



INDAGINI & RILIEVI GEOFISICI

TITOLO PROGETTO

PORTO DI PALINURO

Esecuzione di indagini e rilievi propedeutici all'aggiornamento del progetto definitivo redatto dall'Ufficio OO.MM. per la Campania, il Molise, la Puglia e la Basilicata OO.MM. Ufficio di Napoli

TITOLO LAVORO

Lavori di prolungamento della testata del molo e di ampliamento e consolidamento della parte interna del molo per rendere riparato e sicuro l'ancoraggio all'interno della rada di Palinuro del Comune di Centola (SA)

CUP: B94B16000040002

TITOLO ELABORATO

RELAZIONE TECNICA

CODICE ELABORATO

SCALA

DATA

gennaio 2018

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Geom. Remo FEDULLO

TECNICO RILEVATORE

Ing. Alessandro FORTINO

RESPONSABILE AREA TECNICA LL.PP.

Arch. Magno BATTIPAGLIA

studio tecnico **Fortino**

via Lucio Petrone, 77
84134 - Salerno (SA)

tel / fax 089 296 78 26
cell 329 3740403

alessandro.fortino@ordingsa.it
alessandrofortino75@gmail.com



TITOLO PROGETTO

PORTO DI PALINURO

Esecuzione di indagini e rilievi propedeutici all'aggiornamento del progetto definitivo redatto dall'Ufficio OO.MM. per la Campania, il Molise, la Puglia e la Basilicata - OO.MM. Ufficio di Napoli

TITOLO LAVORO

Lavori di prolungamento della testata del molo e di ampliamento e consolidamento della parte interna del molo per rendere riparato e sicuro l'ancoraggio all'interno della rada di Palinuro del Comune di Centola (SA)

RELAZIONE TECNICA

Il Tecnico
ing. Alessandro FORTINO

- marzo 2018 -

INDICE

1	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	.....	3
2	SCOPO DEL LAVORO	.....	4
3	METODOLOGIE E STRUMENTAZIONI	.....	4
	3.1 SPECIFICHE TECNICHE	.....	5
4	ACQUISIZIONE DEI DATI	.....	8
	4.1 ACQUISIZIONE SUB BOTTOM PROFILER	.....	8
	4.2 ACQUISIZIONE MULTI BEAM ECHO SOUNDER	.....	10
	4.3 ACQUISIZIONE SIDE SCAN SONAR	.....	11
	4.4 ACQUISIZIONE DATI AEROFOTOGRAMMETRICI	.....	12
	4.5 ACQUISIZIONE DATI MAREA	.....	13
5	ELABORAZIONE DEI DATI	.....	14
	5.1 ACQUISIZIONE DATI SBP	.....	14
	5.2 ACQUISIZIONE MBES	.....	15
	5.3 ACQUISIZIONE SSS	.....	15
6	INTERPRETAZIONE DEI DATI E RISULTATI	.....	16
6	RESTITUZIONE DEI DATI	.....	19

PREMESSA

Il sottoscritto **ing. Alessandro FORTINO**, nato a Nocera Inferiore (SA) il 13 agosto 1975 ed ivi residente alla via Cicalesì n.221, regolarmente iscritto all'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Salerno al n.74/B, codice fiscale FRT LSN 75M13 F912E, con studio tecnico in Salerno alla via Lucio Petrone n.77, cell. 329 3740403, e-mail: alessandrofortino75@gmail.com, pec: alessandro.fortino@ordingsa.it, è stato incaricato di eseguire le indagini ed i rilievi del Porto di Palinuro, propedeutici all'aggiornamento del progetto definitivo redatto dall'Ufficio OO.MM. per la Campania, il Molise, la Puglia e la Basilicata - OO.MM. Ufficio di Napoli, nell'ambito dei lavori di "prolungamento della testata del molo e di ampliamento e consolidamento della parte interna del molo per rendere riparato e sicuro l'ancoraggio all'interno della rada di Palinuro del Comune di Centola (SA)", giusta determina d'affidamento n.303 del 27/12/2017.

1. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area oggetto di studio è il Porto di Palinuro, in provincia di Salerno, ed ha interessato, in particolar modo, il molo foraneo di sopraflutto. Il porto di Palinuro è una struttura artificiale ricavata nell'insenatura Nord di Capo Palinuro (fig.1); esso è delimitato da una riva banchinata e dal molo di sopraflutto oggetto di studio lungo circa 200 metri.

Il porto è caratterizzato da un discreto traffico diportistico, significativa la funzione peschereccia. In radice del molo di sopraflutto vi è uno scalo d'alaggio. Il porto è inoltre il maggiore punto di partenza per le escursioni in barca alle grotte marine di Capo Palinuro, operate con i caratteristici gozzi in legno.



Fig.1 - Area d'indagine

2. SCOPO DEL LAVORO

lo scopo del lavoro è stabilire l'attuale stato del molo di sopraflutto, ed in particolare della mantellata esterna, emersa e sommersa, costituita da cubi e tetrapodi in calcestruzzo (fig.2), allo scopo di pianificare al meglio la futura opera di prolungamento del molo. In particolare, è stato di fondamentale importanza valutare se i succitati cubi e tetrapodi abbiano subito o meno uno sprofondamento all'interno della copertura dei fondali in materiale sciolto (i.e. sabbie e/o ghiaie).

Il prolungamento del molo apporterà molteplici benefici all'area portuale:

- fornirà un maggior numero di ormeggi;
- fungerà da ostacolo per le correnti che tendono ad accrescere la sedimentazione sabbioso-ghiaiosa nella zona sottoflutto al porto;
- assicurerà un maggiore riparo specie in caso di mareggiate.



Fig.2 - Tetrapodi posti alla testa del molo

3. METODOLOGIE E STRUMENTAZIONE

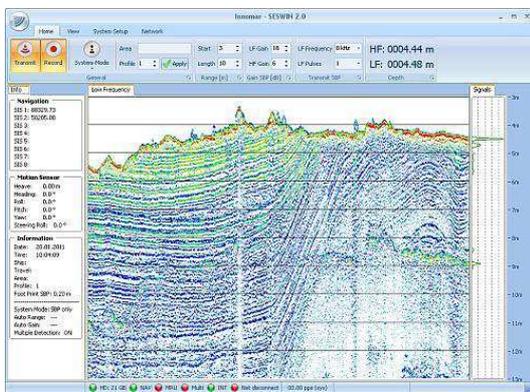
Le metodologie impiegate al fine di generare la presente documentazione sono state le seguenti:

- Sub Bottom Profiler (SBP)
- Multi BeamEchoSounder + Sonda multi-parametrica (MBES)
- Side Scan Sonar (SSS)
- Aerofotogrammetria con drone
- Analisi video

3.1 SPECIFICHE TECNICHE

Rilievo geofisico con Sub Bottom Profiler

Il Sub Bottom Profiler “Innomar SES-2000” ha un range di profondità di utilizzo che va da 0.5 a 400 metri, una profondità di penetrazione che raggiunge i 40 metri in presenza di sabbie sciolte ed una risoluzione verticale che va da 1 a 5 cm. La frequenza primaria va dagli 85 ai 115 KHz con una risultante frequenza secondaria che va dai 2 ai 22 KHz.



Sistema sub bottom profiler

Rilievo batimetrico Multi Beam Echo Souder

Il Multi Beam Echo Souder “Kongsberg - Geoswath Plus 500” lavora fino ad una profondità massima di 50 metri, con un’ampiezza massima di swath pari a 190 metri ed una risoluzione verticale di 1.5mm. L’esatta velocità di propagazione delle onde acustiche, da usare per l’analisi dei dati, è stata stimata con l’utilizzo di una sonda multi-parametrica che ha misurato i valori di conduttività, pressione e temperatura nella colonna d’acqua.

Il multibeam Kongsberg Geoswath Plus è composto da un trasduttore a doppia testa per consentire una copertura dell’ara più ampia e di conseguenza tempi di esecuzione minori, inoltre è accessorato con una sonda di velocità del suono e un sensore di assetto, entrambi installati sullo stesso supporto dei trasduttori, evitando così ulteriori errori di installazione.



Sistema Multibeam Kongsberg Geoswath Plus

La navigazione viene assistita da un GPS di precisione in modalità RTK. Il sistema di posizionamento proposto per l'esecuzione del rilievo è il GPS Heading Hemisphere V113.

Di seguito le specifiche del sistema:

Sistema	Precisione orizzontale	Precisione verticale	Frequenze	Accuratezza orientamento
Hemisphere V113	30cm (SBAS mode)	60cm (SBAS mode)	L1&L2	0.05°rms



GSP Hemisphere V113

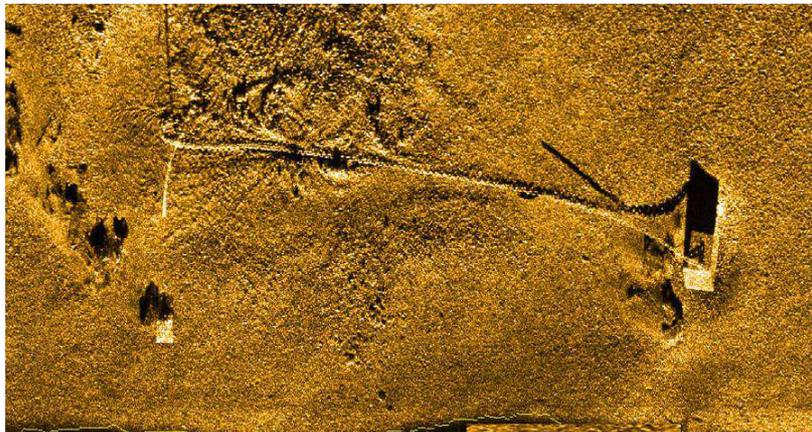
Rilievo geofisico con Side Scan Sonar

Il Side Scan Sonar “Kongsberg – Pulsar” opera con frequenze che vanno dai 550 KHz ad 1 MHz sia in modalità ContinuousWave (CW) che FrequencyModulated (FM). Al fine di ottenere un risultato con maggiore risoluzione, l’acquisizione è stata eseguita in modalità FM. In tale configurazione, la sorgente, anziché emettere un segnale monofrequenza, genera un segnale composto da un tono puro la cui frequenza aumenta nel tempo con un andamento lineare.

La particolarità di lavorare con un sistema multifrequenza è che è possibile investigare l’area in larga scala con la bassa frequenza per poi indagare in particolare con l’alta frequenza.



Sistema side scan sonar



Il drone utilizzato per l’aerofotogrammetria è il modello Phantom della casa costruttrice DJI.

L’analisi video è invece stata effettuata a mezzo di un ROV di “classe I”.

4. ACQUISIZIONE DEI DATI

L'acquisizione dei dati è avvenuta a mezzo di un'imbarcazione munita di GPS HemisphereVector 103 (precisione orizzontale di 0.3m). I profili relativi a tutti i tipi di dati geofisici investigano sia la parte più prossimale al molo (illuminando la zona interessata dai frangiflutti sommersi) che la parte più distale (illuminando il solo fondale ghiaioso/sabbioso).

Il rilievo aero-fotogrammetrico è stato eseguito disgiuntamente da quelli geofisici utilizzando un drone DJI Phantom, il quale ha sorvolato l'area ad un'altezza fissa di 51.7 metri.

4.1 ACQUISIZIONE SUB BOTTOM PROFILER (SBP)

Al fine di ottenere una buona mole di dati in tutta l'area oggetto di studio, sono state effettuate due indagini finalizzate all'acquisizione di profili sia paralleli che perpendicolari al molo.

Durante la prima indagine, sono stati acquisiti quindici profili a lunghezza variabile (da 130m a 375m) suddivisi a sud, a nord e alla testa del molo (fig.3). Tali profili corrono in maniera parallela al molo, investigano un'area che va fino a circa 60 metri di distanza dal molo e sono stati pianificati in modo da avere una completa mappatura di tutta l'area di indagine, con una spaziatura che tende ad infittirsi man mano che ci si avvicina al molo. I profili relativi a questa indagine sono contrassegnati dalla lettera "a" (i.e. SBP01a).

La seconda indagine è stata invece finalizzata all'acquisizione di ventuno profili che corrono in maniera perpendicolare al molo (si vedano le linee di navigazione in fig.4). I profili sono stati acquisiti tutti con la sorgente che da mare procede in direzione del molo. I profili relativi a questa indagine sono contrassegnati dalla lettera "b" (i.e. SBP01b).

Tale configurazione ha permesso un'interpretazione di estremo dettaglio che è stata agevolmente confrontata con quelle derivate dagli altri dati geofisici discussi più in avanti in questo documento. Al presente documento si allega la totalità dei profili SBP processati.

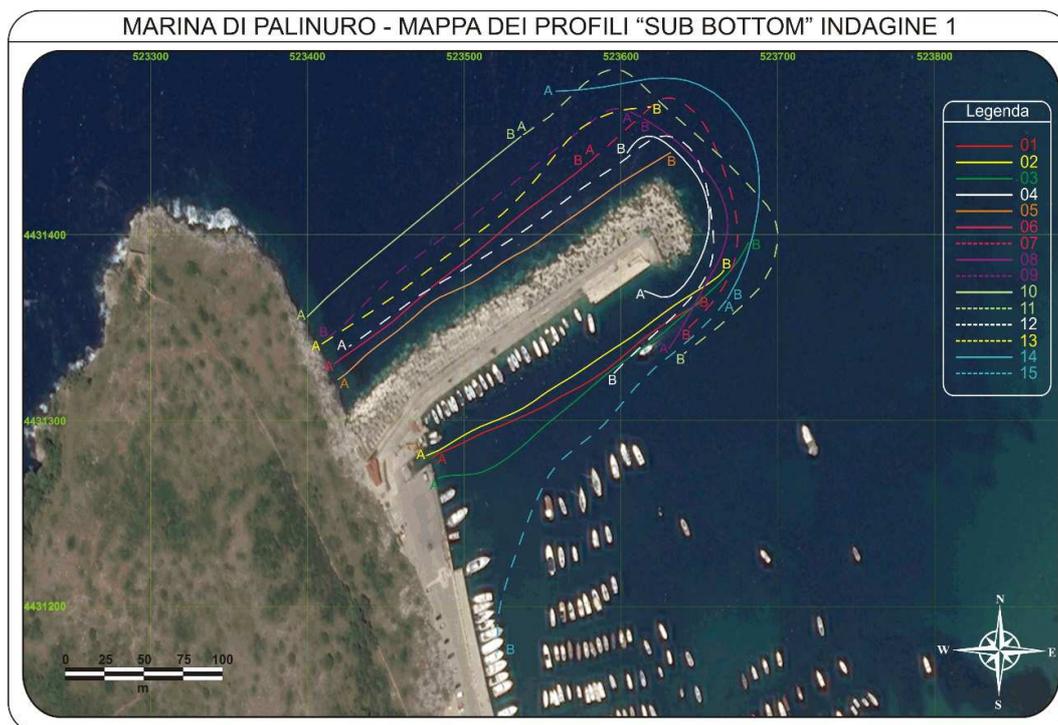


Fig.3 - Mappa dei profili Sub Bottom Profiler relativi all'indagine 1
(Le lettere A e B indicano la direzione di visualizzazione del profilo sismico)

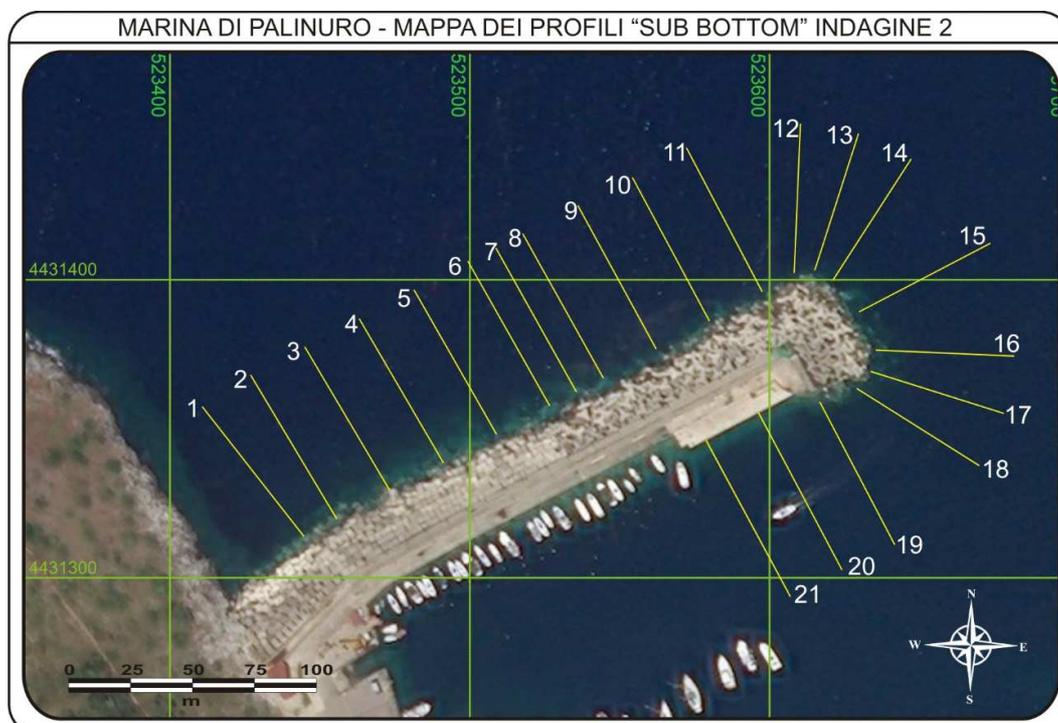


Fig.4 - Mappa delle linee di navigazione Sub Bottom Profiler relative all'indagine 2
(i profili sono sempre visualizzati partendo da mare e procedendo verso il molo)

4.2 ACQUISIZIONE MULTI BEAM ECHO SOUNDER (MBES)

Sono stati acquisiti un totale di 16 profili che vanno ad investigare l'area circostante il molo fino ad una distanza massima di 330metri (fig.5). La pianificazione ha previsto un'area maggiore rispetto a quella dei dati SBP in modo da avere una carta batimetrica più ampia che permetta una visione globale dell'area d'indagine.

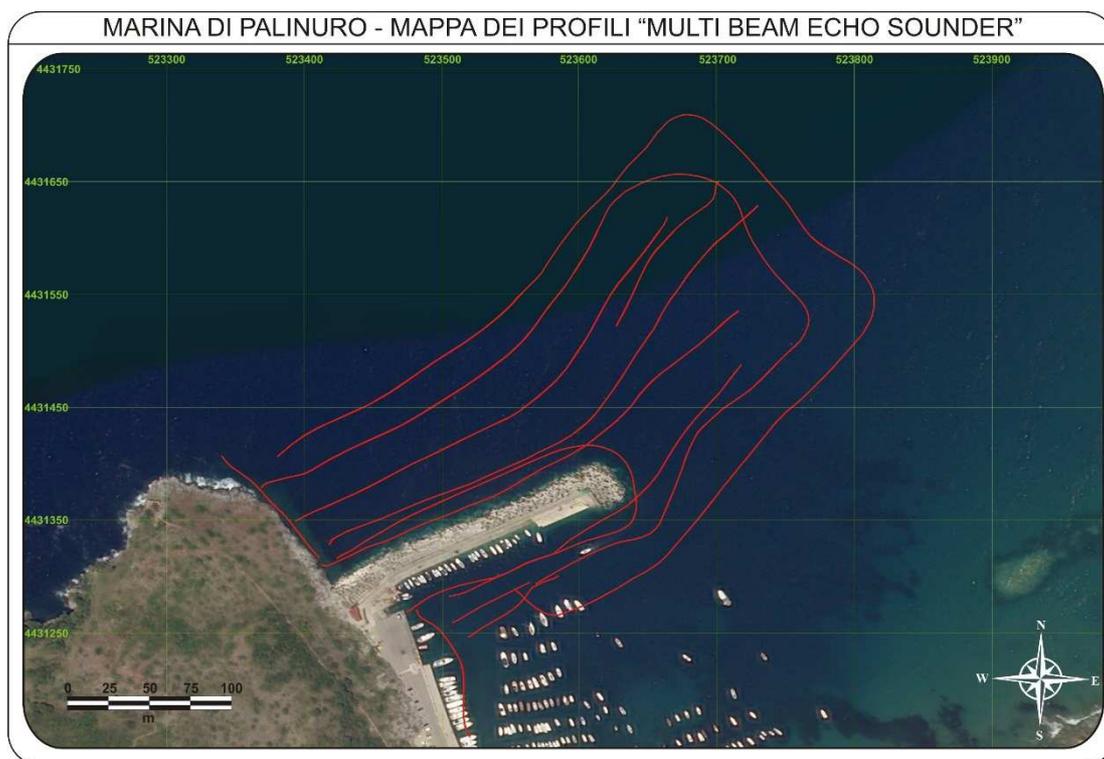


Fig.5 - Mappa dei profili Multi Beam Echo Sounder

4.3 ACQUISIZIONE SIDE SCAN SONAR (SSS)

Sono stati acquisiti cinque profili a lunghezza variabile che coprono tutta l'area circostante il molo fino ad una distanza di circa 100 metri (fig.6). I profili sono stati pianificati in modo da avere sempre una sovrapposizione ottimale delle spazzate. Ciò, oltre ad evitare la presenza di zone con assenza di dato, permette una ridondanza che può essere utile in fase di elaborazione.

Al presente documento si allega la mappa ottenuta dall'elaborazione dei dati SSS.

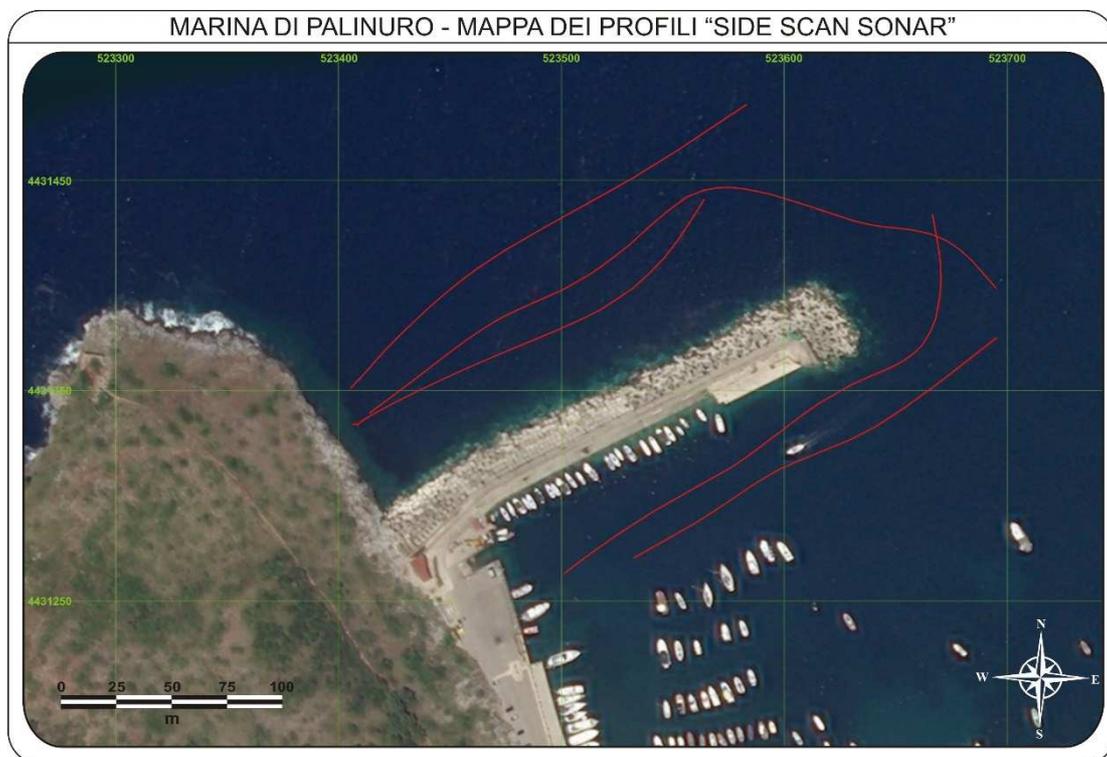


Fig.6 - Mappa dei profili Side Scan Sonar

4.4 ACQUISIZIONE DATI AEROFOTOGRAMMETRICI

Per i dettagli relativi all'acquisizione dei dati aerofotogrammetrici si riportano i dati di localizzazione della fotocamera.

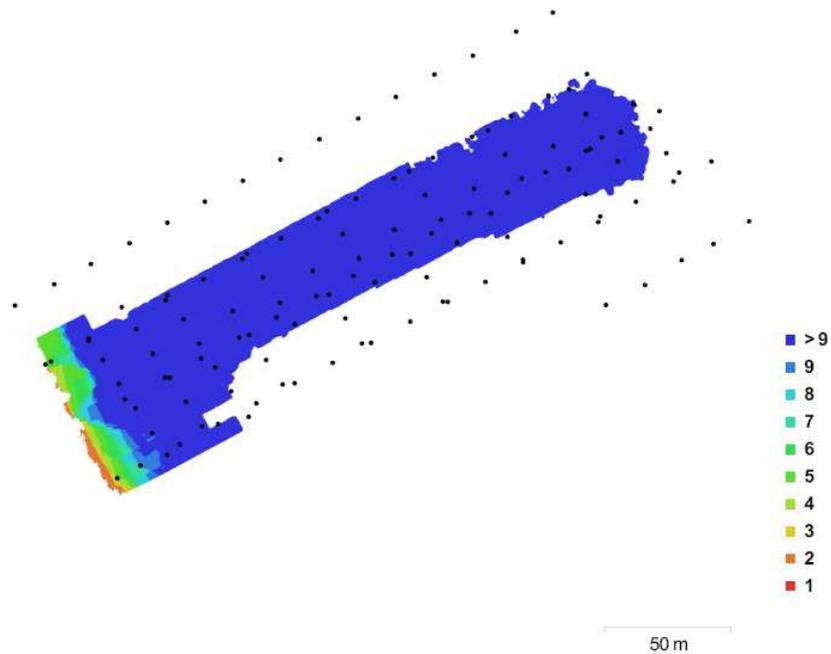
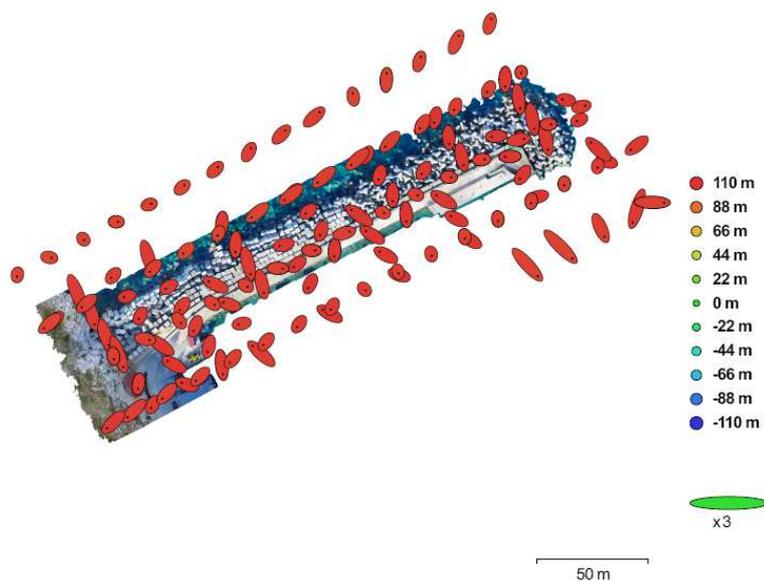


Fig. 1. Camera locations and image overlap.



4.5 ACQUISIZIONE DATI DI MAREA

I dati batimetrici raccolti sono stati corretti in fase di post-processing, secondo il cronoprogramma orario delle acquisizione dei dati di rilievo, e sono riferiti al livello medio del mare (zero IGM).

Il livello idrografico è stato rilevato dall'asta graduata della stazione mareografica presente all'interno del porto di Palinuro.

L'andamento della marea e le relative quote sono stati desunti dal sensore di livello e riportate sul portale dell'ISPRA, previa epurazione della variazione oraria del fuso UTC.



5. ELABORAZIONE DATI

Data la diversa natura delle varie metodologie geofisiche, i dati sono stati elaborati singolarmente per poi essere valutati nel complesso per la fase di interpretazione, descritta nel prossimo capitolo.

5.1 ELABORAZIONE DATI SBP

I dati SBP sono stati importati nel software SonarWiz, col quale è stato eseguito il picking dei primi arrivi (water bottom) in modo da applicare poi un muting traccia per traccia alla colonna d'acqua.

Il dato è stato quindi esportato in formato SGY per essere importato nel software SeiSee, col quale è stato eseguito un test di filtraggio passabanda. In particolare, tramite lo studio dello spettro di frequenza, sono state individuate le frequenze di taglio più adatte ad eliminare il segnale non prodotto dalla sorgente (noise). Tale filtraggio, in particolare quello delle basse frequenze, ha inoltre ridotto quasi del tutto le diffrazioni, la multipla di fondo mare ed il ringing dovuto alla non causalità della sorgente sismica. Al fine di una più interpretabile visualizzazione, il dato è stato quindi normalizzato. In figura 7 viene mostrato un profilo SBP prima e dopo la fase di elaborazione. Nel dato elaborato, è molto più chiara la distinzione tra blocchi in cemento (segnale discontinuo e scatterato) e fondale (segnale continuo).

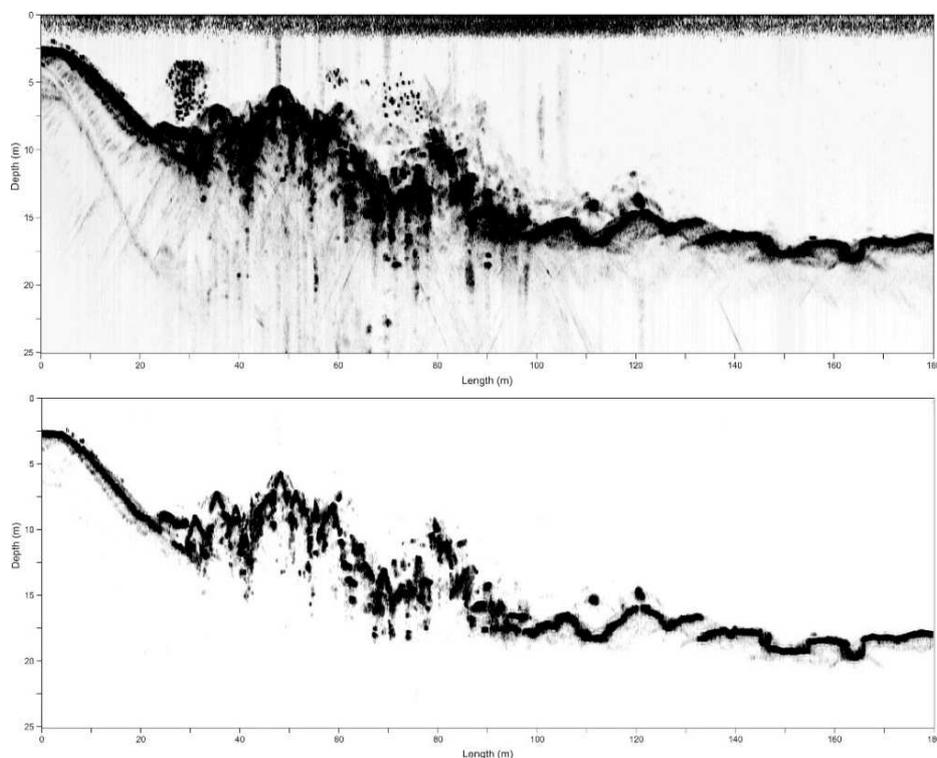


Fig.7 - Confronto del dato SBP prima (sopra) e dopo (sotto) la fase di processing

5.2 ELABORAZIONE DATI SSS

L'elaborazione dei dati SSS è stata effettuata attraverso varie fasi mediante il software SonarWiz. In primo luogo, è stato effettuato lo smoothing delle rotte. Dopodiché, al fine di recuperare il nearnadir gap (la zona d'ombra caratteristica dei dati SSS) per ogni singola spazzata è stato effettuato il bottom tracking, necessario per la Slant Range Correction, combinato all'ausilio del Nadir Filter, una specifica metodologia di interpolazione.

È stata quindi definita l'estensione port e starboard delle singole spazzate per evitare, ad esempio per dati acquisiti in prossimità del molo, di introdurre rumore puro. Al scopo di migliorare l'interpretabilità dell'immagine, è stato poi applicato l'EGN (Empirical Gain Normalization). Tale funzione riduce notevolmente la retrodiffusione (backscatter) restituendo un'immagine quasi priva di anomalie.

5.3 ELABORAZIONE DATI MBES

I dati MBES sono stati dapprima elaborati col software "GeoSwath Plus", attraverso il quale sono stati applicati un filtraggio ed un despiking iniziale e la correzione per le oscillazioni di marea. Successivamente sono stati esportati ed importati nel software "EIVA Navimodel", dove sono stati dapprima finalizzati attraverso la fusione con i dati derivanti da aerofotogrammetria per poi essere esportati sia in formato griglia (grid) che come isobate. La figura 8 mostra una porzione di dato prima e dopo la fase di processing. L'interpretabilità aumenta notevolmente grazie alla rimozione di anomalie prodotte durante la fase di acquisizione.

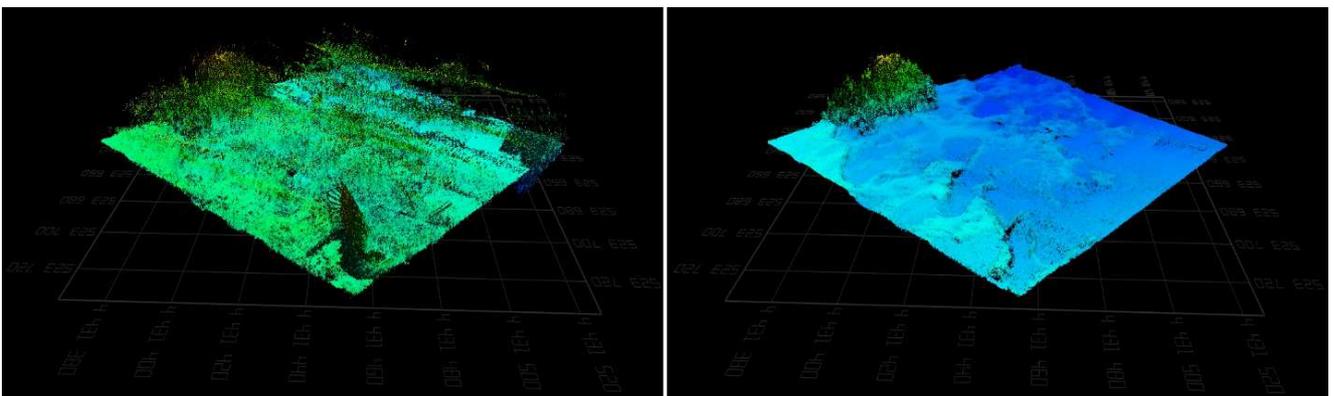


Fig.8 - Confronto del dato MBES prima (sinistra) e dopo (destra) la fase di processing

6. INTERPRETAZIONE DEI DATI E RISULTATI

Lo studio e l'interpretazione combinata di tutti i dati geofisici a disposizione ha permesso di localizzare con estremo dettaglio l'area interessata dalla presenza di cubi e tetrapodi sommersi.

La mappa in figura 9 mostra, nell'area di studio circostante il molo, la localizzazione dei cubi (in verde) e dei tetrapodi in calcestruzzo (in rosso), in contrasto con la presenza del fondale (bedrock) ricoperto limitatamente ed in maniera discontinua da una sottile coltre sabbioso/ghiaiosa (in giallo).



Fig.9 - Localizzazione di cubi e tetrapodi sommersi ricavata dalla combinazione dei dati geofisici

Essendo uno dei principali obiettivi del presente lavoro, l'analisi e l'interpretazione dei dati è stata poi focalizzata lungo il piede della scarpata artificiale, al fine di valutare se i massi più profondi (ovvero quelli che costituiscono la base della massicciata) poggino direttamente su un fondale roccioso (bedrock) o se, al contrario, poggino su uno strato di sedimentazione formata da materiale sciolto (i.e. sabbie e/o ghiaie). Lo stesso dicasi per l'area che sarà interessata dal prolungamento del molo (circa 100 metri a partire dalla testata). Tale valutazione risulta essenziale per calcolare eventuali sprofondamenti e, quindi, i volumi di materiale cementizio interessati dall'opera. Una prima valutazione è stata effettuata analizzando i dati SSS e MBES, che presentano un fondale eterogeneo e con elevata rugosità. Questo primo elemento suggerisce l'assenza di una forte

sedimentazione, la cui presenza avrebbe, al contrario, mostrato un fondale più omogeneo e decisamente meno rugoso. I dati SBP avvalorano questa tesi. Infatti, fatta eccezione di alcune aree (si veda a titolo di esempio il profilo SBP01a (fig.10) situato tra il molo e la falesia, zona di “maggiore” accumulo sedimentario), il segnale presenta una singola riflessione caratterizzata da forte ampiezza, indice di un elevato contrasto di impedenze acustiche tra i mezzi superiore ed inferiore (passaggio acqua/bedrock). Tale deduzione viene anche confermata dall’assenza di riflessioni oltre quella del fondale marino, che fa escludere qualunque tipo di stratificazione superficiale (se non con uno spessore non discernibile nel dato sismico). Si veda, a titolo di esempio, il profilo SBP17a mostrato in figura 11. Per quanto riguarda la zona di maggiore accumulo descritta poc’anzi, lo spessore massimo stimato è di circa 50cm.

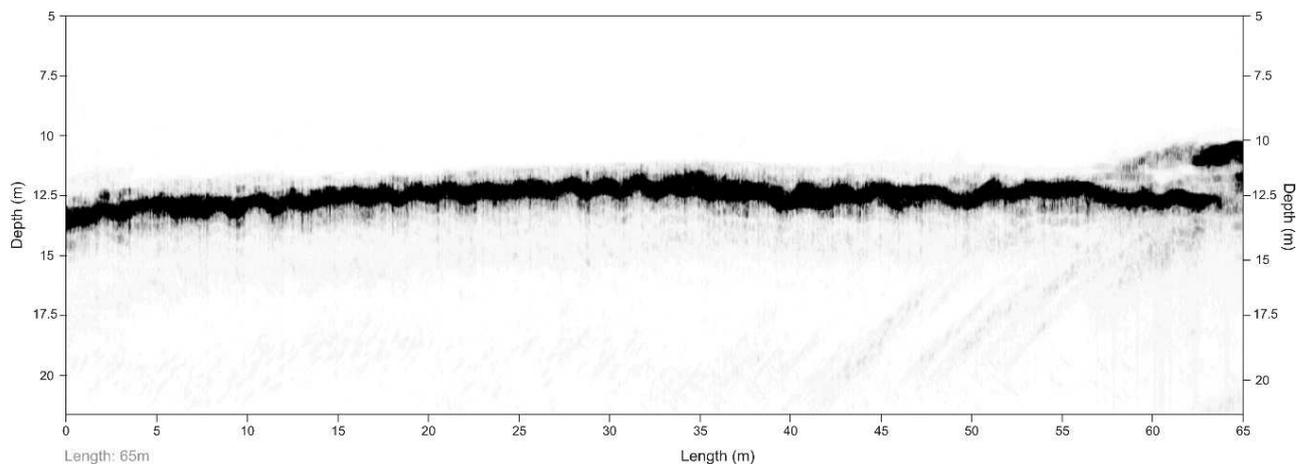


Fig. 10 - Profilo SBP01a, situato tra il molo e la falesia, zona in cui vi è un accumulo di sedimenti sciolti visibile anche nel dato sismico. Lo spessore massimo stimato è di circa 50cm.

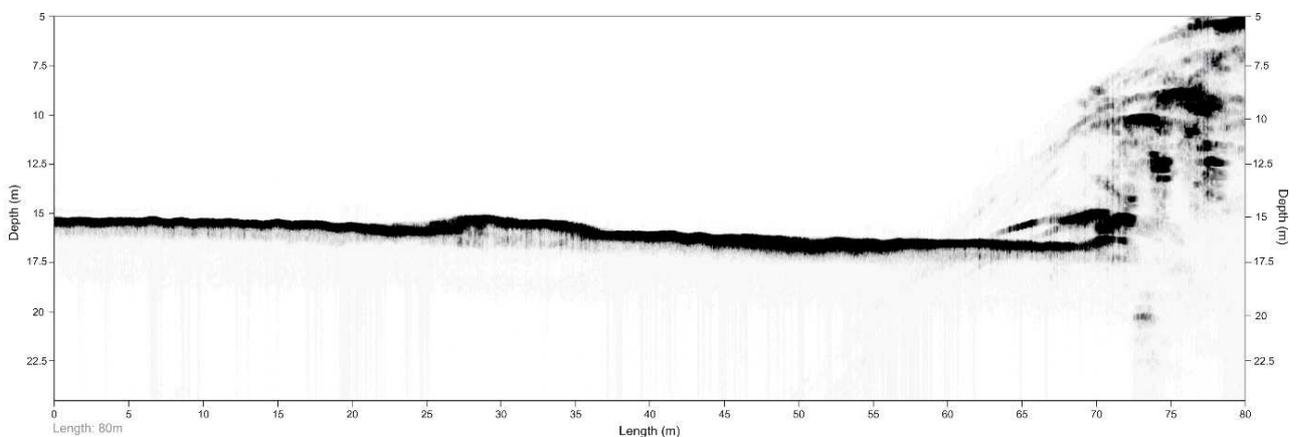


Fig.11 - Profilo SBP17a, che mostra il fondale marino costituito solo da bedrock, comunque, da una sedimentazione molto esigua, al punto da non essere discernibile nei dati sismici

Un'ulteriore conferma è data anche dall'analisi video, in cui si osserva la base della massicciata poggiante direttamente sul bedrock o comunque interessata da una scarsa sedimentazione per lo più caratterizzata da piccoli accumuli sabbioso/ghiaiosi derivanti probabilmente da recenti mareggiate(Fig.12 -).



Fig.12 - Immagine estratta dall'indagine video. Sono evidenti dei piccoli accumuli di sabbia e ghiaia derivanti probabilmente da recenti mareggiate.

In conclusione, l'area di studio presenta una sedimentazione scarsa o assente, costituita quindi da un fondale con bedrock affiorante. I lavori di prolungamento del molo, quindi, non saranno interessati (o comunque lo saranno in maniera esigua) da fenomeni di sprofondamento.

7. RESTITUZIONE DATI

Tutti i dati acquisiti sono confluiti nella presente relazione finale contenente i risultati dei rilievi, le metodologie impiegate, corredata dai seguenti allegati cartografici in opportuna scala:

Nome/Scala	Titolo	Descrizione
tav. 01 1:500	Ortofoto a colori (geotiff)	foto satellitare del porto con DTM e modello digitale dei fondali e del molo
tav. 02 1:500	Carta delle isobate e DTM	planimetria con DTM e isobate a 50cm
tav. 03 1:500	Carta batimetrica	planimetria con maglia batimetrica 5x5m
tav. 04 1:500	Carta delle isobate	planimetria con isobate ad intervallo 50cm
tav. 05 1:500	Aerofotogrammetria	fotomosaico georeferenziato delle strutture foranee emerse
tav. 06 1:500	Side Scan Sonar	planimetria con fotomosaico georeferenziato delle immagini acustiche dei fondali
tav. 07a 1:400	Sub Bottom Profiler 1	n.15 profili sismici longitudinali al molo
tav. 07b 1:200	Sub Bottom Profiler 2	n.21 profili sismici trasversali al molo
tav. 08a 1:250	Profili trasversali	profili a raggiera del conoide di testata (ogni 45°) profili trasversali al molo (dal n.1 al n.7)
tav. 08b 1:250	Profili trasversali	profili trasversali al molo (dal n.8 al n.14)
tav. 08c 1:250	Profili trasversali	profili trasversali al molo (dal n.15 al n.21)
-----	Ispezioni video-subacquee	n.2 riprese video delle ispezioni subacquee
-----	Dati digitalizzati	GRID MBES_0,25m (file .XYZ) GRID AEROFOTO (file .LAS)

Il tutto consegnato sia in forma cartacea, in duplice copia, che digitale, su supporto CD-Rom.

Salerno, marzo 2018

Il Tecnico
ing. Alessandro FORTINO