



RIQUALIFICAZIONE DI UN RIPARO PER LA PESCA IN C.DA
FALARIDE – AVOLA
COMUNE DI AVOLA (SR)
–RELAZIONE TECNICA -



**PROGETTO: “PROGETTO ESECUTIVO PER LA
RIQUALIFICAZIONE DEL RIPARO PER LA PESCA IN C.DA
FALARIDE – AVOLA. AFFIDAMENTO MONITORAGGIO
AMBIENTALE PREVISTO DAL PARERE 3194 E DECRETO
MATIM 503/21”**
CIG:ZE030C6AC3 – CUP:G67H16000440006



RELAZIONE Sul monitoraggio ambientale propedeutico all’avvio dei lavori di riqualificazione del riparo per la pesca di C.da Falaride in Avola (SR).

➤ **Comune di Avola (SR)**

DOCUMENTO N.: RTC_P1612_21_Relazione_Tecnica_Comune_di_Avola_R02



Revisione R02	Data 05/07/2021	Descrizione Relazione attività di monitoraggio ambientale	Redatta GCO	Controllata	Approvata	Approvazione del Cliente
Project Manager	Direttore Lavori	Idrografo di Categoria A			Gruppo di Lavoro	
 Dott. Alfonso Analfino	 Dott. Giuseppe Catalano	 Dott. PIETRO CEFALI Idrografo Categoria A Brevetto N° 74 - FIG/10/ICA Biologo Marino			Dott. Alfonso Riccardo Analfino Dott. Dario Briulotta Arch. Gabriella Fanara Dott. Giuseppe Catalano Dott. Guglielmo Costanza Dott. Pietro Cefali	



Questo documento è stato realizzato nel rispetto delle regole stabilite dal sistema di gestione qualità ISO 9001:2015 valutato da RINA S.p.a. e coperto dal certificato numero 38271/19/S

Questo documento è proprietà di Geonautics Srl. E' severamente proibito riprodurre anche in parte il documento o divulgare ad altri le informazioni contenute senza la preventiva autorizzazione scritta.

This document was produced in the compliance with quality management system ISO 9001:2015 assessed by RINA S.p.a. and covered by accreditation number 38271/19/S.

This document is property of Geonautics srl. It is strictly forbidden to reproduce this document, wholly or partially, and to provide any related information to others without previous written consent.

INDICE DELLE REVISIONI

Rev. No.	Scopo	Descrizione della Revisione
REV02	Seconda Emissione	



SOMMARIO



1

INDICE DELLE REVISIONI	2
SOMMARIO.....	3
INDICE DELLE FIGURE	5
1 INTRODUZIONE E RIFERIMENTI GENERALI.....	8
1.1 Lista degli Acronimi e Abbreviazioni.....	8
1.2 Introduzione e Scopo del lavoro.....	9
1.3 Inquadramento Area di Indagine	11
2 CANTIERIZZAZIONE	12
2.1 Calendario Lavori.....	12
2.2 Personale Impiegato.....	13
2.3 Risorse Strumentali	15
3. PROCEDURE, METODOLOGIE e strumentazione DI SURVEY	16
3.1 Mobilitazione.....	16
3.2 Mezzi impiegati.....	17
3.3 Rilievi Topo-Batimetrici: Installazioni, Calibrazioni e Procedure Operative	18
3.3.1 Sistema di Posizionamento Superficiale	19
3.3.2 Ispezione preliminare e Pianificazione dei piani di volo	20
3.3.3 Posizionamento dei Ground Control Point	22
3.3.4 Calibrazione ed Esecuzione dei voli	23
3.4 Rilievi Batimetrici: Strumentazione, Installazioni, Calibrazioni e Procedure Operative.....	26
3.4.2 Sistema di assetto (Applanix POS-MV).....	28
3.4.3 Sistema Multibeam Echosounder (MBES).....	31
3.5 Indagini Sedimentologiche	38
3.6 Indagini ambientali - Sonda Multiparametrica.....	42
3.6.1 Analisi chimico-fisiche della colonna d'acqua tramite Sonda multiparametrica	42
3.6.2 Misure parametri chimico-fisici della colonna d'acqua.....	43
Il campionamento con la sonda multiparametrica è stato realizzato a bordo dell'imbarcazione BIC245 eseguito 4 discese, aventi le stesse coordinate delle stazioni di campionamento (si veda la tabella 8). La sonda è stata calata dalla superficie fin sul fondale in modo da avere rilevato lungo tutta la colonna d'acqua.	43
3.6.3 Restituzione dei Dati della sonda multiparametrica	44
3.6.4 Installazione e Posizionamento paletti premarcati.....	44
3.6.5 Installazione e registrazione dati correntometrici	47
4 ELABORAZIONE DATI E CARTOGRAFIE.....	49
4.1 Elaborazione Dati Topografici.....	49
4.2 Elaborazione Dati di Posizione e Navigazione	54
4.3 Elaborazione Dati Batimetrici MBES.....	54
4.4 Elaborazione Dati Sondaggi ed Analisi Sedimenti	54
4.5 Elaborazione Dati chimico fisici con sonda Multiparametrica	54
4.8 Elaborazione Dati correntometrici	55



4.11 Restituzione Cartografica e Risultati	55
5 RISULTATI E CONCLUSIONI	56
5.1 RISULTATI DELLE INDAGINI STRUMENTALI (MBES).....	56
5.1.1 Caratterizzazione Morfobatimetrica	56
5.2 Risultati analisi sedimenti.....	65
5.3 Analisi sui parametri chimico-fisici della colonna d'acqua.....	66
5.3 Analisi dati correntometrici.....	70



INDICE DELLE FIGURE

Figura 1 – In evidenza l’area monitorata.	11
Figura 2 – Organigramma aziendale Geonautics e ruoli del personale coinvolto nelle attività.	14
Figura 3 – Fuoristrada Nissan Navara.	17
Figura 4 – ASV Geodrone con l’installazione delle attrezzature.	17
Figura 5 – Configurazione strumentale a bordo dell’ASV Geodrone 1 e i relativi off-set di installazione.	18
Figura 6 – Drone DJI Phantom 4 PRO V2 in fase di decollo. Tutte le operazioni sono state svolte da pilota certificato ENAC.	19
Figura 7 – Ispezione del luogo di indagine mediante software Google Maps (sopra) e Google Street View (sotto).	20
Figura 8 – Pianificazione della missione di volo manuale	21
Figura 9 – Rotta eseguita durante i voli in modalità manuale.	22
Figura 10 – Esempi di GCP utilizzati per la registrazione della posizione e della quota.	22
Figura 11 – Calibrazione sensori bussola (sinistra), IMU (destra).	23
Figura 12 – Calibrazione link radio.	24
Figura 13 – Controllo della qualità delle immagini.	25
Figura 14 – Schema generale di funzionamento del sistema GPS e della ricezione della correzione RTK.	26
Figura 15 – Schema generale che mostra la configurazione strumentale, le installazioni e le fasi di lavoro impiegate per l’esecuzione dei rilievi batimetrici.	27
Figura 16 – Applanix POS-MV. Sistema integrato per la correzione dei movimenti di pitch, roll, heave heading e per il posizionamento di superficie (RTK).	28
Figura 17 – Antenne GPS montate sull’imbarcazione ASV durante il survey.	29
Figura 18 – Applanix POS-MV: GAMS Calibration prima (sopra) e dopo (sotto).	30
Figura 19 – Applanix POS-MV: Parametri di calibrazione delle GAMS.	30
Figura 20 – Applanix POS M-View: Visualizzazione del corretto inserimento degli offset di installazione sensori.	30
Figura 21 – Sistema MBES impiegato per i rilievi batimetrici.	31
Figura 22 – MRU installato sul palo del MBES utilizzando un’apposita flangia regolabile che consente di ottenere vari gradi di inclinazione a step di 15°. In figura: da sinistra a destra, installazione classica con testa in posizione normale (usata in questo caso) e installazione con testa inclinata con angolo di 45°.	32
Figura 23 – Installazioni strumentali esemplificative a bordo dell’imbarcazione “ASV” impiegata nell’esecuzione del rilievo Mbes. Si noti in dettaglio il sistema di “Frame” realizzato e tarato ad hoc per l’installazione di tutti i sensori della piattaforma inerziale INS Applanix e del sistema Mbes M3 Kongberg.	32
Figura 24 – Sonda CTD/SVP (Valeport MKIII) sull’imbarcazione durante le fasi di survey, a sinistra; Registrazione del profilo di velocità del suono in acqua ed inserimento dei dati nel software idrografico Qinsy (QPS), a destra (imm. di repertorio).	33
Figura 25 – Avola (SR): integrazione dei rilievi batimetrici Mbes con quelli topografici SAPR.	34
Figura 26 – Calibrazione del sistema MBES: sopra, “roll” non corretto; sotto, roll corretto in seguito all’applicazione dei valori di correzione individuati dalla procedura automatica (-0.170°)	35
Figura 27 – Calibrazione del sistema MBES: sopra, “pitch” non corretto; sotto, pitch corretto in seguito all’applicazione dei valori di correzione individuati dalla procedura automatica (+0.740°).	36



Figura 28 – Calibrazione del sistema MBES: sopra, “heading” non corretto; sotto, heading corretto in seguito all’applicazione dei valori di correzione individuati dalla procedura automatica (+2.00°).....	37
Figura 29 – Benna Van Veen 5 Lt	38
Figura 30 – Fase di campionamento (sopra a sinistra); Benna Van Veen da 5 l e sonda multiparametrica (sopra a destra) e apertura per recupero del campione prelevato (sinistra).	39
Figura 31 – Punti di campionamento (ortofoto sopra e DEM sotto) realizzati e visibili sulla cartografia in Allegato 4, per le coordinate delle stazioni si rimanda alla Tabella 8	40
Figura 32 – Sonda Multiparametrica YSI 650 MDS.....	42
Figura 33 – Sonda Multiparametrica YSI 650 MDS sul sito di campionamento.	42
Figura 34 – Fasi di rilievo con sonda YSI 650 MDS.	43
Figura 35 – Fase di salvataggio dei parametri chimico-fisici, registrati con la sonda multiparametrica YSI 650 MDS dei sonogrammi con il software EchoWatchLite.	44
Figura 36 – Installazione dei paletti premarcati con relativa asta metrata	46
Figura 37 – Correntometro Pinnacle 45 della Teledyne	48
Figura 38 – Elenco delle coordinate dei punti di controllo. Punti originali a sinistra e con correzione tramite software Converg e grigliati dell'IGM a destra	49
Figura 39 – Restituzione grafica del DEM	50
Figura 40 – Restituzione grafica dell’ortomosaico.....	51
Figura 41 – Allineamento delle immagini e loro posizionamento nello spazio.	52
Figura 42 – Generazione dei punti di giunzione (nuvola sparsa).....	53
Figura 43 – Avola (ME): modello di elevazione digitale (DEM) generato dalla elaborazione dei dati batimetrici (maglia di acquisizione maglia 0,25x0,25 m e riportato su GIS insieme all’ortofoto dell’area di indagine.	56
Figura 44 – Avola (ME): Linee di navigazione eseguite per l’acquisizione dei dati batimetrici Mbes a copertura completa.	57
Figura 45 – Avola (ME): Visione del DTM dei dati batimetrici acquisiti con sistema MBES che mostra una sezione longitudinale del profilo batimetrico caratterizzante l’area d’indagine. Dalla sezione si evince una morfologia del fondale molto irregolare e frastagliata data dalla presenza della piattaforma di origine carbonatica.	58
Figura 46 – Avola (ME): Visione del DTM dei dati batimetrici acquisiti con sistema MBES che mostra una sezione longitudinale del profilo batimetrico caratterizzante l’area d’indagine. Dal Profilo si nota l’irregolarità morfologica del fondo marino causata dall’ingente presenza di grossi blocchi di origine carbonatica. Questi blocchi si saranno discostati dalla falesia a causa dello scalzamento alla base della stessa dovuto dal forte impatto causato dal moto ondoso.	59
Figura 47 – Avola (ME): Visione del DTM dei dati batimetrici acquisiti con sistema MBES che mostra una sezione longitudinale del profilo batimetrico caratterizzante l’area d’indagine.	60
Figura 48 – Avola (ME): Visione del DTM dei dati batimetrici acquisiti con sistema MBES che mostra una sezione perpendicolare del profilo batimetrico caratterizzante l’area d’indagine.	61
Figura 49 – Avola (ME): Visione del DTM dei dati batimetrici acquisiti con sistema MBES che mostra una sezione perpendicolare del profilo batimetrico caratterizzante l’area d’indagine. Dalla sezione si evince la presenza di un piccolo slope avente una pendenza i circa 5°che parte da una profondità di circa 1,5 m e arriva fino alla profondità investigata die 6 m. La sezione mostra due punti sopraelevati che indicano la morfologia a gradoni della piattaforma carbonatica.	62
Figura 50 – Avola (ME): Visione del DTM dei dati batimetrici acquisiti con sistema MBES che mostra una sezione obliqua del profilo batimetrico caratterizzante l’area d’indagine.	63
Figura 51 – Avola (ME): Visione del DTM dei dati batimetrici acquisiti con sistema MBES che mostra una sezione obliqua del profilo batimetrico caratterizzante l’area d’indagine.	64
Figura 52 – diagrammi dei profili verticali della colonna d’acqua dei 4 punti di campionamento richiesti ad Avola	70



INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1 – Elenco degli acronimi e abbreviazioni utilizzate nel testo	8
Tabella 2 – Estratto della tabella dei “Minimi Standard per i rilievi idrografici”, da “Disciplinare tecnico per la standardizzazione dei rilievi idrografici”, 2016.....	10
Tabella 3 – Pianificazione e giornate impiegate per lo svolgimento delle attività	12
Tabella 4 – Risorse umane impiegate per lo svolgimento delle attività.....	13
Tabella 5 – Risorse strumentali impiegate per lo svolgimento delle attività	15
Tabella 6 – Offset di installazione e parametri di calibrazione applicati con riferimento all'installazione del trasduttore MBES rispetto al COG dell'imbarcazione.	34
Tabella 7 – Stazioni di Campionamento	39
Tabella 8 – Stazioni di Campionamento di progetto (tabella sopra) e stazioni di campionamento con relativa profondità (tabella sotto)	41
Tabella 9 – Parametri geodetici del sistema di riferimento impiegato	55
Tabella 10 – Frazioni granulometriche determinate sui campioni di sedimento	65
Tabella 11 - Elenco degli allegati.....	71



1 INTRODUZIONE E RIFERIMENTI GENERALI

1.1 Lista degli Acronimi e Abbreviazioni

ASV	Automatic Surface Vehicle	Sistema di navigazione di superficie
CTD	Conductivity Temperature Depth	Conduttività Temperatura Profondità
DGPS	Differential Global Positioning System	Sistema di Posizionamento Globale Differenziale
DEM	Digital Elevation Model	
DSM	Digital Surface Model	
GAMS	GNSS Azimuth Measurement System	
GCP	Ground Control Point	Punti di controllo a terra
GIS	Geographic Informative System	Sistema informativo Geografico
GNSS	Global Navigation Satellite System	
GPS	Global Positioning System	Sistema di Posizionamento Globale
HDOP	Horizontal Dilution of Precision	
IMU	Inertial Measurement Unit	Sistema di misura inerziale
INS	Inertial Navigation System	Sistema di Navigazione Inerziale
MBES	Multi Beam Echosounder System	Ecoscandaglio Multi Beam
MRU	Motion Reference Unit	Unità di riferimento del movimento
NVR	Near Vertical Reflection	
PDOP	Position dilution of Precision	
QPS	Quality Positioning Service	
RTK	Real Time Kinematic	Sistema di Posizionamento con precisione centimetrica
SAPR		Sistema Aeromobile a Pilotaggio Remoto
MP	multiparameter probe water	Sonda multiparametrica
SVP	Sound Velocity Probe	Profilatore Velocità del Suono
TVG	Time Variable Gain	Guadagno tempo-variabile
UTM	Universal Transverse Mercator	Universale Trasversa di Mercatore
VDOP	Vertical dilution of Precision	
VE	Vertical Exaggeration	Esagerazione Verticale
WGS84	World Geodetic System 1984	Sistema Geodetico mondiale istituito nel 1984



1.2 Introduzione e Scopo del lavoro

In seguito all'incarico ricevuto dal Comune di Avola (SR), nell'ambito dell'affidamento incarico per la realizzazione del progetto: "Riqualificazione di un riparo per la pesca in C.da Falaride – Avola (SR)", la Geonautics S.r.l. ha svolto una campagna di acquisizione dati sedimentologici, topo-batimetrici (UAS, MBES) finalizzata alla restituzione di un rilievo morfo-batimetrico di dettaglio dell'area individuata, caratterizzazione qualità acqua ed intensità delle correnti marine.

Con riferimento all'incarico sopradescritto, sono stati effettuati:

- indagini geologiche e sedimentologiche, prelievo di campioni di sedimenti, analisi ad opera di laboratorio accreditato e relazione geologico-tecnica a cura di professionista abilitato;
- rilievi morfo-batimetrici di dettaglio con sistema Multibeam (Mbes);
- rilievi plano-altimetrici ad alta risoluzione con sistema drone (UAS);
- indagini chimico-fisiche della colonna d'acqua con sonda multi-parametrica;
- Studio correntometrico.

Scopo della presente relazione è la descrizione delle attività svolte, della strumentazione e delle metodologie operative impiegate nello svolgimento delle attività sopradescritte, oltre alle modalità operative, vengono discussi i principali risultati ottenuti dalle indagini compiute.

Le attività, svolte nell'ambito dell'incarico ricevuto, sono state effettuate il 06 e il 28 maggio 2021, secondo il calendario riportato in (*Tabella 3*).

Complessivamente è stata indagata un'area di circa 15,36 ha (*Figura 1*), avvalendosi di un sistema Mbes Kongberg M3 installato su un sistema ASV (piccola imbarcazione a controllo remoto) ed un sistema drone (UAS) DJI Phantom 4 PRO V2.

Per i campionamenti ambientali e di sedimenti sono state utilizzate Benna Van Veen e sassola ed una sonda multi-parametrica.



Il presente elaborato tecnico, nonché tutti gli elaborati tecnici allegati a corredo racchiudono le informazioni richieste e concordate in fase di offerta tecnico-economica.

Geonautics è un'azienda che ha ottenuto la certificazione ISO9001:2015 su tutte le procedure eseguite per lo svolgimento delle proprie attività. In aggiunta, i rilievi batimetrici, oggetto del presente incarico, sono stati svolti rispettando rigidamente le indicazioni riportate nelle linee guida IHO per l'esecuzione dei rilievi di *Ordine 1b (Tabella 2)* ed in presenza di un Idrografo di Categoria A; **anche se non è stato richiesto dalla committenza.**

Ordine	1b
Descrizione area	Aree con profondità <100 m in cui il battente d'acqua sotto chiglia non è considerato problematico per il tipo di navigazione in superficie previsto in quella zona.
IOT massima consentita (Livello di confidenza 95%)	5 m + 5% della profondità
IVT massima consentita (Livello di confidenza 95%)	a = 0.5 m b = 0.013
Ricerca totale sul fondo	Non richiesta
Rilevamento di ostacoli	Non applicabile
Interlinea massima raccomandata	25 m o 3 x la profondità media, se il risultato è >25. Per LIDAR batimetrico spazio fra spot 5 x 5 m
Posizione di ausili alla navigazione fissi e topografia significativa per la navigazione (Livello di confidenza 95%)	2 m
Posizione di linea di costa e topografia meno significativa per la navigazione (Livello di confidenza 95%)	20 m
Posizione media di ausili alla navigazione galleggianti (Livello di confidenza 95%)	10 m

Tabella 2 – Estratto della tabella dei “Minimi Standard per i rilievi idrografici”, da “Disciplinare tecnico per la standardizzazione dei rilievi idrografici”, 2016.



1.3 Inquadramento Area di Indagine

L'area di indagine ricade all'interno del comune di Avola (Sr), sito confinante tra il comune di Siracusa a nord-nordovest e il territorio comunale di Noto, posto a sud-sudovest. Nello specifico i confini della fascia costiera e del territorio comunale più in generale, sono tracciati a Nord dal limite naturale segnato dal fiume Cassibile che delimita il confine comunale con l'adiacente provincia di Siracusa ed a Sud dal fiume Asinaro che dalla foce sino alla sorgente stabilisce il limite con il territorio comunale di Noto. La configurazione planimetrica del territorio comunale è approssimabile ad un cono smussato all'apice, la cui base è rappresentata dalla fascia costiera dal profilo alquanto sinuoso, lunga 10.910 m circa che si affaccia sul mare Ionio dal lato Est – Sud Est.

Nello specifico il tratto di costa interessato dai rilievi topo-batimetrici e dalle indagini geotecnico-ambientali, ricade nella località "C.da Falaride" e si estende per una superficie complessiva di circa 15,36 ha. Tale area è caratterizzata da una falesia che raggiunge quota di circa 8 m sul livello medio del mare, composta prevalentemente da una roccia a composizione carbonatica.

Di seguito si riporta ortofoto satellitare con individuazione dell'area costiera oggetto di interesse (*Figura 1*).



Figura 1 – In evidenza l'area monitorata.



2 CANTIERIZZAZIONE

2.1 Calendario Lavori

Tutti i rilievi sono stati effettuati tra il 6 e il 28 maggio 2021 (*Tabella 3*).

Le attività in campo sono state svolte nelle ore diurne ed in condizioni meteo marine adeguate.

Le attività di analisi ed elaborazione dati sono iniziate il 01/06/2021 e completate con l'emissione del presente documento.

Tabella 3 – Pianificazione e giornate impiegate per lo svolgimento delle attività

	MAR	APR	MAG	GIU
Richiesta Autorizzazioni e Pianificazione	19	01		
Trasferimenti			06; 13; 25;28	
Mobilitazione - Demobilitazione			06; 13; 25;28	
Giornate Operative			06; 13; 25;28	
Giornate di Standby meteo				
Elaborazione Dati				22



2.2 Personale Impiegato

Sulla base delle esigenze di progetto e tenendo conto delle procedure e delle metodologie proposte, il personale impiegato per lo svolgimento del servizio è stato il seguente (*Tabella 4, Figura 2*):

Tabella 4 – Risorse umane impiegate per lo svolgimento delle attività	
COORDINAMENTO ATTIVITÀ	
Client RUP	Dott. Bruno Ventura
Party Chief	Dott. Alfonso R. Analfino
RILIEVI TOPO-MORFO-BATIMETRICI	
Party Chief	Dott. Alfonso R. Analfino
Operatore Mbes/SSS	Dott. Alfonso R. Analfino
Operatore SAPR	Dott. Pietro Cefali
Pilota/Idrografo di Classe A	Dott. Pietro Cefali
CAMPIONAMENTI AMBIENTALI	
Party Chief	Dott. Alfonso R. Analfino
Surveyor	Dott. Giuseppe Catalano
Surveyor	Dott. Dario Briulotta
ANALISI DI LABORATORIO	
Analisi fisica e granulometrica	Geoservice s.r.l
ELABORAZIONE DATI E CARTOGRAFIA	
Elaborazione Dati Mbes	Dott. Alfonso R. Analfino/Dott.ssa Sandrine Baldi
Elaborazione Dati Topografici	Dott. Pietro Cefali
Elaborazione parametri chimico-fisici	Dott. Giuseppe Catalano
Elaborazioni Cartografiche	Arch. Gabriella Fanara
Reportistica	Dott. Dario Briulotta / Arch. Gabriella Fanara / Dott. Alfonso R. Analfino / Dott. Guglielmo Costanza



AFFIDAMENTO INCARICO PER LA REDAZIONE DEL PROGETTO DEFINITIVO RIGUARDANTE LA REALIZZAZIONE DELLE "OPERE DI ATTUAZIONE DEL PIANO REGOLATORE PORTUALE DI RINELLA. 1° STRALCIO FUNZIONALE". SERVIZI TECNICI DI ARCHITETTURA ED INGEGNERIA – COMUNE DI LENI (ME).
-RELAZIONE TECNICA -

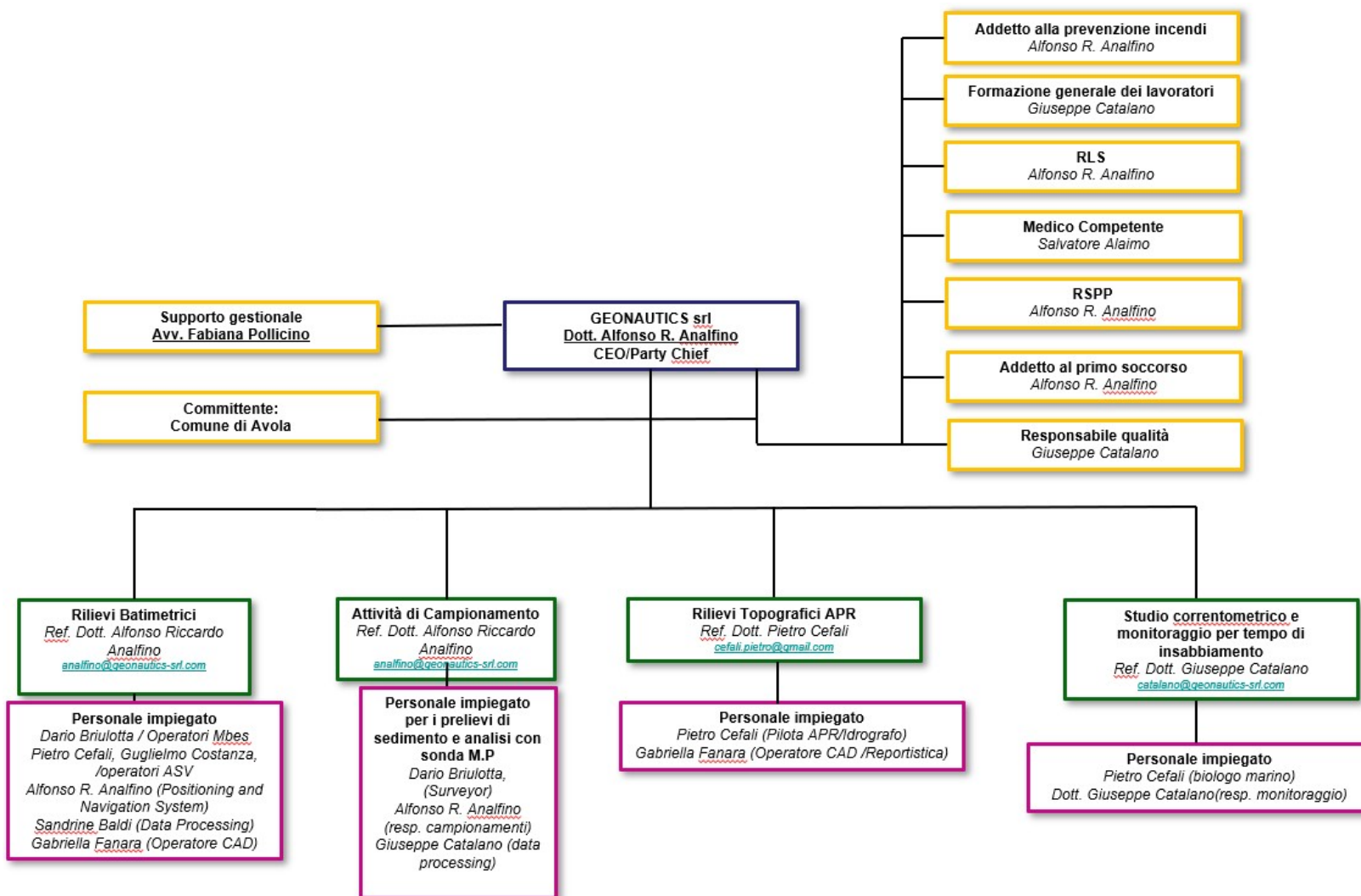


Figura 2 – Organigramma aziendale Geonautics e ruoli del personale coinvolto nelle attività.



2.3 Risorse Strumentali

Viene di seguito riportata una lista della strumentazione (**Tabella 5**) utilizzata per i rilievi:

<i>Tabella 5 – Risorse strumentali impiegate per lo svolgimento delle attività</i>	
MEZZI E STRUMENTAZIONE	
Benna Van Veen	Benna Van Veen 5 lt
Generatore inverter	Honda 2.i
GPS	Trimble R10 + correzione RTK ITALPOS
Imbarcazione	ASV / Gommone
Piattaforma inerziale	Applanix POS MV “Surfmaster”
Sensore Gyro-MRU	Applanix POS-MV – Surfmaster
Sistema APR	DJI Phantom 4 PRO V2
Sistema di Acquisizione Dati e Navigazione	QPS QINSy ver. 8.14
Sistema di monitoraggio insabbiamento	Paletti metrati
Sistema studio correntometrico	Teledyne pinnacle 45
Sistema di Posizionamento Superficiale	Applanix POS-MV – Surfmaster + correzione RTK ITALPOS
Sistema MBES	M3 Kongsberg
Sonda multiparametrica	EcoWatch light YSI 650 MDS
Software di cartografia	Autocad Map 3D
Software di elaborazione dati MBES	QPS Qimera
Software di gestione dati spaziali	Global Mapper v.17.0
Software di grafica	Surfer 12
Software di elaborazione ortofoto/DSM	Metashape – Reality Capture
Sonda CTD	Valeport 600 MK3

Le caratteristiche tecniche e le relative schede strumentali sono riportate in **Allegato 7**.



3. PROCEDURE, METODOLOGIE E STRUMENTAZIONE DI SURVEY

3.1 Mobilitazione

Le fasi delle operazioni di mobilitazione del personale, attrezzature ed il sistema ASV da survey si possono così riassumere:

- Mobilitazione su strada con Nissan Navara;
- Installazione e test del ricevitore DGPS in modalità NTRIP e successiva correzione.
- Installazione e test dell'ecoscandaglio MBES;
- Installazione e test del Sistema di Navigazione e Acquisizione Dati e collegamento con tutte le periferiche di misura in Input/output a bordo;

Completate le fasi di installazione sono stati effettuati attenti controlli di funzionamento al fine di ottenere l'accuratezza e l'affidabilità dei dati richieste.

Le fasi delle operazioni di mobilitazione del personale e attrezzature presso il Porto di Avola si possono così riassumere:

Diario delle attività:

- **06/05/2021:** Trasferimento su strada dell'imbarcazione BIC 245, della strumentazione e del personale da nostra sede di Agrigento al Porticciolo di Avola, inizio installazioni strumentali; esecuzione delle attività per mezzo della strumentazione necessaria per il prelievo di campioni di sedimenti e rientro in sede.
- **13/05/2021:** Trasferimento su strada delle strumentazioni per svolgere il rilievo topografico (DJI Phantom 4 Pro) e del personale da nostra sede di Agrigento al Porticciolo di Avola, inizio installazioni strumentali; esecuzione delle attività e rientro in sede.
- **25/05/2021:** Installazione correntometro per studio correntometrico e Posizionamento paletti premarcati per monitoraggio della velocità di deposizione e rientro in sede.
- **28/05/2021:** Trasferimento su strada dell'imbarcazione ASV, della strumentazione e del personale da nostra sede di Agrigento al Porticciolo di Avola, inizio installazioni strumentali; esecuzione del rilievo morfo-batimetrico; e analisi delle acque tramite sonda multiparametrica e rientro in sede.



3.2 Mezzi impiegati

Per il raggiungimento dell'area d'indagine e l'esecuzione del survey, sono stati utilizzati un fuoristrada Nissan Navara.



Figura 3 – Fuoristrada Nissan Navara.

L'ASV Geodrone, che grazie alle ridotte dimensioni ed alla customizzazione effettuata per l'installazione di un'ampia gamma di strumentazioni, consente di effettuare mobilitazioni rapide per l'esecuzione dei rilievi morfo-batimetrici.



Figura 4 – ASV Geodrone con l'installazione delle attrezzature.

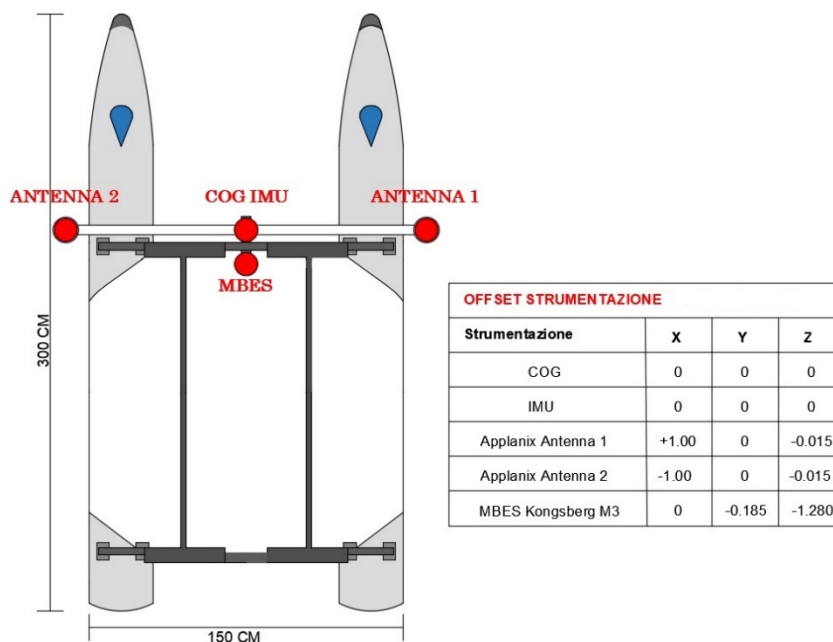


Figura 5 – Configurazione strumentale a bordo dell'ASV Geodrone 1 e i relativi off-set di installazione.

Per assicurare un'ottima qualità dei dati, tutte le apparecchiature sono state collocate in punti strategici del natante, in modo da limitare i movimenti causati dal moto ondoso (*heave, pitch, roll* e *yaw*). Inoltre, le strumentazioni sono state installate e configurate in modo da ridurre al massimo i tempi di allestimento, oltre che per ottenere dati morfo-batimetrici di ottima qualità (elevato rapporto segnale/rumore ed accuratezza). Al fine di minimizzare gli offset strumentali (distanze tra i centri di fase delle antenne GPS e del centro acustico del trasduttore), le apparecchiature sono state collocate a minima distanza tra loro e posizionate con stazione totale.

3.3 Rilievi Topo-Batimetrici: Installazioni, Calibrazioni e Procedure Operative

L'esecuzione del rilievo topo-batimetrico prevede l'impiego di svariati e sofisticati strumenti che assolvono ognuno ad una specifica funzione indispensabile per l'ottenimento di dati precisi ed affidabili. Ogni strumento diventa parte integrante di un'unica piattaforma che gestisce l'acquisizione e la registrazione del dato.



3.3.1 Sistema di Posizionamento Superficiale

Per l'esecuzione del rilievo topografico dell'area emersa è stato impiegato un **sistema drone APR multirotores** (DJI Phantom 4 PRO V2), pilotato da operatore accreditato ENAC. L'impiego dei droni in topografia consente di creare rappresentazioni di porzioni di territorio riprese dall'alto ottenendo un'immagine (ortofoto), una nuvola di punti e un DSM (*Digital Surface Model*) con precisioni molto elevate. Il sistema proposto ed utilizzato non ha sostituito il metodo topografico tradizionale (rilievo celerimetrico con sistema GPS RTK), ma è risultato complementare a quest'ultimo.

Il vantaggio principale nell'utilizzo del sistema APR si traduce in un importante risparmio di tempo, ma non solo. Tale sistema sfrutta un processo fotogrammetrico, come gli aerei che storicamente sono stati impiegati per la creazione di mappe topografiche. Questi ultimi però, volando ad alte quote, offrono una precisione relativa. Con lo stesso processo, ma su scala molto più piccola, i droni consentono di acquisire molti più particolari, dando la possibilità di ottenere misure, immagini e nel complesso dati topografici di enorme dettaglio, accuratezza e precisione.



Figura 6 – Drone DJI Phantom 4 PRO V2 in fase di decollo. Tutte le operazioni sono state svolte da pilota certificato ENAC.



3.3.2 Ispezione preliminare e Pianificazione dei piani di volo

Prima del reale inizio del rilievo, al fine di constatare la presenza di ostacoli o criticità al volo, sono stati effettuati sopralluoghi dell'area di indagine, sia con strumenti digitali, quali software messi a disposizione da Google (Maps ed Earth), sia direttamente in loco. Appurata la sicurezza per l'esecuzione dei voli, si è proceduto ad inserire i vertici che delimitano l'area da rilevare ed a programmare i piani di volo.

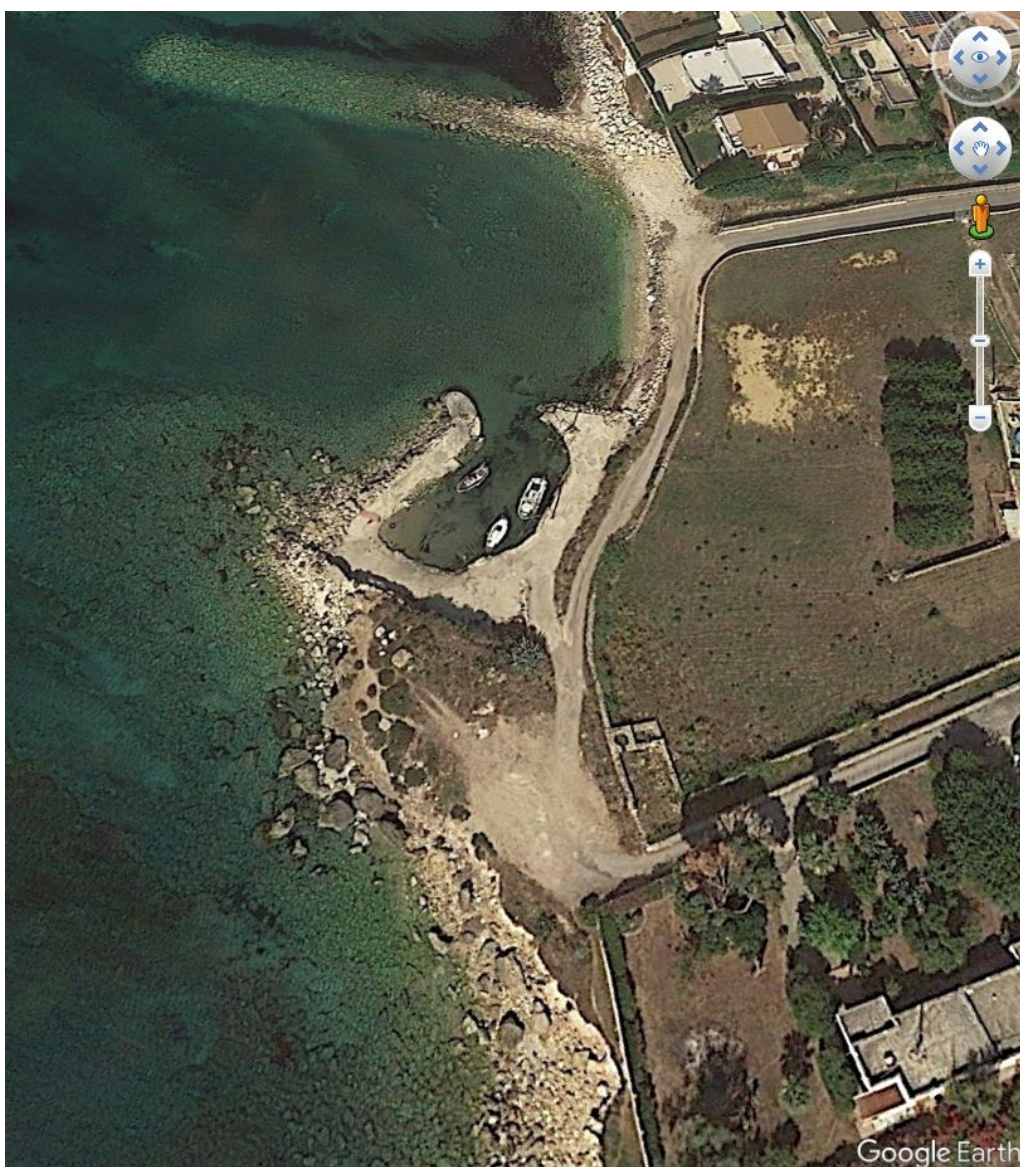


Figura 7 – Ispezione del luogo di indagine mediante software Google Maps (sopra) e Google Street View (sotto).

È stato scelto come punto di decollo la falesia adiacente al muro di sopraflutto della testata del molo del porticciolo da pesca, in modo da avere una più solida connessione tra la stazione a terra e l'APR e senza dunque perdere mai il contatto visivo (rispettando il VLOS). Sono stati progettati distinti piani di volo in modalità manuale per riuscire a rilevare anche le parti verticali delle aree limitrofe al



porticciolo. Le foto sono state scattate sia in modalità nadirale che con la camera inclinata di 20 e 40 gradi.

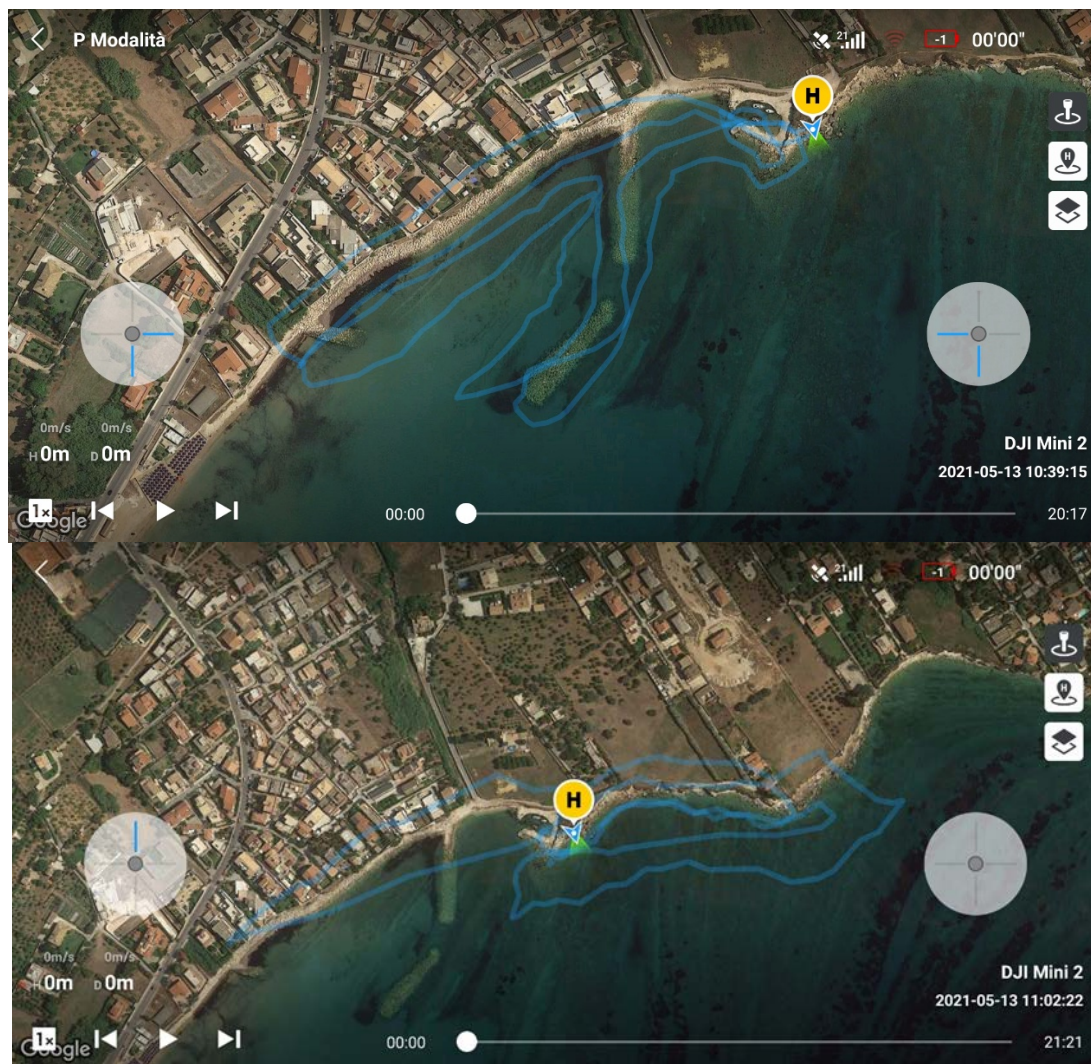


Figura 8 – Pianificazione della missione di volo manuale

La velocità dell'UAS è stata fissata a circa 3 metri al secondo per attenuare il più possibile l'effetto blur dovuto all'acquisizione di foto in movimento. L'altezza di scatto delle immagini è stata fissata a tre livelli: 20, 40 e 70 metri in modo da avere un rilievo con elevato dettaglio a terra (risoluzione approssimativa di 1.7cm/px).

Questo è stato possibile grazie alla sovrapposizione del piano di volo sul DTM dell'area. In tal modo l'APR segue la rotta impostata e contemporaneamente al suo avanzamento modifica l'altezza per scattare le foto ad altezza costante rispetto al terreno. Il piano di volo in modalità manuale comprende 2 missioni: nella prima è stata sorvolata tutta la zona costiera nella sua lunghezza, la seconda invece si è concentrata nella zona del molo.



Il piano di volo manuale è stato studiato per aumentare il livello di dettaglio verticale nelle zone di interesse e anche per acquisire dati da diverse angolazioni per evitare zone d'ombra.

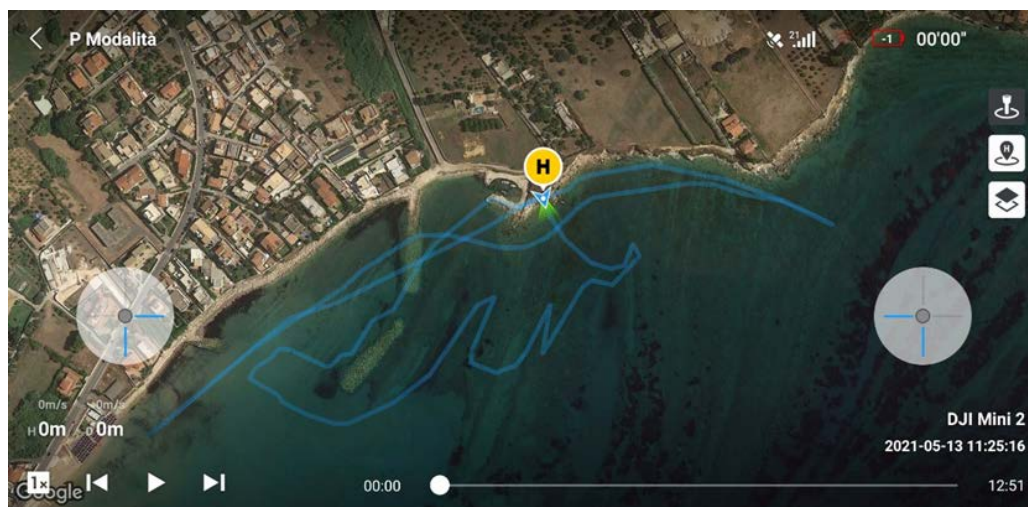


Figura 9– Rotta eseguita durante i voli in modalità manuale.

In entrambi i piani di volo non è stato previsto il sorvolo di strutture sensibili, strutture lineari né di assembramenti di persone.

3.3.3 Posizionamento dei Ground Control Point

La georeferenziazione del rilievo nel rispetto delle specifiche tecniche richieste, è stata garantita dal posizionamento di un certo numero di GCP, Ground Control Point (*Figura 9*), ovvero di target presenti al suolo e/o costruiti appositamente per essere visibili dall'altezza di volo del drone ed ai quali, mediante misurazione con GNSS TRIMBLE R10 in modalità N-RTK, sono state associate posizione e quota corrispondenti. Questo sistema permette di ottenere una precisione centimetrica dei punti battuti e conseguentemente di aumentare l'accuratezza del rilievo.

Verificato il corretto funzionamento del GNSS, sono stati posizionati 16 GCP lungo tutta l'area da rilevare, garantendo una copertura dell'intero intervallo di altezze presenti nel territorio.

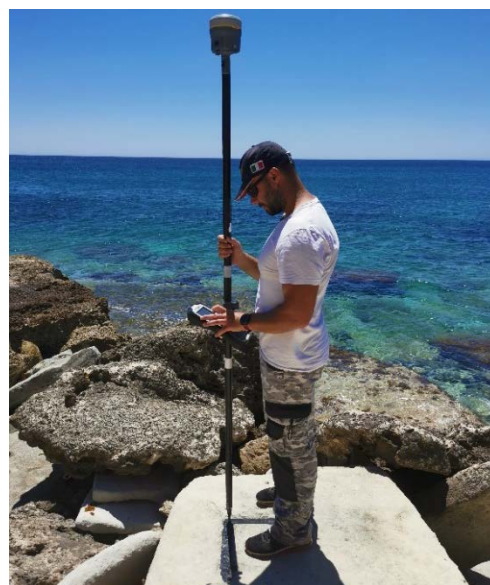


Figura 10 – Esempi di GCP utilizzati per la registrazione della posizione e della quota.



Su tali punti inoltre è stato eseguito un controllo di Quality Check, mediante l'impiego dei grigliati GK2 acquistati presso l'Istituto Geografico Militare, per la verifica della bontà delle misure eseguite in campo, sia per la posizione planimetrica che per la quota. Una volta verificata l'esattezza, questi punti sono stati impiegati, tramite il software di elaborazione dati, per la calibrazione, la georeferenziazione e la relativa restituzione finale dei dati.

3.3.4 Calibrazione ed Esecuzione dei voli

Il sistema di controllo a terra si compone di un tablet, dove è installato il software di navigazione, e due sistemi di telemetria, uno per i dati del Bios dell'APR in volo e l'altro per i fotogrammi acquisiti. In questo modo la stazione è capace di controllare da remoto l'APR, visualizzarne la posizione e lo stato dei parametri, nonché di ricevere i dati acquisiti. Nello specifico, la stazione a terra invia il piano di volo all'APR che quindi lo esegue, con il supporto dei suoi sistemi avionici, senza alcun intervento diretto del pilota se non in caso di necessità. A tal riguardo va considerato, come ulteriore sistema di sicurezza del drone, la possibilità del pilota di interrompere il piano di volo programmato e riportare l'APR in posizione di sicurezza o al suolo.

I voli sono stati eseguiti nel rispetto del regolamento ENAC e di quello delle REGOLE DELL'ARIA. Nell'area di interesse vi erano i seguenti dati meteo: vento quasi assente, cielo sereno, moto ondoso 0.2m SW, indice K per il disturbo nel campo magnetico terrestre pari a 2. Attorno alla zona da investigare è stata istituita un'area di buffer di 30 metri. Prima di iniziare le missioni di volo è stato eseguito un check dei sistemi elettronici dell'APR quali bussola, imu e link radio. Verificato il corretto funzionamento dell'apparecchio e verificata l'assenza di personale non informato nei pressi dell'area di decollo si è proceduto all'esecuzione dei voli, durante i quali non si è mai perso contatto visivo con il drone (rispettando il VLOS). Non è stato necessario prendere il controllo manuale dell'APR, poiché non si è verificata alcuna anomalia rispetto alla previsione effettuata nei piani di volo. terminate le operazioni di volo automatico si è proceduto a quelli manuali. Completata la fase di acquisizione delle immagini è stato svolto sul campo un primo controllo di qualità delle stesse.

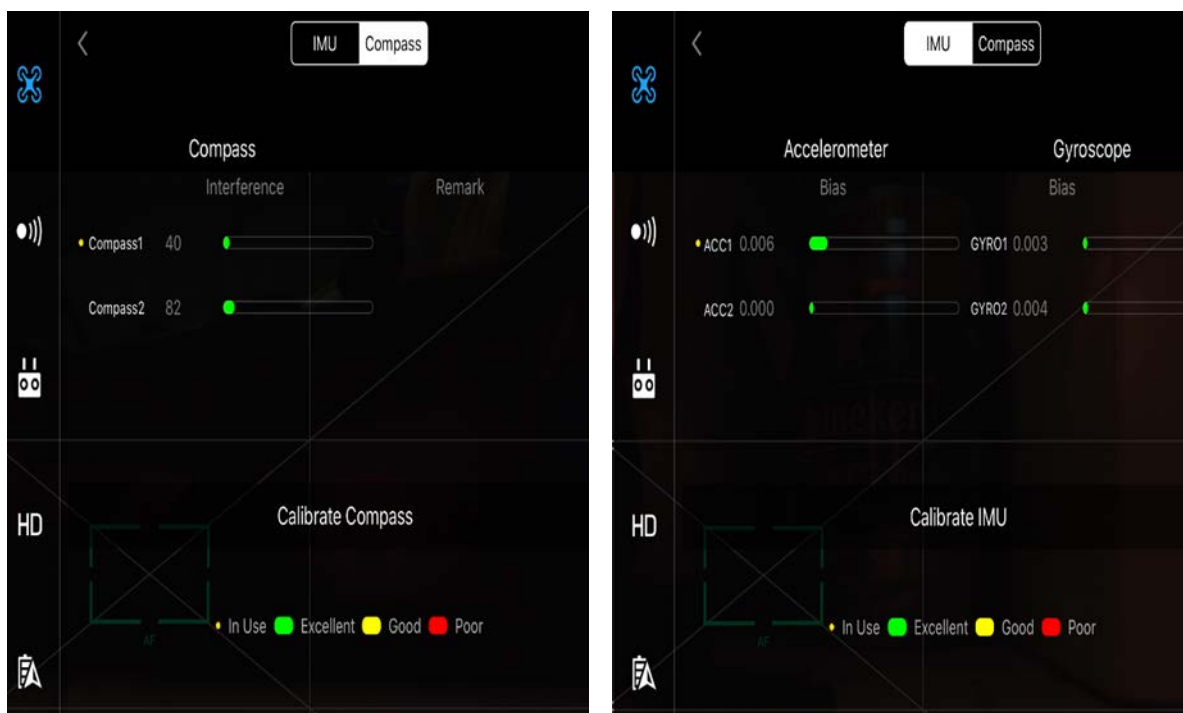


Figura 11 – Calibrazione sensori bussola (sinistra), IMU (destra).

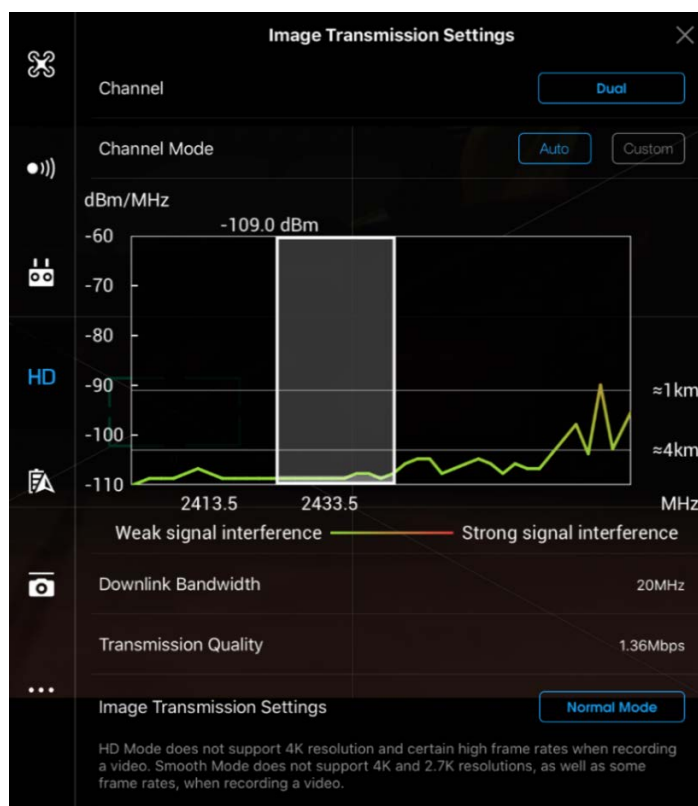


Figura 12 – Calibrazione link radio

È stato scelto come punto di decollo un piazzale localizzato in posizione soprastante e perfettamente centrale lungo l'area di indagine, in modo da avere una più solida connessione tra la stazione a terra e l'APR. Durante il volo, l'APR ha acquisito fotografie ad alta risoluzione del suolo, scattate con inclinazione quasi nadirale e sovrapposizione dell'80% e del 60%, rispettivamente con la foto successiva e quella laterale per una ottimale copertura dell'area di indagine. La velocità dell'APR è stata fissata a 4.5 m/s per attenuare il più possibile l'effetto blur dovuto all'acquisizione di foto in movimento. L'altezza di scatto delle immagini è stata fissata a 45 metri rispetto al suolo sottostante in modo da avere un rilievo con elevato dettaglio. Questo è stato possibile grazie alla sovrapposizione del piano di volo al DSM dell'area, in tal modo l'APR segue la rotta impostata e contemporaneamente al suo avanzamento modifica la sua quota in modo da scattare le foto ad altezza costante rispetto al terreno. La missione è stata eseguita svolgendo tre voli separati, adeguati all'area da ricoprire ed alla risoluzione voluta. In tutti i voli non è stato previsto il sorvolo di strutture sensibili, strutture lineari né di assembramenti di persone. Completata la fase di acquisizione delle immagini è stato svolto sul campo un primo controllo di qualità delle stesse.



RIQUALIFICAZIONE DI UN RIPARO PER LA PESCA IN C.DA
FALARIDE – AVOLA
COMUNE DI AVOLA (SR)
–RELAZIONE TECNICA -



Label	Size	Aligned	Quality	Date & time	Make	Model	Focal length	F-stop	ISO	Shutter	35mm focal
DJI_0844	4000x3000	✓	1.08508	2021-02-26 11:26...	DJI	FC7303	4.49	F/2.8	100	1/1000	24
DJI_0842	4000x3000	✓	1.08412	2021-02-26 11:26...	DJI	FC7303	4.49	F/2.8	100	1/1000	24
DJI_0845	4000x3000	✓	1.07677	2021-02-26 11:26...	DJI	FC7303	4.49	F/2.8	100	1/1000	24
DJI_0843	4000x3000	✓	1.07578	2021-02-26 11:26...	DJI	FC7303	4.49	F/2.8	100	1/1000	24
DJI_0841	4000x3000	✓	1.07279	2021-02-26 11:26...	DJI	FC7303	4.49	F/2.8	100	1/1000	24
DJI_0840	4000x3000	✓	1.07233	2021-02-26 11:26...	DJI	FC7303	4.49	F/2.8	100	1/1000	24
DJI_0949	4000x3000	✓	1.07198	2021-02-26 11:30...	DJI	FC7303	4.49	F/2.8	100	1/1000	24
DJI_0950	4000x3000	✓	1.06902	2021-02-26 11:30...	DJI	FC7303	4.49	F/2.8	100	1/1000	24
DJI_0948	4000x3000	✓	1.06843	2021-02-26 11:30...	DJI	FC7303	4.49	F/2.8	100	1/1000	24
DJI_0480	4000x3000	✓	1.06512	2021-02-26 11:07...	DJI	FC7303	4.49	F/2.8	100	1/1000	24
DJI_0951	4000x3000	✓	1.06392	2021-02-26 11:30...	DJI	FC7303	4.49	F/2.8	100	1/1000	24
DJI_0181	4000x3000	✓	1.05909	2021-02-26 11:53...	DJI	FC7303	4.49	F/2.8	100	1/1000	24
DJI_0947	4000x3000	✓	1.05823	2021-02-26 11:30...	DJI	FC7303	4.49	F/2.8	100	1/1000	24
DJI_0180	4000x3000	✓	1.05643	2021-02-26 11:53...	DJI	FC7303	4.49	F/2.8	100	1/1000	24
DJI_0846	4000x3000	✓	1.05551	2021-02-26 11:26...	DJI	FC7303	4.49	F/2.8	100	1/1000	24
DJI_0489	4000x3000	✓	1.05536	2021-02-26 12:04...	DJI	FC7303	4.49	F/2.8	100	1/1000	24
DJI_0839	4000x3000	✓	1.05443	2021-02-26 11:26...	DJI	FC7303	4.49	F/2.8	100	1/1000	24
DJI_0479	4000x3000	✓	1.05306	2021-02-26 11:07...	DJI	FC7303	4.49	F/2.8	100	1/1000	24
DJI_0481	4000x3000	✓	1.05266	2021-02-26 11:07...	DJI	FC7303	4.49	F/2.8	100	1/1000	24
DJI_0952	4000x3000	✓	1.05261	2021-02-26 11:30...	DJI	FC7303	4.49	F/2.8	100	1/1000	24
DJI_0707	4000x3000	✓	1.05227	2021-02-26 11:22...	DJI	FC7303	4.49	F/2.8	100	1/1000	24
DJI_0838	4000x3000	✓	1.05055	2021-02-26 11:26...	DJI	FC7303	4.49	F/2.8	100	1/1000	24
DJI_0484	4000x3000	✓	1.05009	2021-02-26 11:07...	DJI	FC7303	4.49	F/2.8	100	1/1000	24
DJI_0482	4000x3000	✓	1.05001	2021-02-26 11:07...	DJI	FC7303	4.49	F/2.8	100	1/1000	24
DJI_0898	4000x3000	✓	1.04953	2021-02-26 11:28...	DJI	FC7303	4.49	F/2.8	100	1/1000	24
DJI_0849	4000x3000	✓	1.0493	2021-02-26 11:26...	DJI	FC7303	4.49	F/2.8	100	1/1000	24
DJI_0802	4000x3000	✓	1.04841	2021-02-26 11:25...	DJI	FC7303	4.49	F/2.8	100	1/1000	24
DJI_0492	4000x3000	✓	1.04746	2021-02-26 12:04...	DJI	FC7303	4.49	F/2.8	100	1/1000	24
DJI_0045	4000x3000	✓	1.04711	2021-02-26 11:49...	DJI	FC7303	4.49	F/2.8	100	1/1000	24

Figura 13 – Controllo della qualità delle immagini.

Al termine di ogni sessione di volo è stato verificato il corretto funzionamento dei motori nonché l'integrità strutturale delle eliche e del meccanismo di compensazione degli angoli della camera di presa nei tre assi.

Per ulteriori dettagli consultare l'Allegato 1 Relazione Tecnica UAS Comune di Avola



3.4 Rilievi Batimetrici: Strumentazione, Installazioni, Calibrazioni e Procedure Operative

L'esecuzione del rilievo batimetrico prevede l'impiego di un sistema **ASV** (Autonomus Survey Vessel) equipaggiato con ecoscandaglio Multibeam (MBes) Kongsberg M3, sistema di posizionamento e piattaforma inerziale INS Applanix Surf Master con sistema di correzione RTK Italpos NTRIP. Tutta la sensoristica installata a bordo risultava gestita e interfacciata in come I/O con la suite idrografica QPS Qinsy.

Il posizionamento di superficie è stato garantito da un sistema DGSP Trimble R10 con correzione RTK ITALPOS al fine di ottenere un'accuratezza dell'ordine del centimetro. Prima dell'inizio delle operazioni di mobilitazione, è stato eseguito un test geodetico finalizzato alla verifica del corretto funzionamento del sistema di posizionamento Gps-RTK (presso il benchmark materializzato in sede) e appurandone la corrispondenza con la misura effettuata, sia come coordinate che come valore di quota, nell'ambito della precisione strumentale attesa. Il segnale RTK ricevuto è quello fornito dalla LEICA ITALPOS Network in modalità RTK MAX, che permette rilievi RTK di precisione centimetrica con il solo sistema ROVER, il quale, inviando la propria posizione alla stazione di correzione più vicina, riceve a sua volta le relative correzioni dal network. Il risultato finale è quello di avere in real time i dati di posizione corretti con precisione centimetrica. La fase successiva di lavoro è consistita nell'elaborazione dei dati acquisiti e nella generazione dei documenti (elaborati cartografici e reportistica) richiesti dalla committenza.

L'antenna del GPS impiegato per la ricezione della correzione RTK, viene montata sul palo in cui è installato il trasduttore del Mbes. L'acquisizione, la gestione e la memorizzazione dei dati di posizione e navigazione è stata eseguita dal software di navigazione costituito da un PC equipaggiato a bordo del veicolo a controllo remoto con la suite idrografica QINSy (QPS™), il quale a sua volta, è stato interfacciato con il ricevitore Trimble R10 e la correzione RTK Italposs Leica; l'ecoscandaglio Mbes; il sistema inerziale INS Applanix per la correzione della posizione, il sistema di telemetria ecc. L'intero pacchetto idrografico Qps Qinsy e il software di acquisizione, è stato gestito interamente on-line grazie alla connessione in remoto garantita dal collegamento wi-fi dedicato.

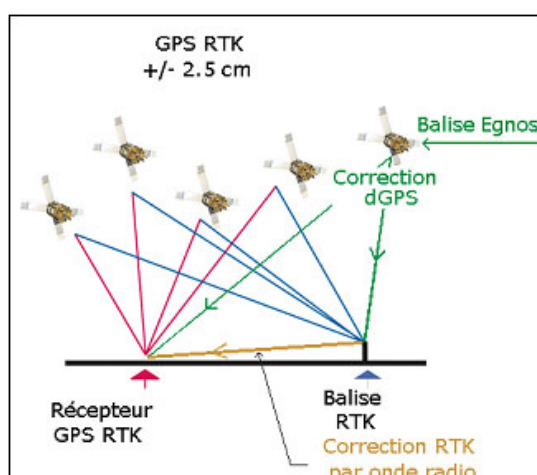


Figura 14 – Schema generale di funzionamento del sistema GPS e della ricezione della correzione RTK

Prima di poter procedere secondo lo schema, è stato testato e verificato il corretto funzionamento di tutte le apparecchiature in dotazione. Le operazioni di calibrazione sono iniziate solo dopo aver verificato l'esito positivo di tale controllo preliminare.



L'esecuzione del rilievo batimetrico prevede l'impiego di svariati e sofisticati strumenti che assolvono ognuno ad una specifica funzione indispensabile per l'ottenimento di dati precisi ed affidabili. Ogni strumento diventa parte integrante di un'unica piattaforma che gestisce l'acquisizione e la registrazione del dato.

Nello specifico, la configurazione strumentale e lo schema di acquisizione ed elaborazione utilizzati sono riportati nella figura sottostante.

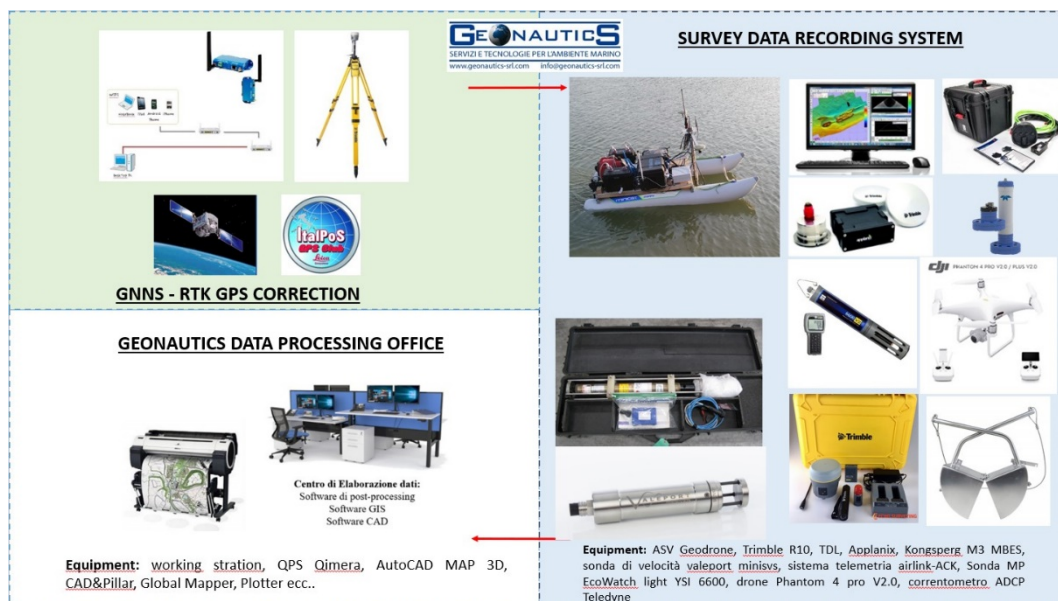


Figura 15 – Schema generale che mostra la configurazione strumentale, le installazioni e le fasi di lavoro impiegate per l'esecuzione dei rilievi batimetrici.

Prima di poter procedere secondo lo schema, è stato testato e verificato il corretto funzionamento di tutte le apparecchiature in dotazione. Le operazioni di calibrazione sono iniziate solo dopo aver verificato l'esito positivo di tale controllo preliminare.

L'acquisizione, la gestione e la memorizzazione dei dati di posizione e navigazione viene gestita via software.

Il sistema di navigazione è costituito da un PC equipaggiato con la suite idrografica QINSY (QPS™), il quale a sua volta viene interfacciato con la piattaforma inerziale INS Applanix Pos Mv, che garantisce tutte le informazioni di posizionamento, le misure di *heading* e la correzione dei movimenti di *roll*, *pitch* e *heave*.

Per quanto riguarda la correzione di marea, oltre all'applicazione online utilizzando la correzione NRTK, nel Database di Qinsy, è stato inserito un offset che scaturisce dalla differenza tra la quota ellissoidica e la quota ortometrica, ricavate dalla monografia IGM95 di riferimento.

La visualizzazione della posizione dell'imbarcazione aggiornata in tempo reale sullo schermo dedicato, durante le operazioni di acquisizione, consente al pilota di eseguire correttamente il piano di navigazione preliminarmente pianificato, facilitando la guida in rotta dell'imbarcazione,



assicurando al tempo stesso copertura totale dell'area così da garantire un'eccellente qualità del dato da processare successivamente presso il Centro Elaborazione Dati della Geonautics Srl.

3.4.2 Sistema di assetto (Applanix POS-MV)

I POS MV di Applanix sono sistemi di navigazione inerziale assistiti da una coppia di ricevitori GNSS (*GNSS Aided Inertial Navigation System*) ad altissime prestazioni, che permettono una precisa georeferenziazione dei rilievi idrografici, fornendo una soluzione a sei gradi di libertà: latitudine, longitudine, quota, rollio, beccheggio, heading, heave e sincronia temporale.

Progettato specificamente per fornire dati di posizione e compensazione di assetto per sonar *multibeam*, POS MV integra tutti i componenti necessari per controllare il posizionamento e l'assetto dell'imbarcazione (Gyro, MRU e GNSS), consentendo precisione superiore alla maggior parte dei sensori disponibili in commercio, installazione semplice e veloce senza errori di sincronia.



Figura 16 – Applanix POS-MV. Sistema integrato per la correzione dei movimenti di *pitch*, *roll*, *heave* *heading* e per il posizionamento di superficie (RTK).

L'integrazione dei vari componenti utilizza la tecnica "*Tightly Coupled*" di Applanix che consente, tra le altre cose, di mantenere le informazioni di posizione ed assetto anche in caso di totale o parziale assenza momentanea di satelliti. Di fondamentale importanza quando si lavora in aree portuali o in acque interne.

Il sistema integrato Applanix POS-MV "*Wave-Master*" dispone di un IMU per la correzione dei movimenti di *roll*, *pitch* e *heave* dell'imbarcazione e due antenne GPS utilizzate per la ricezione della posizione e del corretto *heading*.

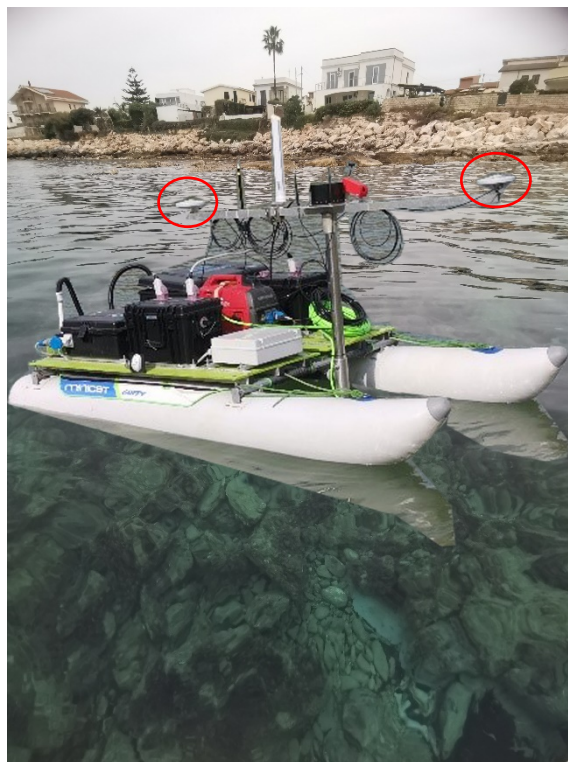


Figura 17 – Antenne GPS montate sull'imbarcazione ASV durante il survey.

L'intero sistema è gestito via software (POS M-View), nel quale, in fase di installazione, vengono inseriti tutti gli offset e dal quale viene gestito il collegamento LAN e l'invio di tutti i messaggi I/O di comunicazione con il software idrografico.

In fase di installazione, le posizioni dell'IMU rispetto al centro acustico del Mbes e al COG dell'ASV vengono inserite nel software, come anche la posizione dell'antenna primaria. Queste misure servono a fornire la corretta geometria di installazione, necessaria al sistema per il calcolo dei rispettivi angoli di correzione da applicare ai movimenti di *pitch*, *roll* e *heave*.

Quanto alle procedure di calibrazione, Applanix dispone di una funzione di autocalibrazione interna del *motion reference unit* (MRU). Mentre per la calibrazione dell'*heading*, è necessario effettuare una procedura basata sull'esecuzione con l'imbarcazione di una serie di percorsi ad "otto", che ha la funzione di agevolare la triangolazione con i sistemi di misura Azimutali o GAMS (*GPS Azimuth Measurement System*). Attraverso questa procedura e dopo aver inserito la posizione dell'antenna primaria rispetto all'IMU, il sistema ricalcola autonomamente la posizione dell'antenna secondaria e il rispettivo allineamento tra le due.

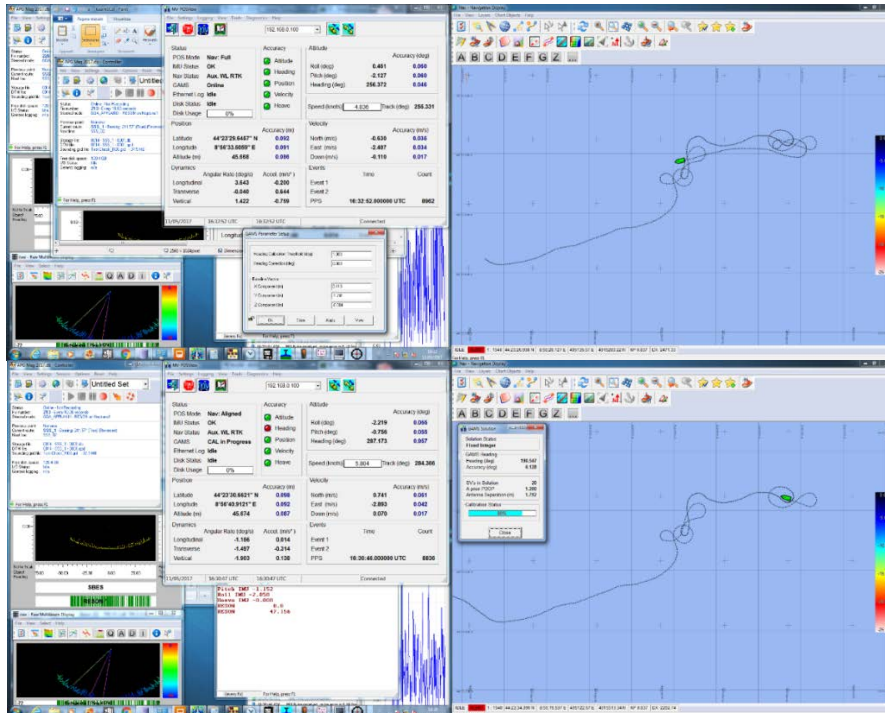


Figura 18 – Applanix POS-MV: GAMS Calibration prima (sopra) e dopo (sotto).

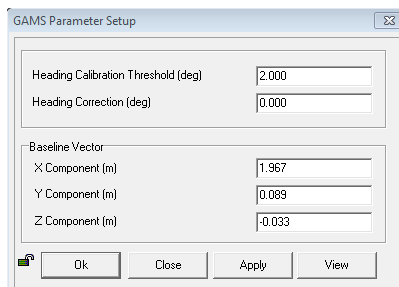


Figura 19 – Applanix POS-MV: Parametri di calibrazione delle GAMS.

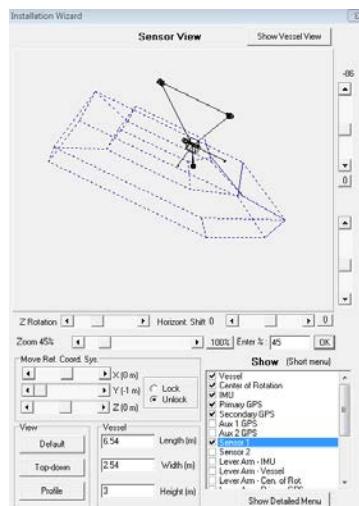


Figura 20 – Applanix POS M-View: Visualizzazione del corretto inserimento degli offset di installazione sensori.



3.4.3 Sistema Multibeam Echosounder (MBES)

Per l'esecuzione del rilievo batimetrico è stato utilizzato un ecoscandaglio multifascio (MBES) Kongsberg M3 (*Figura 21*) che, per le sue caratteristiche tecniche, offre prestazioni ottimali per impieghi su sistemi ASV.

Il sistema MBES è costituito da un corpo esterno in titanio (che va in acqua) che, rappresenta la parte acustica dello strumento sul quale sono presenti il trasduttore e l'idrofono, ed un'unità elettrica costituita dal *power unit* (PU), che converte il segnale acustico in impulso elettrico così da visualizzare sul monitor il sonogramma posta a bordo del veicolo. La PU viene a sua volta collegata via lan con un PC sul quale è installato il software idrografico Qinsy (QPS™), che consente di gestire i dati acquisiti interfacciandoli con quelli ricevuti dalle altre periferiche e di effettuare la visualizzazione ed il controllo dei dati in tempo reale.

Prima di iniziare le operazioni è stato eseguito un *bar-check* a bordo ed un *setting* dei valori di gain, TVG e range finalizzati a rendere quanto più dettagliati e "puliti" i dati acquisiti.

Il range laterale usato per le operazioni, che varia in relazione alla profondità riscontrata, è stato impostato sempre in maniera tale da consentire un *overlap* di copertura tra linee adiacenti mai inferiore al 30%. In tal modo è stata garantita la copertura di acquisizione dell'intera area di interesse.

Il trasduttore (testa) del sistema è stato installato, mediante flangia e palo in acciaio inox, in corrispondenza della murata sinistra dell'imbarcazione, utilizzando un sostegno a "T" realizzato in acciaio inox in grado di garantire la stabilità nella posizione. Gli offset di installazione del trasduttore rispetto all'antenna del GPS sono stati accuratamente misurati ed inseriti nel software idrografico di acquisizione dati Qinsy-QPS.



Figura 21 – Sistema MBES impiegato per i rilievi batimetrici.



Figura 22 – MRU installato sul palo del MBES utilizzando un'apposita flangia regolabile che consente di ottenere vari gradi di inclinazione a step di 15°. In figura: da sinistra a destra, installazione classica con testa in posizione normale (usata in questo caso) e installazione con testa inclinata con angolo di 45°.



Figura 23 – Installazioni strumentali esemplificative a bordo dell'imbarcazione "ASV" impiegata nell'esecuzione del rilievo Mbes. Si noti in dettaglio il sistema di "Frame" realizzato e tarato ad hoc per l'installazione di tutti i sensori della piattaforma inerziale INS Applanix e del sistema Mbes M3 Kongberg



La calibrazione del sistema Multibeam viene eseguita per compensare il disallineamento tra il sensore di orientamento, il sensore di assetto e il trasduttore MBES.

Seguendo le specifiche del costruttore, si è proceduto ad eseguire le calibrazioni all'interno del porto su una zona con fondale parzialmente piatto e parzialmente inclinato, secondo le seguenti fasi:

- La compensazione dell'inclinazione del trasduttore MBES rispetto al piano di rollio è avvenuta percorrendo la stessa linea di navigazione in direzione opposta su un fondale piatto, quindi calcolando l'offset come inclinazione relativa tra due profili del fondo in una sezione perpendicolare alla linea;
- La compensazione dell'inclinazione del trasduttore MBES rispetto al piano di beccheggio è avvenuta percorrendo la stessa linea di navigazione in direzione opposta su un fondale inclinato, quindi calcolando l'offset come inclinazione relativa tra due profili del fondo in una sezione parallela alla linea;
- La compensazione della deviazione in azimuth tra la girobussola ed il trasduttore MBES è stata eseguita localizzando un *outcrop* e percorrendo due linee parallele nella medesima direzione, in questo modo il valore di calibrazione è stato misurato come correzione angolare per portare a combaciare l'oggetto nella visione in pianta.

Di fondamentale importanza, al fine di evitare errori di rifrazione dei raggi acustici "ray-bending", è l'acquisizione dei profili della velocità del suono sia in fase di calibrazione che nel corso dei rilievi. Tali misurazioni sono state eseguite mediante una sonda CTD/SVP Valeport MKIII, calata all'interno del bacino portuale lungo la colonna d'acqua. I dati ottenuti vengono inseriti nel software idrografico per l'acquisizione dei profili utilizzati per la correzione della velocità di propagazione del segnale acustico. Tale operazione è stata ripetuta durante il corso delle operazioni in mare.

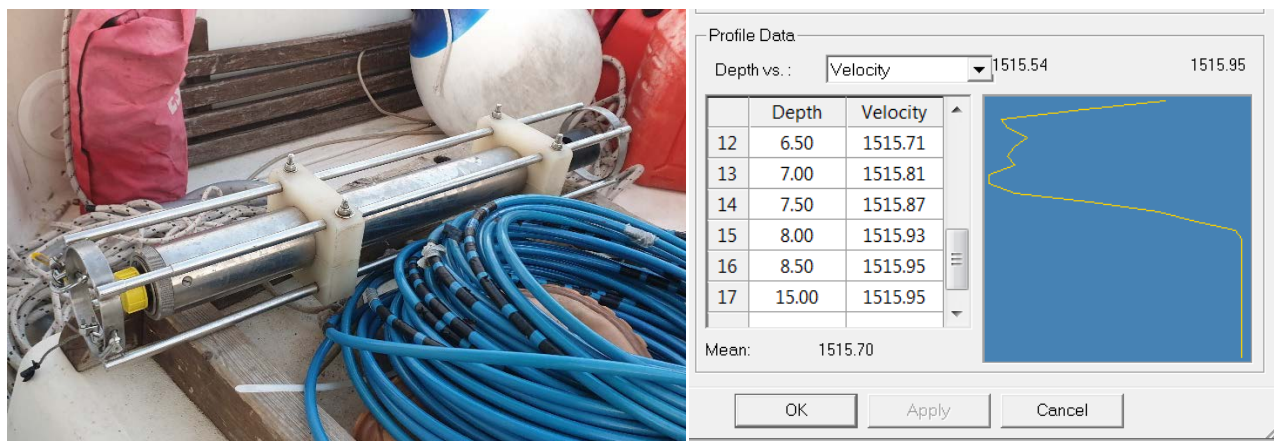


Figura 24 –Sonda CTD/SVP (Valeport MKIII) sull'imbarcazione durante le fasi di survey, a sinistra; Registrazione del profilo di velocità del suono in acqua ed inserimento dei dati nel software idrografico Qinsy (QPS), a destra (imm. di repertorio).



Tabella 6 – Offset di installazione e parametri di calibrazione applicati con riferimento all'installazione del trasduttore MBES rispetto al COG dell'imbarcazione.

Parametri		Trasduttore
Offset	X	0.00 m
	Y	0.00 m
	Z	-0.24 m
Calibration Value	Roll	-0.170°
	Pitch	+0.740°
	Heading	+2.000°

L'acquisizione dei dati morfo-batimetrici è stata pianificata con delle linee di navigazione parallele, aventi un'interlinea sufficiente a garantire la copertura totale del fondale indagato ed una sovrapposizione tra linee adiacenti mai inferiore al 30%.

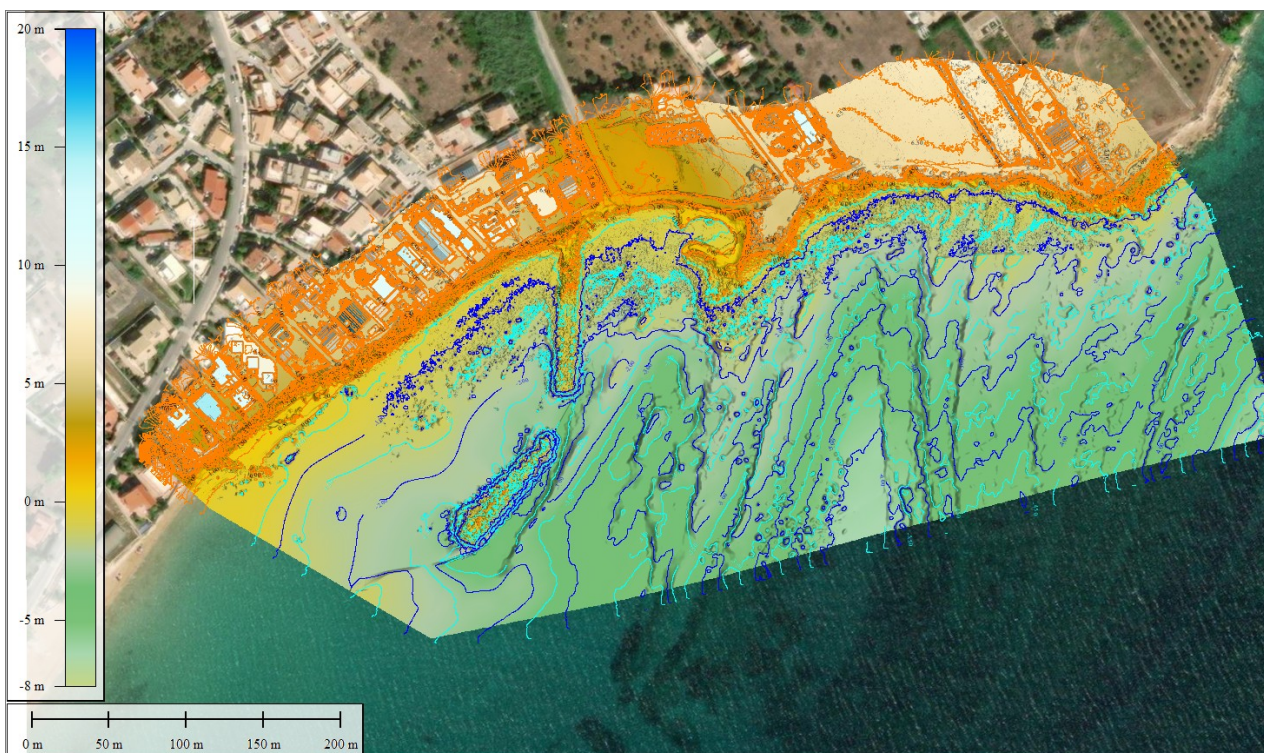


Figura 25 – Avola (SR): integrazione dei rilievi batimetrici Mbes con quelli topografici SAPR.



CALIBRAZIONE DEL SISTEMA MBES INSTALLATO A PALO

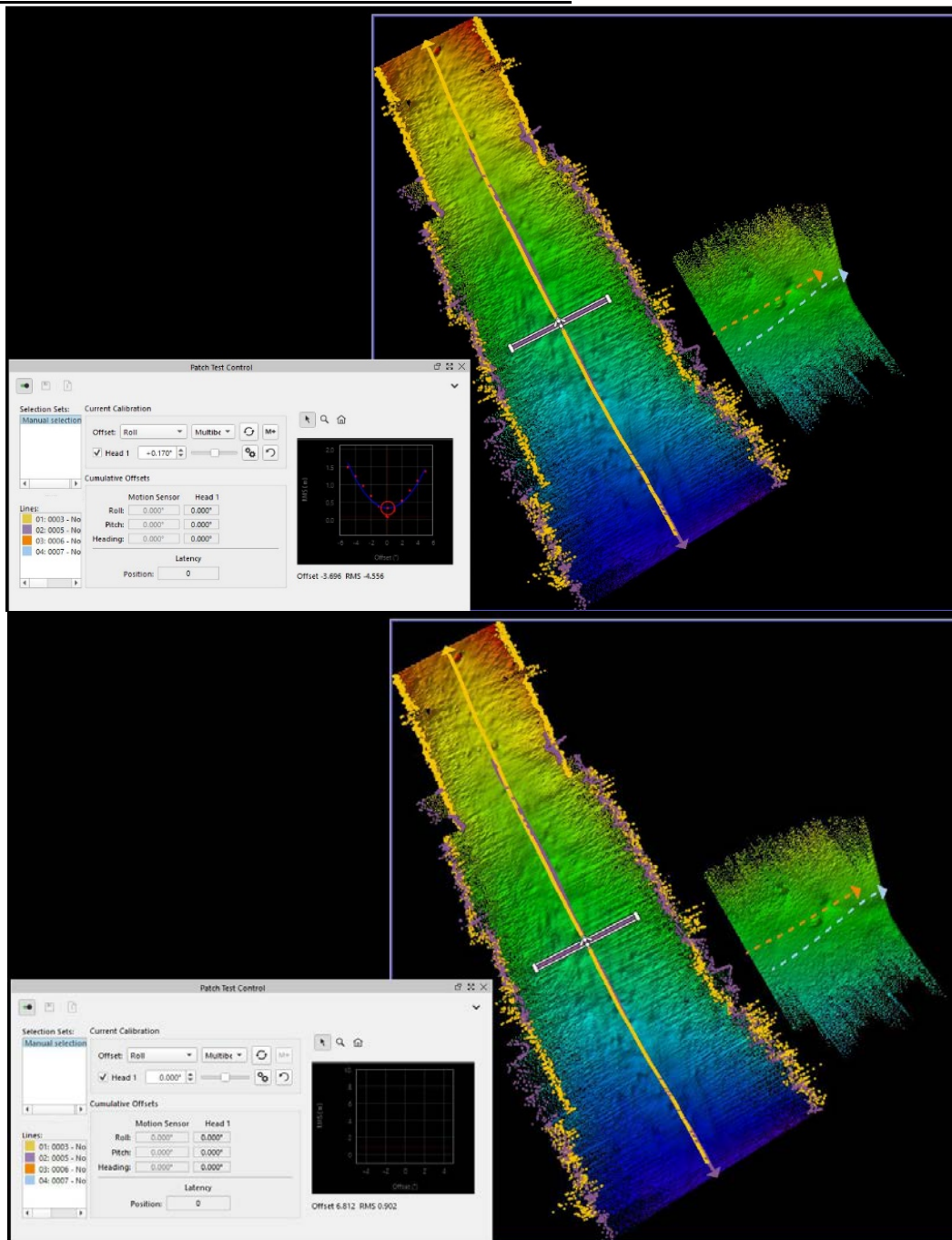


Figura 26 – Calibrazione del sistema MBES: sopra, “roll” non corretto; sotto, roll corretto in seguito all’applicazione dei valori di correzione individuati dalla procedura automatica (-0.170°)

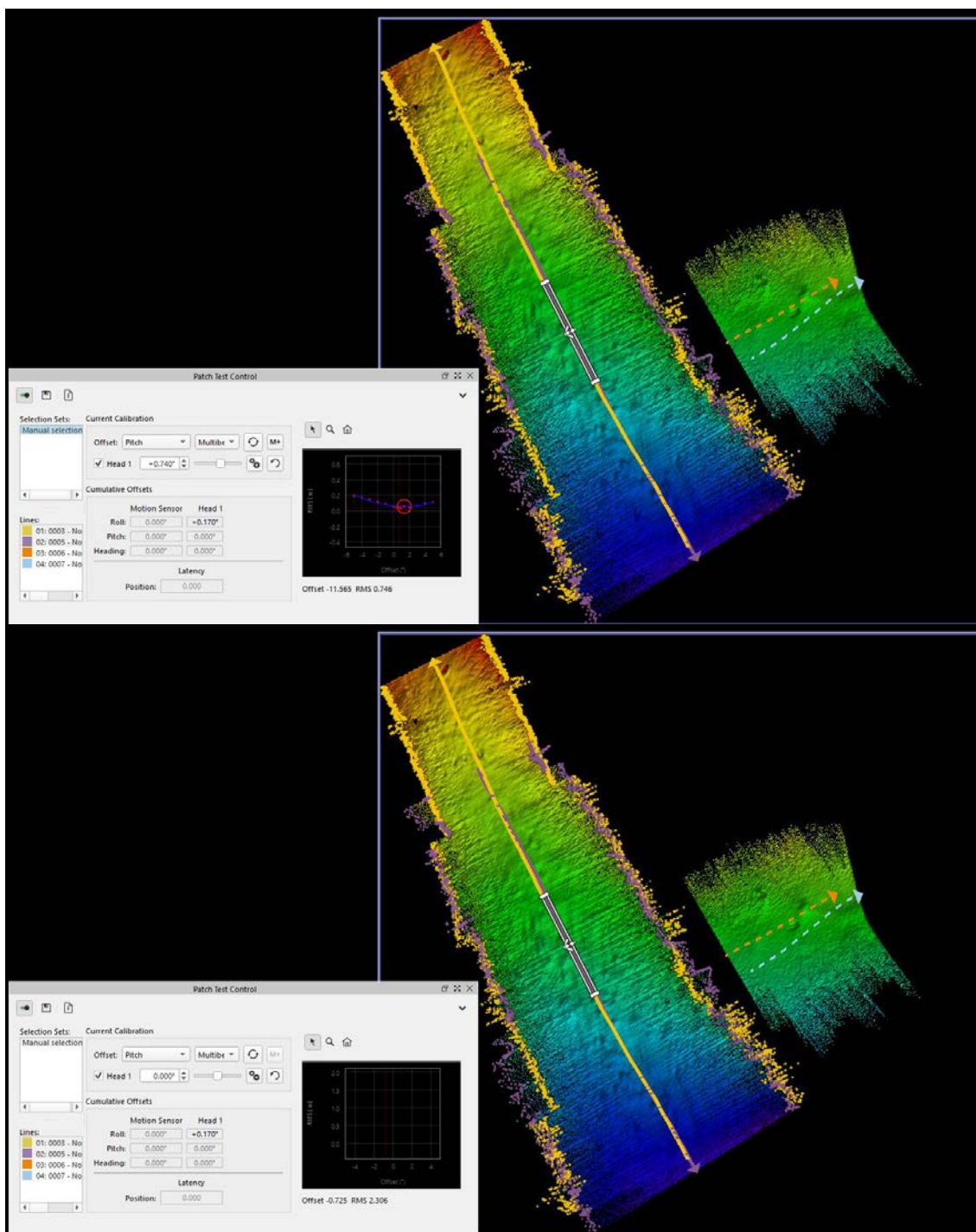


Figura 27 – Calibrazione del sistema MBES: sopra, “pitch” non corretto; sotto, pitch corretto in seguito all’applicazione dei valori di correzione individuati dalla procedura automatica (+0.740°).

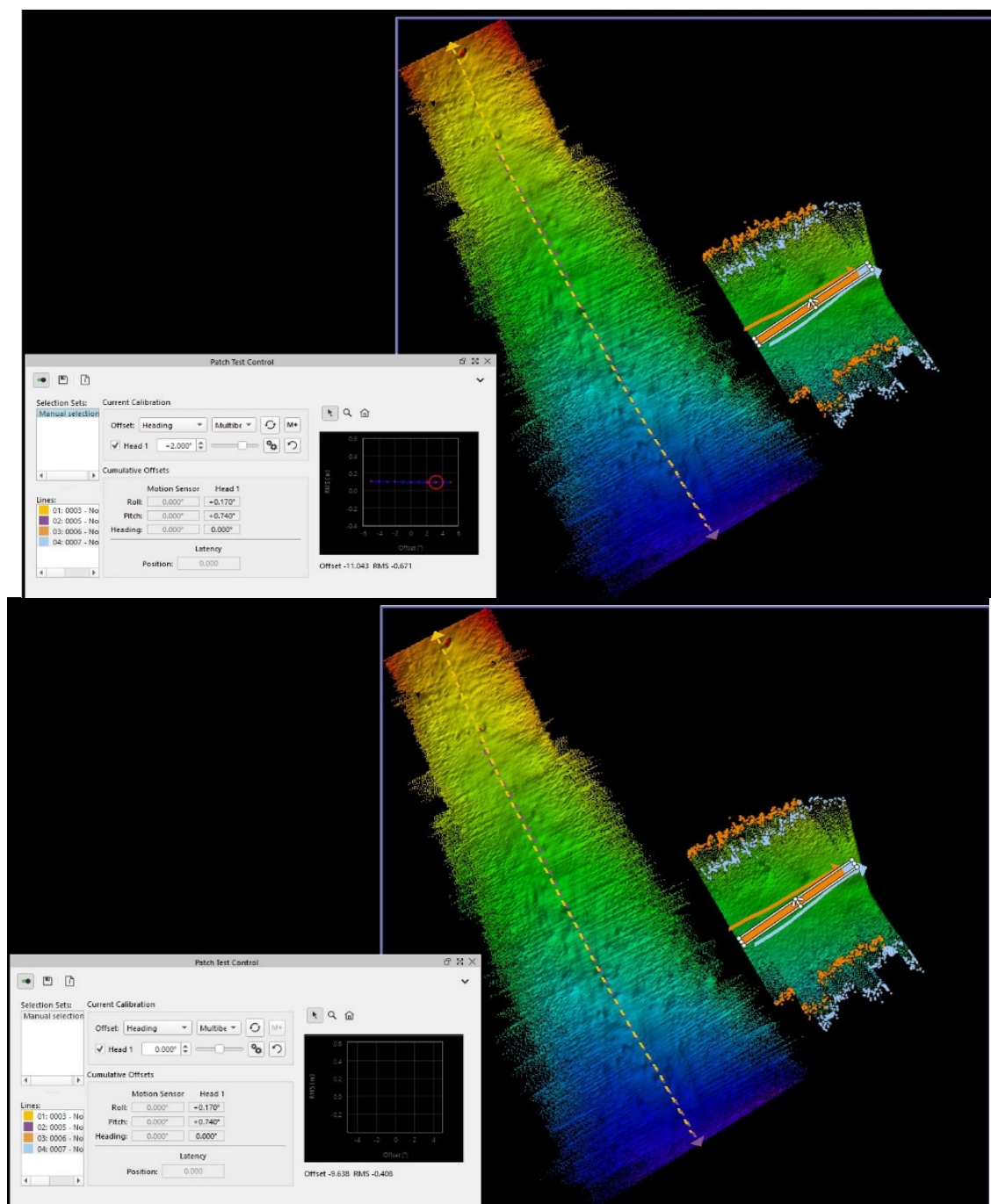


Figura 28 – Calibrazione del sistema MBES: sopra, “heading” non corretto; sotto, heading corretto in seguito all’applicazione dei valori di correzione individuati dalla procedura automatica (+2.00°).



3.5 Indagini Sedimentologiche

3.5.1 Campionamento

Lo strumento di campionamento utilizzato, al fine di ottenere un campione rappresentativo dello spessore di fondale da investigare, è stata una benna del tipo “Van Veen” da 5 litri (sono state realizzate più riprese per arrivare ad ottenere il volume necessario) (**Figura 29**), strumento standard per prelevare campioni di sedimenti in acqua dolce o salata, da fondali morbidi o mediamente compatti come sabbia, ghiaia, argilla e marna consolidata, che garantisce una superficie di presa del sedimento di almeno 0.1 m².

La benna Van Veen è costruita in acciaio inox 316 ed è formata da due valve o ganasce contrapposte, incernierate centralmente, che si appoggiano sul fondo in posizione di apertura. Tale posizione è garantita da un meccanismo di blocco. Una volta che la benna raggiunge il fondo, il meccanismo di blocco viene rilasciato con la trazione del cavo portante, compiendo la chiusura delle valve che racchiudono il materiale campionato, ed avviene l'immediata risalita della benna chiusa in superficie. Sulle ganasce sono presenti due braccia di leva che, insieme ai bordi affilati delle valve stesse, consentono di tagliare agevolmente ed in profondità i sedimenti più morbidi.

Ogni ganascia superiormente è provvista di uno o più sportellini incernierati che lasciano passare l'acqua durante la discesa, mentre durante la risalita si chiudono prevenendo il dilavamento del campione. Inoltre queste finestre permettono di ispezionare il campione e di prelevarne un sotto-campione indisturbato.



Figura 29 – Benna Van Veen 5 Lt

Di seguito i punti campionati con le relative coordinate.

PUNTI CAMPIONAMENTO DI PROGETTO

ID Campionamento	Coordinata E	Coordinata N	Coordinata X	Coordinata Y
S1	15° 09' 36.6600" E	36° 55' 10.4400" N	514267.486	4085961.680
S2	15° 09' 39.0400" E	36° 55' 10.1700" N	514326.385	4085953.459
S3	15° 09' 41.4900" E	36° 55' 10.2460" N	514386.998	4085955.903
S4	15° 09' 43.2600" E	36° 55' 11.3900" N	514430.731	4085991.229

PUNTI DI CAMPIONAMENTO REALIZZATI

ID Campionamento	Coordinata LAT	Coordinata LONG	Coordinata E	Coordinata N
S1	36° 55' 10.3188" N	15° 09' 37.6931" E	514293.054	4085957.987
S2	36° 55' 09.4638" N	15° 09' 39.4119" E	514335.623	4085931.713
S3	36° 55' 10.0723" N	15° 09' 41.8479" E	514395.864	4085950.567
S4	36° 55' 10.3826" N	15° 09' 44.2871" E	514456.196	4085960.231



Tabella 7 – Stazioni di Campionamento



Figura 30 – Fase di campionamento (sopra a sinistra); Benna Van Veen da 5 l e sonda multiparemetrica (sopra a destra) e apertura per recupero del campione prelevato (sinistra).

Una volta eseguiti i campionamenti necessari alle analisi sedimentarie, si è proceduto a un primo sorting direttamente sul campo e alla relativa conservazione dei campioni di materiale sciolto per la successiva fase di analisi in laboratorio. **Per ulteriori approfondimenti consultare l'allegato 2 verbale campionamenti**

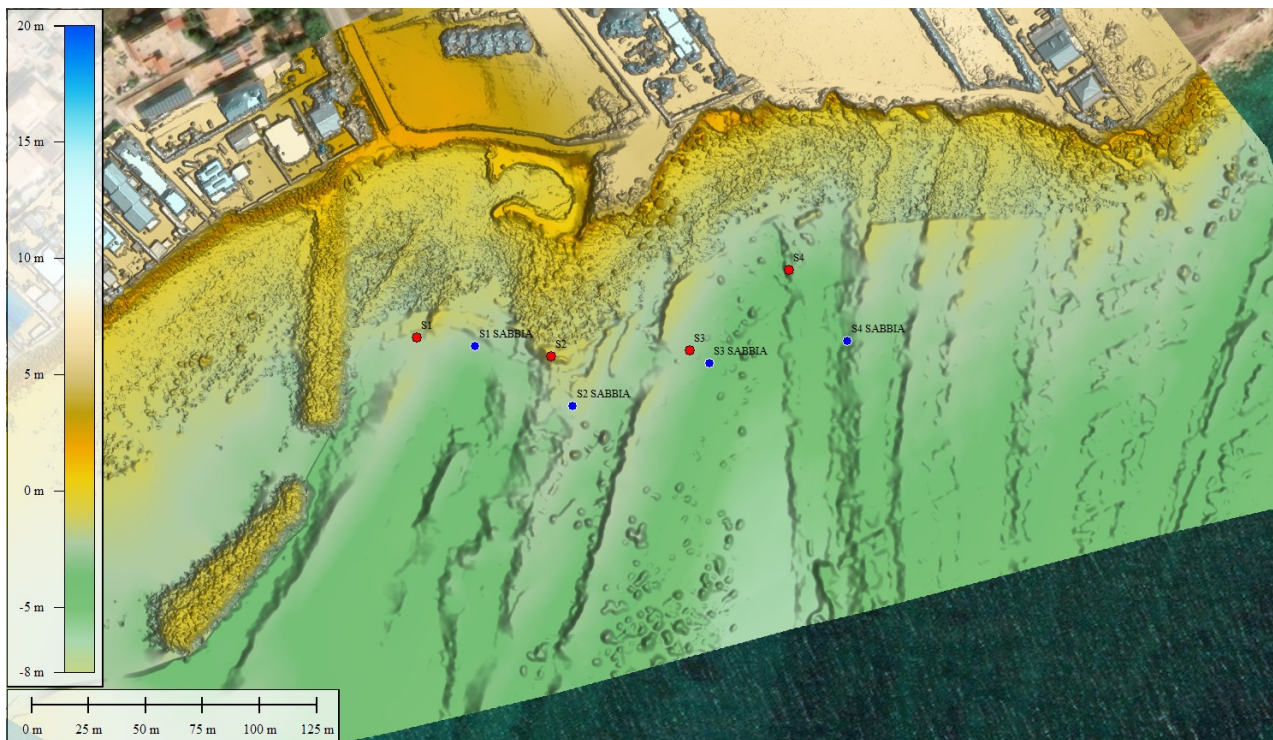
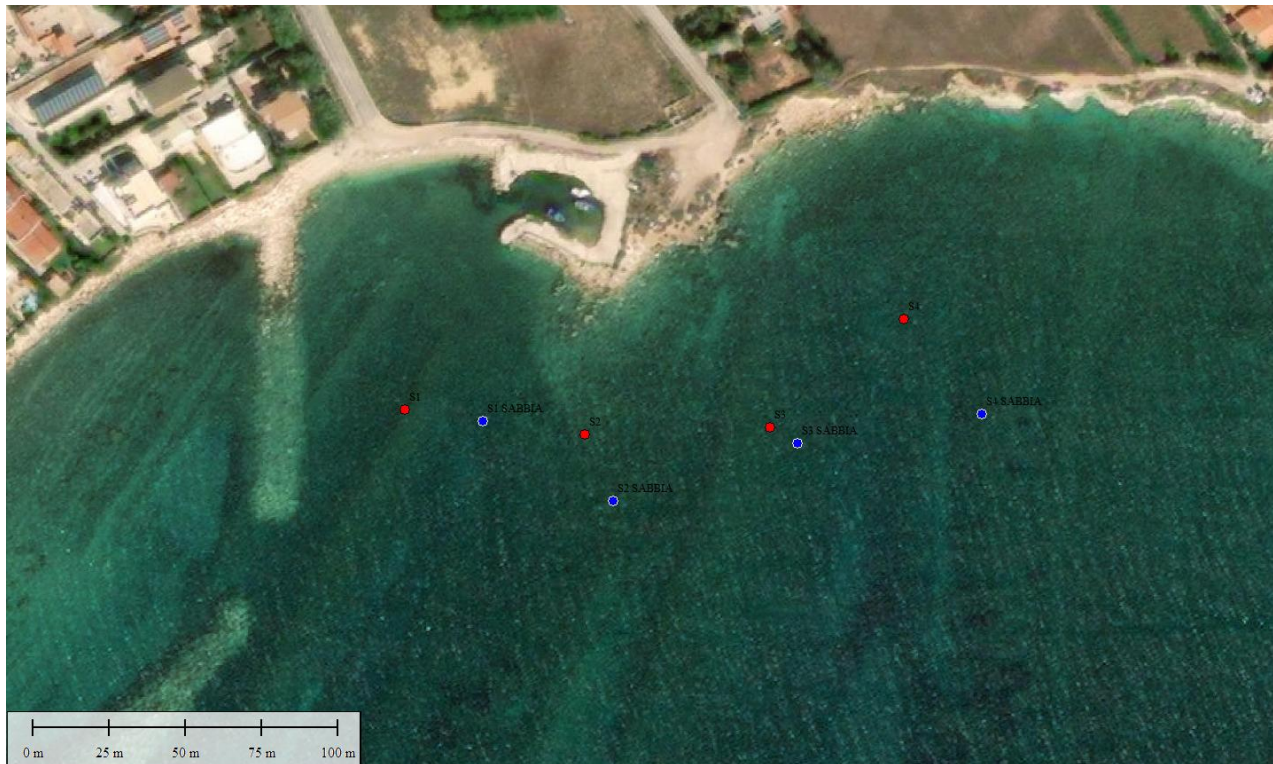


Figura 31 – Punti di campionamento (ortofoto sopra e DEM sotto) realizzati e visibili sulla cartografia in Allegato 4, per le coordinate delle stazioni si rimanda alla **Tabella 8**



STAZIONE	LAT	LON
S1	36° 55' 10.4400" N	15° 09' 36.6600" E
S2	36° 55' 10.1700" N	15° 09' 39.0400" E
S3	36° 55' 10.2460" N	15° 09' 41.4900" E
S4	36° 55' 11.3900" N	15° 09' 43.2600" E

STAZIONE	LAT	LON	PROF m	Log
S1	36° 55' 10.3188" N	15° 09' 37.6931" E	2,7	030-031-032
S2	36° 55' 09.4638" N	15° 09' 39.4119" E	2,15	033-034
S3	36° 55' 10.0723" N	15° 09' 41.8479" E	3,41	035
S4	36° 55' 10.3826" N	15° 09' 44.2871" E	3,50	036

Tabella 8 – Stazioni di Campionamento di progetto (tabella sopra) e stazioni di campionamento con relativa profondità (tabella sotto)

Ogni campione prelevato per la sedimentologia è stato poi raccolto in un contenitore plastico ed etichettato come da specifiche per la consegna al laboratorio incaricato per le analisi granulometriche, sedimentologiche, mineralogiche. Per ulteriori informazioni si rimanda alle Schede di campo in **Allegato 6** e ai Verbali di campionamento in **Allegato 2**.



3.6 Indagini ambientali - Sonda Multiparametrica

3.6.1 Analisi chimico-fisiche della colonna d'acqua tramite Sonda multiparametrica

Con sonda multiparametrica si intende uno strumento portatile. Che sia in grado di eseguire con un solo strumento diverse misurazioni in contemporanea. La sonda multiparametrica è uno strumento che si usa per avere una valutazione speditiva sulla qualità ambientale delle acque esaminate, senza avere la necessità del prelievo del campione fisico da mandare ad analizzare in laboratori specializzati. Si consiglia questa pratica se i parametri devono essere certificati, inoltre le fasi di campionamento conservazione e trasporto devono essere eseguite seguendo dei protocolli ad hoc. Nel caso specifico è stata utilizzata una sonda multiparametrica in grado di rilevare e registrare contemporaneamente: Temperatura, Conduttività, Ossigeno Disciolto, Solidi Disciolti, Pressione, pH, Profondità. Il modello utilizzato in occasione della campagna dati svolta in C.da Falaride – Avola (SR) è il YSI 650 MDS



Figura 32 – Sonda Multiparametrica YSI 650 MDS



Figura 33 – Sonda Multiparametrica YSI 650 MDS sul sito di campionamento.



3.6.2 Misure parametri chimico-fisici della colonna d'acqua

Il campionamento con la sonda multiparametrica è stato realizzato a bordo dell'imbarcazione eseguendo 4 discese, aventi le stesse coordinate delle stazioni di campionamento (si veda la tabella 8). La sonda è stata calata dalla superficie fin sul fondale in modo da avere rilevato lungo tutta la colonna d'acqua.

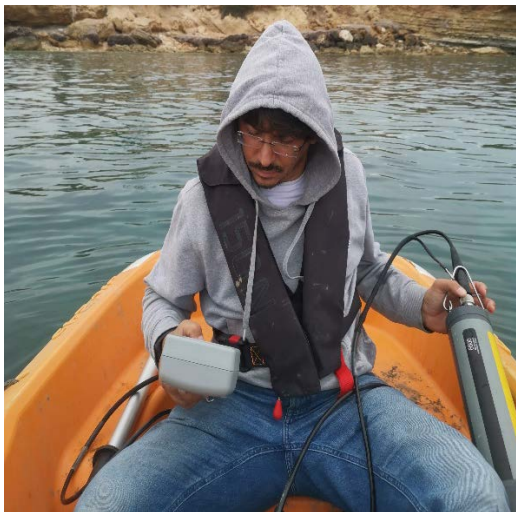


Figura 34 – Fasi di rilievo con sonda YSI 650 MDS.



3.6.3 Restituzione dei Dati della sonda multiparametrica

La sonda utilizzata è equipaggiata con un controller che registra i dati di campionamento. I dati vengono scaricati su pc e con apposito software (EchoWatchLite) vengono elaborati.

I dati che restituisce sono registrati a varie profondità misurando vari parametri.

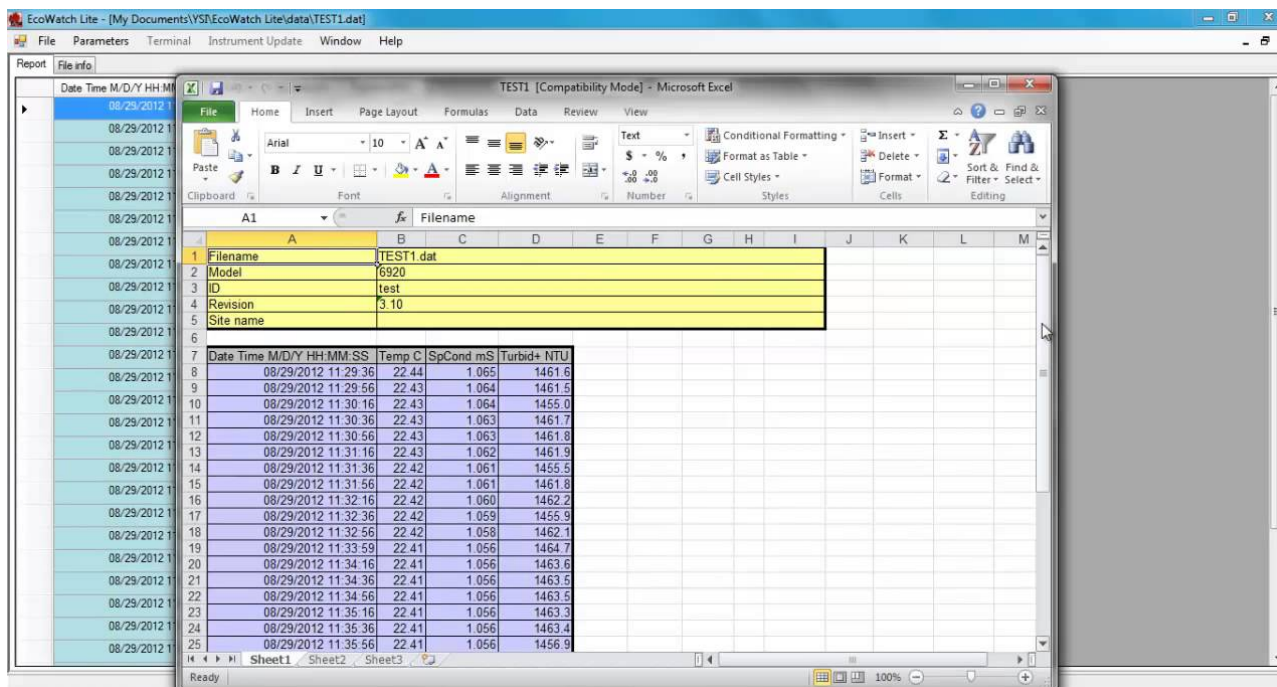
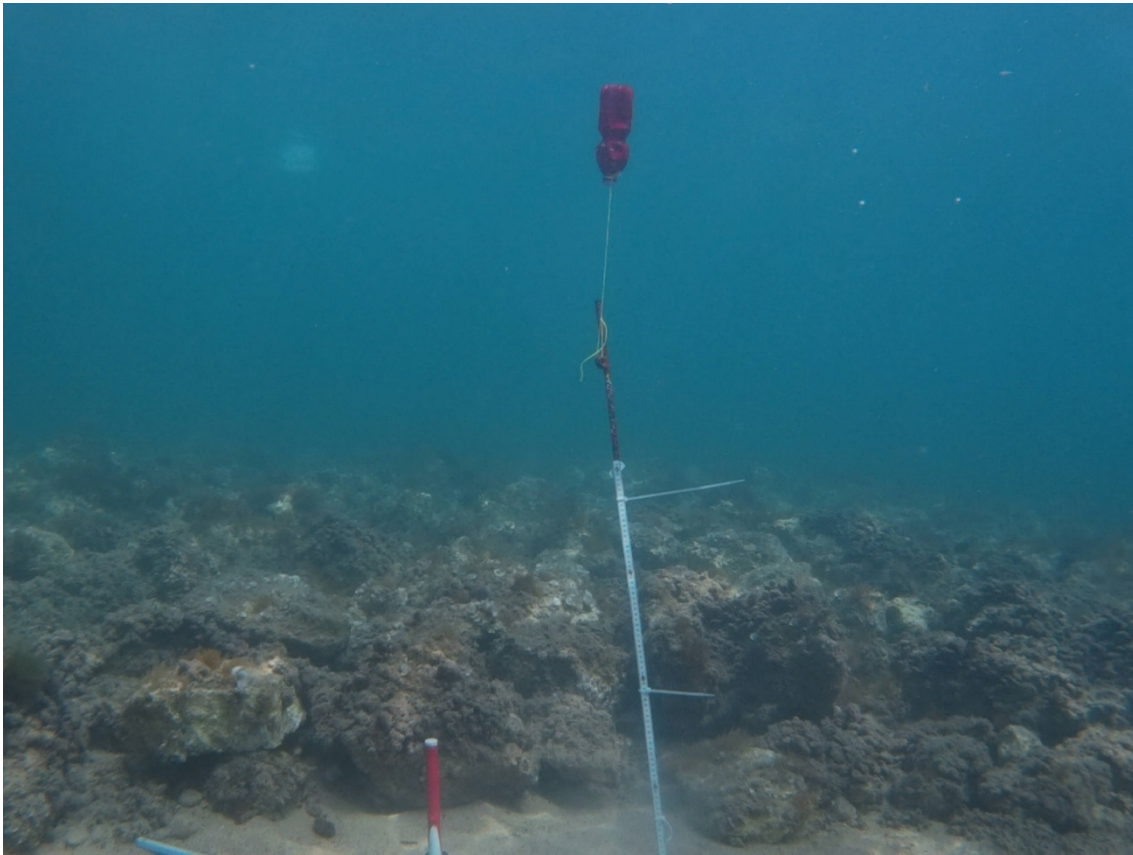


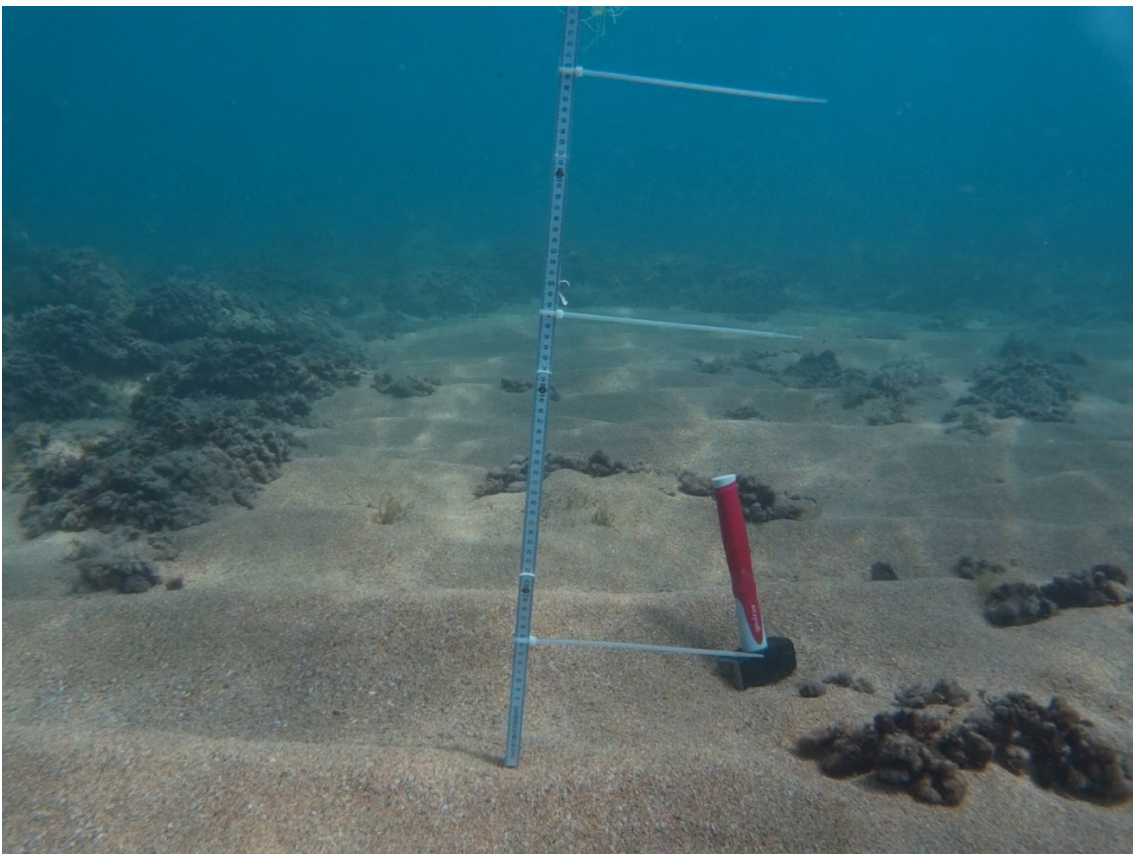
Figura 35–Fase di salvataggio dei parametri chimico-fisici, registrati con la sonda multiparametrica YSI 650 MDS dei sonogrammi con il software EchoWatchLite.

3.6.4 Installazione e Posizionamento paletti premarcati.

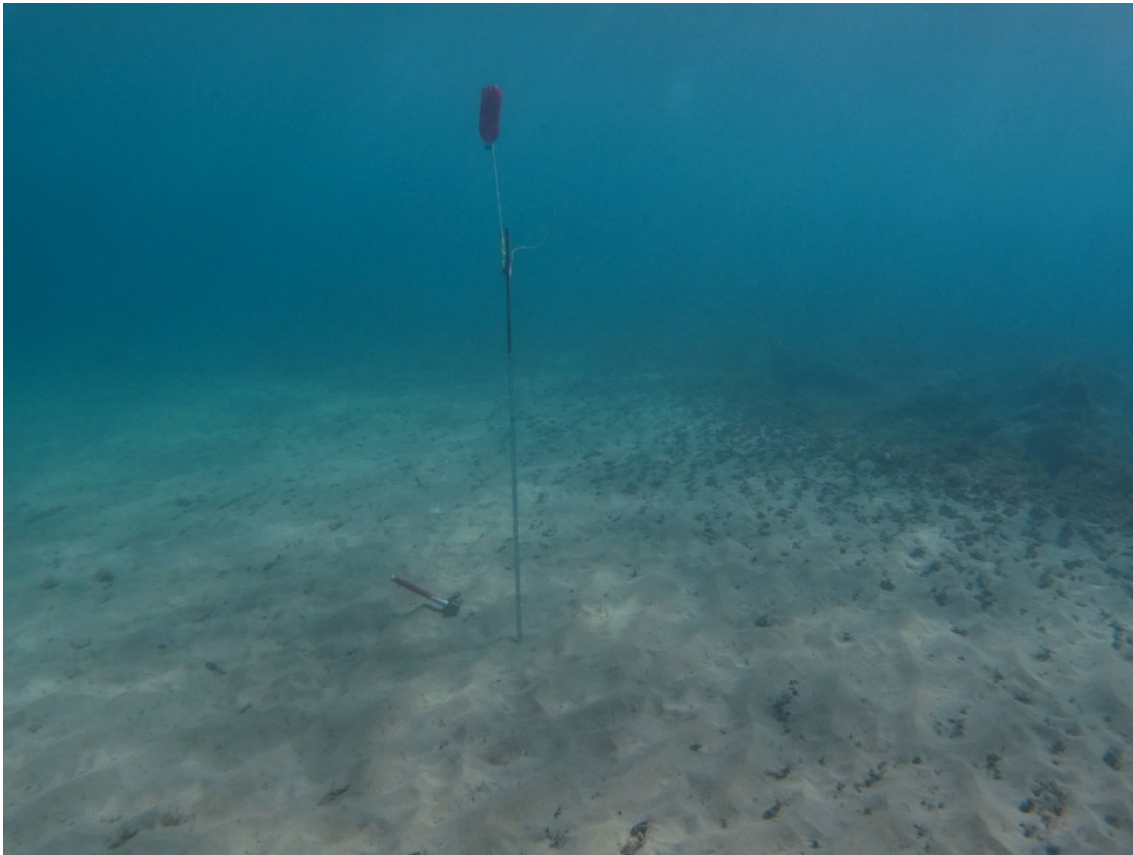
Come previsto dal piano di monitoraggio, la Geonautics s.r.l. ha provveduto all'installazione e al posizionamento dei paletti premarcati. Ciò è stato fatto in fase ante operam al fine di effettuare un monitoraggio del sito di stretto interesse per analizzare la velocità di deposizione dei materiali sciolti trasportati dalle correnti marine e dal moto ondoso visto che l'area di stretto interesse è soggetta ad alto idrodinamismo costiero a causa del basso fondale. Si è ritenuto quindi utile installare in corrispondenza di ognuna delle n°4 stazioni di rilevamento, le quali coordinate sono riportate in (Tabella 8), dei paletti premarcati, idoneamente ancorati al fondo, che consentiranno di valutare in maniera esatta e localizzata le variazioni di quota del fondale. A seguito dell'installazione è stata annotata la quota fondale sull'asta opportunamente graduata ed in occasione della successiva lettura sarà rilevata la nuova quota, in modo da valutare in maniera oggettiva l'eventuale innalzamento o abbassamento del fondale dello stesso.



Stazione S1



Stazione S2



Stazione S3



Stazione S4

Figura 36– Installazione dei paletti premarcati con relativa asta metrata



3.6.5 Installazione e registrazione dati correntometrici

Lo studio correntometrico, è stato richiesto dalla committenza, al fine di acquisire informazioni necessarie alla redazione del progetto della futura opera civile. Per l'acquisizione di tali dati si è proceduto all'installazione di un sistema sonico di ultima generazione, che copre ampiamente le profondità di indagine richieste. I profilometri sonici presentano alcune utili caratteristiche che li rendono interessanti per ricerche sulle correnti marine in siti relativamente prossimi alle coste. Tali strumenti consentono di rilevare i profili di velocità in funzione della profondità. Possibili impieghi delle analisi delle informazioni correntometriche sono dati per studi ingegneristici di opere antropiche per la creazione di una modellizzazione dei futuri scenari provocati dall'ambiente fisico marino sull'opera da realizzare che in questo caso è data dalla progettazione del nuovo porto sito ad Avola in C.da Falaride.

A tale scopo si è pensato di eseguire una campagna di acquisizione dati puntuale così come richiesto dalla committenza, con strumentazione idrografica professionale in grado di monitorare il regime di correnti lungo la colonna d'acqua e/o puntualmente dello spazio marino di Avola in provincia di Siracusa. Il sistema di rilevamento utilizzato per questo studio correntometrico è fornito attraverso Le misure acustiche (rilevatori doppler ADCP). Quest'ultime sono in grado di eseguire più misure lungo un profilo verticale o lungo una sezione orizzontale.

Lo strumento utilizzato per le rilevazioni è un profilometro sonico (ADCP) di denominazione commerciale *Pinnacle 45* della Teledyne (*Figura 37*). Questo correntometro appartiene ad una classe di strumenti nota come correntometri doppler monostatici. Il termine monostatici si riferisce al fatto che lo stesso trasduttore funziona sia come trasmettitore che come ricevitore. Un rilevatore Doppler monostatico usa un set di trasduttori acustici di cui è noto esattamente il posizionamento e l'orientazione, ciascuno dei quali produce uno stretto fascio di onde sonore emesse normalmente alla superficie del trasduttore, quindi per misurare la velocità e l'intensità della corrente, sfrutta il fenomeno del cosiddetto effetto Doppler.

Il principio di funzionamento è dato da ciascun trasduttore che produce un breve impulso sonoro di frequenza nota, che si propaga lungo l'asse di emissione del trasduttore. Il suono emesso viene riflesso in tutte le direzioni dal particolato naturalmente presente in sospensione nel fluido in cui si effettua la misurazione. Una frazione della energia emessa viene riflessa verso la stessa sorgente con uno shift in frequenza, classico dell'effetto Doppler, proporzionale alla velocità della particella che ha riflesso l'onda sonora incidente. La teoria dell'effetto Doppler infatti prevede che se una sorgente sonora è in moto rispetto ad un ricevitore, quest'ultimo osserva una frequenza diversa dalla frequenza di emissione secondo la relazione: $F_d = -F_s V/C$ dove F_d è lo spostamento in frequenza (effetto Doppler), F_s è la frequenza dell'onda sonora, V è la velocità della sorgente relativa al ricevitore (una velocità positiva indica un incremento della distanza tra sorgente e ricevitore) e C è la velocità del suono. Attraverso la misura della variazione di frequenza dovuta all'effetto Doppler, il sistema è in grado di stimare la componente di velocità lungo ciascuno degli assi dei fasci emessi dai trasduttori. Utilizzando tre fasci sonori e conoscendo l'orientazione relativa dei fasci è possibile ricostruire la velocità tridimensionale del flusso medio. Lo strumento può anche essere fornito di bussola in modo da fornire le componenti di velocità in un sistema East-North-Up (ENU). Alcuni significativi vantaggi della tecnologia di misura della velocità basata sull'effetto Doppler sono di seguito riportati:

- La misura è effettuata in un punto remoto dal sistema di misura; in tal modo la distorsione della misura indotta dalla presenza dello strumento è ridotta;
- è possibile effettuare misure anche a velocità molto basse;



- non sono presenti parti in movimento, come su altre tipologie di sensori (come ad esempio eliche mosse); in tal modo si riduce la sensibilità alle incrostazioni o alla formazione di colonie biologiche, e si migliora la possibilità di intervenire con applicazione di antivegetativi (circostante particolarmente interessanti per lunghe installazioni in ambiente marino);
- i sistemi basati sul principio Doppler presentano una ridotta necessità di ricalibragezioni, essendo i dati di velocità, misurati secondo tale principio, difficilmente affetti da derive.

Figura 37– Correntometro Pinnacle 45 della Teledyne.

L'installazione del correntometro è stata fatta su una boa appositamente ancorata sul fondo marino con un corpo morto. Prima dell'installazione lo strumento è stato calibrato e testato per verificare il corretto funzionamento e successivamente è stato configurato per una registrazione a modalità puntuale.

Il correntometro è stato posizionato nello specchio d'acqua antistante il porticciolo di Avola in C.da Falaride sui punti assegnati secondo le coordinate riportate in *(Tabella 8)*.



Figura 37– Correntometro Pinnacle 45 della Teledyne



4 ELABORAZIONE DATI E CARTOGRAFIE

Questa attività è stata svolta presso il Centro Elaborazione Dati della Geonautics srl al termine delle indagini in mare ed ha previsto le seguenti fasi operative principali.

4.1 Elaborazione Dati Topografici

Durante la fase di processamento dei dati, le misure dei GCP ottenute hanno subito un'ulteriore correzione (*Figura 38*) per mezzo del software open source Converg e dei grigliati dell'IGM.

File	Modifica	Formato	Visualizza ?
01	4086045.607	514572.711	1.548
02	4086067.868	514544.026	5.575
03	4086066.022	514467.082	6.387
04	4086057.533	514503.645	4.507
05	4086056.190	514371.353	5.514
06	4086023.023	514361.408	5.034
07	4086008.280	514350.268	0.510
08	4086009.097	514340.491	3.280
09	4086017.111	514301.809	0.908
10	4086010.092	514331.608	0.594
11	4086038.722	514314.969	0.797
12	4086007.423	514227.567	0.768
13	4086006.202	514185.913	0.288
14	4085938.386	514088.235	2.234
15	4085938.386	514088.232	2.236
16	4085879.210	514013.298	0.862

File	Modifica	Formato	Visualizza ?
01	36°55'13.14680"	15°09'49.00226"	41.760
02	36°55'13.87082"	15°09'47.84442"	45.792
03	36°55'13.81516"	15°09'44.73434"	46.613
04	36°55'13.53767"	15°09'46.21159"	44.728
05	36°55'13.50137"	15°09'40.86448"	45.751
06	36°55'12.42559"	15°09'40.46025"	45.270
07	36°55'11.94775"	15°09'40.00902"	40.747
08	36°55'11.97480"	15°09'39.61389"	43.518
09	36°55'12.23699"	15°09'38.05100"	41.151
10	36°55'12.00757"	15°09'39.25492"	40.833
11	36°55'12.93760"	15°09'38.58438"	41.040
12	36°55'11.92663"	15°09'35.04965"	41.019
13	36°55'11.88928"	15°09'33.36597"	40.544
14	36°55'09.69377"	15°09'29.41351"	42.498
15	36°55'09.69375"	15°09'29.41338"	42.500
16	36°55'07.77738"	15°09'26.38079"	41.132

Figura 38– Elenco delle coordinate dei punti di controllo. Punti originali a sinistra e con correzione tramite software Converg e grigliati dell'IGM a destra

Per il post-processing dei dati e l'esportazione della nuvola di punti, impiegata per integrare i dati topografici con quelli batimetrici è stato impiegato il software Metashape - AGISOFT™.

Il flusso di lavoro per il processamento dei dati prevede: allineamento modifica delle distorsioni della camera, correzione delle aberrazioni, correzione della posizione dei punti di giunzione tra le foto tramite i gcp a terra, riallineamento ed ottimizzazione dei parametri della camera, creazione e pulizia di una nuvola di punti densa e classificata cromaticamente, creazione di un DEM (*Figura 39*), creazione di un ortomosaico (*Figura 40*), creazione di sezioni e creazione di un modello 3D.

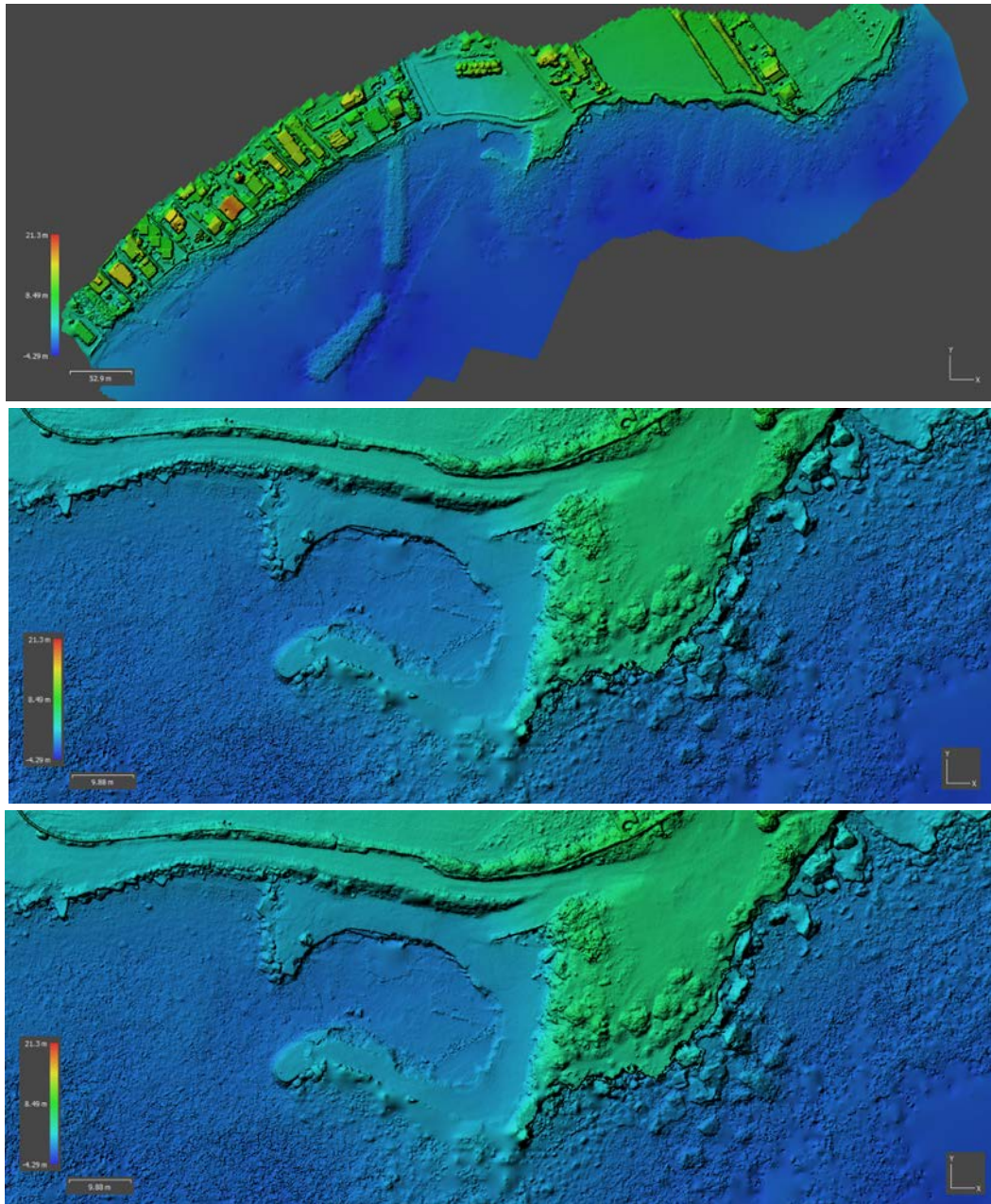


Figura 39 – Restituzione grafica del DEM

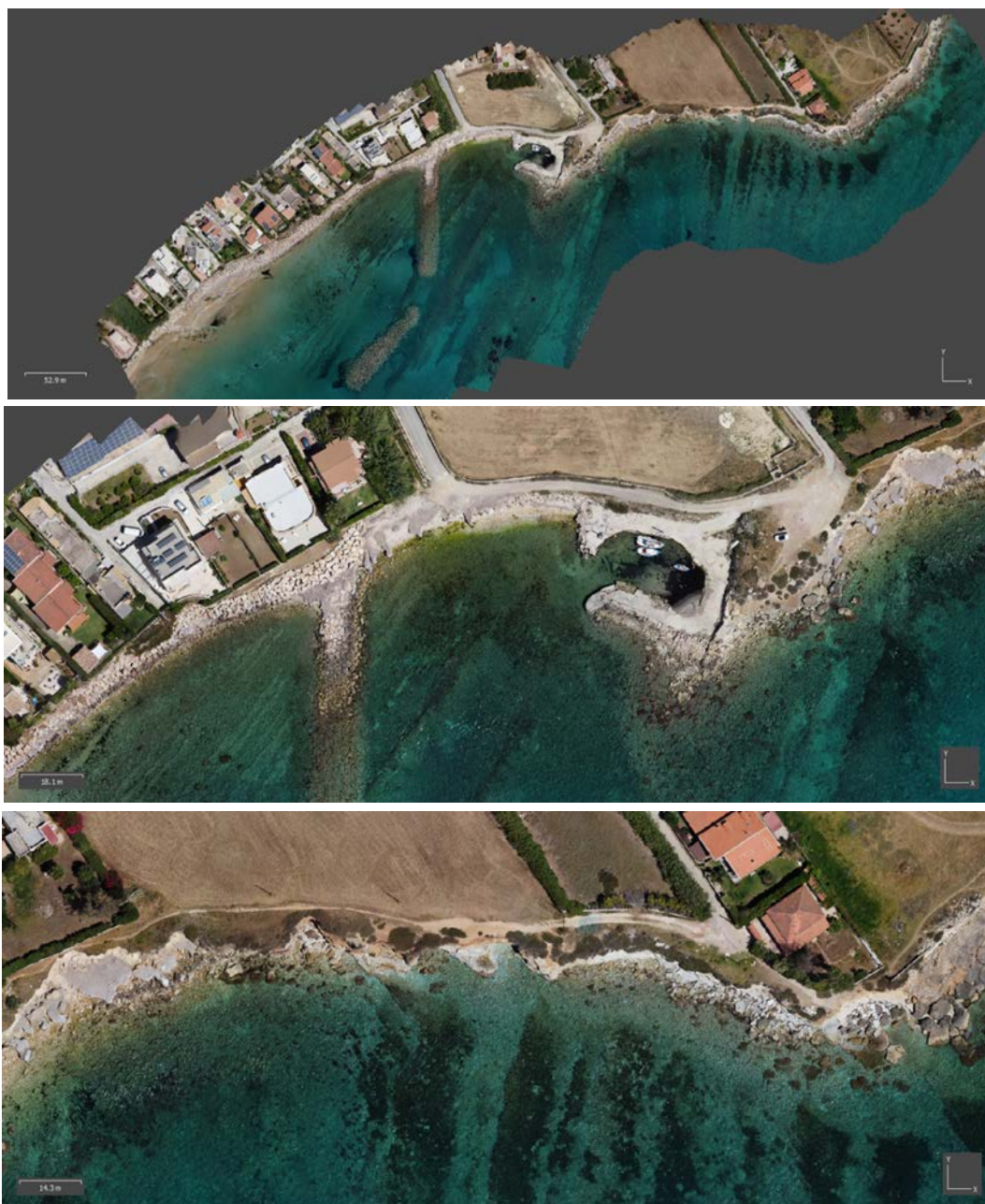


Figura 40 – Restituzione grafica dell'ortomosaico



RIQUALIFICAZIONE DI UN RIPARO PE RLA PESCA IN C.DA
FALARIDE – AVOLA
COMUNE DI AVOLA (SR)
-RELAZIONE TECNICA -

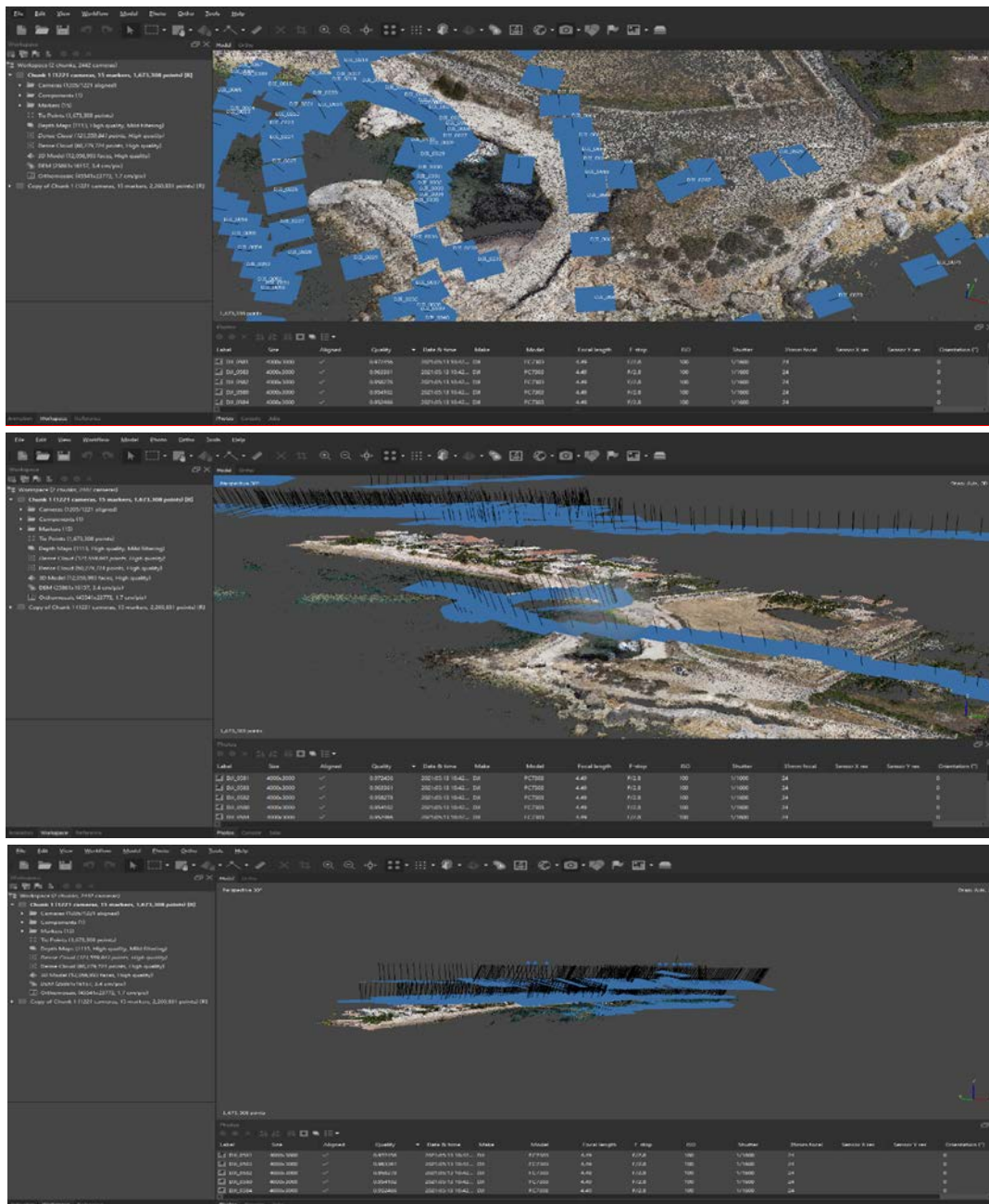


Figura 41 – Allineamento delle immagini e loro posizionamento nello spazio.



RIQUALIFICAZIONE DI UN RIPARO PER LA PESCA IN C.DA
FALARIDE – AVOLA
COMUNE DI AVOLA (SR)
–RELAZIONE TECNICA –

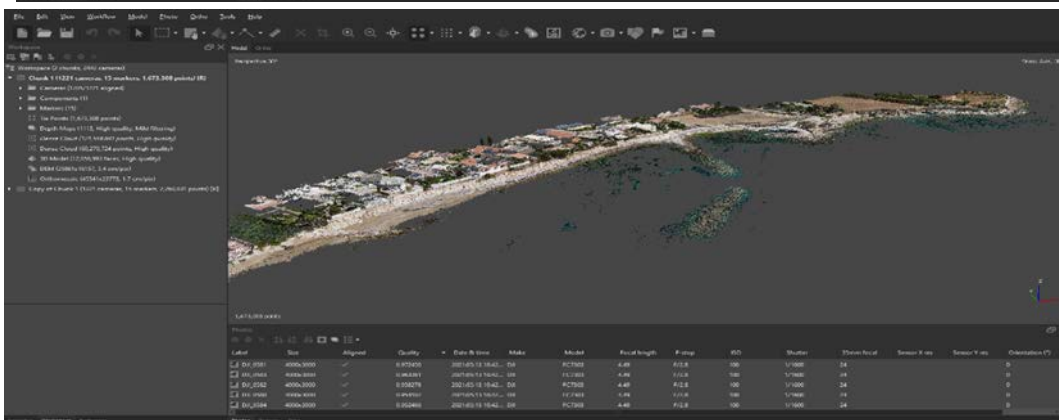
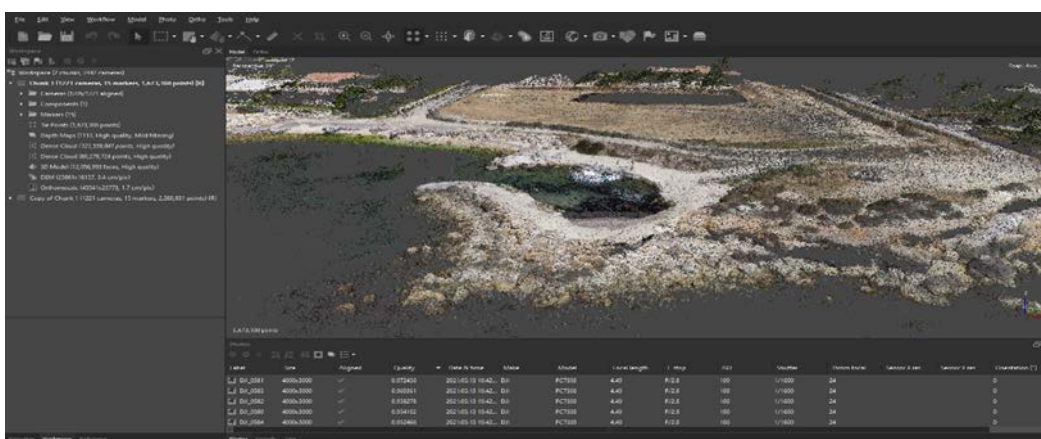
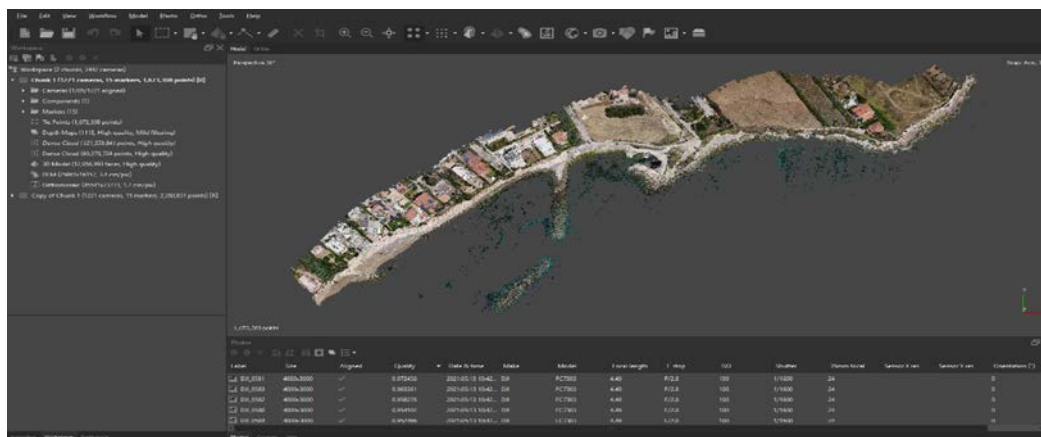


Figura 42 – Generazione dei punti di giunzione (nuvola sparsa).



4.2 Elaborazione Dati di Posizione e Navigazione

Per mezzo del modulo Processing del software di Acquisizione e Navigazione QINSy, si è provveduto ad analizzare tutti i dati di posizione raccolti durante i rilievi. È stata controllata la qualità dei dati di posizione e sono stati eliminati gli eventuali errori di posizionamento, utilizzando i fattori di qualità contenuti nel messaggio digitale ricevuto dal sistema GPS-RTK (HDOP; PDOP, VDOP ecc).

4.3 Elaborazione Dati Batimetrici MBES

L'elaborazione dati batimetrici acquisiti con i sistemi MBES è stata eseguita utilizzando il modulo di post-processing della QPS, Qimera™. Tale modulo consente di operare un'approfondita valutazione dei dati secondo tre passaggi fondamentali:

1. Correzione della posizione, mediante un modulo che consente di definire i criteri base per la reiezione automatica dei dati anomali (Spikes), dovuti a disturbi durante la propagazione del segnale acustico lungo la colonna d'acqua e/o sul fondo, e di intervenire manualmente per eliminare registrazioni non accurate;
2. Correzione della profondità, mediante un modulo che permette di applicare all'intero dataset la compensazione di marea;
3. Controllo statistico dei dati, basato sulla definizione di una serie di parametri e regole empiriche, per estrarre un dataset di misure affidabili.

I dati batimetrici così controllati e filtrati sono stati integrati tra loro ed elaborati al fine di ottenere un modello digitale del fondo (DTM) adeguato alla scala di rappresentazione cartografica richiesta. Nel caso specifico è stato prodotto un grid con risoluzione di 0.25x0.25 m.

Si ricorda che la correzione di marea è stata applicata in fase di processing (**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**).

4.4 Elaborazione Dati Sondaggi ed Analisi Sedimenti

Sui campioni di sedimento prelevati dall'area di indagine sono state effettuate la determinazione delle classi granulometriche principali, della classificazione e la colorimetria, umidità, peso specifico presso il Laboratorio Geo Service srl di Agrigento. Per ulteriore approfondimento si rimanda all' **Allegato 2**

4.5 Elaborazione Dati chimico fisici con sonda Multiparametrica

I dati immagazzinati nella memoria della sonda vengono trasferiti ad un computer e si presentano nel formato TXT. In termini tecnici si chiamano "raw data" successivamente in fase di processing dei dati, si estraggono le variabili primarie come pressione, temperatura, conduttività, torbidità ecc. si intabellano in un foglio di calcolo excel e si modificano manualmente. La modifica consiste nel cancellare tutte le misure che sono state effettuate nell'intervallo di tempo utile alla sonda per stabilizzarsi (a circa 1 m sotto la superficie dell'acqua) prima dell'effettiva calata e quelle che si sono registrate a fine calata quando la sonda stanza per un breve lasso di tempo alla profondità stabilita. Inoltre si elide la parte di misurazioni relative alla risalita della sonda, in quando si considera solo la discesa (downcast). I nuovi file ottenuti sono pronti per essere plottati e visualizzati attraverso la realizzazione di grafici nei quali si mettono in relazione ogni singolo parametro fisico/chimico acquisito con la profondità. Le rappresentazioni grafiche rappresentano i profili verticali di temperatura, salinità pressione ecc. derivanti dai dati analizzati. Lo scopo è



quello di fornire un riscontro visivo di come i dati di un campionamento possano costituire un profilo verticale e come un piccolo cambiamento possa essere immediatamente riscontrato in modo immediato e intuitivo. Per ulteriore approfondimento si rimanda all' **Allegato 5**

4.8 Elaborazione Dati correntometrici

Dopo aver recuperato il correntometro da ogni singola stazione (consultare tabella 8), i dati registrati ed immagazzinati nel correntometro, sono stati scaricati nei software di gestione dedicati (VmDas_v1.49 e WinRiver II v2.18) i quali hanno elaborato i parametri registrati e hanno restituito dei risultati correntometrici sottoforma di grafici. Questi hanno fornito una visione immediata ed intuitiva di ciò che riguarda la correntometria dei siti analizzati. Si ritiene opportuno approfondire tale analisi andando a consultare l'**Allegato 3** Campagna correntometrica.

4.11 Restituzione Cartografica e Risultati

I dati topo-batimetrici ottenuti sono stati impiegati per l'elaborazione delle cartografie richieste utilizzando il software AutoCAD MAP 3D. Tutte le cartografie sono state prodotte impostando i parametri geodetici riportati nella seguente tabella.

Datum	WGS84
Proiezione	UTM
Zona-UTM	33 N
Falso Est	500000
Falso Nord	0
Meridiano centrale	15° EST
Fattore di scala	0.9996

Tabella 9 – Parametri geodetici del sistema di riferimento impiegato

In dettaglio, sono state prodotte le seguenti cartografie:

- 1) Carta topo-batimetrica in scala 1:1000;
- 2) Carta del modello digitale (DEM) in scala 1:1000;
- 3) Carta dei Campionamenti in scala 1:500;

La gestione dei dati geografici e la loro relativa integrazione è stata trattata in ambiente GIS (Global Mapper 17.0).



5 RISULTATI E CONCLUSIONI

5.1 RISULTATI DELLE INDAGINI STRUMENTALI (MBES)

5.1.1 Caratterizzazione Morfobatimetrica

I dati batimetrici acquisiti, processati ed esportati in file xyz con maglia 0,25x0,25 m per l'intera l'area d'indagine, sono stati utilizzati per la generazione di un modello digitale del terreno (DTM) dettagliato, per la rappresentazione grafica della morfologia e dell'andamento dei fondali dell'area (*Figura 44*).

La gestione dei dati in ambiente GIS consente inoltre di effettuare diverse operazioni sul DEM, tra le quali l'ottenimento di profili in sezione in qualsiasi punto selezionato (*Figura 45; Figura 46; Figura 48; Figura 49; Figura 50; Figura 51; Figura 51*). Complessivamente è stata coperta un'area di 7,9 ha

In (*Figura 44*) si riporta il piano di navigazione Mbes eseguito per l'esecuzione del rilievo. Dal rilievo Mbes eseguito appare evidente l'assetto fisiografico dell'area indagata.

Il DEM rappresentante l'area in esame, mostra una morfologia del fondale composta da una zona che è costituita da un'area poco profonda composta da un fondale roccioso disposto a gradoni, di origine presumibilmente carbonatica con morfologia irregolare e da blocchi di grosse dimensioni sui quali sono presenti delle sacche di sabbia. Quest'ultime sono sottoposte a forte idrodinamismo caratterizzata da ripples marks che parte da una profondità minima di 1 m fino a una profondità di circa 6 m.



Figura 43 – Avola (ME): modello di elevazione digitale (DEM) generato dalla elaborazione dei dati batimetrici (maglia di acquisizione maglia 0,25x0,25 m e riportato su GIS insieme all'ortofoto dell'area di indagine.

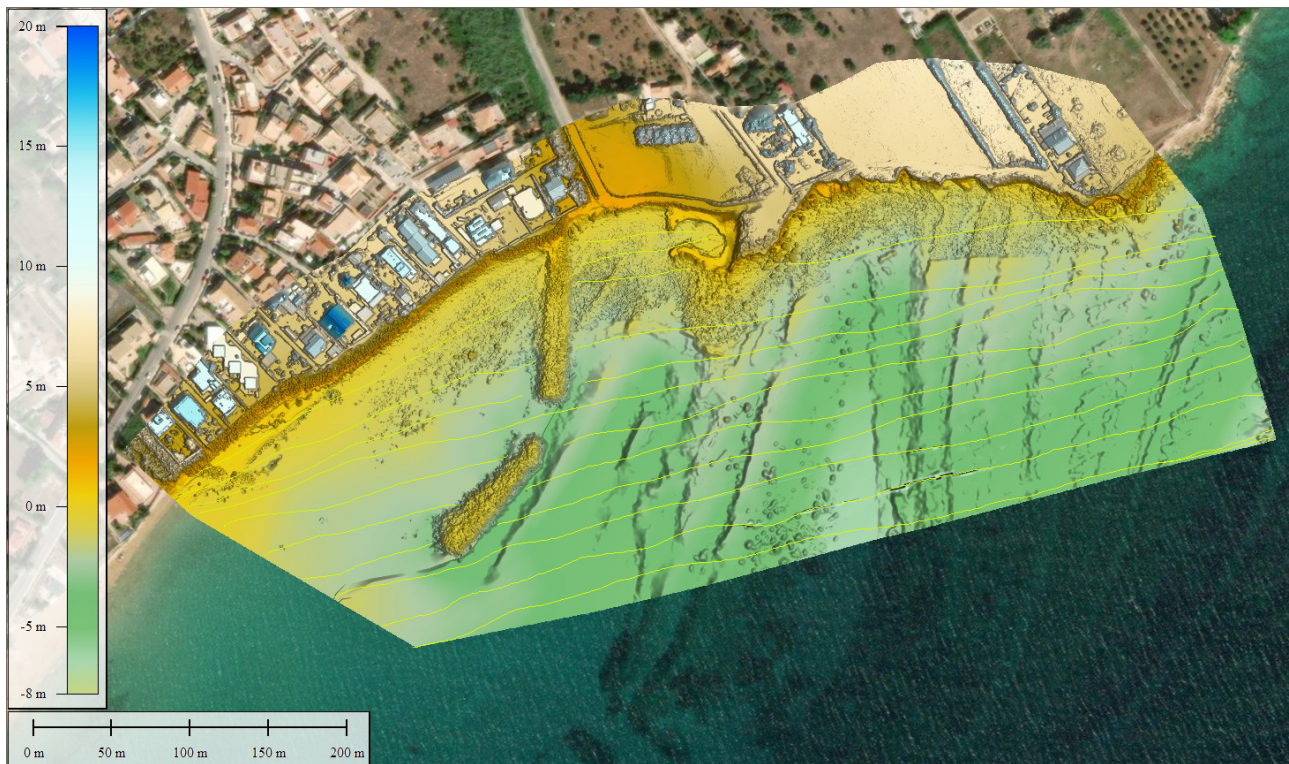


Figura 44 – Avola (ME): Linee di navigazione eseguite per l'acquisizione dei dati batimetrici Mbes a copertura completa.

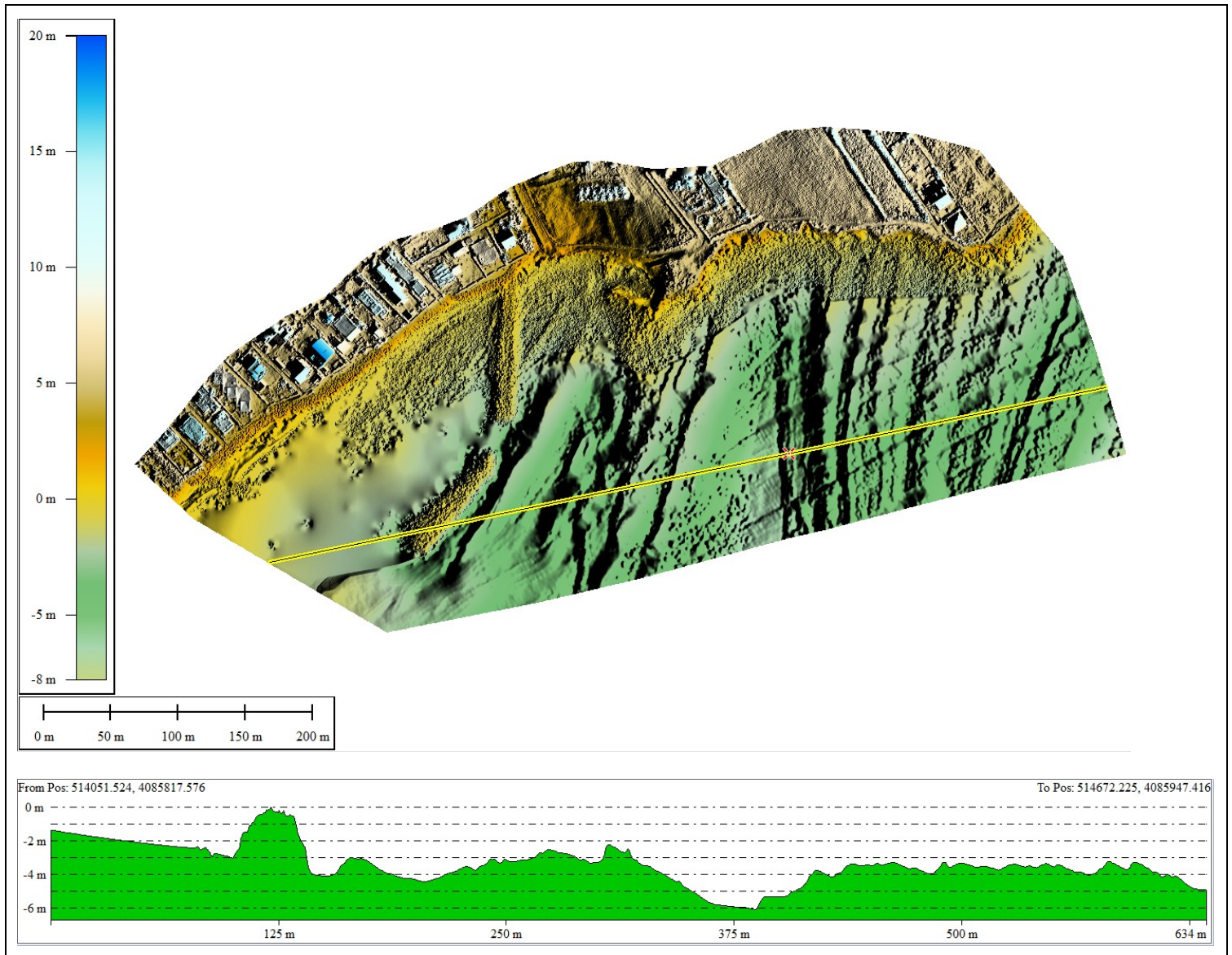


Figura 45 – Avola (ME): Visione del DTM dei dati batimetrici acquisiti con sistema MBES che mostra una sezione longitudinale del profilo batimetrico caratterizzante l'area d'indagine. Dalla sezione si evince una morfologia del fondale molto irregolare e frastagliata data dalla presenza della piattaforma di origine carbonatica.

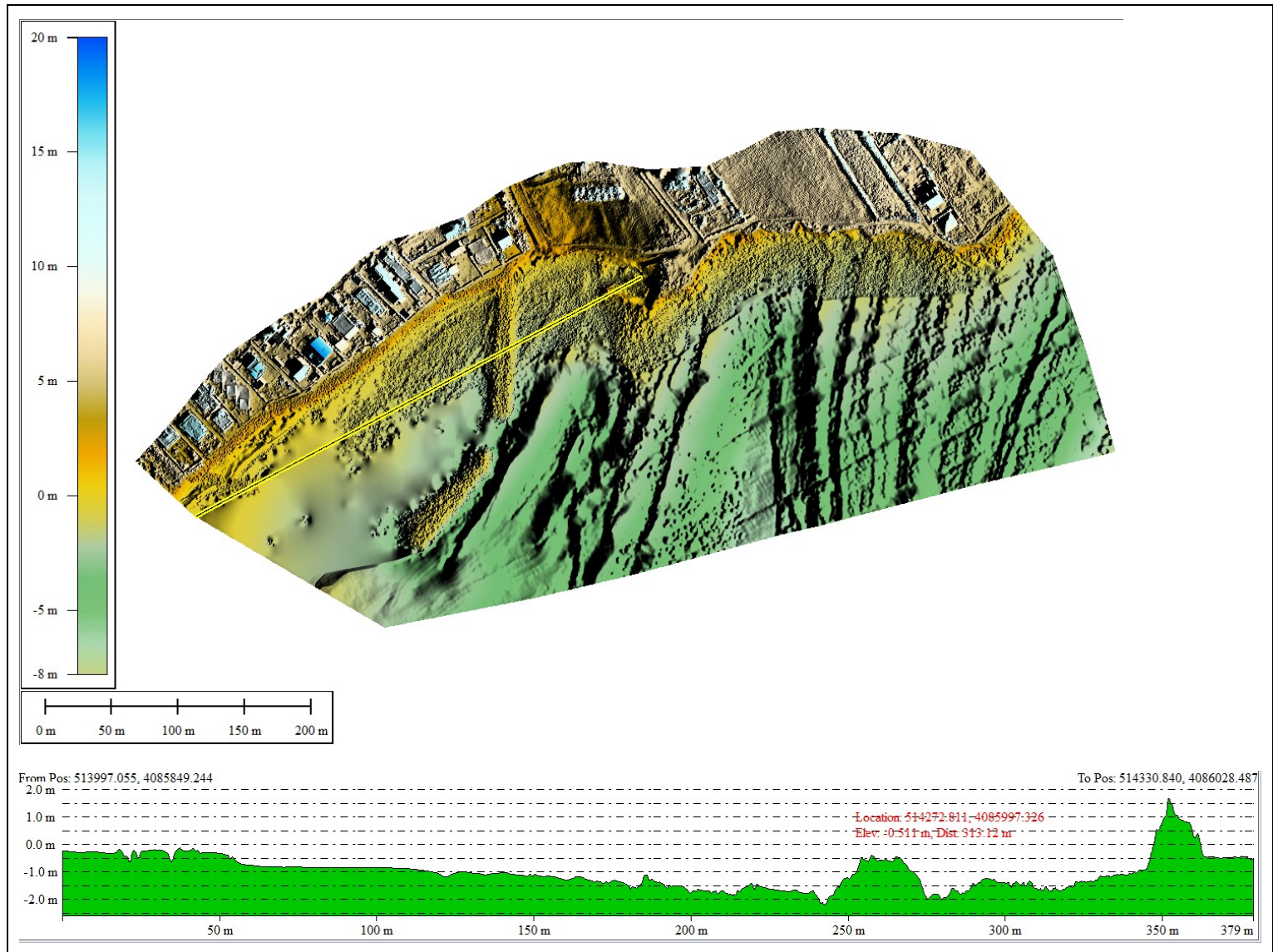


Figura 46 – Avola (ME): Visione del DTM dei dati batimetrici acquisiti con sistema MBES che mostra una sezione longitudinale del profilo batimetrico caratterizzante l'area d'indagine. Dal Profilo si nota l'irregolarità morfologica del fondo marino causata dall'ingente presenza di grossi blocchi di origine carbonatica. Questi blocchi si saranno discostati dalla falesia a causa dello scalzamento alla base della stessa dovuto dal forte impatto causato dal moto ondoso.

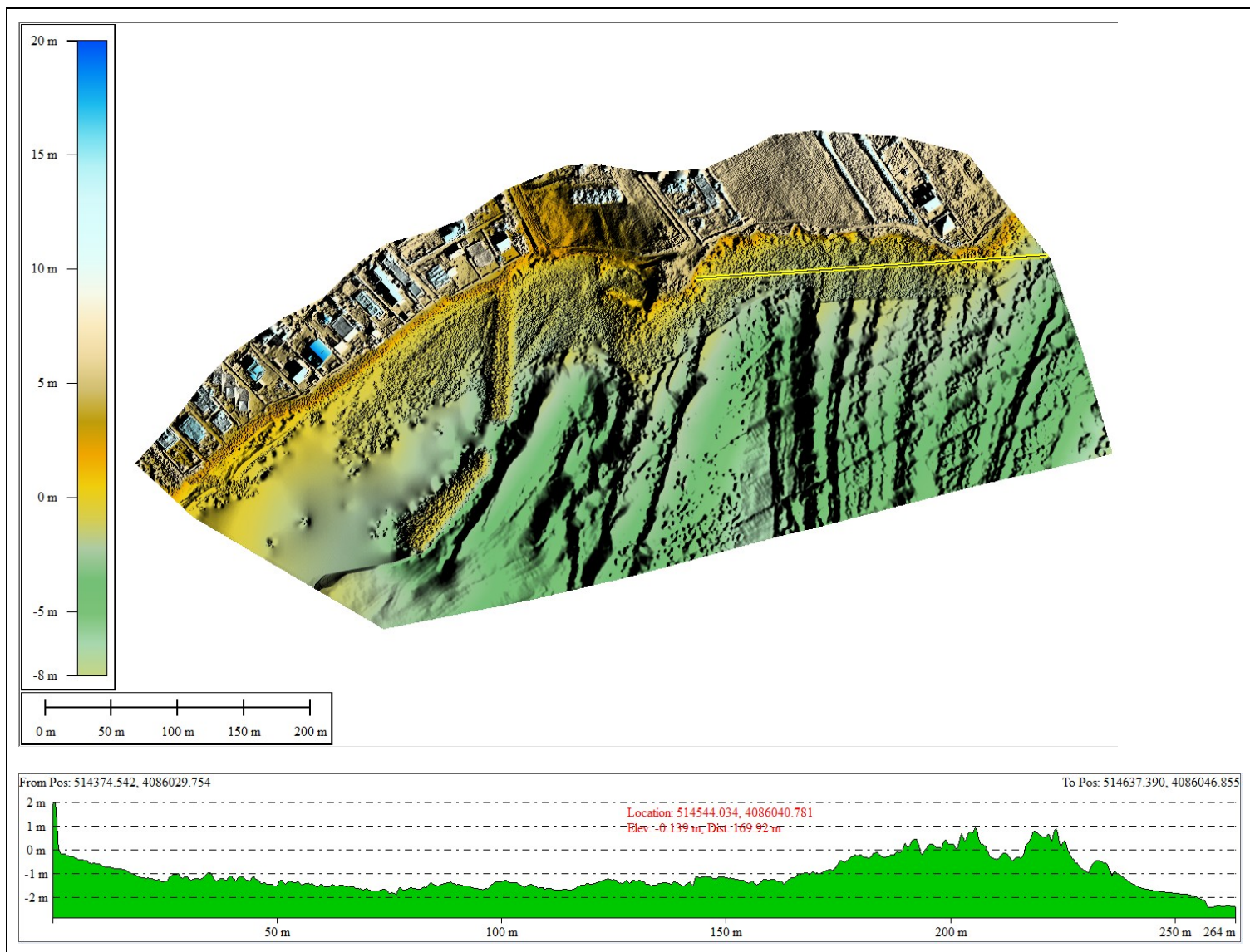


Figura 47 – Avola (ME): Visione del DTM dei dati batimetrici acquisiti con sistema MBES che mostra una sezione longitudinale del profilo batimetrico caratterizzante l'area d'indagine.

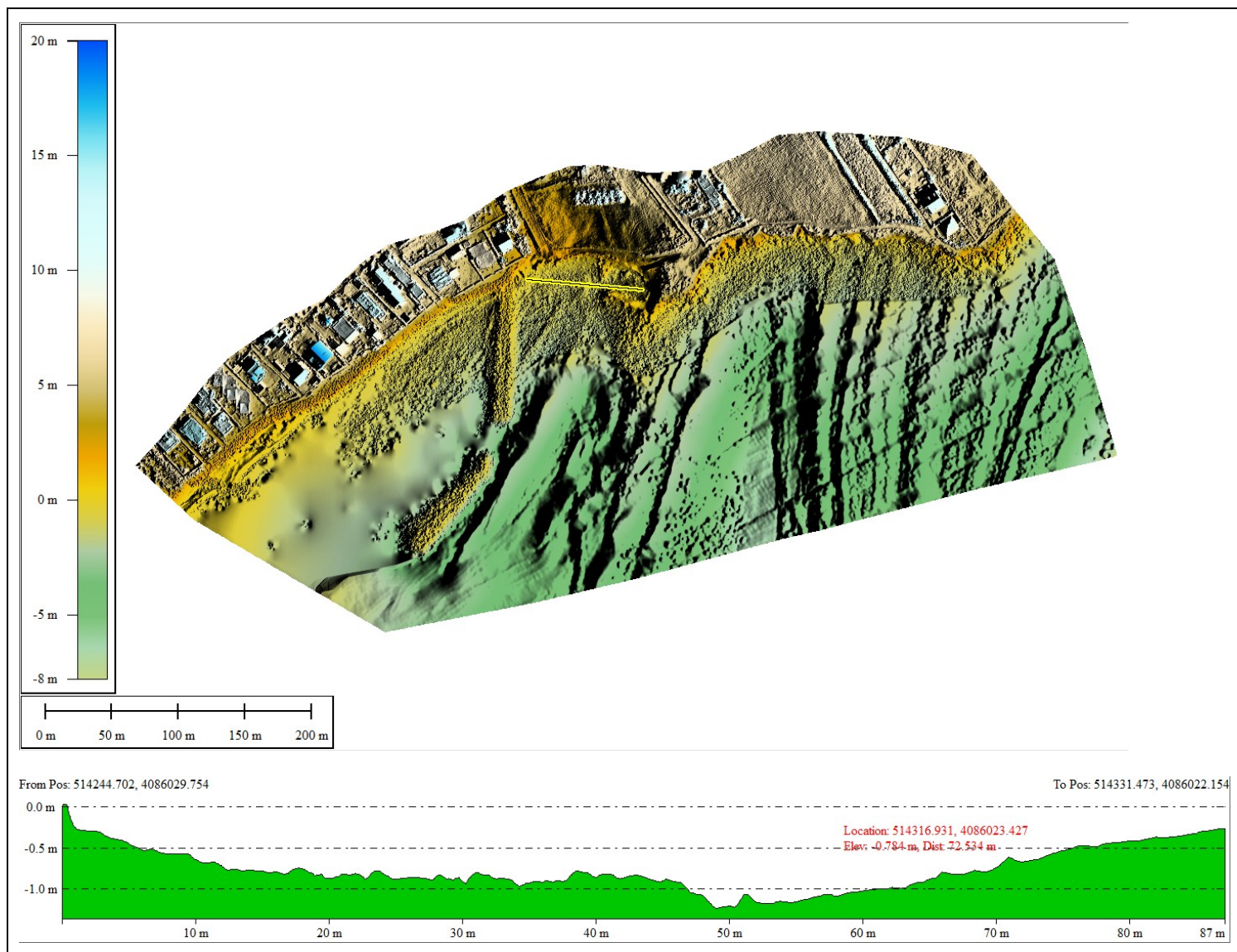


Figura 48 – Avola (ME): Visione del DTM dei dati batimetrici acquisiti con sistema MBES che mostra una sezione perpendicolare del profilo batimetrico caratterizzante l'area d'indagine.

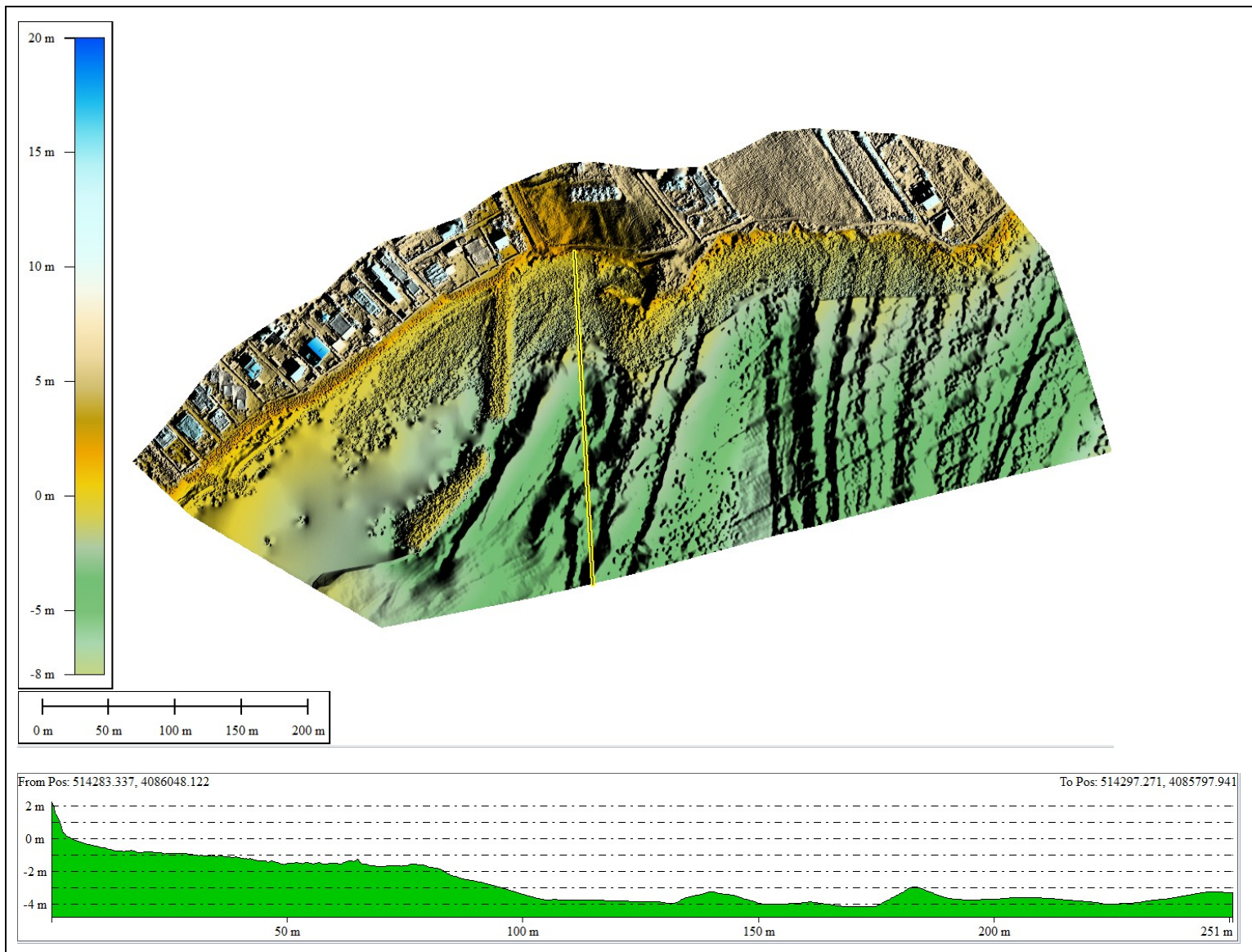


Figura 49 – Avola (ME): Visione del DTM dei dati batimetrici acquisiti con sistema MBES che mostra una sezione perpendicolare del profilo batimetrico caratterizzante l'area d'indagine. Dalla sezione si evince la presenza di un piccolo slope avente una pendenza di circa 5° che parte da una profondità di circa 1,5 m e arriva fino alla profondità investigata di 6 m. La sezione mostra due punti sopraelevati che indicano la morfologia a gradoni della piattaforma carbonatica.

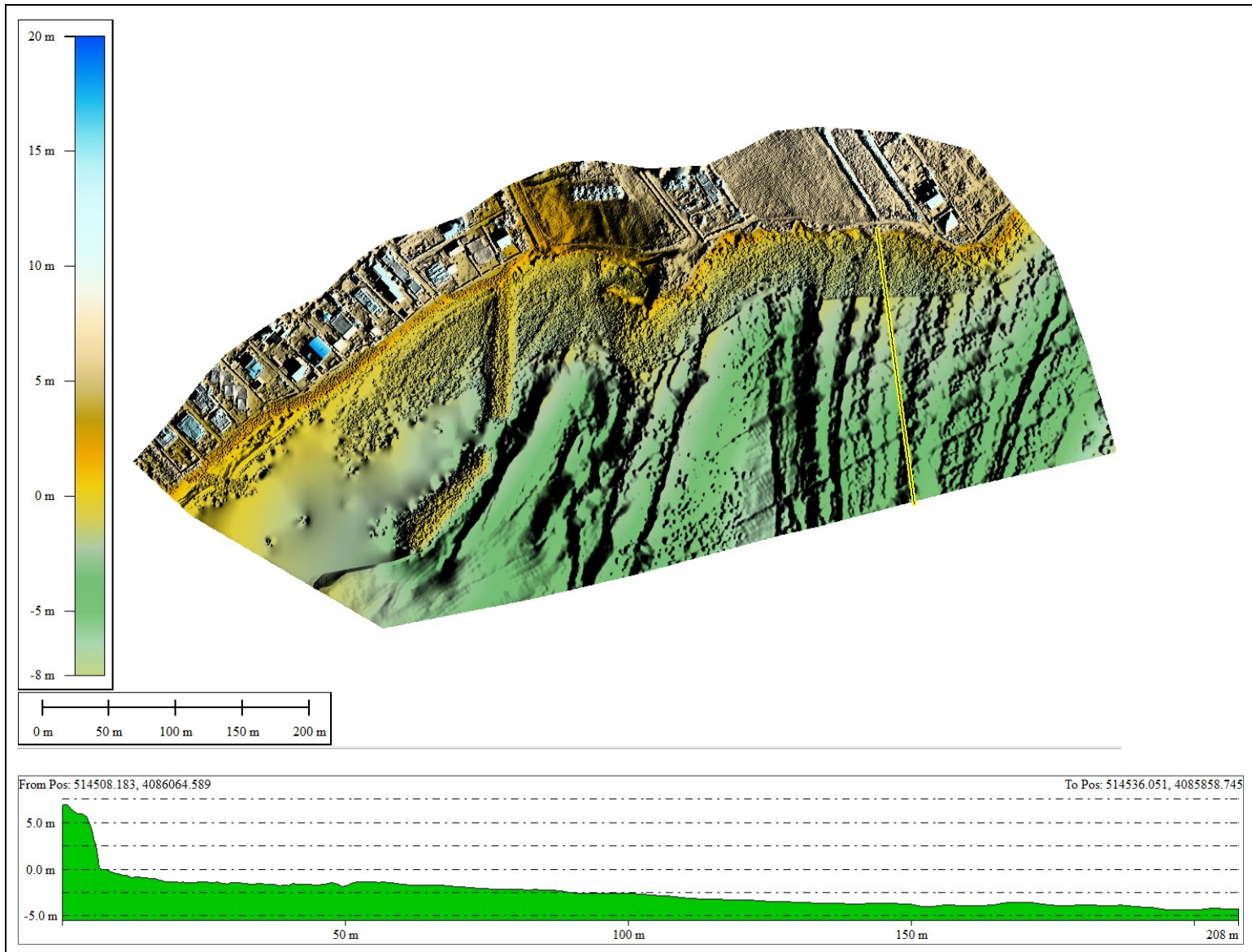


Figura 50 – Avola (ME): Visione del DTM dei dati batimetrici acquisiti con sistema MBES che mostra una sezione obliqua del profilo batimetrico caratterizzante l'area d'indagine.

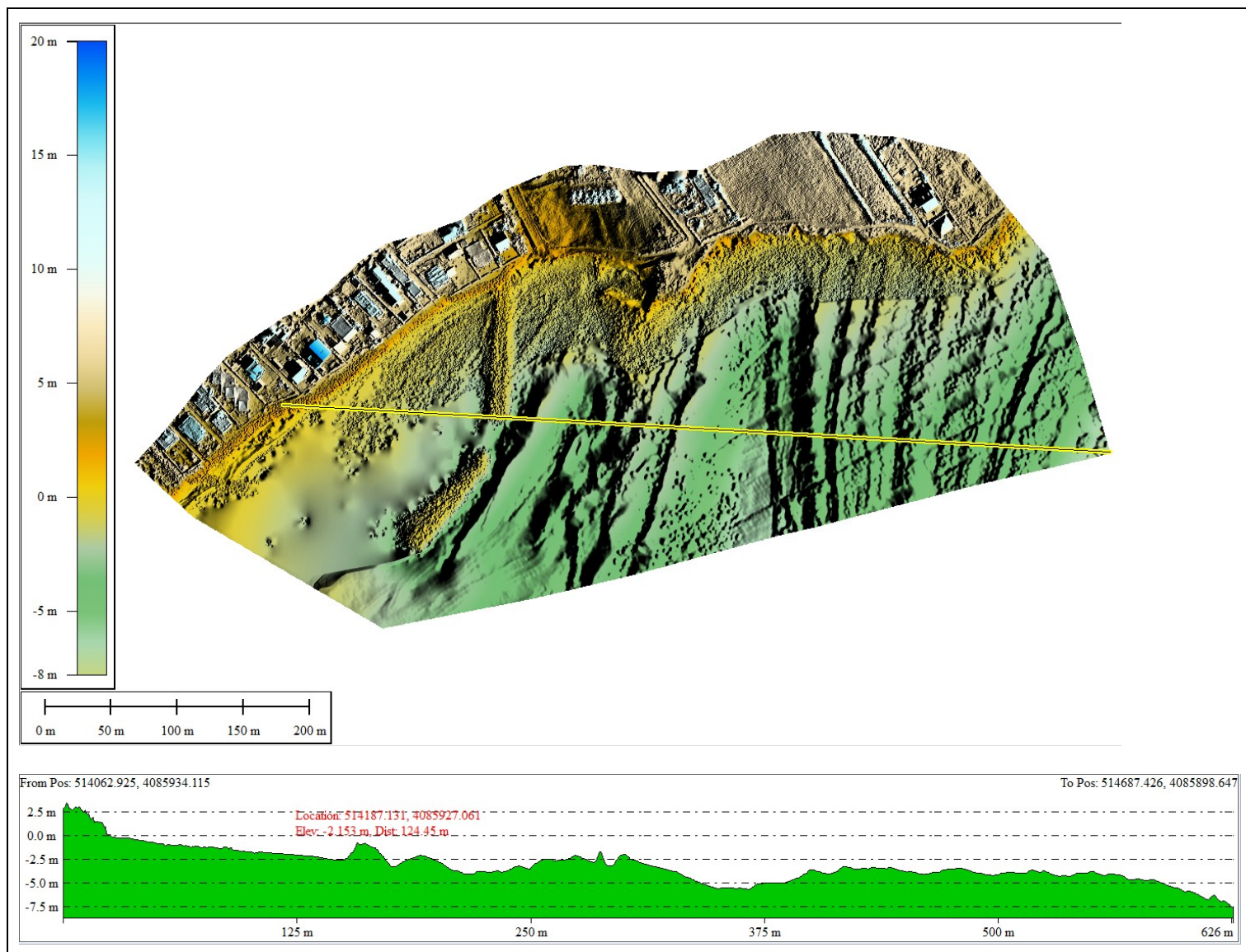


Figura 51 – Avola (ME): Visione del DTM dei dati batimetrici acquisiti con sistema MBES che mostra una sezione obliqua del profilo batimetrico caratterizzante l'area d'indagine.



5.2 Risultati analisi sedimenti

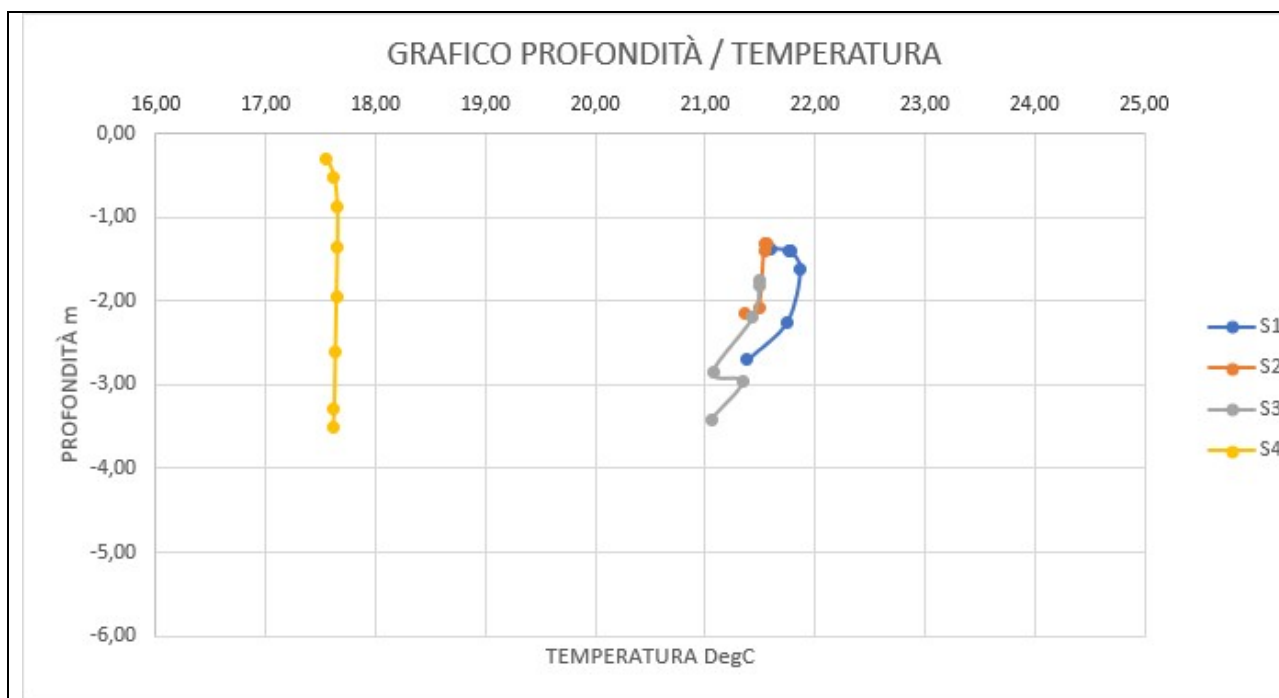
I risultati dell'analisi granulometrica sui campioni di sedimento prelevati sono riportati in (**Tabella 10**) per un approfondimento maggiore si invita a consultare l'**Allegato 2 verbale di campionamento**

<i>Tabella 10 – Frazioni granulometriche determinate sui campioni di sedimento</i>	
Nome campione	Granulometria
S1	Sabbie
S2	sabbie
S3	sabbie
S4	sabbia con ghiaia

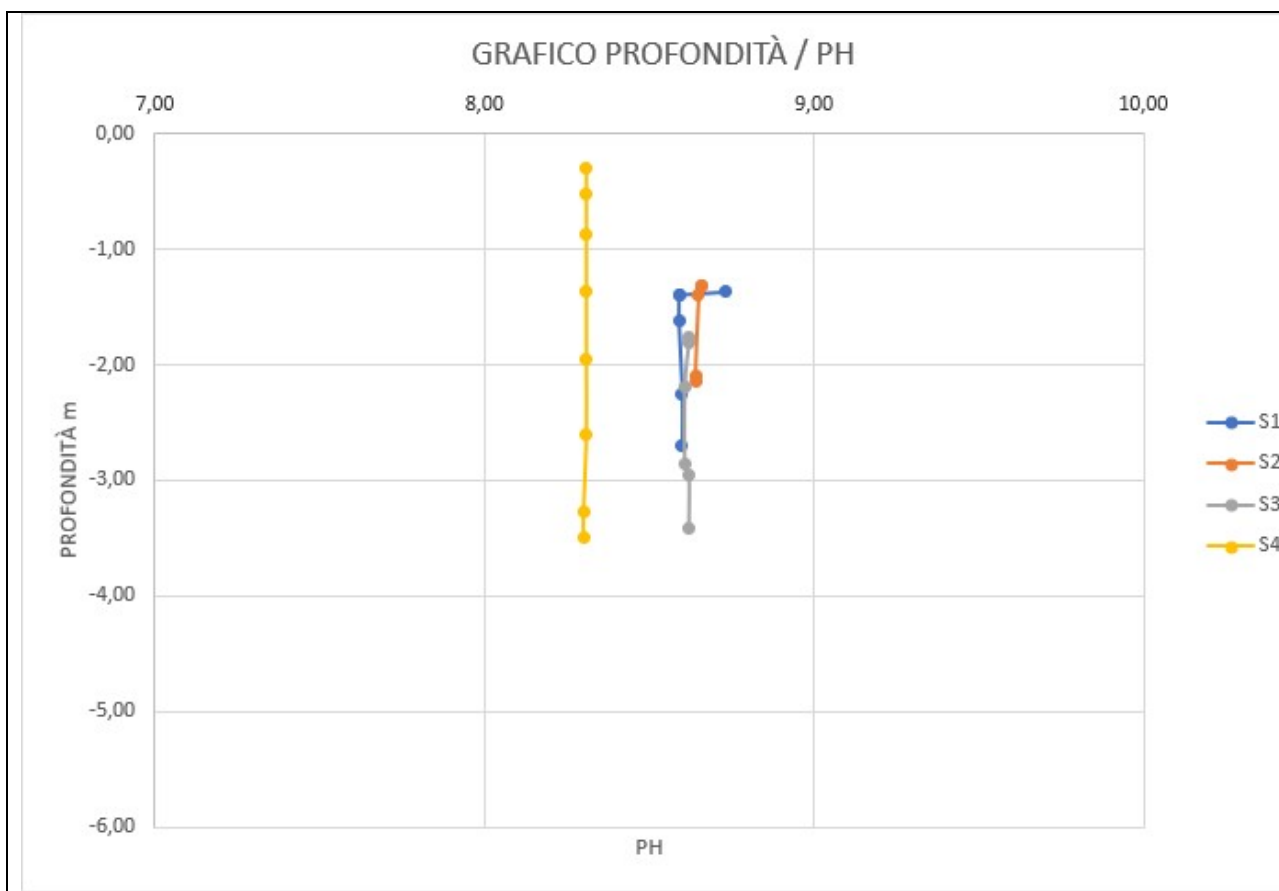


5.3 Analisi sui parametri chimico-fisici della colonna d'acqua

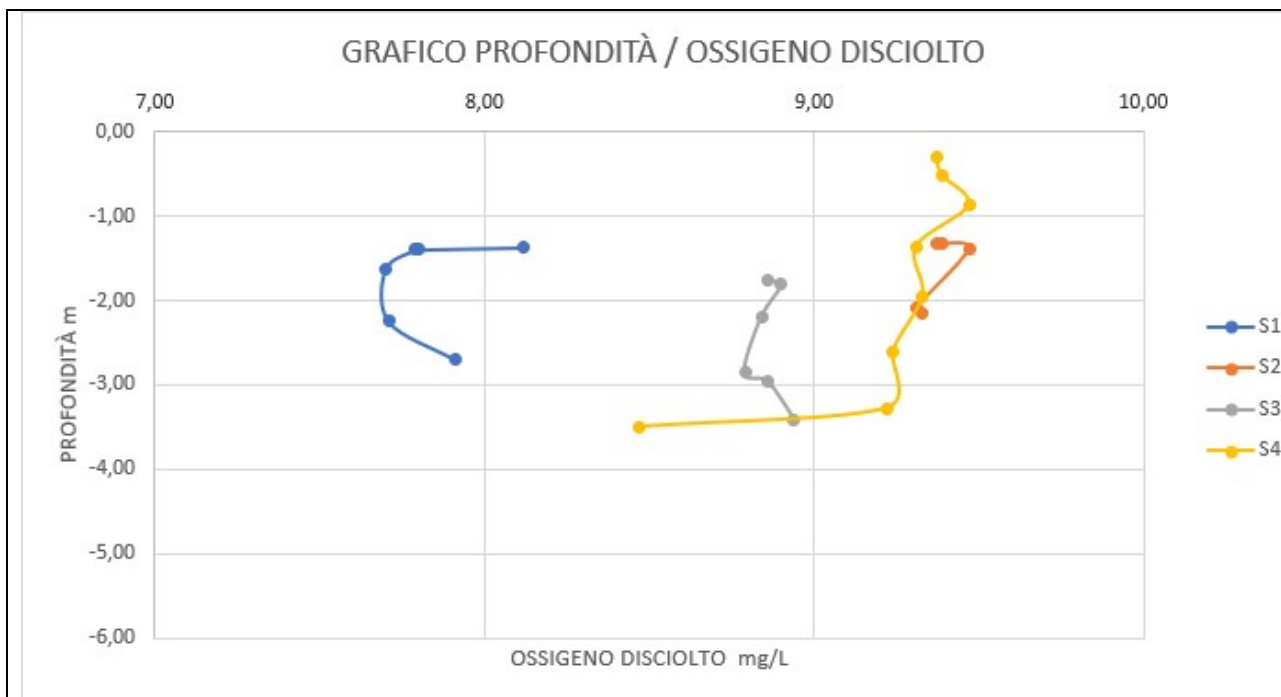
Da un'analisi generale eseguita sui grafici ricavati dall'elaborazione dei dati registrati nelle 4 stazioni di campionamento ad Avola, si denotano differenti valori dei parametri chimico/fisici fatta eccezione dei valori di pressione. In dettaglio seguono le descrizioni di ogni singolo grafico (**Figura 52**)



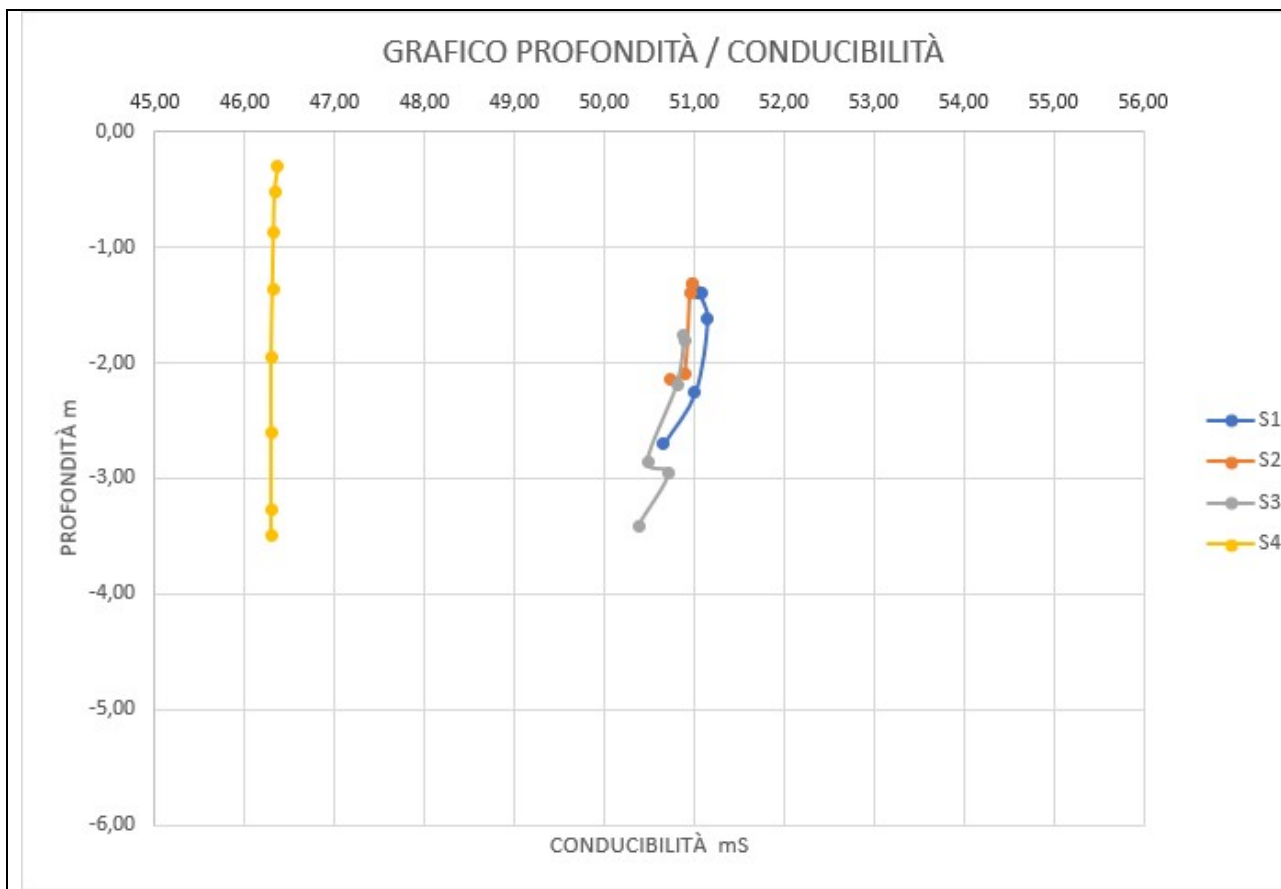
La temperatura superficiale dell'acqua è di circa 21,5 °C per quasi tutte le stazioni di campionamento tranne che per il punto S4 dove i valori di temperatura sono di circa 17 °C. Per i punti di campionamento S1, S2 e S3 si nota una piccola variazione di temperatura che diminuisce fino ad un rang che va dai 20 ai 21°C alla profondità di circa 3 m che indica il termocline stagionale. Nella stazione S4, la temperatura rimane costante a 17,5 °C fino alla profondità di circa -3,5 m.



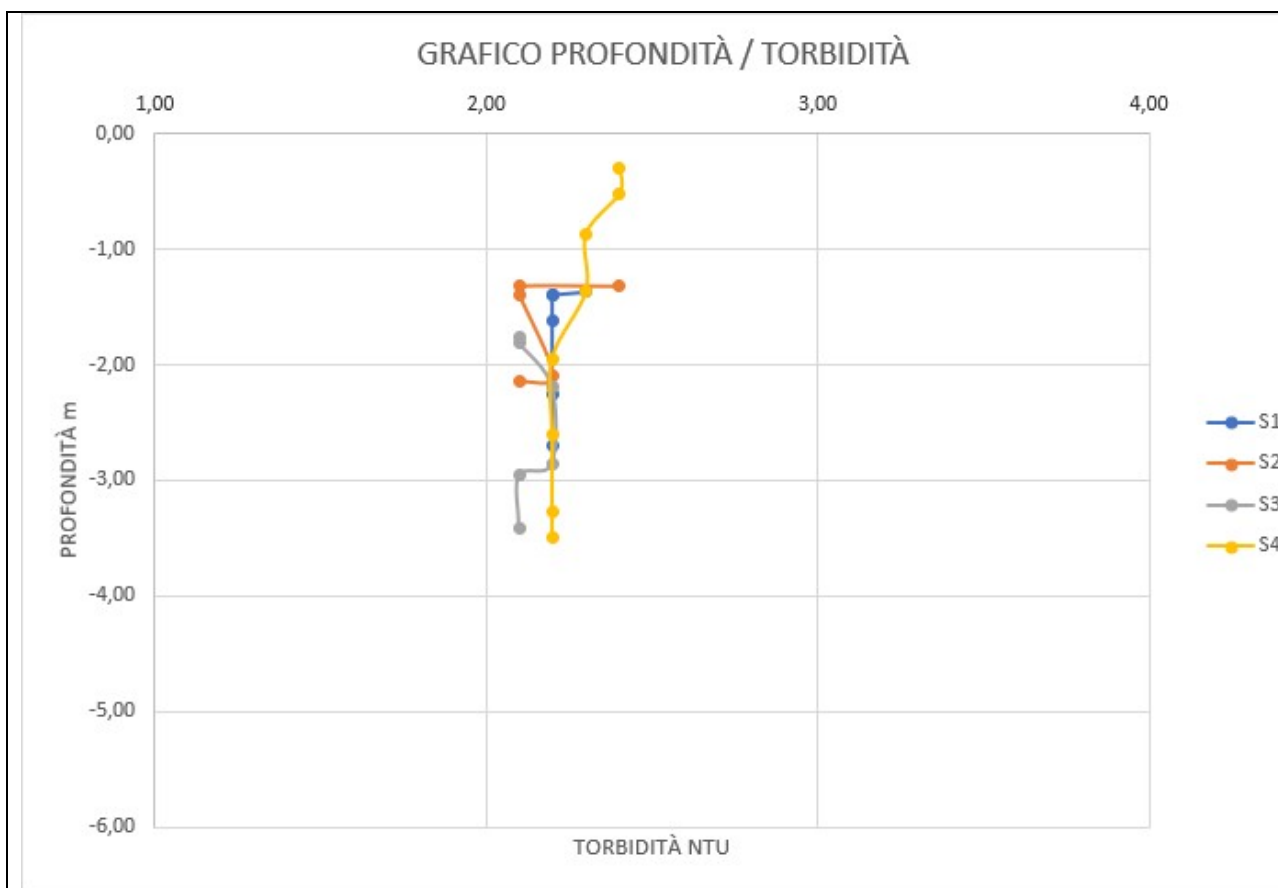
Dal grafico profondità/PH, si nota come i valori di PH nelle stazioni S1, S2, ed S3 si mantengono in un range che va da 8,5 a 8,7 mostrando un trend costante; mentre per la stazione S4, pur mantenendo un andamento del profilo omogeneo mostra valori di PH pari a 8,3 che sono leggermente differenti dalle altre stazioni.



Analizzando i trand delle stazioni prese in analisi, si evince che i valori di ossigeno disciolto nella colonna d'acqua, sono maggiori nello strato superficiale dell'acqua mostrando valori di 8,5 e 9,5 mg/L, ciò è possibile a causa della forte influenza dell'Ossigeno presente in atmosfera. Man mano che si scende in profondità i valori di ossigeno diminuiscono in modo graduale portandosi a valori di 8,3 e 7,7. Gli Andamenti dei profili di tutte e quattro le stazioni sono però differenti infatti si evidenzia che le stazioni S2 ed S4 sono quelle con la maggior presenza di ossigeni disciolto. Le stazioni S1 ed S3, mantengono un trend inverso rispetto alle stazioni precedenti infatti si evince un'ossigenazione maggiore nella porzione più profonda. Ciò è possibile a causa di fenomeni di riossigenazione forniti dall'alto idrodinamismo o da interazioni di sorgenti che apportano nuova ossigenazione.



La conducibilità dell'acqua di mare è strettamente correlata dalla salinità, dalla temperatura e dalla pressione quindi anche in questi profili si ottengono condizioni simili alla salinità. Nei profili di conducibilità i valori rimangono costanti dalla superficie fino a circa -2 m con valori di 51,5 mS per tutte le stazioni S1, S2 S3; successivamente, le stazioni subiscono una variazione di circa 1 mS nella fascia tra -2,8 e -3,5 m passando a valori di 50,5 mS. La stazione S4 invece mostra dei valori differenti dagli altri punti e mantiene dei valori stabili pari a 46,3 mS in tutta la colonna d'acqua.



I valori di torbidità registrati nelle quattro stazioni (S1, S2, S3, S4) evidenziano una situazione normale di torbidità infatti i valori sono compresi tra 2,2 e 2,8 NTU.

Figura 52 – diagrammi dei profili verticali della colonna d'acqua dei 4 punti di campionamento richiesti ad Avola

Per un maggiore approfondimento si invita a consultare l'**Allegato 5 Sonda multiparametrica**

5.3 Analisi dati correntometrici

Relativamente alle analisi e ai risultati dei dati correntometrici registrati nelle quattro stazioni indicate dalla committenza e riportate in tabella 8 della presente relazione, è possibile consultare in dettaglio l'**Allegato 3**.



6 ALLEGATI

Tabella 11 - Elenco degli allegati

Allegato	Titolo
Allegato 1	Rilievo UAS
Allegato 2	Verbali di campionamento
Allegato 3	Campagna correntometrica
Allegato 4	Cartografia tematica
Allegato 5	Sonda multiparametrica
Allegato 6	Schede di campo
Allegato 7	Schede tecniche strumentazione
Allegato 8	Calibrazioni
Allegato 9	Rapporti di attività giornalieri (DPR)
Allegato 10	Profili SVP