

Afgangsprøjt KLT 4

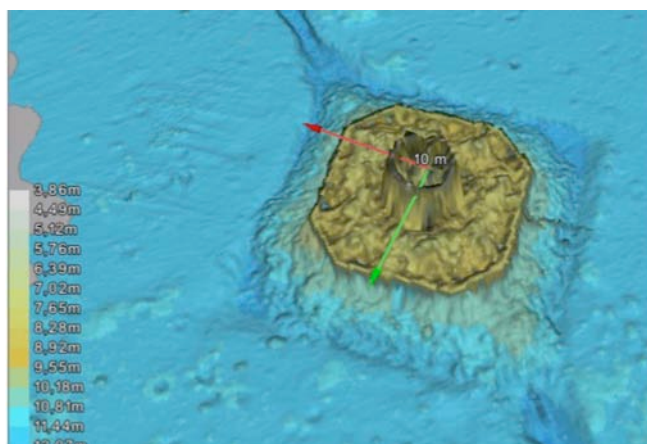
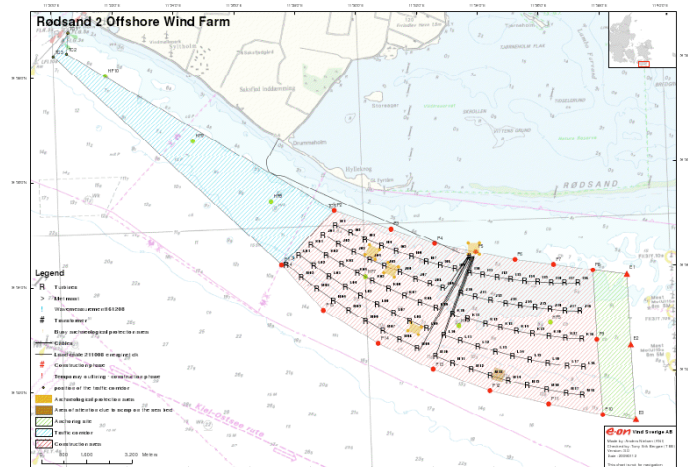
Emne:

Søopmåling



Søopmåling med flerstråleekkolod

På Rødsand 2 vindmølleparken syd for Lolland



Rapport afleveret 17 juni 2010
Forsvares 8 juli 2010

Indledning

Der bliver i disse tider opstillet masser af vindmøller, en stor del til søs. Til placering og vedligehold af havvindmølleparker skal løbende foretages bathymetriske opmålinger af bunden med præcise dybder og bundforhold.

Da vi interesserer os for søopmåling og søger at få mere kendskab til emnet, har vi, i forbindelse med udførelsen af nærværende rapport, sat os i forbindelse med Søopmåler John Dahl, Dansurvey. Firmaet er hjemmehørende i Slangerup.

Vi er meget taknemmelige for den positive tilbagemelding fra John Dahl, hvilket har udmøntet sig i at vi har medvirket til dataopsamling under en af hans opmålingssejladser på havmølleparken Rødsand2, beliggende syd for Lolland.

Vi har efterfølgende gennemført databehandling og fremstillet et bud på præsentation af opmålingsdata.

Problemformulering

Vi vil udføre inspektion på havbaseret vindmøllefundament og herunder undersøge om der konstateres scouring (underminering) og om backfill af sten omkring fundament er udført.

Vi vil lave et bud på presentation i form af en 3D model af fundamentet med omkringliggende havbund

Undervejs vil vi komme ind på:

- Hvilket udstyr anvendes
- Hvordan gennemføres dataindsamling?
- Hvordan udføres databehandling?
- Hvilke nøjagtigheder kan opnås?

Indholdsfortegnelse

<u>INDLEDNING</u>	3
<u>PROBLEMFORMULERING</u>	3
<u>OVERORDNET FORLØB</u>	5
<u>TAK TIL</u>	5
<u>VI GÅR IGANG</u>	6
<u>POSITIONERING AF DYBDEDATA</u>	6
<u>DYBDEMÅLING</u>	9
<u>LYDHASTIGHED</u>	10
<u>LYDHASTIGHED I PRAKSIS</u>	11
<u>KOTEN</u>	14
<u>GPS POSITIONERING</u>	15
<u>INSTRUMENT SETUP</u>	16
<u>OPSÆTNING INDEN OPMÅLING</u>	17
<u>TIL SØS</u>	17
<u>FEJLSKUD</u>	17
<u>EDITERING</u>	19
<u>NØJAGTIGHEDER</u>	23
<u>KONKLUSION</u>	24
<u>COPYRIGHT</u>	24
<u>BILAG</u>	24
<u>PERSPEKTIVERING</u>	25

Overordnet forløb

Forarbejde:

- 15. apr Telefon interview og aftale om søopmåling med Dansurvey.
- 26 april Fremskaffelse af Navi-softwareserien fra Eiva.
- 23 apr Fremskaffelse af PDS2000 software fra Reson.
- Løbende vejledning.
- Løbende software kendskab
- 20. maj Opmåling ved Rødsand 2 på skibet Faros

Beregninger:

- 28 maj Import af data fra vores opmåling med DanSurvey
- Løbende behandling af data, herunder kontrol af fejlmålinger og editering.
- 14 juni udfærdigelse af 3D billede af fundament og omgivelser

Tak til

Vi vil hermed varmt takke følgende personer og firmaer, uden hvis hjælp projektet ikke kunne realiseres:

	Tak for:
Dir. John Dahl, Dansurvey	At vi kunne medvirke i survey, teori og brug af data
Forsyningsselskabet E.ON	Tilladelse til brug af data fra området
EIVA: Dir. Niels Jørgen Vase	Udlån af NAVI softwareserien
tekniker Ole Kristensen	
RESON: Dir. Ulrik Havely	Udlån af PDS2000 softwareserien
Undervisere Lisbeth Kejser og	Vejledning
Lars Fredensborg Mathiesen	

Vi går igang

Denne rapport skrives ad hoc, som forløbet oplevedes, med løbende teori og analyser.

Vi skal have indsamlet dybdata, som skal positioneres på havbunden.
Til fastsættelse af positioner og koter bruges udelukkende RTK GPS.
Bådens bevægelser har stor indflydelse på de målte data.
Data skal korrigeres for disse bevægelser.

Positionering af dybdata

Hvis sonaren var monteret på en pæl ude i havet, var alt ligetil.
Dette er ikke tilfældet.

Sonaren sidder lige under havoverfladen, monteret på et større eller mindre skib, som for det første bevæger sig igennem vandet, og desuden bevæger sig på en ikke retlinet måde hvad angår roll, pitch og heave

Små bevægelser i skibet og sonaren bliver, i forhold til dybden, efter kraft gange arm princippet til store aflæsningsfejl i alle retninger, hvis ikke skibets bevægelser bliver korrigeret.

Sammenskrevet skal korrigeres for følgende parametre:

- Offsættet mellem sonarens og GPSmodtagerantennens placeringer
- Tidsforskydningen mellem GPS, sonaren og motionssensorens registreringer
- Roll (tværskibs rulning)
- Pitch (langskibs rulning)
- Heave (vertical bevægelse forårsaget af bølger)
- Retning på sonar relativt til sejlretning
- Vandets lydhastighed

Vi ser på det gode opmålingsskib Faros's instrumentopsætning under vores gennemførte opmåling (fig 1):



Fig 1 Illustration af opmålingsbåden med påmonteret måleudstyr.
A: To stk GPS forbundet med **B:** Applanix motionsensor til angivelse af bådens retning og hastighed over grunden.
 Motionsensoren korrigerer desuden for roll, pitch og heave. **C:** GPS til positionering af **D:** Seabat 8125 multibeamsonar

Offsettet er den tredimensionelle afstand fra sonaren (**D**) til positions GPS modtageantennen (**C**), som er monteret i øverste ende af røret.

I dette tilfælde, i modsætning til skrogmonterede sonarer, er sonaren placeret i bunden af kraftigt rør monteret lodret på siden af skibet.

Ved denne opsætning skal der kun korrigeres for offset i Z akse (højden mellem sonar og GPS antenne målt ved tommestokmetoden).

Ved skibets bevægelse i søen opstår yderligere et X og Y offset, idet GPS antennen bringes væk fra lodaksen over sonaren, men disse korrigeres løbende i softwaren udfra informationer fra motionsensoren (**B**).

Tidsstempling af data er meget vigtig.

Alt handler om klokkeslet, forstået på den måde at GPS modtagerens løbende positioner har en tidsstempling (timestamp), som skal passe overens med sonarens registrerede dybder.

Da det er store datamængder som kommer fra multibeam sonaren, har disse en vis overførselstid til computeren.

Computerens interne ur kører sit eget løb, så datapakken fra sonaren kan blive forsinket i datatransmissionen og dermed faktisk blive tidsstemplet forskudt for det reelle tidspunkt. Dette er ikke en systematisk fejl, som kunne korrigeres, men en tilfældig fejl, som bliver større eller mindre efter pakkens størrelse og forsinkelse.

For at sikre den korrekte tidsstempling, etableres derfor, mellem apparaterne, en tidsforbindelse separat fra dataforbindelsen (se forbindelser nedenfor fig 15). Den benyttede GPS modtager har en udgangsport med et korrigeret tidssignal, som er meget nøjagtigt.

Dette tidssignal bringes nu til at styre tiden i motionssensoren, sonaren og computeren. Datastrømmen til computeren må selvfølgelig ikke kunne forsinke tidssignalet, hvorfor dette sendes direkte på motherboardet gennem separat comport, udenom USB indgange osv.

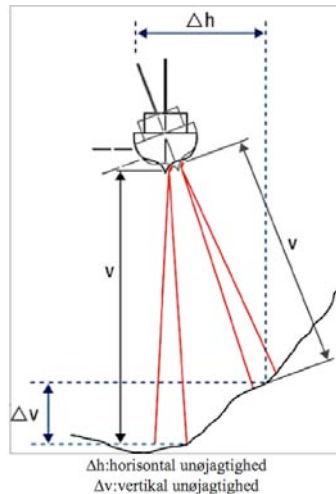


Fig 2 Tegning illustrerer horizontale og vertikale bevægelser indflydelse på nøjagtigheden Ill.: KMS "Bagom søkortet"

Tværskibs, langsskibs og lodrette bevægelser af skibet (roll, pitch og heave) monitoreres og korrigeres af en fintfølede Applanix 300 motionsensor (fig1 B og fig 3) og denne er monteret på styrehuset. Den er desuden forbundet med de to GPS modtagere (fig1A) på styrehuset, som giver heading, som er bådens retning over bunden.

Heave er den sværeste at korrigere. Motionssensoren indeholder et accelerometer og vil over tid generere et nulpunkt, som der så kompenseres tilbage til. Den optimale placering af motionsensoren vil være tæt på sonaren, så det direkte er dennes bevægelser som detekteres, herunder lokale bevægelser i sonarens fundament.

I det tilfælde, hvor sensoren monteres på siden af båden, bliver roll'et også et heave, hvilket kræver yderligere korrektion og deraf forøgelse af faren for unøjagtighed. Den optimale placering af GPS, Sonar og motionsensor til denne slags opmålinger, vil være tæt på stævnen, da roll'et hermed ikke bidrager til heavet.



Fig 3 Motionsensor Applanix 300POSMV Ill.: Applanix

Retningen skal vi kende til bestemmelse af swat'ets retning. Retningen skal også bruges når XY offsettet mellem de enkelte enheder indgår i beregningerne.

Dybdemåling

Vi starter med at gennemgå singlebeam sonaren, i daglig tale kaldet et ekkolod. Denne "pinger" en lydbølge lodret ned under skibet.

Denne lydbølge giver et ekko når den rammer havbunden.

Sonaren måler så tidsforskellen mellem det afsendte lydsignal og det modtagne ekko, hvilket er lydbølgens totale rejsetid.

Ved at halvere denne rejsetid, findes rejsetiden fra bunden til sonaren og ved at multiplicere denne med lydhastigheden kan dybden således findes:

$$\text{Dybden [m]} = \text{Lydhastigheden [m/sek]} * \text{Lydbølgens rejsetid [sek]} / 2$$

Multibeamsonaren (fig1D og fig 4) er i princippet en række af singlebeam sonarer sat ved siden af hinanden i tværskibs retning.

I Seabat 8125'ens tilfælde har hver sonar en åbningsvinkel på 0,5 grader, som tilsammen giver en "swat" vinkel på 120 grader. Langskibs er åbningsvinkelen 1 grad.



Fig4 Resons Seabat 8125 multibeamsonar (Sonaren er enheden til højre, med omnidirektional sender vender opad) III.: Reson

På multibeamsonaren er, til forskel fra singlebeamsonaren, monteret en omnidirektional sender, som pinger i alle retninger (Denne ses pegende opad på sonaren i højre side på fig 4).

Hver sonar modtager så ekkoet, kraftigere eller svagere, i sin retning.

Seabat computeren kan nu beregne retningen og afstanden til objektet ud fra tidsforskydningen af ekkoet mellem de enkelte sonarer.

Sonaren sender en vifte af elektromagnetiske lydbølger med en frekvens på 455 kHz

Denne frekvens giver stor nøjagtighed og detaljerigdom, men er samtidig følsom overfor de mindste partikler, for eksempel luftbobler og urenheder i vandet. Den vil registrere bevoksning på havbunden, hvilket der skal tages højde for.

Sonarer med lavere frekvenser vil ignorere bevoksning og vil registrere den faste havbund, men har lavere præcision.

Da præcisionen er afgørende er Seabat 8125 valgt til disse opgaver.

Lydhastighed

Til dybdeformlen ovenfor skal kendes lydhastigheden i vandet på det målte område.

Lydhastigheden afhænger af **tryk, temperatur og saltholdighed**.

Lydhastigheden kan findes som funktion af temperaturen og saltholdigheden ved en given dybde se fig 5:

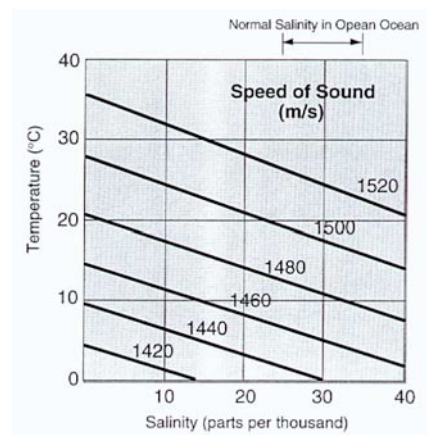


Fig 5 Sammenhæng mellem temperatur, saltholdighed ved en given dybde III.: Lars F Mathiessen: "Hydrografi"

Her ses at lydhastigheden stiger ved større saltholdighed og ved større temperatur. Lydhastigheden stiger også ved større tryk (større dybde).

Omtrentlige ændringer i lydhastighed:

Stigende temperatur $T \ 1^{\circ}\text{C} = 4.0 \text{ m/s}$ stigende lydhastighed

Stigende saltholdighed $S \ 1\text{PSU (promille)} = 1.4 \text{ m/s}$ stigende lydhastighed

Stigende dybde $D =$ stigende lydhastighed.

Ved større vanddybde falder temperaturen imidlertid, indtil den stabiliserer sig ved ca 4 gr celsius. Dette giver det resulterende lydprofil i fig 6

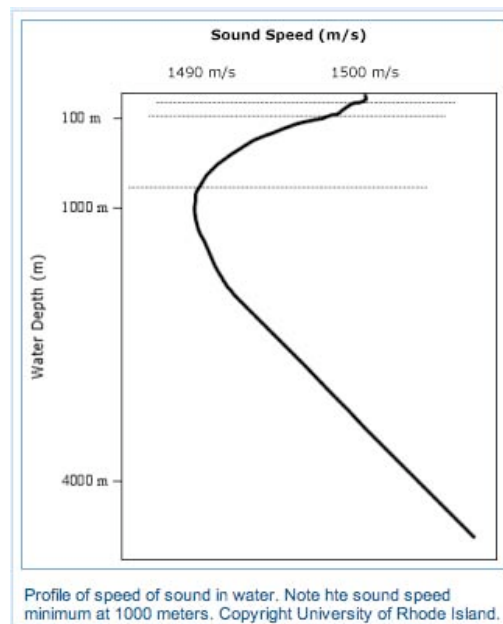


Fig 6 Lydprofil for åbent hav med stor dybde.

Den store lydhastighed i overfladen viser at profilen er gældende for varmere himmelstrøg end i vores eksempler nedenfor

Lydhastighed i praksis

I vores eksempel på Rødsand 2 Vindmølleparken arbejdes der på forholdsvis små dybder, hvor forholdende langt fra er så retlinede, som ovenfor beskrevet. Rødsand 2 vindmølleparken ligger i et område som svinger meget i saltholdighed og temperatur.

Dette er resultatet af at de store ferske vandmængder fra Østersøens store floder blandes med Kattegats mere saltholdige og tungere vand.

Denne opblanding sker ikke homogent og resulterer ofte i lagdelte saltholdigheder og temperaturer. Ved store forskelle i disse lag, opstår "springlag", som i ekstreme tilfælde kan have en afbøjende virkning på lydens udbredelse.

Afbøjningen sker ikke på de lodrette lydbølger, men bliver mere og mere udtalt jo længere sonaren måler væk fra lodret.

Vi kan også holde øje med dette på overlapsbillederne

Til fastsættelse af lydhastigheden, tager vi prøver to gange i løbet af dagen ved hjælp af **lydhastighedsproben** (se fig7)



Fig 7 Opmåleren klargør lydhastighedsproben RESON SVP 15, som langsomt sænkes til bunden. Data om saltholdighed, temperatur, tryk og lydhastighed opsamles og lagres i proben.

Denne sænkes i roligt tempo mod bunden og lagrer undervejs målinger af de tre faktorer:

- Saltholdighed
- Temperatur
- Tryk.

Den er desuden forsynet med et lille ekkolod, som pinger ud mod en på proben monteret plade som har en kendt afstand. Herved udlæses og lagres **lydhastigheden direkte** undervejs ned i dybet.

På fig 8 og 9 ses vore to forskellige målinger med lydhastighedsproben.

Ved fastsættelse af lydhastigheden for en position, interpoleres lodret gennem de målte hastigheder. Ved to eller flere lydhastighedsmålinger, interpoleres så på afstanden mellem dem. Herved findes tilnærmet lydhastighed for et givent sted.

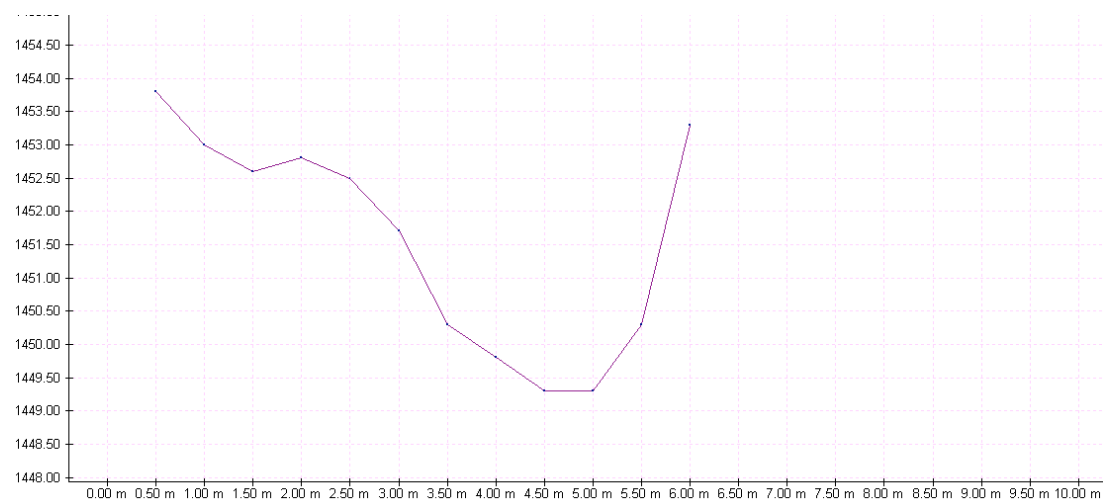


Fig 8 Første lydhastighedsprofil. Ved redigering indlæses og interpoleres mellem de to profiler

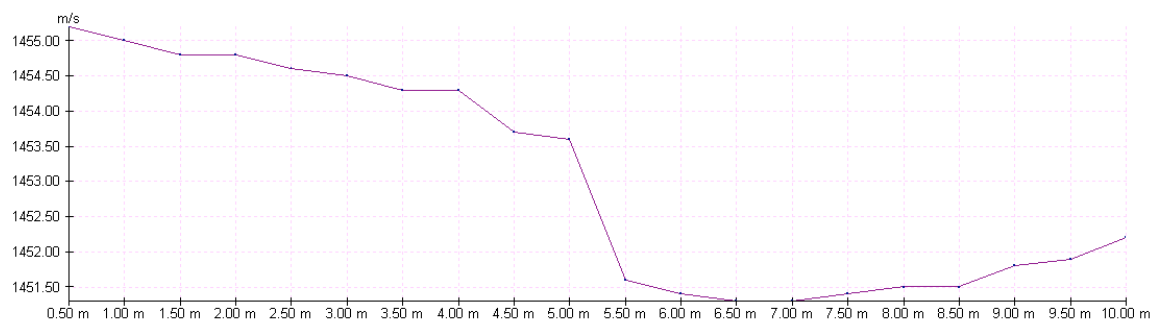


Fig 9 Andet lydhastighedsprofil. Ved redigering indlæses og interpoleres mellem de to profiler

Hvor stor indflydelse har forskellige lydhastigheder på dydberegningen?

Dette kan vi afgøre ved at indsætte værdier i vores grundformel:

$$\text{Dybden (m)} = \text{Lydhastigheden (m/sek)} * \text{Lydbølgens rejsetid (sek)} / 2$$

Vi vælger at indsætte mindste og største aflæste lydhastigheder sammen med tre tilfældige lydbølgeresetider, for derved at vurdere størrelsen af dybde afvigelsen som en funktion af dybden (se fig 10):

dybdeafvigelse	dybde	lydhast	rejsetid	/2
meter	meter	m/sek	sek	sek
0,031	7,2465	1449,3	0,01	0,005
	7,2775	1455,5	0,01	0,005
0,310	72,465	1449,3	0,10	0,05
	72,775	1455,5	0,10	0,05
3,100	724,65	1449,3	1,00	0,5
	727,75	1455,5	1,00	0,5

Fig 10 Dybdeafvigelser ved forskellige lydhastigheder

Ovenfor ses at udsvinget af den beregnede dybde stiger proportionalt med dybden

Vi indsætter nu lydbølgens rejsetid for gennemsnitsdybde (ca 5 meter) for vores område, og ser at afvigelsen er på ca 2 cm for det målte lydhastighedsinterval:

dybdeafvigelse	dybde	lydhast	rejsetid	/2
meter	meter	m/sek	sek	sek
0,0217	5,07255	1449,3	0,0070	0,0035
	5,09425	1455,5	0,0070	0,0035

Fig 11 Dybdeafvigelse ved gennemsnitlig dybde i Rødsandområdet

Der er andre faktorer, som spiller mere alvorligt ind på dybde angivelserne, herunder især "heave", som er skibets op og nedad gående bevægelser, mere om dette nedenfor i afsnittet "Positionering af dybdata".

Positionen registreres løbende af GPSen monteret ret over Multibeamsonaren på siden af båden.

Denne placering har flere fordele i den givne opmålingssammenhæng:

For det første overflødiggøres offset indstillinger i det vandrette plan.

Desuden kan sonaren bringes tættere på vindmøllefundamentene ved opmålingen.

Dette har dog samtidig den bivirkning at GPS signalet kan generes af vindmøllen-

Dette skete flere gange under vores opmåling, herom senere.

GPS antennen monteres højt for at modvirke multipath problemer fra bådens opståender (mast, rigning og skorsten)

Koten

Vi ser på fastsættelsen af bundkoten (vanddybden) i forhold til fundamenternes ønskede kote. Midt på fundamentets keglestub, som iøvrigt fungerer som isbryder (se fig 12), er referencen MSL = 0. Mean Sea Level svarer i Danmark til kote 0,00 på DVR 90 geoiden. DVR90 har vi valgt som geoid i GPS modtageren og NaviScan.

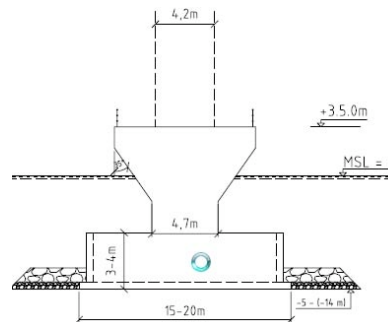


Fig 12

Tværsnit af vindmølle fundament med koteangivelser.

III.: E.ON

Vi vil finde vanddybden på et givent sted ud fra GPSmodtagne informationer (fig 13).

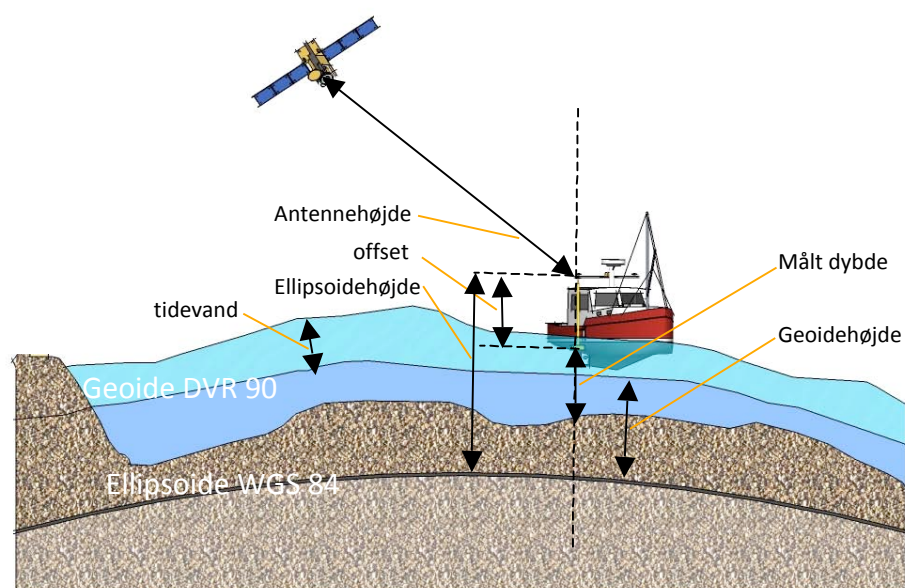


Fig 13

Fastsættelse af dybden ud fra GPS positionering

GPS modtageren beregner afstanden til satellitterne og kender dermed sin position og højden fra WGS 84 ellipsoiden, som er GPS satellitternes reference.

Resten af beregningerne foregår i NaviPack efter at vi har indsat DVR90 og offset:

WGS 84 Ellipsoidehøjde	fratrækkes	DVR 90 Geoidehøjde	=	GPS antennekote
GPS antennekote	fratrækkes	Offsettet	=	Sonarens kote
Sonarens kote	fratrækkes	dybdemålingen	=	Dybde i DVR 90

På denne måde kommer vi uden om korrektioner for tidevand, da vi har geoide modellen som reference.

I praksis kunne vi faktisk aflæse tidevandshøjden i "bathy" i dataeditoren, idet vi havde delt offsettet op i to dele, den ene fra GPS til bådens vandlinie, målt da vi lå i havn, og den anden fra vandlinien ned til sonaren.

Dette gav os et nulpunkt som viste tidevandsstanden i forhold til DVR 90.

GPS positionering

Ovenstående er et forsimplet billede af GPS positioneringen.

Der skal bruges minimum fire satellitter til positionering for at opnå tripleddifferens, som ophæver fejl i periodekonstanten (se fig 14) .

GPS modtagerens ur, bliver løbende korrigeret ved at sammenligne signal ankomsttider for to satellitter (hvis transmissionstider kendes præcis)

De benyttede GPS modtagere arbejder efter RTK (RealTimeKinematic) systemet, som udover GPS modtager på båden, kræver en basestation som står fikseret i længere tid over kendt punkt. Denne kan nu beregne løbende korrektioner for fejl som hidrører fra ændringer i signalhastigheden gennem ionosfæren og troposfæren .

Disse korrektioner sendes til bådens GPS modtagere. Unøjagtigheden stiger dog med afstanden til basestationen (se "Nøjagtigheder" nedenfor).

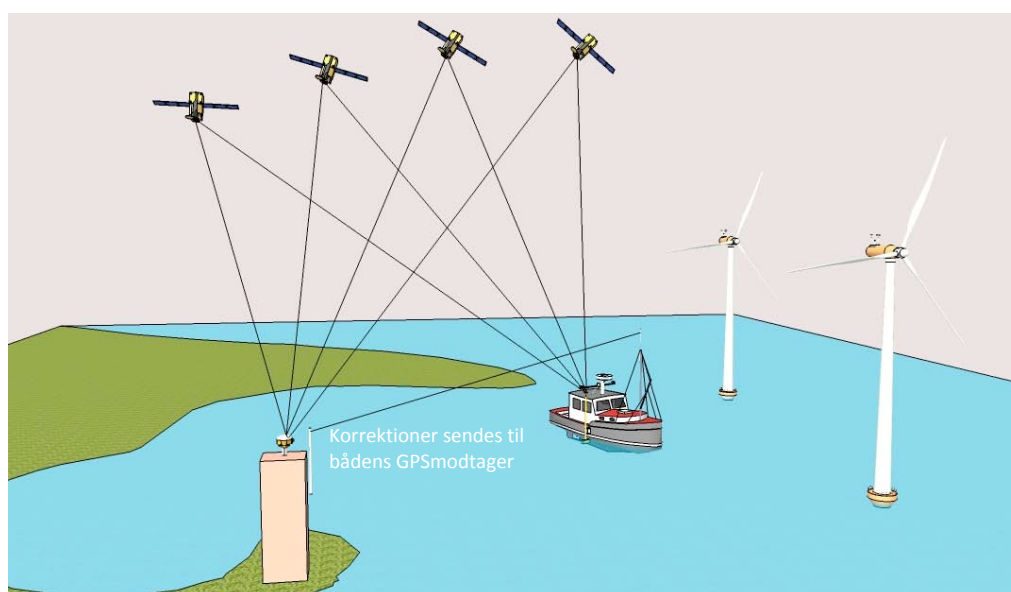


Fig 14 Der skal bruges mindst fire satellitter. De tre ophæver hinandens fejl ved fastsættelse af præcis position, den fjerde giver tidsreferencen. Fra basestationen på land sendes korrektioner på positionen til skibet via radio som er tilsluttet GPSmodtager.

Instrument setup

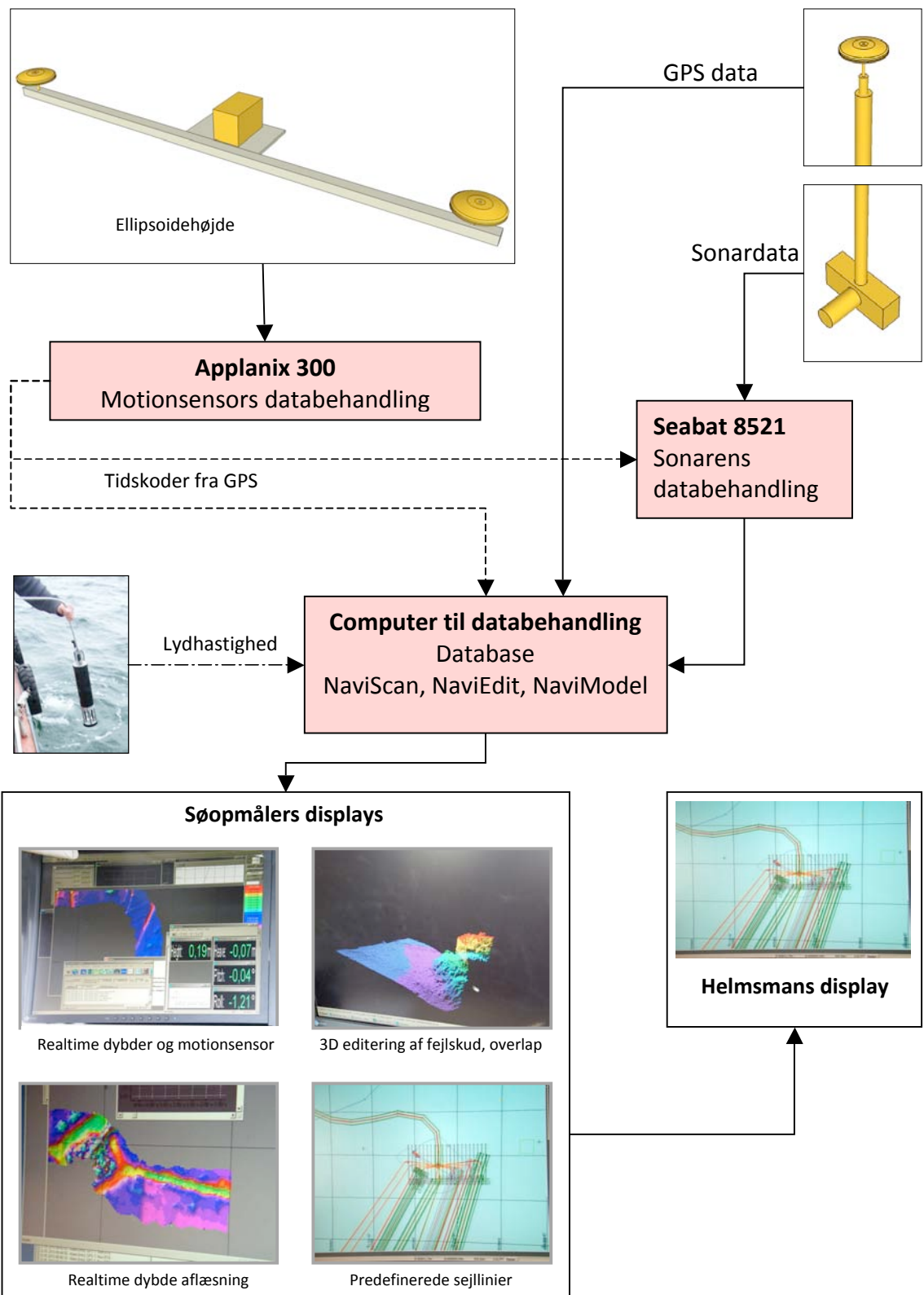


Fig 15 Oversigt over instrumentering. Søopmåleren benytter fire monitører under sejlads til samtidig opsamling og kontrol af data. Til højre ses skipperens monitor med sejllinier og advarsel om kursafvigelse, heading og lign.

Opsætning inden opmåling

I EIVA softwaren er alt styret fra "Jobplaneren", og al data fodres i en fælles database.

Der er hovedsagligt to ting som skal sættes op inden sejlads, og det er:

Sejllinier og offsettet.

Offsettet, som er XYZ afstanden fra GPS modtagerantennen til multibeamsonaren.

Denne indtastes i NaviScan. I vort tilfælde er det, med GPS og sonar monteret ret over hinanden, en enkel sag med en tommestok.

Offsettet fra en af de andre GPS antenner bliver dog også indmålt og indtastet, til brug ved eventuelt udfald af den første GPS.

Resten, herunder editering af data og indlæsning af lydhastighedsdata, kan ske efter eller under sejlads.

Kontrol af sonar på benchmark er nyligt checket udfor Drogden.

Til søs

Nu er alt hardware på plads og vi kravler i styrehuset, for at komme ud at måle vores fundament op.

Vi sejler fire linier omkring fundamentet; en på hver side i een retning og to andre tværgående. Vi ved at det er store datamængder der skal behandles senere, så for at kunne skille dem fra hinanden trykker vi "Ny linie" i NaviScan softwaren efter hver oversejling. Her oprettes og autonummereres nu en ny fil til hver linie.

Fejlskud

EIVA softwaren Naviscan tegner os løbende et billede af bunden i hele bredden af swat'et på 120 grader (se fig 16).

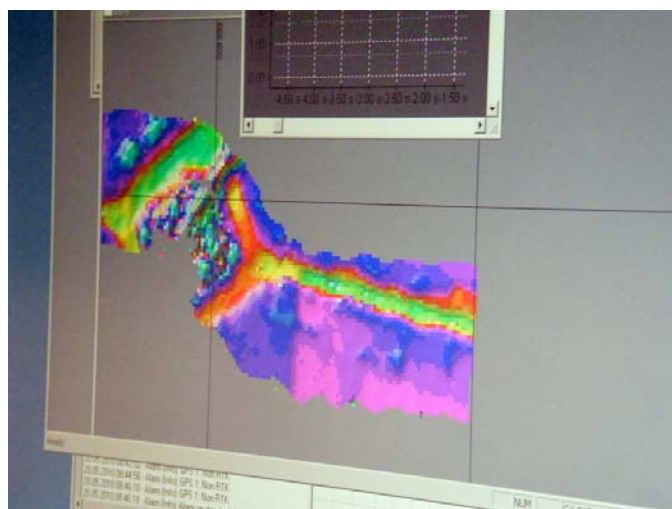


Fig 16 Realtime visning af swat'et på opmålerens display. Vi ser GPS udfald i nordlige ende af fundamentet

Vi er opmærksomme på at sejle på en måde, så det giver overlap fra tidligere opmålinger.

Dette overlap giver os, når vi har opmålt flere linier og lagt dem sammen, kontrol som viser eventuelle **fejlskud**.

Disse fejlskud kan opstå på grund af luftbobler, fisk og urenheder i vandet (Se nedenfor fig 20-23).

Sten og genkendelige ting skal have samme placering i overlappet. Hvis stenene optræder eksempelvis parvis i overlappet, kan der være flere årsager:

Offsettet kan være indtastet forkert, eller sonarens horizontale retning tværskibs, kan være forkert indtastet.

Sonarens retning rettes op digitalt og korrektionerne kan rettes til ved redigering.

Al opmålt data kommer med hjem, så der er ikke noget tabt hvis ovenstående korrektioner ikke er på plads.

Denne overlapkontrol gøres til søs og sætter os faktisk også i stand til at holde øje med hele instrument setup'et, fra GPS-højder over motionssensoren og tidsreferencen mellem maskinerne, til multibeamsonarens placering under skibet.

Alt dette er forudsat at GPS modtagerne er "fixed" hele vejen.

Derfor har vi GPSdisplayet på monitoren hele tiden, for at holde øje med at GPSmodtageren ikke går i "float". Den skal være "fixed" hele tiden, da vi også er afhængige af en god Z værdi.

Vi havde faktisk GPS udfald på dagen.

Små udfald, af varighed på et par sekunder, kan korrigeres i editeringen, ved simpelthen at smide dataene væk og midle dybde fra før og efter udfaldet.

Vi havde imidlertid ikke ret mange "gode" satellitter som lå over 12 grader over horisonten. De som var tilgængelige lå tæt på parvis i samme retninger, dette giver et højt, over 4, PDOP (PositionDilutionOfPrecision), hvilket får GPSmodtageren til at gå i "Float".

Vi havde flere omskud og var faktisk på vej til at afkorte opmålingsdagen og sejle hjem, fordi GPS modtagerne var længe (5-10 min) om at gå ud af "float".

Dagen endte godt, dog uden at blive den mest effektive...

Editing

Efter sejladsen importerer vi vores fire opmålingslinier for fundament M04 i vores nyoprettede database i NaviEdits JobPlanner (fig 17):

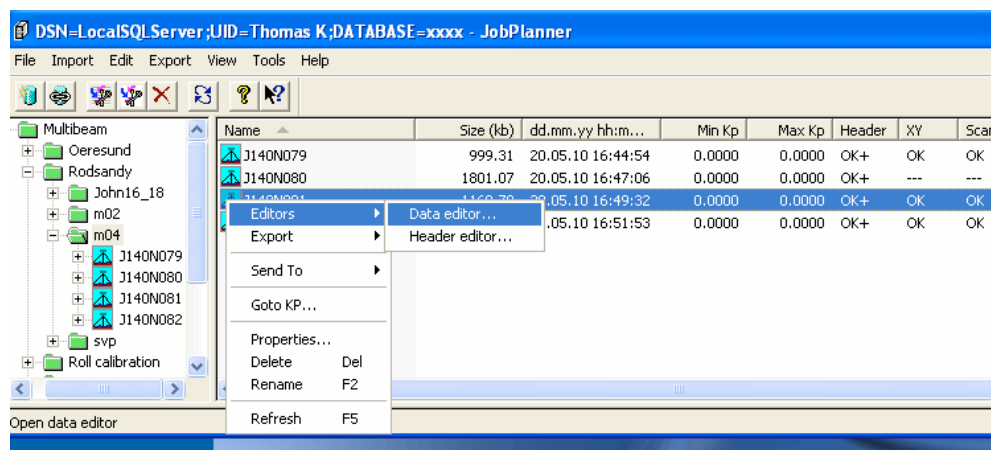


Fig 17 EIVAs Jobplanner

I databasen er der også ledig SVP mappe dedikeret til lydprofilerne. På fig 17 fornemmes et + efter "OK" i header kolonnen. OK betyder at jeg har kigget i headeren og + tegnet viser at jeg har redigeret headeren. Det er lydprofilerne jeg har lagt ind.

Når vi åbner Data editoren, skal vi først ind og checke metadataene: Er positionerne på sejllinien i orden? Dem må der ikke være problemer med, de kan ikke genoprettes. Vi checker "navigation" vinduet og vil gerne se en jævnt sejlet rute (fig 18).

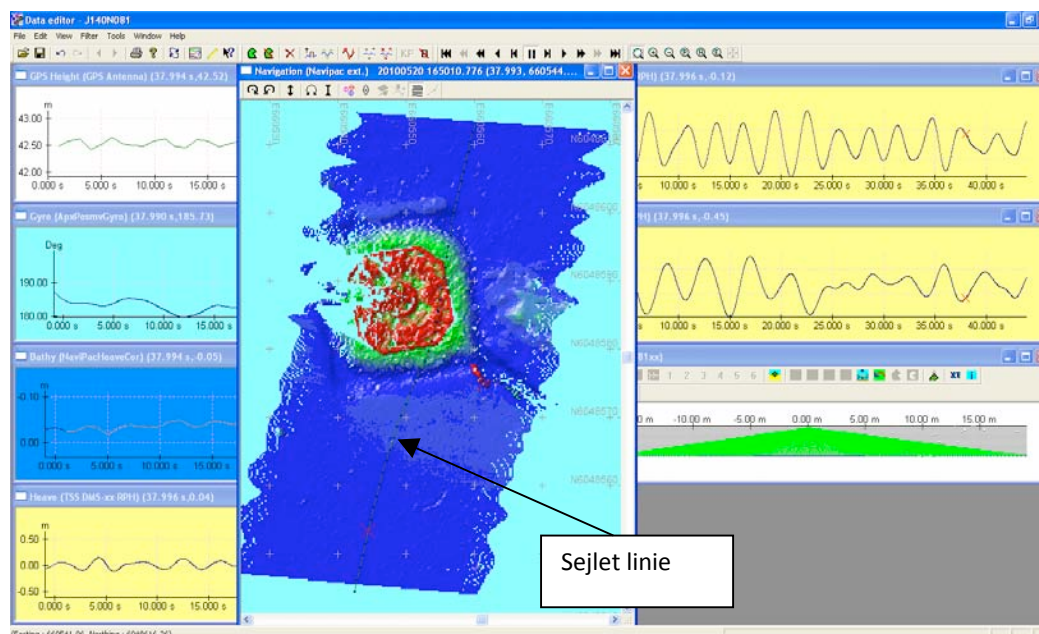


Fig 18 Data editor med Navigation vinduet åbent. Vi ser jævn sejlet linie.

"Bathy" vinduet skal også checkes. DVR90 geoidens kote 0 ses i venstre side på grafen. Kurven viser vandliniehøjden, som vi lagde ind i offsettet i havnen. Vi smother kurven med 20 sek wave length (Fig 19)

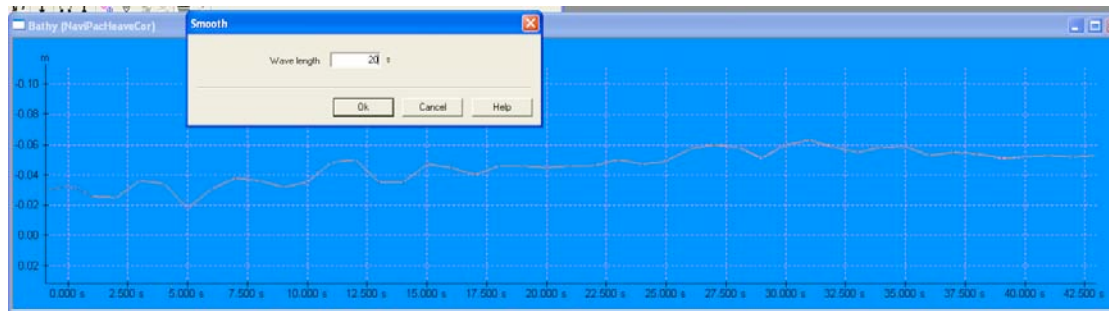


Fig 19 Bathy smoothes med 20 sekunder

De øvrige vinduer checkes for "sudden jumps" (som manualen foreskriver). Vi opdager ingen, lukker data editoren og kan gå ind og editere i opmålingerne.

I NaviModel er en funktion som hedder "PointEdit 3D". Heri lægger vi sejllinierne med overlap sammen, så vi kan lokalisere og rette fejlskud. Til udprint og visning herunder har vi dog måttet printscreenene billederne. Se gennemgangen (fig 20-23).

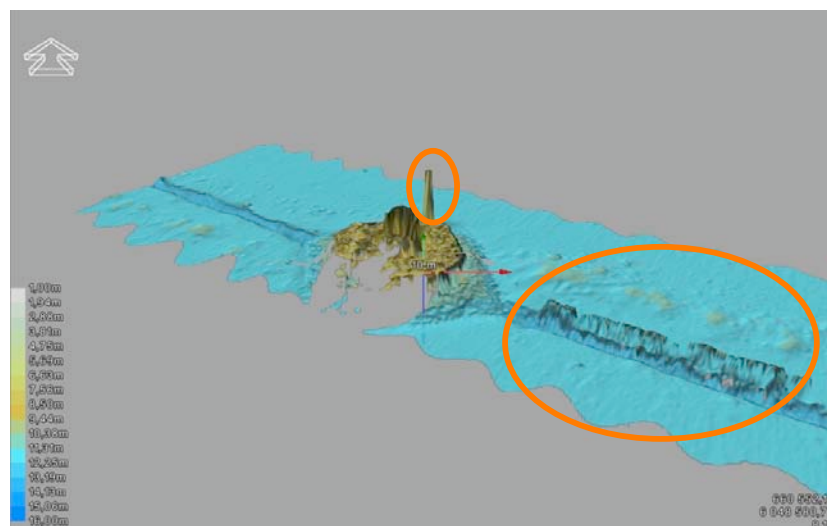


Fig 20 1. linie sejles forbi fundamentet. Her ses en række bemærkelsesværdige punkter.

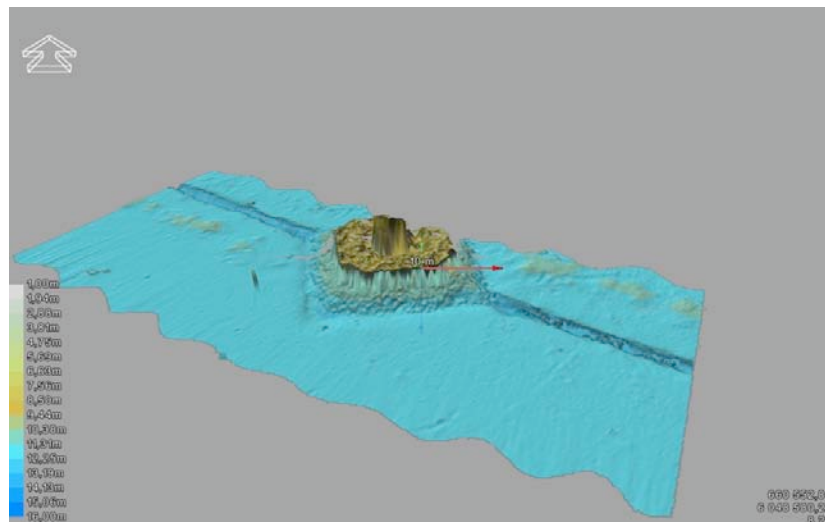


Fig 21 2. linie på den anden side af fundamentet viser ikke de samme punkter i overlappet. Punkterne i fig 20 var fejlskud

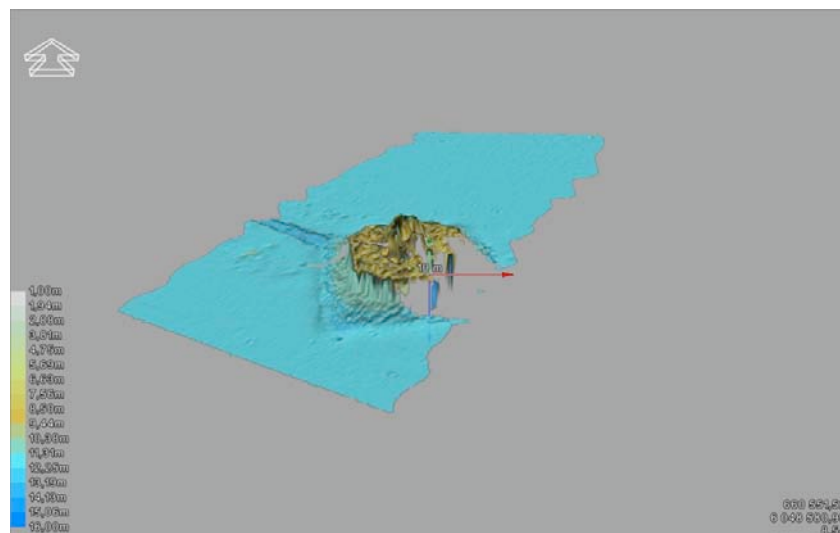


Fig 22 3.linie sejles. Ser umiddelbart godt ud



Fig 23 4.linie sejles. Her opdages fejlskud ved fundamentet. De optræder ikke på fig 20 og fig 21

Fejlskuddene slettes simpelthen ved at markere den eller de punkter fra punktskyen og tryk slet.

Det kræver grundig vurdering af dataene inden der slettes.

Seabat'en pinger med høj frekvens (455 kHz), som giver god nøjagtighed, men som samtidigt registrerer luftbobler, tang og lignende.

Et meget tangfyldt område kunne gemme en stor sten, som man kunne "slette" hvis ikke området bliver grundigt vurderet fra flere oversejlinger.

Vores opmålingers indbyrdes positioner ser gode ud; markante sten og render er godt sammenfaldende fra een oversejling til den næste.

Vi retter fejlskuddene og fortsætter med at se alle fire sejlede linier sammen i NaviModel.

Denne software er god til at lokalisere fejlskud, men også til at vurdere størrelsen på udgravede kabelrender, kontrollere backfill af sten omkring fundamenter og om der er begyndende scour (underminering).

Her kom vi frem til softwaredelen, som kunne dette.

Så skal vi plotte 3D modellen ud. Det er en anden sag.

Vi har været rundt i de forskellige softwarepakker undervejs, og har måttet sætte os ind i Eivas komplette NAVI-serie. Den virker rigtig godt i opmålingssammenhæng. NaviModel 3 som vi benyttede virker i følge John Dahl også bedre end forgængeren.

Til udplotning af 3D modellen måtte vi dog ty til at bruge "Surfer" venligst udlånt af universitetet.

Vi kunne umiddelbart ikke plotte direkte ud i 3D fra EIVA softwaren.

Nøjagtigheder

Vi ser på den samme illustration fra før for at anskueliggøre fejlophobningen på koten ved den anvendte målemetode (se fig 24)

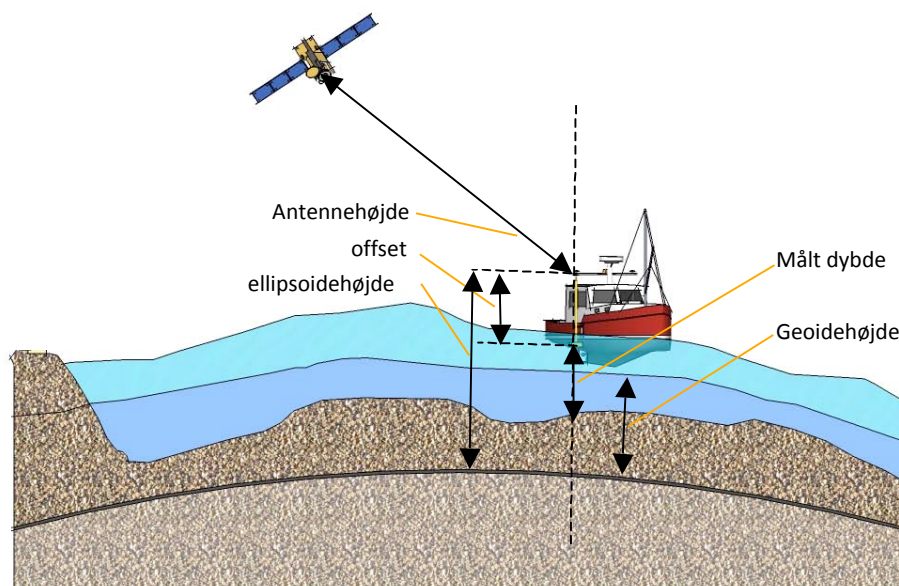


Fig 24 Illustration til anskueliggørelse af målene som kan bidrage med unøjagtigheder.

Vertikal nøjagtighed på opmålingen:

Vi starter ved punktet på GPS antennen: Vertikal nøjagtigheden i RTK er 2 cm +/- 2 ppm på afstanden til basestation. Vi har en største afstand 25 km til basestation i Rødby Havn, hvilket giver:	+/- 70 mm
Geoiden DVR90: "Matrikelstyrelsen har tilpasset geoiden til DVR 90, så GPS måling muliggøres med 10-20 mm nøjagtighed" (KMS)	+/- 20 mm
Motionsensoren korrigerer for bådens vertikale bevægelse: Motionsensor Applanix 300 Roll og pitch bidrager ikke stort til unøjagtigheden: 0.02grader, men "Heavet" er svær: +/-5cm	+/- 50 mm
Dybde målings nøjagtighed: Sonaren Seabat 8125 Har en opløsning på dybdemålingen på 6mm lodret mod bunden	+/- 6 mm
Opmåling af Offset Anslået målenøjagtighed med tommestok 10 mm	+/- 10 mm
Den samlede middelfejl udregnes ved at tage kvadratroden af summen af alle middelfejlene i 2. potens: $\sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2 + \sigma_4^2 + \sigma_5^2} =$	Middelfejl total
Vi indsætter i formlen: $\sqrt{70^2 + 20^2 + 50^2 + 6^2 + 10^2} =$	<u>90 mm</u>

Horizontal nøjagtighed på opmålingen:

Punktet på GPS antennen: Horizontal nøjagtigheden i RTK er 1 cm +/- 2 ppm på afstanden til basestation. Vi har en største afstand 25 km til basestation i Rødby Havn, hvilket giver:	+/- 60 mm
Motionsensoren korrigerer for bådens bevægelser: Motionsensor Applanix 300 Bidrager med 10 mm anslået ud fra datablad	+/- 10 mm
Den samlede middelfejl udregnes ved at tage kvadratroden af summen af alle middelfejlene i 2. potens: $\sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2} =$	Middelfejl total
Vi indsætter i formlen: $\sqrt{60^2 + 10^2} =$	<u>61 mm</u>

Konklusion

Vi fik løst opgaven og fik indblik i forholdende omkring søopmåling.

Det er muligt nu om dage at fortage detaljerede 3 dimensionelle opmålinger under havoverfladen, med rimelig stor præcision.

Etableringen af havmølle parker og denne form for opmåling til søs er stadig forholdsvis nyt men vores indtryk er at opmålingsudstyret har fulgt godt med i konverteringen til brug til søs.

Hvis vi skal nævne en ting som mangler, er det dog 3D plot funktionen i EIVA pakken.

Copyright

Al data er brugt med tilladelse af E.ON og John Dahl, Dansurvey

Printscreens af EIVA software

Øvrige billeder uden rettighedsangivelse tilhører Thomas Kildegaard

Bilag

1. Oversigtskort Rødsand 2 vindmølle park
2. Udplottet 3D model af fundament M04
3. Tidsplan
4. Motionsensor
5. Seabat 8125 Sonar
6. Lyd probe SVP 15

Perspektivering

Ved projektering og etablering af disse stadigt mere omfattende og omkostningstunge havvindmølleparker, er det vigtigt at holde omkostningerne nede.

Store udgifter bliver der blandt andet brugt til **kontrol af kabler**, hvortil der hyres dykkere.

Grunden er at kablerne er næsten usynlige på bathymetrien. Deres materiale gør at de meget svære at lokalisere.

Luft er et glimrende "kontraststof", som tydeligt ses på bathymetrien. Ved påvulkanisering af lukkede slanger på kablerne, burde dette problem kunne løses. To ture (som giver overlap) forbi kablet, vil dermed kunne konstatere om det ligger rigtigt.

Vindmølleparken dækker et forholdsvis stort område og ved nedgravning af kabler og placering af møller kan dette betyde store ekstra graveudgifter, hvis der er målt bare nogle centimeter galt i højden.

Derfor nævnes her en anden vigtig ting, som kunne nedbringe disse udgifter: Etablering af et "**benchmark**". Dette består af en betonklods med kendt dybde og position, som alle entreprenører så blot kan oversejle og checke deres dybdemålingsudstyr.

Farvandsvæsenet har i mange år haft en beliggende ved Drogden, som også John Dahl benytter til at kontrollere udstyret, når han er på de kanter.

Etablering af **basestation** i nærheden af vindmølleparken, fra starten, vil højne præcisionen for alle implicere parter i projektet.

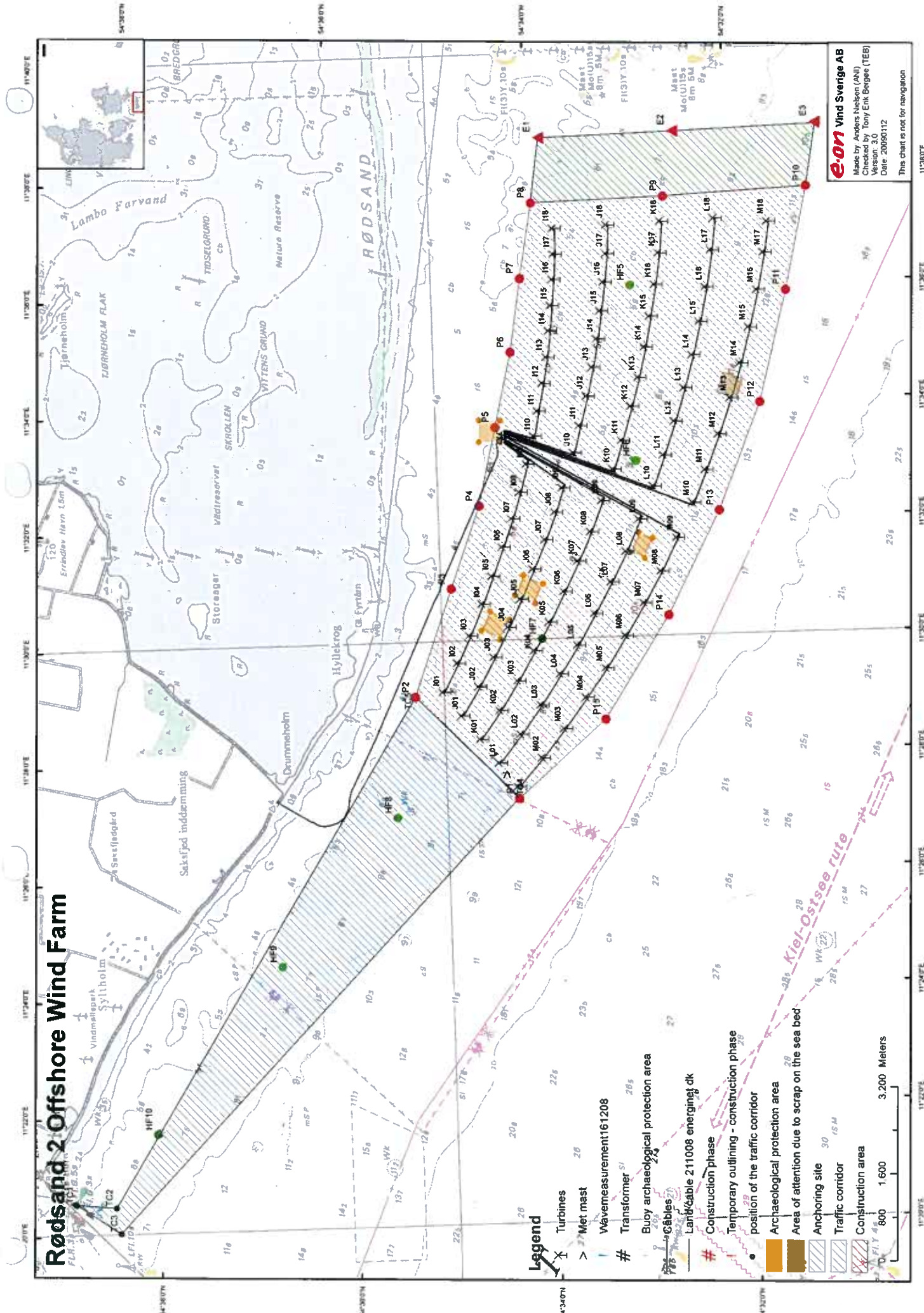
Rødsand 2 projektet etablerede meteorologisk vejrstation ude i området fra starten. Søopmålerne kunne se det økonomiske i at man samtidigt havde etableret basestation og benchmark.

Opgaven er udført i perioden 15 april- 17 juni 2010 af:

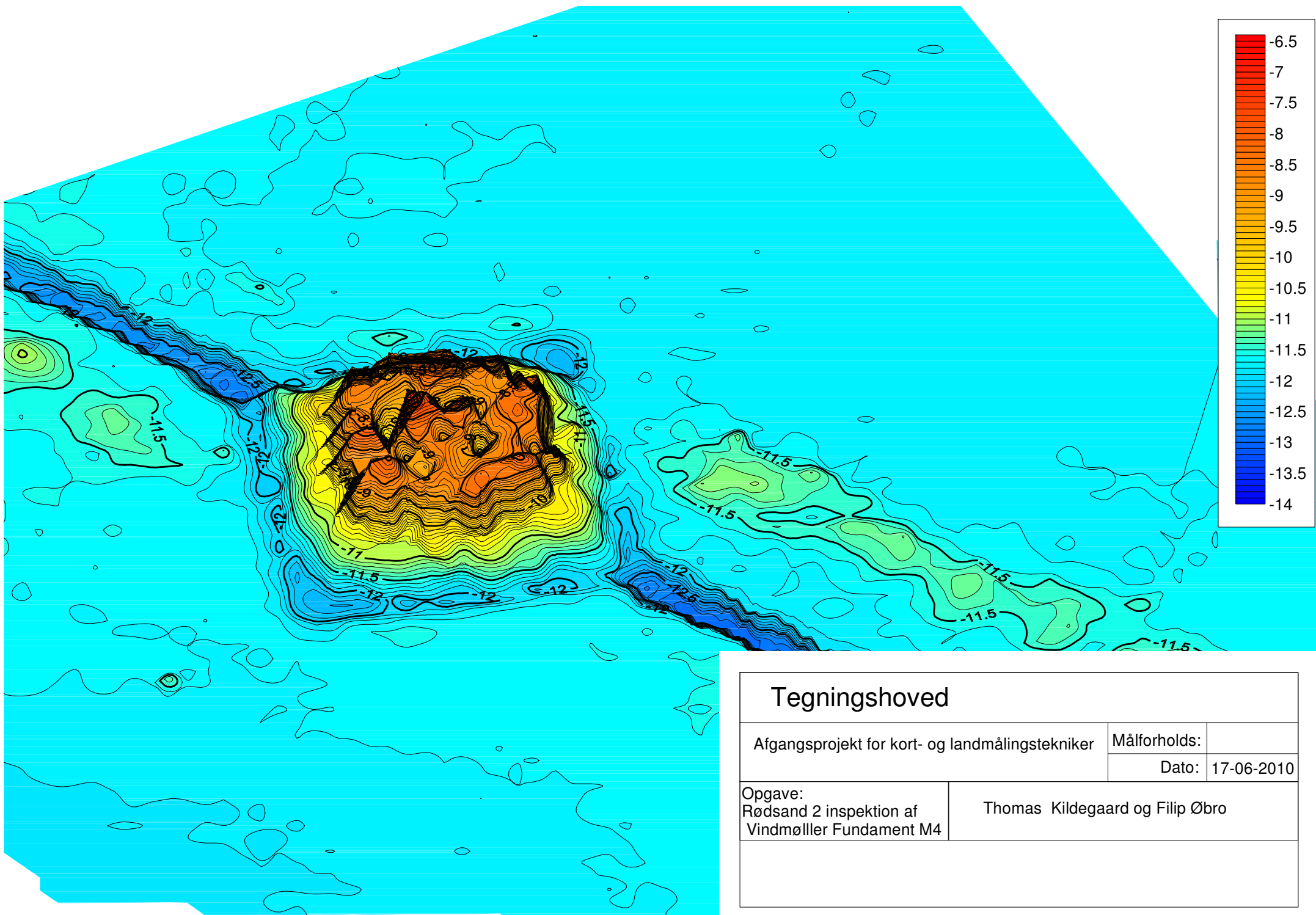
Thomas Kildegaard

Filip Øbro

Rødsand 2 Offshore Wind Farm



e-on Vind Sverige AB
 Made by Anders Nielsen (ANI)
 Checked by Tony Erik Begeer (TEB)
 Version: 3.0
 Date: 20060112
 This chart is not for navigation



Tegningshoved

Afgangsprojekt for kort- og landmålingstekniker

Målforholds:

Dato: 17-06-2010

Opgave:
Rødsand 2 inspektion af
Vindmøller Fundament M4

Thomas Kildegaard og Filip Øbro

Tidsskema Afgangsprøjet Filip Øbro

[illegible]

[illegible]

Tidsskema Afgangsprojekt Thomas Kildegaard

[illegible]

[illegible]

POS MV™ SPECIFICATIONS

Robust Position and Orientation Solutions for Marine Mapping

Applanix Position and Orientation Systems for Marine Vessels (POS MV) are engineered to support water science data collection operations, particularly those where accurate, uninterrupted, and robust solutions are needed for direct georeferencing and mapping. Professionals involved in surf zone and coastal area mapping, harbor lane surveys, environmental assessments, channel inspection and dredging assessment, offshore resource exploration, erosion mapping, maritime and coastal waterway infrastructure inventory mapping depend on POS MV solutions.

Employing state-of-the-art high precision gyros which are tightly coupled to supporting GPS, the POS MV provides continuous and accurate position and orientation data logging for vessel and sensor guidance. Reliable POS MV

output is produced in severe sea conditions, during periods of blocked or intermittent GPS, in areas where GPS reception is compromised by multipath effects, or at times when position drift must be reduced and faster signal reacquisition is essential.

POS MV delivers a full six degree-of-freedom position and orientation solution measuring location, velocity, attitude, and heave plus acceleration and angular rate vectors. Applanix marine solutions are able to affix position and orientation data accurately under the most demanding conditions, regardless of vessel dynamics, 200 times each second, making direct georeferencing and motion compensation for maritime remote sensing operations a productive and practical option.

PERFORMANCE SUMMARY - POS MV Accuracy

POS MV 320	DGPS	RTK	GPS Outage
Position	0.5 - 2 m ¹	0.02 - 0.10 m ¹	<2.5 m for 30 s outages, <6 m for 60 s outages
Roll & Pitch	0.020°	0.010°	0.020°
True Heading	0.020° with 2 m baseline 0.010° with 4 m baseline	-	Drift less than 1° per hour (negligible for outages <60 s)
Heave	5 cm or 5% ²	5 cm or 5% ²	5 cm or 5% ²

POS MV WaveMaster	DGPS	RTK	GPS Outage
Position	0.5 - 2 m ¹	0.02 - 0.10 m ¹	<3 m for 30 s outages, <10 m for 60 s outages
Roll & Pitch	0.030°	0.020°	0.040°
True Heading	0.030° with 2 m baseline	-	Drift less than 2° per hour
Heave	5 cm or 5% ²	5 cm or 5% ²	5 cm or 5% ²

POS MV Elite	DGPS	RTK	GPS Outage
Position	0.5 - 2 m ¹	0.02 - 0.10 m ¹	<1.5 m for 60 s outages DGPS, <0.5 m for 60 s outage RTK
Roll & Pitch	0.005°	0.005°	0.005°
True Heading	0.025°	0.025°	Drift less than 0.1° per hour (negligible for outages <60 s)
Heave	3.5 cm or 3.5% ²	3.5 cm or 3.5% ²	3.5 cm or 3.5% ²

¹ One Sigma, depending on quality of differential corrections

² Whichever is greater, for periods of 20 seconds or less

AVAILABLE OPTIONS

	PCS-29	PCS-45	IMU-2	IMU-17	IMU-33
POS MV 320	X	X	X		
POS MV Wavemaster	X	X		X	
POS MV Elite	X				X

SYSTEM SPECIFICATIONS

COMPONENT	DIMENSIONS	WEIGHT	TEMPERATURE	HUMIDITY	POWER
PCS-29	L = 432mm, W = 89mm, H = 356mm	5 Kg	0 °C to +55 °C	10 - 80% RH	110/230 Vac, 50/60 Hz, auto-switching 80 W
PCS-45	L = 281mm, W = 165mm, H = 90mm	3 Kg	-20 °C to +60 °C	5 - 90% RH	24 Vdc, 50 W (peak)

HOUSING AND ADAPTOR PLATES

COMPONENT	DIMENSIONS	IP RATING
Waterproof Housing	L = 209 mm, H = 181 mm	IP68
Adaptor Plate	L = 135 mm, W = 142 mm, H = 19 mm	IP68

INERTIAL MEASUREMENT UNIT (IMU)

TYPE	DIMENSIONS	WEIGHT	TEMPERATURE	ORIGIN
IMU-2	L = 204 mm, H = 204 mm, W = 168 mm	4.5 Kg	-40 °C to +70 °C	US
IMU-17	L = 204 mm, W = 204 mm, H = 108 mm	3.6 Kg	-40 °C to +60 °C	US
IMU-33	L = 229 mm, W = 315 mm, H = 196 mm	3.5 Kg	-40 °C to +60 °C	US

GLOBAL NAVIGATION SATELLITE SYSTEM (GNSS)

COMPONENT	DIMENSIONS	WEIGHT	TEMPERATURE	HUMIDITY
GNSS Antenna	L = 187 mm Ø, W = 53 mm	0.64 Kg	-40 °C to +70 °C	0-100% RH

1. ETHERNET INPUT OUTPUT

Ethernet Parameters	(100 base-T) Time tag, status, position, attitude, heave, velocity, track and speed, dynamics, performance metrics, raw IMU data, raw GPS data
Display Port	Low rate (1 Hz) UDP protocol output
Control Port	TCP/IP input for system commands
Primary Port	Real-time (up to 200 Hz) UDP protocol output
Secondary Port	Buffered TCP/IP protocol output for data logging to external device

2. SERIAL RS232 INPUT OUTPUT

5 COM Ports	User assignable to: NMEA output (0-5), Binary output (0-5), Auxiliary GPS input (0-2), Base GPS correction input (0-2)
-------------	--

3. NMEA ASCII OUTPUT

Parameters	NMEA Standard ASCII messages: Position (\$INGGA), Heading (\$INHDT), Track and Speed (\$INVTG), Statistics (\$INGST), Attitude (\$PASHR, \$PRDID), Time and Date (\$NZDA, \$UTC).
Rate	Up to 50 Hz (user selectable)
Configuration	Output selections and rate individually configurable on each assigned com port.

4. HIGH RATE ATTITUDE OUTPUT

Parameters	User selectable binary messages: attitude, heading, speed
Rate	Up to 100 Hz (user selectable)
Configuration	Output selections and rate individually configurable on each assigned com port.

5. AUXILIARY GPS INPUTS

Parameter	NMEA Standard ASCII messages: \$GPGGA, \$GPGST, \$GPGSA, \$GPGSV. Uses Aux input with best quality.
Rate	1 Hz

6. BASE GPS CORRECTION INPUTS

Parameter	RTCM 1, 9, 18, 19, CMR and CMR+ input formats accepted. Combined with raw GPS observables in tightly-coupled navigation solution.
Rate	1 Hz

6. DIGITAL I/O

1PPS	1 pulse-per-second Time Sync output, normally high, active low pulse
Event Input (2)	Time mark of external events. TTL pulses > 1 msec width, rising or falling edge, max rate 200 Hz.

7. USER SUPPLIED EQUIPMENT

- PC for POS Controller (Required for configuration): Pentium 90 processor (minimum), 16 MB RAM, 1 MB free disk space, Ethernet adapter (RJ45 100 base T), Windows 98/2000/NT/XP
- PC for POSpac Post-processing Software: Pentium III 800Mhz or equivalent (minimum), 256 MB RAM, 400 MB free disk space, USB Port (For Security Key), Windows 2000/XP

Headquarters: 85 Leek Crescent Richmond Hill, ON Canada L4B 3B3 T 905.709.4600 F 905.709.6027

United Kingdom: Forester's House, Old Racecourse Oswestry UK SY10 7PW T 44 1691 659359 F 44 1691 659299

Texas: 17461 Village Green Drive, Houston TX USA 77040 T 713.896.9900 F 713.896.9919

www.applanix.com

2009, Applanix, A Trimble Company. All rights reserved. Applanix and the Applanix logo are trademarks of Applanix Corporation registered in the Canadian Patent and Trademark Office and other countries. POS MV and POSpac are registered trademarks of Applanix Corporation. All other trademarks are the property of their respective owners. Information subject to change without notification. 12/10/2009





Portable SVP

Sound Velocity Profilers For Depth
Ranges From 40 to 2000 Meters



Portable SVP

- Self recording and/or direct reading
- High-precision measurement using direct sounding
- Handy and portable, easy-to-use
- Integrated battery, giving long operation
- Integrated verification procedures
- PC software included
- Based on proven, reliable design
- Includes external battery charger and power supply

RESON's Portable SVPs include a range of models that use direct sounding technology to measure sound velocity while a vessel is underway.

SVP 20/25 models are deeper water systems that measure temperature as well as sound velocity. SVP 14/15 models measure sound velocity for shallow depths (temperature measurement for these models is available as an option). Housed in a compact yet easy-to-use unit, all Portable SVPs can operate in two modes:

- 1) They can send sound velocity data directly via cable to an external device
- 2) They all can operate autonomously by using the internally sealed and rechargeable batteries and storing data collected in internal memory

All RESON SVPs also include PC-based software for logging and presentation.





Portable SVP

Sound Velocity Profilers For Depth
Ranges From 40 to 2000 Meters

Control:

PC software package for logging and presentation

Scope of delivery:

For SVP 14/15 & SVP 14T/15T: SVP unit, SVPD-10 unit, 3m power cable, 2m subconn cable, 3m D-SUB 9-pin interface cable (PC), and PC software for logging and presentation.

For SVP 20/25: SVP unit, power supply/interface box, 3m power cable, 3m D-SUB 9-pin interface cable (PC), and PC software for logging and presentations. Options available: SVPD 10 unit for manual data read out supply

SPECIFICATION SVP	14/15	20/25
Sound velocity		
Range:	1350-1600m/sec	1350-1600m/sec
Resolution:	0.1m/sec	0.1m/sec
Accuracy:	± 0.25m/sec	± 0.25m/sec
Depth Range:		
SVP 14 / 20:	40m in 0.5m steps	1000m in 0.5m steps
SVP 15 / 25:	200m in 0.5m steps	2000m in 1m steps
Measurement:	Pressure sensor	Pressure sensor
Accuracy:	± 0.10m + 0.2% of measured depth	± 0.25m + 0.2% of measured depth
Temperature accuracy:	± 0.4°C (SVP 14T/15T models only)	± 0.4°C
Barometric adjustment:	Self-adjusting zero point	Self-adjusting zero point
Ultrasonic transmitter:		
Power:	1W	1W
Output rate:	10Hz	10Hz
Frequency:	2MHz (nominal)	2MHz (nominal)
Data transmission:	RS-232 at 9600 Baud 7 data bits, odd parity, 2 stop bits	RS-232 at 9600 Baud 7 data bits, odd parity, 2 stop bits
Memory capacity:		
	80 measurements (SVP 14) 400 measurements (SVP 15)	6000 measurements with three internal profiles
Operating temperature:	0 to +45°C	0 to +45°C
Power Consumption:	100mA	100mA
Source:	Internal batteries, providing min 20 hrs continuous operation	Internal batteries, providing min 24 hrs continuous operation
Supply:	115/230VAC with 2m cable	115/230VAC with 2m cable
Housing:	Black polycarbonate	Marine grade stainless steel
Connector:	6 pin Subcon	6 pin Subcon
Weight:	5.0kg	8.0kg
Dimensions:		
Tube diameter:	90mm (3.5 inches)	70mm (2.75 inches)
Max. diameter:	100mm (4 inches)	100mm (4 inches)
Length:	550mm (22 inches) includes reflector	745mm (29 inches) includes reflector

RESON reserves the right to change specifications without notice. © 2006 RESON A/S
For Acoustical Measurement Accuracy please refer to www.reson.com or contact sales.



RESON A/S
Denmark
Tel: +45 4738 0022
E-mail: reson@reson.com

RESON GmbH
Germany
Tel: +49 431 720 7180
E-mail: reson@reson-gmbh.de

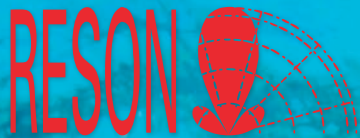
RESON Inc.
USA
Tel: +1 805 964-6260
E-mail: sales@reson.com

RESON B.V.
The Netherlands
Tel: +31 (0) 10 245 1500
E-mail: info@reson.nl

RESON Offshore Ltd.
United Kingdom
Tel: +44 1224 709 900
E-mail: sales@reson.co.uk

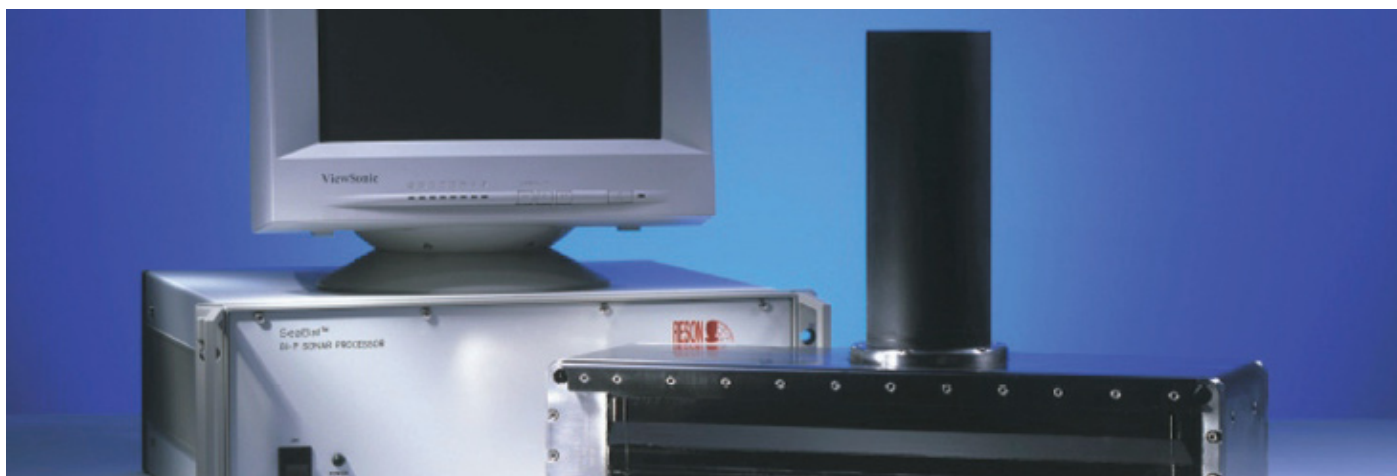
RESON (Pte.) Ltd.
Singapore
Tel: +65 6725 9851
E-mail: sales@reson.com

www.reson.com



SeaBat 8125

ULTRA HIGH RESOLUTION FOCUSED
MULTIBEAM ECHOSOUNDER SYSTEM



SeaBat 8125

- Focused 0.5° beams
- 240 beams
- 2.5cm near field resolution
- 6mm depth resolution
- 120° swath

The SeaBat 8125 is the first wide-sector, wide-band, focused multibeam sonar ever to be deployed. Utilizing 240 dynamically focused receive beams, the system measures a 120° swath across the seafloor, detects the bottom, and delivers the measured ranges at a depth resolution of 6mm. The backscatter intensity image is displayed in real time on the sonar display.

The 8125 can be controlled through its native graphical user interface, or through an external control data collection and navigation software package.

The system can be mounted on a survey vessel or deployed on an ROV at depths down to 1500m. The high-speed data uplink is carried on a standard SeaBat copper cable for surface installation. A fiber-optical interface is available for ROV deployment.





SeaBat 8125

ULTRA HIGH RESOLUTION FOCUSED MULTIBEAM ECHOSOUNDER SYSTEM

SYSTEM PERFORMANCE

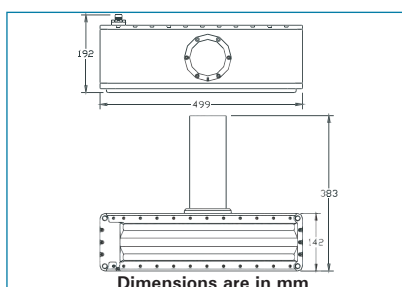
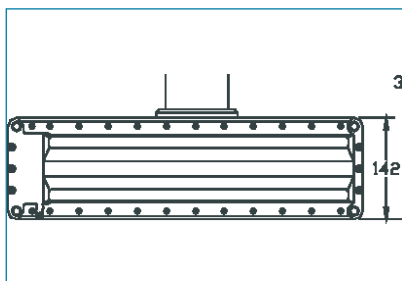
Frequency:	455kHz
Depth Resolution:	6mm
Swath Coverage:	120°
Max Range:	120m
Number of Beams:	240
Along-Track Beamwidth:	1°
Across-Track Beamwidth:	0.5° (at nadir)
Operational Speed:	Up to 12 knots
Max. Update Rate:	40
Transducer Depth Rating:	400m (Standard) 1500m (Optional)

INTERFACE

System Supply:	115V/230V 50/60Hz, 350W max
Video Display:	SVGA, 800 x 600, 72Hz
System Control:	Trackball
Data Output:	10MB Ethernet or serial RS232C
Data Uplink:	High-speed digital coax with fiber-optic option
Sonar Head Supply:	24VDC, 5.6A Peak, 2A Average (May be supplied from sonar processor)
Temperature:	Operating: 0° to +40°C Storage: -30° to +55°C

MECHANICAL INTERFACE

Power Requirements:	24VDC, 5.6A Peak, 2A Average (May be supplied from sonar processor)
Operating Depth:	400m/1500m
Dimensions:	266 x 320mm (W / D) excluding projector
Temperature:	Operating: -5° to +40°C Storage: -30° to +55°C
Weight (aluminum):	Dry: 26.8kg (59lbs.) Wet: 4.8kg (10.6lbs.)
Weight (titanium):	Dry: 40kg (88lbs.) Wet: 18kg (39.6lbs.)



RESON reserves the right to change specifications without notice. © 2006 RESON A/S
For Acoustical Measurement Accuracy please refer to www.reson.com or contact sales.

RESON A/S
Denmark
Tel: +45 4738 0022
E-mail: reson@reson.dk

RESON GmbH
Germany
Tel: +49 431 720 7180
E-mail: reson@reson-gmbh.de

RESON Inc.
USA
Tel: +1 805 964-6260
E-mail: sales@reson.com

RESON B.V.
The Netherlands
Tel: +31 (0)10 245 1500
E-mail: info@reson.nl

RESON Offshore Ltd.
United Kingdom
Tel: +44 1224 709 900
E-mail: sales@reson.co.uk

RESON (Pte.) Ltd
Singapore
Tel: +65 6725 9851
E-mail: sales@reson.com

www.reson.com