

Kabelruter ved Frederikshavn

Seismisk kortlægning af mulige kabelruter til vindmøller i Læsø Rende

Steen Lomholt & Jørn Bo Jensen



Kabelruter ved Frederikshavn

Seismisk kortlægning af mulige kabelruter til vindmøller i Læsø Rende

Steen Lomholt & Jørn Bo Jensen

Frigivet 01.09.2012

1.	Indledning.	3
2.	Undersøgelserne	4
3.	Topografi	6
4.	Geologi.	7
4.1.1	Weichsel. Ældre Yoldialer.	8
4.1.2	Senglacialt Yngre Yoldialer	9
4.1.3	De postglaciale holocæne aflejringer.....	10
5.	Dataindsamling	12
6.	Tolkning af data	13
6.1	Den nordlige Kabelrute	13
6.2	Den sydlige Kabelrute	16
7.	Konklusion	19
8.	Referencer	20
	Bilag A	21
	Bilag B	26
	Bilag C	27
	Bilag D	51

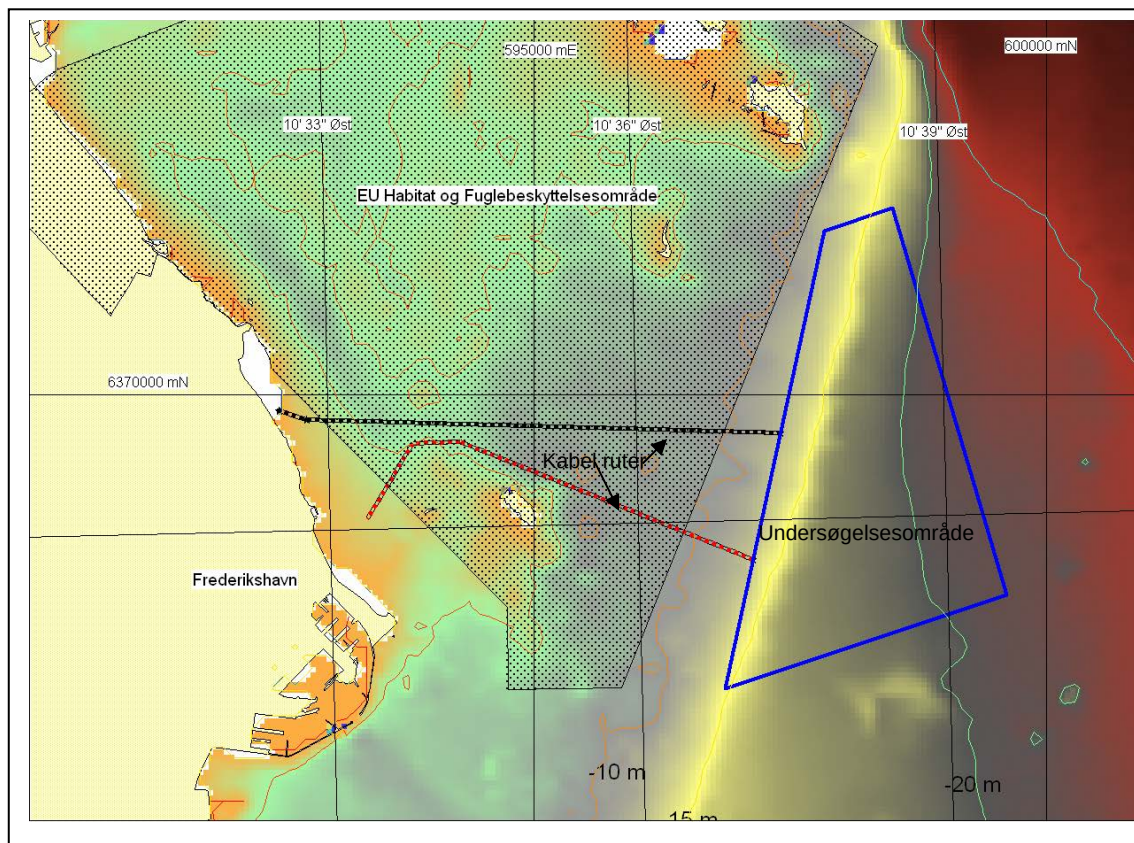
1. Indledning.

Nærværende rapport er udarbejdet for NearshoreLAB, Frederikshavn A/S, i forbindelse med etableringen af en række testvindmøller i Læsø rende ud for Frederikshavn.

Rapporten udgør en rapportering af seismiske undersøgelser i 2 mulige kabelruter som vist på figur 1.

Som baggrund for rapporten er der desuden foretaget en gennemgang af boringsdata i området. Der er indsamlet nye seismiske data i kabelruterne i samtidig med indsamlingen af seismiske data i vindmølleområdet. De nye digitale seismiske data fra området er indlæst og processeret i programmet SonarWeb.

Med udgangspunkt i ovennævnte data, er der foretaget en tolkning af de geologiske forhold i de to kabel ruter med henblik på etablering søkabler ud til testvindmøllerne.



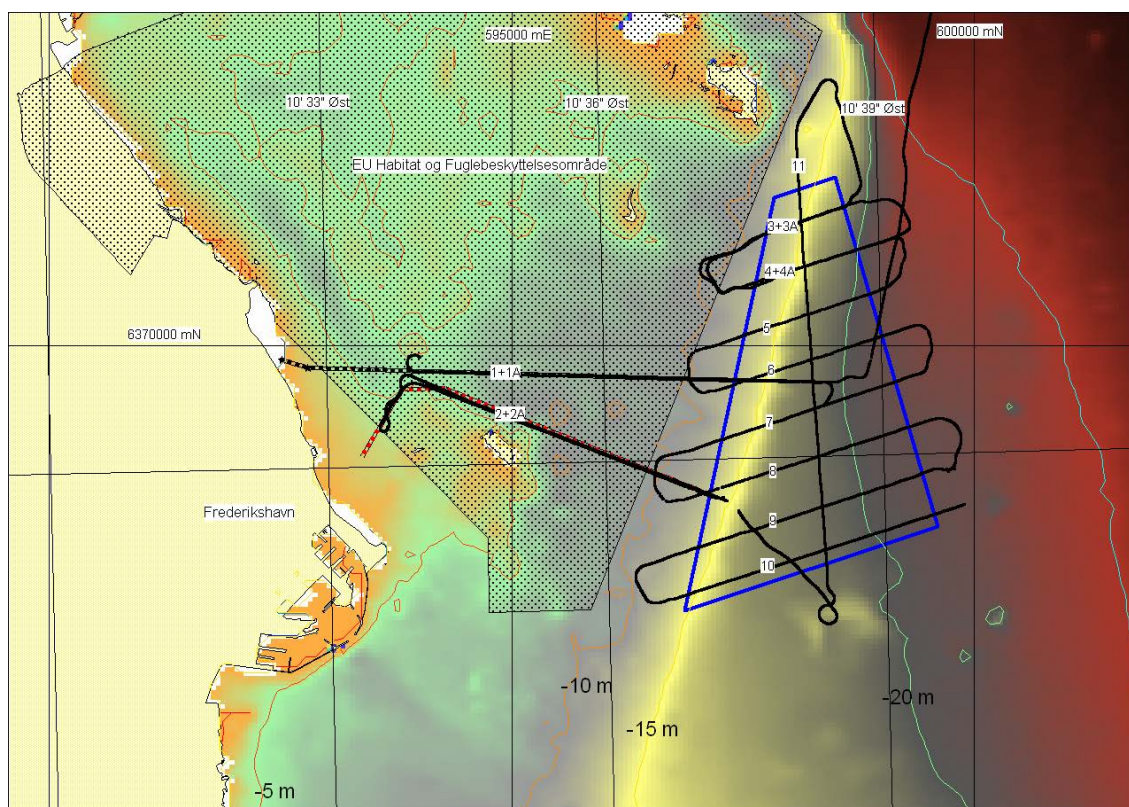
Figur 1. Undersøgelsesområde for havvindmøllepark ved Frederikshavn.

2. Undersøgelserne

Der er i alt indsamlet 63,8 km. seismiske data, hvoraf de 19,6 km er foretaget i de 2 mulige kabelrute linier og hver af linie er gennemsejlet 2 gange.

De seismiske data omfatter såvel C-Boom data som Side scan sonar data. Det anvendte seismiske udstyr er beskrevet nærmere i bilag 1.

Den seismiske linieføring fremgår af figur 2. De 2 linier der er sejlet i hver af de 2 mulige kabel ruter er hhv. 1+1A i den nordlige rute og 2+2A i den sydlige.



Figur 2. Seismik undersøgelser i havvindmøllepark ved Frederikshavn.

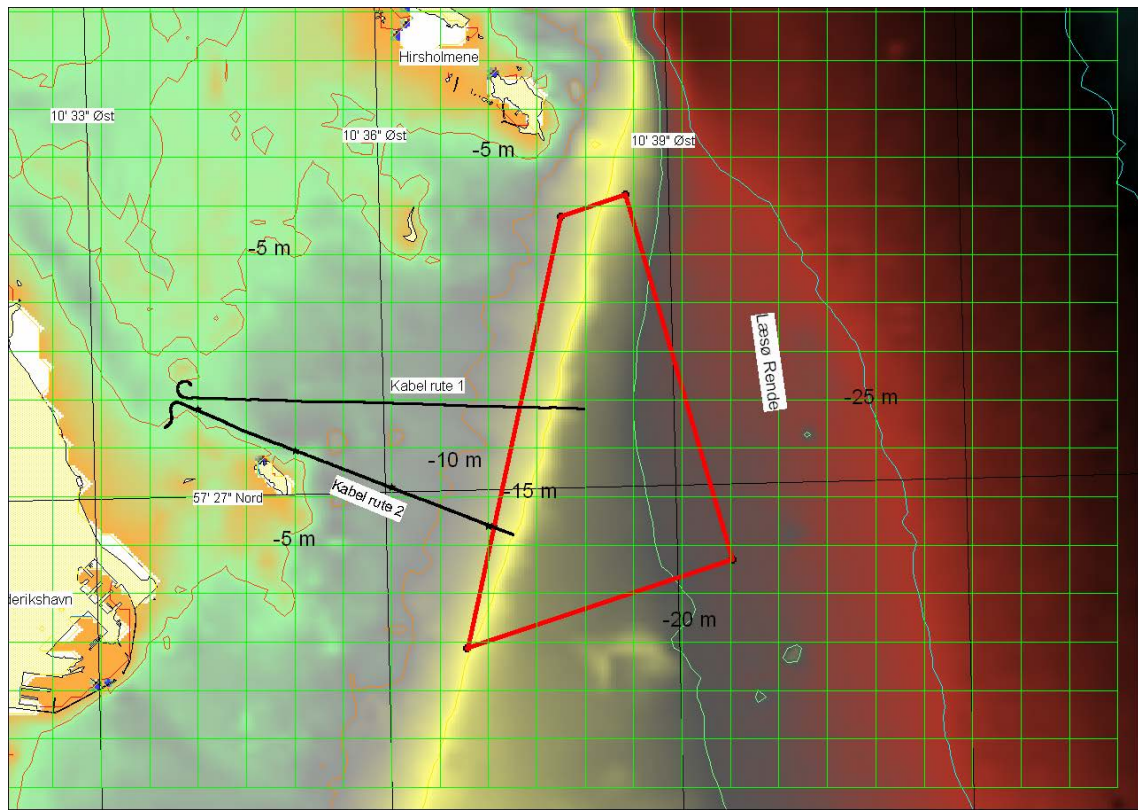
En kort beskrivelse af undersøgelsesernes forløb i arbejde og tid er vist i nedenstående tabel 1, mens der i Bilag 2 er vist en mere detaljeret log over de udførte arbejder. Som det fremgår af tabel 1 er dataindsamlingen i kabelruterne foretaget i starten af de seismiske undersøgelser. Den første linie – Fred_1 er meget lang og starter uden for undersøgelsesområdet mod nord. Linien er brugt til kalibrering og optimering af udstyr.

De linier, der er anvendt i denne rapportering dækker kun, selve kabelruterne og en mindre del af vindmølle undersøgelsesområdet, som vist i bilag D1 og D2.

Tid	FREDERIKSHAVN
07-08	klargøring og udlægning af sejllinier
08-09	forlægning + udstyr i vand og test
09-10	test af sss og seismik + testliner
10-11	sejlads linie Fred_1 Ø-V + 1A V-Ø (Kabel rute nord)
11-12	sejlads linie Fred_2 Ø-V (Kabel rute syd)
12-13	sejlads linie Fred_2A V-Ø(Kabel rute syd) + Fred_11
13-14	Sejlads Fred_11 + 03 +04
14-15	Sejlads 04 + 03a + 04a+05
15-16	Sejlads 05+06+07+08
16-17	Sejlads 08+09+10
17-20	Forlægning til Læsø Østerby havn

Tabel 1 Tids- og arbejdsskema. 4. juni 2007.

3. Topografi

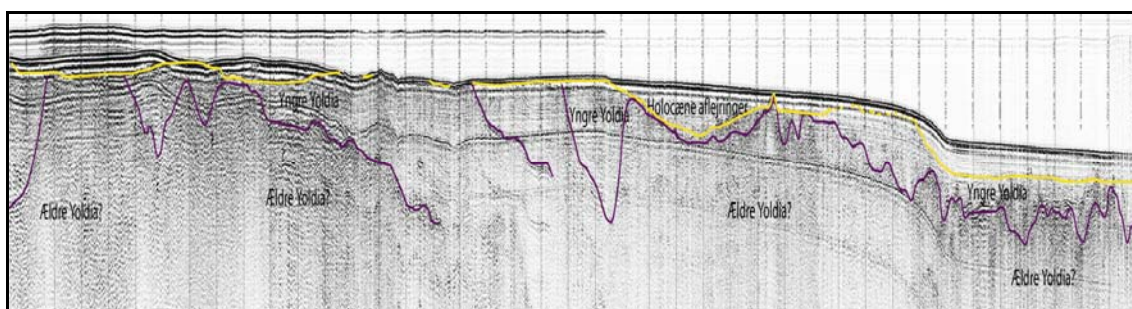


Figur 3.1. Bathymetrisk kort over undersøgelsesområdet.

Baseret på tilgængelig dybde data, er der lavet et bathymetrisk grid over området, som vist i figur 3.1. Dybderne langs de 2 mulige kabelruter varierer. Længst mod øst er vanddybder omkring 15 til 16 m, mens der længst mod vest ned til ca. 2-3 m. Den nordlige rute blev afkortet mod vest på grund af stor tæthed af større sten samt lave vanddybder, mens den sydlige rute sluttede på grund af flere grundstødninger. Det bathymetriske kort viser, at der er et fladt lavvandet område imellem Frederikshavn og Hirsholmene, med vanddybder på ca. 5m. Herfra øges vanddybderne øges langsomt ud mod Læsø Renden.

4. Geologi.

Området ved den kommende vindmøllepark umiddelbar øst for Frederikshavn er i stor grad udformet af isfremstød i slutningen af Weichel-istiden. I forbindelse hermed er der først dannet nogle nordvest-sydstgående ispreszoner og i en senere fase af istiden nord-sydgående ispreszoner (Ref.3+4). De sidst nævnte kan erkendes inden for undersøgelsesområdet og i forbindelse hermed er der formodentlig presset Ældre Yoldialer op i en zone parallel med kysten, dvs. langs kabel ruterne som det fremgår af nedenstående illustration. (Figur 4.1)



Figur 4.1 Seismisk profil linie Fred_1.

Istidsaflejringerne er af stor betydning for undersøgelsesområdet ved Frederikshavn. Jordlagene i området indeholder aflejringer fra den seneste mellemistid (Eem interglacial tiden) i form af organisk rige marine aflejringer, lag fra den sidste istid - Weichsel istidens - marine- (Ældre Yoldialer) og smeltevandslag og stedvis moræne-aflejringer samt senglaciale marine aflejringer (Yngre Yoldialer) og postglaciale Holocænt sandede aflejringer. Jordlagene er dels registreret i de seismiske undersøgelser, dels i borer.

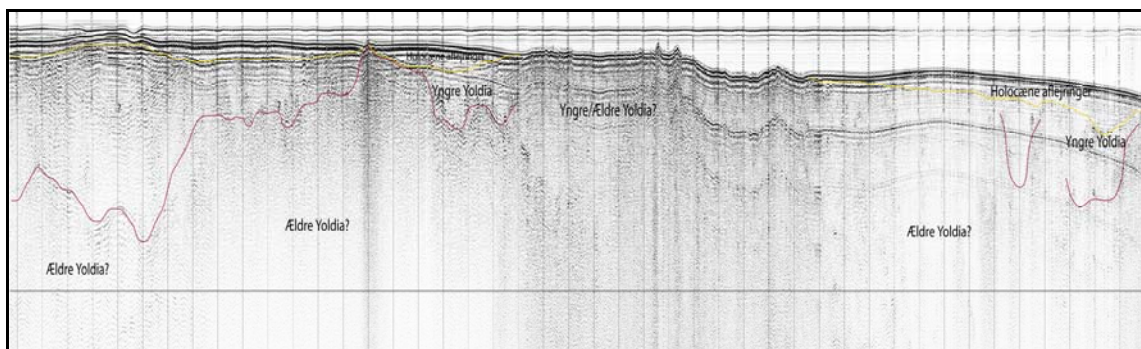
Isens kræfter som bulldozer kan observeres i de nyoptagne seismiske data (Figur 4.1 og 4.2), som viser at de glacial aflejringer i mange tilfælde er skubbet op i flager, som danner kernen i en del af de nuværende lavvandede flakområder, som ses umiddelbar ud for Frederikshavn, imellem Frederikshavn og Hirsholmene, med meget beskedne vanddybder, generelt omkring og under 5m.

De organisk rige Eem aflejringer giver ophav til dannelsen af metangas fra disse jordlag, som trænger op til overfladen gennem sprækker i leret eller porøse lag og giver ophav til dannelsen af boblerev, som bl.a. er beskrevet ved Hirsholmene (Ref.9 +10).

4.1.1 Weichsel. Ældre Yoldialer.

Inden for de 2 kabel ruter er de ældste jordlag, som kan ses på de seismiske data, det Ældre Yoldialer. Under disse lag ligger de ovenfornævnte aflejringer fra den seneste mellemistid (Eem interglacial tiden) i form af organisk rige marine aflejringer som betegnes Skærumhedeserien. De giver ophav til den gas som er til stede på hovedparten af de seismiske data i selve vindmølleparken, mens gas ikke er markant i kabelruterne.

Gasudslip påvirker de seismiske data i væsentlig grad, idet de dels maskerer data, dels forhindrer det seismiske signal i at trænge ned i dybden, idet det reflekteres af gassen i sedimenterne. Dette kan være en medvirkende årsag til, at disse dybere lag ikke kan ses på seismikken. Det Ældre Yoldialer er aflejret i et ishav, som har været til stede i en mindre varmeperiode i den midterste del af Weichsel istiden. Ved isens fremstød for ca. 30 tusinde år siden er Yoldialeret blevet overskredet af isen, hvis kræfter har været som bulldozer og den daværende havbund er skubbet og sammenpresset ind på lavere dybde. Dette er meget tydelig på de seismiske data, som netop viser, at ældre Yoldia aflejringer i mange tilfælde er skubbet op i flager. (Figur 4.1).



Figur 4.2 Seismisk linie Fred_02.

Det Ældre Yoldialer består hovedsagligt af ler, men ind imellem er der mere sandede enheder som kan være rige på større sten. Generelt set er der et vist indhold af spredte sten i det Ældre Yoldialer som er tænkt tilført ved isbjerger, som under afsmeltning taber stenene ned i havet hvor leret afsættes. De betegnes som dropsten. Ved den efterfølgende erosion under fastlandstiden, er disse sten blevet opkoncetreret i lag som ligger umiddelbart på eller nær havbunden i området, specielt på de lavvandede områder hvor kabellinieføringerne er foreslået.

4.1.2 Senglacialt Yngre Yoldialer

I forbindelse med Weichsel-gletscherens tilbagesmeltning blev der i senglacial tid aflejret store mængder udvaskede lerpartikler, der dannede det Yngre Yoldialer i Kattegat. Ligesom det er tilfældet med det Ældre Yoldialer, er der et markant indehold af grus og sten som vidnesbyrd om den "stenregn" (dropsten) fra de smeltende isbjerger, der drev rundt i Yoldiahavet, som illustreret i figur 4.3. Det Yngre Yoldialer ligger ofte i hullerne imellem det forstyrrede Ældre Yoldialer, hvor det aflejres horisontalt eller svagt draperende over det underliggende sediment (Figur 4.1 og 4.2).

Det Yngre Yoldialer er udbredt over et stort område, som strækker sig over til den svenske kyst (figur 4.3). Da isen ikke på et senere tidspunkt trænger ind over området, forbliver det Yngre Yoldialer uforstyrret og er ikke belastet, som det er tilfældet med det Ældre Yoldialer.



Figur 4.3. Udbredelsen af ishavet (Yngre Yoldialer) 16-15 Ka BP. (Efter Houmark 2003).

I den efterfølgende fastlandstid, blev dette område for en stor dels vedkommende, tørlagt (Figur 4.4). I forbindelse hermed er der ved erosion fjernet det finkornede ler, silt og sand, og der er efterladt et tyndt residual dæklag, som har et stort indhold af sten og grus. Der er

ikke ved tolkningen af de seismiske data fra området påvist disse lag inden for undersøgelsesområdet.

I de nærliggende områder, bl.a. på Læsø (Ref.1), er der ved boring påvist smeltevands-sand og grus umiddelbart over det Yngre Yoldialer. Disse lag er heller ikke lokaliseret på de seismiske data, hvilket dog ikke udelukker tilstedeværelsen heraf. Såfremt dette er væsentligt for beslutningen om placering af kabelruten, må det anbefales at der indsamles boreprøver fra området.



Figur 4.4. Fordelingen af land og hav i fastlandstiden fra omkring 10.000 år siden (ref.7).

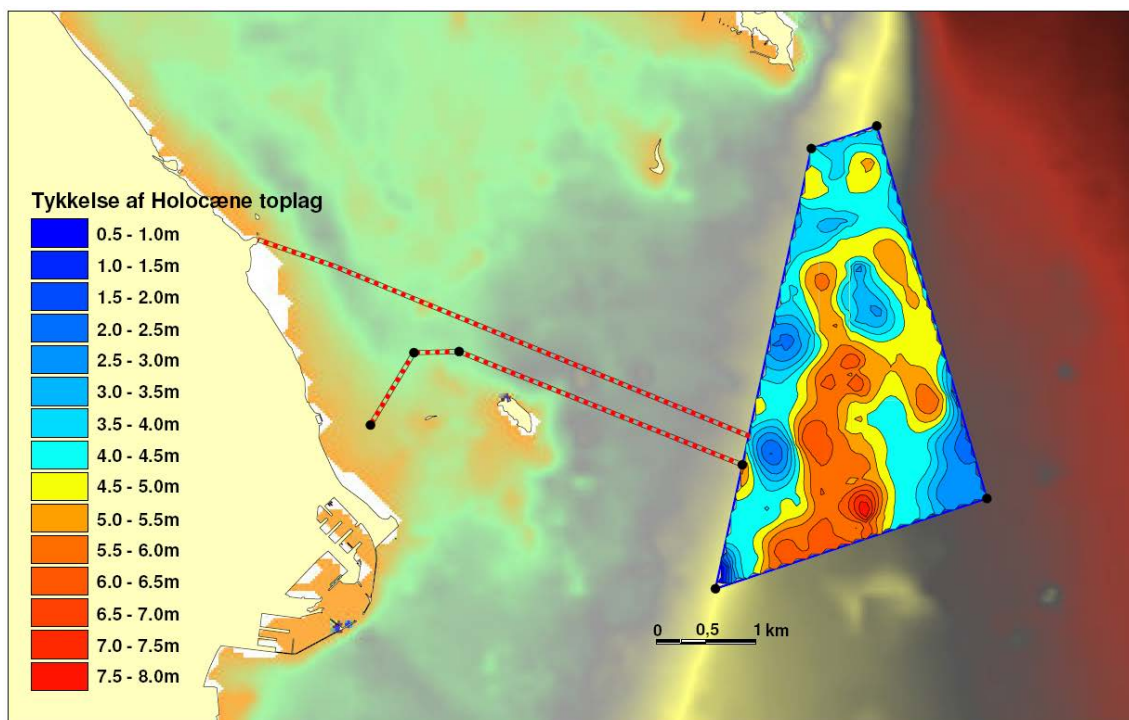
4.1.3 De postglaciale holocæne aflejringer

Efterhånden som landhævningen begyndte at aftage og verdenshavets vandstandsstigning intensiveredes, begyndte Frederikshavn området gradvist igen at blive oversvømmet ved dannelsen af Stenalderhavet, hvorved de sandede holocæne aflejringer påbegyndes afsat. Den marine aflejring er fortsat frem til nutiden.

Der er foretaget en kortlægning af tykkelsen af Holocænet i selve vindmølleområdet, som vist i figur 4.5. Tykkelsen af de holocæne lag varierer imellem 2 og 8m. Som det fremgår af

de 2 seismiske profiler i figur 4.1 og 4.2 er der langs de 2 mulige kabelruter steder, hvor det holocæne sand helt forsvinder eller kun påtræffes som meget tynde lag.

Umiddelbart uden for Frederikshavn Havn er der i forbindelse med etableringen af vindmøller udført 4 borer i 2002, som er gengivet i bilag 3. Boringerne viser, at det holocæne sand generelt set er fint med enkelte grovere lag. Sandet bliver mere finkornet med dybden, hvor det beskrives som mere siltet. Herudover er der et stigende indhold af organisk materiale med dybden. De 4 borer ved Frederikshavn, som ligger på vanddybder af 2-4m, kan forventes, at kunne repræsentere bundforholdene i de indre lavvandede dele af kabelrute områderne,



Figur 4.5. Tykkelses kort over Holocænet i undersøgelsesområdet.

5. Dataindsamling

Der er indsamlet i alt 4 seismiske linier eller liniestykker med en samlet længde på ca. 25 km, hvoraf de ca. 20 km ligger i selve kabelruterne. Længden af de seismiske linier er vist i tabel 2.

Data File	File Size	Start Time	End Time	Line Length
<u>F:\NYfred\DATA\Fred_1F.TRA</u>	54138 KB	Unavailable	Unavailable	9932.8
<u>F:\NYfred\DATA\Fred_1F.aF.TRA</u>	23959 KB	Unavailable	Unavailable	4375.0
<u>F:\NYfred\DATA\Fred_2F.TRA</u>	40808 KB	Unavailable	Unavailable	5192.7
<u>F:\NYfred\DATA\Fred_2FAF.TRA</u>	37159 KB	Unavailable	Unavailable	5673.1
<u>Total in m.</u>				25173,6

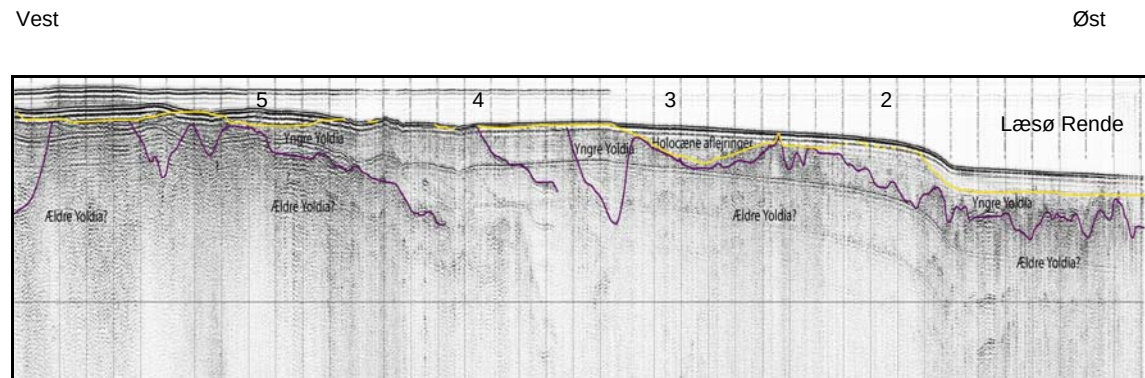
Tabel 2. Seismiske linier indsamlet i undersøgelsesområdet for forsøgsvindmøller i Læsø Rende.

6. Tolkning af data

Hver enkelt af de seismiske linier er blevet tolket med henblik på at lokalisere toppen af det Ældre Yoldialer, det Yngre Yoldialer samt det holocæne sand, i det omfang det har været muligt. Herudover er dataene gennemgået, med henblik på at finde andre geologiske informationer. Der er imidlertid ikke andre geologiske lag, eller øvrige geologiske informationer som afdækkes ved tolkningen af dataene. Nummereringen af de seismiske linier fremgår af figur 3.1.

Side scan sonar dataene er ligeledes gennemgået, dels sammen med tolkningen af de seismiske data, dels er disse data brugt til tolkning af bundforholdene langs kabel ruterne viste nedenfor. De seismiske data og Side scan sonar data er præsenteret sammen i bilag D1 og D2.

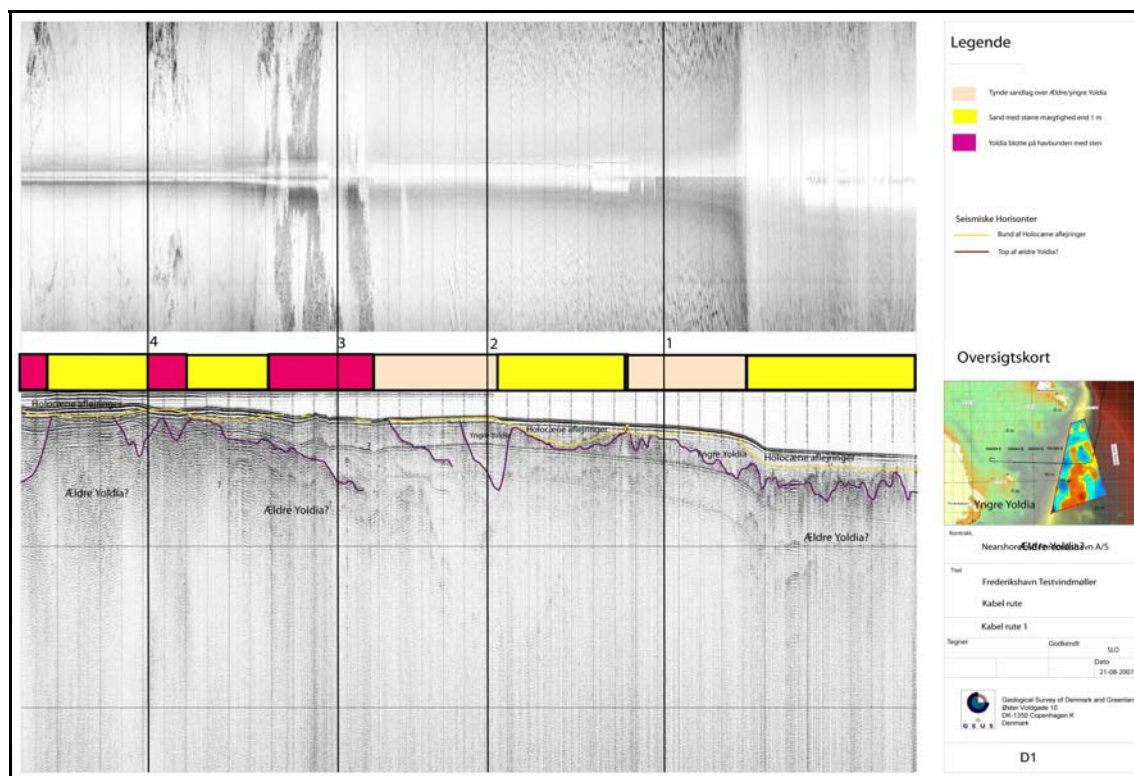
6.1 Den nordlige Kabelrute



Figur 6.1 Tolket seismisk linie langs den nordlige kabelrute.

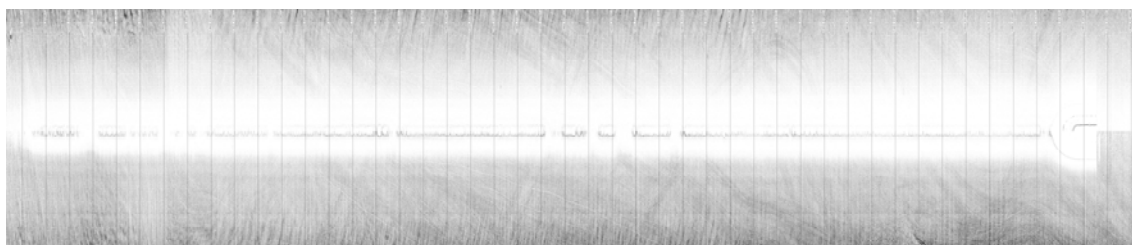
Den seismiske tolkning langs den nordlige kabelrute viser, at der længst mod øst er tykke holocæne sandlag som gradvist tynder ud mod vest. Ved overgangen fra Læsø renden og mod vest til de lavere liggende flakområder, mindskes tykkelsen af de holocæne lag til under 1m, og det yngre yoldialer påtræffes nær havbunden (2). Herefter følger et interval (3) hvor mægtigheden af de holocæne lag igen bliver større. Derefter følger mod vest et område med ingen eller kun meget tynde sandlag (4) og de underliggende Yoldia aflejringer ligger helt eller delvist eksponeret på havbunden. Længst mod vest er der igen et område hvor mægtigheden af det Holocæne tiltager til nogle meters tykkelse over Yngre/Ældre Yoldialer.

Den ovenfor beskrevne tolkning er illustreret i Bilag D1 som er gengivet i figur 6.2. De geologiske tolkninger er her indlagt imellem Side Scan Data (øverst i figuren) og seismik dataene nederst i figuren.



Figur 6.2 Nordlige kabel rute, sammenstillede data (Bilag D1).

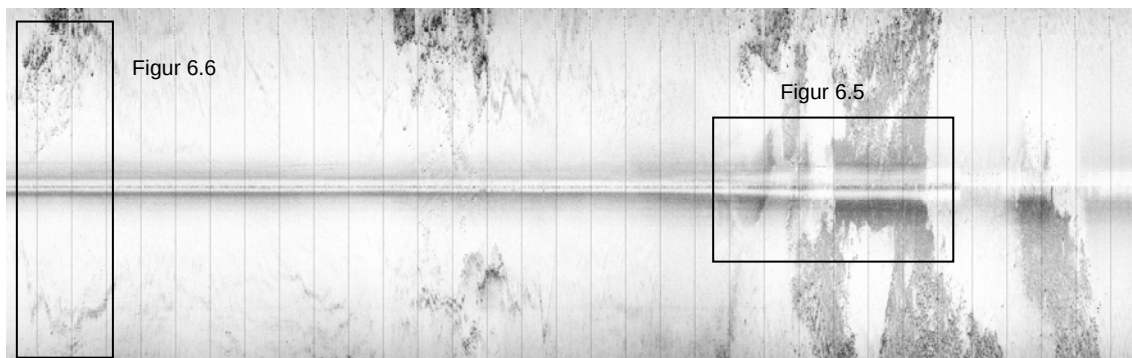
I kabel rute 1 er der specielt 2 områder som skiller sig ud, som det ses på Side scan sonar dataene. Der er et ydre område som indeholder mange spor efter travlfiskeri (figur 6.3) og et indre område, hvor Yoldialeret er eksponeret på havbunden. (Figur 6.4)



Figur 6.3 Udsnit af Side scan sonar data, Fred_1, med Travlspor.

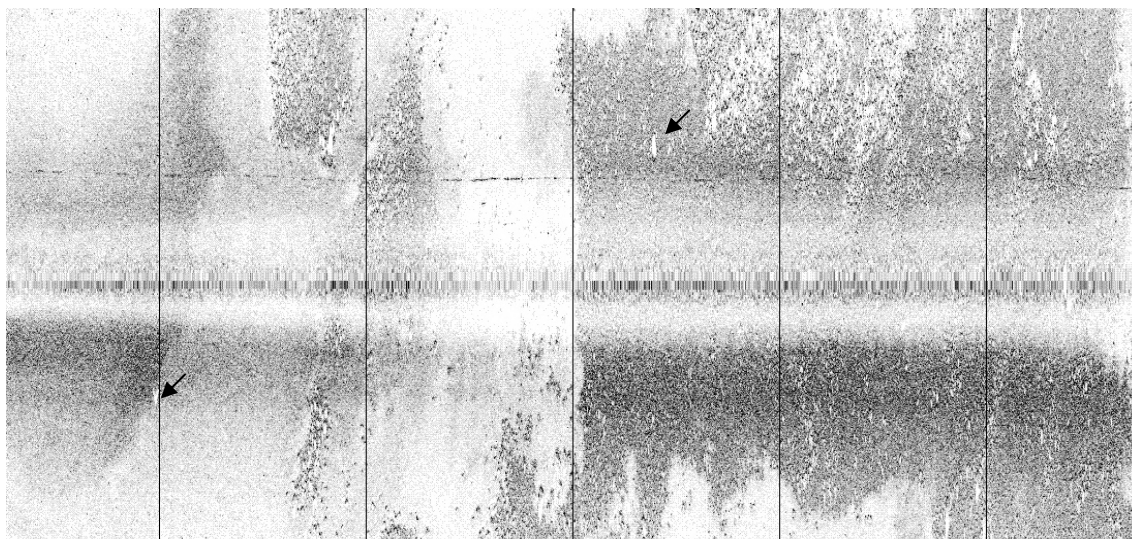
På figur 6.3 ses den dybeste del af kabel rute 1 længst mod øst. Her er havbunden påvirket af stor intensitet fra travlfiskeri. Dataene dækker det østligste område hvor der er forholdsvis tykke holocæne sandlag.

I den vestlige del af den nordlige kabelrute fremstår der en række mørke partier på Side scan sonar dataene (Figur 6.4), som er et udtryk for at Yoldia leret ligger blottet direkte på havbunden.



Figur 6.4 Udsnit af Side scan sonar data, Fred_1, med blottet Yoldialer på havbunden.

I Figur 6.5, der netop illustrerer dette område, ses det tydelig at havbunden er stenbestrøet og at enkelte af disse sten skønnes at være på op imod 1m i højden. De store sten ses ved de lange hvide skygger og den sorte tilbagekastning af sonar strålen, som kan ses ved de 2 pile i figuren.



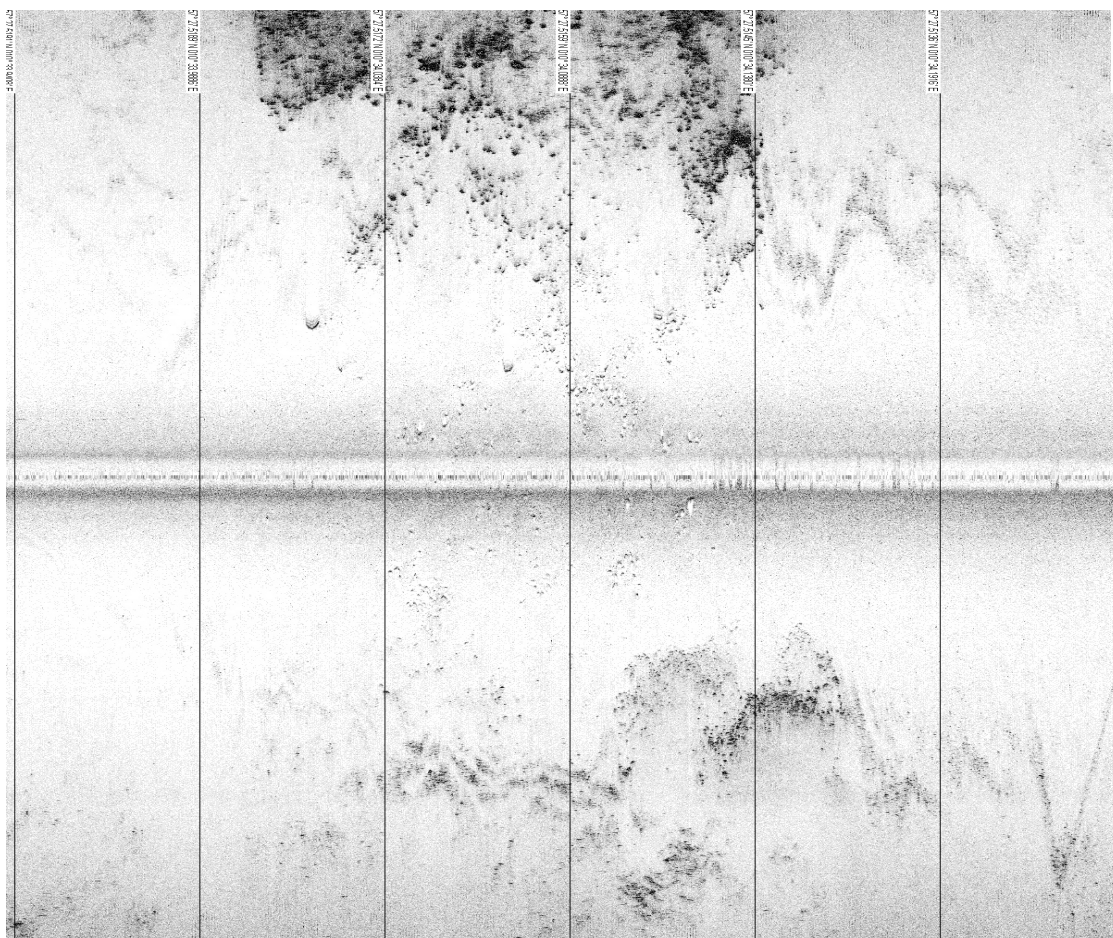
Figur 6.5 Udsnit af Side scan sonar data, Fred_1, med blottet yoldialer på havbunden, med mange sten.

Stenene, som ses på bunden er udvasket af Yoldialeret.

Som beskrevet tidligere i det geologiske afsnit indeholder såvel det Yngre som det Ældre Yoldialer sten og grus. På de lavvandede områder ved Frederikshavn, som dækkes af de 2 kabelruter, er det Ældre Yoldialer skubbet op ved et ispres fra øst mod vest, og det Yngre Yoldialer er aflejret i lavningerne ind imellem. Den efterfølgende landhævning har medført, at leret er blevet eroderet. De fine partikler – ler og silt og sand - er blevet eroderet bort, og har efterladt større sten og grus på havbunden, som det ses i dette område. Dette har tilsvarende været tilfældet ved den sydlige kabelrute som er beskrevet senere.

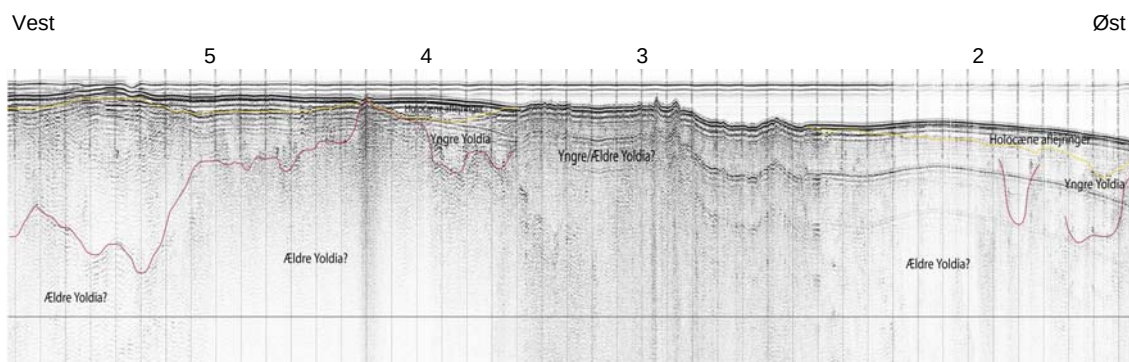
På en forstørrelse af den vestligste del af området, som er vist i Figur 6.6, fremgår det tydelig, at også denne del af havbunden er sten bestrøet, og der ses ligeledes større sten.

Det må derfor slutes, at der på toppen af Yoldialagene i dette område må forventes en større koncentration af sten, også i de områder der er dækket af tynde mobile sandlag.



Figur 6.6 Udsnit af Side scan sonar data, Fred_1, med stenbestrøning.

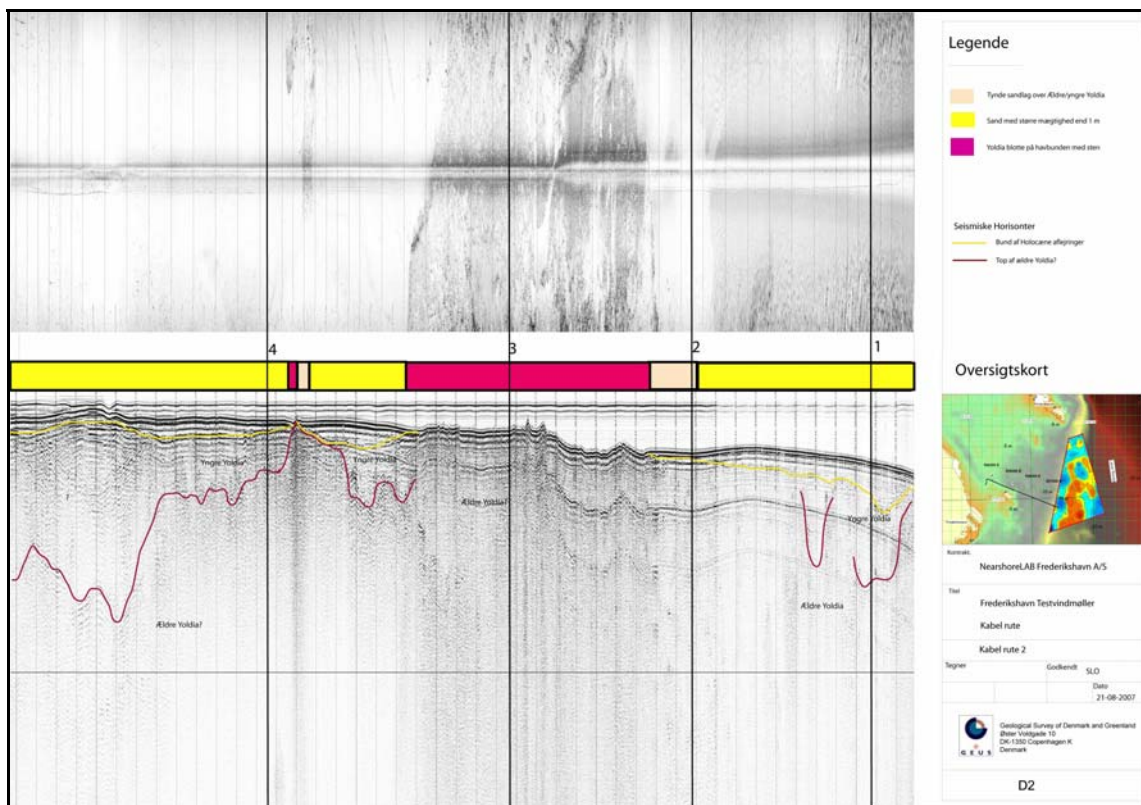
6.2 Den sydlige Kabelrute



Figur 6.7 Tolket seismisk linie langs den nordlige kabelrute.

Den seismiske tolkning langs den sydlige kabelrute viser, at der længst mod øst er tykke holocæne sandlag som gradvist tynder ud mod vest (2). Ved overgangen til de mere lavvandede områder bliver bundtopografien mere urolig (3) og de underliggende Yoldiaaflejringer blottes samtidig med at de holocæne aflejringer forsvinder. Herefter følger et interval (4 og 5) med lidt større mægtighed af de Holocæne lag, som kun et enkelt sted brydes af de underliggende Yoldia aflejringer.

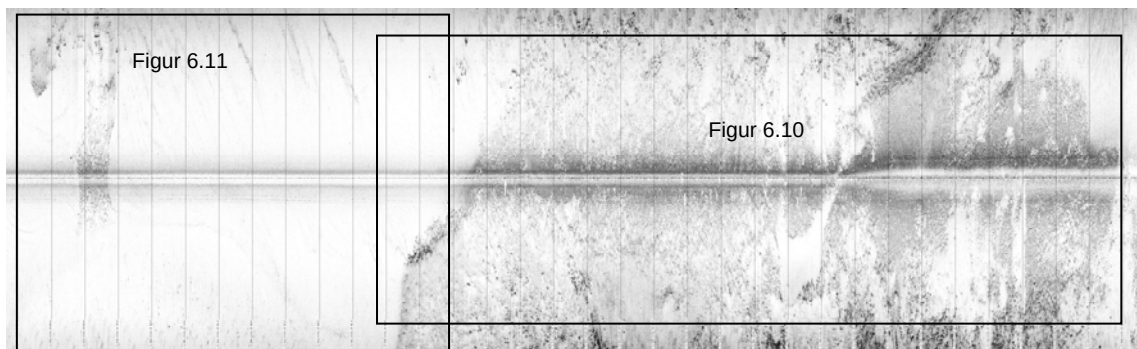
Den ovenfor beskrevne tolkning er illustreret i Bilag D 2, som er gengivet i figur 6.8. De geologiske tolkninger er her indlagt imellem Side Scan Data (øverst i figuren) og seismik dataene nederst i figuren.



Figur 6.8 Sydlige kabel rute, sammenstillede data.

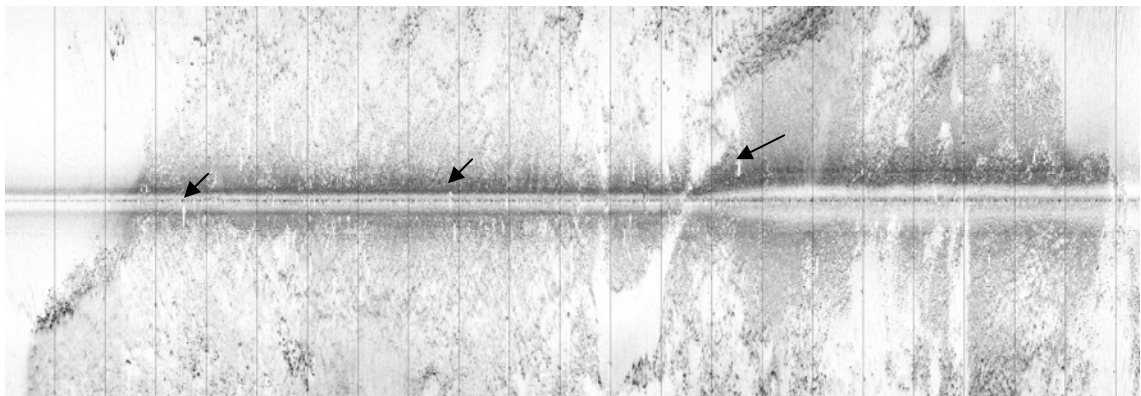
Der er 2 områder langs den sydlige kabelrute som skiller sig ud Side scan sonar dataene. Der er centralt et område, hvor de tynde dæklag af mobilt sand helt er væk, og hvor Yoldia-leret er eksponeret på havbunden (Figur 6.10) og det vestligste område hvor havbunden kan være præget af sand som flyttes rundt (Figur 6.11).

I figur 6.9 er der vist det udsnit af Side scan dataene fra den sydlige kabelrute, som er brugt til illustration af ovenstående beskrevne forhold på havbunden.



Figur 6.9. Vestlig del af Side scan sonar data Fred_2 ved den sydlige kabel rute.

Den østlige del af figuren er vist i Figur 6.10. Det ses tydelig herpå, at havbunden i området er stenbestrøet og at der er enkelte sten, der kan være op imod 1m i højden.



Figur 6.10 Udsnit af Side scan sonar data, Fred_2, med stenbestrøning.



Figur 6.11 Udsnit af Side scan sonar data, Fred_2, med tegn på dynamisk mobilt sand på havbunden.

I figur 6.11 ses en række skrå parallelle rygge som kan tolkes som bundstrukturer der er dannet ved sandtransport, enten på grund af strøm eller bølgeaktivitet eller en kombination heraf.

7. Konklusion

Området, hvor de 2 kabelruter er placeret, er generelt karakteriseret ved, at der nærmest området hvor vindmøllerne skal stille op er tykkere holocæne sandlag, mens der i en zone parallel med kysten er områder hvor det holocæne sand mangler eller der kunne er meget tynde sanddækker som flyttes rundt jævnlige.

Disse områder er karakteriseret ved en tæt stenbestrøning. Stenene er udvasket af Yoldialeret, idet såvel den Yngre som den Ældre Yoldialer har et væsentligt indhold af sten og grus. Det kan slutes, at der på toppen af Yoldialagene i dette område må forventes en større koncentration af sten, også i de områder der er dækket af tynde mobile sandlag.

På de lavvandede områder, som dækkes af de 2 kabelruter, er det Ældre Yoldialer skubbet op ved et ispres fra øst mod vest og i lavningerne ind imellem, er det Yngre Yoldialer aflejret. Den fine partikler – ler og sit og sand - er blevet eroderet bort, og der er i området efterladt de større sten og grus på havbunden.

Det anbefales, at der gennemføres boringer langs kabelruterne, dels til afklaring af sedimentsammensætning af de lokaliserede lag i området, idet der ikke er data, som direkte kan beskrive sedimenterne i området, dels til belysning af dybden til de meget stenholdige lag.

8. Referencer

- (1) Bahnson, H., Knudsen, K.L. og Hansen, J.M. 1986. Læsø's Geologi. DGU serie D nr. 6.
- (2) Bahnson, H.Petersen, K.S., Konradi, P.B. and Knudsen, K.L. 1973. Stratigraphy of Quarternary deposits in the Skærumhede II boring: Lithology, molluscs and foraminifera. D.G.U. årbog.
- (3) Fredericia, J. 1988. Den hydrogeologiske kortlægning af Nordjyllands amtskommune. Geologisk rapport. DGU Intern rapport nr.22.
- (4) Fredericia, J. 1987. Geologisk kort over Danmark 1:50.000 Kortblad 1417 Læsø..DGU, Kortserie nr.3, København.
- (5) Frederikshavn. Havnen, Vindmøller. Geotekniske undersøgelser. GERO projekt nr. 21702. Rapport 1, 2002-02-15.
- (6) Geologisk set. Det nordlige Jylland. Geografforlaget, Miljøministeriet, Skov- og Naturstyrelsen 1992.
- (7) Jensen, J.B., Kuipers, A., Bennike, O. og Lemke, W. 2002. BALKAT. Østersøen uden grænser. Geologi. Nyt fra GEUS. Nr. 4, december 2002.
- (8) Knudsen, K.L. and Nordberg, K. 1987. DGF, Bulletin of the geol. Soc. Of Denmark, vol 36,.
- (9) Laier T., Kuijpers A., Dennegård B., and Heier-Nielsen S., 1996: Origin of shallow gas in Skagerrak and Kattegat - Evidence from stable isotopic analyses and radiocarbon dating. NGU Bulletin Vol. 430, p 119-125
- (10) Laier T., Jørgensen N.O., Buchardt B., Cederberg, T. and Kuijpers, A., 1992: Accumulation and seepages of biogenic gas in northern Denmark. Continental Shelf Research, Vol. 12, p 1173-1186
- (11) Larsen,G., Baumann,J. og Bjørn,O. 1986. Kvartærgeologiske forhold under havbunden i Læsø Rende. DGF, Årsskrift for 1985 p. 39-46.
- (12)Læsø Rende. Fyrbåke. Geoteknisk rapport. Geoteknisk rapport 1964.

Bilag A

C-Boom

The C-Boom LVB (Figure 4.4) is a compact, boomer system with a working voltage adjustable between 400 and 600 Volts DC. It is a high resolution seismic instrument, which can work at water depths from one metre to beyond one hundred metres with penetration of over 80 m. in soft sediments.

Technical Specifications:

Energy discharge per pulse: 100J

Acoustic output: (re 1uPa @ 1m) -200dB

Dominant frequency: 1760Hz

Resolution: better than 30 cm

Firing rate: 6 per second max

Working voltage: 400 – 600 Volts DC

Power Supply: 110 / 220 Volts ac, 50/60 Hz

Power consumption: 800W

Power source: 1.5 KVA generator



Figure 4.4 C-BOOM

Side scan sonar

The Benthos SIS-1600 Series Side scan sonar is a fully integrated system that uses both advanced Chirp and conventional continuous wave (CW) technologies—single frequency or dual frequency—and an advanced high-speed communications link to acquire high resolution Side scan sonar images.

The Benthos SIS-1600 is a complete Side scan sonar survey system that includes a top-side acquisition system and software, a 100-meter tow cable, the CL-160 Communications Link, and one of two available tow vehicles: the TTV-196 Tow Vehicle, which acquires long range, high resolution Chirp Side scan sonar images in a single frequency band; and the TTV-196D Tow Vehicle, which acquires long range, high resolution Chirp Side scan sonar images in two frequency bands simultaneously.



Figure 3. Benthos Side scan sonar.

System Highlights

- ▲ CL-160 Communications Link
- ▲ 100 kHz, 100 meter range
- ▲ 400 kHz, 100 meter range
- ▲ Topside sonar processor

System Features

The TTV-196D Tow Vehicle includes the transceiver electronics, the processing and communications electronics, the port and starboard side scan transducer arrays, the pitch, roll and heading sensors, and the optional sensors. The optional sensors include a water temperature sensor, a pressure sensor, a magnetometer, and a responder. Hydro dynamically stable tow vehicle with operating depth up to 1,750 meters.

Features

- Dynamic range - high frequency data up to 150 meters
- Enhanced resolution
- Repeatable transmitted waveforms
- Constant temporal resolution
- The pulse characteristics are programmable
- Stainless steel construction

- Seaconnet shipwreck, 400 kHz, 75 meter range

SYSTEM SPECIFICATIONS

Software

Application: Third party data acquisition and display (i.e. TEI "Isis Lite", Chesapeake, "Sonarnmap")

Operating System: Microsoft® Windows® XP Professional

Hardware

Processor CPU: Intel® Pentium® 4 processor

Memory: 512 DDR SDRAM

I/O Ports: Wireless keyboard/mouse

RS-232 serial

Parallel

Ethernet 10/100 BaseT

Graphics Processor: Integrated high resolution graphics

Data Storage: High capacity hard drive, CD/DVD-RW drive

CL-160 Communications Link

Physical Characteristics

Construction: 316 stainless steel

Dimensions: 11.4 cm (4.5 in.) outside diameter by 177.8 cm (70 in.) long

Weight in Air: 34 Kg (75 pounds)

Weight in Water: 25 Kg (55 pounds), approx.

Operating Depth: 1,750 meters

Towing Speed: 1 to 8 knots operational

Input Power: 144 VDC, 32 watts nominal

Side scan sonar

Acoustic Source Level: +225 dB re 1uPa @ 1 meter

Range: 25 to 500 meters each channel

Frequency Range

Chirp Frequency Range:

(TTV-196D): Simultaneously sweeps in the 110 kHz to 130 kHz and 370 kHz to 390 kHz bands

CW Frequency

(TTV-196D): Simultaneous 123 kHz and 383 kHz

Transducer Radiation

(TTV-196D): 0.5 degrees horizontal, 55 degrees vertical (110 kHz to 130 kHz band), 0.5 degrees horizontal, 35 degrees vertical (370 kHz to 390 kHz band).

Bilag B

Projekt:	Frederikshavn vindmøllepark	Besætning: Jan og Nicolai
Skib:	Føniks	
Deltagere	Lars og Steen	
Survey navn:	Frederikshavn 2007	
Survey Aktivitet:	Seismik	
Dato	4-06-2007	

Aktivitet	Tid (UTC)	Instrumenter	Linie navn	Data	Sejretning	SOL	EOL	Vejr	Kommentar	
Om bord, Frederikshavn	05.00									
Forlægning / omrigning	05.00 - 06.00									
Kalibrering/test	06.00-07.00									
Opstart af survey	07.00-07.40									
Dataopsamling/seismik	07.40	Navipac	Fred_01	070604G/C/S01	Ø-V	08.15	08.41	5 m/s god sigt	Lang indsejling	Kort udlæg på SSS
Dataopsamling/seismik	07.40	C-Boom	Fred_01	Fred_01.tra/par	Ø-V	08.15	08.41	-	og opstart,	
Dataopsamling/seismik	07.40	Benthos	Fred_01	Fred_01.xtf	Ø-V	08.15	08.41	-	Nord-Kabel rute	Stoppet p.gr a. lav vanddybde
Dataopsamling/seismik	08.40	Navipac	Fred_01a	870604G/C/S01	V-Ø	08.42	09.10	-	Nord-Kabel rute	
Dataopsamling/seismik	08.40	C-Boom	Fred_01a	Fred_01a.tra/par	V-Ø	08.42	09.10	-	Retur	
Dataopsamling/seismik	08.40	Benthos	Fred_01a	Fred_01a.xtf	V-Ø	08.43	09.10	-		
Dataopsamling/seismik	09.20	Navipac	Fred_02	070604G/C/S02	Ø-V	09.23	10.00	-		
Dataopsamling/seismik	09.20	C-Boom	Fred_02	Fred_02.tra/par	Ø-V	09.23	10.00	-		
Dataopsamling/seismik	09.20	Benthos	Fred_02	Fred_02.xtf	Ø-V	09.23	10.00	-		
Dataopsamling/seismik	10.00	Navipac	Fred_02a	070604G/C/S03+04	V-Ø	10.01	10.40	-		
Dataopsamling/seismik	10.00	C-Boom	Fred_02a	Fred_02a.tra/par	V-Ø	10.01	10.40	-		
Dataopsamling/seismik	10.00	Benthos	Fred_02a	Fred_02a.xtf	V-Ø	10.01	10.40	-	På grund 3 gange	

Bilag C

Udarbejdet for
Tech-wise A/S
Att.: Ole Bigum Nielsen
Kraftværksvej 53
7000 Fredericia

Udarbejdet af Jan Dannemand Andersen
tlf. 9879 9387, e-mail JDA@geoteknisk.dk

Kontrolleret af Jørgen Larsen

Indhold

1	Baggrund og formål	3
2	Undersøgelser	3
3	Resultater	4
4	Vurderinger	5
5	Anbefalinger	6

Bilag

- GEO-Standard: Signaturer og forkortelser
- 1 - 4 Boreprofiler, boring 1 - 4
- 5 Situationsplan

1 Baggrund og formål

Baggrund. Der skal rejses fire store forsøgsvindmøller ved Frederikshavn Havn. De tre sydligste møller kommer til at stå til havs, mens den nordligste placeres i et indspulingsbassin.

Vindmøllerne påtænkes funderet på forskellige måder:

- Tripod fundament
- Traditionelle pæle
- Bøttefundament
- Monopæl

Så vidt vi har fået oplyst, skal det være muligt at uddybe havbunden ved vindmøllerne til kote -6 á -8.

Aalborg Universitet (AAU) deltager i projektet og har allerede udført CPT-tryksonderinger og boring ved den nordligste vindmølle.

Formål. Formålet med den samlede undersøgelse er at fastlægge dimensioneringsparametre for vindmøllernes fundering.

2 Undersøgelser

Borearbejde. GEO har efter aftale udført geotekniske boringer til kote -30 for de fire vindmøller. Boringerne er udført fra opankret flåde (boring 1) og jack-up flåde (boring 2, 3 og 4) og placeret ud fra de oplyste koordinater for møllernes centrum (ED50, system 34 Jylland/Fyn):

Vindmølle/boring nr.	X-koordinat	Y-koordinat
1	199 179	335 600
2	198 983	335 394
3	198 786	335 187
4	198 590	334 981

Ved afsætningen af borestederne er der anvendt GPS-udstyr. Boringerne er koteret i DNN-koter med GPS-udstyret og ud fra vandspejlsoplysninger fra Frederikshavn Havn.

Under borearbejdet er der registreret laggrænser og udtaget jordprøver, dels som omrørte prøver dels som intakte prøver, heraf et antal Ø70 mm prøver, der er overleveret til AAU for nærmere laboratorieundersøgelse. Vi har desuden udført vinge-forsøg for bestemmelse af styrken i ler.

Fastheden af sandlag i boring 2, 3 og 4 er aftalt undersøgt af AAU ved CPT-tryksonderinger, idet vi har bistået ved den praktiske udførelse heraf.

Laboratoriearbejde. De optagne prøver er bedømt geologisk. På udvalgte prøver er vandindholdet og rumvægten bestemt.

Jordprøverne opbevares foreløbigt indtil 2002-03-01, hvorefter de overleveres til AAU eller bortskaffes, medmindre der forinden er aftalt andet.

Optegning. Samtlige observationer og resultater er optegnet på boreprofilerne, bilag 1 – 4. De benyttede signaturer og forkortelser er forklaret på vedlagte GEO-Standard.

3 Resultater

Der er målt havbund i kote -1,3 á -4,7, idet den højeste bund er ved de to nordligste møller (nr. 1 og 2) og den laveste bund ved den sydligste mølle (nr. 4).

I boring 1 er der truffet postglaciale marine aflejringer til kote ca. -15, dvs. relativt stor dybde. Ned til kote -11,4 er der truffet velsorteret → sorteret finsand, hvorunder der er usorterede aflejringer af sand og silt med varierende lille organisk indhold. Under kote ca. -15 er der truffet sand uden organisk indhold, som antagelig er en senglacial marin aflejrung. Under kote -18,8 (til bund af boring) er der truffet fast og meget fast silt, som er vurderet at være en senglacial marin aflejrung, men som ud fra fastheden at dømme muligvis er ældre.

I en boring foranlediget af AAU ved mølle 1 (boring 103 udført af Andreasen & Hvidberg K/S) er der set et grusholdigt gytjelag i 10 – 11 meters dybde (< 2% organisk indhold bestemt som glødetab, ifølge telefonisk oplysning fra AAU) samt siltholdigt ler i 12 – 14 meters dybde (bund af boring). Disse forhold er ikke set i boring 1.

I boring 2 er der truffet postglaciale aflejringer til kote -4,2, øverst som velsorteret finsand, nederst som ringe sorteret grus. Herunder er der truffet senglacial marin silt til kote -7,2. Silten er overvejende stærkt sandet. Under kote -7,2 (og til bund

af boring) er der truffet meget faste interglaciale aflejringer overvejende af fedt ler med sandpletter og sandstriber, dog med et egentligt sandlag mellem kote -9,0 og -9,8.

I boring 3 er der postglaciale marine aflejringer til kote -6,8 og muligvis lidt dybere. Lagene består øverst af sorteret → velsorteret fint og mellemkornet sand, der går over i grus. Under kote -6,8 er der relativt fast silt med svagt organiskholdige partier, der kan være en postglacial aflejring. Under kote ca. -9 (og til bund af boring) er der truffet meget faste interglaciale aflejringer af overvejende fedt og ret fedt ler med stedvise sandstriber.

I boring 4 er der truffet postglaciale marine aflejringer ned til kote -6,5. Laget består af sand og skaller. Under kote -6,5 (og til bund af boring) er der truffet meget faste interglaciale aflejringer overvejende af fedt ler med sandstriber og sandpletter og stærkt leret silt.

4 Vurderinger

Generelt. Som relevant dimensioneringsgrundlag kan nævnes Dansk Standards Norm for fundering, DS415, Norm for pælefunderede offshore stålkonstruktioner, DS449, og Det norske Veritas' Classifications Notes No. 30.4, Foundations, february 1992.

Funderingsunderlag. De trufne senglaciale og interglaciale aflejringer er generelt meget faste og vurderes at udgøre et bæredygtigt og i praksis sætningsfrit funderingsunderlag for vindmøllerne.

De overlejrrede postglaciale aflejringer vurderes ligeledes at være bæredygtige (måske med undtagelse af skallaget omkring kote -6 i boring 4) og stort set sætningsfrie. Der må dog påregnes at kunne ske sætninger lidt større end normalt i de dybtliggende organiskholdige sandlag, der er truffet i boring 1, jf. også den tidligere udførte boring ved møllen.

Parametre. Resultatet af AAU's CPT-tryksonderinger og øvrige laboratorieforsøg foreligger endnu ikke. Vi har derfor i det følgende angivet foreløbige, skønnede parametre for de enkelte jordtyper. Tryksonderingerne vil formentligt mere detaljeret vise variationer i jordbunden, ligesom de målte styrker kan afvige en del fra det af os skønnede. Specielt for sandaflejringerne kan resultatet af CPT-tryksonderingerne medføre en betydelig korrigerende.

Vi foreslår foreløbigt de enkelte jordtyper tillagt følgende karakteristiske parametre (nomenklatur svarende til DS415).

Aflejring	Rumvægt γ / γ' (kN/m ³)	Friktionsvinkel ϕ_k (°)	Udrænet forskydningsstyrke c_{uk} (kN/m ²)
Postglacialt			
- sand	17 / 7	34	-
- silt	17 / 7	30	-
Senglacialt			
- sand	18 / 8	36	-
- silt med sanddominans	20 / 10	32	-
- silt lerdominans	20 / 10	-	300 á 500 (~400 i snit)
Interglacialt			
- sand	20 / 10	38	-
- ler (og silt)	20 / 10	-	500 á >700 (>600 i snit)

Parametrene skal vurderes nærmere i relation til de valgte funderings- og beregningsmetoder.

Det skal nævnes, at der ved pælefundering efter DS415 maksimalt må anvendes en udrænet forskydningsstyrke på 500 kN/m² ved en regenerationsfaktor $r = 0,4$.

Ved en eventuel direkte fundering (f.eks. ved et tripod-fundament) kan bæreevnen i normal funderingsklasse være begrænset af DS415's krav til maksimale fundamentstryk, hvorfor funderingsprojektet formentligt med fordel kan søges placeret i skærpet funderingsklasse.

Hvor siltaflejringer har nogen udstrækning i jordprofilet, foreslår vi, at der gennemføres beregninger for både friktionstilfældet og kohæSIONstilfældet, idet de herved fundne største dimensioner skal vælges.

Hvad angår laggrænser henvises til boreprofilerne og afsnit 3.

5 anbefalinger

Udførelse. De trufne interglaciale aflejringer er meget faste. Der kan således være problemer med nedramning af pæle til den ønskede dybde, ligesom nedbringning af et bøttefundament i disse aflejringer ventes umulig i praksis.

Valget af funderingsløsning for hver vindmølle vurderes at være påvirket af, om terrænforholdene ændres eller skal kunne ændres.

Vi anbefaler umiddelbart, at der overvejes bøttefundering ved vindmølle 1 og/eller 2.

På grund af det højtliggende interglaciale ler ved mølle 3 og 4 vil alle øvrige funderingsløsninger kunne anvendes her, jf. dog problemer med nedbringning af pæle.

Vi deltager gerne ved nærmere vurderinger og detailprojektering af de forskellige funderingsløsninger.

GEO-Standard: Signaturer og forkortelser

Geotekniske og miljøtekniske borer

Situationsplan		Prøver	Jordarter								
	Boring		Drejesonde-ring		Lille pose eller glas		Fyld		Sten		
	Boring med Prøvetagning		Ramme-sondering		Stor pose		Muld		Tørv		Grus
	Vingeforsøg		Tryksonde-ring (CPT)		Rørprøve		Tørvedynd		Sand		Silt
	Boring m. prøve-tagning/ vingeforsøg		Belastnings-forsøg		Udtag fra SPT sonde		Gytje (dynd)		Ler		Kalk
	Gravning m. prøve-tagning/ vingeforsøg		Geoelektrisk punktprofil		Kerneprøve		Skaller		Klippe/Beton		Morænesand
	Filterboring		Liniemod-standsmåling				Moræneler (sandet, gruset)		Morænesand (leret, gruset)		

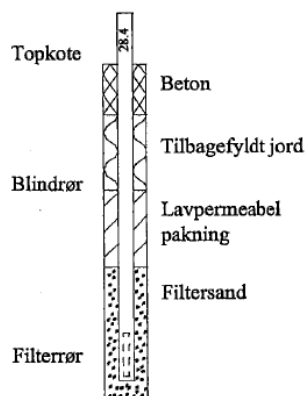
Note: I morænejordarter må der forventes varierende indhold af sten og blokke

Forsøg

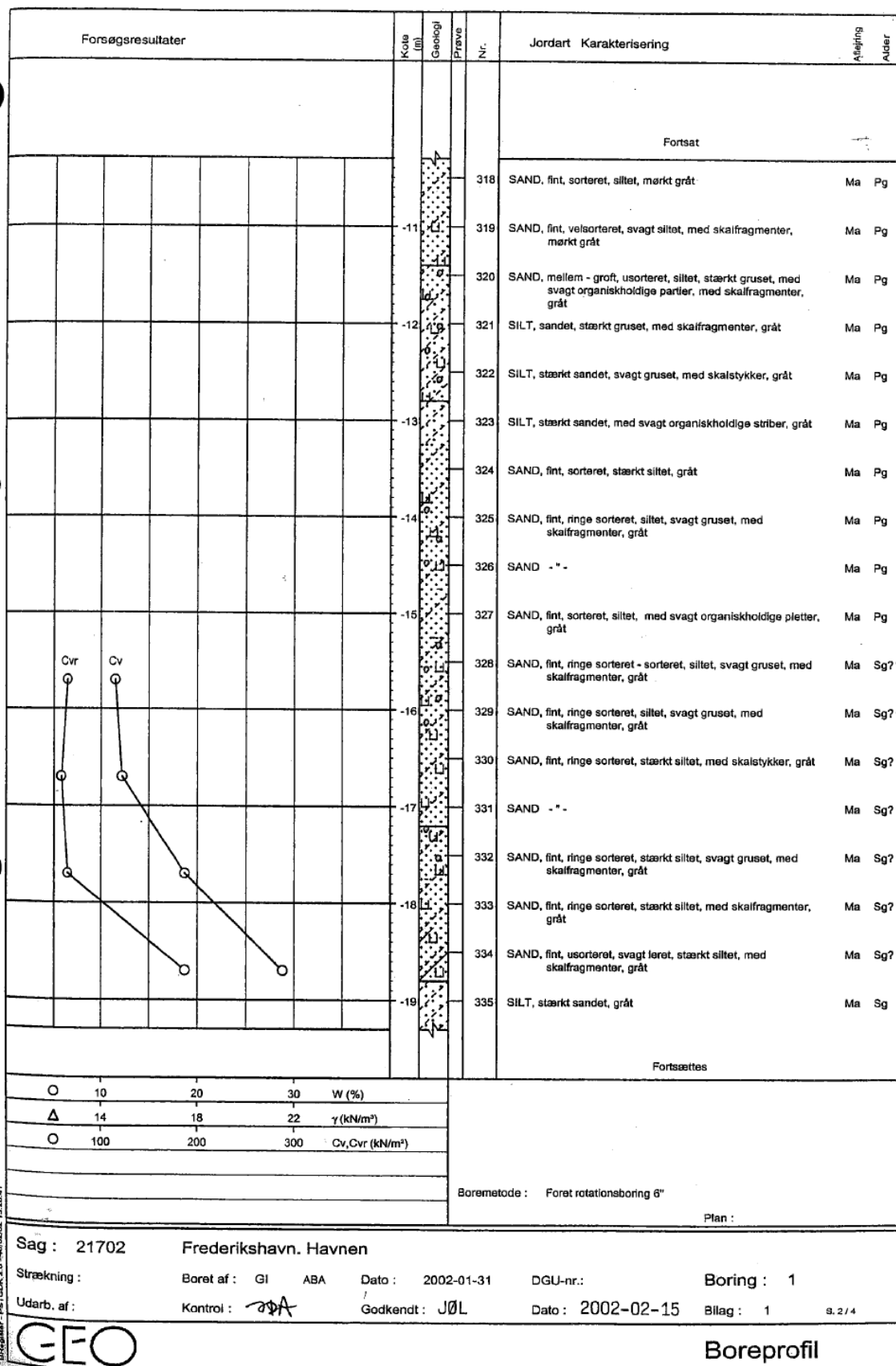
w	Vandindhold	c _v	Forskydningsstyrke målt ved vingeforsøg
w _L	Flydegrænse	c _{vr}	Forskydningsstyrke målt ved vingeforsøg i omrørt jord
w _p	Plasticitetsgrænse	N	Standard penetrationsmodstand (SPT)
I _p	Plasticitetsindeks	R	Drejesonderingsmodstand (WST)
e	Poretal	S	Sigte- og slemmeanalyse #
e _{max}	Poretal i løseste standardlejrings	K	Konsolideringsforsøg #
e _{min}	Poretal i fasteste standardlejrings	T	Tryk- eller triaxialforsøg #
I _D	Tæthedsindeks (relativ lejringsstæthed)	SP	Standard Proctor forsøg #
γ	Rumvægt	MP	Modificeret Proctor forsøg #
d _s	Kornvægtfylde	A	Kemisk specialanalyse #
gl	Glødetab		#: Se resultat i rapport eller på separat bilag
ka	Kalkindhold		
PID	Photoionisations- detektormåling		

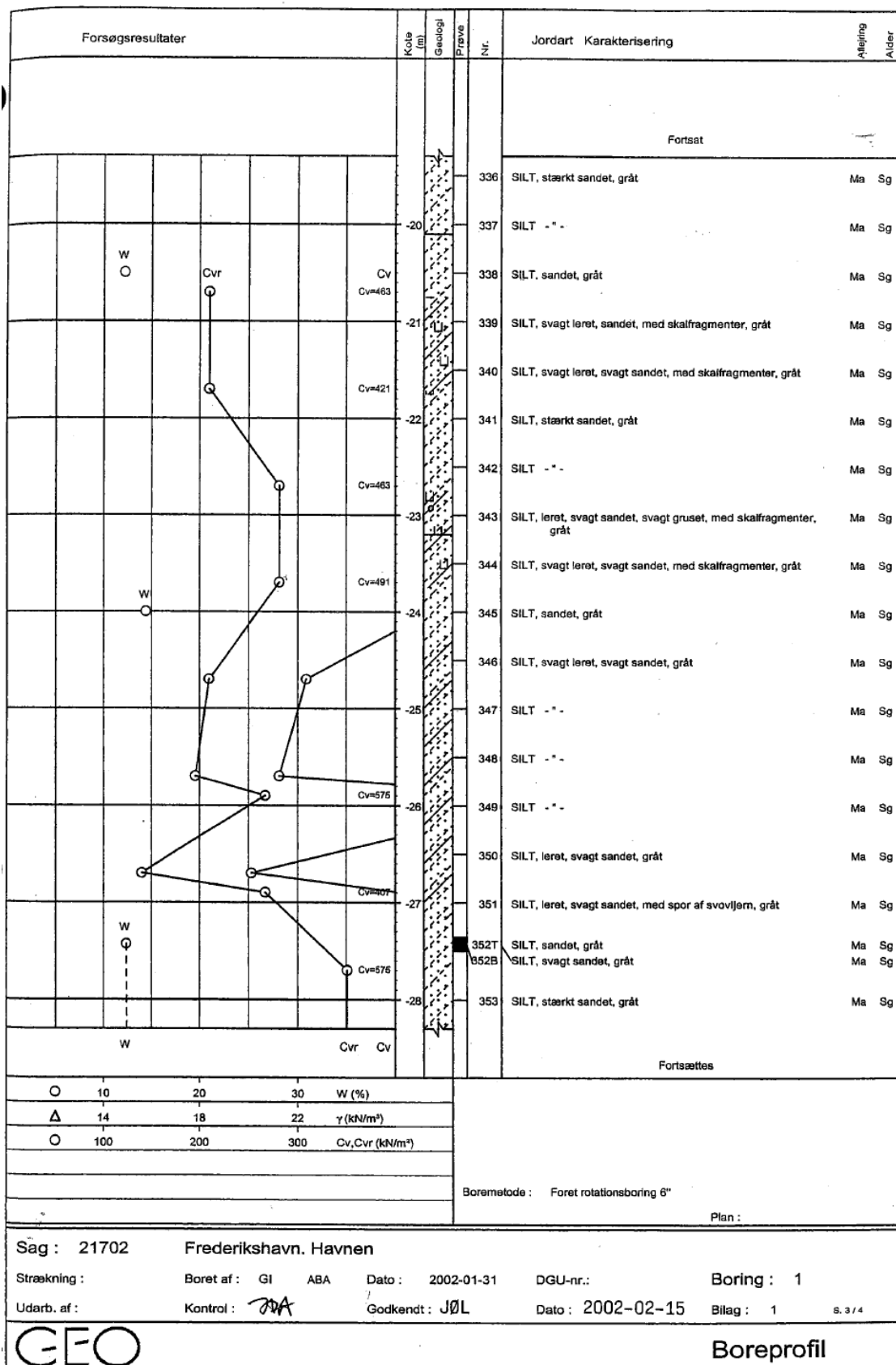
Vingeforsøg er udført og tolket i henhold til Dansk Geoteknisk Forenings referenceblad for vingeforsøg, revision 3, august 1999. Omsætningstabellerne er ved tolkningen tilnærmet med en ret linie gennem 0-punktet og punktet, der svarer til $\frac{2}{3} P_{max}$.

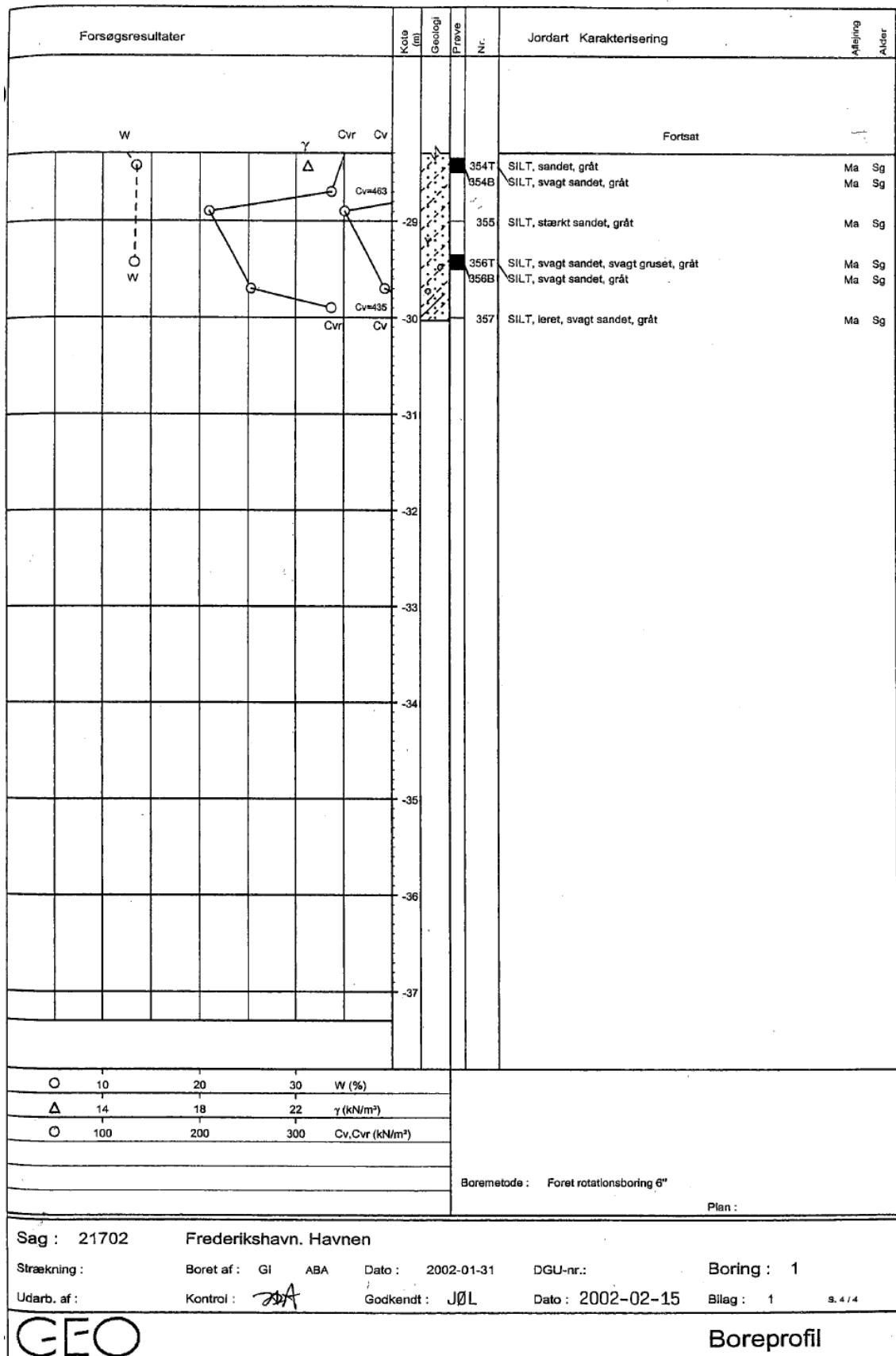
Filtersætning

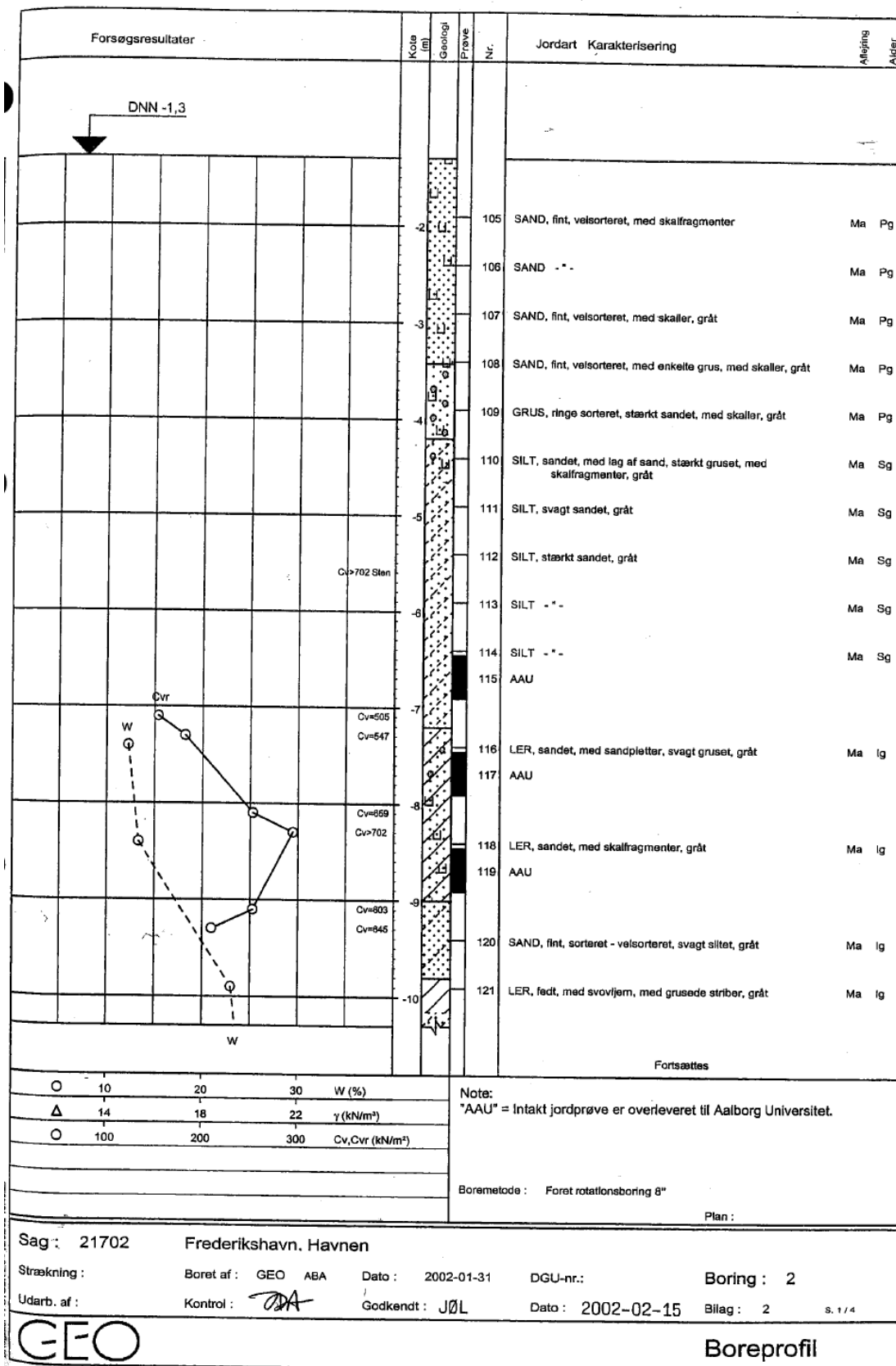


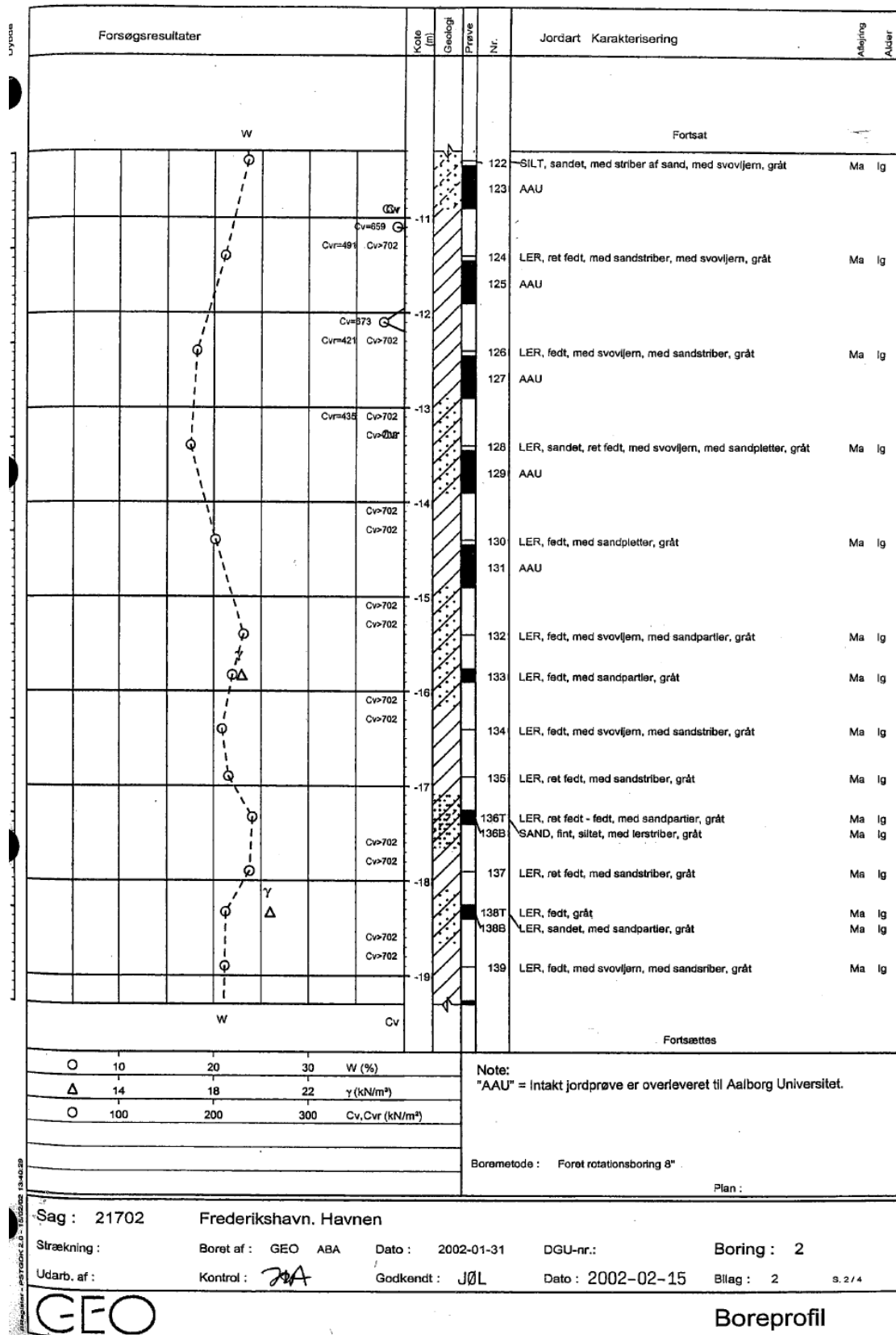
Forsøgsresultater					Kote (m)	Geologi	Prøve Nr.	Jordart Karakterisering	Alfing	Alder
					300	SAND, flint, velsortet, med skalstykker, mørkt gråt	Ma	Pg		
					301	SAND, flint, velsortet, med skalfragmenter, gråt	Ma	Pg		
					302	SAND - " -	Ma	Pg		
					303	SAND, flint, velsortet, svagt siltet, med skalfragmenter, gråt	Ma	Pg		
					304	SAND, flint, velsortet, med skalfragmenter, gråt	Ma	Pg		
					305	SAND, flint, velsortet, svagt siltet, med skalfragmenter, gråt	Ma	Pg		
					306	SAND - " -	Ma	Pg		
					307	SAND, flint, velsortet, med skalfragmenter, gråt	Ma	Pg		
					308	SAND - " -	Ma	Pg		
					309	SAND, flint, velsortet, svagt siltet, med skalfragmenter, gråt	Ma	Pg		
					310	SAND, flint, velsortet, med skalfragmenter, gråt	Ma	Pg		
					311	SAND - " -	Ma	Pg		
					312	SAND, flint, velsortet, gråt	Ma	Pg		
					313	SAND, flint, velsortet, med skalfragmenter, gråt	Ma	Pg		
					314	SAND - " -	Ma	Pg		
					315	SAND, flint, velsortet, svagt siltet, med planterester, gråt	Ma	Pg		
316	SAND, flint, sorteret, siltet, med svagt organiskholdige partier, gråt	Ma	Pg							
317	SAND, flint, velsortet, svagt siltet, med skalfragmenter, mørkt gråt	Ma	Pg							
								Fortsættes		
O	10	20	30	W (%)	Boremetode: Foret rotationsboring 6"					
Δ	14	18	22	γ (kN/m³)						
O	100	200	300	Cv, Cvr (kN/m²)						
					Plan:					
Sag: 21702 Frederikshavn. Havnen										
Strækning:					Boret af: GI ABA	Dato: 2002-01-31	DGU-nr.:	Boring: 1		
Udarb. af:					Kontrol: <i>ABA</i>	Godkendt: JØL	Dato: 2002-02-15	Bilag: 1 S. 1 / 4		
GEO					Boreprofil					

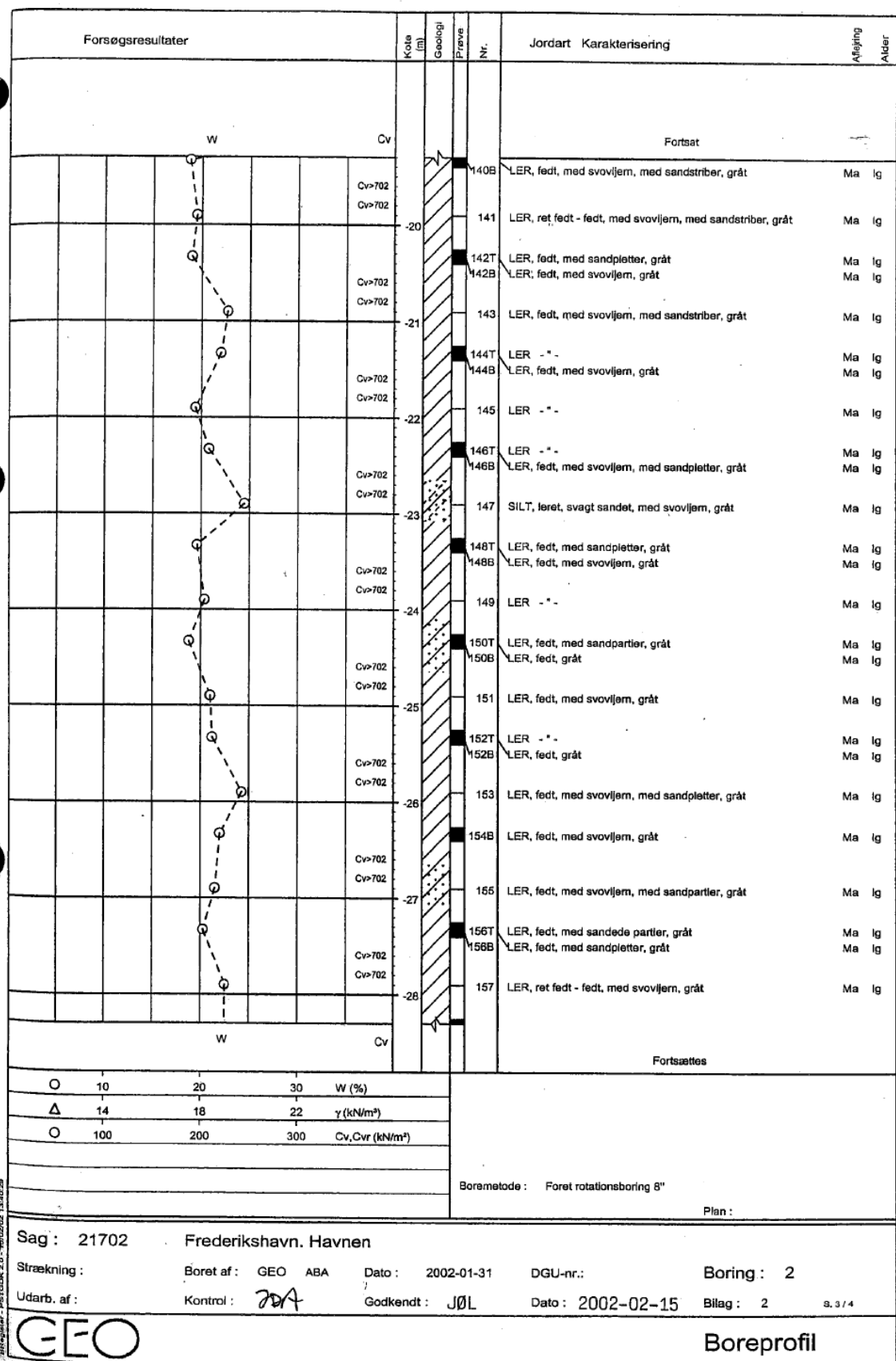


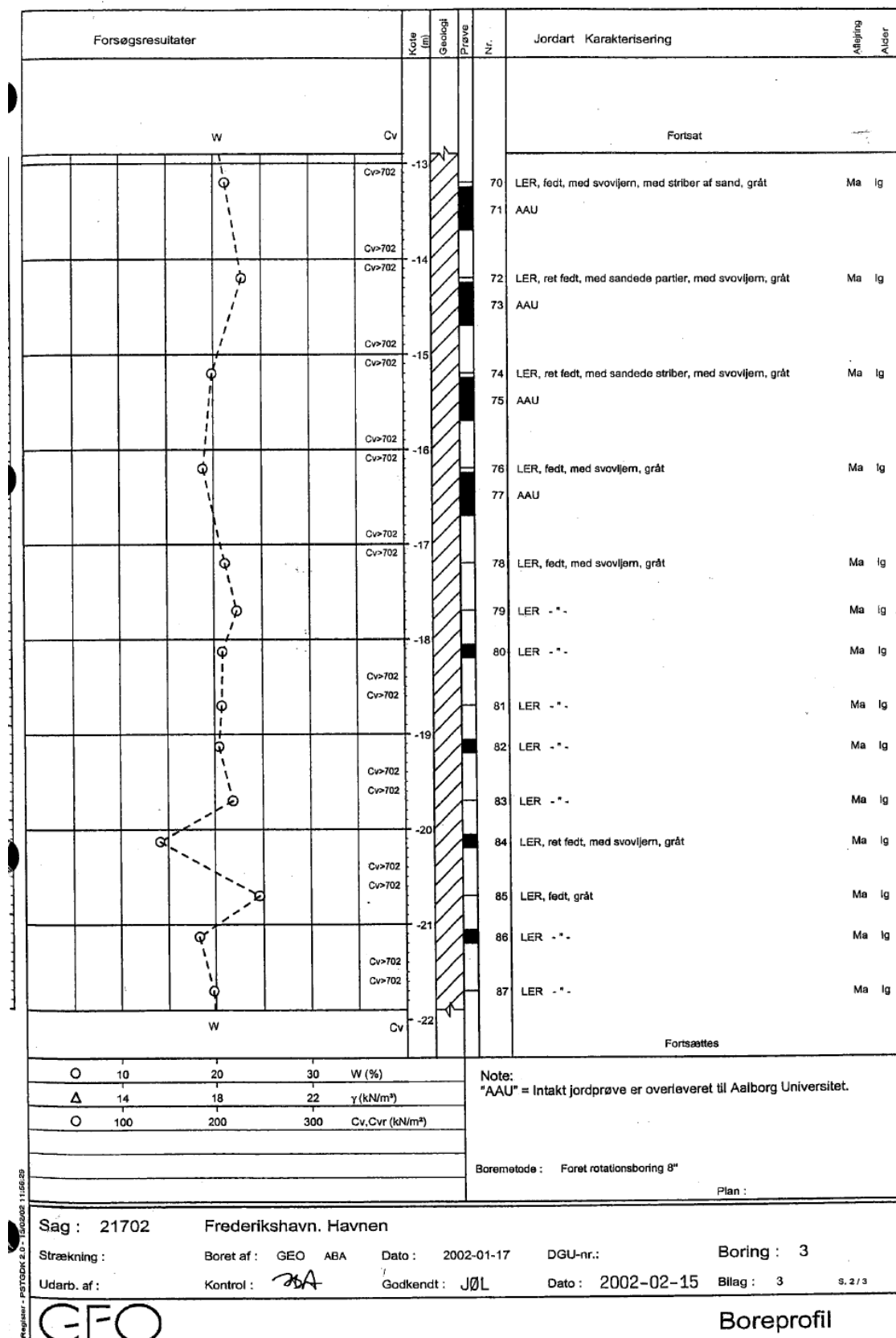


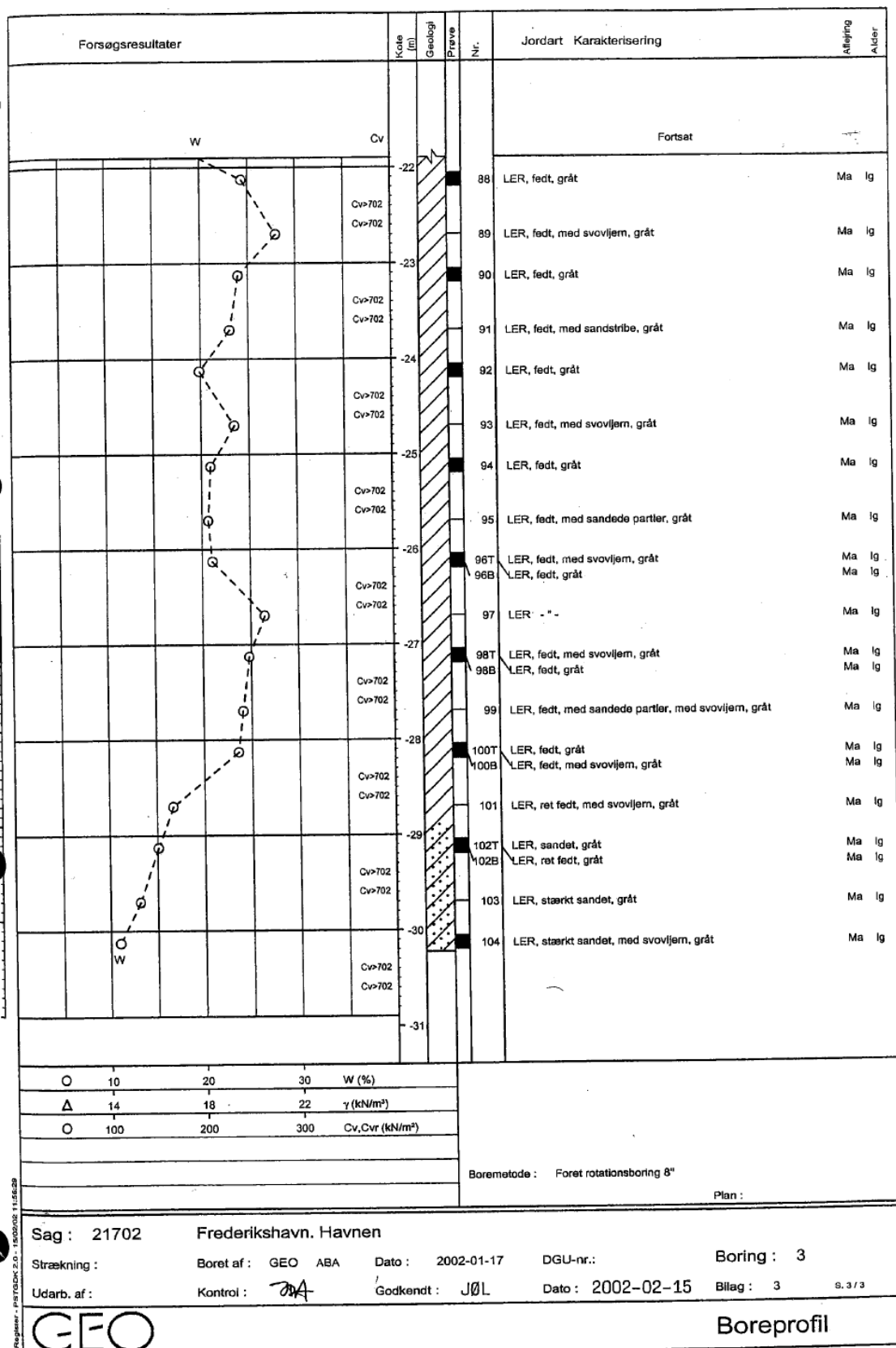


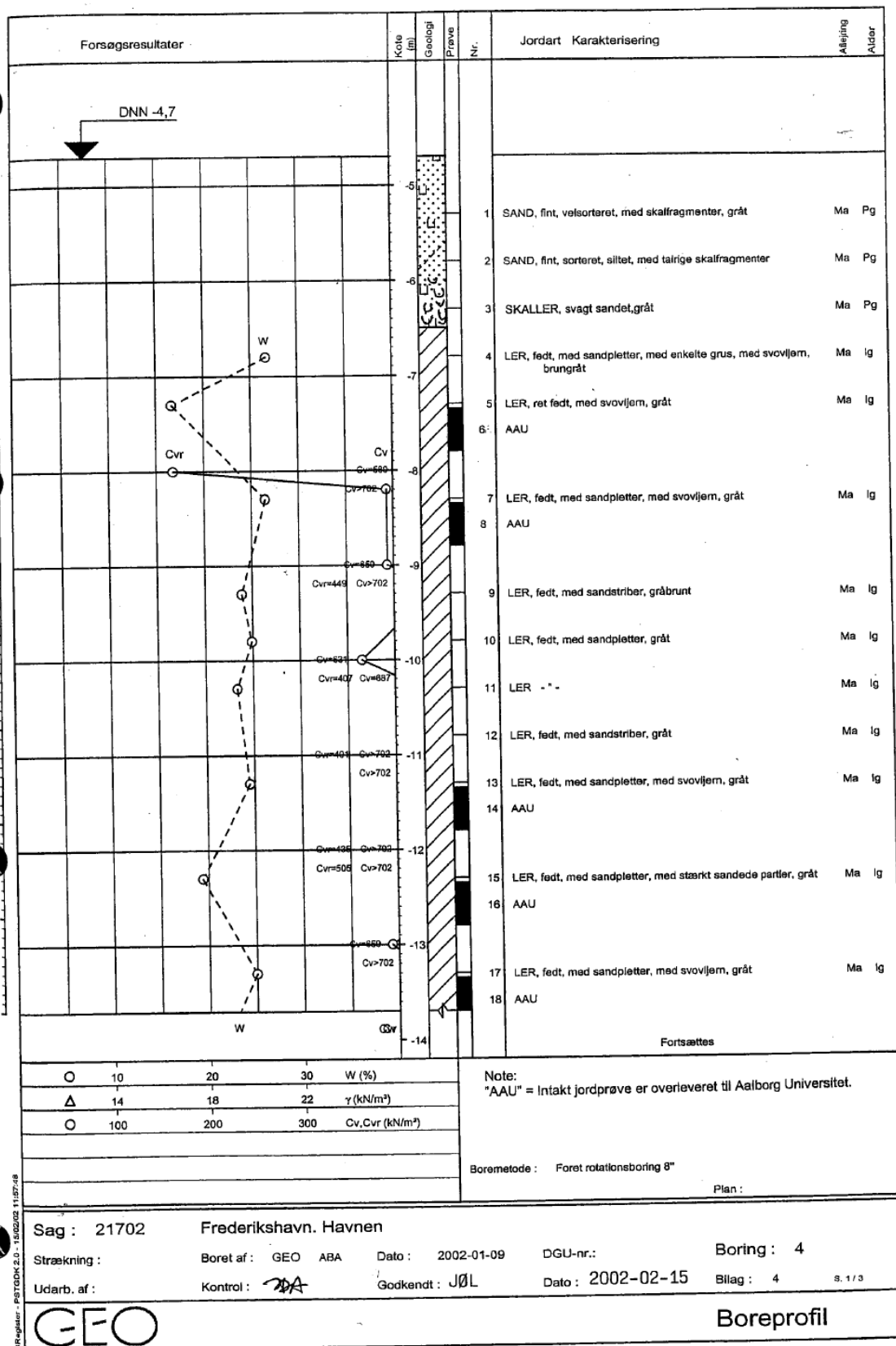


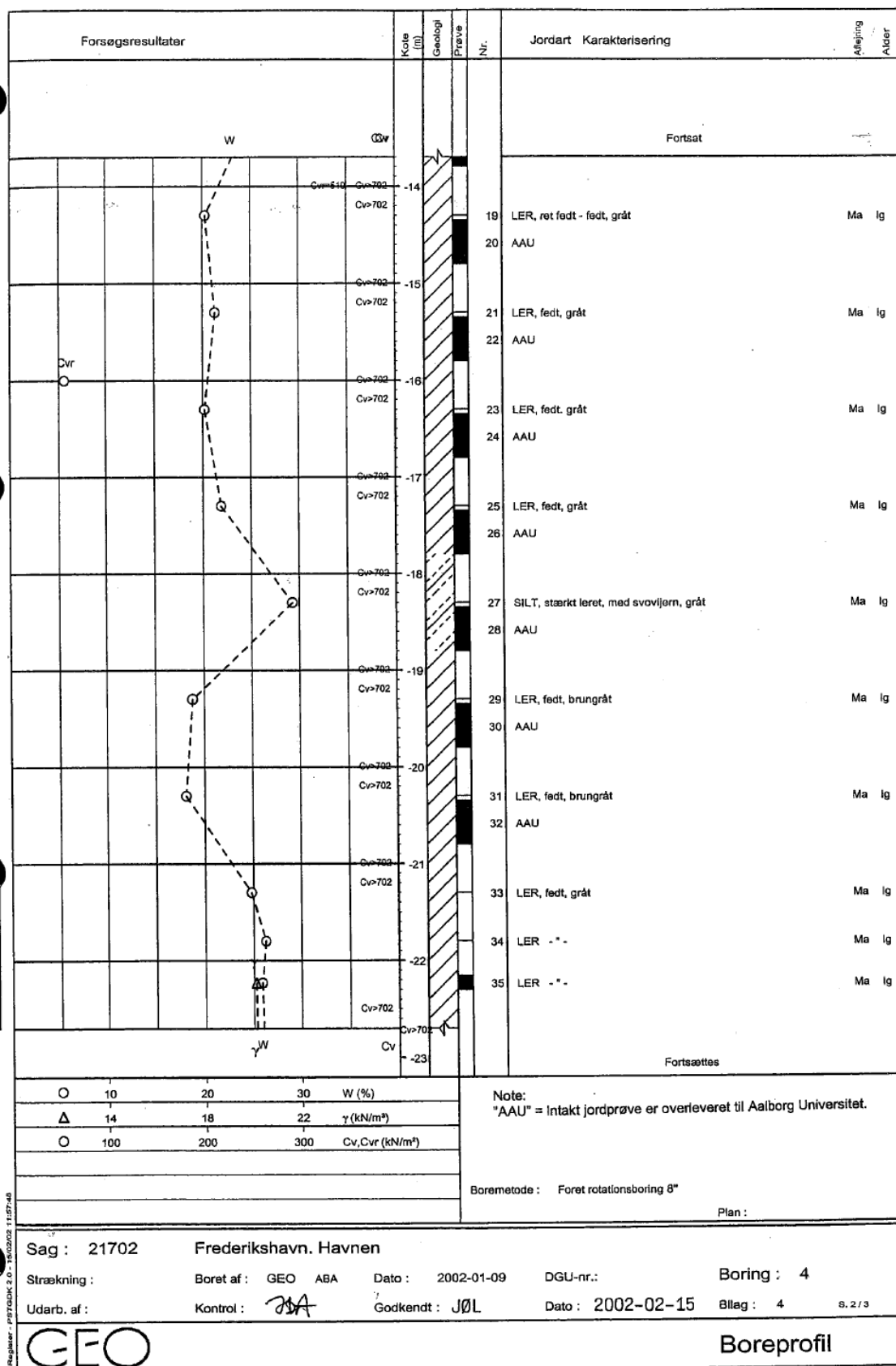


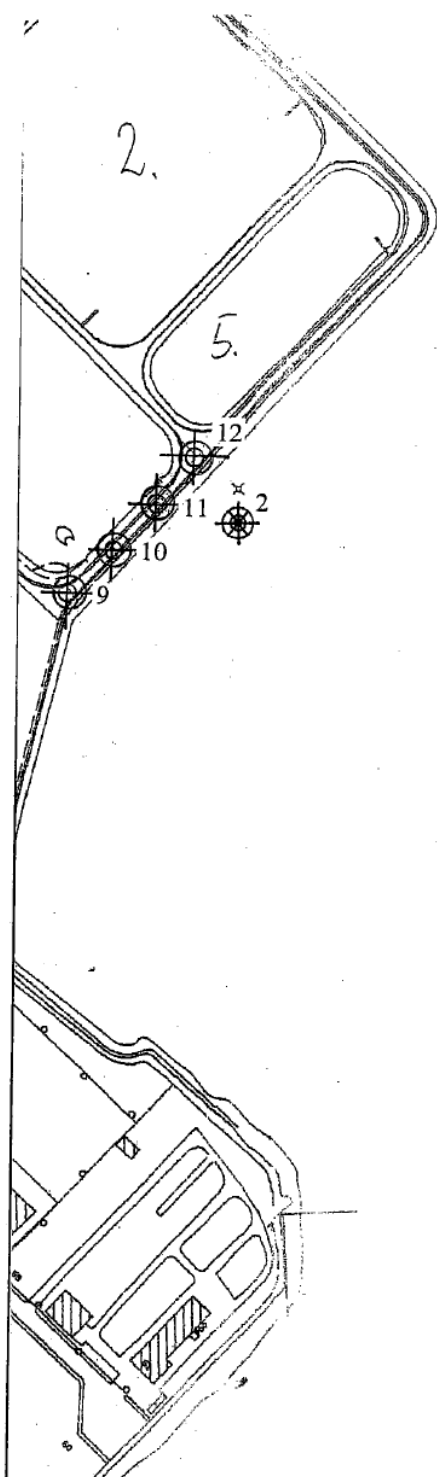






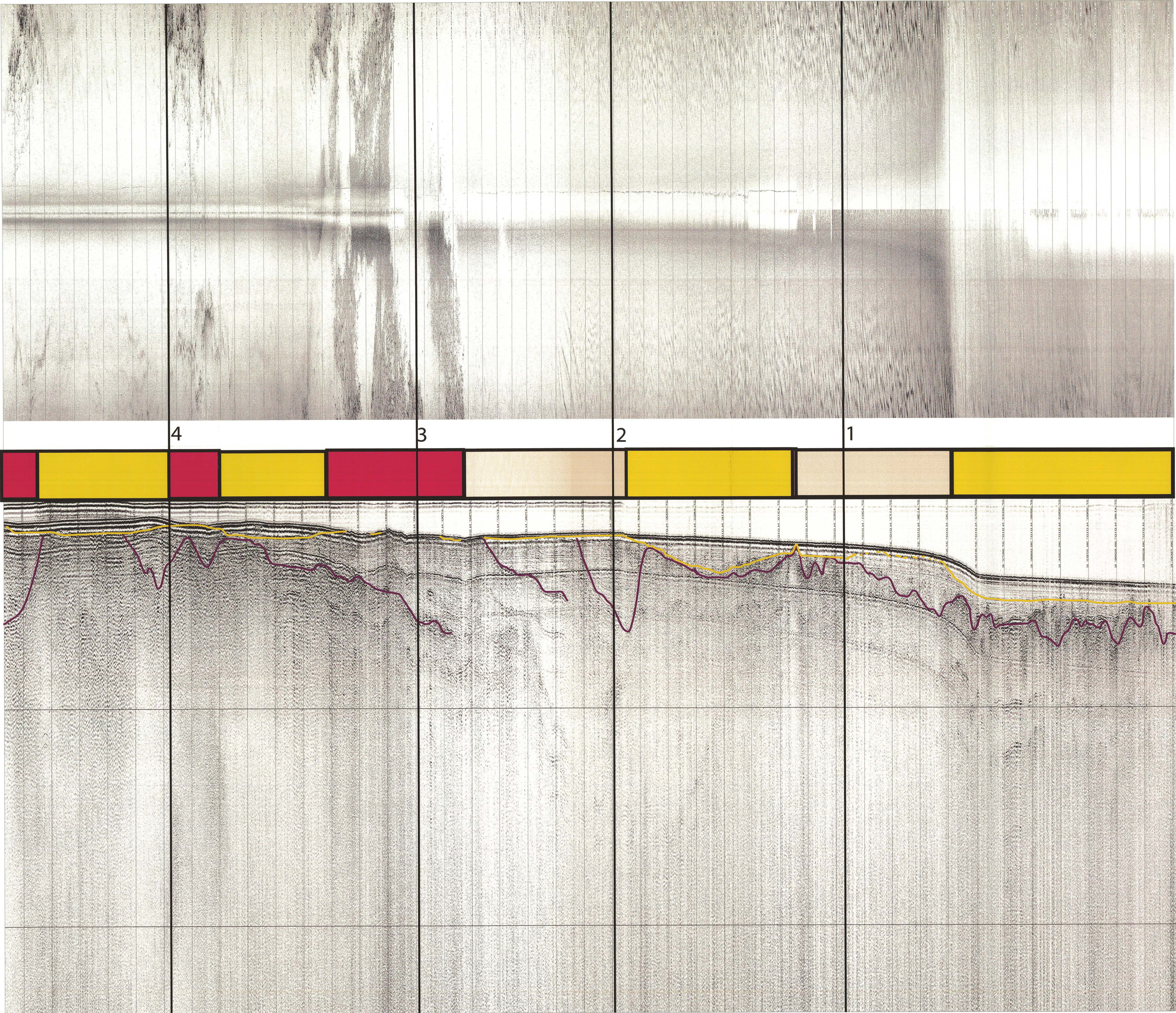






CEO		Projekt: 21702 Frederikshavn. Havnen		
Udført	: ANC	Dato: 2002-03-08	Emne: Situationsplan 1:4000	
Kontrolleret	: <i>DA</i>	Dato: <i>2002-03-18</i>		Side 1 / 1
Godkendt	: <i>JØL</i>	Dato: <i>2002-03-13</i>	Rapport 2	Bilag 14 Rev.

Bilag D



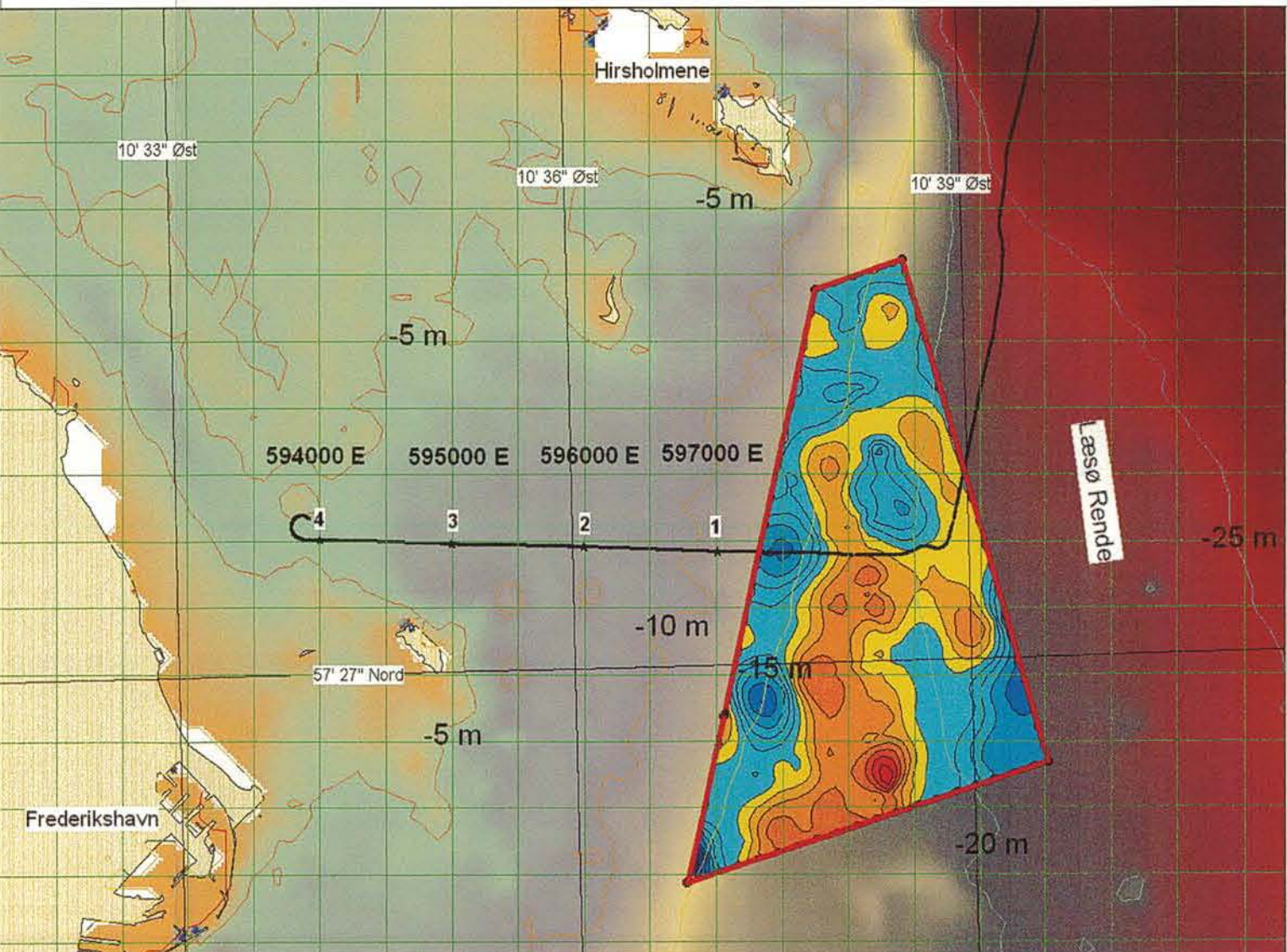
Legende

- Tynde sandlag over Ældre/yngre Yoldia
- Sand med større mægtighed end 1 m
- Yoldia blotte på havbunden med sten

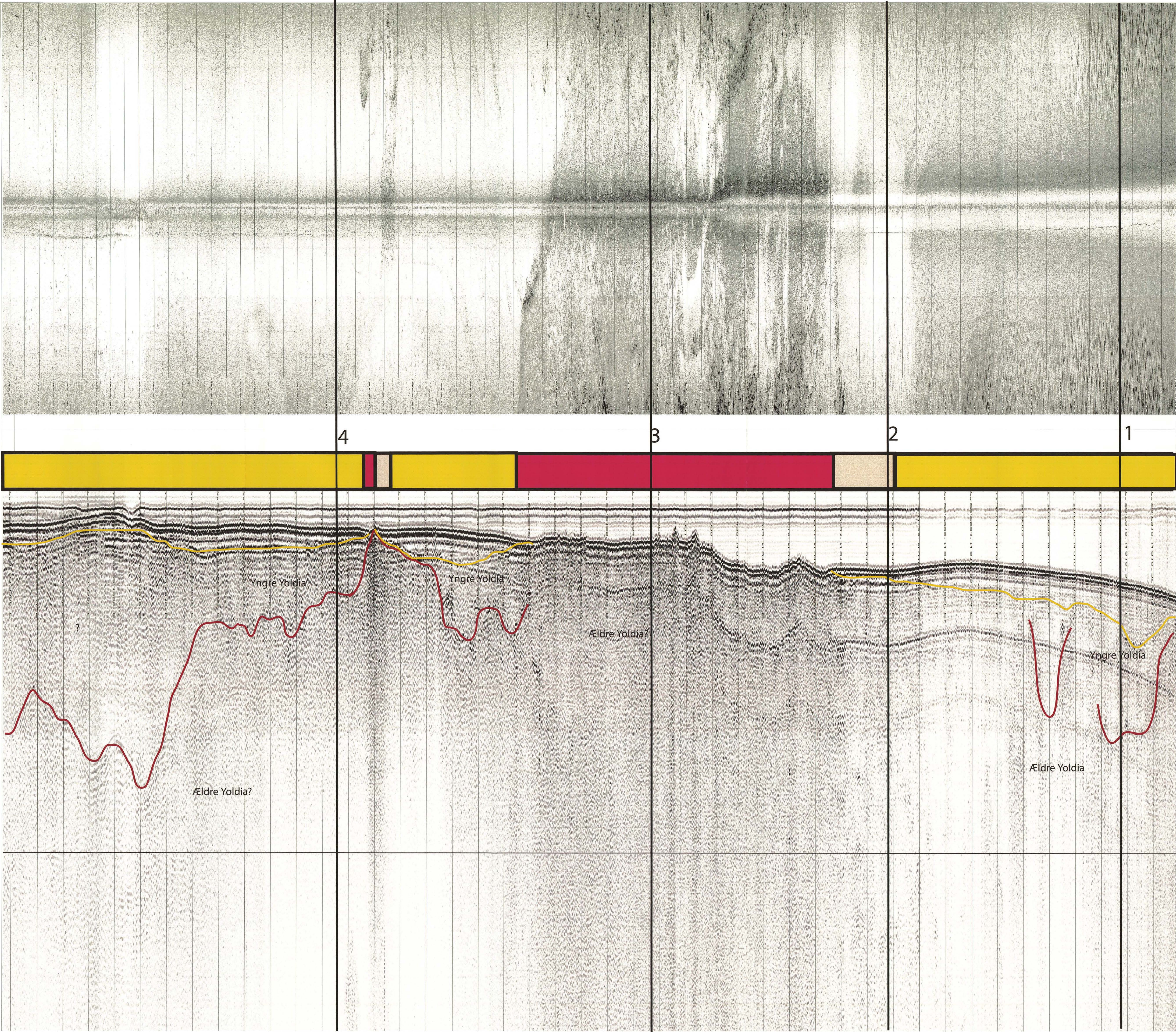
Seismiske Horisonter

- Bund af Holocæne aflejringer
- Top af ældre Yoldia?

Oversigtskort



Kontrakt.		NearshoreLAB Frederikshavn A/S	
Titel		Frederikshavn Testvindmøller	
		Kabel rute	
		Kabel rute 1	
Tegner		Godkendt	SLO
		Dato	21-08-2007
		Geological Survey of Denmark and Greenland Øster Voldgade 10 DK-1350 Copenhagen K Denmark	
D1		GEUS Report File no. 27083 Enclosure (1/2)	



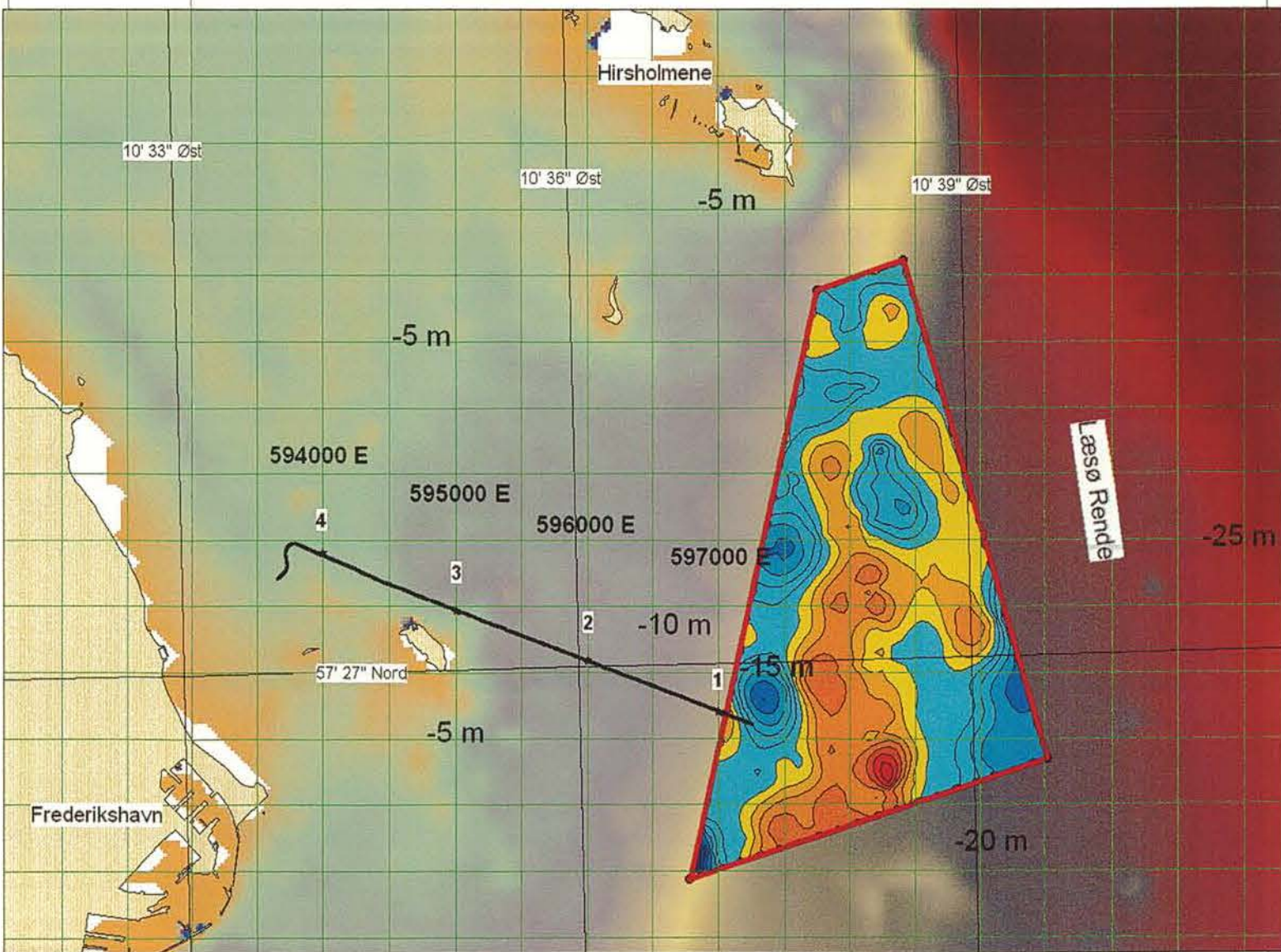
Legende

- Tynde sandlag over Ældre/yngre Yoldia
- Sand med større mægtighed end 1 m
- Yoldia blotte på havbunden med sten

Seismiske Horisonter

- Bund af Holocæne aflejringer
- Top af ældre Yoldia?

Oversigtskort



Kontrakt. NearshoreLAB Frederikshavn A/S

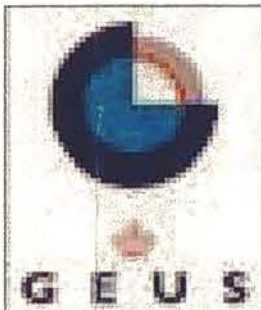
Titel Frederikshavn Testvindmøller

Kabel rute

Kabel rute 2

Tegner Godkendt SLO

Dato 21-08-2007



Geological Survey of Denmark and Greenland
Øster Voldgade 10
DK-1350 Copenhagen K
Denmark

D2