

**Detaljeret bearbejdning af kortlægningsresultater
og ressourceopgørelse fra Kriegers Flak
med speciel fokus på tolkning af
Energinet DK data fra 2012**

Jørn B. Jensen

DE NATIONALE GEOLOGISKE UNDERSØGELSER
FOR DANMARK OG GRØNLAND,
KLIMA-, ENERGI- OG BYGNINGSMINISTERIET



GEUS

**Detaljeret bearbejdning af kortlægningsresultater
og ressourceopgørelse fra Kriegers Flak
med speciel fokus på tolkning af
Energinet DK data fra 2012**

Rekvirent: Naturstyrelsen

Jørn B. Jensen

Indhold

1.	Indledning	3
1.1	Formål og baggrund	3
2.	Sammenfatning	6
3.	Arkivdata og tidligere undersøgelsesresultater	8
4.	Metodebeskrivelse Energinet.dk data	16
4.1	Data indsamlet i forbindelse med Krigers Flak Offshore Wind Farm (KF_OWF)..	16
5.	Energinet.dk datatyper anvendt til Krigers Flak råstof evalueringen	18
6.	Bearbejdning og tolkning af data	19
6.1	Bathymetriske data.....	19
6.2	Multibeam backscatter, sidescan data og grabprøver som baggrund for overfladesedimentkortet	20
6.3	Pinger seismiske data, loadning på arbejdsstation, tolkning af data og korrelation til prøvetagninger.....	24
6.4	Råstofressource kortlægning volumen og kvalitet	27
7.	Områdebeskrivelse og generel geologi	28
7.1	Områdebeskrivelse	28
7.2	Generelle geologi	29
8.	Resultater af råstofkortlægningen	42
8.1	Ressourceområde 552001 Baltiske Issø sand og grus	44
8.2	Ressourceområde 552002 ældre Littorina sand og grus	46
8.3	Ressourceområde 552003 yngre Littorina sand og grus.....	48
8.4	Subrecent dæklag	49
8.5	Tidligere sandindvinding	50
8.6	Ressourcebegrænsninger.....	53
9.	Anbefaling til supplerende kortlægning	55
10.	Referencer	56

1. Indledning

1.1 Formål og baggrund

Projektet har til formål at lave en detaljeret sammenstilling af alle eksisterende råstofgeologiske oplysninger fra Kriegers Flak, samt at foretage en råstofgeologisk tolkning af detaljerede seismiske data udført for Energinet.dk i 2012. På basis af det samlede dataset, vurderes placering, mængde og sammensætning af tilgængelige råstofreserver på havbunden i Kriegers Flak området.

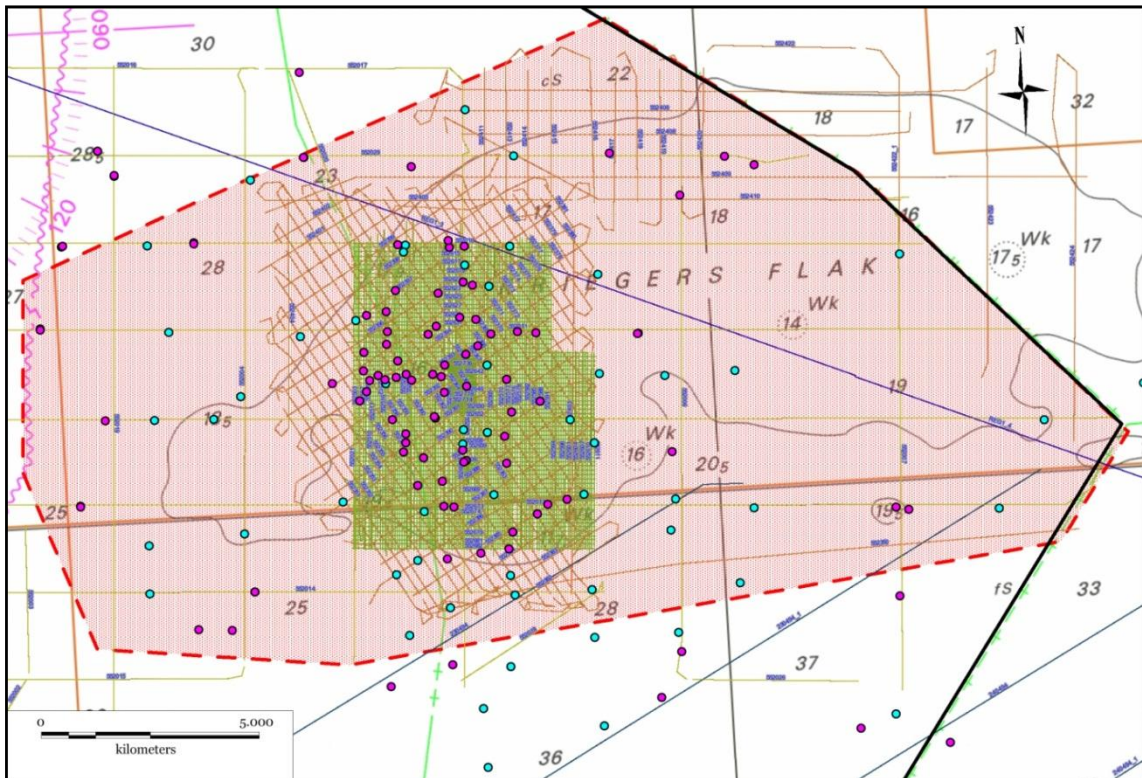
Kriegers Flak er undersøgt i flere omgange, specielt i forbindelse med råstofevaluering til brug for Øresundsforbindelsen og der er fundet tilstedeværelse af meget store sandressourcer, samt indikationer på ralforekomster.

Oplysningerne fra de forskellige kortlægningsprojekter er ret betydelige med hensyn til sejlede seismiske linjer og prøvetagninger (Figur 1-1), men ligger i enkeltrapper og der er ikke gennemført en detaljeret samlet bearbejdning af oplysningerne, som giver et tilstrækkeligt grundlag for at vurdere placering, mængde og sammensætning af de tilgængelige råstofressourcer og dermed sikring af det nødvendige planlægningsgrundlag for tilrettelæggelsen af den fremtidige råstofforsyning.

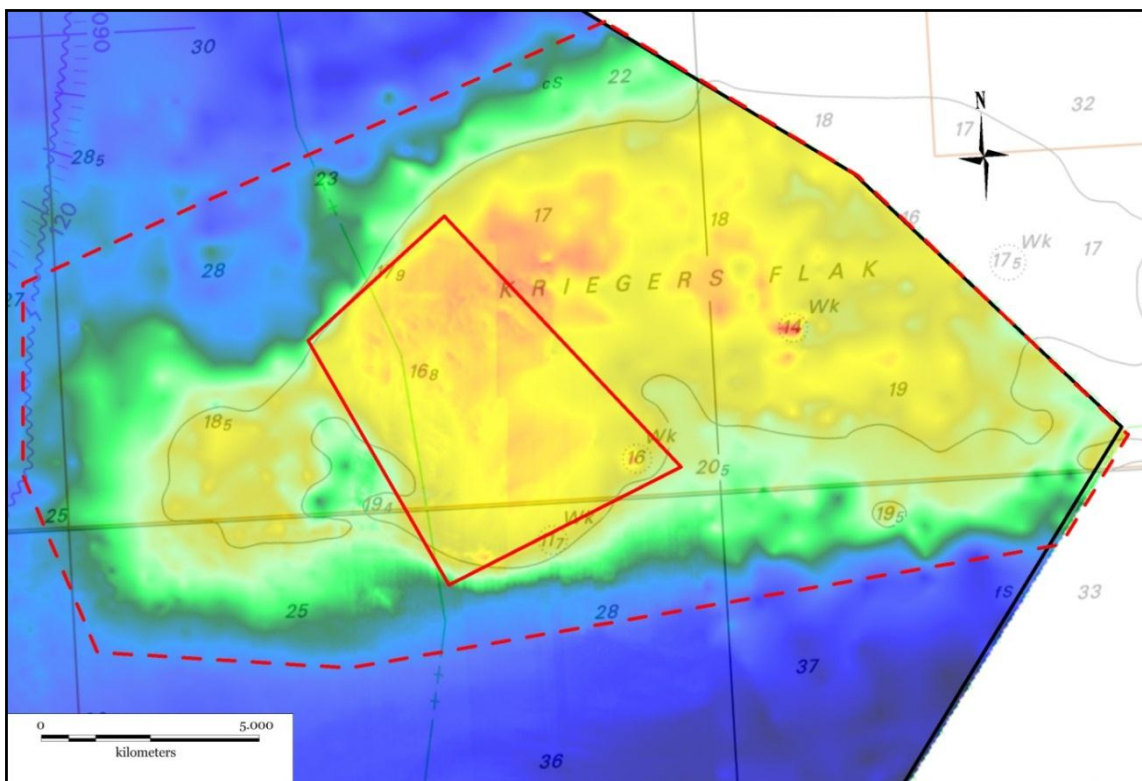
Den første interesse for Kriegers Flak, som råstofområde, kom i 1984, som følge af publiceringen af et videnskabeligt arbejde fra Universitetet i Kiel (Tahrir, S. 1984). Skov og Naturstyrelsen og DGU har i perioden 1989-1992 foretaget en kortlægning, som et led i den generelle kortlægning af marine råstoffer (Leth 1992). For A/S Øresundsforbindelsen foretog DGU desuden en supplerende undersøgelse omfattende sandpumpning i 25 positioner (Jensen og Leth 1992). DGU har foretaget en semidetaljeret undersøgelse i et delområde (Lomholt og Jensen 1993), Supplerende slæbesandpumpninger i 1994, detaljeret bathymetri og overfladesedimentkort i udvalgte områder i 1995 og statiske betragtninger om råstoffernes kornstørrelsesfordelinger i 1995 og endelig har GEUS foretaget vurderinger af anvendeligheden af sandressourcerne til Øresundsforbindelsen, Amager Strandpark (Larsen 2003), og til Femern Bælt forbindelsen (Jensen, 2011). De største anstrengelser er gjort i den centrale del af Kriegers Flak (Figur 1-2) hvor der tilsyneladende var størst råstofpotentiale. Som supplement til rapporterne er der produceret en række notater om specifikke spørgsmål.

Datagrundlaget omfatter eksisterende oplysninger fra råstofundersøgelser, tekniske rapporter, publicerede kortlægningsrapporter, erhvervets råstofefterforskninger samt oplysninger om resultater af tidligere og igangværende råstofindvindingsaktiviteter.

Det er i disse tidligere rapporter imidlertid endnu ikke lykkedes at få etableret en detaljeret ressourcevurdering med hensyn til mængder og kvaliteter.



Figur 1-1 Eksisterende surveylinier, borer (rød) og overfladeprøver (blå) i Kriegers Flak området. Rød stipleet polygon angiver survey området for Kriegers Flak vindmøllepark kortlægningen udført i 2012.



Figur 1-2 Kortet viser det centrale Kriegers Flak (rød fuldt optrukken polygon) hvor de fleste sandressourcer findes på Kriegers Flak. Den stiplede røde linie angiver området for hvilket ny højopløselige data er benyttet til at foretage en samlet råstoforienteret kortlægning af hele Kriegers Flak.

I løbet af 2012 gennemførte GEMS Survey limited imidlertid et hydrografisk og geofysisk havbunds survey i Krigers Flak området for Energinet.dk, med henblik på etablering af en vindmøllepark på Krigers Flak. Der er tale om en meget omfattende seismisk kortlægning (højopløselige airgun, sparker, sub-bottom pinger, side scan samt multibeam data i 100 m grid) med henblik på vurdering af de geotekniske forhold i området udpeget til mulig vindmølle park. Undersøgelsen dækker hele Krigers Flak området og dermed også områderne udpeget som råstofrelevante. Der er sejlet ca. 2700km seismik, hvilket giver en linjeafstand på ca. 100m, samt krydslinjer for hver 1km (Figur 4-1). Uheldigvis gik GEMS Survey i betalingsstandsning i december 2012 og efterfølgende har Ramboll DK stået for tolkningen og afrapporteringen. Der er således tale om en enestående mulighed for at lave en detaljeret undersøgelse af den potentielt største fremtidige råstofressource for hovedstadsområdet, med hensyn til mængder og kvaliteter.

Disse data samt bundprøver i form af 73 grab og 17 dybe borer, blev frigivet i efteråret 2013 (Figur 4-1) og kan således benyttes til kortlægning i råstofmæssigt øjemed.

2. Sammenfatning

Kriegers Flak råstofkortlægningen omfatter en detaljeret sammenstilling af alle arkiv råstofgeologiske oplysninger fra tidligere undersøgelser, samt en råstofgeologisk tolkning af detaljerede seismiske data og prøvetagninger udført for Energinet.dk i 2012 - 2013.

På basis af det samlede dataset, er der lavet en revurdering af placering, mængde og sammensætning af tilgængelige råstof ressourcer på havbunden i Kriegers Flak området, med henblik på kortlægning af sand og grus ressourcer i en detaljegrad, som tillader vurdering af råstofkvaliteter og voluminer.

Den detaljerede gennemgang af tidligere undersøgelser viser at der er indsamlet et væld af data på Kriegers Flak og der er opstillet en geologisk model der beskriver tilstedeværelsen af prograderende fossile kystdannelser, dels ferskvands sø sedimenter og dels marine Littorina sedimenter. Ligeledes er der kortlagt en række ressourceområder og mængder, som ofte er overlejret af et dæksand lag.

De tidligere kortlægningsresultater er benyttet i forbindelse med sandindvinding til Øresundsforbindelse og til Amager Strandpark, hvor der i alt er indvundet omkring 1,7 mio. m³ fyldsand.

Der har imidlertid til stadighed været en usikkerhed med hensyn til den geologiske model og derfor også til fordelingen af sand og grus, samt til de samlede mængder og kvaliteter.

Tolkningen af Energinet 2012 – 2013 data har resulteret i en ny geologisk model for Kriegers Flak området.

De detaljerede data har gjort det muligt at kortlægge interne lagpakker i kystsystemerne og på den baggrund er der præsenteret en række palæo overfladekort, som afslører at Kriegers Flak oprindeligt bestod af 2 store moræneknolde, som i forbindelse med efteristidens ferskvands og marine transgressioner har været udsat for erosion. Et frit stræk på mere end 100 km til Bornholm betød at erosionen hovedsagelig foregik i den østlige del og sedimentet blev transporteret om på den vestlige læside, hvor der aflejredes store kystdannelser.

Sand og grus ressourcerne opdeles i 3 enheder relateret til Baltiske Issø transgressive kystdannelser, ældre Littorina kystdannelser og yngre Littorina kystdannelser. Fælles for kystdannelserne er det at størstedelen består af odde platform dannelser, som indeholder 3 – 5m høje forsets, der hovedsagelig prograderer mod vest og syd og i mindre grad mod øst, i forbindelse med oddekompleksets udbygning. Spredt ud over oddeplatformen findes der desuden proksimale grusede kystdannelser, til dels som strandvoldsdannelser. Desuden findes der et subrecent sand dække, der blev aflejret efter at kystsystemet var druknet. Sanddækket ligger som overjord på de øvrige ressourcer, men kan også opfattes som en sandressource.

Hvert af de 3 ressourceområder er kortlagt med hensyn til arealmæssige fordeling, tykkelse og volumen og med baggrund i alle eksisterende prøvetagninger er sedimenttyperne vurderet.

En samlet vurdering (Tabel 1) viser at der er registreret omkring 86 mio. m³ sand og 4 mio. m³ grus og ral på Kriegers Flak, i området som er friholdt til sandindvinding.

	552001 mio m ³	552002 mio m ³	552003 mio m ³	Dæklag (friholdelses zone >0,7m tykkelse) mio m ³	I alt mio m ³
Sand	32	28,5	13,5	10	86
Grus og ral	2	1,5	0,5	0	4

Tabel 1 Opgørelse af sand og grus ressourcer på Kriegers Flak i området som er friholdt til sandvinding.

Tidligere laboratorieundersøgelser viser at sandpetrografen generelt opfylder kravene til højkvalitets beton tilslag og stenmaterialet lever op til klasse M sten.

Odde platform sandaflejringerne i ressourceområderne 552001 og 552002 indeholder klasse A og B sand, defineret som sandmateriale med uensformighedstal $U \geq 1,8$ og kornstørrelsesdiameter $D \geq 0,25$ mm (A sand) og sandmateriale med $U(1,6-1,8)$ og $D \geq 0,25$ mm (B sand). I de grusede topsands og proksimale forset områder er der mulighed for at opfylde kravene til klasse II sand med uensformighedstal $\geq 2,0$. Den store forskel på de to ressourceområder er at 552001 ikke indeholder skaller.

I ressourceområde 552003 indeholder odde platform aflejringerne sand B, medens der er mulighed for at de grusede topsandslag opfylder klasse II sand.

Dæksandet er meget velsorteret med uensformighedstal på 1,5 til 1,6 og med d_{50} på 0,28 – 0,31, men adskiller sig ikke for de underliggende ressourceområder med hensyn til indhold af finstof og vil derfor ikke forøge sedimentspillet ved produktion fra området.

Ved at sammenholde kortlægningsdata med tidligere råstofindvinding er det vist at tidligere problemer med uønsket grus indhold i indvinding af fyldsand skyldes at der er indvundet i områder med et tyndt dæksands lag over proksimale grovkornede kystdannelser. I fremtiden vil dette kunne undgås ved at henlægge indvindingen til områder, hvor der ikke findes grovkornede kystdannelser.

Det anbefales at der udføres supplerende kortlægning i form af supplerende borer og sandpumpninger fokuseret i de proksimale kystdannelser, da det derved vil være muligt at give et præcist tal på tilstedeværelsen af grus og ral, samt at udfærdige en indvindingsstrategi for indvindingen af de grove sedimenter.

Rapporteringen foreligger som en skriftlige rapport med tilhørende kortbilag, seismiske eksempler og udvalgte prøvetagnings bilag. Desuden er data præsenteret i MapInfo-format på en måde, som sikrer en høj brugervenlighed.

Metadata fra alle akustiske sejllinjer er registreret i GEUS databasen Marta og alle prøvetagninger med tilhørende laboratedata er registreret i GEUS databasen Jupiter.

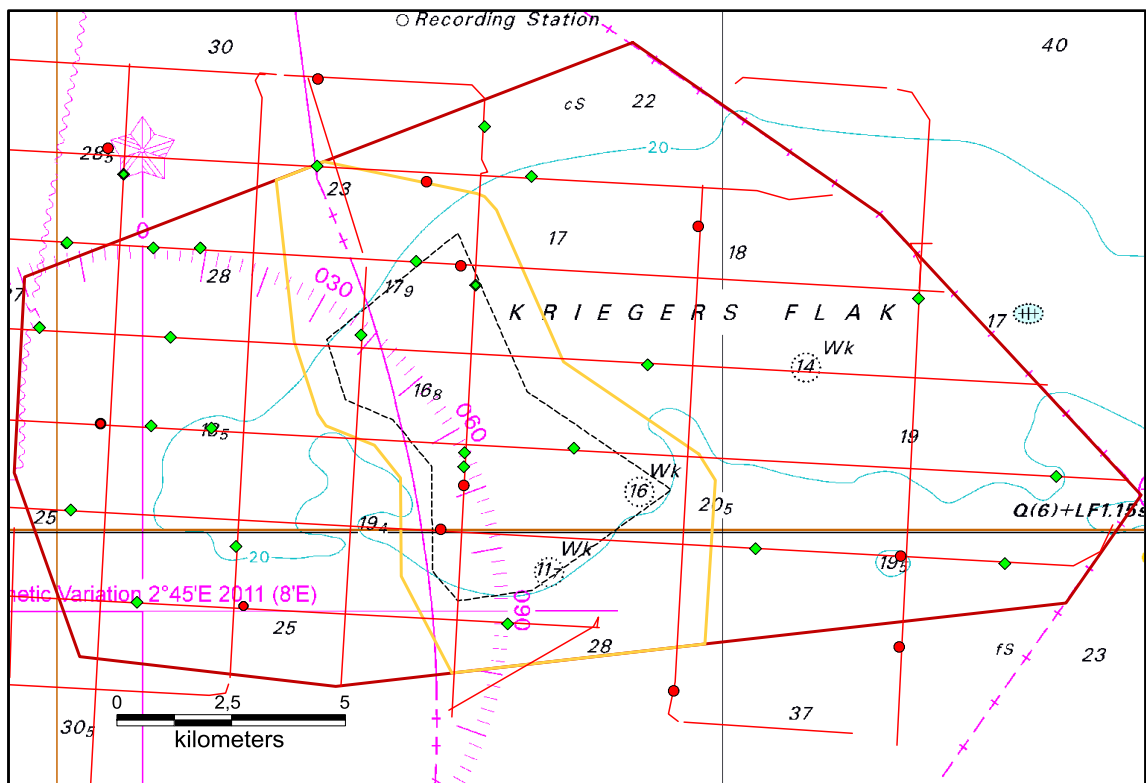
Digitale PDF versioner af tidligere rapporter er linket til databaserne, så det er muligt at finde frem til de oprindelige datakilder.

Data er desuden lagret i en struktur, med fokus på efterfølgende indlægning i råstofdatabase, som er under udarbejdelse på GEUS.

3. Arkivdata og tidligere undersøgelsesresultater

De eksisterende arkivdata omfatter de i afsnit 1.1 omtalte seismiske data samt bundprøver i form af grab prøver, boringer og sandpumpninger. I forbindelse med projektet er de manglende data blevet arkiveret i GEUS's centrale databaser. Således er de seismiske arkivdata registreret i Marta databasen, medens prøvetagningerne er registreret i Jupiter databasen. Desuden er digitale PDF versioner af tidligere rapporter blevet linket til databaserne, så det er muligt at finde frem til de oprindelige datakilder. Borelog beskrivelser, korntørrelsesanalyser samt petrografiske analyser er ligeledes linket til de tilhørende prøvepositioner i Jupiter databasen, som digitale PDF versioner.

De ældste seismiske data, som er registreret i Marta databasen, er indsamlet af Skov- og Naturstyrelsen (SNS) i 1989 og omfattede Boomer, pinger, sidescan og single beam ekkolod indsamlet i et nord-syd og øst-vest grid på 3 X 2km. De akustiske data er suppleret af 12stk. 6m vibrations boringer og 22 overfladeprøvepositioner (Figur 3-1). Data er afrapporteret i Leth (1992).



Figur 3-1 Seismiske linjer fra 1989 survey (røde nord-syd øst-vest linjegridd) samt boringer (røde punkter) og overfladeprøver (grønne domino punkter). Den røde ramme angiver 2012 survey området, orange kant angiver området friholdt til sand og grusindvinding og stiplede sorte rand angiver Femer Bælt reservationsområdet.

Resultaterne af denne første generelle kortlægning var identificering af en general stratigrafi samt en række ressourceområder, hvoraf det største ressourceområde var mest interessant (svarer ca. til området friholdt til sand og grus indvinding på Figur 3-1). Ressourcevur-

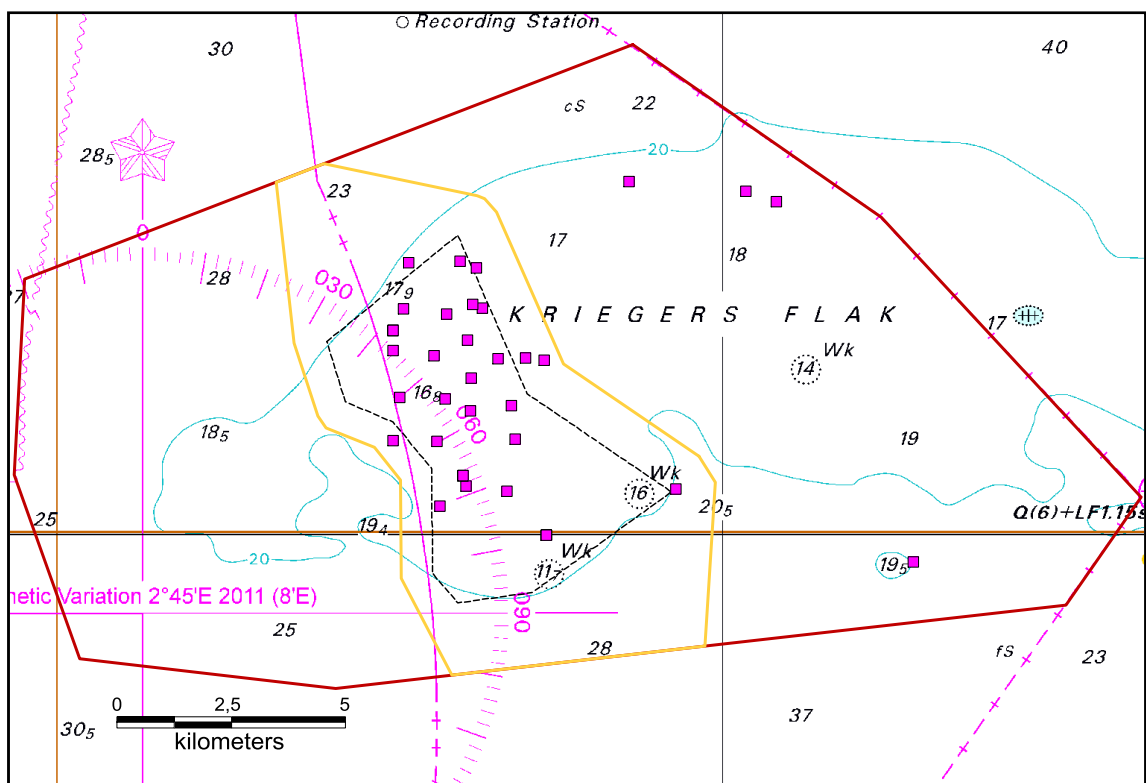
deringen var omkring 150 mio. m³ sand i et op til 2m tykt fin til mellemkornet dæksandslag, som underlejres af omkring 160 mio. m³ grovere sand og grus med en tykkelse på op til 8m..

I 1992 fattede A/S Øresundsforbindelsen interesse for Krigers Flak som fyldsandsressource og med udgangspunkt i 1989 undersøgelsen blev der foretaget 31 prøvepumpninger (Figur 3-3) med efterfølgende laboratorieundersøgelser, som omfattede kornstørrelsesanalyser, glødetabsanalyser og petrografi. Hovedinteressen var ressourceområde 1 (svarer ca. til området friholdt til sand og grus indvinding på Figur 3-1). Resultatet af undersøgelsen var (Jensen og Leth 1992) at den øverste enhed var for finkornet, medens både den mellemste og den nederste enhed opfyldte klasse II sandfyld med følgende krav:

Middelkornstørrelse (d50)	≥ 0.25
Uensformighedstal (d60/d10)	≥ 2.0
Passere 0.074 mm sigten	≤ 10%
Passere 32 mm sigten	≥ 95%
Indhold af organisk materiale (glødetabs-bestemmelse, VD611)	≤ 2%

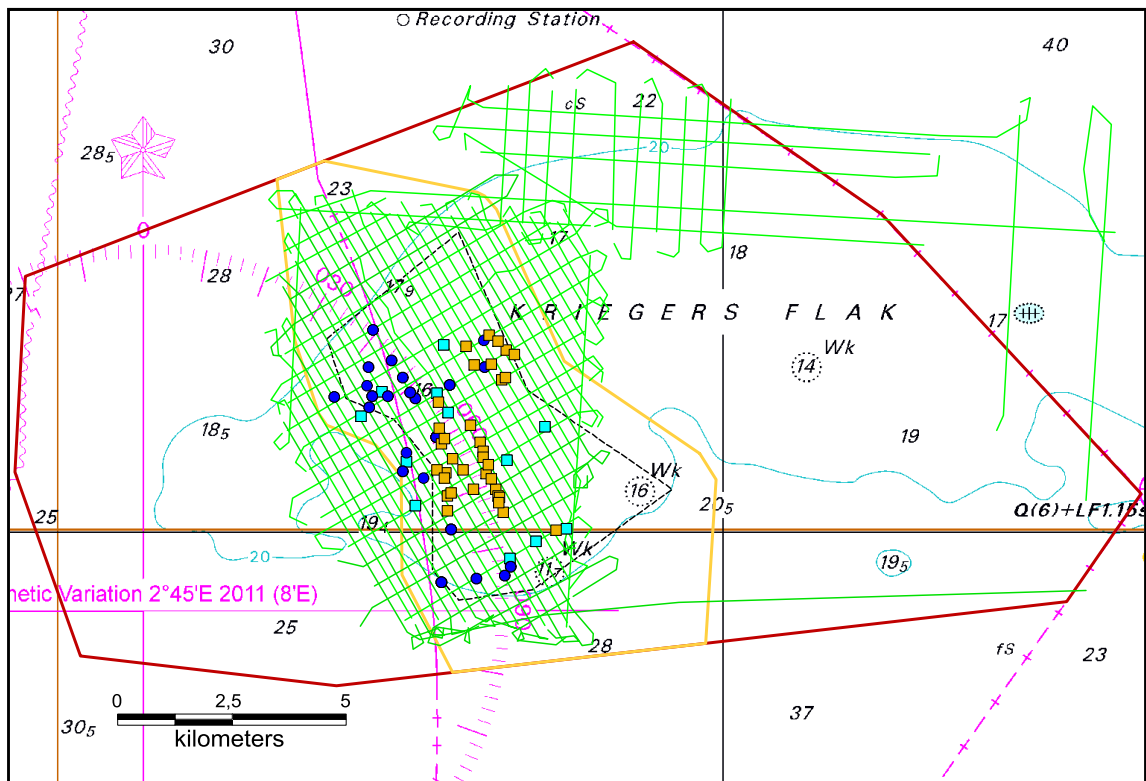
Figur 3-2 Krav til klasse II sandfyld for A/S Øresundsforbindelsen

Dog lå det gennemsnitlige uensformighedstal i underkanten af kvalitetskravet på 2,0.



Figur 3-3 Prøvepumpninger udført i 1992 med sandpumperen Argonaut. Udført for Øresundsforbindelsen. Den røde ramme angiver 2012 survey området, orange kant angiver området friholdt til sand og grusindvinding og stiplede sorte rand angiver Femer Bælt reservationsområdet.

På basis af 1992 prøvepumpnings resultaterne anmodede A/S Øresundsforbindelsen det daværende DGU om at udføre en detaljeret kortlægning af ressourceområde 1 (svarende ca. til området friholdt til sand og grus indvinding på Figur 3-1). I April måned 1993 blev der sejlet 560km seismik med Boomer, chirp, sidescan og single beam ekkolod, som blev fulgt op af 23 positioner, hvor der i maj måned 1993 blev udført 6m vibrationsboringer. Feltsæsonen blev afsluttet med 12 stigsugninger i august måned 1993. Resultaterne af undersøgelserne er rapporteret i (Lomholt og Jensen 1993), hvor der er estimeret en brutto sandressource på omkring 185 mio. m³ sand.



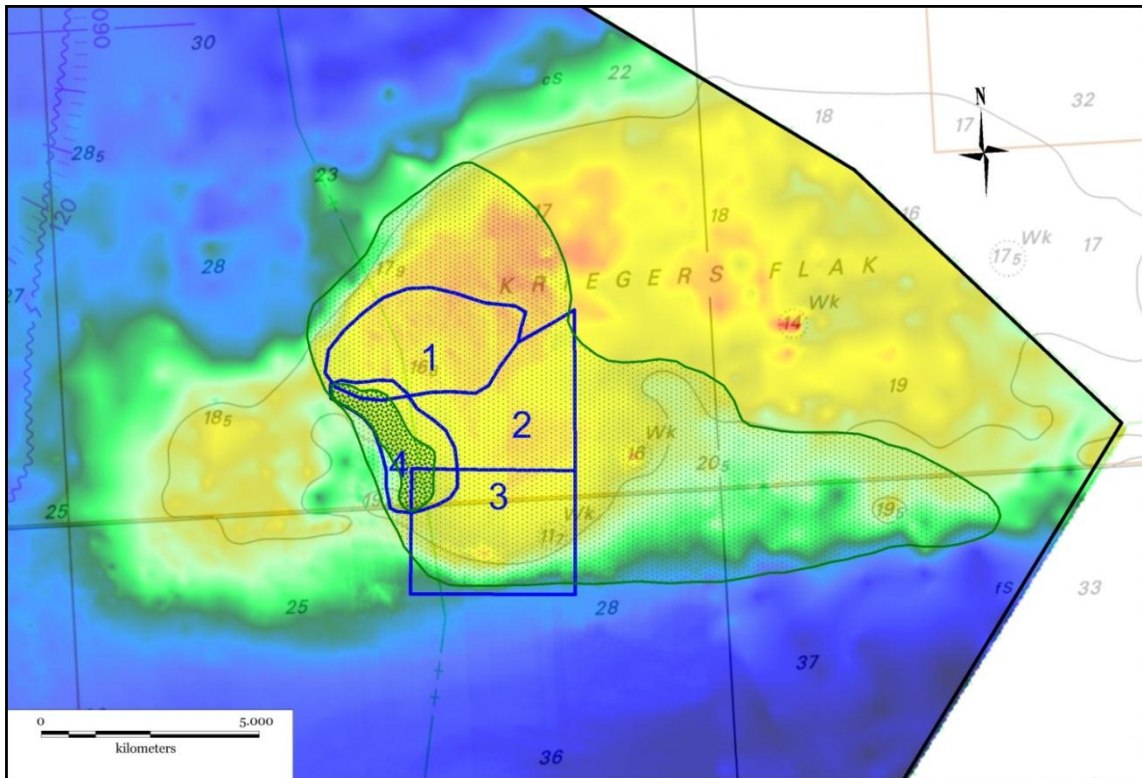
Figur 3-4 Detaljerede Seismiske grid, borer (Blå kugler) og prøvepumpninger fra 1993 (lyseblå firkanter) samt 1994 (orange firkanter).

Som i tidligere undersøgelse er der opdelt i en øvre, en mellem og en nedre enhed. Den nedre enhed blev ikke opfattet som råstofrelevant, medens de to øvre enheder blev opdelt i 4 ressourceområder (Figur 3-5 og Figur 3-6).

Indenfor de fire områder blev der udført laboratorieanalyser af prøverne, som på den baggrund er blevet opdelt i råstofklasser. Råstofklasse A er defineret som sandmateriale med uensformighedstal $U \geq 1,8$ og kornstørrelsesdiameter $D \geq 0,25$ mm. Råstofklasse B består af sandmateriale med $U(1,6-1,8)$ og $D \geq 0,25$ mm.

Forekomst 1 indeholder 14,8 mio. m³ klasse A+B sand
 Forekomst 2 indeholder 33,4 mio. m³ klasse A+B sand
 Forekomst 3 indeholder 5,4 mio. m³ klasse A+B sand
 Forekomst 4 indeholder 10,2 mio. m³ klasse B sand

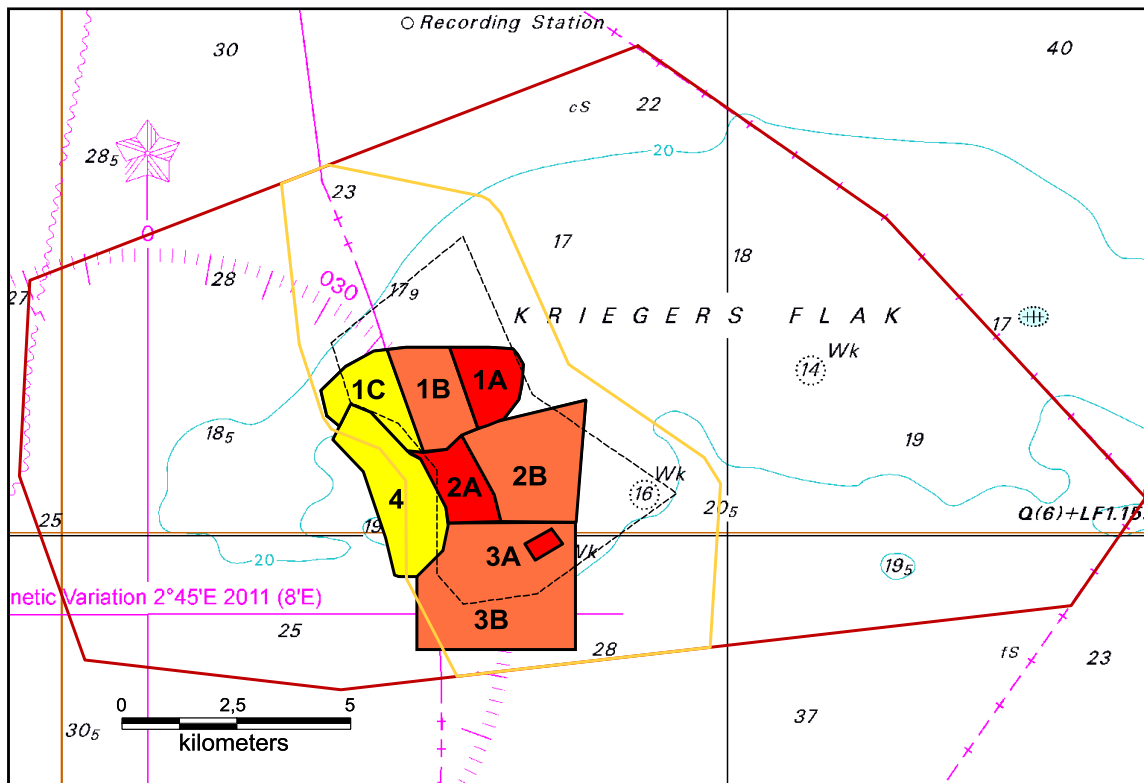
Forekomst 3A blev vurderet til at indeholde omkring $\frac{3}{4}$ mio. m³ med Uensformighedstal ≥ 2.0 , hvilket gør dette område til det eneste som fuldt ud opfyldte de skitserede krav til Klasse II sandfyld (Figur 3-2) for A/S Øresundsforbindelsen.



Figur 3-5 Kortet viser fordelingen af kortlagte forekomster af sand (grøn småprikket) og ral (grøn storprikket) over Krigers Flak. Områderne 1-4 indrammet med blå er ressourceområder, der specifikt er beskrevet råstofmæssigt i forbindelse med undersøgelser for Øresundsforbindelsen.

Petrografiske analyser viser endvidere, at alle forekomsterne opfylder kravene til højkvalitets beton tilslagsmateriale. Indvindingsforholdene er gode, og der findes generelt kun 0-1 m overjord i form af dæksand.

Udover de store sandforekomster findes der stedvist iblanding af grus og sten. Disse er dokumenteret især ved borer og sandpumpninger i forekomst 4 og til dels i forekomst 1. Ofte er tilstedeværelsen af grus i forekomst 1 relateret til foresets i oddeudbygningssystemer, mens gruset, der forekommer i ressource 4, optræder i kileformede lag.

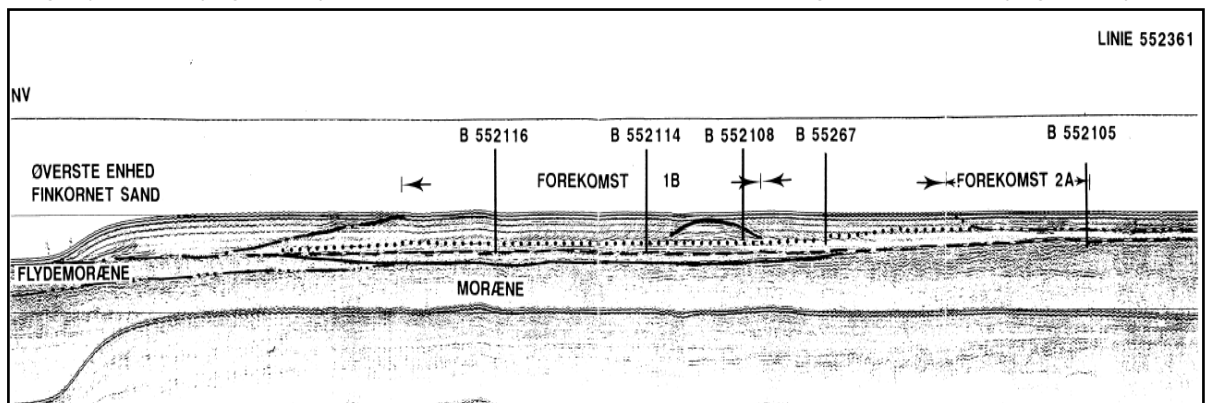


Figur 3-6 Inddeling i 4 ressourcerområder i det detaljerede kortlagte område på krigers Flak i 1993. (Lomholt og Jensen 1993). Røde arealer mest klasse A sand, orange arealer mest klasse B sand og gule arealer generelt mere finkronet.

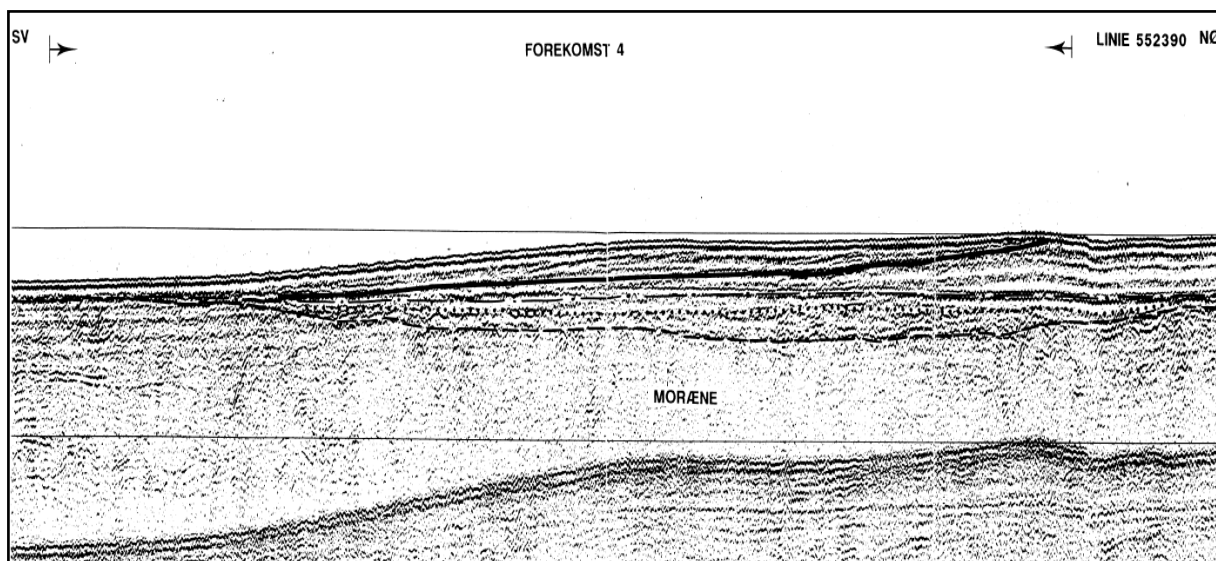
Indvindingsforholdene er generelt gode i alle forekomsterne. Ydelsen er god, og der findes generelt kun 0 – 1 m overjord i form af dæksand. Vanddybden er 18 – 20m og dybden til bunden af forekomsten er 18 – 24 m. I den sydlige del af ressourcerområde 3 når vanddybden dog ned til 24 m og dybden til bunden af forekomsten når ned på omkring 28.

Ovenstående viser at der findes store mængder af sand på Kriegers Flak, som generelt har $D_{50} > 0,25$, men erfaringen viser at sandet generelt har U værdier mellem 1,6 og 2,0 og kun i begrænset omfang $U > 2,0$.

Ud over de store sandforekomster optræder der stedvist iblanding af grus og sten, som er dokumenteret især i borer og sandpumpninger i forekomst 4 (Figur 3-6), men også i forekomst 1. Ofte er tilstedeværelsen af grus i forekomst 1 relateret til forset i oddeudbygningssystemer (Figur 3-7), medens der er tale om kileformede lag i forekomst 4 (Figur 3-8).



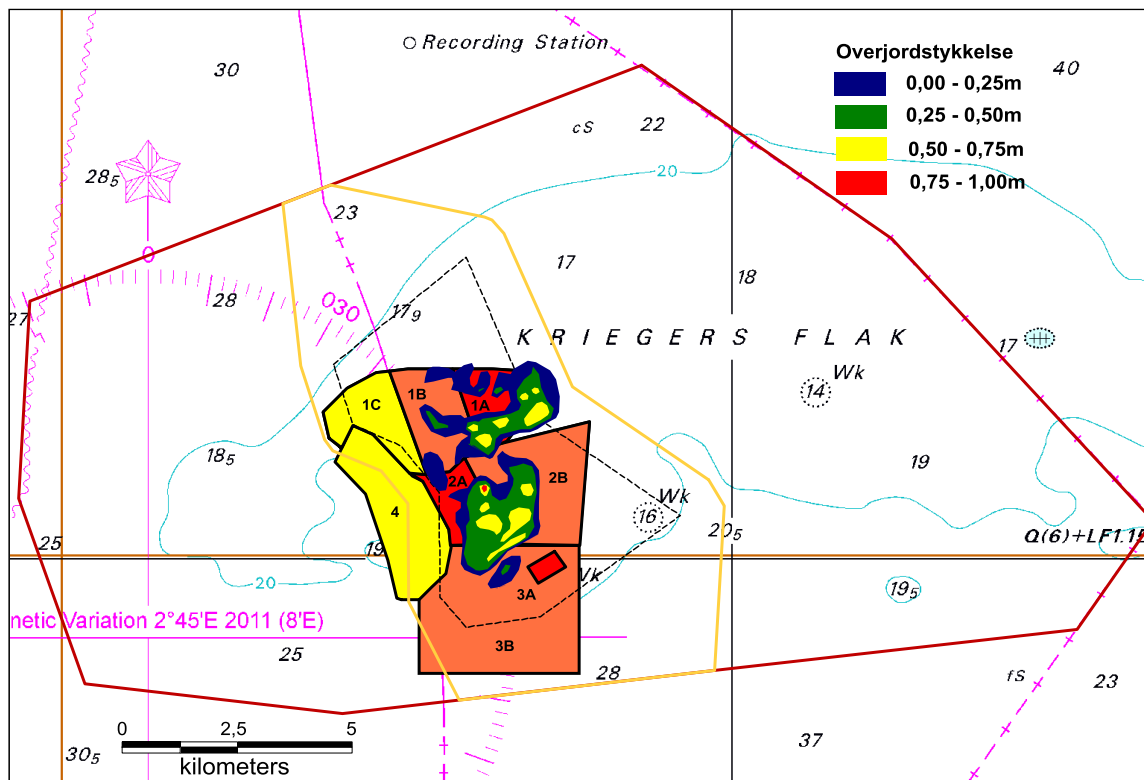
Figur 3-7 Seismisk Boomer profil visende oddeudbygningssystem i forekomst 1.



Figur 3-8 Seismisk Boomer profil visende forekomst 4's kileformet legeme.

Som det fremgår af teksten og (Figur 3-6) er der givet bud på fordelingen og kvaliteten af sand ud fra den udførte kortlægning, men det lykkedes ikke at give en geologisk forklaring på kvalitetsforskellene og der er kun taget generel stilling til indholdet og fordelingen af grus og sten.

I forlængelse af 1993 kortlægningen blev der i september 1993 lavet en detailundersøgelse af dæksandtykkelsen i de mest lovende ressourceområder 1A, 2A og 3A (Lomholt 1993). Af Figur 3-9 fremgår det at ressourceområderne er delvist dækket af op til 1m dæksand, som blev analyseret og det blev dokumenteret at sandet var meget velsorteret med uensformighedstal på 1,5 til 1,6 og med d50 på 0,28 – 0,31. Dæksandet adskiller sig ikke fra de underliggende råstoffer med hensyn til indhold af finstof og vil derfor ikke forøge sedimentspillet ved produktion fra området.



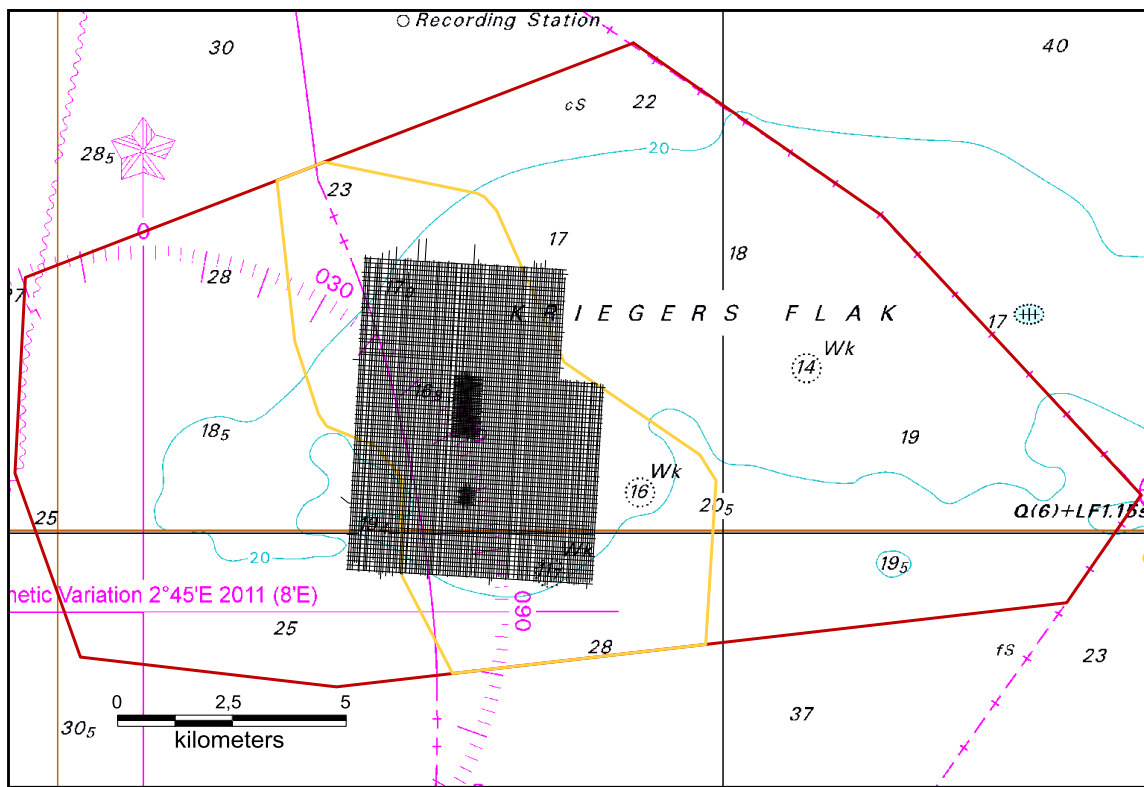
Figur 3-9 Inddeling i 4 ressourceområder i det detaljerede kortlagte område på krigers Flak i 1993. (Lomholt og Jensen 1993). Røde arealer mest klasse A sand, orange arealer mest klasse B sand og gule arealer generelt mere finkornet. Ressourceområderne er dækket af dæksand med tykkelser op til 1m.

Som supplement til 1993 kortlægningen blev der i juni 1994 for A/S Øresundsforbindelsen gennemført 25 slæbesandpumpningsforsøg fordelt i områderne 1A, 2A og 3A (Lomholt og Jensen 1994) (fordeling af pumpninger se Figur 3-4 og områdefordeling se Figur 3-5). Resultaterne af slæbesandpumpningerne viste at der i samtlige 3 områder kunne produceres sand med en middel kornstørrelse d_{50} på over 0,25mm og et uensformighedstal på 1,5 – 1,6. Tidligere stiksugningsprøver viste et uensformighedstal på over 1,8. Forskellen på de to produktionstyper blev tolket som grundet i forskel på produktionsdybde og dermed indflydelse af det øvre mere finkornede dæksand.

Det blev observeret at der i enkelte områder kunne forekomme op til 15% sten og grus iblandet sandet.

Sandet fra Kriegers Flak opfylder de daværende Basis Beton Beskrivelsens (BBB) krav til klasse A sand og det indvundne stenmateriale levede op til BBB kravene til klasse M sten.

I august måned 1995 udførte DGU detaljerede bathymetriske og sidescan opmålinger. I alt ca. 1.100km i et 100m grid, med henblik på at beskrive overfladesedimentet i et udvalgte områder (Figur 3-10) (Binderup et al. 1995) og statistiske betragtninger om råstoffernes kornstørrelsesfordelinger blev ligeledes udført i 1995 (Hansen 1995), endelig har GEUS foretaget vurderinger af anvendeligheden af sandressourcerne til Øresundsforbindelsen, Amager Strandpark (Larsen 2003), og til Femern Bælt forbindelsen (Jensen, 2011). Disse vurderinger er lavet på baggrund af de ovennævnte undersøgelser og bringer ikke nye data.



Figur 3-10 Seismisk Grid udført i 1995 for Øresundsforbindelsen med henblik på bathymetri og overfladesediment.

De nye højopløselige pinger og multibeam data udført i 2012 for Energinet.dk, som dækker hele Kriegers Flak i et grid med ca. 100 m sejlafstand (Figur 4-1), blev frigivet i september 2013 og kunne således inddrages i en egentlig råstof-geologisk udredning. Det var således oplagt at benytte dette data-sæt til at foretage en fornyet samlet kortlægning af hele Kriegers Flak området, som det er gjort i denne rapport.

4. Metodebeskrivelse Energinet.dk data

4.1 Data indsamlet i forbindelse med Krigers Flak Offshore Wind Farm (KF_OWF)

Energinet.dk lod GEMS Survey Limited udføre den hydrografiske og geofysiske havbundsundersøgelse i Krigers Flak området med følgende suite af udstyr :

- Positioneringsudstyr (C-NAV 3050M, LD2S-G2, F180R+)
- Global Acoustic Positioning System (IXSEA GAPS system)
- Heading and Motion Sensors (F180R+ and Hydrins)
- Sound velocity probes (Mini SVP, RapidSV, CTD+ V2)
- Multibeam Echo Sounder (R2Sonics 2024, 400 kHz dual head transducer system)
- Side Scan Sonar (Edgetech 4200 MP 300/600 kHz)
- Gradiometer data (Geometrics G882 transverse magnetometer array)
- Grab Sampler (Van Veen grab sampler)
- Pinger System (Hull-mounted 4x4 MASSA pinger array)
- Sparker Sub-Bottom Profiler(GeoResources 6kJ Sparker)
- Mini-Airgun Sub-Bottom Profiler (10in³ I/O mini airgun)
- Reflection seismic multichannel streamer (48 ch. spaced 2.5m)
- Refraction seismic (4x10 in³ airguns and streamer with 96 ch. spaced 12.5m)

Det geofysiske survey blev udført i perioden 29. august til 14. oktober 2012 med undersøgelsesskibet MV Aquarius. Der blev sejlet øst-vest linjer med en afstand på 100m og nord-syd krydslinjer med en afstand på 1km (Figur 4-1). Som dokumentation for indsamling af data og den efterfølgende tolkning, blev der udfærdiget en række tekniske rapporter, som efterfølgende er opsummeret i to generelle rapporter:

- Krigers Flak OWF – Geophysical _Survey-Results (2013), v4
- Krigers Flak OWF – Interpretive- Survey Report (2013), v4

De to generelle rapporter er vedlagt digitalt sammen med øvrige rapport bilag.

Det geofysiske survey blev fulgt op af 73 grab prøvetagninger, som blev beskrevet og der blev udført kornstørrelsesanalyser. Grab prøverne er dokumenteret i rapporten:

- Krigers Flak OWF – Grab samples_v1

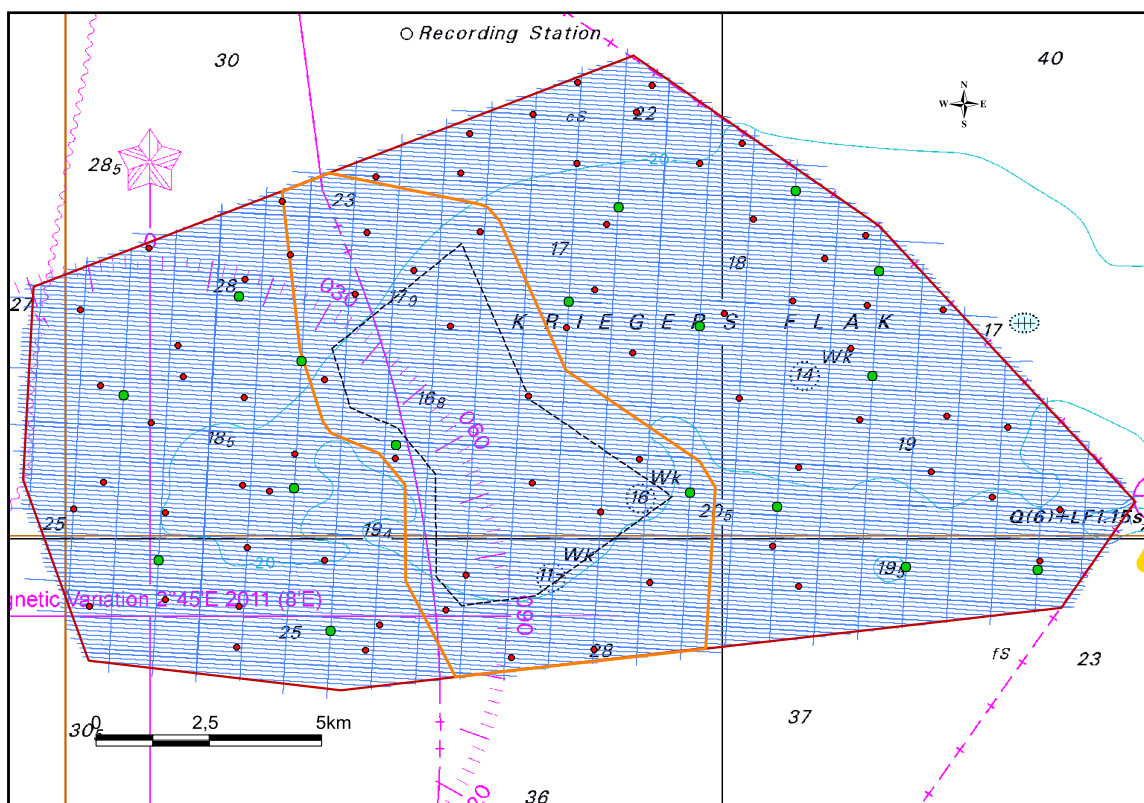
Der blev ligeledes udført 17 geotekniske borer til henholdsvis 50- og 70m dybde under havbunden. Der blev lavet CPT i alle borer, som blev lavet som en kombination af rotations-, hammer- og kerne borer. Alle borer er fotograferet, der er udført sedimentologiske logs og kornstørrelsesanalyser. Boringerne er dokumenteret i rapporten:

- Kriegers Flak OWF – borehole logs

Energinet.DK har valgt en åben datapolitik og har derfor lagt en del data ud på deres hjemmeside

<http://www.energinet.dk/DA/ANLAEG-OG-PROJEKTER/Anlaegsprojekter-el/Havbaseret-elenet-paa-Kriegers-Flak/Sider/Forundersoegelser.aspx>

Hvor alle rapporter og geotekniske data frit kan downloades. Med hensyn til de geofysiske data er det så omfattende en datapakke at de tilsendes mod et administrationsgebyr. I forbindelse med råstofevalueringen har vi benyttet et udvalg af de til rådighed værende data.



Figur 4-1 Energinet 2012 data omfattende 2700km seismik, 73 grab positioner (røde punkter) og 17 dybe borer (grønne punkter).

5. Energinet.dk datatyper anvendt til Krigers Flak råstof evalueringen

I den geofysiske pakke der stilles til rådighed fra Energinet.dk har vi udvalgt de relevante datatyper for Råstofkortlægning. Alle kortdata er leveret i Datum: WGS84 og Projektion: UTM zone 32.

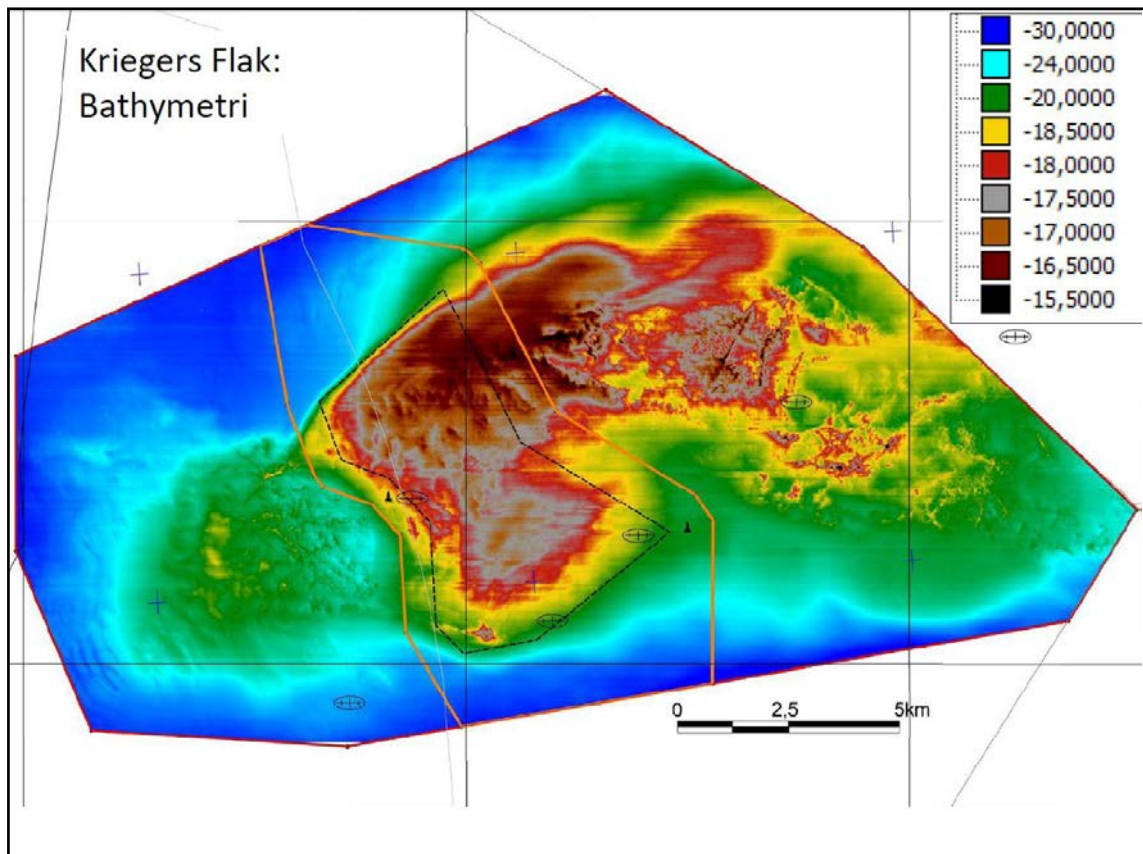
- Bathymetriske data er basisinformation i forbindelse med råstofkortlægning og multibeam x,y,z data er benyttet som rådata for kortlægningen.
- Sidescan mosaik og multibeam backscatter data er benyttet sammen med Energinets tolkede overfladesedimentkort i forbindelse med vurderingen af råstofpotentiallet i havbundens overflade.
- Grabprøve beskrivelserne, de tilhørende kornstørrelsesanalyser og lokaliseringen af prøvetagningerne er ligeledes en del af vurderingen af råstofpotentiallet af havbundens overflade.
- De seismiske undersøgelser omfattede omkring 2700km Sparker, Airgun og Pinger data, men en test loadning af data viste at det kun er relevant at tolke Pinger data i forbindelse med de overfladenære sand og grus ressourcer. Da Pinger lyd-kilden sagtens kunne penetrere de relevante sand og grus lag og samtidig gav lang den bedste opløsning på i størrelsesordenen 10-20cm.
- De Geotekniske boringer er ligeledes inddraget i tolkningen af råstofressourcerne hvor logbeskrivelserne og kornstørrelsesanalyser er anvendelige. Det bør dog bemærkes at de geotekniske boringer ikke findes i de primære råstofområder da de har været fokuseret i de udvalgte vindmøllepark områder.

6. Bearbejdning og tolkning af data

I bearbejdningen af data og den efterfølgende tolkning er de tidligere undersøgelsesresultater inddraget med henblik på en optimering af råstofevalueringen af Kriegers Flak. Det samlede datasæt er imponerende og i det følgende beskrives arbejdsmetoderne for bearbejdningen, dataintegrationen og tolkningen. Med hensyn til de akustiske data har vi valgt kun at benytte KF_OWF data, da de er digitale medens alle de øvrige seismiske data kun foreligger i analog form og desuden er KF_OWF pinger data af en væsentlig bedre kvalitet end de tidligere data. Med hensyn til prøvetagningsdata medtages alle til rådighed værende data.

6.1 Bathymetriske data

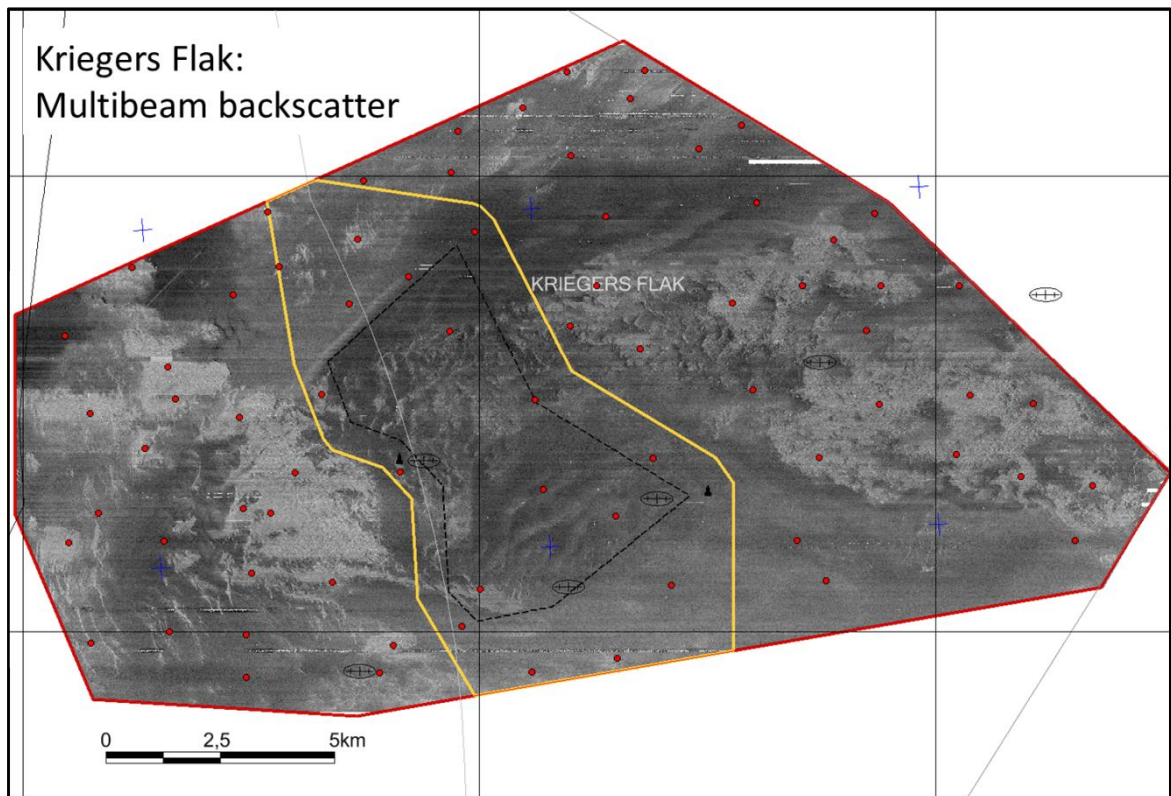
Med hensyn til bathymetriske data benyttes udelukkende multibeam data fra Energinet.dk 2012 undersøgelsen (KF_OWF), som er langt bedre end tidligere data. Der er i KF_OWF undersøgelsen mulighed for at benytte bathymetri data med en grid cellestørrelse på 0,1m, 0,5m eller 5m. Til råstofkortlægningsformål er det vurderet at det er tilstrækkeligt at benytte en grid cellestørrelse på 5m, som er tilstrækkeligt til at præsentere de morfologiske karakteristiske forskelle på moræne bund og de råstofmæssigt interessante fossile kystdannelser. Den benyttede procedure var at tage udgangspunkt i en ASCII fil og der blev lavet en nygridning i Vertical mapper (Natural Neighbour) med en cellestørrelse på 5m. Det færdige grid blev efterfølgende optimeret med valg af en dybde farveskala, som fremhæver råstofområdernes morfologi.



Figur 6-1 Krigers Flak Bathymetriske data fra KF_OWF undersøgelsen med en grid cellestørrelse på 5m. Den røde ramme angiver 2012 survey området, orange kant angiver området friholdt til sand og grusindvinding og stiplede sorte rand angiver Femer Bælt reservationsområdet. Detaljeret bathymetri se Kortbilag A5.

6.2 Multibeam backscatter, sidescan data og grabprøver som baggrund for overfladesedimentkortet.

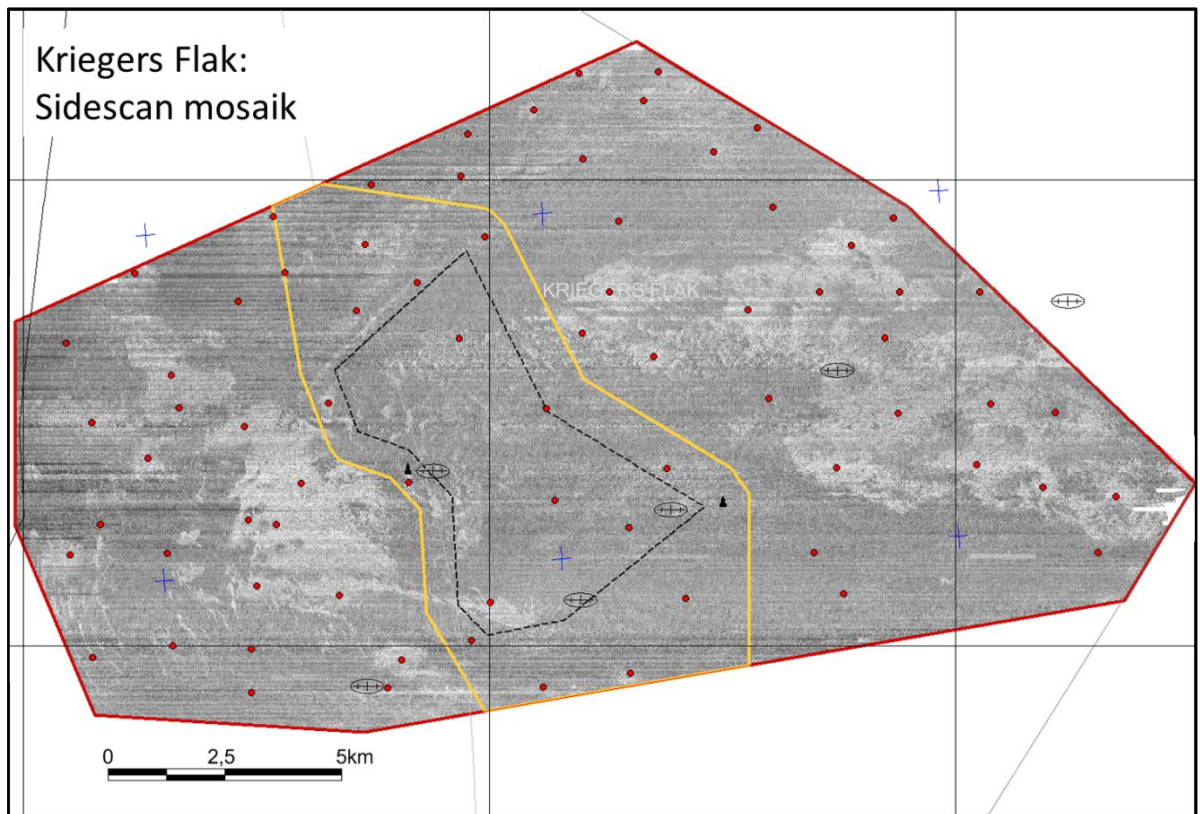
En af de vigtige produkter i KF_OWF undersøgelsen er overfladesedimentkortet, som er produceret med udgangspunkt i et fult dækkende multibeam backscatter kort og en ligeledes fuldt dækkende side scan mosaik samt sedimentverifikation ved hjælp 71 grab prøve positioner.



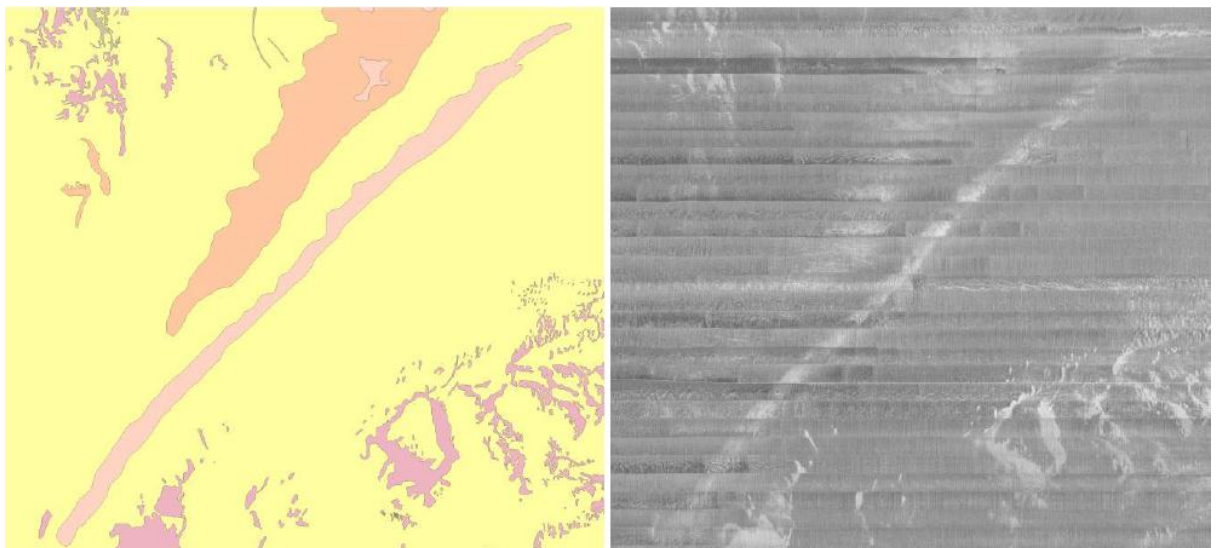
Figur 6-2 Kriegers Flak multibeam backscatter data fra KF_OWF undersøgelsen med en grid cellestørrelse på 1m. Den røde ramme angiver 2012 survey området, orange kant angiver området friholdt til sand og grus indvinding og stiplede sorte rand angiver Femer Bælt reservationsområdet.

Backscatter kortet (Figur 6-2) illustrerer havbundens karakter visualiseret i gråskala, hvor lyse grå nuancer repræsenterer høj amplitude retursignal, som indikerer høj konsolideringsgrad/grove sedimenter, medens mørk grå viser lavere grad af amplitude på retursignalet og betyder dermed blødere/mere finkornet sediment. Det i Figur 6-2 præsenterede backscatter kort er ikke inddraget som A3 bilag, men en digital version er vedlagt de øvrige digitale kortdata.

Side scan sonar mosaik kortet (Figur 6-3) viser fulddækkende sides scan sonar data der ligeledes viser lyse grå nuancer, hvor der er høj amplitude retursignal og mørke grå nuancer, hvor der er lavere grad af amplitude retursignal. Det i Figur 6-3 præsenterede backscatter kort er ikke inddraget som A3 bilag, men en digital version er vedlagt de øvrige digitale kortdata.



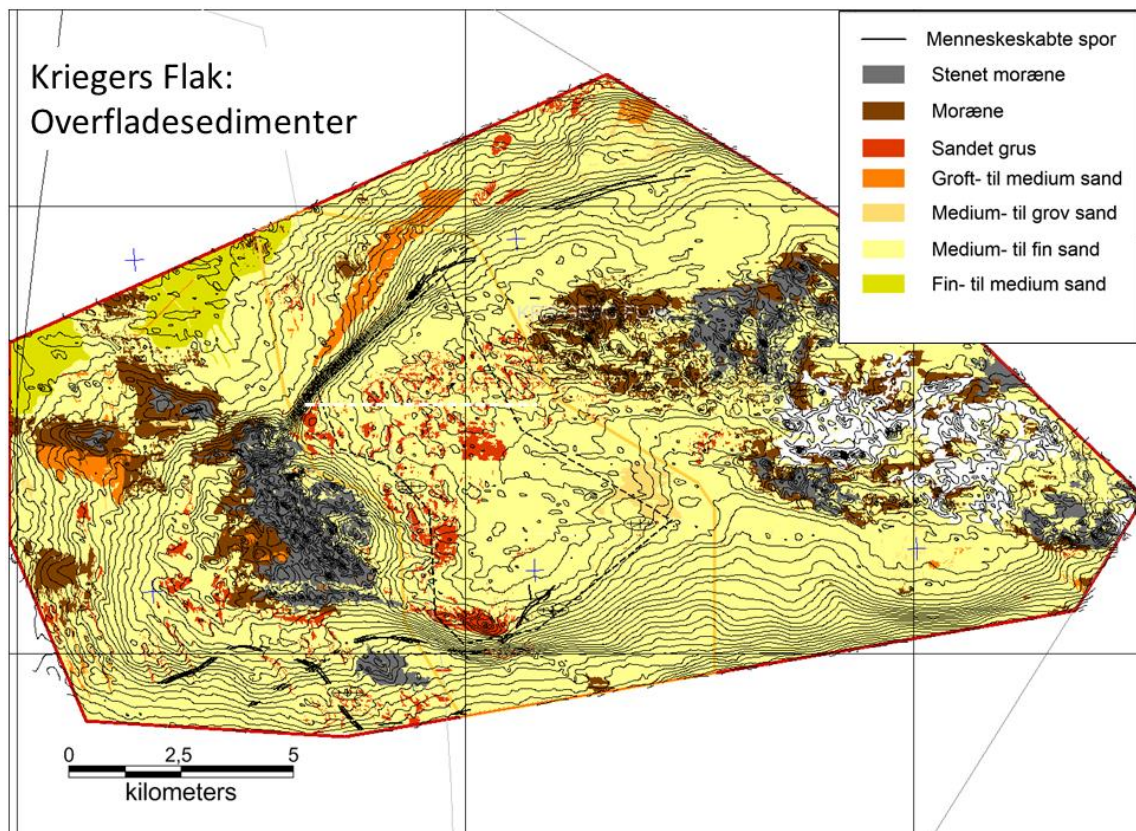
Figur 6-3 Krigers Flak Side Scan Sonar data fra KF_OWF undersøgelsen med en grid cellestørrelse på 1m. Den røde ramme angiver 2012 survey området, orange kant angiver området friholdt til sand og grusindvinding og stiplede sorte rand angiver Femer Bælt reservationsområdet.



Figur 6-4 Tolket overfladesediment og tilhørende Side Scan Sonar data på den nordvestlige flanke af Krigers Flak undersøgelsesområdet. I den nordlige del ses en sandbanke medens der på flaket i den sydlige del ses sandet grus i et fint forgrenet mønster der fremtræder som lys partier på side scan sonar mosaiken.

Overfladesedimentkortet (Figur 6-5) er taget direkte fra KF_OWF undersøgelsen og om-dannet til Mapinfo format. Kortet er ud over af sidescan data og multibeam backscatterer data samt grabprøver, blevet justeret i forhold til de seismiske datatolkninger af pinger, sparker og airgun.

Overfladesedimenterne er opdelt i 4 sandklasser, sandet grus og 2 moræneklasser. Det har vist sig at moræneområderne fremtræder som meget ujævn bund med stor amplitude akustisk tilbage refleksion. Moræneområderne er hovedsagelig koncentreret i 2 områder: dels den centrale østlige del og den centrale vestlige del, hvor imellem der findes fossile kystdannelser, som udgør et sand og grus domineret flakområde (Figur 6-4). Det sandede og grusede flakområde er betydeligt mere jævnt og generelt med lavere akustisk tilbage refleksion. Dog findes der et netværk af lyse strøg der indeholder grus og sten (sandet grus på sedimentkortet). Det er karakteristisk for disse stenede strøg at de ligger oven på flere meter af kystsand. Som det fremgår af det efterfølgende afsnit (7) om den generelle geologi, er det stenede strøg tolket som strandvoldsdannelser dannet på en odde platform. Sandflakket og moræneområderne udgør et lavvandet område, med vanddybder på 15- til 20m som er omgivet af dybere vand, hvor overfladesedimentet er domineret af fin til mellemkornet sand, som ikke har råstofrelevans. Side scan mosaikken og multibeam backscatterer kortet afslører at den forholdsvis jævne sandbund er overpræget af sand megaribber der med en nordvest – sydøst længderetning antyder sedimenttransport mod nordøst eller sydvest. Megaribberne findes ligeledes pletvist på det lavere flakområde.



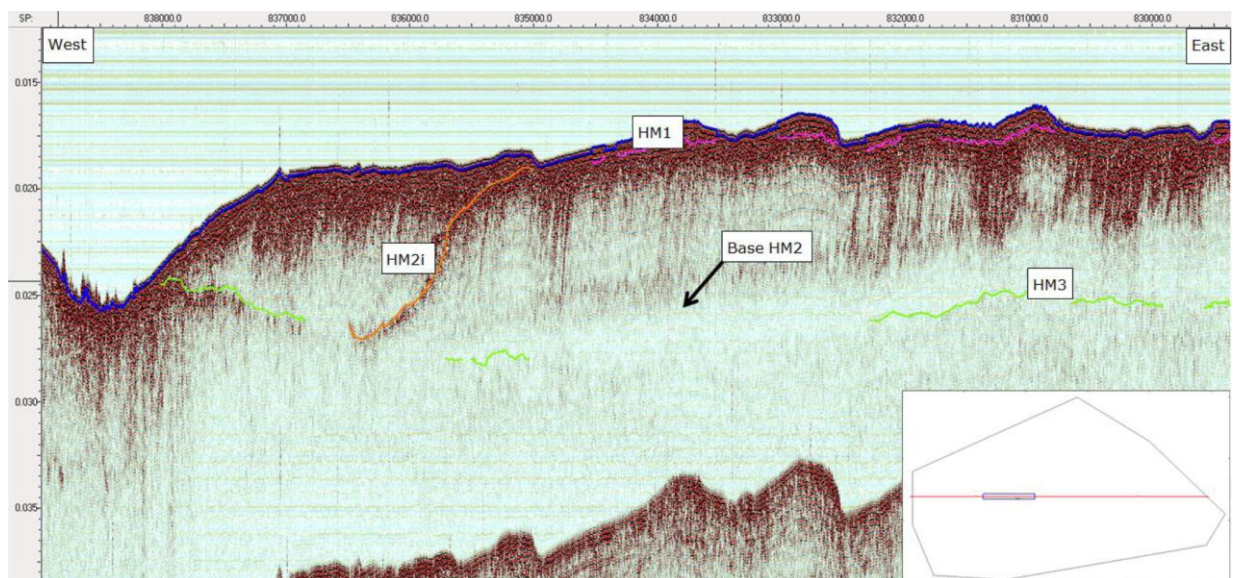
Figur 6-5 Krigers Flak Overfladesedimentkort fra KF_OWF undersøgelsen. På kortet er der angivet dybdekurver med 0,5m interval for at illustrere morfologien. Detaljeret bathymetri ses på Bilag A5. Den røde ramme angiver 2012 survey området, orange kant angiver området friholdt til sand og

grusindvinding og stiplede sorte rand angiver Femer Bælt reservationsområdet. Detaljeret overfladesediment ses på Bilag A4.

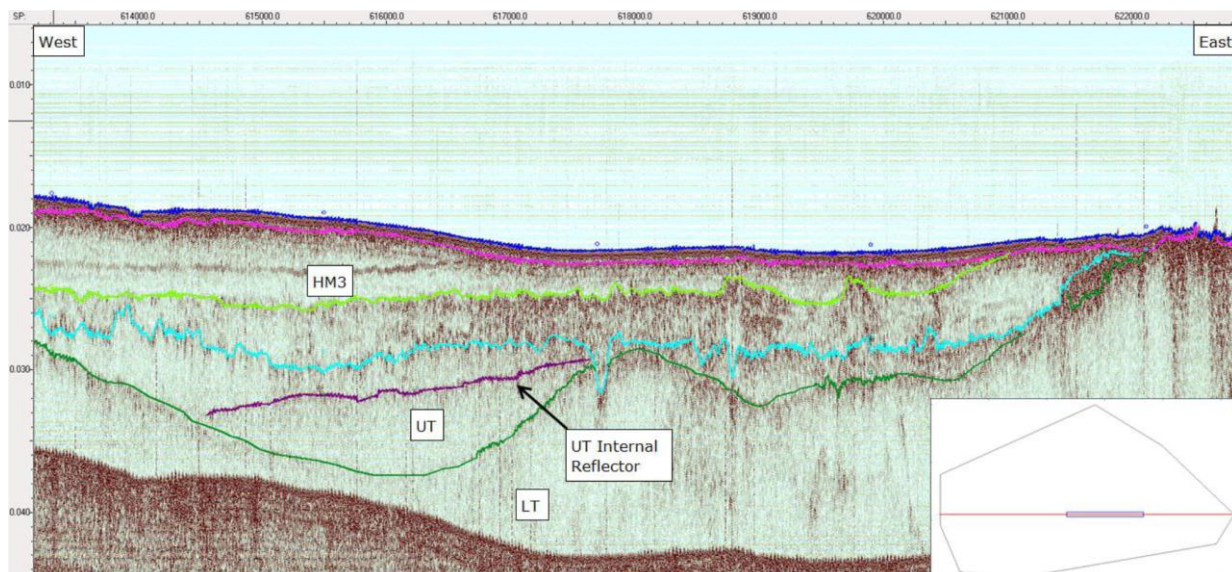
6.3 Pinger seismiske data, loadning på arbejdsstation, tolkning af data og korrelation til prøvetagninger

I forbindelse med Krigers Flak OWF undersøgelserne blev der indsamlet omkring 2700km seismiske data i form af pinger, og multikanal sparker samt airgun. Det viste sig imidlertid hurtigt at med hensyn til sand og grus råstofundersøgelser er det pinger data som er anvendelige, da sparker og airgun data godt nok har en stor nedtrængning, som kan benyttes til definering af den overordnede prækvartære og glaciære stratigrafi, men opløsningen på omkring 1m eller dårligere er ikke godt nok til detaljerede råstofundersøgelser i fossile kystdannelser.

Det benyttede pinger system (Hull-mounted 4x4 MASSA pinger array) består af 4 sammenkoblede pinger transducere, som udsender et kraftigt højfrekvent (omkring 3,5kHz) signal, som er i stand til at trænge igennem både de Holocæne kystdannelser (Figur 6-6) og underliggende finkornede sedimenter, samt moræne dannelser (Figur 6-7).



Figur 6-6 Pinger seismisk sektion linje 6104900, som viser Holocæne kystsektion med op til 8m tykke sandlag. Fra Krigers Flak OWF – Interpretive- Survey Report (2013), v4.



Figur 6-7 Pinger seismisk sektion linje 6103500, som viser Holocæn sekvens over Pleistocæne moræner og finkornede sedimenter. Fra Kriegers Flak OWF – Interpretive- Survey Report (2013), v4.

Pinger datafil formatet fra KF_OWF undersøgelsen var SGY og det lykkedes at lade samtlige 134 filer på Geographix arbejdsstation. Som det fremgår af Kriegers Flak OWF – Interpretive- Survey Report (2013), v4 er der tolket en række horisonter i forbindelse med vindmølle projektet (Figur 6-8), men fokus har i den forbindelse været på moræneområderne, hvor det er planlagt at opstille vindmøller og i mindre grad på sandudbygningsområderne.

Unit	Description	Depth to Base (m below seabed)
Holocene Marine 1 (HM1)	Blanket cover of loose fine-medium sand	0-2
Holocene Marine 2 (HM2)	Loose fine-medium sand, showing progradation to the west	0-8
Holocene Marine 3 (HM3)	Fine-medium sand within a spit, likely to be more compacted than HM1 and HM2.	0-11
Flow Till (FT)	Soft sands, clay and boulders less consolidated than the underlying tills from which they derive	0-15
Upper Till (UT)	Diamict of predominantly clay with gravel, cobbles and boulders but also occurrences of silt and sand	0-26
Lower Till (LT)	Diamict of predominantly clay with gravel, cobbles and numerous boulders	0-100
Cretaceous Chalk(C)	Chalk	Undetected

Figur 6-8 Tolkede geologiske enheder i KF_OWF undersøgelsen. Fra Kriegers Flak OWF – Interpretive- Survey Report (2013), v4.

KF_OWF datapakken indeholder tolkninger af horisonter svarende til bunden af enhederne nævnt i Figur 6-8, den horisont som var mest oplagt i forbindelse med råstofkortlægningen var bunden af Holocene Marine 3 (HM3), som angiver bunden af kystudbygningerne og således repræsenterer det nærmeste man kan komme den morfologiske glacial overflade, som var udgangslandskabet ved transgressionen af landskabet.

Dernæst kunne de interne Holocæne marine enheder HM1 og HM2 være interessante men ved en nærmere gennemgang af data og tidligere litteratur, viste det sig at en mere detaljeret tolkning var påkrævet. På den baggrund blev det besluttet at retolke kystudbygningssystemet samt havbunden, som benyttes i forbindelse med udregning af tykkelser af enhederne.

Resultatet af det omfattende tolkningsarbejde (Figur 6-9) blev at det glacial landskab er overlejret af en sandet ferskvands kystudbygning, som stedvist ligeledes består af grus og sten lag, tolket som strandvolde. Disse strandvolde fremstår tydeligt på sidescan data som hårde rygge. Som det fremgår af den geologiske beskrivelse i afsnit 7 er enheden tolket som Baltisk Issø kystdannelser. Ferskvandskystudbygningen afsluttes af en erosions diskordans, som overlejres af en marin kystdannelse, som fortsætter udbygningen af oddeplatformen med tilhørende grusede og stenede strandvoldsdannelser. En erosions diskordans og stedvis tilstedeværelse af en lowstands kile vidner om en mindre regression under Littorina transgressionen. Fortsættelsen af Littorina transgressionen medførte at der i den nordvestlige og sydlige rand af kystudbygningssystemet findes en kileformet enhed, som hovedsagelig består af sand, men som stedvist overlejres af grusede og stenede lag, der er tolket som strandvoldsdannelser på en sandet oddeplatform. Som den yngste enhed findes et subrecent draperende tyndt marint, sandlag, som består af fin til mellemkornet sand

Enhed	Beskrivelse	Dybde til basis (m under havbunden)	Ressourceområde
Subrecent dække	Tyndt finkornet sandlagsom dækker samtlige andre enheder	0-2	overjord
Yngre Littorina	Marint kileformet randenhed i den vestlige del af kystudbygningen som består af sand, men også med grusede strandvolde på toppen.	0-4	552003
Ældre Littorina	Marint kileformet central enhed i kystudbygningen. Indeholder sand med stedvise grusede strandvolde på toppen	0-8	552002
Baltiske Issø	Ferskvands østligste kystudbygnings platform som består af sand med stedvise strandvolde på toppen	0-11	552001

Figur 6-9 Tolkede kystudbygningsenheder

Tolkningen af pingerdata giver et meget klart billede af de rumlige forhold mellem de seismiske enheder, men det er takket været de mange prøvetagninger at vi kan komme med de mere præcise angivelser af sedimenttyper (Bilag A3). Det er således SNS boringerne udført i 1989 samt DGU boringerne udført i 1993, som sætter os i stand til at beskrive de sandede kystudbygnings enheder, samt de mere finkornede enheder på dybere vand, medens det hovedsagelig er prøvepumpningerne udført af DGU i 1992, 1993 og 1994, som ved korrelation med pingerdata og sidescan/multibeam backscatter data viser at der findes strandvoldsdannelser oven på oddeplatformene.

6.4 Råstofressource kortlægning volumen og kvalitet

Den stratigrafiske opbygning af kystudbygningssystemet er benyttet til opdeling i 3 ressourcerområder samt et tyndt overjordsdække, som det fremgår af Figur 6-9.

Proceduremæssigt blev havbundsoverfladen samt bunden af hver enhed digitaliseret langs de 2700km pinger linjer på Geographix arbejdsstationen og dernæst blev de digitaliserede horisonter eksporteret som ASCII data.

Startende med Yngre Littorina (Ressourceområde 552003) blev den digitaliserede bundhorisont importeret i Mapinfo, hvor data blev griddet i Vertical Mapper og trukket fra det overliggende lag inden tykkelsen af enheden blev udregnet.

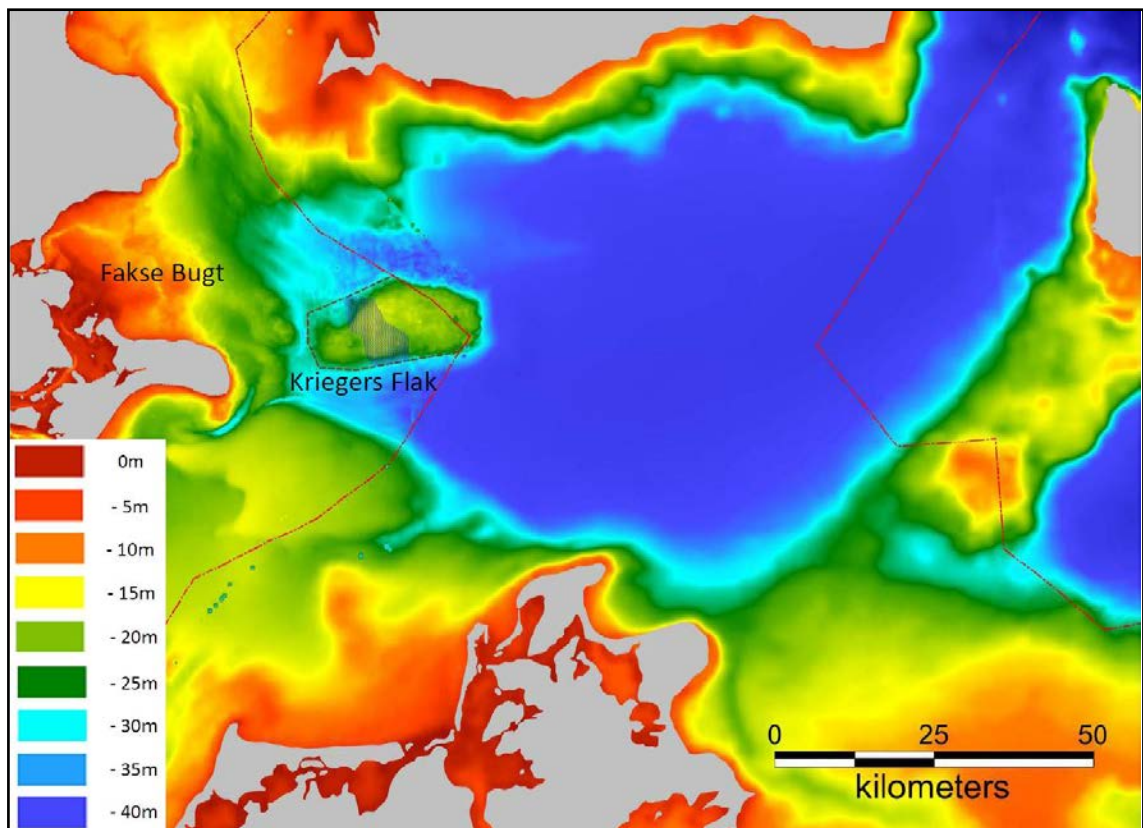
Lagtykkelses griddene blev dernæst trukket fra multibeam bathymetrien for at kunne producere en serie af palaeogeografiske kort, med den størst mulige nøjagtighed. Disse er benyttet i afsnittet om den generelle geologi (afsnit 7) til at vise udviklingshistorien af kystudbygningen.

For hvert af de 3 ressourcerområder blev der griddet et ressourcetykkelseskort og ressourcevolumener blev udregnet for hvert ressourcerområde. Efterfølgende blev de griddede kort kontureret med 0,5m kurve interval og præsenteret i Bilagene A8, A9 og A10. På ressourcetykkelseskortene er desuden angivet overjordstykkelser i form af en skravering og de kortlagte områder med grus og sten strandvolde er ligeledes angivet. Endelig er placeringen af udvalgte prøvetagninger angivet.

7. Områdebeskrivelse og generel geologi

7.1 Områdebeskrivelse

Kriegers flak danner et relativt plant lavvandet flakområde, som hovedsagelig ligger i dansk sektor (ca. 100 km²) med vanddybder på omkring 15-20 m (Figur 7-1). Kriegers Flak ligger på den vestlige rand af Arkona Bassinet, med et frit stræk på over 100km mod øst til Bornholm, hvilket i Sen- og Postglacial perioderne har givet mulighed for kraftig erosion af den østlige del af flakket og transport rundt om flakket til aflejring på den vestlige læside i form af kystdannelser (Figur 7-15). Området er afgrænset af let skrånende sider, hvor vanddybden falder ned til omkring 30-35 m. På flakkets sydlige side findes flere lidt dybere indsnævninger med dybder ned til omkring 25 m.

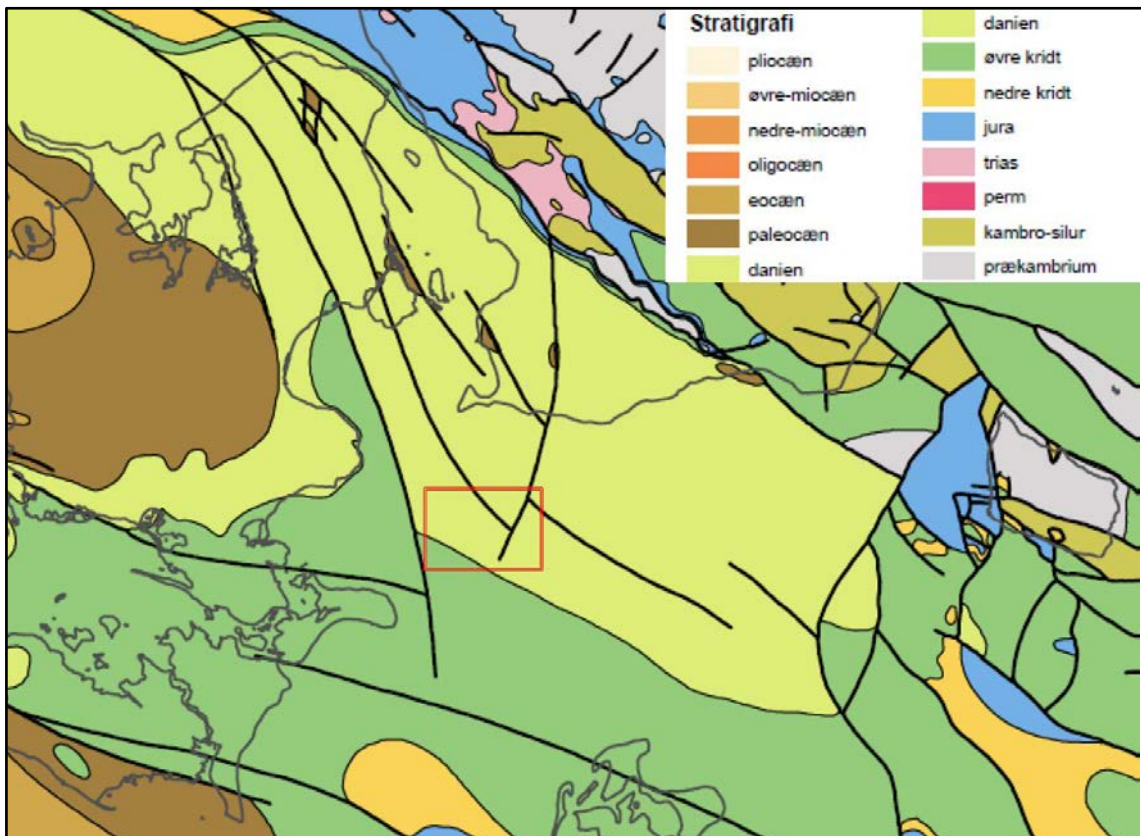


Figur 7-1 Placeringen af Kriegers Flak som en lavvandet flakdannelse i den sydvestlige del af Østersøen.

Overfladesedimenterne i Kriegers Flak undersøgelsesområdet (Figur 6-5) er præget af sand med lokale indslag af grus og sten, medens mere dyndede områder findes i den dybere nordvestlige og sydlige del af undersøgelsesområdet. Et højere liggende moræneområde præger havbunden i den sydøstlige del af Kriegers Flak, der forsætter over grænsen til det svenske territorialfarvand. På den centrale del af flakket findes næsten udelukkende sandede bunddtyper. På flakkets vestlige del findes et gennemgående bælte af moræneaflejringer, men kvartært ler (Baltisk Issø ler) er også kendt fra området.

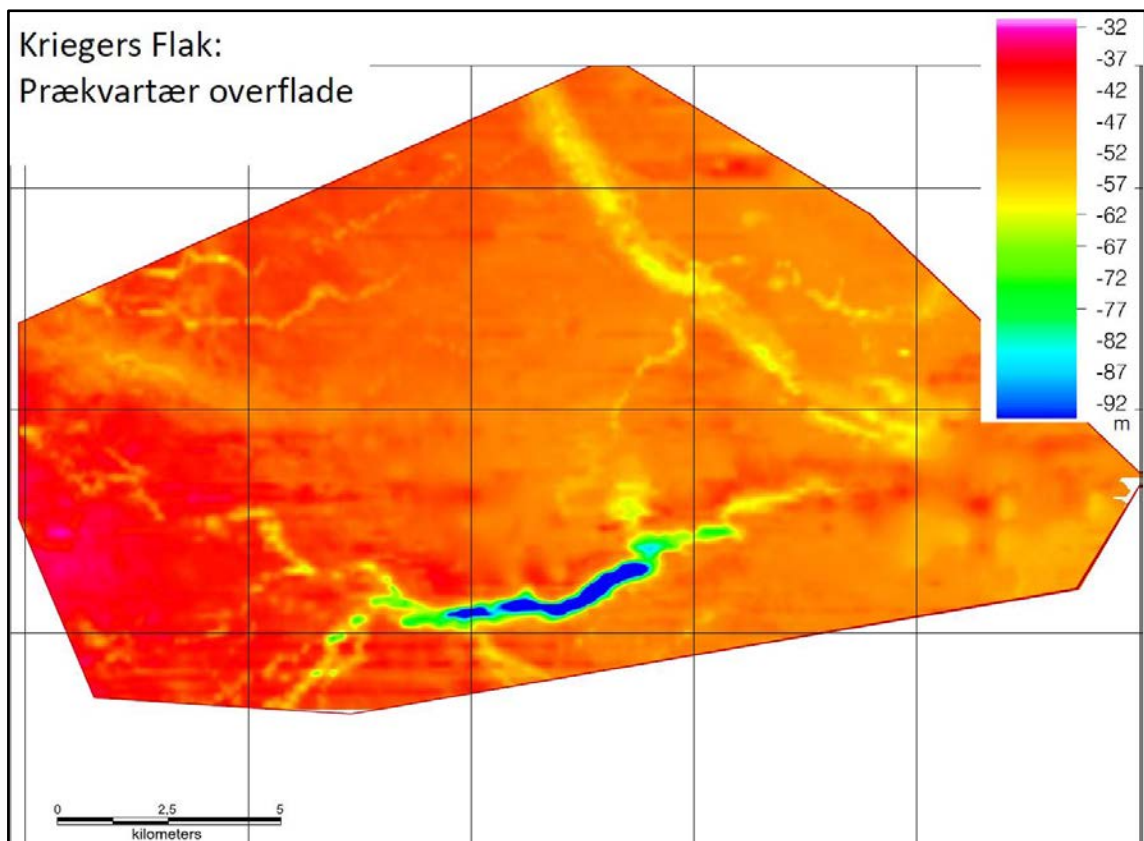
7.2 Generelle geologi

Strukturelt set ligger Krigers Flak området på overgangen mellem Ringkøbing–Fyn Højderyggen og Det Nordtyske Bassin. Prækvartæroverfladen består af Øvre Kridt- og Palæogene kalksedimenter (Danien) og selv om Det Fennoskandiske Skjold var peneplaniseret i Sen Kridt, bevirkede, bl.a. tryk fra Alperne, at områder blev hævet med jordskorpebevægelser og forkastninger til følge. På et udsnit af Varv prækvartær kortet (Petersen 1992) ses den generelle jordartsfordeling og forløbet af de overordnede forkastninger.

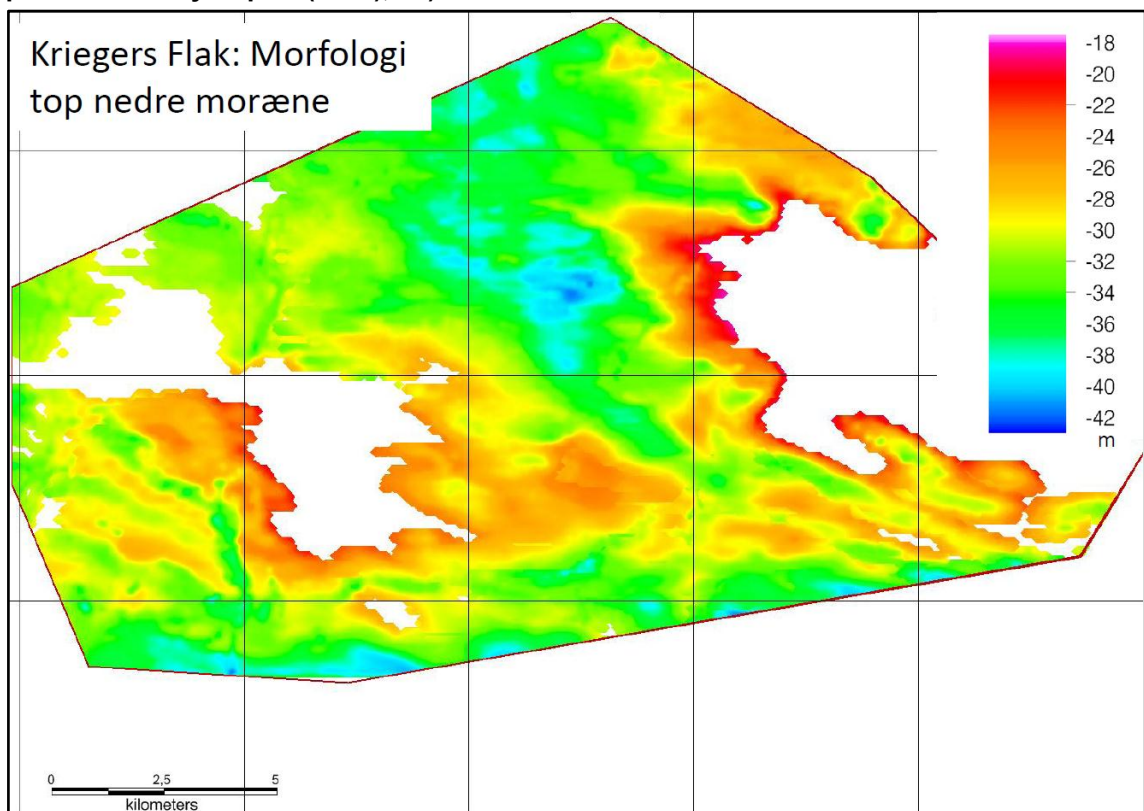


Figur 7-2 Udsnit af Varv Prækvartær overfladekortet (Petersen 1992). Den røde firkant angiver den omtrentlige placering af Krigers Flak.

I forbindelse med Energinet.DK kortlægningen 2013 blev bunden af den nederste moræne kortlagt, hvilket svarer til prækvartæroverfladen (se Figur 6-8). Den detaljerede prækvartæroverflade præsenteret i (Figur 7-3) viser en svagt nordligt hældende flade med dybde koter fra -35 til -45m, som er gennemskåret af et mindre antal kanaler, der sandsynligvis er dannet i svaghedszoner langs forkastninger, hvilket understøttes af Varv Prækvartær kortet.

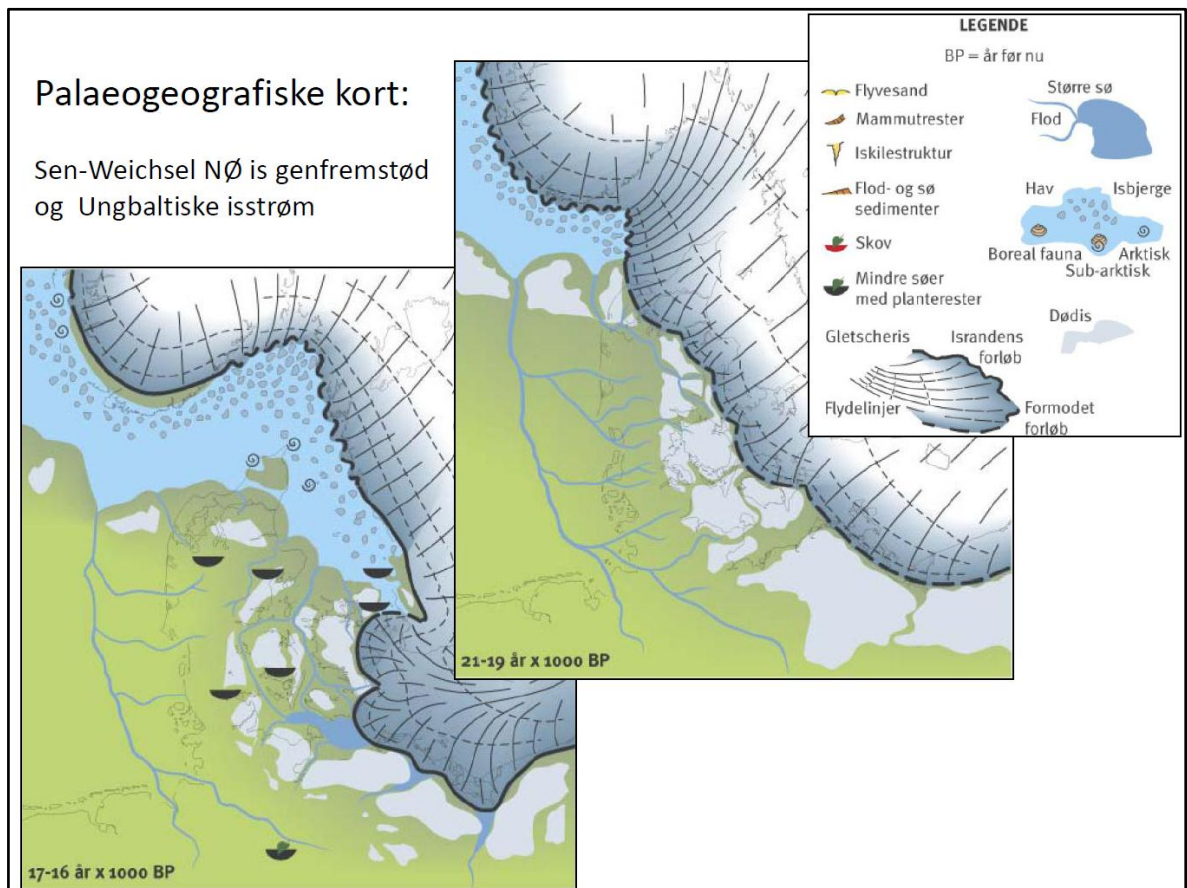


Figur 7-3 Kriegers Flak prækvartæroverfladen kortlagt i 2013 (Kriegers Flak OWF – Interpretive- Survey Report (2013), v4).



Figur 7-4 Kriegers Flak top nedre moræne morfologi kortlagt i 2013 (Kriegers Flak OWF – Interpretive- Survey Report (2013), v4).

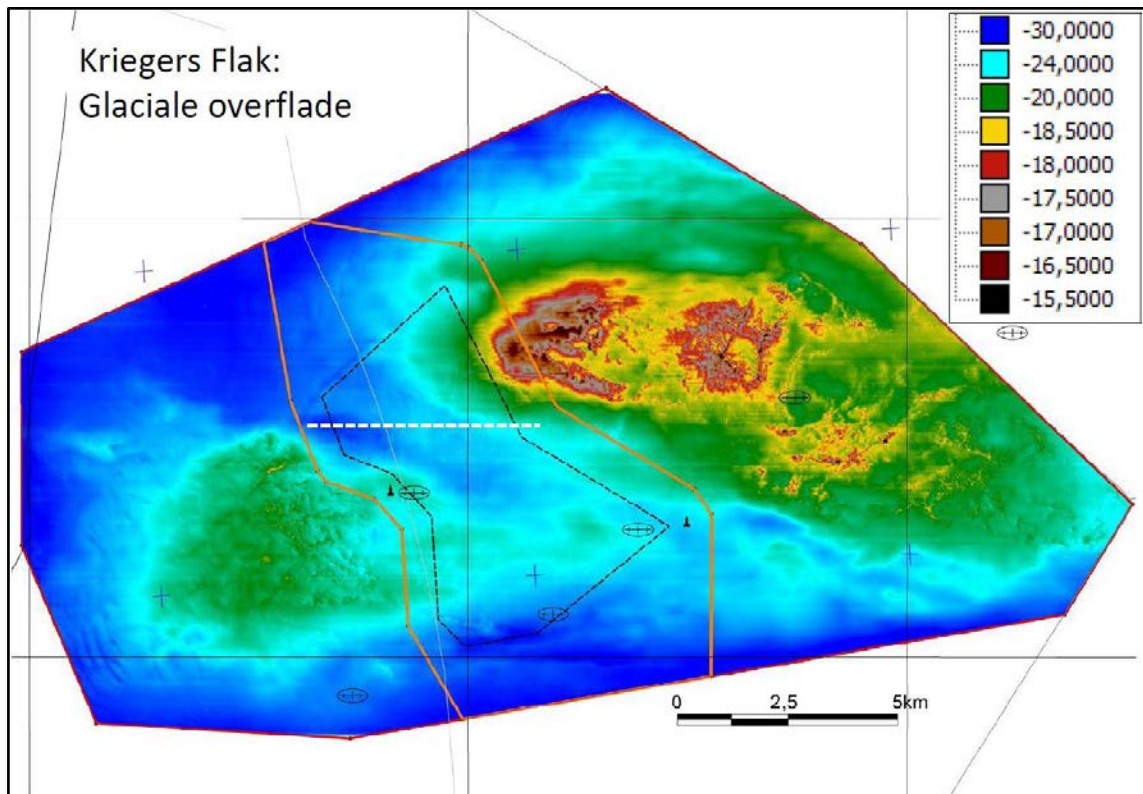
De glacielle aflejringer er domineret af 3 moræneenheder hvor af de 2 nederste er bundmoræner, medens den øverste er flydemoræne, som udfylder lavninger i landskabet. Den nederste moræne er hovedansvarlig for den glacielle overflademorfologi på Kriegers Flak og top nedre moræne kortet (Figur 7-4) viser aflange morænerygge med en nordvest-sydøstlig orientering, hvilket passer med den generelle opfattelse (Houmark, Krüger og Kjær 2005) at et NØ is fremstød omkring 19 000 år før nu gav ophav til mange glacielle tektoniske forstyrrelser i regionen (Figur 7-5). Den yngre bundmoræne kan relateres til det afsluttende Ungbaltiske isfremstød, som ligeledes ved den endelige afsmeltning har efterladt den øverste flydemoræne.



Figur 7-5 Palaeogeografiske kort som viser dels Sen_Weichsel NØ fremstødet 19000 år før nu og dels den Ungbaltiske isstrøm omkring 17000 år før nu. (Houmark, Krüger og Kjær 2005).

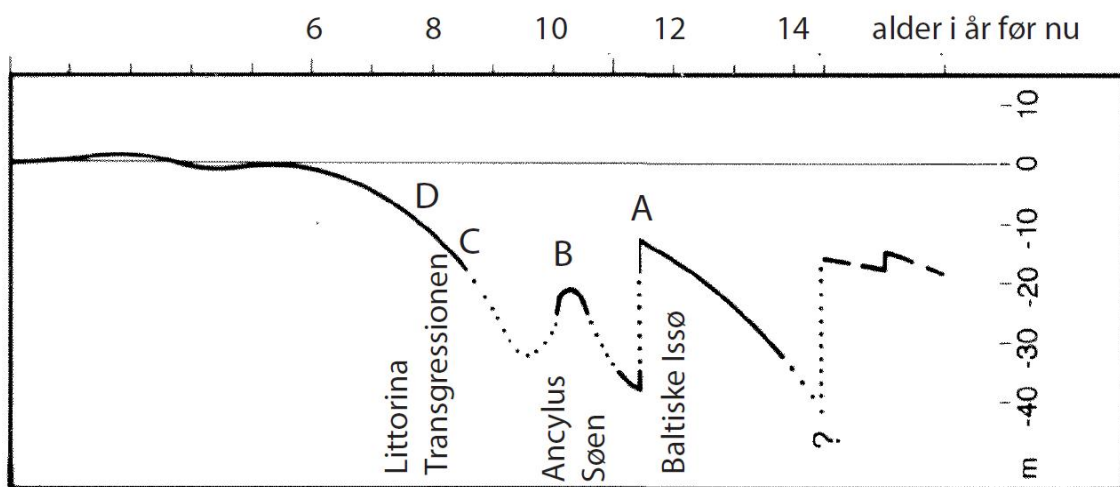
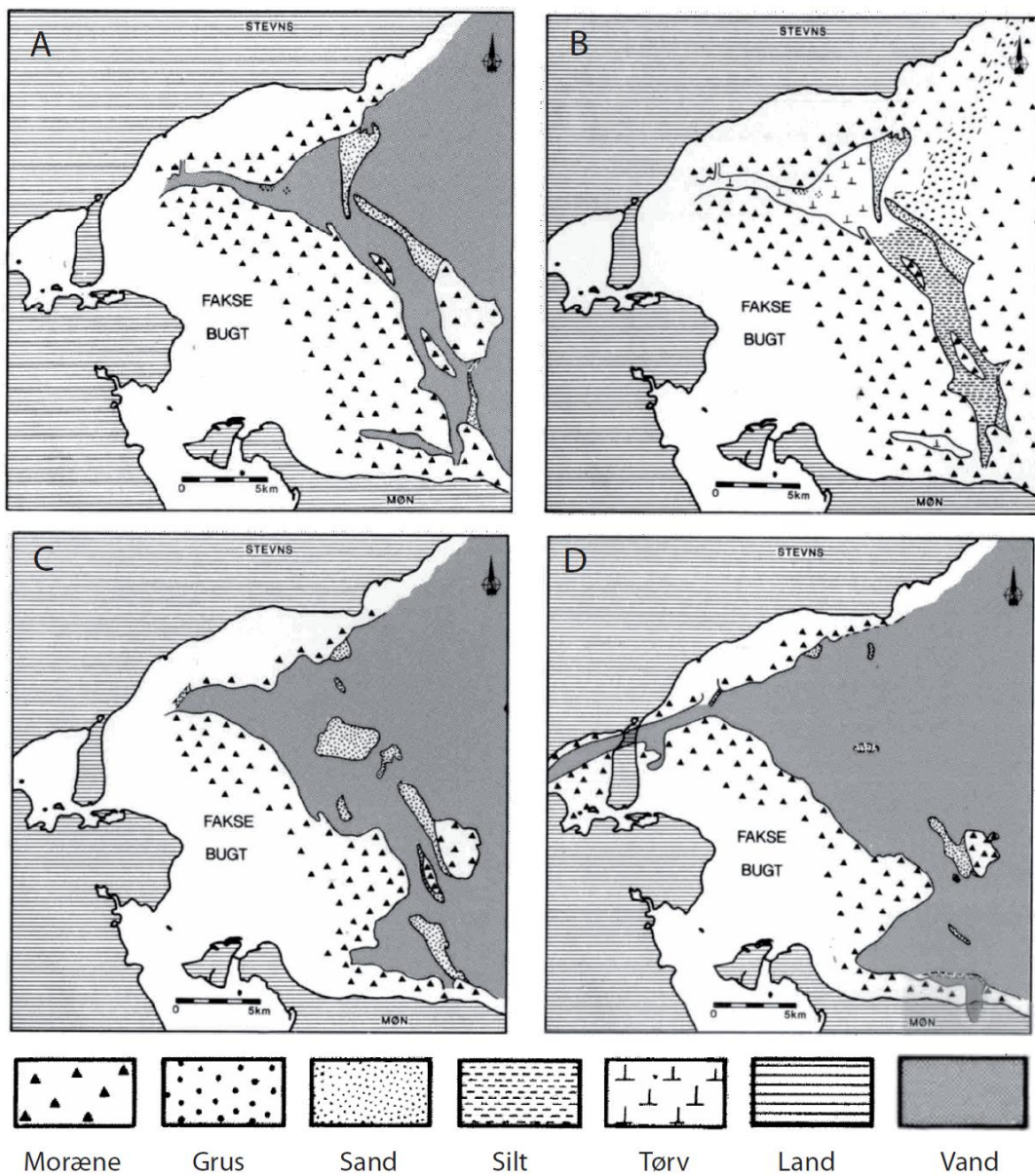
Efter deglaciationen omkring 16 000 år før nu, fremstod det glacielle landskab på Kriegers Flak som markante morænerygge. Denne morfologi er genskabt ved at grille bunden af den Holocene Marine 3 (HM3) enhed og kombinere med bathymetrien, hvor morænelag udgør havbunden i dag. Derved angives det nærmeste man kan komme den morfologiske glacielle overflade, som var udgangslandskabet ved den første lokale transgression. Den glacielle overflademorfologi (Figur 7-6) viser en østlig moræneknold, som i store områder ligger i intervallet 18 – 15m under nuværende havniveau, medens den østlige moræneknold ligger omkring 20m under nuværende havniveau. I den generelle områdebeskrivelse er der beskrevet et frit stræk til Bornholm på over 100km (Figur 7-1), hvilket har givet optimale betingelser for kysterosion, transport og aflejring på den vestlige læside da det lokale

Baltiske Issø transgressions niveau nåede omkring 20m under nuværende havniveau for omkring 13.000 år siden (Figur 7-7), som det er dokumenteret af undersøgelser i Fakse Bugt (Jensen 1992).



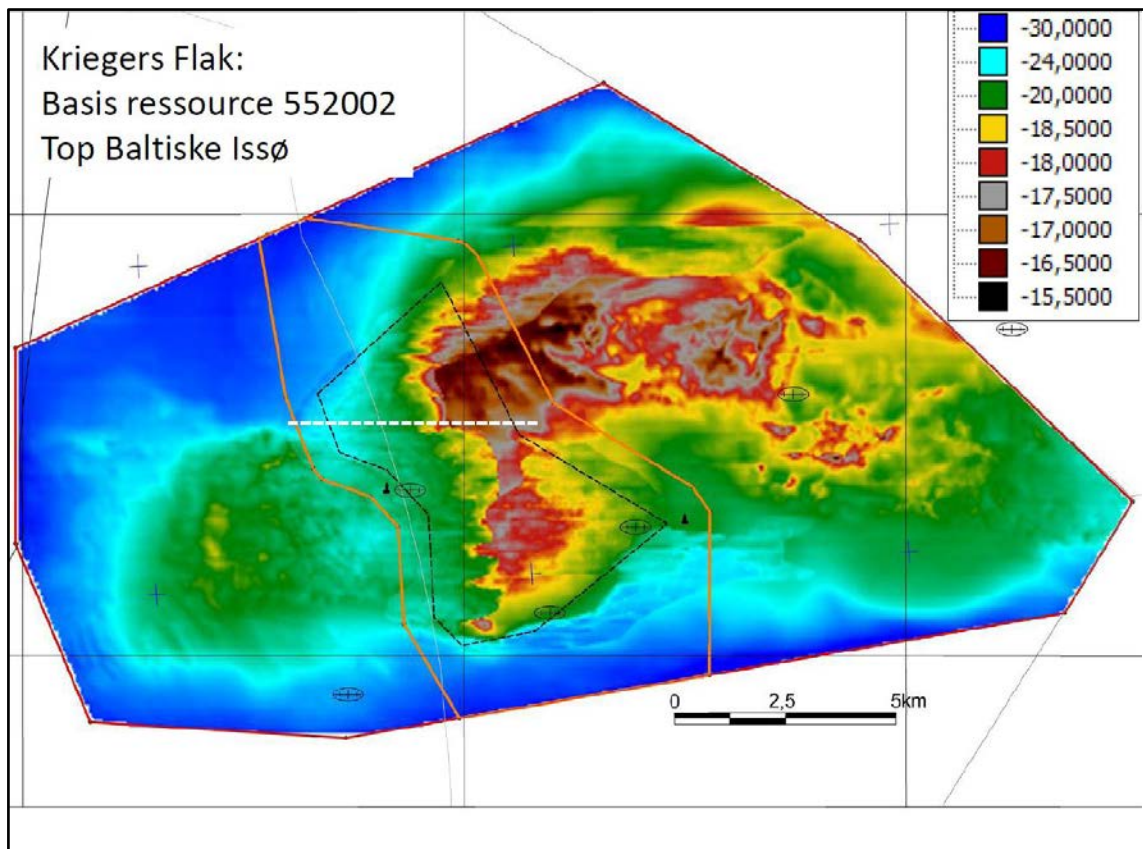
Figur 7-6 Kriegers Flak glaciale overflademorfologi kortlagt i 2013 (Kriegers Flak OWF – Interpretive- Survey Report (2013), v4). Hvide stiplede linje angiver placering af geologiske profil (Figur 7-9).

Undersøgelserne i Fakse Bugt afslørede at Den Baltiske Issø transgrederede i perioden 13 000 – 11 500 år før nu og at det maksimale transgressionsniveau var omkring 13m under nuværende havniveau. Den Baltiske Issø blev afslutningsvis tappet med et fald på omkring 25m i vandniveau, inden Ancylus Søen transgrederede til et niveau omkring 20 under nuværende havniveau, for lidt over 10 000 år siden. Ancylus Søen blev ligeledes dræneret dog med et noget mere beskedent fald i vandniveau, inden den marine Littorina transgression nåede omkring 20 meter under nuværende havniveau for omkring 9000 år siden og siden fortsatte transgressionen til vores nuværende kystniveauer.



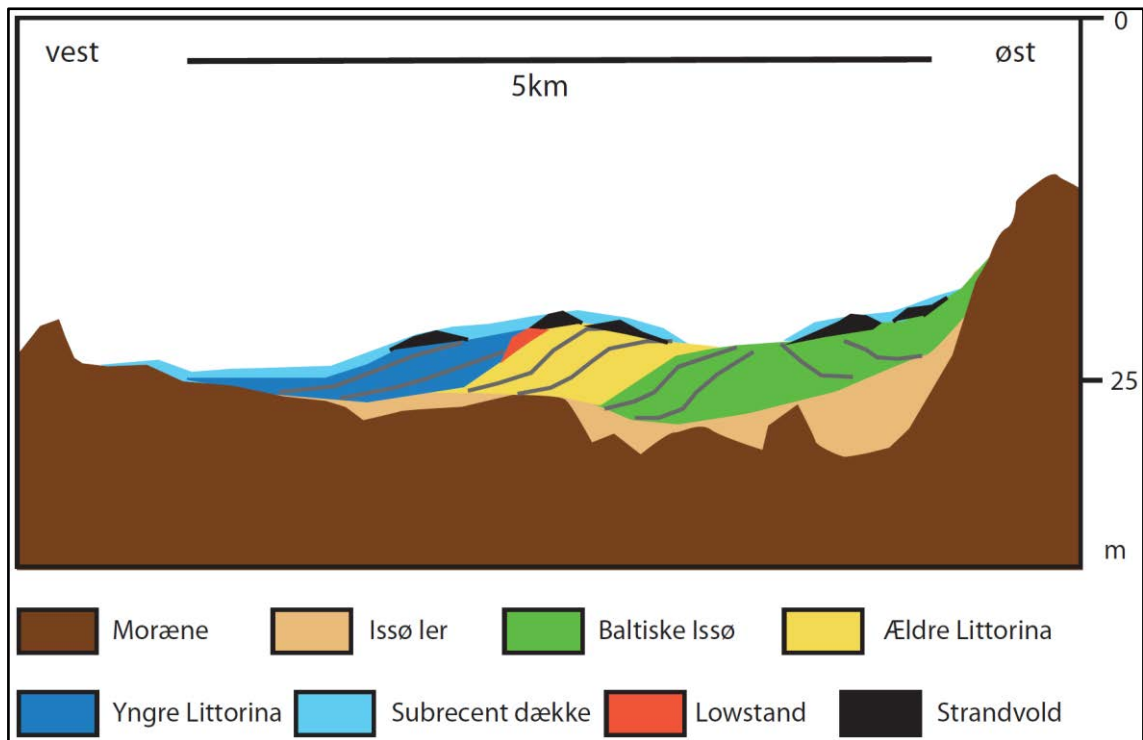
Figur 7-7 Sen og Postglaciale palæo kystniveauer i Fakse Bugt (Jensen 1992).

På Kriegers Flak er sedimenterne fra den Baltiske Issø kortlagt og det geologiske profil på Figur 7-9 viser at der blev aflejret lerede issøsedimenter i den initiale fase, men den fortsatte transgression medførte at der blev aflejret sand og grus aflejringer på den vestlige læside af den dominerende østlige Kriegers Flak moræne knold. Kortlægningen af overfladen af Den Baltiske issø kystaflejringer viser tilstedeværelsen af en meget stor sand og grus banke, som strækker sig omkring 5km i øst-vestlig retning og omkring 10km i nord-sydlig retning (Figur 7-8). De interne strukturer i de seismiske data viser at der findes storskala prograderende sand forsets med varierende indhold af grus, som er 3 – 5m høje og som stedvist er dækket af 1 til 2m topfacies, som ofte består af sand med høje koncentrationer af grus og sten. Issø kystaflejringerens dominerende forskel fra de yngre kystaflejringer er at enheden mangle indhold af marine skaller.



Figur 7-8 Kriegers Flak Top Baltiske Issø. Hvide stiplede linje angiver placering af geologiske profil (Figur 7-9).

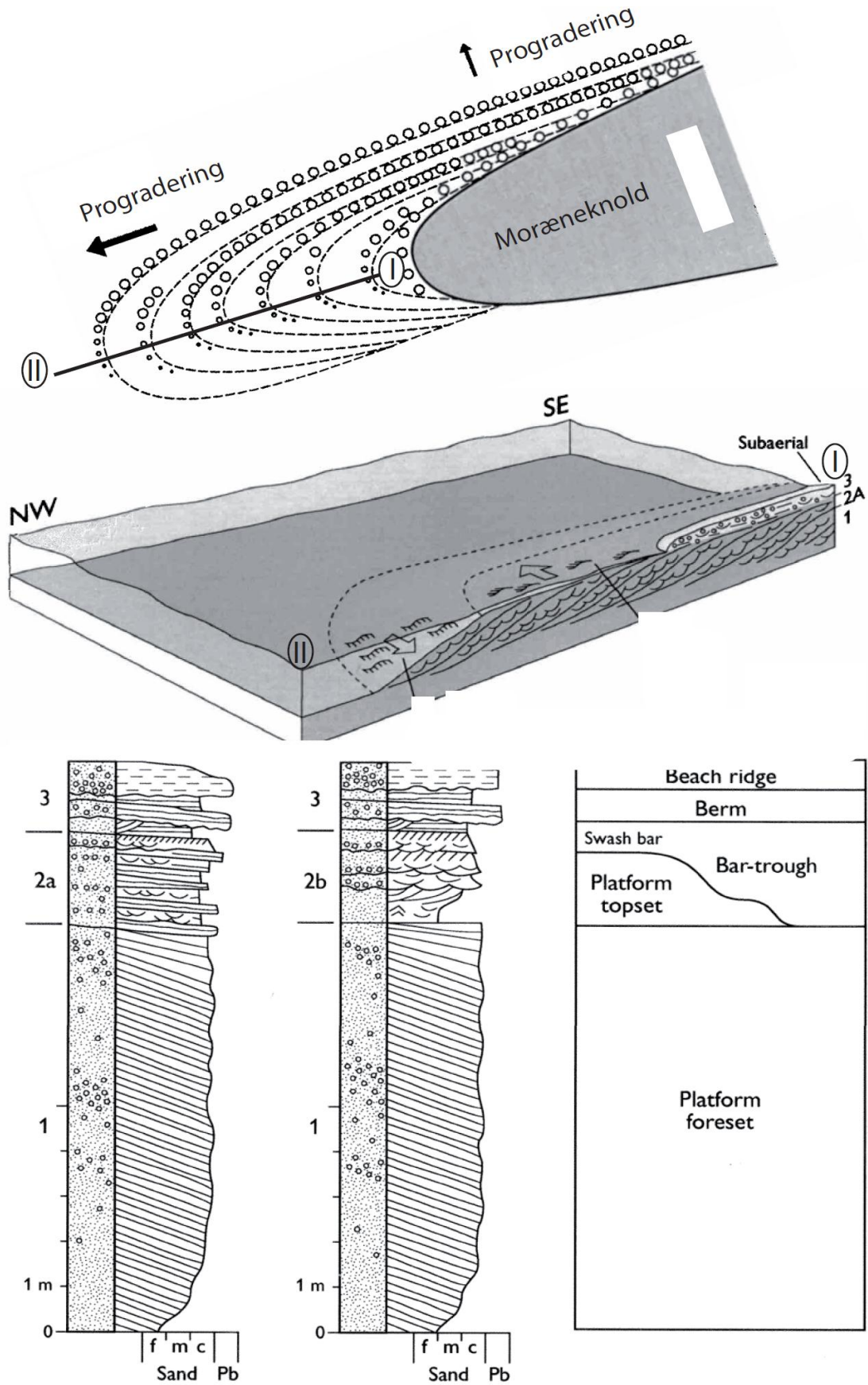
Den overordnede morfologiske form af den Baltiske Issø kystsystemet (Figur 7-8) samt de interne strukturer i de sandede og stenede kystaflejringer (Figur 7-9 og Bilag B1 – B5) peger på opbygningen af et kompliceret odde platform system, som består af store platform forsets der hovedsagelig har prograderet mod vest og syd, men som også har en udbygningskomponent mod vest, syd for moræneknolden. Disse udbygninger har foregået under det til en hver tid eksisterende vandniveau, medens der samtidig har foregået topset sedimentation i kystzonen i form af stenede strandvolde og øvrige kystzone grovkornede sedimenter.



Figur 7-9 Kriegers Flak geologisk profil

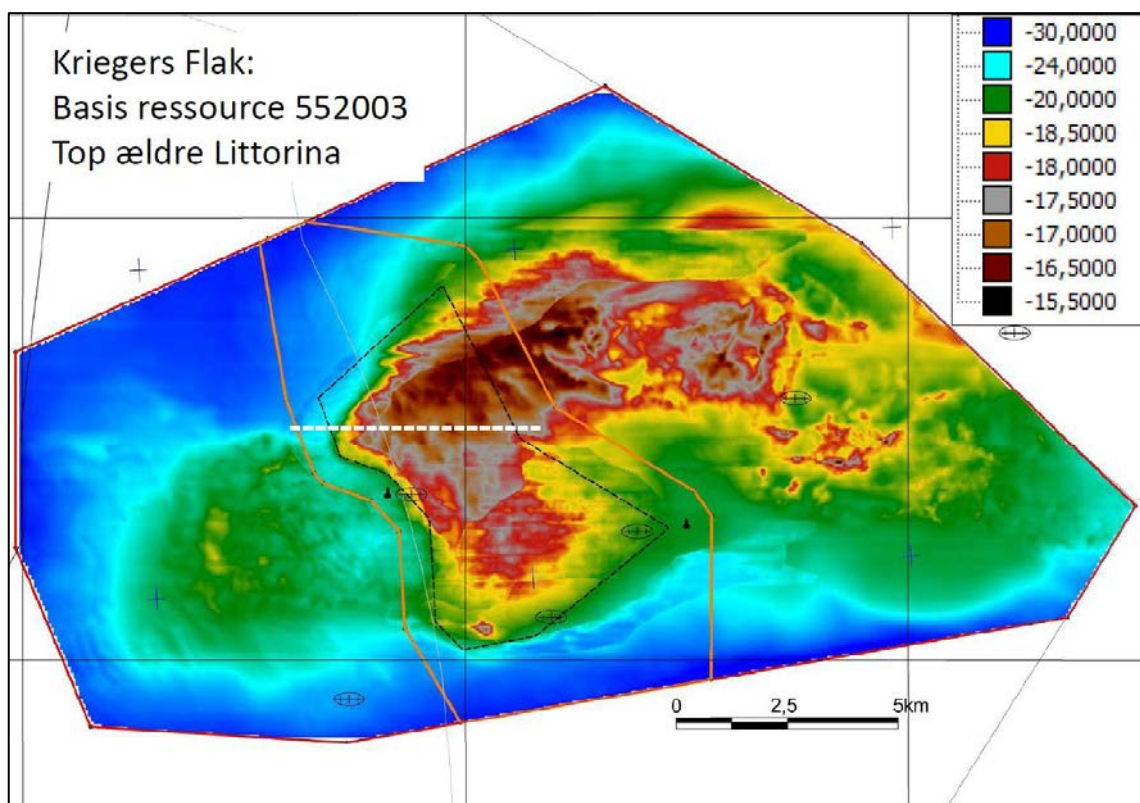
Sedimentationshistorien i et grovkornet odde platform system og de fremherskende sedimenttyper kan beskrives (Figur 7-10), med baggrund i studier foretaget af Nielsen et al. (1988).

Specielt ved første transgressionen af det glaciale landskab er det nemt at erodere det umodne morænelandskab og aflejre de proksimale paraglaciale kystaflejringer i prograde-
rende odde platform sand forsets, som i de proksimale dele kan indeholde store procentde-
le af grus og sten. Prograderingen er mest dominerende nedstrøms, men når der er store
sedimentmængder prograderer odden også vinkelret på oddens længderetning. De 3- 5m
høje odde platform forsets aflejres under vand, medens kystzonens opskyldsyg og strand-
voldssedimenterne dannes i strandlinjen og op til et par meter over. Kystzonens sedimenter
udgøres af grusede topsets og egentlige grusede og stenede strandvoldsdannelser, der
ligger som op til et par meter tykke horisontale lag på toppen af odde platformen.



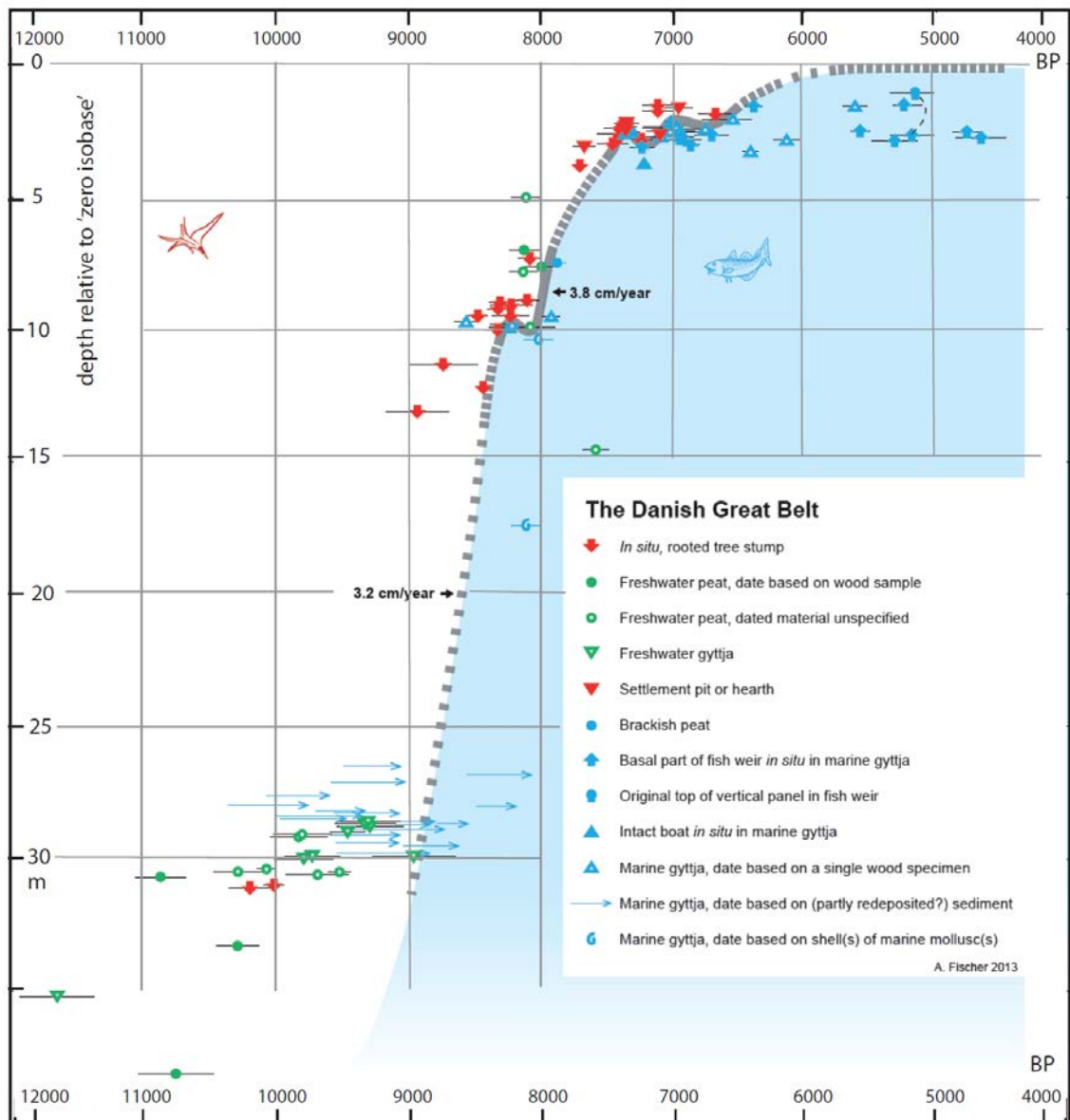
Figur 7-10 Geologisk model for odde platform dannelse (profil I-II viser progradering). (Nielsen et al 1988).

De tidligere undersøgelser fra Fakse Bugt (Jensen 1992) viser at den Baltisk Issø transgression blev afbrudt af en pludselig regression på grund af taping af issøen. Derved blev odde udbygningen afbrudt i en periode på omkring 2 500 år (se Figur 7-7) da Ancylus Søens transgression ikke havde mærkbar effekt i det kortlagte undersøgelsesområde. Først da Littorina transgressionen for omkring 9000 år siden begyndte at transgredere de gamle Baltiske Issø kystsedimenter, fortsatte udbygningen af odde platform systemet efter samme princip som tidligere, blot med den væsentlige forskel at der er et indhold af marine skaller. På Figur 7-9 viser det geologiske profil den ældre Littorina fortsatte progradering på skuldrene af den gamle Baltiske Issø odde platform og det ses desuden at en erosionsdiskordans afbryder sedimentationen inden et yngre Littorina system afslutter odde platform sedimentationen. Udbredelsen af det ældre Littorina odde platform system er kortlagt og morfologien af top ældre Littorina perioden på Kriegers Flak er præsenteret på Figur 7-11, hvor det ses at den vestlige og sydlige kyst prograderinger er fortsat.



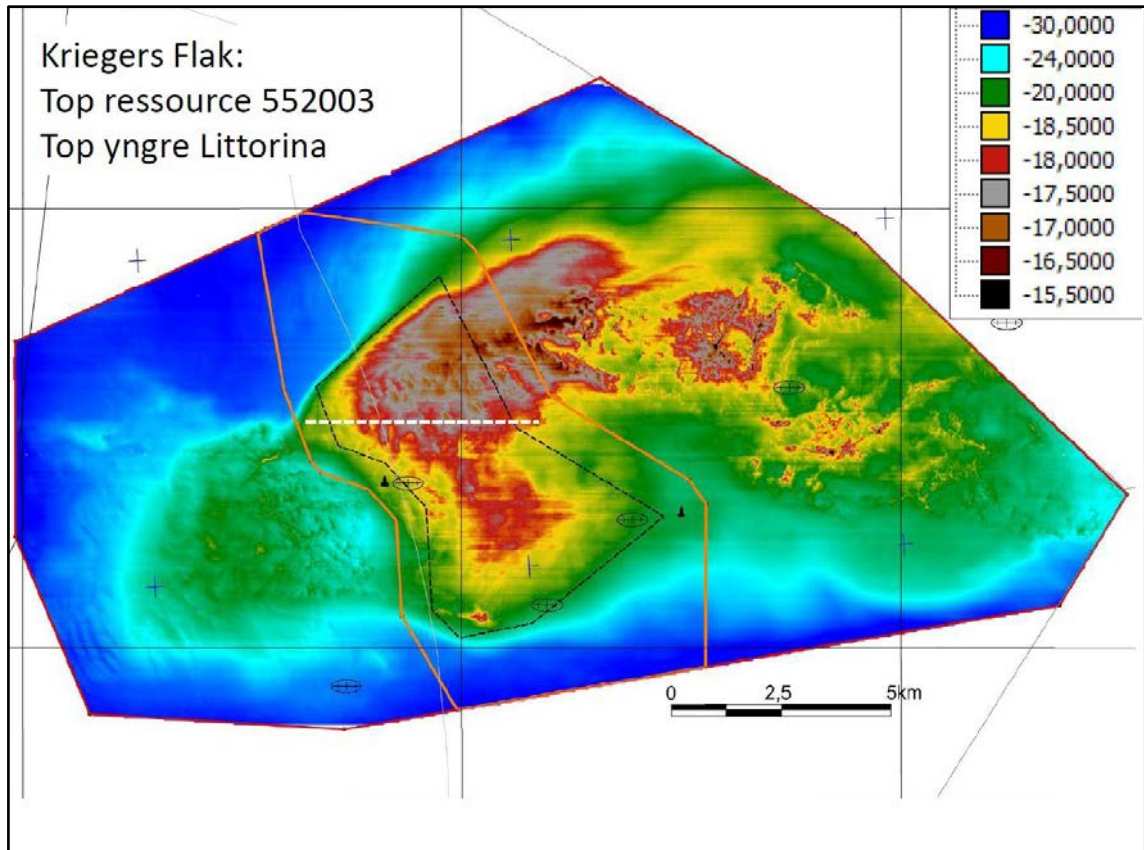
Figur 7-11 Kriegers Flak Top ældre Littorina. Hvide stiplede linje angiver placering af geologiske profil (Figur 7-9).

Erosions diskordansen på toppen af den ældre Littorina odde platform overlejres af en kileformet enhed, som det kan erkendes på bilagene B2 – B5. På det geologiske profil Figur 7-9 er det tolket som en lowstand enhed, som opstod på grund af et mindre fald i havniveau, inden den generelle Littorina transgression fortsatte. Et eksempel på en sådan klimarelateret variation er beskrevet fra havniveau ændrings undersøgelser i Storebælt af Fischer (2013) (Figur 7-12)



Figur 7-12 Sea-level rise in the Great Belt from (Fischer 2013) timescale changed to years BP. The graph is based on radiocarbon-dated phenomena located on the contemporary land surface and seabed. These fix points are shown as geometric symbols placed on horizontal lines that represent ± 1 standard deviation. The most exact data points are shown as solid symbols. Most of these derive from archaeological fieldwork. Recorded depths have been adjusted to take account of isotactic uplift subsidence since the maximum extent of the Littorina Sea. Dates for gytja sediment samples from geological cores (depth > 26m) may be significantly older than their actual time of deposition due to contamination by material washed in from older deposits. The method and most of the data that form the basis for the graph are presented in Fischer 1991, 1995; Christensen 1995; Christensen et al. 1997; Fischer & Pedersen 1997. The undulations in the sea-level curve may be the result of climatic variation.

Den fortsatte Littorina transgression medførte at odde platform dannelsen ligeledes fortsatte på Kriegers Flak. Det ses på B2 – B5 bilagene og det illustreres på det geologiske profil Figur 7-9, som den yngre Littorina enhed. Gradvist druknede Kriegers Flak kyst systemet og på Figur 7-13 vises overflade morfologien af Kriegers Flak på tidspunktet da odde platform systemet var fuldt udbygget.

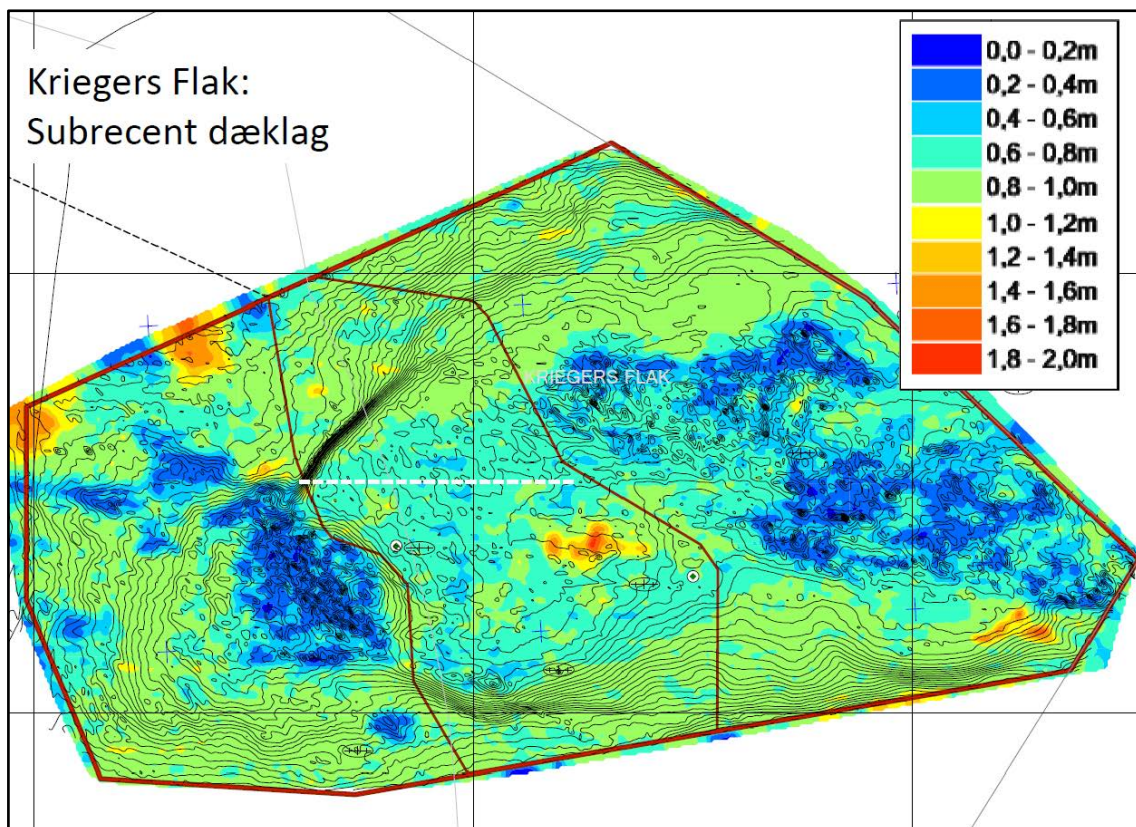


Figur 7-13 Kriegers Flak Top yngre Littorina. Hvide stiplede linje angiver placering af geologiske profil (Figur 7-9).

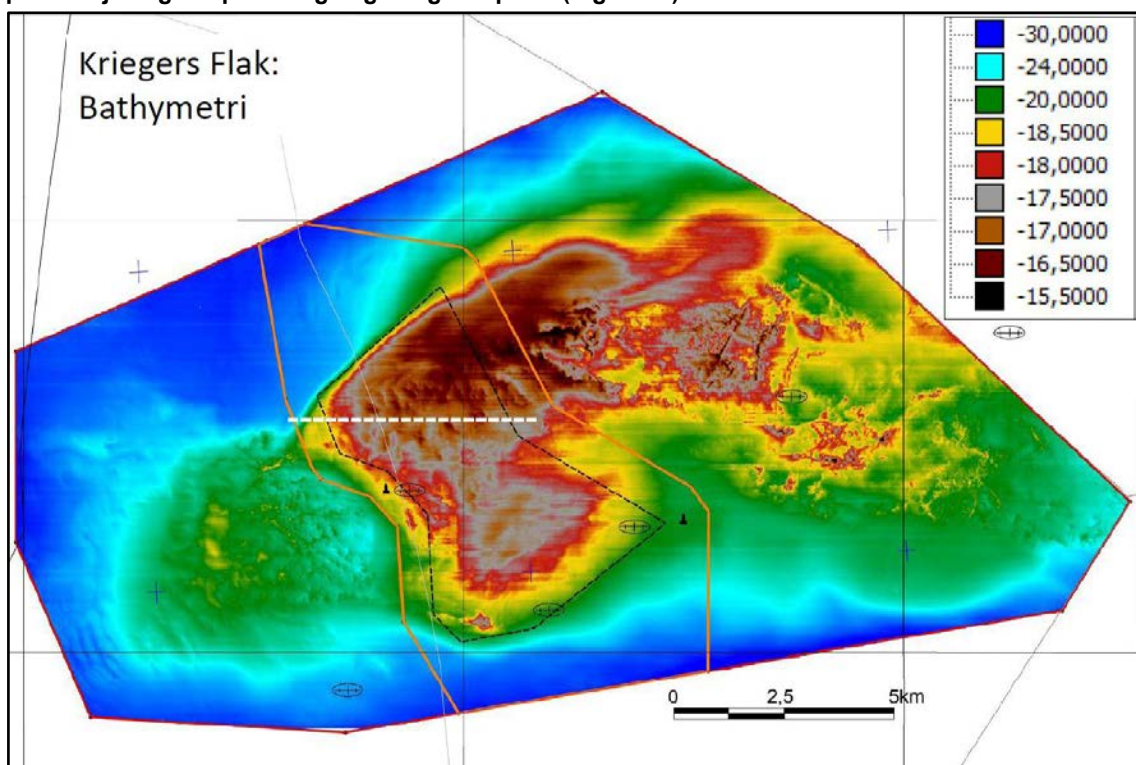
Siden Kriegers Flak druknede og frem til i dag har bølger og strøm modificeret odde platform systemet, som dels har været udsat for erosion og dels er pålejret hovedsagelig mellemkornet sand. Generelt er det subrecente dæklag lagtykkelserne på 0 – 0,5m, men i området umiddelbart sydøst for odde platformen op til omkring 2m, som det fremgår af Figur 7-14.

Det subrecente dæklag er dokumenteret på bilagene B2 – B5 og aflejningsprincippet er illustreret på det geologiske profil Figur 7-9.

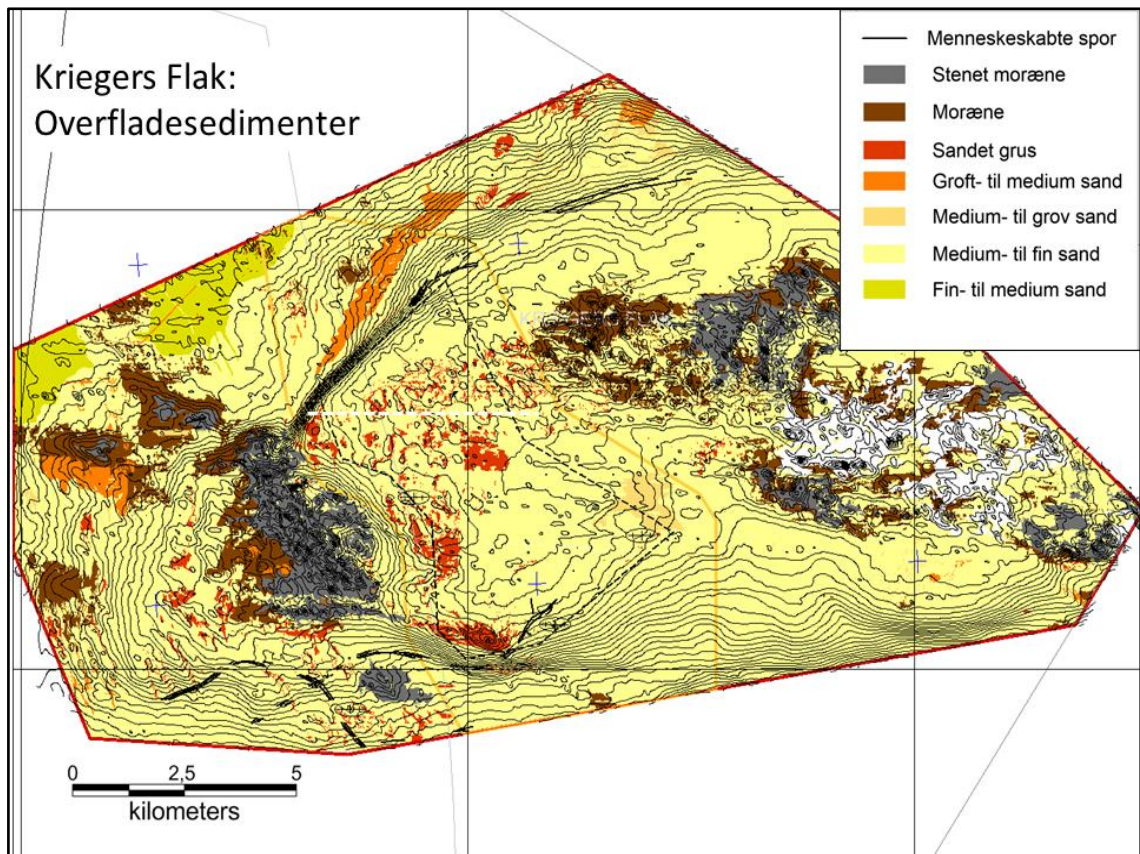
Den nutidige bathymetri (Figur 7-15) udtrykker således et puslespil af de glaciale og post-glaciale processer med en usammenhængende glasur af subrecent marint sand. Forståelsen af overfladesedimentkortets fordeling af lithologier (Figur 7-16) er helt afhængig af før omtalte geologiske udvikling, hvor de østlige og vestlige moræneområder har været ankerpunkter for de sen og postglaciale sand og grus kystsekvenser, hvis grove strandvoldsdannelser pletvist stikker igennem det subrecente dæk sandlag.



Figur 7-14 Kriegers Flak tykkelse af subrecente dæklag. Data fra Energinet 2012 survey. Kriegers Flak OWF – Geophysical _Survey-Results (2013), v4. Sorte kurver er dybde konturer og hvide stiplede linje angiver placering af geologiske profil (Figur 7-9).



Figur 7-15 Kriegers Flak bathymetri grid (5m grid celle størrelse). Data fra Energinet 2012 Kriegers Flak OWF – Geophysical _Survey-Results (2013), v4. Hvide stiplede linje angiver placering af geologiske profil (Figur 7-9).

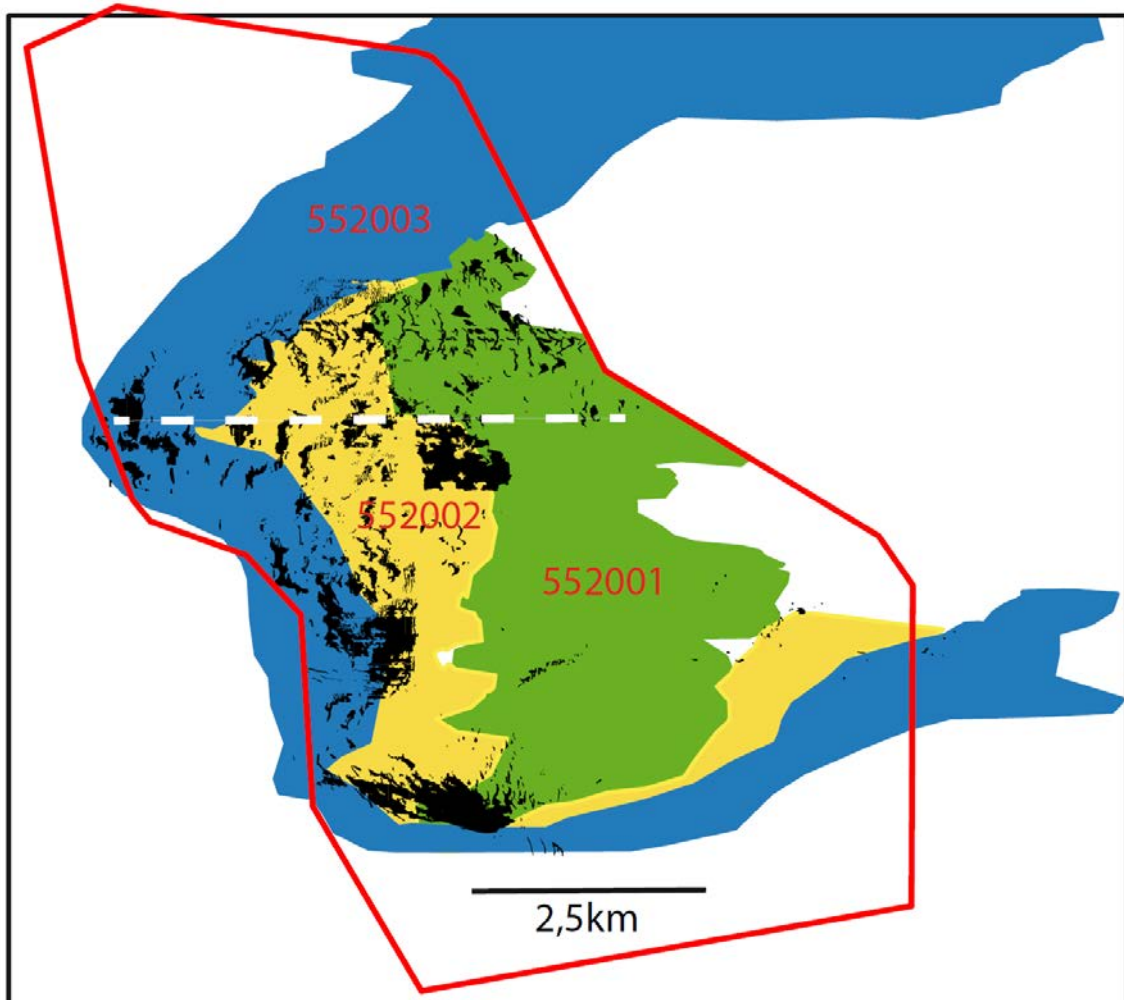


Figur 7-16 Kriegers Flak overfladesedimenter. Data fra Energinet 2012 survey. Kriegers Flak OWF – Geophysical _Survey-Results (2013), v4. Hvide stiplede linje angiver placering af geologiske profil (Figur 7-9).

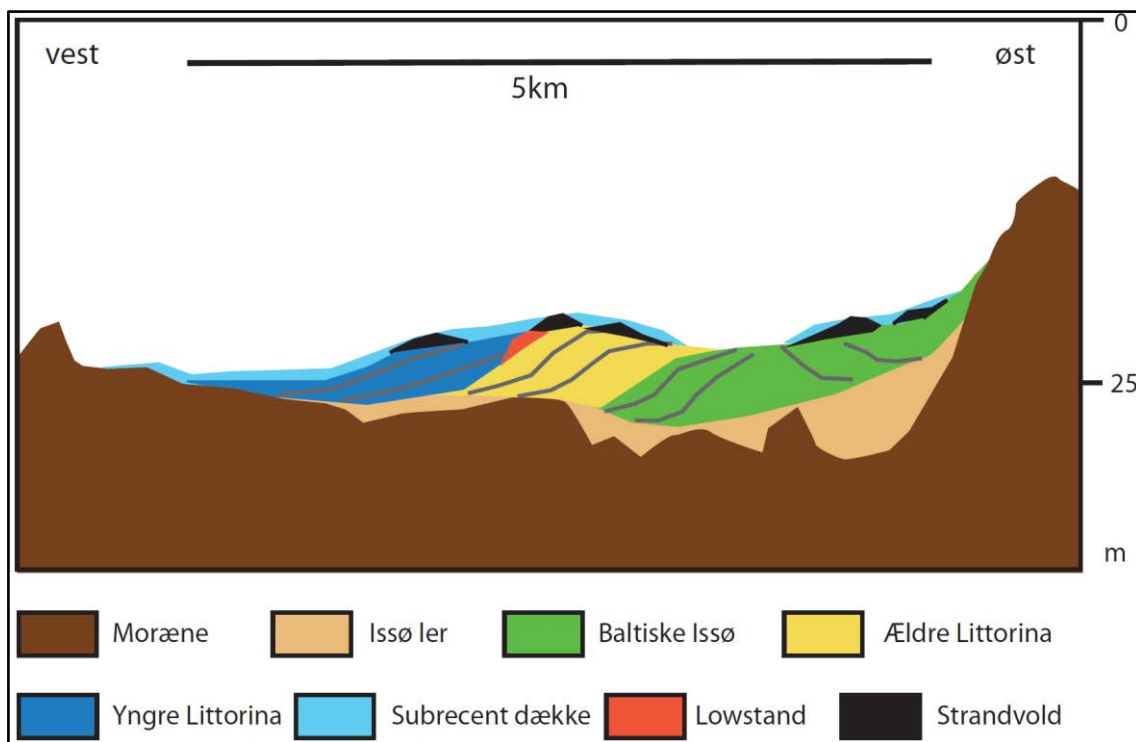
8. Resultater af råstofkortlægningen

Kombinationen af odde platform, strandvolde og dæksand er nøgleord i vurderingen af sand og grus råstofferne på Kriegers Flak.

Den generelle geologiske gennemgang af Kriegers Flak området afslørede at sand og grus ressourcerne kunne opdeles i 3 enheder relateret til Baltiske Issø transgressive kystdannelser, ældre Littorina kystdannelser og yngre Littorina kystdannelser. Desuden findes der et subrecent sand dække, der kan opfattes som en sandressource. Udbredelsen af de enkelte geologiske enheder, samt tykkelserne er kortlagt som en del af projektet, hvor de Baltiske Issø sand og grus ressourcer er kortlagt i ressourceområde 552001, ældre Littorina sand og grus ressourcer er kortlagt i ressourceområde 552002 og yngre Littorina sand og grus ressourcer er kortlagt i ressourceområde 552003. Den arealmæssige fordeling af ressourceområderne er vist på Figur 8-1, hvor arealet som er friholdt til råstofindvinding ligeledes er angivet, medens et øst vest profil centralt gennem ressourceområderne er vist på Figur 8-2.



Figur 8-1 Kriegers Flak arealmæssige fordeling af ressourceområderne 552001 Baltiske Issø kystdannelser, 552002 ældre Littorina kystdannelser og 552003 yngre Littorina kystdannelser. Den røde polygon angiver arealet som er friholdt til råstofindvinding medens den hvide stiplede linje angiver placering af geologiske profil (Figur 8-2).



Figur 8-2 Kriegers Flak geologiske profil. Baltiske Issø ressourceområde 552001, ældre Littorina ressourceområde 552002 og yngre Littorina ressourceområde 552003.

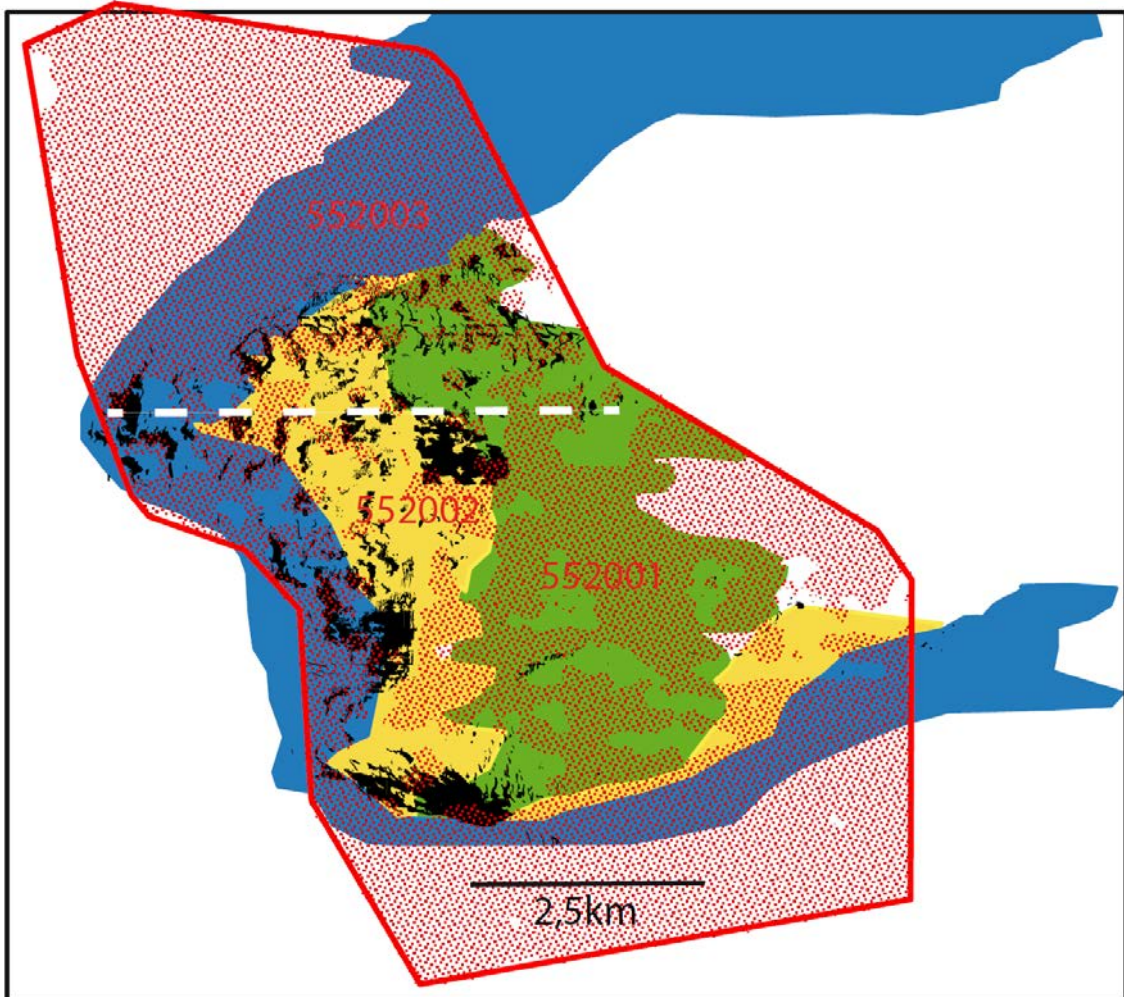
På Bilag A7 ses det officielle ressourcekort med angivelse af stratigrafi, ressource type og ressource sikkerhed, som det er defineret i den marine råstofdatabase der pt. er under udvikling i et samarbejde mellem Naturstyrelsen og GEUS. Korttypen er tidligere præsenteret i ressourceopgørelser til søs, eksempelvis Nørgaard-Pedersen & Jensen (2013). På ressourcekortet ses desuden arealgrænsen for området, som er friholdt for Kriegers Flak Vindmøllepark og forbeholdt råstofindvinding, samt en mindre arealmæssig delmængde, som er reserveret til Femer Bælt råstofindvinding.

Det subrecente sanddække er fordelt pletvist ud over ressourceområderne, som det er vist på Figur 8-3 og kan i visse områder enten opfattes som overjord på odde platform dannelserne eller i sig selv være en sand ressource. De proksimale strandvoldsdannelse er hovedsagelig aflejret som aflange rygge på odde platformen og er meget interessante som grus og sten ressource. Overfladesediment kortets polygoner med sandet grus er tolket som potentielle strandvoldsdannelse og på Figur 8-3 ses det tydeligt at strandvoldsdannelse ofte stikker igennem dæksandet og er direkte tilgængelige på havbunden, men at det er nødvendigt med en detaljeret indvindingsplan for at undgå skiftevis at indvinde sand og grus, når man sejler på tværs af sedimentgrænserne. Multibeam og sidescan data afslører at spor fra tidligere sand indvindinger til Øresundsforbindelsen har haft problemer af ovenstående karakter.

I de følgende afsnit vil de enkelte kortlagte ressourceområder blive gennemgået med hensyn til arealmæssige fordeling, voluminer og kvaliteter. Den arealmæssige fordeling og voluminer er opmålt ved hjælp af de seismiske data og er præsenteret på ressourcekortene for områderne 552001 (Bilag A8), 552002 (Bilag A9) og 552003 (Bilag A10). Den seismiske dækning er dokumenteret i kortbilag A2, medens metadata for de enkelte sejllinjer kan findes i GEUS's Marin shallow-geofysiske database Marta. Hvad angår sedimenttyperne og

råstofkvaliteten er der i denne rapport præsenteret udvalgte prøvetagninger i C bilagene (lokalisering se Bilag A8, A9 og A10), medens samtlige prøver som er præsenteret på kortbilag A3, samt de tilhørende laboratorieanalyser, kan findes i GEUS's Nationale boringsdatabase (Jupiter).

Generelt kan det siges om Kriegers Flak ressourcerne at de petrografiske analyser viser at alle forekomster opfylder kravene til højkvalitets betontilslag og stenmaterialet lever op til klasse M sten, medens de kornstørrelsesmæssige forhold varierer fra den ene ressource til den anden.



Figur 8-3 Kriegers Flak arealmæssige fordeling af ressourceområderne 552001 Baltiske Isthmus kystdannelser, 552002 ældre Littorina kystdannelser og 552003 yngre Littorina kystdannelser. Områderne med rød skravering er arealer som er friholdt til råstofindvinding med et mere end 0,5m tykt sanddække. De sorte aflange polygoner angiver fordelingen af sandet grus overfladesediment, hvilket hovedsagelig er tolket som strandvoldsdannelser. Hvide stiplede linje angiver placering af geologiske profil (Figur 8-2).

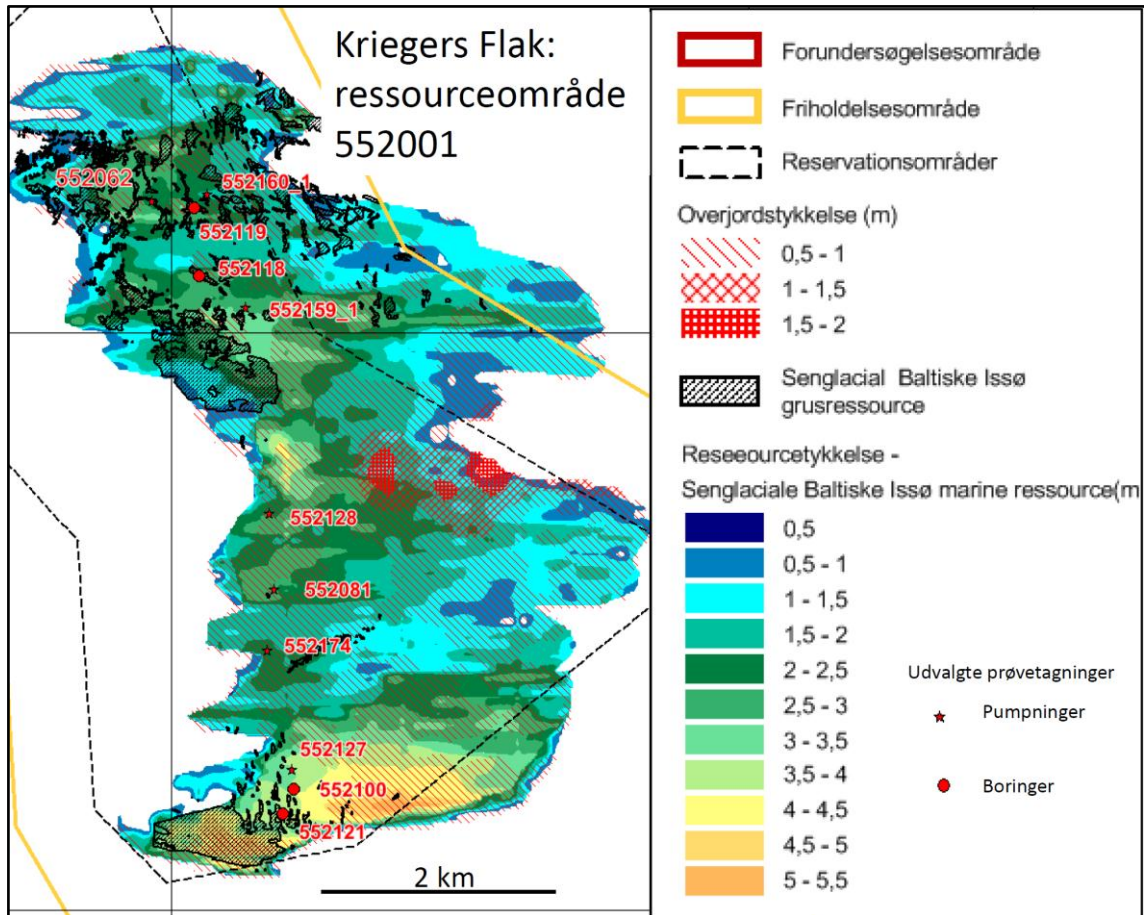
8.1 Ressourceområde 552001 Baltiske Isthmus sand og grus

De Baltiske Isthmus sand og grus ressourcer er i det generelle geologiske afsnit tolket som odde plattform dannelser med spredte topsets af grovkornet kystsekvenser, delvist som strandvolde (Figur 8-2). Udbredelsen og tykkelsen af systemet samt udvalgte prøvetagnin-

ger er vist på Figur 8-4 (For detaljer se Bilag A8) og eksempler på de storskala 3 – 5m høje odde platform forsets kan erkendes i de seismiske eksempler Bilag B2 - B5. Specielt i det nord-syd gående eksempel (Bilag B5) kan der erkendes forset hældninger både mod nord og syd, hvilket indikerer odde udbygning. Odde platform sedimenterne er hovedsagelig mellemkornet sand med et varierende indhold af grus og sten, som det fremgår af Boringerne 552100 (Bilag C7), 552121 (Bilag C11) og 552018 (Bilag C18), samt pumpning 552127 (Bilag C12) og pumpning 552128 (Bilag C13), medens topset delen består af sand med et højt indhold af grus og sten, som det ses i Boring 552119 (Bilag C19) og pumpning 552062 (Bilag C4). Fælles for alle enhedens oddeplatform og topset sediment er at der ikke er indhold af marine skaller. Et subrecente dæk lag præger store dele af ressourceområde 552001, med en tykkelse på op til omkring 1m, som det ses tydeligt i boringerne f.eks 552121 (Bilag C11), som et mellem til finkornet sandlag med få sten. I pumpningerne viser det sig som produktion af mellem til finkornet sand med varierende indhold af grus og sten afhængig af om man kommer igennem dæk sandlaget eller ej 552160 (Bilag C15), 552159 (Bilag C12) og 552127 (Bilag C12). Det subrecente dæk lag indeholder en del marine skaller som ved pumpning ofte iblandes de grovere odde sedimenter.

Kortlægningen af ressourceområde 552001 viser at der findes omkring 32 mio. m³ odde platform sand, med varierende indhold af grus og sten og at der på baggrund af arealdækningen med sandet grus, sammen med den seismiske vurdering af topset sediment er vurderet omkring 2 mio. m³ mulige grus og sten ressource.

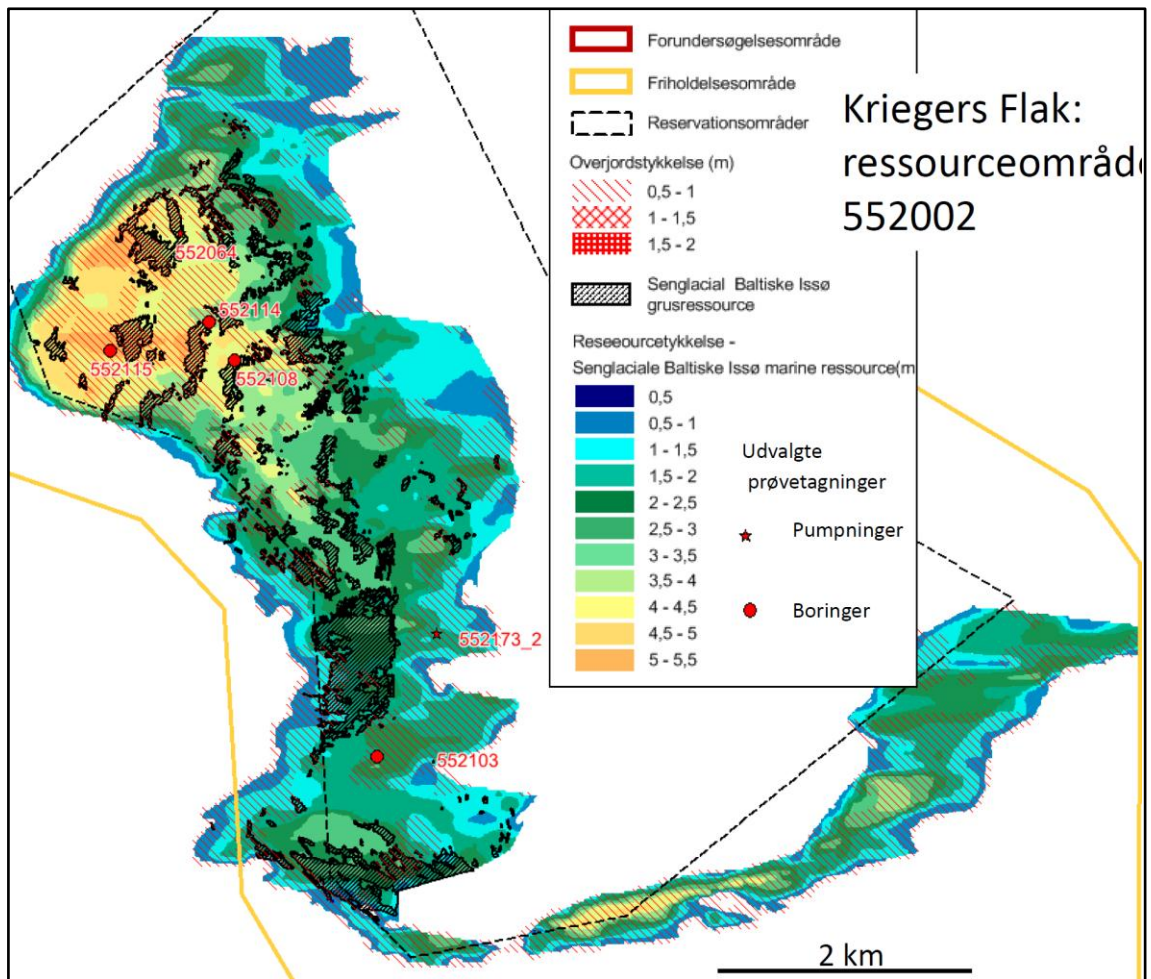
Tidligere undersøgelser dokumenterer at sandpetrografen af ressourceområde 552001 generelt opfylder kravene til høj kvalitets beton tilslag og stenmaterialet lever op til klasse M sten. Odde platform sandaflejringerne indeholder klasse A og B sand. Råstofklasse A er defineret som sandmateriale med uensformighedstal $U \geq 1,8$ og kornstørrelsesdiameter $D \geq 0,25$ mm. Råstofklasse B består af sandmateriale med $U(1,6-1,8)$ og $D \geq 0,25$ mm. I de grusede topsands og proksimale forset områder er der mulighed for at opfylde kravene til klasse II sand, som defineret i Figur 3-2, med uensformighedstal ≥ 2.0 .



Figur 8-4 Kriegers Flak ressourceområde 552001 Senglacial Baltiske Issø sand og grus ressource. De røde skraveringer viser tykkelse af dæksand. Udvalgte prøvetagninger er ligeledes angivet. For detaljer se Bilag A8.

8.2 Ressourceområde 552002 ældre Littorina sand og grus

Ældre Littorina sand og grus enheden ligger som en vestlig og sydlig fortsættelse af ressourceområde 552001 adskilt af en erosionsdiskordans (Figur 8-2, Bilag B2 – B4) der skyldes et drop i vandspejlet på omkring 25m, da Den Baltiske Issø episodisk drænerede til Kattegat. Først da Littorina havet nåede sammen niveau, fortsatte kystsedimentationen i ressourceområde 552002, der ligeledes består af vest og syd prograderende storskala odde platform forsets, med en højde på 3 – 5m. Platformen overlejres af spredte topsets der består af grovkornet kystsekvenser, delvist som strandvolde (bilag B2 – B4). Platform sandet med varierende indhold af grus og sten er dokumenteret i borerne 552114 (Bilag C9) og 552115 (Bilag C21), medens topset grus og sten er dokumenteret i boring 552108 (Bilag C22) samt pumpning 552064 (Bilag C24). Udbredelsen og tykkelsen af systemet, samt placeringen af udvalgte prøvetagninger er vist på Figur 8-5 (For detaljer se Bilag A9).



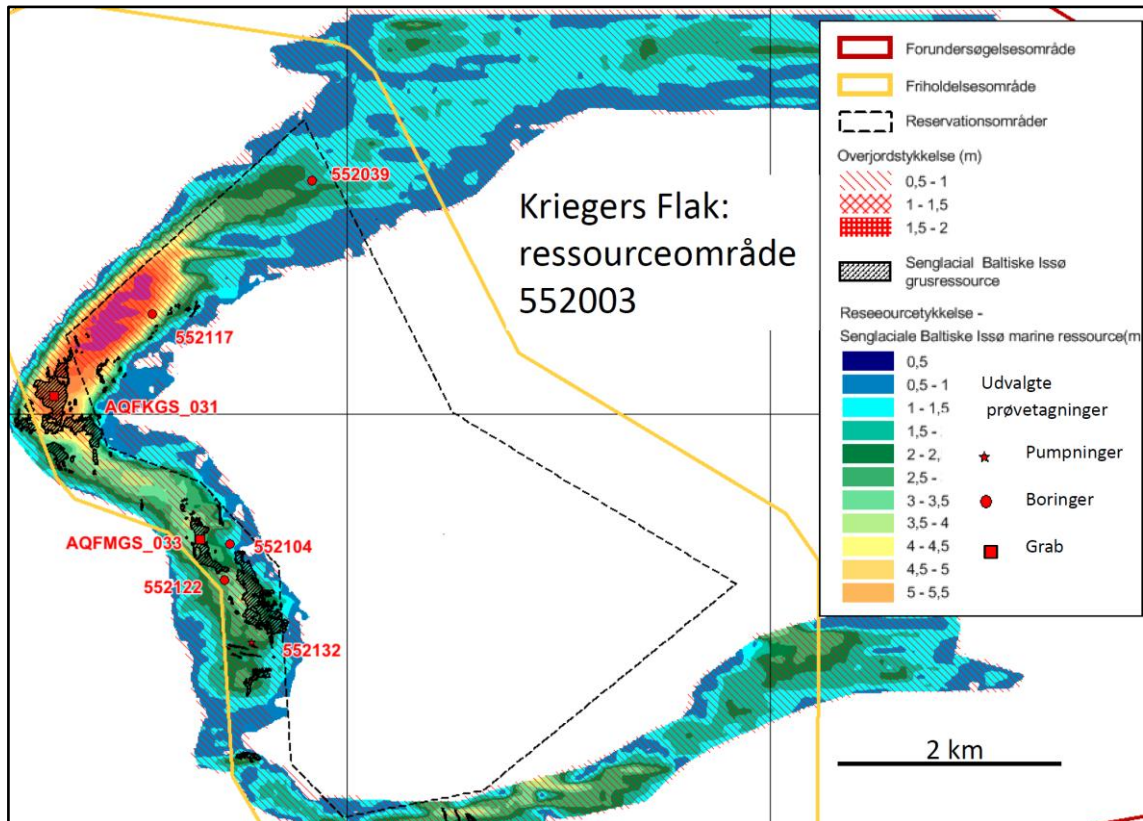
Figur 8-5 Kriegers Flak ressourceområde 552002 ældre Littorina sand og grus ressource. De røde skraveringer viser tykkelse af dæksand. Udvalgte prøvetagninger er ligeledes angivet. For detaljer se Bilag A9.

Det subrecente dæklag præger ligeledes store dele af ressourceområde 552002, med en tykkelse på op til omkring 1m, som det ses tydeligt i pumpning 552173 (Bilag C25), som et mellem til finkornet sandlag med få sten, som giver en produktion af mellem til finkornet sand. Ressourceområde 552002 indeholder en del marine skaller. Kortlægningen af ressourceområde 552002 viser at der findes omkring 28,5 mio. m³ odde platform sand med varierende indhold af grus og sten og at der på baggrund af arealdækningen med sandet grus sammen med den seismiske vurdering af topset sedimenter er vurderet en omkring 1,5 mio. m³ mulige grus og sten ressource.

Tidligere undersøgelser dokumenterer at petrografen af ressourceområde 552002 generelt opfylder kravene til høj kvalitets beton tilslag og stenmaterialet lever op til klasse M sten. Odde platform sandaflejringerne indeholder klasse A og B sand. Råstofklasse A er defineret som sandmateriale med uensformighedstal $U \geq 1,8$ og kornstørrelsesdiameter $D \geq 0,25$ mm. Råstofklasse B består af sandmateriale med $U(1,6-1,8)$ og $D \geq 0,25$ mm. I de grusede topsands og proksimale forset områder er der mulighed for at opfylde kravene til klasse II sand, som defineret i Figur 3-2, med uensformighedstal ≥ 2.0 .

8.3 Ressourceområde 552003 yngre Littorina sand og grus

Ressourceområde 552003 består af yngre Littorina sand og grus. Enheden overlejrer den vestligste og sydligste del af ressourceområde 552002 (ældre Littorina). De to enheder er adskilt af en erosionsdiskordans og et mindre kile formet lag (Figur 8-2 og Bilag B2 – B5), som blev dannet på grund af et kortvarigt fald i vandstand (Figur 7-12). Den fortsatte transgression betød at oddeplatform dannelsen mod vest og syd fortsatte og topset kystsedimenter med spredte strandvoldsdannelser ligeledes. Dog medførte transgressionen over tid at hele systemet druknede og kystaflejringer blev afløst af generel bølge- og strømgenereret sandtransport og aflejring i tynde sandlag og sandbølger.



Figur 8-6 Kriegers Flak ressourceområde 552003 yngre Littorina sand og grus ressource. De røde skraveringer viser tykkelse af dæksand. Udvalgte prøvetagninger er ligeledes angivet. For detaljer se Bilag A10.

Det kileformede lag består af proksimale forsets og består af sand med varierende indhold af grus og sten, som det er dokumenteret i boring 552104 (C8), medens pumpning 552056 (Bilag C3) ud over det høje indhold af grus og sten dokumenterer lavvandsfacies ved tilstedeværelse af træstykker.

De vest og syd prograderende storskala odde platform forsets har generelt en højde på 3 – 5m og består af fin- til mellemkornet sand med svagt indhold af grus og sten, som det ses i boring 552117 (Bilag C10) og boring 552039 (Bilag C28). Platformen overlejres af spredte topsets der består af grovkornet kystsekvenser, delvist som strandvolde (bilag B2 – B4). Todelingen bestående af platform sandet med svagt indhold af grus og sten og topset med højt indhold af grus og sten er dokumenteret i boring 552122 (Bilag C26) samt grabprøverne AQKFGS031 (Bilag C1) og AQKFGS033 (Bilag C2). Udbredelsen og tykkelsen af sy-

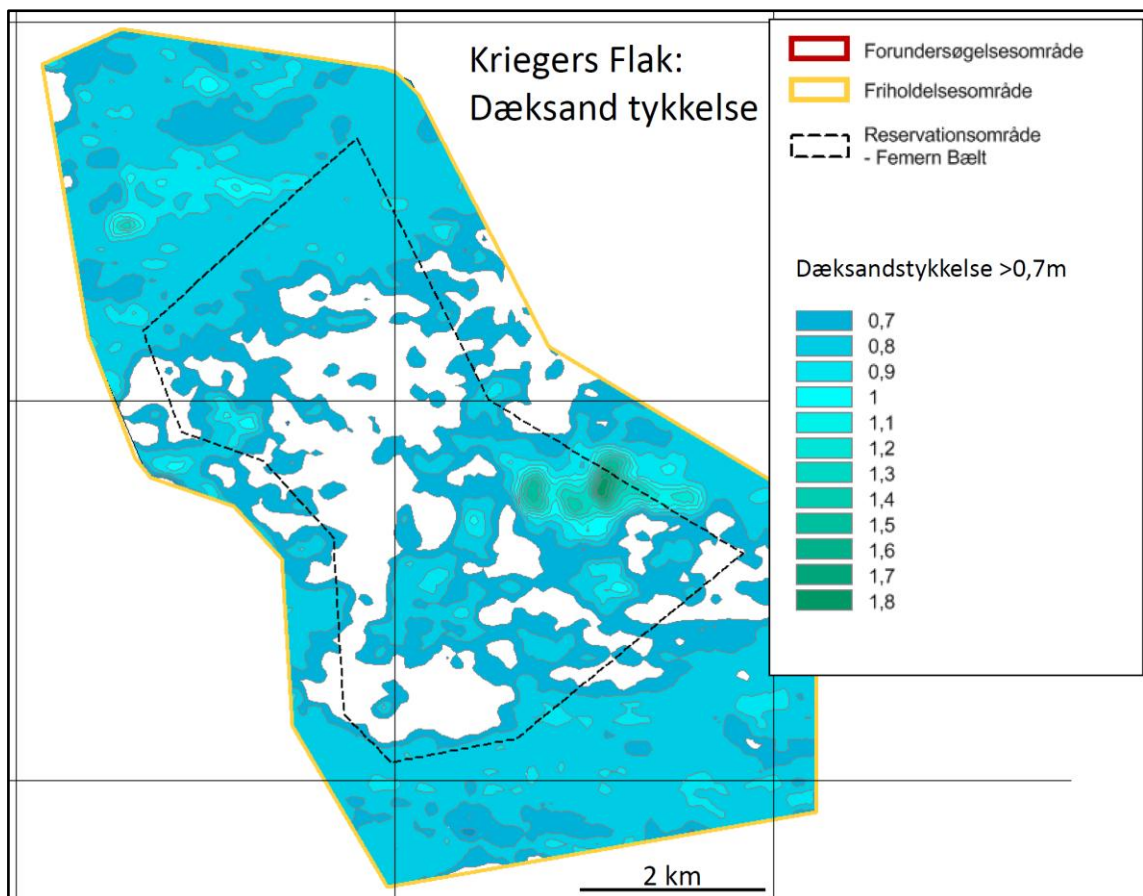
stemet samt placeringen af udvalgte prøvetagninger er vist på Figur 8-6 (For detaljer se Bilag A10).

Kortlægningen af ressourceområde 552003 viser at der findes omkring 13,5 mio. m³ odde platform sand med varierende indhold af grus og sten og at der på baggrund af arealdækningen med sandet grus sammen med den seismiske vurdering af topset sedimenter er vurderet en omkring 0,5 mio. m³ mulige grus og sten ressource.

Tidligere undersøgelser dokumenterer at petrografen af ressourceområde 552003 generelt opfylder kravene til høj kvalitets beton tilslag og stenmaterialet lever op til klasse M sten. Odde platform sandaflejringerne indeholder klasse B sand der består af sandmateriale med U(1,6-1,8) og D \geq 0,25 mm. I de grusede topsands og proksimale forset områder er der mulighed for at opfylde kravene til klasse II sand, som defineret i Figur 3-2, med uensformighedstal \geq 2.0.

8.4 Subrecent dæklag

Fælles for de 3 ressourceområder 552001, 552002 og 552003 er at de er delvist dækket af det subrecente sanddække. Dæklaget findes pletvist ud over ressourceområderne, som det er vist på Figur 8-3 og kan i visse områder enten opfattes som overjord på odde platform dannelserne eller i sig selv være en sand ressource.



Figur 8-7 Kriegers Flak subrecente dæksandstykkelse i friholdelsesområdet hvor tykkelsen overstiger 0,7m. Detaljeret kort over dæksandstykkelsen se Bilag A6.

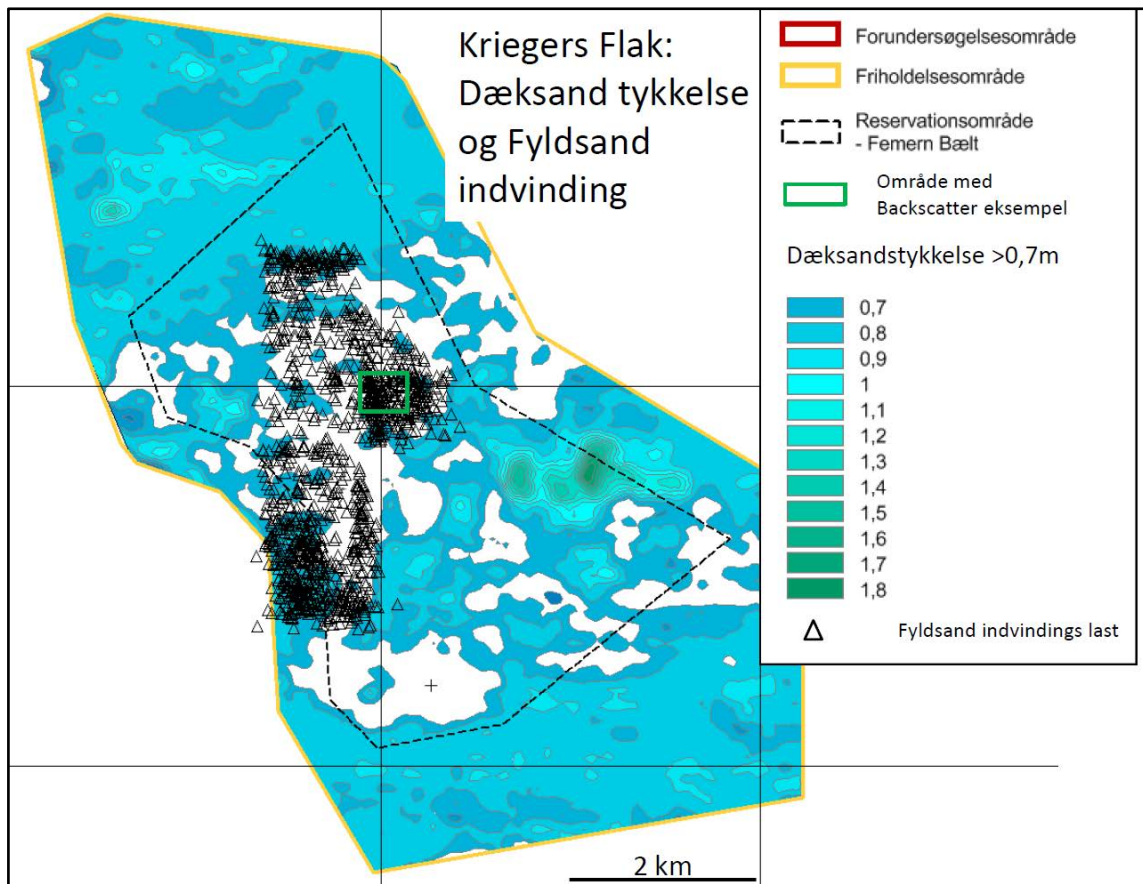
Den varierende tykkelse af dæksandlaget over ressourceområderne er dokumenteret i de seismiske profiler Bilag B2 – B5 og som det øverste lag i mange af borerne 552100 (Bilag C7) 552121 (Bilag C11) 552119 (Bilag C19).

Kortlægningen af dæksandlaget er præsenteret på Bilag A6 og på Figur 8-7. Her vises områder med dæksandstykkelse på over 0,7m i arealet som er friholdt til sandindvinding, der også indeholder arealet som er reserveret til Femer Bælt forbindelsen. Arealerne på Figur 8-7 med tykkelser over 0,7m er potentielt interessante råstofområder for indvinding af fin – mellemkornet sand. Af kortet fremgår det at den vestlige og centrale del af området ikke er råstofinteressant med hensyn til dæksand, medens specielt den sydøstlige del er interessant, da der opnås tykkelser på op til 1,8m. Ressourcemængderne er opgjort i reservationsområdet for Femer Bælt (tykkelser over 0,7m) med et total på 10 mio m³ og hvis man kun tager den sydøstlige del ca. 6 mio m³ hvoraf ca 2 mio m³ findes i området hvor lagtykkelsen overstiger 1m.

I Tidligere undersøgelser af dæksandet viser analyserne at sandet er meget velsorteret med uensformighedstal på 1,5 til 1,6 og med d₅₀ på 0,28 – 0,31. Dæksandet adskiller sig ikke for de underliggende råstoffer med hensyn til indhold af finstof og vil derfor ikke forøge sedimentspillet ved produktion fra området.

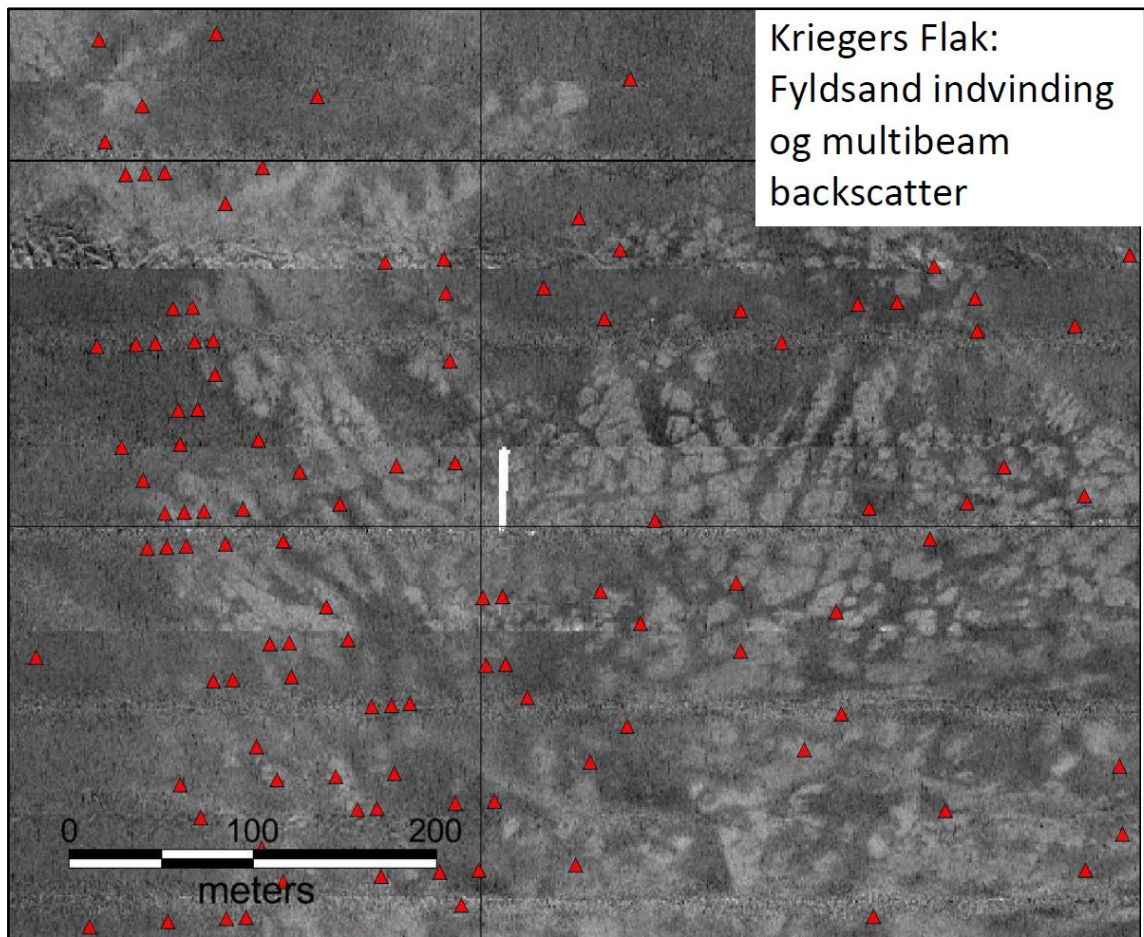
8.5 Tidligere sandindvinding

Indvindingsdata fra Kriegers Flak viser at der stort set kun er indvundet fyldsand og det begrænser sig til to perioder 1996 – 1998, hvor der var udlagt et område til indvinding af sandfyld til Øresundsforbindelsen og 2004-2005 til Amager Strandpark.



Figur 8-8 Fyldsand indvindings laster på Kriegers Flak plottet på subrecente dæksands-tykkelse i friholdelsesområdet hvor tykkelsen overstiger 0,7m. Grønne firkant viser lokaliserings af detaljeret backscatter billede på Figur 8-9.

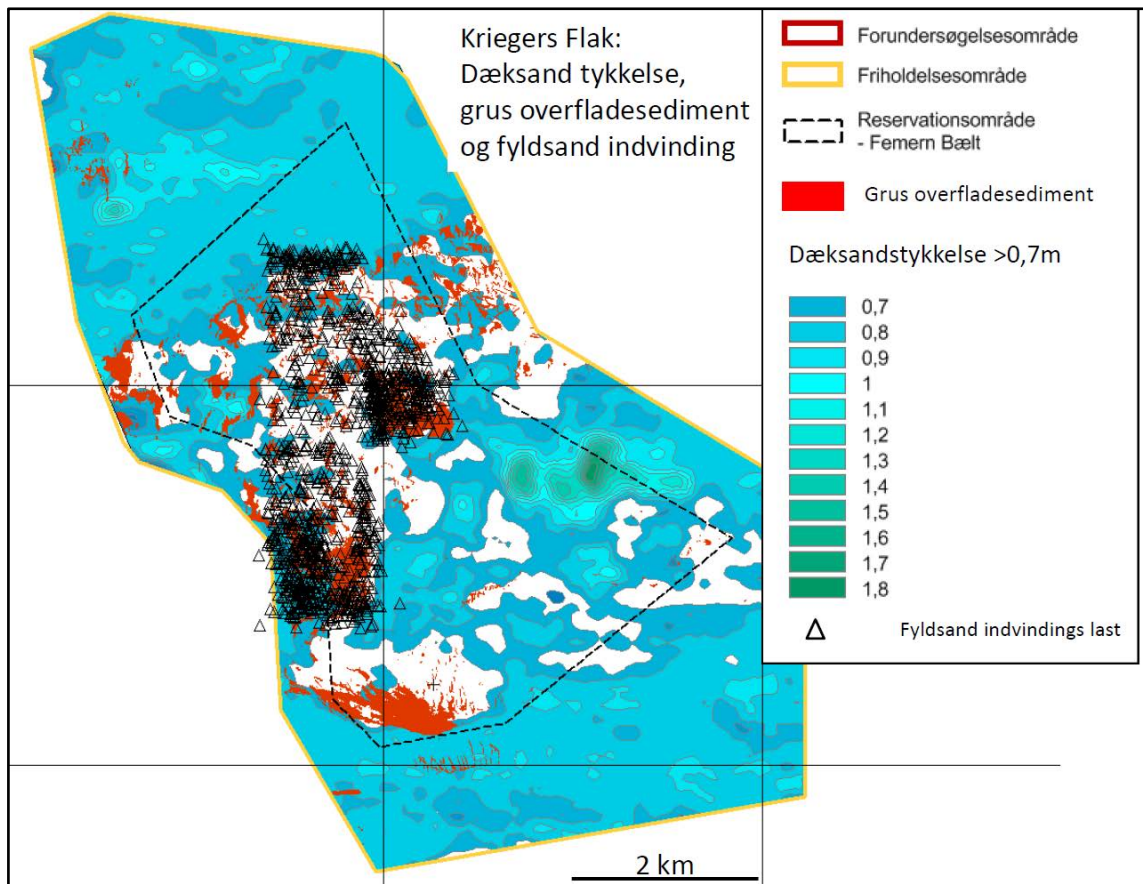
På figur Figur 8-8 ses indvindingsområdet, som er lokaliseret i den vestlige del af det nuværende friholdelses område til sandindvinding. En optælling af de indvundne mængder viser at der i alt er indvundet 1,7 mio m³ og backscatter billedet Figur 8-9 i den centrale af indvindingsområdet viser da også tydelige tegn på intensiv slæbesandsugning.



Figur 8-9 Detaljeret backscatter billede af indvindingsområde på Kriegers Flak. Lokaliseringen ses på Figur 8-8.

I forbindelse med indvindingen af fyldsand til Øresundsforbindelsen var der utilfredshed med at der stedvist var et stort indhold af sten, som vanskeliggjorde indvindingen af sand. På Figur 8-10 ses forklaringen på dette problem, da der i store områder er mindre end 0,7m dæksand over gruslag relateret til strandvoldsdannelser og proksimale forsets i de sen og postglaciale kystdannelser.

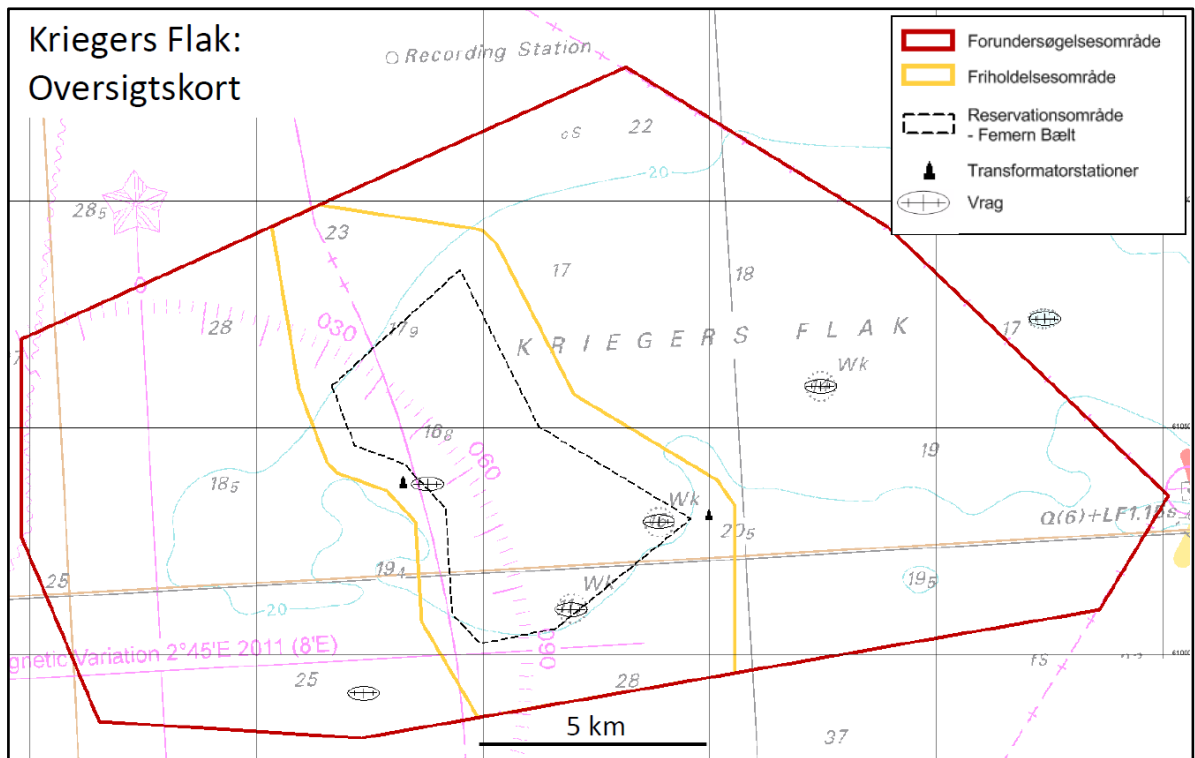
Med hensyn til fremtidige indvindinger vil det med udgangspunkt i herværende rapportering være muligt at optimere indvindingen, da gruslagene kan undgås hvis man koncentrerer sandindvindingen uden for områderne med proksimale aflejringer, medens det ligeledes vil være muligt at fokusere på grus og ral indvinding netop i de proksimale grus- og stenlag.



Figur 8-10 Fyldsand indvindings laster på Kriegers Flak plottet på subrecente dæksands-tykkelse i friholdelsesområdet, hvor tykkelsen overstiger 0,7m samt fordeling af grusområder fra overfladesedimentkortet Bilag A4.

8.6 Ressourcebegrænsninger

Kriegers Flak undersøgelsen 2013 er lavet på baggrund af data der dækker hele Kriegers Flak området (Forundersøgelserområde på Figur 8-11 og Bilag A1) men anlæg af Kriegers Flak Vindmøllepark betyder at en stor del af Kriegers Flak området er forbeholdt vindmølleparken. Den centrale del af undersøgelserområdet er dog friholdt til råstofindvinding og inden for dette område er en mindre del reserveret sand og grus indvinding til Femern Bælt Forbindelsen. Inden for Friholdelsesområdet er der kun mindre begrænsninger i form af 2 planlagte transformatorstationer til vindmølleparken og tilstedeværelse af 3 lokaliserede vrage.



Figur 8-11 Oversigtskort med angivelse af ressourcebegrænsninger.

9. Anbefaling til supplerende kortlægning

I forbindelse med tidligere indvinding til Øresundsforbindelsen og Amager Strandpark, har det vist sig at der var problemer med uønsket grus indhold i indvinding af fyldsand. Det skyldes at der er indvundet i områder med et tyndt dæksands lag over proksimale grovkornede kystdannelser. I fremtiden vil dette kunne undgås ved at henlægge indvindingen til områder, hvor der ikke findes grovkornede kystdannelser.

Den nye detaljerede seismiske kortlægning, som er udført på baggrund af Energinet 2012 – 2013 data, giver en væsentlig bedre forståelse af den geologiske opbygning af hele Kriegers Flak området, fordelingen af de forskellige råstofenheder og de interne fordelinger af sand og grus sedimenter.

De anvendte prøvetagninger er imidlertid, bortset fra grab prøver og enkelte dybe borer, alle arkiv data udført i forbindelse med tidligere råstofundersøgelser, hvor der ikke var den samme detaljegråd. Derfor er der en udpræget mangel på prøve dokumentation af de proksimale kystforset og de tolkede strandvoldsdannelser.

Derfor anbefales at der udføres supplerende kortlægning i form af supplerende borer og sandpumpninger fokuseret i de proksimale kystdannelser, da det derved vil være muligt at give et præcist tal på tilstedeværelsen af grus og ral samt at udfærdige en indvindingsstrategi for indvindingen af de grove sedimenter.

10. Referencer

Binderup, M., Lomholt, S., Andersen, A. og Milthers, K. 1995: In survey Kriegers Flak. DGU Kunderapport nr. 52, 1995.

Christensen, C., 1995. The littorina transgressions in Denmark. In A. Fischer (ed.), *Man and Sea in the Mesolithic. Coastal settlement above and below present sea level: 15-22.* Oxford: Oxbow Books (Monograph 53).

Christensen, C., A. Fischer, A. and Mathiassen, D.R. 1997. The great sea rise in the Storebælt. In L. Pedersen, A. Fischer and B. Aaby (eds.), *The Danish Storebælt since the Ice Age – man, sea and forest:45-54.* Copenhagen: A/S Storebæltsforbindelsen.

Fischer, A 2013: The Stone Age flood in Denmark and Mesopotamia. *Essays in Archaeology and Heritage Studies in Honour of Professor Kristian Kristiansen. BAR International series 2508 2013., pp 35 – 42.*

Fischer, A., 1991. Træstubbe på havets bund – eller Syndfloden i Storebælt. *VARV 1991(4):119-123.*

Fischer, A., 1995. An entrance to the Mesolithic world below the ocean. Status of ten years' work on the Danish sea floor. In A. Fischer (ed.), *Man and Sea in the Mesolithic. Coastal settlement above and below present sea level:371-384.* Oxford: Oxbow Books (Monograph 53).

Fischer, A. and Pedersen, L. 1997. Site records. In L. Pedersen, A. Fischer and B. Aaby (eds.), *The Danish Storebælt since the Ice Age – man, sea and forest:9-324.* Copenhagen: A/S Storebæltsforbindelsen.

(Houmark-Nielsen, M., Krüger, J. og Kjær, K.H. 2005: *De seneste 150.000 år i Danmark, Istidslandskabet og naturens udvikling. Geoviden Geologi og Geografi nr. 2 2005.*

Jensen, J B. 1992: Late Pleistocene and Holocene depositional evolution in the shallow waters near the island of Møn, Se Denmark. Ph.D. Thesis Copenhagen 1992.

Jensen, J.B. & Leth, J.O. 1992: Ressourcekortlægning på Kriegers Flak. Rapport til A/S Øresundsforbindelsen. DGU- Kunderapport nr. 56, 1992.

Jensen, J.B. 2011: Femern Bælt Forbindelsen. Evaluering af Marine Råstoffer. Et skrivebordsstudie Rapport til Femern Belt A/S. GEUS rapport 2011/35.

Larsen B. 2003: Sand til Amager Strandpark fra Kriegers Flak. En ressourcevurdering. GEUS rapport 2003/60.

Larsen B. 2003: Sand til Amager Strandpark fra Kriegers Flak. En ressourcevurdering, supplerende undersøgelser. GEUS rapport 2003/67.

Leth, J. 1992: Råstofgeologiske undersøgelser i Østersøen. Kriegers Flak. Område 552. DGU Kunderapport 20, 1992.

Lomholt, S. & Jensen, J.B. 1993: Ressourcekortlægning på Kriegers Flak. Område 1. Rapport til A/S Øresundskonsortiet. DGU - Kunderapport nr. 60, 1993.

Lomholt, S. & Jensen, J.B. 1994: Ressourcekortlægning på Kriegers Flak. Supplerende slæbesandpumpninger. Rapport til A/S Øresundskonsortiet. DGU - Kunderapport nr. 45, 1994.

Nielsen, L.H., Johannessen, P.N. and Surlyk, F. 1988: A Late Pleistocene coarse-grained spit-platform sequence in northern Jylland, Denmark. *Sedimentology* 35, 915-937.

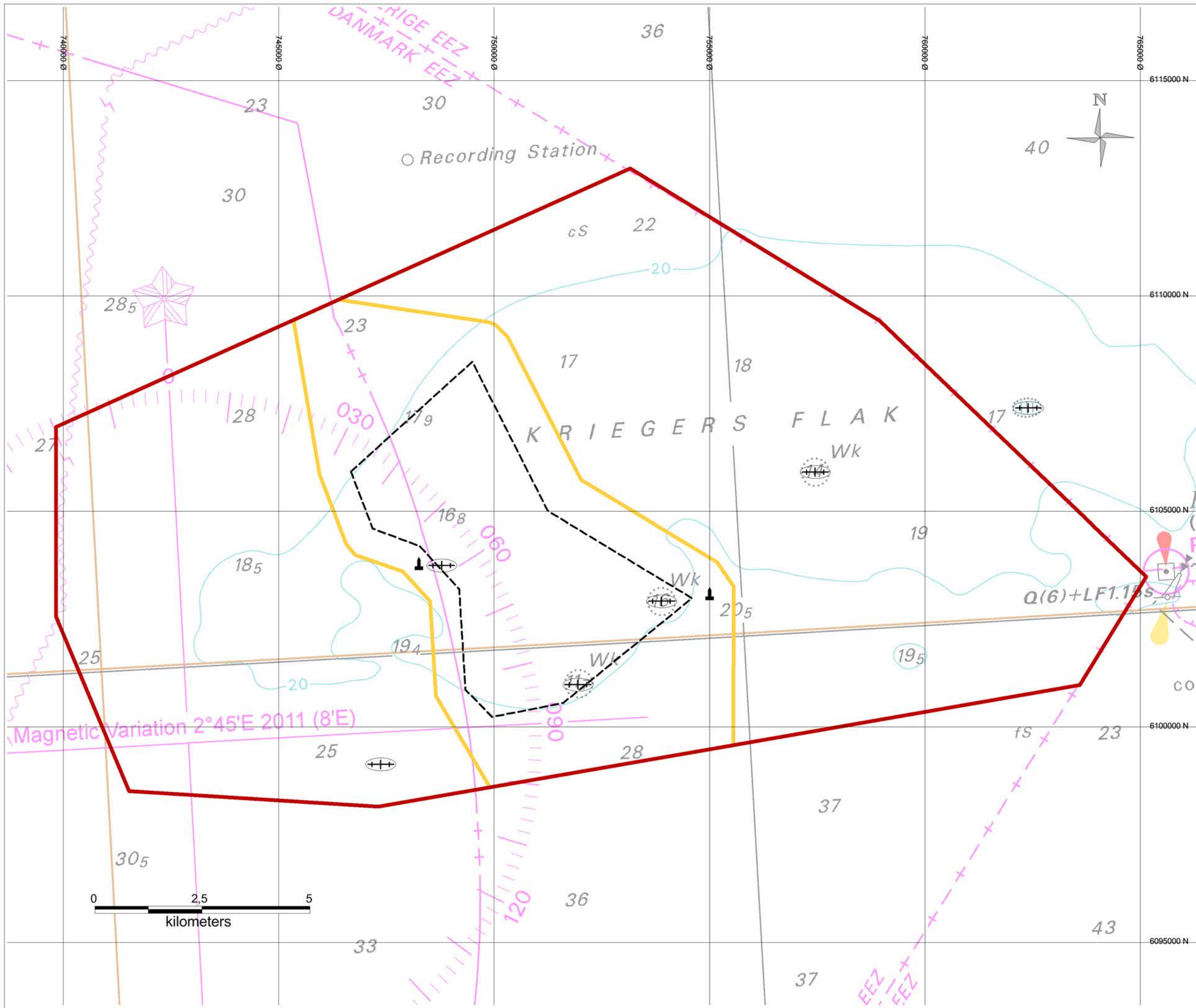
Nørgaard-Pedersen, N. & Jensen D.J. 2013: Detaljeret bearbejdning af kortlægningsresultater og oplæg til supplerende kortlægning af de marine råstofressourcer i områderne Århus Bugt, Samsø Nordøst, Smålandsfarvandet og Øresund. GEUS Rapport 2013/77.

Tahrir, S. 1984: Surface sediment distribution and subsurface structures of Kriegers Flak (central Baltic Sea). *Berichte – Reports, Geologisch – Paläontologisches Institut der Universität Kiel*, 8 109 pp.

Ramboll, 2013; Kriegers Flak OWF – Geophysical Survey results Report, Kriegers Flak and Horns Rev 3 – Geo Investigations 2012

IHO, 2008; IHO Standards for Hydrographic Surveys, Edition 5, February 2008 - Special Publication No 44

- Kriegers Flak OWF – Geophysical _Survey-Results (2013), v4
- Kriegers Flak OWF – Interpretive- Survey Report (2013), v4



Kriegers Flak 2013

- SIGNATURFORKLARING:
- Forundersøgelsesområde
 - Friholdelsesområde
 - Reservationsområde - Femern Bælt
 - Transformatorstationer
 - Vrag

Skala: 1:85.000
 Datum: WGS 84
 Søkort: 104 Østersøen
 Projektion: UTM zone 32 nord

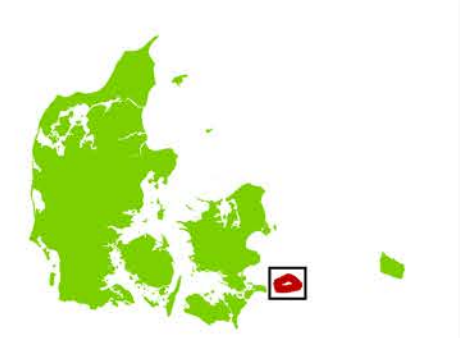
Korttema:
Oversigtskort

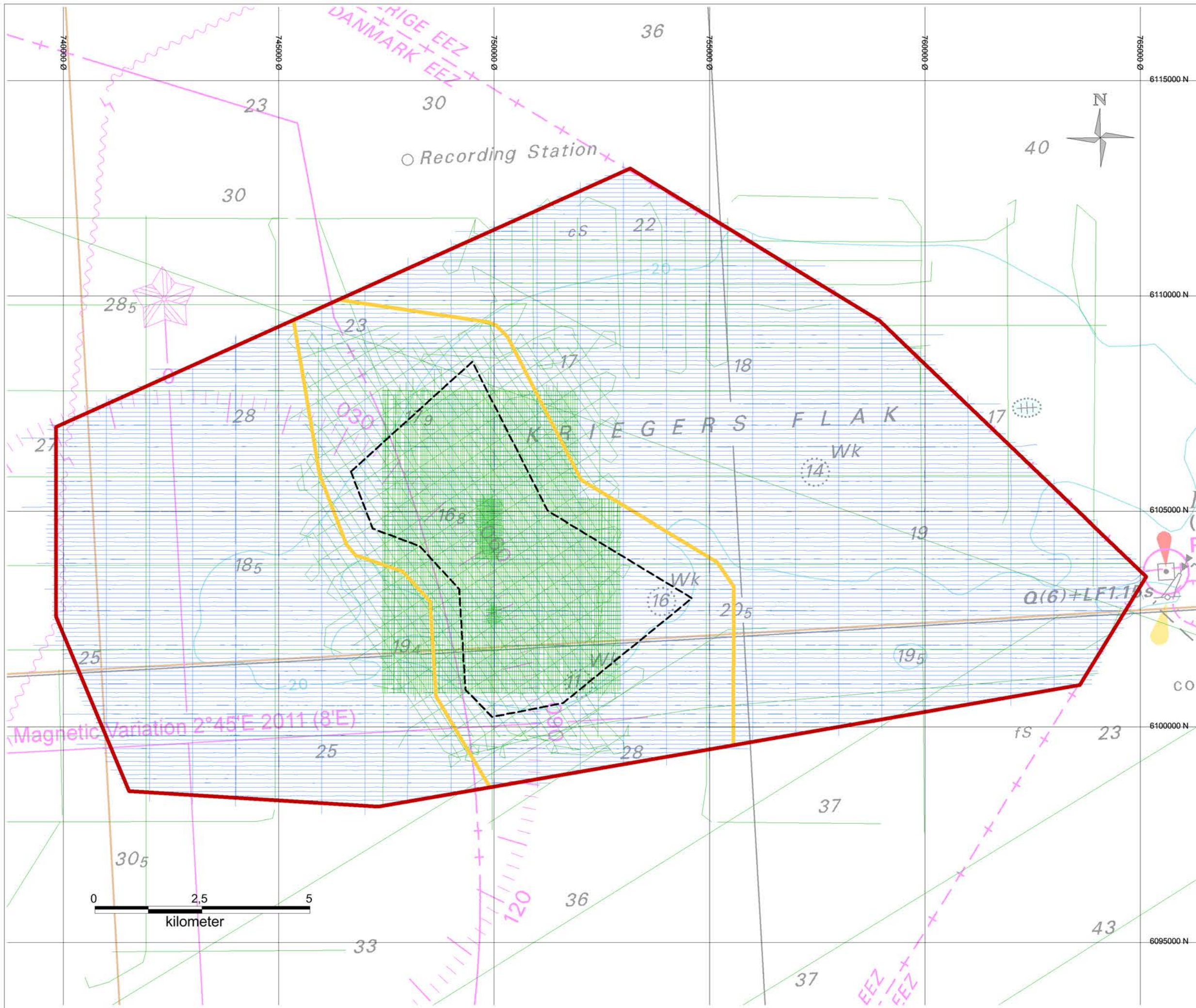
Klient:
 Miljøministeriet
 Naturstyrelsen
 Haraldsgade 53
 2100 København Ø

Tegnet af MISA 10/12-2013
 Godkendt af KAE 10/12-2013

De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland
 Øster Voldgade 10
 1350 København K
 Energinet.dk
 Tonne Kjærvej 65
 7000 Fredericia

Tegningsnummer:
Bilag A1





Kriegers Flak 2013

SIGNATURFORKLARING:

- Forundersøgelsesområde
- Friholdelsesområde
- Reservationsområde - Femern Bælt
- Energinet seiliner 2012
- Arkiv seiliner

Skala: 1:85.000 Søkort: 104 Østersøen
 Datum: WGS 84 Projektion: UTM zone 32 nord

Korttema:

Seilinjekort

Klient:
Miljøministeriet
 Naturstyrelsen
 Haraldsgade 53
 2100 København Ø

Tegnet af AEH Godkendt af KAE
 28/11-2013 10/12-2013

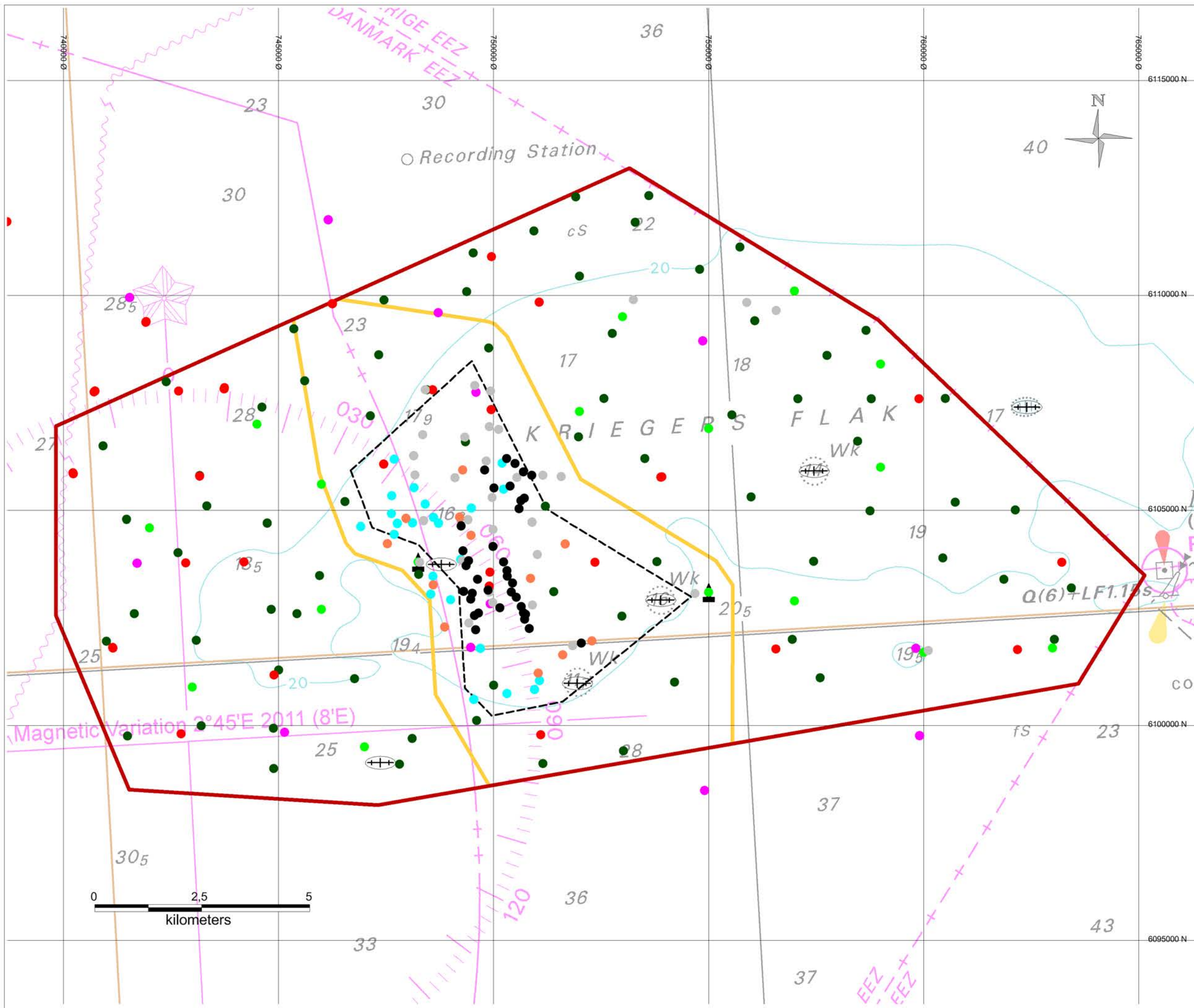
De Nationale Geologiske Undersøgelser
 for Danmark og Grønland
 Øster Voldgade 10
 1350 København K

Energinet.dk
 Tonne Kjærvej 65
 7000 Fredericia

Tegningsnummer:

Bilag A2





Kriegers Flak 2013

- SIGNATURFORKLARING:**
- Forundersøgelsesområde
 - Friholdelsesområde
 - Reservationsområde - Femern Bælt
 - Transformatorstationer
 - Vrag
 - Boringer udført af SNS i 1989
 - Boringer udført af DGU i 1993
 - Boringer udført for Energinet i 2013
 - Grabprøver udført af SNS i 1989
 - Grabprøver udført for Energinet 2012
 - Prøvepumpninger udført af DGU i 1992
 - Prøvepumpninger udført af DGU i 1993
 - Prøvepumpninger udført af DGU i 1994

Skala: 1:85.000 Søkort: 104 Østersøen
 Datum: WGS 84 Projektion: UTM zone 32 nord

Korttema: **Grabprøver og boringer**

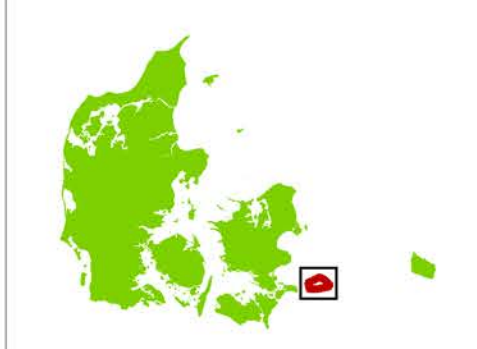
Klient:
 Miljøministeriet
 Naturstyrelsen
 Haraldsgade 53
 2100 København Ø

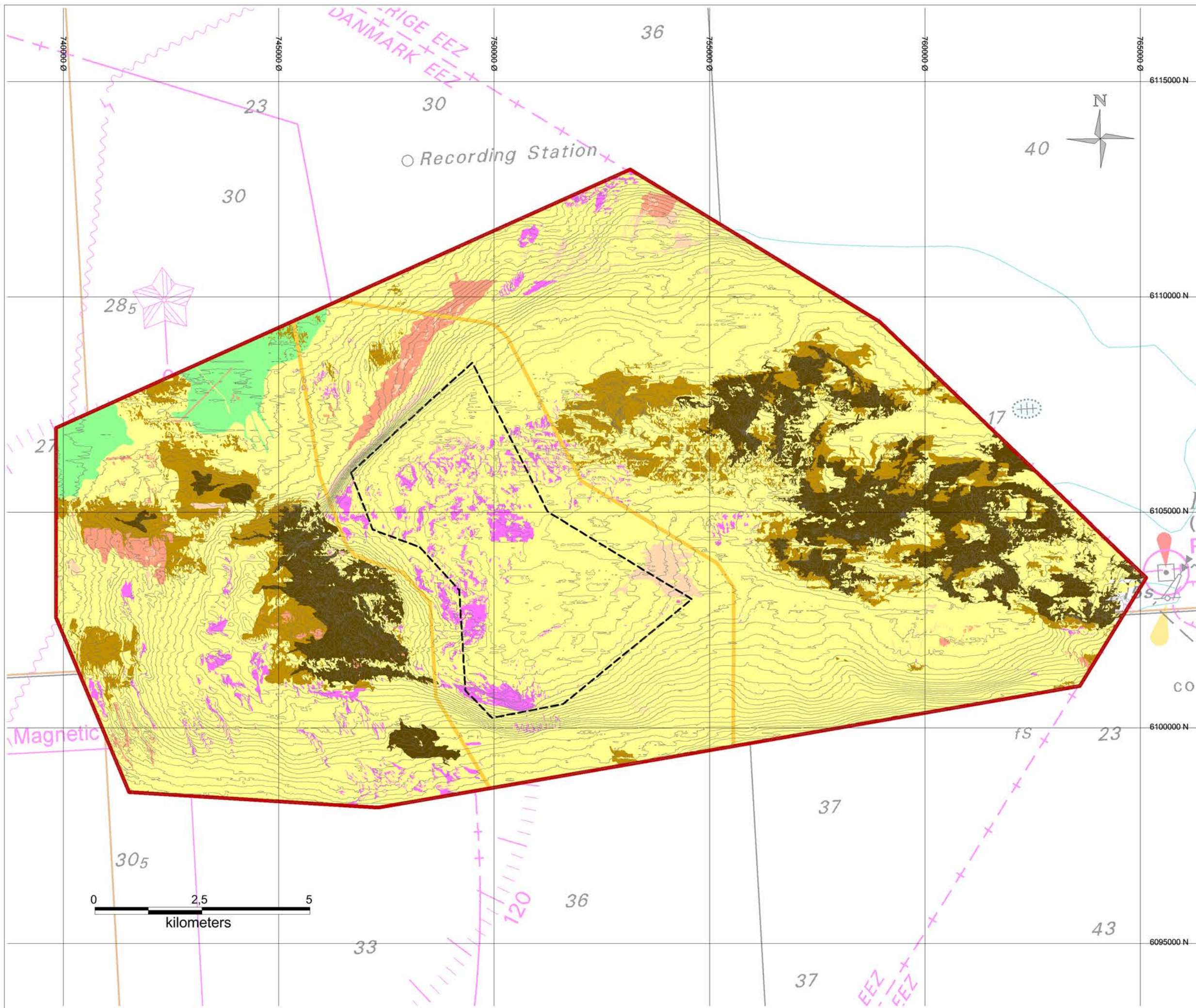
Tegnet af MISA 10/12-2013 Godkendt af KAE 10/12-2013

De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland
 Øster Voldgade 10
 1350 København K

Energinet.dk
 Tonne Kjærvej 65
 7000 Fredericia

Tegningsnummer: **Bilag A3**





Kriegers Flak 2013

- SIGNATURFORKLARING:**
- Forundersøgelsesområde
 - Friholdelsesområde
 - Fint sandet MIDDLE SAND
 - Middel sandet FINT SAND
 - Middel sandet GROV SAND
 - Grov sandet MIDDLE SAND
 - Sandet GRUS
 - Glacial Till
 - Glacial Till - mange blokke
 - Reservationsområde - Femern Bælt
 - Bathymetri (0,5 m intervaller mellem linjer)

Skala: 1:85.000 Søkort: 104 Østersøen
 Datum: WGS 84 Projektion : UTM zone 32 nord

Korttema:
Overfladesedimentkort

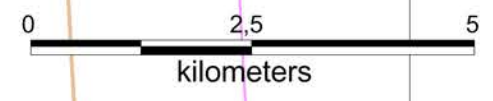
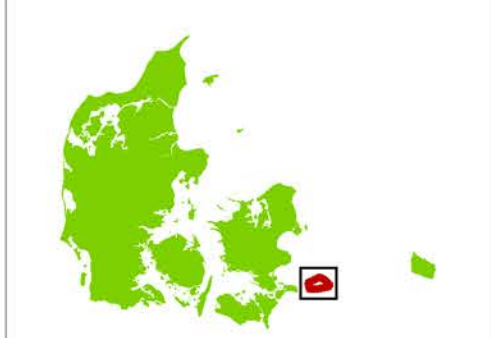
Klient:
 Miljøministeriet Naturstyrelsen
 Naturstyrelsen Haraldsgade 53
 2100 København Ø

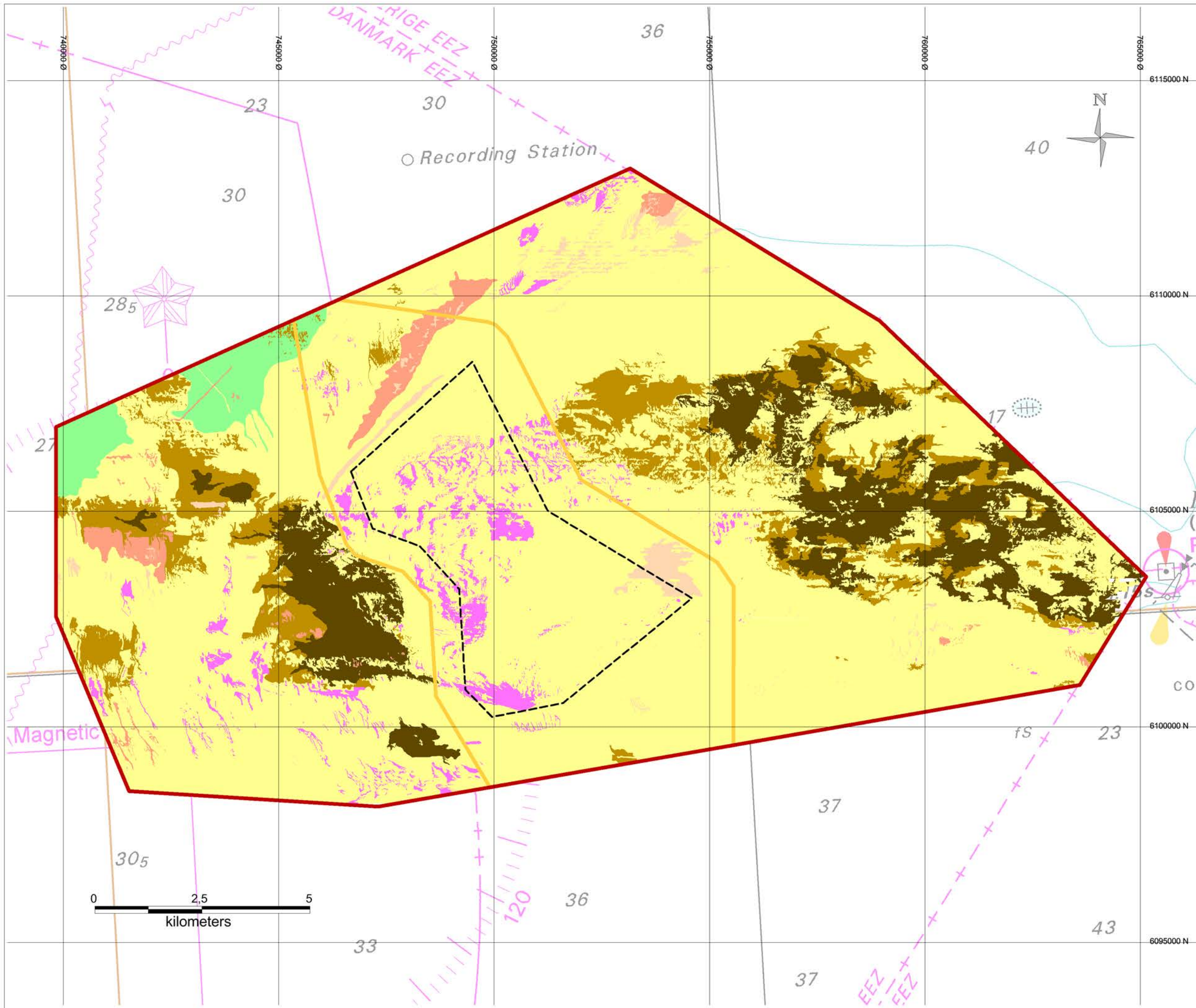
Tegnet af MISA Godkendt af KAE
 10/12-2013 10/12-2013

De Nationale Geologiske Undersøgelser
 for Danmark og Grønland
 Øster Voldgade 10
 1350 København K

Energinet.dk
 Tonne Kjærvej 65
 7000 Fredericia

Tegningsnummer:
Bilag A4





Kriegers Flak 2013

SIGNATURFORKLARING:

- Forundersøgelsesområde
- Friholdelsesområde
- Fint sandet MIDDLE SAND
- Middel sandet FINT SAND
- Middel sandet GROV SAND
- Grov sandet MIDDLE SAND
- Sandet GRUS
- Glacial Till
- Glacial Till - mange blokke
- Reservationsområde - Femern Bælt

Skala: 1:85.000 Søkort: 104 Østersøen
 Datum: WGS 84 Projektion : UTM zone 32 nord

Korttema:

Overfladesedimentkort

Klient:
Miljøministeriet
 Naturstyrelsen
 Haraldsgade 53
 2100 København Ø

Tegnet af MISA 10/12-2013 Godkendt af KAE 10/12-2013

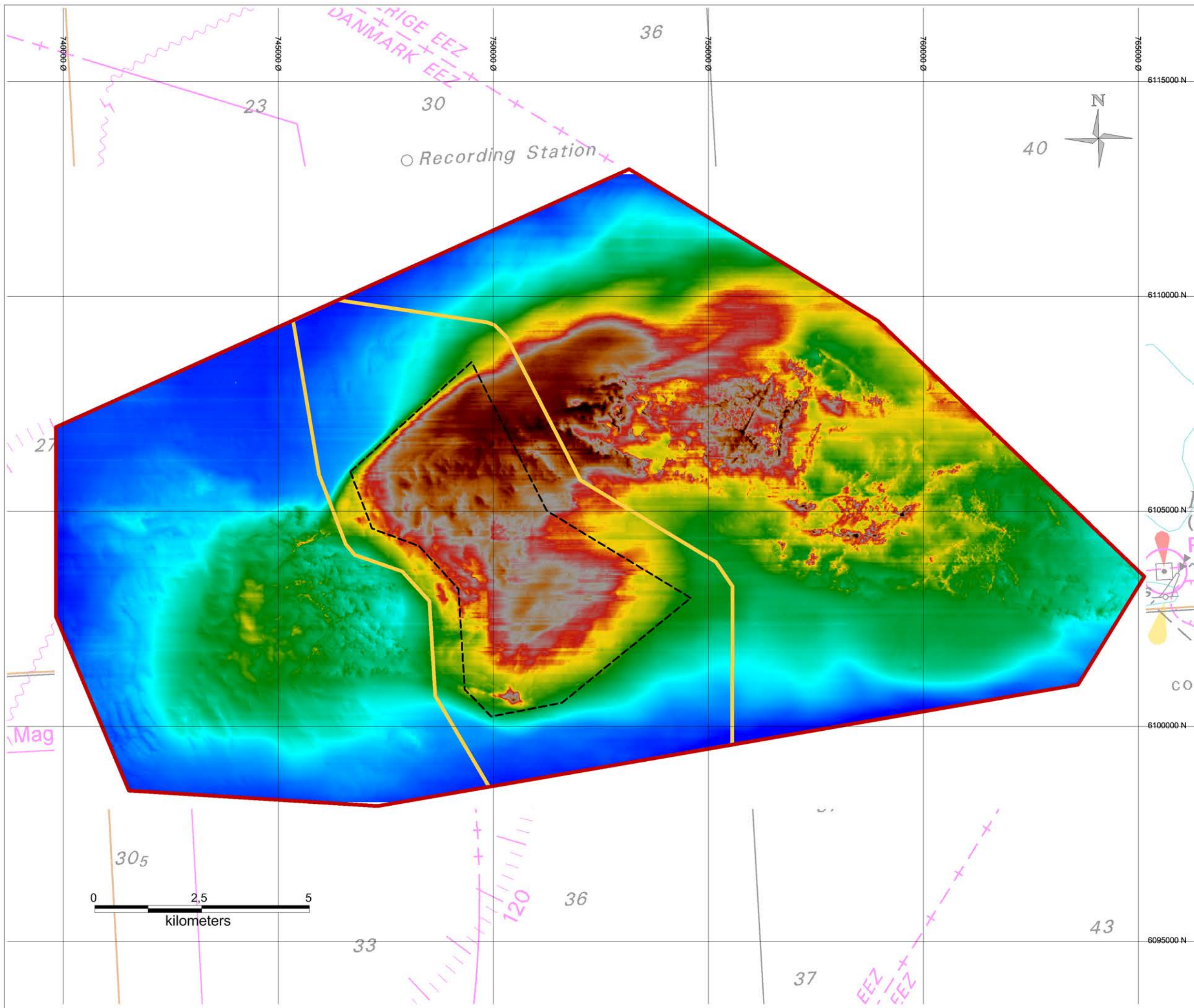
De Nationale Geologiske Undersøgelser
 for Danmark og Grønland
 Øster Voldgade 10
 1350 København K

Energinet.dk
 Tonne Kjærvej 65
 7000 Fredericia

Tegningsnummer:

Bilag A4





Kriegers Flak 2013

SIGNATURFORKLARING:

- Forundersøgelsesområde
- Friholdelsesområde
- Reservationsområde - Femern Bælt

Vanddybde (m)

- 31,9
- 30
- 29
- 28
- 27
- 26
- 25
- 24
- 23
- 22
- 21
- 20
- 19
- 18
- 17
- 16
- 15
- 14
- 13,4

Skala: 1:85.000 Søkort: 104 Østersøen
 Datum: WGS 84 Projektion : UTM zone 32 nord

Kortema: **Bathymetri**

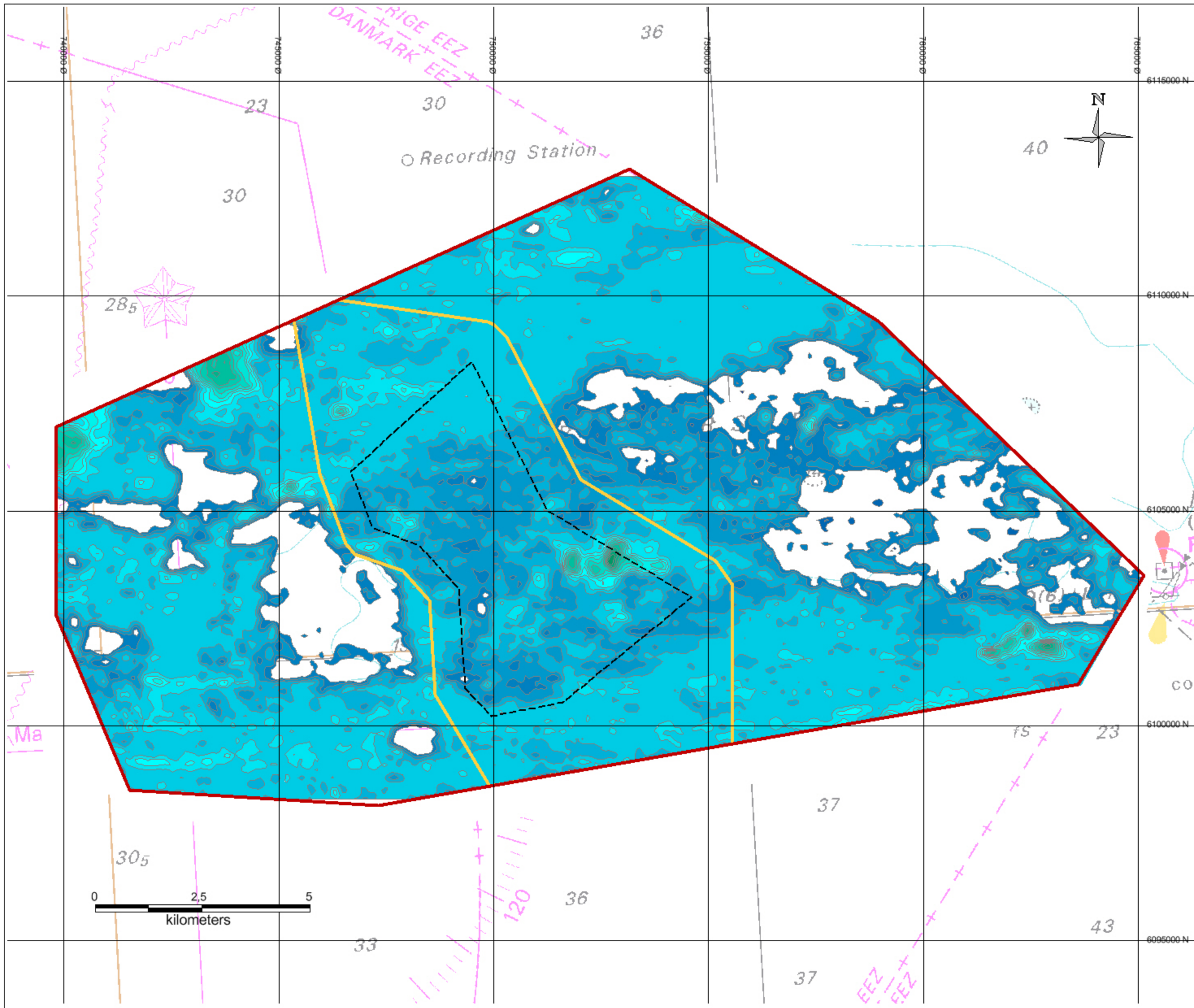
Klient: Naturstyrelsen
 Haraldsgade 53
 2100 København Ø
 Miljøministeriet
 Naturstyrelsen

Tegnet af MISA 10/12-2013 Godkendt af KAE 10/12-2013

De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland
 Øster Voldgade 10
 1350 København K
 Energinet.dk
 Tonne Kjærsvvej 65
 7000 Fredericia

Tegningsnummer: **Bilag A5**





Kriegers Flak 2013

- SIGNATURFORKLARING:**
- Forundersøgelsesområde
 - Friholdelsesområde
 - Reservationsområde - Femern Bælt

- Overjordstykkelser >0,5m**
- 0,5
 - 0,6
 - 0,7
 - 0,8
 - 0,9
 - 1
 - 1,1
 - 1,2
 - 1,3
 - 1,4
 - 1,5
 - 1,6
 - 1,7
 - 1,8

Skala: 1:85.000 Søkort: 104 Østersøen
 Datum: WGS 84 Projektion: UTM zone 32 nord

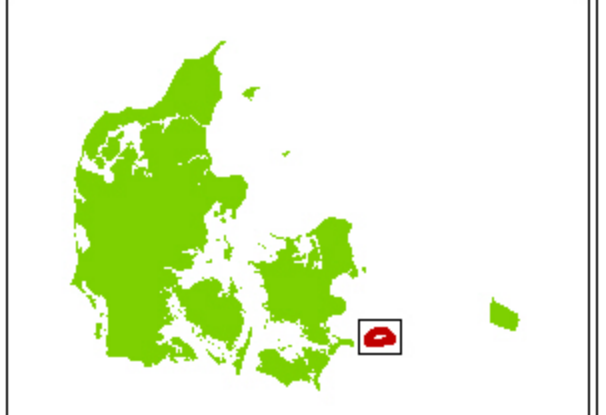
Korttema: **Overjordstykkelser
 Dæksand subrecent**

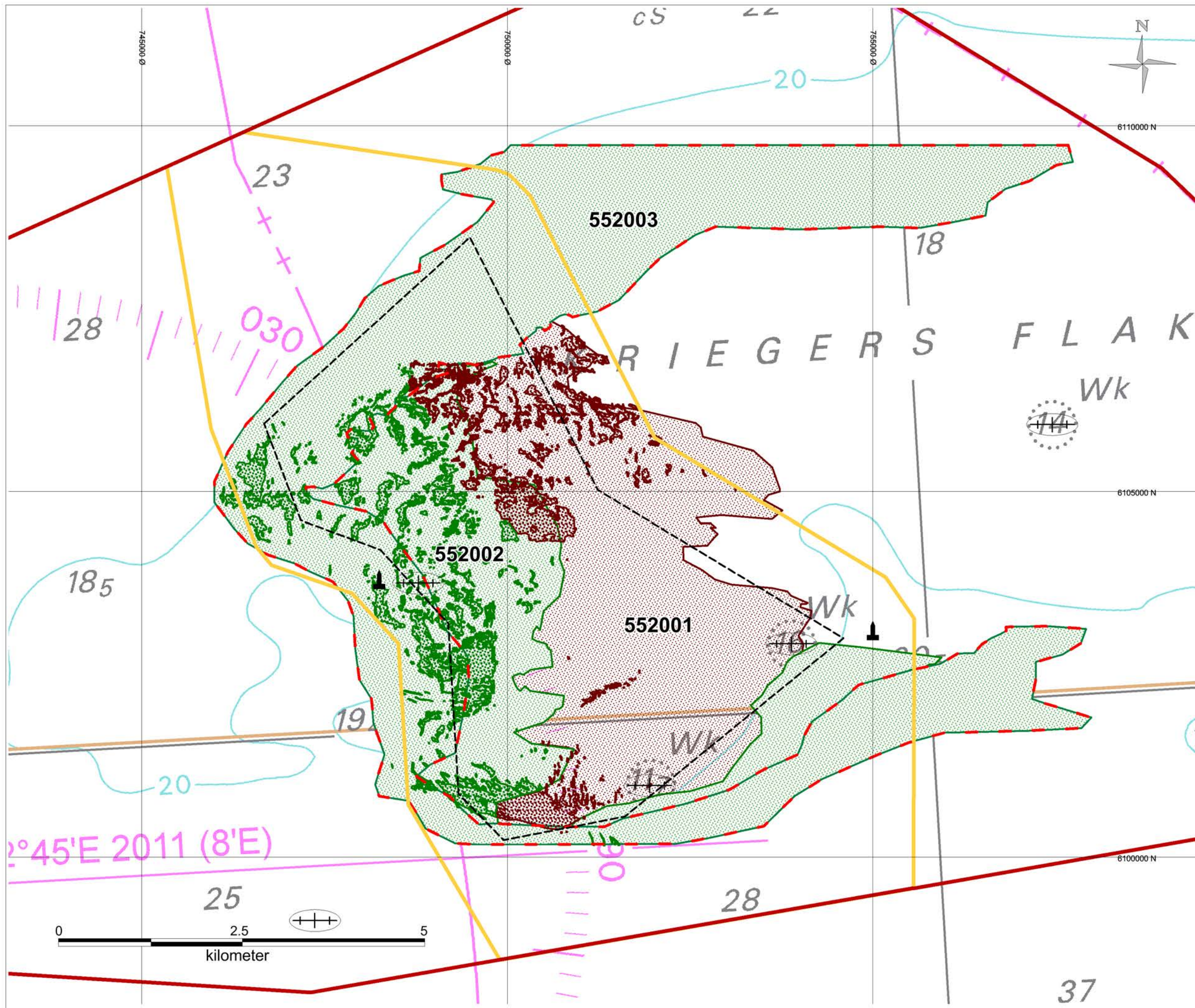
Klient:
 No Window Naturstyrelsen
 Haraldsgade 53
 2100 København Ø

Tegnet af MISA Godkendt af KAE
 10/12-2013 10/12-2013

No Window De Nationale Geologiske Undersøgelser
 for Danmark og Grønland
 Øster Voldgade 10
 1350 København K
 No Window Energinet.dk
 Tonne Kjærvej 65
 7000 Fredericia

Tegningsnummer:
Bilag A6





Kriegers Flak 2013

- SIGNATURFORKLARING:**
- Friholdelsesområde
 - Reservationsområder - Kriegers Flak
 - Forundersøgelsesområde
 - Transformatorstationer
 - Vrag
 - Afgrænsning af Område 522003
- 552001
552002
552003** — Ressourceområder
- Fylsandsand 4
 - Ral 3
 - Grus 2
 - Sand 1
 - Sand 0
 - Glaciale-senglaciale smeltvandsaflejringer
 - Marine fossile kystaflejringer
 - Marine recente dynamiske aflejringer
 - Påvist ressource
 - Sandsynlig ressource
 - Spekulativ ressource

Skala: 1:50.000 Søkort: 104 Østersøen
 Datum: WGS 84 Projektion: UTM zone 32 nord

Korttema:
Ressourceområder

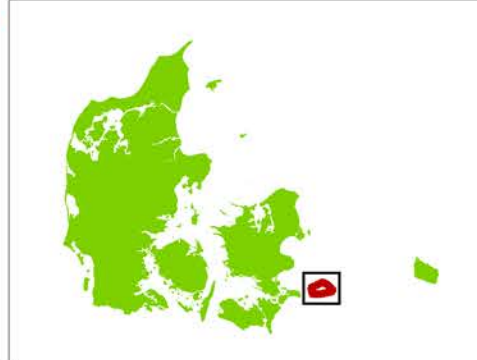
Klient:
 Miljøministeriet Naturstyrelsen
 Haraldsgade 53
 2100 København Ø

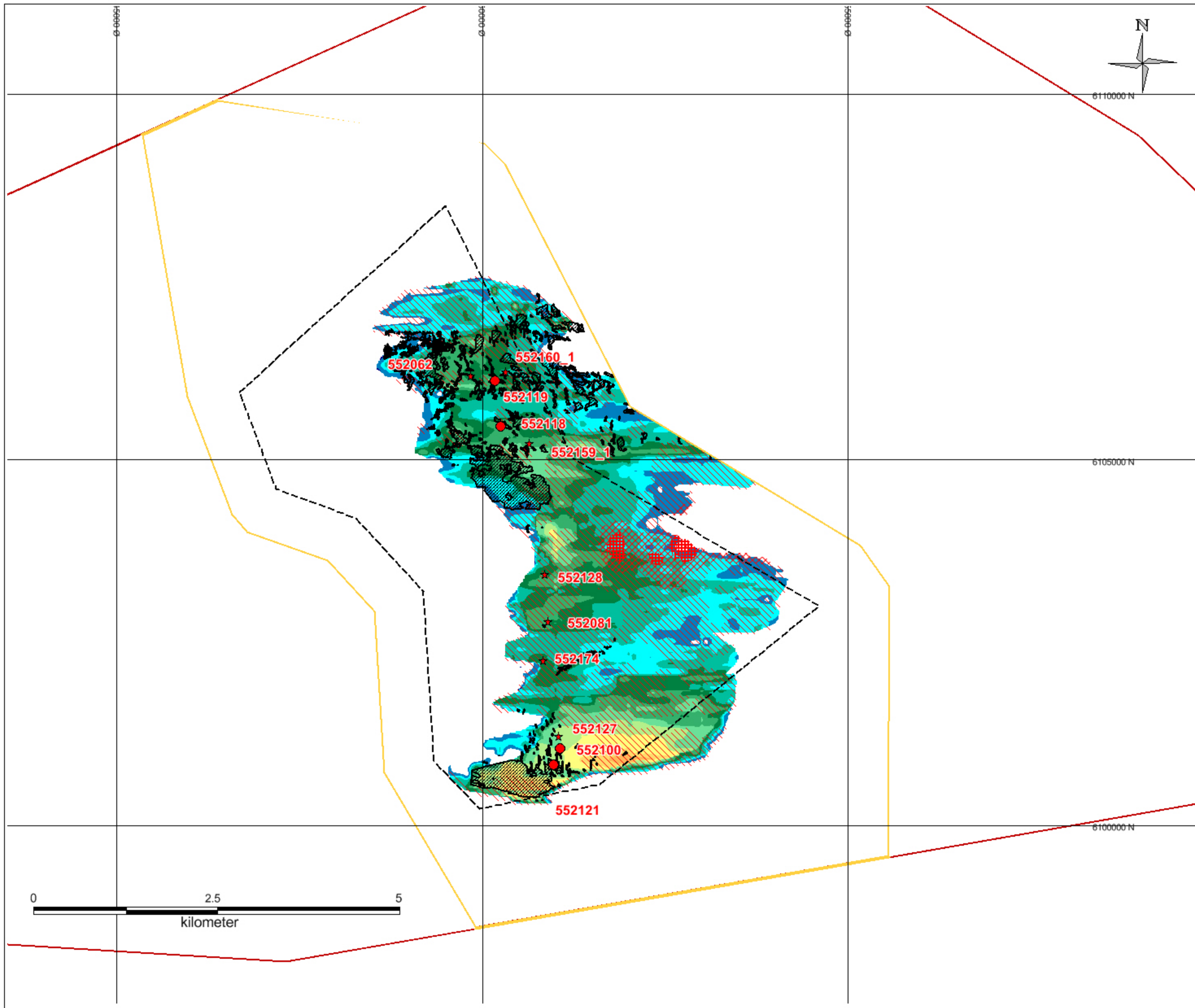
Tegnet af MISA Godkendt af KAE
 10/12-2013 10/12-2013

De Nationale Geologiske Undersøgelser
 for Danmark og Grønland
 Øster Voldgade 10
 1350 København K

Energinet.dk
 Tonne Kjærvej 65
 7000 Fredericia

Tegningsnummer:
Bilag A7





Kriegers Flak 2013

SIGNATURFORKLARING:

- Forundersøgelsesområde
- Friholdelsesområde
- Reservationsområder

Overjordstykkelser (m)

- 0,5 - 1
- 1 - 1,5
- 1,5 - 2

- Senglacial Baltiske Issø grusressource

Reseourcetykkelse -

Senglacial Baltiske Issø marine ressource(m)

- 0,5 - 1
- 1 - 1,5
- 1,5 - 2
- 2 - 2,5
- 2,5 - 3
- 3 - 3,5
- 3,5 - 4
- 4 - 4,5
- 4,5 - 5
- 5 - 5,5

Udvalgte prøvetagninger

- ★ Pumpinger
- Boringer

Skala: 1:50.000 Søkort: 104 Østersøen
 Datum: WGS 84 Projektion: UTM zone 32 nord

Korttema: **Ressourceområde 552001**
Senglacial Baltiske Issø Enhed

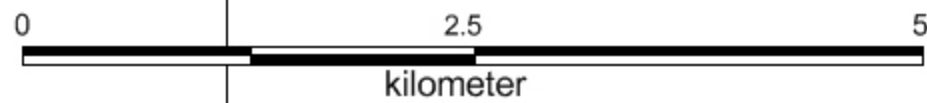
Klient: Naturstyrelsen
 Haraldsgade 53
 2100 København Ø

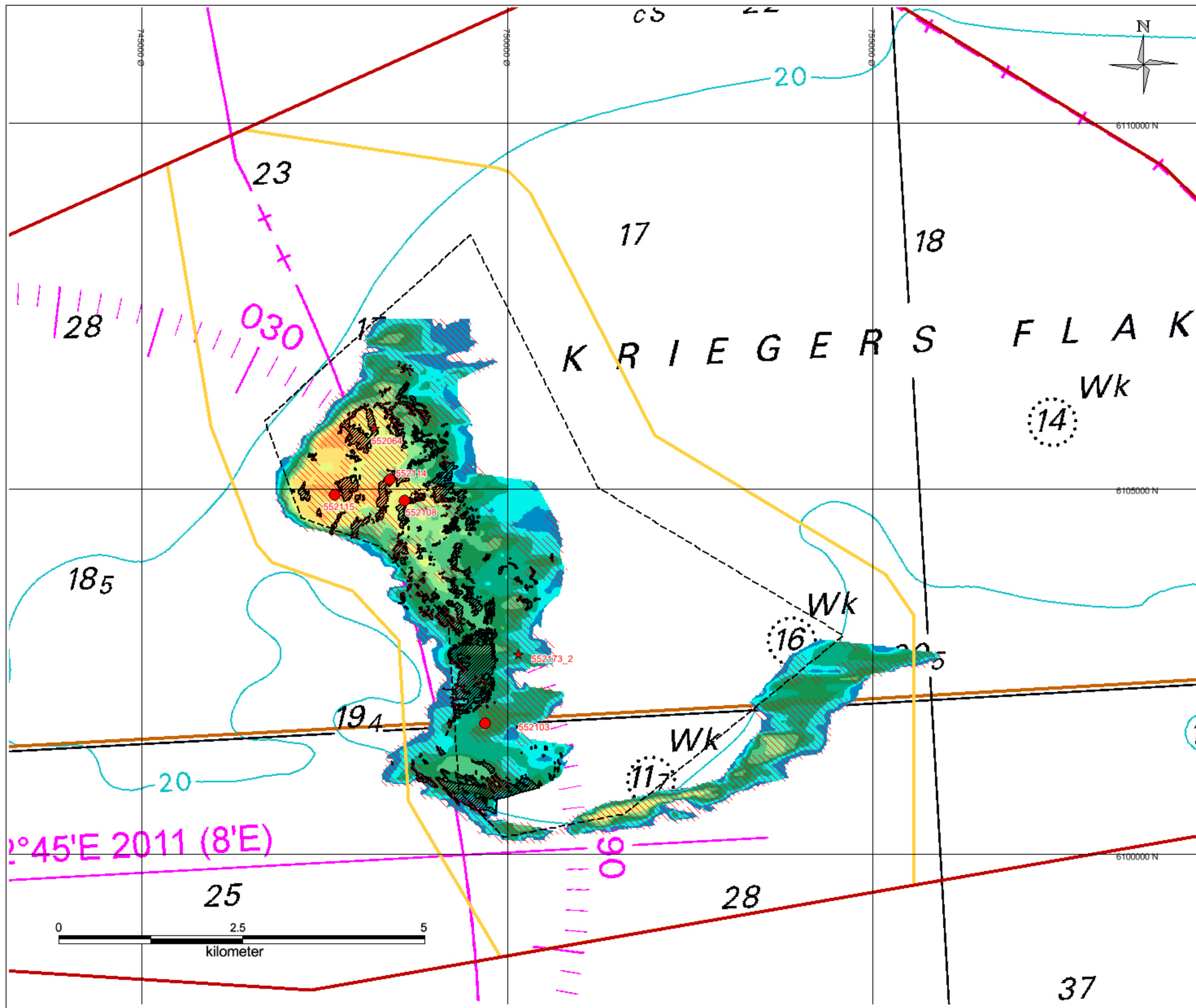
Tegnet af MISA
 10/12-2013

Godkendt af KAE
 10/12-2013

De Nationale Geologiske Undersøgelser
 for Danmark og Grønland
 Øster Voldgade 10
 1350 København K
 Energinet.dk
 Tonne Kjærsvej 65
 7000 Fredericia

Tegningsnummer:
Bilag A8





Kriegers Flak 2013

SIGNATURFORKLARING:

- Forundersøgelsesområde
- Friholdelsesområde
- Reservationsområder
- Overjordstykkelser 0,5 - 1m
- Ældre Holocæne marine grusressource

Ressourcetykkelse - Ældre Holocæne marine ressource(m)

- | | | |
|--|---------|--|
| | 0,5 - 1 | Udvalgte prøvetagninger
★ pumpinger
● Boringer |
| | 1 - 1,5 | |
| | 1,5 - 2 | |
| | 2 - 2,5 | |
| | 2,5 - 3 | |
| | 3 - 3,5 | |
| | 3,5 - 4 | |
| | 4 - 4,5 | |
| | 4,5 - 5 | |

Skala: 1:50.000 Søkort: 104 Østersøen
 Datum: WGS 84 Projektion: UTM zone 32 nord

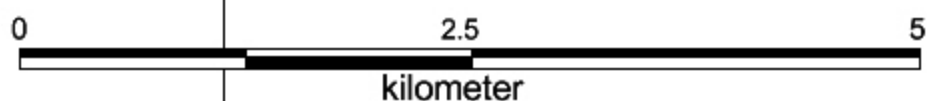
Korttema: **Ressourceområde 552002**
Ældste Holocæne Marine Enhed

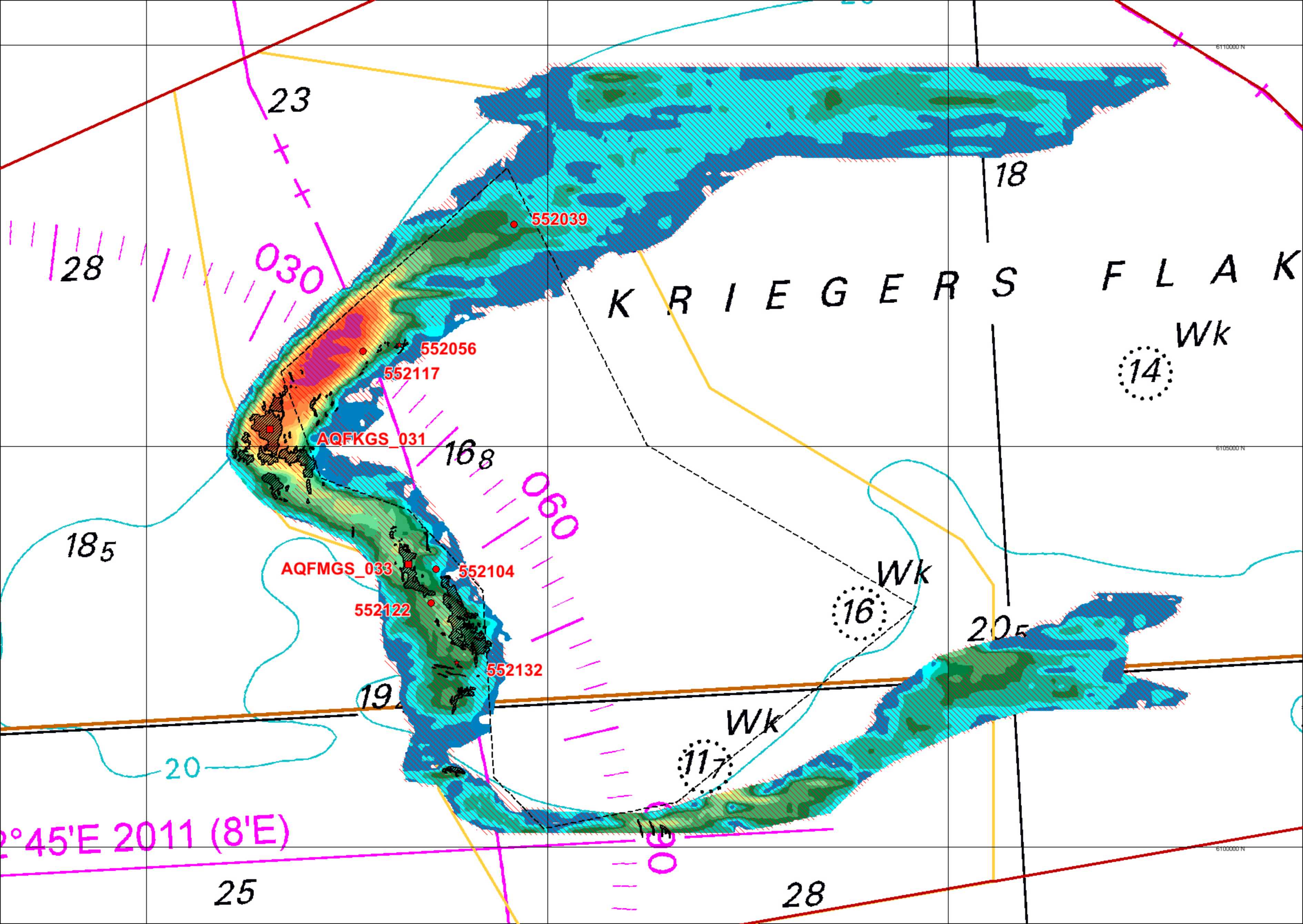
 Miljøministeriet Naturstyrelsen	Klient: Naturstyrelsen Haraldsgade 53 2100 København Ø
---	---

Tegnet af MISA 10/12-2013	Godkendt af KAE 10/12-2013
------------------------------	-------------------------------

 GCU	De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland Øster Voldgade 10 1350 København K Energinet.dk Tonne Kjærvej 65 7000 Fredericia
---------	--

Tegningsnummer:
Bilag A9





K R I E G E R S F L A K

14 Wk

16 Wk

11 Wk

2°45'E 2011 (8'E)

552056
552117

552104
552122

552132

552039

AQFKGS_031

AQFMGS_033

23

18

28

030

168

060

185

205

20

19

25

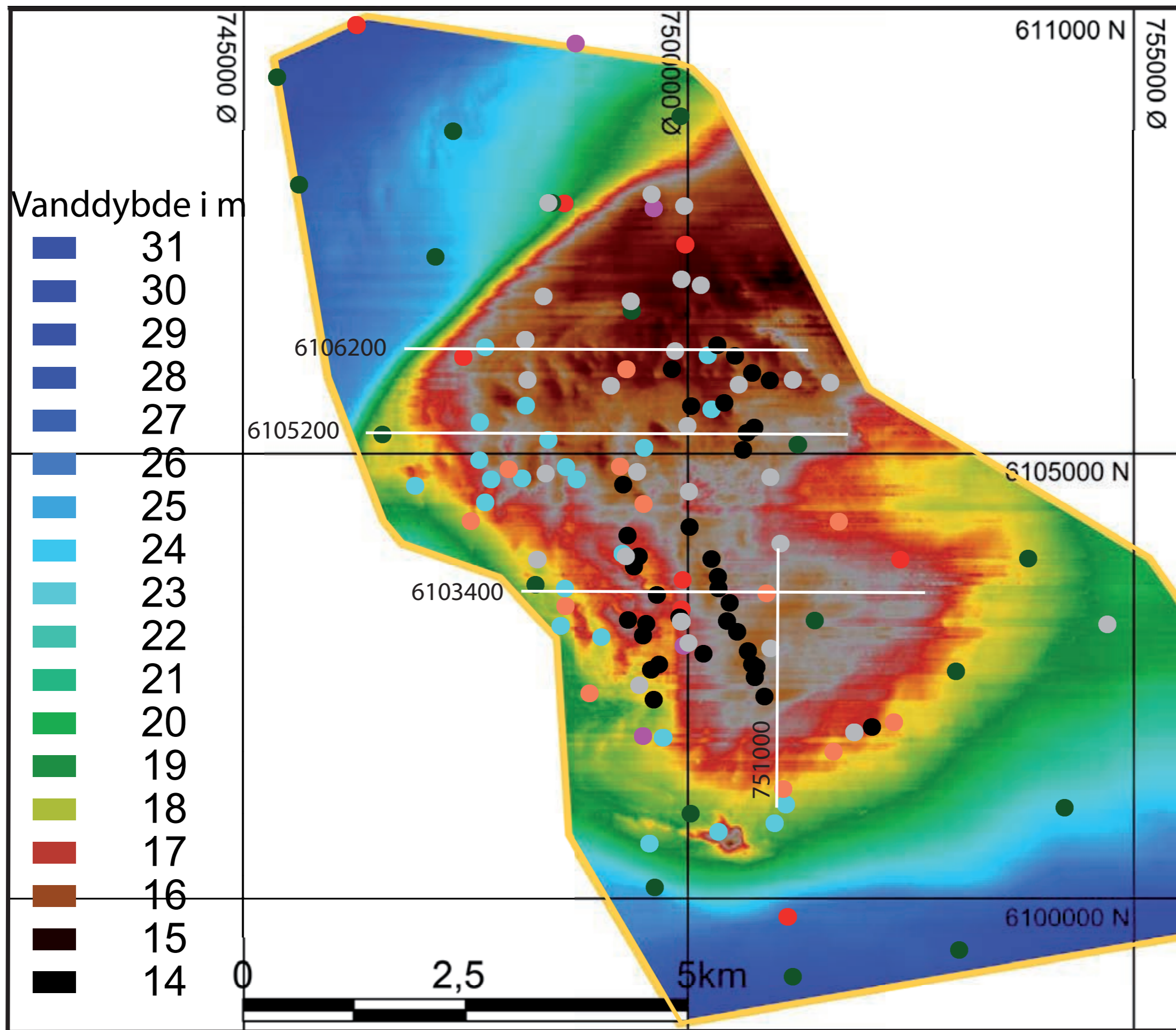
28

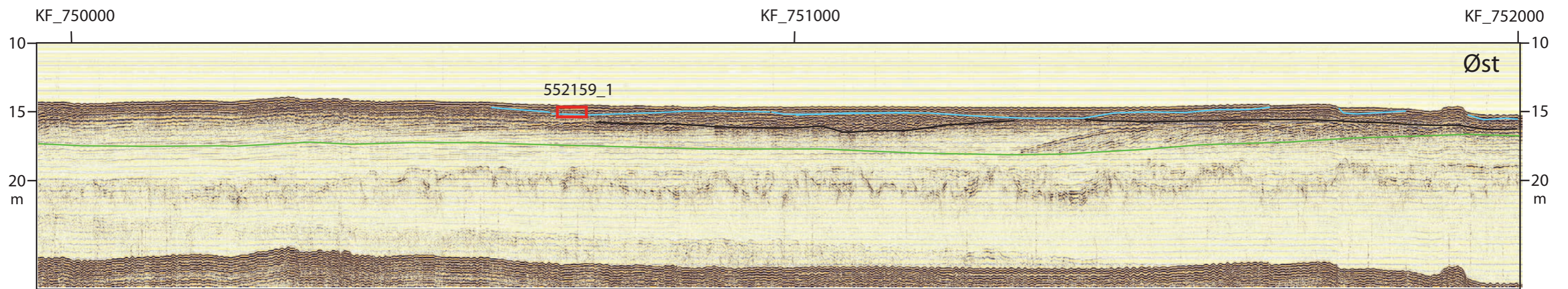
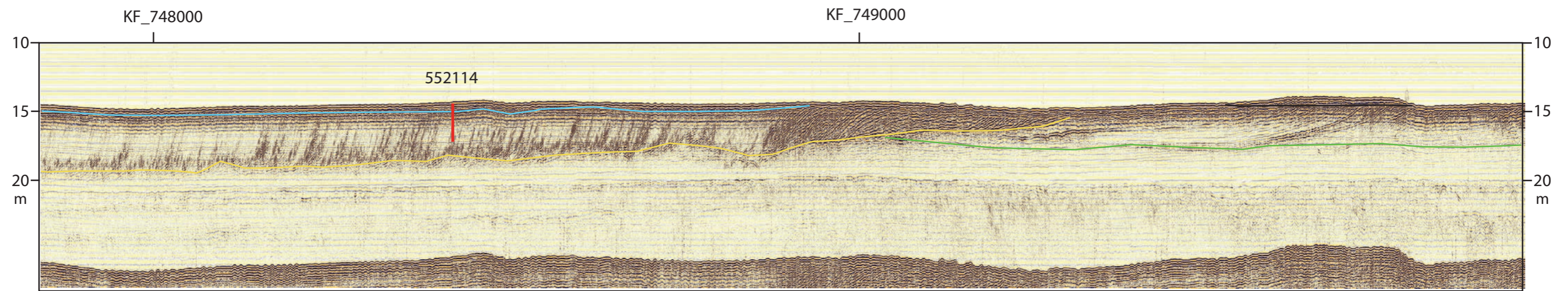
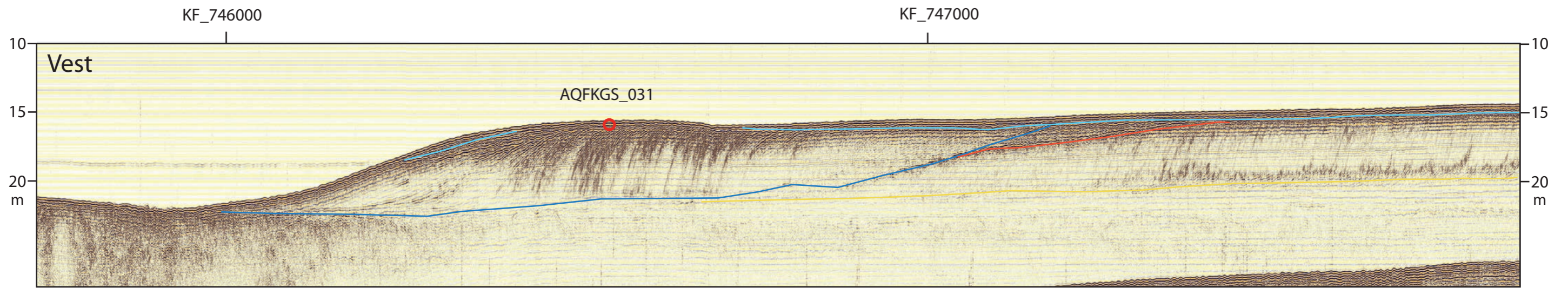
110

610000'N

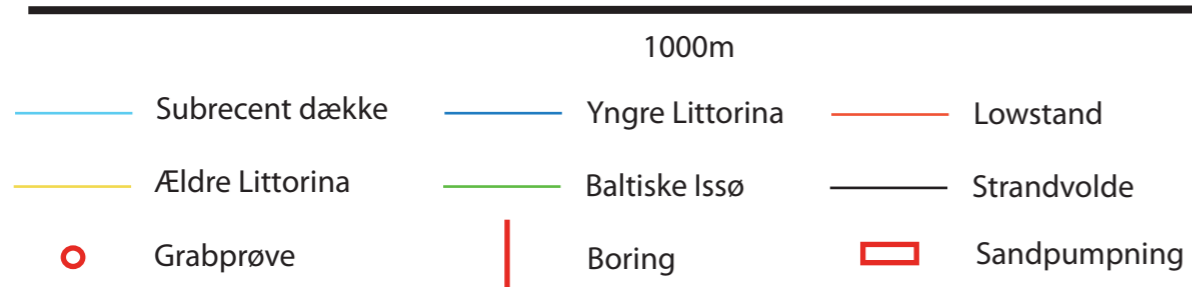
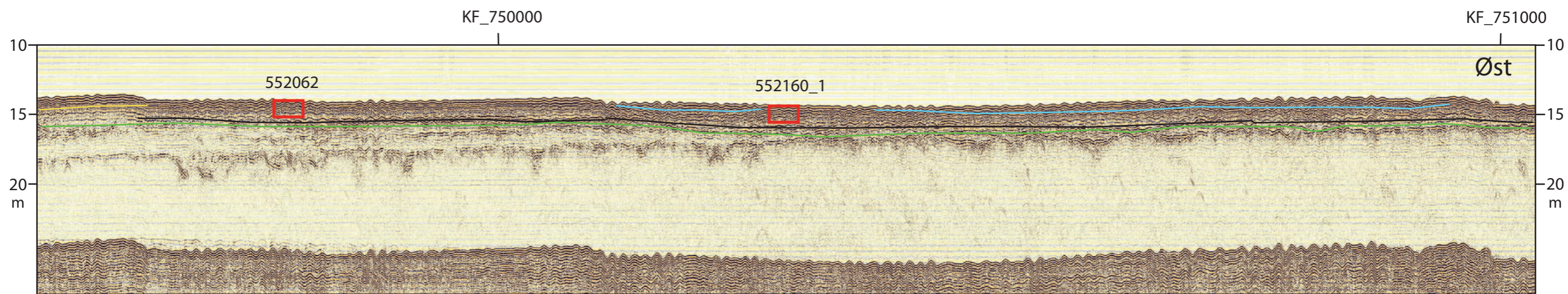
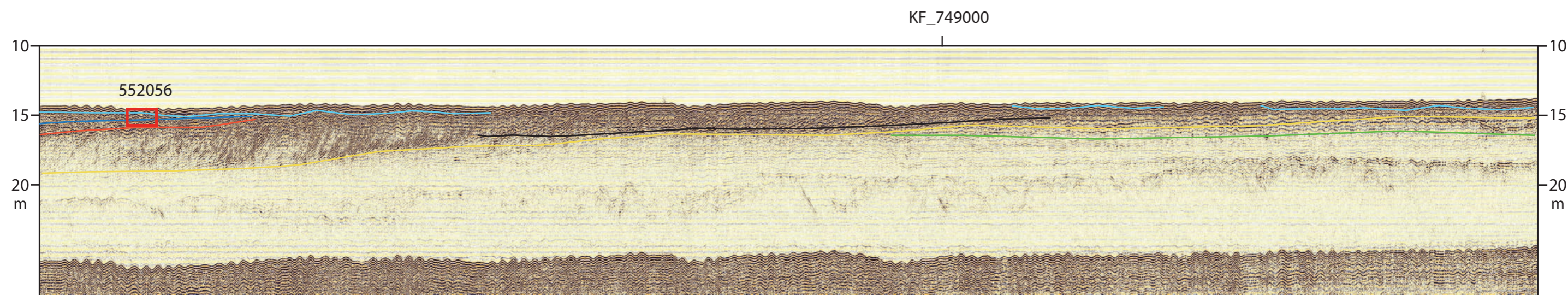
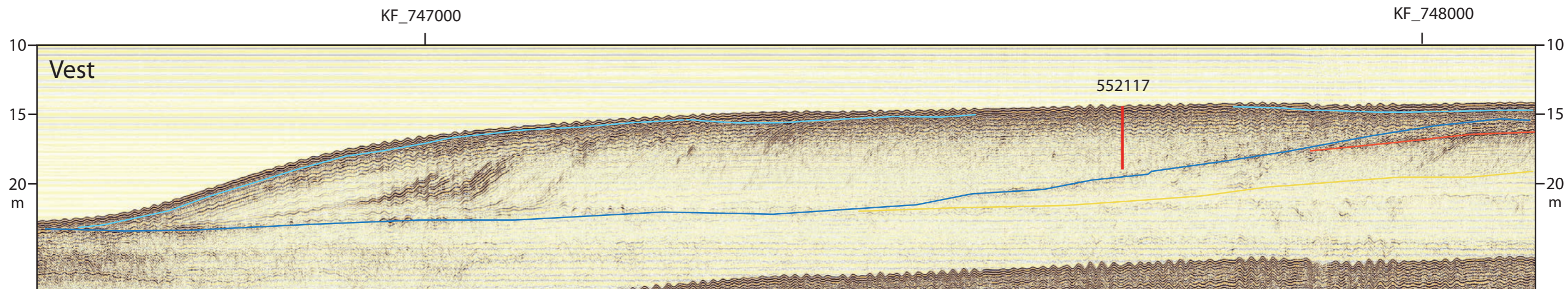
610500'N

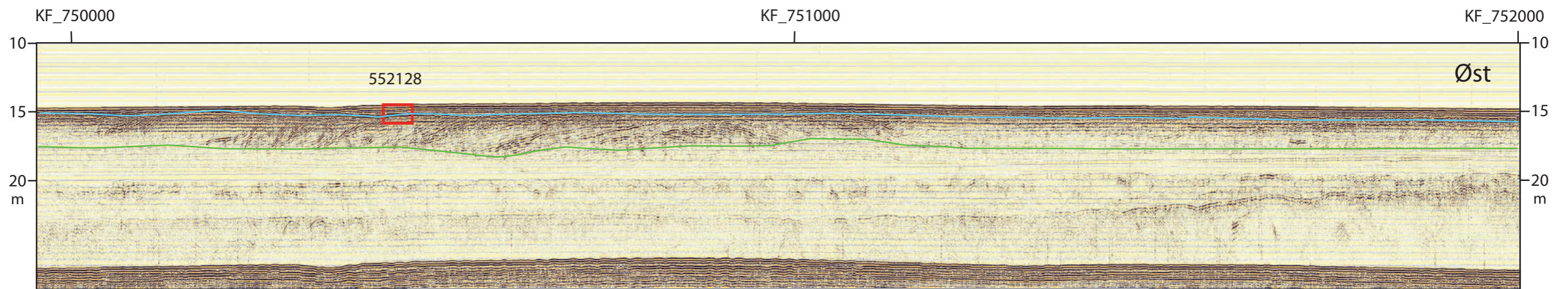
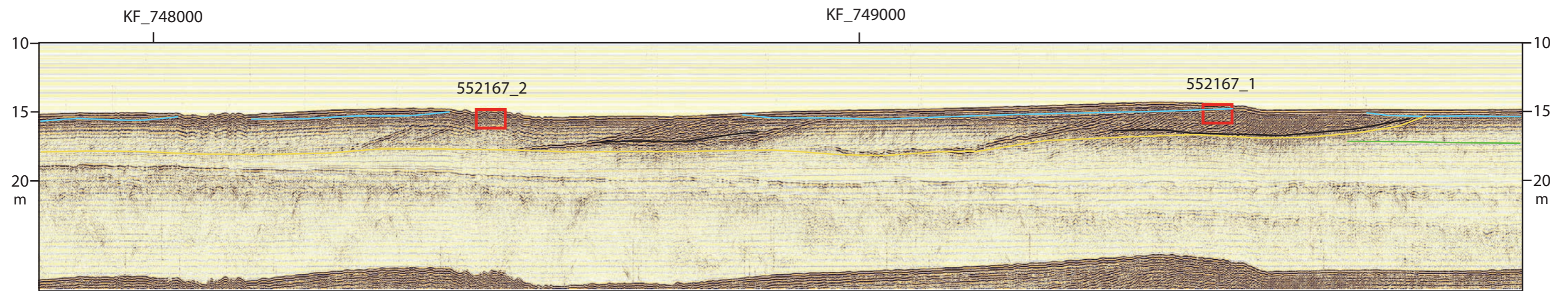
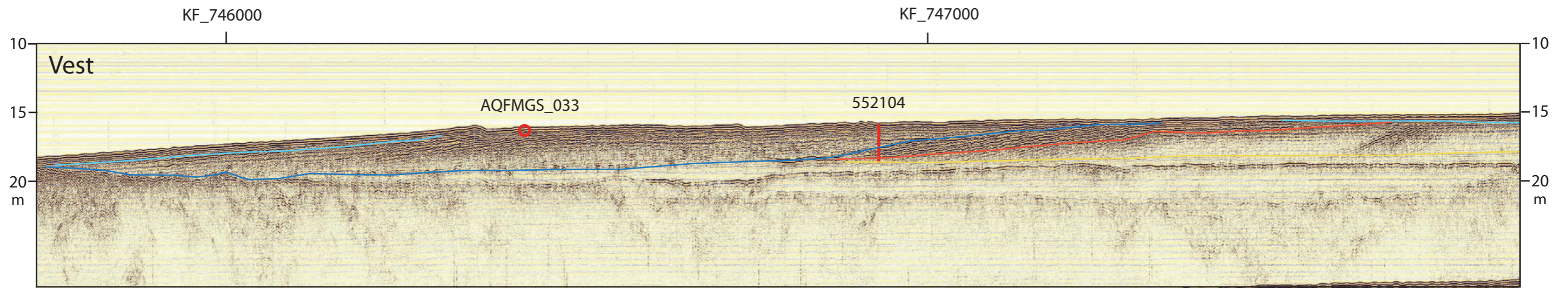
610000'N





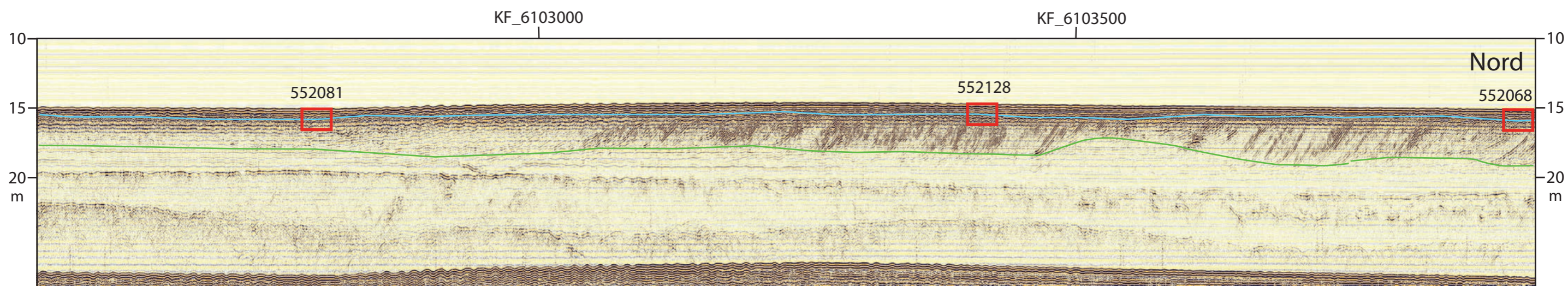
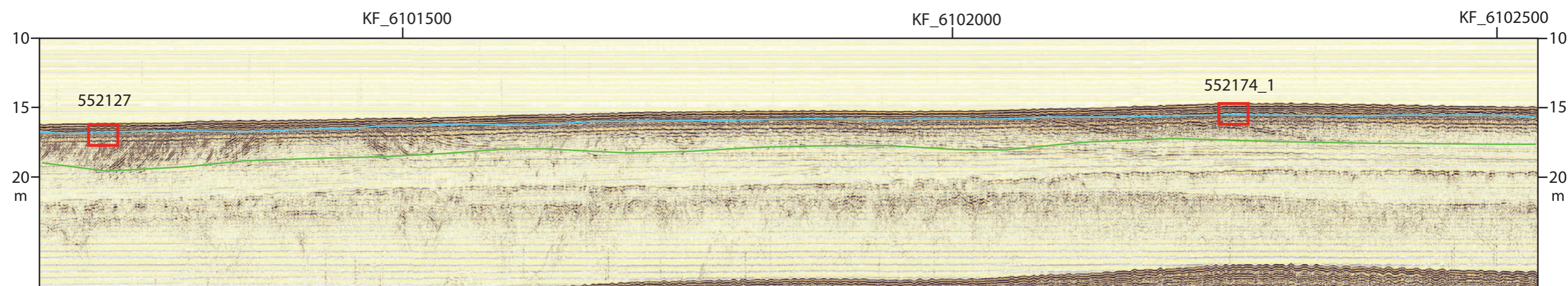
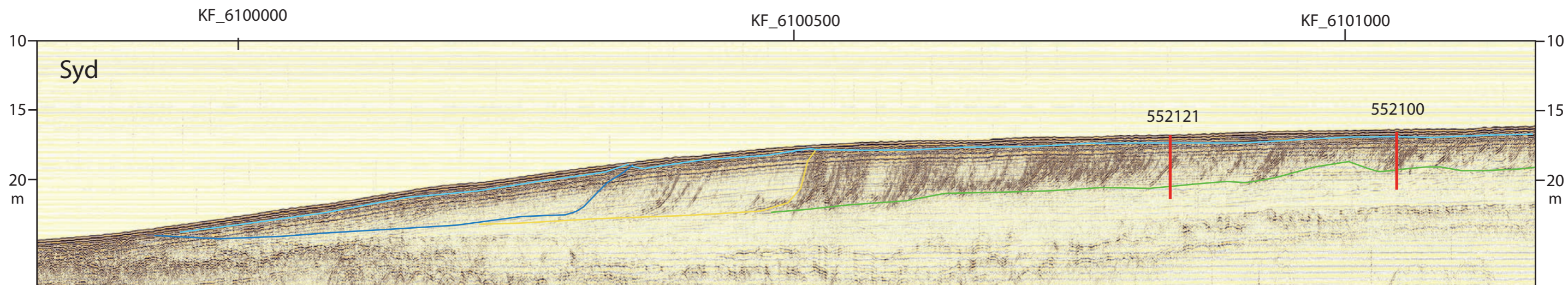
- 1000m
- | | | | | | |
|--|-----------------|--|-----------------|--|--------------|
| | Subrecent dække | | Yngre Littorina | | Lowstand |
| | Ældre Littorina | | Baltiske Issø | | Strandvolde |
| | Grabprøve | | Boring | | Sandpumpning |





1000m

- | | | | | | |
|--|-----------------|--|-----------------|--|--------------|
| | Subrecent dække | | Yngre Littorina | | Lowstand |
| | Ældre Littorina | | Baltiske Issø | | Strandvolde |
| | Grabprøve | | Boring | | Sandpumpning |



- 1000m
- Subrecent dække
 - Ældre Littorina
 - Grabprøve
 - Yngre Littorina
 - Baltiske Issø
 - | Boring
 - Lowstand
 - Strandvolde
 - Sandpumpning

Grain Size Distribution

Geotechnical

Sample Id: AQKFGS031
Lab. Id: KF 31
Submitter: Energinet.dk
Subject: KRIGERS FLAK Grab Samples
Date: November 2012
Executed: I. Nørgaard, A.Stoican
Remarks: For mat. < 16mm. 669,73 g >32mm tillagt 16 mm



Total Weight 1606,62 g

Size Fractions

Size	Size	Weight	Weight	Cumulated amount passing
mm	Φ	g	%	
16,00	-4,00	976,62	60,79	39,21
8,00	-3,00	202,54	12,61	26,61
4,00	-2,00	97,26	6,05	20,55
2,80	-1,49	30,32	1,89	18,67
2,00	-1,00	19,25	1,20	17,47
1,40	-0,49	11,85	0,74	16,73
1,00	0,00	13,82	0,86	15,87
0,710	0,49	9,28	0,58	15,29
0,500	1,00	11,36	0,71	14,58
0,355	1,49	32,95	2,05	12,53
0,250	2,00	106,91	6,65	5,88
0,180	2,47	70,27	4,37	1,51
0,125	3,00	13,34	0,83	0,68
0,090	3,47	1,37	0,09	0,59
0,075	3,74	0,18	0,01	0,58
0,063	3,99	0,14	0,01	0,57
< 0,063	> 3,99	9,16	0,57	0,00

Sieve Analysis

Gravel

Sand

Size Classes (DGF-Bulletin 1 1988)

	Weight %
Silt and clay (< 0,063 mm):	0,57
Sand, fine (0,063 mm - 0,200 mm):	2,19
Sand, medium (0,2 mm - 0,6 mm):	12,17
Sand, coarse (0,6 mm - 2 mm):	2,55
Gravel (> 2 mm):	82,53
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%	6,94	-2,79
84%	16%	1,06	-0,09
90%	10%	0,32	1,67
95%	5%	0,24	2,08

Moments Statistics

Mean	-0,09
Sorting	-----
Skewness	-----
Kurtosis	-----
Uniformity Coefficient	-----

The analysis is executed according to DS405.9 DS/EN933-1-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



De Nationale Geologiske Undersøgelser
 for Danmark og Grønland
 Øster Voldgade 10
 1350 København K

Prøvetagningseksempel
 Bilag C1

Grain Size Distribution

Geotechnical

Sample Id: AQKFGS033
Lab. Id: KF 33
Submitter: Energinet.dk
Subject: KRIGERS FLAK Grab Samples
Date: November 2012
Executed: I. Nørgaard, A.Stoican
Remarks: For mat. < 2 mm.



Total Weight 109,26 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	11,70	10,71	89,29
4,00	-2,00	3,12	2,86	86,44
2,80	-1,49	1,89	1,73	84,71
2,00	-1,00	3,70	3,39	81,32
1,40	-0,49	1,68	1,54	79,78
1,00	0,00	1,53	1,40	78,38
0,710	0,49	1,18	1,08	77,30
0,500	1,00	1,45	1,33	75,97
0,355	1,49	7,84	7,18	68,80
0,250	2,00	36,26	33,19	35,61
0,180	2,47	31,91	29,21	6,41
0,125	3,00	6,73	6,16	0,25
0,090	3,47	0,22	0,20	0,05
0,075	3,74	0,00	0,00	0,05
0,063	3,99	0,00	0,00	0,05
< 0,063	> 3,99	0,05	0,05	0,00

Sieve Analysis

Gravel

Sand

Size Classes (DGF-Bulletin 1 1988)

	Weight %
Silt and clay (< 0,063 mm):	0,05
Sand, fine (0,063 mm - 0,200 mm):	14,71
Sand, medium (0,2 mm - 0,6 mm):	61,86
Sand, coarse (0,6 mm - 2 mm):	4,71
Gravel (> 2 mm):	18,68
Sum:	100,00

Moments Measures (Folk and Wards)

Percentile	Percentile	d(mm)	φ
Amount in sieve	Amount passing		
5%	95%	12,26	-3,62
16%	84%	2,63	-1,40
25%	75%	0,48	1,06
40%	60%	0,33	1,61
Median 50%	50%	0,30	1,76
75%	25%	0,22	2,15
84%	16%	0,20	2,30
90%	10%	0,19	2,41
95%	5%	0,17	2,58

Moments Statistics

Mean	0,89
Sorting	1,86
Skewness	-0,72
Kurtosis	2,31
Uniformity Coefficient	1,73

The analysis is executed according to DS405.9 DS/EN933-1 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



De Nationale Geologiske Undersøgelser
 for Danmark og Grønland
 Øster Voldgade 10
 1350 København K

Prøvetagningseksempel
 Bilag C2

DGUNR 551232.54

SKIB. "Argonaut R"

ARB NR:

SEJLRETNING.

ARKIV NR. 124-03-552056

POSITION (utm).

6106474,5 mN 748232,9 mE

UDFØRT DATO. 20.06.91

GEOGRAFISKE KOORDINATER

Start: N 55°02'506 E 12°53'125

UDFØRT AF. JOL

DECCA.

rød

grøn

violet.

VANDDYBDE.(ekkolod). m 18

START PRØVESANDPUMPNING KL. 16.15

STOP PRØVESANDPUMPNING KL. 17.15

NUMMER	KOTE TIL PUMPEFOD. meter	PRØVEBESKRIVELSE
552056 Pr. 1+(2)	18-20	Fint - mell. sand indh. af grus/sten.
Pr. 3	18-20	Fint - mell. sand stort indh. af grus/sten.
Pr. 4	21,0	Fint - mell. sand. Niveauer med grus/småsten.
Pr. 5	21,5	Fint - mell. sand. Niveauer med grus/sten + træ.
Pr. 6 Pr. X	22,0 21-22	Fint - mell. sand. Niveauer med grus/sten . Træstyker fra niveau 21-22 m.
NAVIGATION. GPS		GENERELT. Fint til mell sand
SOLD.		
BEMÆRKNINGER. Prøver udtaget i spand fra indløb		STRATIGRAFI. Sen - postglacialt
DGU		Erne: Prøvesugning - stiksugning Kriegers Flak
Udført: JOL.	d. 20.06.91	
Projekt: 552		
Bilagsnr. H5		



De Nationale Geologiske Undersøgelser
for Danmark og Grønland
Øster Voldgade 10
1350 København K

Prøvetagningseksempel
Bilag C3

DGUNR 551232.92

Skib:	ARGONAUT	Arb. nr.:	11
Sejlrretning:		Arkiv nr.:	124-03-552 062
Position (UTM Zone 32):	. mN . mE	Udført dato:	24.09.1992
Geografiske koordinater:	55 02.388 N 12 54.696 E	Udført af:	JB/BN
Decca:			
Vanddybde (ekkolod):	17.00 meter		
START prøvesandpumpning kl.: 00:21:40		STOP prøvesandpumpning kl.: 00:22:10	

Prøve PKV nummer	Kote til Pumpefod meter	Prøvebeskrivelse
A	19.0	SAND, finkornet, indhold af groft sand og grus, moderat sorteret, bimodalt, få skaller. Prøven er taget under soldet. < 10mm.
B	19.0	SAND, finkornet, indhold af groft sand, velsorteret, få skaller. Prøven er taget marginalt i lasten. <10mm.
C	19.0	MORÆNELERS klumper og skalfragmenter. Prøven er taget på sliken.
D	19.0	Samme som A.

Navigation: GPS DIFF. Sold: 10mm	Generelt: Efter 30 min blev moræneoverf. nået.
---	--

Bemærkninger: Ydelse ca. 200m3	Stratigrafi:
--	---------------------

Danmarks Geologiske Undersøgelse Geofysisk og Maringeologisk afd. Thoravej 8, 2400 København NV Telefon 31 - 10 66 00	Emne: Prøvepumpninger på Kriegers Flak
--	---

Udført : d. 1-OCT-1992	Projekt:	Side nr.: 1
Kontrol : d.	J.nr.F	Bilagsnr. E4
Godkendt: d.	Rapport nr.	

Formidlet gennemgikning

DGUNR 551232.98

Skib:	ARGONAUT	Arb. nr.:	20
Sejlretning:		Arkiv nr.:	124-03-552 068
Position (UTM Zone 32):	. mN . mE	Udført dato:	25.09.1992
Geografiske koordinater:	55 01.186 N 12 55.682 E	Udført af:	JBJ/BN
Decca:			
Vanddybde (ekkolod):	17.00 meter		
START prøvesandpumpning kl.: 00:08:30		STOP prøvesandpumpning kl.: 00:08:45	

Prøve PKV nummer	Kote til Pumpefod meter	Prøvebeskrivelse
A	19.0	SAND, fin til mellemkornet, indhold af groft sand og grus, dårligt sorteret,. Gruset består hovedsageligt af flint. Prøven er taget under soldet. <10mm.
B	19.0	SAND, fin til mellemkornet, svagt indhold af grovsand og grus. Moderat sorteret. Prøven er taget marginalt i lasten < 10mm. Materialet på slisken (> 10mm) indeholder mange marine skaller.

Navigation: GPS DIFF. Sold: 10mm	Generelt:
---	------------------

Bemærkninger: Ydelse ca. 100m ³	Stratigrafi:
--	---------------------

Danmarks Geologiske Undersøgelse Geofysisk og Marinegeologisk afd. Thoravej 8, 2400 København NV Telefon 31 - 10 66 00	Emne: Prøvepumpninger på Kriegers Flak
---	---

Udført : d. 1-OCT-1992	Projekt:	Side nr.: 1
Kontrol : d.	J.nr.F	Bilagsnr. E10
Godkendt: d.	Rapport nr.	



De Nationale Geologiske Undersøgelser
for Danmark og Grønland
Øster Voldgade 10
1350 København K

Prøvetagningseksempel
Bilag C5

DGUNR 551232.110

Skib:	ARGONAUT	Arb. nr.:	25
Sejlretning:		Arkiv nr.:	124-03-552 082
Position (UTM Zone 32):	. mN . mE	Udført dato:	26.09.1992
Geografiske koordinater:	55 04.305 N 12 58.099 E	Udført af:	JBj/BN
Decca:			
Vanddybde (ekkolod):	19.00 meter		
START prøvesandpumpning kl.: 00:00:20		STOP prøvesandpumpning kl.: 00:00:35	

Prøve PKV nummer	Kote til Pumpefod meter	Prøvebeskrivelse
A	21.0	SAND, fin til mellemkornet, indhold af groft sand og grus, moderat sorteret. Gruset består af flint og krystalliner. Prøven er taget under soldet. < 10mm.
B	21.0	SAND, fin til mellemkornet, indhold af groft sand, svagt indhold af grus ellers som A. Prøven er taget i den marginale del af lasten. < 10mm.
	-	Efter ca. 10min pumpning blev der observeret morænelersklumper på slisken, hvilket betyder at bunden af sandlaget var nået.
	-	
	-	

Navigation:	Generelt:
GPS DIFF.	
Sold: 10mm	

Bemærkninger:	Stratigrafi:
Ydelse ca. 100m ³	

Danmarks Geologiske Undersøgelse
Geofysisk og Maringeologisk afd.
Thoravej 8, 2400 København NV
Telefon 31 - 10 66 00

Emne: Prøvepumpninger på Kriegers Flak

Udført :	d. 1-OCT-1992	Projekt:	
Kontrol :	d.	J.nr.F	Side nr.: 1
Godkendt:	d.	Rapport nr.	Bilagsnr. E24



De Nationale Geologiske Undersøgelser
for Danmark og Grønland
Øster Voldgade 10
1350 København K

Prøvetagningseksempel
Bilag C6

DGUNR : 541204.1

SEDIMENTOLOGICAL CORE LOG								
CORE NR.: 131-03-552100			LINE: 552361		FIX: 2342			
Sample depth	Core	Box	Scale	Lithology	Grain size & Sedimentary structure	Description		
100-1	6	1	1			SAND, mellem-finkornet, indhold af groft sand og grus stigende mod nedre laggrænse. PG		
	5	2	1			SAND, mellem-finkornet, varierende indhold af groft sand og grus, lagdelt, ca. 5-10 cm tykke lag med øget indhold af groft sand og grus.		
100-2	4	3	2					
100-3	3	4	3					SAND, fin-mellemkornet, svagt lagdelt, få cm tykke lag af dårligt sorteret sand, med ca. 1 m afstand. SG ?
100-4	2	5	4					
100-5	6	1	5					
100-6			6					
			iii	Clay	Silt	Waterdepth 20,1m		
15/6 93	JBJ			0.0039	0.0625			
Date	Described by			0.125	0.25			
				0.5	1			
				2	Gr			
				mm	Pb			
					(+)			

BILAG F1



De Nationale Geologiske Undersøgelser
for Danmark og Grønland
Øster Voldgade 10
1350 København K


Prøvetagningseksempel
Bilag C7

SEDIMENTOLOGICAL CORE LOG

CORE NR.: 131-03-552104

LINE

DGUNR: 551232.2

Sample depth	Core	Box	Scale	Lithology	Grain size & Sedimentary structure	Description
104-1	6	1		•••••	•••••	SAND, mellemkornet, stærkt indhold af groft sand, grus og få sten, marine skaller. PG
	5	2	1	•••••	•••••	SAND, mellem-groft, stærkt indhold af grus og sten, max. klast 10 cm.
104-2	4	3	2	•••••	•••••	- do -, lidt større sandindhold.
104-3	3	4	3	•••••	•••••	SAND, mellem-finkornet, indhold af groft sand, grus og få sten.
104-4	2	5	4	•••••	•••••	SAND, fin-mellemkornet, svagt indhold af grus.
104-5	1	6	5	•••••	•••••	SAND, groft, gruset og stenet.
104-6			6	•••••	•••••	
				m	Clay	Waterdepth 19,6m
				0.0039	Silt	mm
				0.0625	vf	
				0.125	f	
				0.25	m	
				0.5	c	
				1	vc	
				2	Gr	
				4	Pb	
				64		
15/6 93	JBJ					
Date	Described by					



De Nationale Geologiske Undersøgelser
for Danmark og Grønland
Øster Voldgade 10
1350 København K

Prøvetagningseksempel
Bilag C8

SEDIMENTOLOGICAL CORE LOG

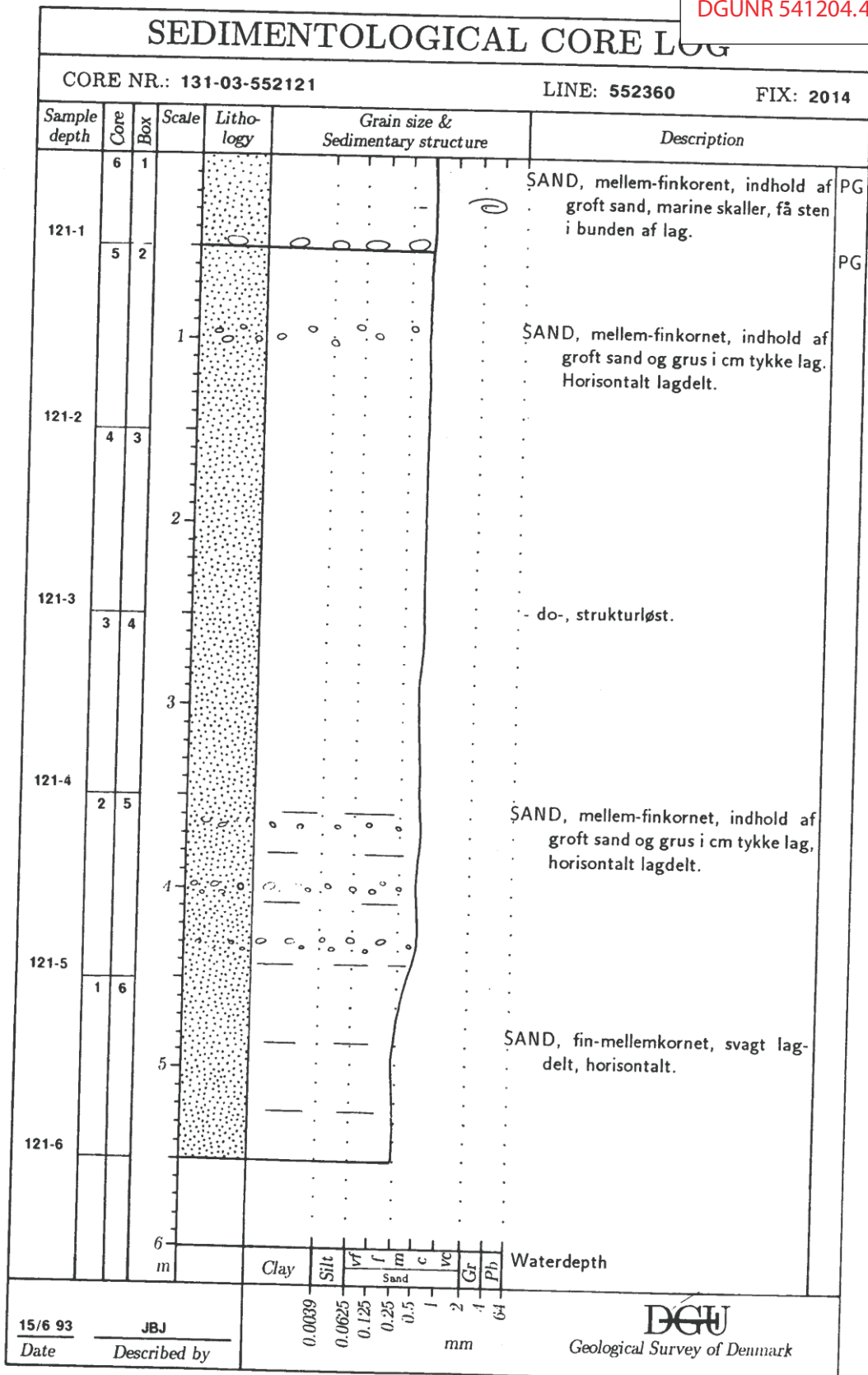
CORE NR.: 131-03-552114

LINE: 552361

DGUNR 551232.12

Sample depth	Core	Box	Scale	Lithology	Grain size & Sedimentary structure	Description
114-1	3	1	1	1	1	SAND, mellemkornet, indhold af groft sand og grus, indhold af marine skaller, mod bunden af laget groft sand - grus med indhold af sten. PG
114-2	2	2	2	2	2	SAND, mellem-finkornet, indhold af grus og sten, strukturløst. PG
114-3	1	3	3	3	3	
				0		
				1		
				2		
				3		
				4		
				5		
				6		
				m		
				Clay	Silt	M
				0.0039	0.0625	0.125
				0.25	0.5	1
				2	4	64
				mm		
				Waterdepth		18,2m
15/6 93		JBJ		 Geological Survey of Denmark		
Date		Described by				

SEDIMENTOLOGICAL CORE LOG						
CORE NR.: 131-03--552117				LINE: 552361		
Sample depth	Core	Box	Scale	Lithology	Grain size & Sedimentary structure	Description
117-1	6	1		[Lithology: Sand with coarse grains]	[Grain size: 0.075 - 2 mm]	SAND, fin-mellemkornet, indhold af groft sand, svagt indhold af grus og sten, strukturløst. Tilsyneladende uden indhold af skaller.
	5	2				
117-2	4	3		[Lithology: Sand with fine-medium grains]	[Grain size: 0.075 - 0.25 mm]	SAND, fin-mellemkornet, lagdelt med få cm tykke ler - silt lag, horisontalt lagdelt.
	2					
117-3	3	4		[Lithology: Sand with fine-medium grains]	[Grain size: 0.075 - 0.25 mm]	SAND, fin-mellemkornet, lagdelt med få cm tykke ler - silt lag, horisontalt lagdelt.
117-4	2	5		[Lithology: Sand with fine-medium grains]	[Grain size: 0.075 - 0.25 mm]	SAND, fin-mellemkornet, lagdelt med få cm tykke ler - silt lag, horisontalt lagdelt.
117-5	1	6		[Lithology: Sand with fine-medium grains]	[Grain size: 0.075 - 0.25 mm]	SAND, fin-mellemkornet, lagdelt med få cm tykke ler - silt lag, horisontalt lagdelt.
117-6				[Lithology: Sand with fine-medium grains]	[Grain size: 0.075 - 0.25 mm]	SAND, fin-mellemkornet, lagdelt med få cm tykke ler - silt lag, horisontalt lagdelt.
						Waterdepth 18,1m
15/6 93	JBJ					
Date	Described by					



DGUNR 541204.28

Skib: Ahlsell Arb. nr.: 1271
 Sejlretning: Start 170 slut 170 Arkiv nr.: 124-03-552 127
 Position (UTM Zone 32): mN mE Udført dato: 04.08.1993
 Geografiske koordinater: 54 59 704 N 12 55 571 E Udført af: JBJ/BN
 Decca:
 Vanddybde (ekkolod): meter

START prøvesandpumpning kl.: 00:09:20 STOP prøvesandpumpning kl.: 00:10:35

Prøve PKV nummer	Kote til Pumpefod meter	Prøvebeskrivelse
1A		SAND, Fin - mellem, indhold af groft sand og svagt indhold af grus, velsorteret, grusklaster flint og krystalliner.
1M		SAND, mellem - groft, indhold af fint sand og grus, moderat sorteret, grusklaster flint og krystalliner.
1S		SAND, fin - mellem, indhold af groft sand og svagt indhold af grus, velsorteret. På slisken mange skaller, sten og grus, marine skaller, flint klaster, palæozoiske kalksten, sandsten, ravstykke. Start 54 59,704N 12 55,571E Slut 54 59,718N 12 55,571E

Navigation: DGPS D4A Sold: 10mm	Generelt: Sugedybde 2 til 3m
Bemærkninger: Fuld Last 330kub	Stratigrafi:

Danmarks Geologiske Undersøgelse
 Geofysisk og Marinegeologisk afd.
 Thoravej 6, 2400 København NV
 Telefon 31 - 10 66 00

Emne: Kriegers Flak

Udført : d. 17-AUG-1993 Projekt:
 Kontrol : d. J.nr.F
 Godkendt: d. Rapport nr.

BILAG F71



De Nationale Geologiske Undersøgelser
 for Danmark og Grønland
 Øster Voldgade 10
 1350 København K

Prøvetagningseksempel
 Bilag C12

DGUNR 551232.81

Skib: Ahlsell Arb. nr.: 1281
 Sejlretning: Start 156 Slut 217 Arkiv nr.: 124-03-552 128
 Position (UTM Zone 32): . mN . mE Udført dato: 08.08.1993
 Geografiske koordinater: 55 00 893 N 12 55 514 E Udført af: JBJ/BN
 Decca:
 Vanddybde (ekkolod): 17.00 meter

START prøvesandpumpning kl.: 00:13:08 STOP prøvesandpumpning kl.: 00:14:08

Prøve PKV nummer	Kote til Pumpefod meter	Prøvebeskrivelse
1A		SAND, mellem - fin, indhold af groft sand og grus, moderat sorteret.
1M		SAND, mellem, stærkt indhold af grus og grovsand, marine skaller, mange karakteristiske grønne korn, flint moderat sorteret.
1S		SAND, fin - mellem, velsorteret, få cardium. Start 55 00,934N 12 55,511E Slut 55 00,893N 12 55,514E

Navigation: DGPS D4A Sold: 10mm	Generelt: Sugedybde 2 til 3m
--	--

Bemærkninger: Fuld Last 330kub	Stratigrafi:
--	---------------------

Danmarks Geologiske Undersøgelse
 Geofysisk og Marinegeologisk afd.
 Thoravej 8, 2400 København NV
 Telefon 31 - 10 66 00

Emne: Kriegers Flak

Udført : d. 17-AUG-1993	Projekt:
Kontrol : d.	J.nr.F
Godkendt: d.	Rapport nr. BLAG F74



De Nationale Geologiske Undersøgelser
 for Danmark og Grønland
 Øster Voldgade 10
 1350 København K

Prøvetagningseksempel
 Bilag C13

Slæbesandpumpningskema.

Skib: Glarea		Arkiv nr: 124-03-552159		
Vanddybde: 17.7 m		Udført dato: 30/5 1994		
Navigation: Shipmate 250 DGPS		Udført af: SLO/BJJ		
Sold: Ingen				
Prøve nr.	Prøvebeskrivelse			
A	SAND, mellem - fint, svagt indhold af groft sand, velsorteret.			
B	SAND, mellem - fint, svagt indhold af groft sand, svagt indhold af grus og sten, flint og krystalliner.			
C	SAND, mellem - groft, velsorteret, svagt indhold af grus og sten, flint og krystalliner.			
Slæb nr.	Start prøvesandpumpning		Stop prøvesandpumpning	
	Position Nb ØI	Kl.	Position Nb ØI	Kl.
1	55 01.83 12 55.33	15.30	55 02.24 12 54.58	15.48
<p>Bemærkninger. Lav sugehastighed ca. 1 knob da dykkere fra Waterconsult ønskede at observere evt. rende på havbunden. Der blev lastet 350 m³ på 18 min.</p>				

dis kan

DGU 15/6 1994 JBJ



De Nationale Geologiske Undersøgelser
for Danmark og Grønland
Øster Voldgade 10
1350 København K

Prøvetagningseksempel
Bilag C14

Slæbesandpumpningsskema.

Skib: Glarea	Arkiv nr: 124-03-552160			
Vanddybde: 17.5 m	Udført dato: 30/5 1994			
Navigation: Shipmate 250 DGPS	Udført af: SLO/JBJ			
Sold: Ingen				
Prøve nr.	Prøvebeskrivelse			
A	SAND, mellem - groft, moderat sorteret, stærkt indhold af grus og sten, krystalliner og flint, bimodalt.			
B	SAND, mellem - groft, moderat sorteret, stærkt - meget stærkt indhold af grus og sten, krystalliner og flint, bimodalt.			
C	SAND - GRUS, mellem - groft sand, moderat sorteret, bimodalt, indhold af sten, krystalliner og flint.			
	<p>Mange sten i nordvestlige ende af slæbet, hvor 30 - 40% af prøverne udgøres af grus og sten. Specielt mange sten er observeret ved positionerne 55 02.37 N 12 55.07 og 55 02.19 N 12 55.42 Ø.</p>			
Slæb nr.	Start prøvesandpumpning		Stop prøvesandpumpning	
	Position Nb Øl	Kl.	Position Nb Øl	Kl.
1	55 02.05 12 55.60	16.29	55 02.28 12 55.07	
2	55 02.28 12 55.07		55 02.19 12 55.42	16.48
Bemærkninger. Der er udtaget 6 poser med grus og sten til kvalitetsbedømmelse af stenene.				

DGU 15/6 1994 JBJ

BILAG F5



De Nationale Geologiske Undersøgelser
for Danmark og Grønland
Øster Voldgade 10
1350 København K

Prøvetagningseksempel
Bilag C15

Slæbesandpumpningskema.

Skib: Glarea		Arkiv nr: 124-03-552167		
Vanddybde: 18.2 m		Udført dato: 30/5 1994		
Navigation: Shipmate 250 DGPS		Udført af: SLO/JBJ		
Sold: Ingen				
Prøve nr.	Prøvebeskrivelse			
A	SAND, mellem - fin, svagt indhold af grus klaster, velsorteret, svagt indhold af marine skaller.			
B	SAND, mellem - groft, moderat sorteret, stærkt indhold af grus og sten, bimodalt, svagt indhold af marine skaller.			
C	SAND, mellem - fin, velsorteret, indhold af grus og få sten, indhold af marine skaller.			
Sløb nr.	Start prøvesandpumpning		Stop prøvesandpumpning	
	Position Nb Øl	Kl.	Position Nb Øl	Kl.
1	55 00.90 12 54.94	22.35	55 01.12 12 54.12	22.56
<p>Bemærkninger. Sten i store mængder blokerede sugefoden ved position 55 00.88 N 12 54.29 Ø. Efter blokeringen måtte sugefoden tilsyneladende suge sig lidt ned gennem dæksand før der igen kom store mængder grus og sten.</p> <p>Der blev lastet 450 m³ på 21 min.</p>				

DGU 15/6 1994 JBJ



De Nationale Geologiske Undersøgelser
for Danmark og Grønland
Øster Voldgade 10
1350 København K

Prøvetagningseksempel
Bilag C16

Slæbesandpumpnings-skema.

Skib: Glarea		Arkiv nr: 124-03-552174		
Vanddybde: 18.4 m		Udført dato: 31/5 1994		
Navigation: Shipmate 250 DGPS		Udført af: SLO/JBJ		
Sold: Ingen				
Prøve nr.		Prøvebeskrivelse		
A		SAND, mellem - fint, velsorteret, svagt indhold af marine skaller.		
B		SAND, mellem, velsorteret, svagt indhold af fint og groft sand, svagt indhold af marine skaller.		
C		SAND, mellem - fint, velsorteret, svagt indhold af marine skaller.		
Slæb nr.	Start prøvesandpumpning		Stop prøvesandpumpning	
	Position Nb ØI	Kl.	Position Nb ØI	Kl.
1	55 00.23 12 55.36	05.54	55 00.25 12 54.19	06.05
Bemærkninger.				
Der blev lastet 350 m ³ på 11 min.				

DGU 20/6 1994 JBJ



De Nationale Geologiske Undersøgelser
for Danmark og Grønland
Øster Voldgade 10
1350 København K

Prøvetagningseksempel
Bilag C17

SEDIMENTOLOGICAL CORE LOG							
CORE NR.: 131-03-552118			LINE: 552369		FIX: 382		
Sample depth	Core	Box	Scale	Lithology	Grain size & Sedimentary structure	Description	
118-1	4	1	1 2 3 4 5 6 m			SAND, finkornet, indhold af mellemkornet sand, svagt indhold af groft sand, strukturløst. Tilsyneladende ikke indhold af skaller. SG	
118-2	3	2					
118-3	2	3					
118-4	1	4					
<p>Borekernen er kraftigt forstyrret ved boringen.</p> <p>Waterdepth 17,6 m</p>							
15/6 93 JBJ Date Described by				Clay Silt v. f. m. c. v. Gr. Pl. 0.0039 0.0025 0.125 0.25 0.5 1 2 4 64 mm		DGIU Geological Survey of Denmark	

BILAG F19

SEDIMENTOLOGICAL CORE LOG

CORE NR.: 131-03-552119

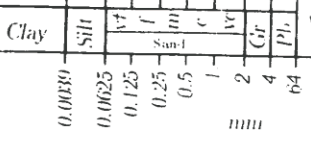
LINE: 552368

FIX: 3701

Sample depth	Core	Box	Scale	Lithology	Grain size & Sedimentary structure	Description		
119-1	4	1				SAND, mellem-finkornet, svagt indhold af groft sand, grus marine skaller. PG		
	3	2				SAND, groft-mellemkornet, indhold af grus og sten, lagdelt. Ikke indhold af skaller. PG		
119-2	1							
	2	1						SAND, mellem-finkornet, indhold af groft sand, grus og få sten. Svagt lagdelt. Ikke indhold af skaller.
119-3	1	4						
119-4								

Waterdepth 17,5 m

15/6 93 Date Described by JBJ



DGU Geological Survey of Denmark

BILAG F20



De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland
 Øster Voldgade 10
 1350 København K

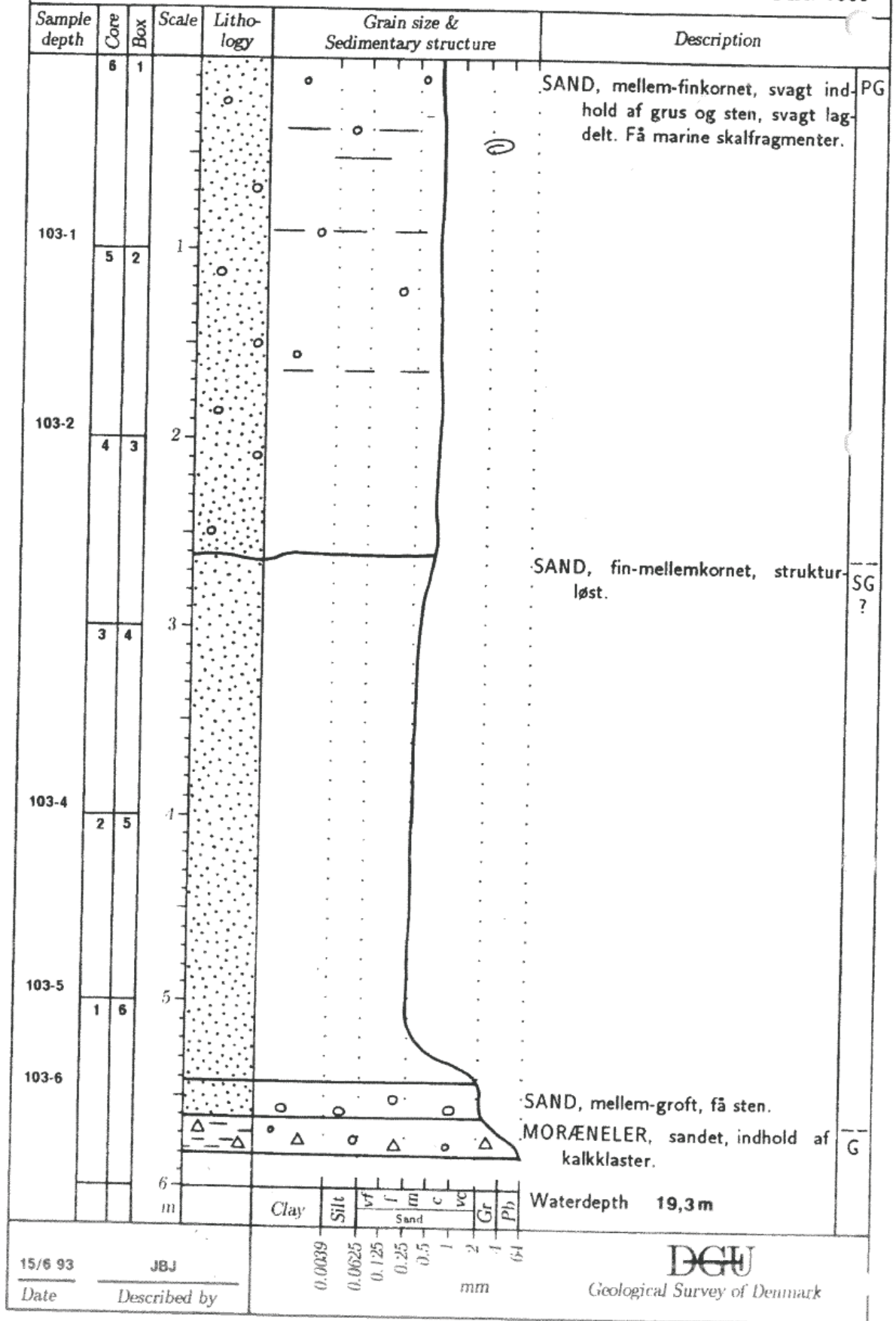
Prøvetagningseksempel
 Bilag C19

SEDIMENTOLOGICAL CORE LOG

CORE NR.: 131-03-552103

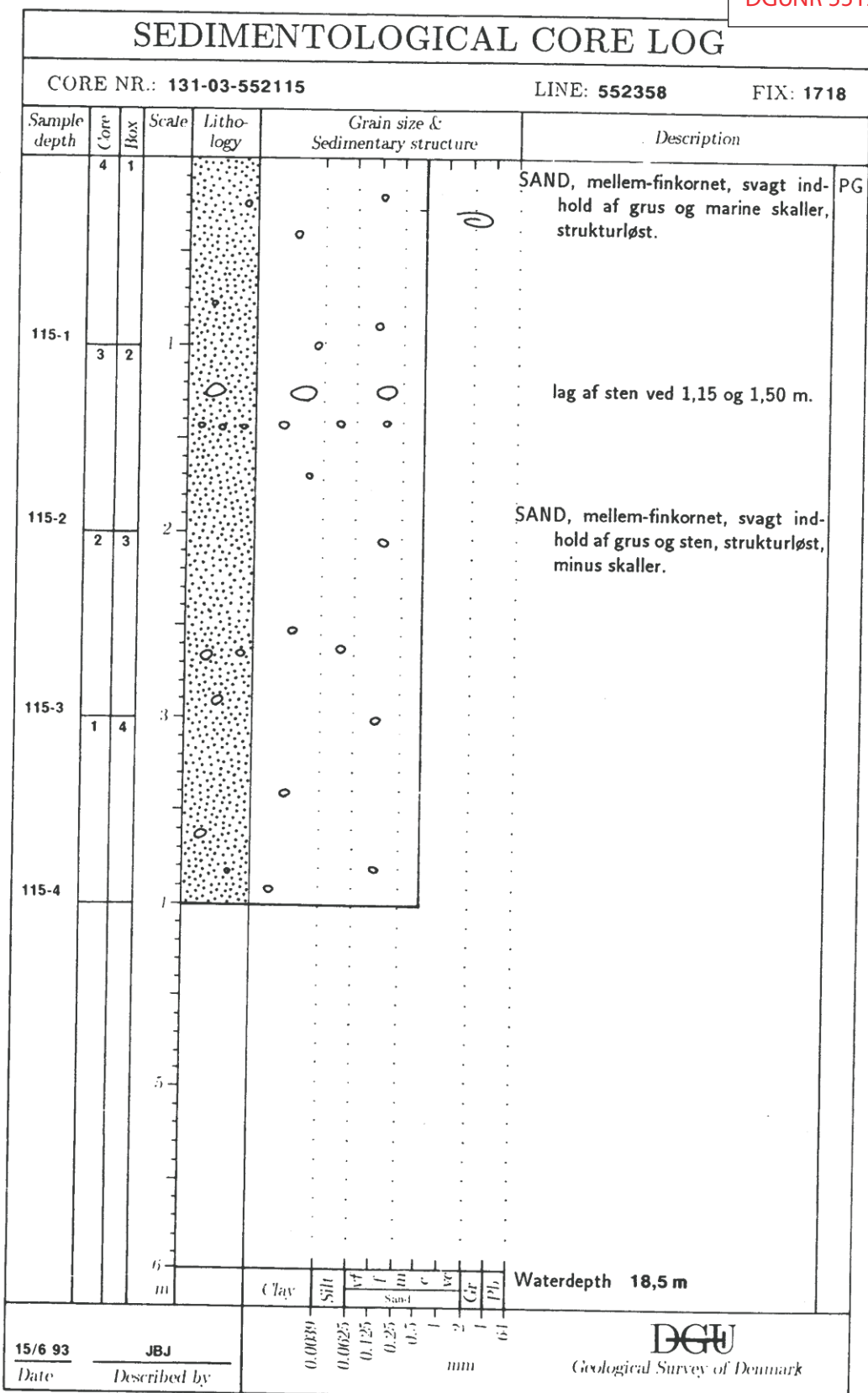
LINE: 552358

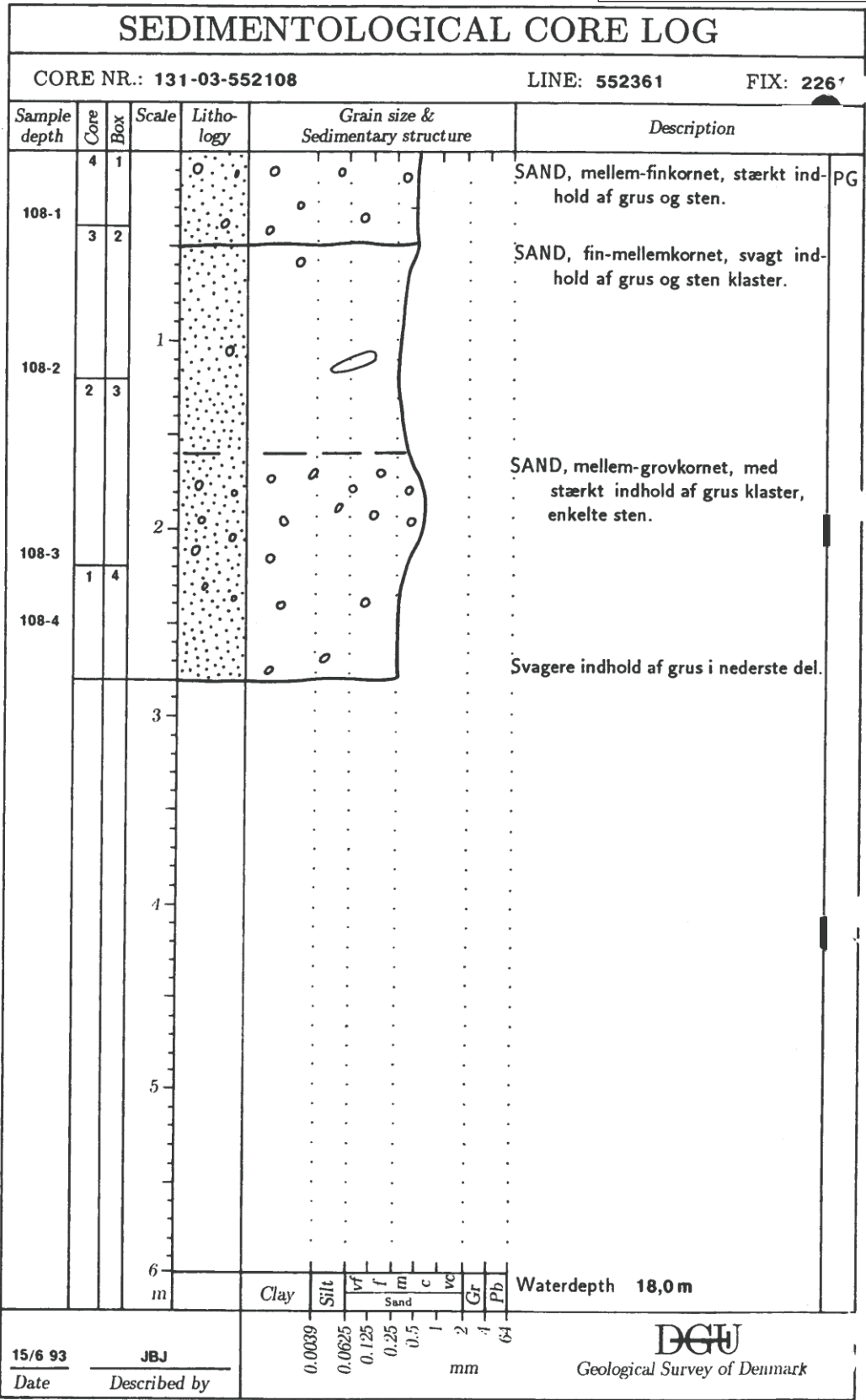
FIX: 1660



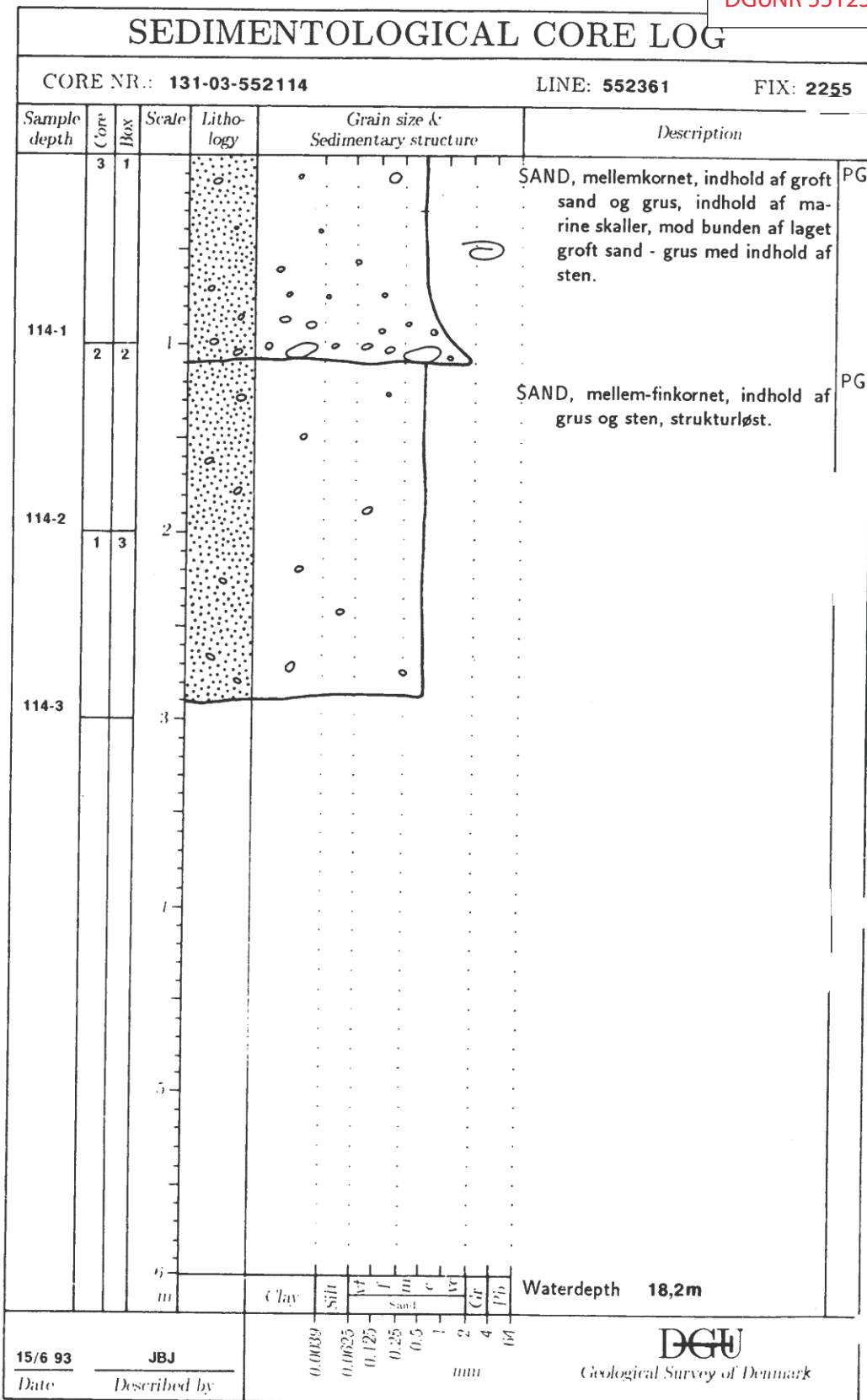
De Nationale Geologiske Undersøgelser
for Danmark og Grønland
Øster Voldgade 10
1350 København K

Prøvetagningseksempel
Bilag C20





BILAG F9



BILAG F15

Skib:	ARGONAUT	Arb. nr.:	9
Sejlrretning:		Arkiv nr.:	124-03-552 064
Position (UTM Zone 32):		Udført dato:	25.09.1992
Geografiske koordinater:	55 02.263 12 53.125	Udført af:	JB/BN
Decca:			
Vanddybde (ekkolod):	18.00 meter		
START prøvesandpumpning kl.: 00:01:15		STOP prøvesandpumpning kl.: 00:01:35	
Prøve PKV nummer	Kote til Pumpefod meter	Prøvebeskrivelse	
A og D	20.0	SAND, fin-mellemkornet, indhold af groft sand og grus, dårligt sorteret. Gruset består hovedsageligt af flint og krySTALLINER, indhold af marine skalfragmenter. Prøven er taget under soldet. < 10mm.	
B og E	20.0	SAND, finkornet, velsorteret, marine skalfragmenter. Prøven er taget marginalt i lasten. < 10mm.	
C og F	20.0	STEN og GRUS, afrundet til velafrundet, flint og krystalliner, få sandsten, indhold af grenstykker. Temmeligt stort stenindhold mulig ral ressource.	
Navigation: PS DIFF. Sold: 10mm		Generelt:	
Bemærkninger: Ydelse ca. 150m3		Stratigrafi:	
Danmarks Geologiske Undersøgelse Geofysisk og Maringeologisk afd. Thoravej 8, 2400 København NV Telefon 31 - 10 66 00		Emne: Prøvepumpninger på Kriegers Flak	
Udført :	d. 1-OCT-1992	Projekt:	
Kontrol :	d.	J.nr.F	Side nr.: 1
Godkendt:	d.	Rapport nr.	Bilagsnr. E6

Slæbesandpumpningskema.

Skib: Glarea		Arkiv nr: 124-03-552173		
Vanddybde: 18.2 m		Udført dato: 31/5 1994		
Navigation: Shipmate 250 DGPS		Udført af: SLO/JBJ		
Sold: Ingen				
Prøve nr.	Prøvebeskrivelse			
A	SAND, mellem - fint, velsorteret.			
B	SAND, mellem - fint, velsorteret, indhold af marine skaller.			
C	SAND, mellem - fint, velsorteret.			
Slæb nr.	Start prøvesandpumpning		Stop prøvesandpumpning	
	Position Nb Øl	Kl.	Position Nb Øl	Kl.
1	55 00.41 12 55.29	04.59	55 00.51 12 54.74	05.20
Bemærkninger.				
Der blev lastet 350 m ³ på 21 min.				

DGU 20/6 1994 JBJ



De Nationale Geologiske Undersøgelser
for Danmark og Grønland
Øster Voldgade 10
1350 København K

Prøvetagningseksempel
Bilag C25

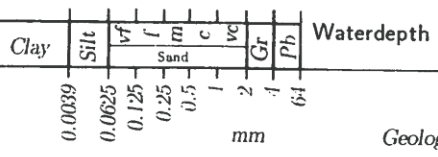
SEDIMENTOLOGICAL CORE

CORE NR.: 131-03-552122

LINE: 552357

FIX: 1530

Sample depth	Core	Box	Scale	Lithology	Grain size & Sedimentary structure	Description		
122-1	6	1				SAND, mellem-finkornet, indhold af groft sand og grus, marine skaller.	PG	
	5	2				SAND, mellem-finkornet, stærkt indhold af groft sand, grus og sten, bimodalt, marine skaller, strukturløst.		
122-2			1				bunden af lag groft sand, grus sten, marine skaller.	
	4	3					SAND, mellem-finkornet, indhold af grus og sten, horisontale lag opkoncentreret grus + sten, ikke indhold af skaller.	PG
122-3			2					
	3	4						?
122-4			3			SAND, fin-mellemkornet, svagt lagdelt, indhold af groft sand, grus og få sten, svagt lagdelt.		
	2	5				Organisk rig horisont med lodrette rodrør.		
122-5			4					
	1	6						
122-6			5			MORÆNELER, slap i øverste 20 cm derefter hård stenet.	G	
			6					



Date _____ Described by _____

Skib: Ahlsell Arb. nr.: 1321
 Sejlretning: Start 130 Slut 170 Arkiv nr.: 124-03-552 132
 Position (UTM Zone 32): mN mE Udført dato: 04.08.1993
 Geografiske koordinater: 55 00 346 N 12 53 592 E Udført af: JBJ/BN
 Decca:
 Vanddybde (ekkolod): 19.00 meter

START prøvesandpumpning kl.: 00:16:45 STOP prøvesandpumpning kl.: 00:17:48

Prøve PKV nummer	Kote til Pumpefod meter	Prøvebeskrivelse
1A		SAND, fin - mellem, velsorteret, indhold af mørke sandkorn marine skaller.
1M		SAND, fin - mellem, indhold af grusklaster, velsorteret, grusklaster flinmt og krystalliner, mørke sandkorn, marine skaller.
1S		SAND, fin - mellem, velsortert, indhold af mørke korn Mange skaller på sold, mange lergytje lagstykker Start 55 00 322N 12 53 614E Slut 55 00 346N 12 53 592E

Navigation: DGPS Sold: 10mm	Generelt: Sugedybde 2 tilk 3m
--	---

Bemærkninger: Fuld last 330kub	Stratigrafi:
--	---------------------

Denmarks Geologiske Undersøgelse
 Geofysisk og Maringeologisk afd.
 Thoravej 8, 2400 København NV
 Telefon 31 - 10 66 00

Emne: Kriegers Flak

Udført : d. 17-AUG-1993 Projekt:
 Kontrol : d. J.nr.F
 Godkendt: d. Rapport nr. **BLAG F77**

BEKRIIVELSE AF HAVBUNDSPRØVER
(folket sammenstilling af data)

DGUNR : 551232.48

Prøvemethode: VIBROCORER

Arkiv nr.: 231 - 03 - 552039

Øs: 6.107.952 mN 749.678 mE U.T.M. net zone 32

Bilag nr.: D4

Forsøgsresultater:		Kote meter	Litho- logi	Kasse Prøve nr/type	cm. u. top	Beskrivelse (Udvidet beskrivelse på bagsiden).	Aflejr- måde alder	Kote meter	Litho- logi
		-17.1				HAVBUND		-17.1	
		-18		4/1	000	SAND, fin - mellem, middel - dårligt sorteret, indhold af groft sand og fingrus, muslinge - skaller, lysgrå, kalkholdig	M/P	-18	
		-19		4/2				-19	
		-20		4/3				-20	
		-21		4/4				-21	
		-22		4/5				-22	
		-23		4/6	503	SAND, mest fin, indhold af mellemgroft sand, gruspartikler, brungrå, skalfri, kalkholdig	F / G S	-23	
					537	STEN / SAND, fin - mellem	F / G S		
					544	SAND, fin - mellem, dårligt sorteret, svagt indhold af fingrus og nedeft af ler og grus - partikler, grå	F / G GL S		
		-24						-24	
			min.	Rammeforløb					
			%	Kornstørrelse- fordeling					
					SKOV- OG NATURSTYRELSEN 13. kontor Havbundsundersøgelser				
					Bor. udf. d. 21. 06. 1990				
					af: I. f. M., Waremünde				
					Tegn.: Kampaax Geodan				
					Godk.: JOL d. 11/2-92				

Signaturforklaring på bilag nr.:

BILAG B7



De Nationale Geologiske Undersøgelser
for Danmark og Grønland
Øster Voldgade 10
1350 København K

Prøvetagningseksempel
Bilag C28