

Istituto per l'Ambiente Marino Costiero  
Sede  
CNR Napoli

**RAPPORTO TECNICO**  
**C/O SONOS2007**  
**5 - 30 GIUGNO 2007**

Tonielli R., De Falco G., Di Martino G., Gentile F., Innangi S., Simeone S.

Istituto per l'Ambiente Marino Costiero  
Sede  
CNR Napoli

**RAPPORTO TECNICO**  
**C/O SONOS2007**  
**5 - 30 GIUGNO 2007**

Tonielli R., De Falco G., Di Martino G., Gentile F., Innangi S., Simeone S.

## Rapporto Tecnico della Campagna Oceanografica Sonos2007 5 – 30 giugno 2007

Tonielli R.<sup>1</sup>, De Falco G.<sup>2</sup>, Di Martino G.<sup>1</sup>, Gentile F.<sup>3</sup>, Imangi S.<sup>1</sup>, Simeone S.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Istituto per l'Ambiente Marino Costiero sede Napoli – CNR

<sup>2</sup>Istituto per l'Ambiente Marino Costiero, sezione di Oristano – CNR

<sup>3</sup>Università Parthenope di Napoli – Studente in Scienze Ambientali

<sup>4</sup>Fondazione IMC – Centro Marino Internazionale ONLUS, Torregrande

### *Introduzione*

Nel giugno 2007 si è svolta la Campagna Oceanografica “Sonos2007” a bordo della N/O Thetis. La campagna ha visto la collaborazione di due sezioni dell'IAMC (Istituto per l'Ambiente Marino Costiero – CNR), quella di Oristano e quella di Napoli nell'ambito del progetto Sigla (Sistema Integrato per monitoraggio e Gestione di Laguna e Ambiente) per la caratterizzazione litologica dei fondali nell'area del Golfo di Oristano, della Penisola del Sinis e dell' Isola di Mal di Ventre in una profondità compresa tra i 10 e i 60 metri.



*Fig.1 – Area di lavoro*

L'equipaggio scientifico è stato formato da:

Dott. Renato Tonielli e dott. Gianni De Falco nei ruoli di responsabili scientifici

Dott. Gabriella Di Martino e dott. Sara Innangi nei ruoli di responsabili tecnici per l'acquisizione

Dott. Simone Simeone

Dott. Fabio Gentile

Dott. Giuseppe Agrillo

Dott. Giovanni Quattrocchi

L'equipaggio marittimo è stato formato da:

Comandante Giorgio Miani

Primo Ufficiale di Coperta Antonio Mattera

Secondo Ufficiale di Coperta Giuseppe Susino

Direttore di macchina Marino Montis

Primo Ufficiale di macchina Silverio De Grassi

Operaio motorista Giuseppe Nobile

Marinaio cuoco Armando Micucci

L'alto livello professionale e un ottimo comportamento dell'equipaggio marittimo, hanno permesso una realizzazione dei rilievi di altissima qualità.



*Fig. 2 – Nave Oceanografica Thetis*

### Strumentazione e Metodologie

La N/O Thetis è in dotazione al CNR e le sue caratteristiche sono descritte di seguito:

Caratteristiche N/o Thetis	
<b>Lunghezza F.T.</b>	31,56 m
<b>Lunghezza tra le perpendicolari</b>	23.95 m
<b>Larghezza costruzione</b>	7,00 m
<b>Immersione media</b>	3,65 m
<b>Potenza apparato motore</b>	1013 CV (745 KW)
<b>Velocità di crociera</b>	10 nodi
<b>Tonnellate stazza lorda</b>	199,46 T
<b>Dislocamento P.C.</b>	287.77 M/T
<b>Classe</b>	100A. 1. 1. Nav. s. st.
<b>Matricola</b>	n. 1554 compartimento di Napoli

Lo strumento utilizzato per l'acquisizione batimetrica è il Multibeam SeaBat 8111r della Reson (Fig. 3), un ecoscandaglio multifascio montato a scafo che utilizza impulsi con una frequenza di 100kHz (range di profondità operativa compresa tra i 3 e i 1000m) ed è dotato di 101 beam distanziati tra loro di 1.5° e un'apertura angolare totale dello swath di 150° nella direzione perpendicolare alla nave.



Fig. 3 – Il Multibeam Reson SeaBat 8111r ([www.reson.com](http://www.reson.com)).

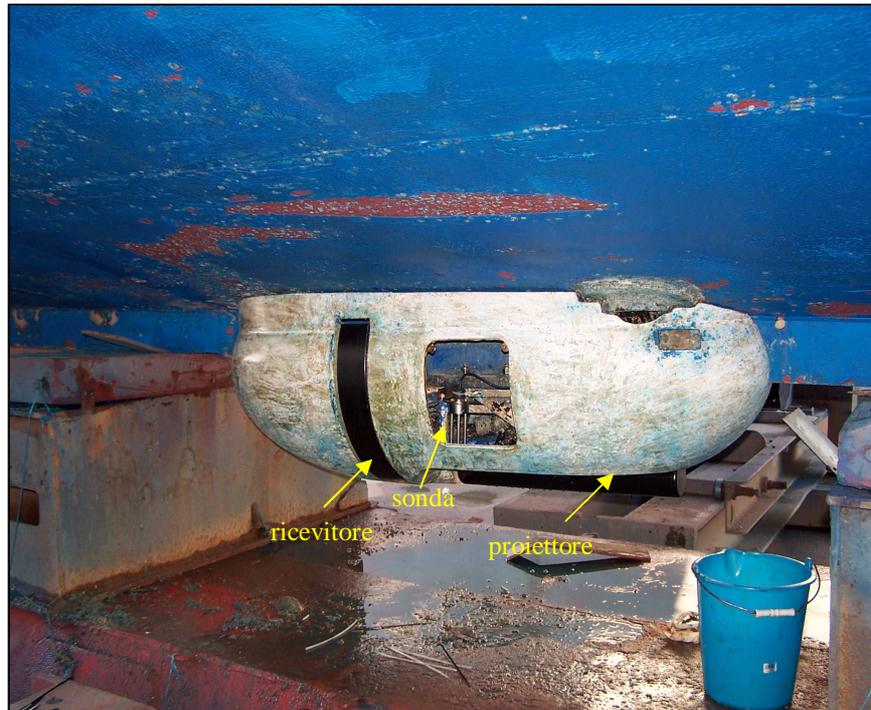


Fig. 4 – Il SeaBat 8111r montato a scafo all'interno di un blister. Questa foto è stata scattata durante gli ordinari lavori di carenaggio (Tonielli R. et alii, 2005).

Il sistema di posizionamento della nave è stato garantito da un DGPS Ladstar a 12 canali con precisione dell'ordine del metro. A bordo sono, inoltre, installati una girobussola Meridian Surveyor per la correzione dell' heading (angolo formato dalla direzione della prua della nave e il nord magnetico) e un sensore di movimento TSS-DMS02-05 per la correzione di heave (movimento verticale dell'onda), di pitch (movimento di beccheggio) e di roll (movimento di rollio). I dati di questi strumenti vengono inviati al software di acquisizione PDS2000 che provvede ad applicare ai dati le correzioni dovute ai movimenti della nave (Fig. 5).



Fig. 5 - Postazione di lavoro. Al centro si può vedere la CU del multibeam attraverso la quale si possono cambiare una serie di parametri per una corretta acquisizione, tra cui ricordiamo i filtri di profondità, la potenza dell'impulso, la lunghezza dell'impulso e la quantità di ping per secondo che vengono emessi. A destra è visualizzato il software di acquisizione PDS2000 con, in alto, il sistema di navigazione per il pilota della nave (tale schermo si trova identico in plancia) e in basso quello per il controllo dei parametri da parte dell'operatore multibeam (Tonielli R. et alii, 2005).

Per un corretto funzionamento di un ecoscandaglio multifascio è necessario conoscere il profilo di velocità del suono lungo la colonna d'acqua. Il profilatore di velocità SVP15 della NaviSound restituisce i valori della velocità lungo la colonna d'acqua fino ad una profondità di 120m (Fig. 6). La sonda emette un'onda acustica ogni 50cm e calcola in modo diretto la velocità del suono. I dati raccolti vengono successivamente scaricati nel computer attraverso un software di acquisizione in dotazione con il profilatore e successivamente vengono salvati all'interno del PDS2000 che effettua le correzioni necessarie. Per una corretta acquisizione i profili devono essere effettuati ogni 6-8 ore.



Fig. 6 – SVP15

A bordo è montata una seconda sonda di velocità, essenziale per il calcolo del *beam steering* del fascio, in quanto fornisce la velocità del suono in tempo reale in corrispondenza degli idrofoni (Fig. 4).

Lo studio della composizione del fondale viene effettuata con rilievi morfologici mediante side scan sonar e con campionamenti per tarare le facies acustiche riconosciute sul mosaico. In questa campagna abbiamo realizzato lo stesso studio utilizzando, però, il solo Multibeam SeaBat 8111r su cui sono attivi le opzioni **side scan sonar** e **snippet** che consentono all'utente di acquisire un dato derivante dall'interazione dell'onda acustica con il fondale (**backscatter**). Il SeaBat 8111r registra tre informazioni:

1. Informazione batimetrica, in cui viene calcolato il tempo di andata e ritorno del segnale acustico utilizzando tutti i ricevitori.
2. Informazione morfocomposizionale (**opzione side scan sonar**), in cui i due ricevitori più esterni funzionano come i due lobi di ascolto di un classico side rimanendo in ascolto per il tempo necessario a registrare l'intensità di ritorno di un interno swath.
3. Informazione composizionale (**snippet**), in cui per ogni footprint viene registrata una serie temporale di valori di intensità del segnale e di conseguenza saranno utilizzati tutti i ricevitori. Un impulso emesso dalla sorgente arriva sul fondo coprendo da un tempo  $T_0$  a un tempo  $T_n$  l'area del footprint; lo snippet registra tutta la sequenza di questi valori per tutti gli impulsi.

La differenza principale tra snippet e opzione side è che quest'ultima registra l'intensità di ritorno per l'intero swath mediando i valori, mentre lo snippet non media i dati ma registra un range di valori di intensità all'interno di ogni footprint ed è per questo che viene anche chiamato *Footprint Time Series*.

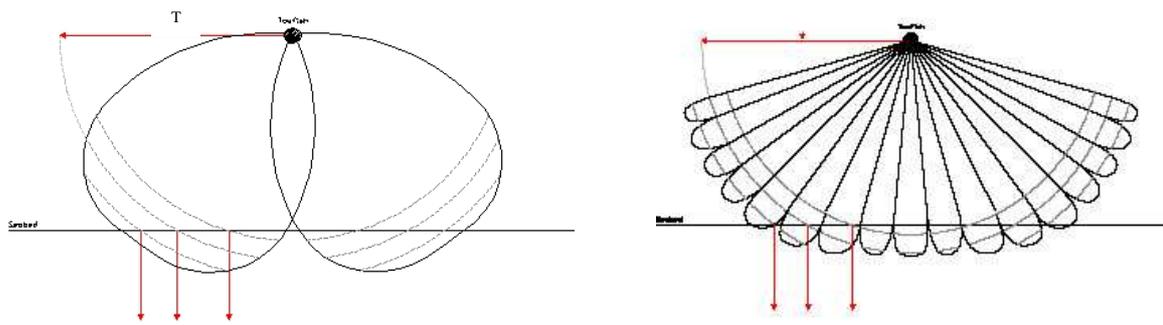


Fig. 7 – Schema del funzionamento dell'opzione side (a sinistra) e dello snippet (a destra). L'opzione side utilizza due ricettori esterni che formano due lobi di ascolto, mentre lo snippet ascolta con tutti i ricettori il segnale di ritorno ([www.fugro-pelagos.com](http://www.fugro-pelagos.com)).

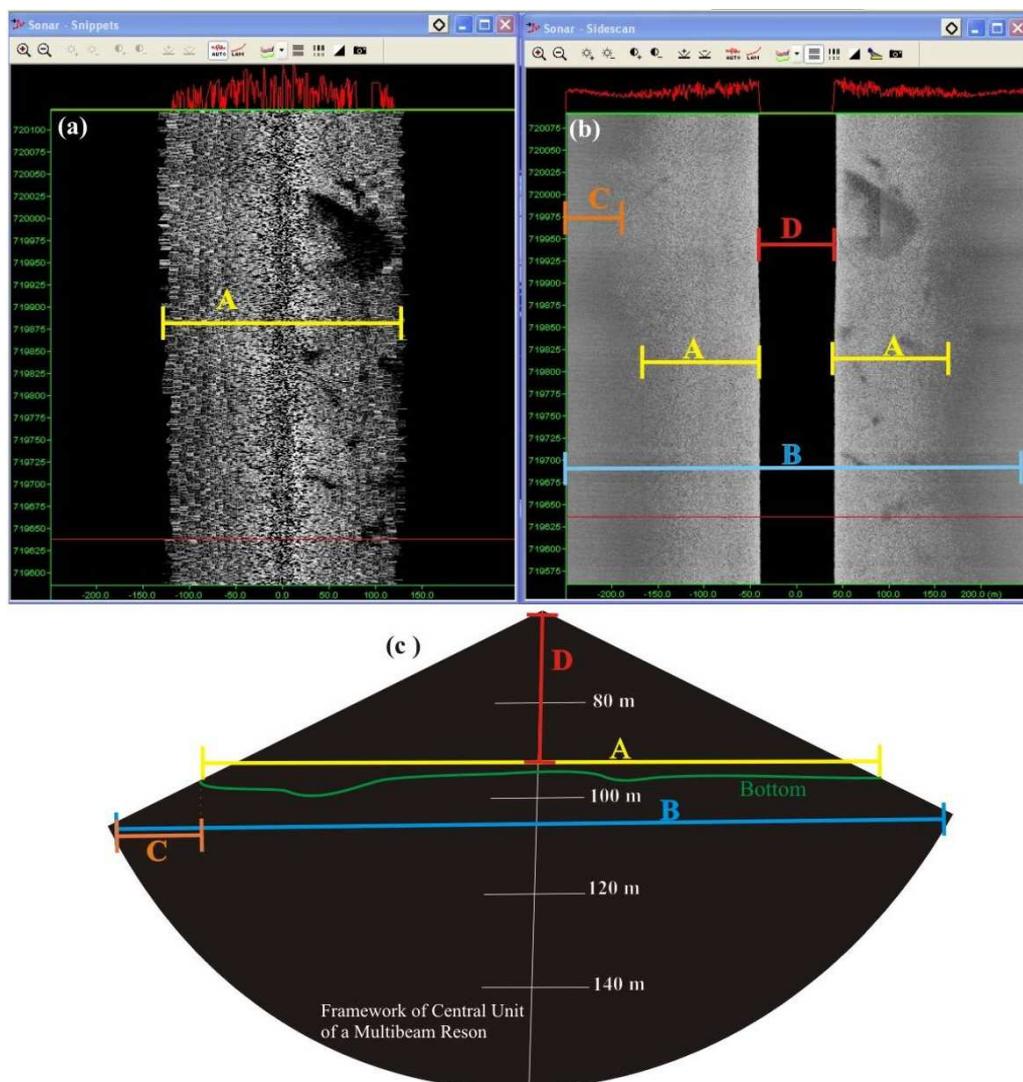


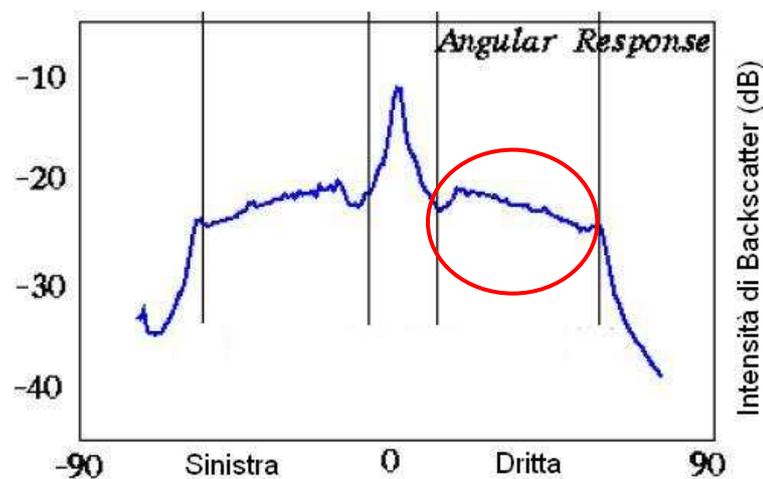
Fig. 8 – Il PDS2000 da la possibilità di visualizzare, ma non di elaborare, il segnale di backscatter registrato. A sinistra (a) è visualizzato lo snippet, mentre a destra (b) l'opzione side. In (c) vi è schematizzata la finestra di visualizzazione dell' Unità Centrale (CU) di un generico Reson Seabat. In verde: profilo del fondale letto in tempo reale dallo strumento. La differenza principale tra snippet e opzione side è che la registrazione del primo è uguale a quella dei dati batimetrici (A), mentre la registrazione dei dati side scan, oltre a includere la colonna d'acqua (D), è comprensiva di tutto il range di acquisizione (B). Il vantaggio della registrazione snippet è che non esiste lo slant range, quindi non si hanno distorsioni, e non si devono tagliare, in fase di processing, i dati esterni (C).

### ***Backscatter***

Il segnale di backscatter registrato dal multibeam è il valore espresso in decibel dell'intensità dell'onda acustica di ritorno dal fondo. Tale segnale dipende da variabili come l'angolo di incidenza dell'onda con il fondale, l'area insonificata, l'assorbimento nella colonna d'acqua e soprattutto dalle proprietà fisiche del fondale (rugosità, impedenza acustica e coefficiente di riflessione del sedimento).

L'importanza del backscatter è che studiando le differenti risposte acustiche registrate su di un fondale si può risalire alla sua composizione. Questo rappresenta un metodo più rapido della campionatura e restituisce informazioni omogenee della composizione litologica del fondo. Diversi gruppi di ricerca si occupano dello studio del segnale di backscatter; due di questi, per noi, sono i più importanti, uno è il Cooperative Research Centre for Coastal Zone – Australia e l'altro è l'Ocean Mapping Group della New Brunswick University – Canada. Entrambi i gruppi hanno sviluppato dei software per gestire e processare il segnale di backscatter applicando una correzione radiometrica, una correzione geometrica, una correzione segnale-rumore e una correzione dalla dipendenza dell'angolo di incidenza per generare una mappa di backscatter. Per fare questo il CRC ha sviluppato un toolbox in ambiente Matlab e l'OMG il software SwathEd.

Gli studi dell'OMG si sono anche focalizzati sulla classificazione dei sedimenti attraverso l'utilizzo delle cosiddette curve di Angular Response, ottenute plottando i valori di intensità di backscatter in funzione dell'angolo di incidenza (Fig. 9).



*Fig. 9 – La curva rappresenta l'andamento dei valori di backscatter in funzione dell'angolo di incidenza. Eliminando la parte centrale della curva e quella finale che sono affetti da errori dovuti ai valori dell'angolo di incidenza, la parte compresa nel cerchio rosso viene usata per identificare la litologia (Hughes Clarke J.E et alii, 1997).*

Applicando questa analisi a diversi tipi di fondale è stata così identificata una correlazione tra l'andamento di queste curve e i sedimenti come mostrato nella figura che segue.

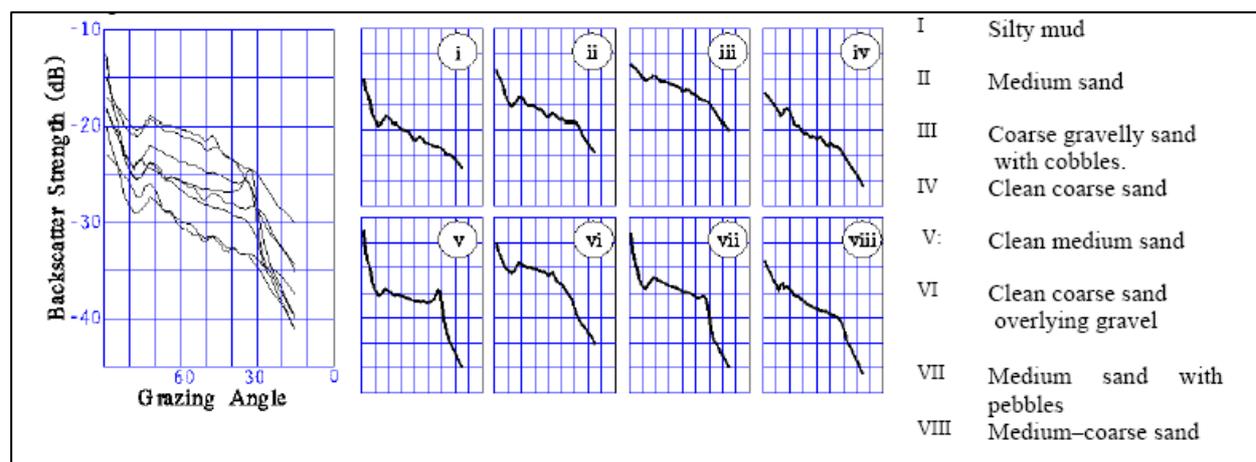


Fig. 10 – Correlazione tra curve AR e tipi di fondali (Hughes Clarke J.E et alii, 1997)

***Acquisizione e Processing***

La Campagna Sonos2007 si è svolta a partire dal 3 giugno 2007 fino al 30 giugno 2007. La prima parte della campagna è stata dedicata all'acquisizione batimetrica lavorando con turni h24 e percorrendo linee di navigazione parallele per garantire una sovrapposizione del 50% dei dati; sono stati acquisiti in totale 112Km<sup>2</sup> a profondità comprese tra i 10 e i 60 metri in circa 15 giorni di lavoro. Negli ultimi giorni della campagna si è svolta la campionatura con turni di lavoro h12. Di seguito è riportato un estratto del diario di bordo della campagna.

**Estratto del Diario di bordo Campagna Sonos2007**

Data	Attività
03/06/2007	Partenza dal Porto di Napoli
05/06/2007	Arrivo nel Golfo di Oristano e inizio delle operazioni di acquisizione
09/06/2007	Trasferimento e acquisizione nell'area della Penisola del Sinis
11/06/2007	Acquisizione all'interno del Golfo di Oristano
14/06/2007	Acquisizione intorno a Capo S. Marco
15/06/2007	Trasferimento e acquisizione intorno a Mal di Ventre
16/06/2007	Standby meteo
17/06/2006	Acquisizione a Capo S.Marco
19/06/2006	Standby meteo
20/06/2006	Acquisizione a Capo S.Marco
21/06/2006	Inizio della campionatura
22-23/06/2007	Campionature
24/06/2007	Installazione del Multibeam SeaBat 8125 e acquisizione con doppia testa
26/06/2007	Standby meteo
28-29/062007	Campionature
30/06/2007	Fine dei lavori

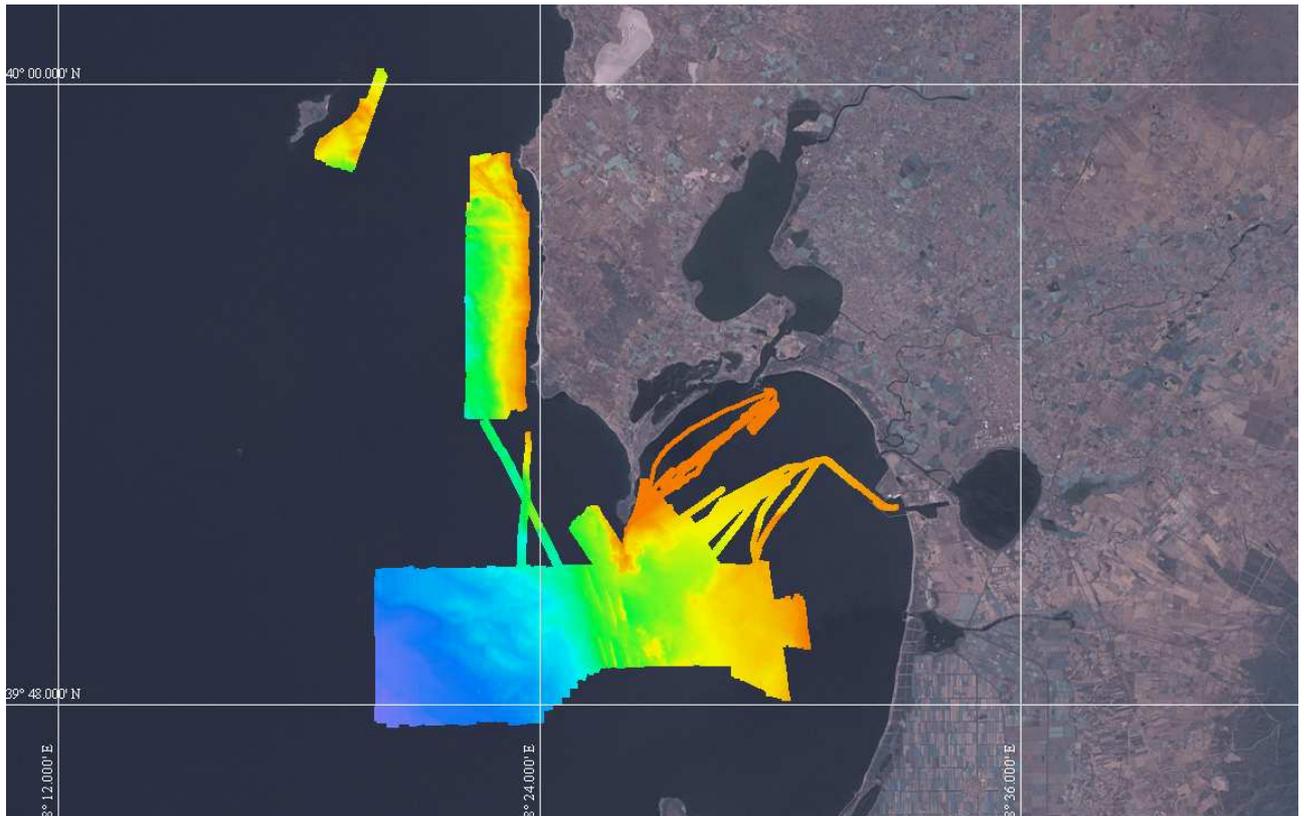


Fig. 11 - Area acquisita nella campagna Sonos2007 con il multibeam SeaBat8111r (totale 112Km<sup>2</sup>)

A bordo della nave è stato effettuato un processing preliminare di alcuni settori acquisiti ed in particolare è stata applicata la curva di marea ed è stata corretta la navigazione con il modulo di editing del PDS2000.

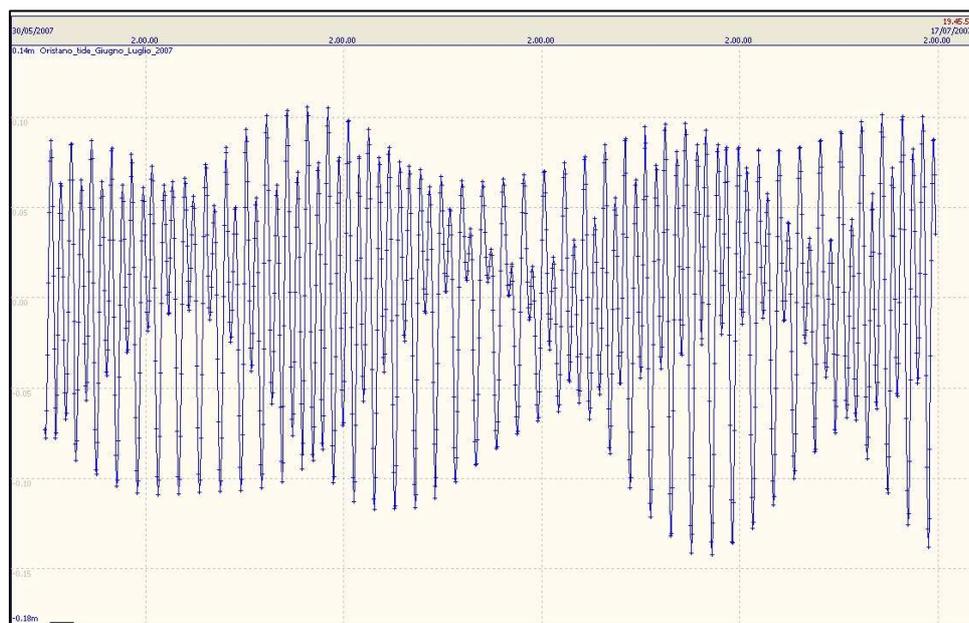
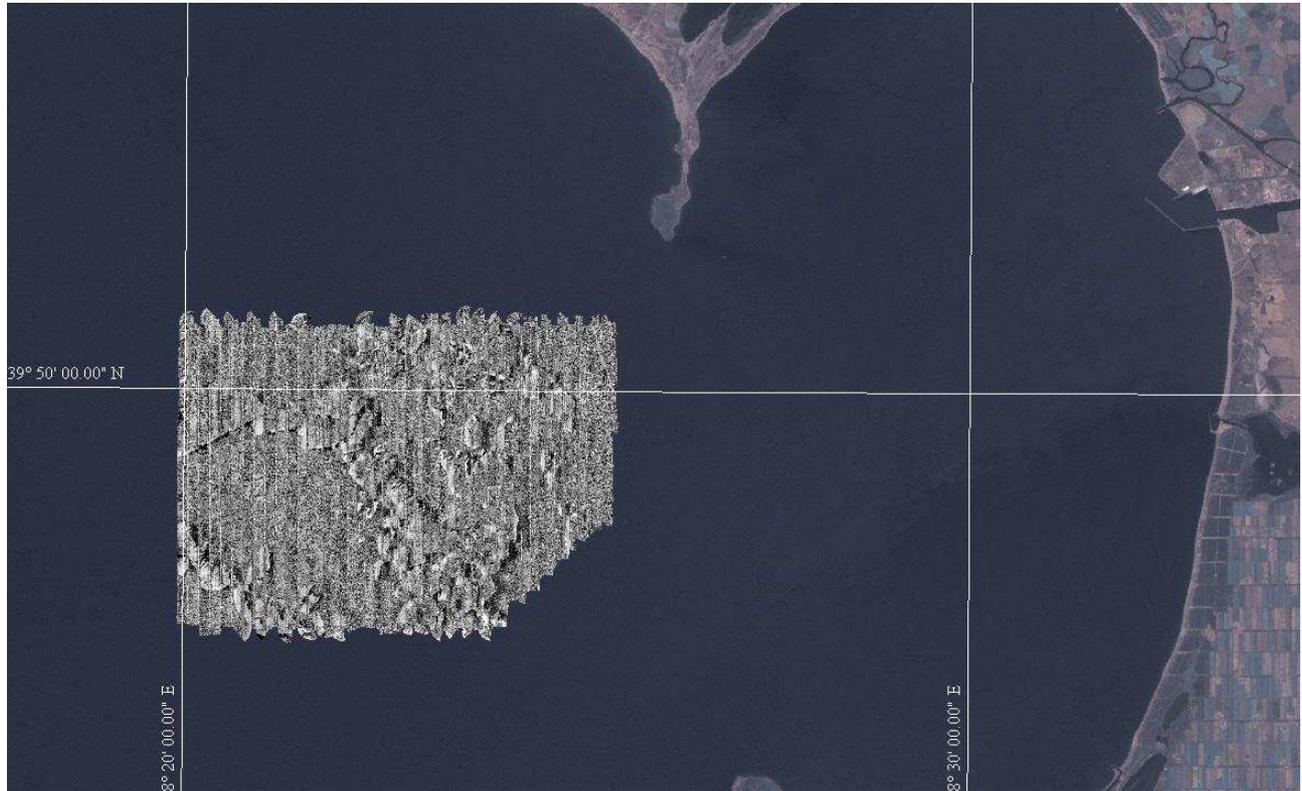


Fig. 12 – Curva di marea applicata. I dati sono relativi al periodo 1 Giugno – 15 Luglio 2007

In seguito sono stati estratti i file XTF di side e snippet per procedere alla loro elaborazione. L'opzione side è stata elaborata con la suite di programmi della Triton Elics, Isis e DelphMap, per creare un mosaico dell'area esterna del Golfo di Oristano da mettere successivamente a confronto sia con la batimetria che con l'immagine del backscatter.



*Fig. 13 – Mappa dell'opzione side nell'area esterna del Golfo di Oristano.*

L'analisi dei dati di backscatter è stata effettuata con il toolbox di Matlab del CRC Australia. Il software consente di elaborare i dati multibeam provenienti dagli strumenti Reson; esso richiede come dati di input dei file XTF e restituisce dei file ASCII contenenti i valori in decibel del segnale assorbito che vengono utilizzati per generare il grid finale. La figura che segue mostra una mappa di backscatter nella parte più esterna del Golfo, dove era stata già effettuata la mosaicatura con l'opzione side.

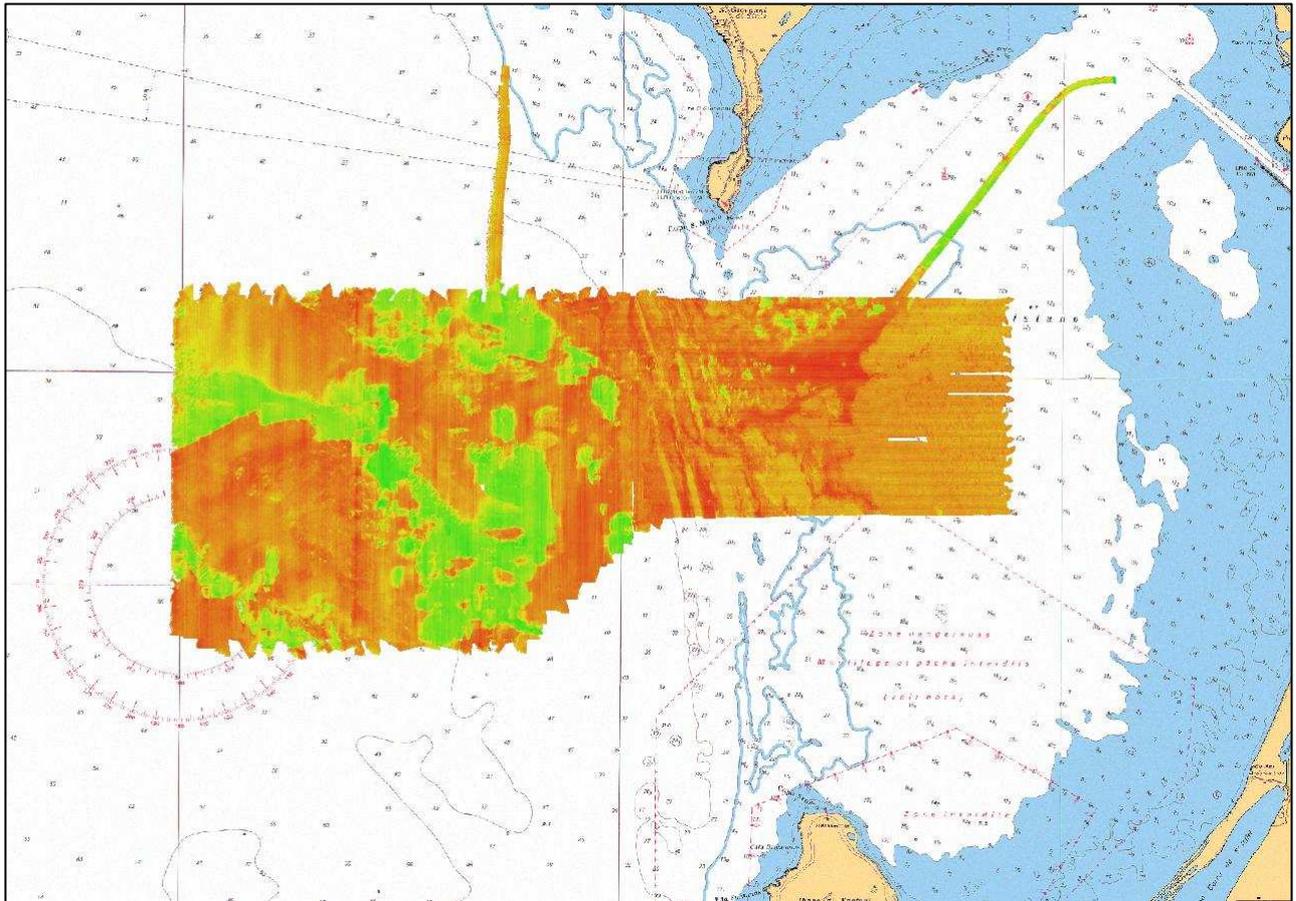


Fig. 14 - Mappa del backscatter ricavata con il toolbox del CRC – Australia. Le zone di colore verde corrispondono a valori bassi di backscatter, quindi sedimenti che tendono ad assorbire di più, mentre le zone di colore rosso corrispondono ad alti valori di backscatter, quindi sedimenti che tendono a riflettere maggiormente.

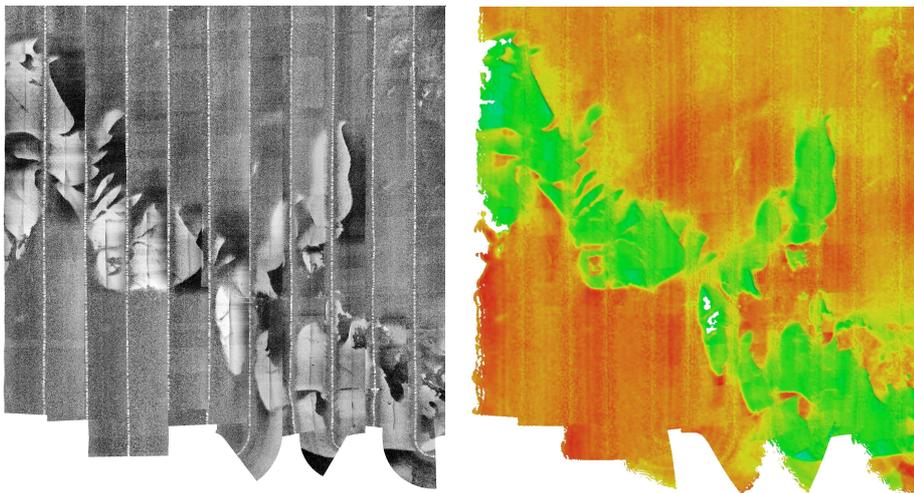
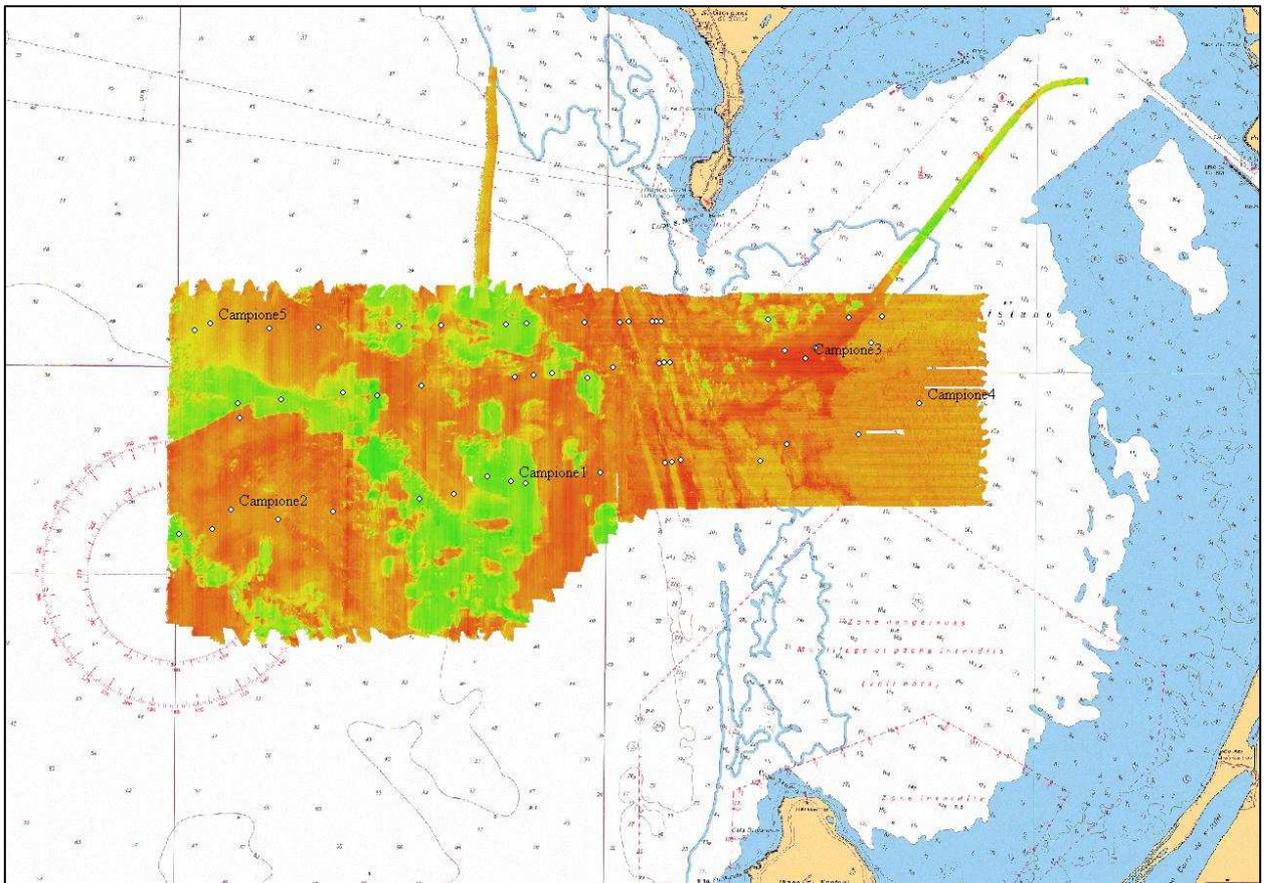


Fig. 15 – Dettaglio di un confronto tra opzione side (a sinistra) e backscatter (a destra). Nell'opzione side le zone più scure indicano sedimenti che riflettono il segnale acustico mentre quelle più chiare sedimenti che assorbono il segnale. E' da notare la corrispondenza tra le zone chiare dell'opzione side e quelle verdi del backscatter e tra le zone scure e quelle rosse. Le differenze tra le due mappe sono: 1. l'assenza della correzione dello slant range nel backscatter; 2. una variazione di facies molto più dettagliata e marcata nel backscatter dovuta al fatto che l'influenza morfologica è minore e corretta in fase di processing.

Una volta analizzata la carta dei valori di backscatter (Fig. 14) sono stati individuati dei punti per la taratura del segnale mediante campionatura. In un intorno di questi punti sono state generate le curve AR che sono state confrontate con lo standard dell'OMG per una previsione dei tipi di fondale che sarebbero stati campionati. Le campionature hanno confermato in pieno le analisi effettuate e in figura 15 sono riportati 3 esempi dei risultati ottenuti. Una particolarità delle nostre analisi è stato il riconoscimento di alcune facies acustiche non individuate dall'OMG perché sono tipiche del Mediterraneo, come la Posidonia, sia su substrato roccioso che mobile.



*Fig.16 – Localizzazione dei campionamenti effettuati.*

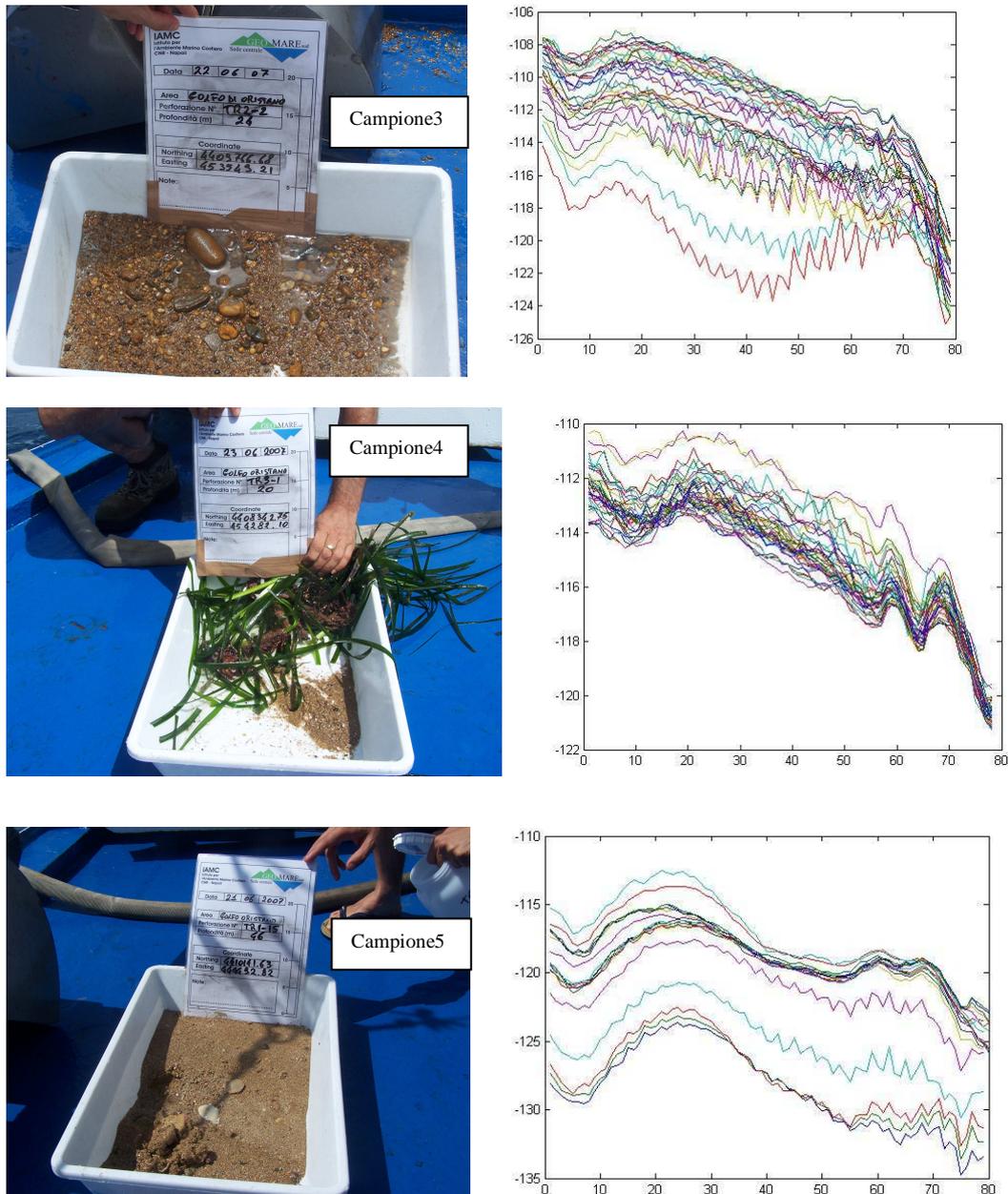


Fig. 17 – Analisi delle curve AR confrontate con i campionamenti diretti. La curva del campione3 corrisponde ad un substrato molto grossolano come è stato confermato dal campione. Il campione4, essendo Posidonia, non ha trovato riscontri con le curve AR dell' OMG, ma questo andamento è stato ritrovato sempre su substrato con Posidonia, quindi è stato tarato come tale. Il campione5, in ultima analisi, porta un esempio di sabbia fine come riportato dalla curva AR.

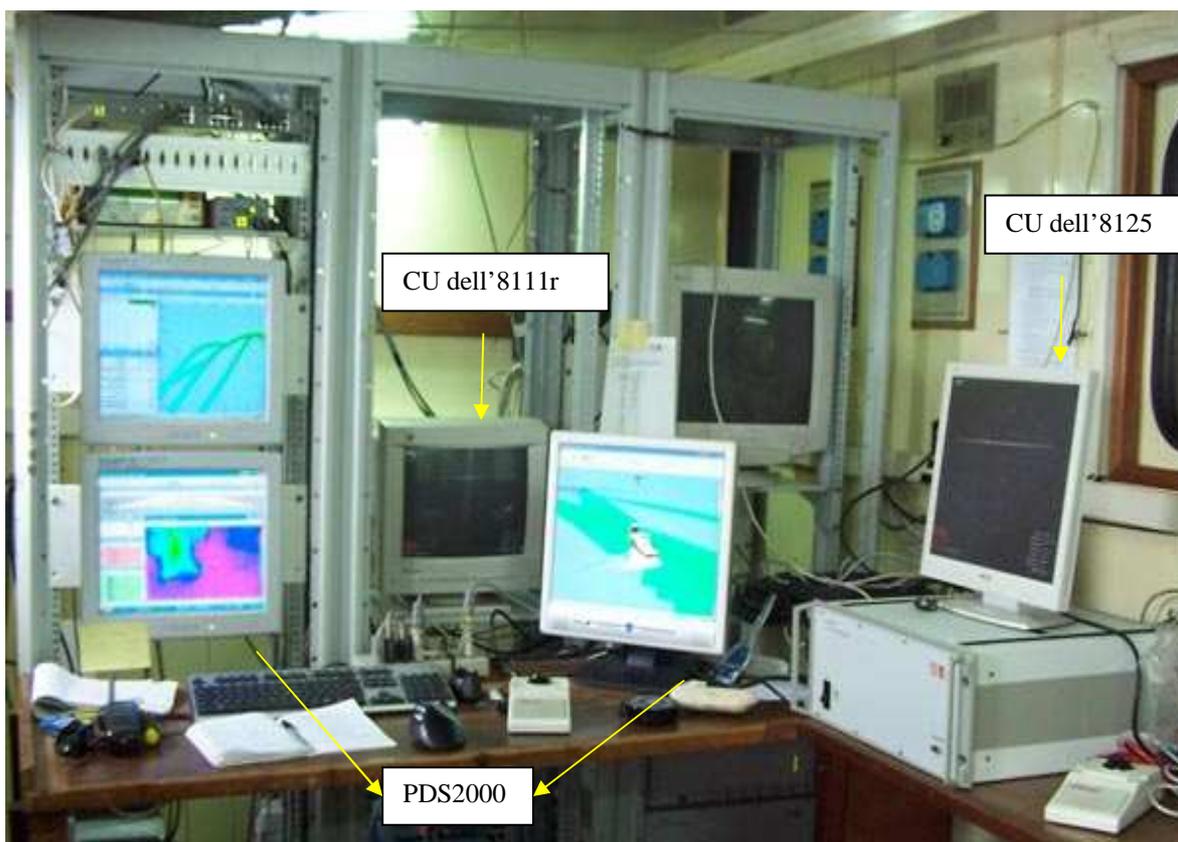
Un'altra delle particolarità di questa campagna è stata l'acquisizione con doppia testa, ossia l'utilizzo due tipi di multibeam, il Seabat8111 e il Seabat8125; quest'ultimo lavora ad una frequenza di 455 kHz ed è provvisto di 240 beam distanziati di  $0,5^\circ$ . Questa acquisizione è stata effettuata per confrontare i valori di backscatter dei due strumenti e cercare la possibile relazione fra frequenza e assorbimento acustico in modo da rendere indipendente quest'ultimo dalle caratteristiche strumentali. I risultati di tale acquisizione sono attualmente oggetto di studio.



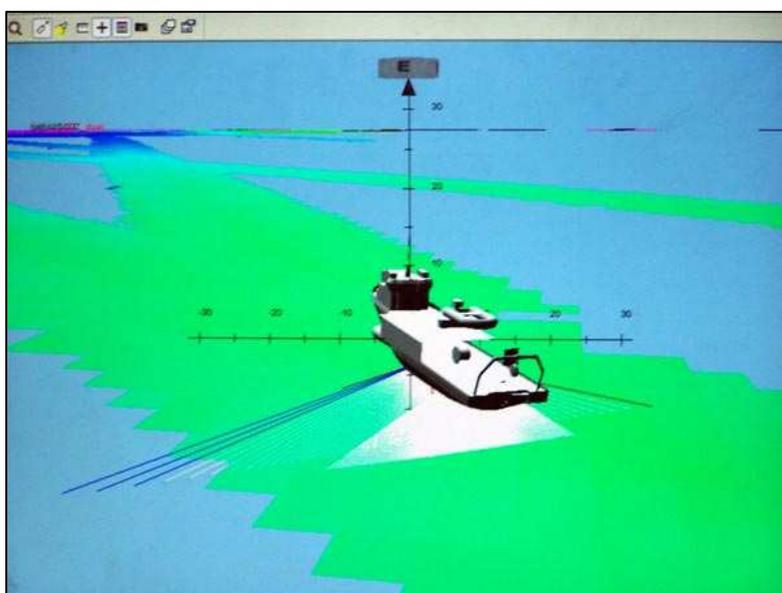
*Fig. 18 – Fasi del montaggio della testa del SeaBat 8125.*



*Fig. 19 – Messa in acqua del SeaBat 8125 montato a palo*



*Fig.18 - Postazione di lavoro per l'acquisizione con doppia testa.*



*Fig. 19 – Dettaglio del PDS2000 in cui si vedono i due swath di acquisizione, il più piccolo è del SeaBat 8125, mentre quello più ampio è del SeaBat 8111r*

**Bibliografia**

Beaudoin J.D., Hughes Clarke J.E. , Van Den Aemele E.J. and Gardner,J.V. - Geometric And Radiometric Correction Of Multibeam Backscatter Derived From Reson 8101 Systems – *Canadian Hydrographic Conference 2002 proceedings (CDROM), Toronto, Canada.*

Gavrilov N., A.J. Duncan, R.D. McCauley, I.M. Parnum, J.D. Penrose, P.J.W. Siwabessy, A.J. Woods and Y-T. Tseng – Characterization Of The Seafloor In Australia’s Coastal Zone Using Acousting Techniques. *Proceedings of the International Conference “Underwater Acoustic Measurements: Technologies & Results” Heraklion, Crete, Greece, 28<sup>th</sup> June – 1<sup>st</sup> July 2005.*

Gavrilov N., P.J.W. Siwabessy, A. Bickers – Multibeam echo sounder backscatter analysis – Analysis of swath backscatter data collected in the region of Recherche Archipelago. *CMST report 2005-8.*

Hughes Clarke J.E., Danforth W. and Valentine P.- Areal Seabed Classification using Backscatter Angular Response at 95kHz – *High Frequency Acoustics in Shallow Water, NATO SACLANT Undersea Research Centre, Lerici, Italy, 30 June - 4 July, 1997*

Tonielli R., Innangi S., Pascucci V., Bellonia A., Di Martino G., Ruggieri S. e Sammartino S. (2005) - Rapporto Tecnico C/O Carg05\_03 (14 Maggio – 12 Giugno 2005)

Reson – PDS 2000 Manual

Reson – SeaBat 8125 – Ultra High Resolution Focused Multibeam Echosounder System *Operator’s Manual, Version 4.00*

Reson – SeaBat 8111 – Multibeam Echosounder System - *Operator’s Manual, Version 2.10*

Triton Elics International Isis Sonar - *User’s Manual, Volume 1, 2002*

Triton Elics International - Using Delph Map - *User’s Manual, Version 2.80, 2002*

Siti internet consultati

<http://www.reson.it>

<http://www.fugro.pelagos.com>