



COMUNE DI CASTIGLIONE DELLA PESCAIA



**MARINA DI PUNTA ALA S.P.A.**  
 LOCALITA' IL PORTO SNC  
 PUNTA ALA - CASTIGLIONE DELLA PESCAIA (GR)  
 42°48',48 N - 10°44,22 E

# AMPLIAMENTO DEL PORTO TURISTICO DI PUNTA ALA STRALCIO FUNZIONALE OPERE CIVILI MARITTIME

# B.01

## PROGETTO DEFINITIVO

RILIEVI, INDAGINI E STUDI SPECIALISTICI

RELAZIONE INDAGINI BATIMETRICHE

20 012 DR B 001 0

Committente

Marina di Punta Ala S.p.a.  
 sede legale:  
 Castiglione della Pescaia (GR)  
 Loc. Il Porto - Punta Ala

Progettazione opere marittime:

  
 MODIMAR s.r.l. Via Monte Zebio 40 - 00195 ROMA  
 06.3269461 - www.modimar.it

  
 Modimar Project S.r.l.  
 Via Asmara 72 - 00199 Roma

Progettazione:

Ing. Marco TARTAGLINI  
 Ing. Marco DEL BIANCO  
 Ing. Andrea SANZONE

ELABORATO REDATTO DA:  
 OIKOS ENGINEERING srl

Gruppo di lavoro:

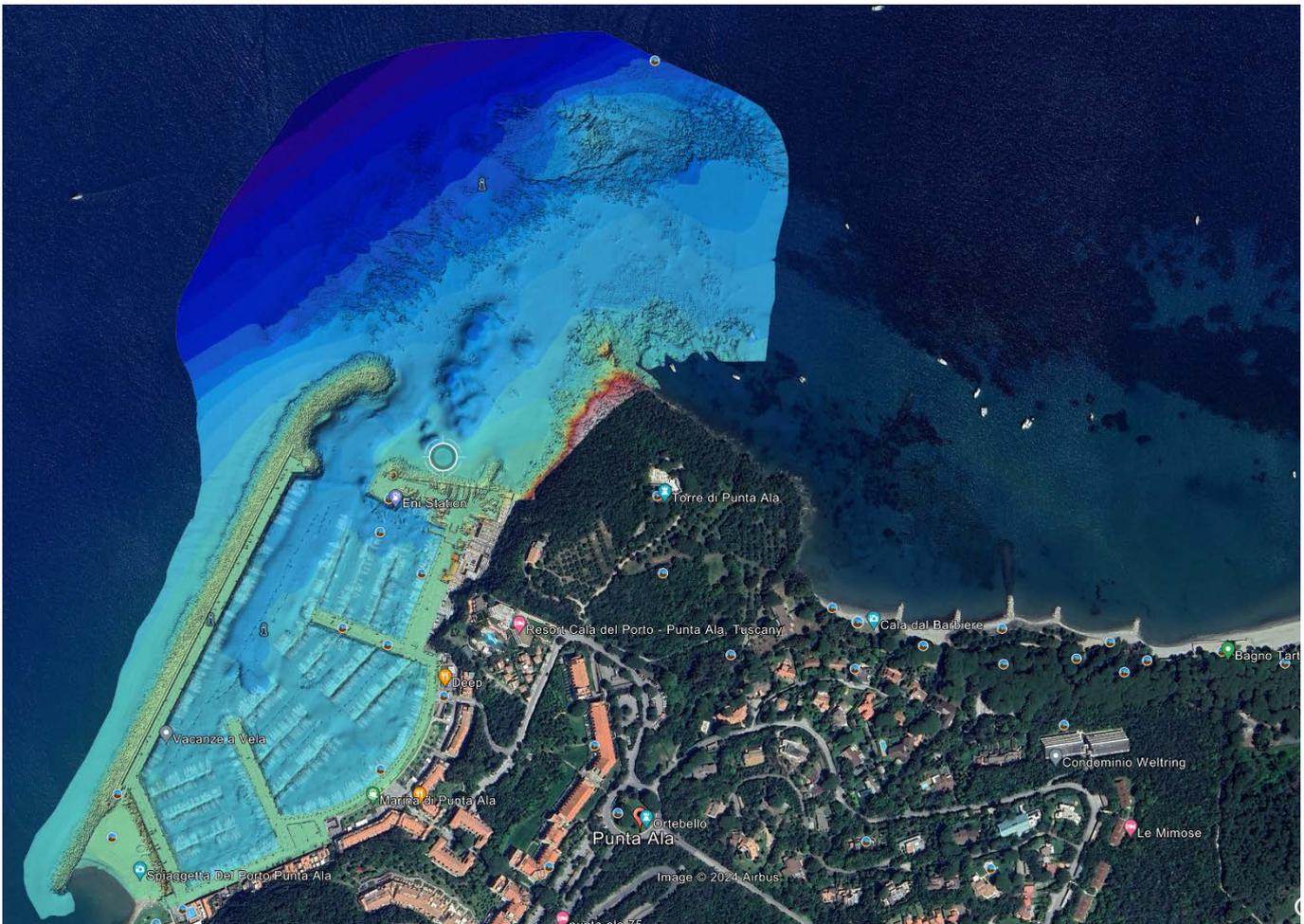
Ing. Alessio CAMUSI  
 Ing. Valerio TRULLI  
 Dott.ssa Sara SCRIMIERI

Consulenza geotecnica:

AGiS Ingegneria s.r.l.  
 Ing. Giuseppe IORIO

05.04.2024	0	EMISSIONE	OIKOS Eng.		M.T.
Data	Rev.	DESCRIZIONE	Redatto:	Verificato:	Approvato:

# ***Relazione sui rilevamenti multibeam effettuati nel porto di Punta Ala (GR)***



## Sommario

1.	INTRODUZIONE .....	3
2.	OPERAZIONI DI RILIEVO .....	4
2.1	<i>Sommario delle operazioni di rilievo</i> .....	4
3.	RILIEVI MULTIBEAM .....	5
3.1	<i>Strumentazione rilievi multibeam</i> .....	5
	Figura 2: Isobat 3 allestito, in fase di varo .....	8
	Figura 3: Schema delle connessioni degli strumenti a bordo della Isobat 3. ....	8
	Figura 4: Schema degli offset della Strumentazione .....	9
3.2	<i>Geodesia d'acquisizione e riferimenti altimetrici</i> .....	9
	Figura 5: area stazioni Rete SmartNet .....	10
3.3	<i>Acquisizione dei dati batimetrici</i> .....	10
	Figura 6: Sistema rotazione testa trasduttore .....	10
	Figura 7: Esempio di profilo della velocità del suono nell'acqua eseguito nell'area di lavoro.....	11
3.4	<i>Rilievo Multibeam</i> .....	12
3.5	<i>Procedura di elaborazione dei dati Multibeam</i> .....	13
4.	ELABORAZIONE DATI FINALE .....	13
4.1	<i>Procedura per la generazione degli elaborati dei rilievi effettuati</i> .....	13

# 1. INTRODUZIONE

Lo studio batimetrico è stato effettuato mediante ecoscandaglio Multibeam R2sonic 2024, le attività di rilievo sono state eseguite nei giorni 05/09/2023 e 11/09/2023, nella figura sottostante, si rappresenta in giallo il poligono dell'estensione areale del rilievo effettuato.



Figura 1: Immagine da satellite dell'area di lavoro (immagine tratta da Google Maps).

## 2. OPERAZIONI DI RILIEVO

### 2.1 Sommario delle operazioni di rilievo

Le operazioni di rilievo si sono svolte secondo il seguente calendario:

<b>Data</b>	<b>ora</b>	<b>Operazioni</b>
05/09/2023	08.00	Meeting del personale, dell'imbarcazione ISOBAT3
05/09/2023	09.30	Arrivo del personale, dell'imbarcazione ISOBAT3 nella zona di rilievo
05/09/2023	09.30	Inizio mobilitazione della strumentazione e calibrazione dei sistemi
05/09/2023	11.00	Inizio rilievo multibeam
05/09/2023	13.20	Fine rilievi.
11/09/2023	07.00	Meeting del personale, dell'imbarcazione ISOBAT3
11/09/2023	08.00	Arrivo del personale, dell'imbarcazione ISOBAT3 nella zona di rilievo
11/09/2023	08.00	Inizio mobilitazione della strumentazione e calibrazione dei sistemi
11/09/2023	08.35	Inizio rilievo multibeam
11/09/2023	12.24	Fine rilievi.
11/09/2023	13.00	De mobilitazione della strumentazione

### 3. RILIEVI MULTIBEAM

#### 3.1 Strumentazione rilievi multibeam



**Sistema per rilievi topo-batimetrici e campionamenti ambientali battello pneumatico Nadir G18 I.t.f. 5,30 mt. - Iscritto all'Ufficio Circondariale Marittimo di Porto Santo Stefano 2LI2923, completo di:**

- Quadro elettrico con magnetotermici riarmabili;
- Roll-bar e T-top inox con telo a chiusura totale;
- Motore YAMAHA 25Hp iniezione elettronica;
- Attacchi per sistemi rilievi topo-batimetrici (Multibeam, Sub Bottom Profiler, INS, Laser Scanner, GPS, etc.).

**Sistema Multibeam R2SONIC 2024:**

- Processing segnale a banda larga fino a 60kHz;
- Frequenza selezionabile 200 – 400 kHz;
- Ampiezza beam focalizzata 0,5°;
- Numero beam 256;
- Copertura swath fino a 160°;
- Raggio di azione 1 – 500 metri;
- Opzione Side Scan Sonar;
- Sonda di velocità del suono per correzione in tempo reale;
- Sonda profilatrice;
- SSS/truePix imagery output;
- Raw Water Column data output;
- Switchable forward looking sonar output.

**Sistema Sonda SWiFT svp Valeport:**

- Velocità del suono portata: 1375 ÷ 1900 m/sec;
- Risoluzione: 0,001 m/sec;
- Precisione: ± 0,20 m/sec;
- Precisione Temperatura Intervallo: -5 ÷ 35°C
- Precisione: ± 0,01 °C;
- Pressione sulla formula DASH:  
Conducibilità ± 0,05 mS / cm  
Salinità ± 0,05 PSU  
Densità ± 0,05 kg / m<sup>3</sup>
- Dimensioni ø78mm x lunghezza 264mm.

**Sistema Sonda SVS Valeport:**

- Velocità del suono portata: 1375 ÷ 1900 m/sec;
- Risoluzione: 0,001 m/sec;
- Precisione: ± 0,20 m/sec;
- Precisione Temperatura Intervallo: -5 ÷ 35°C
- Precisione: ± 0,01 °C;
- Pressione: 25 mm Errore teorico massimo totale  
± 0,020 m/s;
- Frequenza acustica: 2,5 MHz.

**Sistema di navigazione inerziale HYDRINS IXBLUE:**

- 0,01° heading con singola antenna GPS di supporto;
- Heave, 2,5 cm or 2,5% RMS;
- 0,01° roll, pitch;
- Velocità e posizione in uscita;
- Latitudine e velocità corrette;
- IMU dati lavorati in uscita;
- RLG MTBF di 80,000 ore;
- Configuration port 7i/5° - Pulse 4i/2°.

### Sistema di posizionamento avanzato chip GNSS Spectra SP90m:

- 480 canali di tracciamento GNSS
- Due canali di tracciamento in banda L MSS
- Due ingressi per antenna GNSS 2
- Tracciamento Z brevettato per tracciare il segnale GPS P (Y) crittografato
- Correlatore Strobe™ brevettato per percorsi multipli GNSS ridotti
- Tecnologia Z-Blade brevettata per prestazioni GNSS ottimali:

Massima qualità dei dati grezzi (disponibilità / affidabilità) per soddisfare le applicazioni della stazione di riferimento

- Pieno utilizzo dei segnali da tutti e sette i sistemi GNSS (GPS, GLONASS, BeiDou, Galileo, QZSS, IRNSS e SBAS)
- Algoritmo GNSS ottimizzato: tracciamento del segnale GNSS completamente indipendente e elaborazione dei dati ottimale, inclusa la soluzione solo GPS, solo
- GLONASS o solo BeiDou (da Autonomous a RTK completo)
- Soluzione RTK veloce e stabile
- Reti RTK supportate: VRS, FKP, MAC
- Protocollo NTRIP
- Uscite di navigazione: NMEA-0183, ATOM
- Uscita PPS
- Ingresso marker di evento One-push Ashtech Trouble Log (ATL)

#### HARDWARE:

- • Dimensioni: 16,5 x 20,6 x 6,5 cm (6,5 x 8,1 x 2,6 pollici)
- • Peso: ricevitore GNSS: 1,66 kg (3,66 libbre) senza UHF / 1,70 kg (3,75 libbre) con UHF



### Workstation Mobile Dell Precision M4800 per gestione ed elaborazione rilievi topo-batimetrici con doppio monitor:

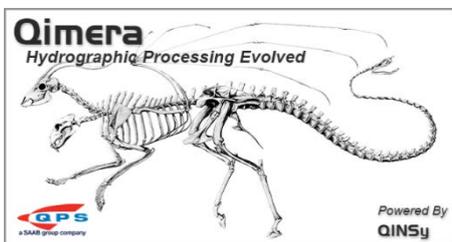
- Processore I7 Quad Core;
- Memoria DDR3L 32GB 1866MHz;
- Scheda NVIDIA K2100M M5100, VRAM GDDR5 da 2GB;
- Video FHD (1.920 x 1.080);
- SSD mSATA 2TB;
- PCI 2.3, PCI Express 1.0 e 2.0, SATA 1.0A, 2.0 e 3.0, USB 2.0 e 3.0.



### Generatore Honda EU22i:

- Potenza (W) Max 2,200
- Uso continuativo 1,800
- In parallelo 3,600
- Rumorosità (uso continuativo) 91 dB (A)
- Serbatoio (litri) 3.6
- Autonomia (h) 3.2-8.4
- Peso a secco (kg) 21.1
- Motore GXR120, 121cc, 4tempi, conforme alle normative sulle emissioni Euro5





#### **Software di acquisizione dati QINSy Survey:**

- Supporto simultaneo Laser Scanner Multibeam GPS e sistema navigazione inerziale;
- Acquisizione sincronizzata dei dati per singola strumentazione;
- Controllo in tempo reale Laser Scanner Multibeam;
- Calibrazione degli strumenti di rilievo;
- Calcolo e visualizzazione in tempo reale del fondo;
- Produzioni di modelli del terreno (DTM) in tempo reale;
- Sincronizzazione temporale accurata;
- Validazione dei dati e riduzione in tempo reale;
- Visualizzazione dei dati Raw e dei dati processati di tutti i sensori;
- Registrazione dei dati raw e dei dati processati.

#### **Software di processing dati Qimera:**

- Elaborazione dati Multibeam GPS e sistema navigazione inerziale;
- Elaborazione sincronizzata dei dati per singola strumentazione;
- Calibrazione degli strumenti di rilievo;
- Calcolo e visualizzazione in tempo reale del fondo;
- Produzioni di modelli del terreno (DTM) in tempo reale;
- Validazione dei dati e riduzione in tempo reale;
- Visualizzazione dei dati Raw e dei dati processati di tutti i sensori;
- Gestione dei dati raw e dei dati processati.

#### **Autocad MAP 3D + Cad pack full**

- **Acquisizione** dati da stazioni totali (Geotronics, Leica, Nikon, Pentax, Psion, Sokkia, Topcon, Trimble, Zeiss)
- Acquisizione dati da antenne GPS (SurvCE Carlson: RW5 -> DAT Pregeo e testo X,Y,Z)
- calcolo di poligonali con compensazione empirica e rigorosa
- disegno piani quotati da file di testo
- piani quotati per punti o per blocchi con codifiche automatiche dei codici punto da strumentazione di rilievo
- restituzione rilievi laser scanner
- esportazione di piani quotati da AutoCAD a file di testo per il tracciamento
- modelli a falde triangolari (TIN), gestione modelli con possibilità creazione muri/scavi
- modelli a maglia quadrata (DTM)
- calcolo differenze tra modelli
- curve di livello a rette raccordate
- profili del terreno su curve di livello, triangoli, punti battuti
- sezioni di progetto trasversali multiple
- recupero punti, triangoli e curve di livello da vecchi DWG, anche 2D
- ricostruzione profili da CTR Raster
- Importazione e possibile elevazione 3D di curve di livello da file in formato Shape



Figura 2: Isobat 3 allestito, in fase di varo

La strumentazione utilizzata per il rilievo batimetrico è stata connessa a bordo dell'imbarcazione secondo lo schema sotto riportato (Figura 3).

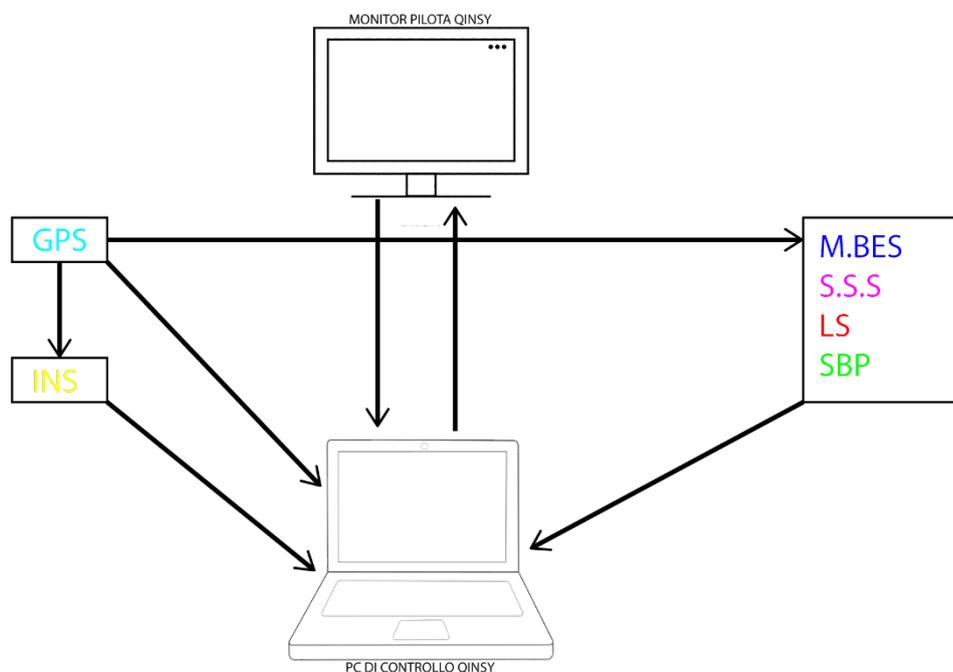


Figura 3: Schema delle connessioni degli strumenti a bordo della Isobat 3.

Nel programma di navigazione sono stati riportati tutti gli offset degli strumenti, per correggere opportunamente la posizione e l'altezza dei dati rispetto al livello del mare durante l'acquisizione. Tali offset sono riassunti nella Tabella 1, mentre nella Figura 4 è visualizzato lo schema grafico della loro posizione d'installazione sull'imbarcazione.

Tutti gli offset sono stati calcolati rispetto alla distanza da un punto arbitrario scelto sulla barca, detto "zero offset" e posto, in questo caso, in corrispondenza del centro di rotazione dell'imbarcazione.

Tabella 1: Offset degli strumenti

Strumenti	Offset in X	Offset in Y	Offset in Z
C.O.G	0.000 m	0.000 m	0.000 m
INS	0.004 m	-0.008 m	0.088 m
MB S.S.S	-0.457 m	-2.116 m	-0.516 m
GPS	-0.457 m	-2.353 m	2.046 m
LS	-0.018 m	-0.041 m	1.952 m
SBP	2.4235 m	0.0380 m	0.8290 m

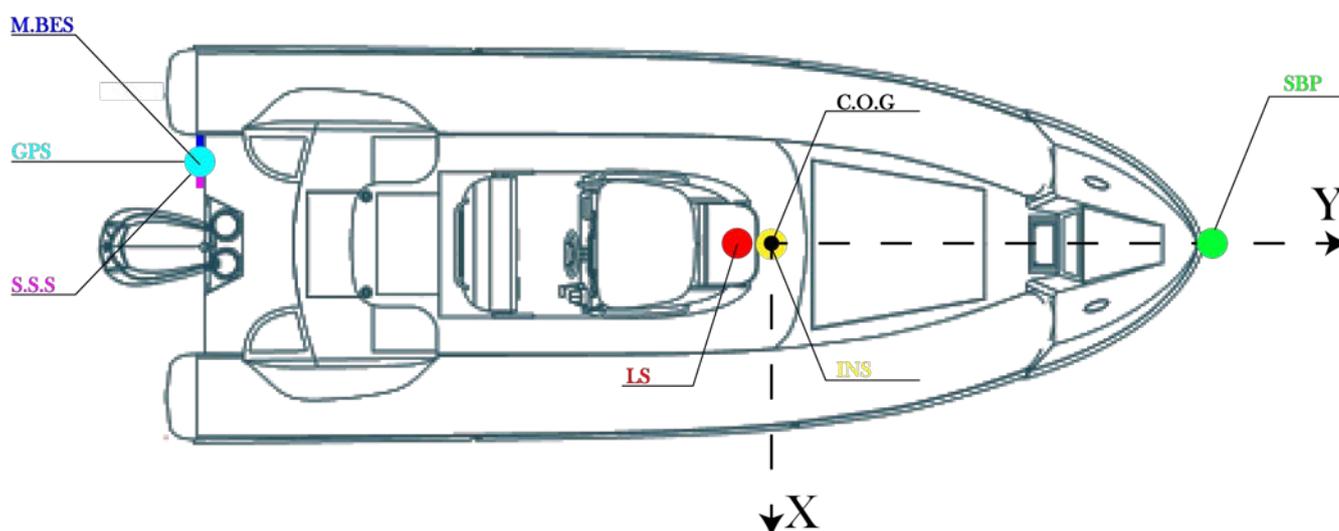


Figura 4: Schema degli offset della Strumentazione

### 3.2 Geodesia d'acquisizione e riferimenti altimetrici

Il rilievo è stato condotto con il sistema di posizionamento GPS Spectra Geospatial SP90m, completo di PPS in modalità RTK, con sistema di coordinate ETRF2000 collegato alla rete SmartNet ItalPoS, adottando le correzioni differenziali dalle stazioni di riferimento RTCM Ref ID: 0129 GAVO (Gavorrano).

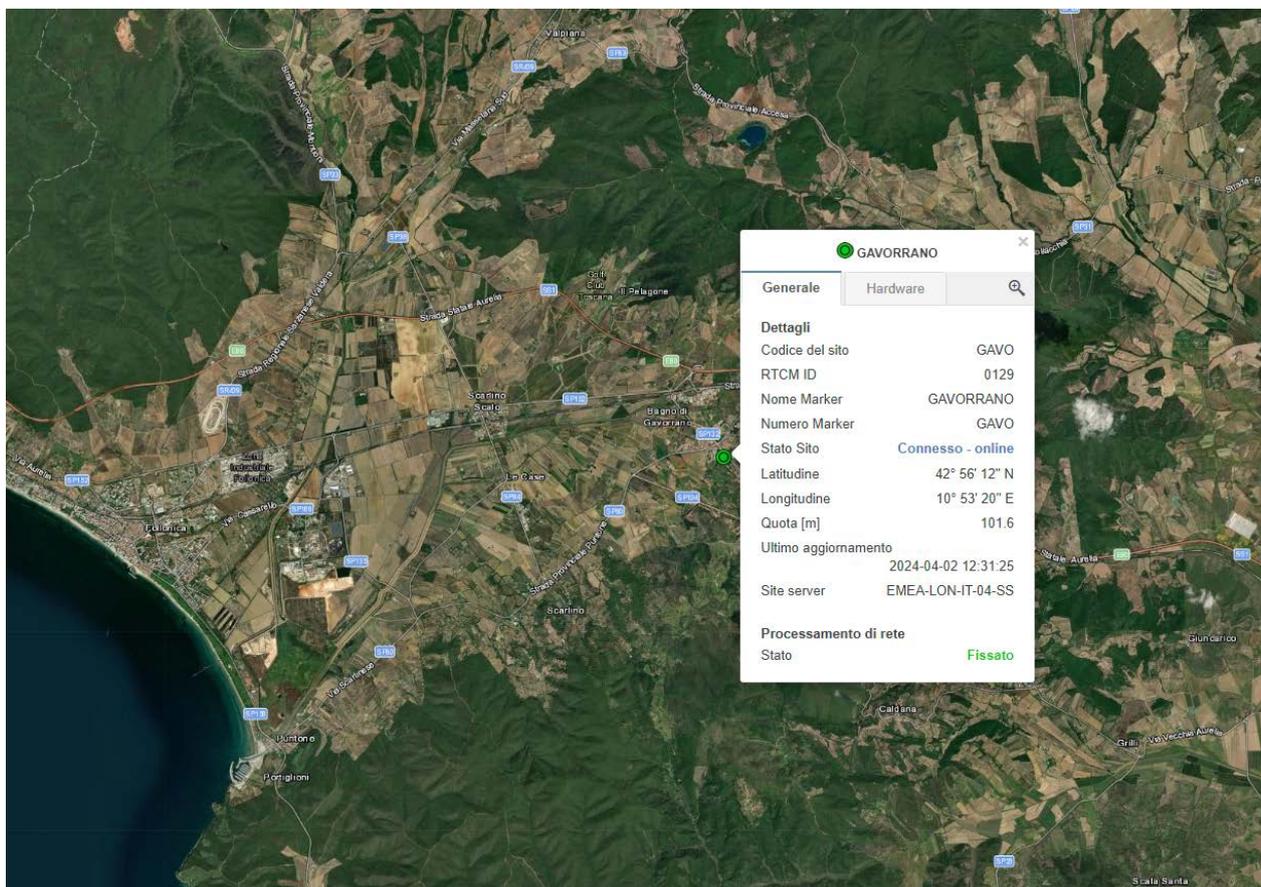


Figura 5: area stazioni Rete SmartNet

### 3.3 Acquisizione dei dati batimetrici

L'acquisizione dei dati batimetrici è stata condotta utilizzando un ecoscandaglio multifascio (Multibeam) della R2Sonic, modello 2024, funzionante ad una frequenza da 200 a 400 kHz (v. Figura 6).



Figura 6: Sistema rotazione testa trasduttore

Il sistema Multibeam permette di scandagliare i fondali lungo un fascio di ampiezza variabile, a seconda della profondità di utilizzo e dell'angolo di apertura del trasduttore (in questo caso fino a 160°).

Il trasduttore è stato montato a palo ed è stato interfacciato al software di navigazione (per la visualizzazione e la georeferenziazione in tempo reale dei dati acquisiti), al sensore di moto (per la correzione dei movimenti di rollio, beccheggio e deriva) ed alla girobussola (per l'orientamento).

Prima dell'inizio del rilievo, lo strumento è stato calibrato per gli "errori di attitudine statici" dovuti al non perfetto allineamento del palo di supporto del trasduttore rispetto alla verticale. Un'ulteriore calibrazione strumentale è stata eseguita mediante la misurazione del profilo di velocità del suono in acqua, effettuata in prossimità dell'area di lavoro per mezzo della sonda SWiFT svp Valeport. Questo profilo consente al sistema di interpretare correttamente i tempi impiegati dalle onde acustiche per raggiungere il fondale e ritornare al trasduttore e calcolare in modo corretto e preciso la profondità del fondale in corrispondenza dei 256 beams.

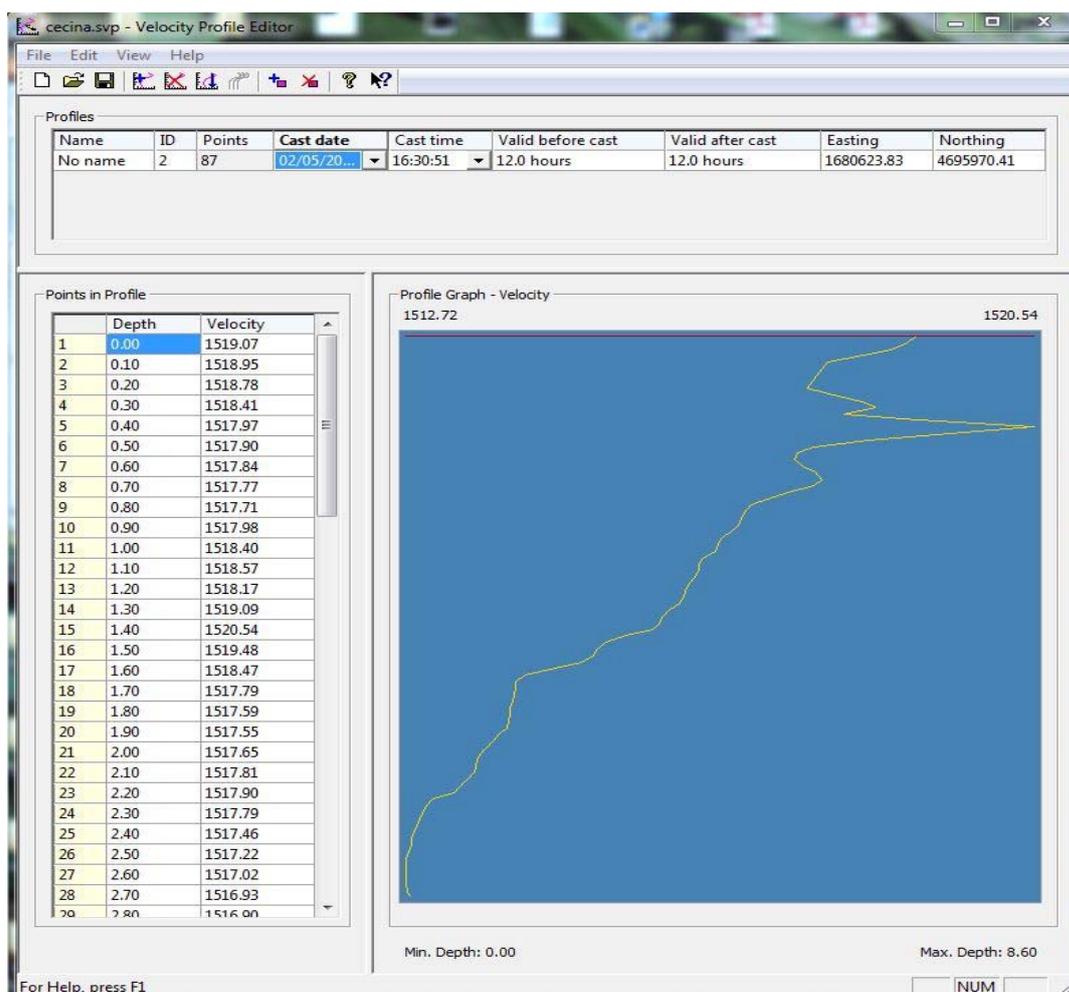


Figura 7: Esempio di profilo della velocità del suono nell'acqua eseguito nell'area di lavoro.

L'acquisizione dei dati è stata realizzata utilizzando il software idrografico QINSy, con il quale è stata monitorata la qualità dei dati in tempo reale e il funzionamento del sensore di moto e della girobussola. Al termine dei lavori di acquisizione, i dati sono stati sottoposti ad un nuovo e complessivo controllo di qualità e quindi salvati su supporto digitale.

### 3.4 Rilievo Multibeam

MULTIBEAM SUPPORT è uno dei moduli disponibili all'interno di QINSy.

Il QINSY Multibeam/laser Scanner permette di interfacciare vari sistemi e registrare dati metrici e backscatter da questi sistemi. All'interno di QINSy non è importante se si ha un Multibeam a tecnologia beam-forming o un sistema interferometrico. Per molti dei sistemi Multibeam/Laser Scanner è possibile controllare l'unità direttamente da QINSy mediante on-line controller. Questa opzione viene completamente utilizzata dal nostro hardware.

I principali sistemi Multibeam utilizzati con QINSy sono:

#### ➤ R2Sonic 2022/2024 Systems

Il principio "FARE LE COSE BENE LA PRIMA VOLTA" permette di calcolare il fondo (punti batimetrici) e di effettuare un controllo di qualità in tempo reale. Questo è il sogno per ogni operatore Multibeam: visione completa, non solo sulla quantità di dati ma anche sulla qualità prima ancora di finire il rilievo. In QINSy tutti i calcoli sono effettuati in 3D. Utilizzando vari strumenti on-line per la pulizia dei dati quali, correzione per il movimento dell'imbarcazione, colonna d'acqua e con utilizzo di un sistema RTK, è possibile ottenere immediatamente le coordinate e quote assolute dell'output finale (batimetria) dei dati acquisiti. Molto importante per i rilievi multibeam - side scan sonar è una accurata misura del tempo e la sincronizzazione. QINSY usa il segnale PPS unito al segnale ZDA. Tutti i dati in entrata ed in uscita da QINSY saranno etichettati con dato temporale assoluto, tempo UTC. Internamente QINSy usa "observation ring buffer" così che i dati possono essere posizionati nell'esatto momento di un evento o ping. Questa combinazione permette a QINSy di raggiungere una accuratezza sui dati di 1milli secondo.

Tutti i dati dei vari sensori collegati a QINSy sono registrati e immagazzinati nel cosiddetto file \*.db. I dati raw possono essere analizzati ed editati mediante il modulo software ANALIZE. Durante l'acquisizione e il Replay i dati Multibeam sono registrati oltre che in formato \*.db anche nel formato \*.qpd.

I file QPD sono usati nel Processing Manager per la pulizia e calibrazione Multibeam. Inoltre, sui file QPD è possibile applicare i dati di marea e velocità del suono qualora non siano già stati applicati durante l'acquisizione.

### 3.5 Procedura di elaborazione dei dati Multibeam

La procedura di elaborazione dei dati batimetrici è stata eseguita con il software idrografico QINSy e QIMERA della QPS secondo fasi sequenziali così definite:

- Controllo dei valori di calibrazione e dei valori di velocità del suono;
- Utilizzo del patch test riusciamo a identificare i parametri corretti di calibrazione;
- Controllo dei filtri applicati ed eventuale modifica;
- Editing delle linee di navigazione per la correzione di eventuali salti GPS;
- Editing dei dati di profondità per l'eliminazione di eventuali spikes e/o echi laterali;
- Creazione del modello digitale del terreno (DTM);
- Esportazione del file DTM in formato ASCII;
- Creazione dell'immagine 3D della morfo-batimetria del fondale;
- Creazione delle restituzioni cartografiche dei dati come richiesto dal Committente.

## 4. ELABORAZIONE DATI FINALE

### 4.1 Procedura per la generazione degli elaborati dei rilievi effettuati

La procedura di predisposizione degli elaborati grafici è stata effettuata, con dopo aver esportato i dati di interesse dai software QINSY (Versione 9.5.2) e Qimera (Versione 2.5.1) utilizzando la versione Autocad Map 3D 2021 e sono state realizzate le tavole:

- T-357-1-C-282-2023 Planimetria Generale batimetria
- T-357-1-C-300-2023 Planimetria Generale topo-batimetrica

Grosseto, lì 29/09/2023



Geom. Andrea Bianchi