Glacial deposits

ML:	clayey till
-----	-------------

WD: Water depth

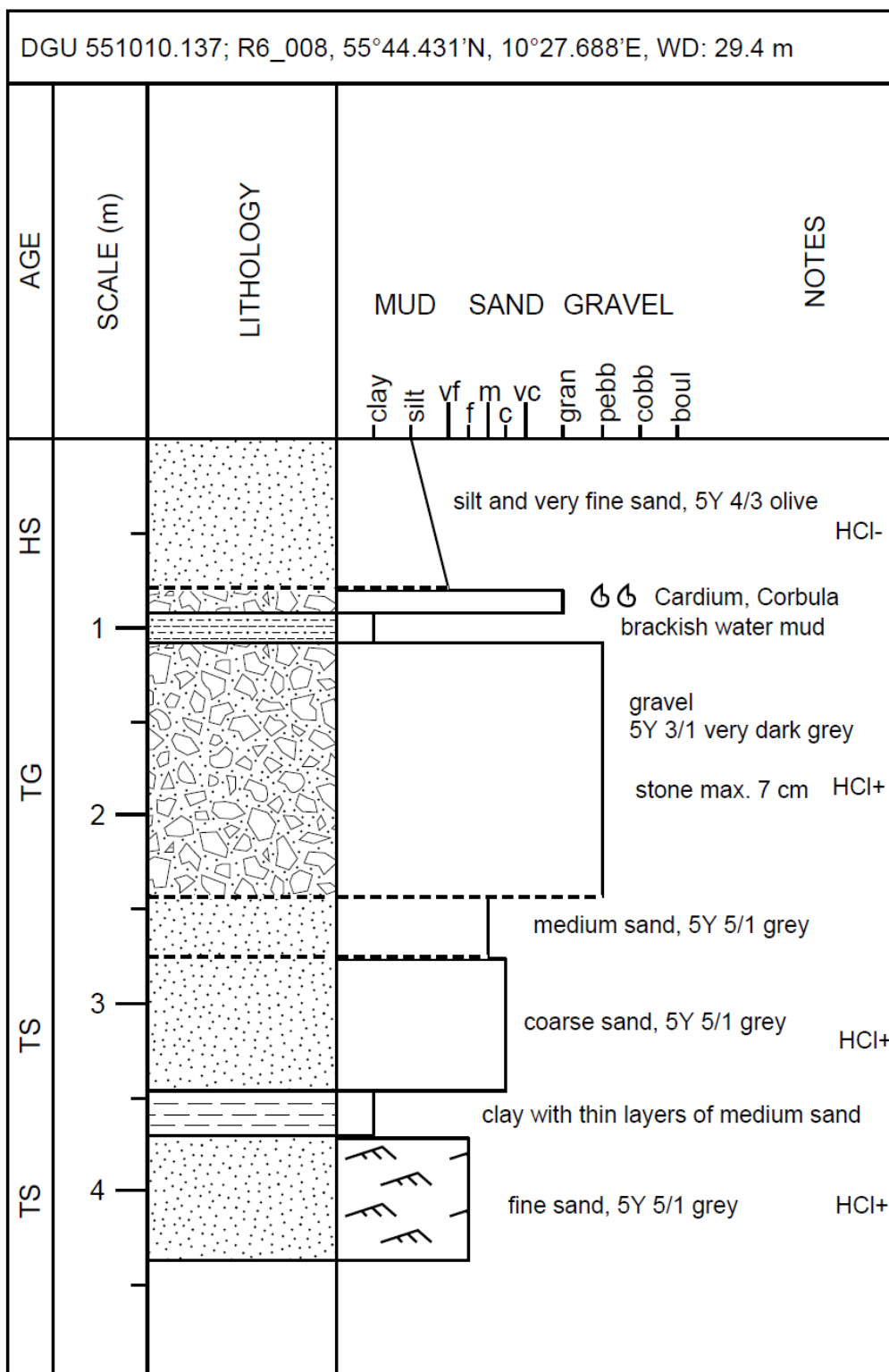
HCI +: calcareous
 HCI (+): slightly calcareous
 HCI -: non-calcareous

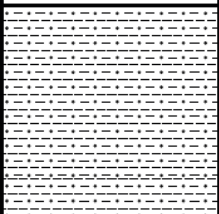
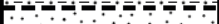
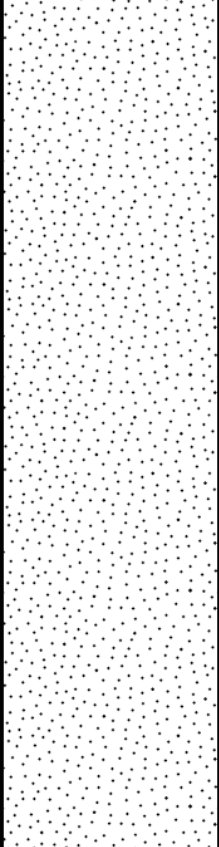
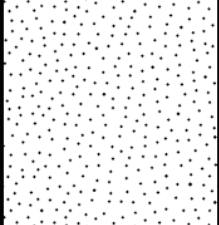
DGU 551007.73; 504017-1; 55°51.616'N, 10°41.324'E; WD: 23.5 m				
AGE	SCALE (m)	LITHOLOGY	MUD SAND GRAVEL clay silt vf f m vc gran pebb cobb boul	
HS	1			poorly sorted fine sand with clay and silt Cardium, Spisula 5Y 3/1 very dark grey HCl +
	2			clayey till, 5Y 4/2 olive grey HCl +
ML	3			
	4			

DGU 551011.95; 504023-1; 55°41.732'N, 10°37.690'E; WD: 24.3 m													
AGE	SCALE (m)	LITHOLOGY								NOTES			
			MUD		SAND		GRAVEL						
			clay	silt	vf	f	m	vc	gran	pebb	cobb	boul	
HS	1									homogenous fine sand 5Y 2.5/2 sort Lucinoma	HCI +		
HP										homogenous mud, burrows 5Y 4/1 dark grey Mytilus	HCI +		
FP	2									laminated mud, 5Y 3/2 dark olive grey burrows Bithynia, Piscicola	HCI +		
FT	3									peat 10YR 2/1 black Cladium, Scirpidium	HCI -		
TL	4									homogenous clay 5Y 4/1 dark grey	HCI +		
TL										laminated clay 5Y 4/1 dark grey	HCI +		

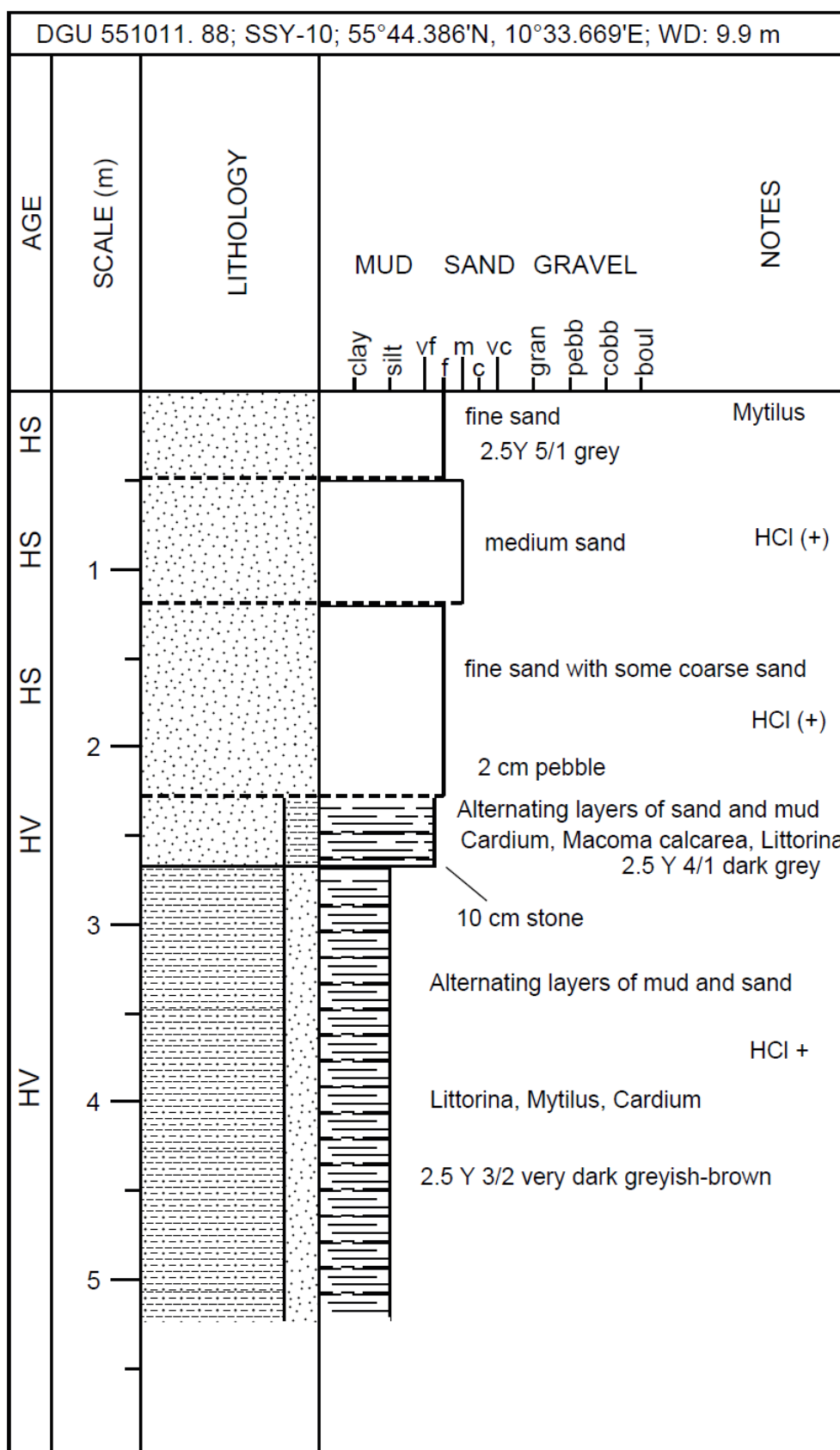
DGU 551003.190; 516011-1; 55°55.002'N, 10°33.334'E; WD: 13.1 m				
AGE	SCALE (m)	LITHOLOGY	MUD SAND GRAVEL clay silt vf m vc gran pebb cobb boul f c	
HP HS			mud, 5Y 2.5/1 black fine sand 5Y 4/2 olive grey	Abra HCl - HCl +
HL	1		homogenous clay 5Y 4/1 dark grey Cyprideis, Cytheromorpha Cyprideis Ruppia	HCl +
FT	2		peat 5Y 2.5/2 black	Alnus, Corylus HCl -
ML	3		soft clayey till 5Y 4/1 dark grey	HCl +
	4			

DGU 551016.131; 544030-1; 55°35.319'N, 10°53.421'E; WD: 15.6 m			
AGE	SCALE (m)	LITHOLOGY	NOTES
			MUD SAND GRAVEL clay silt vf f m c vc gran pebb cobb boul
HP			5Y 3/1 very dark grey
	1		homogenous sandy mud
	2		HCl (+)
	3		Turritella, Cardium, Echinocardium
	4		
	5		5Y 4/1 dark grey



DGU 551006.24; SSY-5; 55°46.139'N, 10°27.326'E; WD: 23.0 m															
AGE		SCALE (m)	LITHOLOGY	MUD SAND GRAVEL								NOTES			
				clay	silt	vf	f	m	c	vc	gran		pebb	cobb	boul
HP				mud, 2.5Y 3/1 very dark grey								HCl -			
	1			2.5Y 4/2 dark greyish-brwon								HCl +			
HS				silty sand											
	2			Arctica											
				Cardium, Mytilus, Corbula, Mya, Nassa											
	3			fine-grained sand											
				5Y 4/1 dark grey								HCl +			
	4			Cardium											

DGU 551011. 89; SY-6; 55°44.207'N, 10°31.720'E, WD: 16.3 m							
AGE	SCALE (m)	LITHOLOGY	MUD SAND GRAVEL				NOTES
			clay silt vf f m c vc gran pebb cobb boul				
HS							very fine sand 2.5Y 3/1 very dark grey HCl + Arctica, Cardium, Corbula
FS	1						fine sand, 2.5 Y 5/1 grey HCl +
	2						1 cm thick organic layer
FV	3						alternating layers of sand and mud Alnus, Corylus, Scirpus HCl +



1.2 Vandindhold

Kattegat-Link vandindhold %

Labnr	Lokalitet	Dybde	Vandindhold (%)
200357	SSY-5	0-20	91
200358	SSY-5	240-260	22
200359	SSY-5	480-500	8
200360	SSY-6	100-150	9
200361	SSY-8	110-130	9
200362	SSY-8	370-390	3
200363	SSY-10	300-320	35
200364	RG-008	380-440	1
200365	544030-1	20-40	53
200366	504023-1	450-470	19
200367	516011-1	350-400	11
200368	504017-1	350-400	10

1.3 Sigteanalyser

Grain Size Distribution

Geotechnical

Sample Id: SSY-5, 0-20
Lab. Id: 200357
Projekt: Kattegat-Link
Subject: 0
Date: november 2020
Executed: PS
Remarks:



Total Weight 131,89 g

Size Fractions

Size	Size	Weight	Weight	Cumulated amount passing
mm	Φ	g	%	%
16,00	-4,00	0,00	0,00	100,00
8,00	-3,00	0,00	0,00	100,00
4,00	-2,00	0,13	0,10	99,90
2,80	-1,49	0,00	0,00	99,90
2,00	-1,00	0,00	0,00	99,90
1,40	-0,49	0,05	0,04	99,86
1,00	0,00	0,07	0,05	99,81
0,710	0,49	0,18	0,14	99,67
0,500	1,00	0,25	0,19	99,48
0,355	1,49	0,42	0,32	99,17
0,250	2,00	0,98	0,74	98,42
0,180	2,47	1,52	1,15	97,27
0,125	3,00	8,07	6,12	91,15
0,090	3,47	20,94	15,88	75,27
0,075	3,74	9,87	7,48	67,79
0,063	3,99	9,80	7,43	60,36
< 0,063	> 3,99	79,61	60,36	0,00

Sieve Analysis

Gravel

Sand

Size Classes (DGF-Bulletin 1 1988)

	Weight %
Silt and clay (< 0,063 mm):	60,36
Sand, fine (0,063 mm - 0,200 mm):	37,24
Sand, medium (0,2 mm - 0,6 mm):	1,97
Sand, coarse (0,6 mm - 2 mm):	0,33
Gravel (> 2 mm):	0,10
Sum:	100,00

Moments Measures (Folk and Wards)

Percentile	Percentile	d(mm)	Φ
Amount in sieve	Amount passing		
5%	95%	0,16	2,65
16%	84%	0,11	3,19
25%	75%	0,09	3,48
40%	60%	-----	-----
Median 50%	50%	-----	-----
75%	25%	-----	-----
84%	16%	-----	-----
90%	10%	-----	-----
95%	5%	-----	-----

Moments Statistics

Mean	3,19
Sorting	-----
Skewness	-----
Kurtosis	-----
Uniformity Coefficient	-----

The analysis is executed according to DS 405.9 extended by sieves to the 1/2 phi scale

Size Classes and Percentiles are found by linear interpolation

Formulas

Mean $(\phi_{16\%} + \phi_{84\%} + \phi_{50\%}) / 3$ (Folk and Ward 1957)

Sorting $(\phi_{84\%} - \phi_{16\%}) / 4 + (\phi_{95\%} - \phi_{5\%}) / 6,6$ (Folk and Ward 1957)

Kurtosis $(\phi_{95\%} - \phi_{5\%}) / (2,44 * (\phi_{75\%} - \phi_{25\%}))$ (Folk and Ward 1957)

Skewness $(\phi_{16\%} + \phi_{84\%} - 2 * \phi_{50\%}) / (2 * (\phi_{84\%} - \phi_{16\%})) + (\phi_{5\%} + \phi_{95\%} - 2 * \phi_{50\%}) / (2 * (\phi_{95\%} - \phi_{5\%}))$ (Folk and Ward 1957)

Uniformity Coefficient $(d_{60\%} / d_{10\%})$ (dgf-Bulletin 1988)

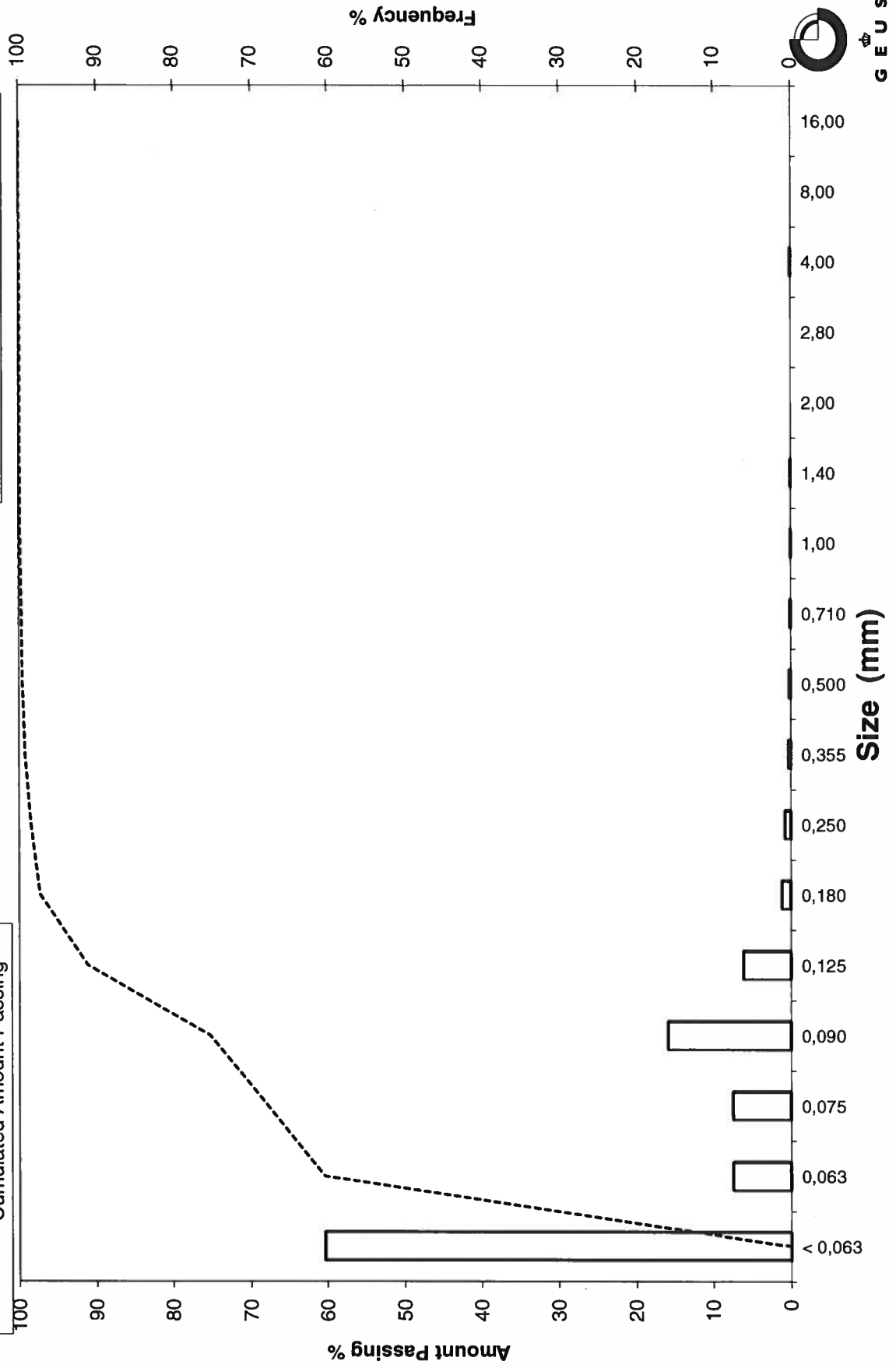
Mean, sorting, skewness and kurtosis are based on "Amount in sieve". Uniformity coefficient is based on "Amount passing".

Øster Voldgade 10 1350 København K
 Tel.: +45 38 14 20 00 Telefax: +45 38 14 20 50
 Email: GEUS@geus.dk
 www.geus.dk

Grain Size Distribution

Sample Id: SSY-5, 0-20

Frequency Percent
Cumulated Amount Passing



Grain Size Distribution

Geotechnical

Sample Id: SSY-5, 240-260
Lab. Id: 200358
Projekt: Kattegat-Link
Subject: 0
Date: november 2020
Executed: PS
Remarks: 70% af fraktioner >0,355mm
 består af skaller



Total Weight 227,84 g

Size Fractions

Size	Size	Weight	Weight	Cumulated amount passing
mm	Φ	g	%	%
16,00	-4,00	0,00	0,00	100,00
8,00	-3,00	0,71	0,31	99,69
4,00	-2,00	2,99	1,31	98,38
2,80	-1,49	5,25	2,30	96,07
2,00	-1,00	6,55	2,87	93,20
1,40	-0,49	7,84	3,44	89,76
1,00	0,00	7,13	3,13	86,63
0,710	0,49	5,97	2,62	84,01
0,500	1,00	5,35	2,35	81,66
0,355	1,49	9,55	4,19	77,47
0,250	2,00	51,04	22,40	55,06
0,180	2,47	39,84	17,49	37,58
0,125	3,00	32,10	14,09	23,49
0,090	3,47	9,55	4,19	19,30
0,075	3,74	2,53	1,11	18,19
0,063	3,99	2,28	1,00	17,19
< 0,063	> 3,99	39,16	17,19	0,00

Sieve Analysis

Gravel

Sand

Size Classes (DGF-Bulletin 1 1988)

	Weight %
Silt and clay (< 0,063 mm):	17,19
Sand, fine (0,063 mm - 0,200 mm):	25,39
Sand, medium (0,2 mm - 0,6 mm):	40,20
Sand, coarse (0,6 mm - 2 mm):	10,42
Gravel (> 2 mm):	6,80
Sum:	100,00

Moments Measures (Folk and Wards)

Percentile	Percentile	d(mm)	Φ
Amount in sieve	Amount passing		
5%	95%	2,50	-1,32
16%	84%	0,71	0,50
25%	75%	0,34	1,54
40%	60%	0,27	1,87
Median 50%	50%	0,23	2,12
75%	25%	0,13	2,93
84%	16%	-----	-----
90%	10%	-----	-----
95%	5%	-----	-----

Moments Statistics

Mean	1,31
Sorting	-----
Skewness	-----
Kurtosis	-----
Uniformity Coefficient	-----

The analysis is executed according to DS 405.9 extended by sieves to the ½ phi scale

Size Classes and Percentiles are found by linear interpolation

Formulas

Mean $(\phi_{16\%} + \phi_{84\%} + \phi_{50\%}) / 3$ (Folk and Ward 1957)
 Sorting $(\phi_{84\%} - \phi_{16\%}) / 4 + (\phi_{95\%} - \phi_{5\%}) / 6,6$ (Folk and Ward 1957)
 Kurtosis $(\phi_{95\%} - \phi_{5\%}) / (2,44 * (\phi_{75\%} - \phi_{25\%}))$ (Folk and Ward 1957)
 Skewness $(\phi_{16\%} + \phi_{84\%} - 2 * \phi_{50\%}) / (2 * (\phi_{84\%} - \phi_{16\%})) + (\phi_{5\%} + \phi_{95\%} - 2 * \phi_{50\%}) / (2 * (\phi_{95\%} - \phi_{5\%}))$ (Folk and Ward 1957)
 Uniformity Coefficient $(d_{60\%} / d_{10\%})$ (dgf-Bulletin 1988)

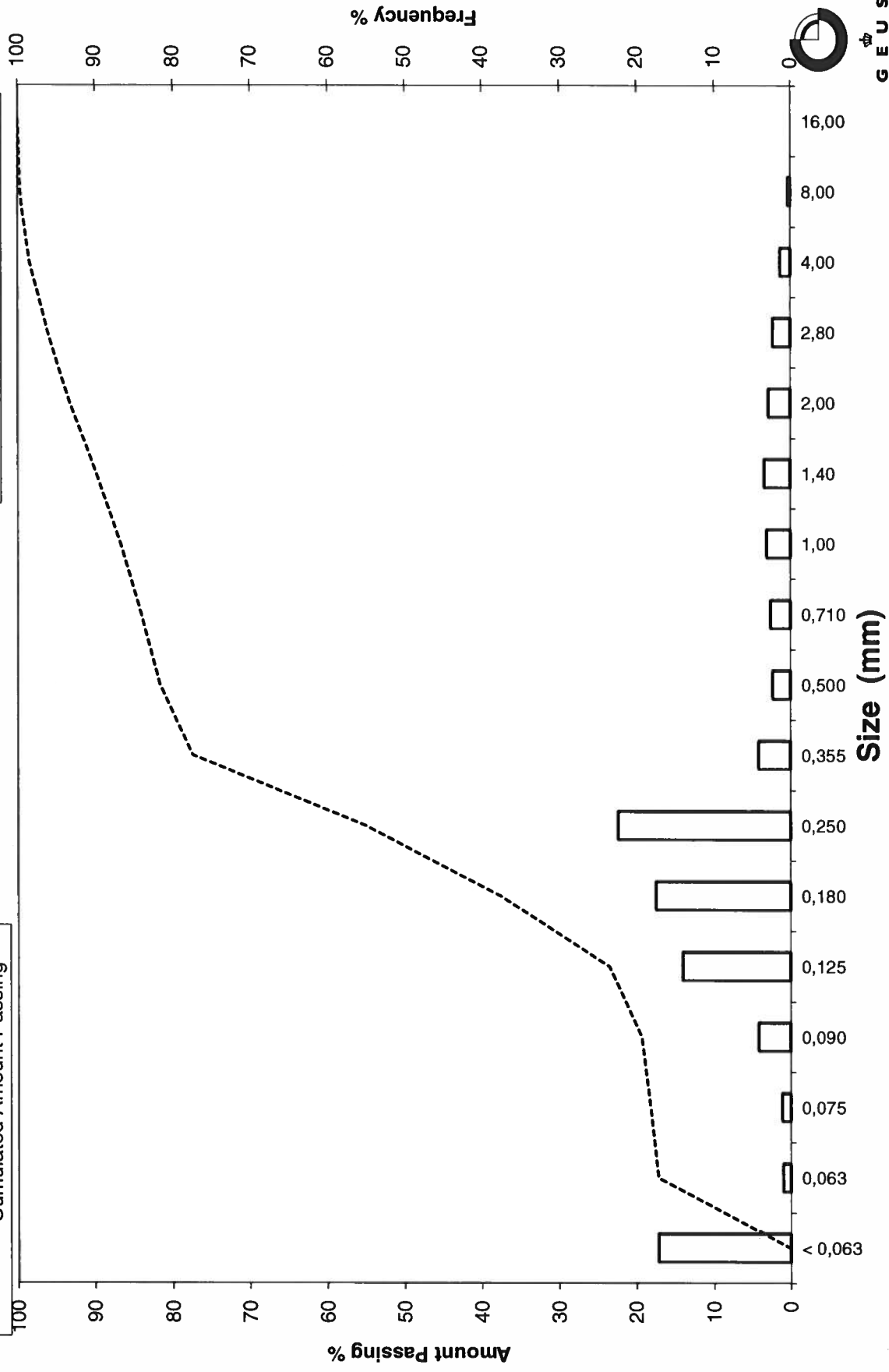
Mean, sorting, skewness and kurtosis are based on "Amount in sieve". Uniformity coefficient is based on "Amount passing".

Øster Voldgade 10 1350 København K
 Tel.: +45 38 14 20 00 Telefax: +45 38 14 20 50
 Email: GEUS@geus.dk
 www.geus.dk

Grain Size Distribution

Sample Id: SSY-5, 240-260

Frequency Percent
Cumulated Amount Passing



Grain Size Distribution

Geotechnical

Sample Id: SSY-5, 480-500
Lab. Id: 200359
Projekt: Kattegat-Link
Subject: 0
Date: november 2020
Executed: PS
Remarks: >2,8mm heraf 1,1g skaller



Total Weight 171,06 g

Size Fractions

Size	Size	Weight	Weight	Cumulated amount passing
mm	Φ	g	%	%
16,00	-4,00	0,00	0,00	100,00
8,00	-3,00	0,41	0,24	99,76
4,00	-2,00	0,44	0,26	99,50
2,80	-1,49	0,31	0,18	99,32
2,00	-1,00	0,23	0,13	99,19
1,40	-0,49	0,46	0,27	98,92
1,00	0,00	1,30	0,76	98,16
0,710	0,49	1,23	0,72	97,44
0,500	1,00	3,30	1,93	95,51
0,355	1,49	20,86	12,19	83,32
0,250	2,00	79,46	46,45	36,86
0,180	2,47	36,71	21,46	15,40
0,125	3,00	11,02	6,44	8,96
0,090	3,47	2,84	1,66	7,30
0,075	3,74	0,99	0,58	6,72
0,063	3,99	0,89	0,52	6,20
< 0,063	> 3,99	10,61	6,20	0,00

Sieve Analysis

Gravel

Sand

Size Classes (DGF-Bulletin 1 1988)

	Weight %
Silt and clay (< 0,063 mm):	6,20
Sand, fine (0,063 mm - 0,200 mm):	15,33
Sand, medium (0,2 mm - 0,6 mm):	74,89
Sand, coarse (0,6 mm - 2 mm):	2,76
Gravel (> 2 mm):	0,81
Sum:	100,00

Moments Measures (Folk and Wards)

Percentile	Percentile	d(mm)	Φ
Amount in sieve	Amount passing		
5%	95%	0,49	1,02
16%	84%	0,36	1,46
25%	75%	0,34	1,57
40%	60%	0,30	1,73
Median 50%	50%	0,28	1,84
75%	25%	0,21	2,24
84%	16%	0,18	2,46
90%	10%	0,13	2,90
95%	5%	-----	-----

Moments Statistics

Mean	1,92
Sorting	-----
Skewness	-----
Kurtosis	-----
Uniformity Coefficient	2,26

The analysis is executed according to DS 405.9 extended by sieves to the ½ phi scale

Size Classes and Percentiles are found by linear interpolation

Formulas

Mean $(\phi_{16\%} + \phi_{84\%} + \phi_{50\%}) / 3$ (Folk and Ward 1957)
 Sorting $(\phi_{84\%} - \phi_{16\%}) / 4 + (\phi_{95\%} - \phi_{5\%}) / 6,6$ (Folk and Ward 1957)
 Kurtosis $(\phi_{95\%} - \phi_{5\%}) / (2,44 * (\phi_{75\%} - \phi_{25\%}))$ (Folk and Ward 1957)
 Skewness $(\phi_{16\%} + \phi_{84\%} - 2 * \phi_{50\%}) / (2 * (\phi_{84\%} - \phi_{16\%})) + (\phi_{5\%} + \phi_{95\%} - 2 * \phi_{50\%}) / (2 * (\phi_{95\%} - \phi_{5\%}))$ (Folk and Ward 1957)
 Uniformity Coefficient $(d_{60\%} / d_{10\%})$ (dgf-Bulletin 1988)

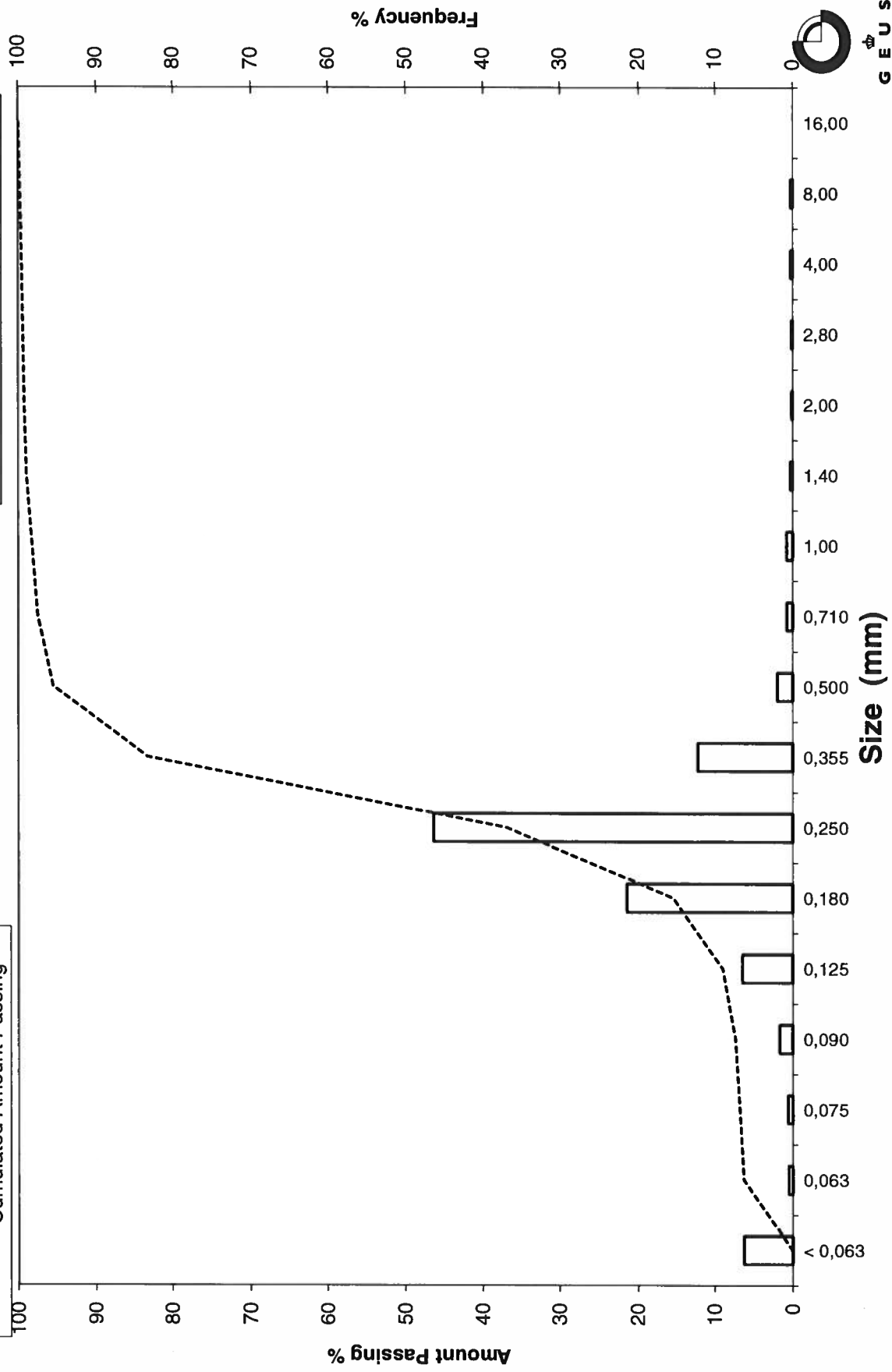
Mean, sorting, skewness and kurtosis are based on "Amount in sieve". Uniformity coefficient is based on "Amount passing".

Øster Voldgade 10 1350 København K
 Tel.: +45 38 14 20 00 Telefax: +45 38 14 20 50
 Email: GEUS@geus.dk
 www.geus.dk

Grain Size Distribution

Sample Id: SSY-5, 480-500

Frequency Percent
Cumulated Amount Passing



Grain Size Distribution

Geotechnical

Sample Id: SSY-6, 100-150
Lab. Id: 200360
Projekt: Kattegat-Link
Subject: 0
Date: november 2020
Executed: PS
Remarks:



Total Weight 169,62 g

Size Fractions

Size	Size	Weight	Weight	Cumulated amount passing
mm	Φ	g	%	%
16,00	-4,00	0,00	0,00	100,00
8,00	-3,00	0,00	0,00	100,00
4,00	-2,00	0,00	0,00	100,00
2,80	-1,49	0,00	0,00	100,00
2,00	-1,00	0,00	0,00	100,00
1,40	-0,49	0,00	0,00	100,00
1,00	0,00	0,00	0,00	100,00
0,710	0,49	0,00	0,00	100,00
0,500	1,00	0,07	0,04	99,96
0,355	1,49	2,95	1,74	98,22
0,250	2,00	40,58	23,92	74,30
0,180	2,47	76,29	44,98	29,32
0,125	3,00	44,81	26,42	2,90
0,090	3,47	2,45	1,44	1,46
0,075	3,74	0,18	0,11	1,35
0,063	3,99	0,11	0,06	1,29
< 0,063	> 3,99	2,18	1,29	0,00

Size Classes (DGF-Bulletin 1 1988)

	Weight %
Silt and clay (< 0,063 mm):	1,29
Sand, fine (0,063 mm - 0,200 mm):	40,88
Sand, medium (0,2 mm - 0,6 mm):	57,81
Sand, coarse (0,6 mm - 2 mm):	0,02
Gravel (> 2 mm):	0,00
Sum:	100,00

Moments Measures (Folk and Wards)

Percentile	Percentile	d(mm)	Φ
Amount in sieve	Amount passing		
5%	95%	0,34	1,55
16%	84%	0,29	1,77
25%	75%	0,25	1,98
40%	60%	0,23	2,13
Median 50%	50%	0,21	2,24
75%	25%	0,17	2,55
84%	16%	0,15	2,72
90%	10%	0,14	2,84
95%	5%	0,13	2,95

Moments Statistics

Mean	2,24
Sorting	0,45
Skewness	0,02
Kurtosis	1,01
Uniformity Coefficient	1,63

The analysis is executed according to DS 405.9 extended by sieves to the ½ phi scale

Size Classes and Percentiles are found by linear interpolation

Formulas

Mean $(\phi_{16\%} + \phi_{84\%} + \phi_{50\%}) / 3$ (Folk and Ward 1957)
 Sorting $(\phi_{84\%} - \phi_{16\%}) / 4 + (\phi_{95\%} - \phi_{5\%}) / 6,6$ (Folk and Ward 1957)
 Kurtosis $(\phi_{95\%} - \phi_{5\%}) / (2,44 * (\phi_{75\%} - \phi_{25\%}))$ (Folk and Ward 1957)
 Skewness $(\phi_{16\%} + \phi_{84\%} - 2 * \phi_{50\%}) / (2 * (\phi_{84\%} - \phi_{16\%})) + (\phi_{5\%} + \phi_{95\%} - 2 * \phi_{50\%}) / (2 * (\phi_{95\%} - \phi_{5\%}))$ (Folk and Ward 1957)
 Uniformity Coefficient $(d_{60\%} / d_{10\%})$ (dgf-Bulletin 1988)

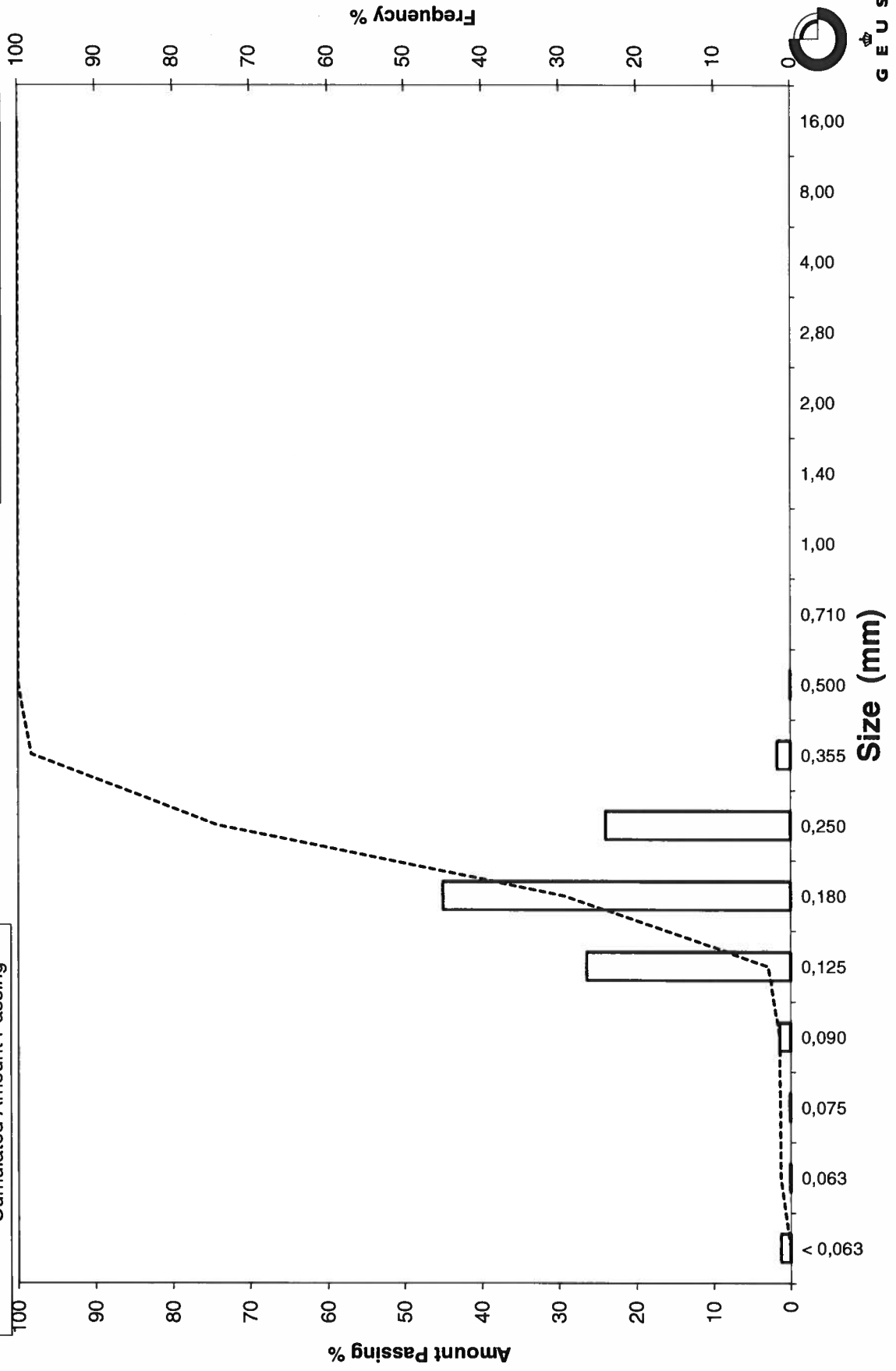
Mean, sorting, skewness and kurtosis are based on "Amount in sieve". Uniformity coefficient is based on "Amount passing".

Øster Voldgade 10 1350 København K
 Tel.: +45 38 14 20 00 Telefax: +45 38 14 20 50
 Email: GEUS@geus.dk
 www.geus.dk

Grain Size Distribution

Sample Id: SSY-6, 100-150

Frequency Percent
Cumulated Amount Passing



Grain Size Distribution

Geotechnical

Sample Id: SSY-8, 110-130
Lab. Id: 200361
Projekt: Kattegat-Link
Subject: 0
Date: november 2020
Executed: PS
Remarks: >8mm består af skal



Total Weight 171,36 g

Size Fractions

Size	Size	Weight	Weight	Cumulated amount passing
mm	Φ	g	%	%
16,00	-4,00	0,00	0,00	100,00
8,00	-3,00	0,18	0,11	99,89
4,00	-2,00	0,00	0,00	99,89
2,80	-1,49	0,00	0,00	99,89
2,00	-1,00	0,35	0,20	99,69
1,40	-0,49	0,46	0,27	99,42
1,00	0,00	0,32	0,19	99,24
0,710	0,49	0,12	0,07	99,17
0,500	1,00	0,19	0,11	99,05
0,355	1,49	1,52	0,89	98,17
0,250	2,00	38,29	22,34	75,82
0,180	2,47	91,23	53,24	22,58
0,125	3,00	34,16	19,93	2,65
0,090	3,47	2,01	1,17	1,48
0,075	3,74	0,26	0,15	1,32
0,063	3,99	0,16	0,09	1,23
< 0,063	> 3,99	2,11	1,23	0,00

Sieve Analysis

Gravel

Sand

Size Classes (DGF-Bulletin 1 1988)

	Weight %
Silt and clay (< 0,063 mm):	1,23
Sand, fine (0,063 mm - 0,200 mm):	36,56
Sand, medium (0,2 mm - 0,6 mm):	61,31
Sand, coarse (0,6 mm - 2 mm):	0,58
Gravel (> 2 mm):	0,31
Sum:	100,00

Moments Measures (Folk and Wards)

Percentile	Percentile	d(mm)	Φ
Amount in sieve	Amount passing		
5%	95%	0,34	1,56
16%	84%	0,29	1,79
25%	75%	0,25	2,01
40%	60%	0,23	2,13
Median 50%	50%	0,22	2,21
75%	25%	0,18	2,45
84%	16%	0,16	2,63
90%	10%	0,15	2,78
95%	5%	0,13	2,93

Moments Statistics

Mean	2,21
Sorting	0,42
Skewness	0,02
Kurtosis	1,27
Uniformity Coefficient	1,58

The analysis is executed according to DS 405.9 extended by sieves to the ½ phi scale

Size Classes and Percentiles are found by linear interpolation

Formulas

Mean $(\phi_{16\%} + \phi_{84\%} + \phi_{50\%}) / 3$ (Folk and Ward 1957)
 Sorting $(\phi_{84\%} - \phi_{16\%}) / 4 + (\phi_{95\%} - \phi_{5\%}) / 6,6$ (Folk and Ward 1957)
 Kurtosis $(\phi_{95\%} - \phi_{5\%}) / (2,44 * (\phi_{75\%} - \phi_{25\%}))$ (Folk and Ward 1957)
 Skewness $(\phi_{16\%} + \phi_{84\%} - 2 * \phi_{50\%}) / (2 * (\phi_{84\%} - \phi_{16\%})) + (\phi_{5\%} + \phi_{95\%} - 2 * \phi_{50\%}) / (2 * (\phi_{95\%} - \phi_{5\%}))$ (Folk and Ward 1957)
 Uniformity Coefficient $(d_{60\%} / d_{10\%})$ (dgf-Bulletin 1988)

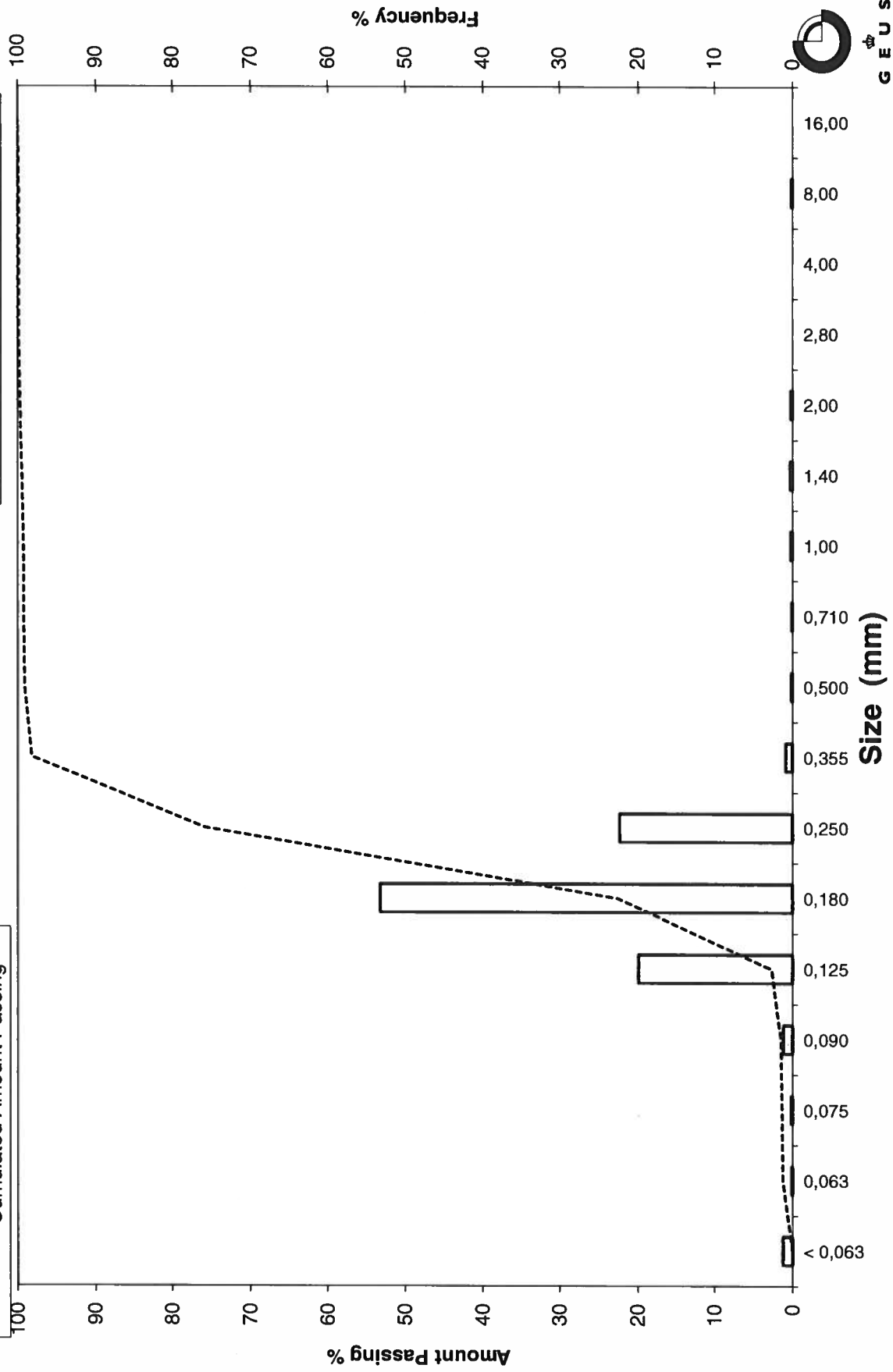
Mean, sorting, skewness and kurtosis are based on "Amount in sieve". Uniformity coefficient is based on "Amount passing".

Øster Voldgade 10 1350 København K
 Tel.: +45 38 14 20 00 Telefax: +45 38 14 20 50
 Email: GEUS@geus.dk
 www.geus.dk

Grain Size Distribution

Sample Id: SSY-8, 110-130

Frequency Percent
Cumulated Amount Passing



Grain Size Distribution

Geotechnical

Sample Id: SSY-8, 370-390
Lab. Id: 200362
Projekt: Kattegat-Link
Subject: 0
Date: november 2020
Executed: PS
Remarks:



Total Weight 320,84 g

Size Fractions

Size	Size	Weight	Weight	Cumulated amount passing
mm	Φ	g	%	%
16,00	-4,00	0,00	0,00	100,00
8,00	-3,00	12,12	3,78	96,22
4,00	-2,00	10,44	3,25	92,97
2,80	-1,49	16,67	5,20	87,77
2,00	-1,00	15,07	4,70	83,08
1,40	-0,49	22,20	6,92	76,16
1,00	0,00	40,06	12,49	63,67
0,710	0,49	74,46	23,21	40,46
0,500	1,00	69,42	21,64	18,83
0,355	1,49	13,55	4,22	14,60
0,250	2,00	15,59	4,86	9,74
0,180	2,47	16,48	5,14	4,61
0,125	3,00	9,48	2,95	1,65
0,090	3,47	1,19	0,37	1,28
0,075	3,74	0,22	0,07	1,21
0,063	3,99	0,18	0,06	1,16
< 0,063	> 3,99	3,71	1,16	0,00

Sieve Analysis

Gravel

Sand

Size Classes (DGF-Bulletin 1 1988)

	Weight %
Silt and clay (< 0,063 mm):	1,16
Sand, fine (0,063 mm - 0,200 mm):	4,92
Sand, medium (0,2 mm - 0,6 mm):	23,05
Sand, coarse (0,6 mm - 2 mm):	53,95
Gravel (> 2 mm):	16,92
Sum:	100,00

Moments Measures (Folk and Wards)

Percentile	Percentile	d(mm)	Φ
Amount in sieve	Amount passing		
5%	95%	6,50	-2,70
16%	84%	2,16	-1,11
25%	75%	1,36	-0,45
40%	60%	0,95	0,07
Median 50%	50%	0,83	0,27
75%	25%	0,56	0,84
84%	16%	0,40	1,31
90%	10%	0,26	1,97
95%	5%	0,19	2,43

Moments Statistics

Mean	0,16
Sorting	1,38
Skewness	-0,15
Kurtosis	1,64
Uniformity Coefficient	3,73

The analysis is executed according to DS 405.9 extended by sieves to the ½ phi scale

Size Classes and Percentiles are found by linear interpolation

Formulas

Mean $(\phi_{16\%} + \phi_{84\%} + \phi_{50\%}) / 3$ (Folk and Ward 1957)
 Sorting $(\phi_{84\%} - \phi_{16\%}) / 4 + (\phi_{95\%} - \phi_{5\%}) / 6,6$ (Folk and Ward 1957)
 Kurtosis $(\phi_{95\%} - \phi_{5\%}) / (2,44 * (\phi_{75\%} - \phi_{25\%}))$ (Folk and Ward 1957)
 Skewness $(\phi_{16\%} + \phi_{84\%} - 2 * \phi_{50\%}) / (2 * (\phi_{84\%} - \phi_{16\%})) + (\phi_{5\%} + \phi_{95\%} - 2 * \phi_{50\%}) / (2 * (\phi_{95\%} - \phi_{5\%}))$ (Folk and Ward 1957)
 Uniformity Coefficient $(d_{60\%} / d_{10\%})$ (dgf-Bulletin 1988)

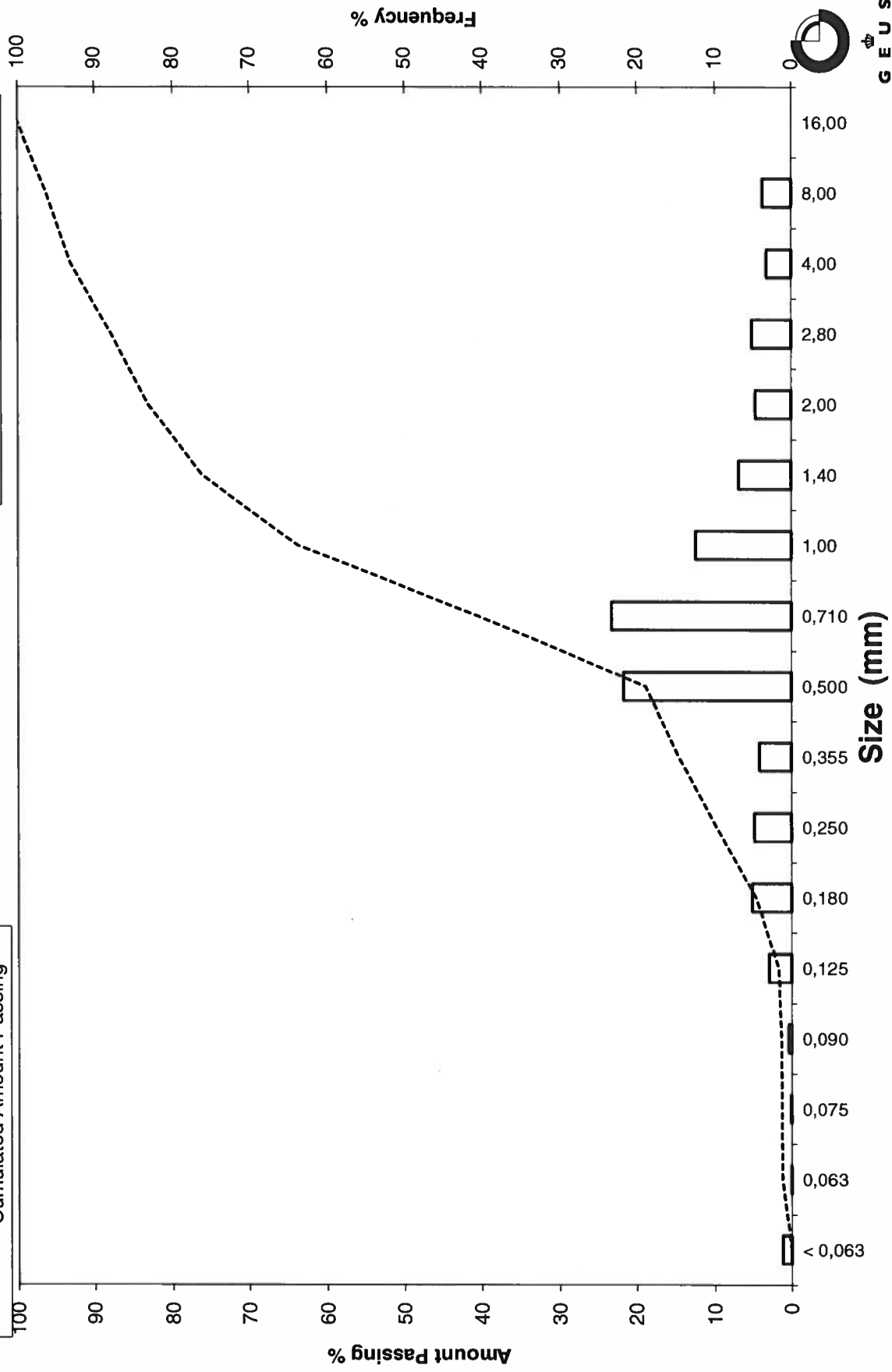
Mean, sorting, skewness and kurtosis are based on "Amount in sieve". Uniformity coefficient is based on "Amount passing".

Øster Voldgade 10 1350 København K
 Tel.: +45 38 14 20 00 Telefax: +45 38 14 20 50
 Email: GEUS@geus.dk
 www.geus.dk

Grain Size Distribution

Sample Id: SSY-8, 370-390

Frequency Percent
Cumulated Amount Passing



Grain Size Distribution

Geotechnical

Sample Id: SSY-10, 300-320
Lab. Id: 200363
Projekt: Kattegat-Link
Subject: 0
Date: november 2020
Executed: PS
Remarks: >1,4mm består af skaller



Total Weight 145,66 g

Size Fractions

Size	Size	Weight	Weight	Cumulated amount passing
mm	Φ	g	%	%
16,00	-4,00	0,00	0,00	100,00
8,00	-3,00	0,00	0,00	100,00
4,00	-2,00	0,04	0,03	99,97
2,80	-1,49	0,17	0,12	99,86
2,00	-1,00	0,58	0,40	99,46
1,40	-0,49	0,76	0,52	98,94
1,00	0,00	1,16	0,80	98,14
0,710	0,49	0,91	0,62	97,51
0,500	1,00	0,93	0,64	96,88
0,355	1,49	0,94	0,65	96,23
0,250	2,00	0,88	0,60	95,63
0,180	2,47	0,97	0,67	94,96
0,125	3,00	3,84	2,64	92,32
0,090	3,47	11,48	7,88	84,44
0,075	3,74	7,60	5,22	79,23
0,063	3,99	9,64	6,62	72,61
< 0,063	> 3,99	105,76	72,61	0,00

Size Classes (DGF-Bulletin 1 1988)

	Weight %
Silt and clay (< 0,063 mm):	72,61
Sand, fine (0,063 mm - 0,200 mm):	22,54
Sand, medium (0,2 mm - 0,6 mm):	2,03
Sand, coarse (0,6 mm - 2 mm):	2,28
Gravel (> 2 mm):	0,54
Sum:	100,00

Moments Measures (Folk and Wards)

Percentile	Percentile	d(mm)	Φ
Amount in sieve	Amount passing		
5%	95%	0,18	2,44
16%	84%	0,09	3,49
25%	75%	0,07	3,89
40%	60%	-----	-----
Median 50%	50%	-----	-----
75%	25%	-----	-----
84%	16%	-----	-----
90%	10%	-----	-----
95%	5%	-----	-----

Moments Statistics

Mean	3,49
Sorting	-----
Skewness	-----
Kurtosis	-----
Uniformity Coefficient	-----

The analysis is executed according to DS 405.9 extended by sieves to the ½ phi scale

Formulas

Mean $(\phi_{16\%} + \phi_{84\%} + \phi_{50\%}) / 3$ (Folk and Ward 1957)

Sorting $(\phi_{84\%} - \phi_{16\%}) / 4 + (\phi_{95\%} - \phi_{5\%}) / 6,6$ (Folk and Ward 1957)

Kurtosis $(\phi_{95\%} - \phi_{5\%}) / (2,44 * (\phi_{75\%} - \phi_{25\%}))$ (Folk and Ward 1957)

Skewness $(\phi_{16\%} + \phi_{84\%} - 2 * \phi_{50\%}) / (2 * (\phi_{84\%} - \phi_{16\%})) + (\phi_{5\%} + \phi_{95\%} - 2 * \phi_{50\%}) / (2 * (\phi_{95\%} - \phi_{5\%}))$ (Folk and Ward 1957)

Uniformity Coefficient $(d_{60\%} / d_{10\%})$ (dgf-Bulletin 1988)

Mean, sorting, skewness and kurtosis are based on "Amount in sieve". Uniformity coefficient is based on "Amount passing".

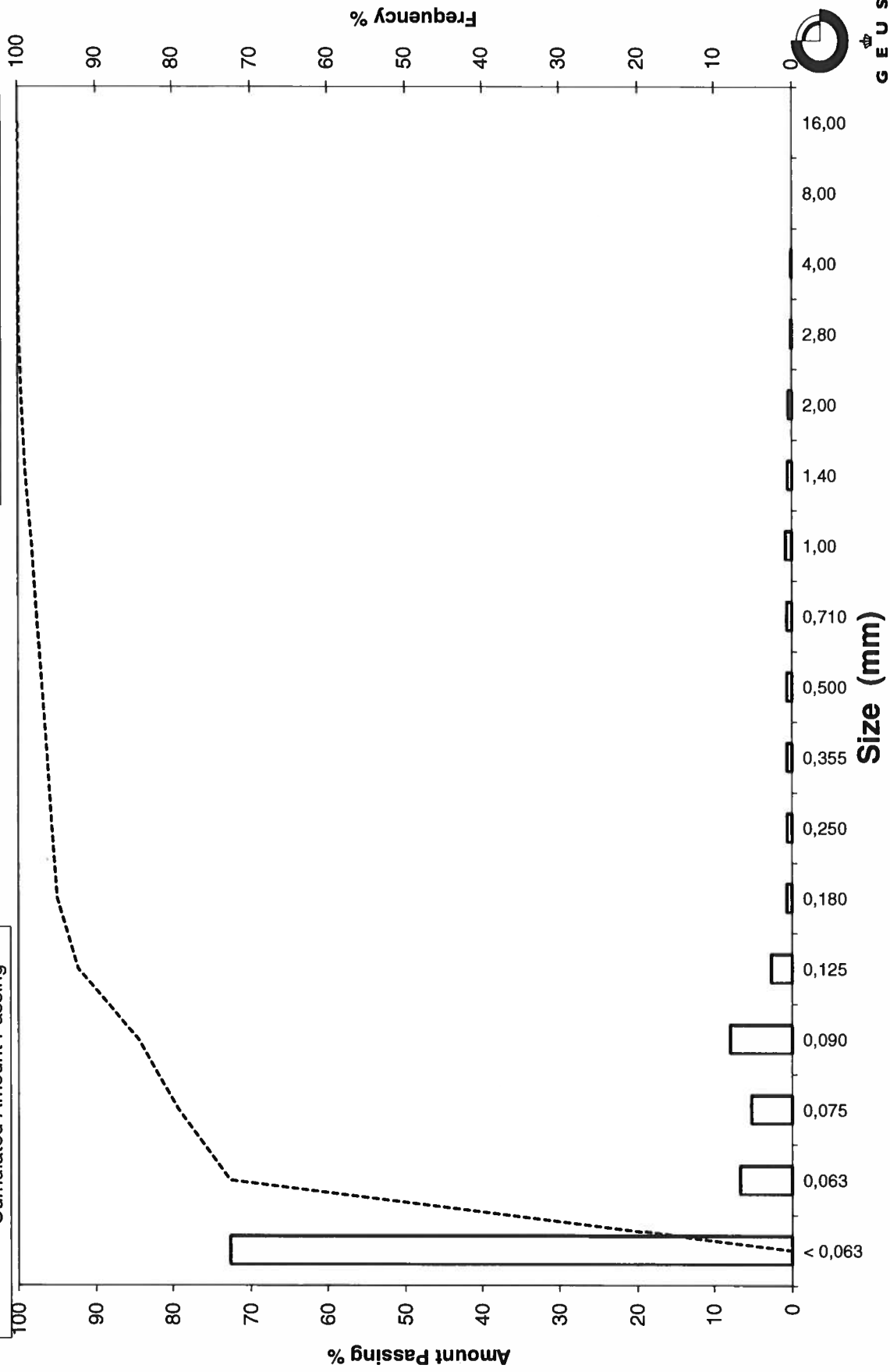
Size Classes and Percentiles are found by linear interpolation

Øster Voldgade 10 1350 København K
 Tel.: +45 38 14 20 00 Telefax: +45 38 14 20 50
 Email: GEUS@geus.dk
 www.geus.dk

Grain Size Distribution

Sample Id: SSY-10, 300-320

Frequency Percent
Cumulated Amount Passing



Grain Size Distribution

Geotechnical

Sample Id: RG-008, 380-440
Lab. Id: 200364
Projekt: Kattegat-Link
Subject: 0
Date: november 2020
Executed: PS
Remarks:



Total Weight 120,59 g

Size Fractions

Size	Size	Weight	Weight	Cumulated amount passing
mm	Φ	g	%	%
16,00	-4,00	0,00	0,00	100,00
8,00	-3,00	0,00	0,00	100,00
4,00	-2,00	0,00	0,00	100,00
2,80	-1,49	0,00	0,00	100,00
2,00	-1,00	0,00	0,00	100,00
1,40	-0,49	0,07	0,06	99,94
1,00	0,00	0,06	0,05	99,89
0,710	0,49	0,10	0,08	99,81
0,500	1,00	0,27	0,22	99,59
0,355	1,49	2,60	2,16	97,43
0,250	2,00	38,85	32,22	65,21
0,180	2,47	48,66	40,35	24,86
0,125	3,00	21,70	17,99	6,87
0,090	3,47	5,14	4,26	2,60
0,075	3,74	0,78	0,65	1,96
0,063	3,99	0,55	0,46	1,50
< 0,063	> 3,99	1,81	1,50	0,00

Sieve Analysis

Gravel

Sand

Size Classes (DGF-Bulletin 1 1988)

	Weight %
Silt and clay (< 0,063 mm):	1,50
Sand, fine (0,063 mm - 0,200 mm):	34,89
Sand, medium (0,2 mm - 0,6 mm):	63,30
Sand, coarse (0,6 mm - 2 mm):	0,31
Gravel (> 2 mm):	0,00
Sum:	100,00

Moments Measures (Folk and Wards)

Percentile	Percentile	d(mm)	Φ
Amount in sieve	Amount passing		
5%	95%	0,35	1,53
16%	84%	0,31	1,68
25%	75%	0,28	1,83
40%	60%	0,24	2,05
Median 50%	50%	0,22	2,16
75%	25%	0,18	2,47
84%	16%	0,15	2,71
90%	10%	0,13	2,89
95%	5%	0,11	3,19

Moments Statistics

Mean	2,18
Sorting	0,51
Skewness	0,15
Kurtosis	1,06
Uniformity Coefficient	1,79

The analysis is executed according to DS 405.9 extended by sieves to the ½ phi scale

Formulas

Mean $(\phi_{16\%} + \phi_{84\%} + \phi_{50\%}) / 3$ (Folk and Ward 1957)
 Sorting $(\phi_{84\%} - \phi_{16\%}) / 4 + (\phi_{95\%} - \phi_{5\%}) / 6,6$ (Folk and Ward 1957)
 Kurtosis $(\phi_{95\%} - \phi_{5\%}) / (2,44 * (\phi_{75\%} - \phi_{25\%}))$ (Folk and Ward 1957)
 Skewness $(\phi_{16\%} + \phi_{84\%} - 2 * \phi_{50\%}) / (2 * (\phi_{84\%} - \phi_{16\%})) + (\phi_{5\%} + \phi_{95\%} - 2 * \phi_{50\%}) / (2 * (\phi_{95\%} - \phi_{5\%}))$ (Folk and Ward 1957)
 Uniformity Coefficient $(d_{60\%} / d_{10\%})$ (dgg-Bulletin 1988)

Mean, sorting, skewness and kurtosis are based on "Amount in sieve". Uniformity coefficient is based on "Amount passing".

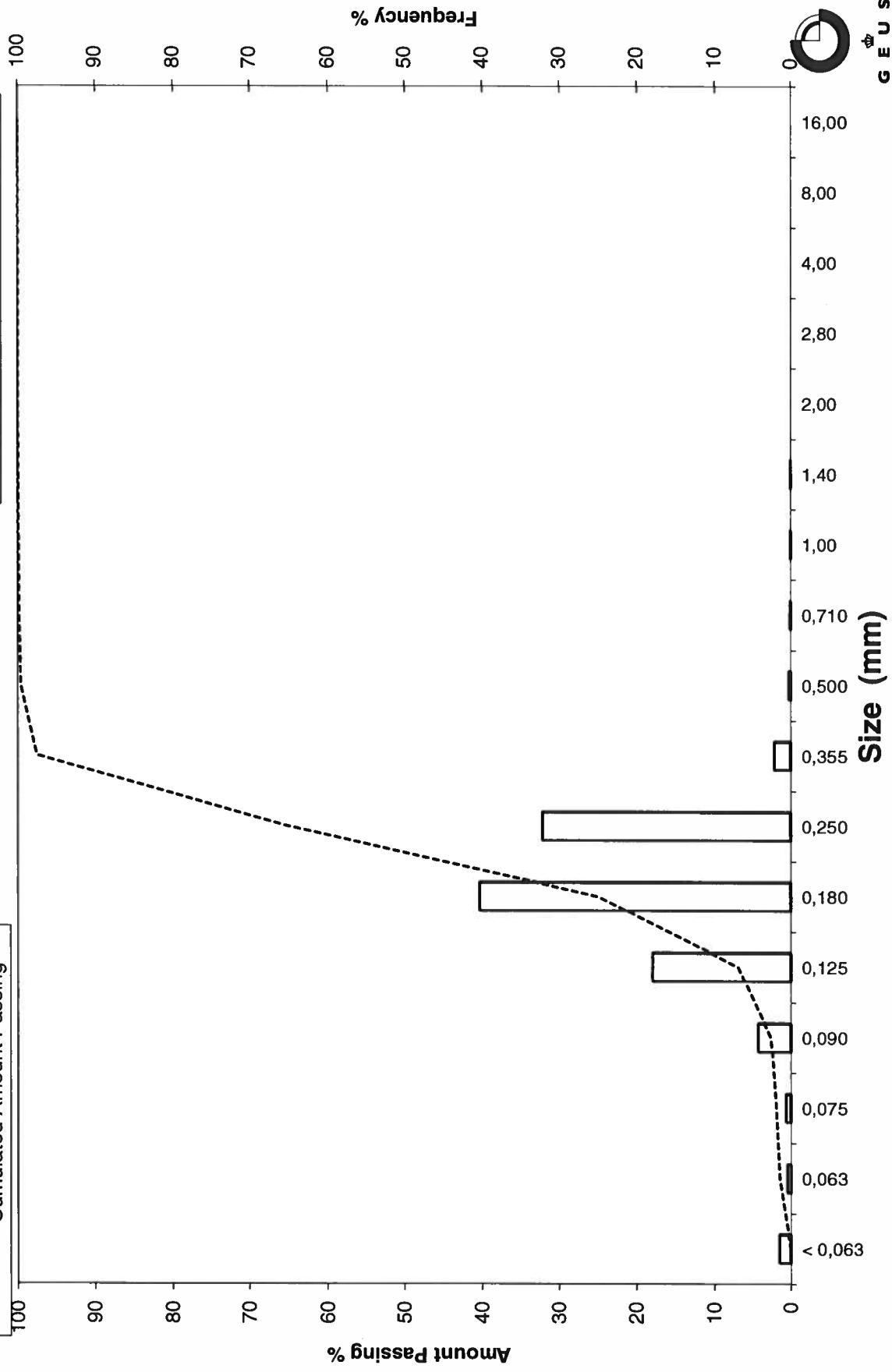
Size Classes and Percentiles are found by linear interpolation

Øster Voldgade 10 1350 København K
 Tel.: +45 38 14 20 00 Telefax: +45 38 14 20 50
 Email: GEUS@geus.dk
 www.geus.dk

Grain Size Distribution

Sample Id: RG-008, 380-440

Frequency Percent
Cumulated Amount Passing



Grain Size Distribution

Geotechnical

Sample Id: 544030-1, 20-40
Lab. Id: 200365
Projekt: Kattegat-Link
Subject: 0
Date: november 2020
Executed: PS
Remarks:



Total Weight 197,39 g

Size Fractions

Size	Size	Weight	Weight	Cumulated amount passing
mm	Φ	g	%	%
16,00	-4,00	0,00	0,00	100,00
8,00	-3,00	0,00	0,00	100,00
4,00	-2,00	0,16	0,08	99,92
2,80	-1,49	0,18	0,09	99,83
2,00	-1,00	0,69	0,35	99,48
1,40	-0,49	1,20	0,61	98,87
1,00	0,00	2,74	1,39	97,48
0,710	0,49	3,39	1,72	95,76
0,500	1,00	6,29	3,19	92,58
0,355	1,49	10,33	5,23	87,34
0,250	2,00	18,11	9,17	78,17
0,180	2,47	35,39	17,93	60,24
0,125	3,00	27,80	14,08	46,16
0,090	3,47	9,35	4,74	41,42
0,075	3,74	4,86	2,46	38,96
0,063	3,99	6,86	3,48	35,48
< 0,063	> 3,99	70,04	35,48	0,00

Sieve Analysis

Gravel

Sand

Size Classes (DGF-Bulletin 1 1988)

	Weight %
Silt and clay (< 0,063 mm):	35,48
Sand, fine (0,063 mm - 0,200 mm):	29,88
Sand, medium (0,2 mm - 0,6 mm):	28,73
Sand, coarse (0,6 mm - 2 mm):	5,38
Gravel (> 2 mm):	0,52
Sum:	100,00

Moments Measures (Folk and Wards)

Percentile	Percentile	d(mm)	Φ
Amount in sieve	Amount passing		
5%	95%	0,66	0,60
16%	84%	0,32	1,66
25%	75%	0,24	2,07
40%	60%	0,18	2,48
Median 50%	50%	0,14	2,84
75%	25%	-----	-----
84%	16%	-----	-----
90%	10%	-----	-----
95%	5%	-----	-----

Moments Statistics

Mean	2,25
Sorting	-----
Skewness	-----
Kurtosis	-----
Uniformity Coefficient	-----

The analysis is executed according to DS 405.9 extended by sieves to the ½ phi scale

Size Classes and Percentiles are found by linear interpolation

Formulas

Mean $(\phi_{16\%} + \phi_{84\%} + \phi_{50\%}) / 3$ (Folk and Ward 1957)

Sorting $(\phi_{84\%} - \phi_{16\%}) / 4 + (\phi_{95\%} - \phi_{5\%}) / 6,6$ (Folk and Ward 1957)

Kurtosis $(\phi_{95\%} - \phi_{5\%}) / (2,44 * (\phi_{75\%} - \phi_{25\%}))$ (Folk and Ward 1957)

Skewness $(\phi_{16\%} + \phi_{84\%} - 2 * \phi_{50\%}) / (2 * (\phi_{84\%} - \phi_{16\%})) + (\phi_{5\%} + \phi_{95\%} - 2 * \phi_{50\%}) / (2 * (\phi_{95\%} - \phi_{5\%}))$ (Folk and Ward 1957)

Uniformity Coefficient $(d_{60\%} / d_{10\%})$ (dgf-Bulletin 1988)

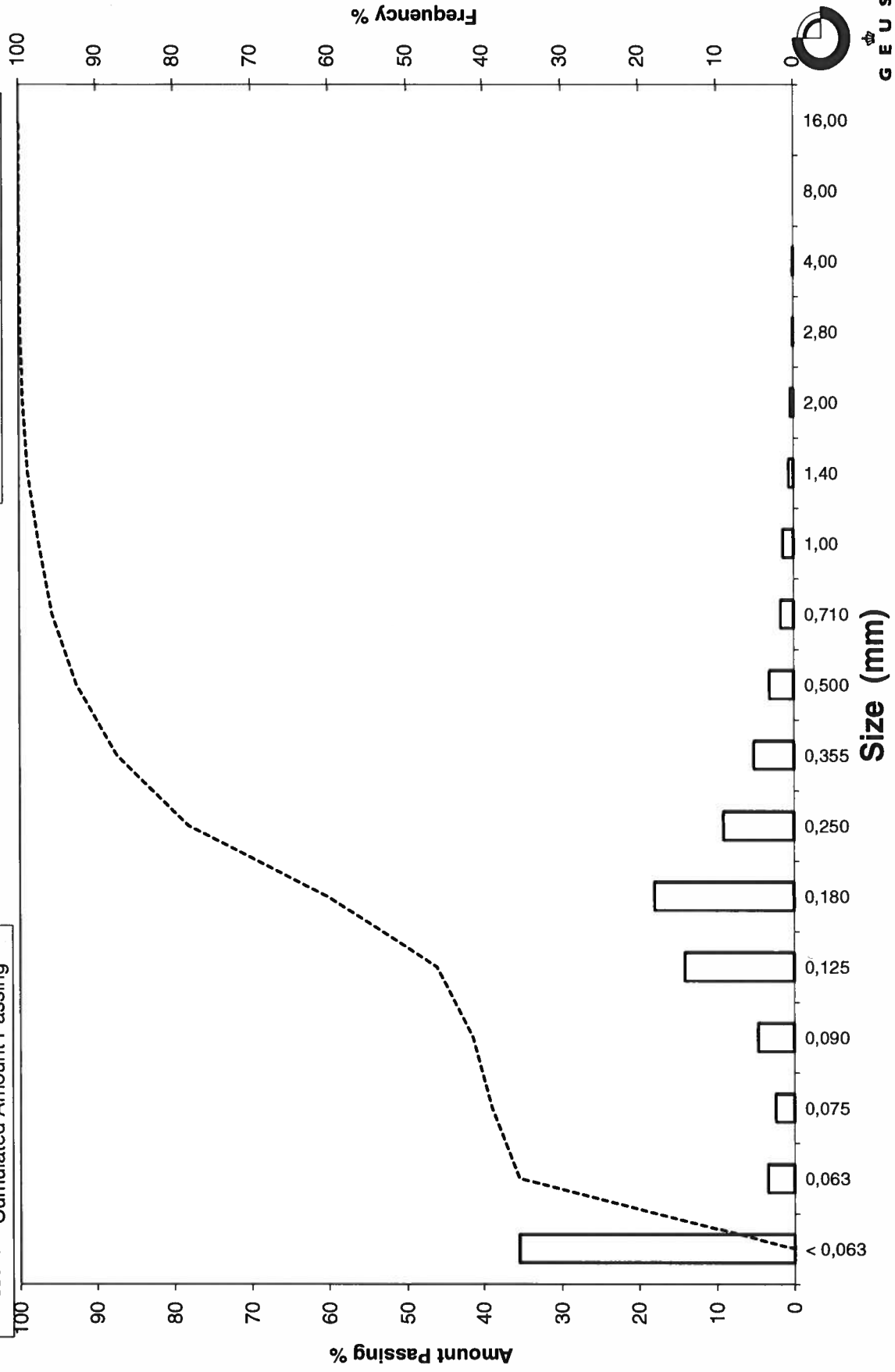
Mean, sorting, skewness and kurtosis are based on "Amount in sieve". Uniformity coefficient is based on "Amount passing".

Øster Voldgade 10 1350 København K
 Tel.: +45 38 14 20 00 Telefax: +45 38 14 20 50
 Email: GEUS@geus.dk
 www.geus.dk

Grain Size Distribution

Sample Id: 544030-1, 20-40

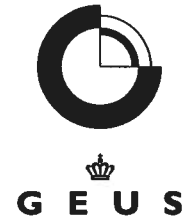
Frequency Percent
Cumulated Amount Passing



Grain Size Distribution

Geotechnical

Sample Id: 544023-1, 450-470
Lab. Id: 200366
Projekt: Kattegat-Link
Subject: 0
Date: november 2020
Executed: PS
Remarks:



Total Weight 199,68 g

Size Fractions

Size	Size	Weight	Weight	Cumulated amount passing
mm	Φ	g	%	%
16,00	-4,00	0,00	0,00	100,00
8,00	-3,00	0,00	0,00	100,00
4,00	-2,00	0,00	0,00	100,00
2,80	-1,49	0,00	0,00	100,00
2,00	-1,00	0,00	0,00	100,00
1,40	-0,49	0,00	0,00	100,00
1,00	0,00	0,00	0,00	100,00
0,710	0,49	0,00	0,00	100,00
0,500	1,00	0,00	0,00	100,00
0,355	1,49	0,06	0,03	99,97
0,250	2,00	0,13	0,07	99,90
0,180	2,47	0,13	0,07	99,84
0,125	3,00	0,30	0,15	99,69
0,090	3,47	1,59	0,80	98,89
0,075	3,74	2,01	1,01	97,89
0,063	3,99	3,77	1,89	96,00
< 0,063	> 3,99	191,69	96,00	0,00

Sieve Analysis

Gravel

Sand

Size Classes (DGF-Bulletin 1 1988)

	Weight %
Silt and clay (< 0,063 mm):	96,00
Sand, fine (0,063 mm - 0,200 mm):	3,86
Sand, medium (0,2 mm - 0,6 mm):	0,14
Sand, coarse (0,6 mm - 2 mm):	0,00
Gravel (> 2 mm):	0,00
Sum:	100,00

Moments Measures (Folk and Wards)

Percentile	Percentile	d(mm)	Φ
Amount in sieve	Amount passing		
5%	95%	-----	-----
16%	84%	-----	-----
25%	75%	-----	-----
40%	60%	-----	-----
Median 50%	50%	-----	-----
75%	25%	-----	-----
84%	16%	-----	-----
90%	10%	-----	-----
95%	5%	-----	-----

Moments Statistics

Mean	-----
Sorting	-----
Skewness	-----
Kurtosis	-----
Uniformity Coefficient	-----

The analysis is executed according to DS 405.9 extended by sieves to the ½ phi scale

Size Classes and Percentiles are found by linear interpolation

Formulas

Mean $(\phi_{16\%} + \phi_{84\%} + \phi_{50\%}) / 3$ (Folk and Ward 1957)
 Sorting $(\phi_{84\%} - \phi_{16\%}) / 4 + (\phi_{95\%} - \phi_{5\%}) / 6,6$ (Folk and Ward 1957)
 Kurtosis $(\phi_{95\%} - \phi_{5\%}) / (2,44 * (\phi_{75\%} - \phi_{25\%}))$ (Folk and Ward 1957)
 Skewness $(\phi_{16\%} + \phi_{84\%} - 2 * \phi_{50\%}) / (2 * (\phi_{84\%} - \phi_{16\%})) + (\phi_{5\%} + \phi_{95\%} - 2 * \phi_{50\%}) / (2 * (\phi_{95\%} - \phi_{5\%}))$ (Folk and Ward 1957)
 Uniformity Coefficient $(d_{60\%} / d_{10\%})$ (dgf-Bulletin 1988)

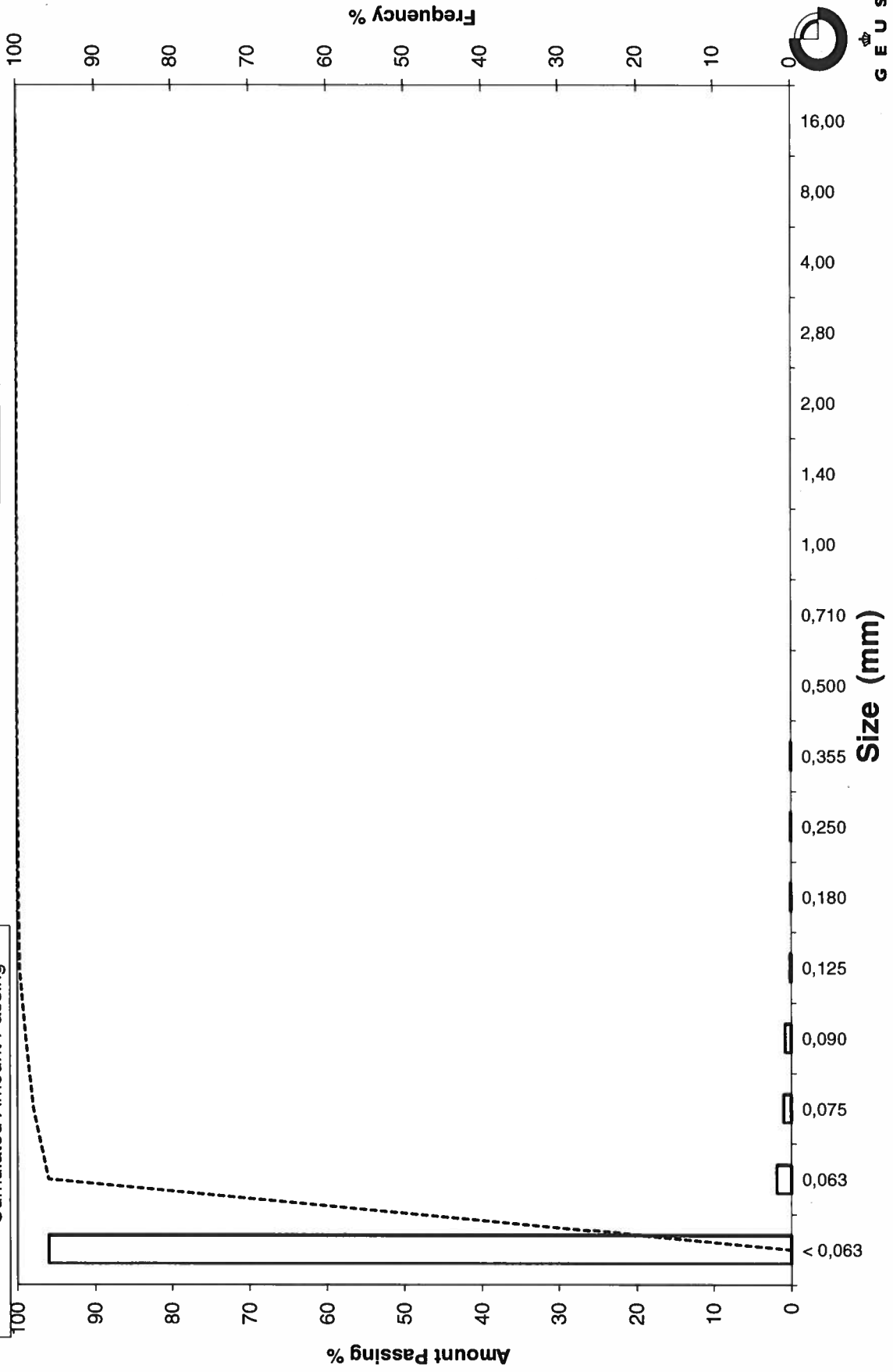
Mean, sorting, skewness and kurtosis are based on "Amount in sieve". Uniformity coefficient is based on "Amount passing".

Øster Voldgade 10 1350 København K
 Tel.: +45 38 14 20 00 Telefax: +45 38 14 20 50
 Email: GEUS@geus.dk
 www.geus.dk

Grain Size Distribution

Sample Id: 544023-1, 450-470

Frequency Percent
Cumulated Amount Passing



Grain Size Distribution

Geotechnical

Sample Id: 516011-1, 350-400
Lab. Id: 200367
Projekt: Kattegat-Link
Subject: 0
Date: november 2020
Executed: PS
Remarks:



Total Weight 1202,73 g

Size Fractions

Size	Size	Weight	Weight	Cumulated amount passing
mm	Φ	g	%	%
16,00	-4,00	65,27	5,43	94,57
8,00	-3,00	34,82	2,90	91,68
4,00	-2,00	30,90	2,57	89,11
2,80	-1,49	14,38	1,20	87,91
2,00	-1,00	13,72	1,14	86,77
1,40	-0,49	14,67	1,22	85,55
1,00	0,00	20,29	1,69	83,87
0,710	0,49	24,15	2,01	81,86
0,500	1,00	46,30	3,85	78,01
0,355	1,49	70,09	5,83	72,18
0,250	2,00	90,12	7,49	64,69
0,180	2,47	92,47	7,69	57,00
0,125	3,00	115,53	9,61	47,39
0,090	3,47	94,24	7,84	39,56
0,075	3,74	29,29	2,44	37,12
0,063	3,99	35,32	2,94	34,19
< 0,063	> 3,99	411,17	34,19	0,00

Sieve Analysis

Gravel

Sand

Size Classes (DGF-Bulletin 1 1988)

	Weight %
Silt and clay (< 0,063 mm):	34,19
Sand, fine (0,063 mm - 0,200 mm):	25,01
Sand, medium (0,2 mm - 0,6 mm):	20,65
Sand, coarse (0,6 mm - 2 mm):	6,93
Gravel (> 2 mm):	13,23
Sum:	100,00

Moments Measures (Folk and Wards)

Percentile	Percentile	d(mm)	Φ
Amount in sieve	Amount passing		
5%	95%	-----	-----
16%	84%	1,03	-0,05
25%	75%	0,43	1,23
40%	60%	0,21	2,27
Median 50%	50%	0,14	2,84
75%	25%	-----	-----
84%	16%	-----	-----
90%	10%	-----	-----
95%	5%	-----	-----

Moments Statistics

Mean	1,40
Sorting	-----
Skewness	-----
Kurtosis	-----
Uniformity Coefficient	-----

The analysis is executed according to DS 405.9 extended by sieves to the ½ phi scale

Size Classes and Percentiles are found by linear interpolation

Formulas

Mean $(\phi_{16\%} + \phi_{84\%} + \phi_{50\%}) / 3$ (Folk and Ward 1957)
 Sorting $(\phi_{84\%} - \phi_{16\%}) / 4 + (\phi_{95\%} - \phi_{5\%}) / 6,6$ (Folk and Ward 1957)
 Kurtosis $(\phi_{95\%} - \phi_{5\%}) / (2,44 * (\phi_{75\%} - \phi_{25\%}))$ (Folk and Ward 1957)
 Skewness $(\phi_{16\%} + \phi_{84\%} - 2 * \phi_{50\%}) / (2 * (\phi_{84\%} - \phi_{16\%})) + (\phi_{5\%} + \phi_{95\%} - 2 * \phi_{50\%}) / (2 * (\phi_{95\%} - \phi_{5\%}))$ (Folk and Ward 1957)
 Uniformity Coefficient $(d_{60\%} / d_{10\%})$ (dgf-Bulletin 1988)

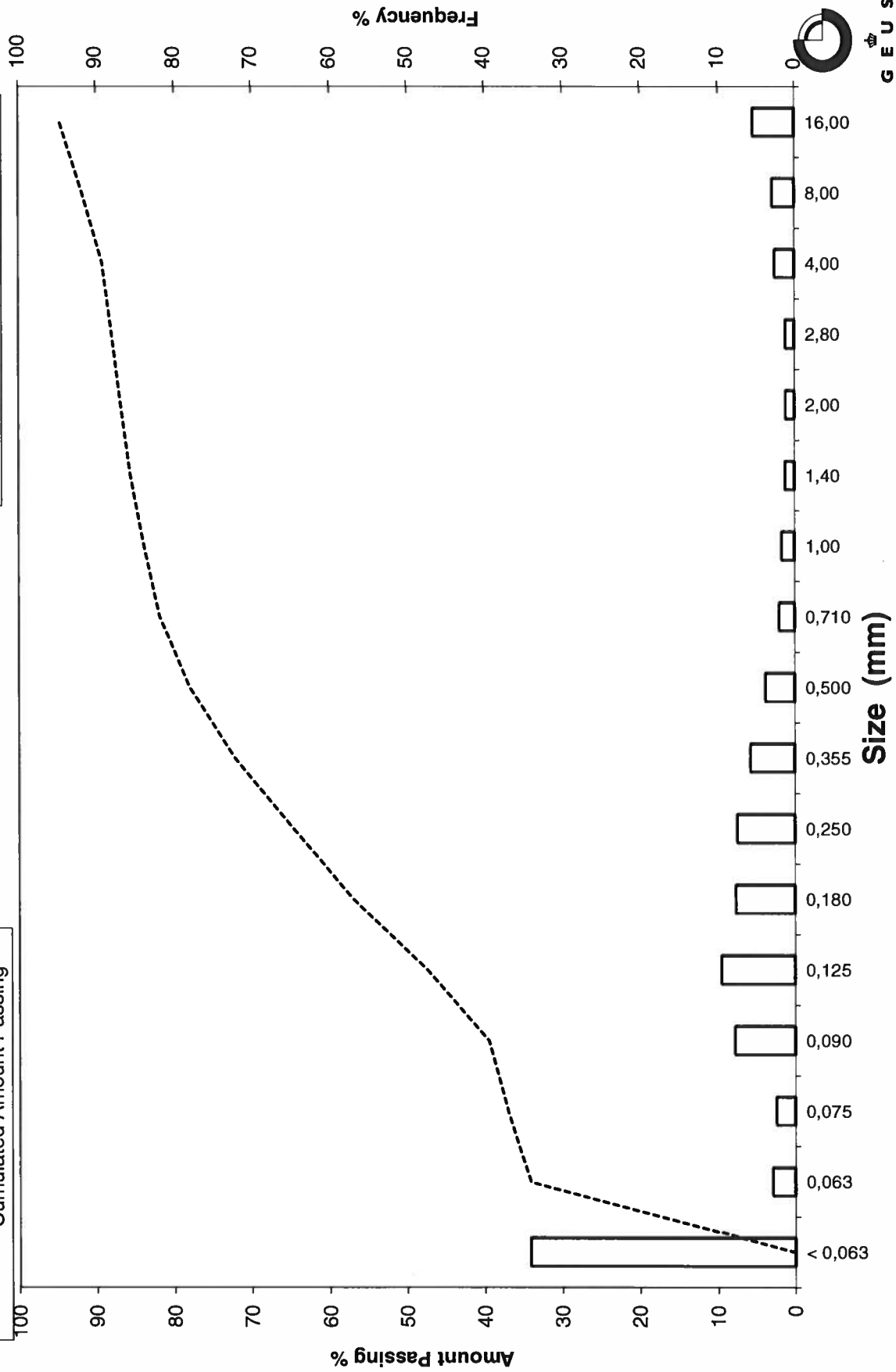
Mean, sorting, skewness and kurtosis are based on "Amount in sieve". Uniformity coefficient is based on "Amount passing".

Øster Voldgade 10 1350 København K
 Tel.: +45 38 14 20 00 Telefax: +45 38 14 20 50
 Email: GEUS@geus.dk
 www.geus.dk

Grain Size Distribution

Sample Id: 516011-1, 350-400

Frequency Percent
Cumulated Amount Passing



Grain Size Distribution

Geotechnical

Sample Id: 504017-1, 350-400
Lab. Id: 200368
Projekt: Kattegat-Link
Subject: 0
Date: november 2020
Executed: PS
Remarks:



Total Weight 1121,29 g

Size Fractions

Size	Size	Weight	Weight	Cumulated amount passing
mm	Φ	g	%	%
16,00	-4,00	11,88	1,06	98,94
8,00	-3,00	16,52	1,47	97,47
4,00	-2,00	19,90	1,77	95,69
2,80	-1,49	9,87	0,88	94,81
2,00	-1,00	9,89	0,88	93,93
1,40	-0,49	10,17	0,91	93,02
1,00	0,00	16,12	1,44	91,59
0,710	0,49	16,55	1,48	90,11
0,500	1,00	25,27	2,25	87,86
0,355	1,49	35,36	3,15	84,70
0,250	2,00	58,99	5,26	79,44
0,180	2,47	88,10	7,86	71,58
0,125	3,00	133,24	11,88	59,70
0,090	3,47	101,80	9,08	50,62
0,075	3,74	33,46	2,98	47,64
0,063	3,99	32,63	2,91	44,73
< 0,063	> 3,99	501,54	44,73	0,00

Sieve Analysis

Gravel

Sand

Size Classes (DGF-Bulletin 1 1988)

	Weight %
Silt and clay (< 0,063 mm):	44,73
Sand, fine (0,063 mm - 0,200 mm):	29,10
Sand, medium (0,2 mm - 0,6 mm):	15,10
Sand, coarse (0,6 mm - 2 mm):	5,00
Gravel (> 2 mm):	6,07
Sum:	100,00

Moments Measures (Folk and Wards)

Percentile	Percentile	d(mm)	Φ
Amount in sieve	Amount passing		
5%	95%	3,06	-1,61
16%	84%	0,34	1,55
25%	75%	0,21	2,25
40%	60%	0,13	2,98
Median 50%	50%	0,09	3,53
75%	25%	-----	-----
84%	16%	-----	-----
90%	10%	-----	-----
95%	5%	-----	-----

Moments Statistics

Mean	2,54
Sorting	-----
Skewness	-----
Kurtosis	-----
Uniformity Coefficient	-----

The analysis is executed according to DS 405.9 extended by sieves to the ½ phi scale

Size Classes and Percentiles are found by linear interpolation

Formulas

Mean $(\phi_{16\%} + \phi_{84\%} + \phi_{50\%}) / 3$ (Folk and Ward 1957)
 Sorting $(\phi_{84\%} - \phi_{16\%}) / 4 + (\phi_{95\%} - \phi_{5\%}) / 6,6$ (Folk and Ward 1957)
 Kurtosis $(\phi_{95\%} - \phi_{5\%}) / (2,44 * (\phi_{75\%} - \phi_{25\%}))$ (Folk and Ward 1957)
 Skewness $(\phi_{16\%} + \phi_{84\%} - 2 * \phi_{50\%}) / (2 * (\phi_{84\%} - \phi_{16\%})) + (\phi_{5\%} + \phi_{95\%} - 2 * \phi_{50\%}) / (2 * (\phi_{95\%} - \phi_{5\%}))$ (Folk and Ward 1957)
 Uniformity Coefficient $(d_{60\%} / d_{10\%})$ (dgf-Bulletin 1988)

Mean, sorting, skewness and kurtosis are based on "Amount in sieve". Uniformity coefficient is based on "Amount passing".

Øster Voldgade 10 1350 København K
 Tel.: +45 38 14 20 00 Telefax: +45 38 14 20 50
 Email: GEUS@geus.dk
 www.geus.dk

Grain Size Distribution

Sample Id: 504017-1, 350-400

Frequency Percent
Cumulated Amount Passing

