

An aerial photograph of Søby Havn harbor. The harbor is filled with numerous sailboats moored in a designated area. Several larger commercial vessels are docked at the piers. The harbor is surrounded by industrial buildings and infrastructure. A large blue rectangular overlay covers the top portion of the image, containing white and black text.

UDVIDELSE AF SØBY HAVN VVM-REDEGØRELSE OG MILJØRAPPORT BILAGSRAPPORT

SEPTEMBER 2020

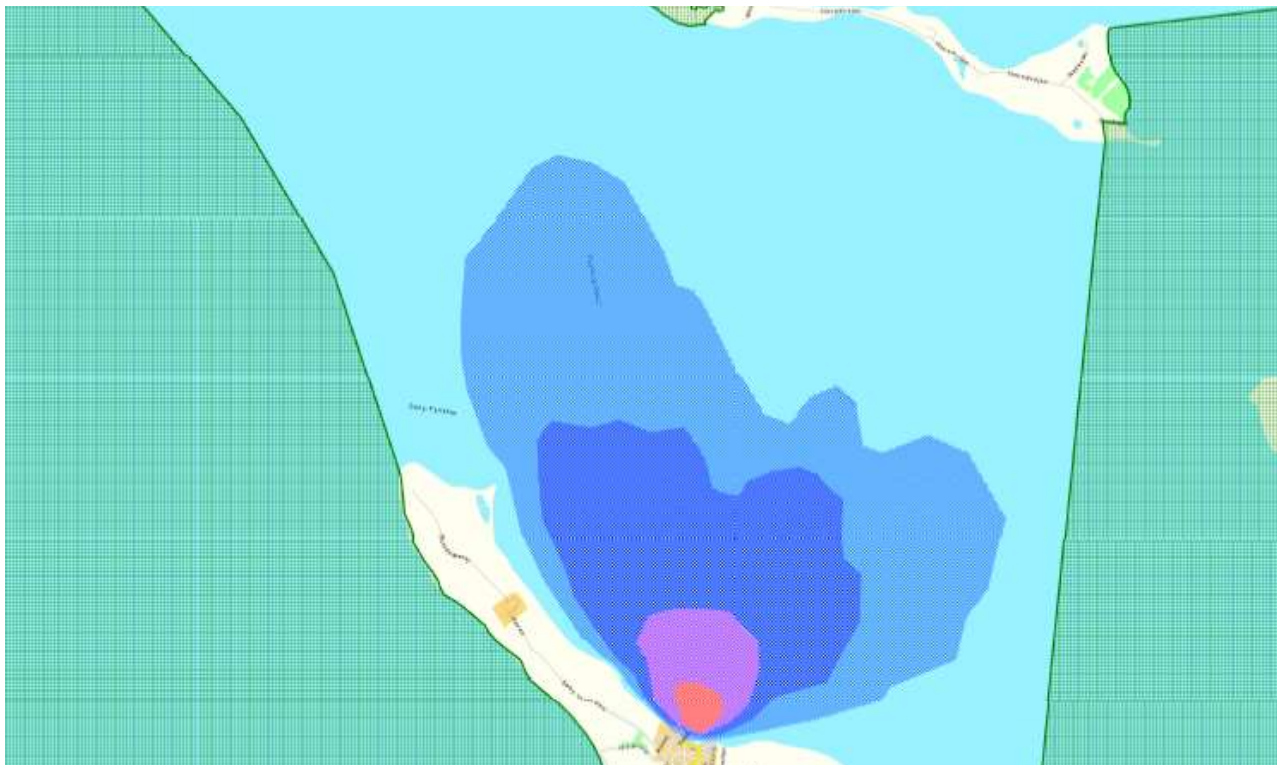
WWW.RAMBOLL.DK

Til
Søby Havn

Dokumenttype
Baggrundsrapport, Undervandsstøj

Dato
Marts, 2020

VVM SØBY HAVN UNDERWATER NOISE BAGGRUNDSRAPPORT BILAG 1



**VVM SØBY HAVN
UNDERWATER NOISE
BAGGRUNDSRAPPORT BILAG 1**

Revision **1**
Dato **Marts 2020**
Udarbejdet af **Christopher McKenzie Maxon**
Kontrolleret af **JASJ**
Godkendt af **RHOL**

CONTENT

1.	SØBY HAVN UNDERWATER NOISE	1
1.1	Introduction	1
2.	UNDERWATER SOUND	1
2.1	Applicable acoustic parameters	2
2.2	Underwater sound source levels	2
2.3	Underwater sound propagation model	3
3.	UNDERWATER NOISE IMPACT ASSESSMENT	3
3.1	Fish	3
3.2	Marine Mammals	4
3.3	Marine Mammals and Fish Criteria	4
4.	MODELLING POSITIONER	5
5.	MODELLING RESULTS	6
5.1	Underwater noise contour plot	6
6.	MITIGATION MEASURES	7

1. SØBY HAVN UNDERWATER NOISE

1.1 Introduction

The construction the proposed Søby Havn renovation project will generate underwater sound that can potentially be an environmental impact on the marine life.

The potentially significant underwater noise sources as part of the construction that have actual potential environmental underwater noise impacts on fish and/or marine mammals are pile driving and sheet pile driving.

An underwater noise propagation study has been performed for the pile driving/sheet pile driving pipeline and will be used to assess the potential environmental impacts on marine mammals and fish.

The impact assessment methodology and impact threshold limits comply with the guidance described in Descriptor 11 of the European Commission decision on good environmental status of marine waters (2010/477/EU) which generally states: *"Introduction of energy, including underwater noise, is at levels that do not adversely affect the marine environment"*.

2. UNDERWATER SOUND

Underwater sound, like sound in the air, is disturbances from a source in a medium – here water – travelling in a 3 dimensional manner as the disturbance propagate with the speed of sound.

Sound travels at different speed in different media. The speed of sound is determined by the density and compressibility of the medium. Density is the amount of material in a given volume, and compressibility is a measure of how much a substance could be compacted for a given pressure. The denser and the more compressible, the slower the sound waves would travel. Water is much denser than air, but since it is nearly incompressible the speed of sound is about four times faster in water than in air. The speed of sound can also be affected by temperature. Sound waves tend to travel faster at higher temperatures.

Underwater sound can be measured as a change in pressure and is described as sound pressure and can be measured with a pressure sensitive device (hydrophone).

Because of the large range pressure amplitudes of sound, it is convenient to use a decibel (dB) logarithmic scale to quantify pressure levels. The underwater sound pressure level in decibels (dB) is defined in the following equation:

$$\text{Sound Pressure Level (SPL)} = 20\log_{10}(P/P_0)$$

P is the pressure and P_0 is the reference pressure. The reference pressure is 1 micropascal (μPa) for underwater sound which is different for sound pressure levels in the air. For this reason sound pressure levels in the water and air cannot be directly compared.

Underwater sound levels vary in accordance to the sound source's time signature and acoustic environmental conditions and can be future defined in terms of exposure, average and/or maximum levels. The following acoustic parameters are commonly used to assess the noise impact from underwater noise sources for the identified local marine life.

2.1 Applicable acoustic parameters

The following key terms are used in this document:

Sound Pressure Level (SPL) – this quantifies the magnitude of a sound at a given point, i.e. how loud it is, and is measured in decibels (dB). As a relative unit, dB are quoted relative to 1 micro-Pascal in underwater studies (so, dB re 1 μ Pa);

Sound Exposure Level (SEL) – this is a decibel measure for describing how much sound energy a receptor (e.g. a marine mammal) has received from an event and is normalised to an interval of one second (quoted in dB re 1 μ Pa 2 s). It can be thought of as a logarithmic measure of Sound Exposure and hence a 3 dB increase in SEL equates to a doubling of sound energy;

Cumulative Sound Exposure (SEL(cum)) – this is the time integral of the squared pressures over the duration of a sound or series of sounds. It enables sounds of differing duration and level to be characterised in terms of total sound energy (quoted in Pa 2 s).

Peak pressure level (PEAK) – the zero-to-peak sound pressure at a given point in time;

Root mean square (RMS) – the sound pressure averaged over a given time;

Pulsed/impulsive sound – a discontinuous sound source comprising one or more instantaneous sounds as during munitions clearance

Continuous sound – sound source, like a vessel engine, or humming as in pipeline operation.

The RMS SPL is commonly used to evaluate the effects of continuous noise sources. The RMS sound pressure level or SPL is the mean square pressure level over a time window containing the impulse.

2.2 Underwater sound source levels

Based on existing measured underwater sound measurements, source data and studies, the sound source levels and frequency spectrum for the identified significant sound sources for potential underwater noise impacts have been estimated.

In order to obtain an equivalent source level at 1 m from the source, for the purpose of acoustic propagation modelling, levels were back-propagated the pressure field according to cylindrical spreading loss, or $15 \cdot \log(r)$. The purpose of the back-propagation step is to determine the effective source level at 1 m that is used in the acoustic propagation model.

The following tables show the estimated overall underwater sound source level.

Table 4-1. Construction activities:

Activity	Sound source pressure level at 1 meter		
	Peak, dB re. 1 μ Pa	SEL, dB re. 1 μ Pa2/s	SEL, dB re. 1 μ Pa2/s
Sheet pile driving (42 – 50 cm)	222	197 (Single Strike)	211 (Cumulative 1 hr.)
Pile driving (30-40 cm)	223	198 (Single strike)	212 (Cumulative 1 hr.)

The impact assessment threshold limits for underwater noise are cumulative sound exposure levels (SEL_{cum}, exposure over time).

2.3 Underwater sound propagation model

The underwater sound propagation model calculates estimates of the sound field generated from underwater sound sources. The modelling results are used to determine the potential impacts distances (noise maps/contour plots) from the identified significant underwater noise sources for the various identified marine life for the area. Based on source location and underwater source sound level, the acoustic field at any range from the source is estimated using dBSEA's acoustic propagation model (Parabolic equation method, Jensen 2011). The sound propagation modelling uses acoustic parameters appropriate for the specific geographic region of interest, including the expected water column sound speed profile, the bathymetry, and the bottom geo-acoustic properties, to produce site-specific estimates of the radiated noise field as a function of range and depth. The acoustic model is used to predict the directional transmission loss from source locations corresponding to receiver locations. The received level at any 3-dimensional location away from the source is calculated by combining the source level and transmission loss, both of which are direction dependent. Underwater acoustic transmission loss and received underwater sound levels are a function of depth, range, bearing, and environmental properties. The output values can be used to compute or estimate specific noise metrics relevant to safety criteria filtering for frequency-dependent marine mammal hearing capabilities.

Underwater sound source levels are used as input for the underwater sound propagation program, which computes the sound field as a function of range, depth, and bearing relative to the source location.

The model assumes that outgoing energy dominates over scattered energy, and computes the solution for the outgoing wave equation. An approximation is used to provide two-dimensional transmission loss values in range and depth, i.e., computation of the transmission loss as a function of range and depth within a given radial plane is carried out independently of neighbouring radials (reflecting the assumption that sound propagation is predominantly away from the source).

The received underwater sound levels at any location within the region of interest are computed from the 1/1-octave band source levels by subtracting the numerically modelled transmission loss at each 1/1-octave band centre frequency and summing across all frequencies to obtain a broadband value. For this study, transmission loss and received levels were modelled for 1/1-octave frequency bands between 10 and 3000 Hz. Because the source of underwater noise considered in this study are predominantly low-frequency sources, this frequency range is sufficient to capture essentially all of the energy output. The received levels will be converted to all the applicable underwater acoustic parameters.

3. UNDERWATER NOISE IMPACT ASSESSMENT

3.1 Fish

Impacts to fish focus on physical damage and behavioural changes.

Fish behaviour in response to noise is not well understood. Sound pressure levels that may deter some species, may attract others.

In fish, physical damages to the hearing apparatus rarely lead to permanent changes in the detection threshold (permanent threshold shift, PTS), as the damaged sensory epithelium will regenerate in time (Smith et al 2006, Song et al 2008). However, temporary hearing loss (temporary threshold shift, TTS) may occur (Popper et al 2006). The sound intensity is an important

factor for the degree of hearing loss, as is the frequency, the exposure duration, and the length of the recovery time.

There is little information available on the hearing abilities of species of particular relevance for the survey area; Atlantic cod and Atlantic herring therefore serve as models for other fish species (Halvorsen et al 2011). The criteria for PTS and TTS are presented in section 3.3.

Impact assessment for fish will also use: Carlson et al., T. H. (2007). MEMORANDUM - Update on recommendations for Revised Interim Sound Exposure Criteria for Fish during Pile Driving Activities. Department of Transportation (California and Washington). Which includes SEL(single event) = 213, 189, 185 og 183 dB levels.

3.2 Marine Mammals

Generally, the effect of noise on marine mammals can be divided into four broad categories that largely depend on the individual's proximity to the sound source:

- Detection
- Masking
- Behavioural changes
- Physical damages

The limits of each zone of impact are not sharp, and there is a large overlap between the zones. The four categories are described below, based on Southhall et al 2007.

Detection ranges depend on background noise levels as well as hearing thresholds for the animals in question.

Masking is an impact where repeated or long-term underwater sound masks e.g. communication between individuals.

Behavioural changes are difficult to evaluate. They range from very strong reactions, such as panic or flight, to more moderate reactions where the animal may orient itself towards the sound or move slowly away. However, the animals' reaction may vary greatly depending on season, behavioural state, age, sex, as well as the intensity, frequency and time structure of the sound causing behavioural changes (Southhall et al 2007).

Physical damage to marine mammals relate to damage to the hearing apparatus. Physical damages to the hearing apparatus may lead to permanent changes in the animals' detection threshold (permanent threshold shift, PTS). This can be caused by the destruction of sensory cells in the inner ear, or by metabolic exhaustion of sensory cells, support cells or even auditory nerve cells. Hearing loss is usually only temporary (temporary threshold shift, TTS) and the animal will regain its original detection abilities after a recovery period. For PTS and TTS the sound intensity is an important factor for the degree of hearing loss, as is the frequency, the exposure duration, and the length of the recovery time.

The proposed criteria for PTS, TTS and behavioural response are presented here based on the Marine mammals and underwater noise in relation to pile driving – Working Group 2014 (Energinet.dk, 2015) in Denmark.

3.3 Marine Mammals and Fish Criteria

Table 6-1 and 6-2 summarizes criteria for assessing impacts for marine mammals and fish. The criteria are associated with different impacts (e.g. PTS, TTS and behavioural).

The working group for marine mammals and underwater noise have recommended thresholds for permanent hearing loss/ threshold shift (PTS), temporary hearing loss/ threshold shift (TTS) as well as thresholds for behavioural changes in marine mammals in Danish Working Group 2014, Marine mammals and underwater noise in relation to pile driving, Energinet.dk Underwater noise and marine mammals Rev2 – 4. Marts 2015, Energinet.dk

Threshold values for inflicting impact have been determined by the group based on an assessment on available values from the most recent scientific literature.

Table 6-1 Threshold values for PTS, TTS and behavioural effects as recommended by the Danish Working Group 2014. All levels are unweighted SEL.

Species	Behavioural response (dB re 1 µPa SEL)	TTS (dB re 1 µPa SEL cum)	PTS (dB re 1 µPa SEL cum)
Grey seal and harbour seal	-	176	200
Harbour porpoise	140 (single strike)	≥164	≥183

Table 6-2 Threshold values for PTS, TTS for fish. All levels are unweighted SEL.

Species	TTS/PTS (dB re 1 µPa SEL cum)	TTS/PTS (dB re 1 µPa PEAK)	
Fish	187	200	

4. MODELLING POSITIONER

Modelled with out screening.

- 1) Sheet pile driving af molen
- 2) Plile drving af lystbådhavn (skærmet af molen)

Figure 7-1. Locations for noise modelling



5. MODELLING RESULTS

Table 7-1 SHEET PILE DRIVING Assessment level limit distances

Molen	Sheet pile driving		
		Assessment levels	Threshold distances (summer/winter)
Marine group		SEL(Cum*)	SEL(Cum*)
	Effect	dB re 1µPa2-s	dB re 1µPa2-s
Seals	PTS	200 dB	5 meters
	TTS	176 dB	220 meters
Porpoises	PTS	183 dB	75 meters
	TTS	164 dB	700 meters
Fish	PTS	200 dB	5 meters
	TTS	187 dB	40 meters
* Cumulative SEL (1 hour pile driving)			

Table 7-2 PILE DRIVING Assessment level limit distances

RP5Sweden	pile driving		
		Assessment levels	Threshold distances (summer/winter)
Marine group		SEL(Cum*)	SEL(Cum*)
	Effect	dB re 1µPa2-s	dB re 1µPa2-s
Seals	PTS	200 dB	7 meters
	TTS	176 dB	260 meters
Porpoises	PTS	183 dB	90 meters
	TTS	164 dB	800 meters
Fish	PTS	200 dB	7 meters
	TTS	187 dB	50 meters
* Cumulative SEL (1 hour pile driving)			

5.1 Underwater noise contour plot



6. MITIGATION MEASURES

A feasible reduction of the impact of noise on marine mammals can be achieved of the received noise by:

- By restrictions on time of year when the activity can occur.
- Use of deterrence (pingers and seal scarers) reduces impact from TTS/PTS.
- Restrictions in periods with high occurrence of animals reduces impact on behaviour
- Bobble curtains
- Vibro piling

Scientific evidence show that seal scarers cause aversive behaviour in harbour porpoises out to several kilometres distance (Brandt et al., 2013, Dähne et al., 2013). The deterrence effect of the seal scarers on porpoises is not 100%, and the better the habitat is for the animals, the less effective the seal scarer is likely to be. Therefore a smaller number of individuals will likely be present in the area even after the use of seal scarers. Data of seal scarers deterring effect on seals is still inconclusive as seals are extremely difficult to observe at the surface and they do not vocalize regularly like porpoises, therefore proper experiments have not been conducted (Fjälling et al., 2006, Götz and Janik, 2013).

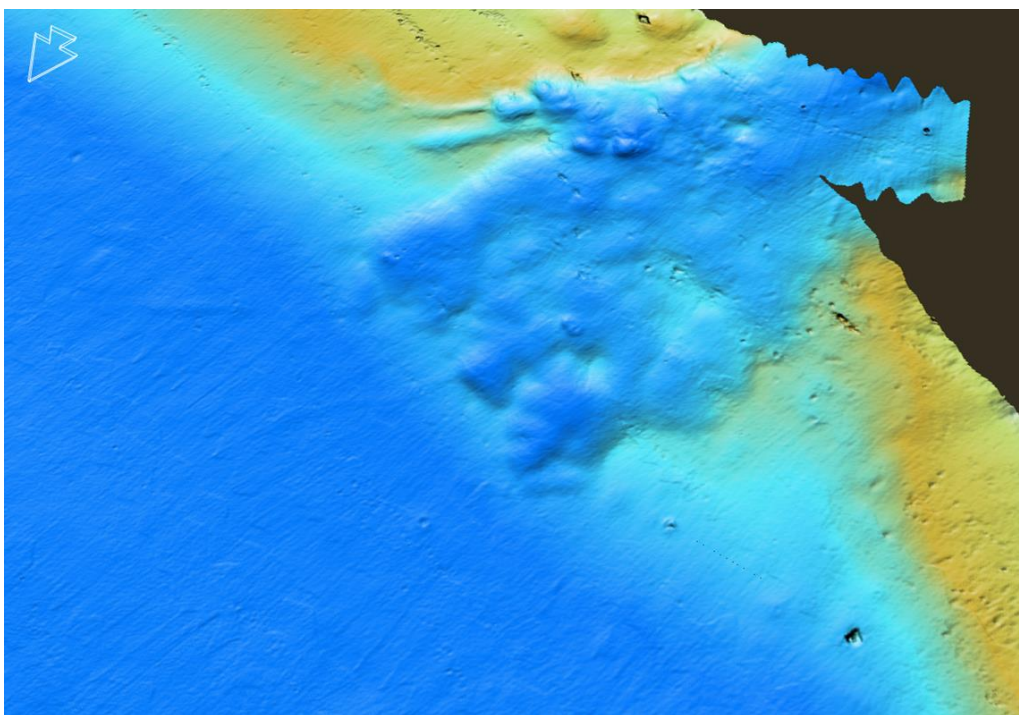
Seal scarers emit loud sounds pressures intense enough to induce changes in hearing thresholds (PTS/TTS) in both harbour porpoises and seals at close range. They should therefore be used with caution to reduce this risk. Pingers were developed to alert harbour porpoises to the presence of fishing gear to avoid by-catch (Lien et al. 1992). They emit a lower intensity sound to cause less abrupt aversive behaviour than seal scarers. Pingers are, however, not able to keep the majority of animals at a safe distance, but can be employed to initially divert animals out to a "TTS/PTS safe" area before switching the seal scarer on. If sound mitigation devices are used, this procedure is therefore recommended as best practice.

Til
Den Selvejende Institution Søby Havn

Dokumenttype
Rapport

Dato
Juli 2015

VVM SØBY HAVN GEOFYSISKE HAVBUNDSUNDERSØGELSER BAGGRUNDSRAPPORT BILAG 2



HAVBUNDSUNDERSØGELSER SØBY HAVN

Revision **0**
Dato **2015-07-01**
Udarbejdet af **ALKN/PPL**
Kontrolleret af **RUBJ**
Godkendt af **RUBJ**
Beskrivelse **Geofysiske Havbundsundersøgelser, Søby Havn**

Ref. 1100017346-331_001_0-Geofysiske
Havbundsundersøgelser Søby Havn.docx

INDHOLD

1.	INTRODUKTION	1
2.	UNDERSØGELSESPROGRAM OG UDSTYR	1
3.	DATAINDSAMLING	2
3.1	Offshore undersøgelsesresumé	2
3.2	Undersøgelser med Multibeam ekkolod (MBES)	3
3.2.1	MBES kalibreringstest	3
3.3	Sidescan sonar undersøgelser (SSS)	3
3.4	Højfrekvent seismik, subbottom profiler (SBP)	3
3.5	Magnetometerundersøgelser (MAG)	3
3.6	Koordinatsystem og vertikal reference	3
3.7	Positionering	3
4.	PROCESSERING	4
4.1	Multibeam	4
4.2	Side Scan Sonar	4
4.3	Sub bottom Profiler - Innomar	6
4.4	Magnetometer	6
5.	RESULTATER	6
5.1	MBES	7
5.2	SSS	8
5.3	Sub Bottom Profiler	10
5.4	Magnetometer	11
6.	DIGITALE LEVERANCER	12

BILAG

Bilag 1 Tegninger

1. INTRODUKTION

“Den Selvejende Institution Søby Havn” (herfra refereret til, som kunden) har rekvireret Rambøll A/S til at udføre marine geofysiske undersøgelser ved Søby Havn med henblik på en marinar-kæologisk undersøgelse. Undersøgelsen udføres som led i en udvidelse af Søby Havn.

Rambøll har indsamlet data med fire (4) forskellige geofysiske metoder, som omfatter bathymetri, sub bottom profiler, magnetometer og side scan sonar. Data blev indsamlet på lokaliteten som det fremgår af Figur 1.1.



Figur 1-1 Undersøgelsesområdet ud for Søby Havn

2. UNDERSØGELSESPROGRAM OG UDSTYR

Indsamlingen af data blev foretaget med fartøjet Lili drevet og ejet af Bertols ApS (Figur 2-1).



Figur 2-1 Fartøjet Lili. Her set i aktion under tidligere projekt

I Tabel 2-1 nedenfor er listet de instrumenter og navigationssystemer, som er anvendt til dataindsamlingen.

Tabel 2-1 Instrumenter anvendt til indsamlingen af data med fartøjet Lili

Udstyr	Type
Navigerings System	Navipac and Naviscan software fra EIVA
Positionerings System	Trimble SPS852 i RTK mode
Motion System	TSS Orion Ins
Gyro system	Kombineret Trimble SPS852 og SPS552 RTK gyro
Multibeam Ekkolod (MBES)	R2Sonic 2020
Subbottom Profiler (SBP)	Innomar SES2000 Compact
Side Scan Sonar (SSS)	EgdeTech 4125 sidescan sonar 400/900 kHz
Magnetometer (MAG)	Geometrics G-882
Sound Velocity Probe (SVP)	AML Minos SVPT

3. DATAINDSAMLING

3.1 Offshore undersøgelsesresumé

Feltarbejdet er blevet udført over 2 dage.

Nedenstående Tabel 3-1 viser, hvornår det forskellige udstyr blev anvendt.

Tabel 3-1 Dataindsamling

Dato	Opgave	Skib	Udstyr
3/6/2015	Mobilisering	Lili	SSS, MBES, SBP, MAG
4/6/2015	Survey/test/mob	Lili	SSS, MBES
5-6/6/2015	Standby	Lili	

7/6/2015	Transit	Lili	
8/6/2015	Survey	Lili	SSS, MBES, SBP, MAG
9/6/2015	Demobilisering	Lili	SSS, MBES, SBP, MAG

3.2 Undersøgelser med Multibeam ekkolod (MBES)

De bathymetriske data er indsamlet med et R2Sonic 2020 multibeam ekkolod fastmonteret på en stang på fronten af fartøjet Lili. Dækningen af multibeam ekkoloddet blev monitoreret on-line under dataindsamlingen.

3.2.1 MBES kalibreringstest

Når MBES ekkoloddet, bevægelsessensoren og gyroen er installeret på skibet, skal sensorenes offset korrigeres ved hjælp af en kalibreringstest. MBES undersøgelserne skal udføres med passende offset korrektioner, således at dybder i forhold til lodret opnås. For eksempel kan afvigelser på *roll* oversættes til dybdemålefejl i de yderste stråler, stigende med strålevinkel, ligesom afvigelser på *pitch* vil resultere i positionsfejl. Formålet med testen er dels at tillade brugeren at analysere de resulterende tilpasningsfejl og dels for at producere kontrolværdier, der kan anvendes af andet processeringssoftware til at danne korrekt korrigerede bathymetriske flader. Kontrollen omfatter de sensorer, der giver input til MBES instrumentet (timing, roll, pitch og heave).

3.3 Sidescan sonar undersøgelser (SSS)

SSS undersøgelserne blev udført med en Side Scan Sonar af typen EdgeTech 4125 fastmonteret en stang på styrbordsside. Data blev optaget i et lavfrekvent og højfrekvent niveau på henholdsvis 400 kHz og 900 kHz.

3.4 Højfrekvent seismik, subbottom profiler (SBP)

De højfrekvente seismiske undersøgelser er indsamlet ved brug af en Innomar SES2000 Compact fastmonteret på en stang på bagbordsside. Udstyret opererer hovedsagligt ved en frekvens på 8-12 kHz. Styrken ved at benytte en højfrekvent kanal er, at man kan opnå en god overfladenær opløsning, såfremt der er gunstige forhold. For at opnå bedst mulige resultater er dataindsamlingen monitoreret online og optagelsesparametrene sat i forhold til givende forhold. Udstyret er specielt egnet til opmåling i dybder mellem 0 og 10 m.

3.5 Magnetometerundersøgelser (MAG)

De magnetiske undersøgelser blev indsamlet ved brug af et Geometrics G-882 cæsium magnetometer med dybde- og altimeter sensor. Udstyret blev trukket efter fartøjet i en afstand af 30 meter og ca. 1 meter under vandoverfladen. Data blev indsamlet med en målefrekvens på 10Hz, hvilket svarer til et målepunkt for hver 0.15-0.2 meter afhængig af fartøjets hastighed.

3.6 Koordinatsystem og vertikal reference

Alle data præsenteres i UTM32 (WGS84).

Tabel 3-2 Geodætiske parametre

Geodætisk datum	WGS84
Projektion	UTM 32
Vertikal datum	DVR90

3.7 Positionering

Til at måle positionen af undersøgelsesfartøjet og dermed MBES og SSS, MAG samt SBP udstyret anvendes RTK GPS systemer med korrektioner fra GPSNet.

Systemerne vil under normale forhold give en nøjagtighed på omkring 0.1m horisontalt og 0.2m vertikalt.

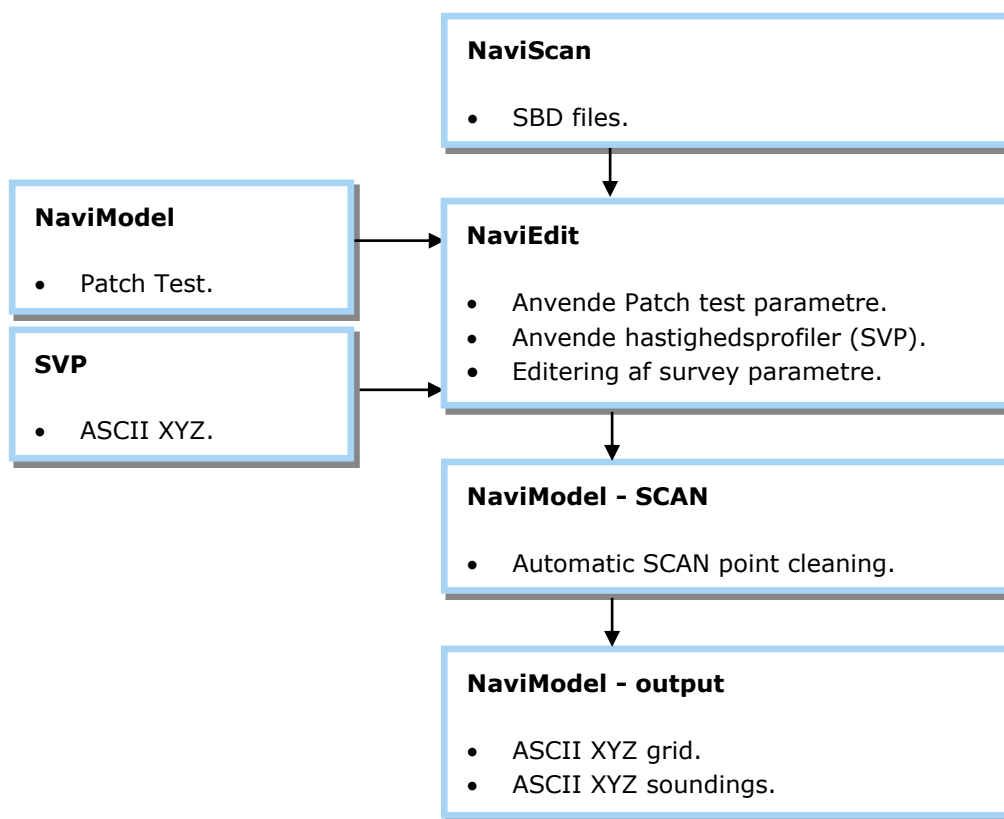
4. PROCESSERING

4.1 Multibeam

R2Sonic 2020 multibeam data er blevet optaget og processeret ved hjælp af NaviSuite fra Eiva A/S. NaviSuite pakken består af en række programmer:

- NaviPac: Navigation og positionering.
- NaviScan: Data indsamling.
- NaviEdit: Data editering.
- NaviModel: Modellering.

De rå multibeam data er blevet rensset for støj og heraf er der blevet produceret et XYZ ASCII grid data sæt. Data er griddet med en opløsning på 25 cm. I områder med meget lavt vand kan man se manglende data mellem sejllinjerne. Workflow kan ses i Figur 4-1.



Figur 4-1 Workflow for MBES processing

4.2 Side Scan Sonar

Følgende software er blevet brugt til at processere Side Scan data:

- EdgeTech Discover – Data indsamling og format konvertering.
- Triton Perspective – Data processing.
- GlobalMapper – Kvalitetssikring.

Processeringen af de rå Side Scan Sonar data blev gjort med Triton Perspective software fra Triton Imaging.

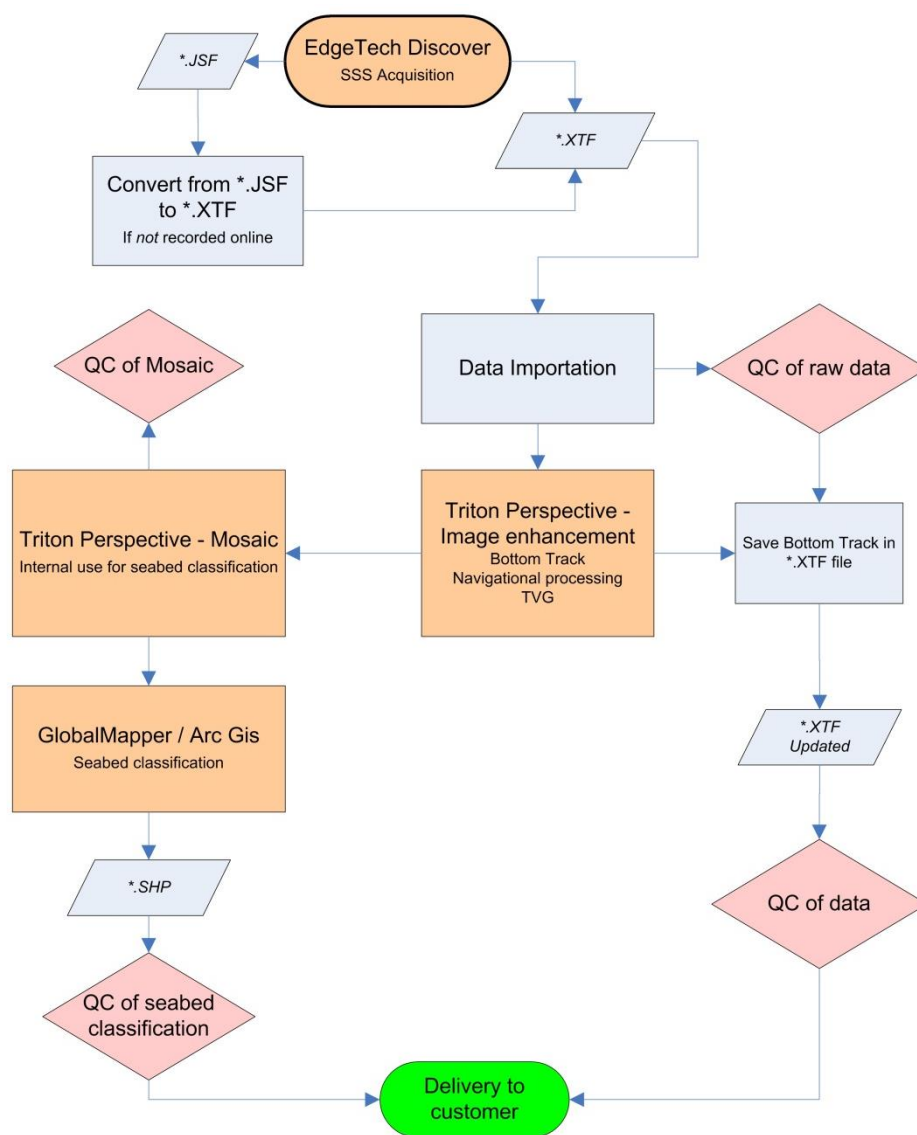
Et Course Made Good (CMG) filter blev påført navigationen. Dette rettede al data ind og fjernede eventuelle småfejl i navigationen.

Havbundsdybden blev markeret for derefter at påføre en vandsøjlekorrektur. Dette forbedrede yderligere positioneringen på tværs af datarækkerne.

Til sidst blev signalstyrerne normaliseret ved brug af et simpelt Time Variant Gain (TVG) filter. Dette filter kompenserede for den naturlige dæmpning af signalet over afstand.

Efter endt processing blev data samlet i mosaikker og eksporteret i tif format til kvalitetssikring i Global Mapper.

En simplificeret workflow er vist i Figur 4-2.



Figur 4-2 Workflow for Side Scan Sonar processing

4.3 Sub bottom Profiler - Innomar

De rå Innomar data er blevet konverteret til SEGY format og herefter indlæst og tolket i softwaren Kingdom suite. SBP data er ikke blevet yderligere processeret, da dette ikke har været nødvendigt for tolkningen.

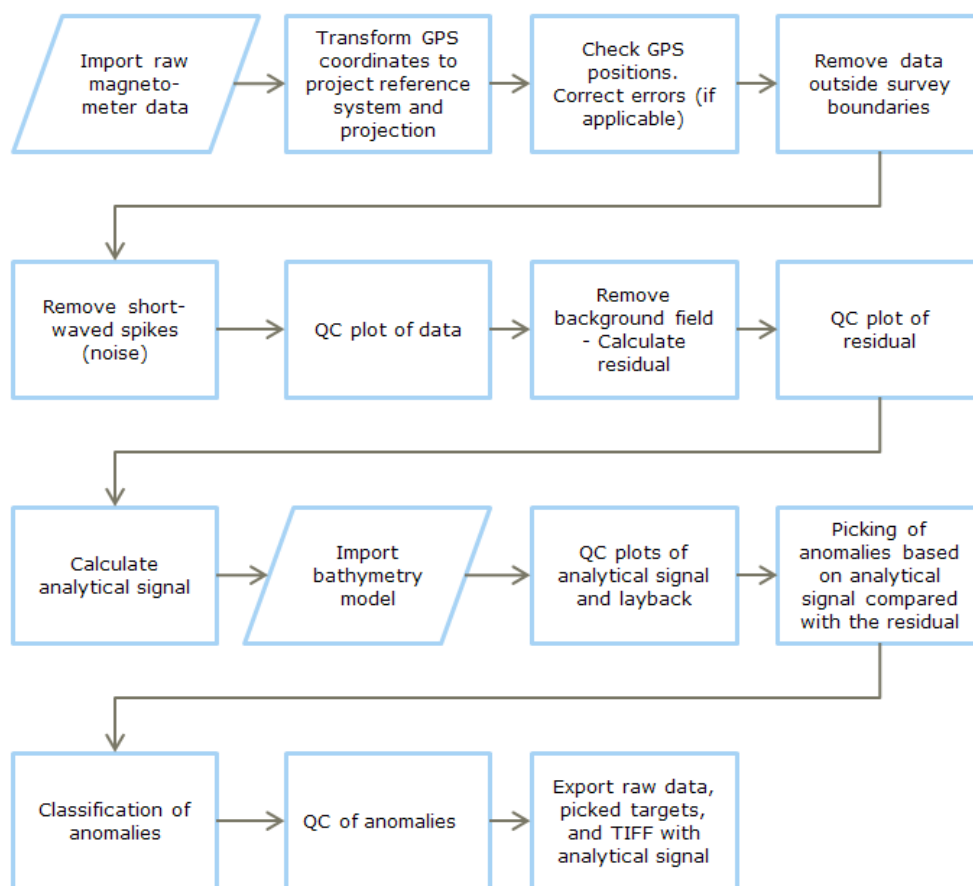
4.4 Magnetometer

Følgende software var anvendt til processering og tolkning af de magnetiske data:

- Geometrics MAGLOG – Data optagelse.
- Geosoft Oasis Montaj – Data processering, tolkning og eksports af deliverables.
- GlobalMapper –QC.

Processeringsflowet udført i Oasis Montaj ses i Figur 4-3. De processerede data blev eksporteret som et grid over det analytiske signal. Magnetiske targets blev tolket på linjerne. Den faktiske placering af target kan således sagtens være ud til siderne i forhold til sejllinjen.

Det analytiske signal som er afleveret er defineret som den første afledte af det magnetiske felt, hvilket er ændringen i magnetisk signal styrke per distance (enhed: nT/m). Det analytiske signal er beregnet langs survey linjerne.



Figur 4-3: Workflow for geomagnetisk data processing.

5. RESULTATER

Herunder gennemgås kort de overordnede resultater af dataindsamlingen ved Søby Havn. For detaljerede resultater henvises til de fremsendte dataleverancer.

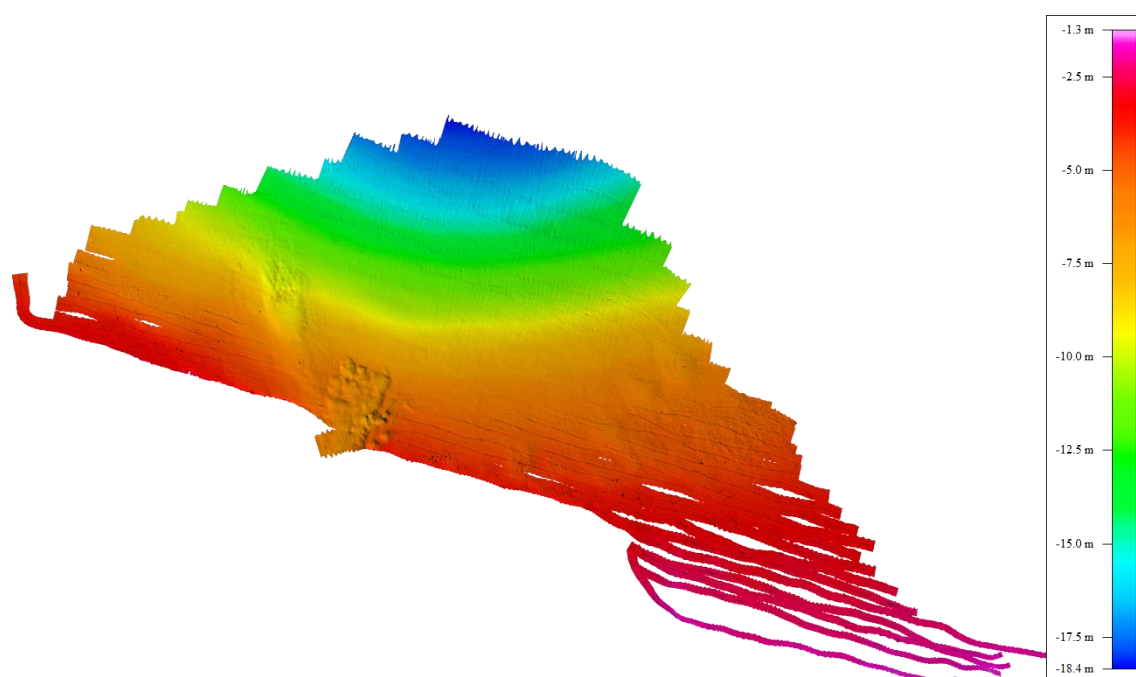
5.1 MBES

Figur 5.1 viser de bathymetriske data for surveyområdet.

Vanddybden i området ligger mellem 2.5m-18.35m med lave vanddybder helt ned til 1.4m. Havbunden er forholdsvis jævnt skrånende mod nord, væk fra kysten. Ved indsejlingen til havnen ses der tydelige spor efter gravearbejdet i sejlrenden. En lavning/depression ses desuden umiddelbart nordvest for sejlrenden. Denne depression bliver belyst i afsnit 5.2 og 5.3.

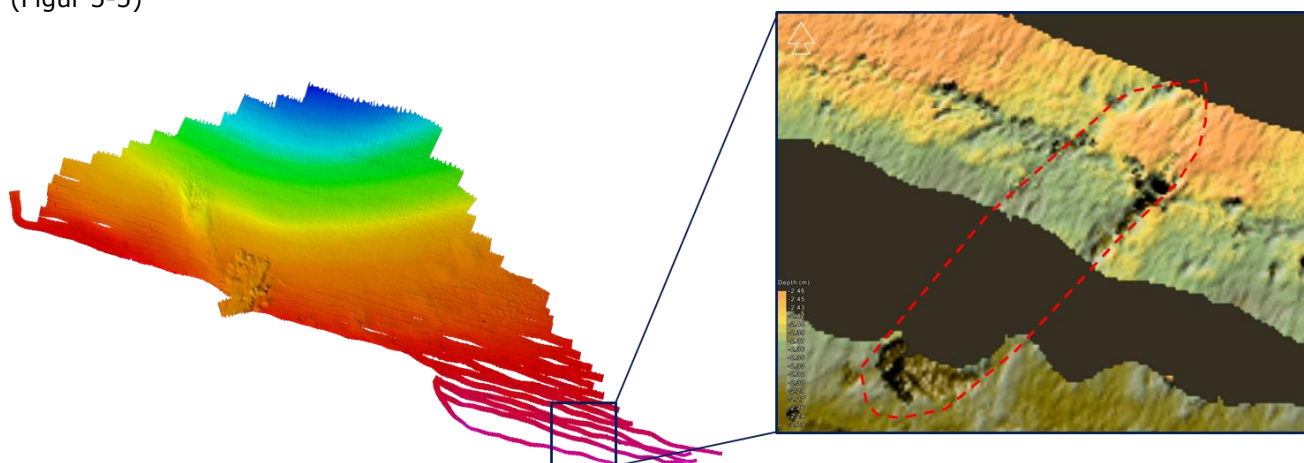
I de lavvandende områder ses desuden mange sten og bevoksning.

Helt inde ved kysten mod sydøst ses adskillelige huller i datadækningen. Dette skyldes den meget lave vanddybde. Under indsamlingen af MBES og SSS stødte fartøjet på en stor sten. Det store hul sydligst i dette område skyldes at risikoen for yderligere grundstød blev vurderet til at være for høj til at området kunne dækkes. Denne risiko er ligeledes årsagen til at den lille kile i det sydvestlige område, ikke er dækket.



Figur 5-1 Bathymetrisk data for området ud for Søby Havn

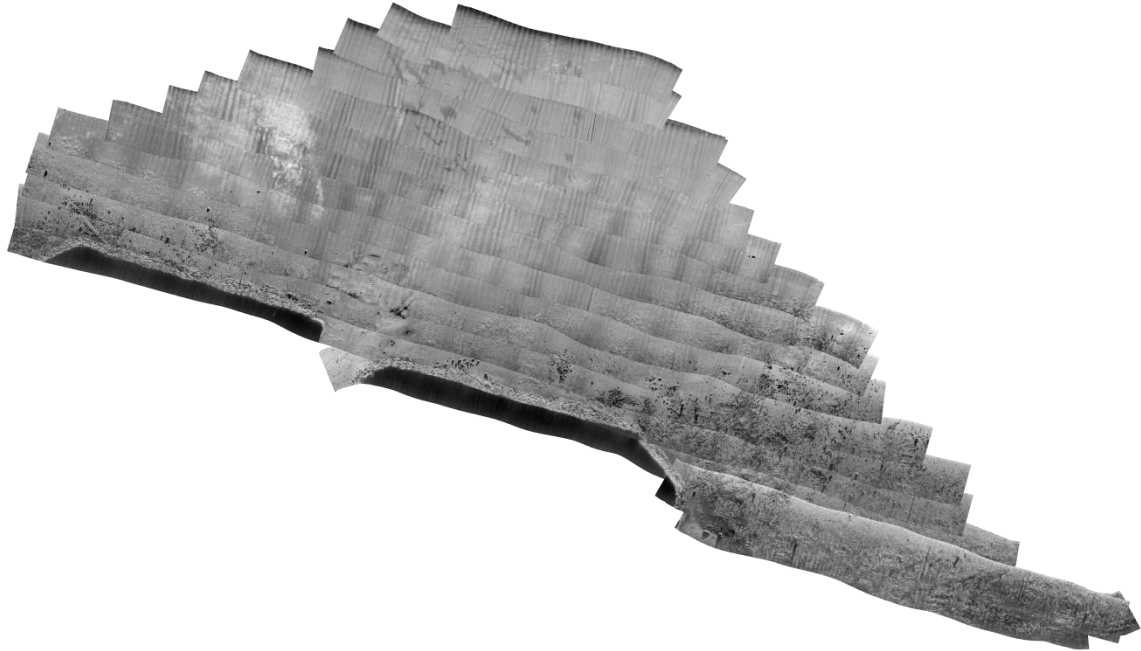
På Figur 5-2 ses et lille udsnit af bathymetrien fra den sydøstlige del af området. På udsnittet ses omridset af et vrak på havbunden. Vraget er målt til at være ca. 13.7m langt og 3.1m bredt. Forhøjningen i den sydlige ende er muligvis motorblokken. Vraget ses også på side scan data (Figur 5-5)



Figur 5-2 Udsnit af MBES data hvor et vrak ses tydeligt på havbunden. Farveskala er ændret på udsnittet for bedre visualisering.

5.2 SSS

De endelige Side Scan Sonar mosaikker er blevet samlet til en Geotiff (Figur 5-3).



Figur 5-3 Side Scan Sonar data for området ud for Søby Havn

Ved hjælp af Waterfall display funktionen i Triton Perspective, samt de samlede mosaikker er der udført en identifikation af menneskeskabte objekter på havbunden samt en klassifikation af sedimentsammensætningen.

Klassificeringen blev lavet ved at bruge følgende objektbeskrivelser:

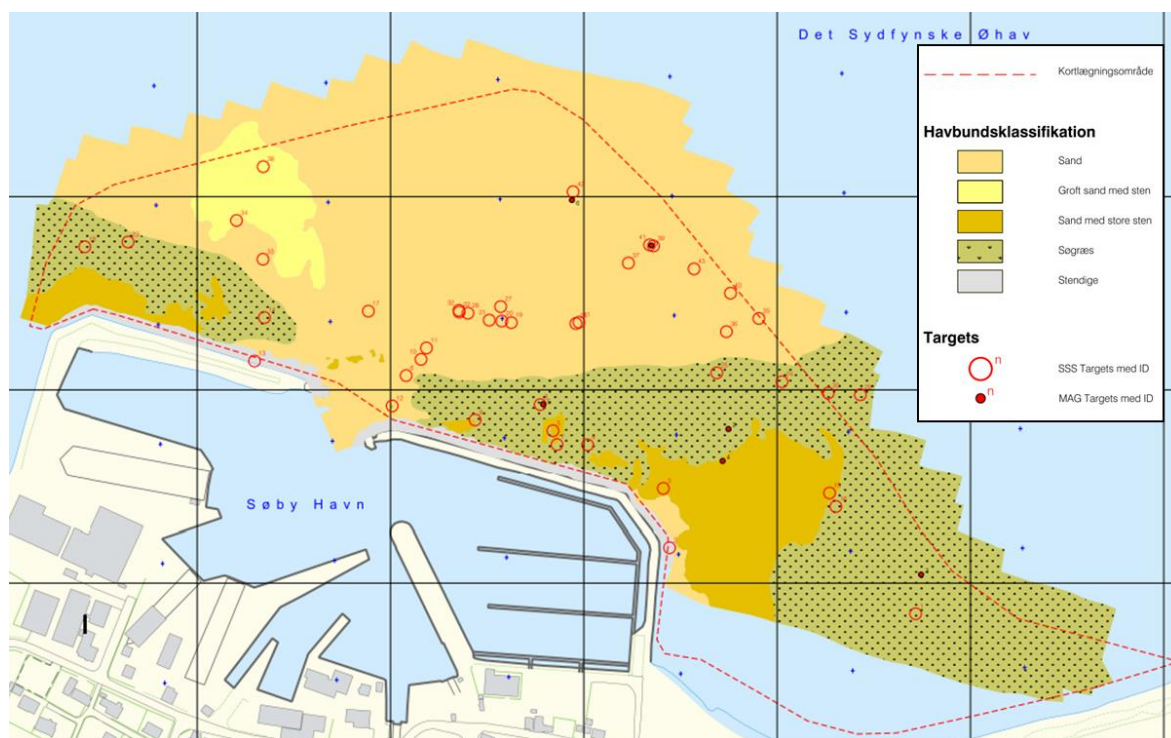
- Vrag
- Kaj
- Muligt reb/kabel
- Gummidæk
- Mulig gummidæk
- Kaj/Spunsvæg
- Mulig stensætning
- Kanal fra sandsugning
- Erosions ar
- Mulig betonblok
- Muligt fiskegarn
- Stang/træstamme
- Ukendt
- Groft sand med sten
- Sand
- Sand med store sten (Boulder Field)
- Stendige
- Havgræs

På Figur 5-4 ses resultatet af havbundsklassifikationen. Området er generelt dækket af sand af forskellige kornstørrelser. De præcise kornstørrelser kan dog ikke bestemmes ud fra SSS data alene.

På det dybere vand, er havbunden jævn med homogent sand. I den vestlige del findes der dog et område med grovere sand med enkelte sten i en depression i havbunden. Oprindelsen af depressionen er uklar men kan være relateret til færgetrafikken. Kraftig motoraktivitet fra færgerne i et begrænset område kan medvirke til at de finere sandpartikler hvirvles op og efterlader de grovere fraktioner af sandbunden. Området bliver belyst yderligere i afsnit 4.35.3.

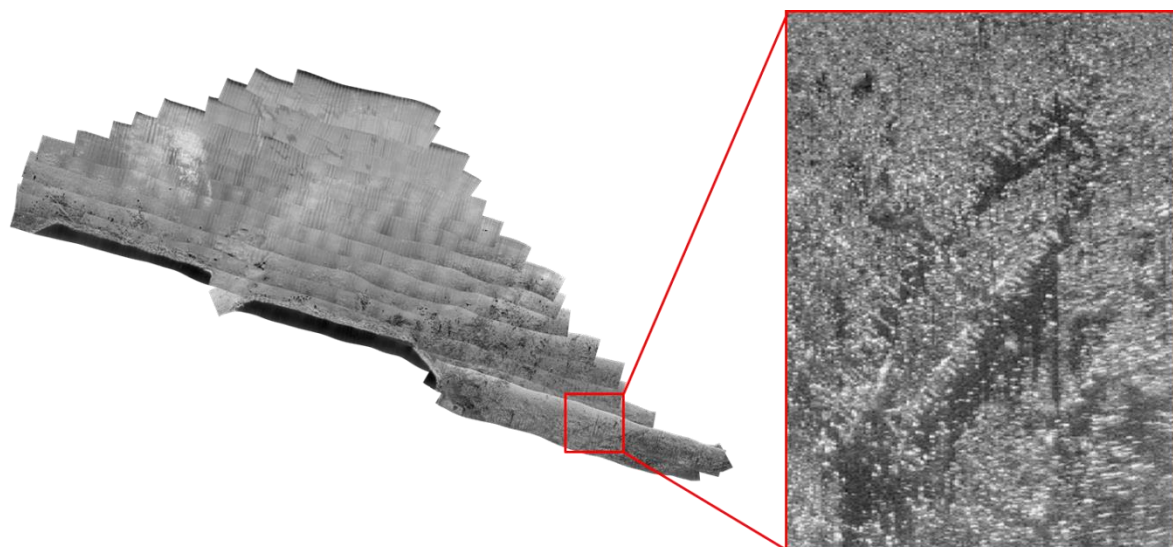
På lavere vand, er havbunden dækket af havgræs. Dette område dækker det meste af de lavvan-dede dele, kun afbrudt af områder med kraftig forekomst af sten og blokke.

På figur Figur 5-4 ses desuden de tolkede targets fra SSS og MAG data.



Figur 5-4 Havbundsclassifikationen med targets fra SSS og MAG

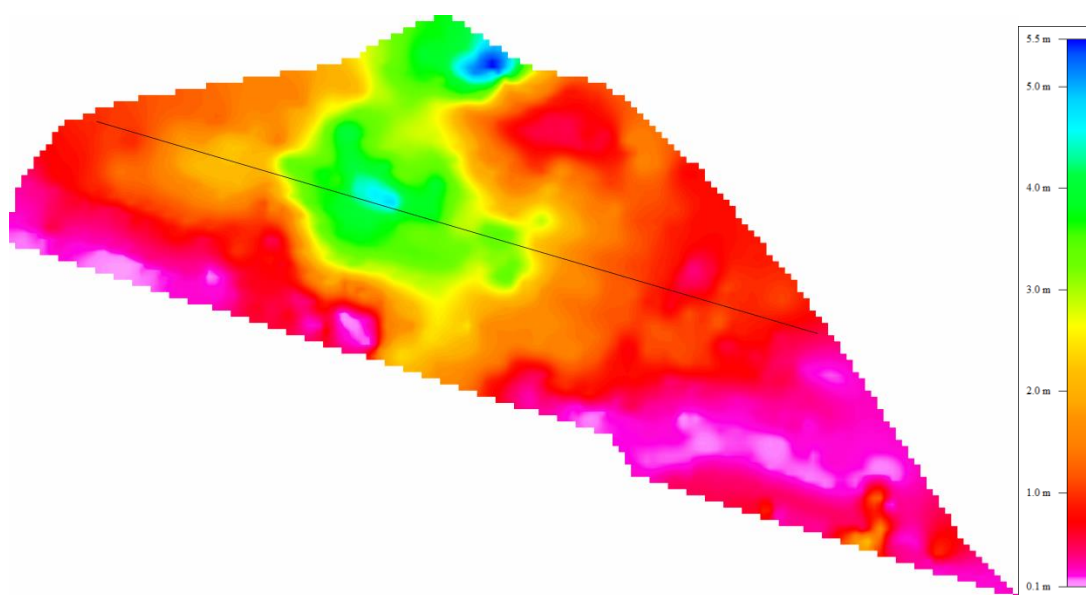
På Figur 5-5 ses resterne af et vrage på havbunden. Vraget er noteret i Target listen (ID 1) med en længde på 14.2m og bredde på 3.2m. Vraget kan desuden også genfindes på MBES data (Figur 5-2).



Figur 5-5 Udsnit af SSS mosaikken hvor et vrak ses tydeligt på havbunden.

5.3 Sub Bottom Profiler

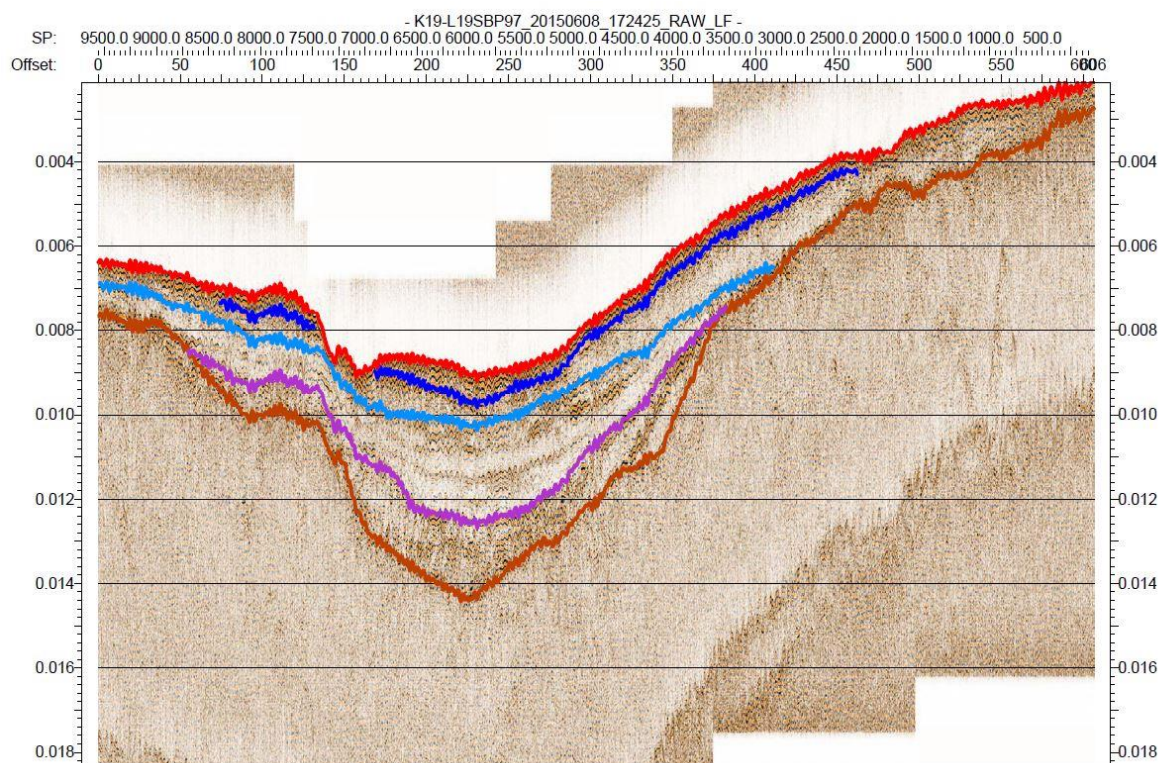
De indsamlede data er blevet indlæst og gennemset i softwaren Kingdom suite. En gennemgående flade kunne findes over hele området og er tolket til at være toppen af de glaciale aflejringer. Den postglaciale lagpakke er vist som et tykkelseskort (IsoPach kort) på Figur 5-6. De postglaciale aflejringer er generelt tykkere i midten af området, hvor de er blevet aflejret i en naturlig lavning.



Figur 5-6 IsoPach kort over de postglaciale aflejringer i området. Sort linje markerer linje "Line K19-L19SBP97_20150608_172425"

Centralt gennem området findes en nord-syd gående kanal. På Figur 5-7 ses et stærkt overhøjet tværsnit af en øst-vest gående linje gennem området. Figuren viser dybden til forskellige lag i tovejstid. Her ses med rødt havbunden og med brunt bunden af den postglaciale lagpakke, der også danner bunden af kanalen. De blå og lilla horisonter er interne horisonter i kanalen.

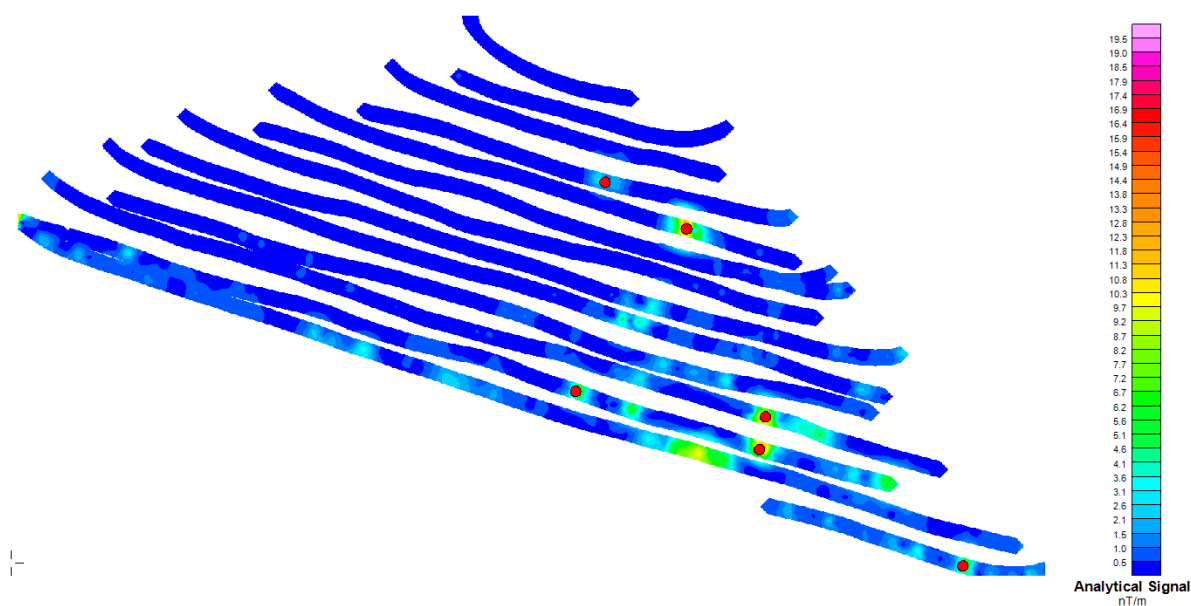
Der ses at havbunden skærer gennem den mørkeblå horisont og dermed gennem grænsen mellem to lag af forskellig karakter. Dette kommer til udtryk på Side Scan Sonar data hvor der ses et hvidt område i den vestlige del der antyder en havbund af mere grov karakter end det omkringliggende sediment (Figur 5-3).



Figur 5-7 Linje "Line K19-L19SBP97_20150608_172425" viser et øst-vest gående tværsnit i tovejstid gennem området. Fem horisonter er afbilledet. Rød er havbund. Brun er toppen af de glaciale lag/bund af de postglaciale lag. Mørkeblå, lyseblå og lilla er laggrænser tolket internt i den postglaciale lagpakke.

5.4 Magnetometer

Det analytiske signal med tolkede targets er vist på Figur 5-8. Det analytiske signal er griddet med minimum curvature og en blanking distance på 6m. Targets er tolket og sammenlignet med SSS i Magnetometer targetlisten i de digitale leverancer.



Figur 5-8: Analytisk signal og tolkede targets vist som røde symboler.

6. DIGITALE LEVERANCER

MBES:

- Konturer (*.shp)
- Havbundsgrid, opløsning, 0.25 m og 1m (*.xyz)
- Samlet tif fil, opløsning 0.25 m og 1m + bmp fil farveskala til begge (*.tif + *.bmp)
- Ungridded soundings (*.xyz)
- Vertical Mapper filer, opløsning 0.25 m + 1 m (*.grd, *.tab)

SSS:

- Samlet geotiff fil (*.tif)
- Targetliste (*.csv)
- Rå datafiler (*.xtf)
- Havbundsklassifikationsfiler (*.shp)

SBP:

- Rå datafiler (*.Sgy)
- IsoPach kort (*.tif)
- IsoPach kort (*.dat)
- IsoPach kort (*.grd + *.tab)

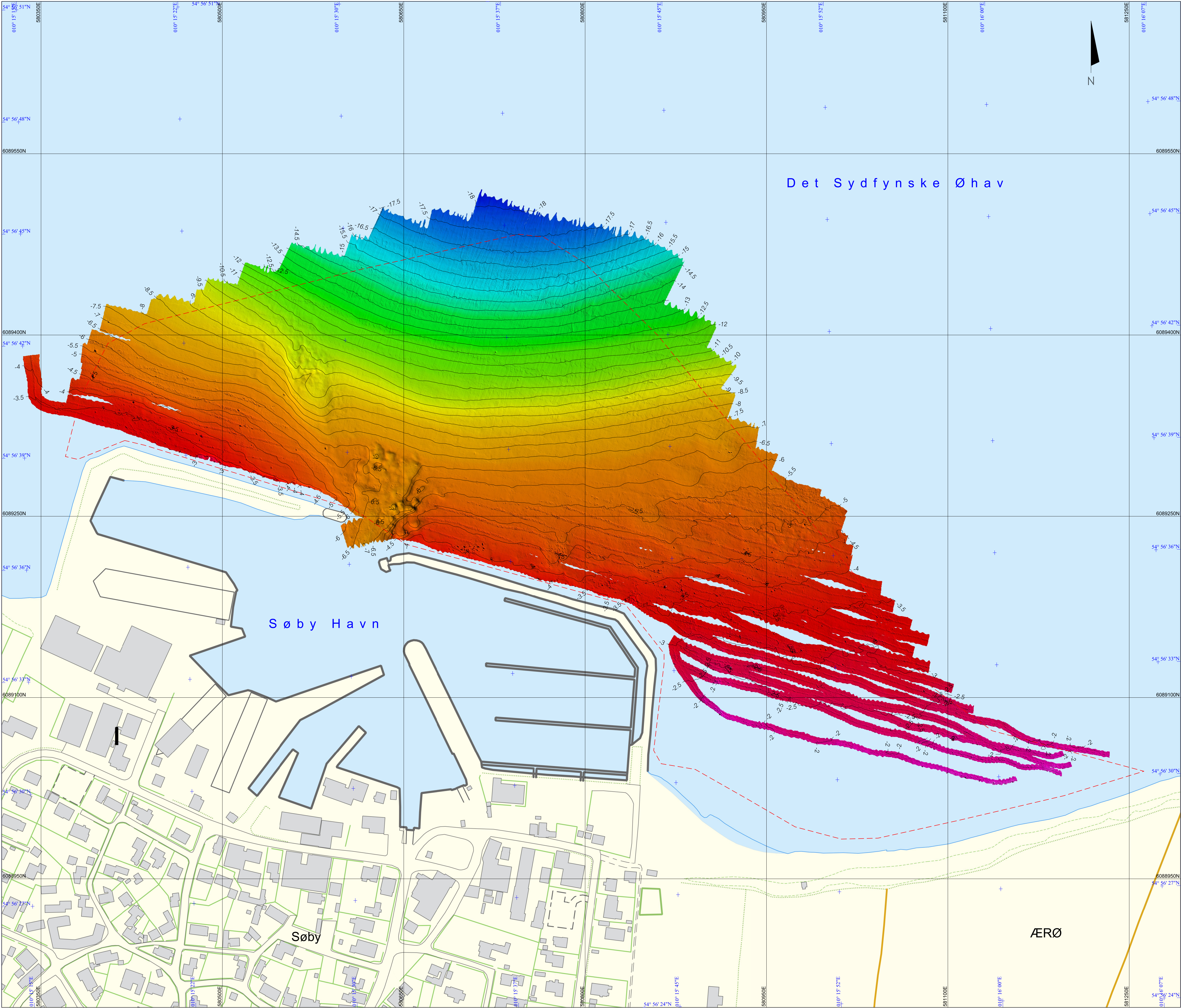
MAG:

- Rå datafiler (*.csv)
- Tiff fil, analytisk og residual signal (*.tif)
- Target liste (*.csv)
- Target rapport (*.pdf)

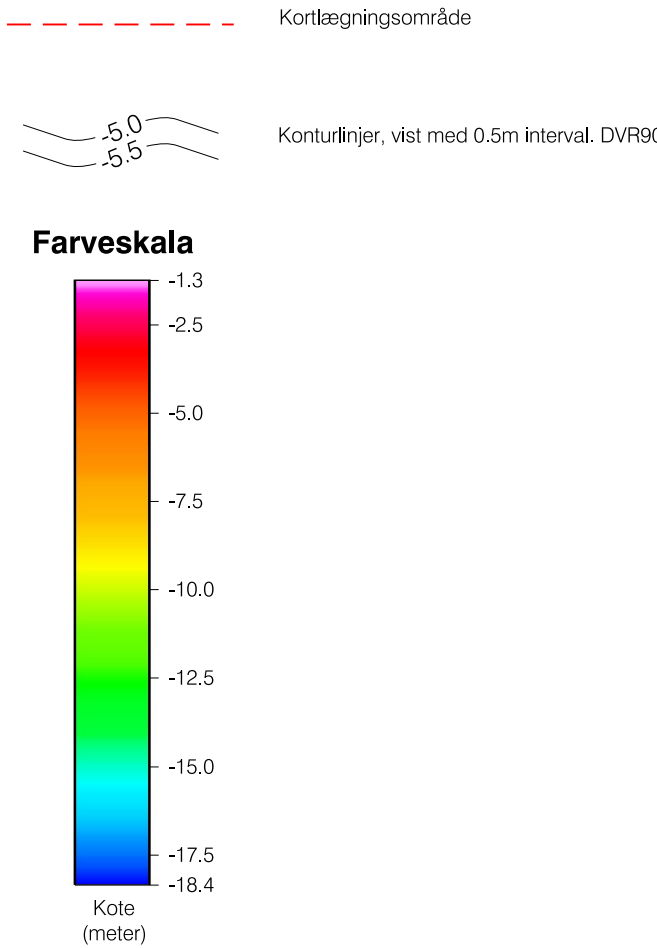
Tegninger

- Bathymetri (*.pdf)
- IsoPach kort, Post Glacialt (*.pdf)
- Havbundsklassifikation (*.pdf)

BILAG 1 TEGNINGER



SIGNATURER



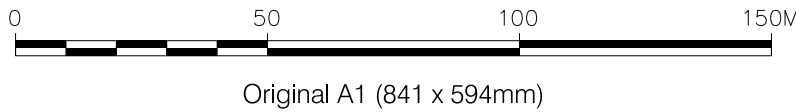
UDSTYR

Navigation system: NavPac and NavScan software from EIVA
Positioning system: Trimble SP5602 and SP5602 in RTK mode
Motion sensor: TSS Ocean line
Multibeam Echosounder: R2sonic 2020
Side Scan Sonar: EdgeTech 4125 Side Scan Sonar 400/900 kHz
SVP: Valeport MinisVP AML Micros
Sub bottom profiler: Innomar SES2000 compact

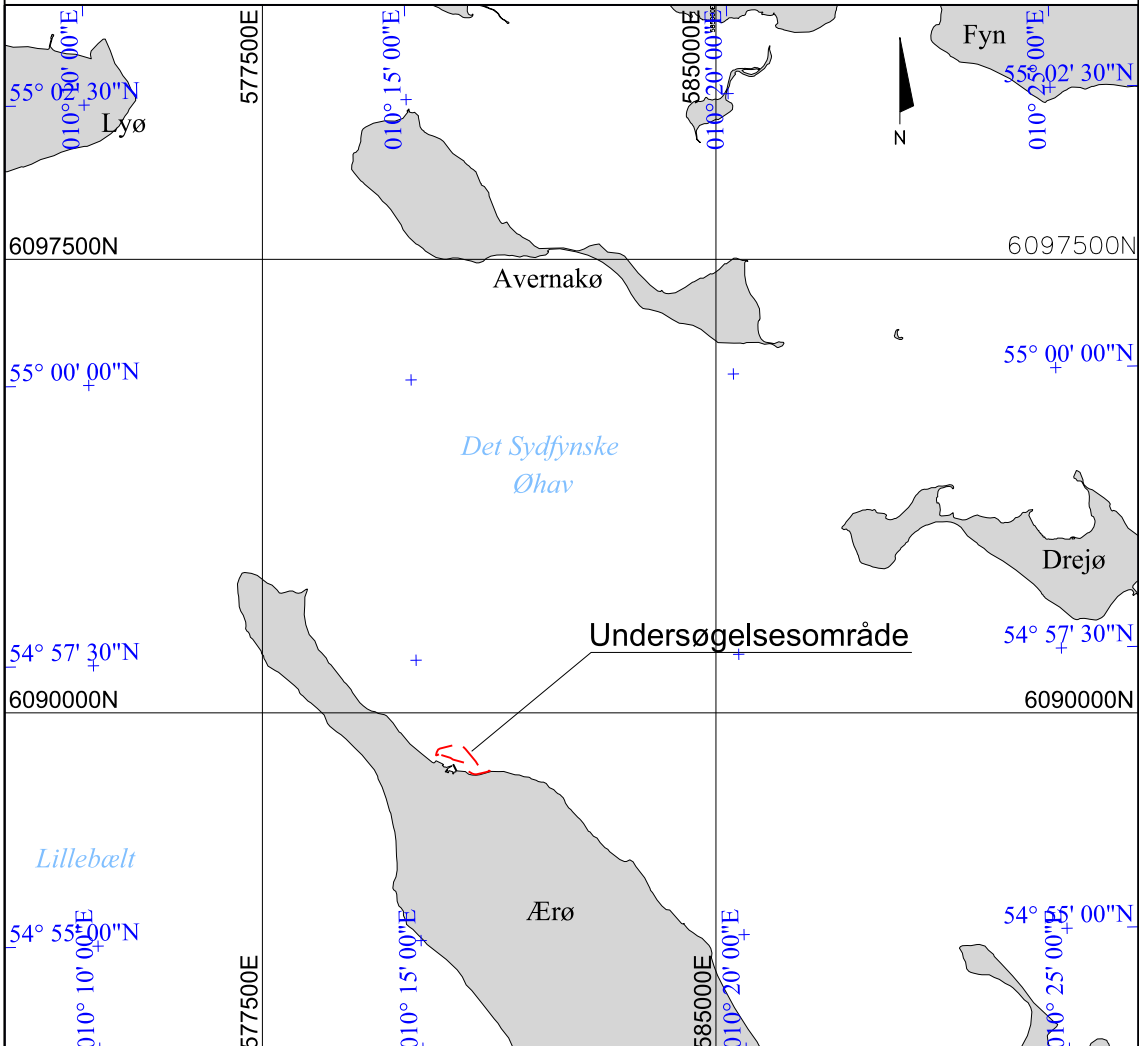
KOORDINATSYSTEM

Spheroid : WGS 84 Datum: WGS 84 Semi-Major axis : 6 378 137m Flattening: 1/298,257
Projection : Transverse Mercator Grid : UTM 32N Central Meridian : 9° East Latitude of Origin: 0° North
Scale Factor : 0.9996 False Easting : 500 000m False Northing : 0m

MÅLESTOK 1 : 1500 (A1)



OVERSIGTSKORT



RAMBOLL

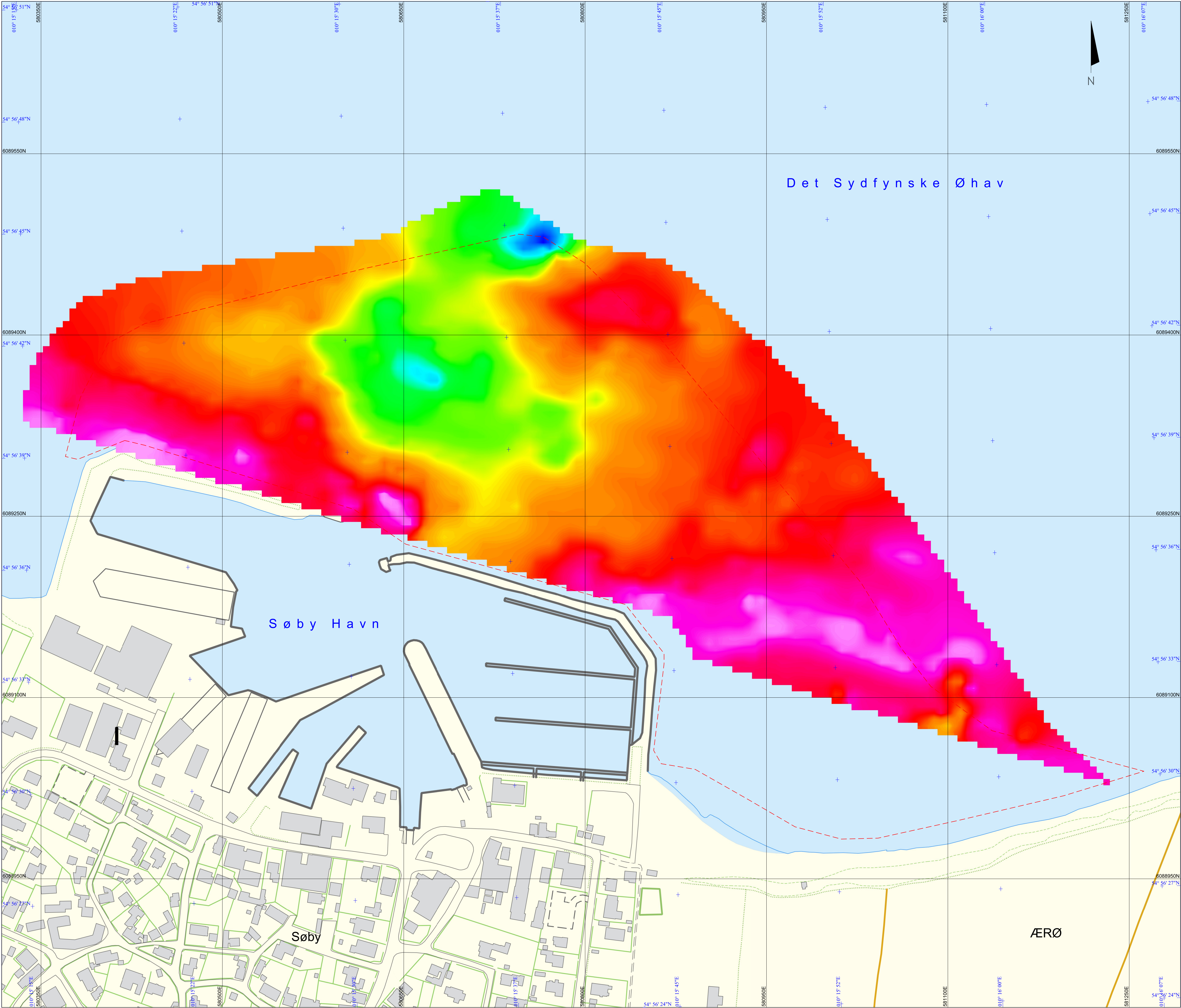


Geofysisk undersøgelse
SØBY HAVN 2015
Bathymetri

Tegning 1 af 3

0	Endelig version	JMN	RUBJ	RUBJ	14/07/2015
Rev.	Beskrivelse	Kontrol	Kontrol	Godekendt	Dato
Kontrol/Træks:	JMN Kontrol: RUBJ Godkendt: RUBJ	Projekt nr.:	1100017346		
Dato:	14/07/2015	Dato:	14/07/2015	Dato:	14/07/2015
		Tegning nr.:	SØBY HAVN-BAT		

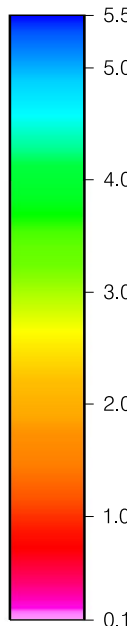
COPYRIGHT RESERVED - THIS DRAWING MAY NOT BE COPIED OR DUPLICATED OR PLACED AT DISPOSAL OF THIRD PARTIES WITHOUT THE CONSENT OF THE OWNER



SIGNATURER

Korttegningsområde

Farveskala



Tykkelse, post glaciale aflejringer

Tykkelse (meter)

UDSTYR

Navigation system: NaviPac and NavScan software from EIVA
Positioning system: Trimble SP5602 and SP5602 in RTK mode
Motion sensor: TSS Orion IIS
Multibeam Echosounder: R2sonic 2020
Side Scan Sonar: EdgeTech 4125 Side Scan Sonar 400/900 kHz
SVP: Valeport MinisVP AML Micros
Sub bottom profiler: Innomar SES2000 compact

KOORDINATSYSTEM

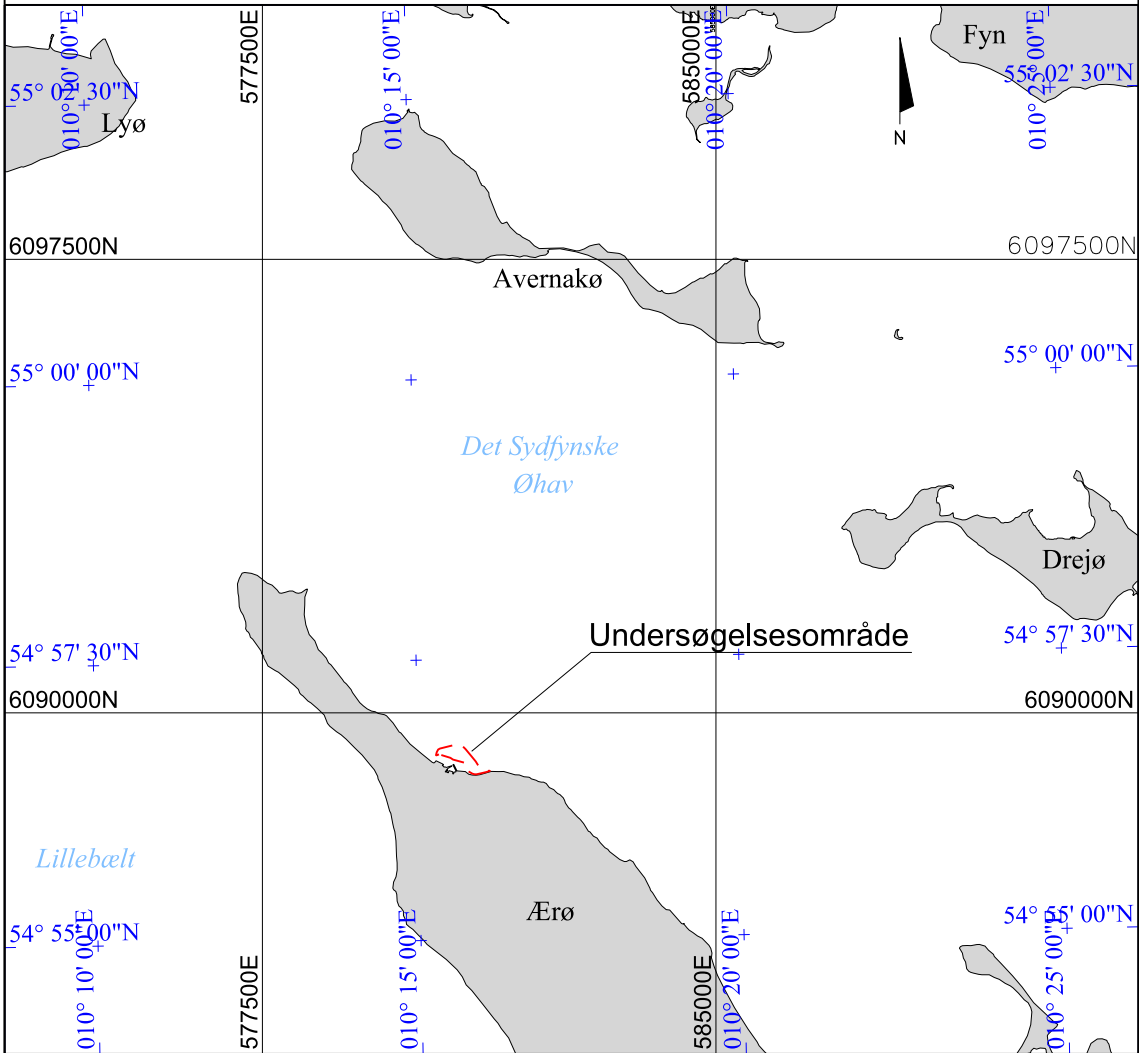
Spheroid : WGS 84 Datum: WGS 84 Semi-Major axis : 6 378 137m Flattening: 1/298,257
Projection : Transverse Mercator Grid : UTM 32N Central Meridian : 9° East Latitude of Origin: 0° North
Scale Factor : 0.9996 False Easting : 500 000m False Northing : 0m

MÅLESTOK 1 : 1500 (A1)



Original A1 (841 x 594mm)

OVERSIGTSKORT



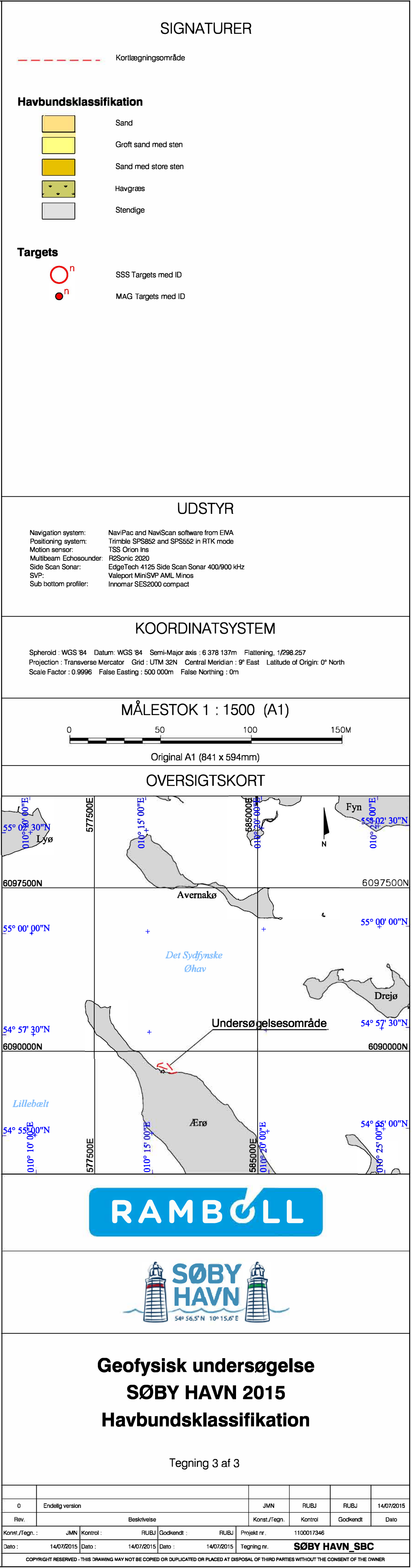
RAMBOLL



Geofysisk undersøgelse
SØBY HAVN 2015
Tykkelseskort, post glaciale aflejringer

Tegning 2 af 3

0	Endelig version	JMN	RUBJ	RUBJ	14/07/2015
Rev.	Beskrivelse	Kontrol	Kontrol	Godkendt	Dato
Kontrol/Tegn.	JMN Kontrol : RUBJ Godkendt : RUBJ	Projekt/Tegn.	Kontrol	Godkendt	Dato
Dato	14/07/2015	Dato	14/07/2015	Dato	14/07/2015
Tegning nr.					SØBY HAVN_PG-ISO
COPYRIGHT RESERVED - THIS DRAWING MAY NOT BE COPIED OR DUPLICATED OR PLACED AT DISPOSAL OF THIRD PARTIES WITHOUT THE CONSENT OF THE OWNER					



Til
Søby Havn

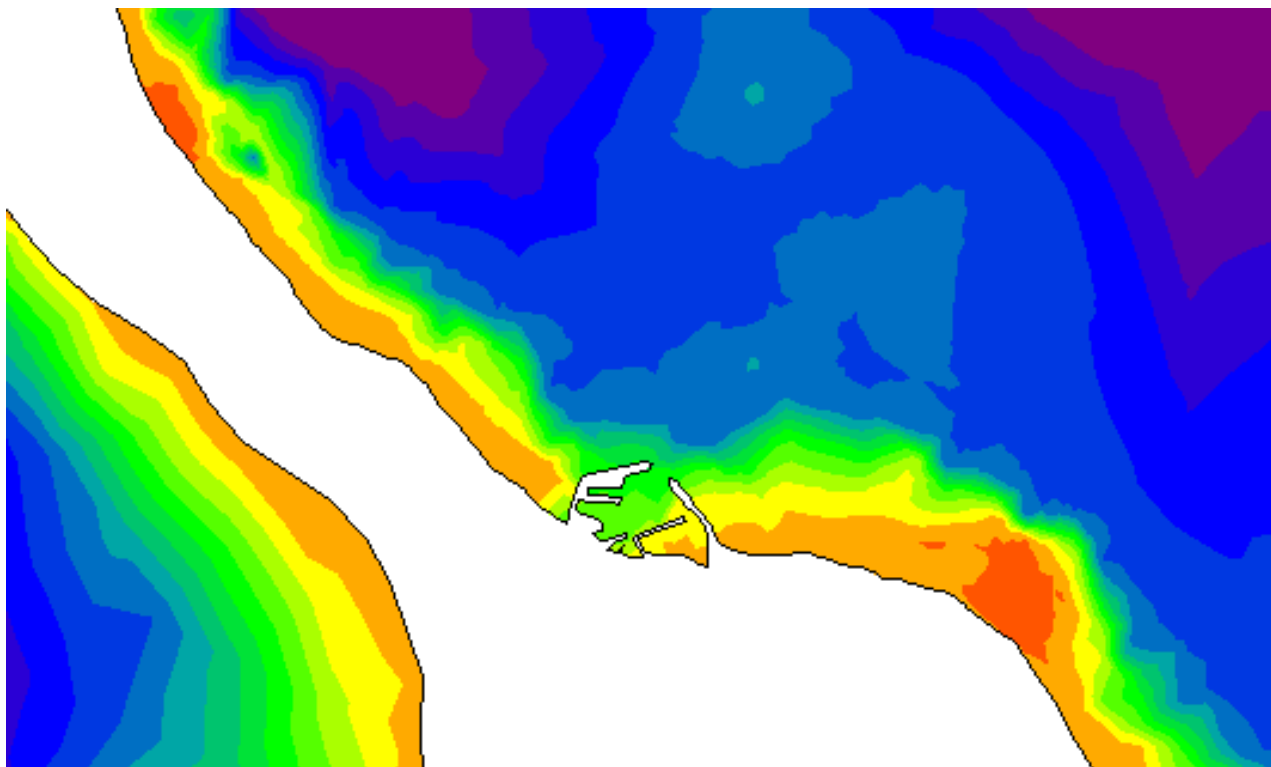
Dokumenttype
Rapport

Dato
Marts, 2020

VVM SØBY HAVN

HYDRAULISK MODELLERING

BAGGRUNDSRAPPORT BILAG 3



HYDRAULISK MODELLERING BAGGRUNDSRAPPORT BILAG 3

Revision **1**
Dato **Marts, 2020**
Udarbejdet af
Kontrolleret af **JAN**
Godkendt af **RHOL**
Beskrivelse **Hydraulisk Modellering til VVM-undersøgelse**

Ref. 1100014876

INDHOLD

1.	INDLEDNING	1
1.1	Layout af Havneudvidelse	1
1.2	Natura-2000 Områder	1
1.3	Valg af Modelperiode	2
2.	MODELOPSÆTNING	4
2.1	Hydrodynamisk Model	4
2.1.1	Modelområde og Mesh	4
2.1.2	Bathymetri	5
2.1.3	Randbetingelser	8
2.1.4	Øvrige Input Parametre	8
2.2	Model for Sedimenttransport	8
2.2.1	Modelopsætning af sedimenttransportmodul	8
2.2.2	Gravescenarie	9
2.2.3	Sedimentkarakteristika	10
2.2.4	Spildrater	10
2.2.5	Faldhastigheder	11
3.	VANDSTAND OG STRØMFORHOLD	13
3.1	Udtrækning af Data	13
3.2	Eksisterende Forhold	15
3.3	Fremtidige Forhold	18
3.4	Sammenligning af Eksisterende og Fremtidige Forhold	21
3.5	Tangophobning ved Søby Havn	22
4.	SEDIMENTSPREDNING	24
4.1	Resultater for koncentrationer af suspenderet sediment	24
4.1.1	Maksimum koncentrationer af suspenderet sediment	24
4.1.2	Middelkoncentrationer af suspenderet sediment	25
4.2	Resultater for overskridelseshyppighed af 2 mg/l og 10 mg/l suspenderet sediment	25
4.2.1	Overskridelse af 2 mg/l	26
4.2.2	Overskridelse af 10 mg/l	27
4.3	Resultater for sedimentationstykkelser	27
5.	FREMTIDIG KYSTUDVIKLING	28
5.1	Eksisterende forhold	28
5.2	Fremtidige forhold	28
5.2.1	Kystens ligevægtsorientering	28
5.2.2	Bølgeforhold	28
5.2.3	Aktiv dybde	30
5.2.4	Fremtidig sedimenttransport omkring havneudvidelsen	31
6.	REFERENCER	33

BILAG

Bilag 1

Tidsserier for Strøm- og Vandstand

1. INDLEDNING

Rambøll udfører den hydrauliske modellering, der skal danne baggrund for udarbejdelse af dele af en VVM-redegørelse for en udvidelse af Søby Havn.

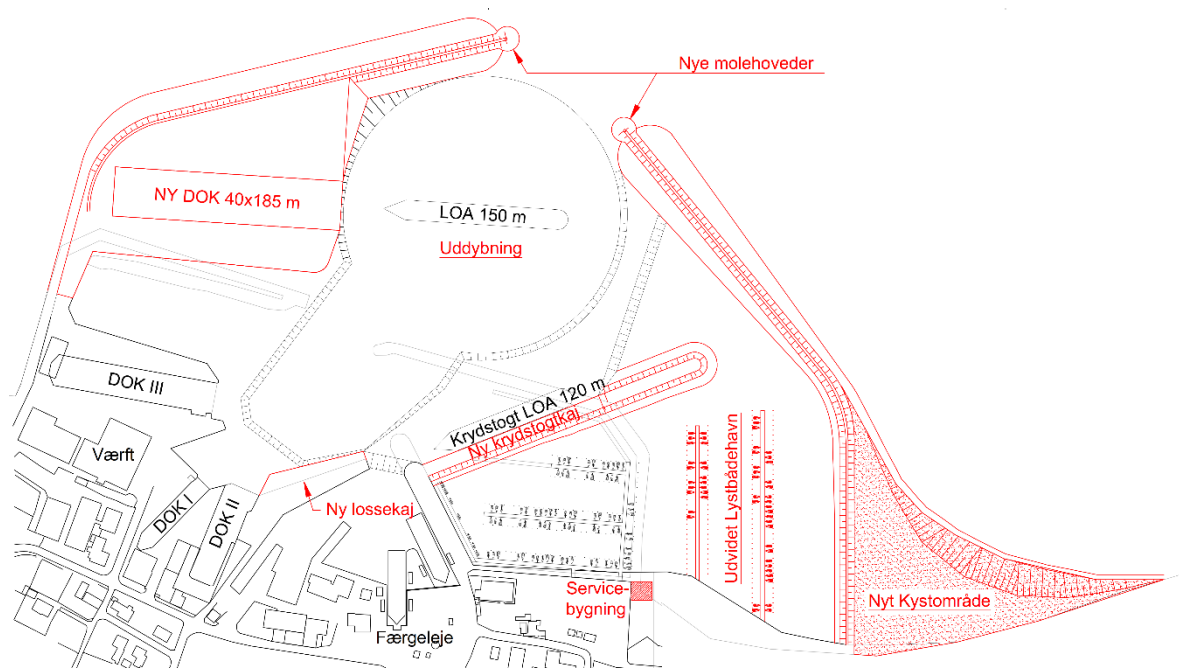
Den hydrauliske model er opstillet for at kunne beskrive havneudvidelsens indflydelse på strøm- og vandstandsforholdene i og omkring havnen specielt med henblik på at vurdere indflydelsen på tangopsamling og mulig sedimentation/erosion. Desuden danner den hydrauliske model grundlag for sedimentspredningsberegninger af sedimentspild som følge af anlægsaktiviteter og uddybning af havnebassinet.

Fokuspunktet for denne rapport er at vise, at havneudvidelsen ikke har indvirkning på Natura-2000 områderne i nærheden.

I denne rapport beskrives modelopsætning af den hydrauliske model samt model for de efterfølgende sedimenttransportberegninger. Desuden præsenteres en analyse af havneudvidelsens indflydelse på strøm- og vandstandsforhold, samt en analyse af sedimentspredning i forbindelse med uddybelsesarbejder i havnen.

1.1 Layout af Havneudvidelse

Den planlagte udvidelse af Søby Havn er som anvist i Figur 1-1. Den eksisterende udformning af havnen er optrukket med lysegrå streg og kan anes i baggrunden af figuren.

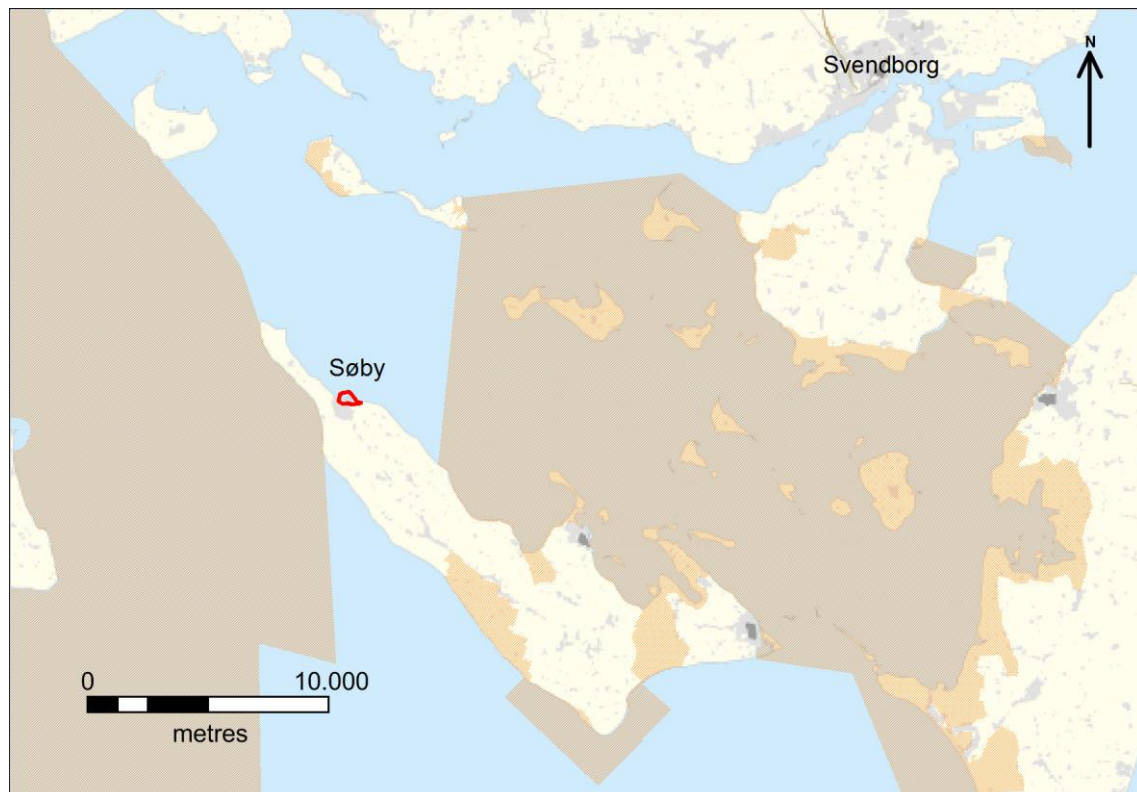


Figur 1-1: Layout af udvidelsen af Søby Havn.

1.2 Natura-2000 Områder

De registrerede Natura-2000 områder i nærheden af Søby Havn er vist på Figur 1-2 i henhold til Danmarks Miljøportal.

Som det fremgår af figuren er der områder registreret både øst og vest for Søby Havn samt mod nord på Avernakø. Havneudvidelsen forventes udelukkende at have indflydelse på de hydrauliske forhold meget lokalt omkring havnen, og der forventes derfor ingen indvirkning på Natura-2000 områderne vist i Figur 1-2.



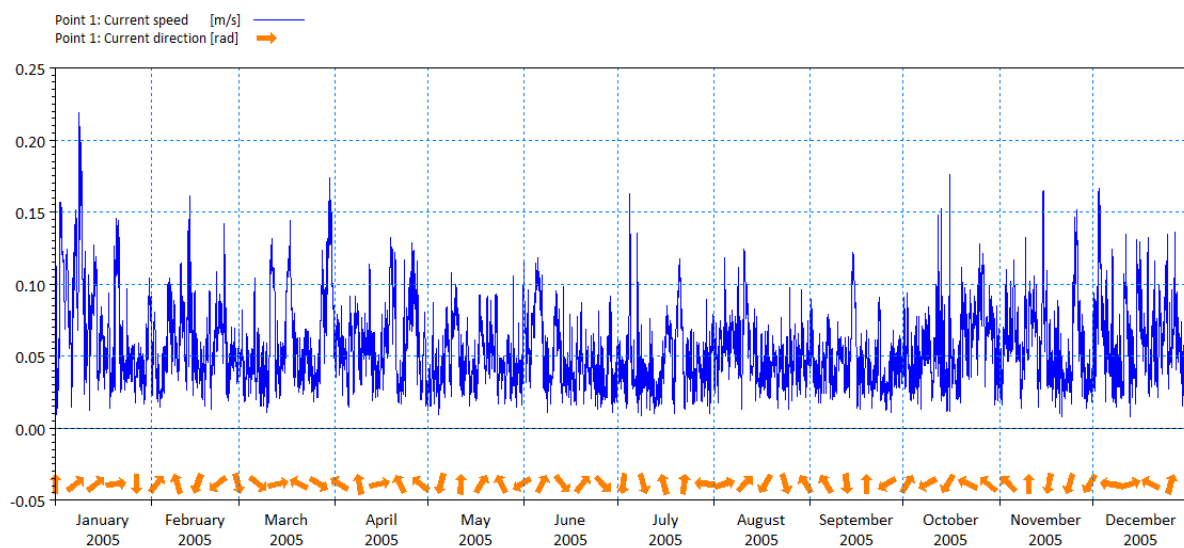
Figur 1-2: Natura 2000 områder (vist med orange) i nærheden af Søby Havn. Data er fra Danmarks Miljøportal.

1.3 Valg af Modelperiode

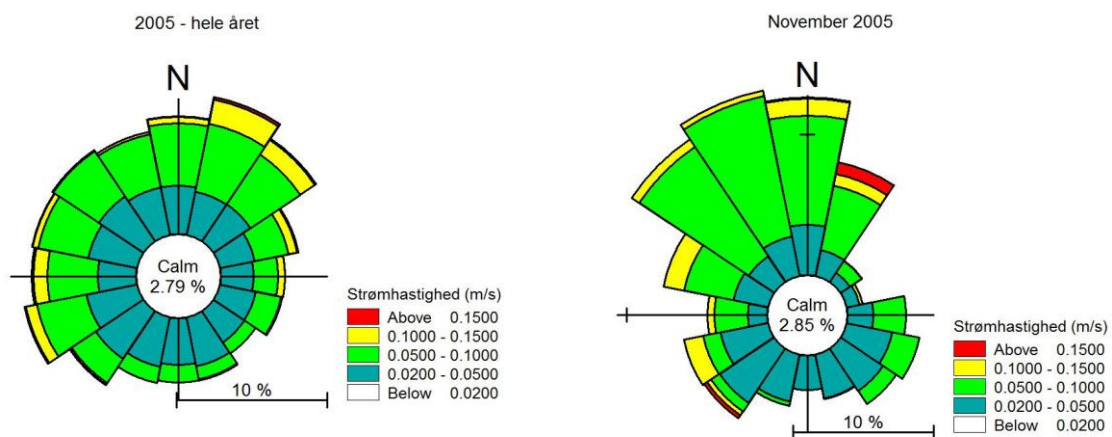
Simuleringsperioden for analysen i denne rapport er valgt at dække hele november måned i år 2005, dvs. perioden 01-11-2011 til 30-11-2005.

Modellen for eksisterende forhold er kørt fra januar til december 2005, og ved sammenligning af tidsserier for vandstandsvariationer og strømhastigheder over hele året, blev november måned vurderet repræsentativ både for analyse af hydrauliske forhold og sedimentation. Perioden er udvalgt, da den både indeholder delperioder med lave strømhastigheder og delperioder med høje strømhastigheder, og således repræsenterer det årlige spænd i hydrodynamiske forhold på tilfredsstillende vis.

En tidsserie af strømforhold gennem år 2005 er præsenteret i Figur 1-3. Tidsserien er udtrukket i et punkt foran Søby Havn midt mellem Ærø, Avernakø og Drejød. Strømrosen svarende til tidsserien fra år 2005 er vist på Figur 1-4 sammen med strømrosen for november 2005. Her ses ligeledes at der både høje og lave strømhastigheder er godt repræsenteret i november 2005, dog med en overrepræsentation af strøm i nordvestlig retning sammenlignet med hele året.



Figur 1-3: Tidsserie af strømforhold gennem år 2005 i et punkt midt mellem Ærø, Avernakø og Drejø.



Figur 1-4: Roseplots af størmhastigheder for hele 2005 og november 2005

2. MODELOPSÆTNING

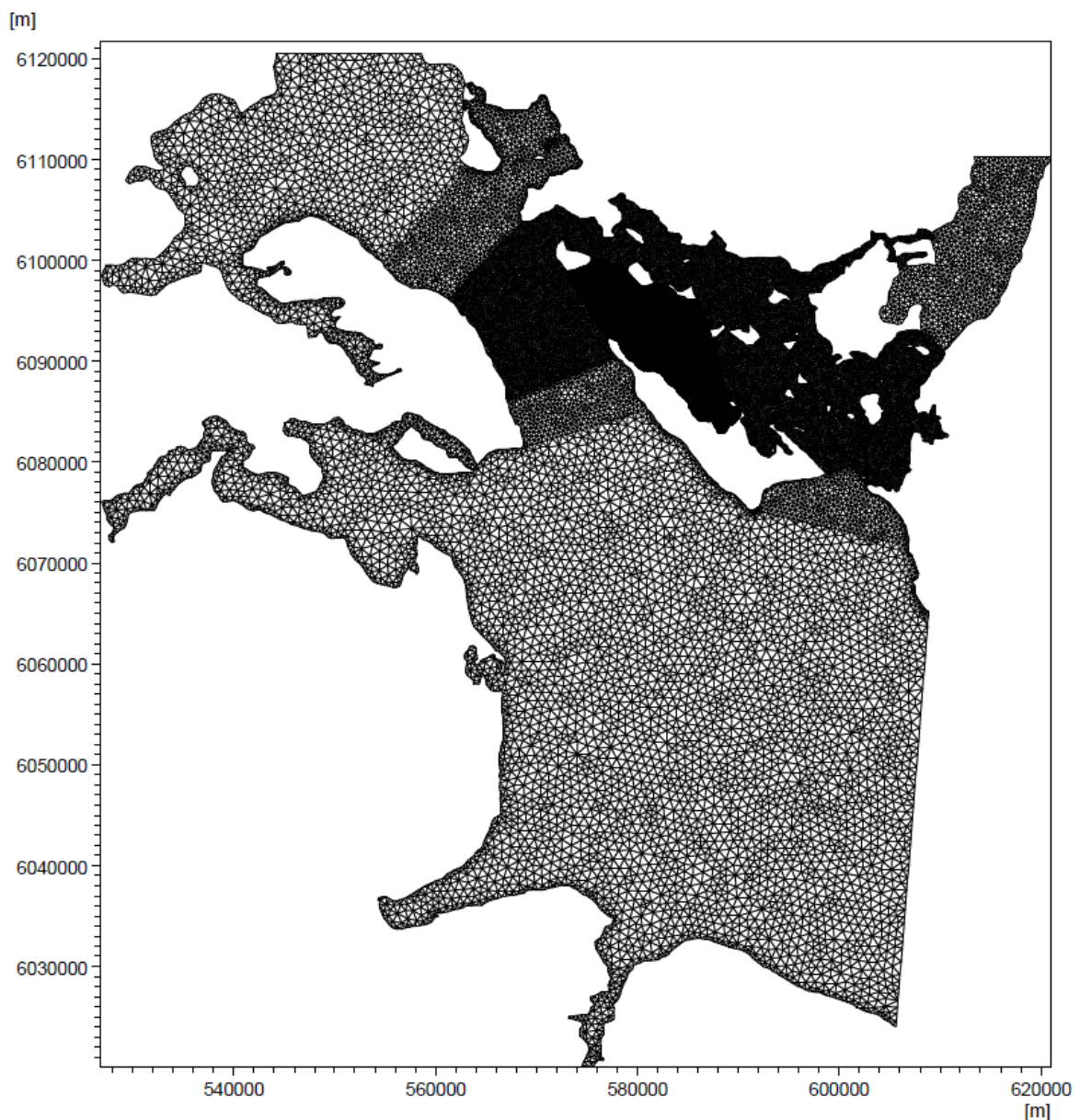
2.1 Hydrodynamisk Model

2.1.1 Modelområde og Mesh

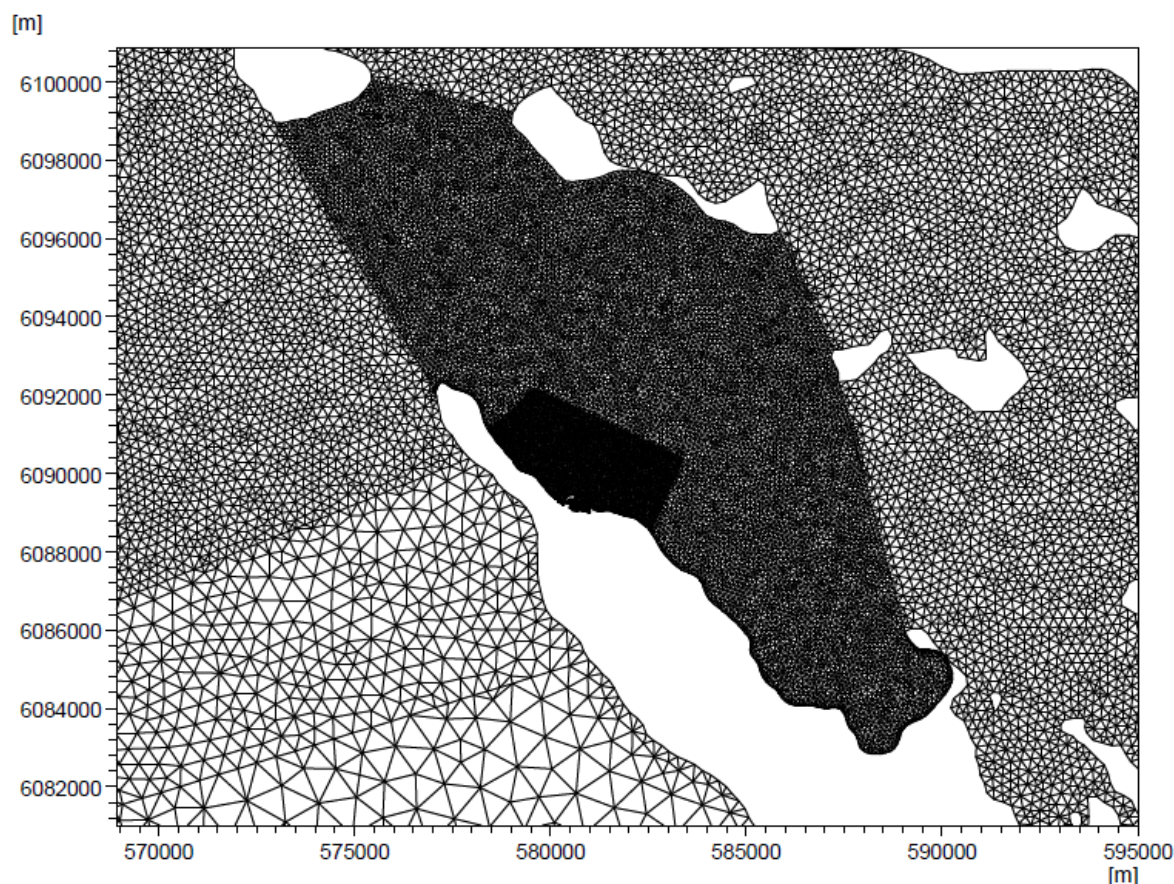
Til simulering af strøm og vandstand i og omkring Søby Havn er der opstillet en hydrodynamisk model i modelværktøjet MIKE 21 FM. MIKE 21 FM er en 2-dimensionel dybdeintegreret finite-volume model, der anvender et "flexible mesh", hvilket betyder, at man indenfor et modelområde kan variere mesh-størrelsen, så nogle områder kan beskrives med fin opløsning mens en grovere opløsning kan anvendes andre steder i domænet.

Modellen er opstillet for farvandet syd for Fyn med en størrelse på ca. 80 km x 80 km, som det ses af Figur 2-1. Området er afgrænset mod nord med åbne rande mod Lillebælt og Siø Sund og mod øst med en åben rand mod Femern Bælt.

Figur 2-2 viser, hvordan meshet bliver finere omkring Søby Havn.



Figur 2-1: Mesh. Hele modelområdet.



Figur 2-2: Finere mesh omkring Søby Havn.

Som grundlag for strømningssimuleringerne der opstillet følgende to model-mesh:

1. Eksisterende forhold
2. Fremtidige forhold med havneudvidelsen implementeret

De anvendte mesh er opstillet med 5 forskellige mesh-størrelser indenfor modelområdet. Mesh-størrelserne fremgår af nedenstående tabel.

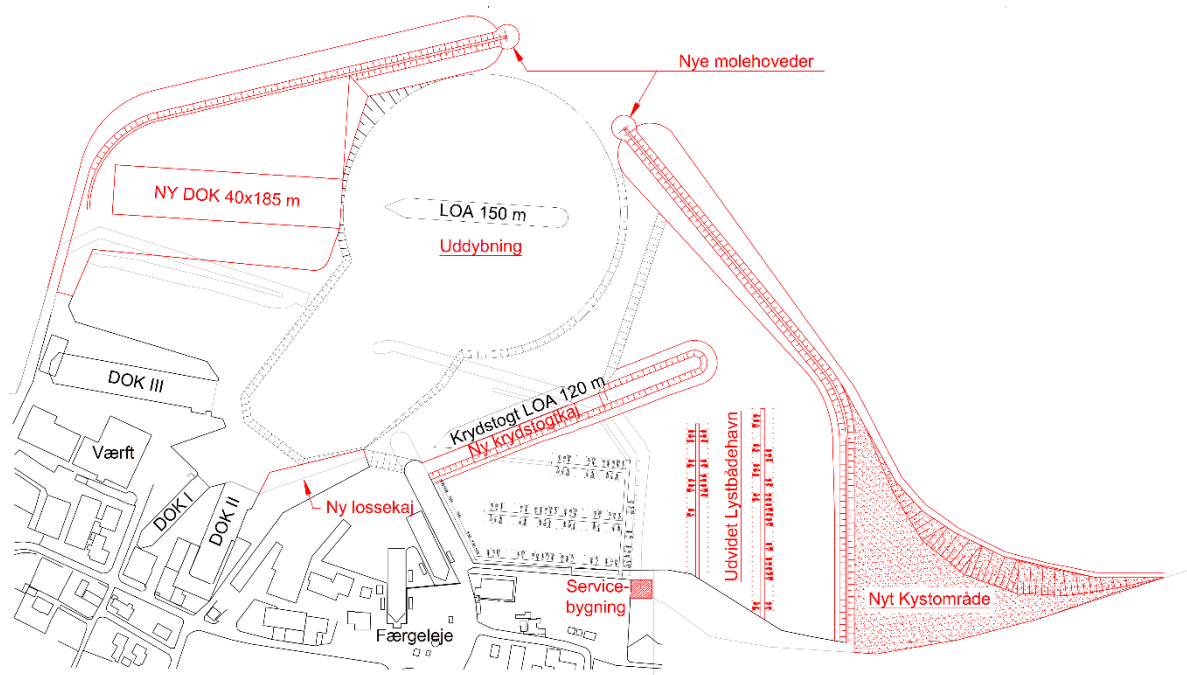
Tabel 2-1: Mesh-størrelser i modelområdet.

Område	Maks. areal af mesh-elementer	Gennemsnitlig afstand mellem mesh-knuder
1 – Lige omkring havnen	2 500 m ²	50 m
2 – Mellem Ærø, Drejø, Avernakø og Lyø	10 000 m ²	100 m
3 – Det indre Sydfynske Øhav	40 000 m ²	200 m
4 – Siø Sund, samt resten af det Sydfynske Øhav	160 000 m ²	400 m
5 – Resten af modelområdet	500 000 m ²	750 m

Meshet for fremtidige forhold afviger fra den eksisterende situation ved at havneudvidelsen er lagt ind, og at bathymetrien er uddybet som beskrevet i projektforslaget. I den resterende del af modelområdet svarer de to model-mesh til hinanden mht. mesh-størrelse og bathymetri.

2.1.2 Bathymetri

Bathymetrien er implementeret i modellen, ved at interpolere de indsamlede dybdata fra MIKE C-MAP i de to opstillede model-mesh for hhv. nuværende og fremtidige forhold. Efterfølgende er bathymetrien for de fremtidige forhold uddybet svarende til layoutet for havneudvidelsen i Bathymetrien for hele modelområdet er præsenteret i Figur 2-4.

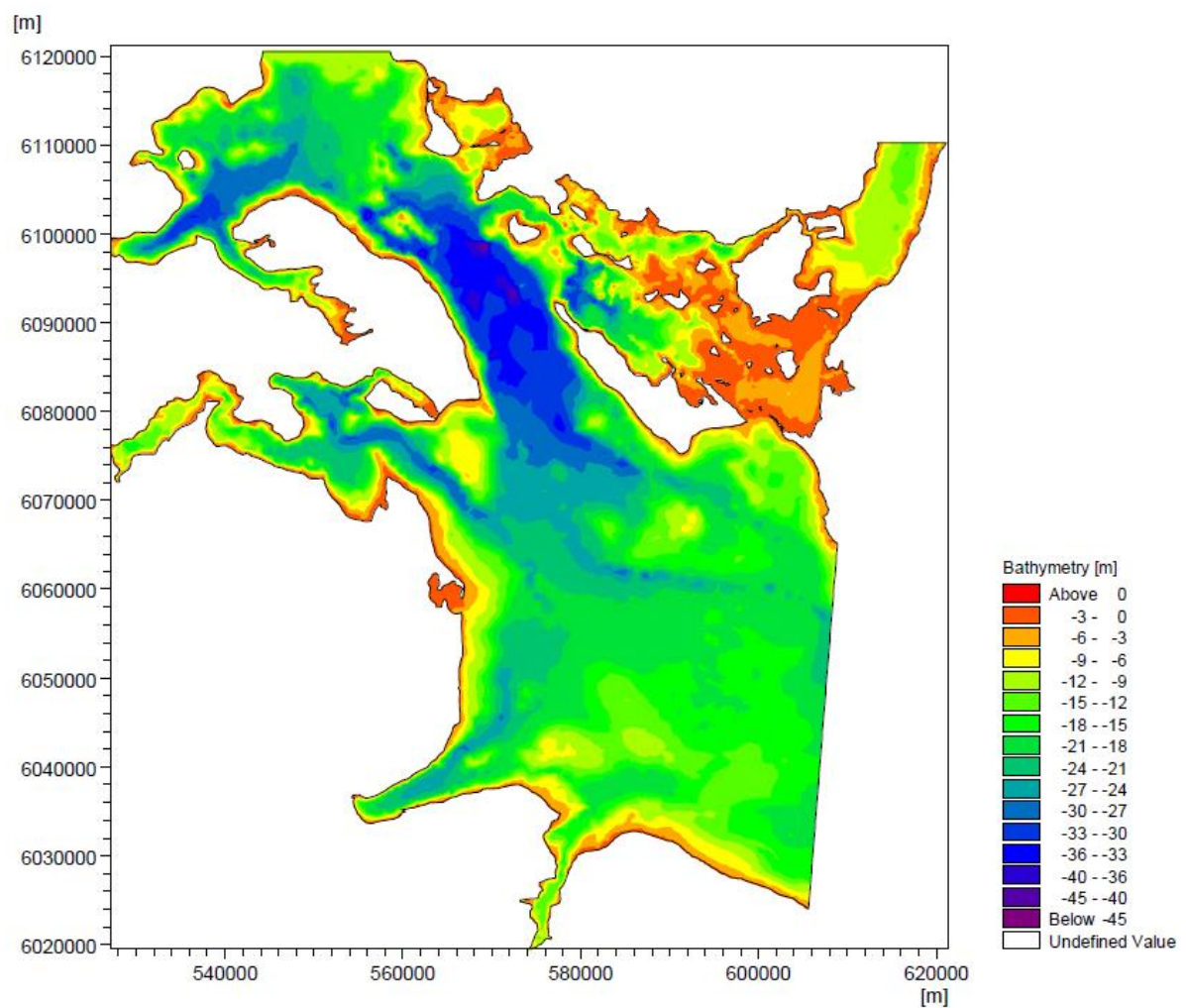


Error! Reference source not found.

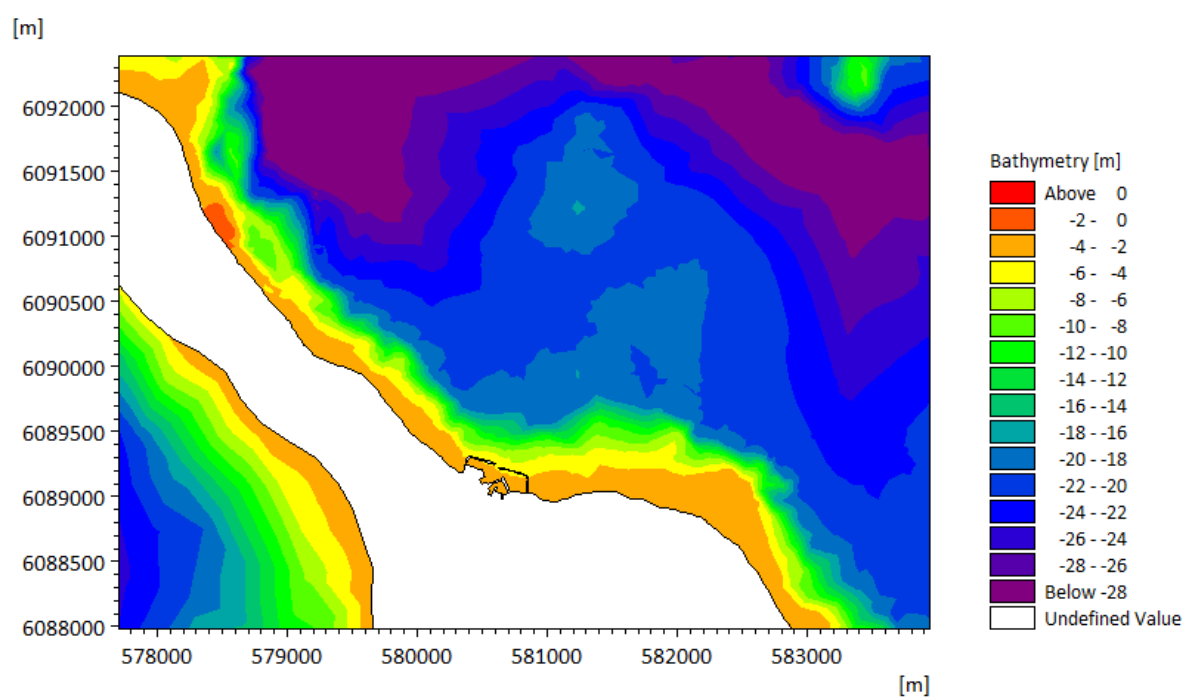
Figur 2-3: Layoutplan.

Lige omkring Søby Havn er bathymetrien anvendt til beskrivelse af de nuværende forhold vist i Figur 2-5, og bathymetrien anvendt til de fremtidige forhold er vist i Figur 2-6.

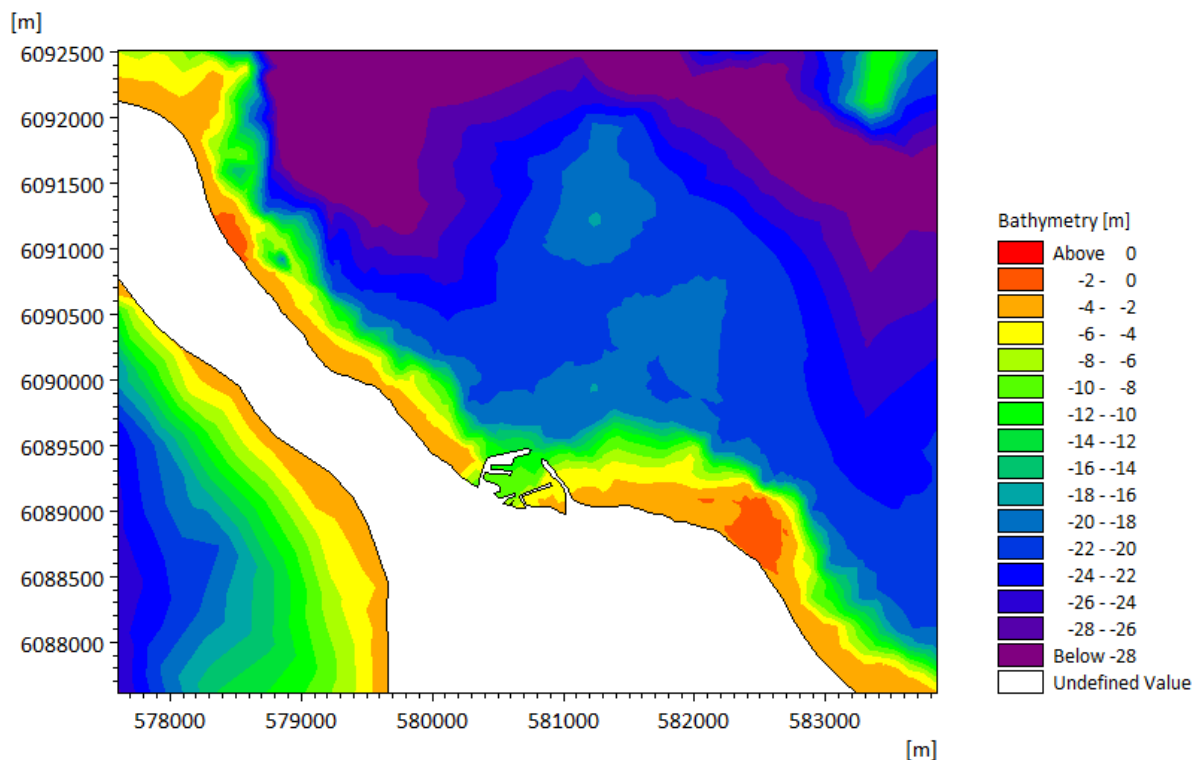
For at opnå bedre numerisk stabilitet i modelsimuleringerne, er der udgravet til konstant vanddybde på henholdsvis 10m og 18m ved randene mod Lillebælt og Femern Bælt.



Figur 2-4: Bathymetri for hele modelområdet.



Figur 2-5: Bathymetri lige omkring Søby Havn; eksisterende forhold.



Figur 2-6: Bathymetri lige omkring Søby Havn; fremtidige forhold.

2.1.3 Randbetingelser

Ved de tre åbne rande er randbetingelserne specificeret ved varierende vandstand.

Vandstanden ved de tre rande er baseret på DHI's Havmodel. Vandstanden varierer både over tid samt langs den pågældende rand.

2.1.4 Øvrige Input Parametre

Følgende input parametre er valgt i forbindelse med modelopstillingen:

Flooding and Drying: Er inkluderet for at kunne håndtere de lavvandede områder, der berøres af tidevandet.

Eddy Viscosity: Hvirvelviskositeten beskrives ved Smagorinsky konstanten, $k = 0,28$.

Bed Resistance: Bundruheden er beskrevet med Manningtallet ($M = 40$) og er indgået som en kalibreringsparameter.

Wind Forcing: Som input til strømmodellen anvendes et 2D vindfelt baseret på DHI's Havmodel.

2.2 Model for Sedimenttransport

2.2.1 Modelopsætning af sedimenttransportmodul

Sedimenttransporten er beregnet med sedimenttransport modulet MIKE 3 MT (Mud Transport), der beregner transport, dispersion og bundfældning af kohæsive sedimenter som silt- og lerpartikler.

Sedimenttransporten beregnes på baggrund af resultater fra strømmodellen beskrevet ovenfor.

Der beregnes ikke på den naturlige sedimenttransport, men udelukkende på transporten af spildet fra gravearbejdet til uddybning af havnen. Spildet lægges ind i modellen som tidsserier med dynamiske positioner, der bevæger sig rundt i området, hvor der skal graves. Tidsserierne repræsenterer gravearbejdet til uddybning af hele havnen, idet der forudsættes at blive gravet med to gravemaskiner, således at der anvendes i alt to tidsserier med hver en spildrate. Spildet fordeles i hele vandsøjlen.

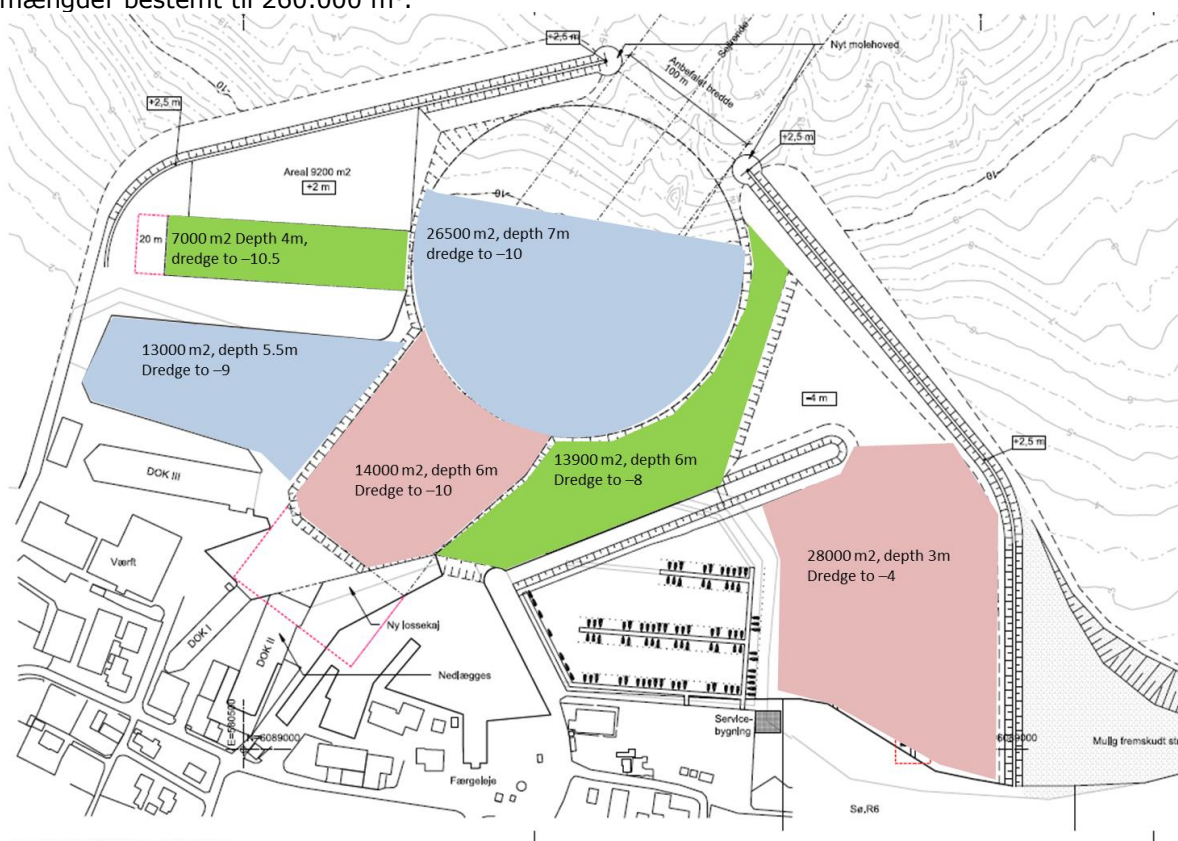
Sedimentspildet indlægges i modellen med forskellige kornstørrelsesfraktioner, der hver har en faldhastighed.

Erosion og bundfældning styres i modellen ved kritiske bundforskydningsspændinger, der er sat med default parametre for løst aflejret "mudder", som er repræsentativt for det materiale, der bundfældes som følge af spildet.

Dispersionen er i modellen lagt ind som en "scaled eddy viscosity" med default parametre.

2.2.2 Gravescenarie

På baggrund af de eksisterende og fremtidige vanddybder, vist i Figur 2-7, er de totale gravemængder bestemt til 260.000 m³.



Figur 2-7: Gravemængder

Som grundlag for modelsimuleringerne antages det at der anvendes to traditionelle gravemaskiner til uddybning af havnebassinerne. Hver gravemaskine antages at kunne udgrave 5000 m³/døgn, hvilket svarer til de største maskiner der umiddelbart vil være tilgængelige i Danmark.

Det antages i modelsimuleringerne, at begge gravemaskiner kører samtidigt over hele anlægsperioden, og hver graver halvdelen af det samlede gravevolumen.

Med denne type operationer vurderes der at være et spild på 5%, som fordeles over vandsøjlen. Dette er en erfaringsværdi, der har været anvendt af Rambøll i andre VVM redegørelser, hvor der har været uddybet i kystnære områder.

Spildet fra den ene gravemaskine lægges som en kilde i den ydre del af uddybningsområdet og spildet fra den anden gravemaskine lægges i den indre del af uddybningsområdet.

2.2.3 Sedimentkarakteristika

Der er ikke udført geotekniske undersøgelser som grundlag for havneudvidelsesprojektet, men der foreligger geotekniske oplysninger fra etablering af tørdokken, ref. [4], [5], [6], der anvendes som grundlag for vurderingen af sedimentforholdene.

På baggrund af dette grundlag, er det vurderet, at geologien i uddybningsområdet mellem kote - 3 og -10 primært består af moræneaflejringer med hovedvægt på moræneler. Det naturlige vandindhold er bestemt til 15 - 20% (vægtprocent af vandindhold i forhold til tørstof), mens der ikke foreligger oplysninger om kornstørrelsesfordelinger.

Ved antagelse om et generelt vandindhold på 20%, fås en tørstofprocent på 83% (vægtprocent af vådvægt). Endvidere kan den samlede densitet bestemmes ud fra en antagelse om en densitet af tørstoffet på ca. 2650 kg/m³ og en densitet af vandindholdet på ca. 1000 kg/m³. Med det angivne vandindhold fås en samlet densitet af sedimentet på 2073 kg/m³.

Parameter	Betegnelse	Værdi
Tørstofprocent (vådvægt)	T	83%
Densitet af tørstof	ρ_s	2650 kg/m ³
Densitet af vand	ρ_w	1000 kg/m ³
Densitet af sediment	ρ_{tot}	2073 kg/m ³

Spildet af sediment fra graveoperationer er de fine fraktioner af sedimentet. Som grundlag for modelleringen anvendes fraktionerne finsand, silt og ler, med en øvre kornstørrelse på $d = 0,2$ mm for finsand.

Da der ikke foreligger kornstørrelsesfordelinger af sedimentet, må der antages en fordeling mellem de forskellige fraktioner. Moræneler har generelt en meget flad kornkurve, og på det foreliggende grundlag antages det at spildet fordeler sig ligeligt mellem de tre fraktioner: finsand, silt og ler.

Fraktion	Kornstørrelse	Andel af spild
Finsand	0,2 – 0,06 mm	33%
Silt	0,06 – 0,002 mm	33%
Ler	< 0,002 mm	33%

2.2.4 Spildrater

Spildraten for sedimentspildet som følge af gravearbejdet bestemmes på baggrund af formlen:

$$K_s = \frac{V \rho S T}{t}$$

, hvor V er graveintensiteten, ρ er den samlede densitet af sedimentet, S er spildprocenten, T er tørstofindholdet i sedimentet og er gravearbejdes varighed. Det antages at der arbejdes 12 timer i løbet af et døgn.

Parameter	Værdi
Graveintensitet, V	5000 m ³ /døgn
Densitet, ρ_{tot}	2073 kg/m ³
Spildprocent, S	5%
Tørstofindhold T	83%
Varighed t	12 timer/døgn
Spildrate K_s	9,96 kg/s

Spildet af hver fraktion fordeler sig ligeligt med 3,32 kg/s per fraktion i 12 timer per døgn efterfulgt af 12 timers pause.

2.2.5 Faldhastigheder

Faldhastigheden af sedimentfraktionerne beregnes ved Stokes lov:

$$w_s = \frac{(s - 1)g d^2}{18\nu}$$

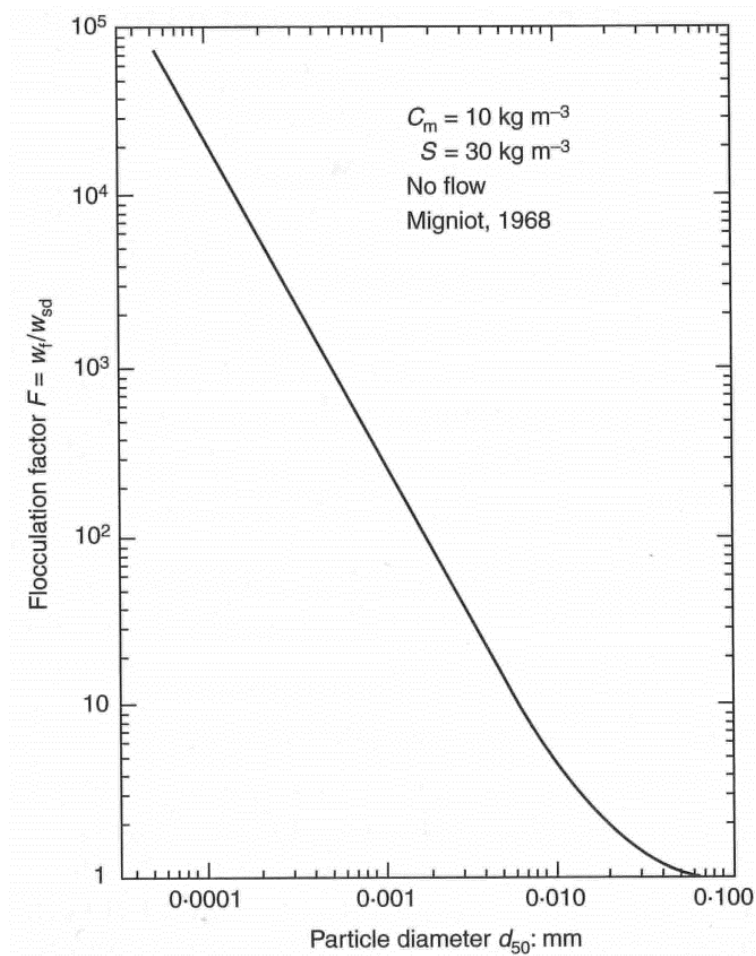
, hvor s er sedimentets (tørstof) relative densitet i forhold til vandets, g er tyngdeaccelerationen, d er middeldkornstørrelsen og ν er vandets kinematiske viskositet ved 15°C.

Parameter	Værdi
s	2,65
g	9,82 m/s ²
ν	1,14 x 10 ⁻⁶ m ² /s

Dette giver faldhastigheder som følger:

Fraktion	Repræsentativ kornstørrelse	Stokes-faldhastighed
Finsand	0,1 mm	7,9 mm/s
Silt	0,01 mm	0,079 mm/s
Ler	0,001 mm	7,9 x 10 ⁻⁴ mm/s

Silt- og lerfraktionerne vil dog flokkulere når de frigives i vandfasen i saltvand og danne aggregerter der er væsentlig større end primærpartiklerne, men også med en lavere densitet. Dette er en kompliceret proces, og der anvendes derfor nogle grove estimater for at tage højde for flokkuleringsprocessen i modelleringen. Flokkuleringens effekt på faldhastighederne medtages ved at gange en faktor på den fundne Stokes-faldhastighed, som bestemmes ud fra nedenstående Figur 2-8.



Figur 2-8: Forhold mellem middelpartikelstørrelse og flokkuleringsfaktor, ref. [7]

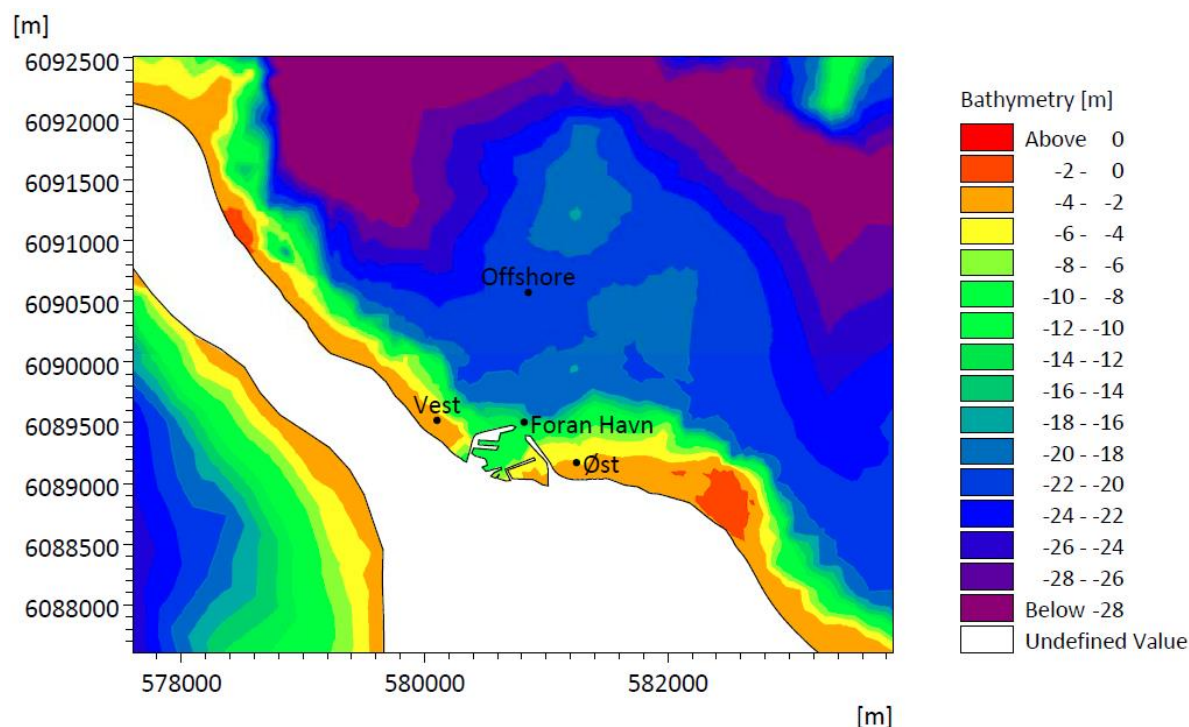
Anvendte faldhastigheder der tager højde for flokkulering er vist i tabellen nedenfor.

Fraktion	Repræsentativ kornstørrelse	Flokkuleringsfaktor F	Stokes-faldhastighed	Anvendt faldhastighed
Finsand	0,1 mm	1	7,9 mm/s	7,9 mm/s
Silt	0,01 mm	5	0,079 mm/s	0,40 mm/s
Ler	0,001 mm	200	$7,9 \times 10^{-4} \text{ mm/s}$	0,16 mm/s

3. VANDSTAND OG STRØMFORHOLD

3.1 Udtrækning af Data

Resultater for strøm- og vandstandsforhold fra simuleringerne af de fremtidige forhold vil i de følgende afsnit blive sammenlignet med de eksisterende forhold. Der udtrækkes specifikke tids-serier med vandstand og strømhastigheder samt strømrøser i punkterne vist på Figur 3-1, som grundlag for sammenligningen. Koordinater for dataudtrækspunkterne er ligeledes givet i Tabel 3-1.



Figur 3-1: Positioner for sammenligning af strømdata.

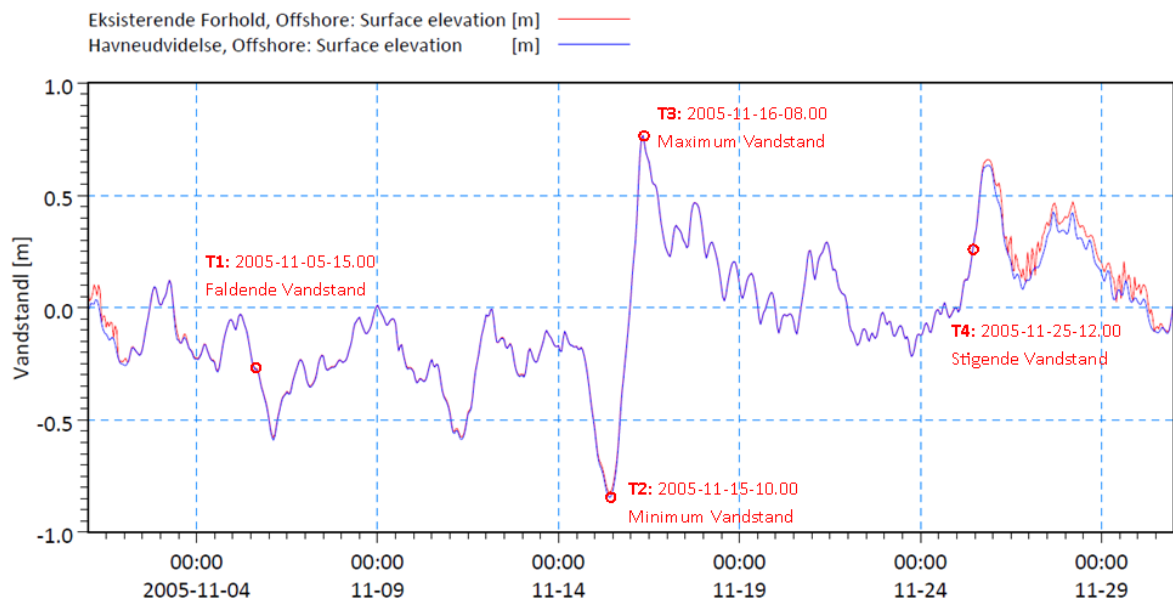
Tabel 3-1: Koordinater for dataudtrækningspositioner.

Punkt	Beliggenhed	X-koordinat (UTM32)	Y-koordinat (UTM32)
Offshore	Offshore punkt, langt fra den planlagte havneudvidelse	580.853,0	6.090.570,0
Foran Havn	Foran indsejlingen til havnen	580.820,0	6.089.503,5
Øst	Ved kysten øst for havneudvidelsen	581.250,0	6.089.170,0
Vest	Ved kysten vest for havneudvidelsen	580.103,0	6.089.518,5

Desuden er der udvalgt fire tidspunkter, som angivet i Figur 3-2, til sammenligning af strømdata. Tidsserien i Figur 3-2 viser vandstandsvariationerne over modelperioden ved Offshore-punktet (se Figur 3-1) for både eksisterende og fremtidige forhold. Som det ses i figuren, giver havneudvidelsen kun minimale ændringer i vandstanden ved Offshore-punktet, hvilket underbygger forventningen om, at havneudvidelsen ikke har indflydelse på de omkringliggende Natura-2000 områder.

I Bilag 1 er der desuden præsenteret tidsserier for vandstand og strømhastigheder under eksisterende og fremtidige forhold ved de fire punkter vist i Figur 3-1.

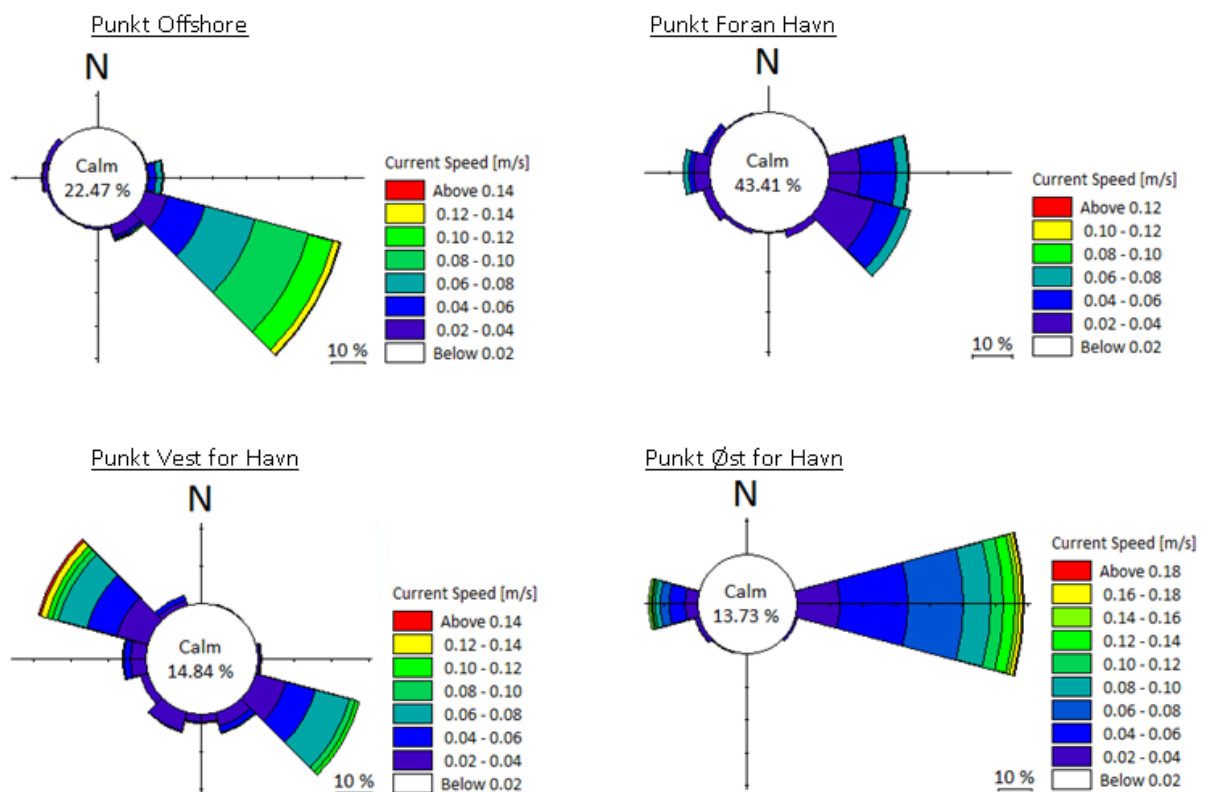
Tidspunkterne i Figur 3-2 til sammenligning af strømdata er udvalgt, så alle vandstandstilfælde indenfor modelperioden er repræsenteret: faldende vandstand, minimum vandstand, maksimum vandstand og stigende vandstand.



Figur 3-2: Tidsserie af vandstandsvariationer ved Offshore-punktet vist i Figur 3-1. Tidspunkter, T1-T4, for sammenligning af strømdata.

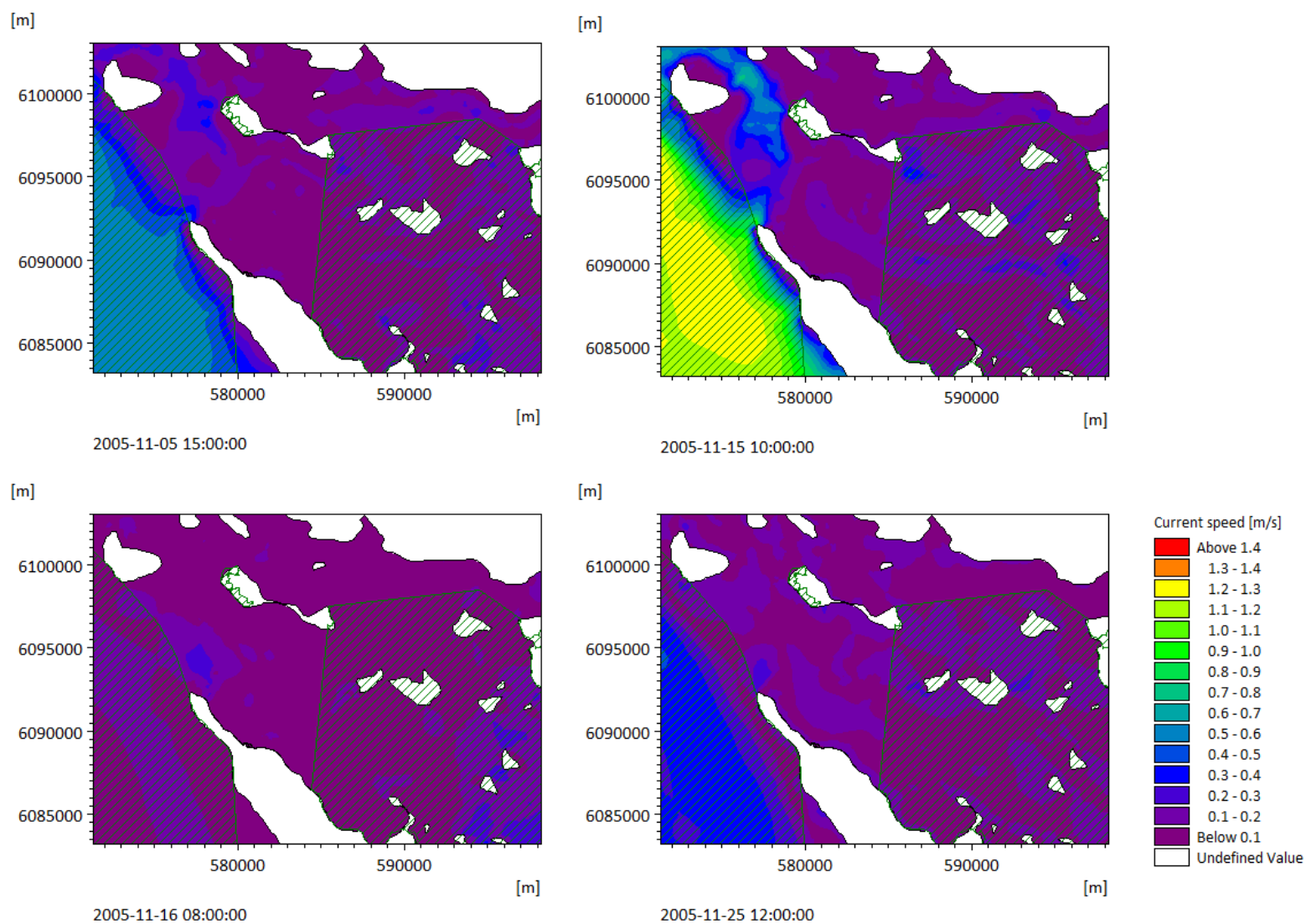
3.2 Eksisterende Forhold

I Figur 3-3 præsenteres de beregnede strømrøser for de eksisterende forhold ved de fire punkter vist i Figur 3-1. Strømretningen foran Ærø i Offshore-punktet er som forventet domineret af en sydøst-gående strøm, som kommer ned og ind fra Lillebælt med en maksimal strømhastighed på omkring 14 cm/s. I de kystnære punkter Vest, Øst og Foran Havnen bliver den dominerende strømretning styret af kystens og havnens udformning, således at strømmen løber parallelt med kystprofilen. I punktet Øst for havnen findes den maksimale strømhastighed på ca. 18 cm/s.

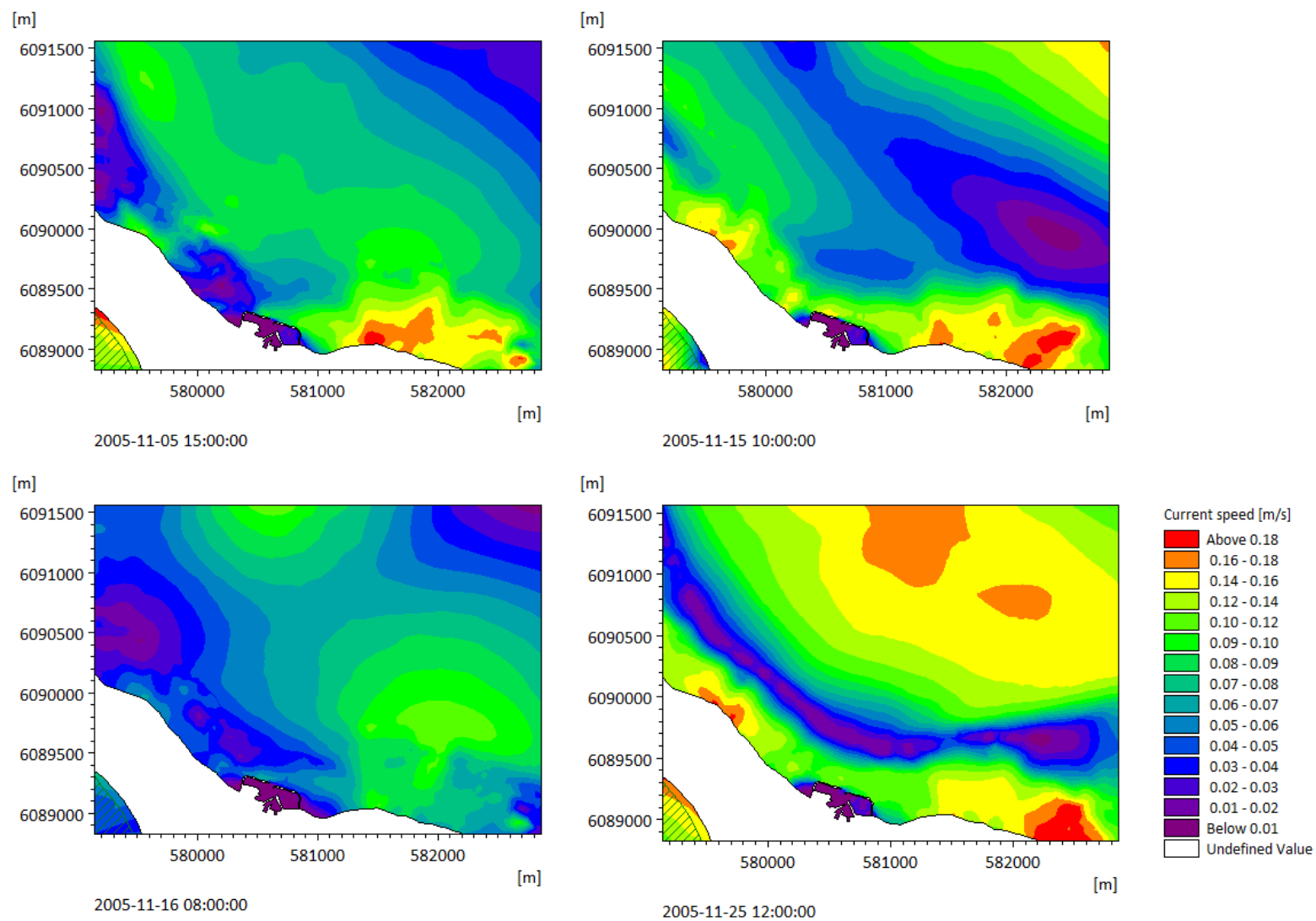


Figur 3-3: Strømrøser for eksisterende forhold ved de fire punkter vist i Figur 3-1.

Strømhastighederne for eksisterende forhold til de fire tidspunkter givet i Figur 3-2 er vist i Figur 3-4 og Figur 3-5. På Figur 3-4 er Natura-2000 områderne desuden vist med grøn skraveret. De største strømhastigheder findes som forventet i området syd for Ærø med en hastighed på ca. 130 cm/s.



Figur 3-4: Strømforhold for eksisterende forhold ved de fire tidspunkter vist i Figur 3-2. Natura-2000 områder er vist med grøn skravering.



Figur 3-5: Strømforhold for eksisterende forhold ved de fire tidspunkter vist i Figur 3-2.

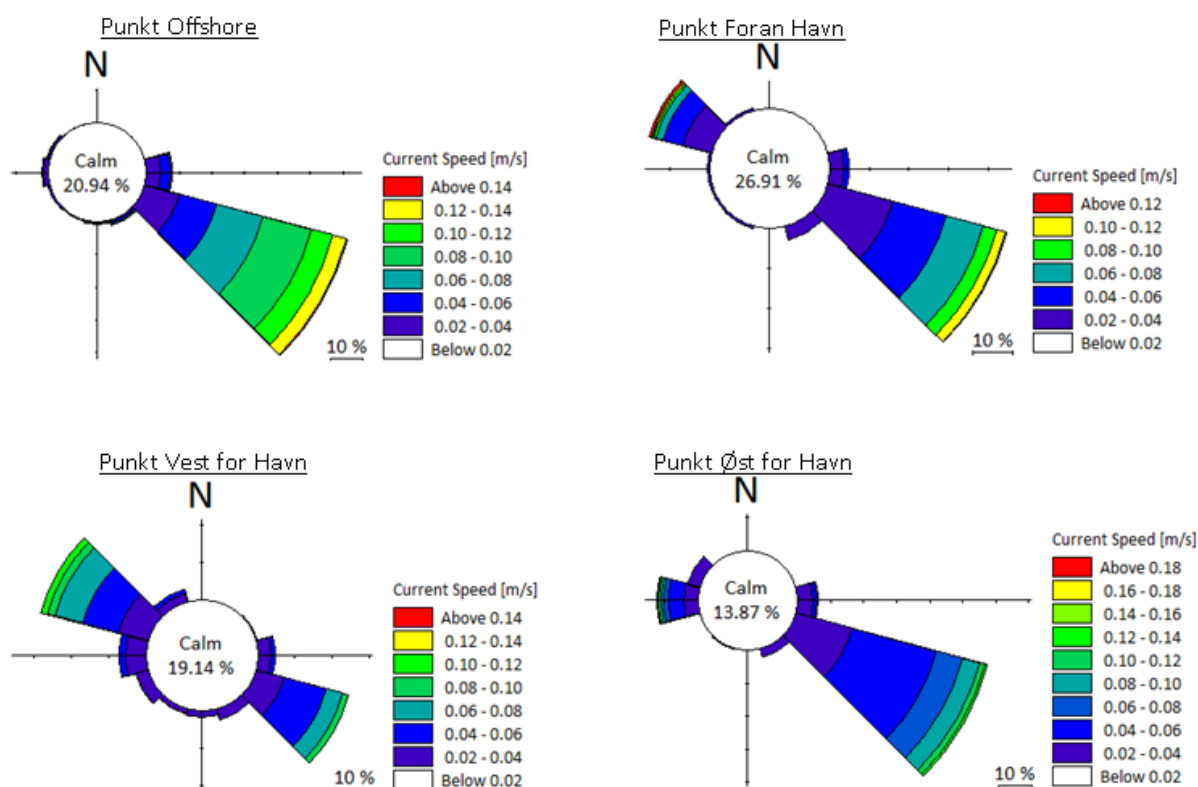
3.3 Fremtidige Forhold

I Figur 3-6 præsenteres de beregnede strømrøser for de fremtidige forhold ved de fire punkter vist i Figur 3-1. Ligesom for de eksisterende forhold er strømrretningen foran Ærø i Offshore-punktet igen domineret af en sydøst-gående strøm, som kommer ned og ind fra Lillebælt med en maksimal strømhastighed på omkring 14 cm/s. Ligeledes bliver den dominerende strømrretning i de kystnære punkter Vest, Øst og Foran Havnen igen styret af kystens og havnens udformning, således at strømmen løber parallelt med kystprofilen.

En sammenligning af Figur 3-3 og Figur 3-6 viser, at der ikke ses nogen ændring af strømforholdene i Offshore-punktet. Dette ses til gengæld i de tre kystnære punkter.

Med udvidelsen af havnen ændres udformningen og forløbet af kystprofilen betydeligt, idet bølgebryderne forlænges ud på dybere vand længere fra kysten. Foran havnen skaber dette kontraktion af strømlinjerne og dermed øgede strømhastigheder, hvilket fremgår af strømrøsen i punktet Foran Havnen, hvor den maksimale strømhastighed er øget fra ca. 8 cm/s til 12 cm/s. Dette vurderes at være særdeles positivt, da det vil mindske risikoen for tilsanding af havneindløbet betydeligt.

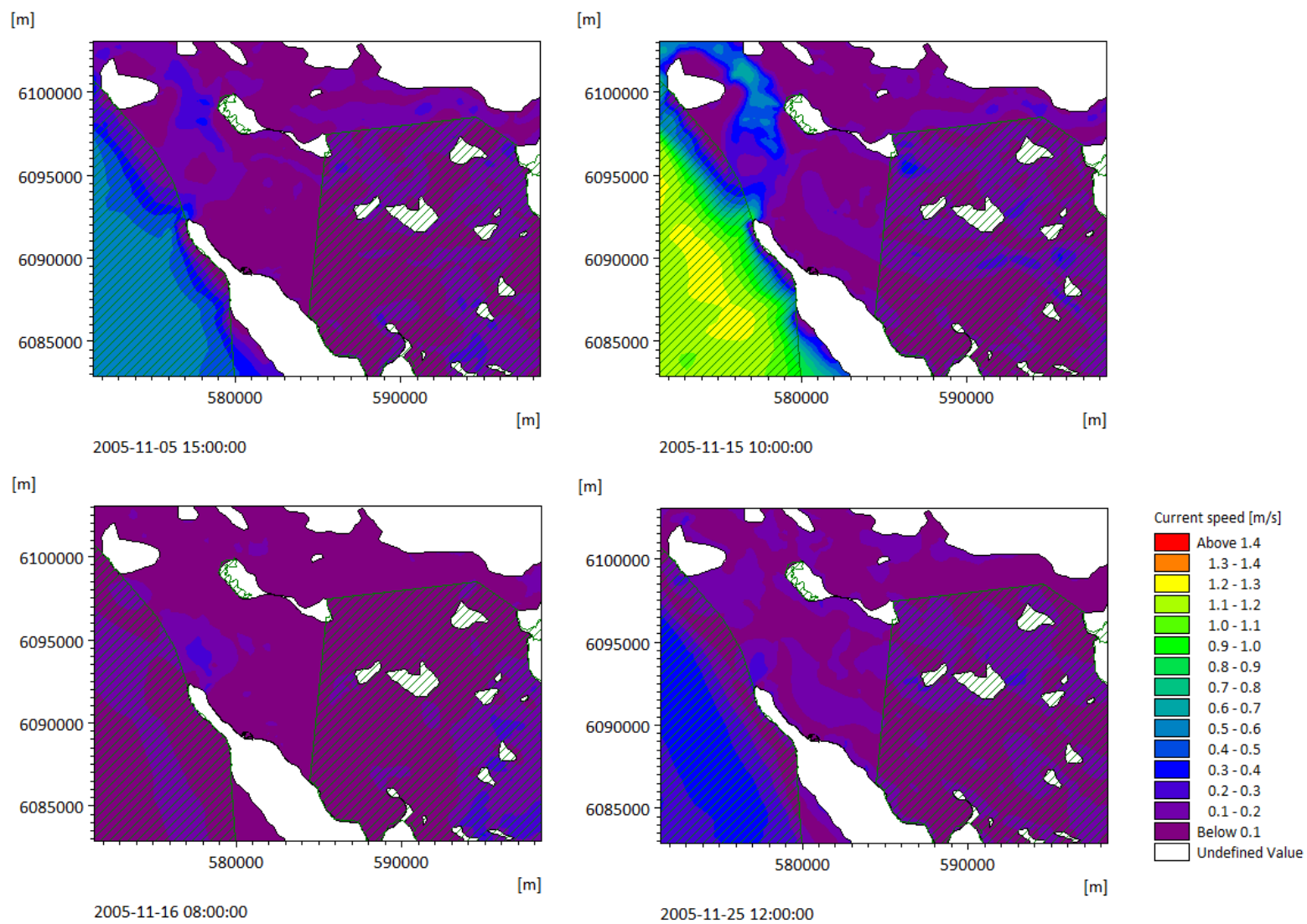
Øst og Vest for havnen giver havneudvidelsen anledning til læ-virkning, hvilket fremgår af de reducerede strømhastigheder i disse punkter. Desuden er den dominerende strømrretning i punktet Øst for havnen ændret fra Øst til Sydøst, hvilket skyldes udformningen af dels den østlige bølgebryder og dels den planlagte fremskydning af kysten i dette område.



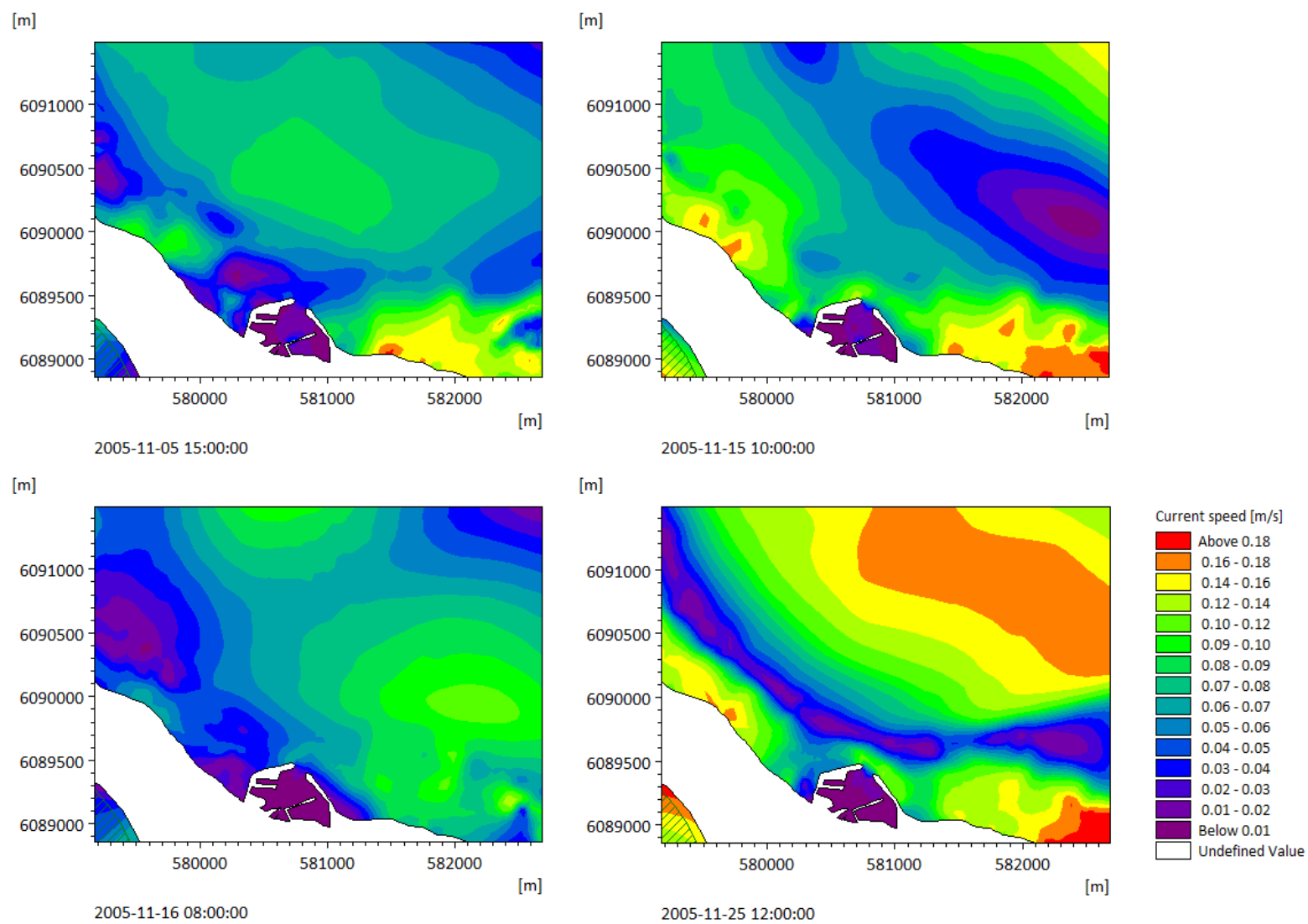
Figur 3-6: Strømrøser for fremtidige forhold inklusiv havneudvidelsen ved de fire punkter vist i Figur 3-1.

Strømhastighederne for de fremtidige forhold til de fire tidspunkter givet i Figur 3-2 er vist i Figur 3-7 og Figur 3-8. På Figur 3-7 er Natura-2000 områderne desuden vist med grøn skraveret.

Sammenlignet med de eksisterende forhold i Figur 3-4 og Figur 3-5, kan det ses, at ændringer i strømhastigheder primært ses i området meget lokalt omkring havneudvidelsen.



Figur 3-7: Strømforhold for fremtidige forhold ved de fire tidspunkter vist i Figur 3-2.



Figur 3-8: Strømforhold for fremtidige forhold ved de fire tidspunkter vist i Figur 3-2.

3.4 Sammenligning af Eksisterende og Fremtidige Forhold

Som beskrevet i de foregående afsnit ændres udformningen og forløbet af kystprofilet betydeligt med den planlagte havneudvidelse, idet bølgebryderne forlænges ud på dybere vand længere fra kysten.

Resultaterne af den hydrauliske modellering præsenteret ovenfor viser, at ændringer i strøm- og vandstandsforhold primært ses i området meget lokalt omkring havneudvidelsen.

Der ses ikke nogen mærkbar ændring af strøm- og vandstandsforhold i Offshore-punktet et stykke ude foran havnen.

Lige foran havnen skaber havneudvidelsen en kontraktion af strømlinjerne og dermed øgede strømhastigheder, hvilket vurderes at være særdeles positivt, da det vil mindske risikoen for tilsanding af havneindløbet betydeligt.

Lige øst og vest for havnen giver havneudvidelsen anledning til strømlæ, hvilket resulterer i reducerede strømhastigheder langs kysten mod øst og kysten mod vest tæt ved havnen. Desuden ændres den dominerende strømretning foran kystområdet øst for havnen fra Øst til SydØst, hvilket skyldes udformningen af dels den østlige bølgebryder og dels den planlagte fremskydning af kysten i dette område.

Ved en sammenligning af strømforholdene ved den eksisterende havneudformning i Figur 3-4 Figur 3-5 og strømforholdene ved fremtidige forhold i Figur 3-7 og Figur 3-8 fremgår det, at havneudvidelsen primært har indflydelse på de hydrauliske forhold i området lokalt omkring havnen, og forventes derfor ikke at have indflydelse på de omkringliggende Natura-2000 områder.

3.5 Tangophobning ved Søby Havn

Som beskrevet i ref. [2] ophobes på stranden øst for Søby Havn store mængder tang, der generer badegæsterne og er medvirkende til at den hygiejniske vandkvalitet har svært ved at opfylde badevandskriterierne, se Figur 3-9.

Ærø Kommune har oplyst, at der i 2018 og 2019 blev opsamlet og bortkørt henholdsvis 304 og 147 tons tang, ift. ref [3].¹

I sommerhalvåret er problemet mindre, hvis vinterens tang ellers er blevet fjernet.

Tangansamlingerne består hovedsagelig af døde afrevne blade af planten ålegræs. Der er kun mindre mængder alger, og det drejer sig især store arter af brunalger.



Figur 3-9: Et oversigtsbillede fra marts 2011 samt to ortofotos fra 2002 og 2004 viser at tangophobningen er størst i hjørnet mellem strand og havnemole, ref. [2].

Som beskrevet i ref. [2] skyldes ophobningen af tang ved stranden uheldige lokale hydrografiske forhold. Sandstrande med en flad profil i læ for fremherskende vind- og strømretninger vil uvægerligt føre til akkumulering af løstdrivende materiale, som det sker i læ af havnen i hjørnet mellem havnemolen og badestranden i Søby. På ovenstående figur ses fænomenet tydeligt. På luft-

¹ Ærø Kommune, *Opgørelse – Anvendelse af Tang til jordbrugsformål*, 29. januar 2020

fotoet fra 2002 ses det at en del af materialet er på vej rundt om havnen mod nord og vest. Hvis havnen ikke havde været der, eller hvis kystlinjen var flyttet længere mod nord, må man forestille sig at alt materialet var skyllet forbi stranden og længere mod vest.

I forslaget til udbygningen af Søby Havn, se Figur 1-1, er molerne væsentlig længere end de nuværende, og tangproblemet ved kysten vil blive forværret, hvis ikke der indbygges afhjælpende foranstaltninger. I forslaget er der derfor foreslået en delvis opfyldning af bugten øst for havnen med sand, således at strandlinjen rykkes mod nord og får et jævner forløb end den eksisterende strandlinje. Dette skulle gøre kystområdet mere eksponeret for strøm og bølger og den skulle dermed i højere grad blive selvrensende.

Dog antyder resultaterne fra den hydrauliske modellering, at den foreslåede fremrykning af kysten, vist Figur 1-1 ikke giver en så stærk forbedring af strømforholdene i bugten, som ønsket.

Som beskrevet i de foregående afsnit giver havneudvidelsen anledning til strømlæ i datapunktet øst for havnen og dermed en anelse reducerede strømhastigheder ude foran et nyt kystområde i forhold til de eksisterende forhold. Kystområdet bliver derfor ikke mere eksponeret for strøm og bølger end i de eksisterende forhold.

Ved sammenligning af strømforholdene foran den eksisterende strand i Figur 3-5 og foran det nye kystområde øst for havneudvidelsen i Figur 3-8 fremgår det, at strømforholdene er så godt som uændrede.

Med den foreslåede udformning af havneudvidelsen og opfyldning, hvor et nyt kystområde etableres, som vist i Figur 1-1, vurderes det derfor, at udfordringen med tangophobning ligeledes vil være så godt som uændret. Det skal dog nævnes, at såfremt etableringen af kystområdet ikke bliver foretaget, vil strømlæ-effekten øst for havnen øges yderligere, og problemet med tangophobning tilsvarende forværres.

4. SEDIMENTSPREDNING

Til beregning af sediment spredning i anlægsfasen, som følge af uddybning af havnebassinet, er der udført hydraulisk modellering med sedimenttransportmodellen MIKE 3 MT. Modelopsætningen er beskrevet i afsnit 2.2.

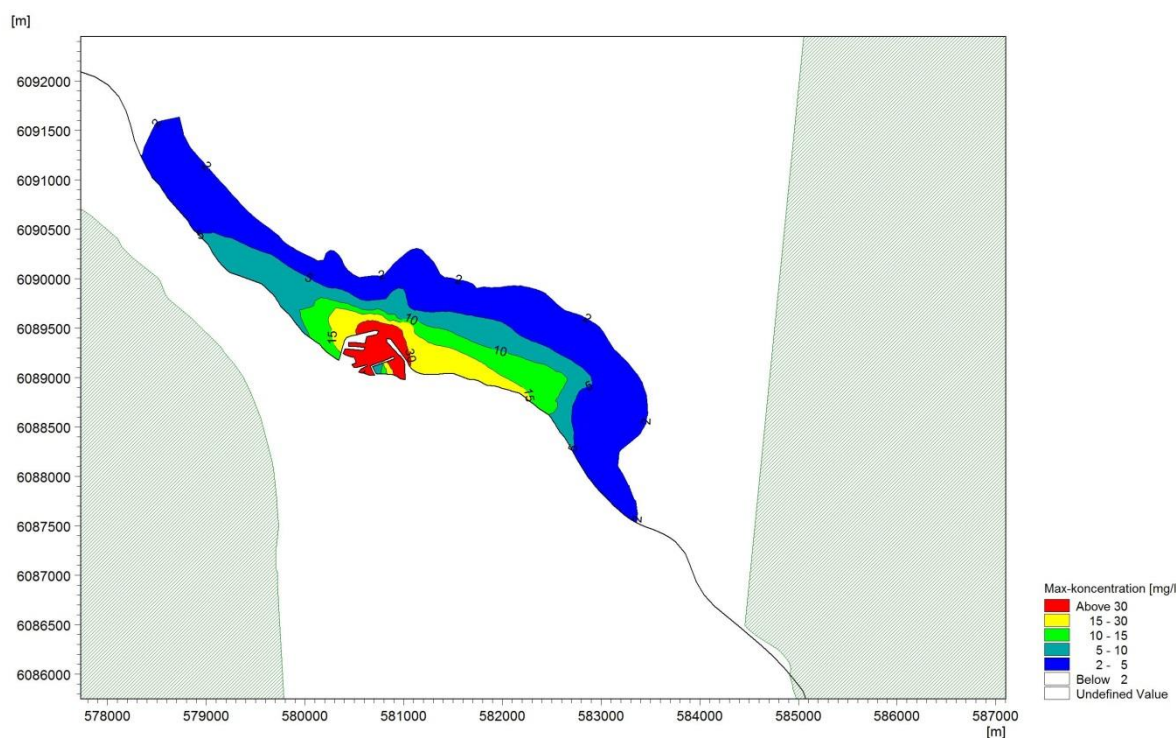
Modelsimuleringerne er udført for en udvalgt "normalperiode", hvor både rolige og kraftigere strømforhold er repræsenteret. Perioden er udvalgt på baggrund af ét års "hindcast data", dvs. modelsimuleringer, hvor de hydrauliske forhold er beregnet i modeldomænet for en specifik historisk periode, på baggrund af randbetingelser for vind og vandstand, som repræsenterer den faktiske periode. Perioden november 2005 er udvalgt som grundlag for modelsimuleringerne (se afsnit 1.3).

Baggrundskoncentrationer af suspenderet stof er sat til nul, så der i modelscenarierne kun ses på koncentrationer som følge af spild fra gravearbejdet.

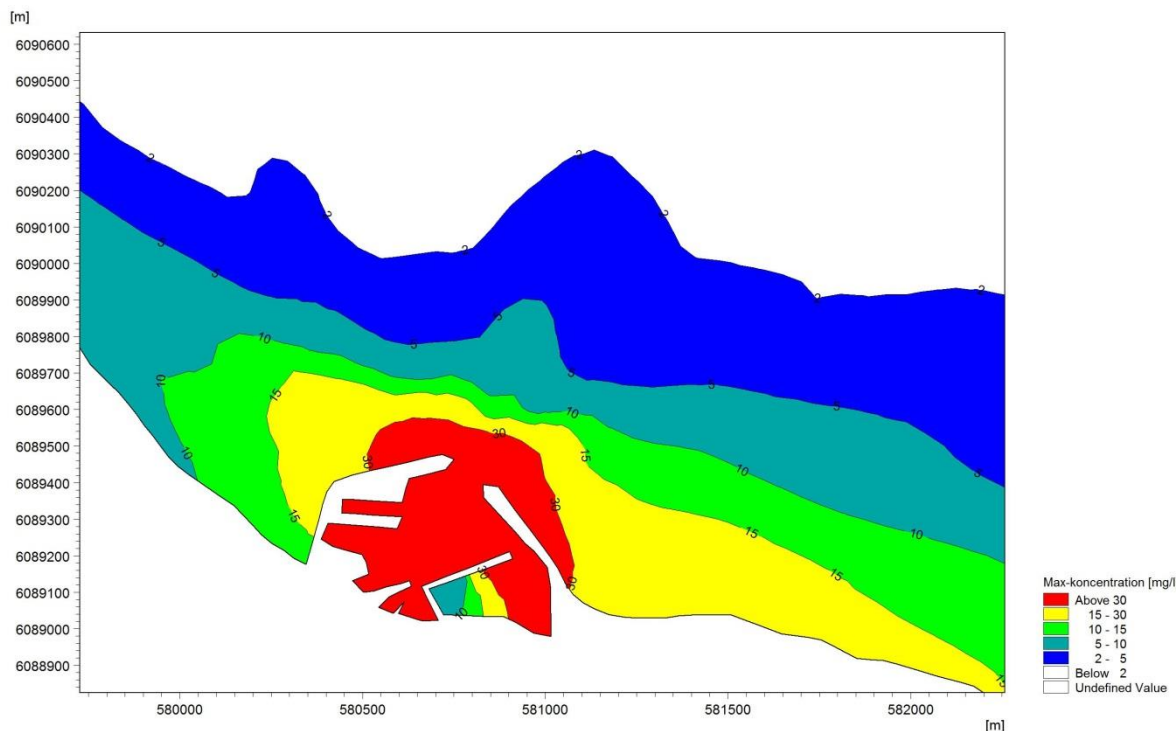
4.1 Resultater for koncentrationer af suspenderet sediment

4.1.1 Maksimum koncentrationer af suspenderet sediment

De maksimale koncentrationer i løbet af simuleringsperioden er i hvert beregningspunkt trukket ud fra modelresultaterne og vist i Figur 4-1. Desuden er et close-up af nærområdet af havnen vist i Figur 4-2. Figurerne viser ikke et øjebliksbillede med maksimale koncentrationer, men derimod maksimale koncentrationer fra hele graveperioden, der ikke nødvendigvis er fra samme tidspunkt fra punkt til punkt, men fra forskellige hændelser i løbet af graveperioden alt efter strømforhold. Figurerne skal derfor tolkes med en vis varsomhed og det skal bemærkes at de maksimale koncentrationer vist på figurerne typisk vil optræde i meget kort tid, evt. kun et enkelt tidsskridt (1 time) i løbet af hele graveperioden.



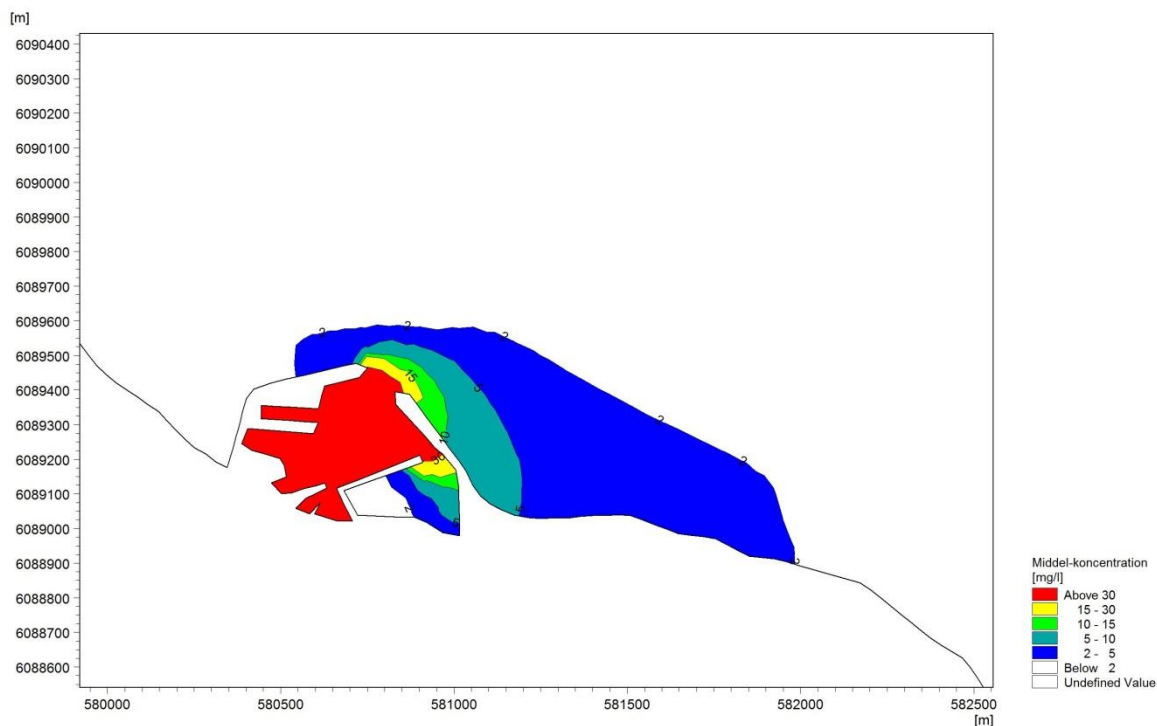
Figur 4-1: Maksimale koncentrationer af suspenderet sediment. Natura områder angivet med grøn skravering.



Figur 4-2: Maksimale koncentrationer af suspenderet sediment i nærområdet af Søby Havn

4.1.2 Middelkoncentrationer af suspenderet sediment

Middelkoncentrationerne i graveperioden er vist i Figur 4-3 og giver et godt billede af den reelle påvirkning af området. Graveperioden er i modelscenariet på 28 dage. Figuren viser, at koncentrationen 10 mg/l i middel kun er overskredet umiddelbart nordøst for indsejlingen og den østlige mole. Koncentrationen på 2 mg/l går et længere stykke i østlig retning (ca. 1 km).



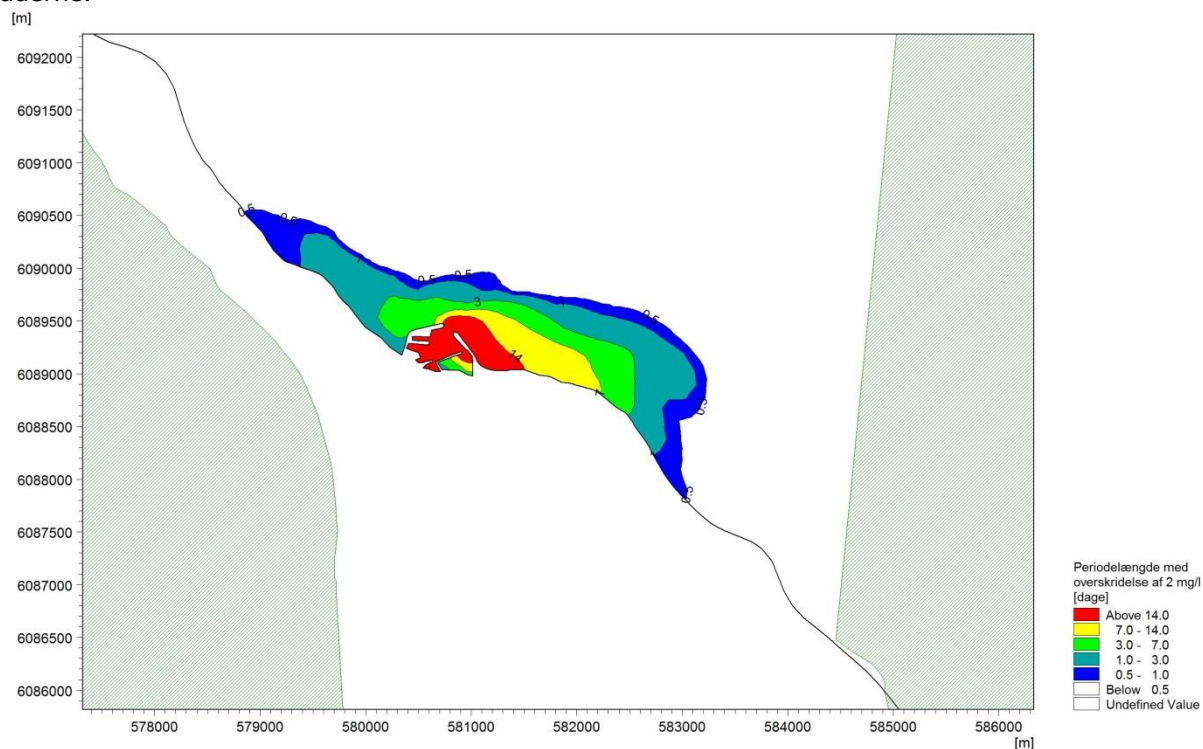
Figur 4-3: Middelkoncentrationer af suspenderet sediment i graveperioden

4.2 Resultater for overskrideshyppighed af 2 mg/l og 10 mg/l suspenderet sediment

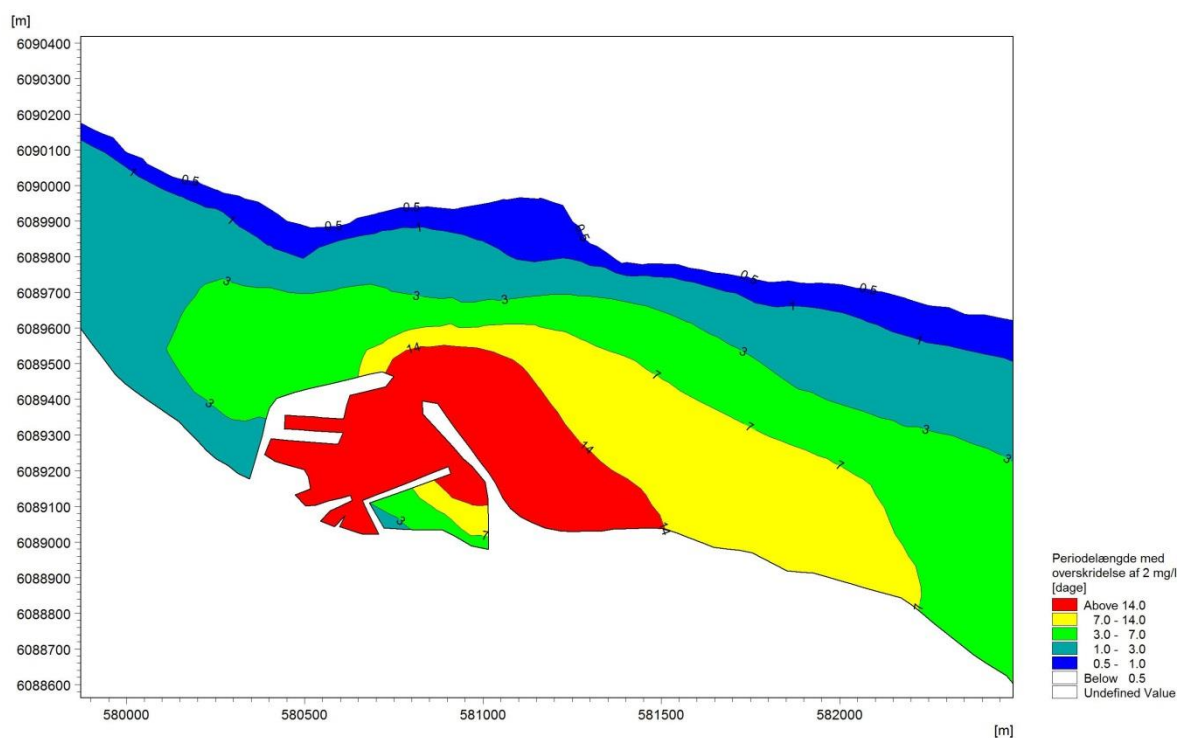
Længden af perioden hvor hhv. 2 mg/l og 10 mg/l suspenderet sediment er overskredet som følge af spild i forbindelse med graveaktiviteterne er i det følgende vist.

4.2.1 Overskridelse af 2 mg/l

På Figur 4-4 er vist antallet af dage i løbet af graveperioden, hvor 2 mg/l suspenderet sediment er overskredet. Et nærbillede omkring havnen er vist i Figur 4-5. Området hvor 2 mg/l er overskredet i over 7 dage strækker sig ca. 1 km øst for havnen. Et mindre område udenfor havnen er påvirket i mere end 14 dage. Påvirkningen med 2 mg/l strækker sig ikke ind i Natura 2000 områderne.



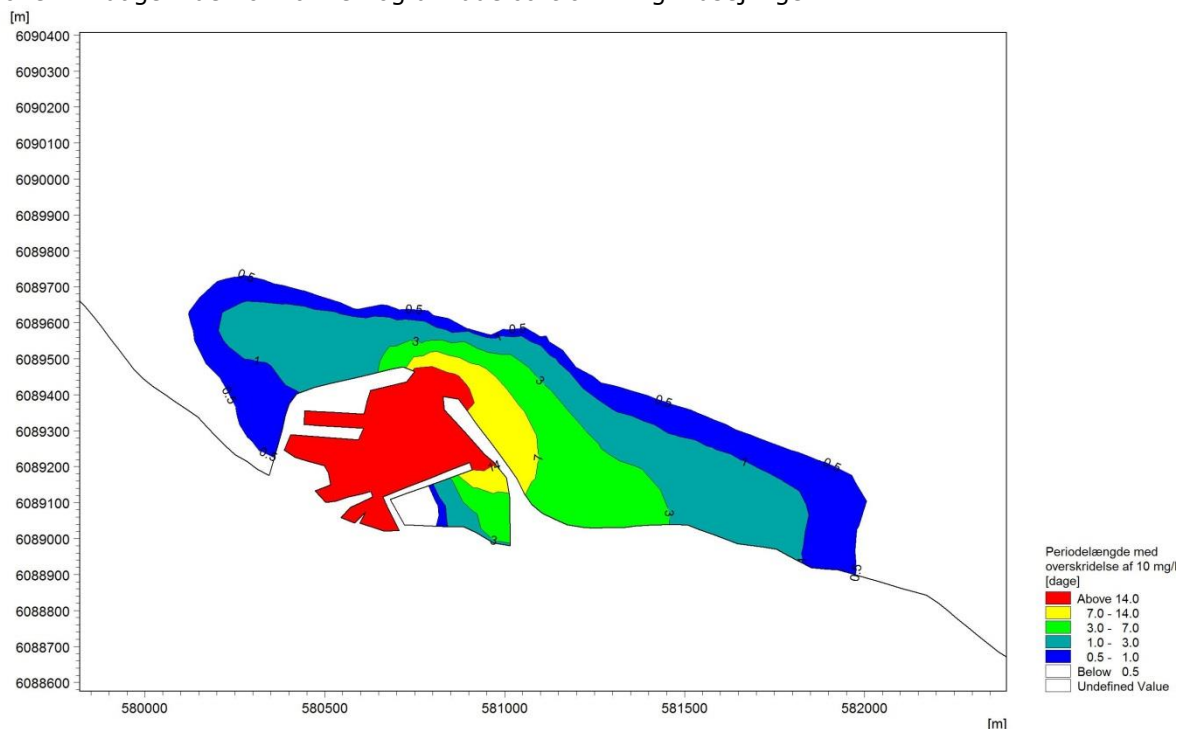
Figur 4-4: Periode i dage i alt, hvor koncentrationen af suspenderet sediment overskrider 2 mg/l. Natura områder angivet med grøn skravering.



Figur 4-5: Periode i dage i alt, hvor koncentrationen af suspenderet sediment overskrider 2 mg/l (nærområde)

4.2.2 Overskridelse af 10 mg/l

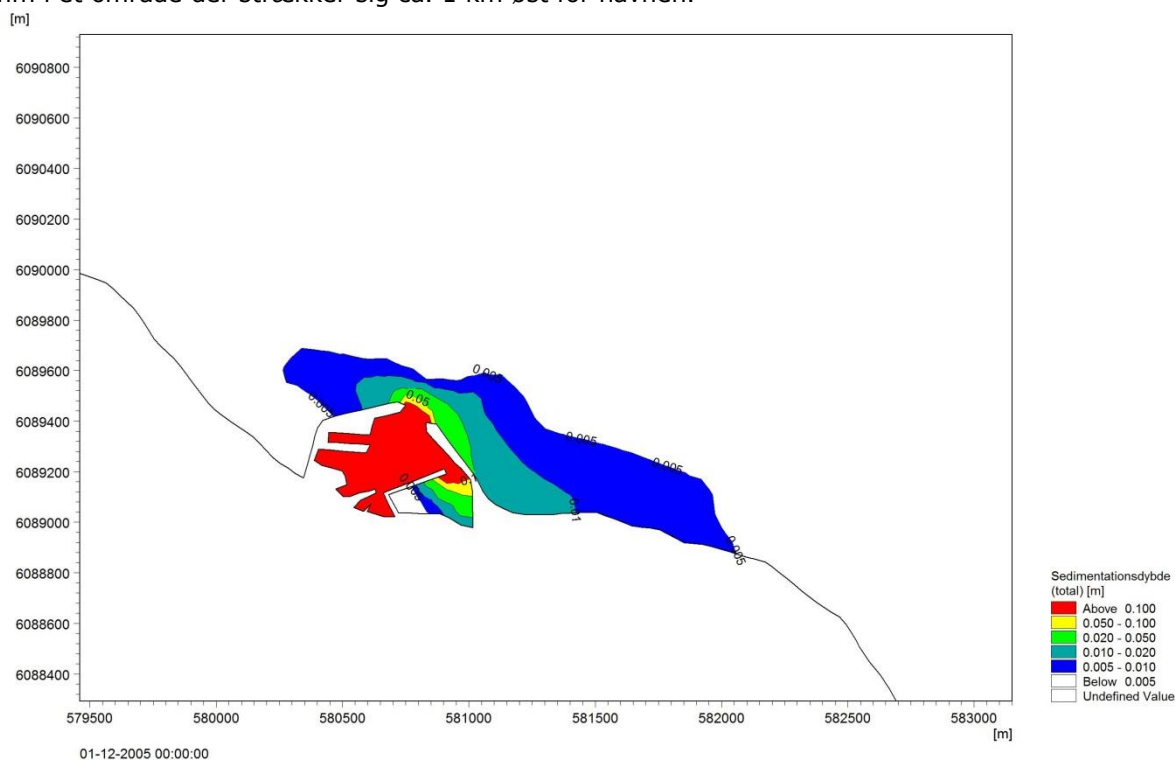
På Figur 4-6 er vist antallet af dage i løbet af graveperioden, hvor 2 mg/l suspenderet sediment er overskredet. Der er et mindre område umiddelbart nordøst for indsejlingen og den østlige mole, hvor 10 mg/l er overskredet i over 7 dage. Koncentrationen på 10 mg/l er kun overskredet i over 14 dage indenfor havnen og umiddelbart omkring indsejlingen.



Figur 4-6: Periode i dage i alt, hvor koncentrationen af suspenderet sediment overskrider 10 mg/l (nær-område)

4.3 Resultater for sedimentationstykkelser

Nettosedimentationen som følge af spildet fra graveaktiviteterne er vist som sedimentationstykkelser på Figur 4-7. Sedimentationstykkelserne udenfor havnen er beregnet til mellem 5 og 50 mm i et område der strækker sig ca. 1 km øst for havnen.



Figur 4-7: Sedimentationstykkelser

5. FREMTIDIG KYSTUDVIKLING

I dette afsnit vurderes den fremtidige udvikling og sedimenttransport langs kysten ved Søby Havn som følge af den planlagte havneudvidelse.

5.1 Eksisterende forhold

Figur 5-1 viser oversigtsbilleder af kyststrækningen omkring Søby Havn fra henholdsvis 2005 og 2015. Som billederne antyder, har kystens udformning ikke ændret sig over den 10-årige periode. Dette indikerer, at kysten omkring Søby Havn kan karakteriseres som ikke-dynamisk og således ikke er præget af mærkbar sedimenttransport.

Umiddelbart forventes det ikke, at den fremtidige havneudvidelse vil ændre på dette forhold, men dette vil blive undersøgt nærmere i følgende afsnit.



Figur 5-1: Oversigtsbillede af kyststrækningen omkring Søby Havn. Google Earth. Billedet til venstre er fra 31-07-2005, og billedet til højre er fra 03-08-2015.

5.2 Fremtidige forhold

5.2.1 Kystens ligevægtsorientering

Den samlede virkning af strøm og bølger skaber den langsgående transport af sediment, men det er bølgerne som er den dominerende faktor. Kyststrækningen vil derfor arbejde sig hen imod at indstille sig i en ligevægtsorientering cirka vinkelret på den fremherskende bølgeretning. Strand og kyst vil i alle tilfælde udsættes for sæsonmæssige variationer som følge af variationer i bølgeretninger og -højder, med en årlig nettosedimenttransport der er bestemt af kystens orientering i forhold til retningerne af de indkomne bølger. Ligevægtsorienteringen er defineret som den orientering af kysten hvor sedimenttransporten er nul i forhold til det bølgeklime der er på stedet.

Kystens ligevægtsorientering er primært styret af hyppigheden af de indkommende bølgehøjder og retninger. Transporten varierer ikke-lineært med bølgehøjden hvilket kan tilnærmes ved at opløfte til potensen $5/2$, ref. [9]. Ligevægtsorienteringen, $\alpha_{\text{ligevægt}}$, kan da findes fra følgende udtryk:

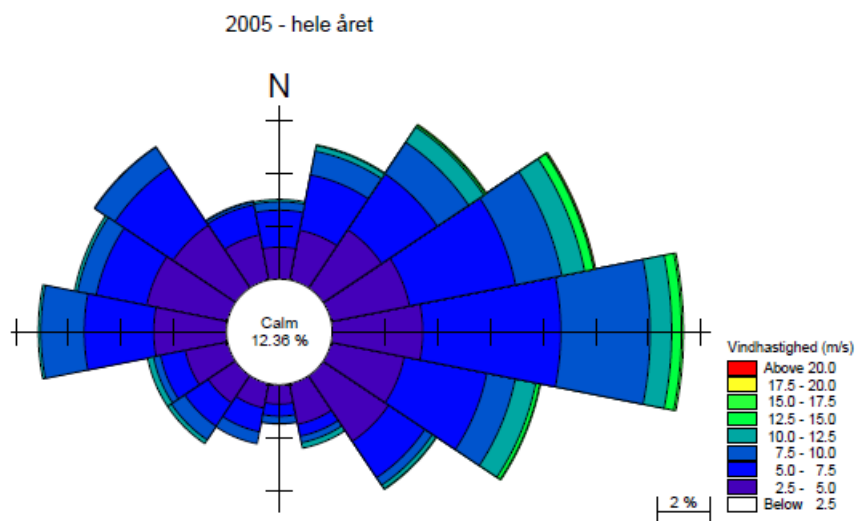
$$0 = \sum_{i=1}^{i=N} H_{s,i}^{5/2} \cdot \text{hyppighed}_i \cdot \sin(\alpha_{\text{bølge},i} - \alpha_{\text{ligevægt}})$$

hvor H_s er den signifikante bølgehøjde, $\alpha_{\text{bølge}}$ er retningen af de indkommende bølger, og N er det samlede antal kombinationer af bølgeforhold.

5.2.2 Bølgeforhold

Bølgeforholdene bestemmes ud fra "frit-stræk" metoden beskrevet i ref. [8]. Denne metode bestemmer bølgehøjde og -periode, H_s og T_p , som funktion af vindhastigheden for forskellige værdier af frie stræk over hvilke bølgerne kan genereres.

Vindforholdene er beskrevet ved en vindrose, Figur 5-2, samt sandsynlighederne angivet i Tabel 5-1. Det antages, at bølgerne omkring Søby havn primært er vindgenererede, og derfor har næsten samme retning som vinden. Som figuren og tabellen viser, er det de østlige vind- og bølge-retninger som er dominerende omkring Søby Havn.



Figur 5-2: Vindrose, Punkt Offshore, 2005.

Tabel 5-1: Vindrose, Punkt Offshore, 2005.

Vindrose [%]	Vindretning		345	15	45	75	105	135	165	195	225	255	285	315	SUM
	[°]		0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	
Vindhastighed [m/s]			15	45	75	105	135	165	195	225	255	285	315	345	
Min.	Middel	Max.													
0.0	1.25	2.5	0.65	1.12	0.87	0.94	1.79	1.02	0.63	0.98	1.15	1.26	1.19	0.79	12.37
2.5	5.00	7.5	3.77	5.75	8.53	11.25	7.62	3.72	1.61	2.77	3.32	6.85	7.26	4.78	67.24
7.5	10.00	12.5	0.53	1.86	3.54	5.27	1.51	0.70	0.40	0.59	1.04	1.96	1.19	0.56	19.14
12.5	15.00	17.5	0.00	0.08	0.40	0.49	0.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.16
17.5	20.00	22.5	0.00	0.00	0.07	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08
SUM			4.94	8.81	13.40	17.97	11.12	5.43	2.64	4.35	5.51	10.07	9.63	6.13	100.00

For kystområdet øst for den fremtidige havneudvidelse, er det udelukkende vindretningerne 0°, 30°, 60° og 330°, som har indvirkning på bølgeklimate. De frie stræk, samt H_s og T_p for disse retninger og forskellige vindhastigheder er angivet i Tabel 5-2.

Det antages at vinden har en konstant retning og styrke i beregningen af bølgedata.

Endvidere antages det konservativt at vanddybden er stor nok til at bølgebrydning ikke foregår. Det bemærkes at beregningsmetoden i ref. [8] er uafhængig af vanddybde og derfor vil give konservative resultater.

Tabel 5-2: Fetch-beregning i punkt lige øst for havneudvidelsen.

Længste Fetch [m]			8450	8070	7380	-	-	-	-	-	-	-	12000	
Hs [m]	Vindretning		345	15	45	75	105	135	165	195	225	255	285	315
	[°]		0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330
Vindhastighed [m/s]			15	45	75	105	135	165	195	225	255	285	315	345
Min.	Middel	Max.												
0.0	1.25	2.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.5	5.00	7.5	0.22	0.21	0.20	-	-	-	-	-	-	-	-	0.26
7.5	10.00	12.5	0.46	0.45	0.43	-	-	-	-	-	-	-	-	0.55
12.5	15.00	17.5	0.73	0.72	0.68	-	-	-	-	-	-	-	-	0.87
17.5	20.00	22.5	1.03	1.01	0.96	-	-	-	-	-	-	-	-	1.23

Tp [s]	Vindretning		345	15	45	75	105	135	165	195	225	255	285	315
	[°]		0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330
Vindhastighed [m/s]			15	45	75	105	135	165	195	225	255	285	315	345
Min.	Middel	Max.												
0.0	1.25	2.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.5	5.00	7.5	1.63	1.60	1.56	-	-	-	-	-	-	-	-	1.83
7.5	10.00	12.5	2.10	2.07	2.00	-	-	-	-	-	-	-	-	2.36
12.5	15.00	17.5	2.45	2.41	2.34	-	-	-	-	-	-	-	-	2.75
17.5	20.00	22.5	2.74	2.70	2.62	-	-	-	-	-	-	-	-	3.08

For kysten vest for den fremtidige havneudvidelse, er det udelukkende vindretningerne 0°, 30°, 60°, 90° og 120°, som har indvirkning på bølgeklimate. De frie stræk, samt H_s og T_p for disse retninger og forskellige vindhastigheder er angivet i Tabel 5-3.

Tabel 5-3: Fetch-beregning i punkt lige øst for havneudvidelsen.

Længste Fetch [m]			8990	8000	12000	12000	670	-	-	-	-	-	-	
Hs [m]	Vindretning [°]		345	15	45	75	105	135	165	195	225	255	285	315
			0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330
Vindhastighed [m/s]			15	45	75	105	135	165	195	225	255	285	315	345
Min.	Middel	Max.												
0.0	1.25	2.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.5	5.00	7.5	0.22	0.21	0.26	0.26	0.06	-	-	-	-	-	-	-
7.5	10.00	12.5	0.48	0.45	0.55	0.55	0.13	-	-	-	-	-	-	-
12.5	15.00	17.5	0.76	0.71	0.87	0.87	0.21	-	-	-	-	-	-	-
17.5	20.00	22.5	1.06	1.00	1.23	1.23	0.29	-	-	-	-	-	-	-
Tp [s]	Vindretning [°]		345	15	45	75	105	135	165	195	225	255	285	315
			0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330
Vindhastighed [m/s]			15	45	75	105	135	165	195	225	255	285	315	345
Min.	Middel	Max.												
0.0	1.25	2.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.5	5.00	7.5	1.66	1.60	1.83	1.83	0.70	-	-	-	-	-	-	-
7.5	10.00	12.5	2.14	2.06	2.36	2.36	0.90	-	-	-	-	-	-	-
12.5	15.00	17.5	2.50	2.40	2.75	2.75	1.05	-	-	-	-	-	-	-
17.5	20.00	22.5	2.80	2.69	3.08	3.08	1.18	-	-	-	-	-	-	-

5.2.3 Aktiv dybde

Den maksimale vanddybde hvortil bølgenes aktivitet kan skabe bevægelighed af sandmaterialer på havbunden kaldes den aktive dybde.

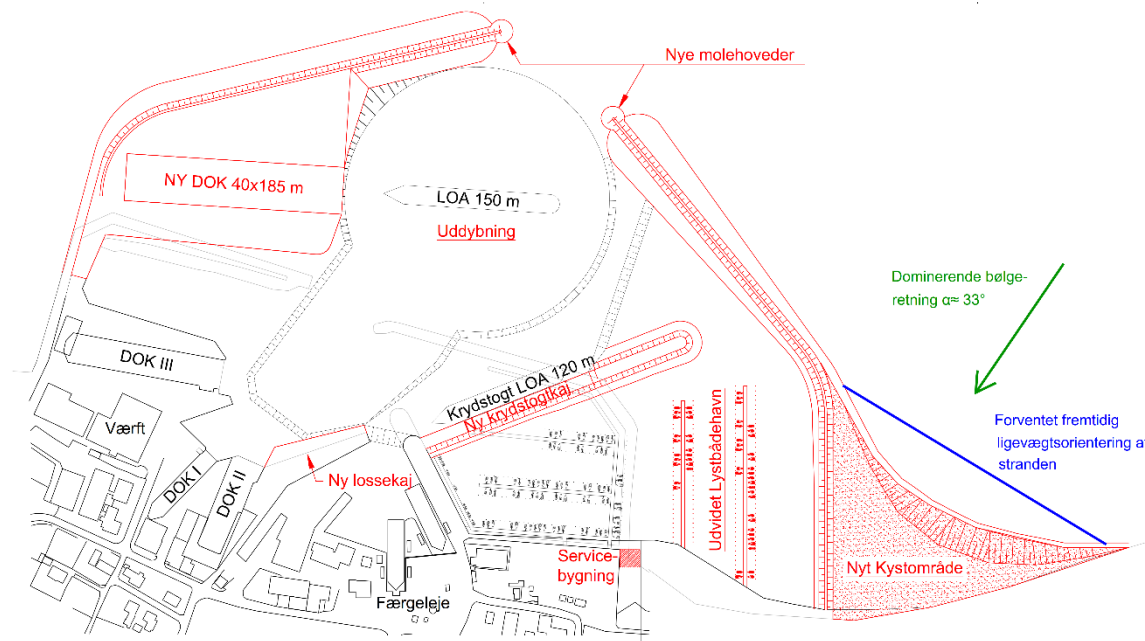
Den aktive dybde, d_c , er skønnet som to gange den signifikante bølgehøjde som er oversteget 12 timer om året, $H_{s,12h}$:

$$d_c \approx 2 \cdot H_{s,12h}$$

I punktet med det største frie stræk i de dominerende vindretninger vurderes $H_{s,12h} = 1.0m$, svarende til en aktive dybde på ca. $d_c = 2m$, hvilket svarer til vanddybden ved de eksisterende molehoveder i Søby Havn. Der er således kun en lille sedimenttransport ved de vanddybder der forekommer på ydersiden af de eksisterende molehoveder, og forlængelsen af molehovederne forventes således ikke at have særlig indflydelse på den langsgående sedimenttransport.

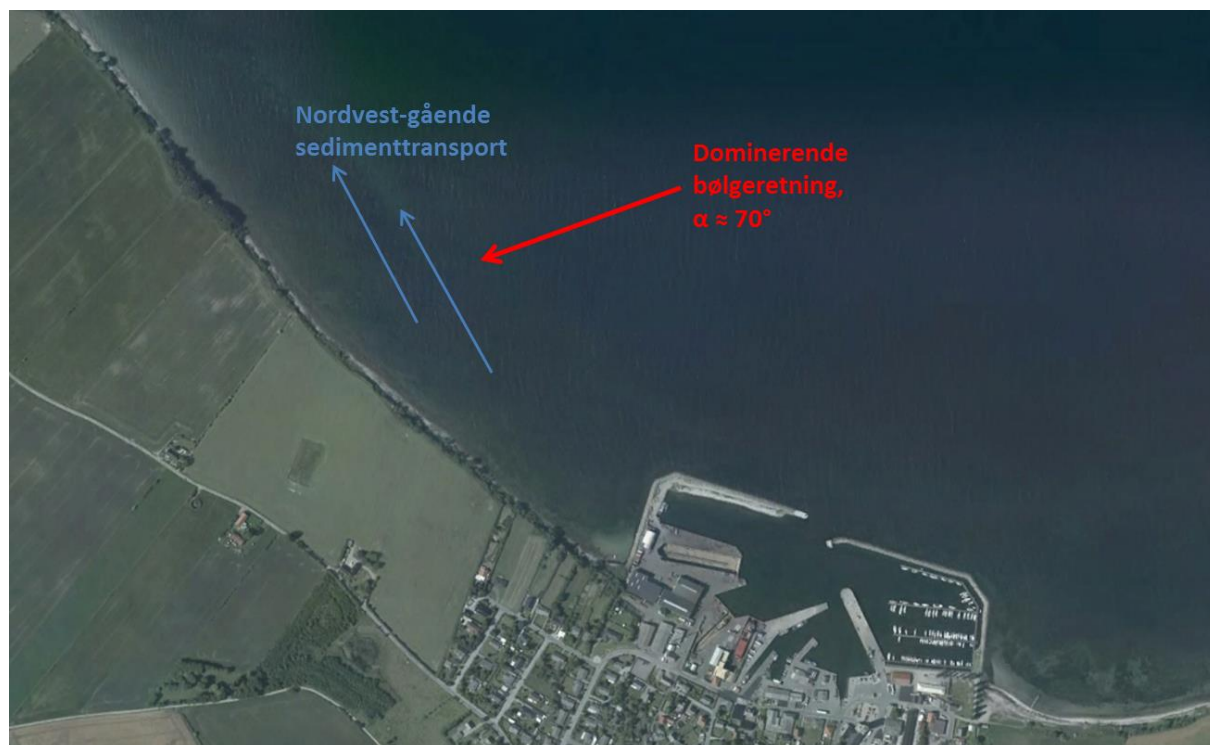
5.2.4 Fremtidig sedimenttransport omkring havneudvidelsen

Lige øst for den fremtidige havneudvidelse er kystens ligevægtsretning beregnet til at være 33° ud fra metoden beskrevet i afsnit 5.2.1. Bølger fra stik øst er vurderet at blive afskærmet af det fremspring på kysten, som ses længere øst for havnen. Det betyder, at den forventede fremtidige ligevægtsorientering (hældning) af kystområdet bliver som optegnet på Figur 5-3. Den forventede hældning af den fremtidige kyst er meget tæt på det planlagte profil af mole og kystområde. Der forventes derfor ikke stor nødvendighed for løbende sandfodring ved kystområdet øst for havneudvidelsen.



Figur 5-3: Dominerende bølgeretning, samt forventet fremtidig ligevægtsorientering af strand øst for havnen.

På den vestlige side af havnen er den dominerende bølgeretning blevet vurderet til omkring 70° ud fra de beregnede vind- og bølgeretning, som beskrevet i afsnit 5.2.2, idet bølger fra de østlige retninger vil kunne ramme kysten mere direkte, end ved stranden øst for havnen. Når bølgerne rammer kysten med denne vinkel, vil netto-sedimenttransporten gå i nordvestlig retning. Teoretisk set, kunne havneudvidelsen således betyde en bremsning af sedimenttransporten i nordgående retning og dermed forårsage erosion på den vestlige side af havnen. Dog skal det bemærkes, at den aktive dybde blev beregnet til ca. $d_c = 2m$, svarende til vanddybden ved de eksisterende molehoveder i Søby Havn. Det vurderes, at der således ikke sker nogen ophvirvling af sediment uden for de eksisterende molehoveder, og forlængelsen af molehovederne til den nye havneudvidelse forventes således ikke at ændre på den langsgående sedimenttransport vest for havnen i forhold til den eksisterende situation.

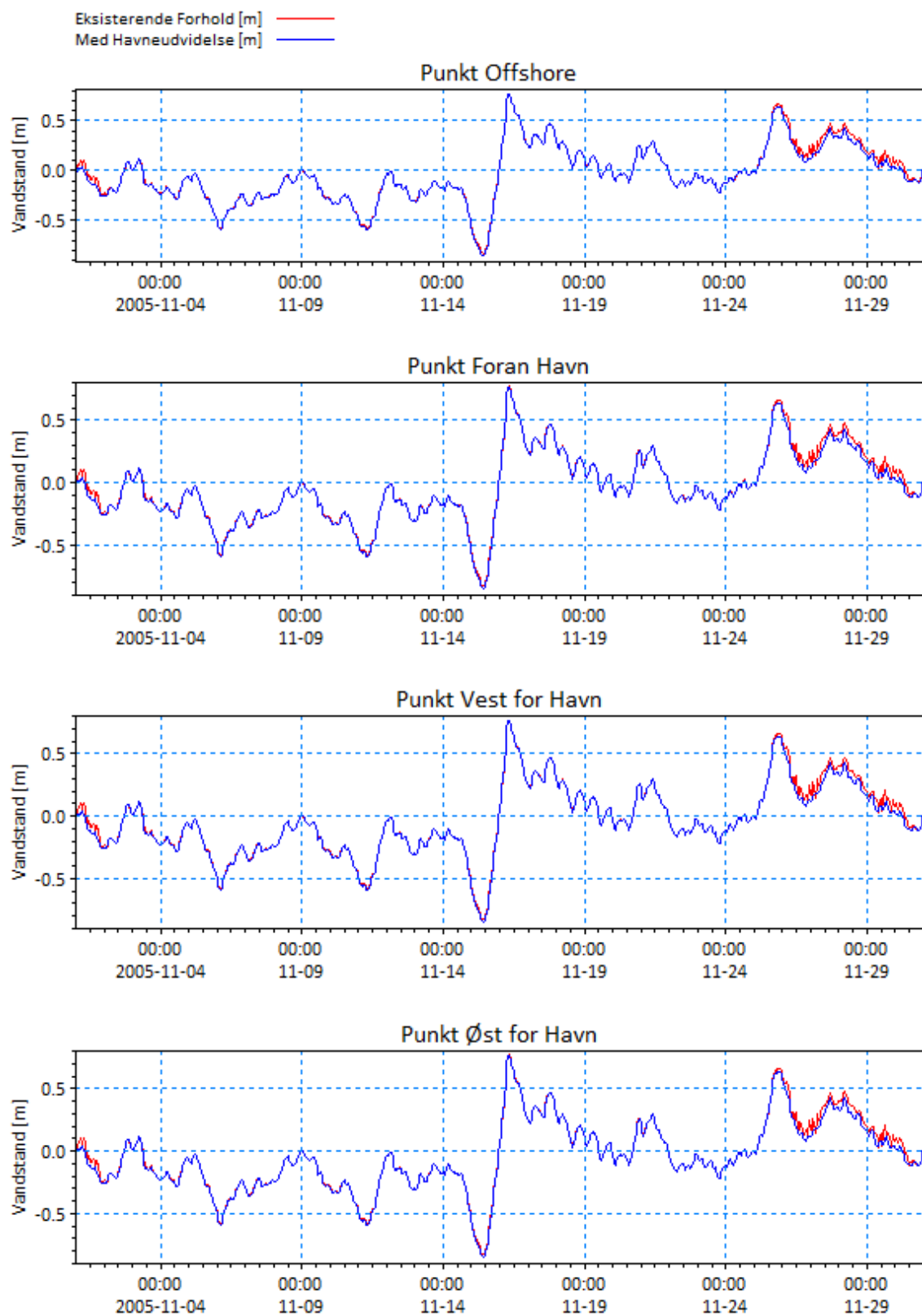


Figur 5-4: Dominerende bølgeretning, samt forventet fremtidig sedimenttransport vest for havnen.

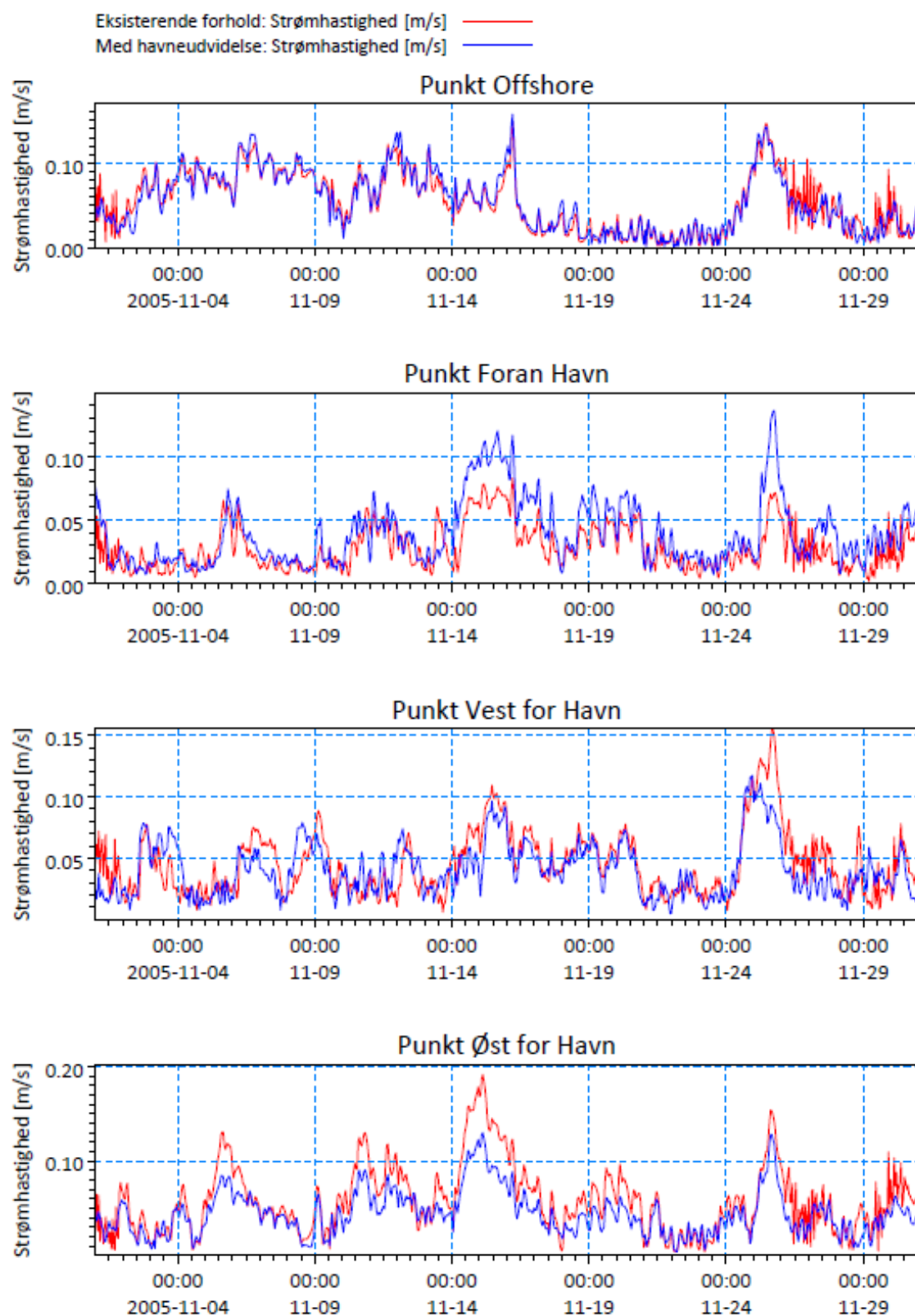
6. REFERENCER

- [1] Danmarks Miljøportal: <http://arealinformation.miljoeportal.dk/distribution/>
- [2] Søby Havn, *Havneudvidelse – Havneplanlægning*, Rambøll, januar 2012.
- [3] Ærø Kommune, *Opgørelse – Anvendelse af Tang til jordbrugsformål*, 29. januar 2020
- [4] Geoteknisk rapport 1
- [5] Geoteknisk rapport 2
- [6] Geoteknisk rapport 3
- [7] Whitehouse, R., Soulsby, R., Roberts, W. and Mitchener, H., *Dynamics of estuarine muds. A manual for practical applications*, Thomas Telford, 2000.
- [8] Coastal Engineering Manual. Part II. Waves and Hydrodynamics. Chapter 2. Meteorology and wave climate.
- [9] Fredsøe, J., Deigaard, R., "Mechanics of Coastal Sediment Transport", World Scientific, 1992.

BILAG 1
TIDSSERIER FOR STRØM- OG VANDSTAND



Figur 6-1: Sammenligning af tidsserier for vandstand under eksisterende og fremtidige forhold ved de fire punkter vist i Figur 3-1.



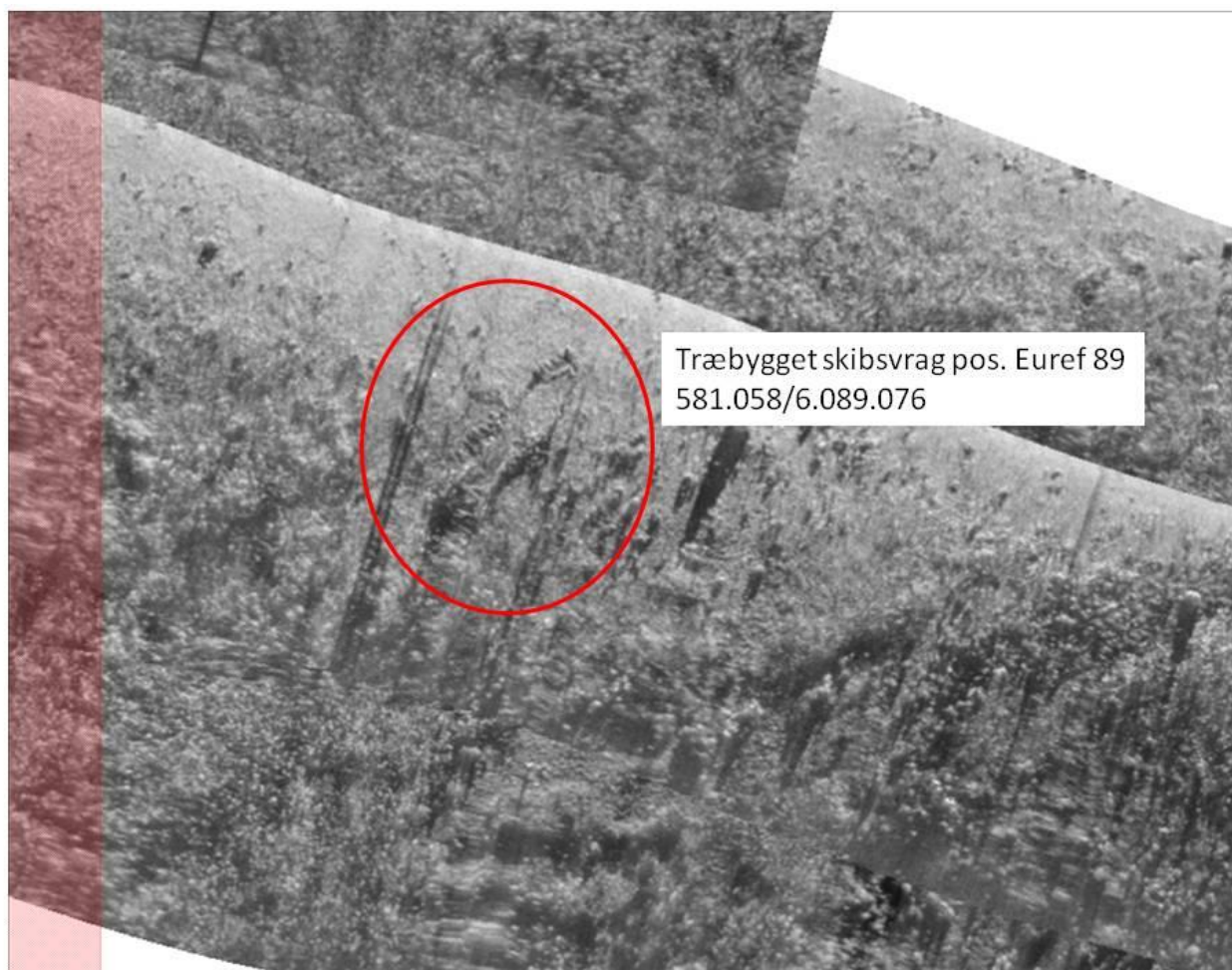
Figur 6-2: Sammenligning af tidsserier for strømhastigheder under eksisterende og fremtidige forhold ved de fire punkter vist i Figur 3-1.

LMR 15506 Søby havn, Sted nr. 40-15-51. marint.nr. 11.

KUAS nr. 2015-7.26.01-0005

VVM SØBY HAVN

BAGGRUNDSRAPPORT BILAG 4



Abstract

Langelands Museum udførte 17.-20. maj 2016 en marinarkæologisk forundersøgelse ud for Søby havn på Ærø, forud for en planlagt udvidelse af havnen. Der var i forvejen analyseret data fra et geofysisk survey, hvor et mindre træbygget skibsvrag blev observeret øst for havnen. Desuden er der i området en ret stor risiko for at støde på fortidsminder fra ældre stenalder. Vraget blev fundet, men viste sig at være forlist i 1972. Der blev gjort fund af tørv i ret mægtige lag, men kun fundet ubetydelige mængder af bearbejdet flint.

Undersøgelsens forhistorie

Søby havn har ansøgt Kystdirektoratet om tilladelse til en udvidelse af havnen til omtrent fem gange den nuværende størrelse. På indstilling fra Langelands Museum har Slots- og Kulturstyrelsen stillet vilkår om dels et geofysisk survey, dels en marinarkæologisk forundersøgelse.

Administrative data

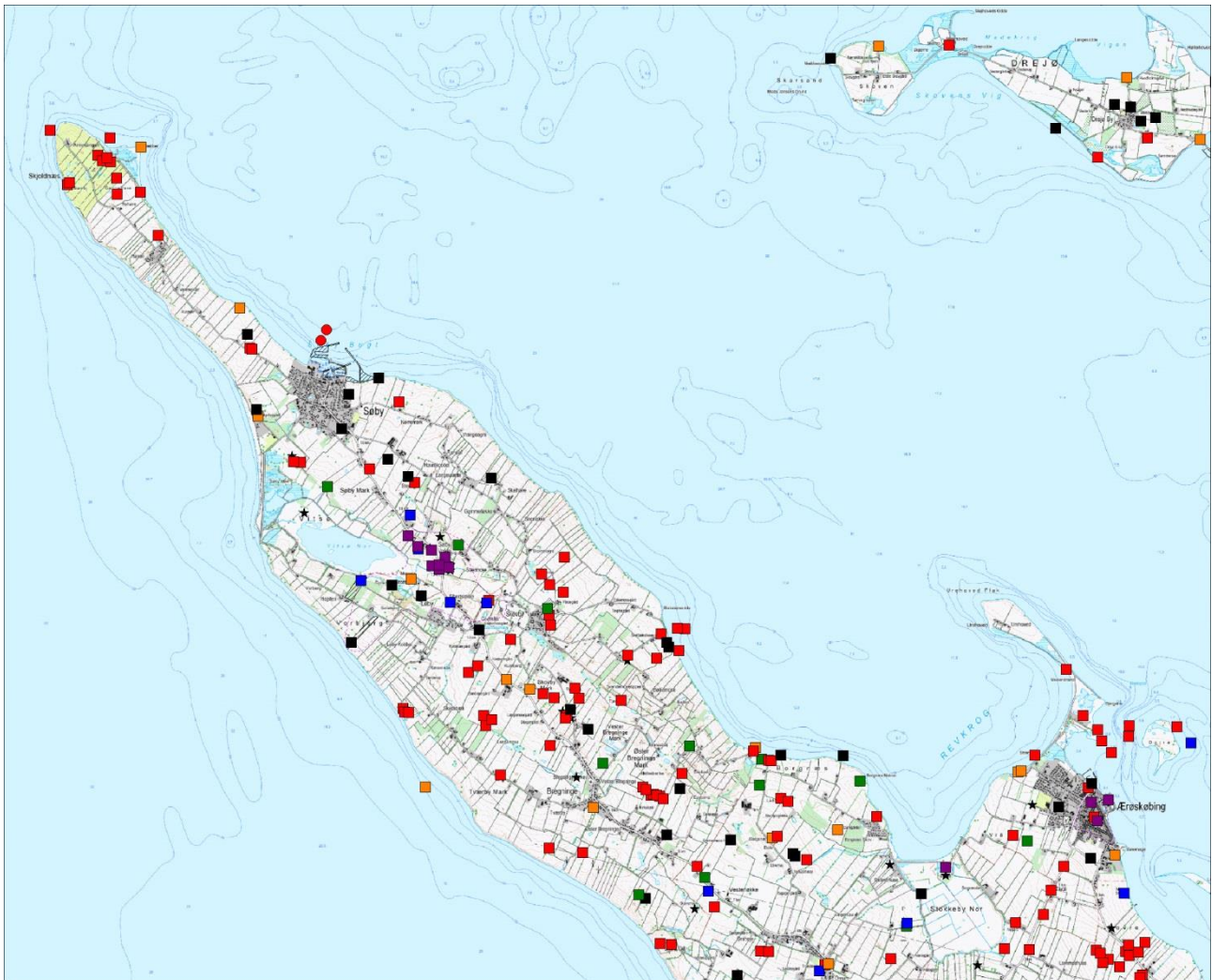
- 23. januar 2015, Rambøll v/ Rasmus Hejlskov Olsen anmoder om udtalelse på vegne af bygherre
- 26. januar 2015, Langelands Museum v/ Otto Uldum sender udtalelse til Rambøll
- 4. februar 2015, Langelands Museum indstiller til Kulturstyrelsen at der stilles vilkår om marinarkæologisk forundersøgelse, muligvis inklusiv et geofysisk survey.
- 5. februar 2015, Kulturstyrelsen v/ Torben Malm tilkendegiver at man når høringssag kommer fra Kystdirektoratet vil stille vilkår om marinarkæologisk forundersøgelse, herunder muligvis geofysisk survey.
- 12. februar 2015, Rambøll anmoder Langelands Museum om budget for arkæologisk analyse af geofysisk survey.
- 23. februar 2015, Søby havn v/ Brian Groth Hansen beder Langelands Museum om arkæologiske kravsspecifikationer for geofysisk survey.
- 23. februar 2015, Langelands Museum sender kravsspecifikationer til Søby havn.
- 25. februar 2015, Langelands Museum sender budget for arkæologisk analyse af geofysisk survey til Kulturstyrelsen.
- 25. februar 2015, Kulturstyrelsen sender godkendelse af arkæologisk analyse af geofysisk survey til Langelands Museum.
- 13. maj 2015, Rambøll meddeler at de vil udføre det geofysiske survey.
- 7. august 2015, Langelands Museum modtager data fra geofysisk survey.
- 24. august 2015, Rambøll meddeler Langelands Museum at Søby havn afventer bestyrelsesmøde om videre fremskridt.
- 4. december 2015, Langelands Museum modtager sagen i høring fra Kystdirektoratet.

- 16. december 2015, Langelands Museum sender sagen til Kulturstyrelsen med henvisning til styrelsens tidligere tilkendegivelse.
- 18. december 2015, Kulturstyrelsen meddeler Kystdirektoratet at styrelsen stiller vilkår om marinarkæologisk forundersøgelse.
- 6. januar 2016, Slots- og Kulturstyrelsen meddeler Langelands Museum at Kystdirektoratet har besluttet at der skal foretages VVM-redegørelse.
- 16. marts 2016, Langelands Museum sender budget for marinarkæologisk forundersøgelse til Slots- og Kulturstyrelsen.
- 4. april 2016, Slots- og Kulturstyrelsen godkender budgettet.
- 7. april 2016, Langelands Museum sender budgettet til bygherre v/Rambøll for accept.
- 26. april 2016, Langelands Museum sender budgettet til bygherre v/Brian Groth Hansen for accept.
- 27. april 2016, bygherre v/ formand Kaj Hansen og havnemester Brian Groth Hansen accepterer budgettet.
- 23. maj 2016, Langelands Museum indstiller efter udført marinarkæologisk forundersøgelse til Slots- og Kulturstyrelsen at det ansøgte areal frigives til anlægsarbejde.
- 24. maj 2016, Slots- og Kulturstyrelsen meddeler kort at man har i sinde at følge museets indstilling.

Undersøgelsen blev udført af Langelands Museum/ Arkæologi Sydfyn, og alle data og dokumentation opbevares på Langelands Museum.

Topografi, terræn og undergrund

Søby havn ligger på Ærø i det sydfynske øhav, og er med moderne skibsfart den lettest sejlbare havn på Ærø, da havdybden her er størst, og kan nås uden problemer fra almindelige sejlruiter. Ærøs havne, Søby, Ærøskøbing og Marstal, ligger alle på øens nordside, som er beskyttet og med flere vige, mens Ærøs sydside er en stejl udligningskyst. Dog findes her den vikingetidige handelsplads Havsmarken i Vejsnæs bugt hvor den eneste østvendte kyst findes, med læ for de fremherskende vinderetninger. Dette sted kunne formentlig udgøre en red. I sejlskibstiden havde Ærø to meget livlige havne i Ærøskøbing og især Marstal. Søby havn blev bygget i 1865.



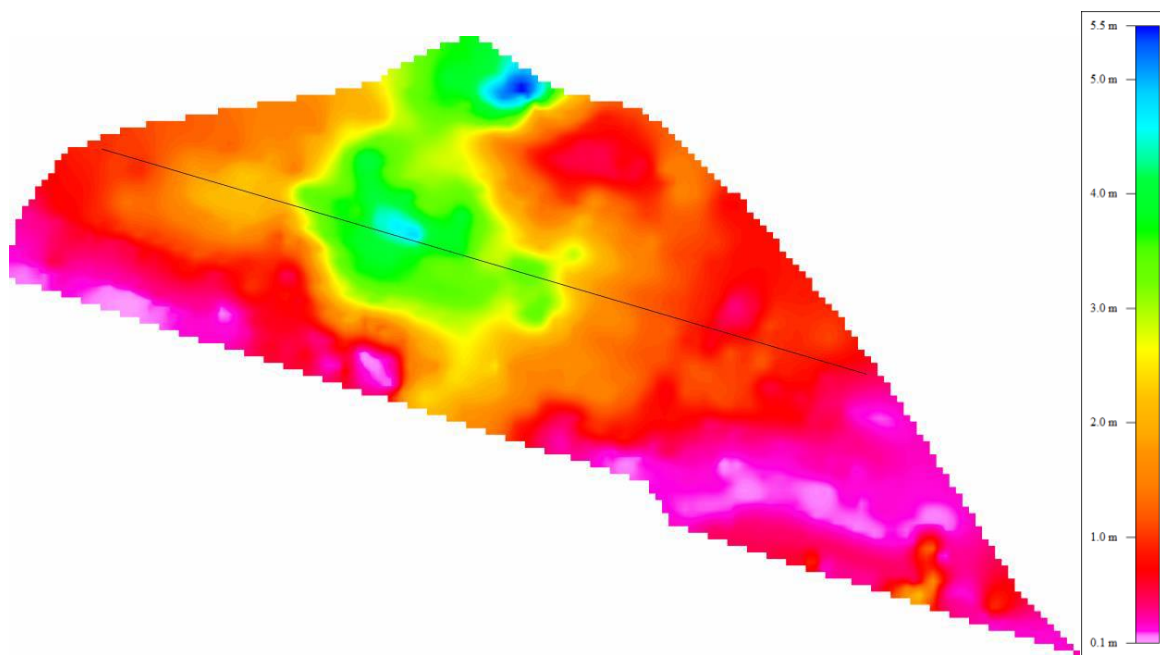
Den vestlige del af Ærø med fortidsminder markeret. To oplysninger om skibsvrag er markeret med røde cirkler ud for Søby havn. Den planlagte havneudvidelse er aftegnet på kortet.

På Ærøs nordkyst findes flere submarine lokaliteter fra ældre stenalder, først og fremmest Møllegabet I og II ud for Ærøskøbing, som er grundigt undersøgt og publiceret, og på Skjoldnæs nordvest for Søby, Næbbet, hvor der er gjort flere fine fund af redskaber af træ. Flere steder er konstateret tørv som er dannet i slutningen af ældre stenalder. Flere steder på Ærøs nordkyst er også iagttaget store arealer med træstubbe fra den skov der blev oversvømmet ved havstigningerne i slutningen af ældre stenalder.

Forud for forundersøgelsen udførte Rambøll en geofysisk survey af projektområdet, med Rambølls reference 1100017346-331_001_0. For oplysninger om Bathymetri, aflejringsforhold, magnetiske anomalier og havbundens beskaffenhed henvises til omtalte rapport. Datasættet består af:

- Multibeam ekkolod MBES
- Side Scan Sonar SSS
- Sub Bottom Profiler SBP
- Magnetometer MAG

Resultaterne blev gennemgået for oplysninger som havde relevans for arkæologiske forhold, og det kunne konkluderes at de ikke tydede på et stort potentiale i arkæologisk henseende. MBES-data viser en ukompliceret temmelig plan flade som skråner fra stranden ud til en dybde på 18 m. MBES-data er så detaljerede at de umiddelbart vil afsløre forekomst af skibsvrag eller andre større menneskeskabte strukturer. Meget kystnært i områdets østlige del kunne iagttages et træbygget skibsvrag, som også meget tydeligt optrådte på SSS-data. Ellers var området uden punkter af interesse. Områder indtil ca. 5 m havdybde må anses for ret sandsynlige steder for ældre stenalders bosættelse netop på Ærøs nordkyst. Sedimenttykkelsen fremgår af data fra SBP, og det kan ses at ret store dele af de kystnære dele kun udviser en ringe sedimenttykkelse, men også større partier med ca. 1 m sediment. Ud for havneindløbet findes en fordybning som har en naturskabt oprindelse. På dette grundlag kunne det område som skulle undersøges for mulig forekomst af stenalderbosættelse indskrænkes til de sydøstlige dele.



Figur fra Rambølls rapport visende sedimenttykkelsen i området.

Magnetometeranomalier vil sjældent påkalde sig arkæologisk interesse da de oftest er resultatet af aktivitet i nyere tid eller naturlige signaler, men disse blev dog gennemgået, og sammenlignet med MBES og SSS-data, og kun i få tilfælde var der sammenfald af arkæologisk signifikans. På SSS-data sås vraket meget tydeligt som knap 15 m langt, tydeligvis træbygget. Sammenfattende blev det besluttet at koncentrere den marinarkæologiske forundersøgelse om vraket, og dernæst om en generel vurdering af mulig stenalderbosættelse.

Målesystem

Der blev ikke oprettet målesystem, men positionerne for viftehuller og prøvefelter blev indmålt med GPS. Der blev optaget positioner på steder for særlige iagttagelser.

Udgravningsmetode

Undersøgelsen blev udført som dykkerarbejde. Platform var museets dykkerjolle, og udstyret var SCUBA. Basehavn var naturligvis Søby havn. Lokalisering blev foretaget med GPS på basis af oplysninger tilsendt som GIS af bygherres repræsentant Rambøll. Dykkerholdet bestod af tre erhvervsdykkeruddannede arkæologer. Ved prøvefelter og borer blev jollen ankret op, og ved søgelinjer blev dykkeren trukket af jollen. Alle dyk foregik med telefonforbindelse til dykkeren. Holdet skiftedes mellem funktionerne dykker, tender og bådfører. Der blev medbragt VHF-radio til overvågning af radiotrafikken, og en enkelt gang blev Søbyfærgen til Faaborg kaldt.

Dokumentation foregik ved at tenderen noterede dykkerens iagttagelser - særligt om lagfølgen - på et dataark. Vraget blev fotograferet. Alle borer, prøvefelter og særlige iagttagelser blev positioneret med GPS. Der blev hjemtaget en lille mængde bearbejdet flint.



Dykkerjollen med centrifugalpumpen monteret, dykkeren graver med ejektorsug for enden af brandslangen. Den orange bøjle markerer vraget..

Dagbog:

17/5 2016. Til stede Otto Uldum (OU), Massimiliano Ditta (MD) & Nilas Møller (NM).

Grejet var pakket ugen før pinse, og stod klar på formagasinet. Lejet bil blev hentet hos One2move, Rudkøbing, og grejet læsset. Jollen blev hængt på.

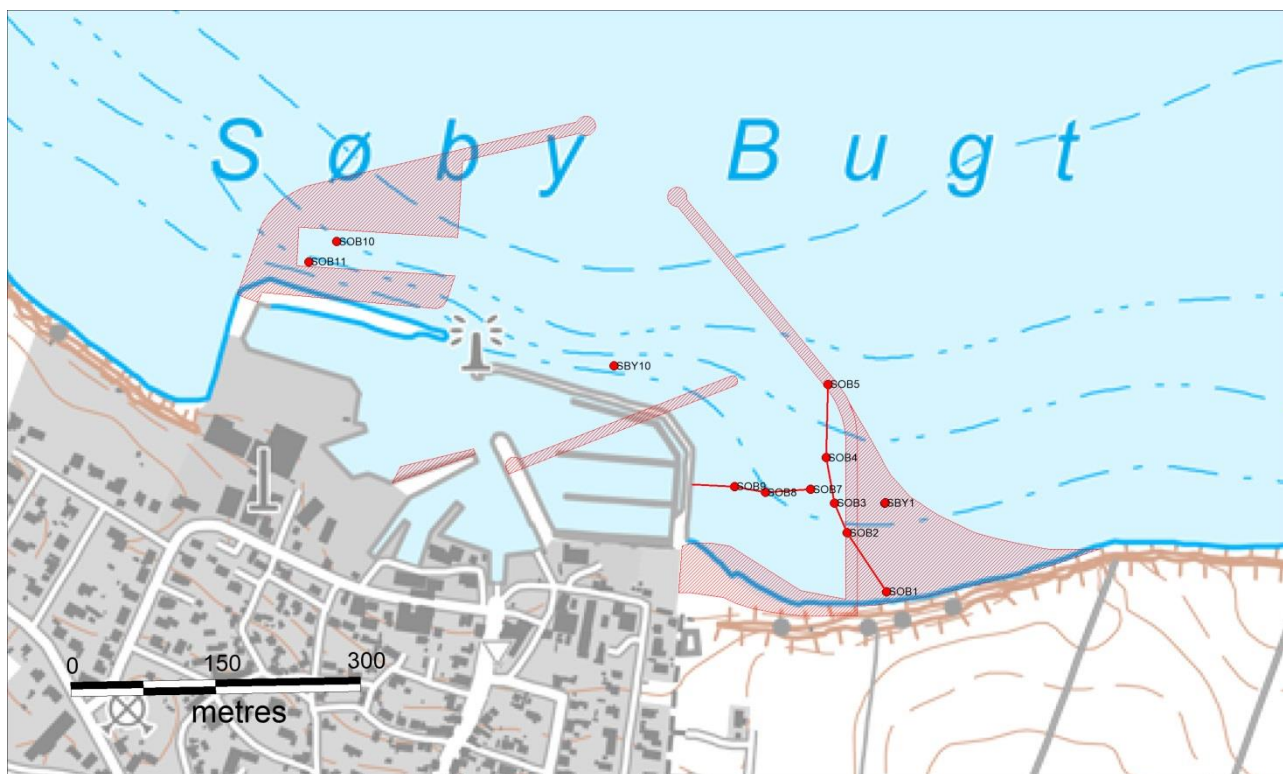
Kl. 12:05: Færge til Ærøskøbing fra Svendborg. Holdet blev indlogeret på Albertslykke Bed & Breakfast i Leby. Jollen blev søsat i Søby. Havnemester Brian Groth Hansen blev besøgt, og overalt mødte vi hjælpsomhed. Grej til en dykker blev taget med jollen, og positionen for vraget blev tastet ind i GPS'en. En bøjle blev lagt på positionen, og MD svømmede med snorkel i overfladen. Efter nogen tid blev vraget fundet, og bøjen flyttet de få m til den korrekte position. Humminbirden blev tændt og vraget sås tydeligt på denne i flere oversejlinger. Retur til Søby, hvor vi fik lov at låne en jolleplads, da ejerens båd var på land. Grej klaret af, og retur til Leby kl. 17.

18/5 2016 Til stede OU, MD & NM

Kl. 8 Ankom til Søby havn hvor jollen blev rigget til dykning og sugning. På pos. Vrag, hvor MD dykkede for indledende

reko på vraget, og han rensede en del algevækst af. Vraget lå tydeligt ca. N-S med spanter stikkende op af havbunden, men dog ellers temmelig sandgået. Der stod et kobberør i den ene ende, med to flanger med møtrikker på hver side. Der lå et jernknæ løst på havbunden, og en mængde jerndeile stak op i det formodede forstævningsområde. MD udførte en prøvegrøft ca. midtskibs (formodet) tværs over vraget. Dimensioner på tømmer blev noteret på dataark.

Kl. 12 Retur til Søby for frokost og flaskefyldning. På vej ud af havnen igen fortalte en Søbybo at vraget sandsynligvis var af en "skonnert" som sank for nogle årtier siden, og han ville forhøre sig hos nogen af de gamle. Han kunne derefter fortælle at skibet hed "Gedovia" og sank uden besætning for anker. En hurtig søgning på nettet fandt Søulykkestatistikken, som fortalte at "Gedovia" var en stor fiskekutter som var bygget i 1906 i Frederikshavn, og som grundstødte ved Avernakø i december 1972. Der var søforhør i Søby 14. februar 1973. Lidt forvirrende at skibet så er vrags ved Søby. OU dykkede for at evaluere vraget med de nye oplysninger, og kunne se at tømmer over garneringen nær kobberøret var sat med et lag af gummi, og dermed sandsynligvis motorfundament. Dette støtter oplysningerne om "Gedovia". Derefter reko omkring vraget, og der sås tørv i havbunden. Et parti blev viftet frit, og der sås en mængde pinde indlejret i tørv. Dette blev fotograferet. Et lille prøvefelt blev gravet med ejektorsug, men der sås intet bearbejdet i tørv, som desuden var meget vanskelig at grave i. På havbunden sås ingen bearbejdet flint.



Undersøgelsesområdet med søgelinjer, besigtigede positioner og boreprøver markeret.

Retur mod Søby, hvor en anomali fra SSS blev besigtiget. Dette var en samling store sten på ca. 1 m som lå i et større område på ca. 5 m dybde. OU reko stenene uden at finde årsag til yderligere undersøgelse. Kl. 17 Tilbage i Albertslykke.

19/5 2016 Tilstede OU, MD & NM

Kl. 8 Ankom til Søby havn hvor jollen blev rigget til dykning.

Kl 9.20 NM dykkede østlige side af havn, hvor båd langsomt trak dykker i lige søge linjer. Fra kyst mod vrags, og derefter fra vrags mod havn. Viftet huller (VH) og boreprøver (BP) blev foretaget løbende.

En del bearbejdet, men patineret og vandrullet flint blev erkendt på havbunden men ingen større koncentrationer.

Viftehuller og boreprøver:

VH SOB2

VH SOB3

VH SOB4

VH SOB5

BP SOB6

BP SOB7

VH SOB8

VH SOB9

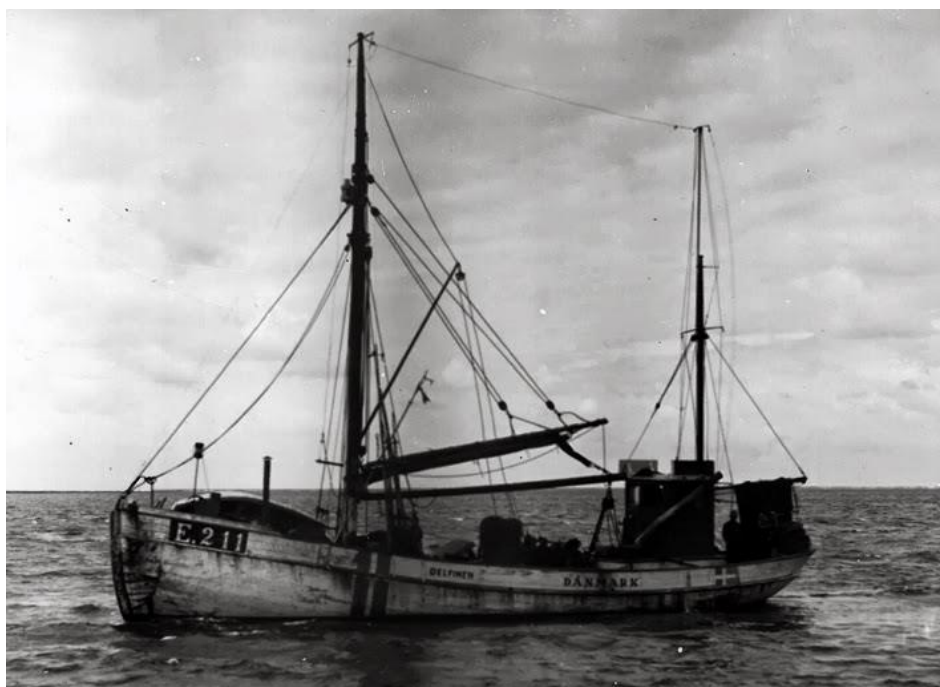
Kl. 11:05 NM andet dyk, vest for havn. To boreprøver foretaget. Her har vi en homogen meget nedbrudt sandet gytje lag, UG ikke nået.

Kl. 12 Frokost og rigge af.

Kl. 16:35 Færge til Svendborg.

20/5 2016 Tilstede OU, MD & NM

Kl. 8-10 Rigge af, rengøre materiel, aflevere bil.



"Gedovia" som fiskekutter E 211 "Delfinen". Foto: Fiskeri- og Søfartsmuseet i Esbjerg.

Undersøgelsens resultater

På forhånd var undersøgelsen målrettet det træbyggede vrage som var erkendt under analysen af data fra det geofysiske survey, hvor det optrådte meget tydeligt på Side Scan Sonar-optagelserne. Vraget ligger ca. 100 m fra kysten på østsiden af den eksisterende havn, på stedet hvor det nye kystområde etableres. På sonaroptagelserne er vraget meget tydeligt, med alle spanter synlige i hele vrages bredde. Ved undersøgelsen var vraget sandgået, og kun det øverste af spanterne stak op af havbunden, og disse var overgroet med alger. Efter en

grov afrensning sås en hel del metalgenstande liggende frit på havbunden, og fastgjort til vraget. I vrgets ene side var et stykke kobberør af ca. 8 cm diameter fastgjort, og der sås to flanger til videre rørføring siddende med hver to møtrikker. Vragflagen var ca. 15 m lang og 4 m bred. Den bestod af spanttømmer som var 29 cm bredt og 14 cm højt, garneringsplanker som var 19 cm brede og 4 cm tykke, og bordplanker som var 21 cm brede og 6 cm tykke. Der sås ingen køl eller andet langskibs tømmer, ligesom der ingen formstykker i form af knæ eller lignende fandtes. Der sås derimod et jernknæ liggende frit på havbunden med flige på 60 cm længde. Alt tømmer var eg. Da der ikke sås spor af kølen må det formodes at den bevarede del er den ene side af skibet, og den anden må enten ligge helt sandgået eller være forsvundet.

Da museets tilstedeværelse blev kendt på Søby havn, henvendte en borger sig med den oplysning at han kunne huske da et skib forliste på vragpositionen da han var dreng. Efter at have forhørt sig hos "de gamle" kunne han oplyse at skibet hed "Gedovia" og skulle være forlist efter en grundstødning i hårdt vejr. En søgning på internettet viste hurtigt at der var hold i oplysningerne, da Søulykkesstatistikken viste at "Gedovia" af Søby ganske rigtigt forliste i december 1972. Skibet var bygget som fiskefartøj i Frederikshavn i 1906 og havde en størrelse på 99 BRT, og var forsynet med en maskine på 150 HK, hvilket alt sammen passer fint med det iagttagede.

Vraget viste sig at ligge presset ned i en havbund bestående af brun trevlet tørv med store mængder af pinde, grene og andre botaniske levn indlejret, kun dækket af et ganske tyndt lag sand. På havbunden sås kun ganske lidt bearbejdet flint, men det blev alligevel besluttet at grave et prøvefelt i tørv, for at afgøre om det skulle rumme enten bearbejdet flint eller bearbejdet træ. Dette viste sig ikke at være tilfældet, men det kunne konstateres at bevaringsforholdene for træ var særdeles gode, så hvis tørveforekomsten et andet sted skulle rumme bosættelsesspor, vil potentialet være meget stort for fund af trægenstande og genstande af andre organiske materialer.



Vraget som det tog sig ud ved undersøgelsen set langskibs mod nord, spanter er overgroet med alger.

De to søgelinjer der blev udført afslørede ikke større mængder af bearbejdet flint, og det fundne var overvejende temmelig patineret, men dog ikke meget vandrullet. Dette indikerer bosættelsesspor i relativ nærhed af undersøgelsesområdet, og harmonerer fint med de kendte forhold som jo omfatter væsentlige lokaliteter.

LMR 15506 Søby havn

Dykkerlog/dataark

Dato	Pos.	Dykker	Tender	Leder	Ned	Op	Max
18/5 2016	SBY1	MD	NM	OU	8:58	9:52	3

Visuel inspektion af vrage, samt fotodokumentation. Optaget et jernsøm og moderne glasflaske (ej hjemtaget).

Suge med ejektorsug, start 9:40: afrensning af vrage for analyse af byggemåde og bevaring.

Dato	Pos.	Dykker	Tender	Leder	Ned	Op	Max
18/5 2016	SBY1	MD	NM	OU	10:30	11:24	3

Sug med ejektorsug, 10:30: Grøft tværs over skib.

9 garneringsplanker, 19 cm brede, 4 cm tykke, ingen tegn på køl, 3 synlige yderplanker, 21 cm brede og 6 cm tykke.

Spanter: 14 cm høje, 29 cm brede.

Vrage ligger direkte på tørvegytje.

Dato	Pos.	Dykker	Tender	Leder	Ned	Op	Max
18/5 2016	SBY1	OU	MD	NM	14:14	15:15	3

Visuel inspektion. Identificerer motorfundament med mellemlæg af gummi. Planker af egetræ, jernnagler næsten korroderet væk.

Visuel inspektion omkring vrage: 15 m nord for pos. SBY1, tørv med grene fritlagt. Ingen bearbejdet flint erkendt.

Viftehul 15 m nord for pos. SBY1: tørvegytje med grene.

Prøvefelt samme sted, 15:03-15:08: Rustrød tørvegytje, meget klæg, og svær at suge væk.



Kobberrøret med flanger. Det er sandsynligvis kølevandsforsyning til skibets 150 HK motor som nu er forsvundet.

Dato	Pos.	Dykker	Tender	Leder	Ned	Op	Max
Dybde							
18/5 2016	SBY10	OU	MD	NM	15:36	15:41	6

Visuel inspektion. Større sten, 1 m diamenter, ligger spredt på havbund uden klar formation, ligger ikke ovenpå hinanden.

Dato	Område	Dykker	Tender	Leder	Ned	Op	Max
Dybde							
19/5 2016	Øst for havn	NM	MD	OU	9:20	10:44	3

Visuel inspektion fra kyst mod vrage og fra vrage mod mole. Afslag erkendt på havbund 20 m fra kyst og ud.

VH i SOB2: 0-25 cm sand med vandrullet afslag. UG ej nået.

VH i SOB3: Tørv med pinde, et afslag på havbund. UG ej nået.

VH i SOB4: 0-5 cm sand, 5- cm blåler.

VH i SOB5: 0-5 sand med ålegræs, 5- cm blåler.

BP i SOB6: 0-13 cm sand, 13-82 cm brunrød gytje med pinde. UG ej nået.

BP i SOB7: 0-11 cm sand med ålegræs, 7-13 cm grus med afslag, 13-80 cm tørvegytje. UG ej nået.

VH i SOB8: 0-3 cm sand, 3- cm tørvegytje. Enkelte afslag på havbund omkring. UG ej nået.

VH i SOB9: Større sten på havbund, ca. 50 cm diameter. 0-2 cm sand, 2- cm blåler.

VH ved østmole: 0-30 cm sand. UG ej nået.



Tørven i området ca. 15 m nord for vraget. Den er dannet ved afslutningen af ældre stenalder, og har bevaret grene og andre organiske levn fra perioden.

Dato	Punkter	Dykker	Tender	Leder	Ned	Op	Max
19/5 2016	Vest for havn	NM	MD	OU	11:05	11:40	6

Visuel inspektion, ingen bemærkninger, kun klæg sand.

BP i SOB10: 0-12 cm mørkgrå klæg sand, 12-54 cm mørkgrå nedbrudt sandet gytje. UG ej nået.

BP i SOB11: 0-7 cm mørkgrå klæg sand, 12-35 cm mørkgrå nedbrudt sandet gytje.UG ej nået.

Navn	EastWGS84	NorthWGS84	Note
SBY01	581057	6089076	Vrag
SBY10	580776	6089218	Sten ano SSS
SOB01	581059	6088984	Søgelinje
SOB02	581018	6089045	VH
SOB03	581005	6089076	VH
SOB04	580996	6089123	VH
SOB05	580998	6089199	VH
SOB06	581046	6089097	Boreprøve
SOB07	580980	6089090	Boreprøve
SOB08	580933	6089087	VH
SOB09	580901	6089093	VH
SOB10	580488	6089347	Boreprøve
SOB11	580459	6089326	VH

Alle besøgtede positioner med koordinater. VH er viftehul.

Fremtidigt arbejde på stedet

Den marinarkæologiske forundersøgelse har vist at der ved den projekterede udvidelse af Søby havn ikke vil være risiko for at støde på væsentlige fortidsminder, og derfor vil Langelands Museum indstille til Slots- og Kulturstyrelsen at ansøgningen imødekommes.

Fundliste

Fund	Materiale	Genstand	Datering	Anlæg	Antal
Kampagne: 17-05-2016					
X1	Flint	Bor	Mesolitikum - Mesolitikum		6

Fundbeskrivelse

X1

Flint, Bor, Mesolitikum-Mesolitikum

1 bor 4,5 cm, ret upatineret, på skiveafslag, retoucheret på begge kanter

2 hvidpatinerede afslag 4 cm

1 stikkelafslag 3 cm, ret upatineret

2 små afslag, delvis hvidpatineret, 2 cm

Fra søgelinje SOB1-SOB9

Fotoliste

Billed	Motiv	Beskrivelse	Filmtype	Dato	Fotograf
1/1	Kobberrør og flanger i vraget.	Kobberrør og flanger siddende i vrgets sydvestlige del.	digitalt foto	18-05-2016	Massimiliano Ditta
1/2	Kobberrør og flanger i vraget.	Kobberrør og flanger siddende i vrgets sydvestlige del.	digitalt foto	18-05-2016	Massimiliano Ditta
1/3	Garneringsplan ker og spanter i vraget.	Garneringspalnker og spanter i vraget.	digitalt foto	18-05-2016	Massimiliano Ditta
1/4	Spanter på havbunden.	Spanter overgroet med alger set langs kibs liggende på havbunden.	digitalt foto	18-05-2016	Massimiliano Ditta
1/5	Spanter på havbunden.	Spanter overgroet med alger set langs kibs liggende på havbunden.	digitalt foto	18-05-2016	Massimiliano Ditta
1/6	Vraget overgroet med alger.	Vragdele helt overgroet med alger.	digitalt foto	18-05-2016	Massimiliano Ditta
1/7	Spantdel med alger.	Spantdel overgroet med alger.	digitalt foto	18-05-2016	Massimiliano Ditta
1/8	Jernkonglomerat	Jernkonglomerat brækket af, med kerne af jernnagle synlig i midten.	digitalt foto	18-05-2016	Massimiliano Ditta
1/9	Spantdel.	Toppen af spantdel delvis overgroet med alger.	digitalt foto	18-05-2016	Massimiliano Ditta
1/10	Kobberrør og vag, oversigt-	Kobberrøret siddende i vraget, resten af vraget i baggrunden.	digitalt foto	18-05-2016	Massimiliano Ditta
1/11	Pumpe og dykkerflag i jollen.	Pumpen og dykkerflaget ses i jollen.	digitalt foto	18-05-2016	Otto Uldum
1/12	Nilas Møller i jollen.	Nilas Møller siddende på ruftaget af jollen iført orange flydedragt	digitalt foto	18-05-2016	Otto Uldum

1/13	Garneringsplan ker frilagt i vraget.	Garneringsplanker i søgefelt tværskibs.	digitalt foto	18-05- 2016	Massimiliano Ditta
1/14	Garneringsplan ker frilagt i vraget.	Garneringsplanker i søgefelt tværskibs.	digitalt foto	18-05- 2016	Massimiliano Ditta
1/15	Garneringsplan ker frilagt i vraget.	Garneringsplanker i søgefelt tværskibs.	digitalt foto	18-05- 2016	Massimiliano Ditta
1/16	Garneringsplan ker frilagt i vraget.	Garneringsplanker i søgefelt tværskibs.	digitalt foto	18-05- 2016	Massimiliano Ditta
1/17	Indskåret markering på planke.	Indskåret markering på garneringsplanke.	digitalt foto	18-05- 2016	Massimiliano Ditta
1/18	Hul efter jernnagle i spant.	Hul i spanttømmer hvor nu bortrustet jernnagle har siddet.	digitalt foto	18-05- 2016	Massimiliano Ditta
1/19	Søgefelt sandet til.	Søgefelt på tværs af vraget sandet til i løbet af dykket.	digitalt foto	18-05- 2016	Massimiliano Ditta
1/20	Tørv nord for vraget.	Rødbrun tørv i SBY1+15 m nord	digitalt foto	18-05- 2016	Otto Uldum
1/21	Kobberrør mellem spanter.	Kobberrør liggende mellem to spanter. Skarpt og velbelyst.	digitalt foto	18-05- 2016	Otto Uldum
1/22	Kobberrør med flanger.	Kobberrøret med flanger. Skarpt og velbelyst.	digitalt foto	18-05- 2016	Otto Uldum
1/23	Prøvefelt i SBY1 + 15 m nord.	Lille prøvefelt i den rødbrune tørv i SBY1 + 15 m nord.	digitalt foto	18-05- 2016	Otto Uldum

Til

Søby Havn

Dokumenttype

Baggrundsrapport, OML-beregninger

Dato

Marts, 2020

VVM SØBY HAVN OML-BEREGNINGER BAGGRUNDSRAPPORT BILAG 5

Meteorologiske spredningsberegninger er udført for følgende periode (lokal standard tid):

Start af beregningen = 760101 kl. 1
Slut på beregningen (incl.) = 761231 kl. 24

Meteorologiske data er fra: Kastrup

Koordinatsystem.

Der er anvendt et x,y-koordinatsystem med x-akse mod øst (90 grader) og y-akse mod nord (0 grader).
Enheden er meter. Systemet er fælles for receptorer og kilder. Origo kan fastlægges frit, fx. i skorstensfoden for den mest dominerende kilde eller som i UTM-systemet.

Receptordata.

Ruhedslængde, z0 = 0.300 m

Største terrænhældning = 0 grader

Receptorerne er beliggende med 10 graders interval i 15 koncentriske cirkler

med centrum x,y:	0.,	0.			
og radierne (m):	50.	100.	200.	300.	400.
	500.	600.	800.	1000.	1200.
	1400.	1600.	1800.	2000.	2500.

Alle terrænhøjder = 0.0 m.

Alle receptorhøjder = 1.5 m.

Alle overflader er typenr. = 2.

Forkortelser benyttet for kildeparametrene:

Nr.....: Internt kilde nummer
 ID.....: Tekst til identificering af kilde
 X.....: X-koordinat for kilde [m]
 Y.....: Y-koordinat for kilde [m]
 Z.....: Terrænkote for skorstensfod [m]
 HS.....: Skorstenshøjde over terræn [m]
 T.....: Temperatur af røggas [Kelvin]/[Celsius]
 VOL.....: Volumenmængde af røggas [normal m3/sek]
 DS0.....: Ydre diameter af skorstenstop [m]
 DSI.....: Indre diameter af skorstenstop [m]
 HB.....: Generel beregningsmæssig bygningshøjde [m]
 Qi.....: Emission af stof nr. 'i' [gram/sek]
 og specielt for arealkilder:
 Q.....: Emission [gram/sek]
 X.....: X-koordinat for vestligste hjørne af areal [m]
 Y.....: Y-koordinat for vestligste hjørne af areal [m]
 TETA...: Vinkel mellem nord og siden med L1 [grader]
 L1.....: Sidelængde af 1. side efter vestligste hjørne i urets retning [m]
 L2.....: Sidelængde af 2. side efter vestligste hjørne i urets retning [m]
 Type...: Type af emissionsfaktorer brugt til tidsvariation af emissionen.

Areakilder.

Tidsvariationer i emissionen fra arealkilder.

Type nr. 1:

Ingen tidsvariation.

Individuelle kildedata:

Nr ID	X	Y	L1	L2	TETA	HS	HB	Stof 1 Q1	Stof 2 Q2	Stof 3 Q3	Type
1 dokIV	0	0	40	185	5	0.0	0.0	8.0000	0.0000	0.0000	1

Udskrevet: 2016/06/13 kl. 10:59
Dato: 2016/06/13

OML-Multi PC-version 20140224/6.01
DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, Aarhus Universitet

Side 3

Side til advarsler.

Stof 1 Periode: 760101-761231

Maksima af månedlige 99%-fraktiler ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Retning (grader)	Afstand (m)														
	50	100	200	300	400	500	600	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2500
0	21063	9660	3064	1552	905	642	482	309	219	166	131	108	90	78	57
10	24570	10644	3210	1604	972	676	501	319	225	170	134	109	91	78	57
20	28426	11765	3418	1693	1043	713	526	329	231	173	136	110	92	79	57
30	33119	13674	3864	1858	1118	753	551	339	236	176	138	112	93	80	57
40	36156	17015	4526	2092	1216	792	576	351	241	180	140	113	94	80	57
50	36198	22960	5621	2503	1374	838	596	360	246	182	142	115	95	81	58
60	36388	33577	7719	3059	1563	948	620	368	250	184	143	116	96	82	59
70	37657	46206	12109	3662	1680	993	666	376	256	186	144	117	97	83	60
80	42355	36527	21544	3995	1699	982	656	379	257	186	145	117	97	82	60
90	43363	41025	21978	3525	1574	919	639	378	256	186	145	117	97	83	60
100	39529	35930	13318	3214	1487	903	633	376	255	185	144	116	97	82	59
110	35552	27240	8995	2789	1418	885	618	368	251	184	143	115	96	81	58
120	31822	20216	6363	2464	1292	846	601	359	245	181	141	115	95	81	59
130	27721	15671	5057	2162	1222	780	567	348	239	178	139	113	94	80	56
140	24091	13315	4913	2102	1136	743	545	337	234	175	137	111	93	80	58
150	20272	11413	4579	2321	1399	946	691	424	293	217	168	135	113	98	69
160	17364	9584	4026	2145	1337	924	684	427	298	223	175	141	118	100	71
170	15260	8259	3589	1984	1275	896	671	426	300	225	177	144	120	102	72
180	13615	7284	3263	1856	1211	864	654	420	299	226	178	145	121	103	74
190	12321	6615	2986	1748	1160	837	639	415	296	225	176	145	121	104	74
200	11330	6071	2780	1649	1111	811	623	409	293	221	176	145	121	104	74
210	10662	5659	2619	1576	1069	776	600	398	286	220	175	144	121	104	75
220	10123	5350	2497	1506	1033	743	577	385	281	216	173	142	120	103	74
230	9775	5162	2403	1461	1007	748	577	373	273	211	169	139	118	101	73
240	9583	5047	2353	1434	991	737	566	378	265	205	164	136	115	98	71
250	9601	5045	2348	1429	987	735	572	369	268	206	160	132	111	96	69
260	9838	5150	2371	1436	989	726	561	357	259	199	159	131	111	95	68
270	9903	4750	2082	1235	847	626	485	323	232	175	140	116	98	84	61
280	10111	4909	2105	1246	847	621	480	331	266	204	170	140	118	102	73
290	10802	5110	2144	1257	845	618	477	315	227	185	156	130	110	94	66
300	11646	5332	2181	1215	788	550	404	269	194	150	120	100	85	74	55
310	12669	5353	2060	1151	750	537	410	273	197	152	122	101	86	74	55
320	14064	5889	2284	1241	801	570	455	298	244	188	149	123	103	88	64
330	14098	6765	2472	1329	973	721	552	360	259	197	157	128	108	92	66
340	16259	7704	2698	1677	1062	756	572	369	262	198	157	128	107	92	66
350	18399	8686	3289	1730	1070	745	552	342	235	172	132	106	89	77	57

Maksimum= 46206.30 i afstand 100 m og retning 70 grader i måned 5.