



COMUNE DI ORTONA

Titolo progetto

**"COMPLETAMENTO INTERVENTI SUL
PORTO DI ORTONA"**
APPROFONDIMENTO DRAGAGGIO, PROLUNGAMENTO
DIGA SUD
CIG 7822604907 CUP D74B16000360001

Soggetto attuatore



**Azienda Regionale
Attività Produttive**

Via Nazionale SS 602 km 51+355, Centro Direzionale 2°
Piano - 65012 Villanova di Cepagatti (PE)
C.F. 91127340684 - P.I. 02083310686
arapabruzzo@pec.it - vasto@arapabruzzo.it

**DIPARTIMENTO LAVORI &
MANUTENZIONI - DL**
Resp: Ing. Nicola BERNABEO

**RESPONSABILE UNICO DEL
PROCEDIMENTO**
Arch. Sergio PEPE

IL GRUPPO DI LAVORO

Ing. Tommaso IMPICCIATORE
Arch. Lorenzo DI GIROLAMO
Geologo Mattia IPPOLITO

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Data | 12/08/2023 | 2 | 3 | 0 | 0 | 4 | D | T | 0 | 2 | 1 | - | 0 | T | O | P |
|------|------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|

Fase progettuale

- PROGETTO DEFINITIVO -

Titolo elaborato

**C.01
RILIEVI TOPOGRAFICI E BATIMETRICI
DELLE AREE DI INTERVENTO**

Raggruppamento temporaneo di professionisti

Mandataria



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

Prof. Ing. Alberto NOLI
Dott. Ing. Paolo CONTINI
Prof. Ing. Paolo DE GIROLAMO
Dott. Ing. Giancarlo MILANA
Dott. Ing. Alessia CURATOLO
Dott. Ing. Giuseppe VELLA
Dott. Ing. Valerio TRULLI

Mandanti

Giovane Professionista
Dott. Ing. Myrta CASTELLINO
Geologo
Dott. Geol. Nicola TULLO



PORTO DI ORTONA

**RILIEVO AEROFOTOGRAMMETRICO E
BATIMETRICO DELL'IMBOCCATURA DEL
PORTO DI ORTONA**

Rif. C2350

**RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA ED
ILLUSTRATIVA DEI RISULTATI**

Cliente:

Modimar srl

Via Monte Zebio 40 - 00195 ROMA

Indice delle revisioni

| Rev. | Data | Descrizione | Emesso | Verificato | Approvato |
|------|------------|-------------|-----------|------------|--------------|
| 0 | 01/06/2023 | Emissione | T. D'Elia | S. Mancini | I. Malavolti |
| 1 | | | | | |
| 2 | | | | | |
| 3 | | | | | |
| 4 | | | | | |

INDICE

| | | |
|-------------|---|-----------|
| 1.0 | SCOPO DEL LAVORO E DEL DOCUMENTO..... | 6 |
| 2.0 | DEFINIZIONI ED ABBREVIAZIONI..... | 7 |
| 2.1 | DEFINIZIONI | 7 |
| 2.2 | ABBREVIAZIONI ED ACRONIMI | 7 |
| 2.3 | TRADUZIONE DEGLI ACRONIMI E DEI TERMINI ANGLOSASSONI | 9 |
| 3.0 | AREA DA RILEVARE..... | 10 |
| 3.1 | INQUADRAMENTO AREA E DIMENSIONAMENTO DEL SERVIZIO | 10 |
| 4.0 | MODALITA' DI ESECUZIONE DEI RILIEVI..... | 11 |
| 4.1 | CRITERI OPERATIVI..... | 11 |
| 4.2 | CONDIZIONI OPERATIVE NECESSARIE PER L'ESECUZIONE DEL RILIEVO | 13 |
| 4.3 | MOB / DEMOB | 14 |
| 4.4 | METODOLOGIA RILIEVI MBES A TESTA INCLINATA | 15 |
| 4.5 | MODALITA' DI ESECUZIONE RILIEVI AEROFOTOGRAMMETRICI | 19 |
| 4.6 | MOB / DEMOB | 21 |
| 5.0 | QHSE..... | 22 |
| 5.1 | NORMATIVE E NORME APPLICABILI..... | 22 |
| 5.2 | SICUREZZA | 22 |
| 6.0 | UNITA' DI MISURA DEL PROGETTO | 23 |
| 6.1 | DATUM TEMPORALE | 23 |
| 6.2 | DATUM VERTICALE | 24 |
| 6.3 | DATUM ORIZZONTALE | 25 |
| 6.4 | PARAMETRI GEODETICI E DI PROIEZIONE..... | 26 |
| 6.5 | UNITÀ DI MISURA ADOTTATE..... | 28 |
| 7.0 | RISORSE IMPIEGATE | 29 |
| 7.1 | LISTA DEL PERSONALE..... | 29 |
| 7.2 | LISTA DELLA STRUMENTAZIONE..... | 30 |
| 8.0 | DESCRIZIONE E CARATTERISTICHE STRUMENTAZIONE IMPIEGATA | 32 |
| 8.1 | SISTEMA DI POSIZIONAMENTO E NAVIGAZIONE | 32 |
| 8.2 | SOFTWARE DI NAVIGAZIONE E ACQUISIZIONE DATI MBES..... | 33 |
| 8.3 | SISTEMA DI POSIZIONAMENTO PRIMARIO | 34 |
| 8.4 | SISTEMA DI POSIZIONAMENTO SECONDARIO | 36 |
| 8.5 | SISTEMA MULTI BEAM ECHO SOUNDER | 38 |
| 8.6 | SISTEMA SVP | 40 |
| 8.7 | DRONE AEREO SAPR | 42 |
| 9.0 | PROCEDURA DI CALIBRAZIONE MULTI BEAM ECHO SOUNDER | 44 |
| 10.0 | METODOLOGIE DI ELABORAZIONE DEI DATI..... | 46 |
| 10.1 | CRITERI OPERATIVI ELABORAZIONE DATI ACQUISITI A MARE..... | 46 |
| 10.2 | ELABORAZIONE DATI SVP | 47 |
| 10.3 | ELABORAZIONE DATI DI POSIZIONE E ASSETTO | 48 |
| 10.4 | CORREZIONE DEI LIVELLI IDROMETRICI | 49 |
| 10.5 | ELABORAZIONE DATI BATIMETRICI | 50 |

| | | |
|-------------|--|-----------|
| 10.6 | ELABORAZIONE DEI DATI AEROFOTOGAMMETRICI | 52 |
| 11.0 | RISULTATI DELL'INDAGINE..... | 53 |
| 11.1 | NUVOLA DI PUNTI - BANCHINA DI RIVA | 53 |
| 11.2 | IMMAGINI DTM TOTALE..... | 56 |
| 12.0 | ELENCO DATI CONSEGNATI..... | 58 |

ALLEGATI AL DOCUMENTO

| | | |
|---------------------|---|------------|
| ALLEGATO 1 | Monografia Caposaldo di Riferimento; | |
| ALLEGATO 2: | Schede Tecniche della Strumentazione | |
| ALLEGATO 3: | Nuvole di punti e DTM; | |
| ALLEGATO 4: | Software PDS Lite View; | |
| Allegato 4-A | <i>Digitale</i> | Eseguibile |
| Allegato 4-B | <i>Digitale</i> | Manuale |
| ALLEGATO 5: | Cartografia | |
| Allegato 5-A | <i>Digitale</i> | File DWG |
| Allegato 5-B | <i>Digitale</i> | File PDF |

1.0 SCOPO DEL LAVORO E DEL DOCUMENTO

In seguito all'incarico ricevuto da Modimar srl, **Subsea Fenix** in data 23 maggio 2023 ha eseguito una campagna di rilievi aerofotogrammetrici e batimetrici dell'imboccatura del porto di Ortona con Sistema Aeromobile a Pilotaggio Remoto (SAPR) e sistema Multi Beam Echo Sounder.

Lo scopo dell'incarico affidatoci è quello di ricostruire digitalmente la superficie di parte dei moli del Porto di Ortona ed ottenere la batimetria dell'imboccatura.



Figura 1: posizionamento geografico del porto di Ortona.

A completamento del contratto relativo ai servizi in oggetto, è stato redatto e consegnato il presente documento, contenente oltre che una dettagliata descrizione di tutte le operazioni svolte e delle metodologie utilizzate, anche i risultati ottenuti al termine dei rilievi eseguiti. Il fine di questa relazione tecnica è quello di descrivere in maniera approfondita e dettagliata le modalità di esecuzione dei rilievi, l'elenco e le caratteristiche della strumentazione utilizzata ed infine i risultati ed eventuali conclusioni ottenute dall'analisi dei dati acquisiti.

Oltre agli allegati appena indicati il presente documento è stato corredato con una serie di altre informazioni e documenti necessari per la piena comprensione delle attività svolte (Schede tecniche della strumentazione impiegata/Monografia dei caposaldi/Immagini/Tabelle dati etc./Report Statistici).

2.0 DEFINIZIONI ED ABBREVIAZIONI

2.1 DEFINIZIONI

- **Cliente** Modimar srl;
- **Contrattista** Subsea Fenix S.r.l.;
- **Esecutore** Subsea Fenix S.r.l.;

2.2 ABBREVIAZIONI ED ACRONIMI

Qui di seguito vengono elencate le abbreviazioni e gli acronimi contenuti all'interno del presente documento e dei suoi allegati:

| | |
|-------|---|
| ASCII | American Standard Code for Information Interchange; |
| SAPR | Sistema Aeromobile a Pilotaggio Remoto; |
| ASV | Autonomous Survey/Surface Vessel; |
| CAD | Computer Aided Design; |
| CSV | Comma Separated Values File; |
| CM | Central Meridian; |
| DGPS | Differential Global Positioning System |
| DOP | Dilution of Position; |
| DTM | Digital Terrain Modelling; |
| GB | Gigabyte |
| GIS | Geographic Informative System |
| GNSS | Global Navigation Satellite System; |
| GMT | Greenwich Mean Time; |
| GPS | Global Positioning System; |
| HA | Ettari |
| HDOP | Horizontal Dilution of Precision; |
| HF | Height Frequency; |
| HRS | Heading Reference System; |
| IGM | Istituto Geografico Militare; |
| IHO | International Hydrographic Organization; |
| IMCA | International Marine Contractors Association; |
| INS | Inertial Navigation System |
| IS | International System |
| ISO | International Standards Organization; |
| Km | Chilometri; |
| KTS | Knots; |
| LF | Low Frequency; |
| M/B | Moto Barca |
| MBES | Multi Beam Echo Sounder |
| MRU | Motion Reference Unit |
| QA | Quality Assurance; |
| QC | Quality Control; |
| RAW | Dato originale/grezzo |
| ROV | Remote Operated Vehicle |
| RTK | Real Time Kinematic; |
| SSS | Side Scan Sonar; |
| SVP | Sound Velocity Probe; |
| SVS | Sound Velocity System; |
| TB | Terabyte |

| | |
|--------|------------------------------|
| TIFF | Tag-based Image File Format; |
| TM | Transversa di Mercatore; |
| UPS | Uninterruptible Power Supply |
| UTC | Coordinated Universal Time; |
| VRS | Virtual Reference Station |
| WGS 84 | World Geodetic System 1984; |

2.3 TRADUZIONE DEGLI ACRONIMI E DEI TERMINI ANGLOSASSONI

Qui di seguito vengono elencate tutte le parole in lingua Inglese utilizzate per la stesura del presente documento assieme alle relative traduzioni in lingua Italiana:

| | |
|--|---|
| Aft | Dietro/Poppa; |
| Autonomous Survey/Surface Vessel: | Imbarcazione autonoma/Drone Acquatico; |
| Bow | Prua |
| Central Meridian: | Meridiano Centrale; |
| Coordinated Universal Time | Tempo Universale Coordinato; |
| Differential Global Positioning System | Sistema di Correzione Differenziale Globale |
| Digital Terrain Modelling: | Modellazione Digitale del Terreno; |
| Dilution of Position | Diluizione della posizione; |
| Forward | Avanti / Prua; |
| Geographic Informative System | Sistema Informativo Geografico |
| Greenwich Mean Time: | Tempo Medio di Greenwich; |
| Global Positioning System: | Sistema di Posizionamento Globale; |
| Knots: | Miglia Nautiche per Ora; |
| Heading Reference System: | Sistema di riferimento della Direzione; |
| Heading | Direzione; |
| Height Frequency: | Alta Frequenza; |
| Horizontal Dilution of Precision | Diluizione della posizione orizzontale; |
| International Hydrographic Organization (IHO) | Organizzazione Internazionale di Idrografia; |
| Inertial Navigation System: | Sistema di Navigazione Inerziale; |
| International Organization for Standardization | Organizzazione internazionale per la standardizzazione; |
| Low Frequency: | Bassa Frequenza; |
| Mesh | Materiali a maglia |
| Motion Reference Unit; | Sensore di moto; |
| Negative: | Negativo; |
| Pitch: | Beccheggio; |
| PointCloud | Nuvole di punti |
| Port: | Sinistra; |
| Positive: | Positivo; |
| Quality Assurance: | Garanzia di qualità; |
| Quality Control: | Controllo di qualità; |
| Pulse Per Second | Impulso Per Secondo |
| Roll: | Rollio; |
| Real Time Kinematic | Sistema di Posizionamento con precisione centimetrica |
| Remote Operated Vehicle | Veicolo subacqueo a controllo remoto |
| Sound Velocity Probe: | Profilatore della velocità del suono; |
| Sound Velocity System: | Sistema per il calcolo della velocità del suono; |
| Side Scan Sonar: | Sistema a Scansione Laterale; |
| Swath: | Spazzata; |
| Spare | Unità di riserva |
| Starboard: | Dritta / Destra; |
| Stern | Poppa; |
| Time delay: | Latenza Temporale; |
| Tool: | Applicazione; |
| Uninterruptible Power Supply | Gruppo di continuità |
| Yaw: | Imbardata; |
| Virtual Reference Station: | Stazione di Riferimento Virtuale; |
| World Geodetic System 1984: | Sistema Geodetico mondiale istituito nel 1984; |

3.0 AREA DA RILEVARE

3.1 INQUADRAMENTO AREA E DIMENSIONAMENTO DEL SERVIZIO

L'area oggetto del rilievo è situata all'interno del porto di Ortona e corrisponde più precisamente al paramento emerso della banchina di riva e all'area antistante ad esso (Figura 2).



Figura 2: vista dell'area di rilievo.

4.0 MODALITA' DI ESECUZIONE DEI RILIEVI

4.1 CRITERI OPERATIVI

Con l'intento di garantire un elevato standard qualitativo dei servizi idrografici e topografici svolti, i rilievi sono stati eseguiti seguendo scrupolosamente le procedure e le specifiche tecniche indicate dall'IHO (International Hydrographic Organization).

Tali procedure sono riconosciute a livello internazionale, ed adottate a livello Nazionale dall'istituto Idrografico della Marina Militare e sono indicate e discusse all'interno del Disciplinare Tecnico Per la Standardizzazione Dei Rilievi Idrografici.

In ottemperanza con quanto appena dichiarato, per ottenere e garantire al cliente un elevato standard qualitativo dei dati che sono stati rilevati, per tutta la durata delle operazioni (preparazione del cantiere – acquisizione dei dati sul campo – processing dei dati raccolti – restituzione dei dati debitamente processati), è stata cura e responsabilità di ogni singolo tecnico coinvolto nel progetto rispettare tutti i criteri operativi qui di seguito riportati (*Tabella 1*).

| CRITERI OPERATIVI PER L'ESECUZIONE DEI RILIEVI | |
|---|---|
| Qualità dei Dati Registrati: | <p>Durante le fasi operative di acquisizione dei dati è stata posta particolare attenzione alla qualità del dato acquisito al fine di mantenere alto lo standard di accuratezza dei dati registrati.</p> <p>Tali controlli sono stati garantiti mediante l'utilizzo di specifici strumenti presenti all'interno dei softwares di navigazione e acquisizione e mediante delle applicazioni presenti nei software specifici di gestione dei sistemi PDS, Applanix, Trimble.</p> <p>Tutti questi Tool sono stati utilizzati al fine di monitorare la qualità del dato direttamente on-line durante le varie fasi di acquisizione.</p> |
| CRITERI OPERATIVI PER L'ESECUZIONE DEI RILIEVI | |
| Velocità Massima Operativa: | <p>Durante le fasi di acquisizione dei dati MBES a testa inclinata combinati con il laser dinamico, la velocità di crociera operativa adottata stata compresa tra i 2.5 ed i 3.0 knot. Tale velocità ha garantito un ottimo compromesso tra tempi di realizzazione & qualità del rilievo.</p> <p>Tale parametro è stato costantemente monitorato al fine di ridurlo immediatamente in caso di superamento e/o nei casi estremi, abortire e ripetere l'acquisizione.</p> |
| Esecuzione dei Rilievi: | <p>Durante le fasi di acquisizione dei dati MBES a testa inclinata e gli esecutori si sono impegnati a pianificare al meglio le attività tenendo conto delle condizioni di Marea e della disponibilità delle banchine libere. A tal proposito durante le operazioni è messo appunto e compilato un apposito modulo.</p> <p>Gli esecutori durante tutte le diverse fasi di acquisizione si sono impegnati a garantire le normali attività dell'intera area del bacino e della diga, senza recare interferenze. A tal fine è stato condotto un costante lavoro di coordinamento con tutti gli attori operanti all'interno dell'area di intervento.</p> <p>Gli esecutori si sono impegnati a mantenere sotto controllo la qualità dei dati acquisiti anche in relazione alle condizioni meteomarine al fine di sospendere le operazioni di acquisizione dei dati qualora tali condizioni avessero messo in discussione l'affidabilità e la qualità dei dati acquisiti.</p> |
| Controllo di qualità sul dato: | <p>Oltre a quanto già indicato precedentemente, l'idrografo ed il topografo esecutore del rilievo, al termine dei rilievi mediante una serie di strumenti presenti all'interno dei software utilizzati ha effettuato una serie di verifiche di qualità del dato registrato.</p> <p>Prima della demobilizzazione dei sistemi è stato effettuato un controllo di qualità / coerenza / affidabilità / dei dati acquisiti. Oltre a ciò è stato verificato che lo/gli copi del lavoro fossero tutti soddisfatti;</p> |
| Trasparenza nelle operazioni | <p>Gli esecutori prima e durante il rilievo hanno compilato delle Check list ed un brogliaccio di navigazione a garanzia della qualità del lavoro svolto, oltre ad una serie di moduli ad uso interno dell'azienda;</p> <p>Gli esecutori durante le fasi di processing hanno compilato un brogliaccio dei lavori di processing a garanzia della qualità del lavoro svolto;</p> |
| Processing ed Elaborazione | <p>Il processing dei dati è stato eseguito secondo le indicazioni riportate all'interno del Disciplinare per la Standardizzazione dei Rilievi Idrografici applicabili ai rilievi di Ordine Speciale Nazionale</p> |

Tabella 1: criteri operativi.

4.2 CONDIZIONI OPERATIVE NECESSARIE PER L'ESECUZIONE DEL RILIEVO

Tutte le attività svolte in sito da Subsea Fenix per l'esecuzione del servizio in oggetto, sono state eseguite secondo un orario di lavoro di 12 (dodici) ore/giorno, per 7 (sette) giorni settimana e solamente durante le ore diurne giornaliere.

Le attività di elaborazione dei dati sono state invece svolte presso i nostri uffici seguendo un orario di lavoro di 8 (otto) ore/giorno, per 5 (cinque) giorni settimana.

Tutte le attività sia di cantiere (Acquisizione dati ed esecuzione dei rilievi) che in ufficio (fase di elaborazione dei dati e cartografia), sono state portate a termine secondo gli standard qualitativi adottati da Subsea Fenix e nel pieno rispetto delle buone prassi di salute e sicurezza dei lavoratori.

I limiti operativi adottati per l'esecuzione delle attività in mare vengono indicati all'interno della tabella di seguito riportata (tabella 2).

| CONDIZIONI OPERATIVE LIMITE PER I RILIEVI | |
|--|-------------------|
| VOCE | BATIMETRIA |
| Forza del Vento | 20 Knots |
| Altezza d'Onda Massima | 0.75m |
| Velocità della Corrente | 3 nodi |
| Precipitazioni | Assenti |
| Visibilità in acqua | N/A |
| Visibilità fuori acqua | 2000m |

Tabella 2: Limiti operativi

Durante le attività le condizioni/limite sopradescritte sono sempre state monitorate e rispettate al fine di garantire la sicurezza del personale coinvolto, delle attrezzature utilizzate e della qualità dei dati acquisiti. Nelle giornate/periodi di tempo in cui si sono svolte le operazioni in sito non si sono mai verificate condizioni meteorologiche tali da superare i limiti stabiliti pertanto non si è mai reso necessario sospendere le attività per meteo avverso.

4.3 MOB / DEMOB

La mobilitazione dei tecnici e delle attrezzature necessarie all'esecuzione della campagna geofisica ha avuto luogo da Mezzano (RA), dalla sede della Subsea Fenix S.r.l. fino all'area di cantiere (Porto di Ortona). I tecnici con la strumentazione al seguito si sono spostati via terra mediante l'utilizzo di furgoni, mentre l'imbarcazione con a bordo il relativo equipaggio si sono spostati via mare in navigazione.

L'allestimento di tutta la strumentazione a bordo dell'imbarcazione è stato eseguito direttamente in cantiere. Una volta in sito, i tecnici hanno provveduto alle operazioni di MOB direttamente in banchina al fine eseguire le operazioni in totale sicurezza.

Preventivamente all'inizio delle attività, in conformità con quanto previsto dell'IHO e dalle procedure interne ISO della Subsea Fenix, sono state eseguite le procedure di calibrazione di tutti i sistemi che ne necessitano l'esecuzione.

Una volta terminate tutte le attività di cantiere la strumentazione è stata demobilitata in banchina, sempre nel rispetto della piena sicurezza delle operazioni; successivamente l'imbarcazione è stata trasferita a Ravenna sempre in navigazione via mare, mentre la strumentazione ed i tecnici sono rientrati in sede su strada mediante un furgone.

4.4 METODOLOGIA RILIEVI MBES A TESTA INCLINATA

Al fine di adempiere in maniera corretta allo scopo del lavoro, i rilievi sono stati eseguiti utilizzando la tecnologia Multi Beam Echo Sounder installato con testa inclinata (*Figura 3, Figura 4*) installata a bordo di una imbarcazione specificatamente allestita e customizzata denominata "Maialeo", mediante apposito supporto installato a murata dell'imbarcazione.

Anche se questo tipo di attività non viene disciplinata dalle linee guida dell'IHO, per coerenza con i rilievi batimetrici eseguiti con MBES in configurazione standard (testa parallela al fondale) le attività di acquisizione sono state svolte seguendo scrupolosamente le linee guida e le specifiche indicate all'interno del Disciplinare Tecnico per la Standardizzazione dei Rilievi Idrografici – Rilievi di Ordine Speciale Nazionale emesso dall'Istituto idrografico della Marina Militare.

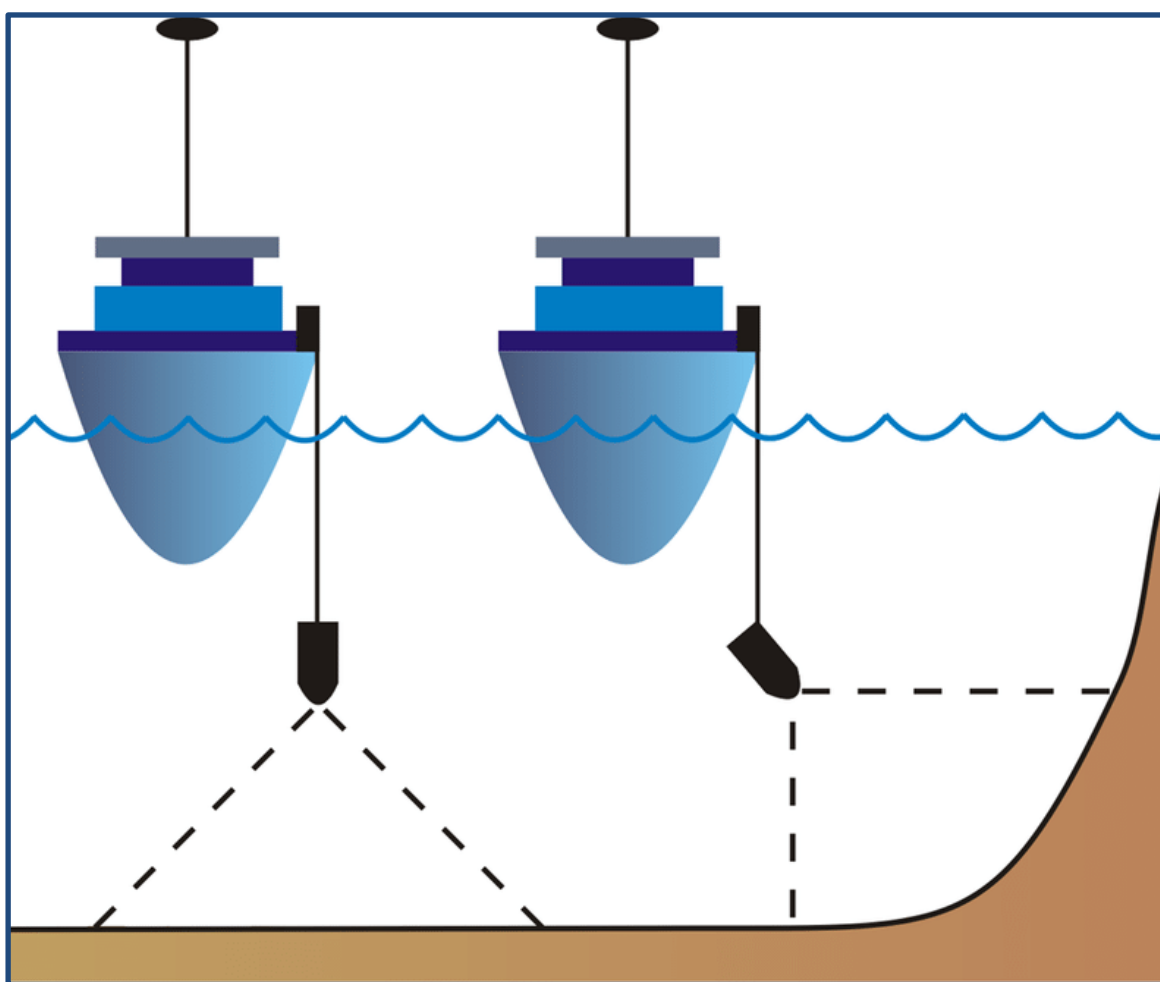


Figura 3: schema acquisizione dati testa piana (dx) e testa inclinata (sx)

Tutte le fasi di pianificazione dei rilievi, la loro esecuzione, il processing e l'elaborazione cartografica finale, sono state eseguite da personale specializzato e formato che ha operato sempre in conformità ai requisiti della normativa vigente in materia di rilievi idrografici, agli standard IHO adottati anche dall'Istituto Idrografico della Marina Militare Italiana (disciplina dei rilievi di ordine nazionale speciale) e seguendo le procedure di qualità e sicurezza aziendale interne definite dalle norme UNI EN ISO 9001:2015 nonché le procedure stabilite dal produttore dei software e hardware utilizzati.



Figura 4: esempio di Multi Beam installato in modalità testa inclinata.

Il Multi Beam utilizzato, è un sistema di ultima generazione capace di acquisire un enorme numero di dati (1024 Beam) a Frequenze e velocità di campionamento molto elevate (800Khz - 50Hz Pulse Rate) in grado di garantire una risoluzione verticale del dato batimetrico acquisito inferiore al cm (6mm). Al MBES adottato è stato accoppiato oltre che una sonda per il calcolo della velocità del suono in continuo (SVS) un sistema di posizionamento INS (sistema di posizionamento primario) in grado di rilevare dati in modalità RTK, un sistema integrato MRU-GYRO, oltre che ad un sistema di posizionamento secondario composta da un ricevitore GPS in modalità RTK che unitamente ai software di gestione/acquisizione sono stati in grado di acquisire e controllare tutti i sistemi impiegati.



Figura 5: installazione MBES a bordo del *Maestrale Primo*.

Il sistema satellitare di posizionamento superficiale primario utilizzato per i rilievi è un GPS-RTK-INS Applanix Wave Master, costituito da due ricevitori detti Primario e Secondario e da un demodulatore. Questo è un sistema completamente modulare e può ricevere satelliti GPS singola o doppia frequenza o la nuova frequenza L5, può inoltre tracciare anche i satelliti Glonass. Il sistema è compatibile anche con i servizi di correzione RTK ItalPos o Netgeo, mediante collegamento VRS alla rete nazionale N-TRIP.

Il sistema satellitare di posizionamento superficiale secondario adottato è invece un GPS-RTK Trimble GNSS R10-2. Questa antenna può ricevere satelliti GPS da tutte le costellazioni attualmente in orbita (GPS, GLONASS, Galileo, Beidou e QZSS), sia singola o doppia frequenza oltre che la nuova frequenza L5. Anche questo sistema è compatibile oltre che con la rete di correzione RTK proprietaria Trimble (Netgeo) anche con quella ItalPos, mediante connessione GPRS.

Tutti i sistemi idrografici sia hardware che software, in fase di acquisizione sono stati settati al fine di acquisire i dati secondo gli standard indicati dal Disciplinare Tecnico per la Standardizzazione dei Rilievi Idrografici. Sia il software di acquisizione che gli apparati sono stati impostati al fine di registrare i dati di posizione, movimento con una frequenza di campionamento di 200Hz, mentre i dati di velocità del suono e profondità con una frequenza di campionamento di 50Hz, così da poter sfruttare a pieno le potenzialità della strumentazione impiegata.

Fatta questa breve descrizione, è possibile accedere all'elenco completo ed alla descrizione dettagliata di tutte le caratteristiche della strumentazione e del personale impiegato per la realizzazione dell'intero rilievo che è stato riportato successivamente.

Grazie all'architettura adottata è stato possibile associare contemporaneamente in tempo reale sia ai dati Multi Beam che ai dati topografici la posizione assoluta mediante coordinate tridimensionali di ogni singolo punto battuto. Entrambe i dati (MBES & LASER) sono stati acquisiti contemporaneamente utilizzando un apposito software prodotto dalla Teledyne RESON (PDS) e successivamente processati ed interpretati negli uffici Subsea Fenix attraverso le utility di Editing presenti all'interno dello stesso software.

L'hardware ed il software di acquisizione utilizzati, hanno consentito la gestione di diverse porte seriali ed ethernet per la comunicazione e la sincronizzazione di tutti i dati provenienti dai vari sensori. L'architettura del sistema creata e la modalità di acquisizione ed archiviazione messa a punto ha permesso di effettuare un doppio Quality Control dei dati on-line durante le attività di acquisizione, sia off-line una volta terminata l'acquisizione di tutti i dati.

Il controllo di qualità e l'analisi dei dati di profondità e topografici acquisiti è stato eseguito in Real-time dal tecnico preposto a bordo dell'imbarcazione di supporto alle operazioni secondo le seguenti modalità:

- ✓ Controllo qualità dei dati MBES;
- ✓ Controllo qualità del dato Laser;
- ✓ Controllo qualità del segnale GNSS-RTK primario;
- ✓ Controllo qualità del segnale GNSS-RTK secondario;
- ✓ Monitoraggio della velocità massima dell'imbarcazione;
- ✓ Monitoraggio delle condizioni meteo;
- ✓ Controllo qualità degli swath acquisiti;
- ✓ Controllo qualità del DTM di acquisizione;
- ✓ Controllo qualità dei dati SVS / SVP
- ✓ Corretta copertura dell'area da indagare;
- ✓ Conformità dell'archiviazione dei dati;

Il rilievo così eseguito ha permesso una ricostruzione fedele e di altissima precisione dei paramenti murari della parte sommersa in maniera tridimensionale ed al contempo di poter evidenziare le "anomalie" e/o le particolari peculiarità presenti sulle strutture.

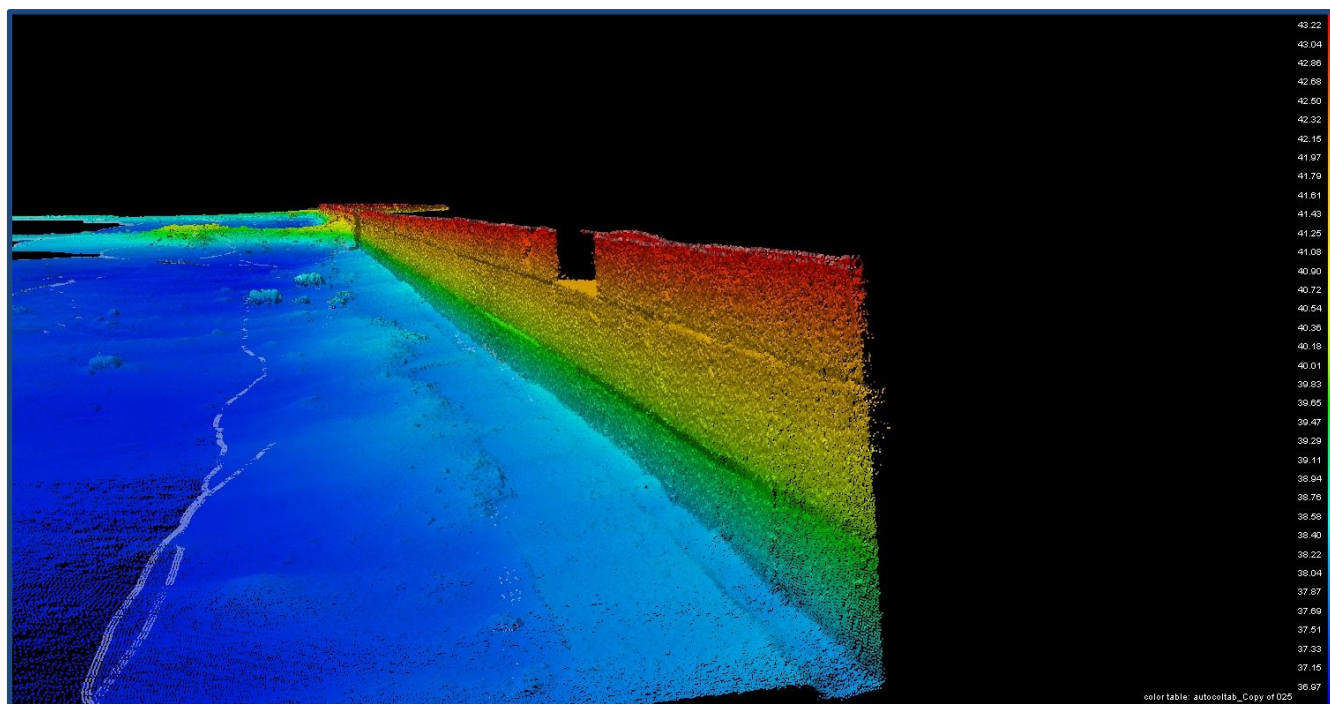


Figura 6: Esempio dei risultati ottenuti con il rilievo.

La mole di dati batimetrici così acquisiti sul campo durante le operazioni, è stata trattata ed elaborata in maniera preliminare direttamente in cantiere e successivamente rielaborata in maniera definitiva presso gli uffici della

Subsea Fenix S.r.l. secondo le modalità previste dalle procedure IHO ed adottate dall'Istituto Idrografico della Marina Militare Italiana.

4.5 MODALITA' DI ESECUZIONE RILIEVI AEROFOTOGAMMETRICI

Il rilievo della parte emersa della banchina è stato eseguito utilizzando la metodologia Aerofotogrammetrica.

Tutte le fasi di pianificazione del rilievo la sua esecuzione, il processing e l'elaborazione cartografica finale, sono state eseguite da personale specializzato e formato che ha operato sempre in conformità ai requisiti della normativa vigente in materia di rilievi aerofotogrammetrici dell'ENAC, e seguendo le procedure di qualità e sicurezza aziendale interne definite dalle norme UNI EN ISO 9001/2008.



Figura 7: Veicolo APR in fase di atterraggio.

Per la realizzazione di tale attività è stato utilizzato un velivolo SAPR di peso inferiore a 2 Kg (DJI Phantom 4 RTK – Targa ITA-1402577), in possesso dei requisiti richiesti dal regolamento internazionale ENAC (Cod. Operatore D-Flight ITE7560P5a). Il velivolo autonomo adottato è specificatamente progettato per l'esecuzione di rilievi fotogrammetrici tridimensionali. Questo è dotato di un'antenna GPS differenziale in grado di ricevere la correzione RTK da una base di terra (DJI D-RTK 2 Mobile Station) e/o attraverso reti di correzione via internet, oltre che generare e registrare durante il volo dei file Rinex utilizzabili in post processing per

poter utilizzare accuratèzze inferiori ad 1 cm sia in verticale che in orizzontale. Oltre al sistema di posizionamento il velivolo è dotato di una fotocamera mobile HD. L'elenco completo e la descrizione dettagliata di tutta la strumentazione e del personale impiegato per la realizzazione del rilievo sono stati riportati in dettaglio all'interno dei Paragrafi contenuti nel Capitolo 6 (Risorse Impiegate) del presente documento.

L'architettura di questo SAPR ha permesso di associare ad ogni singolo scatto eseguito un set di dati di posizionamento (X/Y/Z) con precisione inferiore a un centimetro, garantendo in questo modo una elevata accuratezza nella fase di allineamento dei fotogrammi e permettendo una mappatura molto precisa di oggetti ed aree di grandi dimensioni come quelle rilevate.

La base di terra è stata posizionata su un punto di coordinate note al fine di inquadrare



Figura 8: veicolo APR.

gli scatti fotografici e l'intero rilievo nel sistema di coordinate prescelto dal cliente (maggiori informazioni sui caposaldi utilizzati sono riportate all'interno dell'allegato 1 del presente documento).

I rilievi sono stati condotti con il velivolo che ha operato ad una quota di volo pari a 60m dal suolo per via delle restrizioni imposte dalla piattaforma ufficiale ENAC D-Flight. In relazione a tale quota, sono stati stabiliti i piani di volo con linee equidistanti tali da garantire una sovrapposizione dei singoli fotogrammi pari al 80% in senso longitudinale e del 70% in senso trasversale. I voli sono stati eseguiti secondo griglie regolari, con camera ortogonale al terreno, in modo da generare dei modelli tridimensionali accurati ed al contempo ortofoto ad alta definizione.

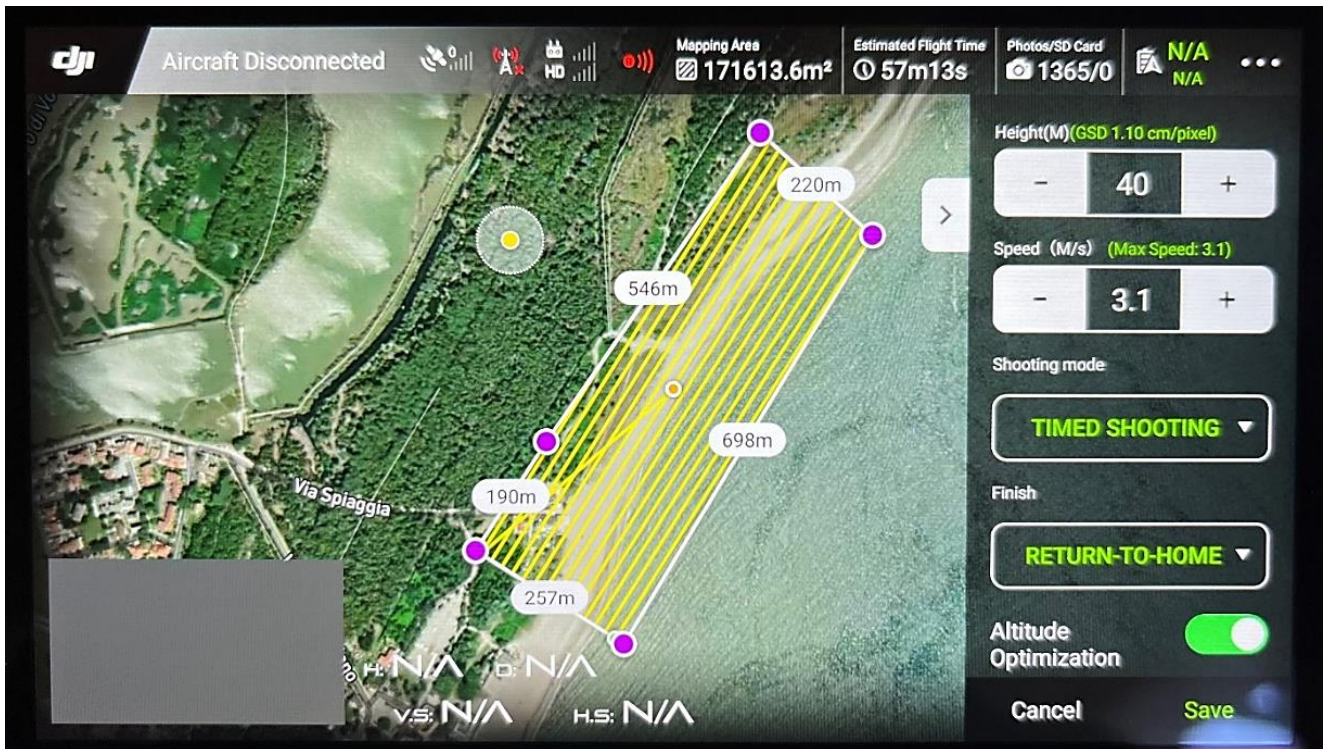


Figura 9: Interfaccia di pianificazione dei voli.

Durante la fase operativa del cantiere i dati aerofotogrammetrici sono stati acquisiti secondo il piano di rotte piano parallele di navigazione prestabilito. I tecnici impiegati, durante la fase di acquisizione dei dati hanno provveduto alla loro Verifica e Prè-interpretazione allo scopo di valutarne l'accuratezza e la coerenza. L'interpretazione dei dati in Real Time è stata utilizzata anche al fine di riscontrare la presenza di eventuali anomalie della struttura, così da poter valutare l'eventuale necessità di raffittire la maglia di acquisizione nell'intorno di queste aree.



Figura 10: SAPR Survey Area.

I dati così acquisiti sono poi stati processati ed elaborati in maniera definitiva presso gli uffici della Subsea Fenix S.r.l. da personale specializzato ed esperto in questo tipo di attività. I fotogrammi saranno processati con i software Agisoft Photoscan o Pix4D Mapper.

4.6 MOB / DEMOB

La mobilitazione dei tecnici e delle attrezzature necessarie all'esecuzione della campagna geofisica ha avuto luogo da Mezzano (RA), dalla sede della Subsea Fenix S.r.l. fino all'area di cantiere (Porto di Ortona). I tecnici con la strumentazione al seguito si sono spostati via terra mediante l'utilizzo di furgoni.

L'allestimento di tutta la strumentazione necessaria è eseguito direttamente in cantiere. Una volta in sito, i tecnici hanno provveduto alle operazioni di MOB direttamente in banchina al fine eseguire le operazioni in totale sicurezza.

Preventivamente all'inizio delle attività, in conformità con quanto previsto dell'IHO e dalle procedure interne ISO della Subsea Fenix, sono state eseguite le procedure di calibrazione di tutti i sistemi che ne necessitano l'esecuzione.

Una volta terminate tutte le attività di cantiere la strumentazione è stata demobilitata in banchina ed i tecnici sono rientrati in sede su strada mediante un furgone.

5.0 QHSE

5.1 NORMATIVE E NORME APPLICABILI

- Disciplinare Tecnico per la Standardizzazione dei Rilievi Idrografici;
- D. Lgs. 81/2008 "Testo Unico sulla Salute e Sicurezza e sul lavoro";
- Linee guida IMCA (International Marine Contractors Association);
- Linee guida IHO

5.2 SICUREZZA

- Le operazioni sono state eseguite in conformità alle prescrizioni del Manuale di Sicurezza della Subsea Fenix.

6.0 UNITA' DI MISURA DEL PROGETTO

6.1 DATUM TEMPORALE

Come richiesto dagli standard IHO ed indicato all'interno del Disciplinare Tecnico per la Standardizzazione dei Rilievi Idrografici, il riferimento temporale utilizzato per l'intera esecuzione del progetto è l'ora UTC. Tale riferimento temporale è stato impostato ed utilizzato sia sui software di acquisizione che sugli hardware ed i software di gestione di tutta la strumentazione impiegata in questo progetto.

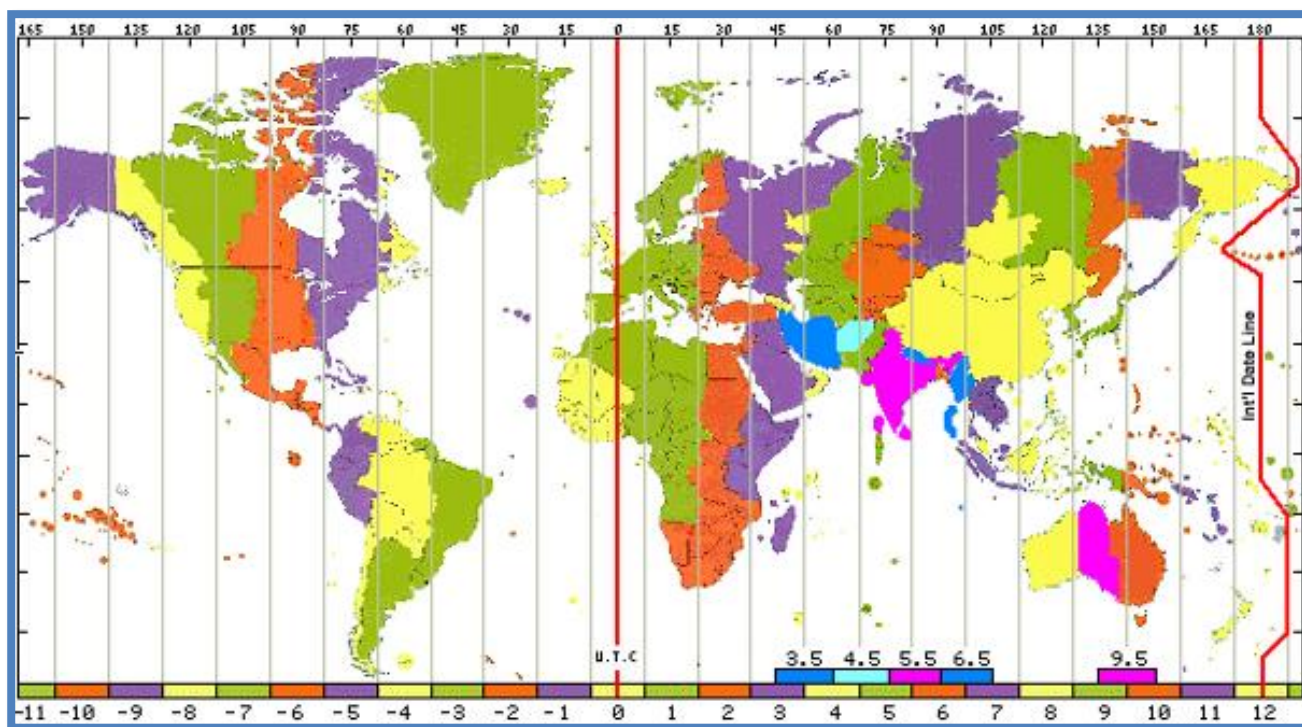


Figura 11: Datum temporale mondiale.

6.2 DATUM VERTICALE

Il riferimento verticale utilizzato per l'esecuzione del progetto e per la restituzione di tutti i dati acquisiti è il Livello Medio Mare (LMM). Tutte le misure sono state riferite alla Stazione Mareografica che si trova all'interno del porto di Ortona. La monografia del caposaldo utilizzato è stata inserita in allegato (Allegato 1 – Monografie dei Caposaldo) al presente documento tecnico.

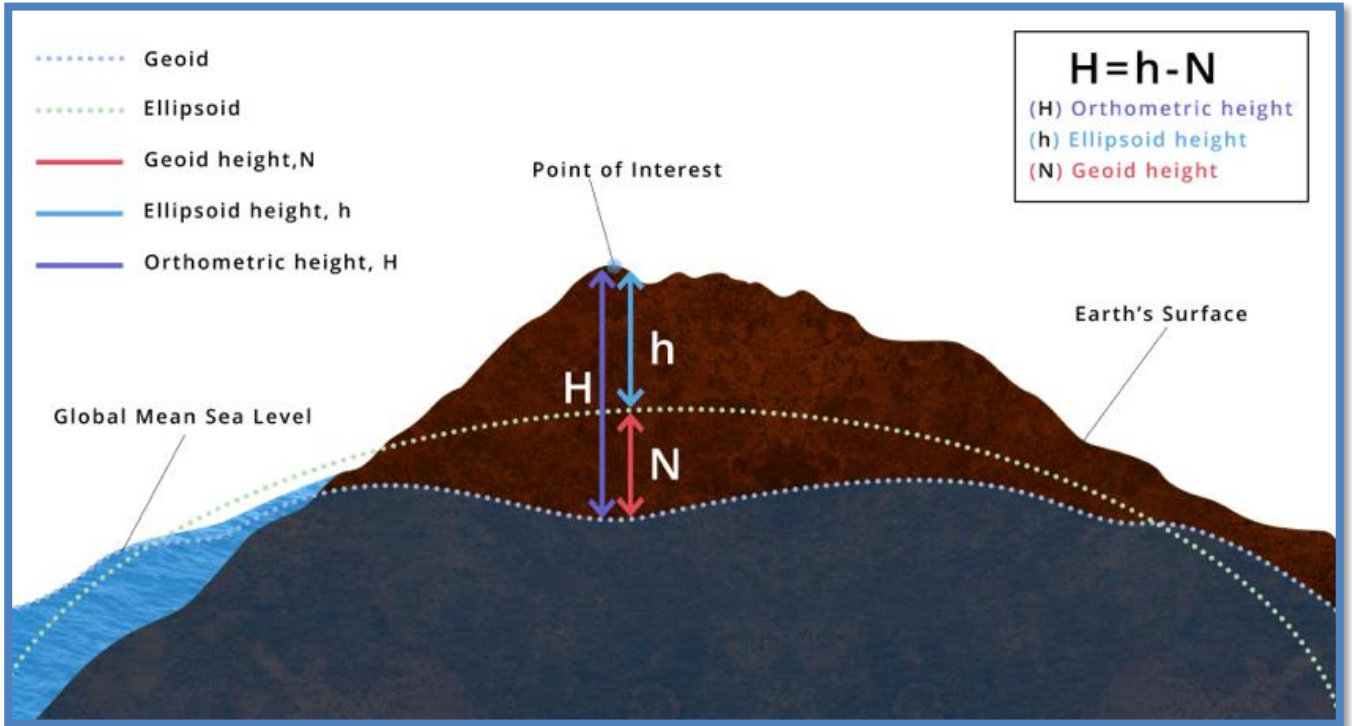


Figura 12: Datum verticale.

6.3 DATUM ORIZZONTALE

Durante l'esecuzione delle varie fasi di rilievo tutti i dati sono stati acquisiti mantenendo sempre lo stesso Datum orizzontale al fine di poter garantire la congruità tra i vari set di dati acquisiti nel tempo.

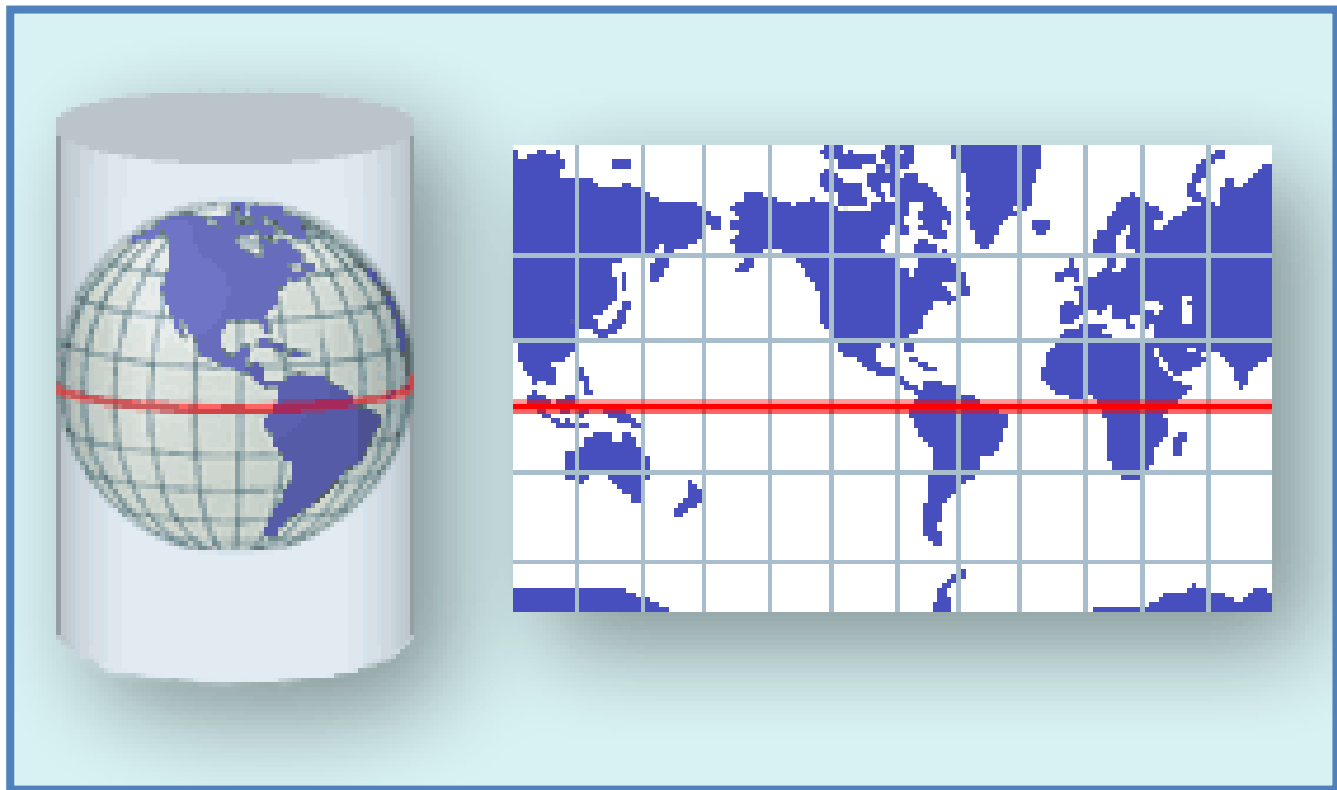


Figura 13: Proiezione cartografica di Mercatore.

Il Datum di riferimento adottato per l'esecuzione di tutti i rilievi nelle diverse metodologie è stato il sistema geodetico internazionale WGS84.

In questo sistema di riferimento sono state acquisite e successivamente restituite tutte le coordinate cartesiane geocentriche (X, Y, Z), le coordinate geografiche ellissoidiche (ϕ , λ , h) e coordinate cartografiche Est, Nord nei sistemi WGS84, proiezione UTM Fuso 33 Emisfero Nord.

I file RAW sono stati acquisiti in coordinate globali WGS84 ed immediatamente proiettati mediante appositi Tool del software di navigazione sul piano, utilizzando il sistema Universal Transverse Mercatore (UTM) Zona 33 Emisfero Nord.

6.4 PARAMETRI GEODETICI E DI PROIEZIONE

Durante l'acquisizione dei dati i parametri geodetici e di proiezione utilizzati sono stati quelli previsti dalla normativa italiana in merito alla cartografia ufficiale.

Durante le attività di campo, la coppia di coordinate ricevute online (Lat. & Long.) dai sistemi satellitari DGPS-RTK erano riferite come da standard al sistema geodetico internazionale WGS84. I parametri dell'ellissoide di riferimento utilizzati sono riportati all'interno della *Tabella 3* qui sotto riportata.

| PARAMETRI GEODETICI IN INGRESSO | |
|---------------------------------|----------------------|
| Datum | WGS84 |
| Ellissoide | WGS84 |
| Semi Asse Maggiore | a = 6378137.00 m |
| Schiacciamento Inverso | 1/f = 298.2572235693 |
| Eccentricità | 0.00669437999 |

Tabella 3: parametri Geodetici dei dati DGPS-RTK in ingresso

Tutti i dati satellitari acquisiti dai sistemi DGPS-RTK nel Datum WGS84 prima di essere trasformati in coordinate piane, sono stati traslati automaticamente dal software di navigazione sul Datum Locale. Per questo progetto il Datum locale utilizzato è lo stesso utilizzato in ingresso dai sistemi GPS (WGS84 – dettagli in *Tabella 4*).

Tutti i dati sono stati acquisiti in coordinate globali WGS84 ed immediatamente proiettati sul piano utilizzando il sistema UTM Zona 33N.

Per trasformare le coordinate geografiche (Latitudine e Longitudine), riferite all'ellissoide WGS84 in coordinate piane (Nord ed East), riferite al sistema UTM Fuso 33 Emisfero Nord basato sulla Trasformazione di Mercatore, sono stati utilizzati i parametri indicati all'interno di seguito riportata.

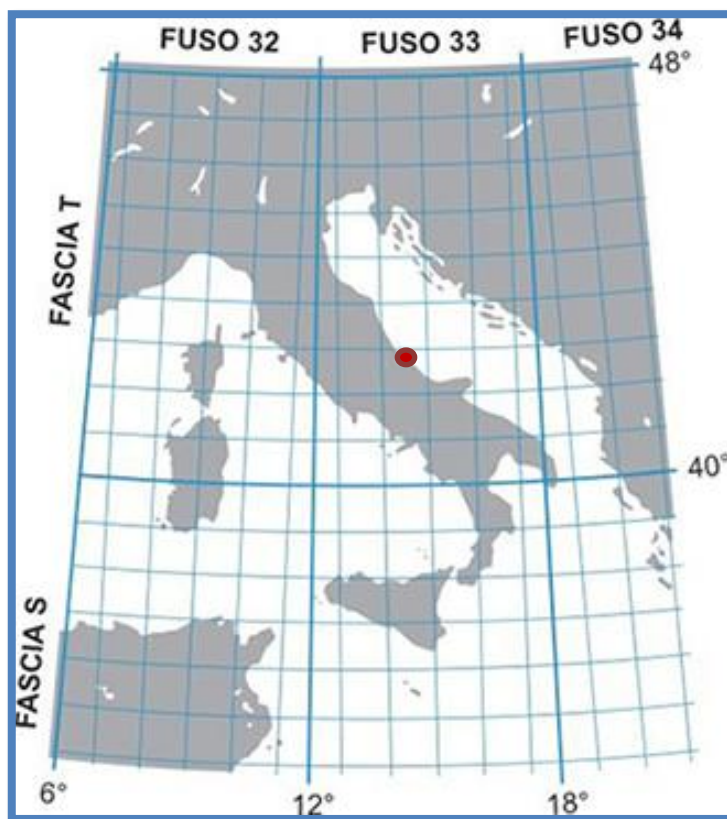


Figura 14: fusi UTM

| PARAMETRI DI PROIEZIONE | |
|----------------------------------|--|
| Proiezione | Universal Trasverse Mercator Zona 33 Emisfero Nord |
| Meridiano Centrale (CM) | 015°00'00.00"E |
| Latitudine di Origine | 000°00'00.00"N |
| Zona | 33 Nord (15 Est) |
| Emisfero | Nord |
| Falso Est | 500000.00 |
| Falso Nord | 0 |
| Fattore di scala (Dal CM) | 0.99960 |
| Unità | Metri |

Tabella 4: parametri di proiezione.

Per tutta la durata del cantiere e per tutte le differenti fasi di acquisizione, i dati sono stati acquisiti mantenendo sempre gli stessi parametri geodetici e di proiezione, al fine di garantire la congruità tra i vari set di dati acquisiti nel tempo.

6.5 UNITÀ DI MISURA ADOTTATE

Le unità di misura di lavoro utilizzate per l'esecuzione del presente progetto sono quelle indicate dal Sistema Internazionale (SI) ed adottate dall'IHO. Analogamente tutti i documenti e le mappe che sono state prodotte durante le operazioni ed a seguito del processing e reporting dei dati acquisiti per questo lavoro fanno riferimento ai parametri sopra indicati.

Nella tabella di seguito riportata (*Tabella 5*) sono elencate ed indicate tutte le unità di misura, la loro applicazione ed anche il loro formato:

| UNITA' DI MISURA DEL PROGETTO | | | |
|-------------------------------|-------------------------|---------------------|--|
| MISURA | UNITA DI MISURA | FORMATO | NOTE |
| Data | | GG/MM/AAAA | |
| Ora | | 00:00:00 | |
| Distanze | Metri (m) | ±0000.00 | |
| Angoli Orizzontali | Gradi Sessagesimali ° | 000.00 | Valori Positivi: Nord = 0° Positivi in senso orario |
| Angoli Verticali | Gradi Sessagesimali ° | ±00.00 | Valori Positivi: Sopra / Destra Valori Negativi Sotto / Sinistra |
| Velocità | Nodi | 00.00 | |
| Velocità della corrente | Nodi | 00.00 | |
| Velocità del Vento | Nodi | 00.00 | |
| Altezze | Metri (m) | 00.000 | Positive |
| Profondità | Metri (m) | -00.000 | Negative |
| | Piedi (ft) | -00.000 | Negative |
| Latitudine | Gradi Sessagesimali ° | ggmmss.sss | |
| Longitudine | Gradi Sessagesimali ° | ggmmss.sss | |
| Superficie | Metri Quadrati / Ettari | m ² / ha | Nel caso di superfici molto estese per comodità viene utilizzato l'ettaro. |

Tabella 5: unità di misura del progetto.

7.0 RISORSE IMPIEGATE

7.1 LISTA DEL PERSONALE

Gli esecutori per la realizzazione del servizio in oggetto hanno messo a disposizione il personale tecnico qualificato per le operazioni di acquisizione dei dati batimetrici e per la loro successiva elaborazione.

Le attività di campo sono state svolte dai nostri tecnici sulle 12 ore diurne giornaliere, mentre quelle in ufficio necessarie al processing sono state eseguite sulle 8 ore diurne giornaliere.

All'interno della tabella qui sotto riportata vengono indicate tutte le figure impiegate sia in cantiere che in ufficio, per l'esecuzione dell'intero progetto:

| | Descrizione | Attività | Nome | N° |
|---|--------------------------------|--|-----------------------------------|----|
| 1 | Project Manager | Pianifica, coordina e supporta le attività di campo sia dal punto di vista operativo che amministrativo, al fine di garantire la sicurezza sul cantiere e la corretta esecuzione delle attività. | Stefano Mancini | 1 |
| 2 | Amministrazione & Logistica | Supporta sia le attività manageriali che le attività di campo sia dal punto di vista logistico che da quello amministrativo; | Clara Schembri | 2 |
| 3 | Capo Cantiere | Coordina le attività di campo dal cantiere al fine di garantire la sicurezza sul lavoro e la corretta esecuzione delle attività; segue i rapporti con il cliente; | Paolo Cosmo Santoro | 1 |
| 4 | Pilota SAPR | Addetto alla guida ed alla gestione del drone; | Francesco Stecchi | 1 |
| 5 | Processing & Elaborazione Dati | Verifica la qualità e l'attendibilità dei dati registrati. Processa ed elabora i dati batimetrici acquisiti in cantiere; | Francesco Stecchi / Thomas D'Elia | 1 |

Tabella 6: lista del personale.

7.2 LISTA DELLA STRUMENTAZIONE

All'interno di questo paragrafo viene elencata tutta la strumentazione ed i software messi a disposizione ed utilizzati per l'esecuzione dei servizi richiesti da Modimar srl.

Come previsto dalle procedure interne da noi adottate, dalle direttive IHO e dalle linee guida dell'Istituto Idrografico della Marina Militare Italiana, nella fase immediatamente precedente alla mobilitazione di tutte le risorse, presso le nostre sedi è stato testato e verificato in laboratorio da tecnici esperti e specificatamente formati il corretto funzionamento delle apparecchiature necessarie alla realizzazione del servizio, al fine di minimizzare la possibilità di errori sistematici durante le fasi di acquisizione e di permettere al contempo il raggiungimento della massima accuratezza ottenibile dalle misurazioni in relazione alle specifiche tecniche di ogni singolo hardware e software impiegato. Tale procedura è stata messa in atto anche al fine di garantire una maggiore sicurezza sul lavoro.

L'attrezzatura e gli apparati elettronici necessari all'esecuzione del servizio sono stati forniti per quanto possibile con un adeguato set di pezzi di ricambio e unità "spare" (unità completa di riserva) al fine di garantire lo svolgimento delle attività con soluzione di continuità anche in caso di guasto o mal funzionamento di parti dell'intero sistema.

All'interno della tabella che segue viene elencata tutta la strumentazione che è stata impiegato per l'esecuzione del lavoro.

| STRUMENTAZIONE ON-LINE MBES | | | | |
|-----------------------------|---|---|----------|------|
| Art. | Descrizione | Tipo / Modello | Quantità | |
| | | | Op | Spr. |
| ACQUISIZIONE | | | | |
| 1. | Software di Navigazione e Acquisizione Dati | Teledyne RESON PDS | 1x | |
| 2. | PC per acquisizione dati di Navigazione | HP Pro Book 2 | 1x | 1x |
| 3. | Sistema di posizionamento Primario | RTK Stazione Base Trimble R10 | 1x | |
| 4. | | RTK Sistema Rover Trimble R10 | 1x | |
| 5. | | Palmare Trimble NetG3A | 1x | |
| 6. | Sistema di posizionamento Secondario | Sistema integrato Applanix Ocean Master | 1x | |
| 7. | Sistema Multi Beam Echo Sounder | Reson T51 | 1x | |
| 8. | Sonda SVP | Valeport Swifh SVP | 1x | |
| 9. | Workstation per acquisizione dati MBES | HP Z2 Workstation Series | 1x | |
| ACCESSORI | | | | |
| 10. | UPS | N/A | 1x | |
| 11. | Internet mobile | Tim Internet Mobile Modem | 1x | 1x |
| 12. | | Seagate 2 TB | 1x | 1x |
| 13. | | SanDisk 64 GB | 1x | 1x |
| 14. | Generatore di corrente | Generatore Inverter Honda 3.2 kw | 1x | 1x |

| STRUMENTAZIONE ON-LINE MBES | | | | |
|--|---|-------------------------------|-----------------|-------------|
| Art. | Descrizione | Tipo / Modello | Quantità | |
| | | | Op | Spr. |
| 15. | Cassette degli attrezzi; | N/A | 1x | |
| 16. | Kit Materiale elettronico | N/A | 1x | |
| 17. | Kit Materiale elettrico | N/A | 1x | |
| 18. | Kit consumabili | N/A | 1x | |
| IMBARCAZIONE DI SUPPORTO AI RILIEVI | | | | |
| 19. | Imbarcazione di supporto alle attività | Maestrale Primo | 1x | |
| PROCESSING ED ELABORAZIONE CARTOGRAFICA | | | | |
| 20. | Workstation per processing dati MBES | HP Z2 Workstation Series | 1x | 1x |
| 21. | Workstation per Cartografia e relazione | HP Z2 Workstation Series | 1x | 1x |
| 22. | Software di Processing dati MBES | Teledyne Reson / PDS | 1x | |
| 23. | | Trimble Access Point | 1x | |
| 24. | Software analisi e processing dati Topografici; | Trimble Business Center | 1x | |
| 25. | Software per stesura Report | Pacchetto Office Professional | 2x | |
| STRUMENTAZIONE ON-LINE SAPR | | | | |
| Art. | Descrizione | Tipo / Modello | Quantità | |
| | | | Op | Spr. |
| ACQUISIZIONE | | | | |
| 26. | RTK control system | Trimble NET G3A | 1x | |
| 27. | SAPR | Phantom 3 Advanced - Specs | 1x | |
| 28. | Remote SAPR control station | Skyrobotic - Smartgcs | 1x | |
| 29. | SAPR Navigation software | Pix4dmapper | 1x | |
| 30. | Tool box | N/A | 1x | |
| PROCESSING ED ELABORAZIONE CARTOGRAFICA | | | | |
| 31. | Workstation per processing e cartografia | HP Z2 Workstation Series | 1x | 1x |
| 32. | Topographic Processing Software | MAGNET Office | 1x | |
| 33. | Aerophotogrammetric software | AGSOFT Meta Shape | 1x | |
| 34. | Software cartografia | Autodesk / Autocad Map | 1x | |
| 35. | Software per stesura Report | Pacchetto Office Professional | 2x | |

Tabella 7: lista della strumentazione e software.

Al fine di poter ulteriormente approfondire le caratteristiche delle tecnologie impiegate per l'esecuzione del servizio offerto e le modalità di esecuzione delle operazioni, all'interno del capitolo seguente vengono descritte in maniera dettagliata le caratteristiche tecniche dei principali sistemi impiegati per l'esecuzione del servizio in oggetto.

8.0 DESCRIZIONE E CARATTERISTICHE STRUMENTAZIONE IMPIEGATA

8.1 SISTEMA DI POSIZIONAMENTO E NAVIGAZIONE

Il sistema di navigazione consente di visualizzare a monitor e memorizzare la posizione del mezzo navale, la posizione di sensori a traino dell'imbarcazione oltre che una serie di altri dati di strumenti a lui interfacciati.

Il sistema di posizionamento e navigazione utilizzato era composto dai seguenti componenti principali:

- Computer di acquisizione dati;
- Software di navigazione & acquisizione Teledyne PDS
- Ricevitore GPS-RTK Trimble R10-2 (primario);
- Ricevitore Rover GPS-RTK Trimble R10-2 (sistema di posizionamento secondario);
- Sistema INS Applanix Wave Master II (sistema di posizionamento secondario);
- Sistema INS Applanix Wave Master II GYRO & MRU;

L'acquisizione, la gestione e la memorizzazione dei dati di posizione e navigazione e di tutti gli altri apparati utilizzati è stata eseguita con un sistema di acquisizione/gestione/visualizzazione dei dati di navigazione costituito da una workstation equipaggiata con un software apposito. Per l'esecuzione di questa campagna di campionamento è stato utilizzato il software Teledyne Reson PDS. Questo software è stato progettato e realizzato per supportare la navigazione professionale e l'idrografia.

Mediante questo software è stato possibile interfacciare il sistema di posizionamento GPS-RTK al sensore di direzione (Girobussola). Grazie alla sincronizzazione del "Timing" relativo ad ogni singolo sistema utilizzato è stato possibile in Real Time associare ad ogni coppia di coordinate Est/Nord la direzione dell'imbarcazione, così da poter calcolare correttamente la reale posizione del trasduttore in acqua.

Sempre all'interno del software di Navigazione all'inizio della campagna sono stati inseriti tutti i dati di progetto come ad esempio i Datum Geografici, il piano di navigazione e la cartografia di Base, assieme ad altre informazioni necessarie alla corretta esecuzione delle attività. Sempre al suo interno tutti i dati digitali ricevuti e sincronizzati sono stati organizzati all'interno di un unico database in una serie di file di crociera che il software ha memorizzato automaticamente durante il corso delle diverse fasi delle operazioni di rilievo.

Sui monitor della workstation durante le fasi di acquisizione, il software di Navigazione ha fornito al navigatore e contemporaneamente al comandante del mezzo navale, tutte le informazioni e le indicazioni necessarie alla corretta esecuzione della campagna.

Tutti questi file uniti alle informazioni di progetto (Datum Verticale – Datum Orizzontale – Datum temporale – Piano di Navigazione Teorico - Offset ecc.) sono stati memorizzati all'interno di un unico Database di informazioni contenuto all'interno del file (Metadata) di crociera che il software ha creato all'inizio dell'acquisizione e chiuso al termine delle attività di processing.

Tale configurazione strumentale ha consentito di ottimizzare tutte le operazioni di gestione dell'imbarcazione e di ottenere allo stesso tempo un set di dati di elevata affidabilità, utilizzati poi per le successive elaborazioni.

8.2 SOFTWARE DI NAVIGAZIONE E ACQUISIZIONE DATI MBES

Il software di navigazione e acquisizione dei dati che è stato utilizzato a bordo è il PDS MBES Series prodotto e distribuito dalla Teledyne Reson: esso permette di gestire la navigazione, l'acquisizione e il processing di un vasto elenco di device. Le utilities presenti al suo interno consentono specificamente di portare a termine indagini batimetriche e morfologiche; rilievi MBES, SBP, SBES, dragaggi, installazioni, monitoraggi, ecc.

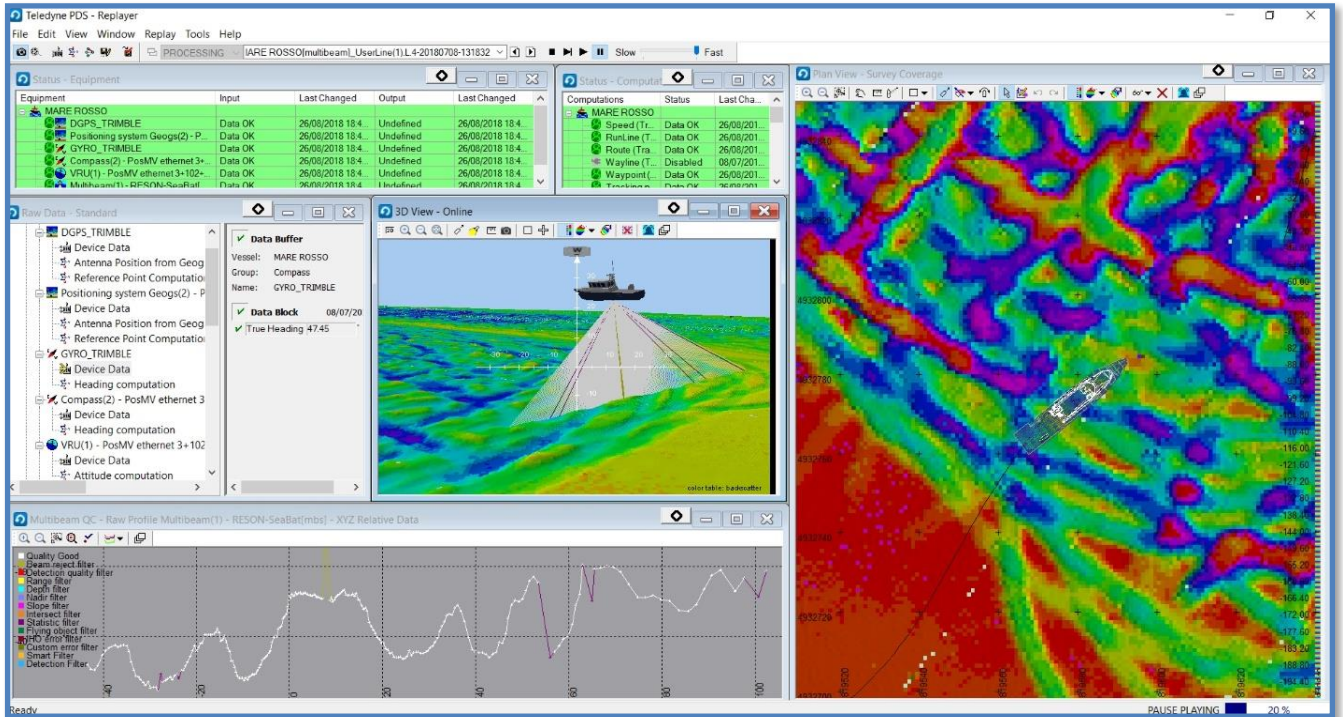


Figura 15: Schermata di acquisizione del software di navigazione.

Il software utilizzando delle fonti temporali ricevute dal sistema di posizionamento (Time Stamp – PPS) è in grado di sincronizzare tutte le stringhe dati in acquisizione al fine di aumentare notevolmente l'accuratezza di tutti i rilievi effettuati. Il collegamento tra il software di navigazione ed i sistemi installati a bordo avviene tramite porte ethernet e/o seriali.

Il Software attraverso l'utilizzo di protocolli di comunicazione standard uniti ed appositi moduli presenti al suo interno, è in grado di ricevere, visualizzare e monitorare tutti i dati rilevati durante le varie fasi di acquisizione da ogni singolo sistema installato. Direttamente in real-time utilizzando i dati in ingresso è in grado di fornire diagrammi di copertura, display TPU e strumenti necessari al controllo della qualità del dato in modo da poter eseguire il rilievo Multi Beam in maniera efficiente ed accurata.

Per una corretta esecuzione del rilievo PDS è impostato con i parametri geodetici, gli offset d'installazione delle attrezzature ed i loro parametri di calibrazione allo scopo di ottenere uno slot di dati altamente accurato e preciso.

Il software è un grado di utilizzare le unità di misura i riferimenti e tutti i parametri necessari all'esecuzione del rilievo conformi alle linee guida definite dell'IHO ed adottati dall'Istituto Idrografico della Marina Militare, così da garantire la conformità dei rilievi svolti con le prassi e le leggi vigenti in questo momento in Italia.

8.3 SISTEMA DI POSIZIONAMENTO PRIMARIO

Il sistema di posizionamento satellitare utilizzato per fornire la correzione differenziale durante i rilievi è stato il GPS "Trimble R10 Modello, gestito da un computer palmare TSC3. Il ricevitore è stato installato sulla verticale del caposaldo di riferimento e gli sono state associate le coordinate fornite dalla monografia. In questo modo il ricevitore è stato in grado di fornire la correzione differenziale al sistema di posizionamento dell'imbarcazione. Il sistema infatti dispone di molteplici opzioni di comunicazione dati, inclusa una radio UHF integrata a banda larga oppure un modem cellulare 3G.



Figura 16: base Trimble R10.

È stato inoltre acquisito il dato satellitare grezzo, sia da parte del ricevitore R10 che da parte del sistema Applanix a bordo dell'imbarcazione. In questo modo oltre alla correzione differenziale in tempo reale RTK, il posizionamento della motobarca durante la navigazione è stato riprocessato in ufficio per un controllo ed una verifica dei risultati ottenuti e garantire così maggiore robustezza al rilievo.

Ogni Trimble R10 GPS-RTK è completamente modulare ed è integrato con la potente tecnologia di tracciamento satelliti Trimble 360 che supporta segnali da tutte le costellazioni esistenti e previste e da tutti i sistemi di miglioramento della precisione. Trimble 360 può espandere la portata del GNSS Rover a siti che prima erano inaccessibili a causa della vegetazione o altri ostacoli sfruttando la disponibilità di segnali satellitari aggiuntivi. Trimble R10 comprende due chip Maxwell™ 6 integrati e 440 canali GNSS, in grado di tracciare una gamma completa di sistemi satellitari, tra cui GPS, GLONASS, Galileo, Beidou e QZSS.

Il posizionamento così eseguito ha consentito di mantenere una precisione pari a un centimetro (1 cm) sul piano orizzontale (Est/Nord) e due centimetri (2 cm) sull'asse verticale (Z).



Figura 17: antenna RTK Trimble R10

Il dato di posizione ottenuto è stato poi corretto dalle escursioni di marea: le modalità con cui questo è stato eseguito sono riportate nel paragrafo 10.4.

8.4 SISTEMA DI POSIZIONAMENTO SECONDARIO

Il sistema di posizionamento satellitare che è stato installato ed utilizzato per la realizzazione del rilievo è un ricevitore Applanix POS MV Ocean Master doppia antenna con correzione RTK inerziale con segnale PPS integrato.

Il sistema di navigazione consente di visualizzare a monitor e memorizzare la posizione del mezzo navale ed i dati di altri strumenti a lui eventualmente interfacciati.

Il sistema di posizionamento e navigazione è composto dai seguenti componenti principali:

- Computer di acquisizione dati;
- Software di navigazione Teledyne Reson PDS;
- Ricevitore Primario & Secondario GPS-DGPS-RTK Trimble;
- Sistema Inerziale integrato;



Figura 18: sistema GPS integrato Applanix POS MV Ocean Master.

Le due unità di ricezione GPS (primaria & secondaria) in grado di ricevere segnali di correzione DGPS e/o RTK sono state installate in un punto a cielo aperto sopra l'imbarcazione, l'unità di controllo è stata installata all'interno del veicolo e collegata alle antenne mediante due cavi che permettono di alimentare le due antenne oltre che ricevere i dati di posizione. Entrambe i segnali ricevuti dalle due antenne potranno essere corretti con la correzione differenziale di tipo HP oppure mediante correzione RTK. Con questa configurazione il demodulatore del POS MV il dopo aver in tempo reale elaborato le posizioni ricevute dalle due antenne è in grado di generare una posizione con un errore pari a ± 0.15 m (nel caso di utilizzo della correzione DGPS) o ± 0.01 m (nel caso di utilizzo della correzione RTK).

La posizione così calcolata, viene inviata al software di Navigazione secondo protocolli standard NMEA su seriali 232 e/o Ethernet. Il demodulatore viene collegato direttamente alla WS sulla quale viene fatto girare il software di

navigazione che grazie a questo tipo di interfacciamento è a sua volta in grado di ricevere, interpretare ed elaborare le stringhe di posizione ricevute. Una volta interfacciato il sistema GPS al software di navigazione sopra descritto, quest'ultimo utilizza le informazioni ricevute per georeferenziare in tempo reale l'imbarcazione e tutti i dati rilevati dai singoli sistemi impiegati (MBES-SSS-SBP).

Sempre utilizzando un protocollo standard il sistema è anche in grado di generare e inviare il segnale PPS (Pulse Per Second). Questo viene utilizzato dal software di navigazione per effettuare una sincronizzazione temporale di tutti i dati rilevati da ogni singolo strumento (MBES-MRU-GPS) al fine di aumentarne ulteriormente l'accuratezza.

Nell'Applanix le antenne GPS sono interfacciate mediante il demodulatore ad un sistema inerziale. Grazie a questa tecnologia il sistema nel caso di perdita o assenza del segnale GPS, è comunque in grado di determinare con esattezza la posizione (Latitudine, Longitudine ed elevazione) esatta del veicolo sul quale è installato. Grazie a questa soluzione il sistema fornisce un'ottima accuratezza delle posizioni calcolate ed affidabilità del segnale anche in aree dove altrimenti questo potrebbe risultare disturbato o completamente oscurato (Prossimità di banchine, gru portuali, murate di grandi navi, falesia, edifici o paramenti delle dighe).

Per l'intera durata del progetto per il sistema GPS, in relazione allo scopo del lavoro ed alle richieste del cliente, viene attivato il servizio di correzione Differenziale Omnistar di tipo L1/HP oppure quello RTK Trimble ricevuto dal veicolo in tempo reale mediante una semplice connessione internet.

Nel caso di applicazioni particolari (aree non coperte da internet – assenza di caposaldi di riferimento ecc.) mediante un software applicativo Trimble dedicato a questo sistema (POSPac) è possibile applicare la correzione RTK anche in fase di post processing, mediante l'utilizzo delle correzioni ottenute mediante file Rinex.

8.5 SISTEMA MULTI BEAM ECHO SOUNDER

Per la realizzazione del rilievo batimetrico è stato utilizzato un sistema Multibeam Echo Sounder di ultimissima generazione della Reson, il Modello T51-R dotato di opzione Watercolumn, Snippet e Side Scan Sonar Normalizzato, capace di misurare dati con una accuratezza dimezzata rispetto a qualsiasi altro modello di Multi Beam attualmente presente sul mercato. Il MBES è installato a bordo dell'imbarcazione utilizzata per i rilievi mediante un apposito palo, e in questo caso con il trasduttore inclinato rispetto al fondale. Tale sistema di installazione ha permesso di sfruttare al massimo le caratteristiche tecniche e le potenzialità del sistema installato a bordo.



Figura 19: MBES T51-R

In corrispondenza del trasduttore MBES montato a palo è installata una sonda di velocità del suono (Mini SVS della Valeport) che provvede a determinare in continuo la velocità del suono in acqua in corrispondenza del generatore di toni del Multibeam. Questa sonda è direttamente collegata all'unità di controllo del sistema MBES che la utilizza per migliorare la generazione dell'impulso acustico. L'unità di controllo del sistema MBES che è stata installata a bordo della barca utilizzata oltre ad alimentare il trasduttore permetterà all'operatore di gestire costantemente al meglio il sistema e di modificare i parametri di Frequenza Range e potenza del segnale acustico emesso dal trasduttore.

La misurazione della velocità del suono sull'intera colonna d'acqua viene invece determinata utilizzando una sonda di velocità standard (Swift SVP della Valeport), recentemente calibrata. La frequenza di esecuzione dei

profili di velocità del suono sarà tale da rappresentare accuratamente i valori di velocità sull'intera zona del rilievo. Di regola come minimo vengono acquisiti due profili statici della colonna d'acqua per ogni giorno di acquisizione dei dati MBES. Durante l'acquisizione di tali profili vengono annotate data, ora e posizione del profilo, con i quali sono stati generati i rispettivi grafici all'interno della relazione che è stata consegnata alla fine del progetto.

Il sistema batimetrico utilizzato è in grado di generare dei dati in forma digitale, tali dati sono stati inviati in tempo reale dall'unità di controllo di superficie alla WS di Navigazione mediante una connessione Ethernet. Qui il software di navigazione (PDS) una volta ricevuti i pacchetti dati sincronizzati mediante il sistema PPS, provvede sempre in tempo reale ad associarli agli pacchetti dati ricevuti (Posizione-Correzione di Moto-Direzione-Profilo di velocità dal suono) al fine poi di registrarli e al contempo generare un DTM della superficie acquisita.

Qui di seguito vengono riportate le principali caratteristiche tecniche del sistema MBES utilizzato.

| CARATTERISTICHE TECNICHE MBES | | | |
|--|--------------------------|--------------|--------------------------|
| | 350 kHz – 430 kHz | | 700 kHz – 800 kHz |
| Swath coverage (up to) | 10° - 170° | | |
| Across-track receiver beam width | 0.25° | 0.5° | |
| Along-track beam width | 0.5° | 1.0° | |
| Ping rate (range dependent) | Up to 50 pings/s | | |
| Depth Resolution | 6 millimeters | | |
| Minimum Z range: | 0.5m - 350m | 0.5m - 125 m | |
| Ping Rate | Più di 50 ping/s | | |
| T51 Acoustic performance | Alta Frequenza | 700 kHz | 800 kHz |
| | Bassa Frequenza | 350 kHz | 430 kHz |
| Number of beams | Min. 10 - Max 1024 | | |
| NOTA: Il Sistema è dotato di opzione SSS Normalizzato / Snipped / Watercolumn | | | |

Tabella 8: scheda Tecnica MBES.

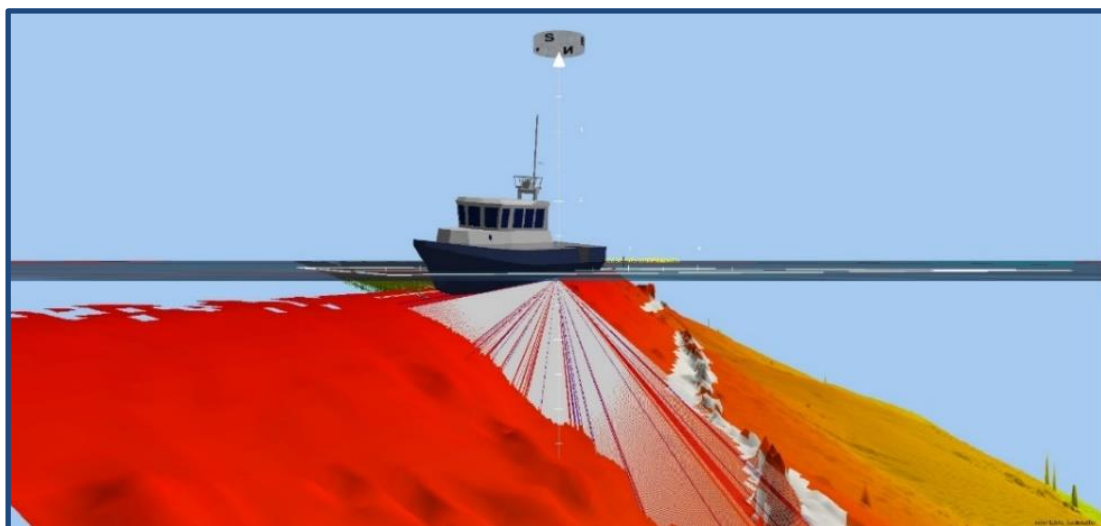


Figura 20: 3D Monitor Online.

8.6 SISTEMA SVP

A supporto dei rilievi oggetto dell'incarico è stata impiegata sul campo una sonda SVP per il calcolo della velocità del suono in acqua, in grado di misurare tale parametro lungo l'intera colonna d'acqua. A tale scopo è stata impiegata una sonda della Valeport, nello specifico il sistema Swift SVP.

I dati raccolti con questa sonda sono stati utilizzati per correggerli sia in Realtime che in post processing i dati Batimetrici acquisiti con il sistema MBES T51-R;



Figura 21: sonda SVP Valeport Swift.

Progettata specificatamente per l'utilizzo nei rilievi idrografici costieri, portuali e interni, Swift SVP. Grazie alla compattezza, robustezza e portabilità il sistema è grado di rendere il flusso del lavoro di acquisizione senza soluzione di continuità una realtà.

In grado di raggiungere ed acquisire dati fino ad una profondità di 500 m con una precisione dello 0,01% FS, dispone di GPS integrato al fine di poter facilmente e velocemente geolocalizzare ogni profilo. Questa unità anche se estremamente compatta è in grado di misurare dati di velocità del suono (SV) pressione e temperatura ad alta precisione.

Il sistema è dotato come detto di GPS integrato, batteria ricaricabile, indicazioni di stato a LED per GPS, batteria e comunicazioni. I dati possono essere scaricati e rivisti facilmente e rapidamente in modalità wireless, tramite Bluetooth®, utilizzando il nuovo software Ocean di Valeport per Windows e ConnectPathway Edition per iOS e Android e condivisi istantaneamente, nei formati di dati standard per l'idrografia tramite e-mail e servizi Cloud. Facilmente ricaricabile tramite un cavo USB, la durata della batteria garantisce una autonomia della sonda fino ad una settimana di tempo.

Per l'esecuzione di questo progetto la sonda è stata calata in acqua e recuperata manualmente dall'imbarcazione di supporto dai tecnici presenti a bordo. Durante tutto l'arco temporale dell'acquisizione, la cadenza di campionamento dei profili di velocità del suono è stata tale da rappresentare accuratamente nel tempo i valori di velocità sull'intera zona del rilievo. La frequenza temporale non è stata pianificata anticipatamente ma valutata e determinata sul campo dal tecnico Idrografo analizzando il contesto lavorativo e seguendo i seguenti criteri:

- Inizio operazioni giornaliere;
- Modifica sostanziale delle condizioni meteomarine (Temperatura – Venti);
- Modifica delle condizioni di marea;
- Passaggio in aree di rilievo con presenza di immissari di acqua dolce;
- Modifica sostanziale della profondità del fondale;
- Modifica sostanziale dell'area di rilievo e delle condizioni dell'area indagata;

Prima dell'inizio di ogni acquisizione dei dati la sonda veniva sottoposta alla procedura di "taratura dello 0", una procedura che consiste nel misurare in area la pressione barometrica, al fine di determinare il valore di profondità "0" delle misurazioni. Durante l'acquisizione dei profili sono state annotate Data Ora e posizione del profilo.

Come già accennato i dati sono stati registrati e gestiti a bordo dell'imbarcazione utilizzando i pacchetti software Valeport. Questi prima di essere caricati all'interno dei software di acquisizione ed applicati ai dati registrati sono stati verificati ed elaborati al fine di garantire la qualità del dato finale.

I dati ottenuti dalle misurazioni della colonna d'acqua eseguite sono riportati nel capitolo dei risultati sotto forma di grafico.

8.7 DRONE AEREO SAPR

Il rilievo altimetrico della parte emersa dell'area interessata all'indagine, è stata acquisita effettuando un rilievo di tipo aerofotogrammetrico eseguito con l'ausilio di un Sistema Aeromobile a Pilotaggio Remoto (SAPR) di peso inferiore a 2 Kg (DJI Phantom 4 RTK), in possesso dei requisiti richiesti dal regolamento ENAC, e specificamente progettato per rilievi fotogrammetrici tridimensionali. Il SAPR comunemente noto come Drone, un velivolo Multimotore (In questo caso 4 rotori) caratterizzato dall'assenza del pilota umano a bordo. Il suo volo è controllato dal computer a bordo del velivolo, sotto il controllo remoto di un navigatore o pilota a terra.

L'inclusione del termine aeromobile sottolinea che, indipendentemente dalla posizione del pilota e/o dell'equipaggio di volo, le operazioni devono rispettare le stesse regole e le procedure degli aerei con pilota ed equipaggio di volo a bordo (Certificazione ENAC).

Per quanto oramai il loro utilizzo sia oramai consolidato in ambito civile (Operazioni di prevenzione e intervento in emergenza incendi, per usi di sicurezza non militari, per sorveglianza di oleodotti, per il telerilevamento ecc.) questa tecnologia risulta comunque estremamente all'avanguardia ed in fase di importante sviluppo.

Il rilievo fotogrammetrico eseguito con aeromobile a pilotaggio remoto (drone) permette di generare un modello tridimensionale ed una ortofoto dell'area rilevata.

Il velivolo è dotato di un'antenna GPS differenziale in grado di ricevere la correzione RTK da una base di terra (DJI D-RTK 2 Mobile Station) o attraverso i sistemi di posizionamento via internet. Ciò permette di registrare la posizione

dei singoli scatti con precisione di pochi centimetri, garantendo elevata accuratezza nella fase di allineamento dei fotogrammi, e permettendo una mappatura molto precisa di oggetti ed aree di grandi dimensioni. Come già anticipato la base di terra è stata installata/agganciata al caposaldo di riferimento utilizzato (CSO MAREOGRAFICO ISPRA) in modo che tutti gli scatti fossero già inquadrati nel sistema di riferimento prescelto.

Il DJI Phantom 4 RTK è un velivolo in grado di compiere missioni autonome e/o eventualmente di essere pilotato e controllato da remoto da un operatore (Pilota) specializzato. Come detto è un Drone a quattro motori e quattro eliche dotato di Autopilota e di un telaio in carbonio in grado di ospitare oltre a quanto appena descritto, anche l'unità Hardware con processori dedicati, i pacchi batterie necessari per essere alimentato e l'ottica per l'acquisizione delle immagini aerofotogrammetriche.



Figura 22: Aeromobile a Pilotaggio Remoto (APR).

La Stazione di Pilotaggio Remoto “Phantom 4 RTK controller” gestisce la connessione con l’SAPR e con la base di terra. Il radio-link della SAPR comprende il comando e controllo del volo, la telemetria, il canale video ed il segnale ridondato del Sistema di terminazione del volo. Nello specifico, la missione è stata eseguita mediante l’ausilio del software DJI GS.

L’applicazione DJI GS che permette le seguenti attività:

- Comando e controllo del volo;
- Pianificazione della missione;
- Settaggio dei parametri di volo dell’SAPR;
- Controllo della qualità del posizionamento RTK

Mediante lo stesso software, direttamente in Real-time il pilota tramite un palmare è in grado di visualizzazione i flussi video/immagine la telemetria dell’drone ed i suoi parametri di volo quali:

- Posizione quota e velocità di avanzamento del velivolo;
- Inserimento dei GCP ed identificazione degli stessi sui singoli fotogrammi;
- Stato della missione;
- Stato delle batterie;
- Qualità del segnale di posizionamento.

9.0 PROCEDURA DI CALIBRAZIONE MULTI BEAM ECHO SOUNDER

Ogni volta che il sistema MBES viene installato su una imbarcazione, prima dell'inizio delle effettive operazioni di acquisizione del dato l'unità deve essere corretta rispetto agli errori di latenza, rollio, beccheggio ed Imbardata. In linea teorica i sistemi installati a bordo del veicolo ASV non vengono mai toccati pertanto tale procedura non sarebbe necessaria. Ad ogni modo prima dell'inizio delle operazioni di acquisizione questa viene ripetuta la fine di verificarne la coerenza e la validità oltre che il corretto funzionamento dei sistemi impiegati. Tale procedura che comprende quattro fasi distinte viene eseguita al fine di determinare e di conseguenza eliminare il disallineamento di installazione tra il trasduttore MBES installato ed i sensori Girobussola ed MRU e/o INS e determinare come già accennato in precedenza i seguenti parametri di correzione;

➤ **Tempo residuo del ritardo della posizione (Latenza):**

La latenza provoca un'associazione del segnale acquisito con la posizione in cui il natante è passata poco prima.

➤ **Residuo di offset angolare del Roll (Rollio):**

Il Roll causa una variazione nell'inclinazione del natante per cui si corre il rischio di assegnare un valore non corretto della X e della Z del trasduttore.

➤ **Residui di offset angolare del Pitch (Beccheggio):**

Il Pitch causa una variazione nel beccheggio del natante per cui si corre il rischio di assegnare un valore non corretto della Y e della Z del trasduttore.

➤ **Residuo di offset angolare dell'Heading (Imbardata):**

Lo Yaw causa una variazione dell'orientamento del natante per cui si corre il rischio di assegnare un valore non corretto della X della Y del trasduttore.

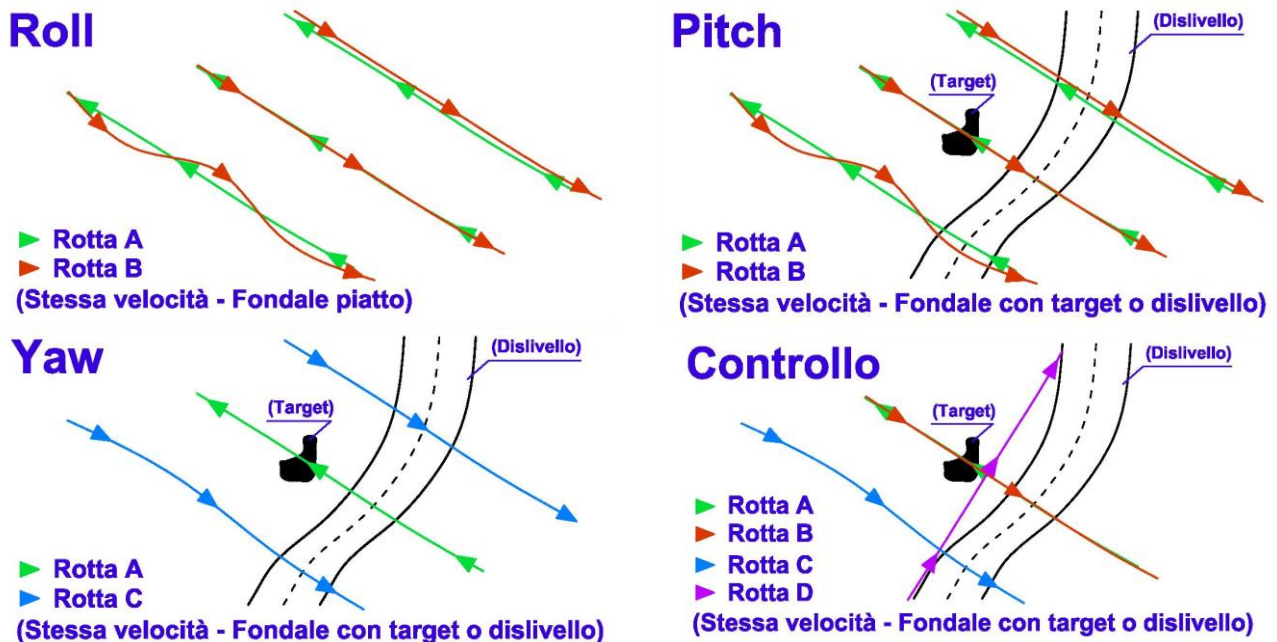


Figura 23: piano di navigazione per la calibrazione MBES.

Prima di eseguire i test sarà necessario misurare ed inserire all'interno del software di navigazione/acquisizione tutti i valori di offset tra i vari sensori, ed inoltre registrare il profilo di velocità del suono lungo la colonna d'acqua. Una volta effettuate queste operazioni preliminari, sempre tenendo conto delle linee guida IHO è stata individuata una zona di fondale limitrofa all'area del rilievo caratterizzata da un fondale parzialmente piatto interessato al suo

interno dalla presenza di “strutture” in rilievo ed avente un battente d’acqua simile a quello dell’area oggetto del rilievo. Individuata l’area verrà avviata la procedura di calibrazione vera e propria che si sviluppa su quattro fasi distinte eseguite tenendo conto della sequenza qui di seguito indicata e descritta:

➤ **Prima Fase – Roll**

La compensazione dell’inclinazione del trasduttore MBES rispetto al piano di rollio avviene registrando i dati lungo due rotte di navigazione sovrapposte tra loro di almeno il 50% dello Swath (**Figura 23** “Linea A & Linea B”), navigate in direzione una opposta all’altra ed alla stessa velocità di percorrenza. Il valore di calibrazione viene calcolato come offset di inclinazione relativa necessario a sovrapporre i profili dei due record del fondo in una sezione perpendicolare alle due linee navigate;

➤ **Seconda Fase – Time Delay**

La compensazione del time delay, dovuta al ritardo di trasmissione del dato di posizione sommato al tempo di elaborazione dati in arrivo da ogni singolo strumento (GPD, MBES, girobussola e sensore di moto), avviene acquisendo i dati lungo due linee di navigazione sovrapposte tra loro (**Figura 23** “Linea A & Linea C”), navigate nella stessa direzione ma a velocità diverse (Linea C al doppio della Linea A). Se c’è un problema di latenza, la linea percorsa a velocità maggiore risulterà slittata più in dietro rispetto all’altra. Il parametro di calibrazione viene determinato calcolando il ritardo in base allo spostamento sull’asse longitudinale delle strutture riconoscibili;

NOTA: Nel caso l’architettura del sistema utilizzato comprende l’utilizzo del segnale PPS questa fase non viene applicata;

➤ **Terza Fase – Pitch**

La compensazione dell’inclinazione del trasduttore MBES rispetto al piano di beccheggio avviene acquisendo i dati lungo due linee di navigazione sovrapposte tra loro (**Figura 23** “Linea A & Linea B”), navigate in direzioni una opposta all’altra ed alla stessa velocità di percorrenza. Il valore di calibrazione viene calcolato come offset di inclinazione relativa necessario a sovrapporre i profili dei due record del fondo in una sezione parallela alle due linee navigate;

➤ **Quarta Fase – Yaw**

La compensazione della deviazione in azimuth tra la girobussola ed il trasduttore MBES avviene acquisendo i dati lungo due linee parallele tra loro con una sovrapposizione pari almeno al 50% della larghezza dello swath poste ai lati di un oggetto presente sul fondo e ben definito (**Figura 23** “Linea A & Linea D”), navigate nella stessa direzione ed alla stessa velocità. Il valore di calibrazione viene calcolato come correzione angolare per portare a combaciare l’oggetto rilevato nelle due rotte nella visione in pianta;

Una volta acquisiti i dati sulle rotte sopra descritte mediante un apposito modulo presente all’interno del software di Navigazione/Acquisizione utilizzato, il tecnico idrografo procede con il calcolo dei quattro valori di calibrazione. Una volta ottenuti, prima dell’inizio del rilievo batimetrico i quattro valori vengono introdotti all’interno del software di navigazione come correzione del dato originale in ingresso. Tale procedura in tutti i suoi punti è stata adottata anche per l’esecuzione della calibrazione del MBES in configurazione a testa inclinata.

10.0 METODOLOGIE DI ELABORAZIONE DEI DATI

10.1 CRITERI OPERATIVI ELABORAZIONE DATI ACQUISITI A MARE

Con l'intento di garantire un elevato standard qualitativo dei servizi idrografici svolti, i rilievi sono stati eseguiti seguendo scrupolosamente le procedure e le specifiche tecniche indicate dall'IHO (International Hydrographic Organization).

Tali procedure sono riconosciute a livello internazionale, ed adottate a livello Nazionale dall'istituto Idrografico della Marina Militare e sono indicate e discusse all'interno del Disciplinare Tecnico Per la Standardizzazione Dei Rilievi Idrografici.

In ottemperanza con quanto appena dichiarato, per ottenere e garantire al cliente un elevato standard qualitativo dei dati che sono stati rilevati e cartografati, per tutta la durata delle operazioni (preparazione del cantiere – acquisizione dei dati sul campo – processing dei dati raccolti – restituzione dei dati debitamente processati), è stata cura e responsabilità di ogni singolo tecnico coinvolto nel progetto rispettare tutti i criteri operativi qui di seguito riportati (*Tabella 9*).

| CRITERI OPERATIVI PER L'ELABORAZIONE DEI DATI | |
|--|--|
| Processing ed Elaborazione dati Batimetrici | Il processing dei dati è stato eseguito secondo le indicazioni riportate all'interno del Disciplinare per la Standardizzazione dei Rilievi Idrografici anche se non specificatamente richiesto dal cliente per o scopo del lavoro. |
| | I dati consegnati sono stati debitamente processati, e sugli stessi è stato stilato un rapporto statistico al fine di poter comprendere la qualità del rilievo eseguito in mare; |
| Trasparenza nelle operazioni | Gli esecutori durante le fasi di processing hanno compilato un brogliaccio dei lavori di processing a garanzia della qualità del lavoro svolto; |
| Esecuzione del processing; | Gli esecutori si sono impegnati a mantenere sotto controllo la qualità dei dati processati e restituiti al fine di valutare la necessità di dover integrare i dati in possesso con ulteriori sessioni di acquisizione; |
| | Gli esecutori si sono impegnati a NON alterare in alcun modo i dati rilevati al fine di garantire la veridicità dei risultati; |
| Qualità dei Dati Processati e Restituiti; | <p>Durante le fasi di processing dei dati è stata posta particolare attenzione alla qualità del dato finale ottenuto al fine di mantenere alto lo standard di accuratezza dei dati registrati.</p> <p>Tali controlli sono stati garantiti mediante l'utilizzo di specifici strumenti presenti all'interno dei softwares di navigazione e acquisizione e mediante delle applicazioni presenti nei software specifici di processing del sistema Applanix e Trimble.</p> <p>Tutti questi Tool sono stati utilizzati al fine di monitorare la qualità del dato finale ottenuto durante le varie fasi di processing e restituzione.</p> |
| Analisi dei dati; | Oltre a quanto già indicato precedentemente, l'idrografo esecutore del rilievo, al termine di ogni fase di elaborazione dei dati mediante una serie di strumenti presenti all'interno dei software utilizzati ha effettuato una serie di verifiche di qualità del dato registrato e debitamente elaborato. |

Tabella 9: criteri operativi processing e restituzione dati a mare.

10.2 ELABORAZIONE DATI SVP

Mediante il software di post elaborazione dei parametri ambientali registrati dalla sonda SVP Valeport Datalog X2, tutti i dati di velocità del suono, sono stati analizzati ed elaborati al fine di verificare la presenza di misurazioni anomale e di aumentarne l'accuratezza finale dei rilievi.

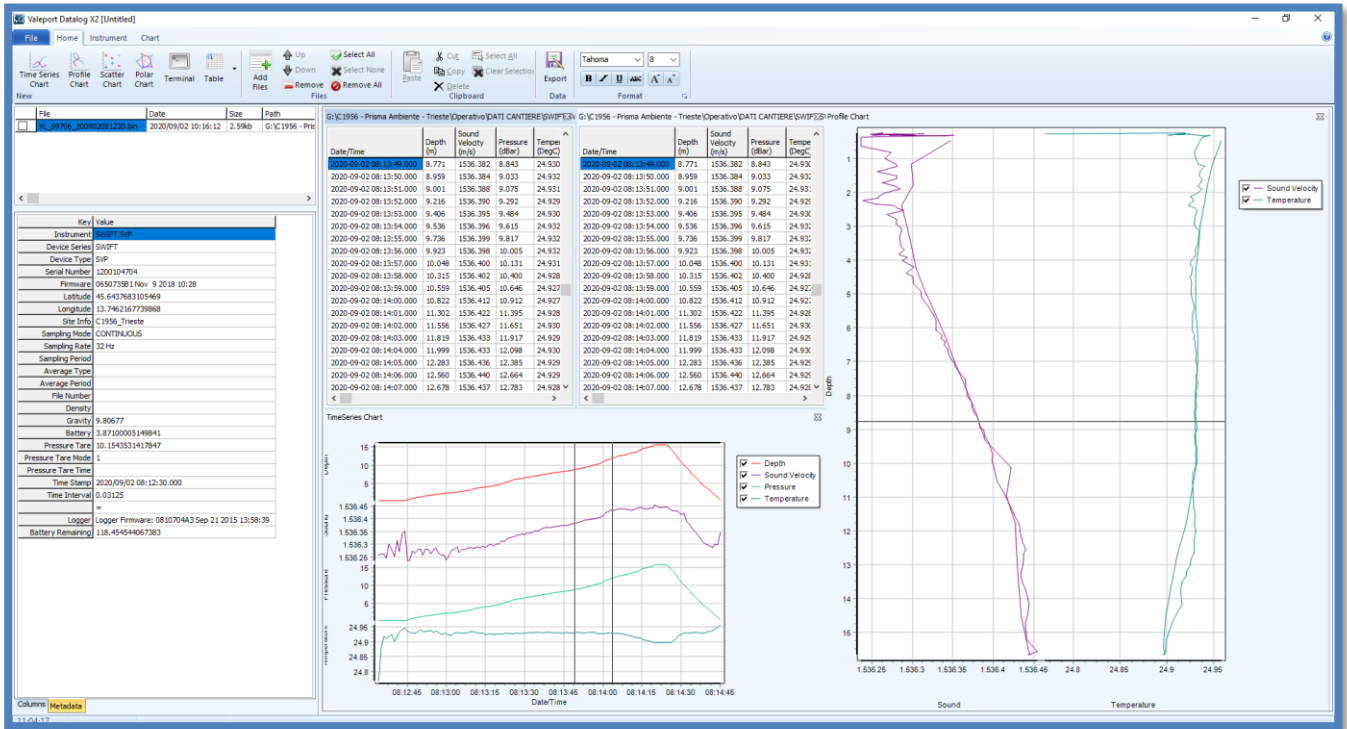


Figura 24: videata Software Valeport Datalog X2.

La metodologia di analisi ed elaborazione dei dati utilizzata mediante il software Datalog X2, si basa fondamentalmente sul confronto dei dati acquisiti dalla sonda in fase discesa dalla superficie verso il fondo con quelli registrati durante la risalita dal fondo verso la superficie. Tale metodologia prevede l'esecuzione dei seguenti step:

- Importazione dei SVP all'interno del software di analisi;
- Generazione dei grafici utili all'analisi dei dati acquisiti;
- Pulizia dei dati di velocità del suono superficiali pari a 0 e/o anomali (Sonda fuori acqua);
- Pulizia dei dati di velocità del suono profondi pari a 0 e/o anomali (Sonda a contatto del fondo);
- Analisi dei dati lungo la colonna d'acqua mediante confronto tra i dati acquisiti durante la discesa con quelli acquisiti durante la risalita;
- Rimozione di eventuali valori anomali e/o incoerenti;

Questa procedura di analisi ed elaborazione dati è stata applicata direttamente On-Line su ogni profilo acquisito, prima che i dati di velocità del suono venissero inseriti all'interno dei software di acquisizione utilizzati per la registrazione dei vari sensori.

10.3 ELABORAZIONE DATI DI POSIZIONE E ASSETTO

Mediante il software di post elaborazione dei dati Applanix “POSPac Mobile Mapping Suite”, tutti i dati di posizione e assetto dell'imbarcazione Maestrale Primo misurati dal sistema Applanix Ocean Master registrati mediante il software POSMV, sono stati post elaborati e processati al fine di aumentarne l'accuratezza finale e soprattutto di riferire i rilievi al riferimento piano altimetrico prescelto.

Il software POSPac MMS GNSS inerziale di Applanix ed in particolare l'utilizzo della metodologia di processing dati chiamata “Rinex Single Base” che prevede l'utilizzo di dati provenienti da una stazione base reale, è una metodologia di postelaborazione affidabile ed estremamente performante per la georeferenziazione diretta di dati Multibeam. Tale metodo di rielaborazione è in grado di generare set di dati caratterizzati da una elevata precisione ed efficienza.

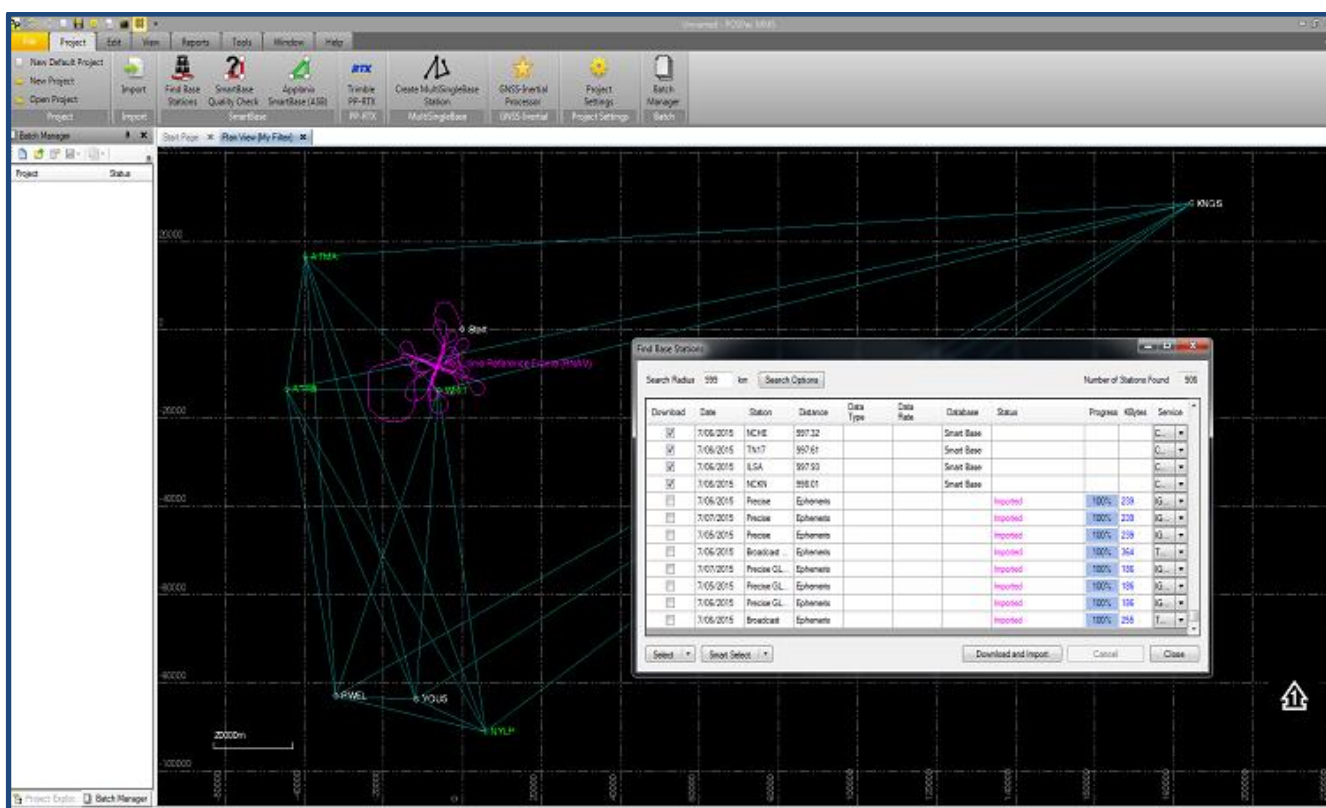


Figura 25: videata software POSPac.

La metodologia di elaborazione dei dati utilizzato mediante il software POSPac, si basa sul confronto dei dati effemeridi registrati dal sistema “GPS Base” installato su un caposaldo di riferimento con quelli registrati dal sistema Applanix installato a bordo dell'imbarcazione di acquisizione. Tale metodologia prevede l'esecuzione dei seguenti step:

- Importazione dei dati Rinex della stazione Base;
- Scarico dei dati raffinati delle effemeridi mediante accesso agli archivi delle reti Trimble internazionali;
- Importazione dei dati Applanix;
- Avvio del primo ciclo di processing dei dati (mediante il confronto dei dati rinex ed alle effemeridi vengono ricalcolati i dati di posizione e assetto dell'imbarcazione);
- Verifica dei parametri di qualità del processing eseguito;

- Avvio del secondo ciclo di processing dei dati (mediante il confronto dei dati rinex ed alle effemeridi vengono ricalcolati i dati di posizione e assetto dell'imbarcazione);
- I nuovi dati di posizione e assetto vengono estratti in un formato proprietario chiamato SBET.

Una volta terminata la procedura di elaborazione ed ottenuto il file SBET, grazie ad un Tool presente all'interno del modulo di processing del software PDS l'operatore idrografo ha ricalcolato le posizioni X,Y,Z di ogni singolo Beam acquisito secondo i nuovi dati di posizione ed assetto, garantendo in questo modo un notevole aumento dell'accuratezza dell'intero set di dati acquisiti, passando da un'accuratezza piano altimetrica dell'ordine dei $\pm 6\text{cm}$ ad una accuratezza piano altimetrica nell'ordine di $\pm 1\text{cm}$.

10.4 CORREZIONE DEI LIVELLI IDROMETRICI

L'intera area oggetto del rilievo risulta soggetta alle variazioni del livello idrografico in relazione al verificarsi del fenomeno della marea. Fatta questa premessa risulta chiaro che per una corretta restituzione sia del dato batimetrico che altimetrico è stato necessario considerare le escursioni dei livelli di marea e correggere i dati acquisiti con questo dato.

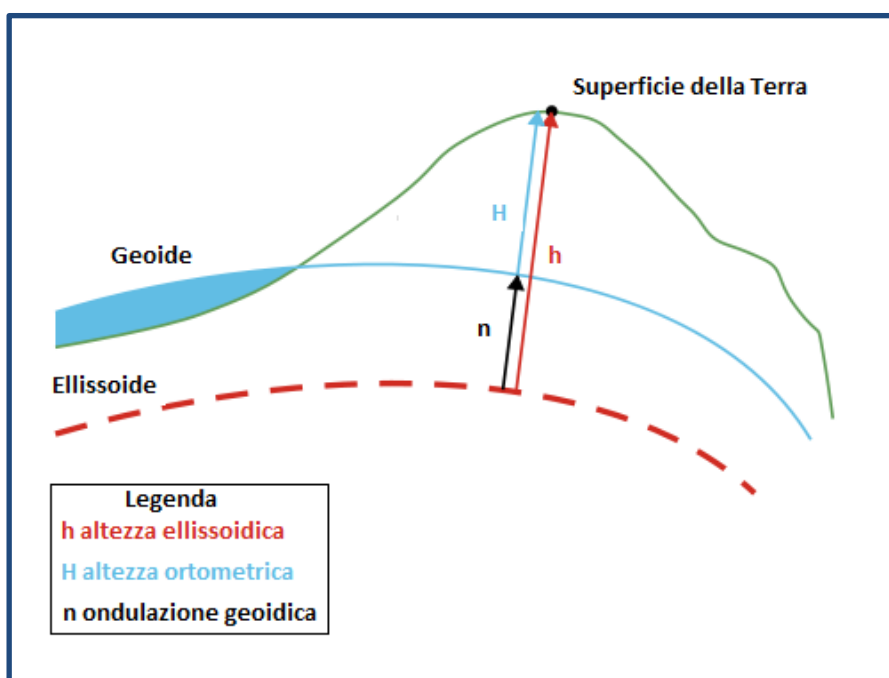


Figura 26: riferimenti geodetici verticali.

I dati utilizzati per la correzione della marea delle quote batimetriche, sono stati scaricati dal sito ufficiale della Rete Mareografica Nazionale dell'Ispra, dal quale è stato possibile consultare e scaricare i dati registrati dalla stazione mareografica di Ortona relativi a tutto il periodo di esecuzione del lavoro.

Come già indicato all'interno del paragrafo 6.2 del presente documento tecnico, il riferimento verticale utilizzato per l'esecuzione del progetto e per la restituzione di tutti i dati acquisiti è il LMM (Livello Medio Mare). Tutte le misure sono state riferite al caposaldo di riferimento della stazione mareografica di Ortona appartenente alla Rete Mareografica Nazionale. Informazioni più dettagliate sul caposaldo utilizzato sono contenute e consultabili all'interno dell'Allegato 2 del presente documento tecnico.

In fase di post processing dei dati, mediante degli appositi moduli presenti all'interno del software di elaborazione utilizzato (PDS), tutti i valori di profondità acquisiti sono stati rielaborati e corretti mediante l'utilizzo dei suddetti dati mareografici. Tale metodologia prevede l'esecuzione dei seguenti step:

- Download dei dati di marea dal sito della Rete Mareografica Nazionale (www.mareografico.it);
- Generazione di una stazione di correzione di marea all'interno del software di processing ed elaborazione dati PDS;
- Importazione dei dati mareografici all'interno della "stazione di correzione" di PDS;
- Avvio processo di applicazione dei dati di marea ai dati batimetrici rilevati;
- Verifica dei parametri di qualità del processing eseguito;

10.5 ELABORAZIONE DATI BATIMETRICI

Come già detto più volte nei paragrafi precedenti di questo documento, le verifiche ed i controlli preliminari dei dati (QA-QC) sono state opportunamente effettuate direttamente in cantiere durante le fasi di acquisizione del dato originale da un idrografo di classe B, mentre l'elaborazione finale è stata svolta presso i nostri uffici da tecnici esperti e debitamente formati a questo scopo, comunque sotto la diretta supervisione e validazione dell'operatore Idrografo.

I dati batimetrici rilevati con trasduttore MBES installato a testa inclinata sono stati processati ed analizzati mediante software di navigazione – acquisizione – processing Teledyne PDS, utilizzando appositi strumenti e funzioni presenti al suo interno. L'utilizzo combinato di tali applicativi ha permesso agli operatori di effettuare i necessari controlli di qualità, coerenza e la relativa convalida dei dati acquisiti in relazione all'affidabilità ed accuratezza riscontrabile per ogni singolo punto registrato.

Per il servizio di indagini batimetriche svolto con tecnologia MBES oggetto dell'incarico, l'elaborazione dei dati acquisiti è stata eseguita seguendo passo a passo le linee guida e le procedure indicate dall'IHO ed adottate dall'Istituto Idrografico della Marina Militare Italiana, nonché i protocolli ed i passaggi previsti dal manuale del software utilizzato. Qui di seguito vengono elencati e descritti i principali passaggi seguiti al fine di processare i dati:

- A. Suddivisione dei log file acquisiti e creazione di "pacchetti di dati" da processare (fileset) secondo i seguenti criteri di analisi:
 - a. Scopo del lavoro;
 - b. Data ed ora di acquisizione;
 - c. Settore di acquisizione;
 - d. Dimensione dei log file;
- B. Upload dei dati di posizione ed asseto processati mediante il software Applanix "POSPac Mobile Mapping Suite";
- C. Filtraggio ed eliminazione di risonanze ed interferenze del dato batimetrico in modalità 2D per ogni singolo SWAT registrato (procedura detta di "Despiking"), così da aumentare la precisione e l'accuratezza verticale del DTM finale dell'area rilevata. Tale attività viene garantita in parte

dall'utilizzo di una serie di filtri preimpostati presenti nel software (Quality Control – Profondità – Range – Filtri statistici), oltre che una pulizia manuale eseguita da un operatore.

- D. Correzione di eventuali distorsioni degli Swat mediante modifica/applicazione di diversi profili di velocità del suono registrati durante le operazioni di acquisizione dei dati;
- E. Eliminazione di risonanze ed interferenze del dato batimetrico in modalità 3D non più su singoli Swat ma sulla analisi di tutti i dati batimetrici acquisiti. In questo caso l'attività di pulizia viene eseguita esclusivamente manualmente dall'operatore.
- F. Applicazione delle rispettive correzioni di marea (maggiori dettagli all'interno del paragrafo 6.2 e 10.4 di questo documento), al fine di riferire tutto il rilievo al Livello Medio Mare, così come richiesto dallo scopo del lavoro e dalle procedure dettate dal Disciplinaire per la Standardizzazione dei Rilievi Idrografici di Ordine Speciale Nazionale;

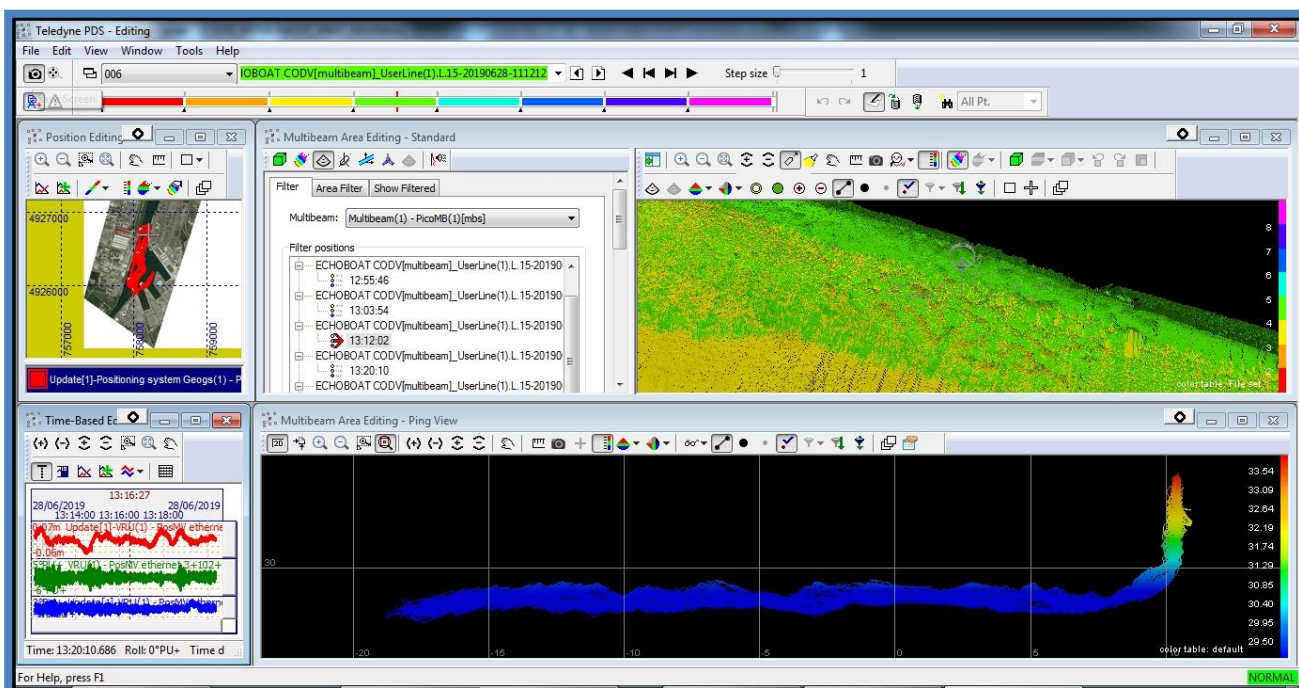


Figura 27: modulo di processing (3D view) MBES.

Una volta applicate le procedure di elaborazione dei dati appena descritte mediante un apposito applicativo presente all'interno del software Teledyne PDS, è stato possibile estrarre in formato digitale ASCII la nuvola di punti acquisita e debitamente processata.

10.6 ELABORAZIONE DEI DATI AEROFOTOGAMMETRICI

Per il servizio di indagine topografico/aerofotogrammetrico, le strisciate dei fotogrammi acquisiti sono state processate con specifici software di aerofotogrammetria (Agisoft Metashape Vers 1.5.1.) che prevede le seguenti fasi di elaborazione:

- Upload dei dati di posizione di ogni singolo fotogramma acquisto dalla camera installata sul velivolo SAPR mediante il software RedCathc;
- Correzione della distorsione dei singoli fotogrammi mediante parametri di calibrazione precedentemente calcolati per la fotocamera utilizzata;
- Allineamento dei fotogrammi mediante identificazione dei pixel omologhi e della georeferenziazione delle immagini;
- Generazione della nuvola di punti densa;
- Correzione delle distorsioni geometriche del modello mediante compensazione basata sui Mark Topografici;
- Calcolo del modello tridimensionale a maglia triangolare (MESH) e regolare (DEM);
- Creazione di ortofoto e fotopiani ad alta risoluzione.

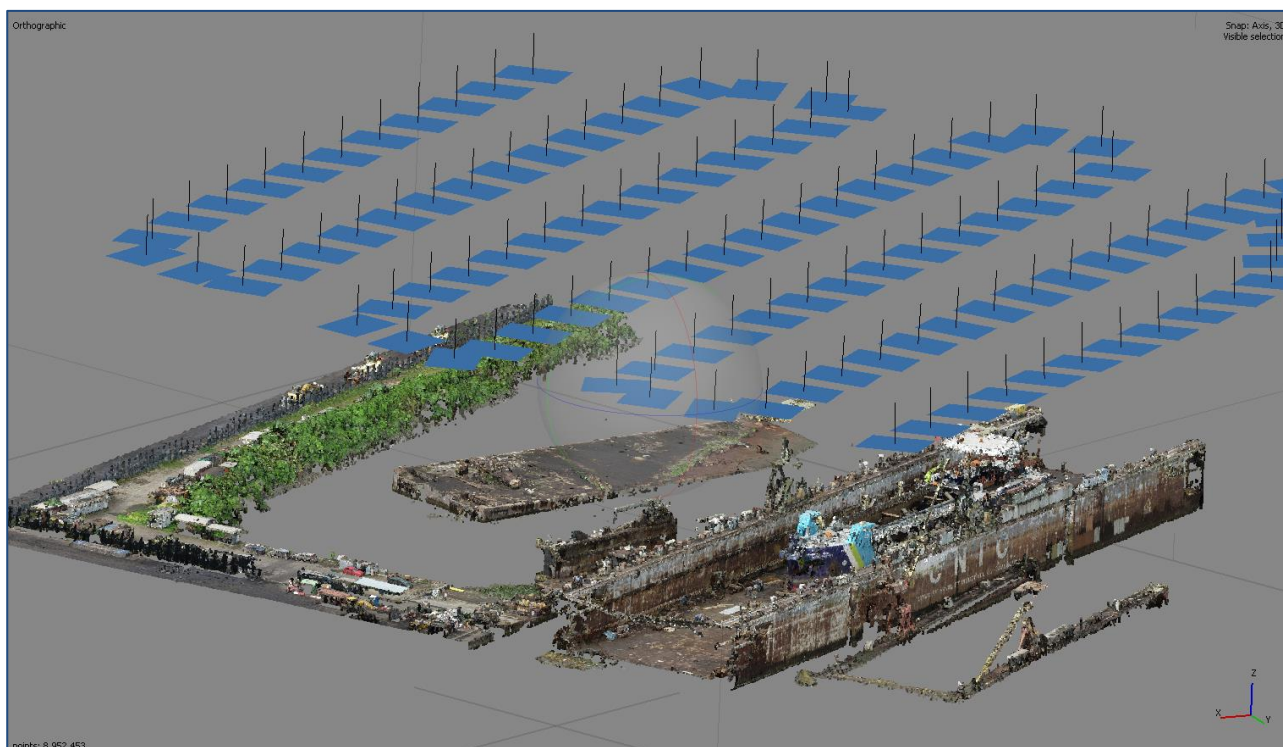


Figura 28: Esempio di elaborazione dei fotogrammi acquisiti.

Dal processing dei dati sono stati ottenuti quindi la nuvola di punti e l'ortofoto, utile anche ai fini cartografici. È stato possibile quindi identificare le strutture presenti in tale area e riportarle in cartografia.

11.0 RISULTATI DELL'INDAGINE

In seguito all'incarico ricevuto da Modimar srl, tenendo presente lo scopo del lavoro e quanto riportato nei precedenti capitoli del presente documento, di seguito sono riportati alcuni elaborati grafici in rappresentanza dei risultati ottenuti dal rilievo. Per la fruizione completa dei dati si fa riferimento all'allegato 3 che contiene le nuvole di punti.

11.1 NUVOLA DI PUNTI - BANCHINA DI RIVA

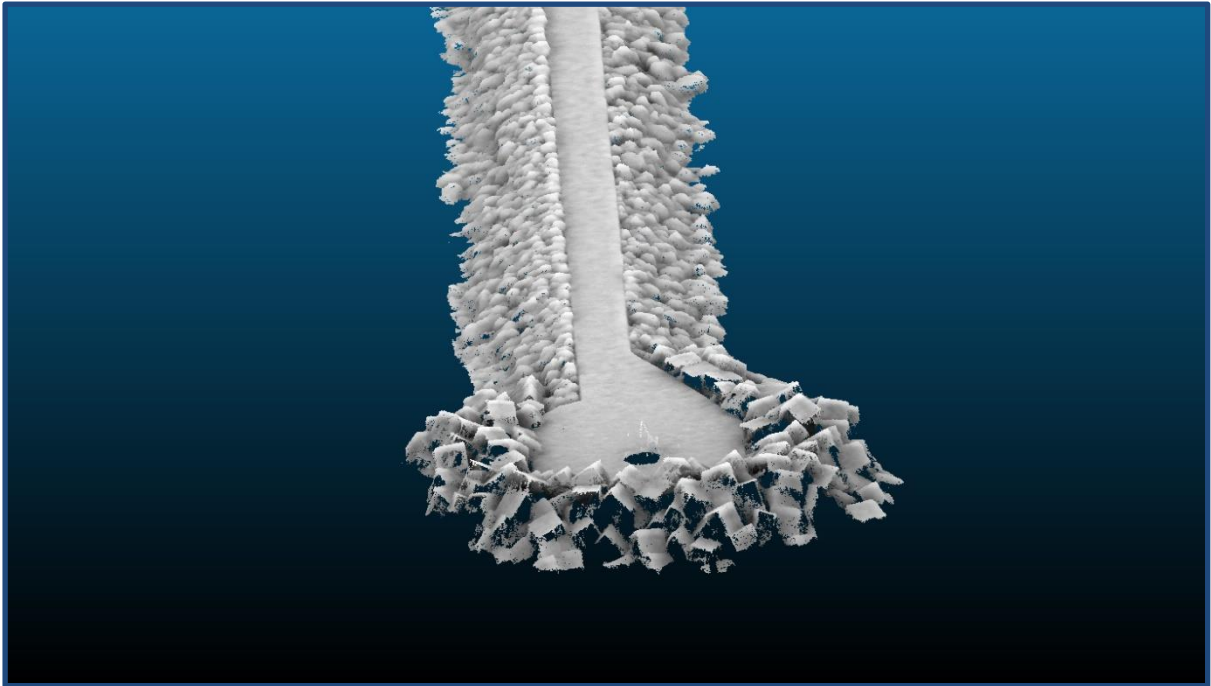


Figura 29: nuvola di punti del molo sud.

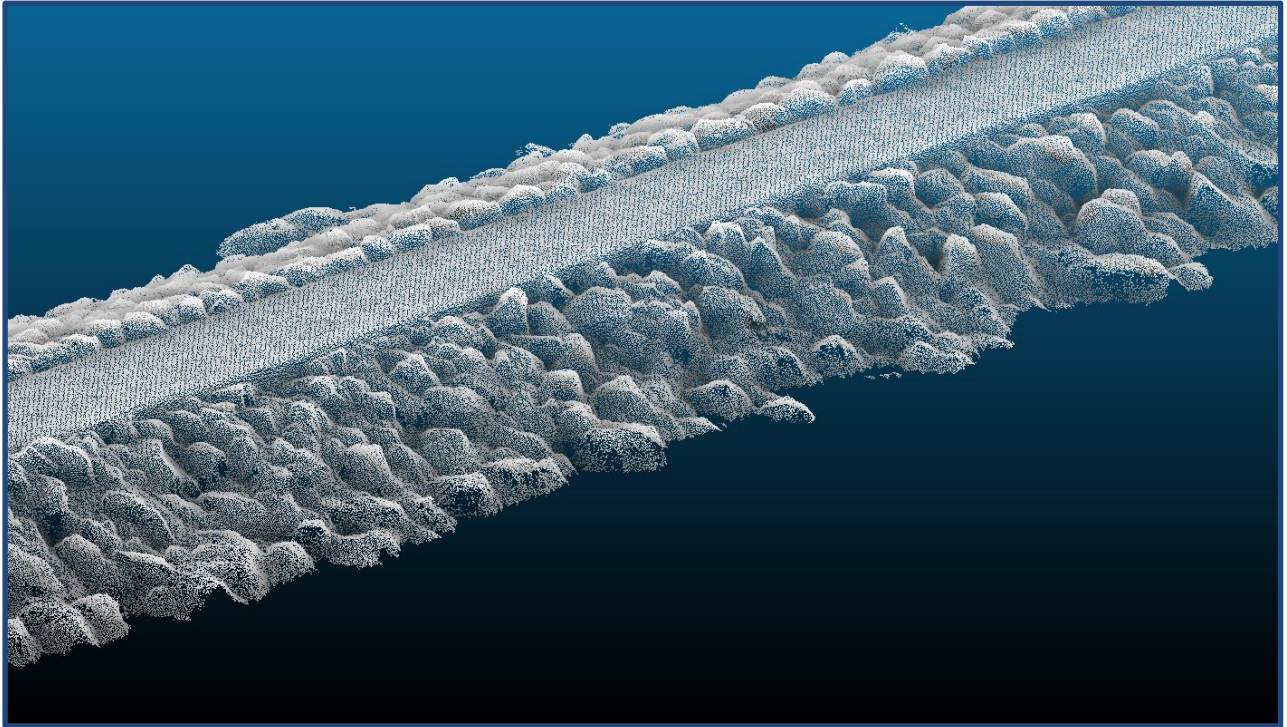


Figura 30: nuvola di punti del molo sud.

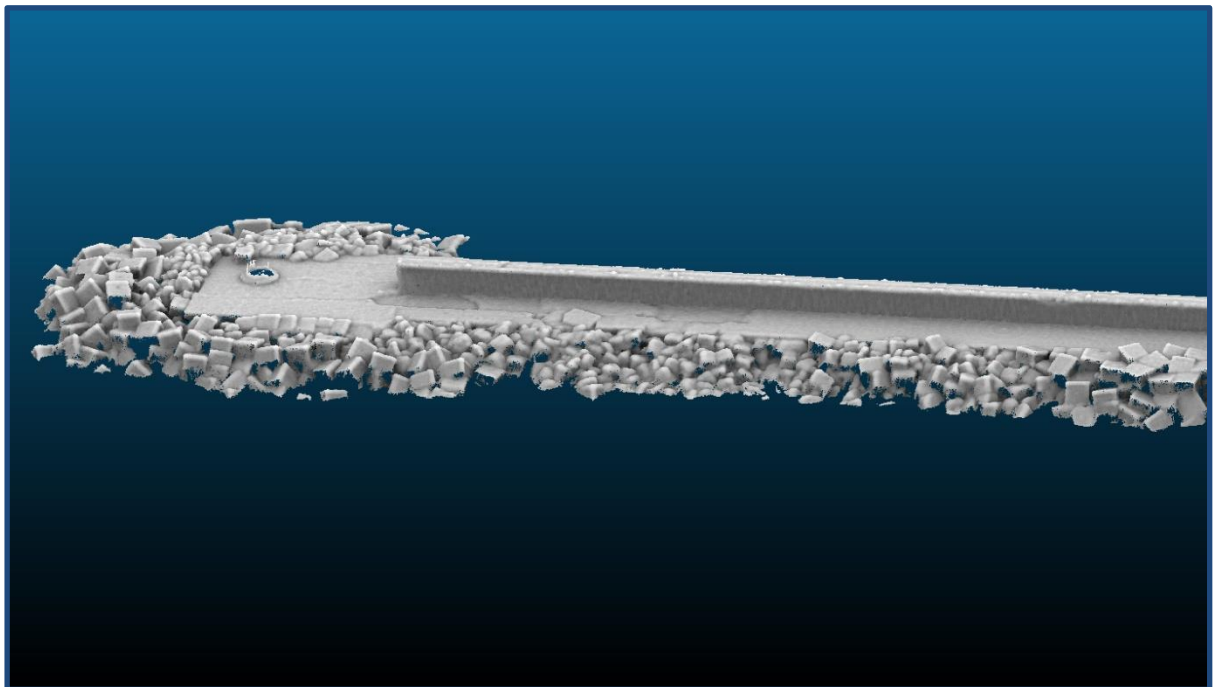


Figura 31: nuvola di punti del molo nord.

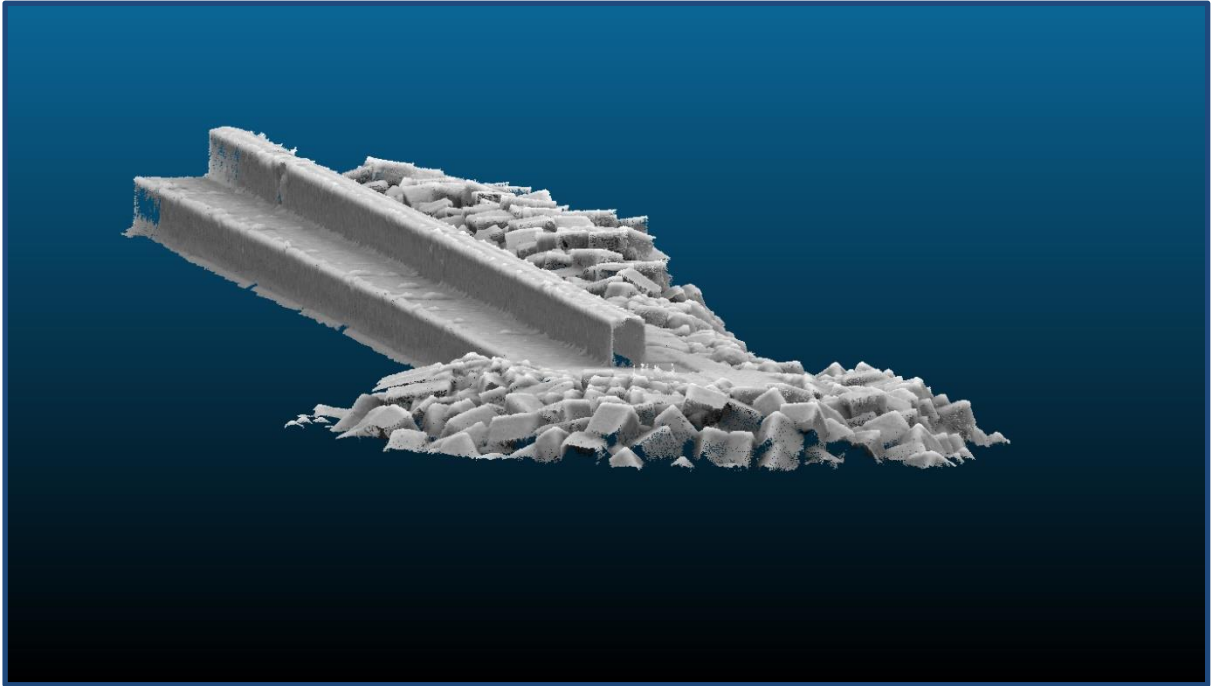


Figura 32: nuvola di punti del molo nord.

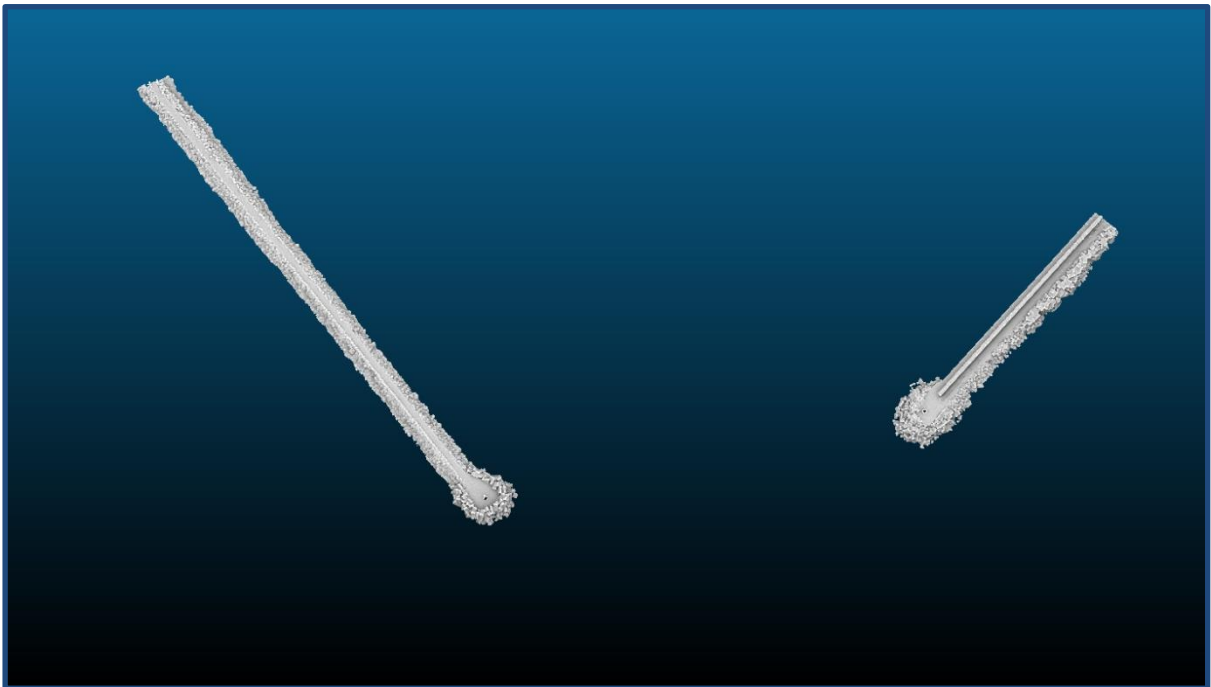


Figura 33: nuvola di punti dei due moli.

11.2 IMMAGINI DTM TOTALE

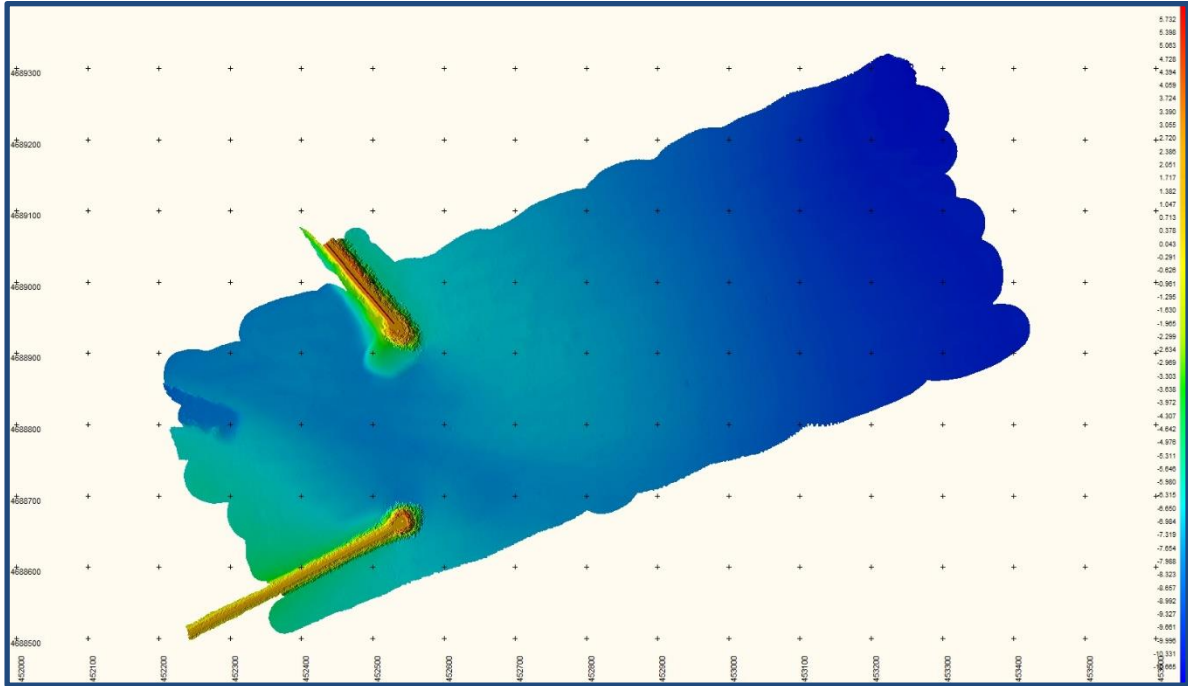


Figura 34: DTM totale.

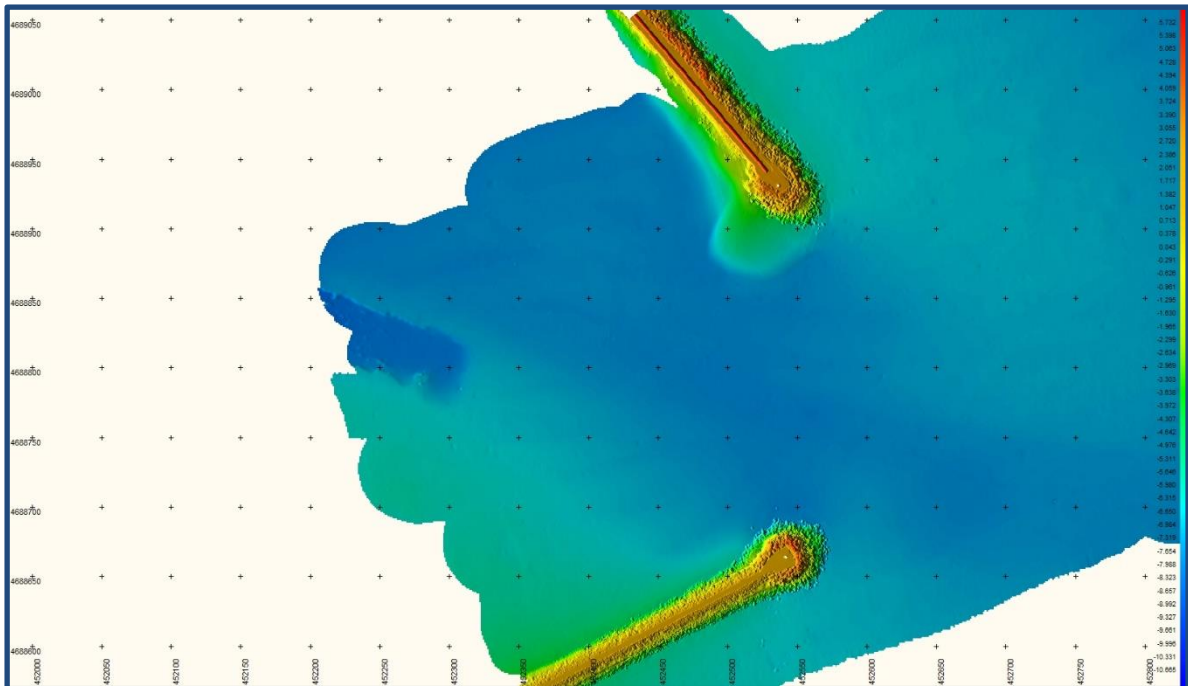


Figura 35: DTM totale.

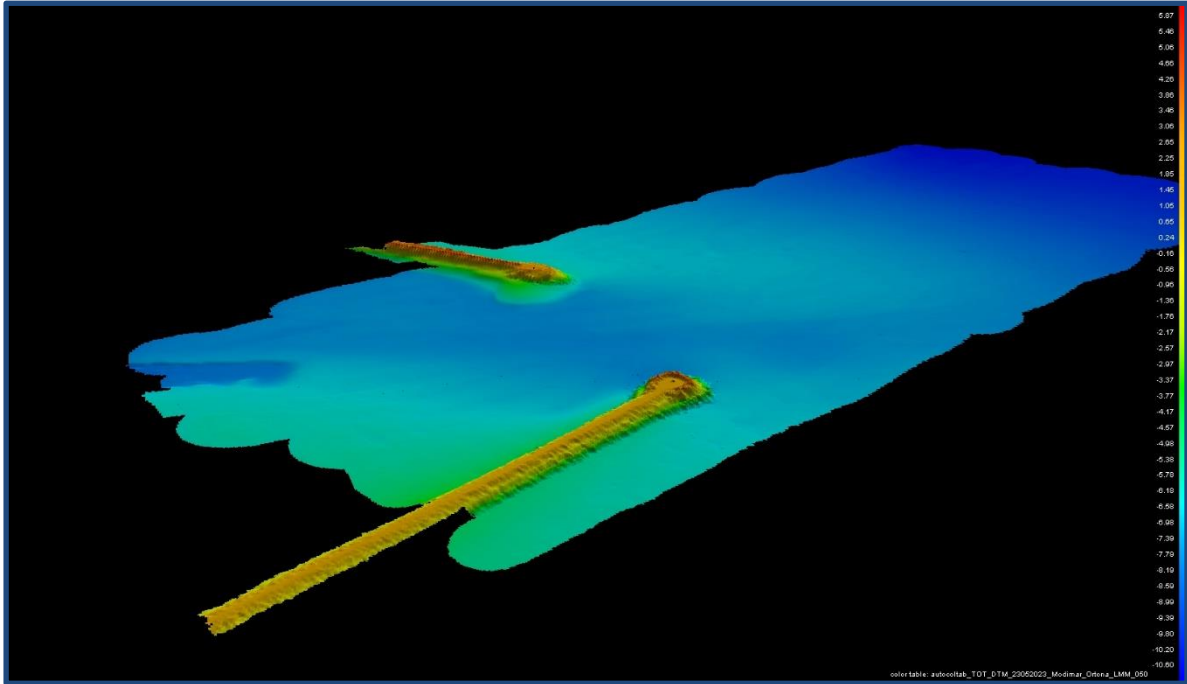


Figura 36: DTM totale.

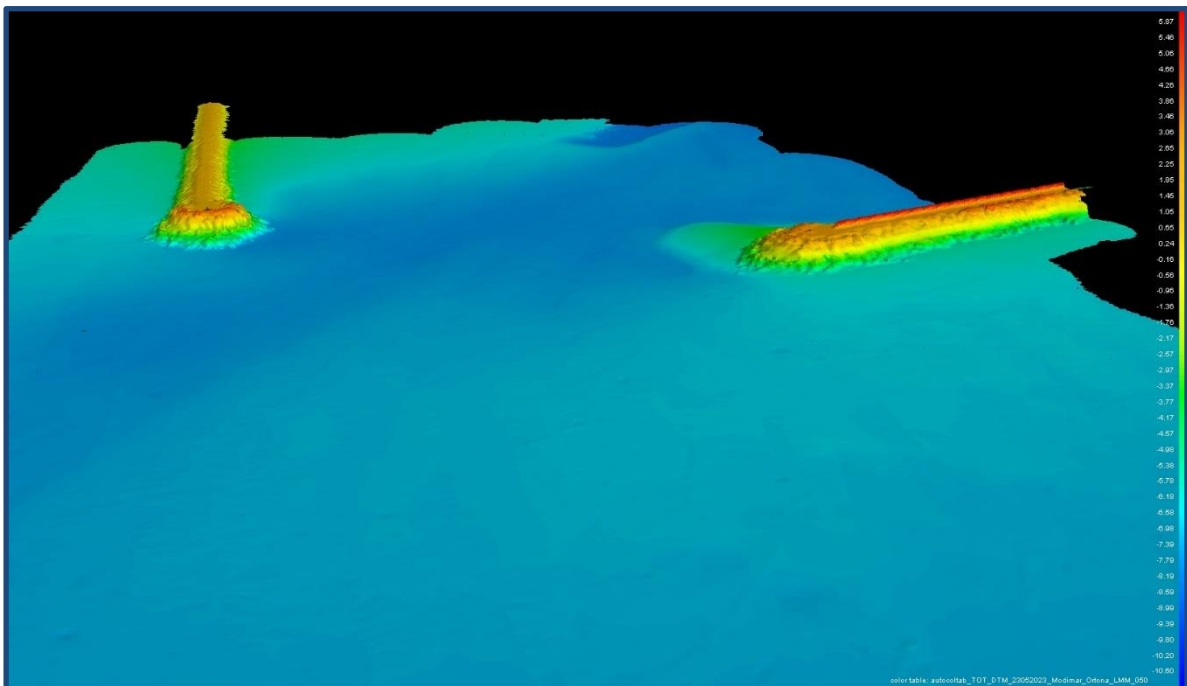


Figura 37: DTM totale.

12.0 ELENCO DATI CONSEGNATI

| ELABORATO | ALLEGATO | FORMATO | SUPPORTO | COPIE |
|--------------------------------------|----------|---------|-----------|-------|
| Relazione Tecnica Finale | N/A | .pdf | FTP Cloud | 1 |
| Monografie Caposaldo di Riferimento | 1 | .pdf | FTP Cloud | 1 |
| Schede Tecniche della Strumentazione | 2 | .pdf | FTP Cloud | 1 |
| Nuvole di punti e DTM | 3 | .pdf | FTP Cloud | 1 |
| Software PDS LiteView | 4 | exe | FTP Cloud | 1 |

Tabella 10: elenco dati consegnati