


PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA



PROGETTO DEFINITIVO

EUROLINK S.C.p.A.

IMPREGILO S.p.A. (MANDATARIA)
 SOCIETÀ ITALIANA PER CONDOTTE D'ACQUA S.p.A. (MANDANTE)
 COOPERATIVA MURATORI E CEMENTISTI - C.M.C. DI RAVENNA SOC. COOP. A.R.L. (MANDANTE)
 SACYR S.A.U. (MANDANTE)
 ISHIKAWAJIMA - HARIMA HEAVY INDUSTRIES CO. LTD (MANDANTE)
 A.C.I. S.C.P.A. - CONSORZIO STABILE (MANDANTE)

<p>IL PROGETTISTA LANDE s.r.l. ARCHEOLOGIA PREVENTIVA ELENCO OPERATORI ABILITATI MIBAC N°1262 Dott. Ing. A. Varricchio Ordine Ingegneri Caserta n°2815 Dott. Ing. E. Pagani Ordine Ingegneri Milano n°15408</p> 	<p>IL CONTRAENTE GENERALE Project Manager (Ing. P.P. Marcheselli)</p>	<p>STRETTO DI MESSINA Direttore Generale e RUP Validazione (Ing. G. Fiammenghi)</p>	<p>STRETTO DI MESSINA Amministratore Delegato (Dott. P. Ciucci)</p>
---	---	--	---

<p><i>Unità Funzionale</i> COLLEGAMENTI VERSANTE SICILIA <i>Tipo di sistema</i> RILIEVI ACCERTAMENTI E INDAGINI IN CAMPO – INDAGINI ARCHEOLOGICHE <i>Raggruppamento di opere/attività</i> ELEMENTI DI CARATTERE GENERALE <i>Opera - tratto d'opera - parte d'opera</i> GENERALE <i>Titolo del documento</i> RELAZIONE TECNICO SCIENTIFICA AREA S9</p>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">AS0027_F0</div>
---	--



CODICE	C G 0 9 0 0	P	R G	D	S	I 6	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 6	F0
--------	-------------	---	-----	---	---	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	----

REV	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
F0	20/06/2011	EMISSIONE FINALE	SPINELLI	VARRICCHIO	CASCELLA

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE TECNICO SCIENTIFICA AREA S9		<i>Codice documento</i> CG0900PRGDSI6000000000006F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

INDICE

INDICE	i
1 Premessa	1
2 Descrizione del contesto	3
3 La strumentazione utilizzata.....	5
• Motobarca idrografica “San Rocco”.....	5
• Imbarcazione “Ermes”.....	6
• Sistema batimetrico Multibeam interferometrico SEA SwathPLUS.....	7
• Piattaforma Inerziale	7
• Sonda Multiparametrica RESON SVP/15;.....	8
• Side Scan Sonar KLEIN 3900.....	8
• Magnetometro GEOMETRICS G882	10
• Ecosonda Honeywell-Elac LAZ 72 modificata	11
• DGPS OmniSTAR 3200LR12	12
• Software di navigazione/acquisizione dati RESON PDS2000	13
• Schema di interfacciamento degli strumenti.....	14
• Quality Check e calibrazione sistemi.....	15
• Caratteristiche del sonar batimetrico interferometrico SEA SWATHplus	16
• Caratteristiche del Sistema di Posizionamento DGPS RTK	17
4 Metodologia	20
5 Rilievo Sonar Interferometrico e Magnetometrico del 23-10-2010.....	23
Figura 5-2 Sound Velocity Profile ottenuto dalla sonda Reson SVP/15.....	26
6 Rilievo Side Scan Sonar e Magnetometrico del 29-11-2010	29
Figura 6-3 Software di gestione e acquisizione dati SSS – SonarPRO (Klein)	31
7 Post-processing e restituzione – campagna del 23-10-2010	35
8 Post-processing e restituzione – campagna del 29-11-2010	37
9 Elaborati	40

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE TECNICO SCIENTIFICA AREA S9		<i>Codice documento</i> CG0900PRGDSI6000000000006F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

1 Premessa

Il presente rapporto descrive le metodologie usate e i risultati ottenuti in un rilievo geofisico marino combinato acustico - magnetometrico effettuato in uno specchio d'acqua di fronte la località Ganzirri - Torre Faro nel comune di Messina (ME). Lo scopo dell'indagine consiste in una valutazione circa la possibile presenza di 'oggetti' di rilevanza archeologica in un sito interessato dalla costruzione di un pontile di servizio ai lavori di costruzione del Ponte sullo Stretto di Messina.

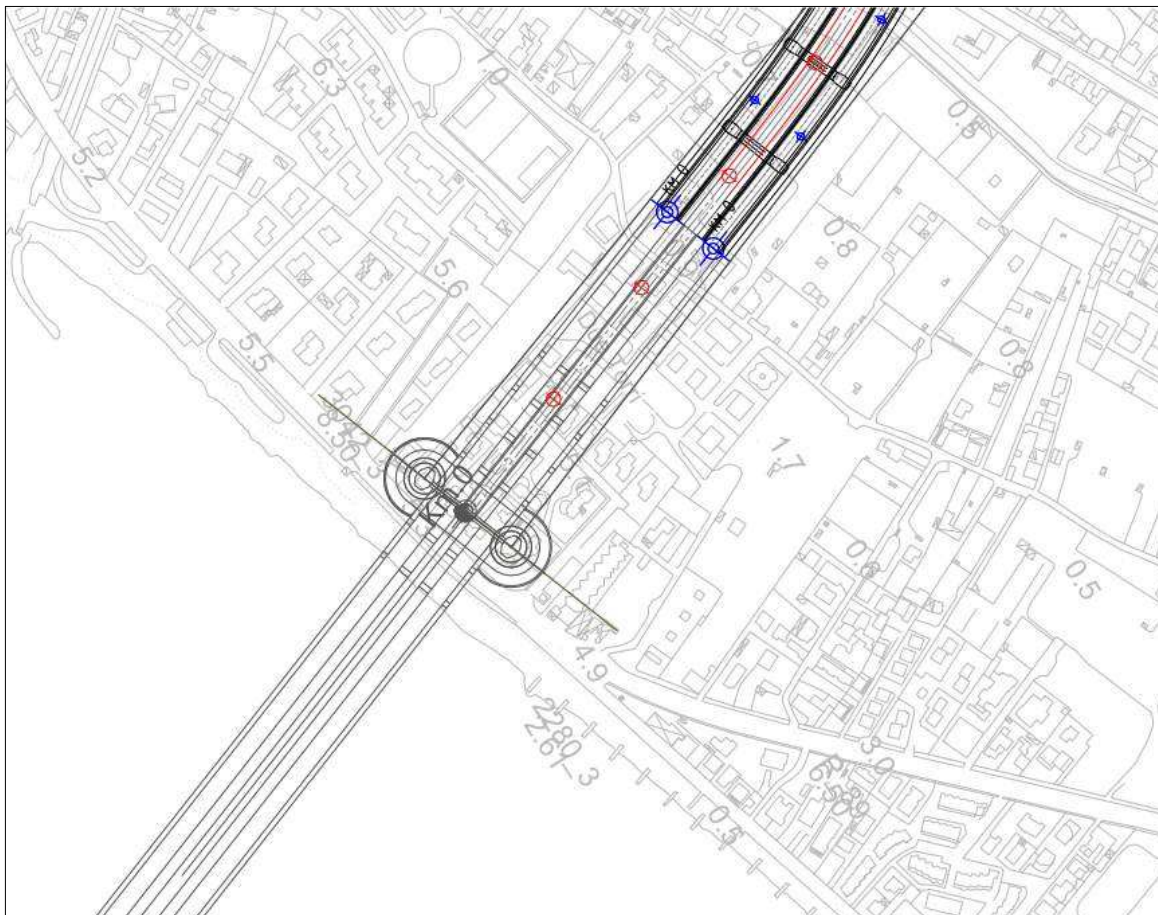


Figura 1-1 Posizione del pontile (freccia rossa) e del Ponte sullo Stretto

In conformità alle disposizioni della Soprintendenza del Mare della Regione Siciliana, competente per la tutela archeologica dell'area marina oggetto di studio, è stata predisposta una metodologia

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE TECNICO SCIENTIFICA AREA S9		<i>Codice documento</i> CG0900PRGDSI6000000000006F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

d'indagine e gli obiettivi minimi del lavoro, consistenti in:

1. Un rilievo morfobatimetrico del fondale con Sonar Multibeam Interferometrico per il primo tratto di mare a partire dalla costa
2. Un rilievo acustico morfologico con Sonar a Scansione Laterale, di seguito indicato come Side Scan Sonar (SSS), con copertura totale dell'area, a partire dal termine della zona d'indagine 1, e sovrapposizione minima delle strisciate del 50%;
3. Un rilievo magnetometrico lungo rotte parallele alla costa, distanziate di circa 5 m nell'area più vicina al litorale e di circa 10 m verso mare, al fine di rilevare la presenza di masse ferrose;
4. Un rilievo acustico del sottofondo utilizzando un sistema Sub Bottom Profiler brevettato e tarato per prospezioni archeologiche, che non ha prodotto risultati in quanto il fondale è risultato molto riflettente ed ha impedito la penetrazione del segnale;
5. L'elaborazione dei risultati per ottenere una carta morfobatimetrica ed un mosaico acustico del fondo e una mappa del campo magnetico;
6. L'interpretazione comparata dei risultati in chiave archeologica individuando sulla mappa la possibile presenza di masse ferrose e/o oggetti di rilevanza archeologica, indicati in una carta del rischio

Le indagini sono state effettuate in due giornate non consecutive, il 23 ottobre 2010 e il 29 novembre 2010. Iniziando con la prospezione sonar interferometrica e magnetometrica per il tratto di mare più vicino alla costa, proseguendo poi con l'indagine acustica con Side Scan Sonar seguita nuovamente dal rilievo magnetometrico. Per mezzo di appositi software sono stati quindi elaborati i dati e poi prodotti gli elaborati grafici, riportanti le informazioni ottenute.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE TECNICO SCIENTIFICA AREA S9		<i>Codice documento</i> CG0900PRGDSI600000000006F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2 Descrizione del contesto

Il rilievo ha interessato uno specchio acqueo antistante il litorale di Ganzirri - Torre Faro (Messina) per una lunghezza di circa 600m. L'area rilevata ha una superficie di circa 0.22 km² ed è compresa in una porzione di litorale tra le coordinate WGS-84:

- 38°15'37.02"N, 15°37'45.35"E
- 38°15'42.01"N, 15°38'08.45"E

La larghezza verso mare dell'area di indagine è risultata compresa tra la batimetrica -1.5m lmm, corrispondente al limite di navigabilità in sicurezza dell'imbarcazione idrografica, e la distanza di 300 m dalla linea di riva del tratto di litorale in oggetto.

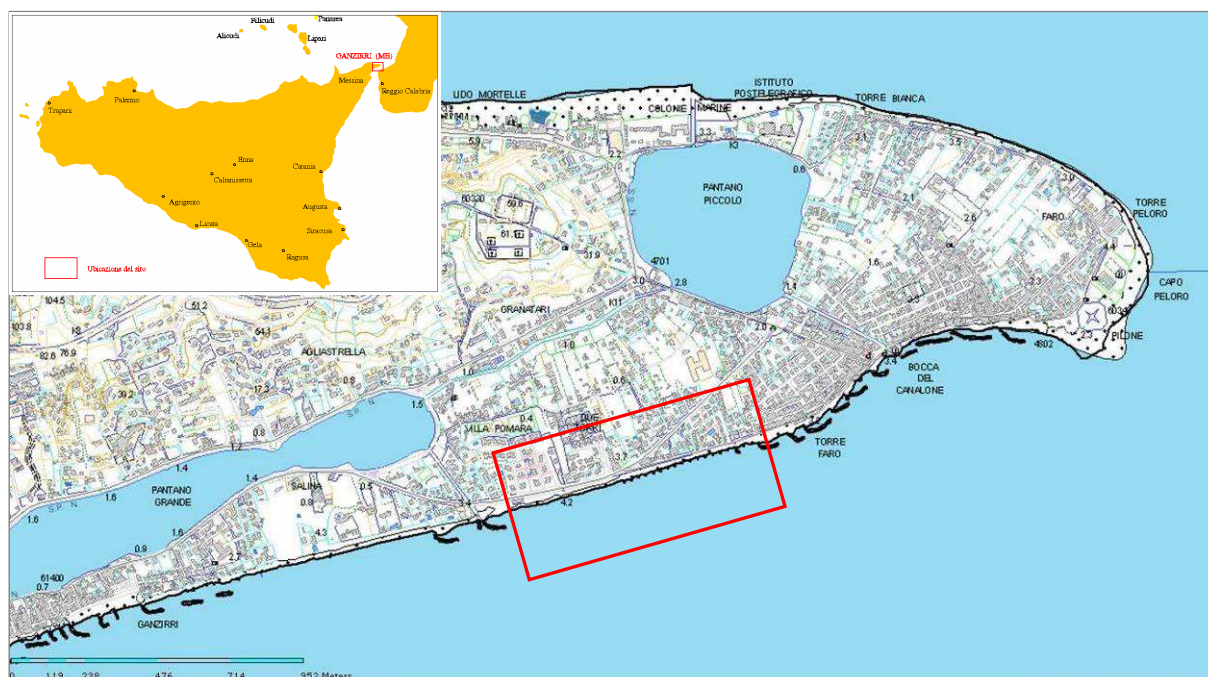


Figura 2-1 Inquadramento e localizzazione dell'area d'indagine (da CTR Sicilia)

La morfologia costiera è uniforme con linea di riva pressoché dritta. Il fondale invece scende abbastanza rapidamente ed è caratterizzato, come vedremo, da diversi cambi di pendenza.





		<p align="center">Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO</p>		
<p align="center">RELAZIONE TECNICO SCIENTIFICA AREA S9</p>		<p><i>Codice documento</i> CG0900PRGDSI6000000000006F0</p>	<p><i>Rev</i> F0</p>	<p><i>Data</i> 20/06/2011</p>

Figura 2-2 Vista aerea dell'area

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE TECNICO SCIENTIFICA AREA S9		<i>Codice documento</i> CG0900PRGDSI6000000000006F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

3 La strumentazione utilizzata

Di seguito sono descritti in dettaglio i mezzi utilizzati per l'esecuzione del lavoro descritto:



- **Motobarca idrografica “San Rocco”**

l'imbarcazione (fig. 3-1) è iscritta presso la Capitaneria di Porto di Chioggia con licenza della Marina Mercantile Italiana CI 3551 naviglio commerciale, appositamente modificata per garantirne l'ottimale posizionamento, la stabilità e la migliore qualità di acquisizione dei dati in fondali medi, bassi o bassissimi.

La "San Rocco" è stata utilizzata per i rilievi della porzione di area più vicina al litorale, dalla batimetrica 1.5-2 m fino ad 80 m dalla riva.



Figura 3-1 Motobarca idrografica San Rocco

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE TECNICO SCIENTIFICA AREA S9		<i>Codice documento</i> CG0900PRGDSI6000000000006F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- **Imbarcazione “Ermes”**

L'imbarcazione (fig. 3-2) utilizzata è il natante a motore semicabinato denominato “ERMES”, di lunghezza di 6 m circa e pescaggio minimo. Su di esso è stata installata tutta la strumentazione necessaria per il rilievo. La "Ermes" è stata utilizzata per il rilievo del tratto di mare più lontano dalla costa, da 80 m fino a ca 300 m dalla linea litorale.



Figura 3-2 Imbarcazione "Ermes".

La strumentazione (fig. 3-4) è stata così installata: L'antenna GPS sul tetto della cabina, i computer di navigazione e acquisizione dati all'interno della cabina, SSS e magnetometro trainati dalla poppa.

Lo schema è rappresentato in figura 5 (non in scala).

STRUMENTO	ASSE X (m)	ASSE Y (m)	ASSE Z (m) Rispetto alla superficie marina
DGPS OMNISTAR	0.00	0.00	1.80
TOW POINT	0.00	-4.40	0
TOWFISH	Posizione variabile (calcolata automaticamente dal software di navigazione a partire dalla quantità di cavo inserita).		

Figura 3-3 Schema degli offset strumentali

Figura 3-4 Schema di montaggio degli strumenti sull'imbarcazione "Ermes".

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE TECNICO SCIENTIFICA AREA S9		<i>Codice documento</i> CG0900PRGDSI6000000000006F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- **Sistema batimetrico Multibeam interferometrico SEA SwathPLUS**



Sistema ad alta risoluzione, operante in modalità PPS SINCRONA, con le seguenti caratteristiche:

<i>frequenza centrale</i>	468 kHz
<i>settore angolare</i>	150°
<i>numero di beam</i>	<i>fino a 8000 per swath</i>
<i>copertura swath</i>	<i>fino a 15 volte la profondità</i>
<i>risoluzione</i>	<i>centimetrica</i>
<i>accuratezza nella determinazione profondità</i>	< 1 cm
<i>numero massimo di swath al secondo</i>	15

- **Piattaforma Inerziale**

APPLANIX Pos-MV con sistema di posizionamento TRIMBLE Zephyr (a doppia frequenza) operante in modalità DGPS RTK On-the-Fly tramite connessione radio-modem (o GSM-modem), sensore di moto tridimensionale e girobussola GAMS a doppia antenna per la compensazione dei movimenti sui 3 assi e della deviazione dell'imbarcazione:

<i>Precisione rollio/ beccheggio</i>	0.01°
<i>Precisione nella misura d'onda (heave)</i>	5 cm (o 5%)
<i>Precisione girobussola GAMS</i>	0.02°
<i>Frequenza campionamento</i>	100 misure al secondo
<i>Accuratezza timestamping</i>	1 microsecondo
<i>Modalità di funzionamento</i>	PPS SINCRONA

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE TECNICO SCIENTIFICA AREA S9		<i>Codice documento</i> CG0900PRGDSI6000000000006F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- **Sonda Multiparametrica RESON SVP/15;**

Sonda per la determinazione del profilo della velocità del suono nell'acqua lungo la colonna d'acqua.



- **Side Scan Sonar KLEIN 3900**

Il Sonar impiegato (fig. 3-5) è il modello 3900 della Klein Associates, Inc. (USA). Il sistema è particolarmente adatto alle ricerche sia archeologica che in generale di oggetti, in quanto dotato di altissime frequenze operative e quindi risoluzioni eccellenti (5-10cm).



Figura 3-5 Side Scan Sonar Klein 3900.



<i>Towfish</i>	
Frequencies:	445 kHz, 900 kHz
Beam width Horizontal:	0.21° @ 900 kHz, 0.21° @ 445 kHz; Vertical: 40°
Beam tilt:	5, 10, 15, 20, 25° down, adjustable
Range scales:	11 settings: 10 to 200 meters
Maximum range:	150 meters @ 445 kHz; 50 meters @ 900 kHz
Depth rating:	200 meters standard
Construction:	Stainless steel / fluorescent powder coat
Size:	122 cm long, 8.9 cm diameter
Weight:	29 kg in air

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE TECNICO SCIENTIFICA AREA S9		<i>Codice documento</i> CG0900PRGDSI6000000000006F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Standard sensors:	Roll, pitch, heading
Options:	Pressure sensor
<i>Splash-proof Transceiver Processor Unit (TPU)</i>	
Operating system:	VxWorks® with custom application
Outputs:	100 Base-Tx, Ethernet LAN, optional w/ LAN
Navigation input:	NMEA 0183
Power:	120 watts @ 120/240 VAC, 50/60 Hz (includes Towfish)
Interfacing:	Interfaces to all major Sonar Data Processors
Splash-proof:	To IP 65 with waterproof connectors
<i>Klein Sonar Workstation</i>	
Basic operating system:	Windows XP®
Sonar software:	SonarPro®
Data format:	SDF or XTF or both, selectable
Hardware:	Laptop
<i>Tow Cables</i>	
Lightweight:	150m Kevlar cable;



Figura 3-6 Fase di traino del Side Scan Sonar Klein 3900.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE TECNICO SCIENTIFICA AREA S9		<i>Codice documento</i> CG0900PRGDSI600000000006F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011



- **Magnetometro GEOMETRICS G882**

Il magnetometro (fig. 3-7) è il modello G882 della Geometrics Inc. (USA). Il sistema è costituito da un sensore ai vapori di cesio ad alta sensibilità (0.02 nT alla frequenza di campionamento di 10Hz) e accuratezza assoluta < 3 nT.



Figura 3-7 Magnetometro Geometrics G882.

Operating Principle	Self-oscillating split-beam Cesium Vapor (non-radioactive)
Operating Range	20,000 to 100,000 nT
Operating Zones	The earth's field vector should be at an angle greater than 6° from the sensor's equator and greater than 6° away from the sensor's long axis. Automatic hemisphere switching.
CM-221 Counter Sensitivity	<0.004 nT/ Hz rms. Typically 0.02 nT P-P at a 0.1 second sample rate or 0.002 nT at 1 second sample rate. Up to 10 samples per second
Heading Error	<1 nT over entire 360° spin and tumble
Absolute Accuracy	<3 nT throughout range
Output	RS-232 at 1,200 to 19,200 Baud
Sensor Fish	Body 2.75 in. (7 cm) diameter, 4.5 ft (1.37 m) long with fin assembly (11 in. cross width), 40 lbs. (18 kg) Includes Sensor and Electronics and 1 main weight. Additional collar weights are 14lbs (6.4kg) each, total of 5 capable

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE TECNICO SCIENTIFICA AREA S9		<i>Codice documento</i> CG0900PRGDSI6000000000006F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Tow Cable	Kevlar Reinforced multiconductor tow cable. Breaking strength 3,600 lbs, 0.48 in OD, 200 ft maximum. Weighs 17 lbs (7.7 kg) with terminations.
Operating Temperature	-30oF to +122oF (-35oC to +50oC)
Storage Temperature	-48oF to +158oF (-45oC to +70oC)
Altitude	Up to 30,000 ft (9,000 m)
Water Tight	O-Ring sealed for up to 9000 ft (2750 m) depth operation



- **Ecosonda Honeywell-Elac LAZ 72 modificata**

Lo strumento è un profilatore di sedimenti (Sub Bottom Profiler) in grado di eseguire sezioni acustiche verticali del sottofondo marino, anche in condizioni di battenti d'acqua molto ridotti. L'eosonda originale Honeywell-Elac LAZ 72, avente direttività del fascio pari a 15°, è stata modificata nel corso di un progetto di ricerca eseguito in Laguna di Venezia in collaborazione con istituti del CNR e con finanziamento del Magistrato Alle Acque di Venezia. Le modifiche hardware hanno consentito un netto miglioramento della risoluzione verticale e orizzontale, allo scopo di adattare lo strumento alle esigenze della prospezione archeologica subacquea.

Il numero di impulsi al secondo, inizialmente pari a 20, è stato aumentato fino a raggiungere i 50 imp/s. Questa modifica consente, a parità di velocità della barca, di aumentare il dettaglio della registrazione.

Il sistema si compone di:

1) sistema ecografico per emissione-ricezione onde acustiche;
2) strumentazione GPS differenziale per navigazione e georeferenziazione dati acustici;
3) hardware per acquisizione dati acustici georeferenziati
4) alimentazione di ingombro ridotto

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE TECNICO SCIENTIFICA AREA S9		<i>Codice documento</i> CG0900PRGDSI600000000006F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

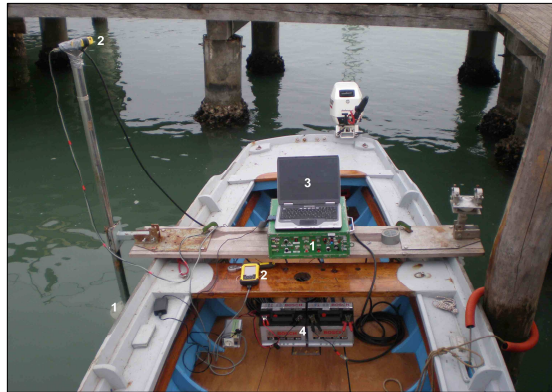


Figura 3-8 I componenti il sistema Honeywell-Elac Laz 72 modificato

Il sistema, come da richiesta della Soprintendenza del Mare, è stato utilizzato per la ricerca di eventuali target posti al di sotto della superficie del fondo. Le caratteristiche geologiche del fondale non hanno però permesso la penetrazione del segnale (fig. 3-9), data la quasi totale assenza di sedimenti sciolti e la presenza di un fondo roccioso consistente.

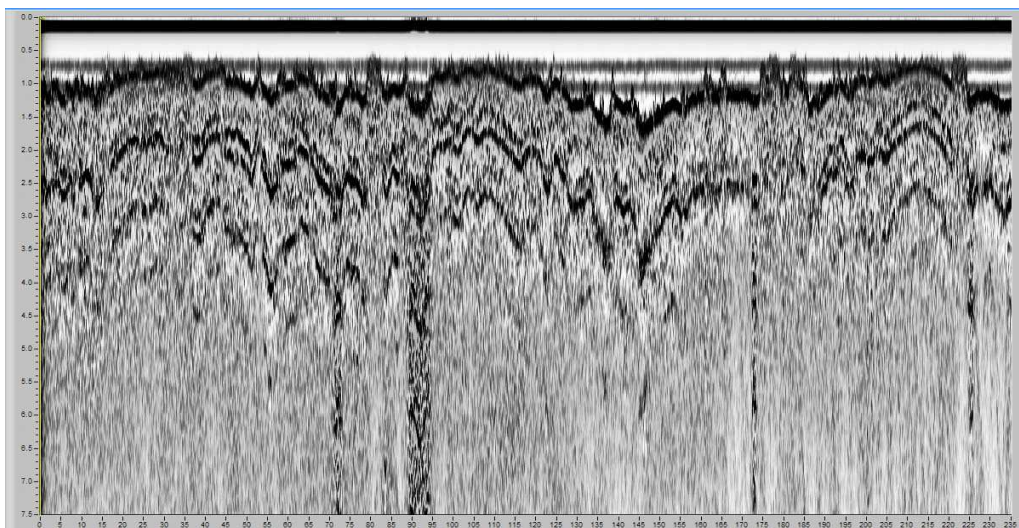




Figura 3-9 Esempio di sezione acustica con riflessioni legate a fondale molto consistente

- **DGPS OmniSTAR 3200LR12**

Il sistema di posizionamento (fig.3-10) è costituito da un ricevitore DGPS OmniSTAR 3200LR dotato di 12 canali e correzione differenziale satellitare globale (*SBAS – Satellite Based*

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE TECNICO SCIENTIFICA AREA S9		Codice documento CG0900PRGDSI6000000000006F0	Rev F0	Data 20/06/2011

Augmentation System). Il sistema non necessita di nessuna stazione base in quanto riceve le correzioni differenziali direttamente da uno dei satelliti geostazionari che inviano le correzioni elaborate da un network di stazioni fisse a terra appartenenti alla rete FUGRO OmniSTAR. Il sistema è capace di un precisione di circa 1m.



Frequencies Receiver Frequency: L1 CA Code Automatic scanning: 1525 MHz to 1559 MHz Maximum satellites: 12	Performances Re-acquisition: < 2 sec. Cold start: < 30 sec Warm start: < 30 sec Hort start: < 30 sec DGPS accuracy: < 1 m, 95% of time over 24 hours Message rate: 1 Hz Standard, 10 Hz Optional
Dynamics Altitude: - 400 m - 18,000 m MSL Velocity: < 515 m/sec Acceleration: < 4 g	Power Power Supply: 8 - 22 Vdc (10-32 Vdc ptional) Power Consumption: 500mA @12Vdc LNA Power: 3,5,12 Vdc selectable
Data inputs and outputs Data Ports: RS-232 Electrical Interface: RS-232 Data Rates: 600 - 19,200 NMEA: ALM, GGA, GLL, GSA, GSV, VTG, RMC, ZDA CAN bus: CAN 2.0A & CAN 2.0B Pulse per second: < 340 nanosec Event Marking (option): < 120 nanosec Connector Type: DB9-Female NMEA data Antenna Connector: TNC Female	Physical Characteristics Size lxxwxh: 194 x 112 x 67 mm Weight:: 870 gram Environmental Operating Temperature: - 20° to + 60°C Non-Operating: - 40° to + 85°C Humidity: 95% NON-CONDENSING Vibration: 3G/30 Hz/x,y & z axes Shock: Max 7G, 5-20 msec zero rebound



Figura 3-10 Ricevitore GPS differenziale Omnistar 3200LR12

- **Software di navigazione/acquisizione dati RESON PDS2000**

Per la navigazione e l'acquisizione dati magnetometrici è stato usato il software PDS2000 della

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE TECNICO SCIENTIFICA AREA S9		<i>Codice documento</i> CG0900PRGDSI600000000006F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Reson. Tale programma consente di effettuare la navigazione con guida in linea e segnalazione del fuori rotta, permette di disegnare linee di navigazione, rotte, poligoni oltre che utilizzare cartografia di sfondo. Esso può essere interfacciato con moltissimi strumenti (gps, ecoscandagli, magnetometri, girobussole ecc) e registrarne i dati. Consente la trasformazione di coordinate in tempo reale, il calcolo di tutti i parametri di navigazione e prevede una serie di visualizzazioni grafiche complesse di tutti i parametri di acquisizione e il controllo di qualità in tempo reale. Durante la navigazione, sulle linee teoriche impostate, il software è in grado di controllare tutti i dati provenienti dai sensori connessi al sistema, di gestire le connessioni in input/output con tutti gli strumenti interfacciati; tutte le informazioni acquisite possono essere visualizzate in formato numerico o grafico, tramite la generazione in tempo reale di rappresentazioni planimetriche bidimensionali o tridimensionali (mappe o DTM) che vengono utilizzate quale supporto all'acquisizione per visualizzare lo stato di avanzamento dei lavori.

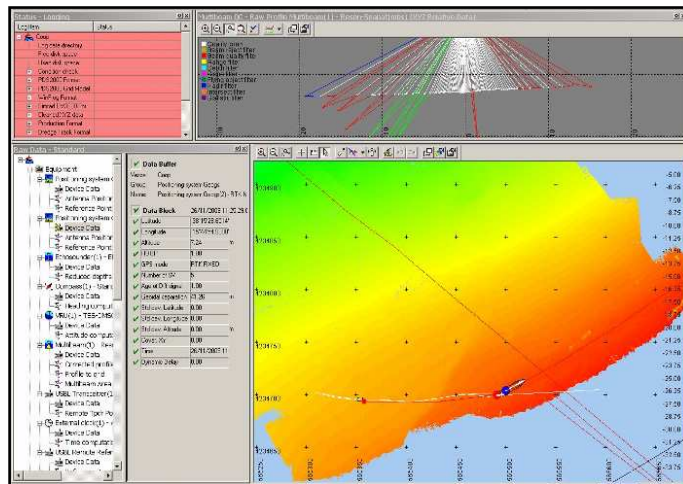




Figura 3-11 Screenshot del software PDS2000 in fase di survey

- **Schema di interfacciamento degli strumenti**

Tutti gli strumenti che utilizzano il sistema Dgps per il posizionamento sono collegati a due PC portatili utilizzati per l'acquisizione dei dati acustici o magnetometrici e per la georeferenziazione degli stessi tramite la correzione differenziale in tempo reale. La figura 14, visibile di seguito, rappresenta lo schema secondo il quale i dati geofisici sono immagazzinati e georiferiti.

Figura 3-12 Schema delle connessioni degli strumenti

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE TECNICO SCIENTIFICA AREA S9		<i>Codice documento</i> CG0900PRGDSI6000000000006F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- **Quality Check e calibrazione sistemi**

L'affidabilità di tutti gli strumenti topografici è stata garantita applicando le sottolencate procedure di controllo.

CONTROLLI PERIODICI:

Ricevitori GPS:

- rapporto tra segnale e rumore
- verifica dei parametri fisici;
- verifica del ritardo di fase in modalità RTK.

Configurazione periferiche di bordo:

- verifica delle posizioni reciproche delle periferiche montate a bordo e della distribuzione dei pesi in regime di esercizio, tramite misura diretta rispetto al centro di rotazione dell'imbarcazione (rilievo celerimetrico di altissima precisione RMS < 2 mm) .

Magnetometro:

- Taratura mediante confronto diretto con esiti magnetometro Foerster Ferex in vasca, come da protocollo del Ministero della Difesa per operazioni analoghe

CONTROLLI GIORNALIERI (EFFETTUATI PRIMA DI OGNI SESSIONE DI RILIEVO):

Ecoscandaglio:

- taratura della velocità del suono mediante campionamento nelle zone di lavoro con sonda parametrica.

Sensore di moto e girobussola:

Taratura con passate su bersaglio posto sul fondale (Patchtest):

- a velocità variabili;
- lungo rotte contrapposte;
- lungo rotte ortogonali;
- in virata media.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE TECNICO SCIENTIFICA AREA S9		<i>Codice documento</i> CG0900PRGDSI6000000000006F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- **Caratteristiche del sonar batimetrico interferometrico SEA SWATHplus**

Il rilievo batimetrico e geomorfologico è stato eseguito utilizzando la tecnologia interferometrica SEA SWATHplus 468 kHz.

Il SEA SWATHplus è un innovativo sonar batimetrico interferometrico che consente l'acquisizione contemporanea di immagini side scan sonar e dati batimetrici ad alta risoluzione. Si basa sul principio dell'interferometria, ovvero sulla misura diretta delle differenze di fase tra il segnale emesso ed il fronte d'onda di ritorno. L'analisi degli echi di ritorno e del tempo di attraversamento del mezzo liquido, nota anche la velocità di propagazione del suono lungo la colonna d'acqua, permette la corretta georeferenziazione di ogni punto del fondale ensonificato dal segnale. La misura della differenza di fase dell'eco di ritorno acustico riflesso dal fondale avviene contemporaneamente su 4 trasduttori per lato, geometricamente equivalenti ai trasduttori Side Scan Sonar, montati con inclinazione laterale ed interfacciati agli altri sensori di bordo.

Il SEA SWATHplus, operativo a 468 kHz, consente elevate performance di survey ed un notevole abbattimento dei tempi di acquisizione poiché permette:

- l'acquisizione contemporanea di dati batimetrici e dati di backscattering del fondale per la realizzazione di immagini Side Scan Sonar;
- l'acquisizione di una notevole densità di punti ad alta risoluzione per la realizzazione di modelli tridimensionali;
- un corridoio di copertura fino a 12 volte la profondità del fondale.

Le principali caratteristiche del sistema interferometrico sono riassunte di seguito:

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE TECNICO SCIENTIFICA AREA S9		<i>Codice documento</i> CG0900PRGDSI6000000000006F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011



Figura 3-13 Sea Swathplus 468 Khz

- **Caratteristiche del Sistema di Posizionamento DGPS RTK**

Il posizionamento della M/B “San Rocco” sarà eseguito utilizzando la piattaforma inerziale APPLANIX POS-MV operante in modalità DGPS-RTK On The Fly tramite collegamento GSM-modem (o Radio-modem) con la stazione Master (fig. 3-14) per la ricezione della correzione differenziale. I benefici derivanti dall’utilizzo della piattaforma inerziale Applanix rispetto ai sensori di moto e girobussole tradizionali sono così riassumibili:

- Capacità operativa anche in condizioni di inadeguata copertura GPS: Applanix POS-MV è in grado di fornire un posizionamento DGPS accurato grazie ai sensori inerziali integrati fino a 30 minuti dalla perdita del segnale GPS o della correzione RTK
- Possibilità di effettuare un affinamento della correzione differenziale anche in post-processing: Applanix POS-MV è in grado di esportare tutte le osservazioni e di combinarle con le osservazioni GPS delle stazioni GPS permanenti presenti in un raggio di 300 km attraverso il software POSPAC e determinare la SBET (Smoothed Best Estimated

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE TECNICO SCIENTIFICA AREA S9		<i>Codice documento</i> CG0900PRGDSI6000000000006F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011



Trajectory). L'importazione dello SBET nel pacchetto software PDS2000 è possibile ottenere una precisione nel posizionamento dei rilevamenti inferiore a 0.5 cm.

Calcolo del TRUE-HEAVE: Applanix POS-MV misura l'heave in tempo reale come tutti i sensori presenti sul mercato. A differenza dei modelli tradizionali, Applanix calcola in tempo reale anche il true-heave dell'imbarcazione, integrando ed affinando le misure rilevate nei 3 minuti precedenti a ciascuna misura. In fase di post-processing, l'importazione del true-heave nel pacchetto software PDS2000 consente ottenere una precisione nell'heave applicato ai rilevamenti inferiore ai 2 cm, contro i 5 cm (o 5%) dei normali sensori VRU presenti sul mercato.



Figura 3-14 Stazione Master per la ricezione della correzione differenziale

		<p align="center">Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO</p>		
<p align="center">RELAZIONE TECNICO SCIENTIFICA AREA S9</p>		<p><i>Codice documento</i> CG0900PRGDSI6000000000006F0</p>	<p><i>Rev</i> F0</p>	<p><i>Data</i> 20/06/2011</p>

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE TECNICO SCIENTIFICA AREA S9		<i>Codice documento</i> CG0900PRGDSI6000000000006F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

4 Metodologia

La metodologia adottata per raggiungere gli obiettivi prefissati, come detto in precedenza, consiste nella realizzazione di una mappatura dettagliata del fondo con Sonar interferometrico per i fondali entro i 30-40 m e con Side Scan Sonar per le aree più profonde. Tali strumenti consentono di ottenere rispettivamente una carta morfobatimetrica di dettaglio e una immagine acustica bidimensionale del fondo marino. Una serie di rotte (strisciate) parallele, parzialmente sovrapposte, consentono di ottenere una copertura totale dell'area di interesse. Le informazioni ottenute possono essere utilizzate per un'interpretazione sia morfologica sia della natura del fondale con la possibilità di localizzare oggetti, forme, *textures*, quali possono essere quelle di natura morfologica nonché legate a particolari biocenosi (*Posidonia*) e non ultimo la presenza di rottami, relitti, reperti archeologici ecc.

La seconda metodica consiste nella realizzazione di una mappa del campo magnetico attraverso una serie di acquisizioni lungo rotte parallele equidistanziate. Tra le varie tecniche usate per la mappatura dei fondali, la tecnica magnetometrica si rivela la più efficace se non l'unica per il rilevamento di eventuali masse ferrose presenti sul fondo o sepolte nel sedimento. La presenza quindi di eventuali anomalie magnetiche unite al mosaico acustico danno le informazioni minime indispensabili per una corretta interpretazione di oggetti presenti sul fondale.

Il rilievo avviene tramite imbarcazione dalla quale vengono trainati gli strumenti. Il posizionamento del mezzo avviene attraverso il sistema satellitare GPS operante in modalità differenziale. Mentre la georeferenziazione dei dati viene effettuata attraverso un software di navigazione che tiene conto degli spostamenti della barca, dell'angolo di rotta e della lunghezza del cavo di traino (*layback*).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE TECNICO SCIENTIFICA AREA S9		<i>Codice documento</i> CG0900PRGDSI6000000000006F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

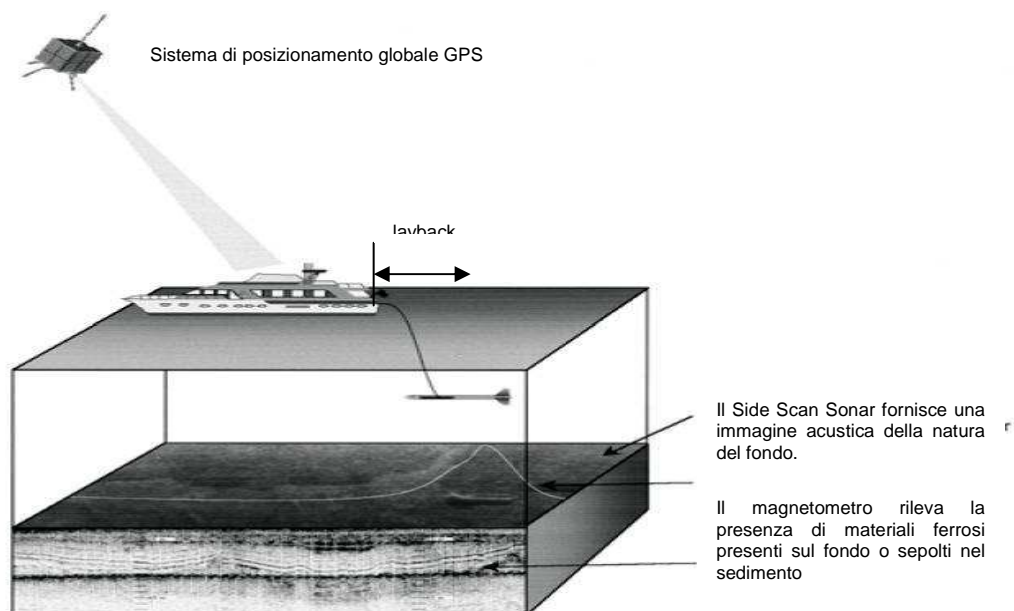




Figura 4-1 Schema esemplificativo della metodologia d'indagine adottata per il rilievo

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE TECNICO SCIENTIFICA AREA S9		<i>Codice documento</i> CG0900PRGDSI6000000000006F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

5 Rilievo Sonar Interferometrico e Magnetometrico del 23-10-2010

Nella giornata del 23-10-2010 è stato indagato un tratto di fondale dalla linea litorale fino ad 80 dalla costa, per tutta la lunghezza dell'area oggetto di studio.

Sono stati effettuati il rilievo sonar interferometrico dato che la batimetria non supera i 30 m (questo sistema non funziona bene oltre i 40 m circa), ed il rilievo magnetometrico.

In fase di acquisizione è stata utilizzata un'imbarcazione idrografica iscritta presso la Capitaneria di Porto di Chioggia con licenza della Marina Mercantile Italiana allestita con il sistema batimetrico/Side Scan Sonar interferometrico *SEA SwathPLUS*, la piattaforma inerziale POS-MV (posizionamento a doppia frequenza, sensore di moto, girobussola), sonde multiparametriche Reson SVP-15 e Reson SVP-C per la determinazione del profilo della velocità del suono lungo la colonna d'acqua ed in testa al trasduttore, un ecoscandaglio singlebeam *SYQUEST Hydrobox* a doppia frequenza 24/200 kHz e PC di navigazione.

Per quanto riguarda il rilievo magnetometrico si è adottato un magnetometro marino al cesio *GEOMETRICS G-882* allestito in modalità towfish a distanza costante dal fondo durante il trascinarsi. Il posizionamento del towfish è stato calcolato dall'apposito modulo del software PDS2000 tramite algoritmo differenziale di determinazione del layback e l'accuratezza del posizionamento del towfish, tenendo anche conto delle non-ideali condizioni meteomarine, è risultata migliore di ± 2 m.

Durante tutta la giornata di rilievo è stata operativa una Stazione Master, operante da un caposaldo di coordinate IGMI note e dotata di ricevitore Ashtech Z-Surveyor a doppia frequenza. La Stazione Master ha provveduto alla propagazione (via radio o GSM) della correzione differenziale DGPS RTK a tutti i mezzi navali o terrestri operanti in cantiere e anche da Virtual Reference Station per il sistema Applanix di cui al punto successivo.

Il PC di navigazione, dotato del software PDS2000, ha coordinato l'acquisizione dei vari strumenti ad esso interfacciati, consentendo la pianificazione del survey e la realizzazione del controllo qualità sui dati acquisiti. Il PDS2000 si interfaccia con tutti gli strumenti, sincronizza ed integra le informazioni in entrata, (ovvero sia la posizione e sia la latenza del GPS, i dati batimetrici, i dati del sensore di moto e della girobussola, i valori di velocità del suono della sonda).

Il survey batimetrico è stato condotto percorrendo rotte il più possibile aderenti alle linee di progetto, a velocità costante di circa 3-4 nodi e in condizioni meteo di mare poco mosso. In contemporanea sono state registrate, per ogni linea percorsa e su copia cartacea, tutte le

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE TECNICO SCIENTIFICA AREA S9		<i>Codice documento</i> CG0900PRGDSI6000000000006F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

informazioni utili per l'interpretazione in campo: data e ora di acquisizione, parametri di acquisizione, condizioni meteo marine ed eventuali altre informazioni utili richieste dalla Committenza.

Il rilievo magnetometrico è stato condotto lungo runlines pseudo-parallele alla linea di riva e cercando di navigare seguendo le isobate del fondale così da mantenere il towfish a distanza costante dal fondo.

La spaziatura tra le linee di navigazione è stata di 5-7 m per l'area compresa tra la batimetrica -2 m l.m.m. e la batimetrica -10 m l.m.m.; oltre la batimetrica -10m, la spaziatura tra le runlines è stata di 10-15m.

La profondità del towfish è stata di circa 1 m per l'area compresa tra la batimetrica -2 m l.m.m. e la batimetrica -10 m l.m.m., mentre per l'area oltre la batimetrica -10 m è stato portato alla profondità di 6 m sotto il pelo libero dell'acqua.

Di seguito è visibile uno schema dell'interfaccia di tutti gli strumenti necessari al rilievo descritto. In particolare, la prospezione interferometrica necessita di accurati controlli sulla posizione e delle caratteristiche della massa d'acqua, dato che la quantità e la precisione dei dati acustici raccolti è molto elevata.

Figura 5-1 Schema esemplificativo del sistema di acquisizione della "M/N San Rocco".

Per consentire la corretta georeferenziazione dei rilevamenti dell'area è stato necessario procedere all'inquadramento topografico dell'area di indagine attraverso il raffittimento della rete poligonometrica locale.

La materializzazione dei capisaldi di raffittimento è stata realizzata seguendo le metodologie prescritte dall'I.G.M.I per la istituzione di capisaldi e codificate nei bollettini SIFET.

L'inquadramento dei capisaldi di nuova istituzione nell'ambito della rete IGM è stato effettuato utilizzando 3 ricevitori GPS Ashtech Z-Surveyor con le seguenti caratteristiche:

- Doppia frequenza: codice C/A e codice P crittografato
- Metodo Z-tracking per la ricostruzione del codice P
- 12 canali digitali

La metodologia di rilievo applicata all'indagine è la differenziale statica, con trattamento dei dati a

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE TECNICO SCIENTIFICA AREA S9		<i>Codice documento</i> CG0900PRGDSI6000000000006F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

posteriori. Le norme tecniche, adottate per il rilievo, sono descritte approfonditamente nel bollettino SIFET n°4 dell'anno 1998 a pag. 29 "Realizzazione di reti GPS per l'appoggio cartografico: norme di capitolato IGM95". In fase di rilevamento si è proceduto come segue:



- 2 sessioni da 90 minuti l'una per ogni punto determinato. Nella realizzazione dei triangoli della rete tutte le baseline sono risultate indipendenti (tecnica a 2 master fissi);
- Baseline di lunghezza sempre inferiore a 15 km;
- PDOP sempre inferiore a 4;
- ELM sempre maggiore di 15°;
- costellazione satellitare composta da almeno 5 satelliti;
- registrazione di 1 misura ogni 10 secondi;
- utilizzo di aste calibrate per l'esatta determinazione dell'altezza dell'antenna sui centrini;
- esecuzione del rilievo con centramento forzato dell'antenna sui 2 GPS master fissi;
- effettuazione della misura dell'altezza dell'antenna GPS all'inizio ed alla fine di ogni sessione, su tre punti della circonferenza dell'antenna stessa.

L'elaborazione e la compensazione delle reti (e sottoreti) è stata eseguita con il metodo della compensazione rigorosa, avvalendosi di differenti software per il calcolo e la compensazione della rete quali:

- Trimble TTC
- Ashtech Solutions

La determinazione dei 7 parametri di Molodenskij-Helmert è stata ottenuta applicando le procedure codificate dall'IGM nei software Verto, Verto2 e Verto3 ed i grigliati, acquistati dall'IGMI per l'area di indagine. L'adozione della metodologia operativa proposta, applicata ad una rete GPS costruita e raffittita secondo le modalità sopraesposte, ha consentito di ottenere un'accuratezza nel posizionamento dei rilevamenti inferiore ai 2 cm in planimetria ed inferiore ai 3 cm in quota.

All'inizio della giornata di rilievo è stata effettuata una calibrazione del sistema Sidescan Sonar e batimetrico secondo le specifiche IHO SP44, al fine di garantire la massima qualità, affidabilità e

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE TECNICO SCIENTIFICA AREA S9		<i>Codice documento</i> CG0900PRGDSI600000000006F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

ripetibilità dei dati acquisiti. Tale procedura di calibrazione (Patchtest) viene effettuata individuando un target sul fondale in una zona prospiciente l'area di indagine. Quindi si procede alla calibrazione del sistema effettuando delle passate a velocità variabile, in direzione contrapposta ed in parziale sovrapposizione degli swath. Attraverso un apposito modulo del software idrografico RESON PDS2000, ogni profilo generato viene sottoposto ad analisi geometrico-statistica puntuale al fine di determinare i più precisi offset di calibrazione (roll, pitch, heading).

All'inizio di ogni sessione di survey è stato acquisito il profilo della velocità di propagazione del suono in acqua utilizzando la sonda Reson SVP/15 o Valeport Mini-SVS. Questa grandezza dipende principalmente dalla salinità e dalla temperatura dello "strato" liquido attraversato dall'impulso sonoro; i dati SVP acquisiti vengono quindi utilizzati dai software idrografici per calcolare i coefficienti di rifrazione dei diversi strati liquidi, secondo la legge di Snell. Tali coefficienti sono infine applicati a tutte i rilevamenti batimetrici MB e SSS.

Nella figura seguente è riportato un esempio di un Sound Velocity Profile.

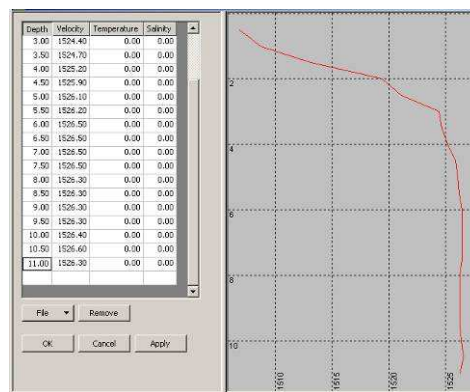


Figura 5-2 Sound Velocity Profile ottenuto dalla sonda Reson SVP/15

Il controllo e l'eventuale correzione dei valori di marea è stato possibile mediante installazione in posizione idonea di un mareometro RBR collegato altimetricamente alla rete nazionale IGMI. Tale procedura consente di evidenziare eventuali anomalie o disfunzioni del sistema DGPS RTK dovute a downtime dei satelliti GPS o a interferenze elettromagnetiche nella decodifica della correzione di fase RTK che potrebbero compromettere l'affidabilità dei punti rilevati. Qualora la differenza tra la quota del livello idrometrico desunta dal posizionamento DGPS RTK differisse di oltre 5 cm rispetto

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE TECNICO SCIENTIFICA AREA S9		<i>Codice documento</i> CG0900PRGDSI6000000000006F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

a quella rilevata dal mareometro, si provvederà a ricalcolare tutti i dati acquisiti relativi alla sessione di rilievo sostituendo le quote relative al livello idrometrico provenienti dal sistema DGPS con i dati derivanti dal mareometro.

Il rilevamento batimetrico è stato effettuato secondo le procedure sopra descritte ed acquisendo lungo linee di navigazione pre-impostate circa parallele alla linea di costa, tali da consentire un corridoio di indagine di larghezza abbastanza costante fino alla copertura totale dell'area richiesta. In accordo con normative IHO, la sovrapposizione tra strisciate di acquisizione adiacenti è stata non inferiore al 40%.

Il rilievo magnetometrico è stato condotto lungo runlines pseudo-parallele alla linea di riva e cercando di navigare seguendo le isobate del fondale così da mantenere il towfish a distanza costante dal fondale.

La spaziatura tra le linee di navigazione è stata di 5-7 m per l'area compresa tra la batimetrica -2m lmm e la batimetrica -10m lmm; oltre la batimetrica -10m, la spaziatura tra le runlines è stata di 10-15m.

La profondità del towfish è stata di circa 1m per l'area compresa tra la batimetrica -2m lmm e la batimetrica -10m lmm, mentre per l'area oltre la batimetrica -10m è stato portato alla profondità di 6m sotto il pelo libero dell'acqua.

La georeferenziazione del towfish è calcolata dall'apposito modulo del software idrografico PDS2000 per il calcolo differenziale del layback degli strumenti a trascinamento. L'accuratezza nel posizionamento del towfish è migliore di $\pm +2$ m.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE TECNICO SCIENTIFICA AREA S9		<i>Codice documento</i> CG0900PRGDSI6000000000006F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

6 Rilievo Side Scan Sonar e Magnetometrico del 29-11-2010



Prima di iniziare i rilievi, è stata effettuata la mobilitazione ed il *setup* degli strumenti a bordo dell'imbarcazione ERMES ormeggiata presso un attracco privato nel lago di Faro (ME). Dopo l'installazione fisica degli strumenti a bordo sono stati effettuati tutti gli interfacciamenti, i test di verifica funzionale (*rubtest* del SSS) e controllati tutti i parametri software di acquisizione e di calibrazione del magnetometro. Il passaggio successivo consiste nella verifica di tutti i parametri del software di navigazione (ricezione dati, offset, datum, cartografia di base, piano delle rotte).

Il posizionamento geografico è avvenuto, come già detto, tramite sistema satellitare GPS in modalità differenziale della OmniSTAR, con precisione di circa 1m. Il sistema fornisce la coordinate geografiche nel datum WGS84 (nativo GPS) ad una frequenza di 1 Hz.

I parametri geodetici adottati per il posizionamento dei dati sono stati quelli del sistema nazionale GAUSS-BOAGA (datum ROMA 40):

Datum:	Roma 1940
Proiezione:	Gauss-Boaga – Fuso Est
Meridiano Centrale:	15°00'00"
Falso Est:	2.520.000
Fattore di scala	0.9996
	$\Delta x = -5.76$ $\Delta y = -77.72$ $\Delta z =$
	41.48
Datum shift (7 parametri)	$R_x = 3.358$ $R_y = -6.019$ $R_z = -$
	1.749
	$K = 33.25$

Il software di navigazione effettua alla trasformazione in tempo reale delle coordinate dal sistema WGS84 (nativo del GPS) a quelle locali GAUSS-BOAGA attraverso un algoritmo a 7 parametri e la proiezione in coordinate piane, quindi tenendo conto della geometria della barca (*offset strumentali*), della distanza barca strumento (*layback*) e dell'angolo di rotta calcola la posizione finale di ogni dato (georeferenziazione).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE TECNICO SCIENTIFICA AREA S9		<i>Codice documento</i> CG0900PRGDSI600000000006F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Il software si occupa anche di calcolare la distanza fuori rotta rispetto alle linee reimpostate e invia ad una monitor secondario presso la consolle di pilotaggio (*helmsman view*) una schermata grafica con una visuale in pianta della barca e delle linee con una barra indicatrice del fuori rotta e la misura della distanza.

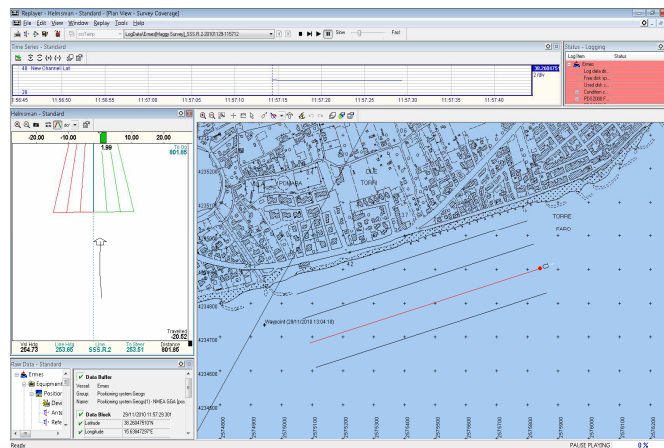




Figura 6-1 Software di navigazione e acquisizione dati PDS2000

Il rilievo SSS è stato effettuato per primo, in particolare sono state disegnate 4 linee ed adottati i seguenti parametri di acquisizione strumentale:

- Range laterale = 60m per canale;
- Frequenza operativa = 445 kHz;
- Interlinea = 75m;
- Overlap = 80% medio;

I dati SSS sono stati acquisiti col software Sonarpro (Klein). I dati sono stati registrati su *harddisk* nei formati digitali SDF (proprietario Klein) e XTF (standard).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE TECNICO SCIENTIFICA AREA S9		Codice documento CG0900PRGDSI600000000006F0	<table border="1"> <tr> <td>Rev</td> <td>Data</td> </tr> <tr> <td>F0</td> <td>20/06/2011</td> </tr> </table>	Rev	Data	F0	20/06/2011
Rev	Data						
F0	20/06/2011						

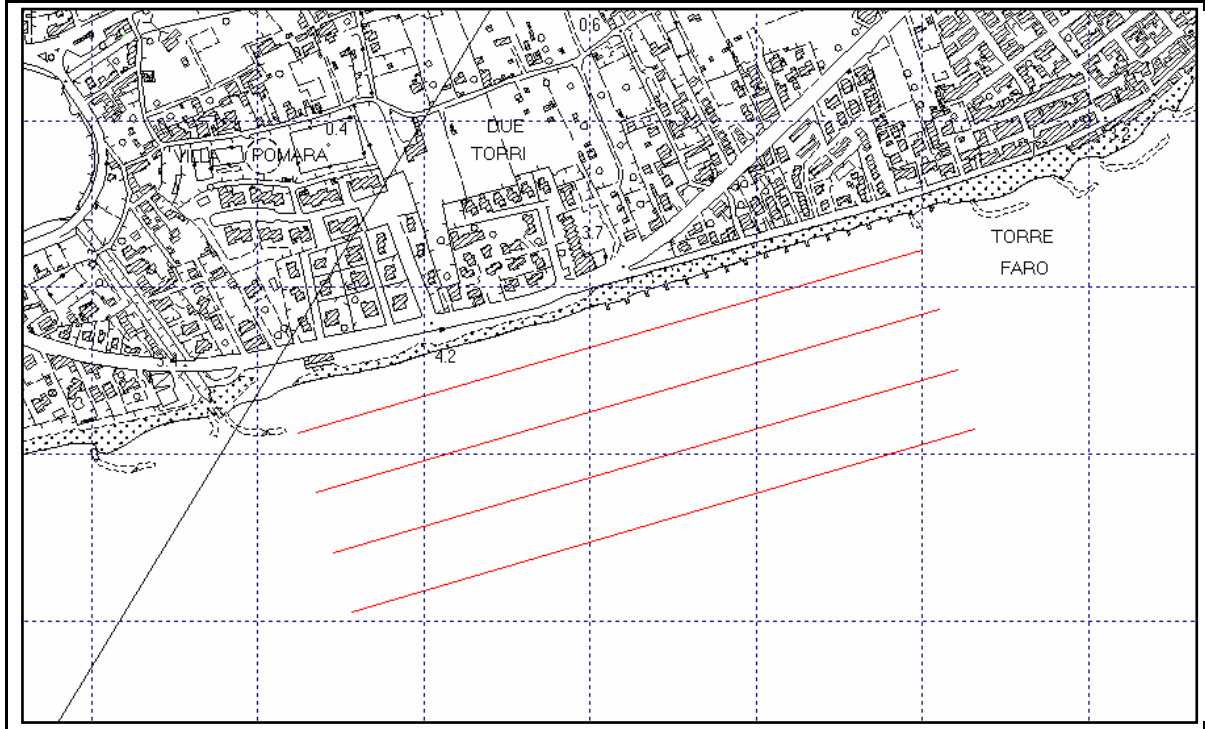


Figura 6-2 Disposizione delle linee di navigazione SSS e schema overlap

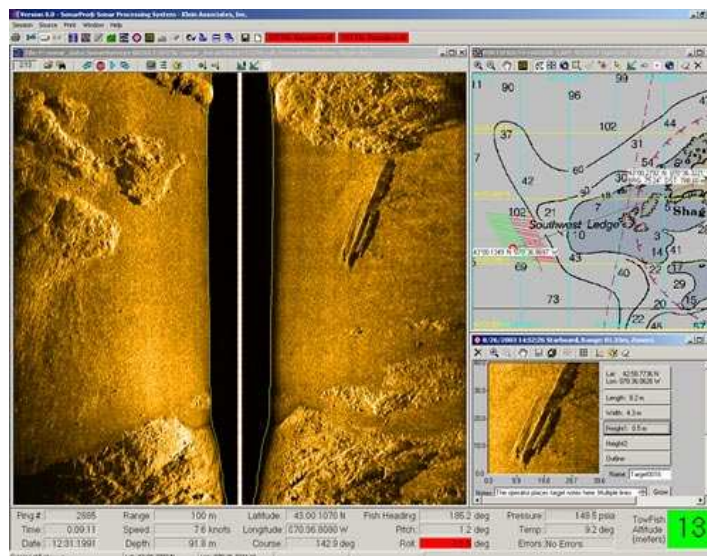




Figura 6-3 Software di gestione e acquisizione dati SSS – SonarPRO (Klein)

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE TECNICO SCIENTIFICA AREA S9		<i>Codice documento</i> CG0900PRGDSI6000000000006F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Il software si occupa di applicare in tempo reale i guadagni ottimali (TVG) ed effettua il *bottom tracking* attraverso un algoritmo di *edge detection* sul segnale di ritorno dal fondo. Infine ha la possibilità di memorizzare in tempo reale eventuali *target* individuati sul fondo. La superficie effettivamente rilevata è stata di 0.27 Km².

Per il magnetometro sono state predisposte 14 linee parallele alla costa equidistanti di 10m. I dati magnetometrici sono stati acquisiti tramite il proprio software MAGLOG (Geometrics) nonché col software di navigazione/acquisizione dati PDS2000. Lo strumento è stato impostato ad una frequenza di campionamento di 10 Hz, capace di una precisione di 0.2 nT.

Poiché l'intensità del campo magnetico prodotto da una massa da rilevare decade rapidamente con la distanza (generalmente col cubo della distanza), è necessario mantenere lo strumento il più vicino possibile al fondo. A tale scopo è stata usata la configurazione con lo strumento al traino tramite cavo ombelicale. Questo consente inoltre di allontanare lo strumento dall'imbarcazione e quindi minimizzare l'influenza delle masse ferrose presenti a bordo (motore, elica). Il sistema è dotato di sensore di profondità ed altimetro, dati che vengono registrati insieme al valore di campo magnetico. Il software rappresenta su base temporale il grafico dei valori consentendo di individuare già in tempo reale la presenza di anomalie.

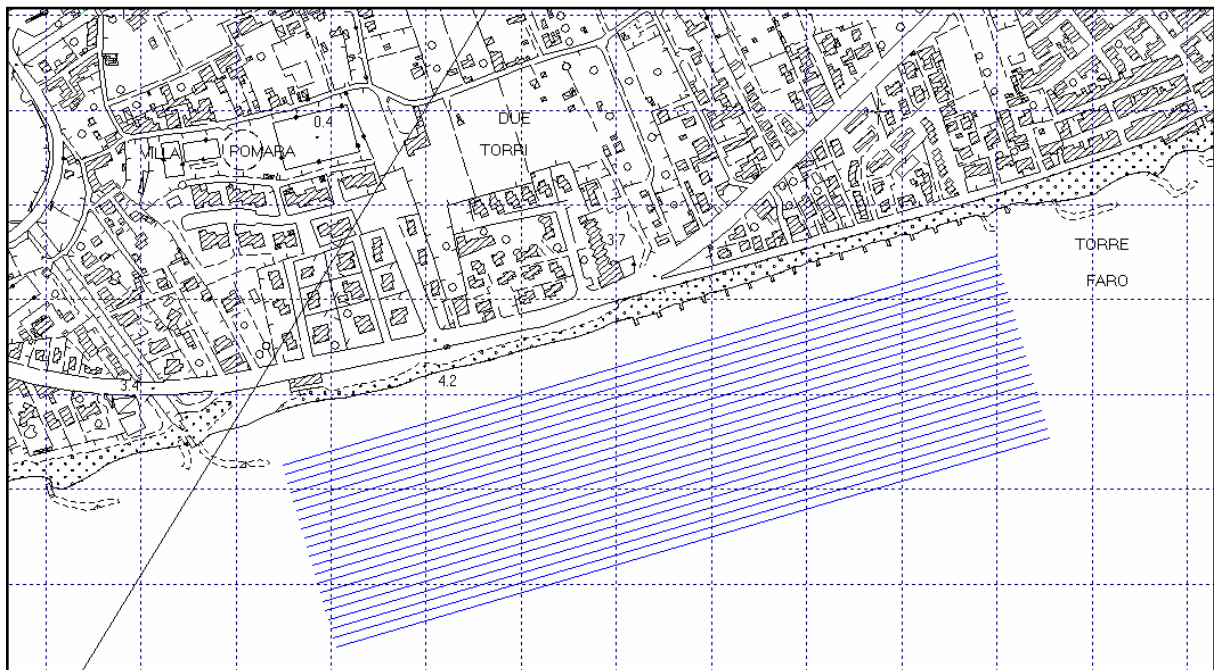


Fig. 6-4 Schema delle linee di navigazione per il magnetometro

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE TECNICO SCIENTIFICA AREA S9		<i>Codice documento</i> CG0900PRGDSI6000000000006F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011



Fig. 6-5 Schema delle linee di navigazione per il magnetometro

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE TECNICO SCIENTIFICA AREA S9		<i>Codice documento</i> CG0900PRGDSI6000000000006F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE TECNICO SCIENTIFICA AREA S9		<i>Codice documento</i> CG0900PRGDSI6000000000006F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

7 Post-processing e restituzione – campagna del 23-10-2010

Tutte le operazioni di postprocessing dei dati batimetrici acquisiti sono state eseguite in maniera indipendente ed utilizzando software diversi. Tale accorgimento risulta determinante per escludere la possibilità che un eventuale errore sistematico (o qualche bug del software) in un dataset affliggesse anche i dati acquisiti con altri sensori operanti secondo tecnologie differenti.



Le procedure di elaborazione adottate sono di seguito riportate:

Replay del Rilievo. Tale operazione consente di rieseguire letteralmente tutto il survey, esattamente nelle stesse condizioni in cui è stato effettuato in campo, ma apportando le eventuali correzioni ritenute necessarie per una corretta restituzione. I parametri che possono essere modificati sono:

- La geometria della barca
- La disposizione delle periferiche a bordo
- L'altezza dell'antenna GPS
- I parametri di trasformazione geodetica
- Il SVP da applicare ai rilevamenti del sonar
- I valori di calibrazione del Time delay, del Pitch, del Roll, dello Yaw.

Despiking e Downsampling. Utilizzando software dedicati di post-processing ed elaborazione dati, è possibile applicare alcuni criteri di despiking (rimozione anomalie) e downsampling (filtraggio) ai rilevamenti acquisiti, secondo parametri specifici strettamente legati alla morfologia del fondale, al battente d'acqua, ed alla natura geologica dei materiali componenti la superficie del fondale. Alcuni sistemi di processing utilizzati sono strutturati su algoritmi di tipo geometrico, mentre altri si basano su criteri statistici. I filtri più comunemente adottati sono stati: slope filter, intersect filter, statistic filter, surface spline cleaning per i dataset derivanti dal sistema Interferometrico. Sul dataset Singlebeam si è procederà al processing secondo criteri basati sull'analisi della Deviazione Standard delle quote e del fattore di disturbo dei profili batimetrici.



Costruzione del GRID DTM (Digital Terrain Model). Tutti i rilevamenti controllati, ricalcolati e filtrati sono stati utilizzati per generare un modello digitale del fondale a maglia quadrata con cella di risoluzione come da Specifiche Tecniche per le successive elaborazioni.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE TECNICO SCIENTIFICA AREA S9		<i>Codice documento</i> CG0900PRGDSI6000000000006F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Analogamente a quanto avviene per i dati batimetrici, tutte le informazioni derivanti dal magnetometro vengono sottoposte ad accurate procedure di processing:

Despiking e Downsampling. Utilizzando software dedicati di post-processing ed elaborazione dati, è possibile applicare alcuni criteri di despiking (rimozione picchi) e downsampling (filtraggio) ai rilevamenti acquisiti, secondo parametri specifici.

Ricerca di anomalie magnetometriche. La procedura per l'individuazione di anomalie magnetometriche riconducibili prevede l'analisi puntuale di tutti i dati registrati lungo le rotte di navigazione alla ricerca di criticità nel dataset acquisito che, per forma e intensità, possano essere riconducibili alla presenza di materiali ferromagnetici nel raggio di "azione" del magnetometro.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE TECNICO SCIENTIFICA AREA S9		<i>Codice documento</i> CG0900PRGDSI600000000006F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

8 Post-processing e restituzione – campagna del 29-11-2010

La procedura di elaborazione dei dati è stata eseguita tramite fasi successive così definite:

Validazione della navigazione. Si procede alla verifica della correttezza dei dati di navigazione per eventuali problemi connessi a grossi salti di posizione (*spikes*): Questa fase viene effettuata tramite il software PDS2000. Eventuali errori vengono corretti manualmente o attraverso algoritmi di interpolazione/smoothing. I dati corretti vengono quindi riapplicati ai dati SSS (nel file XTF).

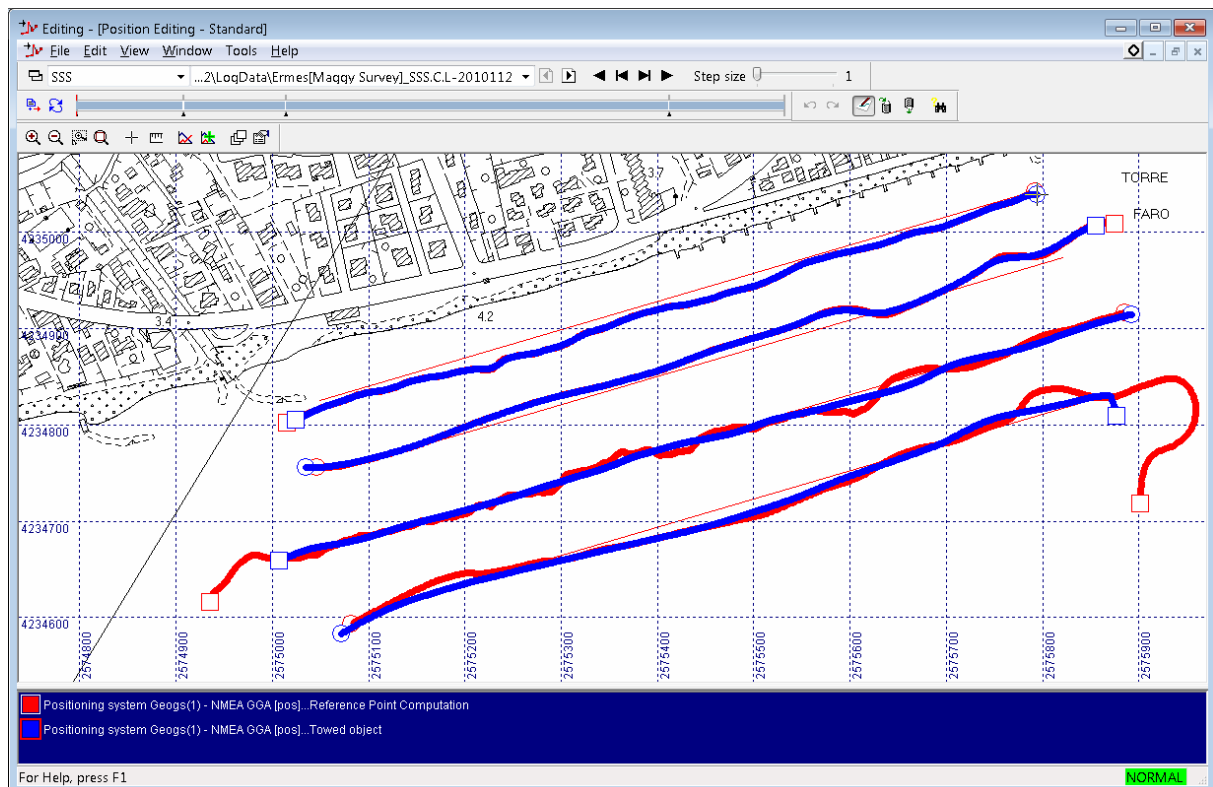


Figura 8-1 Editing navigazione in PDS2000. In rosso traccia della barca, in blu traccia del Towfish SSS.

Bottom tracking. Si esegue il replay dei dati SSS attraverso apposito software per la verifica del corretto bottom tracking, se quello applicato in fase di acquisizione dovesse presentare degli errori è possibile operare manualmente per brevi tratti oppure applicare un algoritmo automatico di edge detection (analisi di soglia del segnale). Questa fase è necessaria per lo slant range correction, cioè per la correzione geometrica dell'immagine, a causa della zona bianca al centro dell'immagine

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE TECNICO SCIENTIFICA AREA S9		<i>Codice documento</i> CG0900PRGDSI600000000006F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

data dalla colonna d'acqua.

Gain (TVG). La fase successiva prevede il miglioramento dell'immagine attraverso l'applicazione di guadagni tali da rendere l'immagine più omogenea e leggibile.

Generazione dell'immagine georeferenziata. In questa fase il dato viene plotato come immagine raster georeferenziata e corretta per geometria e qualità. Possono essere esportate le singole linee oppure un unico mosaico costituito dalla fusione (*merge*) delle varie linee. Il formato finale è una raster di tipo GEOTIFF.

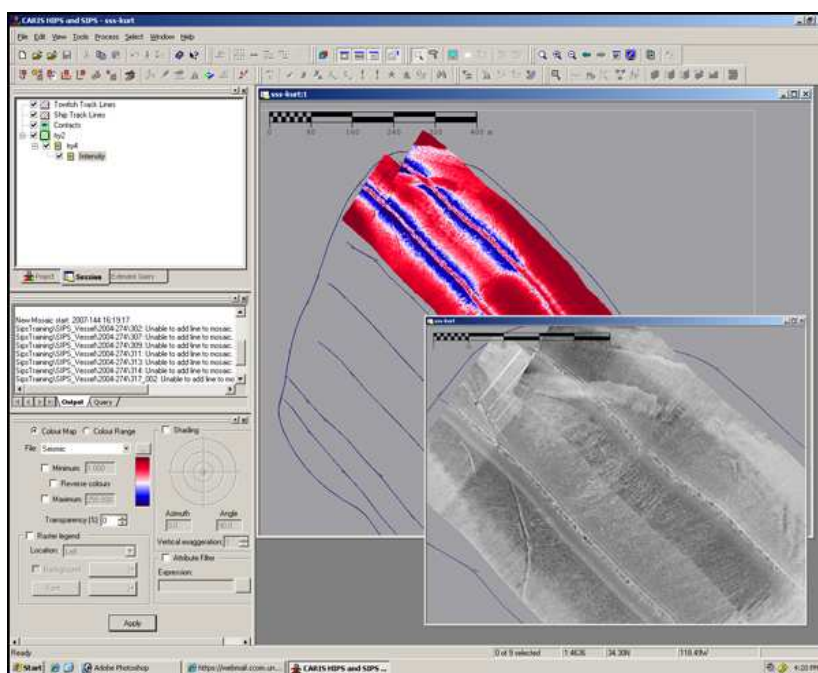




Figura 8-2 Software di elaborazione dati side scan sonar CARIS HIPS and SIPS 7.0

L'elaborazione dei dati magnetometrici è avvenuta secondo uno schema logico sequenziale che ha previsto:

Validazione della navigazione. Analisi della traccia di navigazione per la rimozione di salti di navigazione (*spikes*), eventuale interpolazione/smoothing.

Validazione dei profili mag. Si effettua una analisi sul grafico dei profili delle misure magnetiche per

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE TECNICO SCIENTIFICA AREA S9		<i>Codice documento</i> CG0900PRGDSI6000000000006F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

la rimozione degli spikes, filtrando i dati i cui valori di qualità sono sotto la soglia di accettazione e si procede all'individuazione delle eventuali anomalie dovute ad oggetti ferrosi (Fig. 8-3).

Figura 8-3 Elaborazione dei dati magnetometrici (despiking e individuazione anomalie)

Creazione di una mappa del campo magnetico tramite apposito algoritmo di *gridding* e plottaggio di isolinee magnetiche (Fig.8-4).

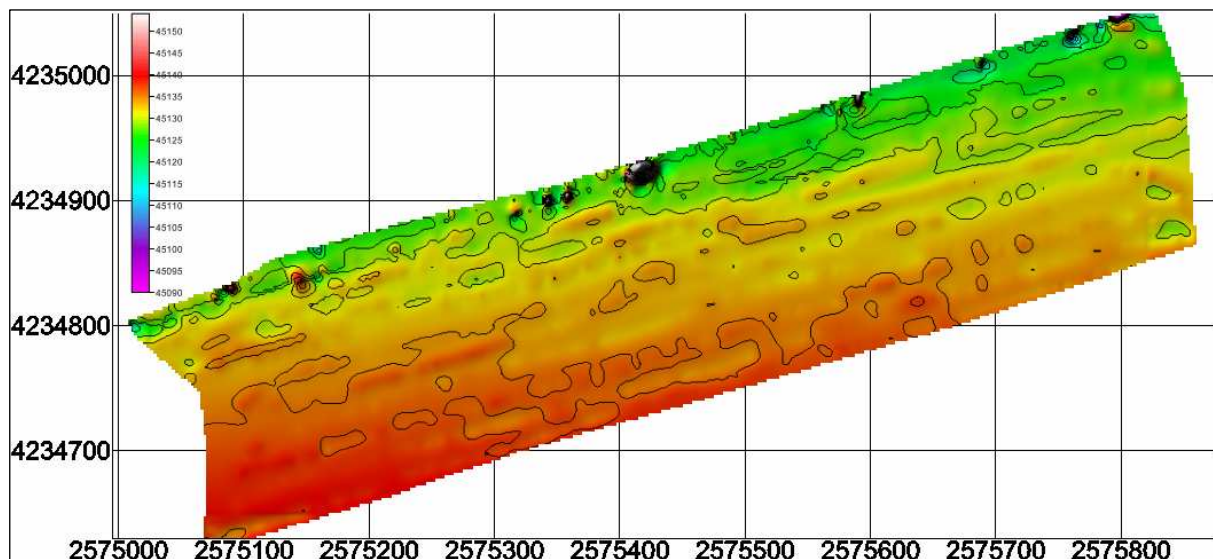




Figura 8-4 Carta del campo magnetico del fondale indagato

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE TECNICO SCIENTIFICA AREA S9		<i>Codice documento</i> CG0900PRGDSI6000000000006F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

9 Elaborati

Le sintesi dei dati provenienti dall'attività di survey eseguita nel litorale antistante Ganzirri – Torre Faro sono riportati negli elaborati che seguono in descrizione mentre le conclusioni sono riportate nell'elaborato (CG0900PRGDSI60000000000007B).

Rilievo morfobatimetrico (CG0900PN7DSI60000000000001B)



La carta di dettaglio della batimetria dei primi 80 m ca del tratto di mare indagato, dalla costa verso mare in direzione ortogonale alla terraferma, è costruita tramite l'interpolazione di una maglia quadrata di lato 1 m che deriva da una nuvola di punti x,y,z posti sul fondale. È possibile quindi, se richiesto, prevedere altri tipi di rappresentazioni (DEM, raster 3D, etc.) oltre a quella scelta con isolinee a 0.50 m di interdistanza.

Rilievo magnetometrico (CG0900PN7DSI60000000000002B)

Anche la carta delle anomalie magnetiche è rappresentata quasi completamente con isolinee, in questo caso linee di uguale valore in nT. La porzione verso terra non è rappresentata in quanto poco significativa, con andamenti paralleli alla costa e variazioni minime in valore assoluto. Infatti l'area più interessante è a cavallo delle aree indagate nei mesi di ottobre e novembre ed è visibile utilizzando le isolinee provenienti dal rilievo più recente.

Rilievo side scan sonar (CG0900PN7DSI60000000000003B)

La mappa acustica del fondale è necessariamente rappresentata con un raster georeferenziato costituito dalla espressione degli echi rifratti di ritorno dal fondale investigato. Non è una mappa morfologica vera e propria, e lo si nota dalla presenza delle cosiddette "ombre", ma è certamente uno strumento molto utile per la ricerca di oggetti posti sul fondale, dato che evidenzia anche la

		<p align="center">Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO</p>		
<p align="center">RELAZIONE TECNICO SCIENTIFICA AREA S9</p>		<p><i>Codice documento</i> CG0900PRGDSI6000000000006F0</p>	<p><i>Rev</i> F0</p>	<p><i>Data</i> 20/06/2011</p>

presenza di target con caratteristiche differenti dal sedimento o roccia che hanno poco rilievo verticale.