

Geofysisk opmåling samt vurdering af råstoffer i Sprogø vindmølleområde

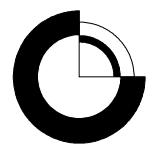
Kortlægning udført for Sund & Bælt Holding A/S

Jørgen O. Leth & Zyad Al-Hamdani

Geofysisk opmåling samt vurdering af råstoffer i Sprogø vindmølleområde

Kortlægning udført for Sund & Bælt Holding A/S

Jørgen O. Leth & Zyad Al-Hamdani



Indhold

1.	Indledning.	4
2.	Resume	5
3.	Planlægning	6
4.	Arbejdsperiode og personale	7
5.	Survey skibene	8
6.	Udstyr software og formater	9
6.1	Positionering	9
6.1.1	Hemisphere VS110 DGPS system.....	9
6.1.2	DGPS Sagitta.....	9
6.1.3	NaviPac.....	10
6.2	SIS-1625 Sub-bottom Profiling System Chirp combined with Side Scan Sonar.	11
6.3	Isis Sidescan Acquisition Software.....	14
6.4	Tolknings software	15
6.5	Multibeam software	15
6.6	Data formater	18
6.6.1	GIS programmel.....	18
7.	Tolkning og præsentationer	19
7.1	Sejllinier.....	19
7.1.1	Vindmølleområde	19
7.1.2	Kabelkorridør.....	19
8.	Resultater	21
8.1	Bathymetri	21
8.2	Overfladesedimenter og geologi	22
8.2.1	Vindmølleområdet	22
8.2.2	Kabel korridoren.....	22
8.3	Sidescan analyse for objekter	23
8.4	Magnetometer opmåling.....	23
9.	Råstofvurdering	24
10.	Opmåling af huller ved Vestbroen	25

Bilag A: Præsentation af resultater

Bilag B: Magnetiske anomalier

Bilag C: Seismiske profiler

Bilag D: Kalibrering af Kongsberg EM3002D multibeam system

Bilag E: Test af Hemisphere VS110 DGPS navigations system

Bilag F: Volumenberegning af huller omkring Vestbroens piller

Data vedlagt på CD-Rom

Dybdekort A1-format, skala 1:10.000

1. Indledning.

GEUS har indgået aftale med A/S Storebælt/Sund & Bælt om udførelsen geofysiske opmålinger indenfor det planlagte vindmølleområde nord for Sprogø i Storebælt samt den planlagte kabelkorridore fra vindmølleområdet til nordspidsen af Sprogø. Resultaterne anvendes som grundlag for en marinarkæologisk konsekvensvurdering for projektområdet, som gennemføres af Vikingeskibsmuseet og Kulturarvsstyrelsen i forbindelse med VVM-sagsbehandlingen. Yderligere skal de indsamlede data og fortolkninger anvendes i forbindelse med vurderinger af geotekniske forhold, sedimenttransport, egnede levesteder for flora og fauna samt for vurdering af spildmængder i forbindelse med afgravninger.

Der er gennemført geofysiske opmålinger med akustisk og seismisk udstyr: multibeam ekolod, sidescan sonar og chirp (sub-bottom profiler). Derudover er der gennemført opmålinger med magnetometer.

Umiddelbart efter feltarbejdet foretog GEUS og Vikingeskibsmuseet i fællesskab en gennemgang og tolkning af de indsamlede data med henblik på at vurdere tilstedeværelsen af potentielle marinarkæologiske objekter. Den fremkomne liste var herefter udgangspunkt for prioriteringen af en screening af havbunden for marinarkæologiske genstande gennemført ved dykning af Vikingeskibsmuseet.

Som en særskilt opgave er der udført en vurdering af det marine råstofpotentiale indenfor vindmølleområdet.

Denne rapport dokumenterer de gennemførte geofysiske opmålinger og præsenterer resultaterne herfra. Resultaterne af de marinarkæologiske feltundersøgelser rapporteres separat af Vikingeskibsmuseet.

I forlængelse af opmålingen af vindmølleområdet og kabelkorridoren gennemførte GEUS en opmåling af 7 huller i havbunden omkring Vestbroens piller ud for Sprogøs vestrampe. Denne del af opgaven, som også indbefatter en beregning af hullernes volumen, indgår som et separat afsnit sidst i denne rapport.

2. Resume

Der er gennemførte geofysiske opmålinger i vindmølleområdet, kabelkorridoren samt af 7 huller ved Vestbroens vestrampe. Undersøgelserne har resulteret i en komplet liste af magnetiske anomalier og refleksioner fra sidescan sonar optagelserne til brug for Vikingeskibsmuseets planlægning og prioritering af screening for marinarkæologiske objekter.

Yderligere har de geofysiske opmålinger med sidescan sonar og chirp (sub-bottom profiler) dannet grundlag for udarbejdelsen af fulddækkende sedimentkort af henholdsvis vindmølleområdet og kabelkorridoren. Sammenholdes de akustiske resultater med sedimentprøver fra området indsamlet og analyseret af DHI kan det fastslås, at havbunden generelt består af moræneler med varierende stentæthed. Morænelerslaget anslås at have en minimumstykke i størrelsesordenen 3 – 5 m. Mod udkanten af vindmølleområdet præges havbunden i stigende grad af tynde lag af løse sandede og grusede sedimenter. På de planlagte vindmølle positioner består havbunden af moræneler, omkring vindmølleposition 4 og 5 dog med et sanddække på maksimalt 0,5 – 1 m

Morænelerslaget fra vindmølleområdet kan følges videre til kabelkorridoren, dog er morænelerslaget i et delområde i kabelkorridoren øst for centerlinien dækket af et 1 – 2 m tykt sandlag.

Der er ikke indenfor undersøgelsesområdet fundet blødbundsaflejringer.

Opmålingen med multibeam sonar ved Vestbroens vestrampe har givet detaljerede data for dybdeforholdene omkring 7 af de huller, der omgiver de østligste bropiller. De dybeste kortlagte huller er 9 – 10 m dybe. Der er foretaget en volumenberegnning af hullerne til brug for de videre overvejelser i projektet. Det samlede minimums volumen omkring de 7 huller er beregnet til ca. 313.000 m³

Omkring bortskaffelse af opgravet materiale i forbindelse med anlægsarbejdet på de 7 vindmøllepositioner kan det anbefales, at materialet nyttiggøres til opfyldning af disse huller. Denne løsning er en miljømæssig neutral løsning frem for en alternativ klapning eller deponering.

3. Planlægning

Planlægningen af undersøgelserne er baseret på oplysninger stillet til rådighed af Sund & Bælt via Environmental Management Consultants (EMC). Koordinater for vindmølleområdet, positioner for de planlagte vindmøller såvel som koordinater for Vestbroens piller blev fremsendt til GEUS forud for feltarbejdet. Figur 1 viser lokaliseringen af vindmølleområdet samt det tilstødende fuglebeskyttelsesområde. Vanddybderne i vindmølleområdet var oplyst som værende mellem 6 og 15 m, hvilket blev taget med i betragtning under planlægningen af undersøgelserne. Den sande vanddybder viste sig dog at være omkring 4 m i den inderste del af området.



Figur 1. Skitse over det planlagte vindmølleområde nord for Sprogø.

Dataindsamlingen blev tilrettelagt i samarbejde dels med firmaet Scansurvey, der virker som underentreprenør til GEUS med ansvar for multibeam opmålingen, dels med Vikingeskibsmuseet med henblik på at optimere datakvaliteten til det marinarkæologiske formål.

Forud for og under feltarbejdet havde GEUS tæt kontakt til VTS Storebælt for at sikre de sikkerhedsmæssige aspekter i undersøgelsesområdet under aktivitetens gennemførelse.

4. Arbejdsperiode og personale

Opmålingen af vindmølleområdet og hullerne ved Vestbroens piller blev foretaget fra fartøjet 'M/S *Madog*' (figur 2). Mobiliseringen foregik i Gilleleje i perioden 30. april til den 6. maj 2008. Multi-beam sonaren montering, indmåling og kalibrering var hovedaktiviteten i denne periode. Forlægning fra Gilleleje til Korsør foregik den 7. maj, mens selve feltarbejdet fandt sted den 8. og 9. maj.

Vejret under opmålingen var optimalt med svag til let vind i hele perioden.

Udover skibets 6 mand besætning deltog fra GEUS ved seniorrådgiver Jørgen O. Leth (togtleder) og elektroniktekniker Egon Hansen.

Fra Scansurvey deltog søopmåler Jesper Højdal samt søopmålingstekniker Mickey Højdal.

Fra Vikingeskibsmuseet deltog marinarkæolog Jørgen Dencker i toget.

Opmålingen af kabelkorridoren kunne pga. af vanddybder lavere end 4 m ikke gennemføres fra 'M/S *Madog*' men blev i stedet foretaget fra GEUS' egen båd 'GEUS-2' (figur 3) den 27. maj 2008 af GEUS personale ved seniorrådgiver Jørgen O. Leth (togtleder) og elektroniktekniker Egon Hansen. Båden var mobiliseret med magnetometer og sidescan sonar i perioden 23. og 26. maj 2008. Opmålingen udgik fra Korsør Havn.

5. Survey skibene

Som survey skib blev 'M/S Madog' ejet af A/S Nordmarine benyttet (figur 2). Skibet var velegnet som surveyskib med gode faciliteter og god dæksplads. Desuden er det et tungt skib, som ligger roligt i vandet. Den akustiske støj som skibet udsender, har ikke haft nogen negativ effekt af de seismiske data. 'M/S Madog's' dybgang på ca. 4,0 m betød dog, at det ikke kunne benyttes til opmåling af kabelkorridoren, da vanddybden her er lavere end 4 m.

'GEUS-2', der er en bådtype af jolle størrelse (figur 3), var udstyret med sidescan sonar og magnetometer men ikke et opmålingsekkolod.



Figur 2. Fartøjet "M/V Madog".



Figur 3. GEUS' opmålingsbåd "GEUS-2".

6. Udstyr software og formater

6.1 Positionering

6.1.1 Hemisphere VS110 DGPS system

Til opmålingen af vindmølleområdet og af hullerne ved Vestbroen blev der etableret en DGPS landstation på Sprogø for at øge nøjagtigheden. Nøjagtigheden er horisontalt +/- 0,5 meter. Vertikal nøjagtighed for opmålingerne skønnes at være inden for +/- 0,2 m. Positions check blev gennemført over et i forvejen kendt geodætisk punkt (K-11-00548) på Sprogø den 14. maj. Basisstationen var lokaliseret på det officielle KMS punkt K-11-00512 (1999) lokaliseret på bakken, Vesterbjerg/Sprogø. Punktet, det refereres til, er lokaliseret 1,30 m over det officielle GI-punkt, som blev etableret af KMS i 2006. Som dokumentation for positionsnøjagtigheden i løbet af opmålingsperioden findes (hos GEUS) en fil over de totale målinger. Standardafvigelsen på Easting er 0,23 m, på Northing 0,38 m.

Positions check og patch test dokumentationen er vedhæftet som bilag E.

6.1.2 DGPS Sagitta

Som navigations udstyr til korridor opmålingen med GEUS-2 benyttedes Sagitta DGPS navigation (figur 4), som gav os en navigations nøjagtighed på omkring 1 m. Beskrivelse af systemet følger (på engelsk) nedenfor.

Sagitta DGPS navigation

The DGPS system gives a navigational accuracy within 1m, and it uses 16-channel GNSS differential signal. The Sagitta™ receiver from Thales is developed for small and medium-scale marine surveys. Sagitta has real-time precision ranging from the meter to the centimetre level, depending on how it is operated (Operating modes available include: WAAS/EGNOS, DGPS, EDGPS, KART or LRK®). It is used for many types of kinematics applications such as bathymetry or coastal works, sea trials or trajectory. Sagitta has dual-frequency. Sagitta can be used as a reference station. You just need to add a U-Link station kit to deliver UHF signals over distances of 30 miles or more.



Figure 4. The Thales Sagitta DGPS system.

6.1.3 NaviPac

GEUS' navigations computer benytter navigations software NaviPac. Her indsamles antennepositionen og distribuerer offset-korrigerede navigationsdata til de enkelte instrumenter. Detaljeret beskrivelse af NaviPac følger nedenfor.

Navigations software - NaviPac

The NaviPac software is an integrated navigation and data acquisition software specifically suited for applications like:

- General navigation
- Hydrographic & oceanographic surveying
- Geophysical & seismic surveying

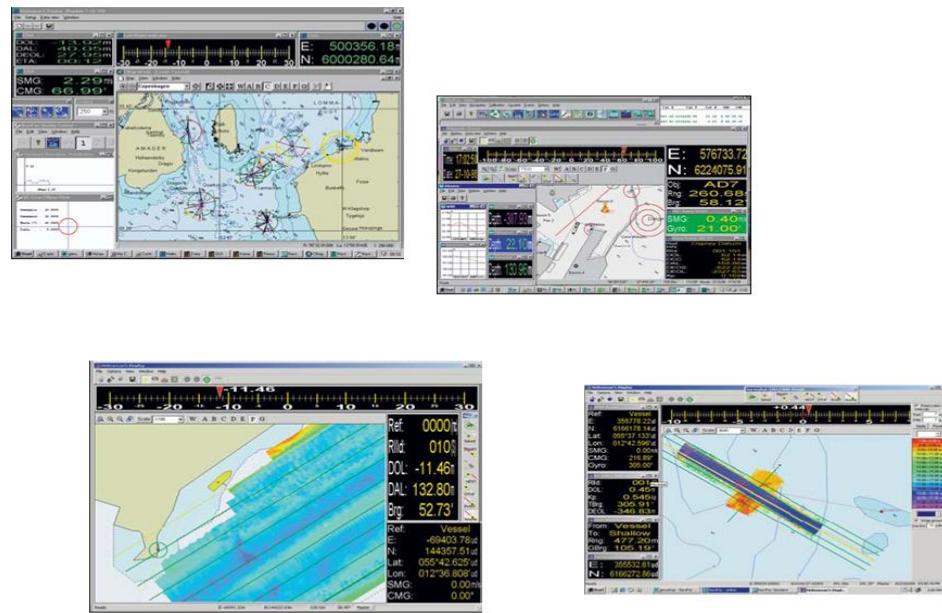
MODULARITY – NaviPac is modularity through use of multi tasking, multithreading and networking capabilities of the Windows NT, Windows 2000 and Windows XP operating system. The software is highly flexible and user configurable and the user interface adhere to The Microsoft Interface Guidelines making it very intuitive and easy to operate (figure 5).

NAVIGATION SET-UP – The NaviPac set-up module provides easy selection of geodetic parameters, navigation systems, devices, offsets and port settings.

DEVICE I/O DRIVERS – A vast number of field-tested device I/O drivers are provided for most available positioning systems, GPS/DGPS receivers, gyros, motion/altitude sensors, tide-gauges, single beam echosounders, magnetometers, dynamic positioning systems, autopilots, etc. Generic I/O drivers allow definition or customization of own device I/O drivers. Data is interfaced via RS232, a LAN or via a digital I/O interface

TIME SYNCHRONIZATION – Time stamping of sensor data, incoming as well as outgoing, can be done in two ways, either by the internal computer clock or by the PPS output available from most GPS receivers. Using the PPS output data are synchronized relative to the GPS/UTC time frame, resulting in an accuracy of a few milliseconds.

SURVEY PLANNING – NaviPac allows for survey planning through quickly creation of planned survey area and survey lines. A variety of methods for creation of survey lines is provided, e.g. by click-and-drag (of mouse/trackball), input of survey line coordinates, offset (parallel) survey lines, cross lines, circles, arcs etc. Survey lines can easily be adapted to fit a defined survey area. Creation of templates allows input of other data formats.



Figur 5. NaviPac skærbilleder

6.2 SIS-1625 Sub-bottom Profiling System Chirp combined with Side Scan Sonar

Den kombinerede chirp/sidescan (figur 6) giver detaljerede informationer om fordelingen af sedimenttyper på havbunden samt de overfladenære løse sedimenter. Detaljer følger nedenfor på engelsk.

The SIS-1625 Seafloor Imaging System

The SIS-1625 Seafloor Imaging System has quickly become the industry standard for shallow water (<2000M) seafloor survey operations. This field proven, highly versatile survey tool offers a fully digital platform capable of collecting high resolution chirp side scan/sub-bottom data.

One Workstation

Topside system consists of:

- Chirp DSP based side scan sonar, operating at 100/400 kHz simultaneously, allows a full 1000 meter swath, with resolution equivalent to much higher frequency systems.
- Chirp DSP/CW based sub-bottom profiling, operating in the 1 to 10 kHz region, allows maximum sediment penetration with greatly improved resolution.
- Gain, TVG, image correction, color palette, and other programmable parameters are under trackball control.
- Digital interface provided for thermal graphic recorders.



Figure 6. Tow Vehicle TTV-290.

One Tow Vehicle—TTV-290

The TTV-290 is a fully digital platform with standard Chirp side scan/sub-bottom transducer arrays, digital multiplexor, subsea electronics, and RS-232 ports for optional sensors.

- Hydrodynamically stable tow vehicle includes pitch, roll and heading sensors, optional position responder/transponder, and other customer selected sensors.
- 0.5° side scan sonar horizontal radiation pattern combined with broad band Chirp DSP match filter processing, provides optimal cross-track and along track resolution.
- Tow vehicle operates in depths up to 2000 meters.

One Cable—CL-160 Communications Link

The com-link was designed through a program to develop a full ocean depth telemetry module for a multi-sensor seafloor mapping system.

- Two-way communication with tow vehicle over single coax with digital high speed multiplexor. Standard cable length—up to 10,000m.
- Digital multiplexor for single coaxial tow cables. Communication rates: sonar data—up to 5 megabit/sec; uplink status—9600 bits/sec; downlink command—9600 bits/sec.

Specifications

CL-160 Shipboard Sub-System

Chirp Processing: Sonar/status control PC based workstation; 5-DSP based sonar matched filter processing channels.

Display: High resolution video display.

Recording: Large capacity hard drive, DVD writable, other.

Status Display: Vehicle pitch, roll, heading (standard); speed, altitude, and depth (optional).
Customer input ship position, vehicle position, event marks; all status data recorded.
Sonar Display: Side scan port, starboard; dual channel sub-bottom; all sonar data recorded.
Corrections: Slant range and speed; beam angle/grazing angle.
Multiplexor: Digital MUX for coaxial cables (ADSL).
Sonar Data: up to 5 megabit/sec.
Uplink Status: 9600 bit/sec.
Downlink Command: 9600 bits/sec.
Power Supply: 110/220 VAC autosensing.

Side Scan

Side Scan Transducers: Multi-element array, dual channel 100/400 kHz

0.5° horizontal beam; 60° vertical beam.

Frequency: 100/400 kHz band swept FM; 4.5 cm resolution.

Processing: Calibrated transmit waveform stored in ROM; match filter FFT digital signal processing.

Swath Selection: 25 meters to ±500 meters.

Sub-Bottom

Transducer: Transmit projector array; line array receiving hydrophone; 30° conical radiation pattern.

Frequency: 1 kHz to 10 kHz swept FM (4 KW output), synchronous with side scan.

Resolution: 5 cm.

Processing: Calibrated transmit waveform stored in ROM; matched filter FFT digital signal processing.

Scale Selection: 25 meters to 500 meters full scale.

TTV-290 Tow Vehicle Sub-System (figure 6)

Depth rating: 2.000m.

Vehicle Dimensions: 45 cm OD x 162.6 cm long.

Weight: In air: 136 Kg; in water: 77 Kg.

6.3 Isis Sidescan Acquisition Software

Med ISIS sidescan programmet er det muligt at optage, processere og præsentere sidescan data dels som enkelte liniedata, dels som sidescan mosaik (se bilag A4). Figur 7 viser eksempel på on-line fremstilling af en sådan mosaik.



Figur 7. ISIS skærmbillede.

ISIS continues to be the most advanced sidescan sonar acquisition system available today. Isis® Sonar™ is the tool of choice for a variety of applications including: mine-hunting, hydrography, archeology, environmental studies, oilfield engineering, civil engineering, oceanography, and law enforcement.

Real-time Sensor Quality Control

ISIS offers a wealth of display options to ensure high data quality. Typical windows for monitoring raw sensor information include a waterfall display for the sonar imagery, a signal voltage display for each incoming ping, and a parameter display for navigation, motion sensor, etc., and file storage. A real-time link with TEI TritonMap™ provides for on-line mosaic production, an invaluable tool for assessing seabed coverage and the quality of geo-referencing between adjacent lines (figure 7).

Reliable, Precise Sonar Data Acquisition

ISIS systems are active throughout the world, incorporating over 20 years of field experience in hardware and software design. Incoming sidescan sonar and ancillary sensor data are time-

stamped to millisecond accuracy, thereby ensuring the final data products can be properly corrected during processing.

Wide Compatibility,

Compatible with All Sidescan Sonars

ISIS interfaces with any sidescan sonar available today. Analog or digital, regardless of the manufacturer -- we offer a custom interface that is intuitive to set up and is designed around the sonar's communication requirements. All data are stored in TEI's open XTF (eXtended Triton Format), an industry-standard, non-proprietary format.

Comprehensive Data Correction & Analysis

Numerous tools exist within ISIS for correcting and analyzing data and generating reports. Bottom-tracking, time-varying gain, slant range correction, and layback may all be applied to the imagery on-screen without affecting the raw data being logged. Events, scale lines, and notes can be associated with the imagery. A powerful ASCII report tool allows practically any information stored in the XTF file to be extracted in user-defined formats.

GIS Mosaicing

A mosaicing link exists between Isis® Sonar™ and TEI's TritonMap™ GIS product. These mosaics may be overlain on navigation charts or other background information. Contours, navigation hazards, or contacts may be overlain on the mosaics as they are being built.

6.4 Tolknings software

Tolknings af sidescan og chirp data blev foretaget ved hjælp af Isis® Sonar™ og TEI's Triton-Map™ software.

6.5 Multibeam software

Dybdeopmålingen blev foretaget med Kongsberg EM3002D Dual Head Seabed Mapping System (se engelsk beskrivelse af systemet nedenfor samt figur 9). Dataopsamlingen blev foretaget i QinSi 8.0, post-processering blev foretaget i Qloud 2.1 software fra Reson.

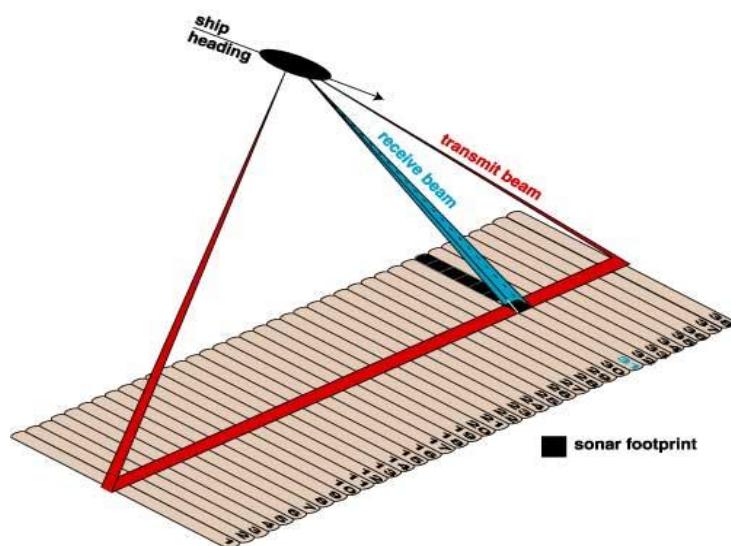
Forud for opmålingen blev Kongsberg EM3002D systemet kalibreret gennem en patch-test, hvor der korrigeres for latency, roll, pitch og yaw. Dokumentation for den gennemførte kalibrering findes i bilag KK. I efterbehandling af dybdedata er tidevandskorrigering ud fra tidevandsmålinger opsamlet dels i Korsør, dels i Slipshavn. Se eksempel på tidevandsdata i figur 8 nedenfor.

Korsør		7. maj 2008
15:00 + 8	20:00 - 26	
15:10 + 7	20:10 - 26	
15:20 + 7	20:20 - 26	
15:30 + 6	20:30 - 27	
15:40 + 6	20:40 - 27	
15:50 + 5	20:50 - 27	
16:00 + 4	21:00 - 26	
16:10 + 3	21:10 - 26	
16:20 + 2	21:20 - 26	
16:30 + 1	21:30 - 25	
16:40 + 0	21:40 - 25	
16:50 - 2	21:50 - 24	
17:00 - 3	22:00 - 23	
17:10 - 4	22:10 - 22	
17:20 - 6	22:20 - 21	
17:30 - 7	22:30 - 21	
17:40 - 9	22:40 - 18	
17:50 - 10	22:50 - 17	
18:00 - 12	23:00 - 16	
18:10 - 13	23:10 - 15	
18:20 - 15	23:20 - 13	
18:30 - 16	23:30 - 12	
18:40 - 18	23:40 - 11	
18:50 - 20	23:50 - 9	
19:00 - 21		
19:10 - 22		
19:20 - 23		
19:30 - 24		
19:40 - 25		
19:50 - 25		

Figur 8. Eksempel på tidevandsdata anvendt til dybdekorrektion

Multibeam EM 3002

The used system is a high resolution Kongsberg EM3002D dual head seabed mapping system. Each head delivers a 1.5° beam for transmission and reception, where the swath coverage of the dual head system can reach up to 10 times the water depth. In the high density mode of operation each head acquires up to 254 soundings per ping. The operating frequencies are 293 and 307 kHz to avoid interference between the two heads. The operation range of the system is from 1m to 150m, which is also a function of salinity and temperature. The depth resolution is very high (~1cm), the across track measurement accuracy is a function of depth and the distance from nadir position, a nominal range resolution of 5cm is reported.



Figur 9. Skematisk diagram af Multibeam systemet i funktion.

Motionsensor benyttet var Kongsberg MRU 5. Til opsamling af heading/gyro anvendtes VS110/SeaPath 20. Som henholdsvis multibeam sound velocity sensor og profiler anvendtes AML Micro SV og AML SV Plus.

6.6 Data formater

Alle de indsamlede survey data er lagret digitalt i standardformater:

- Navigationsdata indsamledes i NaviPac og blev gemt i dette format (.npd), som let kan omformes til ASCII txt-format.
- Sidescan data indsamlet med ISIS Acquisition Software er gemt i XTF-format. Efterfølgende blev sidescan mosaik ligeledes lavet i ISIS programmet som Geo-tif, der efterfølgende er indlæst i MapInfo som geo-refereret tab-filer.
- Chirp data, der blev indsamlet sammen med sidescan data, findes som den 5' kanal i XTF-filerne i ISIS.
- Bathymetriske data er præsenteret dels i pdf-format, dels i AutoCAD dwg format og dxf-format. De rå rensede dybdedata findes som X,Y,Z filer i ASCII-format i 1 x 1 m grid.

Alle originale data findes bilagt på CD-rom bagest i denne rapport.

6.6.1 GIS programmel

GEUS arbejder rutinemæssigt med MapInfo. Alle arbejdskort og tabeller, såvel som det færdige resultat præsenteres i dette format. Relevante MapInfo filer er indeholdt på CD-rom bagest i rapporten.

7. Tolkning og præsentationer

På baggrund af de indsamlede data er der lavet en række sammenstillinger og fortolkninger med henblik på at beskrive

- Sejlliniekortet Bilag A1 viser undersøgelsens seismiske linie tæthed/forløb og er således dokumentation for dækningsgraden, der danner basis for tolkningerne.
- Dybdekortet Bilag A2 beskriver de almene dybdeforhold. Det foldede bilag bagest i rapporten er et plot af dybderne i A1-format i skalaen 1:10.000.
- Overfladesedimentkortet Bilag A3
- Sidescan mosaik kortet Bilag A4 viser et akustisk billede af havbundens overfladesedimenter og danner baggrund for tolkninger af fordelingen af sedimenttyper.
- Råstofressource vurdering med tykkelsesfordelingen af en potentiel råstofforekomst med estimeringen af råstofvolumen.

Kortene i rapporten er generelt præsenteret i skalaen 1:20.000. Kortene findes også som elektro-niske filer på vedlagte CD-rom og kan således efter behov plottes i andre skalaer.

7.1 Sejllinier

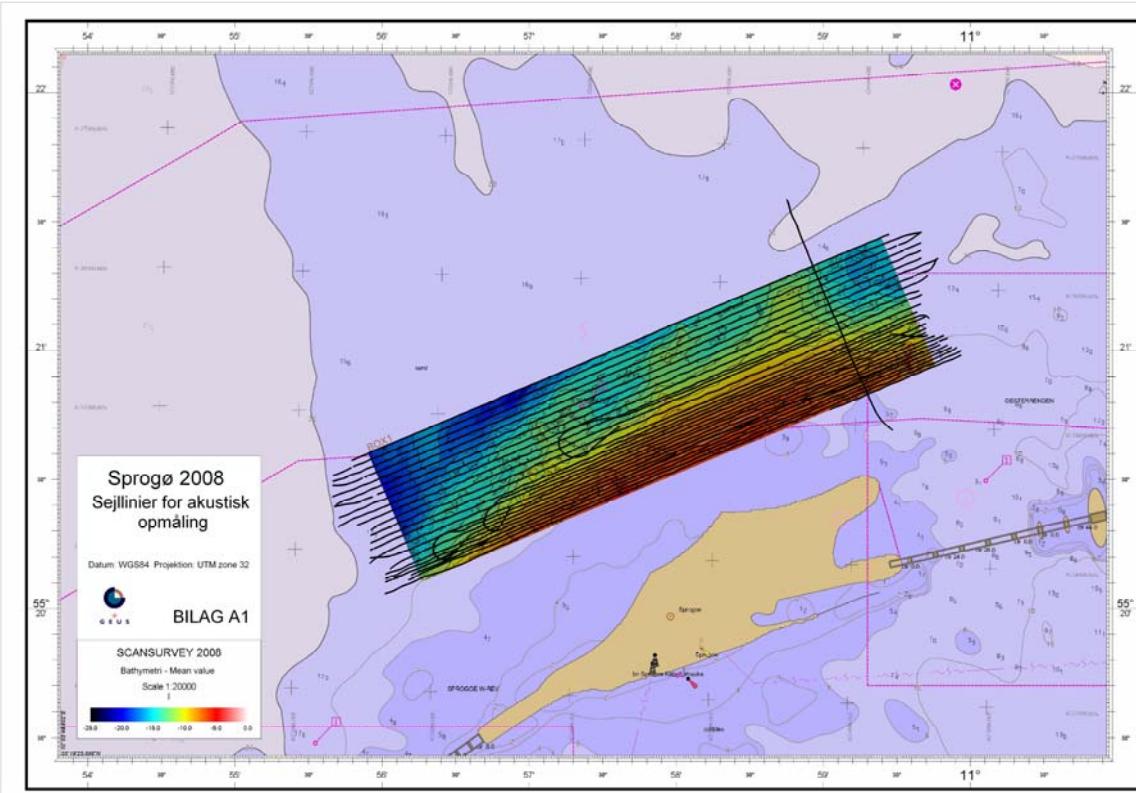
7.1.1 Vindmølleområde

Som det fremgår af Bilag A1 og figur 10 er sejllinie tætheden variable udover området. I den nordligste del er afstanden 50 m, men efterhånden som vanddybden aftager i sydlig retning blev sejllineafstanden mindsket til ca. 30 m, for at sikre fuld dækning med multibeam ekkolod og sidescan sonar.

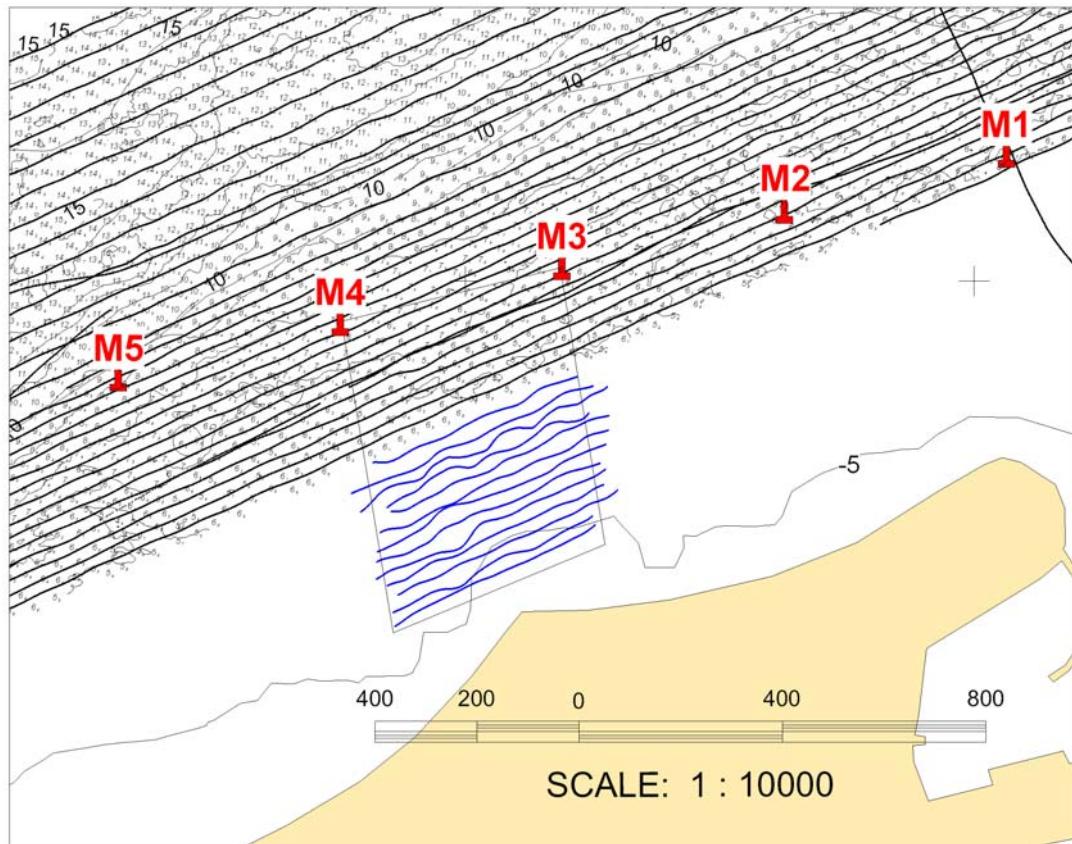
I sidste fase af opmålingen blev derudover udført "in-fill" sejllinier, der hvor multibeam dækningen pga. vanddybden ikke havde den ønskelige dækning. Til brug for kalibreringen af multibeam sonaren blev der sejlet en enkelt tværgående linie.

7.1.2 Kabelkorridør

Opmålingen i kabelkorridoren med 'GEUS-2' blev sejlet i et 25 m linienet, for at sikre fuld dækning med sidescan sonar og magnetometer. Med en begrænsning ved vanddybder omkring 3 m blev en korridør dækkende et område mellem mølleposition 3 og 4 og nordspidsen af Sprogø dækket ved kortlægningen (se figur 11). Resultatet af opmålingen er en sidescan sonar dækning af havbunden indtil ca. 25 m fra Sprogøs nordligste punkt.



Figur 10. Oversigtskort over sejllinier i vindmølleområdet med dybdedata som baggrund.



Figur 11. Oversigtskort over sejllinier i kabelkorridoren med møllepositioner (M1-M5).

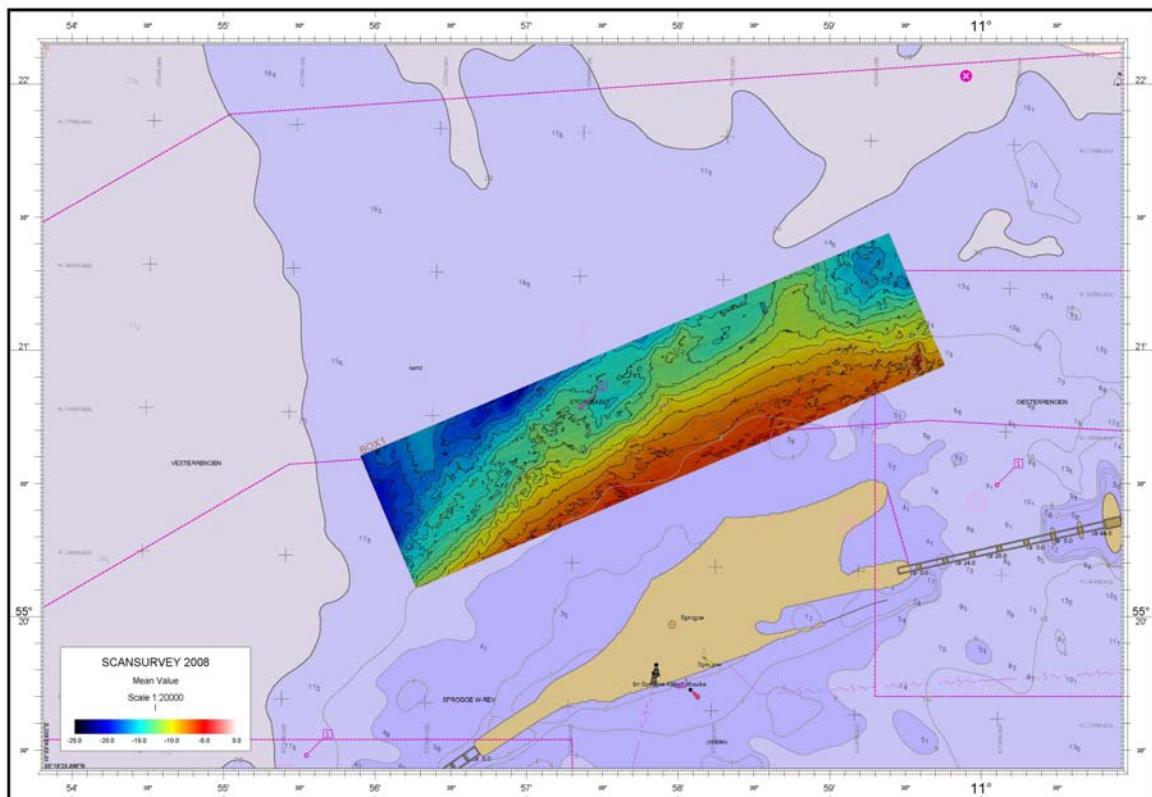
8. Resultater

8.1 Bathymetri

Dybdeopmålingen med multibeam ekolod blev foretaget samtidig og langs de samme sejllinier som de øvrige akustiske undersøgelser (Bilag A1). Resultatet af dybdemålinger er præsenteret oversigtlig i figur 12. I Bilag A2 er dybderne præsenteret som nedenstående i skalaen 1:20.000 i et 1×1 m grid hhv. med og uden dybdeværdierne påført. Yderligere findes dybdedata præsenteret i A1-format i skalaen 1: 10.000 vedlagt som foldet bilag bagest i rapporten. Alle kort findes derudover som printbare pdf-filer på vedlagte CD-rom.

Dybderne i området varierer mellem 4,4 m tæt på nordspidsen af Sprogø og 19,7 m i områdets vestligste del. Da dybdekortet er griddet i 1×1 m ses ved zoom mange småskala dybdevarianter, hvilket for de flestes vedkommende afspejler den udbredte moræneflades ujævne morfologi af stenhobe og grusrygge.

På grund af vanddybder lavere end 4m blev der ikke indsamlet multibeamdybde data fra kabel korridoren. Men langs de opmålte sejllinier med 'GEUS-2' er vanddybderne i størrelsesordenen 3,5 – 5 m..



Figur 12. Dybdekort over vindmølleområdet med 1 m konturer indtegnet. Se også bilag A2.

8.2 Overfladesedimenter og geologi

I det følgende beskrives 3 forskellige bundtyper, der kunne klassificeres på basis af sidescan og chirp data. Der henvises til bilag A3, overfladesedimentkort og bilag A4, sidescan mosaik. Bundtyperne klassificeret ud fra de akustiske data blev efterfølgende kalibreret med resultaterne fra sedimentanalyserne, som DHI har indsamlet og analyseret.

8.2.1 Vindmølleområdet

Sten, sandet og gruset: Sprogø vindmølleområde består geologisk set at en moræneflade, der i den største del af området udgør havbunden. Tykkelsen af morænelaget kan ikke på baggrund af sub-bottom profiler data alene fastslås med sikkerhed, da penetrationen af de relativt høj-frekvente lydbølger herfra kun delvis når bunden af enheden. Tykkelsen af morænelers enheden tolkes dog til at være i størrelsesordenen 3 – 5 m. Der kan være tale om flere overlejrende enheder af moræneler. Stentætheden på havbunden er varierende men generel stor (10 – 90%). Det har været vanskeligt alene ud fra sidescan data at fastslå stendækningen med stor sikkerhed på grund af en meget kraftig sløring af billedet fra algedækning/-bevoksningen på stenene. Det er sikkert at stenstørrelsen varierer betydeligt i området, og der er flere observationer af sten i størrelsen 2 – 4 m. Mange steder er der indenfor den stenede bundtype observeret stenede grusrygge, der rejser sig 1 – 2 m over den omkringliggende havbund. Det antages at disse rygge er relateret til aflejringsmekanismer i istiden. Enkelte steder ses tynde lag af sand med bølgeribber som udfyldninger af lokale lavninger i morænefladen. Bundtypen er dokumenteret på flere af prøvetagningspositionerne.

Sand, gruset og stenet: I delområder mod nordvest, nordøst og centralt i vindmølleområdet udgøres havbunden af såkaldte restsedimenter bestående af dårligt sorterede, grusede og sanddede aflejringer. Laget er 0,5 – 1 m tykt og overlejrer morænelers laget. Stentætheden indenfor denne bundtype er mindre end i moræneområderne (< 10%). Bundtypen er dokumenteret på flere af DHI's prøvetagningspositioner.

Sand: Der findes to typer af sand i området. Den første findes mod nordvest, hvor morænefladen dykker svagt ned under havbunden og bliver dækket af et 1 – 2 m tykt sandlag. Sandlaget tiltager tilsyneladende svagt i tykkelse (2 – 3 m) i nordvestlig retning udenfor det kortlagte område. Materialet er dokumenteret i DHI's sedimentprøve M20, der viser sig som dårligt sorteret sand med indhold af mudder, sand og grus. Den dårlige sortering skyldes nærheden til morænefladen. Den anden type sand findes som spredte områder i vindmølleområdet samt i kabelkorridoren. Denne type sand tolkes som mobilt sand, der vandrer henover morænefladen i forbindelse med kraftig strøm og bølgeaktivitet. Der er således tale om en ikke stationær bundtype. Lagtykkelsen er i størrelsesordenen 0,5 m.

8.2.2 Kabel korridoren

Overfladesedimenterne i kabelkorridoren er præget af bundtypen sten, sandet og gruset. Der findes mange meter-store sten i området. Stendækningen er høj, generelt 30 – 90 %. Et delområde midt i korridoren indeholder et sandlag dokumenteret dels fra sidescan sonar, dels fra sedimentprøve M24. Sedimentprøven beskriver fint, gråt, sand.

8.3 Sidescan analyse for objekter

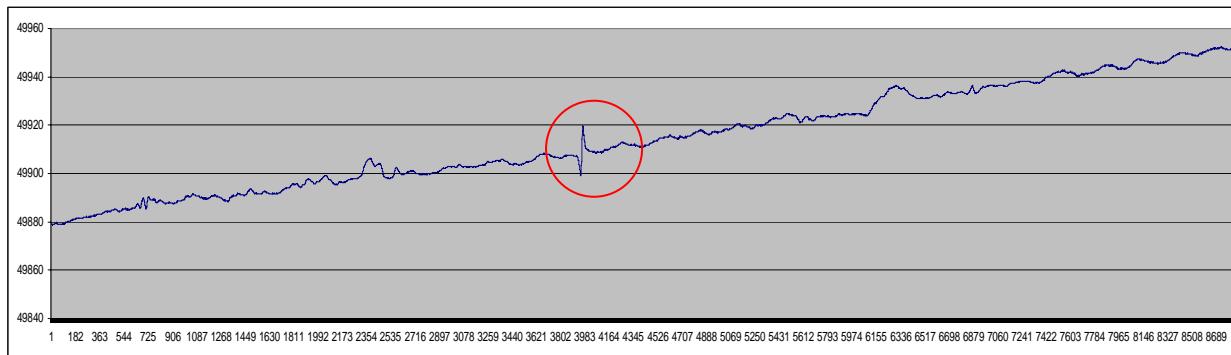
Udover sidescan data har dannet grundlag for en sedimentklassifikation er disse data også blevet gennemgået for tilstedevarerelsen af eventuelle marinarkæologiske objekter. Gennemgangen er foregået i 2 faser. Første fase af GEUS geolog, anden fase i samarbejde mellem GEUS geolog og marinarkæolog fra Vikingeskibsmuseet. Resultatet blev en registrering af 8 objekter, hvoraf de 6 formodentlig er fra samme objekt eller struktur (bilag B2).

Listen blev overgivet til Vikingeskibsmuseet, som udgangspunkt for tilrettelæggelsen af dykningskampagnen.

8.4 Magnetometer opmåling

Der blev foretaget kontinuerte opmålinger med magnetometer med det formål, at kortlægge magnetiske anomalier, der kunne relateres til marinarkæologiske objekter.

Data er renset for 'støj' ved hjælp af *GeoSOFT Oasis montaj 6.0* software, hvorefter de rensede data blev importeret til Excel. De magnetiske anomalier blev linie for linie plottet i Excel, hvorefter disse blev minutiøst gennemgået for 'spikes' (se figur 13). Alle spikes større end 10 nTesla blev listet med tilhørende koordinater (Bilag B2) og lokaliseringen blev plottet i MapInfo (Bilag B1). Listen og plottet blev herefter overgivet til Vikingeskibsmuseet, der har brugt dette som grundlag for prioritering af dykningskampagnen.



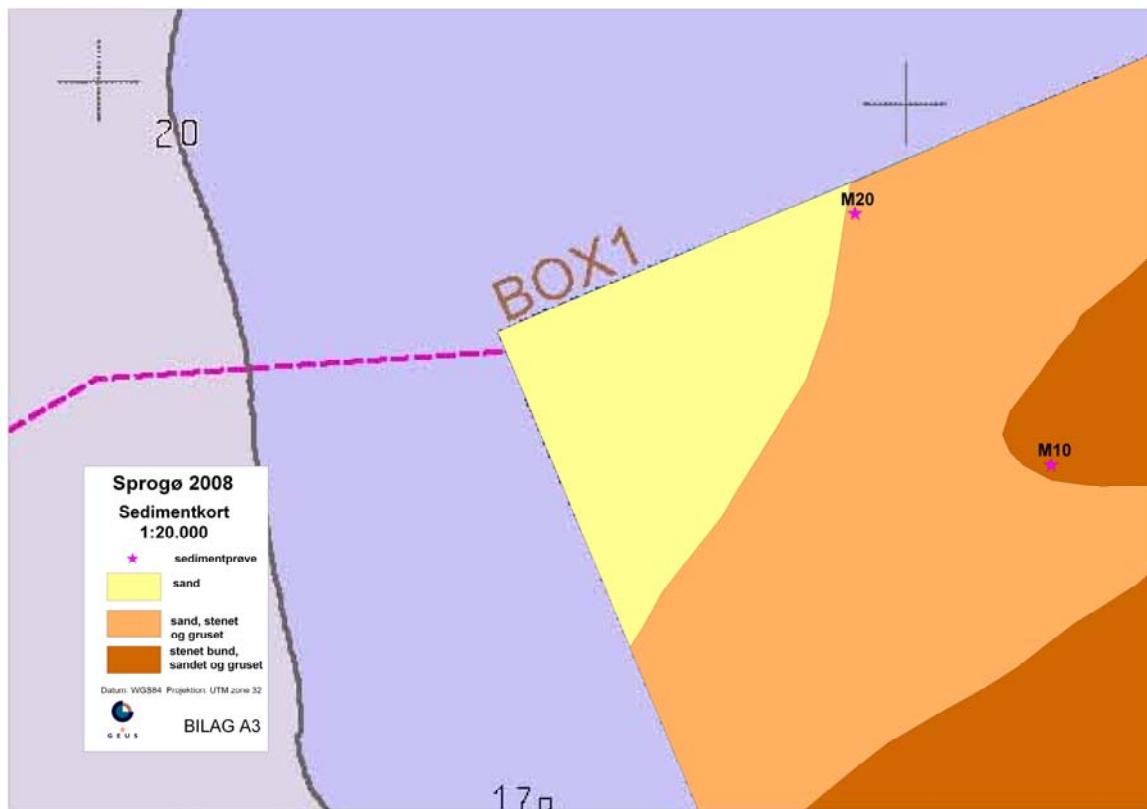
Figur 13. Eksempel på plot af den magnetiske anomali langs en sejllinje, her linje SP-13. Den røde cirkel angiver en 'spike' med en positiv og negativ fase. Vertikal skala er 20 nTesla.

9. Råstofvurdering

Med baggrund i de indsamlede seismiske og akustiske data blev den overfladenære geologi af havbunden analyseret for tilstedeværelsen af potentielle marine råstoffer. Som det fremgår af overfladesedimentkortet (Bilag A3) er området overvejende domineret af højtliggende moræneaflejringer, hvilket den stenede og grusede bund indikerer.

I områdets nordvestligste del findes der dog et relativt tyndt sanddække over moræneflade angivet som sand på sedimentkortet (Bilag A3). Lagtykkelsen af dette lag varierer indenfor mørleområdet mellem 1 og 2m. Eksempler fra den seismiske kortlægning ses af Bilag C1-C3. Området er klassificeret som "sand, gruset og stenet" på overfladesedimentkortet. På baggrund af sedimentprøve og akustik tolkes laget som marint postglacialt sand opblandet med finkornede materiale fra det nærliggende moræneområde. DHI's sedimentprøve M20 beskriver "mudder, sand og grus". Områdets placering fremgår af figur 14.

En beregning af sandlagets volumen er i størrelsесordenen 180.000 m^3 , hvis den gennemsnitlige lagtykkelse sættes til 1,50m.

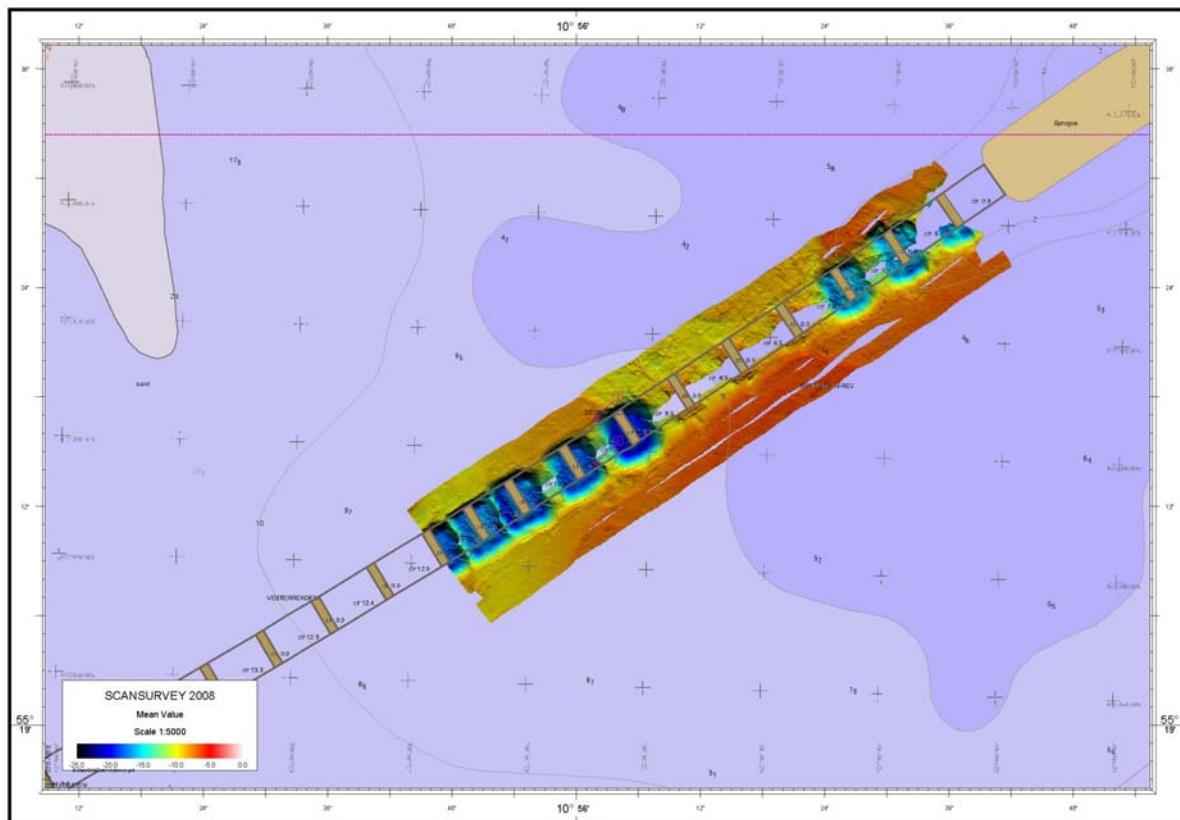


Figur 14. Udsnit af sedimentkortet, der viser (med gult) området, der indeholder et tyndt sandlag. Sedimentprøver er angivet med stjerner.

På baggrund af den relative nærhed til det stenede moræneområde, den dårlige sortering og et formodet højt indhold af finstof vurderes det, at området er uden råstofmæssig interesse.

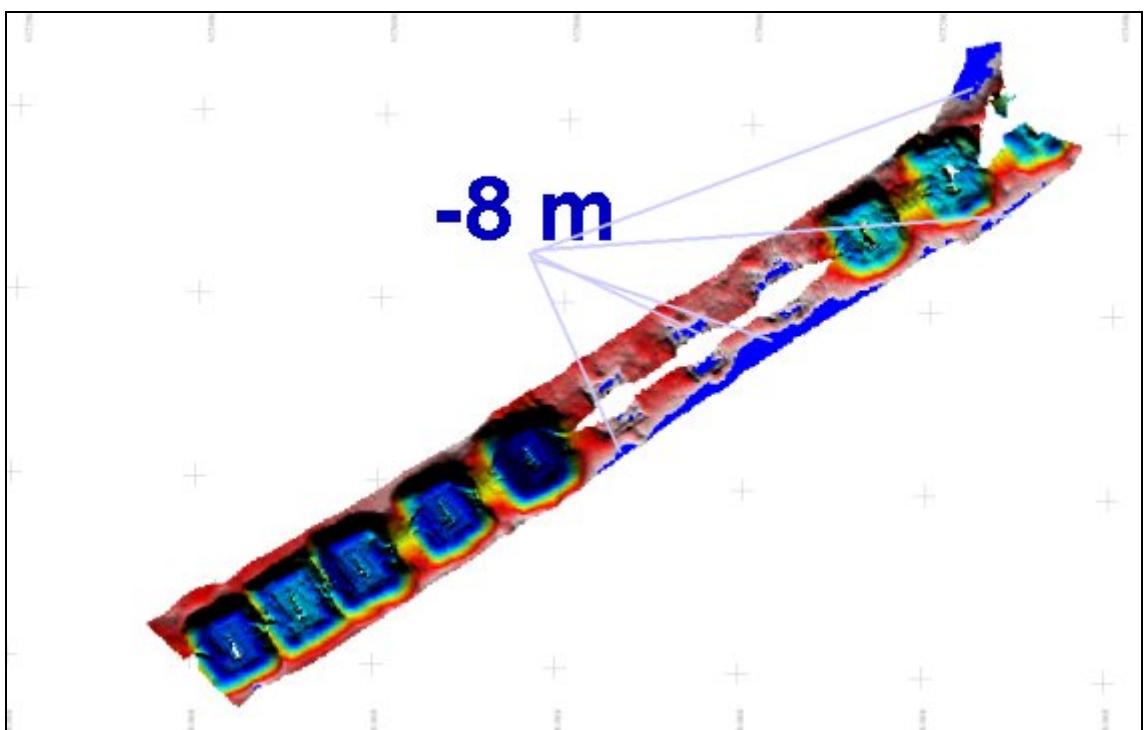
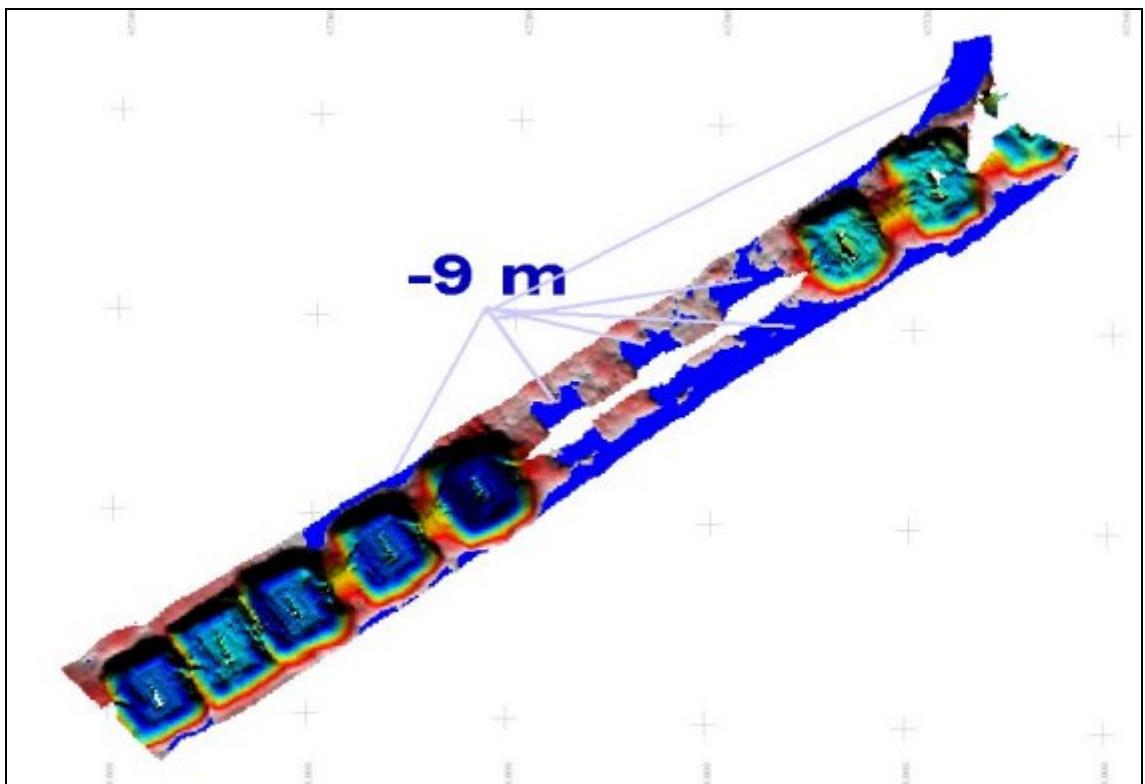
10. Opmåling af huller ved Vestbroen

Der blev gennemført en multibeam opmåling af havbunden omkring Vestbroens piller ud for Sprogøs vestrampe. Opmålingens resultater, der er præsenteret i nedenstående figur 15, viser nogle meget markante og velafrænsede huller tæt omkring 7 af bropillerne. Den maksimale dybde er i størrelsesordenen 10m under den omkringliggende havbund. Der findes tilsyneladende ingen huller omkring pillerne 6, 7 og 8.



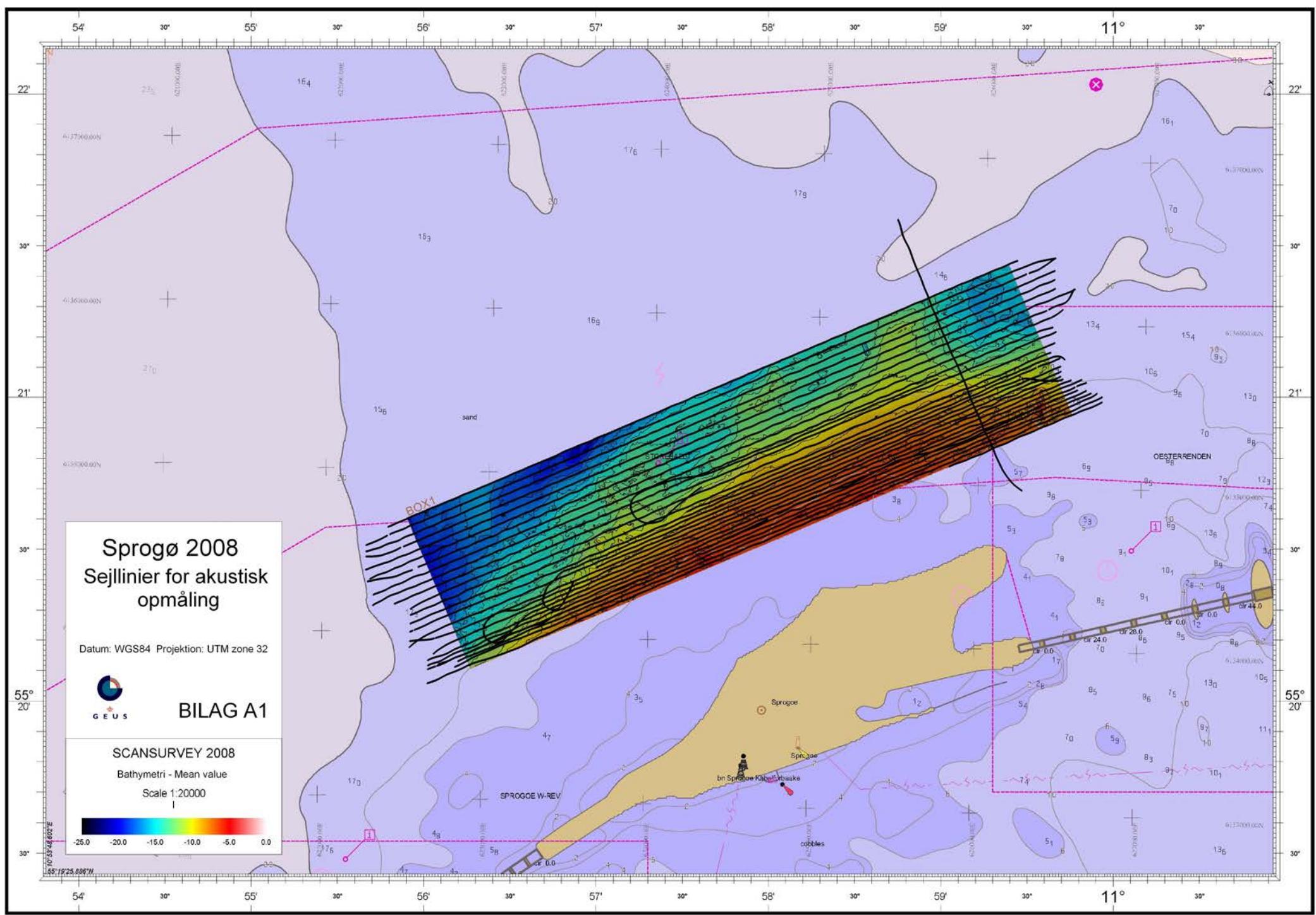
Figur 15. Plot af vandddybderne omkring Vestbroens piller udfør Sprogøs vestrampe.

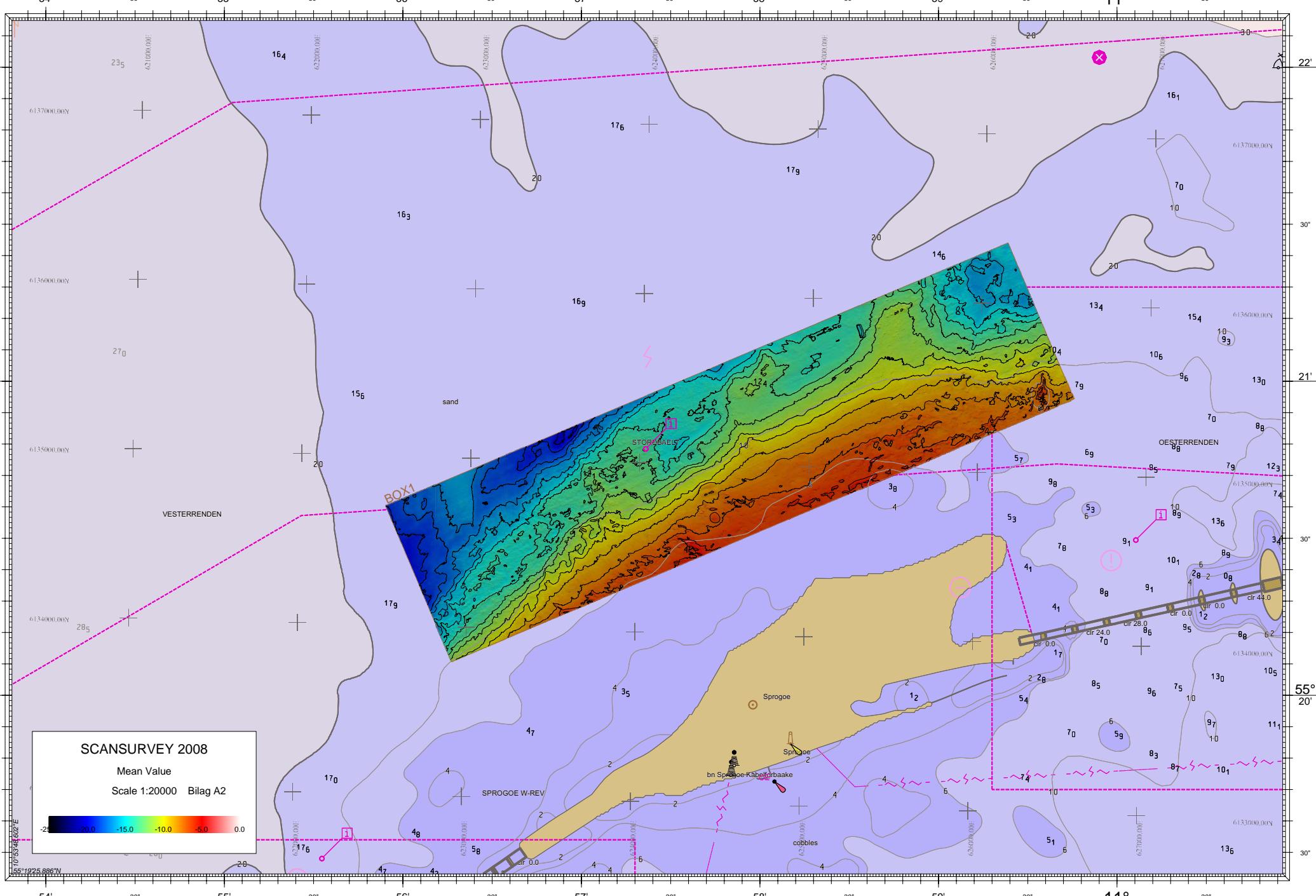
Der er foretaget en volumenberegning af hullerne på baggrund af de indsamlede multibeam data. Resultaterne præsenteres i en separat rapport vedhæftet som bilag F. Volumenberegningerne er foretaget udfra nogle generelle antagelser: Efter en komplet gennemgang af dybdedatasættet blev der indlagt en generel reference flade i dybden -10 m. Dette er dybden, der generelt afgrænset hullerne fra den omkringliggende havbund. I dybdeintervallet -10 til -9 bliver arealet diffust, hvilket bliver endnu mere udpræget i dybdeintyervallet -9 til -8 m. Dette er illustreret af figur 16. Beregningerne er fradraget volumenet af bropillerne/fundamenterne. Dimensionen af disse er i beregningen fastsat til 12 x 30 m, hvilket muligvis er lidt højere end den virkelige værdi. De beregnede volumener skal derfor opfattes som minimumsværdier og det skønnede volumen til rådighed for en eventuel opfyldning er at betragte som konservative. Det akkumulerede volumen omkring de 7 piller er beregnet til ca. 313.000 m³.

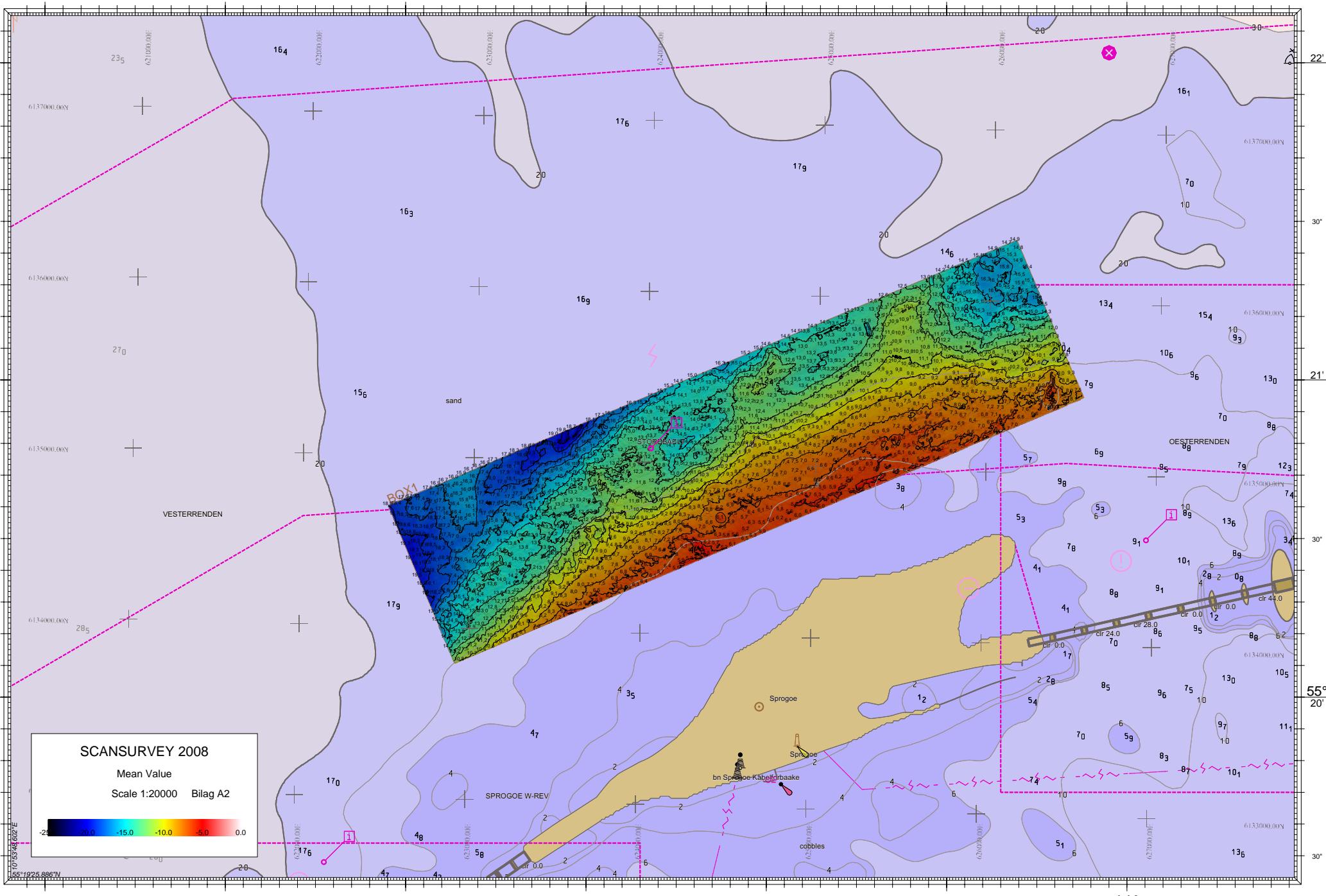


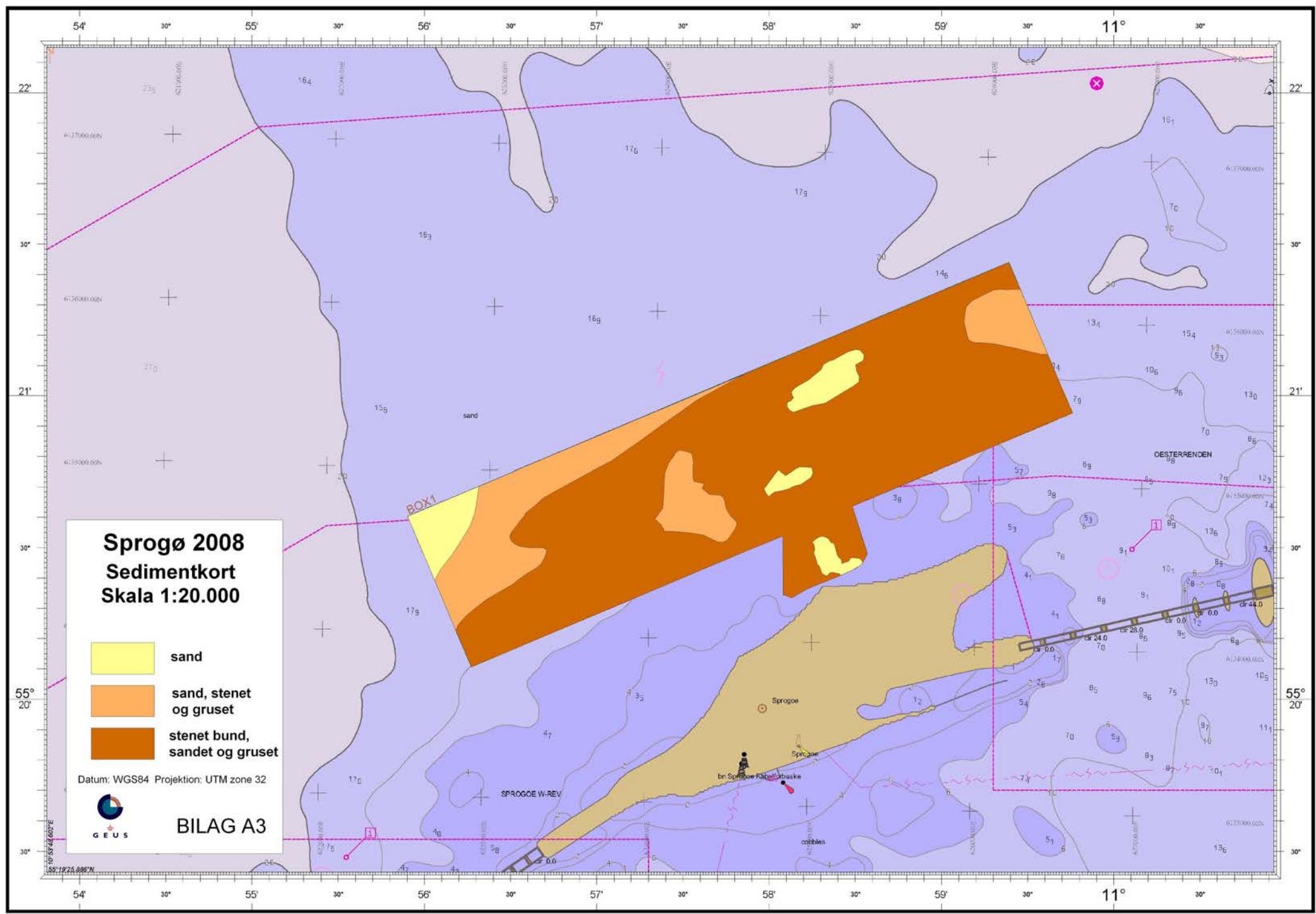
Figur 16. Den arealmæssige fordeling af dybdeintervallerne 9 – 10 m og 8 – 9 m. Som det ses er grænserne ikke særlig veldefinerede på vanddybder lavere end 10 m.

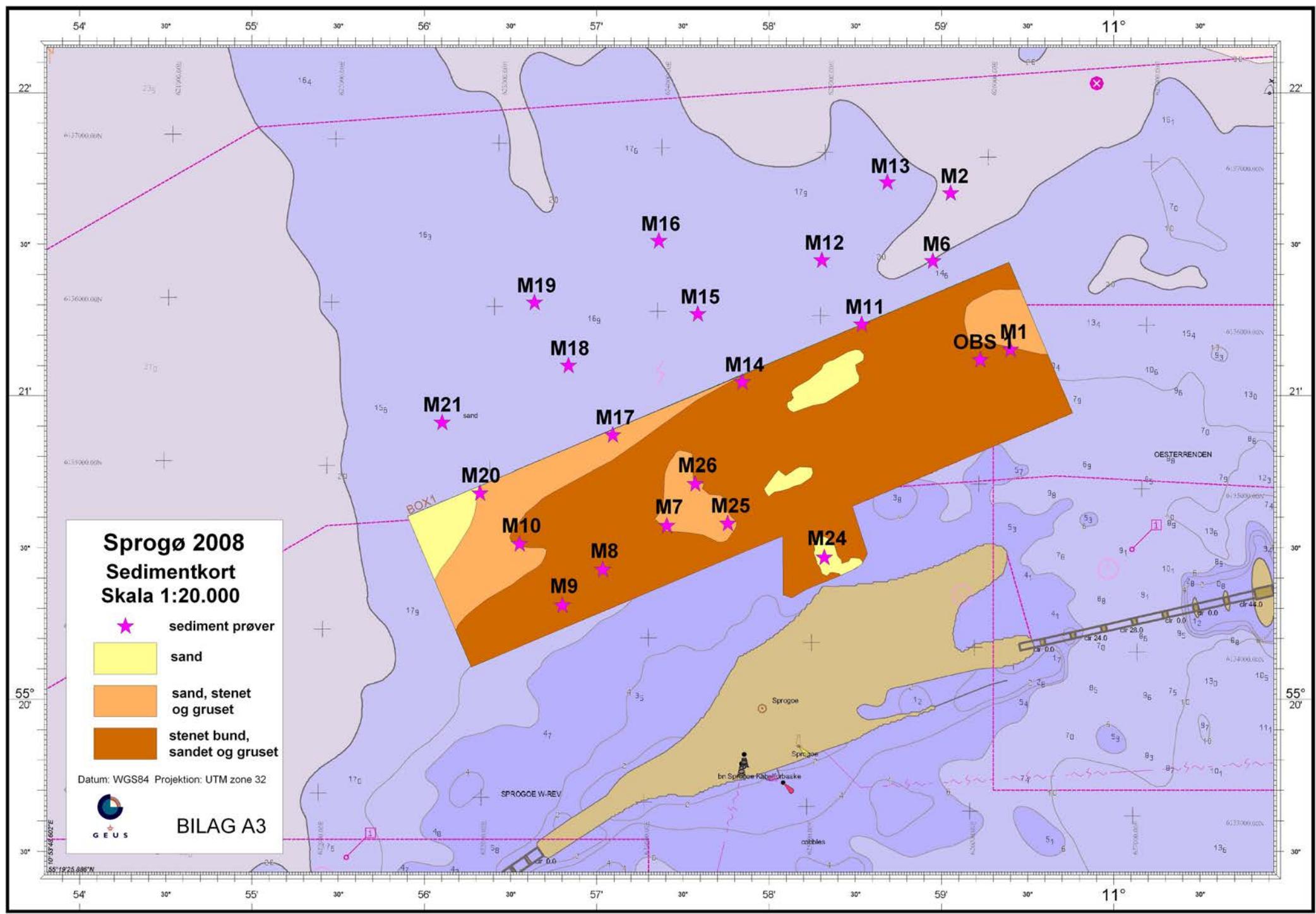
Bilag A: Præsentation af resultater

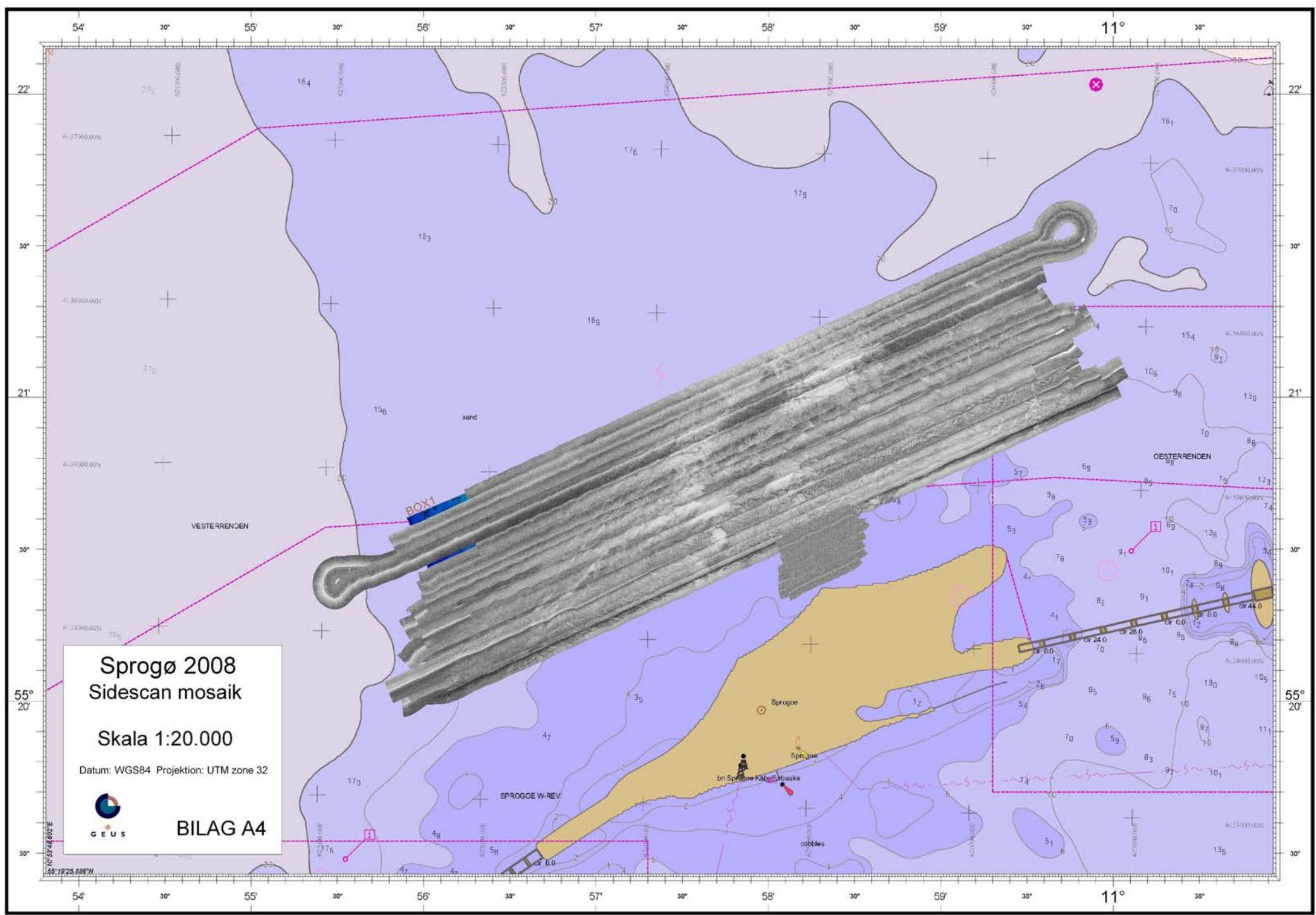












Bilag B: Magnetiske anomalier

Sprogø 2008

Kort over magnetiske anomaler og sidescan objekter

- ▲ magnetisk anomali > 10 nT
- objekt på sidescan sonar

Datum: WGS84 Projekjon: UTM zone 32

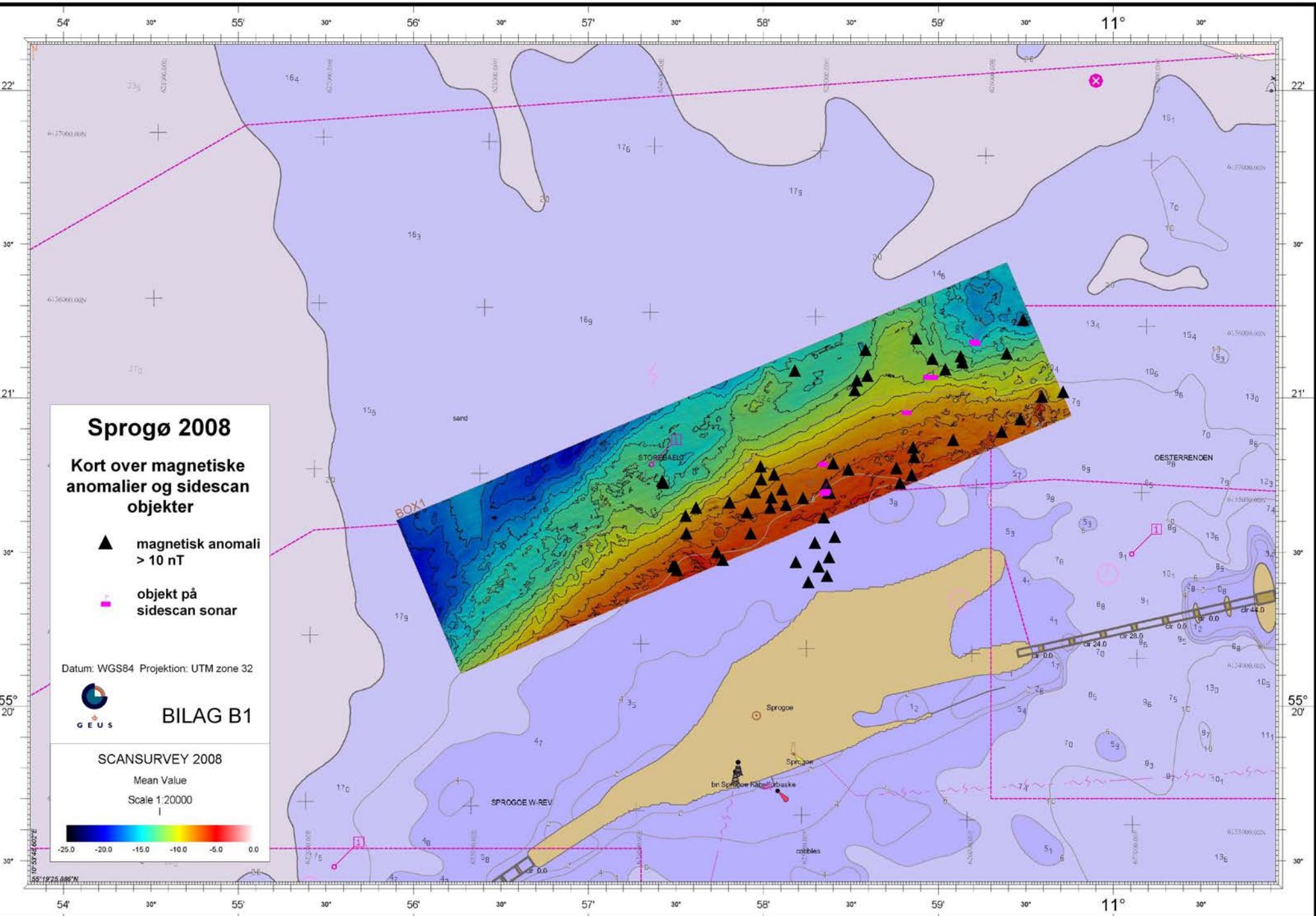
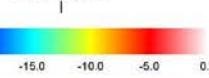


BILAG B1

SCANSURVEY 2008

Mean Value

Scale 1:20000



Bilag B2: Magnetiske anomalier i vindmølleområdet

Linie ID	UTM easting	UTM northing	anomali nT
SP03	624882	6135674	77
SP04	625306	6135810	9
SP05-06	625610	6135888	20
SP08	625247	6135566	10
	625711	6135769	20
	626252	6136017	10
SP09	625321	6135655	10
	625259	6135625	10
SP10	624102	6134989	15
	625882	6135787	10
SP11	625893	6135752	20
	625791	6135707	10
SP12	626158	6135812	10
SP14	624692	6135091	20
SP16	624248	6134783	20
SP17	625130	6135121	30
SP18	624256	6134678	700
	624763	6134908	15
SP19	624757	6134847	20
	625091	6134999	25
	625609	6135231	20
SP20	624180	6134476	30
	625114	6134946	15
	625617	6135175	18
	626379	6135558	13
SP21	626252	6135419	10
	624644	6134689	120
	624194	6134478	18
SP22	625104	6134948	10
	625850	6135282	35
	626505	6135590	15
SP23	626141	6135340	80
	624442	6134569	22
	624204	6134455	20
SP24	625511	6135105	20
SP25	624953	6134910	20
	624851	6134866	15
SP26	624617	6134814	700
	625222	6135089	22
SP28	624825	6134958	60
SP29	624511	6134871	40
	624662	6134937	25
SP30	624775	6135046	10
	624697	6135016	12
	624310	6134834	40
SP32	624109	6134978	10
SP35	625606	6135066	20
SP36	624480	6134524	20
	625083	6134797	25
	625536	6135015	25

Bilag B2: Magnetiske anomalier i kabelkorridoren

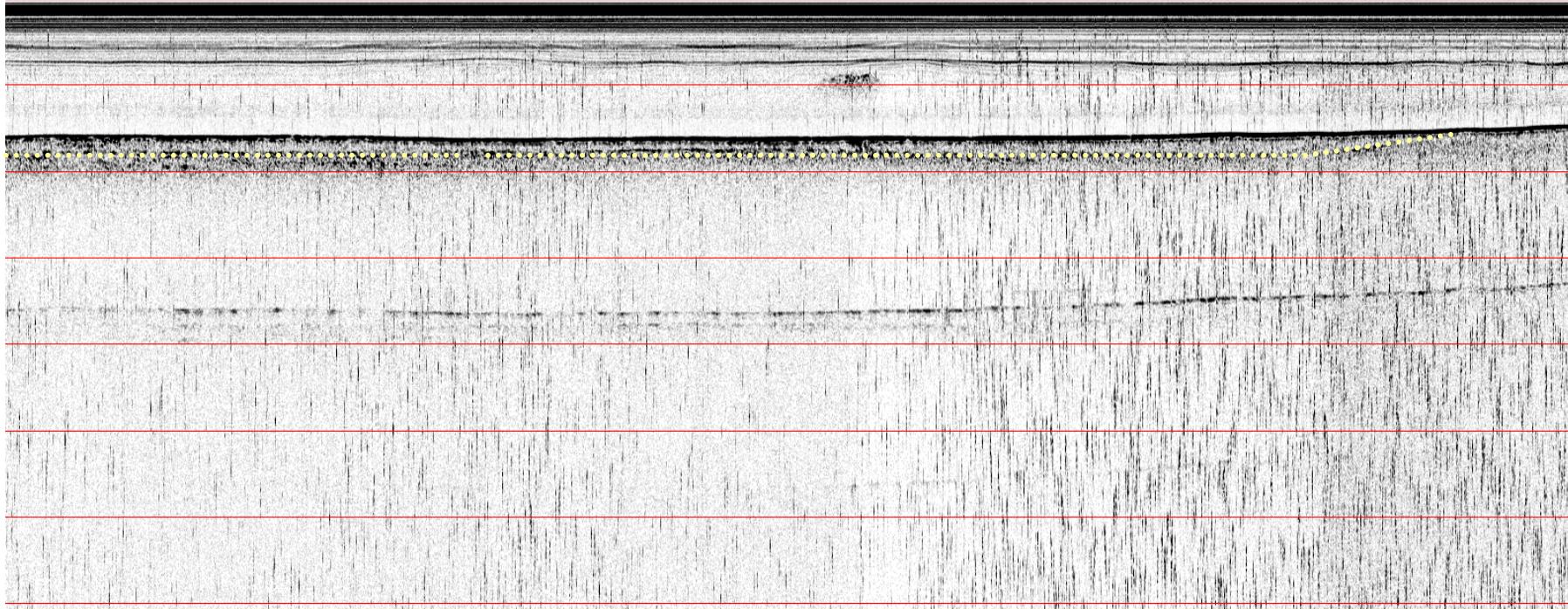
Linie ID	UTM easting	UTM northing	anomali nT
spk05	625032	6134643	30
spk06	625152	6134682	25
spk08	624921	6134523	70
spk10	625120	6134559	200
spk11	625059	6134501	50
spk13	625000	6134404	50
spk14	625111	6134446	40

Bilag C: Seismiske profiler

Bilag C1: seismisk profil

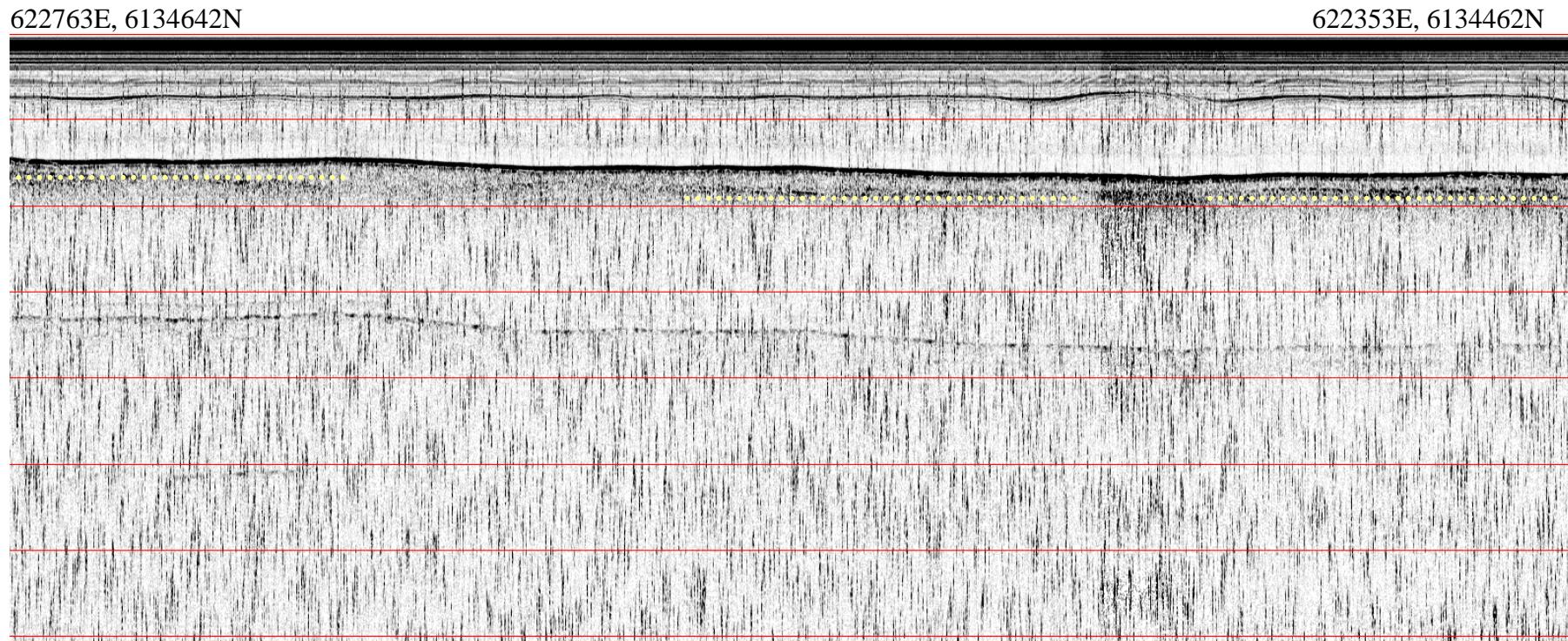
622360E, 6134539N

622688E, 6134685N



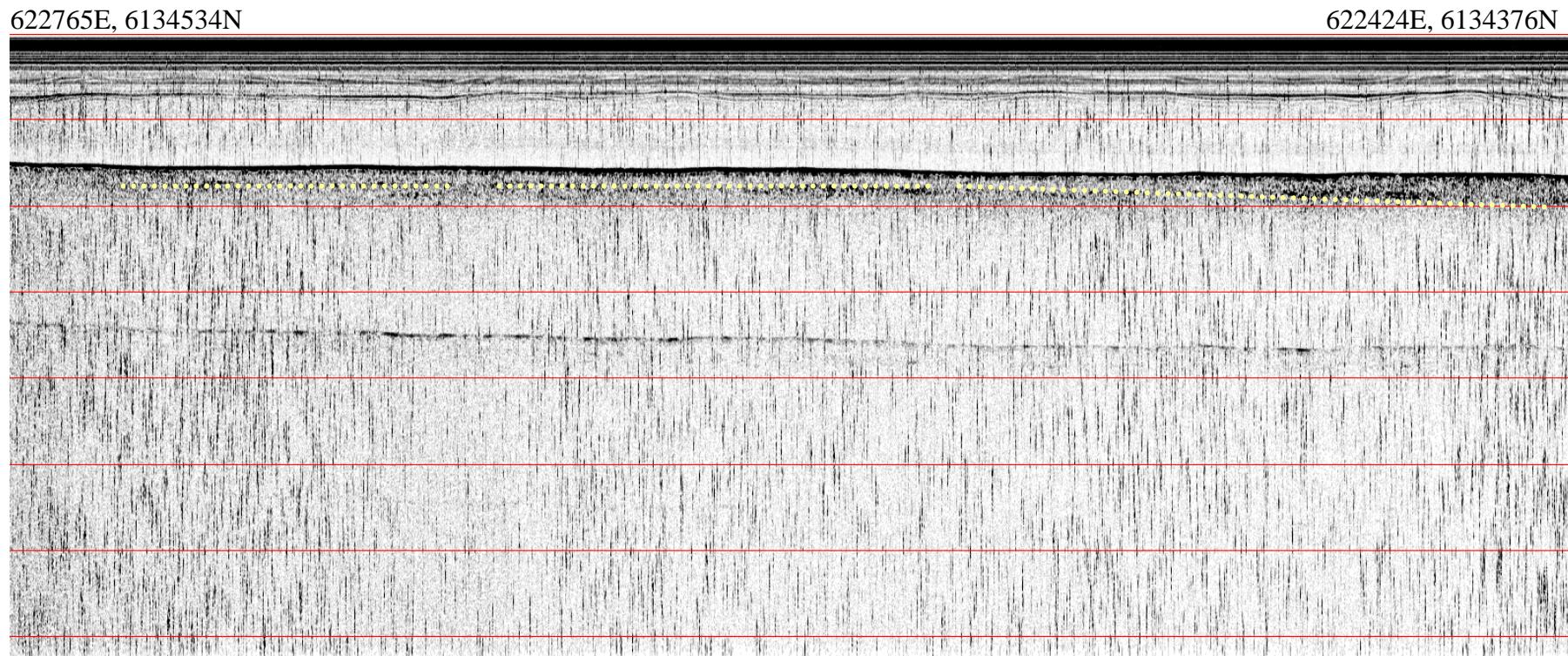
Chirp eksempel (Linie SP03) på sandlaget (gule prikker) i den nordvestlige del af vindmølleområdet. Længden af profilet er ca. 350 m. Afstanden mellem de røde linier er 10 m.

Bilag C2: seismisk profil



Chirp eksempel (Linie SP04) på sandlaget (gule prikker) i den nordvestlige del af vindmølleområdet. Længden af profilet er ca. 350 m. Afstanden mellem de røde linier er 10 m.

Bilag C3: seismisk profil



Chirp eksempel (Linie SP07) på sandlaget (gule prikker) i den nordvestlige del af vindmølleområdet. Længden af profilet er ca. 350 m.
Afstanden mellem de røde linier er 10 m.

Bilag D: Kalibrering af Kongsberg EM3002D multibeam system

PATCH TEST

Calibration of EM 3002D system for
GEUS

Sprogø Wind Farm

08. May 2008

Initial setting of transducer mounting angles

The patch test was mainly carried out as a confidence and confirmation calibration on previously conducted calibration.

Initial settings:	PORT transducer	STBD transducer
Latency	0 ms	0 ms
Roll	40.110 °	-39.930 °
Pitch	-2.860 °	-3.340 °
Yaw	-3.480 °	-3.150 °

Final result PORT Head:
Final result STBD Head:

Roll = -0.32 ° Pitch = +3.47 ° Yaw = -1.83 °
Roll = -0.15 ° Pitch = 3.50 ° Yaw = 0.35 °

Final settings:	PORT transducer	STBD transducer
Latency	0 ms	0 ms
Roll	39.790 °	-40.080 °
Pitch	0.610 °	0.160 °
Yaw	-5.310 °	-2.800 °

Calibration of EM3002D Port Head

Latency Check PORT:

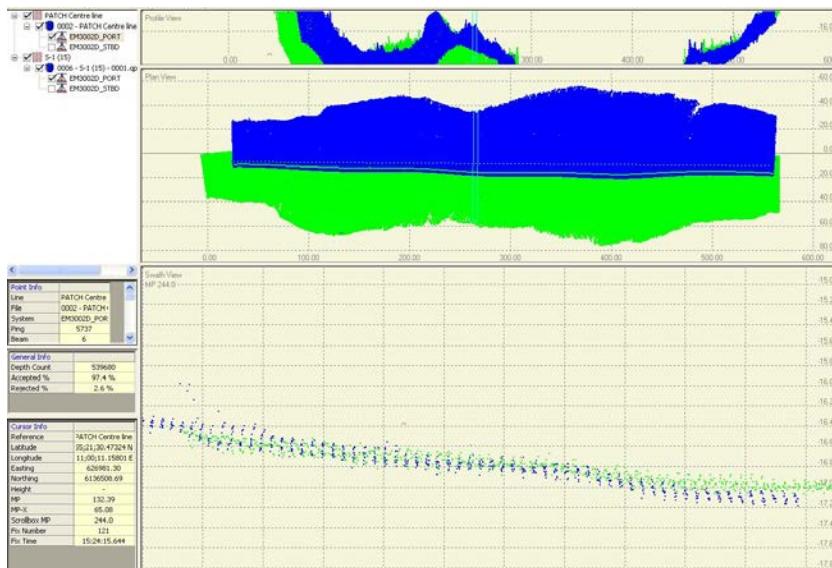
As the system is synchronized with PPS and time interface from the GPS receiver the latency is expected to be negligible and hence this part of the patch test is mainly as confirmation of the time synchronisation.

Latency Lines	0008– S-1(60)-0001	5.0 kt
	0010 – S-1(60)-0001	9.0 kt

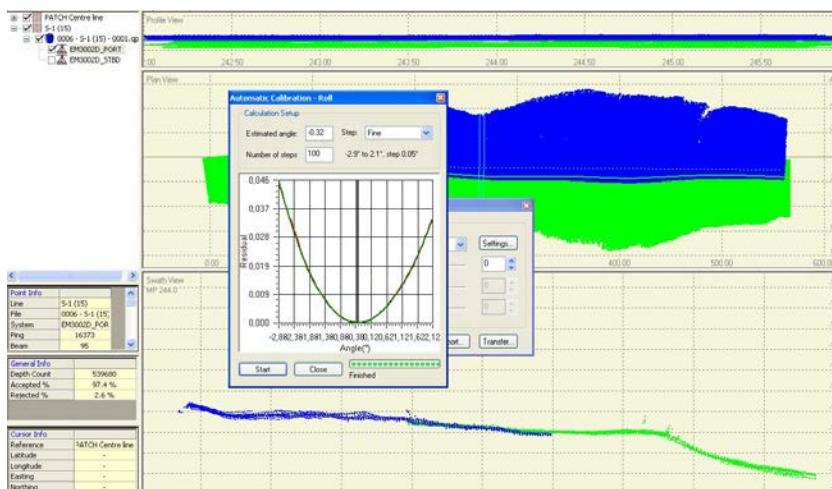
By measuring the variation between the “fast” and “slow” line the latency appeared to be negligible.

Roll Lines

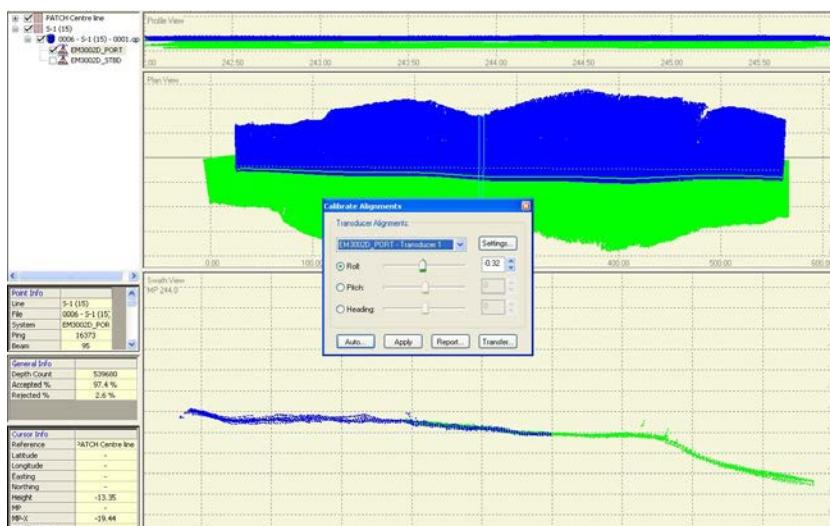
Roll = -0.32 °



Before Calculation

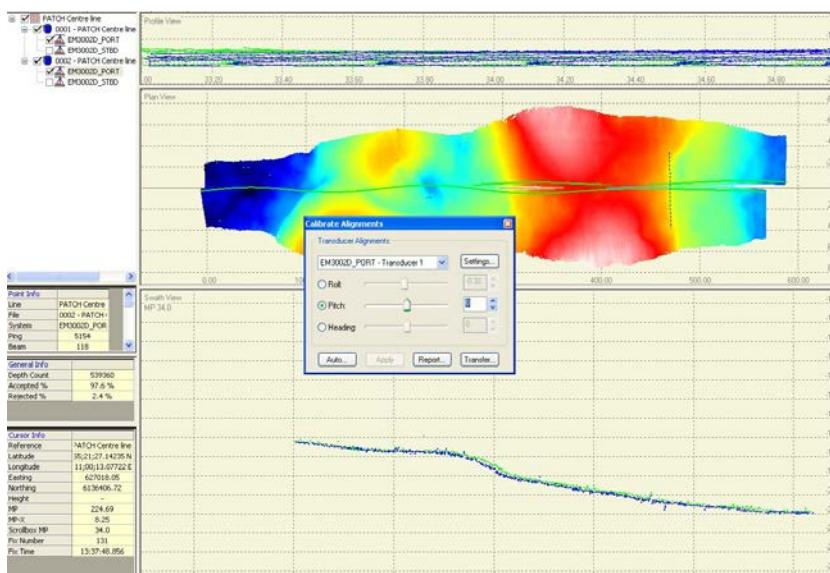


Automatic Calculation routine (-0.32)

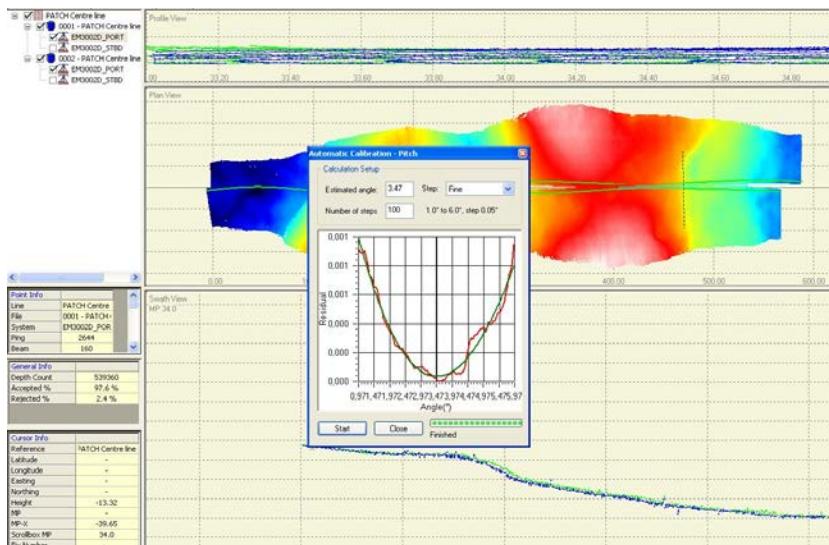


Correction Applied to Port Roll (-0.32)

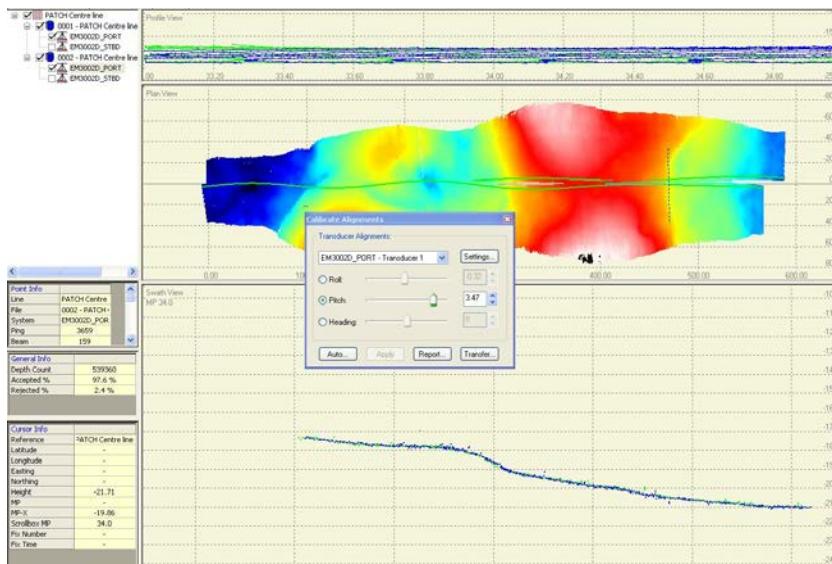
Pitch Lines Pitch = +3.47



Before Calculation

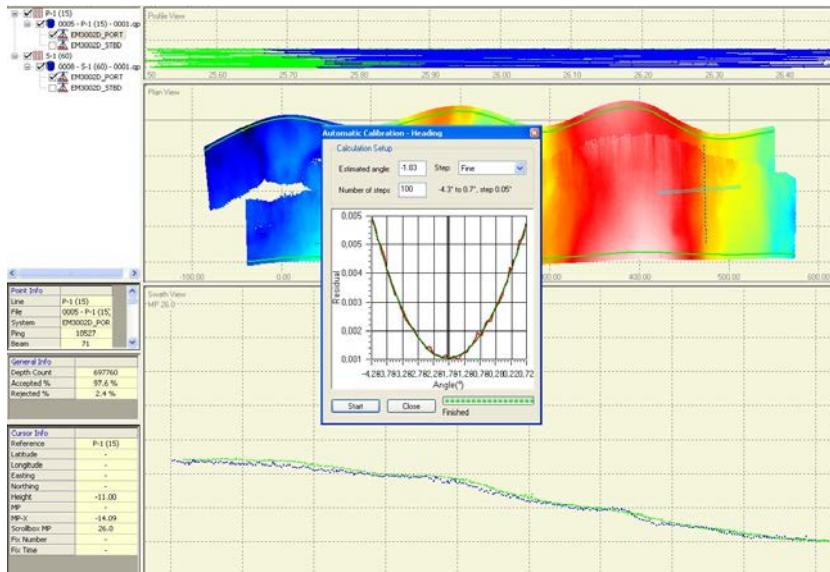


Automatic Calculation routine (+3.47)

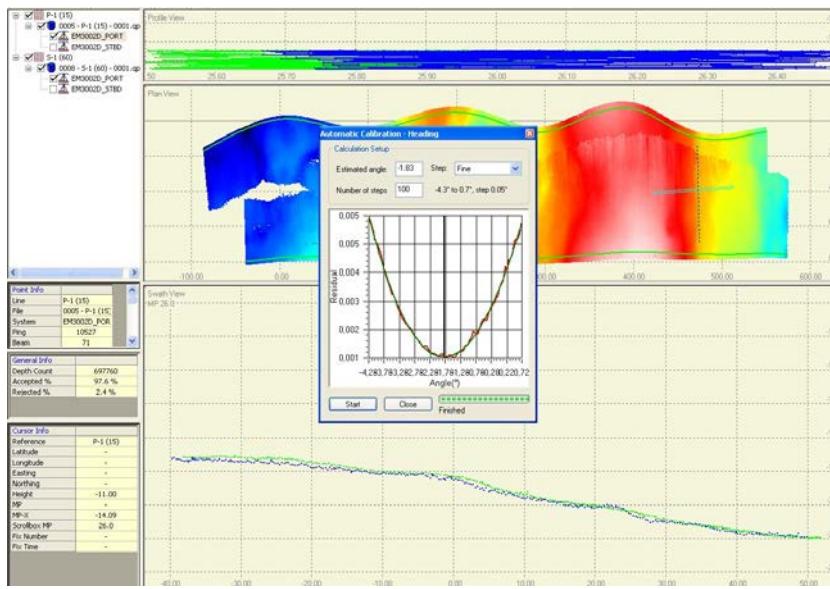


Correction Applied to Port Pitch (+3.47)

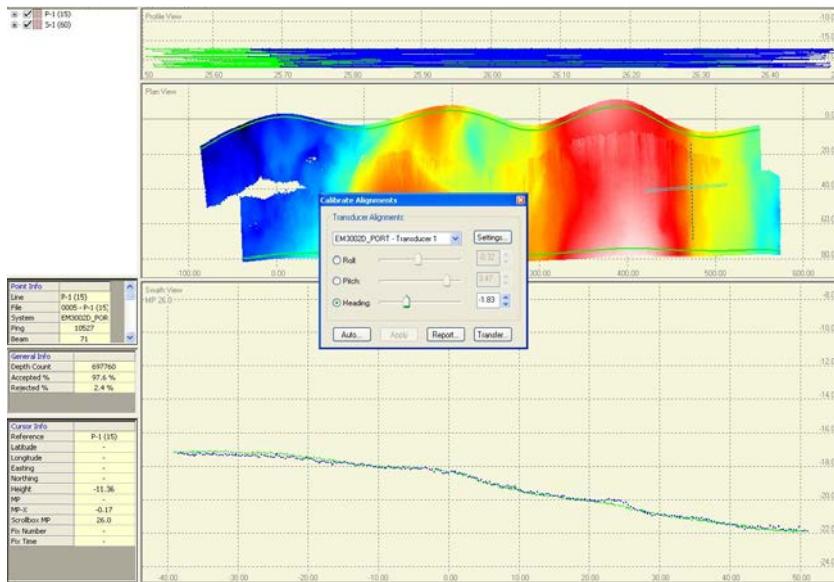
Yaw Lines Yaw = -1.83



Before Calculation



Automatic Calculation routine (-1.83)



Correction Applied to Port Yaw (-1.83)

Final result PORT Head:

Roll = -0.32 ° Pitch = +3.47 ° Yaw = -1.83 °

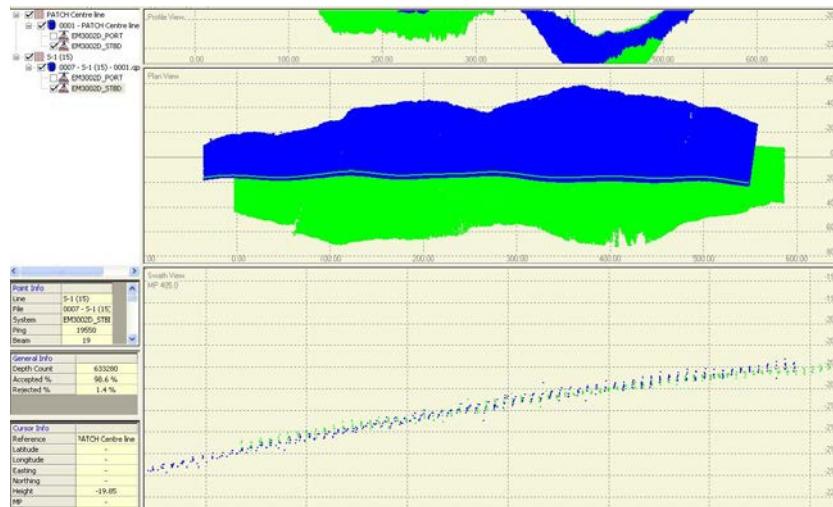
Latency Check STBD:

As the system is synchronized with PPS and time interface from the GPS receiver the latency is expected to be negligible and hence this part of the patch test is mainly as confirmation of the time synchronisation.

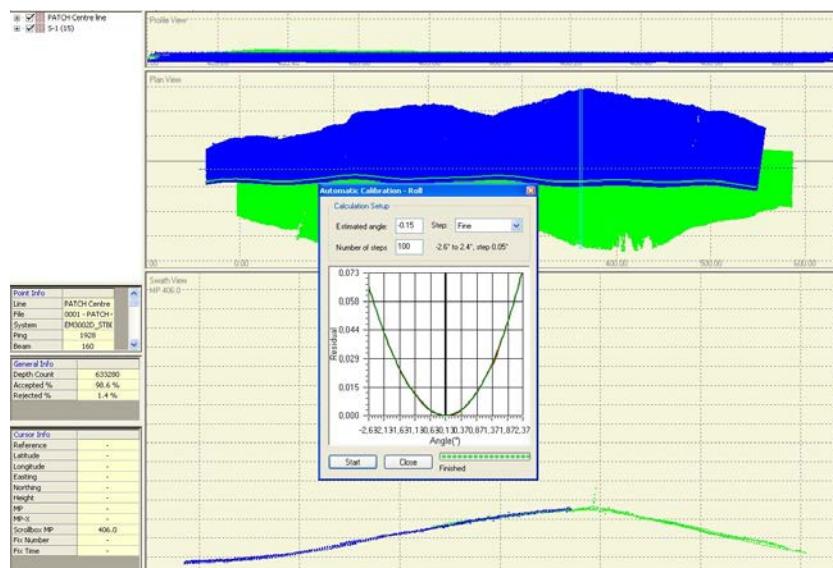
Latency Lines	0008– S-1(60)-0001	5.0 kt
	0010 – S-1(60)-0001	9.0 kt

By measuring the variation between the “fast” and “slow” line the latency appeared to be negligible.

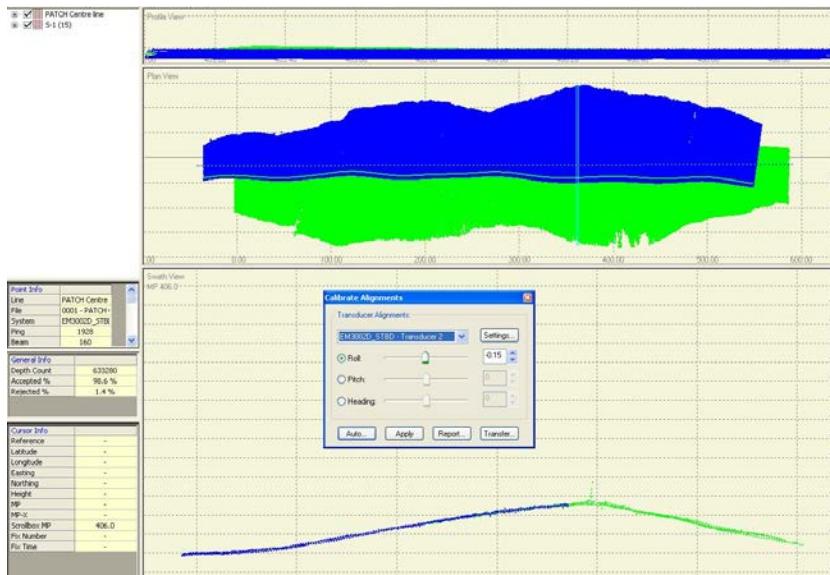
Roll Lines Roll = -0.15 °



Before Calculation

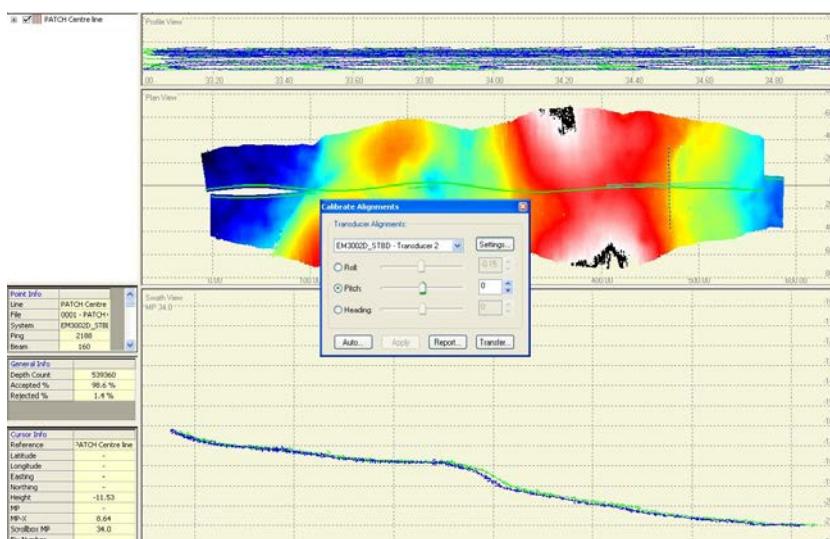


Automatic Calculation routine (-0.15)

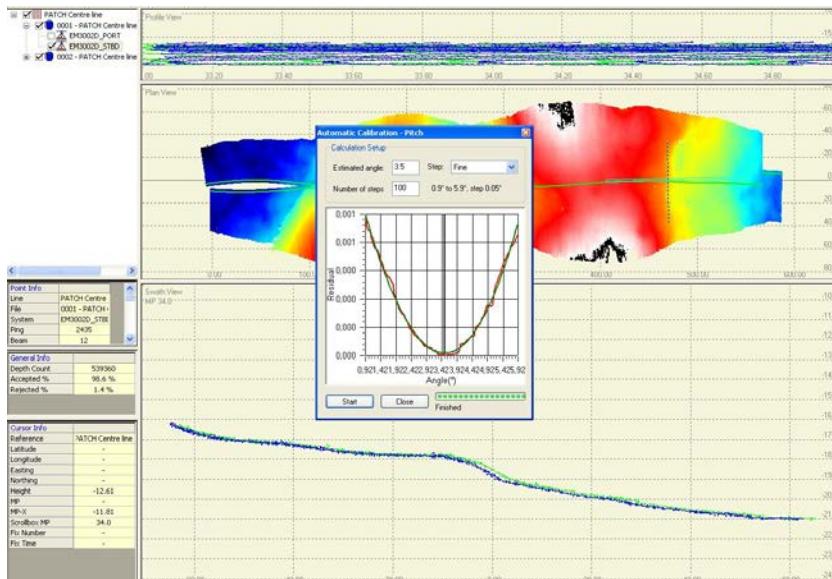


Correction Applied to STBD ROLL (-0.15)

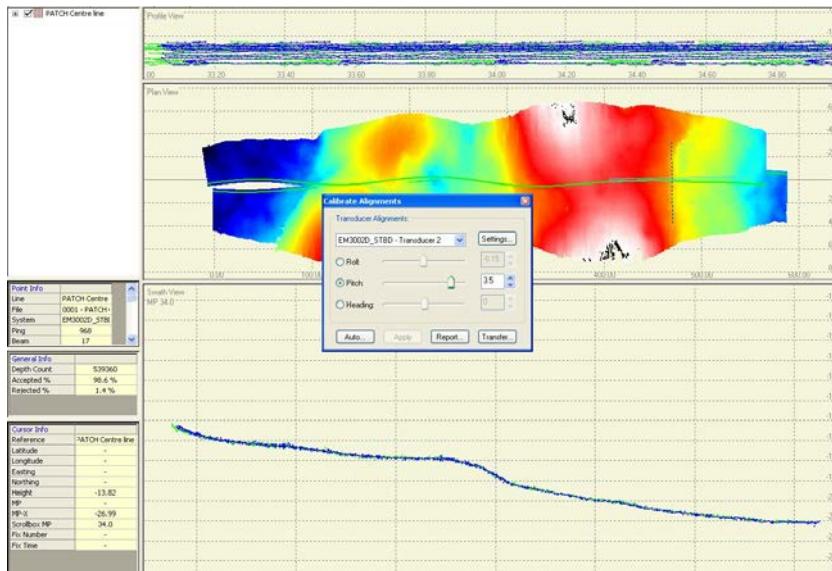
Pitch lines Pitch = +3.50



Before Calculation

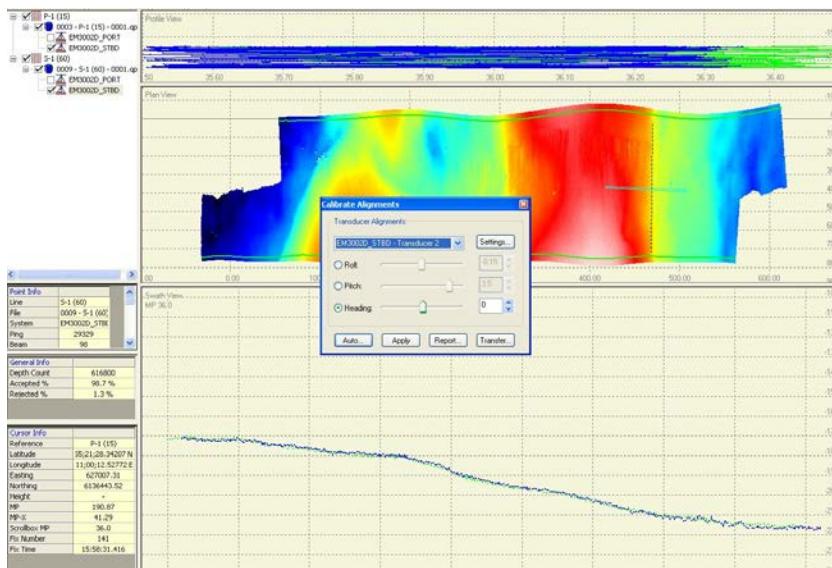


Automatic Calculation routine (+3.50)

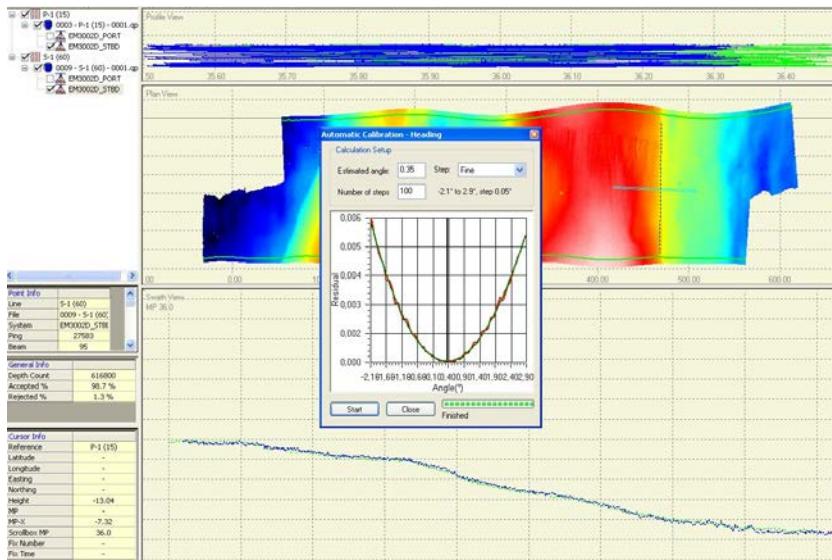


Correction Applied to STBD PITCH (+3.50)

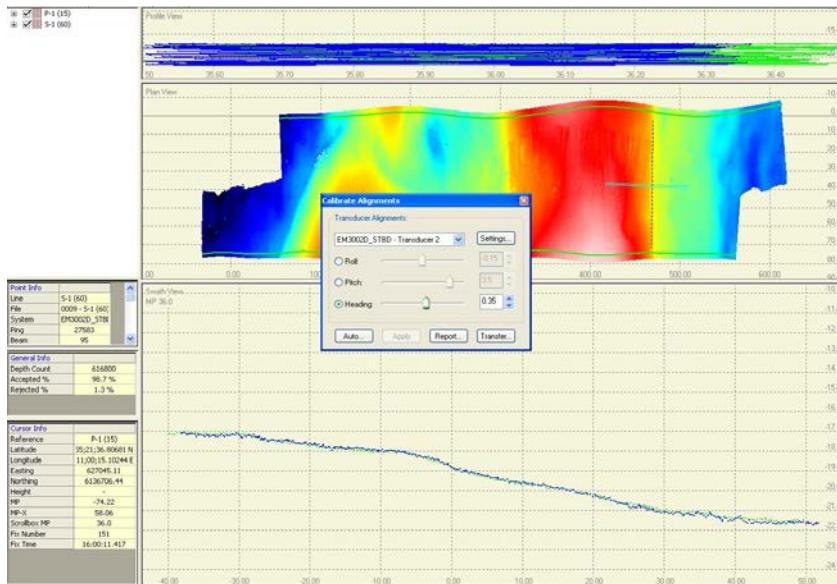
Yaw Lines Yaw = 0.35



Before Calculation



Automatic Calculation routine (+0.35)



Correction Applied to STBD YAW (+0.35)

Result of Patch test of GEUS EM3002D multibeam system on board M/S MADOG on the 08th of May 2008.

Final result PORT Head:
Final result STBD Head:

Roll = -0.32 ° Pitch = +3.47 ° Yaw = -1.83 °
Roll = -0.15 ° Pitch = 3.50 ° Yaw = 0.35 °

Final settings:	PORT transducer	STBD transducer
Latency	0 ms	0 ms
Roll	39.790 °	-40.080 °
Pitch	0.610 °	0.160 °
Yaw	-5.310 °	-2.800 °

Bilag E: Test af Hemisphere VS110 DGPS navigations system



Position Check

Position check of Hemisphere VS110 DGPS system

for

GEUS

Performed over known geodetic point K-11-00548
on Sprogø 14. May 2008

Known Coordinates (utm32Eeuref89):

E 624 673.684 N 6 133 398.181

Point located on top of official GI marker (1.30 metres over ground)
Point established by KMS 2006

Measuring time: 1^h 02^m Number of Samples: 3234

Mean Easting: 624 673.61 Sd: 0.23 metres
Mean Northing: 6 133 398.49 Sd: 0.38 metres

Printout of total sampling attached as file:

Position Fix 07 MAJ 2008 SPROGOE.pdf

Base station positioned on top of official KMS point
K-11-00512 on position E 623 832.376 N 6133 097.376 located
on hill, Vesterbjerg/Sprogø - Established by KMS 1999

POSITION FIX DEFINITIONS**Database**

C:\Data\Database\POS CGECK SPROGOE 07052008 .db

asfasdfsd

Position Fix

Position Node computation	:	gps
Position Node name	:	GPS Antenna

Geodetic Parameters

Survey Datum	:	WGS84 (WGS 1984)
Survey Projection	:	Universal Transverse Mercator (North Oriented) (WGS 11)
Vertical Datum	:	Survey Datum
Meridian Convergence	:	1.616397 °

Observation Period

Time span in seconds to define observation period	:	3600.00
---	---	---------

POSITION FIX RESULTS**Position Fixes**

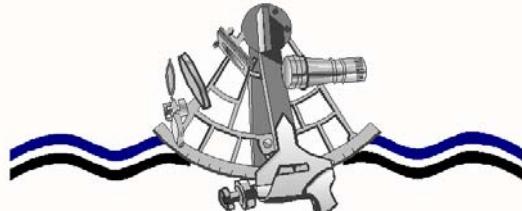
Number of positions	:	3149
Number of used positions	:	3149
Number of disabled positions	:	0
UTC time of first position	:	11:48:18.414
UTC time of last position	:	2008-05-07 12:48:40.695

Statistics

Value	:	Mean Value	:	St. Deviation
Easting	:	624873.80 m	:	0.23 m
Northing	:	6133398.49 m	:	0.17 m
Latitude	:	55;19;52.047 N	:	0.17 m
Longitude	:	10;57;55.211 E	:	0.23 m
Height	:	50.27 m	:	0.38 m

Bilag F: Volumenberegning af huller omkring Vestbroens piller

SCANSURVEY

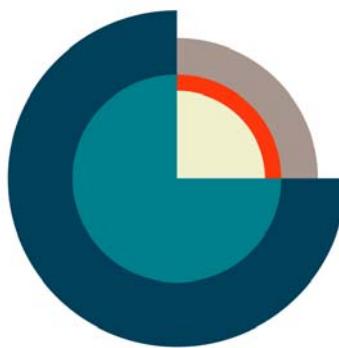


HYDROGRAPHIC CONSULTANCY

Volume Calculation

of selected depressions around pillar
foundations of Storebælt West-bridge

Prepared for



G E U S

June 2008



Index

Index	1
Volume Calculation	2
Positioning	2
Calculation of Volumes	2
Calculation Control	3
General overview of pillars and depressions	4
Depression 1	5
Depression 2	6
Depression 3	7
Depression 4	8
Depression 5	9
Depression 6	10
Depression 7	11

Volume Calculation

of selected depressions around pillar foundations of Storebælt West-bridge

Calculation of depression volumes around pillar foundations south-west of Sprogø has been carried out on basis of multibeam data collected by GEUS on the 9th of May 2008.

Pillars are counted from P1 to 11 - starting from the SW point of Sprogø. The numbering differs from the numbering of Storbæltsforbindelsen, starting with Pier 3 = P1.

Depressions numbered from 1 to 7 - starting with the depression around foundation of pillar P4.

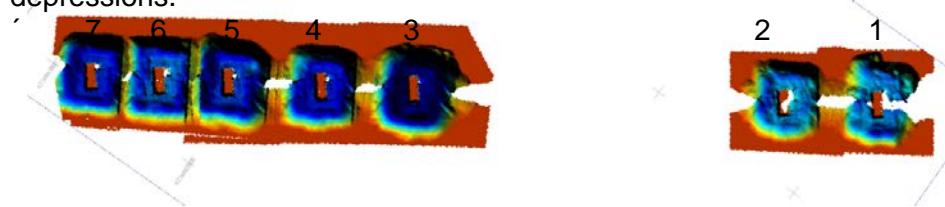
No detected depressions around foundations of pillar P6, P7 and P8. Depression 7 was outside the "Scope of Work" but sufficient end-line data was present to perform a volume calculation.

Positioning

High accuracy DPGS positioning (base station on Sprogø) was in use in parts of this survey. Severe multipathing on near-bridge positions and occasionally drop-outs of base station correction signals made it necessary to re-process data to best fit. As the actual volume calculation has been carried out as a relative - around foundation - calculation the position inaccuracy has no impact on the calculation result.

Calculation of Volumes

By scrutinizing the complete data set it appeared that a general reference surface for minimum calculation depth of - 10 metres was suitable for calculation of all depressions.

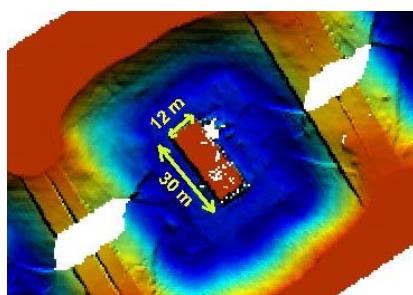


The areas marked with RED are the surfaces adjusted to reference depth -10 metres.

'Average active depth' indicates an average depth across the calculated area. However, the actual volume calculations have been reduced by an arbitrary volume/area of the pillars.

The width and low height of the bridge road elements prevented a full insonification of the central area of the depressions. For that reason the actual pillar foundations were only partly outlined by the outer beams and it has been necessary to select an arbitrary value to subtract for the volume of foundations.

A volume of (foundation depth -> -10 m) x 12 m x 30 m has been subtracted from all calculated volumes to compensate for foundation volumes.



Calculation Control

Volume calculation comparison between QINSy GRID Volume Calculation with 0.5 metres grid cell size and TerraModel EarthWork Surface to Surface calculation between TIN point to point calculation.

Comparison made on Depression 6 with reference surface at -10 metres:

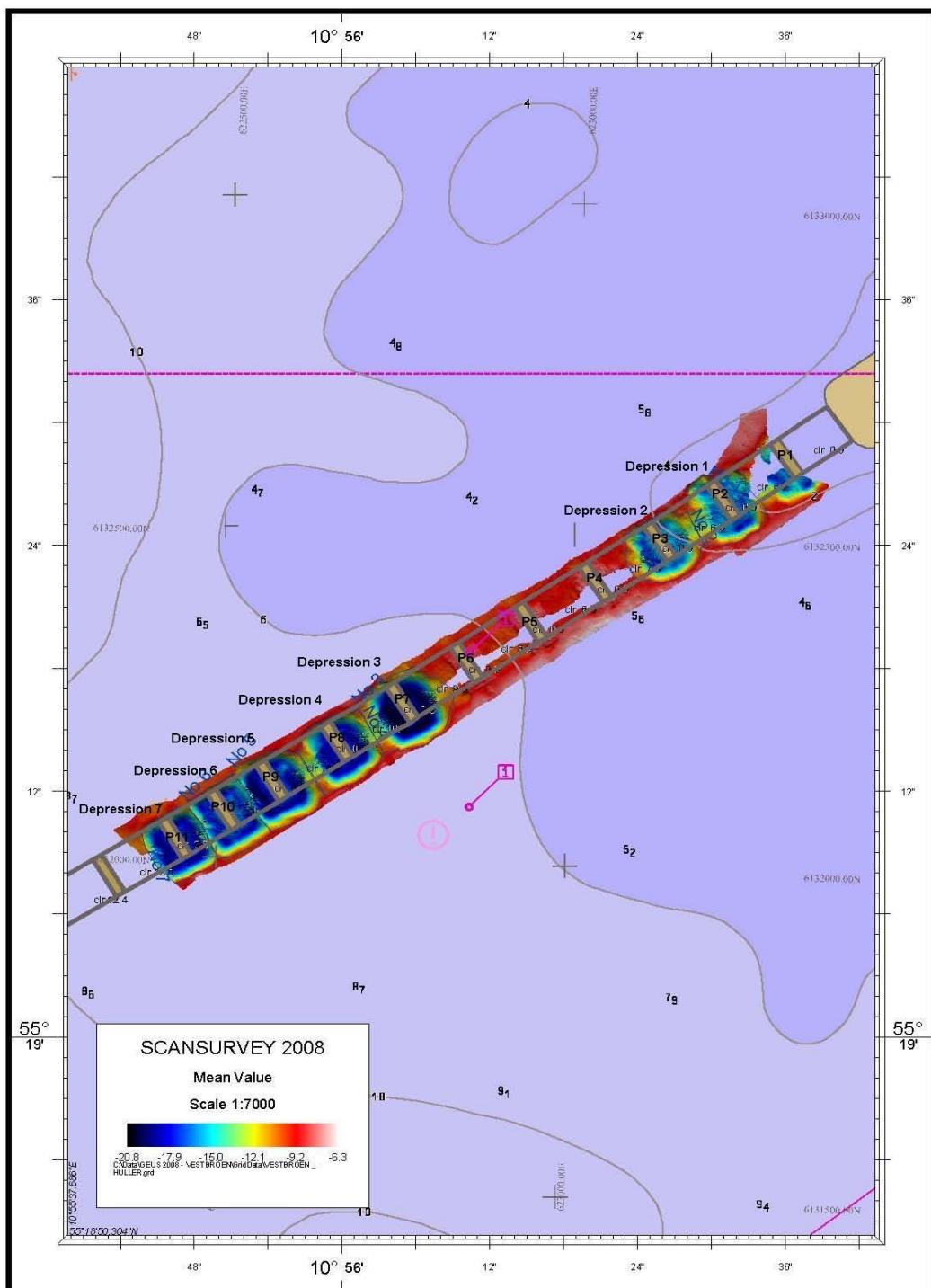
Result:

QINSy 0.5 meter gridding	TerraModel EarthWork triangulation
Volume (m ³) : 43,988.36	Excavation Volume (m ³)
Area (m ²) : 7932.89	44,600.10
Average layer thickness (m) : -5.55	Total triangulated area: 8,316.50 m ³
Number of cells : 31813	(0.83 Ha)

Difference is less than 1.4 % when using 2 independent software and algorithms for calculation.

QINSy gridding has been selected and is used throughout as preferred method of volume calculation.

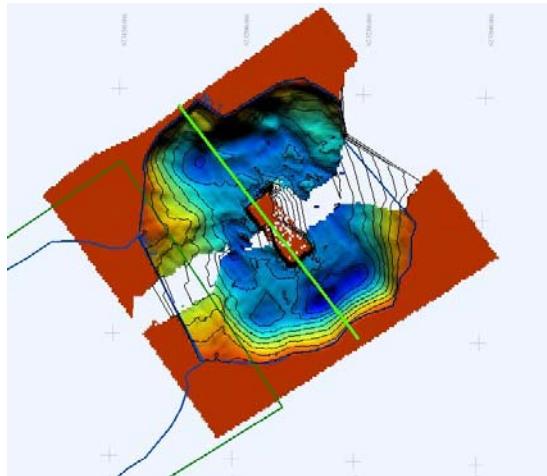
General overview of pillars and depressions



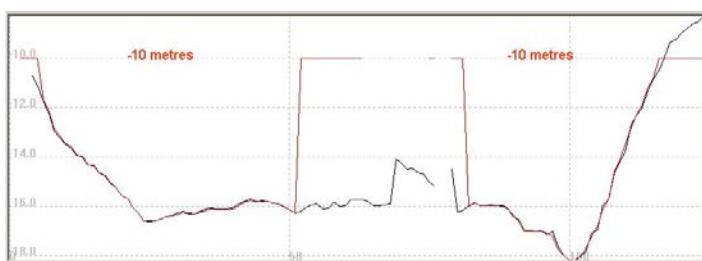
NB: Bropille 'P1' på tegningen svarer til Storebæltsforbindelsens 'Pier 3'.

Depression 1

Volume calculation **33635 m³**



Contoured top view of depression 1 (green line indicates the cross profile below - Red area indicates -10 meter reference cut level)



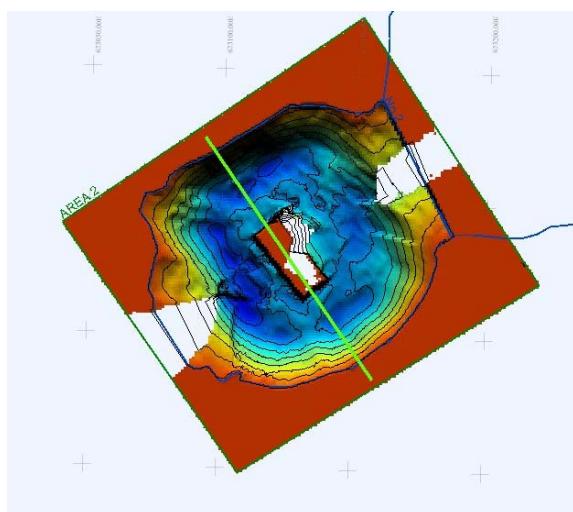
Cross section of depression 1 (North West to South East)

Area inside boundary (m ²)	9376.74
Active Layer	DEPRESSION 1
Combination layer	REFERENCE
Area inside cells (m ²)	8062.50
Area of one cell (m ²)	0.25
Average active depth (m)	-14.22
Average reference depth (m)	-10.00
Number of filled cells	32250
--- Below tolerance ---	
Volume (m³)	33635.61
Area (m ²)	7770.90
Number of cells	31145

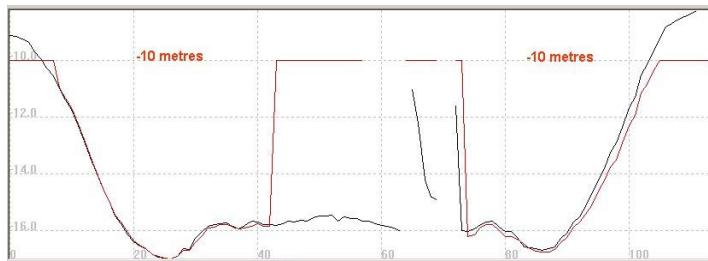
Maximum depth in depression 1 approximately -18 metres.

Depression 2

Volume calculation **33088 m³**



Contoured top view of depression 2 (green line indicates the cross profile below - Red area indicates -10 meter reference cut level)



West to South East)

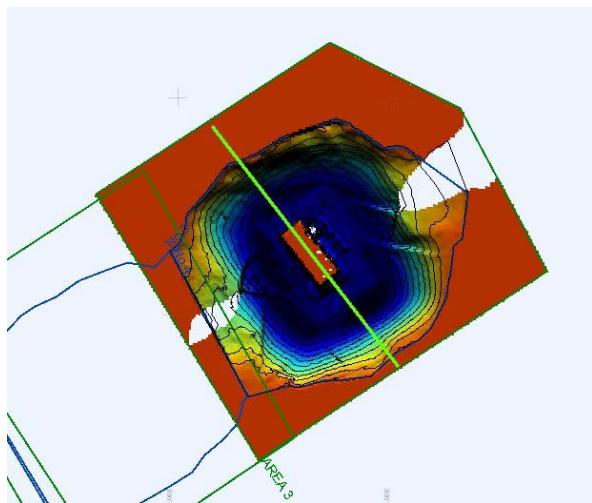
Maximum depth in depression 2 approximately -17 metres.

Area inside boundary (m ²)	9061.62
Active Layer	DEPRESSION 2
Combination layer	REFERENCE
Area inside cells (m ²)	8319.25
Area of one cell (m ²)	0.25
Average active depth (m)	-14.03
Average reference depth (m)	-10.00
Number of filled cells	33277
--- Below tolerance ---	
Volume (m³)	33088.89
Area (m ²)	7942.21
Number of cells	31832

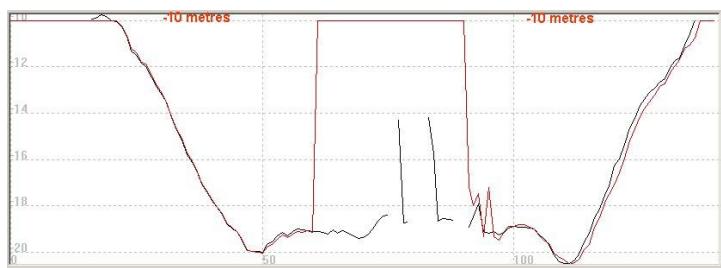
Cross section of depression 2 (North

Depression 3

Volume calculation **61366 m³**



Contoured top view of depression 3 (green line indicates the cross profile below - Red area indicates -10 meter reference cut level)



West to South East)

Area inside boundary (m ²)	11956.22
Active Layer	DEPRESSION 3
Combination layer	REFERENCE
Area inside cells (m ²)	11405.75
Area of one cell (m ²)	0.25
Average active depth (m)	-15.44
Average reference depth (m)	-10.00
Number of filled cells	45623

--- Below tolerance ---

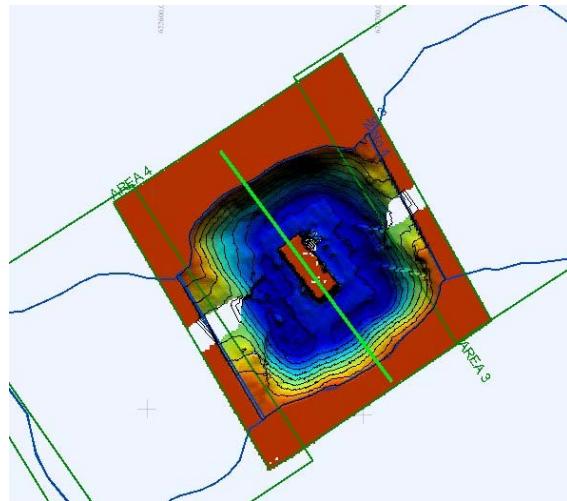
Volume (m³)	61366.16
Area (m ²)	61366.16
Number of cells	43917

Cross section of depression 3 (North

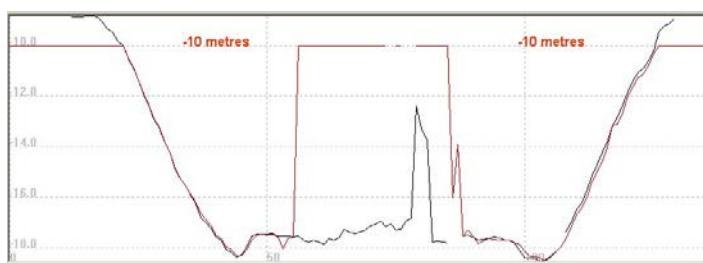
Maximum depth in depression 3 approximately -20 metres.

Depression 4

Volume calculation **47013 m³**



Contoured top view of depression 4 (green line indicates the cross profile below - Red area indicates -10 meter reference cut level)



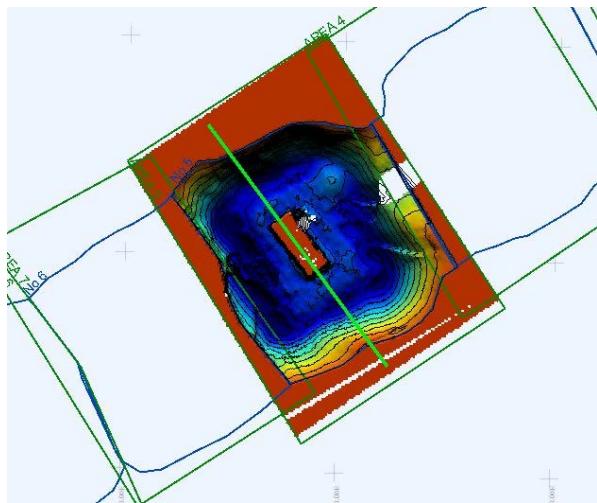
Area inside boundary (m ²)	10006.47
Active Layer	DEPRESSION 4
Combination layer	REFERENCE
Area inside cells (m ²)	9613.25
Area of one cell (m ²)	0.25
Average active depth (m)	-14.95
Average reference depth (m)	-10.00
Number of filled cells	38453
--- Below tolerance ---	
Volume (m³)	47013.50
Area (m ²)	9195.20
Number of cells	36855

Cross section of depression 4 (North West to South East)

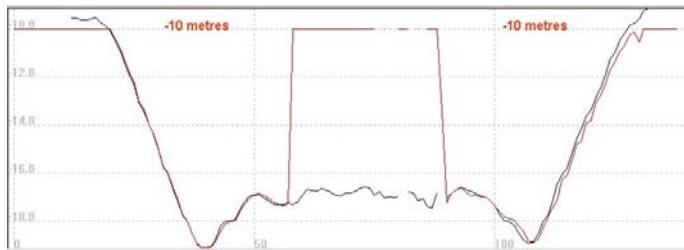
Maximum depth in depression 4 approximately -18 metres.

Depression 5

Volume calculation **53150 m³**



Contoured top view of depression 5 (green line indicates the cross profile below - Red area indicates -10 meter reference cut level)



West to South East)

Area inside boundary (m ²)	10009.59
Active Layer	DEPRESSION 5
Combination layer	REFERENCE
Area inside cells (m ²)	9770.00
Area of one cell (m ²)	0.25
Average active depth (m)	-15.51
Average reference depth (m)	-10.00
Number of filled cells	39080

--- **Below tolerance** ---

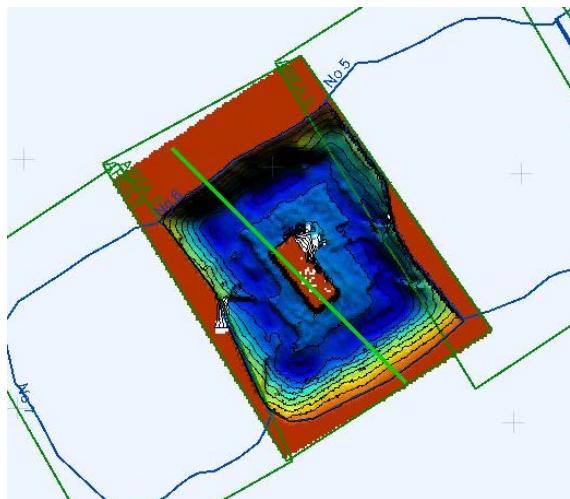
Volume (m³)	53150.96
Area (m ²)	9372.80
Number of cells	37576

Cross section of depression 5 (North

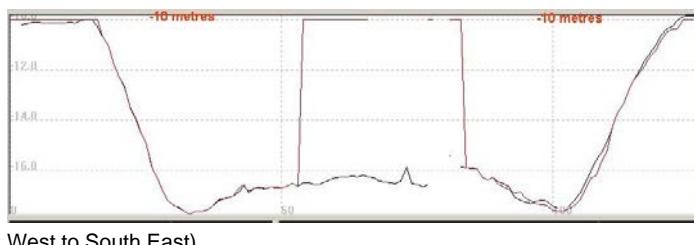
Maximum depth in depression 5 approximately -19 metres.

Depression 6

Volume calculation **43988 m³**



Contoured top view of depression 6 (green line indicates the cross profile below - Red area indicates -10 meter reference cut level)



West to South East)

Area inside boundary (m ²)	8451.48
Active Layer	DEPRESSION 6
Combination layer	REFERENCE
Area inside cells (m ²)	8286.25
Area of one cell (m ²)	0.25
Average active depth (m)	-15.39
Average reference depth (m)	-10.00
Number of filled cells	33145

--- **Below tolerance** ---

Volume (m³)	43988.36
Area (m ²)	7932.89
Number of cells	31813

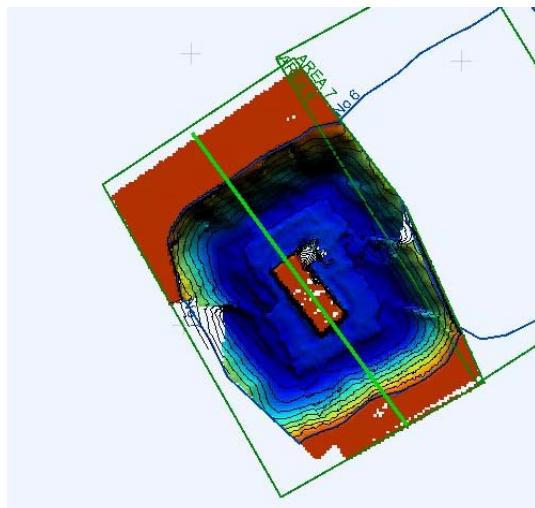
Cross section of depression 6 (North

Maximum depth in depression 6 approximately -18 metres.

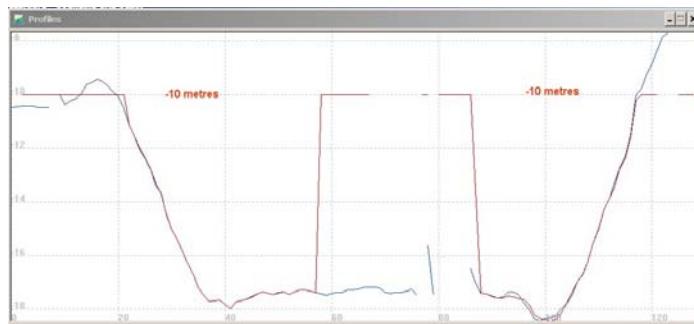
:

Depression 7

Volume calculation **44349 m³**



Contoured top view of depression 7 (green line indicates the cross profile below - Red area indicates -10 meter reference cut level)



West to South East)

Area inside boundary (m ²)	7939.56
Active Layer	DEPRESSION 7
Combination layer	REFERENCE
Area inside cells (m ²)	7550.50
Area of one cell (m ²)	0.25
Average active depth (m)	-15.93
Average reference depth (m)	-10.00
Number of filled cells	30202

--- **Below tolerance** ---

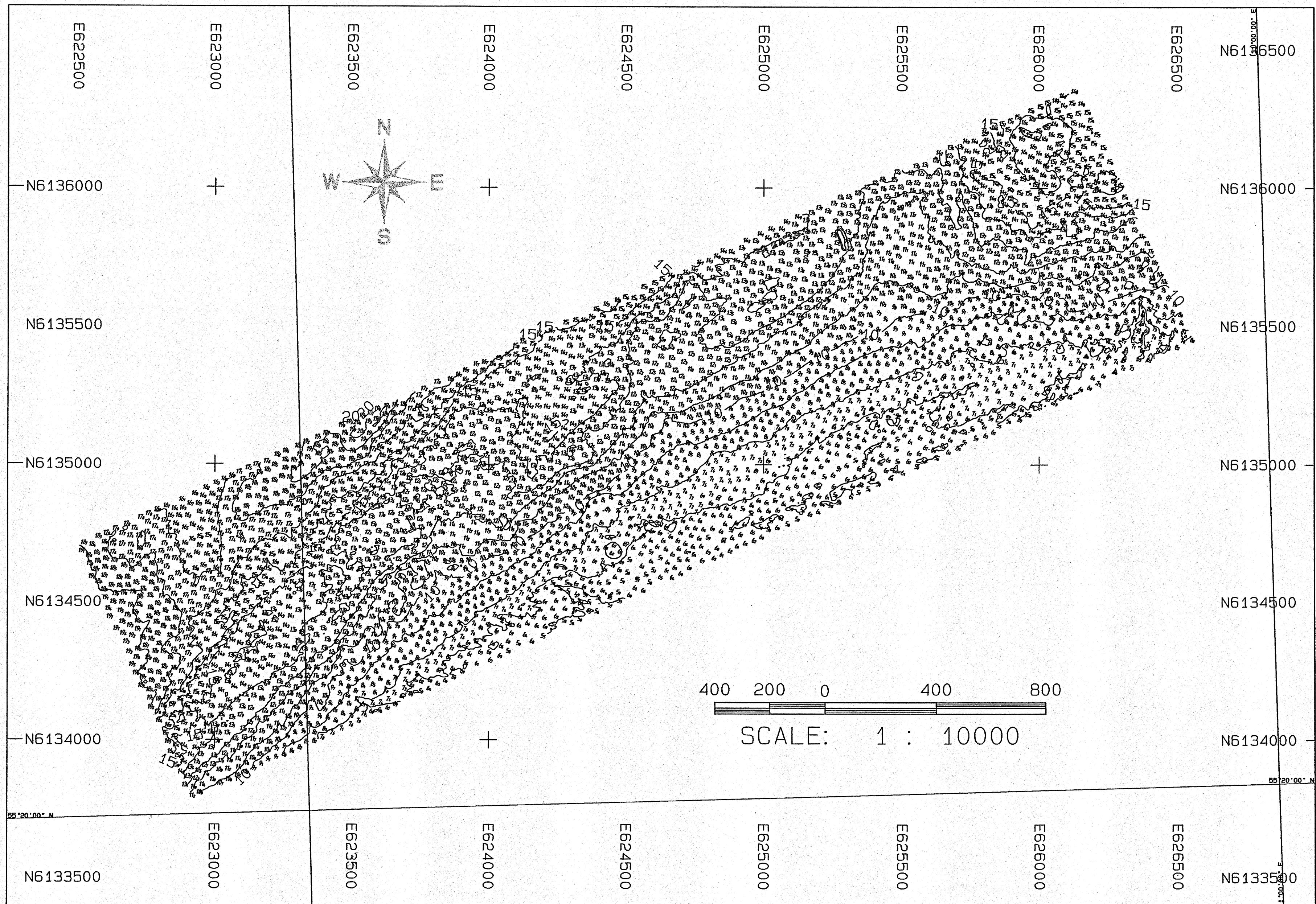
Volume (m³)	44349.21
Area (m ²)	7258.84
Number of cells	29086

Cross section of depression 7 (North

Maximum depth in depression 7 approximately -18 metres.

Data vedlagt på CD-Rom

WIND FARM SPROGØE 2008

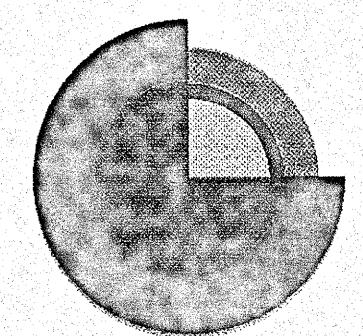


GEODETIC INFORMATION

Datum	WGS 84
Projection	UTM
Central Meridian	9 EAST
Zone	UTM 32 N
False Easting	500000
False Northing	0
Scale Factor	0.9996
Sounding Datum	DVR-90

SURVEY SYSTEM

Multibeam	EM 3000D
Positioning	Hemisphere VS110 DGPS
Motion sensor	Kongsberg MRU 5
Heading/Gyro	VS110/SeaPath 20
MB SV sensor	AML Micro SV
SV Profiler	AML SV PLUS
Data Aquisition	QINSy 8.0
MB Postprocessing	QLOUD 2.1



G E U S

GEUS
Ø. Voldgade 10
1350 København K
DANMARK

SCANSURVEY



SCANSURVEY
Baldershøj 26A
2635, ISKEJ
DANMARK