

# COMUNE DI ARZACHENA



## Consorzio Cala del Faro

PROGETTO DI RIQUALIFICAZIONE AMBIENTALE E TURISTICA DELLA  
SPIAGGIA DI CALA DEL FARO AD ARZACHENA, MEDIANTE RIPASCIMENTO

### STUDIO PRELIMINARE AMBIENTALE

*ai sensi della DGR 11/75 del 24/03/2021*

ELABORATO

## 1.1\_R

*id elaborato.revisione\_Tipo Elaborato*

*Aprile 2023*

IL PROGETTISTA  
ING. GAVINO BRAU



IL PROGETTISTA  
GEOL. ALESSANDRO MUSCAS

**Lithos**  
Geologia Tecnica ed Ambientale

Comune di Arzachena

Progetto di riqualificazione ambientale e turistica della spiaggia di Cala del Faro  
ad Arzachena, mediante ripascimento

Committente:

Consorzio Cala del Faro

**Studio preliminare Ambientale**

ai sensi della D.G.R. 11/75 del 24/03/2021

## Sommario

<b>1 PREMESSA.....</b>	<b>4</b>
<b>2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO DELL'AREA .....</b>	<b>5</b>
<b>3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO .....</b>	<b>7</b>
3.1 ASSETTO GEOLOGICO.....	7
3.2 ASSETTO GEOMORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO .....	9
<b>4 VINCOLISTICA .....</b>	<b>12</b>
<b>5 CARATTERISTICHE DELL'AREA DI INTERVENTO.....</b>	<b>14</b>
5.1 ASPETTI MORFOLOGICI E DI ESPOSIZIONE .....	14
<b>6 INTERVENTI IN PROGETTO (RIPASCIMENTO).....</b>	<b>19</b>
6.1 PRESCRIZIONI OPERATIVE .....	23
<b>7 ASPETTI AMBIENTALI – VALUTAZIONE Interferenze/impatti.....</b>	<b>24</b>
<b>8 INTERVENTI DI MITIGAZIONE .....</b>	<b>26</b>
<b>9 CONCLUSIONI.....</b>	<b>28</b>

## 1 PREMESSA

Il Consorzio Cala del Faro, gestore dell'omonimo condominio, con lo scopo di migliorare la fruizione della spiaggetta di Cala del Faro da parte dei numerosi turisti che nella stagione estiva affollano il litorale, ha realizzato nel 2016 un intervento di ripascimento e intende, ora, integrare parte della sabbia persa negli ultimi anni - a causa dell'erosione - e ripristinare il profilo della spiaggia, in modo da coprire con la stessa anche alcune incisioni lineari formatesi a causa di importanti eventi pluviometrici verificatisi nella stagione autunnale-invernale, che hanno esposto parte della porzione sottostante della spiaggia stessa, costituita da ciottoli e clasti anche a spigolo vivo.

Il presente elaborato costituisce lo Studio Preliminare Ambientale (di seguito S.P.A.) redatto ai sensi dell'All. B3 del D.G.R. 11/75 del 24/03/2021 e si articola nelle seguenti sezioni:

- descrizione dell'area di studio,
- descrizione degli interventi in progetto,
- valutazione di tutti i possibili effetti degli interventi in progetto sulle matrici ambientali.

Nello specifico, lo studio tende ad esprimere, attraverso un'indagine geologica, morfologica, idrogeologica, climatica e delle dinamiche marine, una valutazione sulle cause che determinano il problema di cui sopra, nonché sulla natura e idoneità dell'intervento proposto. Si sono inoltre eseguite delle ricerche allo scopo di rinvenire materiali sabbiosi che fossero idonei, sia dal punto di vista granulometrico, compositivo ed ambientale, ad essere inseriti, in quanto perfettamente compatibili, nel contesto ambientale in esame. Relativamente alla metodologia, lo studio è stato condotto sulla base del rilevamento geologico e strutturale sul terreno, completato mediante rilievo topografico e foto interpretazione (sia aerea multi-temporale che da drone); si è inoltre fatto riferimento a studi precedentemente eseguiti nell'area in oggetto nonché alla letteratura geologica ufficiale, coperta in tale settore anche dalla nuova Cartografia CARG. Lo studio si è avvalso inoltre di analisi di laboratorio ambientali e granulometriche al fine di ottenere utili ed obiettive indicazioni sui materiali proposti ad essere impiegati per la realizzazione del progetto.

## 2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO DELL'AREA

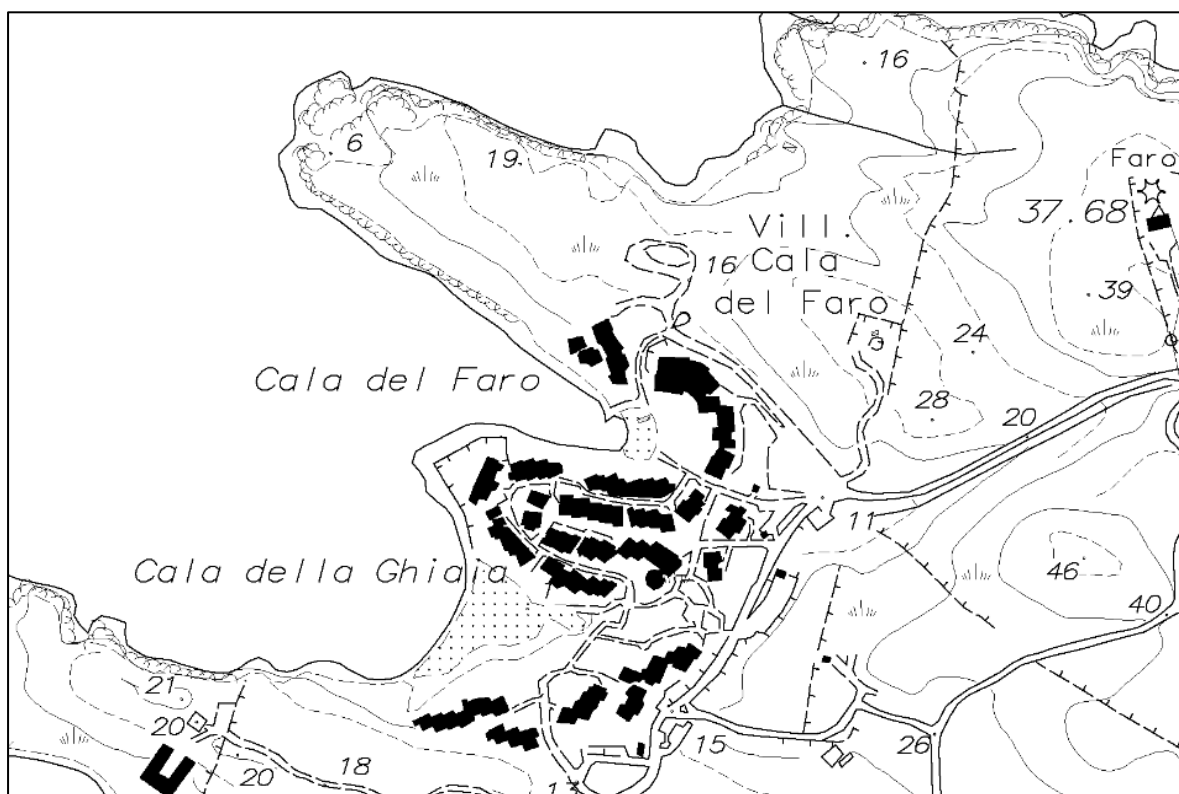
La spiaggia di Cala del Faro, oggetto del presente studio, ricade nella sub-regione della Gallura, all'interno del territorio comunale di Arzachena e si colloca a circa 13,5 km a NE dal centro abitato, nel versante occidentale del piccolo promontorio di Capo Ferro. L'area della spiaggia ricade in parte all'interno della proprietà del Consorzio omonimo e in parte in area demaniale.

Dal punto di vista cartografico l'area è inquadrata nel Foglio 428, Sezione I "Porto Cervo" della Carta d'Italia, edita dall'I.G.M in scala 1:25.000, e nella sezione 428032 "Capo Ferro" della Carta Tecnica Regionale (C.T.R.) della Sardegna in scala 1:10.000.



**Figura 1** - Stralcio della carta IGM, Foglio 428, Sez. I "Porto Cervo" in scala 1:25.000 con inquadramento dell'area





**Figura 2** - Stralcio della C.T.R., Sez. 428032 "Capo Ferro" in scala 1:10.000



**Figura 3** - Visuale dell'area della spiaggia dalla battigia

### 3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

#### 3.1 ASSETTO GEOLOGICO

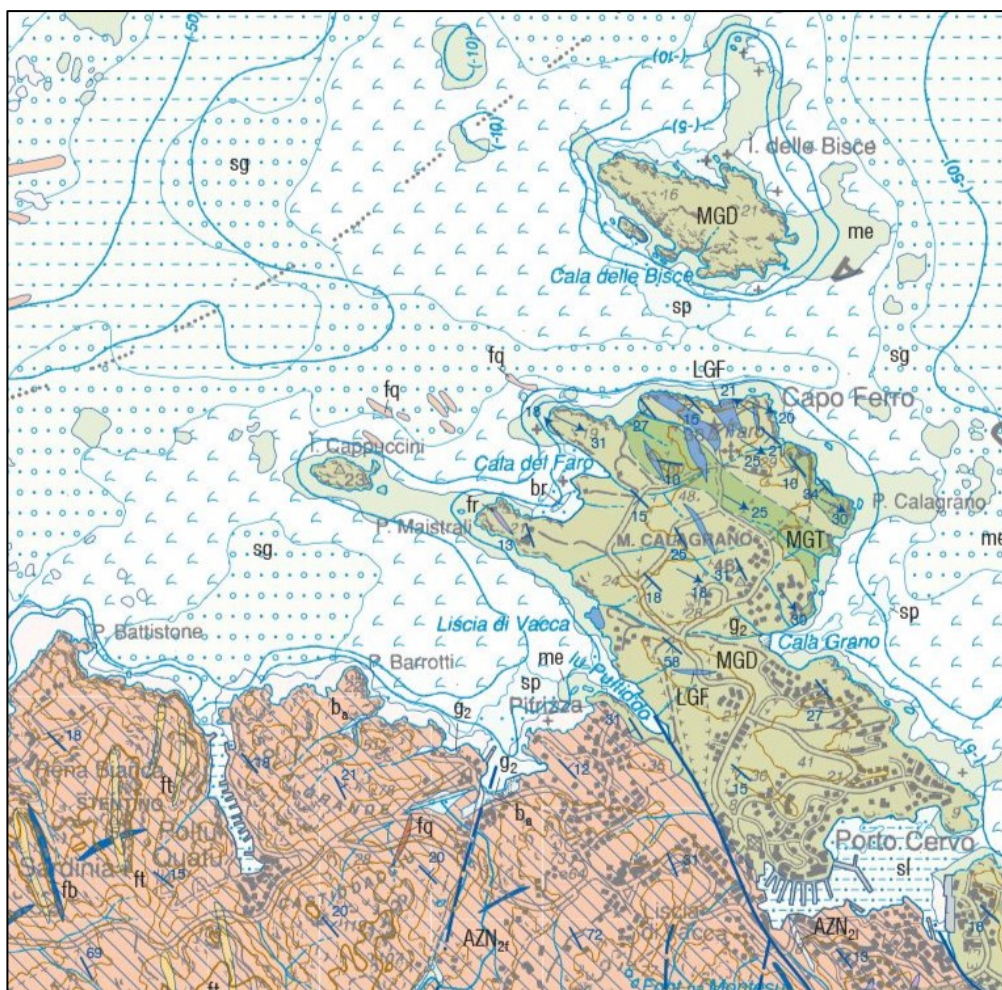
L'assetto geologico della Sardegna è caratterizzato da un basamento metamorfico paleozoico (intruso da plutoniti tardo-varisiche) e da coperture sedimentarie e vulcaniche. Durante l'Oligo-Miocene, a seguito dell'apertura del Bacino Balearico, l'intera Sardegna (congiuntamente alla Corsica) si separa dal bordo meridionale dell'Europa per posizionarsi al centro del Mediterraneo. Tale sfenocasma trasforma l'isola in un arco magmatico responsabile del primo ciclo vulcanico oligo-miocenico i cui prodotti calcareali si depongono all'interno della cosiddetta "Fossa Sarda" o "Rift Sardo", una depressione che dal Golfo dell'Asinara fino a quello di Cagliari è caratterizzata da bacini connessi tra loro da faglie di trasferimento e delimitati a ovest e a est (spesso tramite faglie dirette) da alti strutturali di basamento.

Successivamente alla messa in posto delle vulcaniti, i bacini continuano ad approfondirsi registrando così una trasgressione marina documentata dalla deposizione (in onlap sulle sequenze vulcano-sedimentarie) di una successione sedimentaria costituita da calcari litorali e sabbie, seguite da marne di ambiente marino più profondo. Tale successione sedimentaria è interrotta da una superficie erosiva. Su quest'ultima giace la sequenza deposizionale più recente che arriva fino al Tortonian-Messiniano, costituita alla base da sabbie fluvio-marine e da calcari di piattaforma interna ricchi di alghe.

Infine, un'ulteriore tettonica distensiva plio-pleistocenica è responsabile dell'ultimo ciclo vulcanico caratterizzato da un magmatismo anorogenico intraplacca con effusioni di lave perlopiù basaltiche.

Nello specifico, l'area di studio di Cala del Faro insiste sul basamento cristallino della Gallura costituito fondamentalmente da un complesso metamorfico intruso dalle plutoniti del Batolite Sardo-Corso. Nello specifico, dal punto di vista litologico, Cala del Faro è impostata sulle metamorfiti di alto grado (prevalentemente diatessi) che costituiscono il promontorio di Capo Ferro. Tali metamorfiti, intruse da mega-leucosomi, bordano il plutone di Arzachena e rappresentano la naturale propaggine del setto di basamento affiorante a sud di Palau (cfr. schema tettonico seguente). La stratigrafia "tipo" dell'area vasta, ottenuta da dati di letteratura (in modo particolare dalla carta geologica di base della Regione Sardegna e dal Foglio Geologico CARG 428 - "Arzachena", da cui si riprendono anche le codifiche formazionali), può essere sintetizzata nella seguente tabella a legenda della carta geologica:





**Figura 4** – Estratto del Foglio Geologico CARG 428 – “Arzachena”. Al centro della carta è presente Cala del Faro. In blu sono indicati i principali lineamenti tettonici. Ritaglio non in scala. La legenda è riportata nella tabella seguente.

	Unità	Descrizione
Pleistocene/Olocene	g/g2	Depositi di spiaggia. Sabbie e ghiaie (Olocene)
	ba	Depositi alluvionali. Ghiaie prevalenti (Olocene)
	sg	Depositi sommersi. Sabbie ghiaiose organogene (Olocene)
Batolite Sardo-Corso	fq	Filoni idrotermali a prevalente quarzo, spesso mineralizzati a barite e fluorite, talora anche con solfuri metallici (Carbonifero sup. – Permiano)
	fr	Filoni daciti e riodacitici (Carbonifero sup. – Permiano)
	ft	Filoni alcaliriolitici (Carbonifero sup. – Permiano)
	fb	Filoni basaltici a serialità transizionale, di composizione basaltica olivinica e trachibasaltica, a struttura porfiritica per fenocristalli di Pl. Ol, Cpx a tessitura intersetale-ofitica (Carbonifero sup. – Permiano)
	AZN2f	Monzograniti inequigranulari a fenocristalli subedrali di K-feldspato di taglia compresa tra 1 e 3 cm, e quarzo talvolta globulare – Facies Castel Cervo (Carbonifero sup.)
Basamento metamorfico	me	Substrato metamorfico sommerso indifferenziato (Paleozoico)
	LGF	Leucograniti foliati a muscovite di Punta Iscia Longa (Paleozoico)
	MGD	Diatessiti di Cala Capra (Pre-Cambriano?)
	MGT	Metatessiti di Punta della volpe (Pre-Cambriano?)



Di seguito si riporta uno schema tettonico da cui si evince la disposizione dei setti di basamento a corona delle intrusioni. Come si evince inoltre, l'intero basamento cristallino è stato rigettato da importanti lineamenti tettonici (in Gallura prevalentemente a direzione NE-SW) in un didattico sistema di *master faults and riedel fractures*.

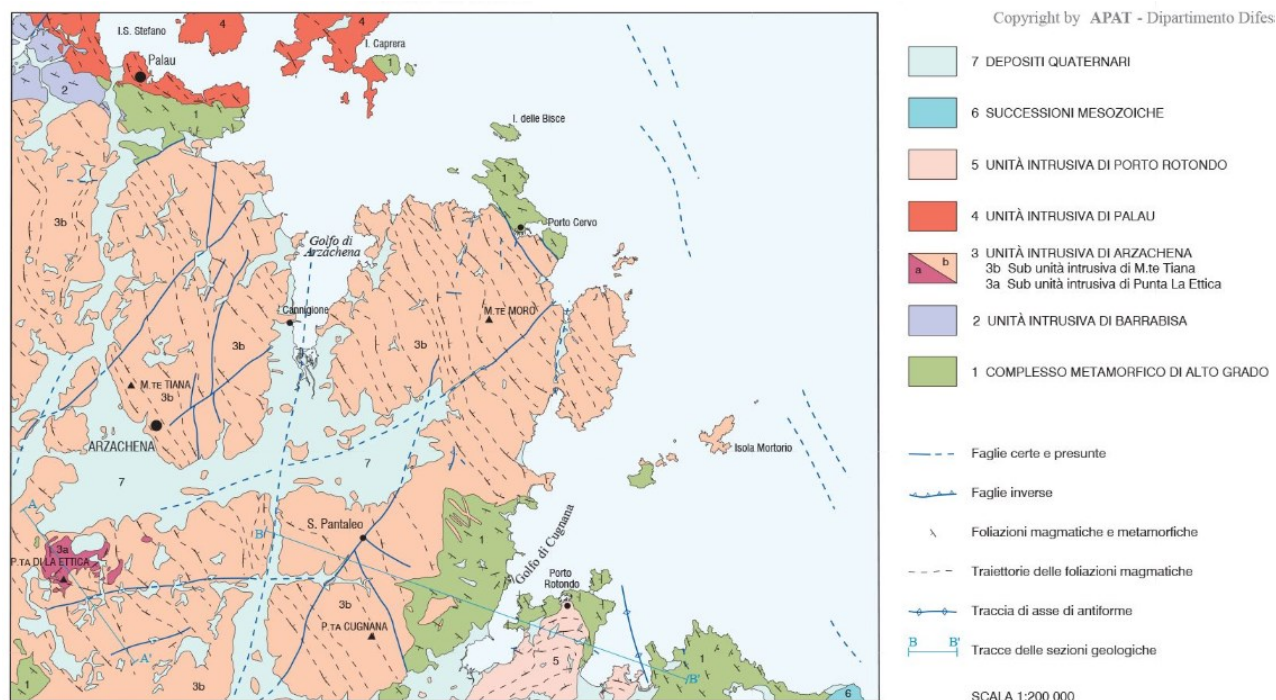


Figura 5 – Schema tettonico dell'area, estratto da Foglio Geologico CARG 428 – “Arzachena”.

### 3.2 ASSETTO GEOMORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO

Il paesaggio geomorfologico della Gallura settentrionale è fortemente condizionato dalle litologie affioranti del basamento cristallino nonché dalle strutture tettoniche che lo interessano.

Per quanto riguarda le litologie, le rocce cristalline – in modo particolare quelle più ricche in quarzo - mostrano sicuramente una buona resistenza all'erosione e viceversa una scarsa attitudine alla pedogenesi. Questo porta alla formazione di guglie e terreni ad alta pietrosità finanche a *bedrock* affiorante, con limitati spessori di suoli costituiti fondamentalmente da ghiaioni quarzo-feldspatici. Al diminuire del tenore di quarzo (granodioriti, gabbri...) e fino alle metamorfiti, si osservano invece paesaggi più morbidi grazie alla buona tendenza all'alterazione chimica di tali rocce. A tale quadro litologico, si sovrappone – a causa di un comportamento fortemente rigido (fragile) di tali litologie - una tettonica disgiuntiva terziaria rappresentata da *master-faults* a direzione prevalentemente

NE-SW caratterizzate da importanti fasce cataclastiche e connesse ad un sistema di coniugate che interessano l'intero batolite. Su tali fasce cataclastiche ha agito in maniera più incisiva l'erosione originando le valli a sviluppo rettilineo di chiara origine tettonica e su cui, tenuto anche conto della relativa impermeabilità del substrato granitoide, si è impostato il drenaggio superficiale (e.g. piane del Rio San Giovanni e del Rio Surrau).

Su tali rocce, l'erosione e l'alterazione agiscono formando prevalentemente una coltre eluviale di granito arenizzato che, se trasportato dal reticolo idrografico superficiale, riempie le valli e le spiagge con un detrito a grani prevalentemente quarzo-feldspatici tenuto conto della rapida alterazione della componente micacea (muscovite, biotite) e dei femici.

Infine, le morfologie più prossimali alla costa risentono fortemente delle recenti variazioni eustatiche rappresentando didattici esempi di coste di sommersione con *rias* e spesso stagni retrodunali delimitati da cordoni sabbiosi. La stessa Cala del Faro (e l'adiacente Cala della Ghiaia) sembrano essersi ubicate alla base di valli allungate di chiara origine tettonica. In questo caso, è probabile inoltre che tali lineamenti tettonici prevalentemente di origine terziaria si siano impostati a loro volta su una preesistente anisotropia metamorfica lungo la quale si osservano anche gli allungamenti dei mega-leucosomi che caratterizzano il promontorio di Capo Ferro.

Il limitato bacino idrografico a monte di Cala del Faro non consente un importante apporto di sedimenti fini. A tale situazione si somma l'azione erosiva delle mareggiate di maestrale alle quali la cala è fortemente esposta. Tale scenario giustifica quindi la presenza naturale di soli ciottoli di grosse dimensioni e la precarietà della sabbia alloctona inserita nei precedenti ripascimenti, sulle quali è necessario dopo qualche anno intervenire nuovamente per ripristinare la parte di sedimento asportato.

Per quanto riguarda infine l'assetto idrogeologico, la circolazione superficiale del promontorio di Capo Ferro si caratterizza per un drenaggio poco gerarchizzato e a carattere prevalentemente torrentizio, visibile solo durante gli eventi pluviometrici. L'esigua copertura detritica e un *bedrock* pressoché impermeabile impediscono inoltre l'infiltrazione delle acque zenitali. Tale situazione genera quindi un reticolo con brevissimi tempi di corrivazione e venute d'acqua non regimate alla base delle aste idrauliche. Tenuto conto che la spiaggia di Cala del Faro è proprio ubicata alla base di una linea di deflusso, anche le acque di

corrivazione da monte esercitano un'azione erosiva, spostando verso la spiaggia sommersa il poco sedimento fine proveniente da monte che, in luogo di importanti mareggiate, viene poi portato a largo e difficilmente ripascito naturalmente visto la forma stretta e allungata della *rias*. Tale situazione ha chiaramente subito una modifica a seguito dell'ultimo intervento di ripascimento artificiale (2016) il quale ha sicuramente diminuito la pendenza media della spiaggia sommersa, limitando l'energia delle onde.

Per quanto riguarda infine la circolazione idrica sotterranea, la struttura cristallina del *bedrock* lo rende impermeabile per porosità. Solo una minima permeabilità secondaria può esistere per fratturazione sia nei termini metamorfici che nei limitrofi termini granitoidi. L'intersezione di tali fratture attraversate da circolazione idrica col piano di campagna, genera infatti le numerose sorgenti a mezza costa che caratterizzano i rilievi della Gallura.

## 4 VINCOLISTICA

Dal punto di vista vincolistico, la spiaggia di Cala del Faro **non ricade** all'interno di aree naturali protette quali parchi, oasi, siti della Rete Natura 2000 (SIC, ZSC, ZPS). Si rileva soltanto che la perimetrazione della International Bird Area "IBA223" - la cui estensione è prevalentemente marina - oltre ad includere l'arcipelago de La Maddalena, si estende anche per parte del promontorio di Capo Ferro.

L'area ricade nel Piano Paesaggistico Regionale (di seguito P.P.R.) all'interno dell'Ambito di Paesaggio 17 "Gallura costiera nord-orientale" il quale riporta tali aree come interessate da "aree antropizzate" circondate da "macchia, dune e aree umide". L'area, ovviamente, ricade all'interno della fascia costiera.

Per quanto riguarda le perimetrazioni del Piano Assetto Idrogeologico (di seguito P.A.I.), Cala del Faro non ricade all'interno di aree coperte da pericolosità geomorfologica (Hg) o idraulica (Hi). Si rileva soltanto che sia l'articolo 30<sup>ter</sup> del P.A.I. che le cartografie del Piano Gestione Rischio Alluvioni (di seguito P.G.R.A.) evidenziano la linea di deflusso che termina su Cala del Faro. Inoltre, come buona parte della Gallura, anche l'intero promontorio di Capo Ferro è perimetrato come area a vincolo idrogeologico *sensu* R.D. L. 3267/23.

Inoltre si significa che Cala del Faro non ricade all'interno di

- fasce di rispetto di sorgenti o di captazioni idriche,
- zone vincolate ad usi militari,
- zone di rispetto di infrastrutture,
- sito contaminati.

In relazione al progetto di ripascimento, in base all'allegato B1 della deliberazione della Giunta regionale n. 11/75 del 21/03/2021, l'intervento è ascrivibile alla categoria di cui al punto 8 lettera u)

*"modifiche o estensioni di progetti di cui all'allegato A1 o all'allegato B1 già autorizzati, realizzati o in fase di realizzazione, che possono avere notevoli ripercussioni negative sull'ambiente (modifica o estensione non inclusa nell'allegato A1)",*



in relazione al precedente intervento del 2016<sup>1</sup> indicato nello stesso allegato B1 al punto 7 lettera m) come:

*“Opere costiere destinate a combattere l’erosione e lavori marittimi volti a modificare la costa, mediante la costruzione di dighe, moli ed altri lavori di difesa del mare”.*

L’intervento proposto pertanto, necessita secondo i dettami della D.G.R. 11/75 del 21/03/2021 di essere sottoposto alla procedura di assoggettabilità alla V.I.A. regionale. Lo stesso intervento precedente di ripascimento ha difatti seguito tale *iter* procedurale, per il quale (come da D.G.R. n.33/25 del 10/06/2016 relativa alla procedura di verifica di assoggettabilità alla V.I.A. D. Lgs n.152/2006) gli enti preposti non hanno ritenuto necessario procedere alla Valutazione di Impatto Ambientale.

---

<sup>1</sup> D.G.R. 33/25 del 10/06/2016

## 5 CARATTERISTICHE DELL'AREA DI INTERVENTO

### 5.1 ASPETTI MORFOLOGICI E DI ESPOSIZIONE

Cala del Faro insiste nel piccolo promontorio di Capo Ferro e più precisamente, nel versante occidentale della piccola penisola.



**Figura 6** - Panoramica dell'area di Capo Ferro, sono ben visibili le spiagge di Cala del Faro (a sinistra) e la spiaggia di Cala della Ghiaia (a destra)

Le due spiagge, quella di Cala del Faro e quella di Cala della Ghiaia, si collocano alla fine di due insenature (*rias*) grossomodo parallele: più stretta la prima e più aperta la seconda.

L'orientamento dell'incisione che dà luogo alla *rias* di Cala del Faro è tale da determinare la chiusura della spiaggia relativamente a tutti i quadranti tranne quello NW. Ciò espone la Cala ai venti e alle correnti di maestrale ma la sua posizione fortemente incassata blocca le correnti laterali precludendo completamente l'apporto di sedimento delle limitrofe coste granitiche, caratterizzate da sabbie quarzo feldspatiche di origine prevalentemente granitoide.

Presente, ma non importante, è da ritenersi la protezione dalle correnti marine offerta dalla vicina Isola del Cappuccini e dalla prospiciente Isola di Caprera. Minima – pressoché assente - invece è da ritenersi la protezione offerta nei confronti dei venti.

Cala del Faro, come già esposto, è ubicata alla base di un'asta idraulica caratterizzata da un limitato bacino idrografico dal quale può quindi essere minimo l'apporto sedimentario. Il materiale detritico che genera il deposito di spiaggia naturale è difatti costituito da ciottoli di basamento metamorfico e differenziati leucocrati, entrambi caratterizzati da evidente anisotropia planare e spesso ad angoli poco smussati a testimonianza di un breve trasporto (non a caso la spiaggia adiacente prende il nome di Spiaggia della Ghiaia). Negli anni, a partire dall'edificazione del complesso di Cala del Faro, apporti esterni di materiale alloctono, compreso l'ultimo ripascimento, hanno mutato l'aspetto della spiaggia trasformandola da spiaggia di ciottoli a spiaggia sabbiosa. Tali apporti si sono resi necessari in quanto

- i) l'esposizione ai venti e alle mareggiate di maestrale,
- ii) l'erosione delle acque di corrivazione da monte,
- iii) il mancato apporto di nuovo sedimento naturale

determinano in condizioni naturali per la componente sabbiosa di tale spiaggia un bilancio sedimentologico in negativo.

Ad una attenta analisi (possibile anche grazie ad alcune incisioni erosive che hanno esposto un profilo verticale della spiaggia) i sedimenti presenti nella spiaggia di Cala del Faro appaiono eterogenei e, stratigraficamente, possono essere sintetizzati nel seguente ordine:

- Sabbie dei depositi eolici di origine granitoide beige-rosate (sabbie Badesi)
- Sabbie grossolane quarzo feldspatiche arrotondate (sabbie Cirras)
- Clasti di origine granitoide a spigolo vivo da frantoio di cava
- Ciottoli autoctoni di metamorfiti e differenziati leucocrati

Pertanto, in forze dell'assetto geologico precedentemente esposto, ad eccezione dei ciottoli di basamenti derivati dall'erosione locale del promontorio di Capo Ferro, la rimanente componente è pertanto da ritenersi alloctona.

Allo stato attuale la spiaggia ha in parte mantenuto buona parte della sabbia apportata con l'ultimo ripascimento del 2016, grazie in parte anche alla funzione stabilizzatrice e di ostacolo svolta dal prato presente a monte della spiaggia, alle passerelle a corona dell'arenile e in parte alla protezione di un vecchio molo.

La permanenza della sabbia nonostante le difficili caratteristiche espositive della

spiaggia precedentemente illustrate, consentono di valutare con successo l'intervento del 2016 anche in forza dell'aver "orizzontalizzato" il profilo longitudinale della spiaggia, limitando quindi la pendenza media sia della spiaggia emersa che di quella sommersa, che in quest'ultimo caso diminuisce l'energia (e l'altezza) delle onde sulla batigia.

Si segnala però la presenza di alcune incisioni ad opera delle acque selvagge che non potendosi infiltrare per via delle impermeabilizzazioni delle pavimentazioni a monte, con direzione centripeta raggiungono la spiaggia incidendola nel raggiungere il mare. Tali incisioni hanno comportato l'esposizione delle componenti più grossolane sottostanti quali ciottoli e clasti a spigolo vivo, non compatibili con una fruizione della spiaggia.

L'analisi multitemporale su foto aeree di anni precedenti nonché il recente rilievo da drone (2023) consentono non solo di osservare alcuni dei solchi di incisione ad opera delle acque selvagge nei periodi autunno/invernali ma soprattutto di localizzare parte della sabbia persa negli anni a causa degli eventi erosivi nella prospiciente spiaggia sommersa.

La situazione ora esposta rende pertanto necessario un **intervento di "integrazione"** al ripascimento già realizzato nel 2016, finalizzato non solo a ricoprire tali incisioni erosive e ricostruire il profilo della spiaggia ma anche a contribuire all'orizzontalizzazione del profilo spiaggia emersa-sommersa con l'obiettivo di raggiungere un equilibrio geomorfologico.

La potenza della sabbia presente nella prospiciente spiaggia sommersa ha consentito di escludere attualmente un ripascimento tramite sorbona con una delocalizzazione dei quantitativi di sabbia necessari dalla spiaggia sommersa verso quella emersa. Tale intervento inoltre aumenterebbe la pendenza media del profilo longitudinale deponendo pertanto a totale sfavore.

Viceversa, la soluzione progettuale proposta prevede l'aggiunta di circa 800/900 m<sup>3</sup> di sabbia ad integrazione del precedente intervento. Tale operazione consentirebbe quindi di ricoprire i solchi erosivi attualmente presenti e di raggiungere un equilibrio tale da aumentare la possibilità di un ripascimento naturale della spiaggia o eventualmente in futuro la possibilità di un parziale recupero di parte della sabbia della spiaggia sommersa.





**Figura 7** - Dettaglio della sabbia attualmente presente nella spiaggia di Cala del Faro (marzo 2023)



**Figura 8** – Incisione ad opera delle acque di corrivazione ed esposizione dei sottostanti clasti a spigolo vivo.





**Figura 9** – Ortofoto da drone della situazione attuale

## 6 INTERVENTI IN PROGETTO (RIPASCIMENTO)

Tra gli elementi costituenti la spiaggia di Cala del Faro, la componente che meglio si inserisce cromaticamente, granulometricamente (e chimicamente) sono probabilmente le sabbie di origine granitoide beige-rosate provenienti da Badesi. Tali sabbie offrono infatti una idonea classe granulometrica e una morfologia dei grani compatibile con la fruizione della spiaggia da parte dei bagnanti. La colorazione generale beige-rosata ben si inserisce nel paesaggio circostante riprendendo la colorazione delle pietre di campo e dei granitoidi alterati utilizzati nei rivestimenti dei muretti e degli edifici (e.g. varietà Giallo San Giacomo). Il chimismo quarzo-feldspatico non è infine dissimile da quello del basamento e dalle spiagge limitrofe la cui genesi è da ricondurre all'erosione del plutone di Arzachena.

Date le esigenze di reperire una sabbia idonea con la fruizione della spiaggia (e pertanto senza spigoli vivi, di idonea granulometria e senza porzione siltosa), nonché di inserire tali nuovi apporti nel contesto preesistente rendendo l'intervento coerente con la situazione attuale, è stata condotta una ricerca che potesse individuare sabbie **simili a quelle utilizzate nel precedente ripascimento.**

La scelta, sia per idoneità di caratteristiche che per quantitativi, è ricaduta su un deposito presente presso la ditta TRAN.SE.MA di Badesi proveniente da interventi di miglioramento fondiario su depositi eolici che caratterizzano il litorale della piana del Coghinas. Tale sabbia è attualmente stoccata in cumuli nei piazzali della ditta. Il sopralluogo effettuato per il campionamento ha inoltre evidenziato come su tali cumuli non fosse presente vegetazione, testimoniando quindi la pulizia della sabbia anche nei confronti di una eventuale componente pedogenizzata nonché l'assenza di semi al suo interno. È questo difatti un elemento importante dal punto di vista ambientale quando si inseriscono materiali alloctoni nell'ambiente. Pertanto questo consente già di prevedere che l'assenza di semenze non creerà interferenze col corteggio floristico dell'area di Cala del Faro (in ogni caso già compromesso in naturalità dall'antropizzazione dell'area).

Dal punto di vista sedimentologico, la sabbia dei cumuli analizzata si presenta molto matura, classata naturalmente dall'azione eolica in epoca pleistocenica, mostrando la tipica *facies* dei depositi eolici. La sabbia appare poi lavata per eliminare la porzione siltosa che infatti sia al tatto che alle successive analisi si è rivelata pressoché assente. Assente

macroscopicamente anche la componente bioclastica. Modalmente la sabbia appare inoltre priva degli elementi più degradabili, quali miche biotitiche o muscovitiche, e risulta formata prevalentemente da granuli di quarzo, feldspato e in misura minore da frammenti litici.

Sia la composizione granulometrica che la forma dei granuli dà luogo ad una gradevole sensazione al tatto, non “sporca” vista l’assenza della componente siltosa e non appare ruvida grazie all’assenza di spigoli vivi.

Le sabbie individuate sono state sottoposte ad indagine da parte della ditta, la quale certifica che il materiale è costituito da grani di forma prevalentemente subsferica.



**Figura 10** - Immagine delle sabbie di proposte presso il sito di stoccaggio della TRAN.SE.MA

Le sabbie sono state sottoposte anche ad analisi di laboratorio di tipo chimico-biologico allo scopo di valutarne l’idoneità anche dal punto di vista del loro contenuto di sostanze nocive e/o organiche.

Come si può rilevare dal certificato di laboratorio, la quantità di contaminanti leggeri, cloruri, solfati e zolfo totale è dell’ordine di pochi centesimi percentuali e, quindi, praticamente assente. Sono prive di componenti che possono scatenare reazioni pericolose e non presentano rischi di emissione di radioattività o rilascio di metalli pesanti e di



idrocarburi poliaromatici. Tali analisi hanno pertanto consentito di classificare le sabbie come idonee per gli utilizzi della Colonna A, All.V alla parte IV del D.Lgs 152/06 e ss.mm.ii. (siti ad uso verde pubblico, privato, residenziale).

In buona sostanza, il materiale è stato valutato di qualità e, data la sua pulizia, non si ritiene necessario effettuare ulteriore lavaggio. Si tratta dunque di materiali impiegabili tal quali, senza alcuna remora in ordine alla possibilità che essi contengano sostanze che possano in qualche modo arrecare danno ai fruitori della spiaggia o all'ambiente circostante.

Al fine di valutare anche la durabilità dell'intervento, si è esaminata nel dettaglio l'analisi granulometrica-composizionale.

Per quanto riguarda la granulometria, dai certificati rilasciati dalla ditta si può dedurre che il materiale è suddiviso nelle seguenti frazioni:

	Rapporto 1	Rapporto 2	Rapporto 3	Media ( $\sigma$ )
d > 2 mm	1,90	1,70	1,20	<b>1,60 (<math>\pm 0,29</math>)</b>
2 mm < d < 0,5 mm	48,50	48,10	47,60	<b>48,07 (<math>\pm 0,37</math>)</b>
0,5 mm < d < 0,063 mm	47,86	49,00	50,49	<b>49,12 (<math>\pm 1,08</math>)</b>
d < 0,063 mm	1,74	1,20	0,71	<b>1,22 (<math>\pm 0,42</math>)</b>

I materiali non presentano bioclasti (conchiglie etc) e la massa volumica media dei granuli si attesta sui 2,62 mg/m<sup>3</sup>.

Tenuto conto dei fattori connessi con l'erosione della spiaggia precedentemente esposti, questi dati evidenziano una buona resistenza dei materiali all'azione erosiva del vento, la quale è noto che si manifesta in tre fenomeni:

- trascinamento (o rotolamento nel caso di particelle arrotondate): esso coinvolge i granuli grossolani (d > 0,5 mm), troppo pesanti affinché possano essere sollevati da venti di intensità moderata. **Verrebbe coinvolto il 49,67% dei materiali;**
- saltazione: è il movimento di rimbalzo delle particelle che rotolano sulla superficie, sotto la spinta del vento, quando esse incontrano un ostacolo, interessa soprattutto i granuli fini (0,5 mm < d < 0,063 mm). **Verrebbe coinvolto il 49,12% dei materiali**
- sospensione: le particelle finissime (d < 0,063 mm) che vengono sollevate

rimangono in sospensione in aria e vengono allontanate dall'area, da alcuni metri ( $0,063 \text{ mm} < d < 0,02 \text{ mm}$ ) fino a centinaia di km ( $d < 0,02 \text{ mm}$ ). **Verrebbe coinvolto solo l'1,22% dei materiali.**

Pertanto, escludendo quest'ultima classe granulometrica, oltre il 90% della sabbia non verrebbe spostata dalla sola azione eolica al di fuori del settore della spiaggia. Infatti, anche se spinta per saltazione verso l'interno, verrebbe infatti bloccata dalla vegetazione ai bordi e dalle passerelle che ne dovrebbero ostacolare la movimentazione.

A completamento dell'intervento di ripascimento proposto, e al fine di non dover nuovamente re-intervenire negli anni, si suggerisce una intercettazione delle acque di monte che si incanalano nella linea di compluvio e arrivano nella spiaggia, al fine di eliminare anche questa ulteriore azione erosiva.

La riduzione dell'azione erosiva marina richiederebbe invece uno studio meteomarinico e delle correnti molto più complesso ma in ogni caso è verosimile che la formazione della prospiciente spiaggia sommersa di granulometria sabbiosa e la conseguente riduzione della pendenza del profilo eserciti una azione di rallentamento dei marosi limitando l'energia delle onde e la rispettiva azione erosiva, favorendone viceversa l'azione di ripascimento naturale.

In conclusione, l'intervento in progetto, costituisce un intervento di integrazione all'intervento di ripascimento già realizzato con successo nel 2016. L'intervento ora in progetto si rende necessario per il ripristino della sabbia persa a causa della formazione di alcuni solchi erosivi ad opera delle acque selvagge. Nessun altro tipo di inserimento antropico (quali opere di contenimento o altre strutture) è previsto.

Si specifica inoltre che l'intervento riguarderà esclusivamente la spiaggia emersa su cui si prevede un inserimento di non oltre  $800/900 \text{ m}^3$ .

In ogni caso è verosimile che l'aggiunta di tale quantitativo di sabbia consentirà nel tempo il raggiungimento di un equilibrio morfologico tale da limitare nel tempo (o non rendere più necessari) gli interventi nonché di favorire un ripascimento naturale.

Per tali interventi, il materiale più idoneo è stato individuato nelle sabbie di Badesi, non solo perché già utilizzate nel precedente intervento ma perché le osservazioni e le analisi effettuate consentono quindi di classificarle compatibili per gli interventi in progetto dal punto di vista

- granulometrico
- colorimetrico
- densità
- ecologico
- fruizione turistico balneare

## 6.1 PRESCRIZIONI OPERATIVE

Anche in relazione a quanto già prescritto dal Dipartimento ARPAS con nota Prot. 24652/2016 relativa al precedente intervento, si indicano le seguenti prescrizioni operative:

1. Tenuto conto della distanza dal deposito delle sabbie al sito di destinazione di Cala del Faro (circa 80 km), i mezzi di trasporto, oltre che puliti da qualsiasi altra tipologia di materiale precedentemente trasportato, dovranno essere chiusi anche superiormente per evitare perdite durante il percorso.
2. In fase operativa lo stendimento avverrà esclusivamente con piccoli mezzi gommati o, preferibilmente, in maniera manuale al fine di limitare fenomeni di costipamento della spiaggia attuale a causa del peso dei mezzi.
3. Gli stessi mezzi dovranno essere in perfetto stato di efficienza. In modo particolare non si dovranno verificare perdite di lubrificante o di combustibile dagli stessi.
4. Si sconsiglia la movimentazione della sabbia in giornate ventose. Inoltre, al fine di limitare la dispersione della sabbia in giornate particolarmente asciutte, al bisogno, sarà possibile procedere ad una vaporizzazione o ad un inumidimento generale al fine di limitare la dispersione del sedimento.
5. Tenuto conto della presenza di vegetazione terofitica a corona della spiaggia, si consiglia di evitarne la copertura o l'asportazione in quanto, come già esposto, anche l'azione del prato potrebbe limitare il trascinamento e la saltazione dei granuli in occasione di importante ventilazione di maestrale.

## 7 ASPETTI AMBIENTALI – VALUTAZIONE INTERFERENZE/IMPATTI

Qualsiasi intervento antropico da inserirsi nell'ambiente necessita di una sua valutazione *ex ante* al fine di prevederne le interferenze o le incidenze con le dinamiche naturali sia nel sito di intervento che nell'area vasta.

L'area di intervento è ubicata all'interno del villaggio di Cala del Faro, un'area antropizzata seppur inserita in maniera razionale e ponderata nell'ambiente, seguendo i dettami della “Costa Smeralda” la cui architettura armonizzata col paesaggio graniticoide circostante ha rappresentato un esempio di architettura a livello mondiale.

L'immagine seguente mostra chiaramente la modifica della situazione naturale, caratterizzata da una copertura vegetale a macchia e gariga, intervallata da rocciosità affiorante. Tale situazione è stata sostituita da un edificato importante, servito da infrastrutture viarie e di sottoservizi, completamente ricoperto da prati erbosi.



**Figura 11** – Confronto tra la situazione naturale (ortofoto 1977) e quella attuale (ortofoto 2019). Fonte RAS.

Situazione analoga è presente nell'area vasta, costituita dal grande complesso della Costa Smeralda.

Quanto esposto consente quindi di classificare l'area di Cala del Faro e la spiaggia stessa come una zona a bassa naturalità interessata negli anni da importanti interventi antropici. La stessa spiaggia, come già esposto, è frutto di un intervento antropico avvenuto negli anni precedenti.

In ogni caso, si analizzano di seguito le possibili incidenze che l'inserimento delle sabbie di Badesi possono avere sul contesto naturale e sulle matrici ambientali.

L'assenza di semi (o di materiale pedogenetico potenzialmente ospitante una banca del seme alloctona) consente di ritenere nulla la possibilità di contaminazione vegetale dell'area, la quale in ogni caso appare già stravolta dall'utilizzo quasi esclusivo di specie ornamentali e di prati erbosi di climi più continentali.

La composizione modale prevalentemente quarzo-feldspatica è coerente con la geochemica dell'area, caratterizzata da diatessiti e leucosomi a bordo del grosso plutone monzogranitico di Arzachena.

La colorazione beige-rosata delle sabbie di Badesi si inserisce cromaticamente sia per l'attuale presenza di tali sabbie grazie ai precedenti interventi di ripascimento, sia per il cromatismo simile delle pietre da campo e dei granitoidi alterati utilizzati nei muretti e nei rivestimenti degli edifici del condominio. Sabbie simili inoltre costituiscono la quasi totalità delle spiagge sabbiose della zona, originatesi per erosione del plutone di Arzachena.

L'assenza di sedimento fine-siltoso esclude la possibilità di intorbidimento delle acque o l'eccessiva ritenzione dell'umidità da parte della sabbia. Viceversa, la densità media dei granuli e la loro classe granulometrica prevalente rende verosimile una difficoltà di asportazione della sabbia da parte dei venti, propendendo per una durata nel tempo dell'intervento (fatto salvo fenomeni di erosione incanalata delle acque selvagge da monte o mareggiate eccezionali).

La morfologia arrotondata dei grani e l'assenza di bioclasti o di altri elementi con superfici taglienti, è coerente con la fruibilità della spiaggia da parte dei turisti e dei bagnanti.

Non si ritiene infine che l'intervento puntuale di integrazione della sabbia possa costituire interferenza con la componente fauna.



## 8 INTERVENTI DI MITIGAZIONE

L'intervento di ripascimento in progetto è finalizzato al reintegro della sabbia persa negli ultimi anni a causa dei solchi erosivi che si formano nella stagione delle piogge ad opera delle acque selvagge e che spostano parte di tale sabbia nella prospiciente spiaggia sommersa.

Il rilievo effettuato e le successive valutazioni consentono di ipotizzare la necessità di una integrazione di circa 800/900 m<sup>3</sup> di sabbia al fine di ristabilire il profilo della spiaggia. Ciò consentirà anche un avvicinamento ad una situazione di equilibrio morfologico che renderà più improbabile negli anni ulteriori interventi. Come già indicato difatti, la diminuzione della pendenza media del profilo della spiaggia sommersa consentirà la riduzione dell'energia delle onde e favorirà un ripascimento naturale in un equilibrio tra la spiaggia emersa e sommersa. L'allungamento degli intervalli di intervento costituisce pertanto già di per sé un'azione positiva dell'intervento proposto. In ogni caso, in forza dello studio effettuato sulle dinamiche interessanti la spiaggia di Cala del Faro, si consiglia per il futuro un approccio *step by step* secondo le indicazioni di un monitoraggio che sarà necessario avviare contestualmente all'intervento e che dovrà durare nel tempo.

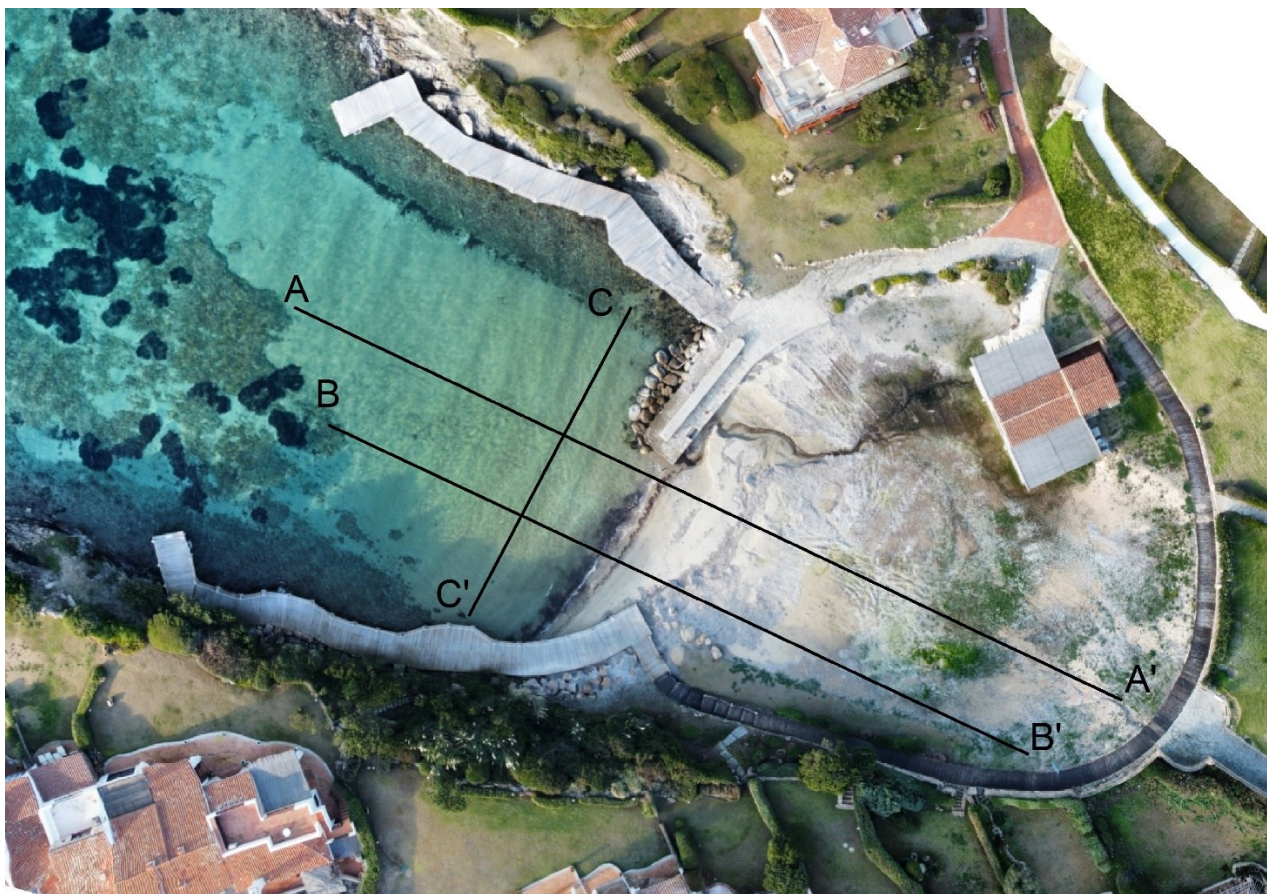
Prima dell'intervento di ripascimento sarà necessario ricostruire la situazione *ante operam* con un rilievo del sistema spiaggia emersa/spiaggia sommersa lungo 2 profili longitudinali e 1 trasversale ad integrazione del rilievo della spiaggia emersa e del rilievo da drone già effettuato per il presente studio preliminare.

In corso d'opera sarà necessario accertarsi del rispetto delle prescrizioni operative precedentemente indicate.

Immediatamente a seguito dell'intervento, verranno ri-misurati gli elementi morfologici della spiaggia al fine di valutare nel tempo l'evoluzione della stessa, l'efficacia dell'intervento e la quantificazione di eventuali azioni mirate a correzione di possibili fenomeni erosivi.

Nello specifico il monitoraggio *post-operam* dovrà prevedere:

- il rilievo tramite drone per l'ottenimento di ortofoto georeferenziate e DTM della spiaggia emersa con cadenza da effettuarsi in primavera e prima dell'inizio della stagione delle piogge (2 l'anno);
- il rilievo morfo-batimetrico della spiaggia sommersa lungo almeno 2 profili longitudinali e 1 profilo trasversale da effettuarsi in primavera e prima dell'inizio della stagione delle piogge (2 l'anno).



**Figura 12** – Profili di rilievo.

In futuro, all'entrata in servizio del programma transfrontaliero "Maregot", il monitoraggio post-operam dovrà essere integrato con i sistemi automatizzati di rilievo delle condizioni meteorologiche e morfologiche della linea di riva, finalizzate alla raccolta di dati e documentazioni utili alla comprensione dell'evoluzione nel tempo degli interventi realizzati. Tale sistema di rilievo prevederà:

- l'installazione di una stazione meteorologica finalizzata a mettere in relazione nel tempo eventuali fenomeni di erosione con pregressi eventi meteorologici avversi;
- l'installazione di 1 fotocamera per ottenere una documentazione fotografica della spiaggia da utilizzare nella gestione della stessa o nella programmazione di eventuali interventi futuri;

Infine, come già esposto, sarà necessario che il Consorzio Cala del Faro provveda alla regimazione delle acque piovane da monte che attualmente attraversano la spiaggia durante la stagione delle piogge.

## 9 CONCLUSIONI

Dallo studio eseguito e sulla base delle considerazioni svolte, si traggono le seguenti conclusioni:

- Cala del Faro è ubicata nel promontorio di Capo Ferro, un brandello di basamento metamorfico (costituito da diatessiti e mega-leucosomi) al bordo del più vasto plutone monzo-granitico di Arzachena.
- L'intero basamento cristallino è interessato da lineamenti tettonici (*master fault* e coniugate) che ne hanno condizionato la morfologia. In luogo di tale fratturazione ha agito l'erosione, generando valli e impluvi allungati che terminano sulla costa come baie fortemente incassate (*rias*).
- Le litologie affioranti escludono l'infiltrazione per porosità delle acque zenitali (una minima infiltrazione può avvenire solo per frattura) caratterizzando l'area per un drenaggio selvaggio, poco gerarchizzato e dai brevissimi tempi di corrivazione.
- Il ridotto bacino idrografico a monte di Cala del Faro non consente un importante apporto di sedimenti, caratterizzando la spiaggia naturale per la sola presenza di ciottoli e clasti poco smussati, coerentemente col breve trasporto subito.
- Cala del Faro è inoltre esposta a NW, a favore quindi dei venti e delle mareggiate di maestrale.
- I principali fattori di erosione della spiaggia e di asporto del sedimento sono stati individuati nelle acque da monte incanalate nell'impluvio che termina nella cala, nell'azione del vento e nelle mareggiate da NW.
- La preponderanza delle perdite (erosione) rispetto all'apporto di sedimenti consente di delineare per Cala del Faro un bilancio sedimentario in negativo, rendendo pertanto necessario un'integrazione all'intervento di ripascimento effettuato nel 2016. Allo stato attuale la spiaggia infatti mostra importanti incisioni lineari formatesi a causa di importanti eventi pluviometrici verificatisi nella stagione autunnale-invernale, che hanno esposto parte della porzione sottostante della spiaggia stessa, costituita da ciottoli e clasti anche a spigolo vivo, non compatibili con la fruizione della spiaggia.
- L'analisi della situazione attuale ha mostrato una spiaggia costituita oltre che dai ciottoli e dai clasti autoctoni, anche da clasti di origine granitoide a spigoli vivi da frantoio, sabbie quarzo-feldspatiche a grani arrotondati di Cirras e sabbie

dei depositi eolici di origine granitoide quarzo-feldspatiche di Badesi (queste ultime di provenienza alloctona a seguito di precedenti ripascimenti).

- Per l'intervento di ripascimento in progetto sono state individuate come idonee e compatibili con la situazione attuale, sabbie eoliche di origine granitoide quarzo-feldspatiche attualmente abbancate in un deposito della ditta TRAN.SE.MA S.r.l. presso Badesi.
- Le analisi (granulometrica, modale, chimica e ambientale) hanno consentito di classificare le sabbie per gli utilizzi della Colonna A, All.V alla parte IV del D.Lgs 152/06 e ss.mm.ii. (siti ad uso verde pubblico, privato, residenziale) e quindi idonee all'utilizzo in progetto.
- Fatte salve le prescrizioni operative indicate, l'analisi delle incidenze ambientali non ha rilevato elementi ostativi agli interventi in progetto.
- L'intervento proposto contribuirebbe a diminuire il profilo medio del sistema spiaggia sommersa/spiaggia emersa avvicinandosi ad un equilibrio che favorirebbe sempre più il ripascimento naturale limitando nel tempo ulteriori interventi.
- Tra gli interventi di mitigazione si propone un monitoraggio *ante-operam*, in corso d'opera e *post-operam*. Il monitoraggio *ante-operam* avrà il compito di ricostruire la situazione attuale. Il monitoraggio in corso d'opera dovrà accertare il rispetto delle prescrizioni operative. Il monitoraggio *post-operam* sarà invece finalizzato a valutare nel tempo l'evoluzione della spiaggia, l'efficacia dell'intervento e la quantificazione di eventuali azioni mirate a correzione di possibili fenomeni erosivi tramite un concerto di misure di elementi morfologici, meteorologici e fotografiche.