

COMUNE DI TERTENIA

Provincia di Nuoro



SERVIZIO DI ADEGUAMENTO DEL PROGETTO PRELIMINARE A PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA, PROGETTAZIONE DEFINITIVA-ESECUTIVA DEL I LOTTO FUNZIONALE, DIREZIONE LAVORI, MISURA E CONTABILITÀ E COORDINAMENTO DELLA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE ED ESECUZIONE DEL PORTO TURISTICO DI SARRALA, PRESSO LA MARINA DI TERTENIA. CIG 8188366562 - CUP: H91H1000030002

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA

ELABORATO R4		RELAZIONE GEOLOGICA ASPETTI MARITTIMO COSTIERI			SCALA
		Doc.: 9449			DATA Gennaio 2021
Rev. n°	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO DA	APPROVATO	
00	Emissione	Gen. 21		ing. M. Pittori	

Raggruppamento Temporaneo di Progettisti

Capogruppo

INTERPROGETTI

INTERPROGETTI S.r.l.
Via Luigi Lilio, 62 00142 ROMA
Tel. 0686200297 fax: 0686200298
E-mail: INFO@INTERPROGETTI.NET

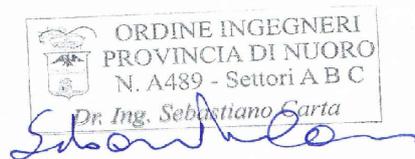
dott. ing. Marco Pittori



Collaboratori:

Ing. Silvia Potena
Arch. Francesca Romana Monass
Ing. Giulia Zanza
Arch. Simone Peticarini
Arch. Raffaele Vaccarello
Ing. Federico Ratini
Ing. Lorenzo Spaziani

Ing. Sebastiano Carta



Dott.ssa Archeol. Giuseppa Lopez

ARCHEOLOGA
LOPEZ GIUSEPPA
Elenco MiBACT
N. 983

Ing. Riccardo Morelli



Ing. Geol. Marco Valerio Pilia



P.I. Salvatore Sanna



Comune di Tertenia



SERVIZIO DI ADEGUAMENTO DEL PROGETTO PRELIMINARE A PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA, PROGETTAZIONE DEFINITIVA-ESECUTIVA DEL I LOTTO FUNZIONALE, DIREZIONE LAVORI, MISURA E CONTABILITÀ E COORDINAMENTO DELLA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE ED ESECUZIONE DEL PORTO TURISTICO DI SARRALA, PRESSO LA MARINA DI TERTENIA. CIG 8188366562 - CUP: H91H10000030002

RELAZIONE GEOLOGICA – Aspetti marittimo costieri

STUDIO DI FATTIBILITA' TECNICO-ECONOMICA

INDICE

INDICE	2
01. Premessa	3
02. Verifica elaborati progettuali	3
03. Eventuale completamento e integrazione degli studi presentati nella progettazione preliminare..	4
04. Conclusioni	4

01- PREMESSA

La presente relazione riguarda l' ADEGUAMENTO DEL PROGETTO PRELIMINARE A PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA del porto turistico di Sarrala, presso la marina di Tertenia, relativamente alla compatibilità geologica, Aspetti marittimo costieri, delle proposte progettuali preliminari.

La relazione geologica – Aspetti marittimo – costieri, allegata alla progettazione preliminare è stata predisposta dal Dott. Geol Giuseppe Puliga che viene esaminata di seguito.

Il presente lavoro viene articolato in:

- verifica puntuale degli elaborati progettuali posti a base di gara;
- eventuale completamento e integrazione degli studi presentati nella progettazione preliminare;
- conclusioni.

02. - VERIFICA ELABORATI PROGETTUALI

Il modello geologico dell'area marina e costiera si avvale di una vasta e ampia bibliografia che elenca le pubblicazioni riguardanti l'area in esame e circostante.

Vengono evidenziate nel dettaglio le litologie rilevate nell'area di influenza delle opere in progetto.

Finalizzata alla comprensione delle dinamiche di interazione tra opera e ambiente vengono analizzati gli studi recentemente pubblicati elaborati dal Programma Azione Coste (PAC) della Regione Sardegna.

L'extrapolazione della caratterizzazione geomorfologica dell'area in esame è stata articolata e puntuale, rilievi diretti sia nella porzione “a terra” e sia “a mare”, ha permesso la classificazione del substrato roccioso e la presenza di una copertura vegetale di posidonia oceanica.

La campagna di indagine multitematica ha permesso di verificare la geologia e rilevare la morfologia del settore marino interessato dall'intervento.

L'indagine è stata articolata: topografica, batimetrica, sismica, rilievo geologico-geomorfologico diretto e campionamento dei sedimenti.

I campioni dei sedimenti prelevati sono stati sottoposti ad analisi granulometrica e analisi mineralogico-petrografica. Le risultanze delle analisi di laboratorio sono stati sintetizzati in tabelle interpretative.

La natura multi tematica dell'indagine ha permesso una correlazione e una verifica dei risultati ottenuti con le diverse discipline applicate in sito.

L'analisi storica di ortofoto datate ha permesso di evidenziare l'evoluzione della linea di costa.

Lo studio ha comportato l'elaborazione di profili morfologici di dettaglio degli ambiti litoranei indagati.

03. – EVENTUALE COMPLETAMENTO E INTEGRAZIONE DEGLI STUDI PRESENTATI NELLA PROGETTAZIONE PRELIMINARE

Lo studio allegato alla progettazione preliminare risulta essere ampiamente documentato, ben articolato e completo in ogni suo aspetto. Pertanto non si ravvisa la necessità di integrarlo con ulteriori indagini, in questa fase progettuale.

04. – CONCLUSIONI

Come concluso dal relatore dello studio, si concorda, che esaminati gli aspetti geologici, geomorfologici, idrogeologici e ambientali non si ravvisano particolari controindicazioni alla realizzazione dell'opera in progetto.

REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA



AMMINISTRAZIONE COMUNALE DI TERTENIA



PROGETTO DEL PORTO TURISTICO DI "SARRALA" MARINA DI TERTENIA

PROGETTO PRELIMINARE

ELABORATO:

Relazione geologica
Aspetti Marittimo - Costieri

RIF. ELABORATO: 11-001

REVISIONI	DATA	OGGETTO
	00	25-06-2014
01		
02		
03		

RED.: AM VER.: AL APPR.: AR

CAPOGRUPPO:



Viale Trieste, 65/I - 09123 Cagliari - Italy
Tel. +39 070 6848202 - Fax +39 070 6404743
www.martech.it e-mail: info@martech.it



Dott. Ing. Andrea RITOSSA
Prof. Ing. Gian Paolo RITOSSA
Dott. Ing. Alessandro LAI
Dott. Ing. Alice SCANU
Dott. Ing. Alessio MULAS
Dott. Ing. Francesco RITOSSA

MANDANTI:

Dott. Ing. Francesco CHESSA
Dott. Ing. Viviana STOCHINO
Dott. Geol. Giuseppe PULIGA
Dott. Geol. Salvatore Ignazio BORTO



Dott. Ing. Salvatore PINNA
CONSULENTE:
Dott. Pieraugusto PANZALIS

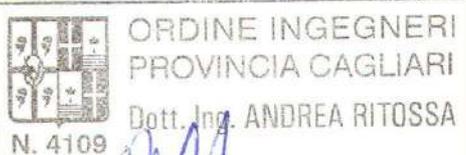
ELABORATO

D

IL SINDACO:

Dott. Ing. Luciano Loddo

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:



SOMMARIO

1 - GENERALITA'	2
1.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO ED UBICAZIONE DELL'AREA.....	3
2 – MODELLO GEOLOGICO AREA MARINA E COSTIERA	5
2.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E STRATIGRAFICO DELLA PIATTAFORMA E DEL MARGINE CONTINENTALE	5
2.2 CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA DEL SITO	9
2.3 CARATTERIZZAZIONE GEOMORFOLOGIA DELL'UNITÀ FISIOGRAFICA.....	16
2.4 CARATTERIZZAZIONE GEOMORFOLOGIA DELL'AREA MARINO COSTIERA DI INTERESSE	22
2.5 INQUADRAMENTO METEO MARINO	31
2.6 PROGRAMMA DELLE INDAGINI E DELLE ANALISI DI LABORATORIO	33
2.6.1 INDAGINI	33
2.6.2 ANALISI DI LABORATORIO	37
2.7 CARATTERIZZAZIONE DEI SEDIMENTI E LORO DISTRIBUZIONE	43
2.8 ANALISI MORFOMETRICA DELLA SPIAGGIA DI FOXI MANNA	50
2.9 ANALISI SISMO-STRATIGRAFICA	52
2.10 ANALISI STORICA DELL'EVOLUZIONE DELLA LINEA DI RIVA	56
2.11 VINCOLI AMBIENTALI	65
3 - CONCLUSIONI	72

1 - GENERALITA'

La presente relazione contiene lo Studio Geologico relativo alla progettazione del "Porto Turistico di Sarrala – Marina di Tertenia".

Nello specifico l'oggetto del servizio è relativo a:

"Progettazione preliminare dell'intervento generale del porto di Sarrala, e studi geologici, compreso le indagini preliminari, le attività connesse e preordinate alla progettazione, compreso eventualmente la procedura di Valutazione Impatto Ambientale e la progettazione definitiva dell'intervento generale, nonché la progettazione esecutiva di un primo lotto funzionale, con l'affidamento all'aggiudicatario della progettazione dei lotti successivi nel caso di successivi finanziamenti. Gli elaborati e i relativi contenuti del progetto preliminare e definitivo sono quelli del Dlgs 163/2006, del DPR 554/99 e del DM 14/04/1998. I progetti saranno redatti in armonia con i correnti standard di settore, con particolare riferimento a quelli prodotti e dall'associazione internazionale permanente dei congressi di navigazione. Per una descrizione dettagliata sui servizi di ingegneria in oggetto si rimanda al documento preliminare all'avvio della progettazione ex art.15 del DPR 554/99".

Lo scrivente Dott. geologo Giuseppe Puliga, con studio in Senorbi –CA- al civico n° 7c della Via Arno, PI: 02783110923, libero professionista regolarmente iscritto all'Ordine dei Geologi della Regione Sardegna, con il n° 545, ha redatto la presente relazione in quanto documentazione di supporto necessaria alla sopra citata progettazione.

Di seguito verranno trattati gli aspetti geologici che caratterizzano l'ambito nel quale andrà ad inserirsi l'opera in progetto.

1.1 Inquadramento geografico ed ubicazione dell'area

L'area interessata dalle opere in progetto è localizzata nella regione sarda denominata Ogliastra e ricade totalmente all'interno del territorio comunale di Tertenia (OG) in località Sarrala.

La stessa area è compresa nei fogli dell'Istituto Geografico Militare Italiano (IGMI) alla scala 1:50.000 n° 541 "Jerzu" e nelle tavolette alla scala 1:25.000, sempre IGMI, n° 541_I "Jerzu" e 541_II "Tertenia". In riferimento alla cartografia regionale l'area è compresa nelle tavolette 541050a "Capo Sfferracavallo", 541080 "Monte Ferru" e 541120 "Punta Moros", della Carta Tecnica Regionale Numerica (CTR) della Sardegna alla scala 1:10.000.

Di seguito è possibile osservare l'ubicazione dell'area studiata (Carta IGM Scala 1:25.000 - fig.1 e foto aeree - fig.2).

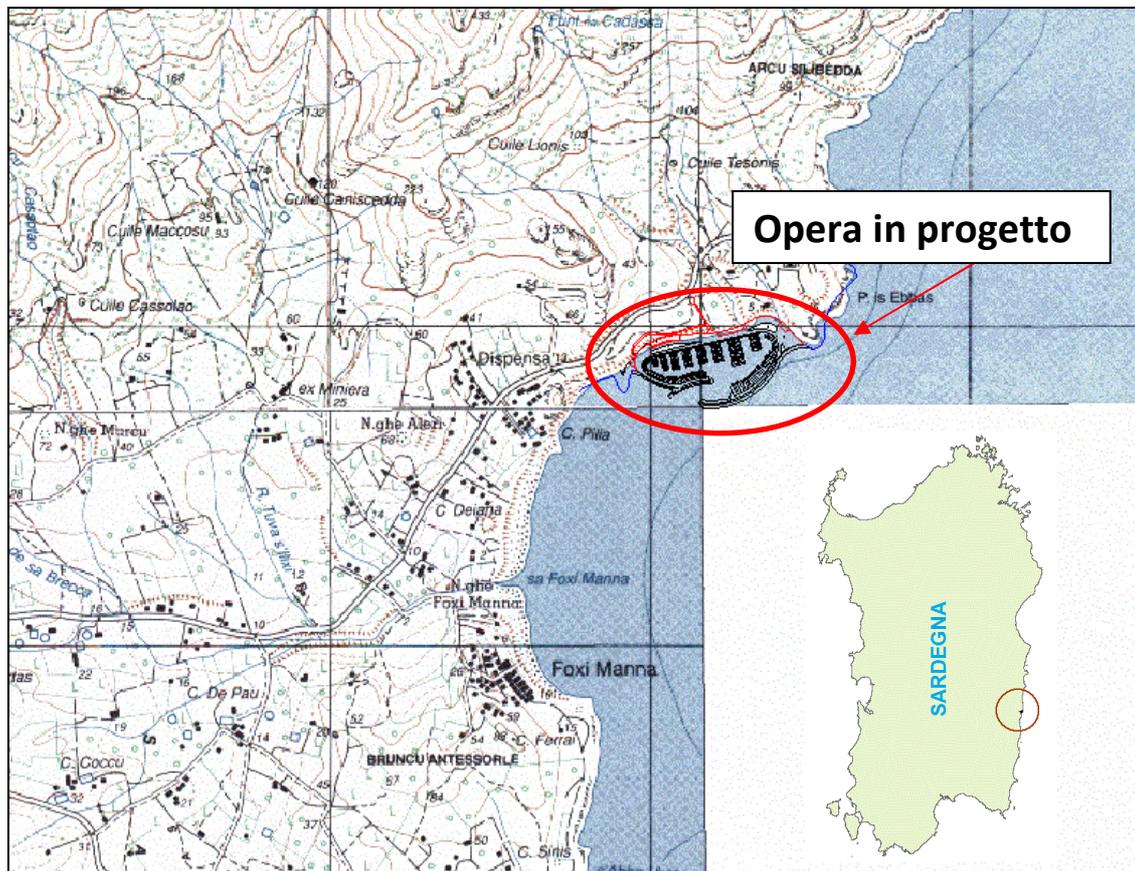


Fig. 1 - Inquadramento sito di indagine
Cartografia IGM alla Scala 1:25.000. (Immagine non in scala)

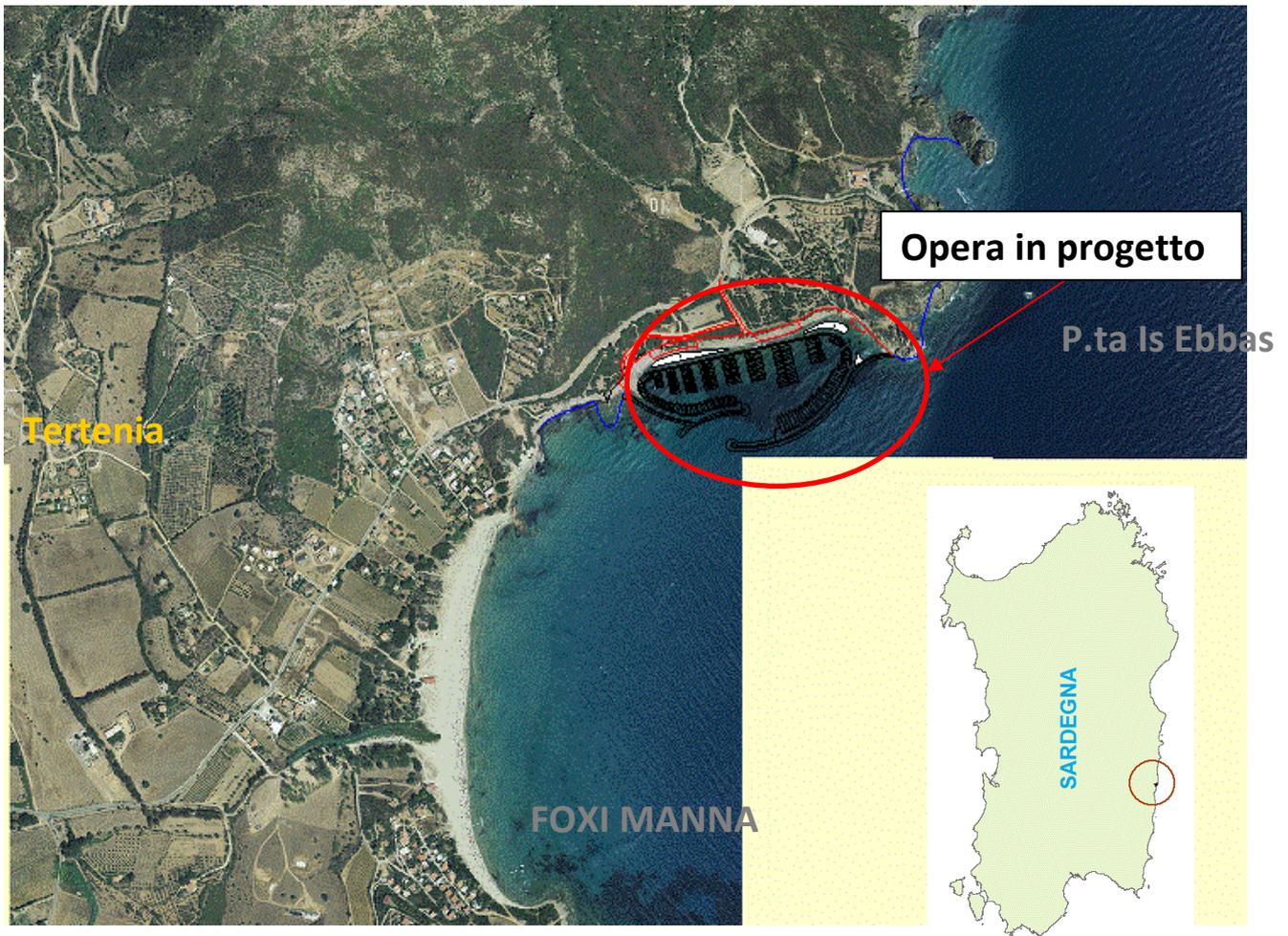


Fig. 2 - Foto aerea del sito di indagine

L'area costiera è caratterizzata brevi tratti di costa bassa (Cardedu e Marina di Tertenia) incassati tra i rilievi aspri che formano una dorsale quasi continua ad andamento meridiano e che raggiungono nel M. Ferru la quota maggiore di poco inferiore ai 900 m. Questa dorsale risulta separata dai retrostanti rilievi occidentali dalla depressione valliva del Torrente Quirra.

2 – MODELLO GEOLOGICO AREA MARINA E COSTIERA

2.1 Inquadramento geologico e stratigrafico della piattaforma e del margine continentale

Il settore marino costiero nel quale verrà realizzata l'opera in progetto è impostato nella porzione centro meridionale della piattaforma continentale orientale sarda.

La piattaforma continentale e il margine orientale sardo sono stati oggetto di studi approfonditi a partire dagli anni 70 del secolo scorso e presenta peculiarità significative che la distinguono nettamente da quella relativa al settore occidentale.

Nell'ambito del presente studio si farà riferimento alle varie pubblicazioni scientifiche disponibili ed in particolare a:

FERRARO F. et alii, Terrazzi deposizionali sommersi della piattaforma continentale della Sardegna orientale e meridionale, Mem. Descr. Carta Geol. d'It. LVIII (2004), pp. 27-36)

ARCA S. et alii (1979) Dati preliminari sullo studio della piattaforma continentale della Sardegna meridionale per la ricerca di placers. Atti Conv. Naz. P.F. Oceanografia e Fondi Marini, Roma, 567-576.

CARTA M. et alii (1986) - La piattaforma continentale della Sardegna. P.F. Oceanografia e Fondi Marini. R.T.F.

FANUCCI F. et alii (1976) - The continental shelf of Sardinia: structures and sedimentary characteristics. Boll. Soc. Geol. It., 95, 1201-1217.

FIERRO G. et alii (1974) - Analisi vettoriale dei minerali pesanti dei sedimenti di piattaforma continentale e scarpata. Studi Sassaresi, 22, 32 pp.

GRILLO S.M. et alii (1984) - La piattaforma continentale da Capo Comino a Capo Coda Cavallo (Sardegna NE): aspetti geomorfologici, mineralogico-sedimentologici e applicativi. Mem. Soc. Geol. It., 27, 361-380.

LECCA L. et alii (1986) - Schema stratigrafico della piattaforma continentale occidentale e meridionale della Sardegna. Mem. Soc. Geol. It., 36; 31-40.

LECCA L. et alii (1979) - La piattaforma continentale della Sardegna sud-orientale: indicazioni metodologiche e primi risultati. Atti Conv. Naz. P.F. Oceanografia e Fondi Marini, Roma, 557-566.

ORRÙ P. & ULZEGA A. (1987) - Rilevamento geomorfologico costiero e sottomarino applicato alla definizione delle risorse ambientali (Golfo di Orosei, Sardegna orientale). Mem. Soc. Geol. It., 37, 471-479.

ORRÙ P. & ULZEGA A. (1988) - Ricerche geomorfologiche sul canyon Gonone. Bulletin de la Société Royale de Liege, 4-5, 415-427.

OZER A. et alii (1983) - Les beach-rock de Sardaigne. Distribution et implications paleogeographiques. Colloque sur le grès de plage ou beach-rock. Lyon, 113-124.

ULZEGA A. et alii (1980a) - Il significato delle linee di riva sommerse nella ricerca dei placers. Conv. Naz. sui Placers, CNR, Trieste 25-26 giugno, 109-120.

ULZEGA A. et alii (1980b) - Indagini geologiche sulla piattaforma continentale sarda per la ricerca di placers. Atti Conv. Naz. P.F. Oceanografia e Fondi Marini, Trieste, 11-26.

ULZEGA A. et alii (1981) - Niveaux marins submerges dans la plate-forme continentale de la Sardaigne orientale. Rapp. Comm. Int. Mar Mediterraneo, 27, 35-36.

ULZEGA A. et alii (1984) - Primi risultati della crociera oceanografica L.M.84 per lo studio delle linee di riva sommerse della Sardegna. Rend. Sem. Facoltà di Scienze dell'Università di Cagliari, 54, 1-15.

ULZEGA A. et alii (1986) - Geomorphology of submerged Late Quaternary shorelines on the south Sardinian continental shelf. Journal of Coastal Research, 1, 73-82.

ULZEGA A. (1988) - Carta geomorfologica della Sardegna marina e continentale. C.N.R., Ist. Geogr. De Agostini.

U.O. BACINI SEDIMENTARI (1977) - Sedimenti e struttura del bacino della Sardegna (Mar Tirreno). Ateneo Parmense, Acta Nat., 13, 549-570

Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, Foglio 541 Jerzu

Con il "Progetto Finalizzato Oceanografia e Fondi Marini" del C.N.R. e il Progetto M.P.I. "Geologia dei Margini Continentali" sono state organizzate e condotte, dall'Unità Operativa afferente all'Istituto di Geologia dell'Università di Cagliari, numerose crociere oceanografiche che hanno interessato l'intera piattaforma continentale dell'isola. Lo studio sistematico della piattaforma continentale sarda, al fine di ricostruire la morfologia, l'evoluzione geomorfologica e la struttura geologica, venne impostato inizialmente con lo scopo di individuare sulla piattaforma le condizioni, sia attuali che passate, che potevano aver favorito la concentrazione di minerali utili. Nel corso delle crociere effettuate dal 1976 al 1991 sono stati eseguiti rilievi ecografici ad alta (Narrow Beam, 12 Khz) e bassa (SBP, 3.5 Khz) frequenza e a scansione laterale (SSS), rilievi sismici a riflessione ad alta risoluzione (sparker e uniboom) e magnetometrici, nonché numerose stazioni di campionatura dei sedimenti di fondo, mediante bennate, dragaggi, carotaggi e prelievi diretti con sommozzatori.

In particolare il margine orientale sardo presenta una larghezza media di qualche miglio con la scarpata molto acclive che si arresta alla profondità di circa -1000 m in corrispondenza del bacino sardo. La larghezza estremamente ridotta (da meno di 1 miglio a 6-7 miglia) è dovuta ad una serie di faglie N-S parallele all'allungamento della costa, che hanno interessato la scarpata superiore ed il suo ciglio.

Il basamento della piattaforma continentale orientale è ricoperto quasi completamente da uno spessore importante di sedimenti plio-quadernari che influiscono sulla morfologia rendendola estremamente monotona e regolare. In generale l'acclività si presenta pressoché costante dalla linea di costa al ciglio, il quale presenta una netta rottura di pendio ed è costituito da forti accumuli di sedimenti in progradazione.

Il ciglio, mediamente sopra i -120m, presenta una netta rottura di pendio (come nel caso della scarpata di Quirra) con aree in progradazione estremamente limitate; in corrispondenza delle testate dei canyon l'erosione regressiva porta talora in affioramento il substrato.

Nello specifico la piattaforma continentale antistante l'area di interesse per il presente studio presenta una larghezza media di circa 1,5 Km con un andamento meridiano, pressoché rettilineo, parallelo alla costa. La limitata estensione è da ricondurre ai motivi strutturali sopra indicati. Il bordo della piattaforma risulta netto e pressoché privo di sedimenti in progradazione.

L'esigua quantità di sedimenti è legata alla scarsità di apporti di materiali da terra, eccezion fatta per la porzione di piattaforma antistante il rio Pelau (a nord dell'area di interesse) che presenta un delta sottomarino che forma un importante corpo sedimentario olocenico che si estende sino al bordo della piattaforma (Fig. 3).

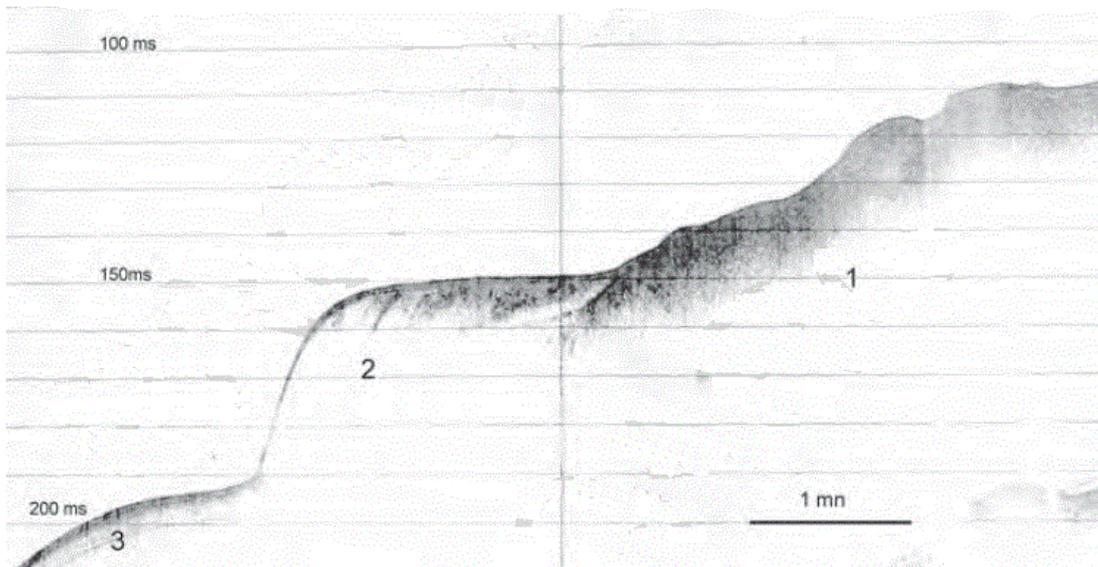


Fig. 43 - Registrazione sismica Subbottom Profiler 3,5 Khz - Tipologia erosiva del bordo: 1) substrato subaffiorante a gradini, probabilmente controllati da faglie dirette; 2) corpo sedimentario residuale con stratificazione fore-set troncata da una superficie di erosione sommitale, terrazzo deposizionale di low-stand wurmiano; 3) depositi pelitici di scarpata. Località: bordo della piattaforma al largo di Capo Sferracavallo. (mn: miglia nautiche; ms: millisecondi).

Fig. 3 – Immagine estratta dalle: “Note Illustrative della Carta Geologica d’Italia alla scala 1:50.000, Foglio 541 Jerzu”, Pagina 107.

Sono state individuate diverse evidenze di paleo linee di riva sommerse, sepolte dalla sedimentazione olocenica, riferibili alle fasi trasgressive tardo pleistoceniche. In particolare, nel settore di interesse, affiorano dei corpi di pozionali litificati in facies di beach-rock localizzate a profondità comprese tra i 45 e gli 80 m.

In quest'area il substrato affiora quasi esclusivamente in corrispondenza delle piattaforme d'abrasione che orlano la base delle coste rocciose la cui genesi è riconducibile, in più fasi sino all'attuale, ai movimenti eustatici trasgressivi dell'ultimo interglaciale pleistocenico.

Lo spessore ridotto dei sedimenti olocenici, la cui distribuzione è influenzata dalla limitata estensione della piattaforma, dalla scarsità degli apporti clastici terrigeni e dall'azione idrodinamica, ha permesso di mettere in evidenza lo stesso substrato a profondità ridotte (fatto evidenziato dallo studio dei dati sismici).

Dalla piattaforma continentale superiore si passa gradualmente all'ambiente di spiaggia sommersa che presenta un andamento parallelo alla costa delimitato dal limite superiore della prateria a posidonia oceanica.

2.2 Caratterizzazione geologica del sito

L'analisi geologica della fascia costiera e dell'entroterra si è basata sulle informazioni bibliografiche e sul rilievo di campagna a terra che ha permesso di dettagliare gli aspetti relativi all'ambito marino.

L'area è inquadrabile nel settore orientale della regione denominata Ogliastra ed è caratterizzata prevalentemente dall'affioramento di litologie di natura intrusiva di età paleozoica, appartenenti al Complesso Granitoide del Gennargentu Ogliastra, e da litologie vulcaniche del Complesso Vulcanico permiano, ricoperti da diffusi depositi detritici olocenici.

Il Complesso Granitoide del Gennargentu Ogliastra è rappresentato dalla Facies di Punta Moros (Subunità intrusiva di Ilbono - UNITÀ INTRUSIVA DI LANUSEI) a granodioriti anfibolico-biotitiche, a grana da media a fine, porfiriche, tessitura marcatamente orientata (CARBONIFERO SUP. – PERMIANO).



Fig. 4 – Granodioriti di Punta Moros parzialmente alterate. Località Dispensa.



Fig. 5 – Granodioriti di Punta Moros. Località Dispensa.

Tale complesso, ed in generale tutta l'area, è interessata da un corteo filoniano acido e basico a composizione estremamente variabile e andamento prevalente NS e secondariamente ENE-WSW. Si va principalmente dai filoni basici ad affinità alcalina e shoshonitica, ai filoni a composizione da intermedia ad acida (associati prevalentemente alle plutoniti del batolite alle quali verosimilmente risultano geneticamente collegati).

Si tratta nello specifico di:

- filoni basaltici a serialità transizionale, di composizione basaltica olivinica e trachibasaltica, a struttura porfirica per fenocristalli di Pl, Ol, Cpx, tessitura intersertale-ofitica. CARBONIFERO SUP. – PERMIANO
- filoni di porfidi monzogranitici anfibolico-biotitici di colore grigiastro, a struttura porfirica con fenocristalli di Fsp e Am in massa di fondo da microgranulare a granofirica; in giacitura filoniana. Diffusi i cristalli di K-feldspato (3 - 4 cm), plagioclasio zonato e quarzo (5 mm circa), l'anfibolo è quasi totalmente sostituito da aggregati microcristallini di biotite. CARBONIFERO SUP. – PERMIANO
- filoni idrotermali a prevalente quarzo, spesso mineralizzati a barite e fluorite, talora anche con solfuri metallici (Pb, Zn, Cu, Fe, etc). Lo spessore supera raramente qualche metro, i più importanti sono stati oggetto di intensa attività mineraria. CARBONIFERO SUP. – PERMIANO

- porfidi granitici, di colore prevalentemente rosato e rossastro, a struttura da afirica a porfirica per fenocristalli di Qtz, Fsp e Bt e tessitura isotropa; in giacitura prevalentemente filoniana, talvolta in ammassi. CARBONIFERO SUP. – PERMIANO
- "Porfidi quarziferi" Auct. Lave in colata ed ammassi subvulcanici di composizione da riolitica a dacitica, a grana da minuta a media, a struttura porfirica frequente, talvolta con evidenti strutture di flusso, rari livelli di breccie vulcaniche e tufi riolitici. PERMIANO.

Il settore settentrionale, rispetto all'area di intervento, è caratterizzato dall'affioramento delle andesiti del COMPLESSO VULCANICO PERMIANO (Fig. 6).

Si tratta di lave andesitiche in colate, talora brecciate, breccie e subordinati filoni o piccoli ammassi subvulcanici, a struttura porfirica-glomeroporfirica per fenocristalli di Pl, Hbl, Px, Bt. PERMIANO INF. (AUTUNIANO).

Affiorano in discordanza sul basamento metamorfico-cristallino e si presentano prevalentemente in colate e breccie vulcaniche, talvolta con livelli epiclastici, e subordinatamente in corpi sub vulcanici.

La loro struttura è glomeroporfirica per aggregati di plagioclasio ed in subordine orneblenda, pirosseno e biotite immersi in pasta di fondo prevalentemente pilotassitica e talora vacuolare. Si osservano spesso xenocristalli di quarzo corrosivo. Presentano spesso avanzati fenomeni di alterazione che interessano prevalentemente i minerali femici e talvolta anche i plagioclasii.

Raggiungono spessori massimi, circa 200 m, nel settore di M. Ferru dove poggiano direttamente sui leucograniti. In questo settore la sequenza andesitica è caratterizzata da colate laviche in bancate sovrapposte di spessore metrico ricoperte da breccie epiclastiche stratificate o caotiche ad elementi prevalentemente andesitici ed in subordine ignimbricitici, con scarsa matrice arenacea.



Fig. 6 – Granodioriti di Punta Moros e Lave andesitiche (Complesso Vulcanico Permiano). Punta is Ebbas.

Anche se geograficamente marginali rispetto all'area di interesse è necessario considerare anche le Arenarie di San Vito, caratterizzate da alternanze irregolari, da decimetriche a metriche, di metarenarie micacee, quarziti e metasiltiti, e livelli di metaconglomerati minuti quarzosi nella parte alta (CAMBRIANO MEDIO - ORDOVICIANO INF.), in riferimento al fatto che la loro erosione, ed il conseguente trasporto dei materiali erosi a carico dei corsi d'acqua, influisce, anche se in maniera secondaria, sugli apporti detritici fluviali che vengono riversati in mare dai corsi d'acqua che drenano il territorio.

I materiali sopra descritti sono spesso ricoperti da coltri di posizionali oloceniche.

Si tratta dei depositi di spiaggia a sabbie e ghiaie, talvolta con frammenti conchigliari, e dei depositi eolici a sabbie di duna ben classate, entrambi ascrivibili all'Olocene – Attuale (Fig. 7).

La genesi di tali corpi di posizionali è da mettere in relazione con la produzione detritica dell'entroterra che ha fornito e fornisce gli apporti sedimentari necessari alla loro genesi ed evoluzione.



Fig. 7 – Spiaggia di Foxi Manna e retrostante campo dunare. Sullo sfondo i Porfidi Granitici di Punta Cartucceddu.

I sedimenti alluvionali risultano poco diffusi e limitati all'intorno dell'alveo dei modesti corsi d'acqua che drenano l'entroterra (Riu de Sa Brecca, Riu Tuva S'Illixi, Su Accu Serra Pani e Riu de Sa Mandra). Si tratta di ghiaie da grossolane a medie e da sedimenti più fini, sabbie medie e fini che si depongono lungo il tratto terminale degli alvei, ascrivibili all'OLOCENE

In riferimento ai depositi attuali particolare importanza ricoprono, sia per distribuzione areale sia per quanto concerne gli aspetti sedimentologici, i depositi olocenici di versante a detriti con clasti angolosi, talora parzialmente cementati (Fig. 8).

Si tratta di depositi legati prevalentemente all'azione gravitativa costituiti da elementi anche di grosse dimensioni immersi in una matrice limo sabbiosa arrossata.

Affiorano estesamente lungo il tratto costiero di Foxi Manna e nell'entroterra e sono interessati, in prossimità della linea di costa e di conseguenza sotto l'azione diretta del moto ondoso, da ripe di erosione di altezza metrica.



Fig. 8 – Deposito di versante poggiante sulle Granodioriti di Punta Moros. Località Dispensa.

Lo smantellamento di tali depositi ha prodotto, in località Dipsensa in prossimità dell'attuale approdo, un deposito ad elementi prevalentemente grossolani, a blocchi e ciottoli ed in subordine sabbie, che si estende in ambiente di spiaggia sommersa sino alla batimetrica dei - 6.50 m (fig. 9 e 10).

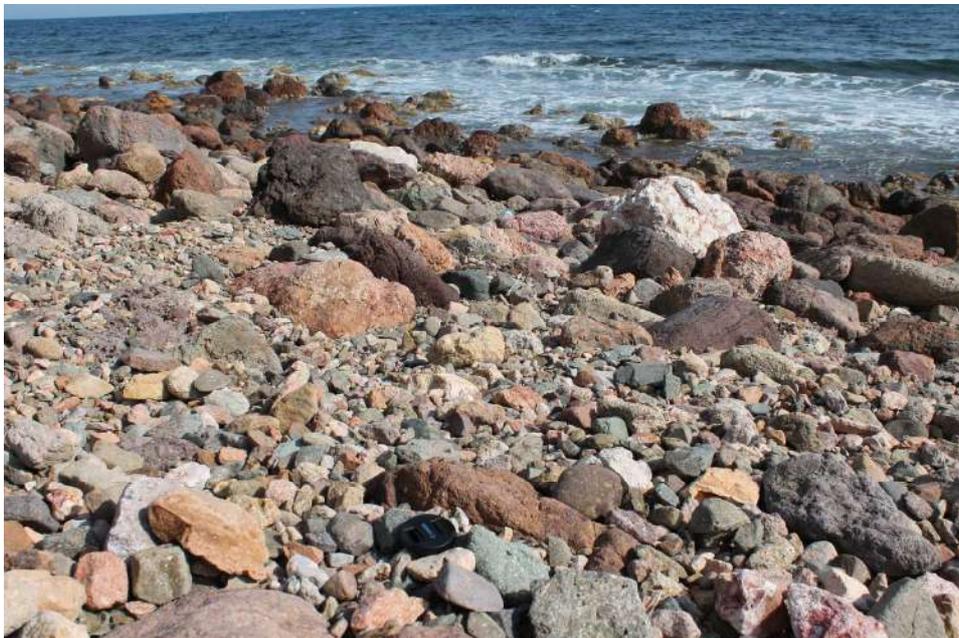


Fig. 9 – Deposito a blocchi e ciottoli, porzione emersa. Località Dispensa.



Fig. 10 – Deposito a blocchi e ciottoli, porzione sommersa. Località Dispensa.

Le strutture disgiuntive, a prevalente andamento NS ed ENE-WSW, si osservano in tutta l'area e sono collegate principalmente alle diverse fasi della Tettonica Ercinica.

Come si può facilmente desumere la composizione mineralogica delle litologie affioranti è strettamente legata alla composizione dei sedimenti che vanno a costituire i corpi di spiaggia emersa e sommersa.

Come verrà ampiamente trattato nel paragrafo relativo allo studio dei sedimenti (2.7 Caratterizzazione dei sedimenti e loro distribuzione) si è osservata una stretta corrispondenza tra le due composizioni, tale fatto consentirà di poter effettuare delle considerazioni importanti in merito alla dinamica dell'ambiente sedimentario costiero e marino.

2.3 Caratterizzazione geomorfologia dell'Unità Fisiografica

Nel presente paragrafo verranno trattati gli aspetti generali relativi all'analisi dell'Unità Fisiografica all'interno della quale è inserito l'ambito costiero nel quale verrà realizzata l'opera in progetto.

Al fine di poter meglio comprendere le dinamiche di interazione tra opera e ambiente verranno analizzati gli aspetti generali presentati nel recente (dicembre 2013) elaborato del Programma Azione Coste (PAC) della Regione Sardegna tenendo in particolare considerazione il sito nel quale si inserirà l'opera oggetto del presente studio.

Il PAC (come indicato nella Relazione Generale) costituisce in senso generale uno strumento organico e funzionale alla programmazione della fascia costiero-litoranea sotto il profilo della tutela dell'assetto geomorfologico. Lo stesso individua per la Sardegna 20 Unità Fisiografiche principali, 101 Unità di Litorale e 271 spiagge.

In particolare il litorale di Sarrala è situato nella porzione mediana dell'Unità Fisiografica n°10 del PAC, delimitata dai promontori di Capo Ferrato a sud e Capo Bellavista a Nord (Fig. 10). Tale Unità Fisiografica è suddivisa in ulteriori 5 Unità di Litorale e nello specifico l'area di interesse, Marina di Tertenia, è identificata dal codice 10D, Foxi Murdegu - Punta su Mastixi, che risulta costituita da 7 spiagge ed interessa il settore costiero dei territori comunali di Tertenia, Cardedu e Barisardo.

In riferimento al concetto di "Criticità" il PAC lo intende come:

".....distinto rispetto ad altri parametri di progresso inquadramento normativo e tecnico. Esso, infatti, è solo parzialmente e solo in parte riconducibile al concetto di Rischio così come definito dal DPCM 29/09/98. Per criticità di una spiaggia si intende la condizione limite dello stato fisico della spiaggia oltre la quale le modificazioni riscontrate non sono suscettibili di essere compensate dalle capacità di resilienza del sistema ovvero dalla sua capacità di perpetuarsi rispetto allo stato iniziale".

Ed inoltre:

"La criticità è valutata considerando, sia la vulnerabilità intrinseca della spiaggia sia gli effetti indotti dalle attività antropiche che interferiscono con le componenti costitutive dei sistemi di spiaggia e con le dinamiche evolutive. La criticità è un parametro valutativo essenzialmente di tipo geomorfologico, la cui attribuzione in valore "alta", "bassa" e "nulla"

deriva da un'analisi esperta della combinazione di fattori, indicatori primitivi e derivati e conoscenze pregresse.

Criticità "alta" individua un sistema spiaggia significativamente compromesso, la cui integrità è a rischio a causa di processi incontrovertibili e per cui si rende necessario avviare azioni nell'immediato senza le quali il rischio di perdita del bene ambientale in tempi ridotti è molto elevato.

Criticità "bassa" è associata a uno stato di sofferenza dell'arenile per cui si rendono necessarie azioni volte alla rimozione o riduzione dei fattori determinanti le condizioni di disequilibrio onde limitare e prevenire il pericolo di perdita del bene ambientale.

Criticità "nulla" è assegnata alle spiagge che versano in uno stato di sostanziale equilibrio, ma che possono comunque presentare condizioni minori di criticità legate principalmente a fenomeni di degrado delle componenti causato da frequentazione antropica non regolamentata (accessi e sosta non regolamentati) o per presenza di opere o manufatti che possono, nel lungo periodo, contribuire a rendere il sistema maggiormente sensibile all'innescamento di processi localizzati di erosione."

Sulla base di tale classificazione, considerando nello specifico il sito della Marina di Tertenia, è evidente come tale sito sia stato considerato a "CRITICITA' NULLA"

Nel complesso il PAC ha individuato, sulle 271 esaminate, 157 spiagge che presentano criticità legate a fenomeni di destrutturazione e obliterazione del sistema dunale e per la quasi totalità si ritiene necessaria una regolamentazione degli accessi.

Il fatto che la spiaggia di Foxi Manna non rientri tra le spiagge a Criticità Alta o Bassa non significa che la stessa sia completamente esente da rischi di degrado, difatti, come indicato per gli arenili a criticità nulla, gli stessi possono presentare condizioni minori di criticità legate alla fruizione non regolamentata e presentare vulnerabilità a causa dell'esistenza di opere antropiche che a lungo andare possono innescare fenomeni erosivi localizzati.

La premessa sopra esposta costituisce un punto di partenza importante per lo studio di dettaglio dell'area di interesse specifico del presente lavoro.

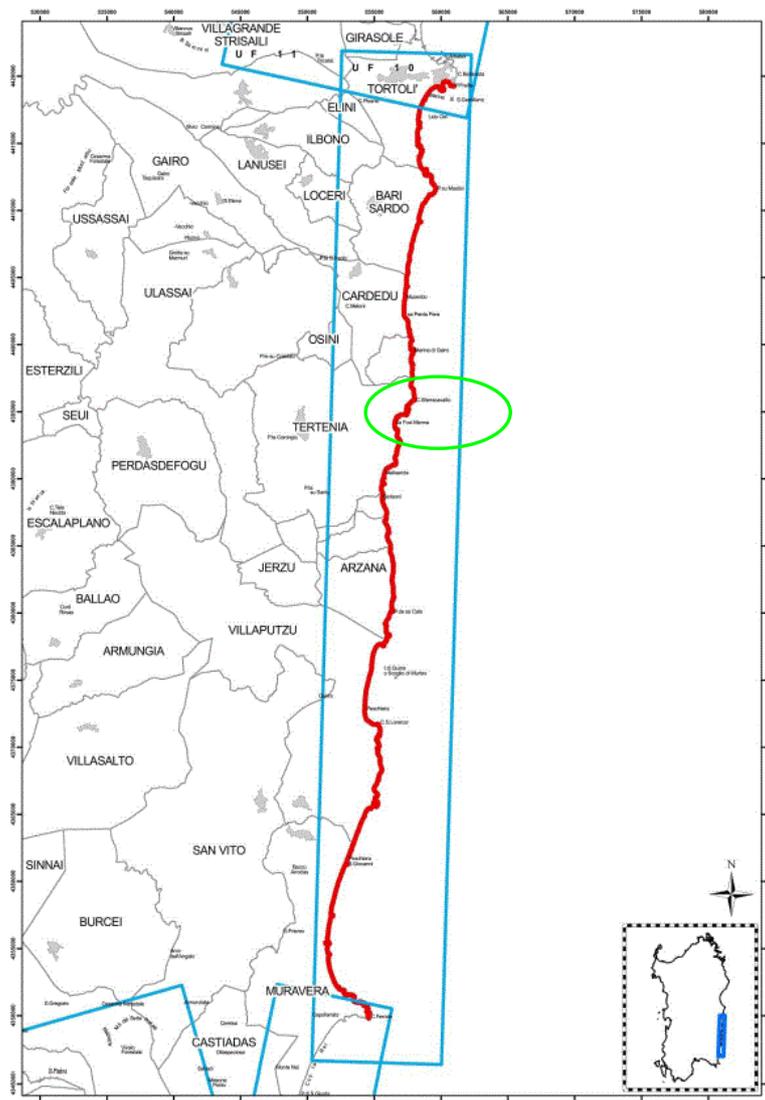


Fig. 10 – Piano Azione Coste (PAC) RAS, U.F. 10, Capo Ferrato-Capo Bellavista .

Consideriamo la definizione di Unità Fisiografica che, secondo il "manuale" del Servizio Tecnico Centrale della Presidenza del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici (1992), è la seguente:

“tratto costiero nel quale i materiali che formano, o contribuiscono a formare, la costa presentano movimenti confinati all'interno dell'Unità stessa o scambi con l'esterno in misura non influenzata da quanto accade al litorale”.

L'Unità fisiografica di conseguenza definisce un tratto costiero in cui in trasporto litorale netto, indotto da onde e correnti, è unidirezionale e continuo su una distanza di numerosi chilometri. Nella pratica, la delimitazione di

questa unità implica l'introduzione di valori convenzionali di minima estensione comunemente stabiliti sulla base della scala di lavoro.

La definizione dell'Unità Fisografica dipende quindi primariamente dalla morfologia della costa e dalla sua orientazione in rapporto alla dinamica delle correnti. Il limite fisico che definisce le Unità Fisiografiche si può avere anche nel caso di zone di convergenza (spiagge di fondo baia) o di divergenza del trasporto (promontori rocciosi).

La definizione delle Unità Fisiografiche proposta implica che i limiti antropici al trasporto litorale, ad esempio per la presenza di una struttura portuale, non determini interruzione della stessa; questa esprime quindi il modello naturale del trasporto dei sedimenti che prescinde dalla presenza di strutture sul litorale.

L'area vasta nella quale si inserisce l'opera in progetto si trova all'interno dell'Unità Fisografica principale, compresa tra Capo Ferrato a sud e Capo Bellavista a nord, estesa per poco più di 120 Km. Questa grande Unità Fisografica è costituita prevalentemente da costa rocciosa (circa il 50%) e da spiagge (circa il 45%) mentre una piccola percentuale risulta modificata per la presenza di opere antropiche. Nello specifico il tratto di costa relativo alla Marina di Tertenia, comprendente l'ambito fisiografico di Foxi Manna (Sarrala), è identificabile, alla scala di dettaglio relativo al progetto in esame, come una Unità Fisografica pressoché indipendente che si estende, per circa 4,5 km, da Capo Sferracavallo a Punta Moros e che risulta costituita da ulteriori 3 Sub Unità Fisiografiche.

Le tre Sub Unità Fisiografiche sono:

Sub-unità 1 (SU1): è definita dai due promontori di Capo Sferracavallo, di natura riolitica, e Punta Is Ebbas, di natura andesitica, che danno luogo ad un piccolo golfo in cui sono rilevabili diverse spiagge di fondo di baia (pocket beach) di modeste dimensioni (circa 50 metri di estensione parallelamente alla costa e 10/12 metri trasversalmente) alimentate localmente da piccoli corpi di frana in forma di colata di detrito; la sub-unità 1 include circa 1.5 km di costa.

Sub-unità 2 (SU2): questa sub-unità si estende per circa 2 km da P.ta Is Ebbas a nord sino al promontorio granodioritico di Case Ferrai a sud; rappresenta la sub-unità più estesa e la più importante in quanto include un esteso settore litorale di spiaggia di quasi 900 metri). L'opera in progetto si inserisce in tale ambito.

Sub-unità 3 (SU3): si tratta di una sub-unità di modesta estensione che include circa 1 km di costa sia rocciosa che di spiaggia. Il suo limite settentrionale è definito dalla

presenza del promontorio di Case Ferrai mentre quello meridionale è dato dal promontorio di Punta Moros, entrambi di natura intrusiva granodioritica.

L'estensione e la delimitazione delle precedenti Sub Unità Fisiografiche è ben visibile nella figura esposta nella pagina seguente (Fig. 11).

La Sub Unità di nostro interesse è quella mediana (SU 2), i cui scambi sono limitati verso mare dalla presenza della prateria a fanerogame marine che si imposta ad una profondità di circa 18 m. La piattaforma di abrasione in roccia che orla il tratto costiero della SU 3, parzialmente colonizzata anch'essa dalla posidonia, impedisce la dispersione degli stessi sedimenti verso sud mentre a nord, al limite con la SU 1 (PROMONTORIO DI Punta Is Ebbas) gli scambi risultano verosimilmente limitati e si esplicano attraverso uno stretto corridoio, di circa 70 m, che si estende tra la base sommersa del promontorio roccioso ed il limite superiore della prateria a Posidonia Oceanica.

L'alimentazione sedimentaria in tale tratto di costa è garantito prevalentemente dagli apporti fluviali del Riu Sa Brecca ed in subordine dallo smantellamento del tratto costiero e dei promontori rocciosi.



Fig. 11 – Perimetrazione delle Sub Unità Fisiografiche principali .

2.4 Caratterizzazione geomorfologia dell'area marino costiera di interesse

Nel presente paragrafo verranno trattati gli aspetti geomorfologici dell'area marina e costiera; particolare attenzione verrà prestata al settore relativo alla SU2 all'interno della quale verrà realizzata l'opera in progetto.

L'evoluzione geomorfologica dell'area è fortemente influenzata dalle caratteristiche del substrato, costituito da rocce appartenenti al basamento paleozoico sardo, in genere massicce e fortemente fratturate.

L'eredità strutturale ha svolto un ruolo importante nel modellamento dell'area dato che la maggior parte delle valli si approfondiscono lungo le faglie e le fratture della tettonica alpina orientate prevalentemente circa N-S e WNW-ESE.

L'area in esame è caratterizzata da una morfologia fortemente accidentata in cui i processi costieri e quelli di alterazione su rocce granitiche da un parte e la successiva rielaborazione ad opera delle acque meteoriche e marine dall'altra, giocano un ruolo predominante. Lungo le zone maggiormente fratturate e fagliate si sono approfonditi i corsi d'acqua a generare un reticolo di drenaggio tipicamente angolare.

La dinamica costiera è caratterizzata da un'alternanza di promontori scolpiti sulle rocce del basamento e piccole spiagge del tipo pocket beach, tra un promontorio ed un'altro, costituite da elementi prevalentemente grossolani. Sono frequenti anche le baie scolpite su roccia senza che siano presenti depositi litorali. In questi casi è verosimile che l'erosione marina abbia agito con maggiore rapidità impedendo la formazione di depositi sedimentari costieri.

Nell'area costiero-marina sono state osservate diverse morfologie, sia erosive sia deposizionali, alcune attualmente attive ed altre inattive o quiescenti.

Nel settore costiero, alla base delle pseudofalesie intrusive ed effusive, sono stati osservati depositi di crollo legati all'instabilità delle coste alte e caratterizzati da grossi blocchi subangolari che tendono ad assumere una disposizione a ventaglio con selezione dimensionale inversa dei blocchi. Questi processi risultano agevolati dalla naturale fratturazione della roccia che risulta inoltre alterata dai processi subaerei.

La presenza di questi depositi impedisce l'ulteriore sviluppo dei processi di crollo, collegati principalmente all'azione erosiva del moto ondoso e della corrente di deriva litorale, preservando il piede della falesia stessa e rallentando l'arre-tramento. Lo scalzamento alla base appare comunque il meccanismo principale per l'evoluzione del processo.

Tali morfologie risultano particolarmente diffuse lungo la fascia costiera della SU 1.

Per quanto concerne l'ambito costiero emerso, la Sub Unità 2 appare nettamente suddivisa in due contesti a morfologia differente .

In tale tratto di litorale la continuità è interrotta dalla presenza di diversi scogli emergenti ed affioramenti localizzati del basamento. L'area costiera è caratterizzata, in ambito di spiaggia sommersa in località Foxi Manna, da cuspidi di modesta dimensione la cui genesi è favorita dalla presenza discontinua di elementi rocciosi affioranti lungo la costa.

La porzione settentrionale è caratterizzata da un corpo di spiaggia ad elementi grossolani, dai blocchi alla ghiaia grossa, la cui genesi è da mettere in relazione con lo smantellamento del retrostante deposito di versante che poggia direttamente sulle Granodioriti di Punta Moros. L'azione erosiva del moto ondoso ha prodotto in tali depositi un'importante ripa d'erosione (Fig. 12) che testimonia l'attuale evoluzione del fenomeno e l'intensità delle mareggiate provenienti dal secondo quadrante.



Fig. 12 – Ripa d'erosione con alla base deposito ad elementi grossolani. Località Tesonis.

I materiali più grossolani del deposito formano un ampio ventaglio deposizionale che si estende anche nella parte sommersa sino ad una profondità di 6.50 m circa (Figg. 13, 14).



Fig. 13 –Deposito sommerso ad elementi grossolani. Località Tesonis



Fig. 14 –Deposito sommerso ad elementi grossolani, particolare ghiaie. Località Tesonis

La porzione centro meridionale della SU2 è di contro costituita da una spiaggia falcata lunga circa 850 m e larghezza massima di circa 60 m nella porzione mediana, nei pressi della foce del Riu Sa Brecca.

La pendenza limitata (meno di 3°) associata alla granulometria dei sedimenti (vedi relativo paragrafo) permette di classificarla come spiaggia di tipo dissipativo (Defeo e McLachlan 2005). Difatti questa tipologia di spiaggia è caratterizzata da sabbia fine, leggera pendenza, e una larga zona di frangenti delle onde (surf zone) dove le onde dissipano la propria energia prima di incontrare la spiaggia emersa. Questa conformazione permette al litorale di tamponare eventi climatici estremi.

Un modesto campo dunale (ampiezza massima 50 m circa, altezza media delle dune 3 m), colonizzato dalla vegetazione psammofila, delimita verso terra il corpo di spiaggia (Fig. 15).



Fig. 15 – Campo dunale, porzione mediana della spiaggia di Foxi Manna, in primo piano avanza dune colonizzate dalla vegetazione psammofila .

Gli apparati dunari appaiono interessati da processi di degrado collegati all'attività antropica che hanno portato alla formazione di evidenti morfologie erosive.

Per quanto concerne il settore sommerso in quest'area, come precedentemente indicato, sono presenti ripiani di erosione sommersi su roccia, a giacitura sub orizzontale, interpretabili come piattaforme d'abrasione marina che orlano con discontinuità la fascia costiera. La loro estensione è estremamente variabile e risultano particolarmente sviluppati nel tratto compreso tra Case Ferrai e Punta Is Moros.

Queste morfologie si sviluppano da pochi decimetri sotto l'attuale livello medio marino e raggiungono, con debole inclinazione, profondità superiori ai 7 m (la presenza della Posidonia oceanica ne impedisce una definizione precisa). Considerando la loro posizione batimetrica è indubbia l'attuale attività erosiva.

L'evoluzione policiclica di questi elementi è legata a momenti eustatici recenti prossimi come quota al livello marino attuale.

Spostandoci verso la piattaforma interna è possibile riconoscere diverse morfologie impostate sia sui litotipi affioranti sia sui sedimenti mobili.

L'evoluzione degli affioramenti rocciosi è favorita dalla presenza di discontinuità rappresentate sia da diaclasi più o meno beanti, sia da lineazioni tettoniche che presentano in mare lo stesso stile osservabili nell'area emersa.

Alle morfologie erosive associate al basamento roccioso si associano quelle deposizionali dei fondi mobili.

L'intero ambito di piattaforma prossimale è ricoperto dai sedimenti mobili ed è caratterizzato da strutture sedimentarie di vario tipo.

Estesi campi di ripples mark sono stati osservati sui depositi di spiaggia sommersa presenti nel settore antistante l'arenile di Foxi Manna, analogamente gli stessi sono stati osservati in tutte le aree di spiaggia; la loro dimensione non ne permette una precisa mappatura ma la loro presenza è stata osservata soprattutto durante i rilievi diretti.

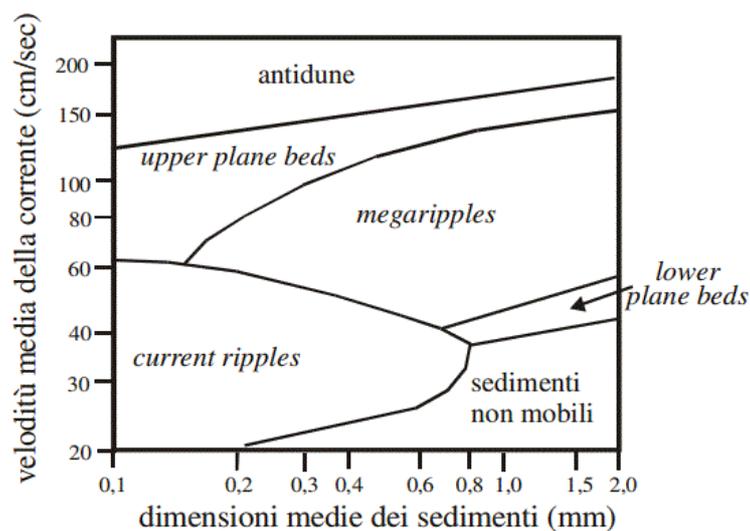
I ripples sono le forme subacquee più piccole che si sviluppano con i silt o le sabbie medie: non si formano con sabbie delle dimensioni superiori a 0,6 mm. L'altezza di un ripple è compresa tra 0,5 e 5 cm e l'intervallo tra le due creste è compreso tra 10 e 60 cm.

In occasione dei rilievi eseguiti, in data 1 aprile e 08 maggio 2014, le creste di tali forme minori sono risultate parallele con direzione SW-NE ad indicare, nel periodo di osservazione, l'azione di una corrente trattiva di fondo proveniente da SE (fig. 16).



Fig. 16 – Forme di fondo minori – Ripple marks. Località Tesonis, contatto sedimenti mobili con deposito a blocchi e roccia affiorante.

In particolare si tratta di ripples di tipo 2D a creste simmetriche e parallele la cui genesi è da mettere in relazione a correnti caratterizzate mediamente da velocità medio basse.



L'analisi dei rilievi sismo stratigrafici (profili Sub Bottom) ha messo inoltre in evidenza la presenza di strutture del tipo mega ripples sulle quali si impostano le forme minori (ripples) sopra indicate.

Queste ultime strutture sedimentari risultano differenti dai ripples da un punto di vista della dinamica di formazione. Si formano sino a profondità maggiori dei ripples ed hanno dimensioni che vanno, per l'altezza, tra 10 e 200 cm e per la distanza tra le creste tra 1 e 5/10 m con dimensioni che aumentano con l'aumentare della profondità. Da un punto di vista idrodinamico sono da mettere in relazione a correnti caratterizzate mediamente da velocità medie.

Morfologie deposizionali dimensionalmente più importanti, del tipo barra somersa, sono state osservate a poche decine di metri dalla linea di battigia. Questi elementi sono indicativi di elevate energie e quindi sono concentrate nelle aree prossime alla riva dove l'azione del moto ondoso e delle correnti di deriva litoranea fanno sentire maggiormente la loro influenza. La cresta di tali forme si presenta parallela alla linea di riva.

I fondali della piattaforma prossimale sono inoltre caratterizzati da una copertura vegetale continua rappresentata principalmente da piante di Posidonia oceanica che si sviluppa in modo differente tra i – 15 m ed i – 40 m di profondità circa.

La posidonia oceanica, presente esclusivamente nel Mediterraneo e lungo le coste sud-orientali dell'Australia riveste ruoli molteplici nell'ambito degli ecosistemi marini e costieri. Dal punto di vista geomorfologico, di fondamentale importanza è il ruolo che le praterie hanno nel limitare processi di erosione costiera e di dispersione dei sedimenti.

Numerosi sono gli studi eseguiti sulla Posidonia oceanica, sia sull'impatto diretto derivante dalle attività antropiche (Peirano A. et alii 2005, Giani L. et alii 2003, Milazzo M. et alii 2004) sia sul ruolo dei posidonieti sulla dinamica dei sedimenti costieri e sulle mutue relazioni intercorrenti tra i sedimenti stessi e la posidonia (Lasagna R. et alii 2005, De Falco G. et alii 2003, Gacia E. et alii 2001).

Nei fondali dell'area studiata la posidonia oceanica si presenta in diverse tipologie. Una distinzione principale può essere fatta tra lo sviluppo su matte e quello diretto sui differenti substrati. La tipologia su matte, impiantata su biocostruzioni a rizomi alta mediamente 1,5 – 2 metri ed interrotta da depressioni e canali intramattes, è la più diffusa in termini di diffusione areale mentre l'altra tipologia, caratterizzata da una percentuale di copertura vegetale estremamente variabile, è quella a mosaico su roccia affiorante (fig. 17). Quest'ultima si sviluppa in modo discontinuo lungo le aree pericostiere a bassa profondità.



Fig. 17 – *Posidonia oceanica* su deposito a blocchi e roccia affiorante.

Localmente si possono osservare aree caratterizzate da uno sviluppo diretto della pianta sui substrati mobili secondo una tipologia a fasci isolati e con densità estremamente variabile. Quest'ultima tipologia caratterizza principalmente i fondali più profondi e rappresenta il passaggio alle aree non colonizzate e/o non colonizzabili dalla stessa pianta per eccessiva profondità. Il contesto geomorfologico sopra descritto è osservabile nella carta geomorfologia allegata al presente lavoro.

In occasione dei rilievi diretti è stata individuata la presenza di un corpo morto relitto per gavitello di ormeggio (fig. 18) che si presenta basculato con immersione verso SE a confermare la persistente azione di una corrente diretta da SE verso NW che ha causato lo scalzamento del materiale sul lato dell'ostacolo esposto sopraccorrente. L'assetto assunto dall'ostacolo a seguito dello sprofondamento ha prodotto come risultato la formazione di un'area a bassa energia nel lato sottocorrente dove si depositano materiali più leggeri come sabbie molto fini, limi e foglie morte di *Posidonia oceanica*.

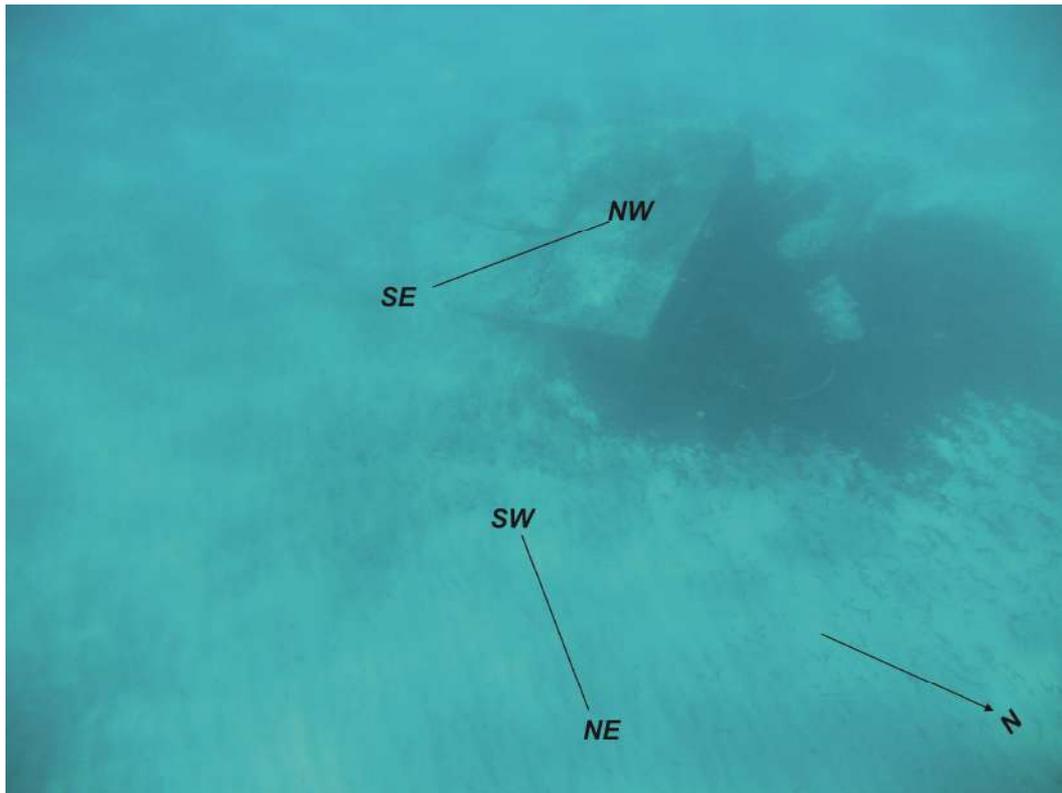


Fig. 18 – Corpo morto per gavitello di ormeggio su sedimenti mobili di piattaforma prossimale.

In riferimento a quanto riportato nell'Atlante delle Spiagge della Sardegna (Di Gregorio F. et alii, SELCA 2003, Progetto edito dalla RAS) l'area di interesse è compresa nel Foglio 219 – Lanusei.

Le analisi eseguite nell'ambito del presente lavoro concordano con i dati esposti nell'Atlante difatti, per l'arenile di Foxi Manna/Sarrala, la pendenza media del fondale, fino ai 5 metri di profondità, è mediamente dell'ordine del 1.2 / 1.6 % analogamente la granulometria media dei sedimenti di spiaggia sommersa è indicata come compresa tra i 2 mm (verso terra) e 0.13 mm (verso largo).

Da un punto di vista della dinamica sedimentaria, sulla base delle evidenze geomorfologiche relative al momento del rilevamento relativo all'Atlante, è risultato in direzione N (da S a N) anche se il flusso teorico di energia del moto ondoso sostanzialmente risulta diretto da N a S.

Le evidenze geomorfologiche riscontrate nell'ambito del presente studio concordano con quanto riportato nelle note dell'Atlante.

2.5 Inquadramento meteo marino

Il presente paragrafo tratta gli aspetti meteo climatici in relazione alla geomorfologia dell'area marina e costiera; l'argomento viene ampiamente trattato dal punto di vista strettamente tecnico nell'apposito elaborato dove in particolare vengono analizzate le condizioni di penetrazione di moto ondoso all'interno del porto, la portata di tracimazione nel molo sopraflutto e sottoflutto, e le condizioni di stabilità della mantellata superficiale, gli studi idraulici e morfodinamici delle opere foranee previste.

Come riportato nell'elaborato sopra indicato il settore di massimo fetch geografico è compreso tra i 130°N e 149°N, e si estende per oltre 700 miglia marine, fino al Golfo della Sirte.

“L'analisi statistica effettuata sulla base dei dati ondometrici rilevati dalla boa di Capo Comino ha permesso di definire il contesto meteo-marino che risulta caratterizzato dalla presenza di correnti provenienti da N-NE e da S-SE.

Lo studio climatologico effettuato dal dott. Cicala (Studio Volta) ed i dati ondometrici raccolti, indicano gli eventi provenienti da S-SE come regnanti (ovvero più frequenti) e quelli provenienti da N-NE come prevalenti (ovvero più intensi) pertanto si può affermare che il moto ondoso che investe il litorale oggetto di studio proviene esclusivamente dal primo quadrante e dal secondo quadrante. Il vento che genera che ricarica tale clima è, in buona approssimazione, proveniente dallo stesso quadrante.

Appare quindi logico, oltre che assodato da una lunga pratica progettuale per studi simili effettuati in paraggi prossimi a quello di interesse, prendere come fonte dei dati anemometrici la stazione che meglio riproduce le condizioni di vento che generano il moto ondoso e che ne ricaricano l'azione. La stazione di rilevamento considerata è a 5 Km ad Est dal paese di Tortoli ed è situata nel Capo Bellavista (32°56'00"N 09°43'00"E - UTM 32, E 567001m N 3644179m), nella costa Orientale della Sardegna, e l'anemometro è situato a 12 m s.l.m.

I dati di vento sono stati registrati con cadenza trioraria e rilevati alle ore sinottiche, (ovvero alle:0,3,6,9,12,15,18,21 UTC ossia alle 1,4,7,11,13,16,19,22 ora locale).”

Secondo l'analisi sui dati di vento della stazione di Tortoli, riferiti al sito di nostro interesse, si hanno valori di velocità registrati superiori ai 17 m/s anche se per tempi di ritorno dell'ordine dei 50 anni si ipotizza, con buona approssimazione, che la velocità possa essere di gran lunga superiore a quella sopra indicata.

In relazione a quanto esposto e sulla base delle osservazioni relative agli aspetti geomorfologici esposte nei precedenti paragrafi si evidenzia che le morfologie marine impostate sui fondi mobili denotano una forte corrispondenza con le direzioni del moto ondoso proposte nei modelli analizzati.

La realizzazione dell'opera andrà ad influenzare l'attuale assetto idrodinamico con conseguenze che sono state ampiamente previste durante l'applicazione dei modelli matematici.

Le simulazioni effettuate hanno dimostrato che attualmente, sia nel caso di eventi estremi da scirocco sia nel caso di eventi estremi da grecale, si manifestano fenomeni erosivi nell'area in prossimità di Punta is Ebbas. Una leggera erosione è evidente anche nell'area nella quale è prevista la realizzazione della struttura portuale, in particolare in caso di eventi da scirocco.

Gli eventi provenienti dal secondo quadrante producono analogamente erosione nel tratto a sud della spiaggia di Foxi Manna. Per quanto concerne la spiaggia, questa non pare subire erosione nella situazione attuale (Vedi anche paragrafo relativo all'evoluzione recente della linea di riva, par. 2.10).

Secondo il modello la realizzazione del porto non influirà sul trasporto sedimentario e non andrà a modificare l'apporto sedimentario alla spiaggia di Sarrala. Oltre le variazioni nell'area occupata dal bacino portuale stesso, non sono evidenti modifiche alle aree di accumulo ed erosione, che restano sostanzialmente invariate sia in termini qualitativi che quantitativi rispetto alla situazione attuale pertanto anche l'evoluzione della linea di riva della spiaggia non dovrebbe presentare, secondo la modellizzazione, sostanziali modifiche.

2.6 Programma delle indagini e delle analisi di laboratorio

2.6.1 Indagini

Allo scopo di restituire la geologia e la morfologia del settore marino della sub-unità nella quale si inserirà l'opera in progetto ed al fine di implementare la banca dati necessaria all'elaborazione delle simulazioni modellistiche connesse alle modificazioni delle dinamiche litorali, è stata eseguita una campagna di indagine multitematica.

In particolare sono state effettuate indagini dei seguenti tipi:

- a) Topografica (rilievo GPS dell'area emersa).
- b) Batimetrica (Rilievo Multi Beam di dettaglio dell'area di interesse).
- c) Sismico (Rilievo Sub-Bottom Profiler).
- d) Rilievo geologico-geomorfologico diretto sia dell'area emersa che della porzione sommersa.
- e) Campionamento dei sedimenti tramite benna.

Il rilievo geologico-geomorfologico nonché le attività di campionamento dei sedimenti in spiaggia sommersa sono state eseguite con l'ausilio di un gommone (mod. Joker Boat 400) in grado di operare anche in bassi fondali (meno di 0,7 metri), opportunamente attrezzato.

I rilievi e le verifiche in immersione sono stati finalizzati alla validazione delle ipotesi interpretative dei dati geofisici e delle foto aeree.

Durante lo svolgimento delle attività di rilevamento condizioni meteomarine avverse, collegate alla persistenza di venti dai quadranti settentrionali e meridionali di elevata intensità, hanno interessato l'area di indagine.

In occasione di tali eventi si è proceduto alla scelta di siti di immersione per i quali è stato possibile operare in condizioni di sicurezza sia per i rilevatori subacquei sia per il personale di bordo. Laddove le condizioni meteomarine non hanno consentito l'individuazione di paraggi sicuri si è provveduto alla sospensione delle operazioni.

L'indagine diretta è stata finalizzata alla elaborazione di chiavi interpretative utili alla restituzione oggettiva delle basi geofisiche pertanto la fase propedeutica alle operazioni di rilevamento è stata finalizzata alla scelta dei punti chiave localizzati nelle aree in cui si concentrano i principali problemi interpretativi o gli elementi particolarmente significativi, il tutto in relazione alla tematica in studio. Le operazioni di indagine diretta sono note, specialmente in ambiente biologico, col termine di "verità mare".

Le fasi operative dell'indagine diretta a mare sono state:

- avvicinamento al punto di interesse tramite GPS;
- ormeggio battello pneumatico di supporto e discesa della cesta con attrezzature;
- discesa squadra di rilevatori subacquei;
- rilievo, documentazione fotografica e campionatura del fondo;
- risalita pallone di sollevamento con i campioni;
- risalita e decompressione dei rilevatori subacquei;
- recupero attrezzature ed abbandono dell'ormeggio;
- rientro al punto di approdo.

Le operazioni di posizionamento sono state basate sulla proiezione UTM, Datum di riferimento WGS 84, fuso 32 S.

Per quanto concerne le attività svolte il rilevamento geologico-geomorfologico subacqueo trasferisce in ambiente sottomarino le procedure di rilevamento utilizzate a terra. Partendo dal rilevamento geologico classico si rilevano: orientamento di diaclasi, parametri giaciture di strati, estensione e natura di affioramenti rocciosi, limiti tra le diverse litologie, distribuzione delle biocenosi e dispersione delle diverse facies dei sedimenti mobili.

Successivamente ai dati geologico-strutturali si associano le osservazioni morfologiche come ad esempio le direzioni delle strutture sedimentarie di fondo (ripples, megariipples e dune idrauliche). Il complesso dei dati è stato riportato su una tavoletta da rilevamento, dotata di strumentazione elementare (profondimetro e bussola) sulla quale vengono riportati profili geomorfologici speditivi.

Nel corso dei rilievi geomorfologici viene realizzata la documentazione fotografica; nell'ambito di questo lavoro i fotogrammi sono stati eseguiti tramite fotocamera digitale scafandrata Nikon Coolpix modello S3000. La

presenza di particellato in sospensione ha spesso impedito l'uso del flash e in alcuni casi ha fortemente compromesso la qualità dei fotogrammi.

Il campionamento dei sedimenti in ambiente sommerso è stato eseguito principalmente attraverso l'ausilio di benne, laddove il campionamento con benna è risultato difficoltoso (in particolare a causa della granulometria del sedimento) si è proceduto al campionamento manuale.

In particolare sono state utilizzate due tipologie (Fig. 19), Ekman-Birge (volume 4 l circa), per le aree meno profonde, e Van Veen (volume 20 l circa) per quelle più distali.



Fig. 19 – Benna tipo Ekman-Birge (sx) e Van Veen (dx).

Le diverse metodologie di campionamento hanno permesso il recupero di differenti volumi di sedimento che in ogni caso sono risultati sufficienti per eseguire le successive analisi.

Il prelievo sulla porzione emersa della spiaggia di Foxi Manna, è stato eseguito selezionando un campione che rappresentasse la distribuzione granulometrica media in quel punto. Si è proceduto alla realizzazione di pozzetti stratigrafici di congrua profondità (generalmente intorno a 0.50 m dal p.c.) e prelevando il campione lungo una canaletta verticale sulla parete dello scavo.

In particolare sono stati prelevati 28 campioni di sedimenti di spiaggia sommersa (C1-C28) e 3 di spiaggia emersa (P1-P3). L'ubicazione dei campioni è riportata nella pagina seguente (Fig. 20) e negli elaborati allegati.

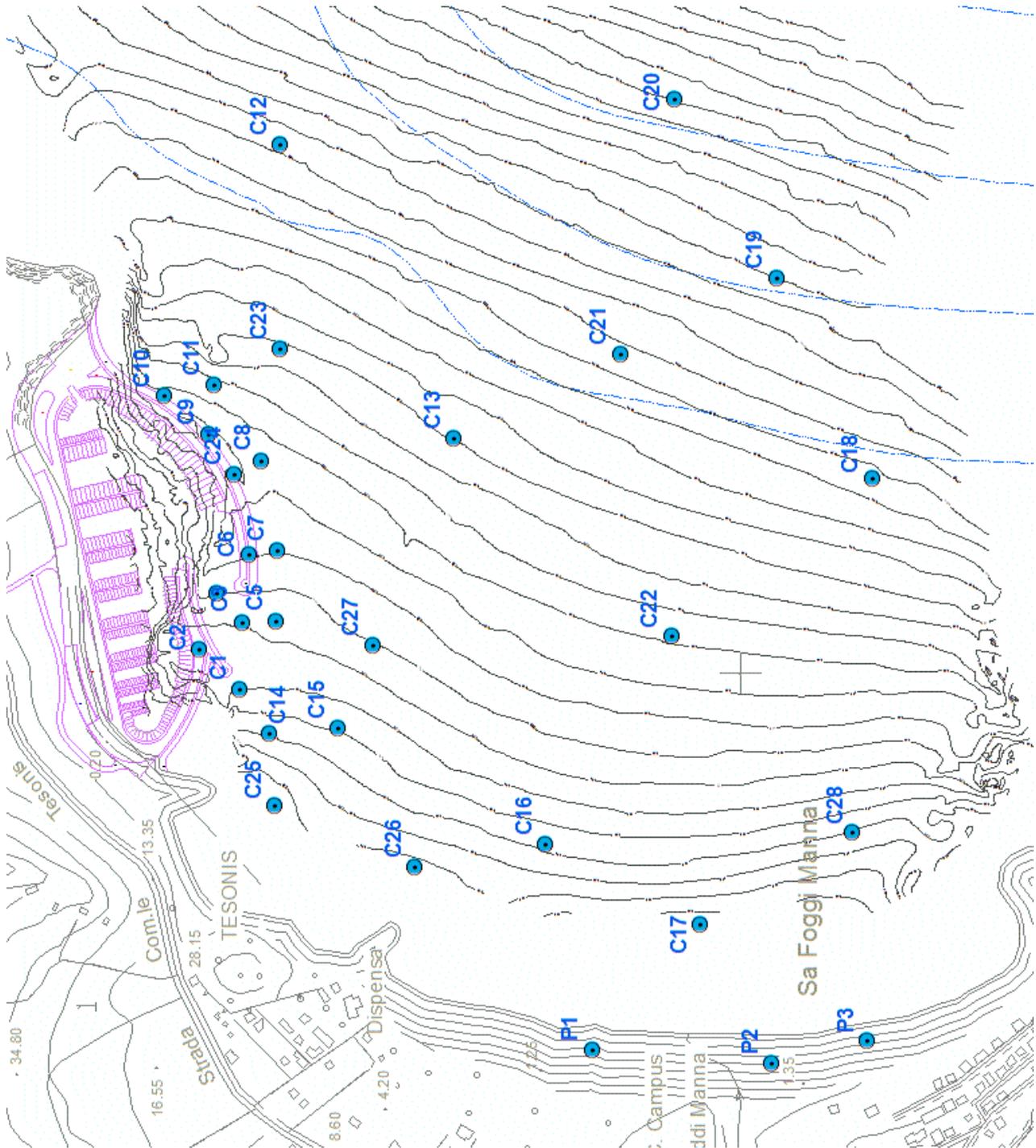


Fig. 20 – Ubicazione campioni sedimento.

Per quanto riguarda gli aspetti tecnici dei rilievi Topografico, Batimetrico e Sismico si rimanda alle relative descrizioni di dettaglio esposte nelle relative sezioni.

2.6.2 Analisi di laboratorio

I sedimenti campionati sono stati sottoposti ad analisi granulometrica e analisi mineralogico-petrografica al microscopio trinoculare.

I campioni sono stati preventivamente lavati in acqua dolce (la procedura è stata eseguita in modo da minimizzare la perdita di eventuale materiale fino) e poi essiccati in forno a circa 100° per un tempo sufficiente ad eliminare l'umidità residua.

Al fine di ottenere la quantità desiderata di materiale da sottoporre ad analisi si è proceduto con il metodo di quartazione (procedura selettiva del materiale da trattare). Secondo tale metodologia si procede disponendo ogni singolo campione a forma di cono su di una superficie piana, si divide il materiale in quattro settori e si prelevano i due opposti, la procedura viene ripetuta sino ad ottenere un campione del peso necessario.

In seguito i campioni trattati sono stati sottoposti a vagliatura meccanica con una pila di setacci della serie ASTM con maglie di dimensioni variabili da -2 a +4 phi, con un intervallo di 0,5 Φ . I campioni sono stati quindi suddivisi in classi granulometriche secondo la scala di Udden-Wentworth (1922) riportata in Tabella 1.

Per l'analisi statistica dei dati si è utilizzata per comodità la scala in Φ che non è altro che la trasposizione della scala di Udden-Wentworth in base logaritmica. La relazione che lega le due scale è la seguente:

$$\Phi = - \log_2 D$$

dove **D** è il rapporto tra il diametro dei granuli espresso in mm e il diametro unitario di 1 mm.

I dati ottenuti dalle analisi granulometriche sono stati poi riprodotti mediante rappresentazione grafica in modo da poter elaborare le curve di frequenza semplici e cumulative; in particolare queste ultime hanno permesso l'estrapolazione dei parametri statistici secondo Folk e Ward (1957), escluso il Kurtosis calcolato secondo Inman (1952).

MILLIMETRI (mm)	MICRON (μm)	Phi (Φ)	CLASSE GRANULOMETRICA			
4096		-12	Blocchi	GHIAIE		
256		-8	Ciottoli			
64		-6	Ciottolotti			
4,00		-2,00	Granulo			
3,36		-1,75				
2,83		-1,50				
2,38		-1,25				
2,00	2000	-1,00	Sabbia molto grossa	SABBIE		
1,68		-0,75				
1,41		-0,50				
2,19		-0,25	Sabbia grossa			
1,00	1000	0,00				
0,84		0,25				
0,71		0,50				
0,59		0,75				
0,50	500	1,00			Sabbia media	
0,42	420	1,25				
0,35	350	1,50				
0,30	300	1,75				
0,25	250	2,00				
0,21	210	2,25	Sabbia fine			
0,177	177	2,50				
0,149	149	2,75				
0,125	125	3,00				
0,105	105	3,25				
0,088	88	3,50		Sabbia molto fine		
0,074	74	3,75				
0,063	63	4				
0,031	31	5	Silt grosso		SILT	FANGO
0,015	15	6	Silt medio			
0,008	8	7	Silt fine			
0,004	4	8	Silt molto fine			
			ARGILLA			

Tabella 1. Scala Granulometrica Wentworth (1922)

Di seguito viene esposta una breve descrizione dei parametri considerati.

Diametro medio

$Mz = (\phi_{16} + \phi_{50} + \phi_{84})/3$ (Folk e Ward 1957).

Questo parametro rappresenta un valore medio della dimensione dei granuli che costituiscono il campione in esame.

Nella formula di Folk e Ward (1957) sono utilizzati 3 percentili (16, 50, 84). Utilizzando più percentili il valore numerico ottenuto si avvicina al valore reale del diametro medio.

Questo viene definito anche come **Coefficiente di Variazione** e più questo si discosta dalla mediana D50, più il campione è definito dispersivo per ciò che riguarda le frazioni prossime al valore centrale della distribuzione.

Mediana o D50

Questo parametro rappresenta la dimensione delle particelle poste al centro della distribuzione, ovvero il diametro corrispondente al 50 % della curva cumulativa e prescinde da eventuali code di materiale grossolano o dallo sviluppo della curva cumulativa.

Moda

Questo parametro rappresenta il diametro particellare più frequente, indicato dal punto più ripido della curva cumulativa o dal punto più alto della curva di frequenza. Rappresenta quindi la frazione granulometrica più rappresentativa del campione. Un campione può presentare più di una moda.

Deviazione standard o classazione o sorting

$\sigma = \{(\phi_{84} - \phi_{16})/4\} + \{(\phi_{95} - \phi_{5})/6,6\}$ (Folk, 1966).

Questo parametro rappresenta la diffusione della distribuzione intorno alla media, cioè quanto la distribuzione granulometrica differisce dal valore del diametro medio. Indica, in generale, il grado di elaborazione a cui è stato sottoposto un sedimento.

La classazione esprime la capacità selettiva del mezzo di trasporto, cioè la sua capacità di prelevare e/o depositare i granuli: abbandonando quelli più grossolani e prendendo in carico quelli più sottili. Tale parametro tiene maggiormente conto delle code estreme della distribuzione di taglia (5° e 95° percentile), descrivendone in modo più dettagliato la complessità frequentemente presente all'interno di una distribuzione granulometrica.

Le definizioni più comuni sono:

$\sigma I < 0,35 \phi$ (very well sorted)

$0,35 \phi < \sigma I < 0,5 \phi$ (well sorted)

$0,5 \phi < \sigma I < 1 \phi$ moderately well sorted)

$1 \phi < \sigma I < 2 \phi$ poorly sorted)

$2 \phi < \sigma I < 4 \phi$ (very poorly sorted)

$\sigma I > 4 \phi$ (extremely poorly sorted)

Skewness o asimmetria

$Sk1 = \{(\phi_{16} + \phi_{84} - 2 \phi_{50}) / 2(\phi_{84} - \phi_{16})\} + \{(\phi_{5} + \phi_{95} - \phi_{50}) / 2(\phi_{95} - \phi_{5})\}$ (Folk, 1966).

Tale parametro evidenzia l'omogeneità della popolazione granulometrica, ovvero se i valori sono distribuiti equamente da una parte all'altra della posizione centrale (baricentro della curva). Essa ha un segno positivo (+) se la curva ha una coda verso diametri sottili e un segno negativo (-) se la curva ha una coda verso diametri grossolani; una curva perfettamente simmetrica è definita con asimmetria zero.

L'asimmetria è dovuta ad aggiunte o sottrazioni di materiale nelle code della curva granulometrica originaria.

Ad esempio nelle sabbie di duna l'asimmetria è generalmente positiva (coda di materiale fine) poiché il mezzo di trasporto (il vento) è in grado di trasportare sedimenti molto sottili ma non sedimenti grossolani. Nelle sabbie di spiaggia invece l'asimmetria è generalmente negativa (coda di materiale grossolano) a causa dell'allontanamento delle frazioni sottili da parte del moto ondoso.

Il valore di **skewness** è quindi sensibile alla presenza (o assenza) di frazione fine o grossolana in eccesso nella distribuzione granulometrica.

In particolare, valori positivi riflettono un eccesso della frazione fine, mentre al contrario valori negativi della **skewness** evidenziano un eccesso (coda) di particelle grossolane nella distribuzione.

$-1 < Skl < -0,31$ (very negative (fine) skewed)

$-0,31 < Skl < -0,11$ (negative (fine) skewed)

$-0,11 < Skl < 0,09$ (nearly symmetrical)

$0,09 < Skl < 0,29$ (positive (fine) skewed)

$0,29 < Skl < 1$ (very positive (fine) skewed)

Kurtosis

$$KG = ((\phi 95 - \phi 5) - (\phi 84 - \phi 16)) / (\phi 84 - \phi 16)$$

Tale parametro descrive la forma della distribuzione granulometrica, rispetto ad un istogramma granulometrico. La **kurtosis** descrive cioè l'entità dello scostamento verso valori più alti della moda sul resto della distribuzione. In altri termini è la misura dell'appuntimento della distribuzione di frequenza e considera il rapporto tra la dispersione nella parte centrale e la dispersione nelle code; si distingue una distribuzione leptocurtica (appuntimento della curva di frequenza) da una distribuzione platicurtica (dispersione su tutta la curva di frequenza).

In particolare, la **kurtosis** misura quindi il rapporto tra il **sorting** (assortimento) nelle code della distribuzione ed il **sorting** nella parte centrale della distribuzione. Se la porzione centrale risulta essere maggiormente selezionata delle code, la curva granulometrica ha un picco centrale molto pronunciato ed è detta "leptokurtica".

Al contrario, se le code sono meglio selezionate della parte centrale, la curva presenta un picco largo e piatto ed è detta "platicurtica".

$KG < 0,67$ (very platykurtic)

$0,67 < KG < 0,90$ (platykurtic)

$0,90 < KG < 1,11$ (mesokurtic)

$1,11 < KG < 1,50$ (leptokurtic)

$1,50 < KG < 3,00$ (very leptokurtic)

$KG > 3,00$ (extremely leptokurtic)

Successivamente i campioni sono stati sottoposti analisi mineralogico-petrografica tramite stereomicroscopio zoom trinoculare SZM-2 della Optika Trinoculare con stativo a colonna, illuminazione alogena e led.

SPECIFICHE TECNICHE

Modello: SZM-2

Testata: Trinocular

Oculari: EWF 10x/20mm

Obiettivo: 0,7 _ 4,5x Zoom

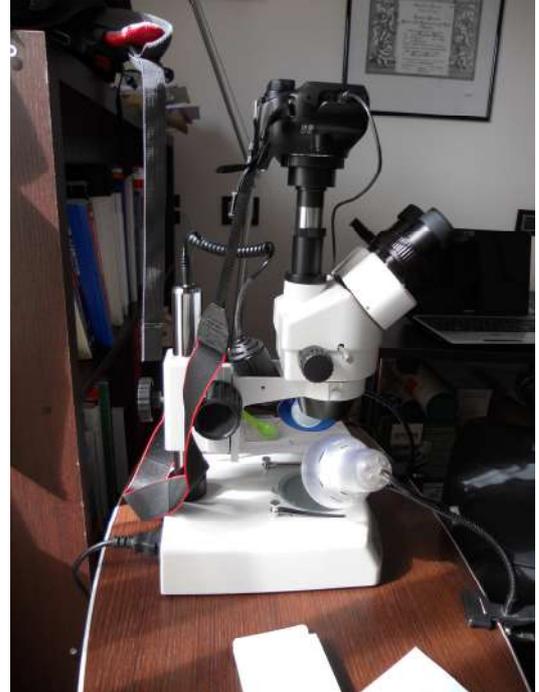
Distanza di Lavoro: 100 mm

Stativo: A colonna

Illuminazione:

Luce incidente e trasmessa, alogena 12V/15W

Luce led supplementare 2X4 W



Sulla testa trinoculare è stata montata, tramite adattatore, una reflex Canon modello EOS 1100D che ha permesso di realizzare fotogrammi a differente ingrandimento dei campioni analizzati.

2.7 Caratterizzazione dei sedimenti e loro distribuzione

I sedimenti campionati sottoposti ad analisi granulometrica e analisi mineralogico-petrografica al microscopio trinoculare sono i seguenti (Tabella 2 e 3).

Sigla Campione	X - Est	Y - Nord	D_50 μm
C1	1556982.34	4394589.59	192.50
C2	1557029.96	4394636.81	152.10
C3	1557062.11	4394587.20	156.30
C4	1557097.03	4394616.18	148.90
C5	1557063.70	4394546.33	155.80
C6	1557143.07	4394579.27	150.10
C7	1557146.64	4394544.74	148.10
C8	1557254.20	4394564.19	148.60
C9	1557285.55	4394626.89	144.70
C10	1557330.79	4394679.28	2905.00
C11	1557343.49	4394620.54	136.00
C12	1557630.43	4394541.56	139.30
C13	1557280.52	4394337.24	139.40
C14	1556930.35	4394555.45	199.90
C15	1556936.30	4394473.50	202.30
C16	1556798.19	4394229.02	199.10
C17	1556702.94	4394046.46	186.60
C18	1557233.43	4393843.86	191.80
C19	1557471.42	4393957.23	126.60
C20	1557683.48	4394077.75	135.70
C21	1557380.93	4394141.25	130.70
C22	1557045.04	4394080.59	144.00
C23	1557387.68	4394541.76	141.00
C24	1557238.32	4394595.94	149.90
C25	1556844.22	4394548.11	184.40
C26	1556771.20	4394383.01	207.40
C27	1557034.46	4394433.28	155.80
C28	1556811.68	4393867.07	191.60
P1	1556554.05	4394174.35	238.20
P2	1556537.64	4393962.68	214.80
P3	1556564.08	4393849.44	221.90

Tabella 2

Sigla Campione	D_50 μm	Moda μm	Diametro Medio μm	SORTING (σ) ϕ	SKEWNESS (Sk) ϕ	KURTOSIS (K) ϕ
C1	192.50	215.0	188.1 FS	0.469 WS	0.030 S	1.071 M
C2	152.10	152.5	152.8 FS	0.486 WS	-0.037 S	0.985 M
C3	156.30	152.5	158.6 FS	0.430 WS	-0.031 S	0.973 M
C4	148.90	152.5	149.7 FS	0.506 MWS	-0.080 S	1.030 M
C5	155.80	152.5	160.0 FS	0.382 WS	-0.074 S	1.075 M
C6	150.10	152.5	151.3 FS	0.476 WS	-0.068 S	1.048 M
C7	148.10	152.5	149.3 FS	0.482 WS	-0.071 S	0.998 M
C8	148.60	152.5	148.6 FS	0.452 WS	-0.013 S	1.039 M
C9	144.70	152.5	144.9 FS	0.489 WS	0.001 S	0.985 M
C10	2905.00	2400/4800	2782.7 VFG	0.543 MWS	1.601 VFS	0.228 VP
C11	136.00	152.5	136.8 FS	0.537 MWS	0.026 S	1.047 M
C12	139.30	152.5	138.4 FS	0.446 WS	-0.011 S	0.943 M
C13	139.40	152.5	139.3 FS	0.432 WS	-0.050 S	0.932 M
C14	199.90	215.0	196.9 FS	0.486 WS	-0.048 S	1.188 L
C15	202.30	215.0	198.8 FS	0.460 WS	-0.024 S	1.158 L
C16	199.10	215.0	199.8 FS	0.612 MWS	-0.069 S	1.276 L
C17	186.60	215.0	182.4 FS	0.503 MWS	0.037 S	1.078 M
C18	191.80	215.0	187.9 FS	0.430 WS	0.016 S	0.984 M
C19	126.60	107.5	128.7 FS	0.420 WS	-0.132 CS	0.947 M
C20	135.70	152.5	134.3 FS	0.389 WS	-0.036 S	0.915 M
C21	130.70	107.5	131.4 FS	0.432 WS	-0.094 S	0.956 M
C22	144.00	152.5	149.1 FS	0.821 MS	-0.362 VCS	1.874 VL
C23	141.00	152.5	145.7 FS	0.541 MWS	-0.248 CS	1.213 L
C24	149.90	152.5	150.2 FS	0.450 WS	-0.013 S	1.083 M
C25	184.40	215.0	181.2 FS	0.467 WS	0.029 S	1.063 M
C26	207.40	215.0	207.9 FS	0.508 MWS	-0.097 S	1.316 L
C27	155.80	152.5	155.4 FS	0.568 MWS	-0.047 S	0.970 M
C28	191.60	215.0	183.0 FS	0.497 WS	0.131 FS	1.195 L
P1	238.20	215.0	245.0 FS	0.381 WS	-0.131 CS	0.935 M
P2	214.80	215.0	217.0 FS	0.306 VWS	-0.052 S	1.418 L
P3	221.90	215.0	231.1 FS	0.403 WS	-0.160 CS	1.208 L

Tabella 3

VFG Very Fine Gravel - FS Fine Sand

VWS Very Well Sorted - WS Well Sorted - MWS Moderately Well Sorted - MS Moderately Sorted

VFS Very Fine Skewed - FS Fine Skewed - CS Coarse Skewed - VCS Very Coarse Skewed - S Symmetrical

VL Very Leptokurtic - L Leptokurtic - M Mesokurtic - VP Very Platykurtic

Per i dati completi relativi alle analisi si rimanda al relativo documento allegato.

Di seguito (Fig. 21) si riporta la distribuzione dei sedimenti nell'area oggetto di studio sulla base dei diametri D₅₀. Tale rappresentazione grafica permette una miglior comprensione della distribuzione dei campioni in relazione alla dinamica sedimentaria.

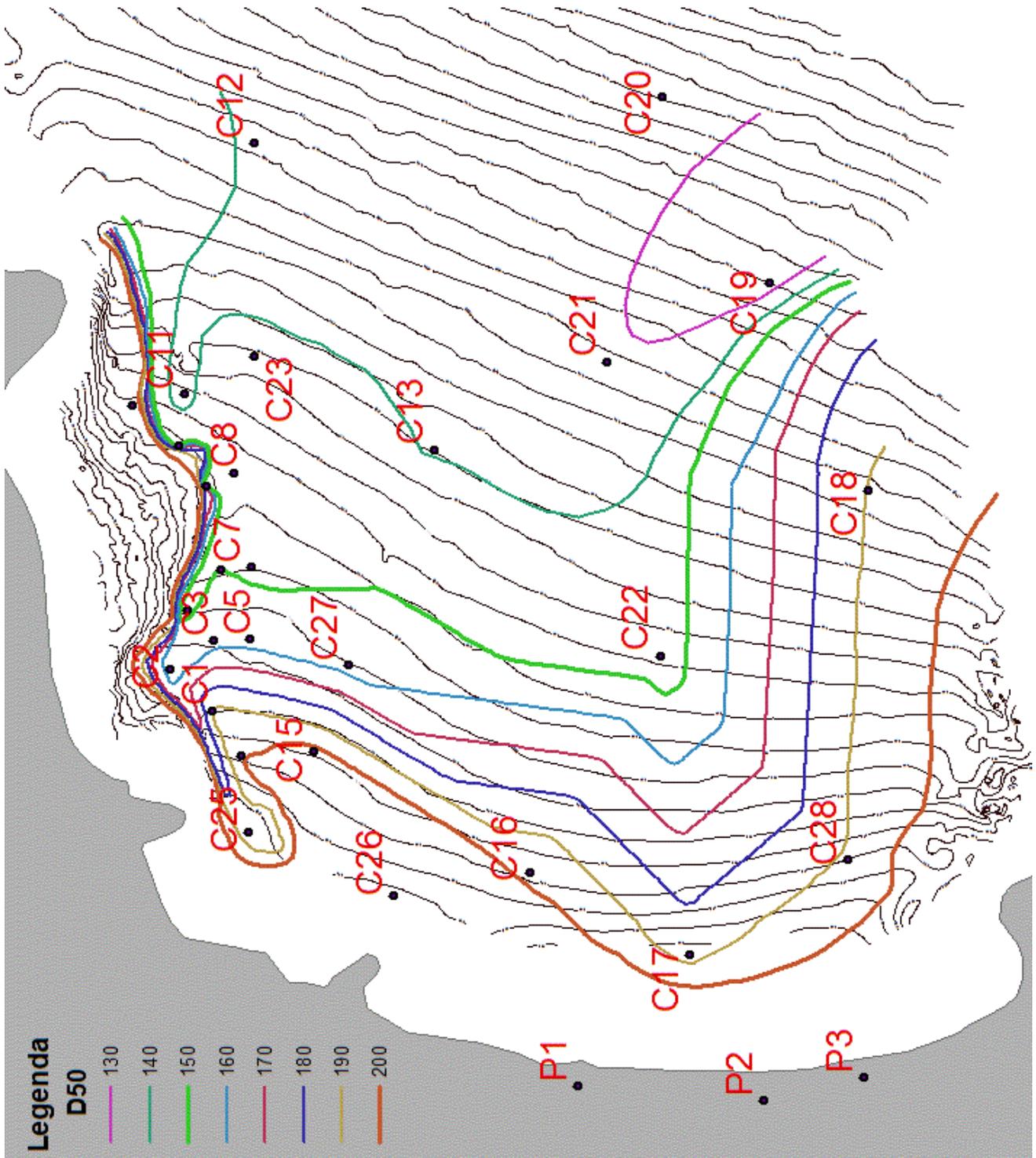


Fig. 21 – Distribuzione D50 (μm) dei campioni di sedimento.

I campioni di spiaggia sommersa (sigla da C1 a C28) presentano valori del diametro medio compresi tra 128.7 e 207.9 μm , ricadono nella classe delle sabbie fini (Fine Sand) e sono caratterizzate da valori di

Sorting σ compresi tra $0,382\phi$ e $0,821\phi$ che identificano dei sedimenti caratterizzati da un buon grado di elaborazione, ovvero sedimenti da moderatamente ben classati a ben classati (Fig. 22).

Per quanto riguarda il valore di asimmetria (o Skewness) questi campioni presentano valori che indicano la presenza di code poco marcate di materiale fino o grossolano.

In riferimento alla distribuzione granulometrica (Kurtosis) i campioni presentano un andamento Meso-Leptokurtico ad indicare una forte selezione della porzione centrale della curva.

Si tratta esclusivamente di campioni caratterizzati da un'unica moda (campioni unimodali) che presentano un buon grado selezione, in sintesi tali campioni si presentano particolarmente omogenei.

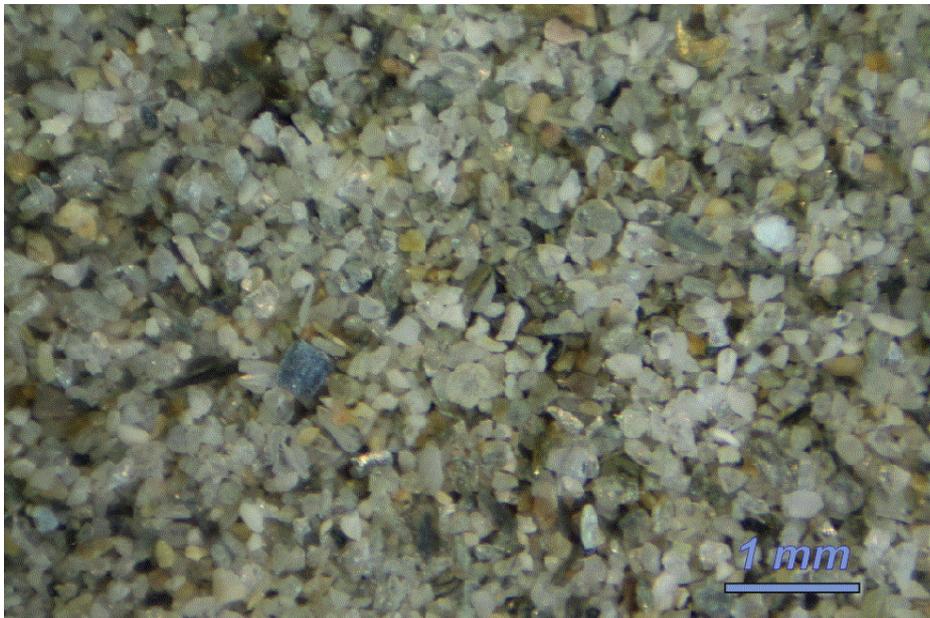


Fig. 22 – Campione C20 (Ingrandimento 3X).

Il campione **C10** (Fig. 23) presenta caratteristiche nettamente differenti in relazione alla tipologia di substrato che caratterizza l'areale antistante la località Tesonis (deposito a blocchi, ciottoli e ghiaie). Tale materiale costituisce la parte "fine" del deposito ed è caratterizzato da parametri completamente differenti in relazione alla genesi del deposito ed alla successiva elaborazione ad opera del mare.

Come ben evidenziato nella figura 21 si nota che il valore dei D_{50} varia seguendo l'andamento della costa, lo stesso aumenta man mano che ci si sposta da largo verso riva in accordo con gli effetti della dinamica meteo marina.



Fig. 23 – Campione C10 (Ingrandimento 1.4X).

La tipologia di sedimento e la distribuzione dello stesso indica un ambiente ad energia non particolarmente elevata che permette la deposizione di materiali appartenenti al campo delle sabbie fini.

I campioni della spiaggia emersa (P1, P2 e P3) presentano ugualmente valori del diametro medio compresi tra 217.0 e 245.0 μm , ricadono nella classe delle sabbie fini (Fine Sand) e sono caratterizzate da valori di Sorting σ compresi tra 0,306 ϕ e 0,403 ϕ che identificano dei sedimenti caratterizzati da un buon grado di elaborazione, ovvero sedimenti da ben classati a molto ben classati.

Per quanto riguarda il valore di asimmetria (o skewness) questi campioni presentano un valore negativo che indica la presenza di una coda poco marcata di materiale grossolano.

Si tratta esclusivamente di campioni caratterizzati da un'unica moda (campioni unimodali) che presentano una buona selezione.

Questi sedimenti si presentano, come ben visibile nelle immagini relative ai pozzetti stratigrafici (Fig. 24), disposti stratigraficamente con una giacitura piano parallela a lamine alternate di minerali pesanti (livelli più scuri).



Fig. 24 – Pozzetti stratigrafici in spiaggia emersa.

Per quanto riguarda la composizione mineralogica, sulla base della stima visiva eseguita al microscopio, i campioni trattati presentano una frazione preponderante di quarzo, generalmente superiore al 50%, ed in subordine feldspati, minerali opachi e frammenti litici. La frazione carbonatica (resti conchigliari di bivalvi, foraminiferi, gasteropodi in frammenti) risulta scarsa. (Figg. 25 e 26).

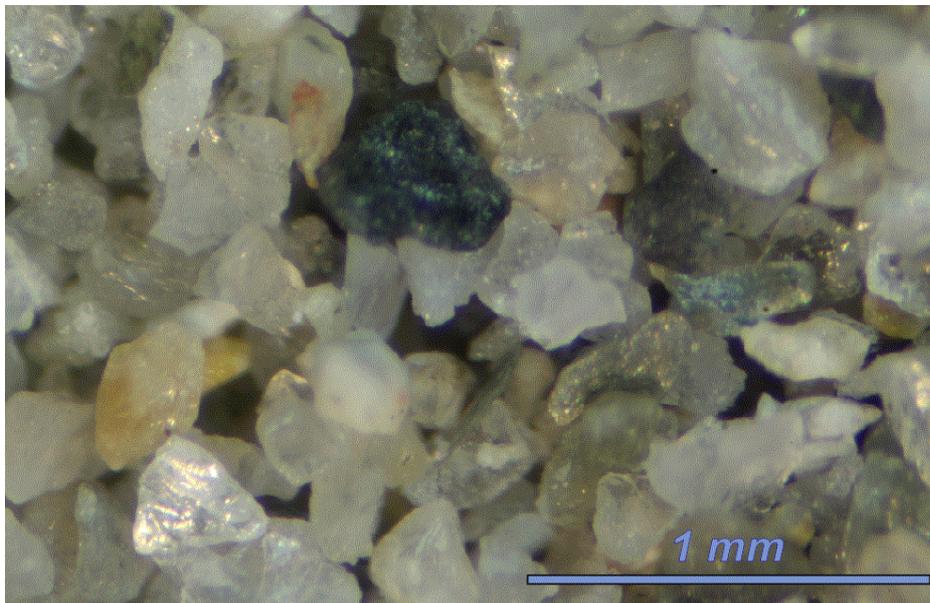


Fig. 25 – Campione C28 (Ingrandimento 9X).



Fig. 26 – Campione C2 (Ingrandimento 9X).

Nella figura seguente (Fig. 27) è possibile osservare una sintesi delle curve granulometriche che confermano quanto sopra esposto. Si noti l'andamento "difforme" del campione C10 che, come precedentemente indicato, è caratterizzato da un contesto sedimentologico nettamente differente.

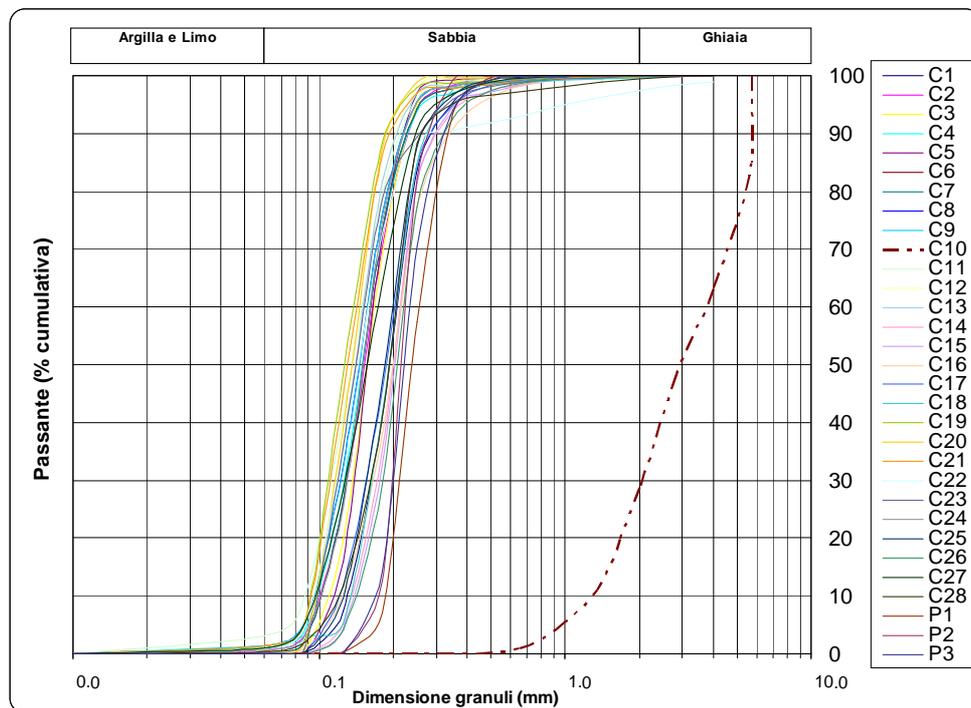


Fig. 27 – Sintesi curve granulometriche.

2.8 Analisi morfometrica della spiaggia di Foxi Manna

L'analisi morfometrica della spiaggia emersa ed intertidale di Foxi Manna è stata condotta sulla base del profilo tipo proposto da Carobene e Brambati nel 1979 (Fig. 28).

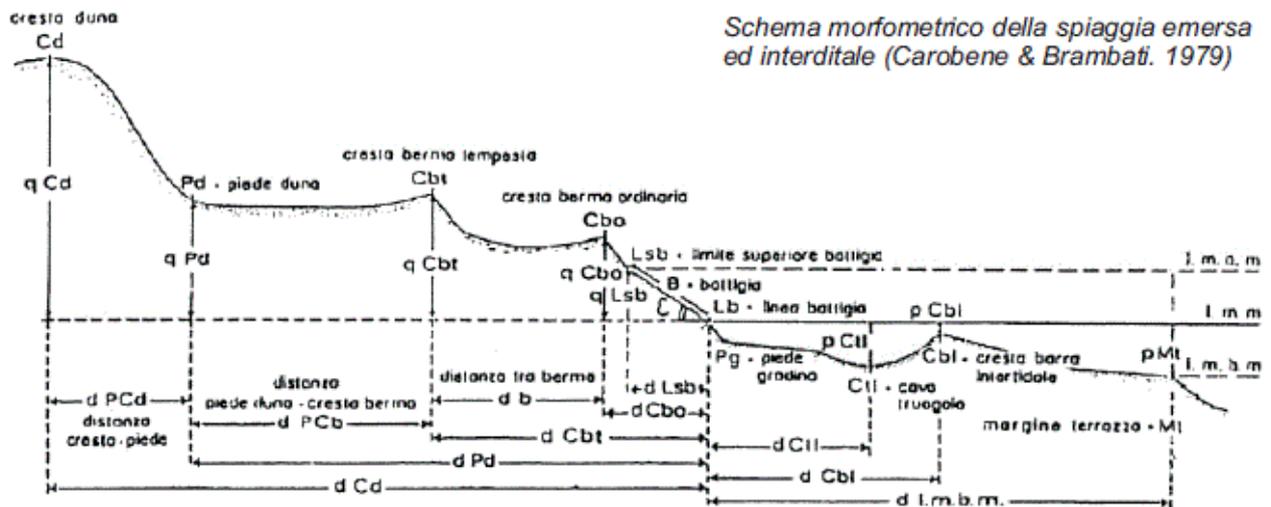


Fig. 28 – Schema morfometrico della spiaggia emersa ed intertidale (Carobene & Brambati 1979)

Al fine di descrivere l'arenile in oggetto sono state considerate 12 sezioni topografiche perpendicolari allo sviluppo longitudinale della spiaggia.

Sulla base dello studio geomorfologico dell'area vasta è stata individuata la spiaggia di Foxi Manna / Sarrala come unico ambito litorale potenzialmente sensibile a seguito di modificazioni indotte nella dinamica delle correnti litorali.

La spiaggia di Foxi Manna / Sarrala si estende per poco più di 800 metri con orientamento circa N-S e costituisce il fronte di una piccola piana alluvionale che rappresenta la colmata di una paleovalle incisa sulle litologie paleozoiche.

In particolare il sistema litorale di Foxi Manna / Sarrala è costituito da:

1) Retrospiaggia: l'arenile presenta un retrospiaggia di moderata estensione areale caratterizzato da una morfologia sub-pianeggiante. Le aree dunari sono di modesta estensione e caratterizzate dalla presenza di vegetazione.

Il settore centrale è caratterizzato dalla presenza di un'area umida a carattere strettamente stagionale che ha subito modificazioni antropiche a seguito della realizzazione delle opere di urbanizzazione. Si tratta della foce di un corso d'acqua (Rio Sa Brecca) che durante la stagione estiva, a causa della diminuzione degli apporti meteorici viene completamente isolato.

2) Spiaggia emersa: il corpo di spiaggia, è caratterizzato da sabbie fini silicoclastiche derivanti prevalentemente dal disfacimento delle litologie paleozoiche; localmente in corrispondenza della linea di riva sono presenti sedimenti più grossolani e affioramenti a substrato roccioso.

3) Spiaggia sommersa: la spiaggia sommersa è caratterizzata dalla presenza di sabbie silicoclastiche prevalentemente fini. Sia il limite settentrionale che quello meridionale è definito dalla presenza di affioramenti rocciosi.

L'analisi morfometrica della spiaggia di Foxi Manna / Sarrala è stata condotta attraverso:

1. Rilievo geologico-geomorfologico di dettaglio dell'intero sistema litorale di spiaggia;
2. Rilievo plano-altimetrico di dettaglio finalizzato alla definizione degli elementi significativi del profilo di equilibrio di spiaggia emersa e sommersa, quali cresta di berma ordinaria, gradino di spiaggia, truogolo e barra sommersa secondo quanto previsto da Carobene e Brambati (1979). I rilievi sono stati eseguiti mediante l'utilizzo di GPS in grado di acquisire dati plano-altimetrici con precisione centimetrica. In totale sono stati eseguiti 12 profili morfometrici di spiaggia; in allegato della relazione geologica si riportano i profili morfometrici acquisiti.
3. Campionamento e analisi dei sedimenti di spiaggia emersa e sommersa. In totale sono stati prelevati 31 campioni di sedimento: 3 di spiaggia emersa, 28 di spiaggia sommersa. Sui campioni di sedimento sono state effettuate analisi granulometriche e analisi mineralogiche al microscopio ottico. Per quanto concerne i risultati delle analisi di laboratorio si rimanda al relativo allegato.

2.9 Analisi sismo-stratigrafica

L'analisi dei profili sismici Sub Bottom profiler acquisiti nell'ambito del presente studio ha permesso di validare le ipotesi interpretative basate sull'analisi dei dati acquisiti con le altre metodologie.

I rilievi a mare sono stati eseguiti nel mese di dicembre 2013, per l'esecuzione degli stessi è stato utilizzato il Surveying Vessel denominato "TRER".

Lo scopo dell'utilizzo di tale strumentazione è stato quello di utilizzare una tecnologia che permettesse di penetrare all'interno dei sedimenti in modo tale da poter ricostruire le sequenze litostratigrafiche ed eventualmente identificare delle anomalie che potessero ricondurre alla presenza di oggetti sepolti.

Il principio di funzionamento è basato sulla differente velocità di propagazione delle onde acustiche all'interno dei materiali attraversati, maggiore la velocità più marcata risulterà la risposta acustica.

L'impulso acustico trasmesso, in corrispondenza di una discontinuità nelle proprietà elastiche del materiale, viene riflesso e ricevuto dal trasduttore che lo invia a sua volta tramite l'unità hardware al programma di visualizzazione nel laptop collegato.

I dati di sismica a riflessione forniti dalla sorgente Sub-bottom profiler sono ad altissima risoluzione pertanto tale strumento risulta particolarmente indicato per questo tipo di lavori.

Penetrazione e riflessione dipendono dalle proprietà fisiche del materiale attraversato e dalla potenza/frequenza del segnale trasmesso.

Per penetrazione sismica si intende la massima profondità a cui è possibile rilevare una riflessione. Essa è direttamente proporzionale all'energia della sorgente e inversamente proporzionale alla frequenza.

Quindi, in funzione dell'energia del segnale sismico, dello spettro di frequenza generato e della lunghezza dell'impulso, è possibile variare la penetrazione e la risoluzione delle prospezioni sismiche in funzione dei fini che ci si propone.

Generalmente la capacità di penetrazione può arrivare anche a 20-30 m in sedimenti limoso argillosi e può anche raggiungere una risoluzione centimetrica, di contro nei materiali grossolani ed in presenza di fitta vegetazione può risultare limitata, la presenza di un basamento consolidato ne impedisce la penetrazione (sordo acustico).

L'interpretazione sismostratigrafica si effettua a partire dall'individuazione delle unità sismiche (che generalmente corrispondono a corpi geologici omogenei) le quali, sono delimitate da orizzonti sismici significativi.

Le principali caratteristiche delle unità sismiche che vengono prese in considerazione sono:

- geometria esterna;
- geometria dei riflettori interni;
- facies acustica (trasparenza) ossia la capacità dei sedimenti di lasciarsi attraversare dalle onde acustiche senza dar luogo a riflessioni, o altrimenti, le caratteristiche (continuità e ampiezza) dei riflettori interni.

Durante le fasi interpretative si è tenuta particolare attenzione ad alcuni effetti che possono condurre ad interpretazioni errate quali

- Riflessioni multiple: disturbo dovuto a riflessioni ripetute del segnale sismico, in genere la multipla principale, che arriva con un ritardo pari alla profondità del fondo del mare, è quella relativa a tutta la serie di riflessioni primarie che giunge all'apparato ricevente dopo essere stata riflessa una volta dall'interfaccia acqua/sedimento. Nella registrazione sismica, le riflessioni multiple, possono essere facilmente individuate in quanto seguono un andamento circa parallelo alle tracce sismiche relative al substrato, ad una distanza corrispondente alla colonna d'acqua. Altro aspetto che contraddistingue le riflessioni multiple è dato dall'esagerazione verticale delle caratteristiche di irregolarità del fondo.
- Riflessioni dovute alla superficie d'acqua: dato dal disturbo provocato dalla riflessione delle onde sismiche da parte della superficie dell'acqua. Tale fenomeno si verifica nei primi metri della colonna d'acqua e assume particolare importanza nelle aree caratterizzate da bassi fondali.
- Ringing: disturbo nella segnatura della riflessione, dovuta ad assorbimento e risonanza dell'impulso elettrico e alla non singolarità dell'impulso emesso dalla fonte energizzante. Sulle registrazioni sismiche si riconosce in quanto tutte le superfici riflettenti si manifestano come una serie di impulsi la cui interdistanza resta costante

L'interpretazione dei dati sismo-stratigrafici è stata eseguita sulla base dei rilievi di superficie che ne hanno permesso un'analisi altamente attendibile, tale interpretazione non è di contro validata da dati profondi (sondaggi di taratura) pertanto la stessa presenta dei margini di errore sugli spessori dei materiali attraversati.

Nella figura di seguito riportata (Fig. 28) è possibile osservare il piano delle rotte relativo all'acquisizione dei dati Sub Bottom Profiler.

In particolare, dall'analisi dei profili sismici, è stato possibile riconoscere tre riflettori (facies sismiche) principali.

Una prima facies sismica, spesso difficilmente individuabile, è data dalla presenza di apparati vegetali della Posidonia Oceanica che ha colonizzato il substrato duro, tali elementi risultano difficilmente mappabili e di scarso interesse al fine dell'analisi sismica inoltre causano cadute del segnale per effetto dell'assorbimento e dello smorzamento dell'onda acustica.

Altra facies sismica è quella che caratterizza i depositi a sabbie fini che presentano spessori, sulla base dell'interpretazione sismica, sicuramente limitati (massimo 2 m) ma non definibili nel dettaglio per assenza di sondaggi di taratura. La risposta sismica appare chiara e trasparente (indice di grande penetrabilità dell'onda acustica), localmente si riconoscono riflettori piano paralleli indice di una modesta stratificazione.

Il riflettore più profondo è dato da un sordo acustico relativo verosimilmente alla presenza del substrato roccioso che mostra una facies sismica caotica e opaca dove non si riconoscono orizzonti definiti. Analoga risposta sismica è data dal deposito a materiali grossolani dell'area di Tesonis che non è possibile discriminare dal precedente con assoluta certezza.

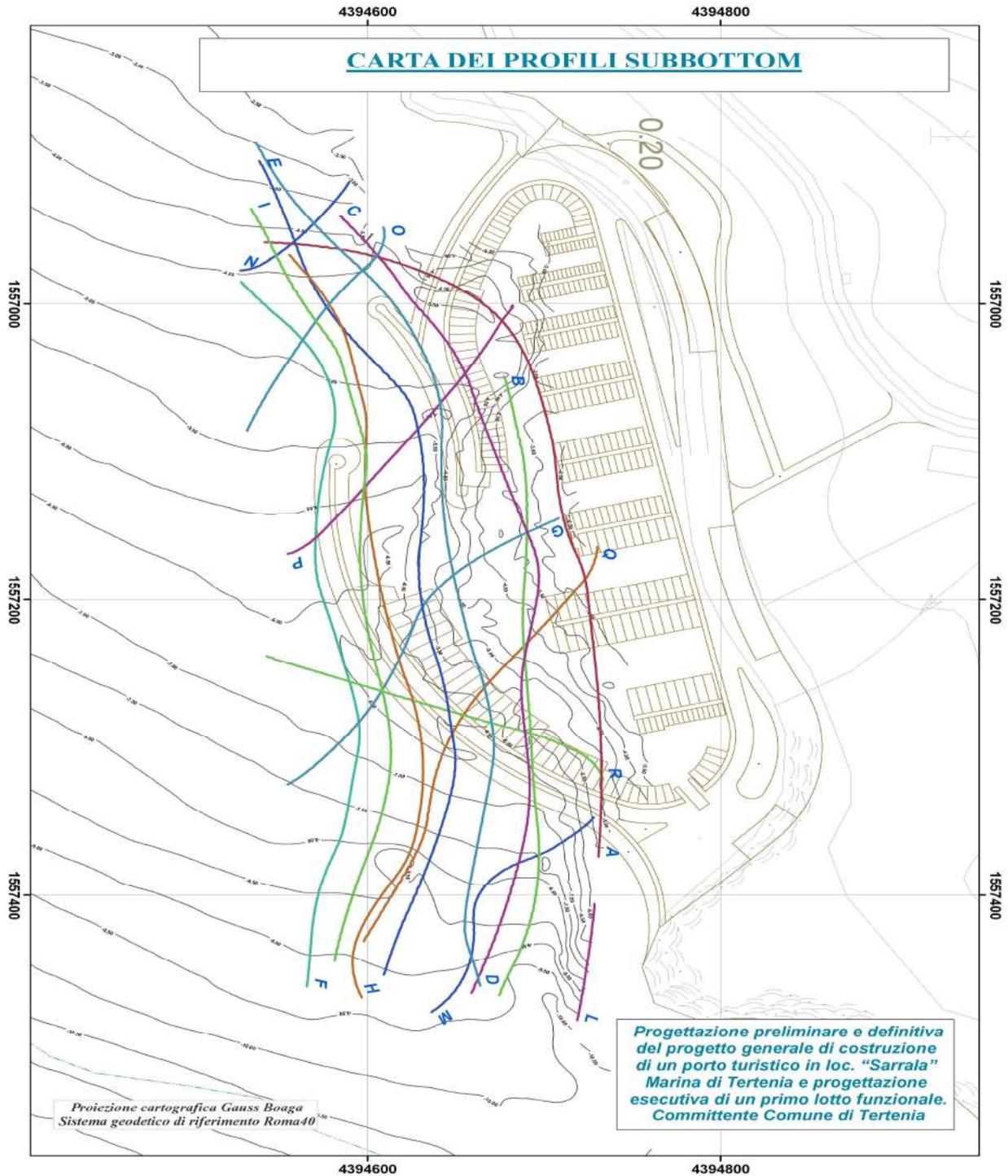


Fig. 28 – Indagine Sub Bottom Profiler – Piano delle rotte.

2.10 Analisi storica dell'evoluzione della linea di riva

L'analisi storica dell'evoluzione costiera della spiaggia di Foxi Manna (unico ambito litorale sabbioso prossimo al sito in cui verrà realizzata l'infrastruttura portuale) è stata condotta attraverso lo studio delle ortofoto acquisite dalla Regione Sardegna.

In particolare sono state utilizzate le ortofoto acquisite nel 1954, 1977, 1977, 2006 e 2008. Tutte le ortofoto presentano buone caratteristiche di risoluzione e risultano pertanto idonee all'individuazione delle rispettive linee di riva.

Per quanto riguarda la configurazione della linea di riva attuale (aprile 2014) si è fatto riferimento ai dati acquisiti durante il rilievo plano-altimetrico di supporto all'analisi morfometrica della spiaggia; tale rilievo è stato eseguito il 1 aprile 2014 attraverso l'utilizzo di un GPS geodetico a doppia frequenza in grado di restituire dati plano-altimetrici con precisione strumentale compresa tra 1 e 3 cm.

Lo studio è stato realizzato tenendo in considerazione una opportuna fascia di territorio verso l'entroterra in maniera da verificare eventuali correlazioni tra opere di urbanizzazione e mutazioni nell'evoluzione della linea di costa.

Per valutare la recente variazione della linea di costa si è scelto di utilizzare come riferimento base la linea di costa del 1954, momento in cui la spiaggia di Foxi Manna non risentiva di alcuna modificazione negli apporti sedimentari naturali indotta dalla presenza di strutture antropiche. L'analisi delle variazioni della linea di costa è stata effettuata utilizzando 4 sezioni significative dei settori di spiaggia studiati (fig 29).

Per una migliore e più rapida rappresentazione dei risultati, si riportano di seguito alcuni grafici che mostrano la tendenza evolutiva della linea di riva a partire dal 1954 al 2014, prendendo come riferimento l'attuale configurazione geomorfologica (1 aprile 2014), rispetto a 4 sezioni significative della spiaggia (figg. 30, 31, 32 e 33). In ordinata si riportano i valori espressi in metri di avanzamento (valori positivi) e arretramento (valori negativi), rispetto alla linea di riferimento; in ascissa si riportano gli anni considerati. In verde si evidenziano gli avanzamenti mentre in rosso gli arretramenti registrati rispetto alla linea di riva "aprile 2014".



Figura 29 – Ortofoto RAS con sovrapposizione delle linee di riva dal 1954 al 2014.

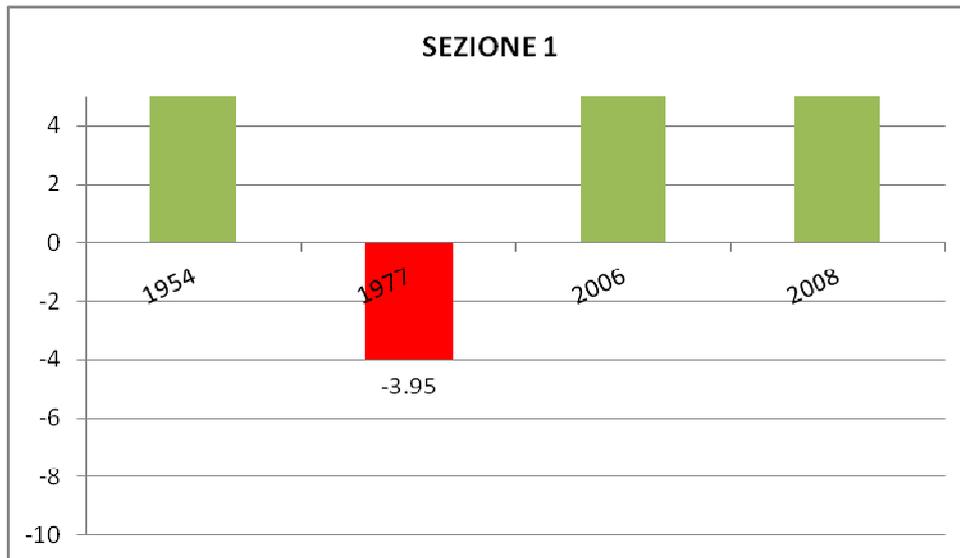


Figura 30 - Rappresentazione degli avanzamenti e/o arretramenti in corrispondenza della sezioni n° 1 riferiti all'attuale linea di riva rilevata il 1 ottobre 2014. La linea di riva attuale si trova in posizione avanzata rispetto a tutti alle linee di riva storiche ad eccezione della linea di riva del 1977, posta 3.95 metri verso mare.

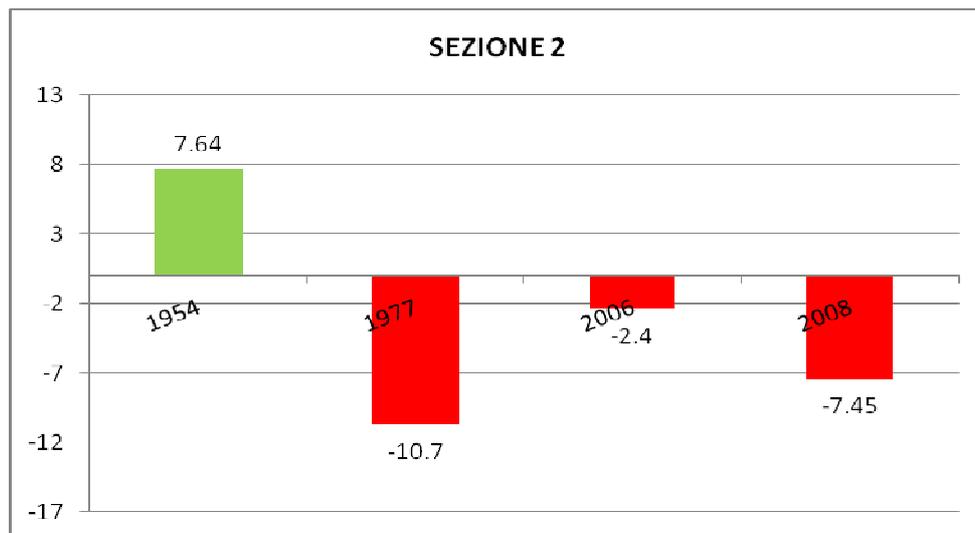


Figura 31 - Rappresentazione degli avanzamenti e/o arretramenti in corrispondenza della sezione n° 2 riferiti all'attuale linea di riva rilevata il 1 ottobre 2014. In questo settore di spiaggia la linea di riva è in posizione avanzata rispetto al 1954 (7.94 metri) ma appare arretrata rispetto agli altri anni considerati.

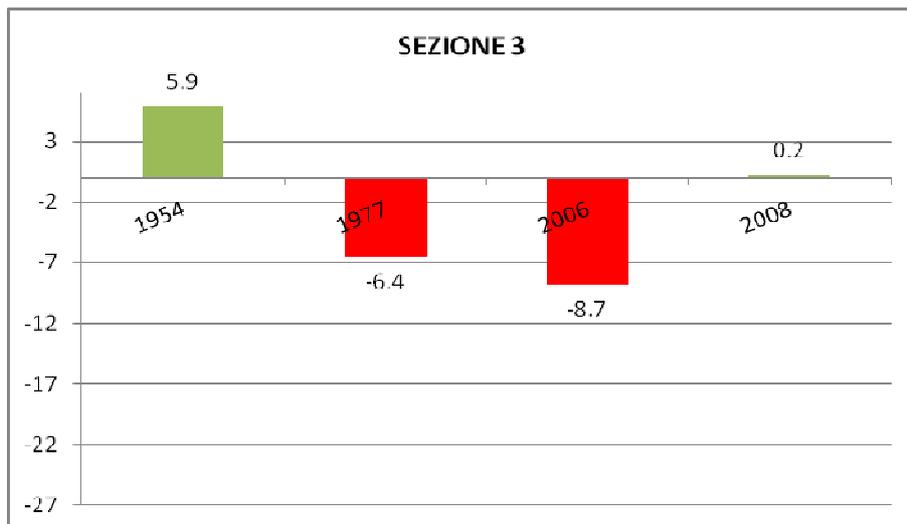


Figura 32 - Rappresentazione degli avanzamenti e/o arretramenti in corrispondenza della sezioni n° 3 riferiti all'attuale linea di riva rilevata il 1 ottobre 2014. In questo settore di spiaggia la linea di riva è in posizione avanzata rispetto al 1954 (5.9 metri) e al 2008 (0.2 metri) ma appare arretrata rispetto al 1977 e al 2006.

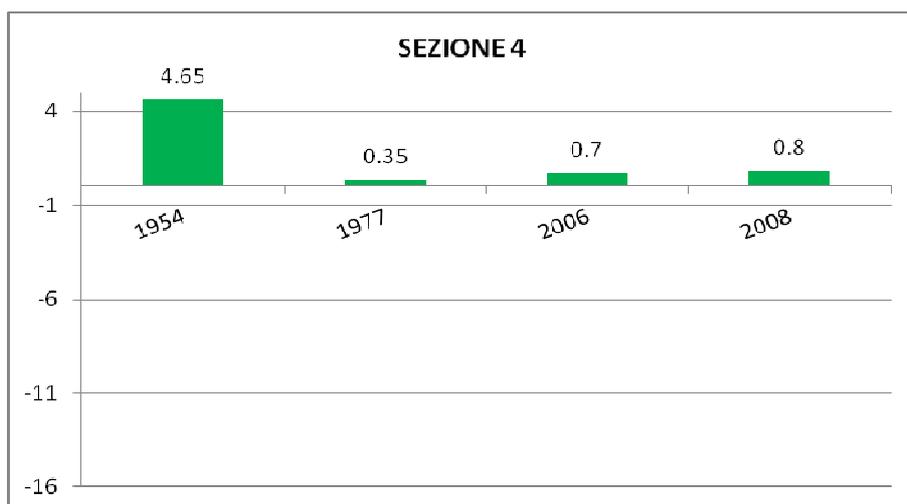


Figura 33 - Rappresentazione degli avanzamenti e/o arretramenti in corrispondenza della sezioni n° 4 riferiti all'attuale linea di riva rilevata il 1 ottobre 2014. In questo settore di spiaggia la linea di riva è in posizione avanzata rispetto a tutti gli anni considerati.

Di seguito si riporta la sintesi dei risultati dell'analisi storica:

- **dal 1954 al 1977:** in questo intervallo temporale è stato rilevato un importante avanzamento della linea di riva che interessa tutto il sistema di spiaggia; i valori di avanzamento sono compresi tra 15 metri e 20 metri. Relativamente a questo periodo le uniche opere di urbanizzazione di nuova costruzione sono rappresentate da strutture residenziali, realizzati nei limiti più settentrionale e meridionale della spiaggia.
- **dal 1977 al 2006:** tra il 1977 e il 2006 è stato rilevato un arretramento della linea di riva che interessa il settore più a nord della spiaggia; il valore massimo dell'arretramento raggiunge i 15 metri. Nel settore meridionale della spiaggia non si rilevano modifiche sostanziale nella posizione della linea di riva. Tali variazioni potrebbero essere correlabili con modifiche negli apporti sedimentari connessi con le modificazioni antropiche (modifica dell'area di retrospiaggia attraverso la realizzazione di strutture residenziali).
- **dal 2006 al 2008:** in questo intervallo temporale non si rilevano importanti variazioni nella linea di riva; i lievi arretramenti che interessano alcuni settori sono compensati da avanzamenti che interessano aree di estensione comparabile. Tali modifiche possono essere messe in relazione con la dominanza di eventi meteomarini dal primo e secondo quadrante e alle conseguenti correnti di deriva litorale che inducono lievi migrazioni dello stock sedimentario di spiaggia.
- **dal 2008 al 2014:** analogamente a quanto rilevato nell'intervallo temporale compreso tra il 2006 ed il 2008, non si rilevano importanti variazioni nella linea di riva; i lievi arretramenti che interessano alcuni settori sono compensati da avanzamenti che interessano aree di estensione comparabile. Tali modifiche possono essere messe in relazione con la dominanza di eventi meteomarini dal primo e secondo quadrante e alle conseguenti correnti di deriva litorale che inducono lievi migrazioni dello stock sedimentario di spiaggia.

Dall'analisi storica dell'evoluzione costiera è emerso che il sistema di Foxi Manna (Sarrala), caratterizzato da estensione longitudinale di 850 metri e con orientamento N-S, ha subito importanti fenomeni di arretramento della linea di riva concentrati prevalentemente nell'intervallo temporale compreso tra il 1977 (momento in cui

nell'area di retrospiaggia occidentale sono state realizzate le prime opere di urbanizzazione) e i primi anni 2000.

Dal 2006 ad oggi non è stata rilevata alcuna criticità nell'arretramento della linea di costa: gli arretramenti che interessano alcuni settori della spiaggia, compensati da rispettivi avanzamenti in altri settori, sono prevalentemente da mettere in relazione con la dominanza degli eventi meteomarini per l'intervallo temporale considerato; tali eventi infatti sono connessi con correnti di deriva litorale in grado di consentire la migrazione parziale dei sedimenti di avanspiaggia e di spiaggia sommersa.

È importante sottolineare che le ortofoto utilizzate nel presente studio sono state acquisite durante stagioni differenti per cui lievi variazioni nella posizione della linea di costa (nell'ordine dei pochi metri) diventano trascurabili se considerate singolarmente e non in un significativo intervallo temporale.

Complessivamente, riferendo le misure alla linea di costa del 1977 (anno in cui la spiaggia presentava estensione massima), è stato rilevato un arretramento massimo di 20 metri che interessa esclusivamente il settore settentrionale della spiaggia e una situazione pressoché invariata per il settore meridionale.

Nelle figure che seguono, si riportano le ortofoto utilizzate per l'analisi storica dell'evoluzione della linea di costa.

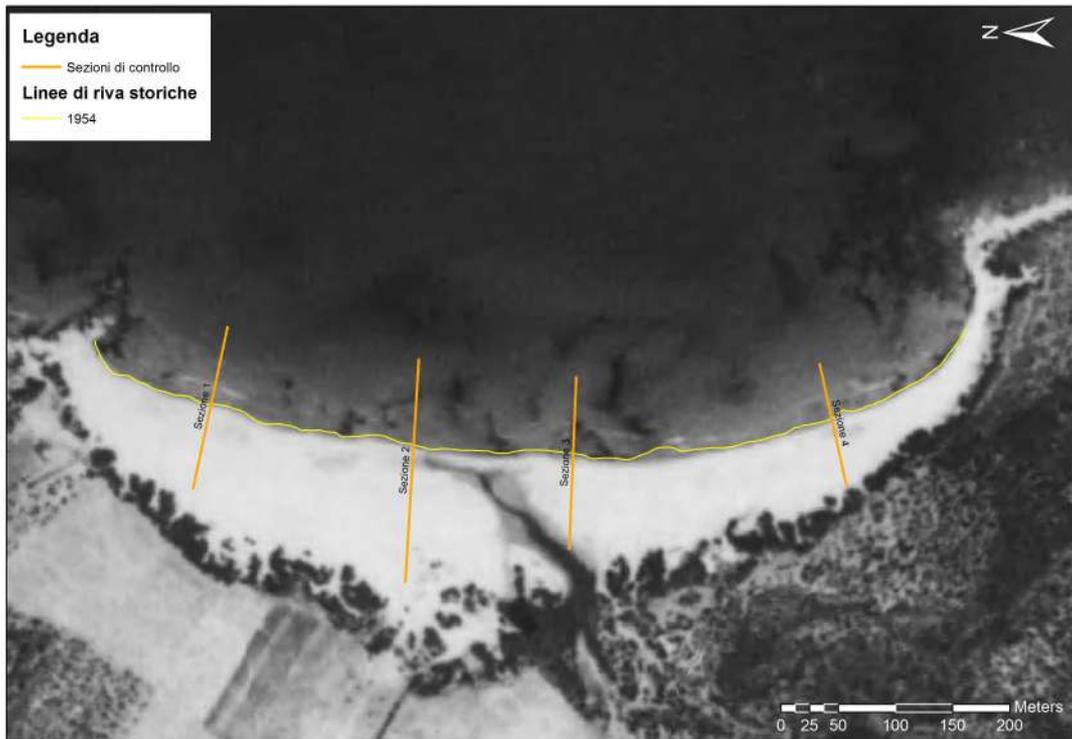


Figura 34 – Ortofoto Regione Sardegna acquisita nel 1954; in giallo la relativa linea di riva.

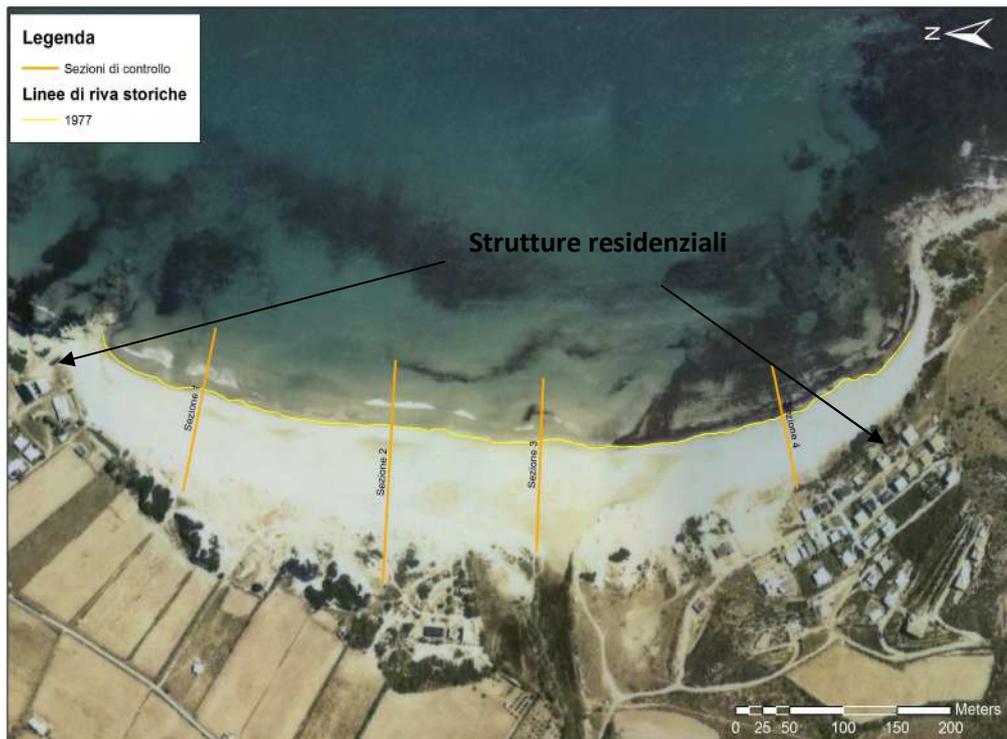


Figura 35 – Ortofoto Regione Sardegna acquisita nel 1977; in giallo la relativa linea di riva.



Figura 36– Ortofoto Regione Sardegna acquisita nel 2006; in giallo la relativa linea di riva.



Figura 37 – Ortofoto Regione Sardegna acquisita nel 2008; in giallo la relativa linea di riva.



Figura 38 – Ortofoto RAS 2008; in arancio la linea di riva attuale rilevata con GPS geodetico (aprile 2014).

2.11 Vincoli Ambientali

Come indicato nello studio preliminare ambientale, sotto il profilo della classificazione paesaggistica, il tratto di litorale nel quale è prevista la realizzazione del porto è contenuta all'interno della "Fascia costiera", ai sensi degli art. 8, 17, 18, 19, e 20 delle Norme di Attuazione del PPR.

L'area della struttura portuale a terra ricade nel bene paesaggistico ambientale "Campi dunari e sistemi di spiaggia" (art. 17, 18) e fanno parte nelle componenti di paesaggio con valenza ambientale "Aree naturali subnaturali – macchia, dune e aree umide" (art. 22, 23, 24).

La parte più prossima a Punta is Ebbas ricade inoltre all'interno dell' area di interesse naturalistico istituzionalmente tutelate Riserva Naturale "Monte Ferru di Tertenia" (art. 33, 36). A meno di 100 m dalla prevista struttura portuale è inoltre presente il SIC ITB020015 "Area del Monte Ferru di Tertenia".

Il complesso di Tesonis è inquadrato all'interno del PPR all'interno dell'Assetto Insediativo come "Insediamenti Turistici" (art. 88, 89, 90).

Non sono presenti elementi paesaggistici relativi al "Assetto storico culturale".

Sulla base delle classificazioni indicate sopra, il progetto è soggetto ad autorizzazione paesaggistica.

Lo strumento urbanistico vigente per il Comune di Tertenia è il PRG approvato con decreto reg. n° 338/U del 30.04.1979 e aggiornato il 29/11/2012. Secondo tale strumento, l'area di intervento è classificata come "Zona F – Insediamenti turistici".

Nel dettaglio, il PRG prevede già al suo interno la realizzazione di strutture a terra finalizzate a garantire dei servizi diportistici.

In riferimento al Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico della Regione Sardegna (P.A.I.) l'area di interesse ricade all'interno del Sub bacino 6 Sud – Orientale ed è stata oggetto di un "Approfondimento e studio di dettaglio del quadro conoscitivo dei fenomeni di dissesto idrogeologico - parte frane" (variante adottata con deliberazione del Comitato istituzionale dell'Autorità di Bacino n. 2 del 25.02.2010).

Secondo tale studio la fascia costiera a ridosso dell'opera portuale in progetto (Fig. 39) risulta essere mappata come area a pericolosità Hg1 ovvero aree con pericolosità assente o moderata e con pendenze comprese tra il 20% e il 35% con copertura boschiva limitata o assente; aree con copertura boschiva con pendenze > 35%.

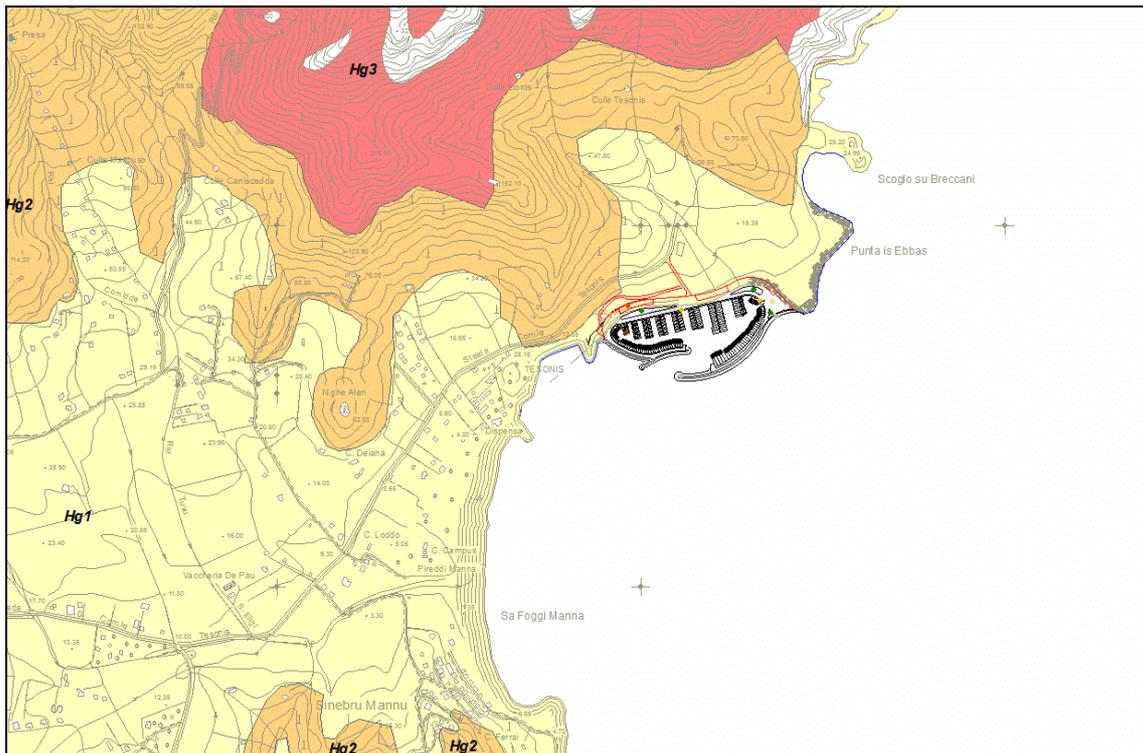


Figura 39 – Mappatura della pericolosità da frana (Piano stralcio Assetto Idrogeologico P.A.I. - Regione Sardegna) .

Come mostrato nelle figure seguenti (Figg. 40, 41, 42 e 43) l'area è stata classificata come soggetta a fenomeni di instabilità gravitativa potenziale moderata.

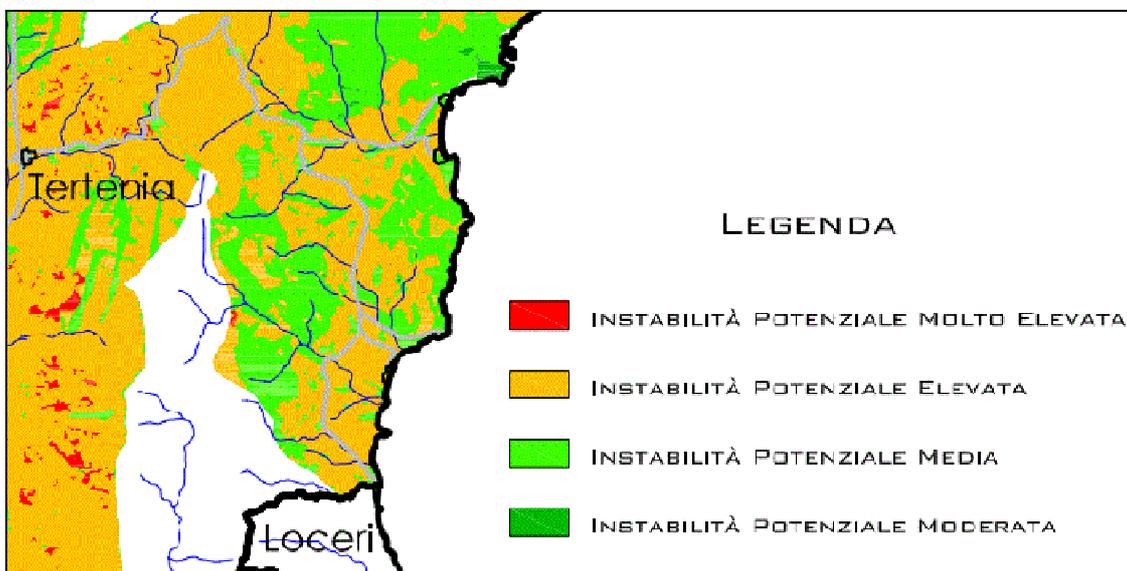


Figura 40 – Carta dell'instabilità potenziale Tav B6_Tertenia_4_1 Sud 8 (Piano stralcio Assetto Idrogeologico P.A.I. - Regione Sardegna) .

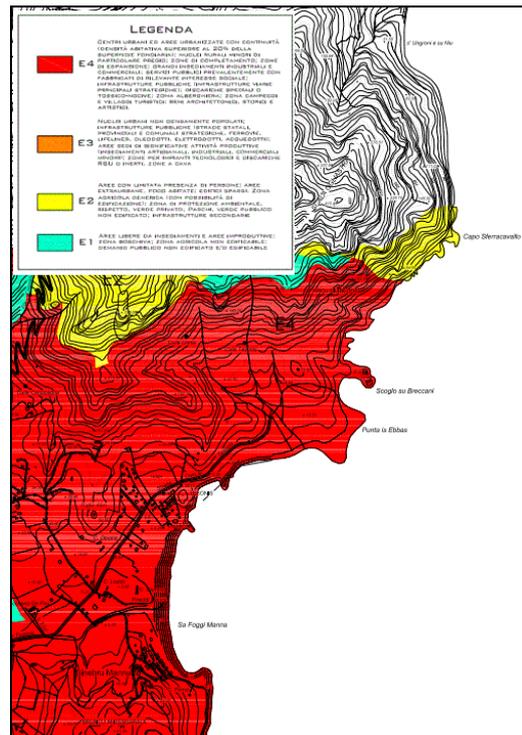


Figura 41 – Carta degli elementi a rischio Tav B6_Tertenia_4_EGAO 13 Comune di Tertenia Sub Bacino 6 Sud Orientale (Piano stralcio Assetto Idrogeologico P.A.I. - Regione Sardegna) .

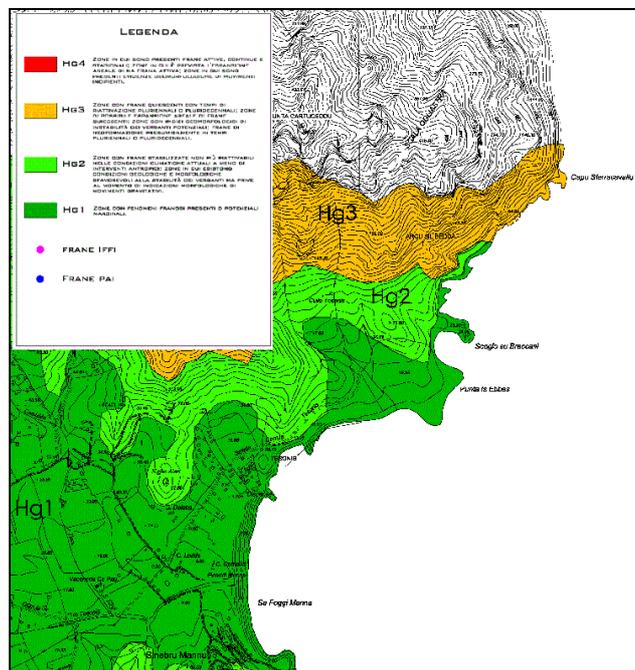


Figura 41 – Carta delle aree di pericolosità di frana Tav B6_Tertenia_5_HGAObis 13 Comune di Tertenia Sub Bacino 6 Sud Orientale (Piano stralcio Assetto Idrogeologico P.A.I. - Regione Sardegna) .

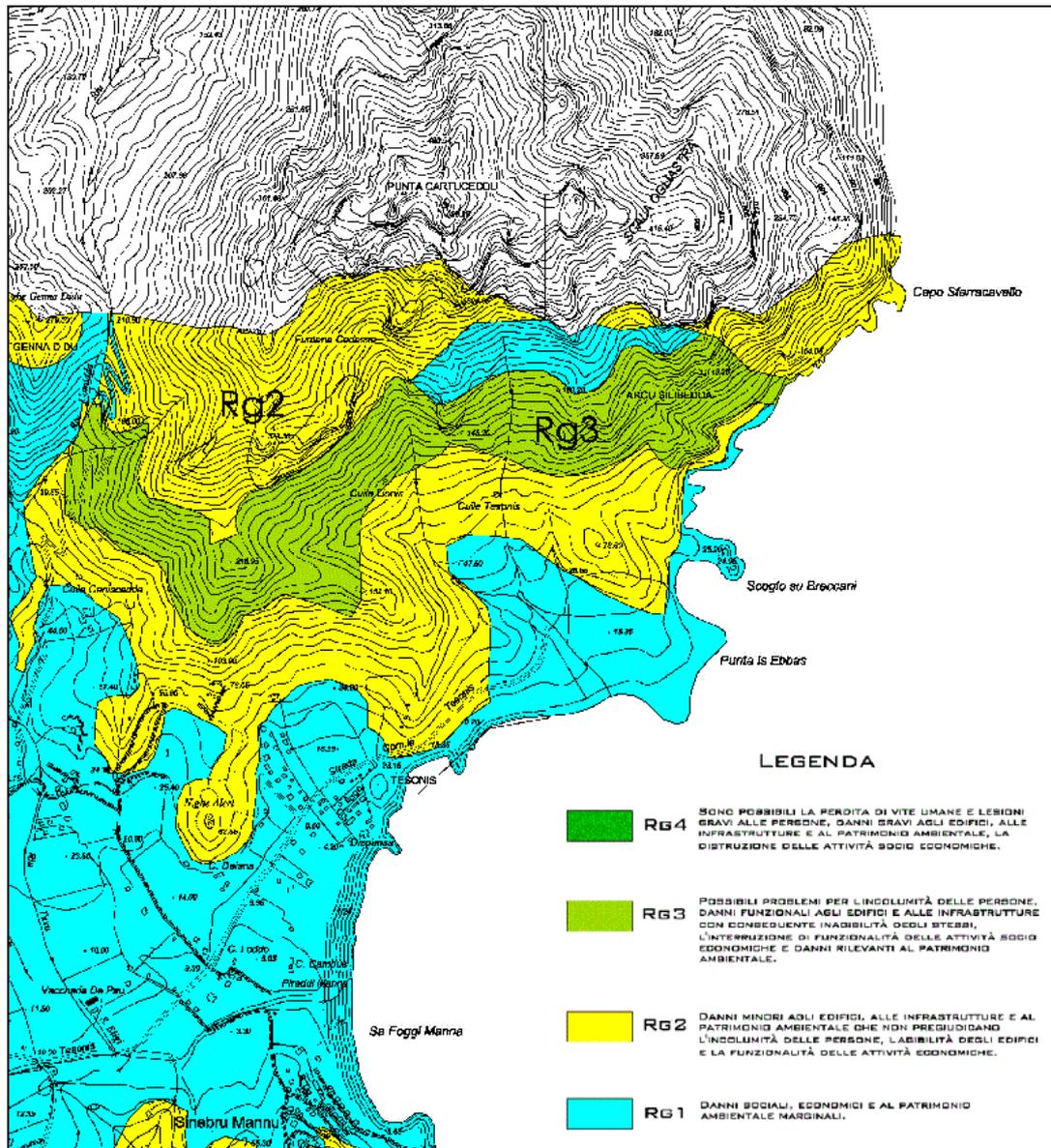


Figura 42 – Carta delle aree di pericolosità di frana Tav B6_Tertenia_5_RGAREv 13 Comune di Tertenia Sub Bacino 6 Sud Orientale (Piano stralcio Assetto Idrogeologico P.A.I. - Regione Sardegna) .

In relazione alla vulnerabilità del territorio l'intera area è inquadrata in classe E4 (Centri urbani ed aree urbanizzate con continuità; nuclei rurali minori di particolare pregio; zone di completamento; zone di espansione; grandi insediamenti industriali e commerciali; servizi pubblici prevalentemente con fabbricati di rilevante interesse sociale; aree con limitata presenza di persone; aree extraurbane poco abitate; edifici sparsi; nuclei urbani non densamente popolati; aree sedi di significative attività produttive (insediamenti artigianali, industriali, commerciali minori); Zona discarica rifiuti speciali o tossico nocivi; Zona impianti industriali ad elevato rischio potenziale; Aree di intensa frequentazione turistica (zone residenziali estive,

alberghiere; zone campeggi e villaggi turistici, spiagge e siti balneari, centri visita etc.); Beni architettonici, storici e artistici; Infrastrutture pubbliche strategiche (strade statali); Porti vari, aeroporti, stazioni).

Pertanto la classe di rischio assegnata all'area di nostro interesse è la Rg1 per la quale sono previsti danni sociali, economici e al patrimonio ambientale di tipo marginale.

2.12 Monitoraggio

Il monitoraggio è un elemento essenziale sia nella progettazione che nella gestione di qualunque intervento e questo è ancor più vero quando ci si trova di fronte a progetti i cui fattori di rischio non sono legati solo alla loro realizzazione ma anche e soprattutto al loro funzionamento, come nel caso delle opere di ingegneria portuale.

Le attività di monitoraggio proposte tengono conto dell'esigenza di protezione dei settori litorali e quindi sono state pensate sia per fornire ulteriori informazioni da usare nelle successive fasi progettuali che per analizzare gli eventuali effetti indotti dalla realizzazione delle opere previste in progetto negli anni successivi alla messa in opera.

Il metodo di controllo ormai universalmente accettato come il migliore per valutare gli impatti di un intervento è il BACI (Before-After/Control-Impact) (es. Anderson et al. 1999).

In sintesi esso si basa sulla valutazione dello stato delle risorse prima (Before) e dopo (After) l'intervento, confrontando l'area soggetta alla pressione (Impact) con siti in cui questo non avviene (Control).

Quindi, una sintesi del protocollo di studio degli eventuali impatti indotti dalla realizzazione dell'opera in progetto sui settori litorali con particolare riferimento alla spiaggia di Foxi Manna - Sarrala, è la seguente:

- Rilievo morfotopografico e plano-altimetrico di dettaglio del corpo deposizionale di spiaggia emersa mediante l'utilizzo di GPS geodetico a doppia frequenza con lo scopo di individuare gli elementi significativi del profilo di equilibrio di spiaggia (cresta di berma ordinaria cBo, cresta di berma di tempesta cBt, ecc con particolare riferimento al monitoraggio della linea di riva;
- Rilievo morfotopografico e plano-batimetrico di dettaglio del corpo deposizionale di spiaggia sommersa mediante la realizzazione di un rilievo batimetrico single-beam (o multi beam) con lo scopo di individuare gli elementi morfologici significativi quali gradino, truogolo e barra;
- Rilievo mediante indagine diretta in immersione e prelievo di campioni di sedimento superficiale;
- Monitoraggio dei parametri sedimentologici di spiaggia emersa e sommersa attraverso analisi di laboratorio: analisi granulometriche (mediante vibrovagliatura a $\frac{1}{2}$ f) e mineralogiche (mediante osservazioni al microscopio ottico) sui campioni prelevati in maniera da controllare la distribuzione e la migrazione dei sedimenti del corpo di spiaggia;

Il monitoraggio della spiaggia dovrà avere cadenza di rilevamento stagionale, per una durata di almeno cinque anni dalla realizzazione delle opere previste in progetto.

3 - CONCLUSIONI

In merito allo studio geologico trattato e sulla base dell'esperienza derivante dalla pratica professionale, è emerso un quadro cognitivo completo. Lo studio geologico esposto nel presente lavoro ha fornito elementi essenziali per le analisi tecniche di dettaglio esposte nelle relazioni specialistiche facenti parte integrante del presente lavoro.

Il presente studio geologico-geomorfologico ha consentito di definire:

- a. l'unità fisiografica all'interno della quale si inseriscono 3 subunità minori;
- b. l'inquadramento geologico di dettaglio dei settori litorali emersi mediante rilievo a terra e sommersi mediante indagini dirette in immersione;
- c. l'analisi storica, per un intervallo temporale significativo, dell'evoluzione della linea di costa e di una opportuna fascia di territorio verso l'interno;
- d. l'assetto batimetrico della sub-unità fisiografica all'interno della quale ricadono le opere previste in progetto con lo scopo di restituire la morfologia del settore marino e pericostiero e implementare la banca dati necessaria all'elaborazione delle simulazioni modellistiche relative alle modificazioni delle dinamiche litorali;
- e. gli aspetti tessiturali e compositivi dei sedimenti attraverso il prelievo e l'analisi di campioni del corpo di spiaggia a emersa e sommersa di Foxi Manna / Sarrala;
- f. la restituzione cartografica di dettaglio dei fondali in scala 1:5000 atta a definire la distribuzione delle facies a sedimenti incoerenti e dei substrati rocciosi e delle biocenosi a fanerogame marine in un ambito areale significativo;
- g. i profili morfologici di dettaglio degli ambiti litorali indagati;
- h. che i livelli superficiali sono caratterizzati da variabilità in caratteristiche e spessore e che gli stessi si impostano su un substrato paleozoico spesso affiorante;
- i. un programma di monitoraggio multitemporale dei parametri sedimentologici e morfometrici per i settori interessati dalla realizzazione delle opere previste in progetto.

In definitiva, esaminati gli aspetti geologici, geomorfologici, idrogeologici e ambientali, non si ravvisano particolari controindicazioni alla realizzazione dell'opera in progetto.

Senorbi, maggio 2014

Il Professionista