

Indice generale

1 INTRODUZIONE.....	3
1.1 Finalità del lavoro.....	3
1.2 Riferimenti tecnici.....	3
2 INQUADRAMENTO DELL'AREA.....	3
3 PERIODO DI ESECUZIONE.....	4
4 PERSONALE IMPIEGATO.....	4
5 CONDIZIONI METEO MARINE.....	5
6 SISTEMI DI RIFERIMENTO.....	5
6.1 Inquadramento planimetrico.....	5
6.2 Riferimento verticale e marea.....	6
7 Mezzo nautico.....	6
7.1 Descrizione dell'imbarcazione e della strumentazione.....	7
8 Descrizione dei setup e delle calibrazioni.....	8
8.1 Offset.....	8
8.2 Bar check.....	8
8.3 Calibrazione sensore di moto Applanix (GAMS).....	8
8.4 Calibrazione MBES.....	10
9 Profili di velocità del suono.....	11
10 ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DEI DATI MBES.....	12
10.1 Acquisizione dati.....	12
10.2 Elaborazione dati.....	12
11 CONTROLLI DELLA QUALITÀ DEL DATO.....	13
12 ELABORATI PRODOTTI.....	13
13 CONCLUSIONI.....	14

1 INTRODUZIONE

La presente relazione tecnica descrive le attività di rilievo morfo-batimetrico eseguite nell'area marina di Capo Rizzuto / Capo Bianco, nell'ambito dei servizi di monitoraggio marino finalizzati alla valutazione dell'estensione e della condizione dei fondi a coralligeno [MICIT] - Mar Ionio.

Il rilievo è stato eseguito il 18 giugno 2026 mediante ecoscandaglio multifascio Norbit iWBMS 400 kHz, con acquisizione contestuale del dato batimetrico e del dato di intensità acustica di ritorno. Il dato di intensità è stato acquisito mediante snippets del sistema MBES ed elaborato come mosaico Backscatter MBES georeferenziato.

La relazione riporta l'inquadramento dell'area, la strumentazione utilizzata, le modalità di calibrazione e acquisizione, il sistema di riferimento adottato, le procedure di elaborazione e gli elaborati finali prodotti.

1.1 Finalità del lavoro

L'attività è finalizzata alla restituzione del quadro morfo-batimetrico e acustico dell'area di indagine, a supporto delle attività di monitoraggio dell'habitat coralligeno previste dal Modulo 7. I prodotti principali sono costituiti dal DTM batimetrico, dal mosaico Backscatter MBES e dalle rotte di navigazione e calibrazione.

1.2 Riferimenti tecnici

Il riferimento metodologico principale è costituito dall'estratto della scheda metodologica SNPA 2024 relativa al Programma di monitoraggio dei fondi a coralligeno - Modulo 7. Per la componente acustica la scheda prevede l'acquisizione morfo-batimetrica mediante Multibeam Echosounder e la restituzione di DTM e dato acustico SSS/Backscatter.

Il prodotto acustico di supporto all'interpretazione del substrato è costituito dal Backscatter MBES, acquisito contestualmente alla batimetria mediante snippets del sistema multibeam.

Parametro	Impostazione adottata / prodotto restituito
Tecnologia di rilievo	Multibeam Echosounder Norbit iWBMS 400 kHz con acquisizione snippets/Backscatter.
Area di lavoro	Capo Rizzuto / Capo Bianco - Modulo 7 Coralligeno.
Sistema di riferimento vettori	Coordinate geografiche WGS84, EPSG:4326.
Sistema di riferimento raster	WGS84 / UTM zona 33N, EPSG:32633.
Risoluzione DTM consegnato	0,5 m, in formato ESRI ASCII Grid.
Risoluzione mosaico Backscatter	0,2 m, in formato GeoTIFF.

2 INQUADRAMENTO DELL'AREA

L'area oggetto di rilievo ricade nel settore marino compreso tra Capo Rizzuto e Capo Bianco, nel Mar Ionio. La documentazione di progetto individua tre siti di riferimento, ciascuno articolato in tre transetti ROV: l'acquisizione multibeam doveva essere eseguita in modo da percorrere la stessa traiettoria del transetto ROV selezionato, con una larghezza del buffer di 250 metri per lato, per un totale di 500 m di copertura intorno al transetto.

Sito	Transetti	Intervallo di profondità indicativo
Sito 1	ICRS1T1 - ICRS1T3	circa -28,28 m / -43,20 m
Sito 2	ICRS2T1 - ICRS2T3	circa -29,89 m / -46,23 m
Sito 3	ICRS3T1 - ICRS3T3	circa -28,55 m / -48,61 m

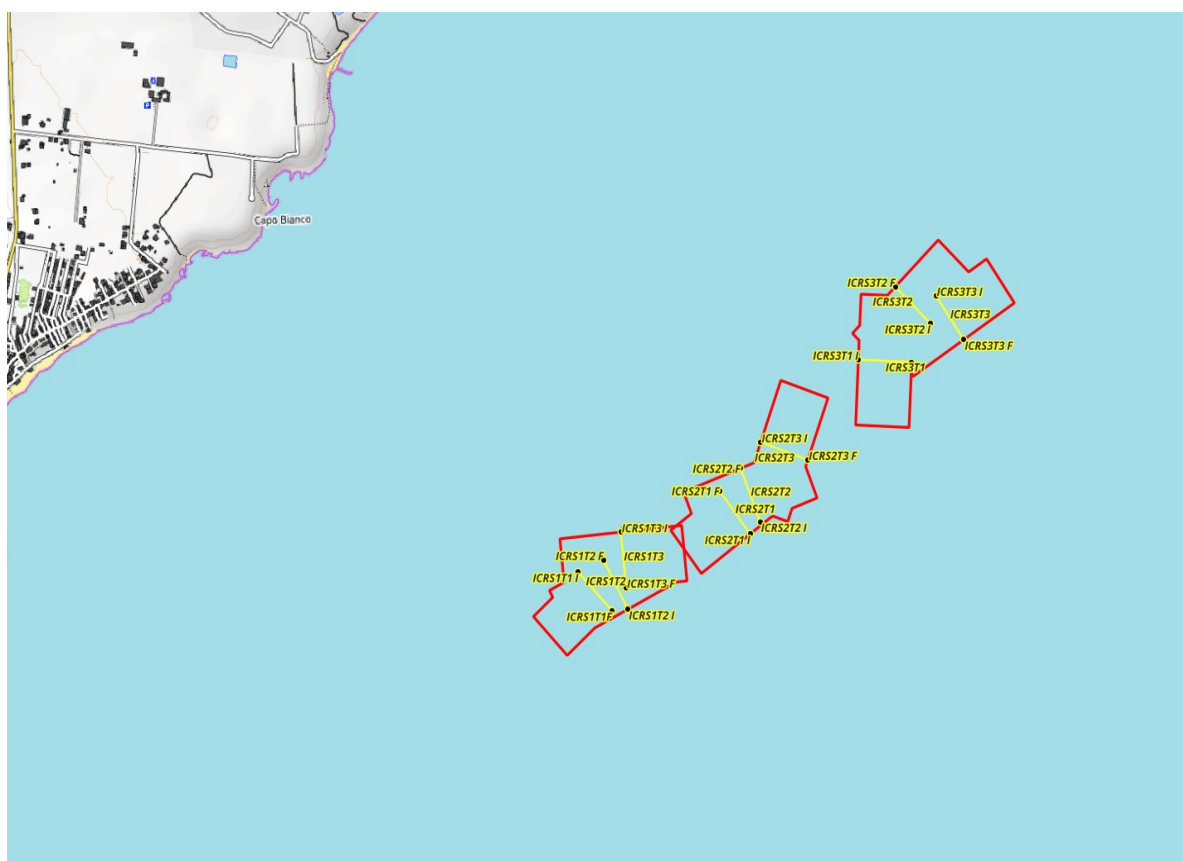


Figura 1: Area di indagine

3 PERIODO DI ESECUZIONE

Le attività di mobilitazione della strumentazione sono state eseguite il giorno 17 giugno. La calibrazione del sistema e l'acquisizione MBES sono state eseguite in data 18 giugno 2026, con inizio dei rilievi alle 08:30 e fine alle 11 circa, ora locale.

Data	Ora	Attività
17 giugno	17:00	Inizio mob
17 giugno	21:00	Fine mob
18 giugno	06:30	Inizio trasferimento su area di lavoro
18 giugno	08:00	Calibrazione GAMS
18 giugno	08:30	Inizio rilievi
18 giugno	11:00	Fine rilievi, inizio trasferimento
18 giugno	13:00	Arrivo in porto, inizio demob
18 giugno	14:00	Fine demob

4 PERSONALE IMPIEGATO

Il personale presente a bordo durante le attività è riportato nella tabella seguente.

Nome	Ruolo
Alfredo Anemone	Comandante
Vincenzo Montemurro	Rappresentante mvc technology
Francesco Megna	Direttore tecnico ARPACAL
Carlo Enrico Peris	Responsabile rilievo multibeam
Mauro Del Sette	Direttore operazioni ROV
Francesco Urzi	Tecnico ROV

5 CONDIZIONI METEO MARINE

Le condizioni sono risultate favorevoli durante la parte iniziale delle operazioni, con un progressivo rinforzo del vento nella fase finale e durante il rientro. In particolare, il vento fresco registrato dalla stazione meteo di riferimento non ha interessato la zona di rilievo, ma ha rallentato il ritorno verso il porto di Crotone.

Crotone - condizioni meteo nella mattina di acquisizione MBES (18/06/2026, UTC)

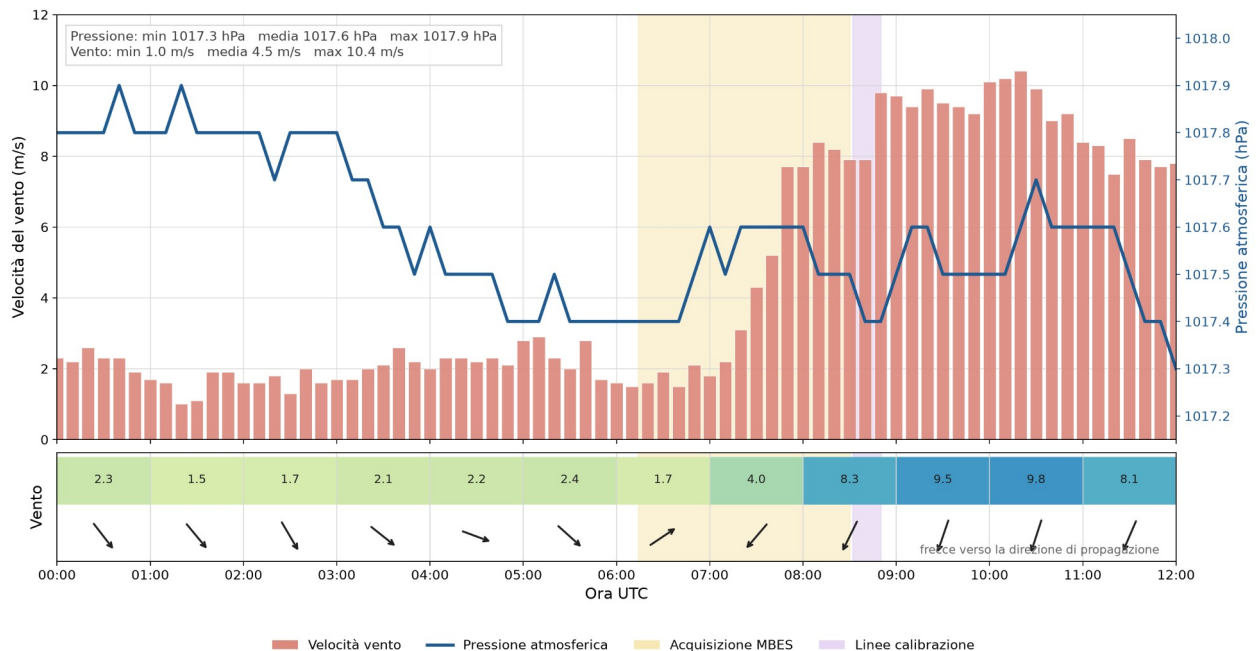


Figura 2: Parametri meteo registrati dalla stazione ISPRA di Crotone

6 SISTEMI DI RIFERIMENTO

6.1 Inquadramento planimetrico

Le acquisizioni GNSS sono state eseguite con correzione differenziale NTRIP NetGEO. Il dato operativo di acquisizione è stato trattato come riferito al sistema RDN2008 / UTM zona 33N, coerente con l'inquadramento nazionale ETRF2000 all'epoca 2008.0.

Ai fini della consegna in WGS84, i dati sono stati trasformati dal sistema RDN2008 / UTM 33N verso WGS84. Le rotte di navigazione e calibrazione sono state restituite in coordinate geografiche WGS84, EPSG:4326. I raster a passo metrico sono stati restituiti in WGS84 / UTM zona 33N, EPSG:32633, per mantenere una dimensione di cella costante in metri.

6.2 Riferimento verticale e marea

La correzione di marea è stata applicata utilizzando i dati mareografici della stazione di Crotone della rete mareografica nazionale dell'ISPRA. La serie utilizzata copre l'intervallo temporale delle attività del 18 giugno 2026, con passo temporale di 10 minuti.

Nel giorno di rilievo i valori mareografici disponibili sono compresi tra circa -0,17 m e +0,02 m. La correzione è stata applicata in fase di elaborazione per la generazione del modello batimetrico finale.

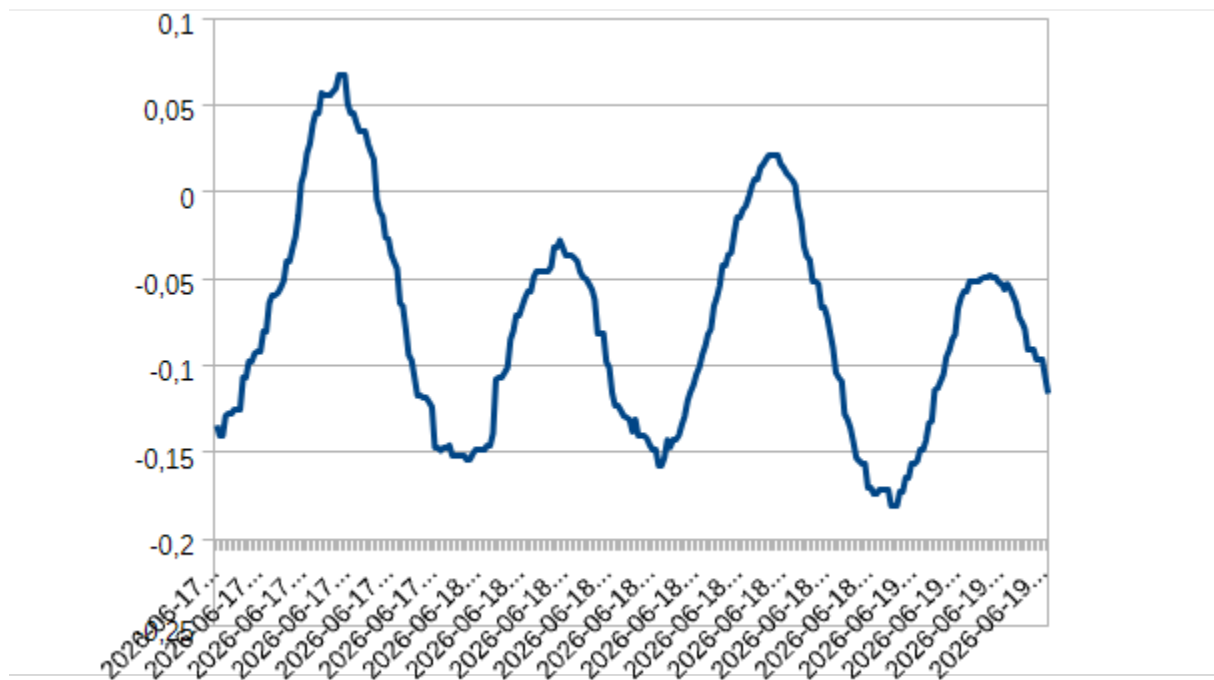


Figura 3: Serie mareografica

7 Mezzo nautico

Per le attività di rilievo è stata impiegata la M/N Orso Bianco, iscritta ai registri delle navi minori della capitaneria di porto di Crotone al n. CR1301.

Il sistema MBES è stato installato a palo sull'imbarcazione, con configurazione idonea all'acquisizione integrata di batimetria, assetto, posizione e dato Backscatter.



Figura 4: M/N Orso Bianco: particolare dell'istallazione a palo del MBES

7.1 Descrizione dell'imbarcazione e della strumentazione

Per il rilievo batimetrico è stato impiegato il Multibeam Norbit iWBMS 400 kHz, montato a palo, con software di gestione Norbit GUI e navigazione/acquisizione Teledyne PDS2000.

Il sistema Norbit iWBMS 400 kHz è un ecoscandaglio multifascio compatto ad alta risoluzione, progettato per rilievi in acque basse e medio-basse. Il sistema consente la generazione simultanea di un elevato numero di fasci acustici e permette di acquisire, insieme alla quota batimetrica, anche l'informazione di intensità acustica di ritorno utilizzata per la produzione del mosaico Backscatter MBES.

Il multibeam utilizzato integra un sistema di navigazione inerziale Applanix POS MV WaveMaster II, costituito da piattaforma inerziale IMU e ricezione GNSS multicanale. L'integrazione tra ecoscandaglio multibeam, sistema inerziale e posizionamento satellitare consente la corretta georeferenziazione dei sounding batimetrici e la compensazione dei movimenti dell'imbarcazione durante l'acquisizione.

La strumentazione impiegata durante le attività comprende:

- servizio di correzioni RTCM/NTRIP: rete NetGEO;
- sistema Multibeam: Norbit iWBMS 400 kHz;
- posizionamento e ausilio alla navigazione: GNSS Applanix POS MV WaveMaster II integrato da sistema inerziale;
- sonda di velocità del suono: Valeport SWIFT SVP in modalità smart recording;
- software per rilievi idrografici, acquisizione, navigazione e processing: Teledyne PDS2000.

8 Descrizione dei setup e delle calibrazioni

8.1 Offset

Le verifiche si sono svolte presso la banchina del porto commerciale di Crotona. L'orientamento della terna vettoriale del sistema di riferimento (X, Y, Z) segue la regola della mano destra (X positiva verso dritta, Y positiva verso prua, Z positiva verso l'alto).

DEVICE	X	Y	Z
MRU	0 (integrata nel mbes)	0 (integrata nel mbes)	0 (integrata nel mbes)
Primary GNSS	0,96	-0,23	4,43
MBES	0	0	0

8.2 Bar check

A seguito delle misurazioni effettuate l'immersione del trasduttore è risultata essere di 0.550 m. Tale valore è stato riportato nel software di acquisizione Teledyne PDS2000.

8.3 Calibrazione sensore di moto Applanix (GAMS)

Il sistema Applanix POS-MV integra il sensore di direzione, l'unità di compensazione del movimento (Motion Reference Unit) e il posizionamento. La sua funzione è quella di misurare gli angoli di rollio, beccheggio e lo spostamento verticale per permettere la correzione dei dati batimetrici, rispetto al movimento dell'imbarcazione a cui il multibeam è solidale e quindi di geo-referenziarli correttamente. Lo strumento è composto da:

- POS Computer System (PCS) con due ricevitori satellitari GNSS (integrazione GPS e GLONASS);
- due antenne GNSS;
- un'unità inerziale IMU (Inertial Measurement Unit)

La procedura di calibrazione ha seguito le indicazioni del manuale eseguendo per alcuni minuti un percorso a forma di 8. Durante la calibrazione, i dati di posizione e del sensore IMU vengono registrati dal modulo "GAMS Calibration" del software di controllo Norbit GUI. Al termine della calibrazione i valori ottenuti in automatico sono stati accettati e adottati premendo l'apposito tasto verde della finestra dei risultati

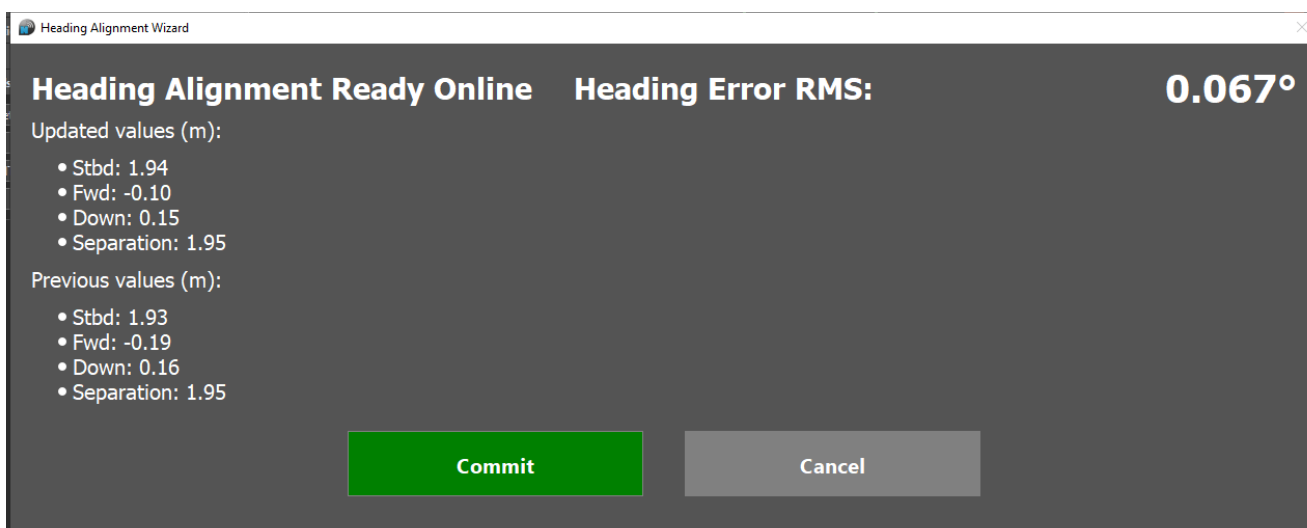


Figura 5: Risultati della calibrazione del sistema Applanix

8.4 Calibrazione MBES

La procedura di calibrazione è necessaria per la rimozione dell'errore sistematico dovuto al disallineamento angolare tra il trasduttore dell'ecoscandaglio multifascio e il sistema di riferimento dell'imbarcazione.

La calibrazione del sistema multibeam è una procedura standard, ben nota in letteratura, ed è stata eseguita secondo le indicazioni riportate dal costruttore nel manuale dello strumento multibeam, effettuando una serie di linee sovrapposte e adiacenti (patch test) da cui poter ricavare, con apposite procedure, i valori degli angoli di montaggio del sistema.

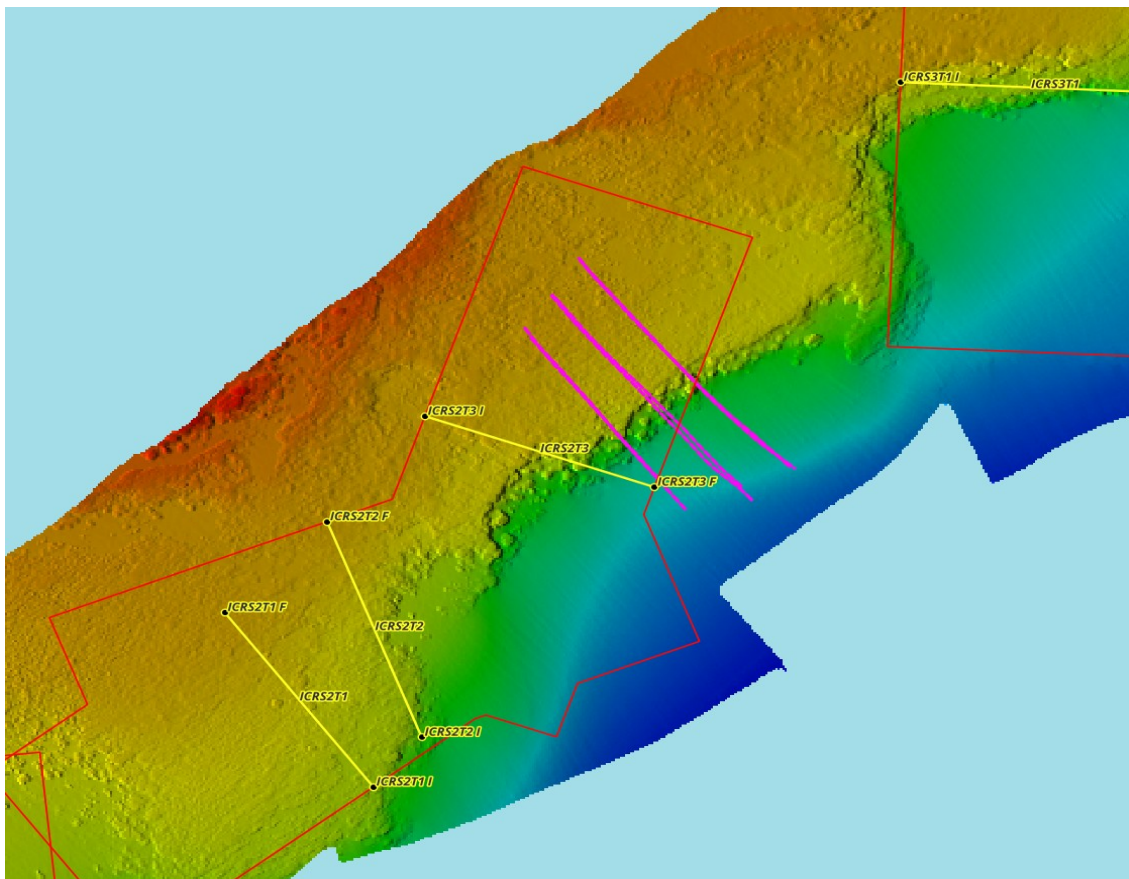


Figura 6: Ubicazione delle linee di calibrazione effettuate

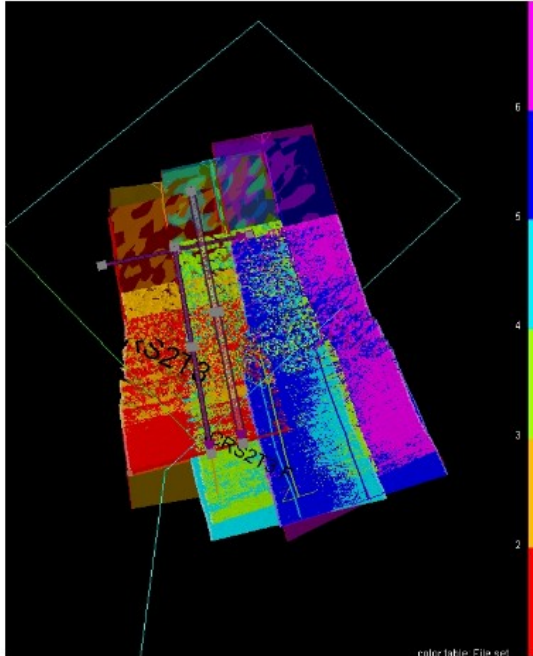
Gli offset dinamici sono stati determinati mediante procedura di patch test su linee dedicate, con stima dei parametri di roll, pitch e yaw. Il report di calibrazione prodotto in PDS2000 riporta i seguenti valori finali:

Parametro	Valore di calibrazione
Roll mounting angle	0,12° PU+
Pitch mounting angle	0,35° BU+
Yaw mounting angle	2,41°

La calibrazione è stata eseguita mediante linee dedicate di navigazione e controllo; le rotte di calibrazione sono state restituite in formato shapefile WGS84 insieme alle rotte di navigazione del rilievo produttivo.

Multibeam Calibration Summary

venerdì, 19 giugno 2026, 09:36:59



Calibration file: C:\Users\carlo\Documents\pds2000\2026 06 18 Crotone\2026 06 18 Crotone cal[mbs1].mbc

Roll

Results:

Roll Calibration range from -5.00 °PU+ to 5.00 °PU+, step 0.01 °PU+
Roll mounting angle = 0.12 °PU+

Pitch

Results:

Pitch Calibration range from -5.00 °BU+ to 5.00 °BU+, step 0.01 °BU+
Pitch mounting angle = 0.35 °BU+

Yaw

Results:

Yaw Calibration range from -5.00 ° to 5.00 °, step 0.01 °
Yaw mounting angle = 2.41 °

Figura 7: Risultati della calibrazione

9 Profili di velocità del suono

Per la correzione della propagazione acustica nella colonna d'acqua sono stati acquisiti profili SVP mediante Valeport SWIFT SVP, seriale 79310. I profili sono stati importati nel workflow PDS2000 e applicati durante l'elaborazione dei dati batimetrici.

Nome File	Ora (UTC)	Latitudine	Longitudine	Profondità massima	Intervallo velocità suono
VL_79310_260618061401.vp2	06:14	38.91008 N	17.14454 E	28,09 m	1531,90 - 1533,30 m/s
VL_79310_260618081501.vp2	08:15	38.90169 N	17.13953 E	50,71 m	1518,33 - 1533,91 m/s

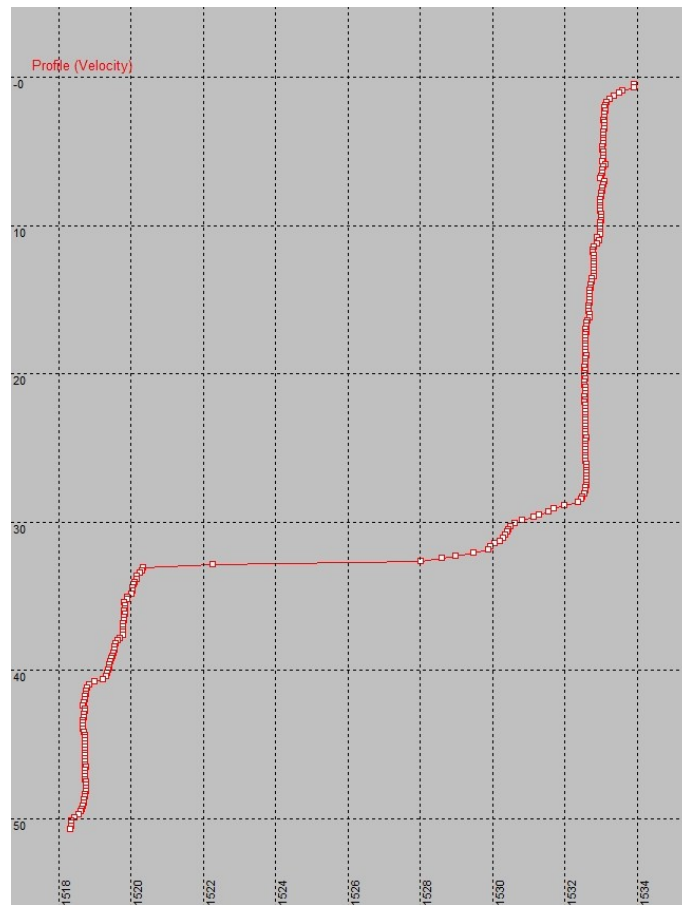


Figura 8: SVP 2

10 ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DEI DATI MBES

10.1 Acquisizione dati

Dopo la fase di installazione, configurazione e controllo dei sistemi, è iniziata l'acquisizione dei dati nell'area di indagine. I dati di navigazione e batimetria sono stati acquisiti mediante Teledyne PDS2000 interfacciato con il sistema Norbit.

Con PDS2000 si è provveduto sia all'acquisizione dei dati sia al controllo della navigazione, verificando in tempo reale la copertura dell'area e la continuità degli swath. Le linee di navigazione sono state eseguite in funzione della morfologia locale, della batimetria e delle esigenze operative definite a bordo.

Le modalità operative di acquisizione sono state adattate in campo in accordo con la Committenza presente a bordo, in funzione delle condizioni operative e dei tempi disponibili.

Il dato Backscatter MBES è stato acquisito contestualmente alla batimetria tramite snippets/intensità acustica del sistema Norbit.

10.2 Elaborazione dati

Il software di elaborazione PDS2000 ha consentito la gestione integrata dei dati morfo-batimetrici, dalla validazione dei file acquisiti alla generazione dei modelli digitali del fondale.

Inseriti i parametri di calibrazione e i profili SVP, i dati originali sono stati sottoposti a filtraggio e controllo per eliminare i sounding non validi e mantenere il dataset utile alla generazione del DTM finale.

La procedura di processing dei dati è consistita nelle seguenti fasi:

- importazione delle linee di acquisizione MBES;
- applicazione dei parametri di assetto, offset e calibrazione;
- importazione e applicazione dei profili SVP acquisiti in campo;
- applicazione della correzione di marea da mareografo di Crotone;
- filtraggio semiautomatico e controllo manuale dei sounding;
- generazione del modello CUBE e del DTM batimetrico finale;
- elaborazione degli snippets e produzione del mosaico Backscatter MBES;
- esportazione dei prodotti cartografici e GIS di consegna.

Il DTM finale è stato generato mediante algoritmo CUBE (Combined Uncertainty and Bathymetry Estimator) implementato in Teledyne PDS2000. Il modello consegnato è stato esportato in formato ESRI ASCII Grid con passo 0,5 m, inferiore al limite massimo di 1 m previsto dalla scheda metodologica.

11 CONTROLLI DELLA QUALITÀ DEL DATO

Durante le fasi di acquisizione e processing sono stati verificati la continuità della copertura, la coerenza tra linee adiacenti, la qualità dei bordi swath e l'efficacia dell'applicazione dei profili di velocità del suono. Le linee di calibrazione sono state utilizzate per la determinazione dei parametri di roll, pitch e yaw del sistema MBES.

Particolare attenzione è stata posta alla verifica dei settori esterni dello swath nelle aree caratterizzate da maggiore apertura angolare, al fine di mantenere nel DTM finale esclusivamente dati coerenti con la qualità richiesta per la restituzione morfo-batimetrica.

Il mosaico Backscatter MBES è stato controllato visivamente per verificare continuità radiometrica, leggibilità della tessitura acustica del fondale e coerenza spaziale con il DTM batimetrico.

12 ELABORATI PRODOTTI

Gli elaborati prodotti comprendono tavole cartografiche in formato PDF e dati georeferenziati in formato GIS. I raster a passo metrico sono restituiti in WGS84 / UTM zona 33N, mentre le rotte di navigazione e calibrazione sono restituite in coordinate geografiche WGS84.

Elaborato	Formato	Descrizione
Elab 1 MBES.pdf	PDF	Tavola cartografica morfo-batimetrica MBES.
Elab 2 Backscatter.pdf	PDF	Tavola cartografica del mosaico Backscatter MBES.
mbes_50cm_WGS84UTM33N.asc + .prj	ASCII Grid	DTM batimetrico passo 0,5 m in WGS84 / UTM 33N.
mosaico Backscatter.tif	GeoTIFF	Mosaico Backscatter MBES georeferenziato, passo 0,2 m.
rotte_navigazione_WGS84.*	Shapefile	Rotte di navigazione in WGS84 geografico, geometrie lineari 2D.
rotte_calibrazione_WGS84.*	Shapefile	Rotte di calibrazione in WGS84 geografico, geometrie lineari 2D.
VL_79310_260618061401.vp2	VP2	Profilo SVP acquisito il 18/06/2026 alle 06:14:01 GMT.

VL_79310_260618081501.vp2	VP2	Profilo SVP acquisito il 18/06/2026 alle 08:15:01 GMT.
---------------------------	-----	--

Alla consegna sono allegati i raw data registrati da Teledyne PDS2000.

13 CONCLUSIONI

Il rilievo morfo-batimetrico dell'area Capo Rizzuto / Capo Bianco è stato eseguito mediante ecoscandaglio multibeam Norbit iWBMS 400 kHz con sistema di posizionamento GNSS/INS integrato e software di acquisizione ed elaborazione Teledyne PDS2000.

I dati acquisiti sono stati sottoposti alle procedure di elaborazione previste dal workflow di progetto, comprensive di applicazione dei parametri di calibrazione, applicazione dei profili di velocità del suono, correzione mareografica, filtraggio dei sounding non validi, generazione del modello digitale del fondale ed elaborazione degli snippets per la produzione del mosaico Backscatter MBES.

Il dataset finale fornisce una rappresentazione morfo-batimetrica e acustica dell'area indagata, mediante DTM a passo 0,5 m, mosaico Backscatter MBES e rotte di navigazione/calibrazione georeferenziate.