

**COMUNE DI PORTOFERRAIO  
PROVINCIA DI LIVORNO**

**SPIAGGIA DELLA BIODOLA:  
INTERVENTO DI RIPROFILATURA DELLA POR-  
ZIONE SETTENTRIONALE DELLA SPIAGGIA (Art.  
4 delle “LINEE GUIDA PER LE MODALITÀ DI RILA-  
SCIO DELLE AUTORIZZAZIONI DI CUI ALL'ART.  
17 C. 1 LETT e), f) DELLA L.R.T. N. 80/2015”)**

**RELAZIONE TECNICA**



**APRILE 2021**

## 1. GENERALITA'

La spiaggia della Biodola, ubicata all'interno del Golfo omonimo (v. Fig. 1), è una delle più belle spiagge dell'Elba, e di gran lunga la più importante del Comune di Portoferraio, per ambiente costiero, frequentazione e numero e qualità delle attività turistiche che vi si affacciano.

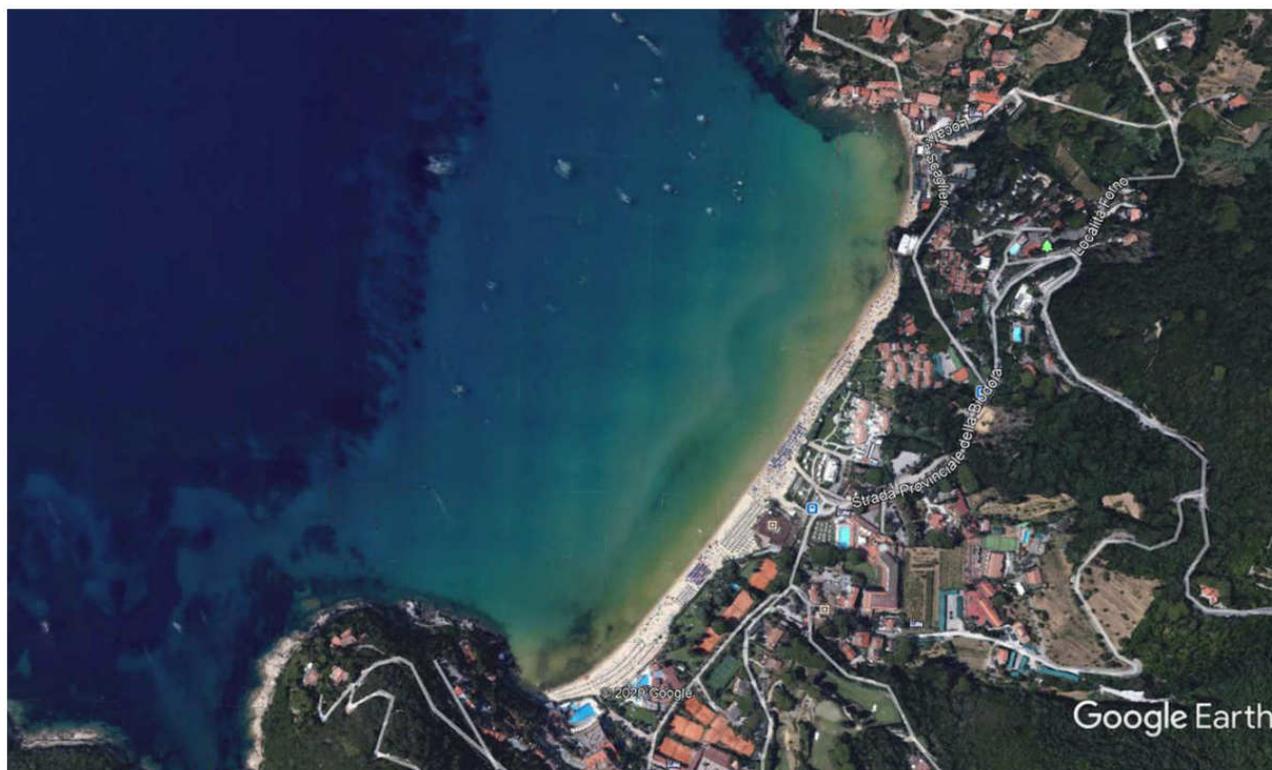


Fig. 1 – La spiaggia della Biodola, all'interno del Golfo omonimo

E' costituita (v. Fig. 2), sia nella parte emersa che in quella sommersa, fino a centinaia di metri verso il largo, da sabbia originata dalla demolizione della costa rocciosa che contorna il golfo (essenzialmente porfido) e dall'apporto da terra dei pur modesti fossi dovuto all'erosione causata dalle precipitazioni meteoriche (porfido, calcari e arenarie, depositi alluvionali).



Fig. 2 – Biodola: Carta geologica

Le colline che affacciano sulla spiaggia sono in gran parte coperte da vegetazione (arbusti, boschi a leccio e pino), mentre l'urbanizzazione, anche abbastanza intensiva (ville, strutture ricettive, servizi) si limita alla parte a pendenza ridotta a ridosso della spiaggia. La spiaggia stessa, nella parte emersa lato monte, presenta manufatti di vario tipo proprio al centro di quello che un tempo (anni '50 del 1900) era il florido sistema dunale della spiaggia, ora massicciamente alterato nella parte a terra e semidistrutto lato mare dall'azione delle onde.

## 2. LOCALIZZAZIONE E ASPETTI IDROGRAFICI

Il Golfo della Biodola è situato nella parte Nord-occidentale dell'Elba (v. Fig. 3).



Fig. 3 – La costa Nord dell'Elba e il Golfo e la spiaggia della Biodola (satellitare)

Al suo interno si affaccia, oltre alla Biodola, anche la spiaggia minore di Scaglieri, ad essa adiacente, entrambe inserite nella medesima sub-unità fisiografica. Le due spiagge del Forno e del Porticciolo, pur essendo inserite, insieme alla precedente, nell'unità fisiografica del Golfo, compresa fra Punta Penisola e Punta del Porticciolo, appartengono a due sub-unità distinte.

Il settore di traversia è orientato a NW, e si estende da W a N. L'esposizione è notevole, in quanto i fetches sono estesi fino alla costa ligure-francese, e le mareggiate di Ponente e di Maestrale possono assumere intensità anche molto elevata (v. Fig. 4).

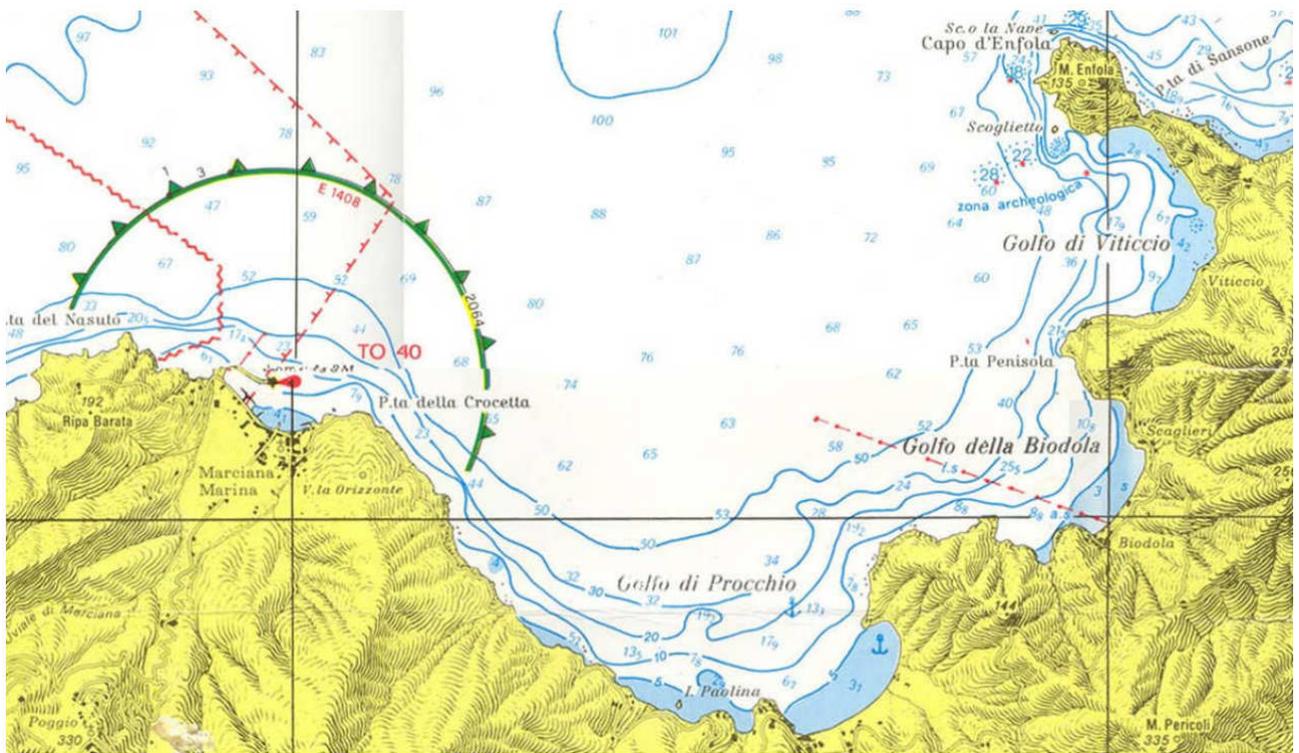


Figura 4 – La costa NW dell’Elba e il Golfo e la spiaggia della Biodola (Carta nautica)

### 3. STORICO – DEGRADO – SITUAZIONE ATTUALE

A protezione degli insediamenti privati e pubblici via via realizzati a terra sulla parte alta del sistema dunale sono state installate, nel corso dei decenni passati, proprio al centro delle dune più a mare, delle barriere longitudinali costituite da massi ciclopici impilati verticalmente uno sull'altro, a volte sdoppiate in due barriere, una più a mare e una più a terra (Foto n. 1 qui sotto).



Foto n. 1 – Massi ciclopici (anche su due barriere) a protezione dell'entroterra, ma deleteri per la spiaggia

Come ben noto, la sostituzione delle dune naturali (elemento di difesa costiera estremamente flessibile, morbido e dissipativo) con barriere verticali (altamente rigide e molto riflettenti) segna la condanna all'estinzione delle spiagge, in quanto le riflessioni del moto ondoso incidente asportano la sabbia verso il largo, su fondali dai quali non possono essere più risospinte in spiaggia dalle onde. Il tutto aggravato dalla fitta copertura vegetale che ha sostituito i vigneti e dalla netta riduzione delle piogge, con conseguente drastica riduzione degli apporti da terra, e dal lento ma inesorabile innalzamento del livello del mare.



Foto n. 2 – La spiaggia della Biodola da Nord (lato Scaglieri) verso Sud (**gennaio 2015**)

Questi processi progrediscono, in accelerazione quasi esponenziale: dapprima impercettibile, lenta, per decenni. Il fondale marino subisce lente modificazioni morfologiche, alzandosi verso il largo e abbassandosi verso terra, consentendo alle onde di mantenere la propria energia sempre più vicino alla costa, per poi dissiparla sulla spiaggia. Nelle fasi terminali tutto si aggrava fino al collasso, che ai più sembra improvviso: nel giro di pochi anni, decine di metri di larghezza e metri di spessore di spiaggia spariscono, e le parti più interne delle spiagge (le dune ormai estinte, sostituite da scogliere, giardini, infrastrutture), un tempo raggiunte dalle onde solo in eventi di straordinaria violenza, sono aggredite e demolite da onde anche di modesta entità.

***Questo è esattamente quanto sta accadendo alla Biodola. L'erosione è entrata nella fase terminale, e la documentazione cartografica e fotografica riprodotta di seguito e nell'Allegato 3 lo dimostra.***

Il rilievo topografico e batimetrico, sia quello eseguito a cura del Comune nel maggio 2020 (restituito in Fig. 5), sia quello eseguito nel 2019 dalla RT (restituito in Fig. 6), mostra i settori di maggiore arretramento, sia a mare che a terra, già ben visibili nella sottostante Foto n. 3, dove non è quasi più possibile la fruizione balneare, specie nell'ansa in primo piano.



Foto n. 3 – La porzione settentrionale della spiaggia (mostrata in primo piano da N nella Foto n. 2 del 2015) nel suo stato attuale di degrado



Fig. 5 – Erosione della spiaggia della Biodola, lato Nord. La sovrapposizione del rilievo e della linea di riva attuale sul **satellitare del 2018** evidenzia i punti più in crisi, sui quali è urgente intervenire, in attesa di un intervento più incisivo. *La perdita di superficie di spiaggia (zona celeste) **in soli due anni** è di circa il 40%*



Foto n. 4 – La spiaggia davanti al Baia Bianca. A dex i massi ciclopici, in alto il livello (con alberi e cespugli) della duna originaria, oltre 2 m sopra la spiaggia residuale attuale

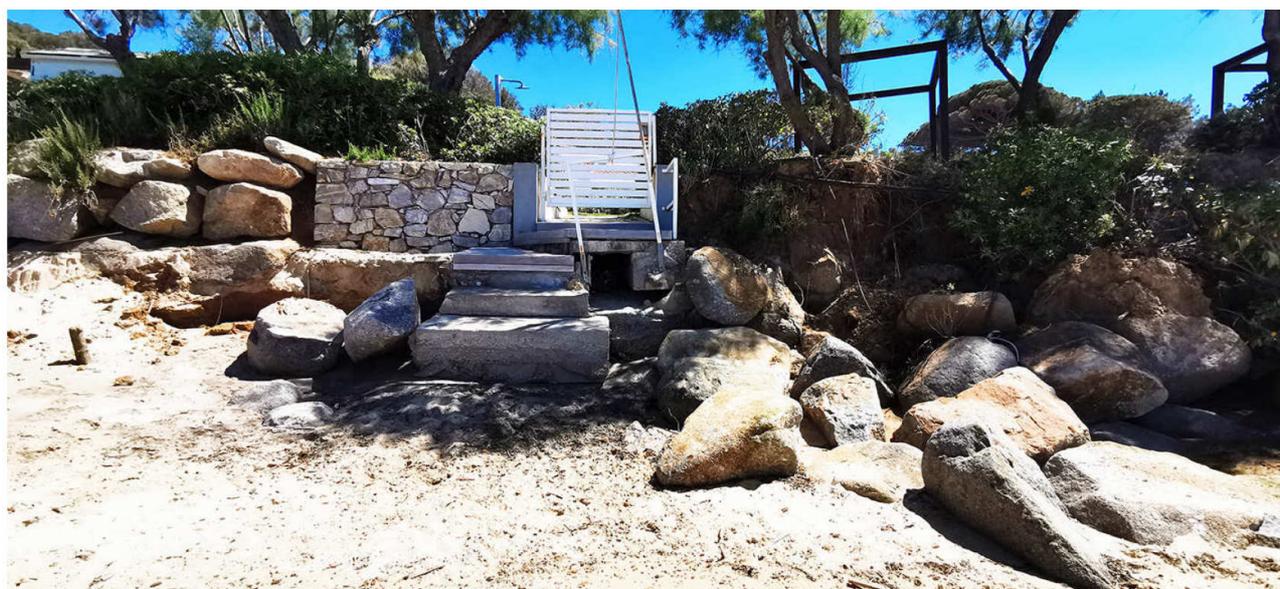


Foto n. 5 – L'uscita in spiaggia del Baia Bianca

*In attesa di un intervento di ripristino su scala adeguata, per riportare la superficie e lo spessore della spiaggia a quello medio dell'ultimo decennio, che sarà programmato dal Comune per eseguirlo appena possibile, si rende indifferibile un intervento di manutenzione che consenta di riprofilare la spiaggia nei punti più critici, consentendo un minimo di fruizione agli operatori e ai turisti in questa incerta estate 2021 che ormai è alle porte. In assenza, anche una modesta mareggiata da NW potrebbe demolire le opere di difesa e i terreni retrostanti*

Per dettagli sull'evoluzione della linea di riva negli anni, v. Allegato 1.

#### 4. DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

##### 4.1 – Articolazione delle zone di prelievo e di versamento.

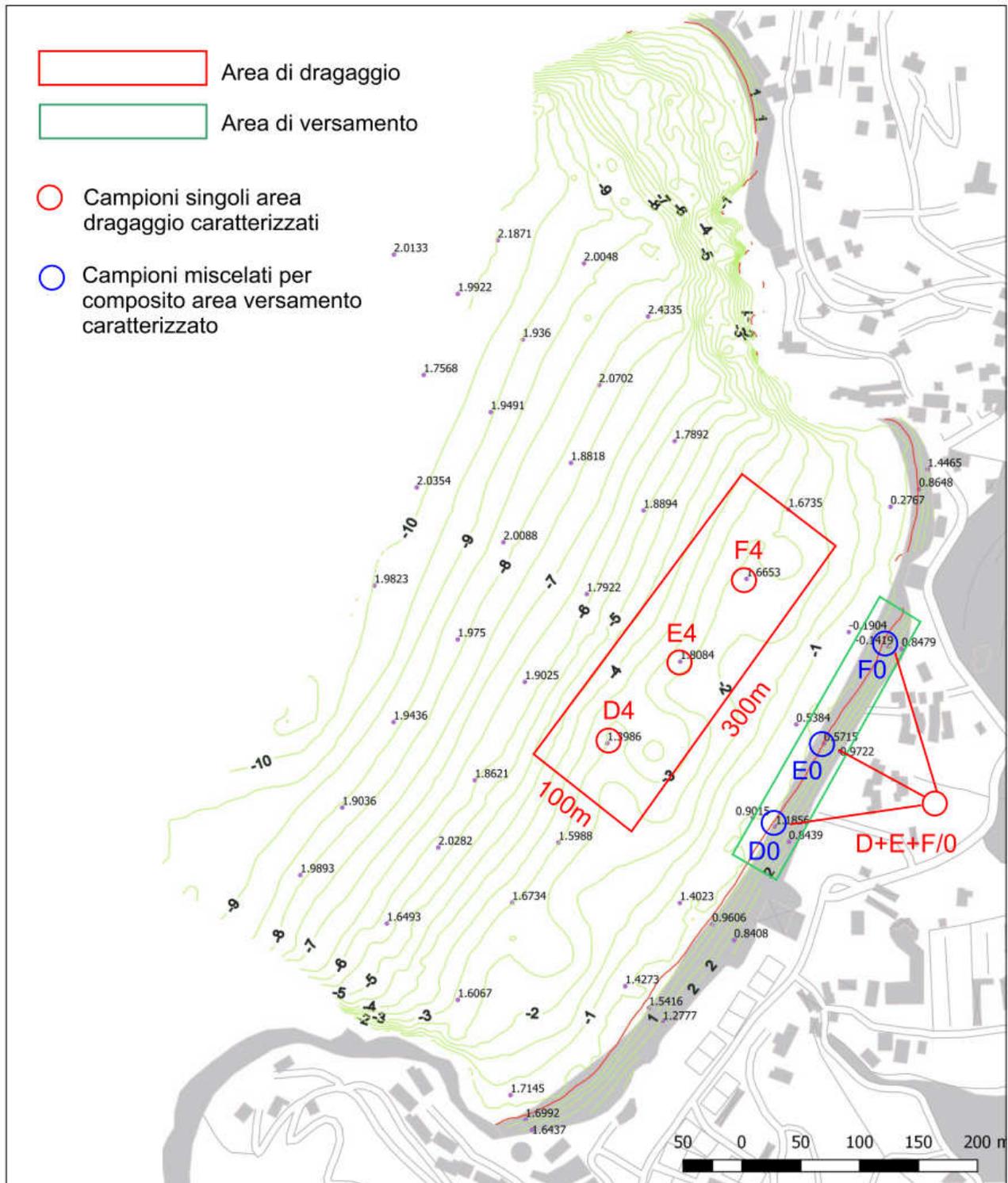


Fig. 6 – L'intervento di riprofilatura: Planimetria generale, con indicazione delle batimetriche, della linea di riva e dei dati sedimentologici dei campioni di sedimenti di fondale raccolti e analizzati (v. Allegato 2). In rosso la zona di prelievo, in verde la zona a terra oggetto del versamento.

L'intervento di manutenzione dell'arenile in oggetto consiste in una modesta riprofilatura della spiaggia, limitatamente alla porzione più settentrionale, per un tratto di circa 250 m, il più degradato. Questo

intervento, dovuto alla forte instabilità e crescente inadeguatezza della spiaggia allo svolgimento delle funzioni di difesa costiera e della fruizione balneare, per il suo carattere e per la modestia dei volumi movimentati, in attesa di lavori organici di contrasto dell'erosione, è finalizzato *esclusivamente* al ripristino di una configurazione della spiaggia emersa, sia pure minima, che possa migliorare la difesa delle aree retrostanti e consentire, durante l'incipiente stagione estiva 2021, la fruizione balneare anche nelle zone più compromesse.

#### **4.2 – Caratterizzazione geometrica dell'intervento**

Il dragaggio sarà effettuato all'interno della porzione della spiaggia sommersa indicata in rosso in Fig. 6, di lunghezza media di circa 300 m e di larghezza media di circa 100 m, per una superficie totale di circa 3 ha. Per motivi di budget e anche a causa della limitatezza del tratto di spiaggia emersa oggetto dell'intervento (lunghezza del tratto di battigia interessato circa 250 m), l'escavo effettivo di tale area sarà limitato a circa 1 ha, per uno spessore medio di circa 50 cm, con la movimentazione complessiva di circa 5.000 mc di sabbia, entro i limiti delle prescrizioni di cui all'Art. 4 delle "LINEE GUIDA PER LE MODALITÀ DI RILASCIO DELLE AUTORIZZAZIONI DI CUI ALL'ARTICOLO 17 COMMA 1 LETTERE e), f) DELLA LEGGE REGIONALE N. 80/2015". A fine lavori, sarà trasmessa una mappa con i limiti effettivi del fondale interessato dall'intervento.

La sabbia prelevata nella zona suddetta sarà versata sulla zona evidenziata in verde della spiaggia emersa, corrispondente a tutta la spiaggia emersa attuale e alla parte più prossima alla battigia, per una larghezza media di circa 15 m, e una lunghezza di circa 250 m, su una superficie complessiva di circa 3.750 mq, con un accrescimento teorico medio della quota della spiaggia in oggetto di circa 1,30 m. In realtà, l'aumento reale sarà inferiore, a causa delle perdite di dragaggio e del refluento a terra, nonostante le cautele poste in essere in fase esecutiva per contenere queste ultime, come precisato nel seguito.

#### **4.3 – Mezzi d'opera**

##### **Dragaggio e versamento a terra della miscela dragata.**

Le fasi del processo di dragaggio e ripascimento della spiaggia in oggetto, da eseguirsi a mezzo di draga stazionaria aspirante / refluyente (DSAR ), sono:

- messa in sospensione dei sedimenti a mezzo di disgregatore idraulico o meccanico;
- aspirazione di una miscela acqua/sedimenti (contenuto solido medio circa 15-25%);
- refluento verso terra, a mezzo della stessa pompa aspirante, eventualmente coadiuvata da un booster, della miscela dragata, attraverso condotte galleggianti o adagate sui fondali e poi sulla spiaggia emersa di cui trattasi;
- scarico sulla spiaggia emersa, con l'ausilio di arginature, e
- risagomatura finale a mezzo di mezzi meccanici di adeguata potenzialità.

La draga dovrà essere del tipo stazionario aspirante/refluyente; la potenza della pompa dovrà essere tale da consentire il refluento della miscela dragata sulla spiaggia emersa. In fase di scavo, non saranno consentiti superamenti dei limiti di spessore dello strato di sedimenti sopra indicato, di circa 50, con tolleranza +/- 25 cm). Dovrà essere eseguita la tecnica della "fresatura", che meglio consente il rispetto dei limiti di spessore di escavo e l'asporto uniforme di tutto lo strato interessato, realizzabile con il movimento del braccio aspirante (nel caso di braccio mobile), o con il brandeggio dell'intera draga (nel caso di braccio aspirante fisso), o ancora con una combinazione di queste due tecniche.

Per il convogliamento a terra della miscela dragata saranno necessarie tubazioni (galleggianti o posate sul fondale) di lunghezza adeguata alla geometria dei luoghi di intervento, per una lunghezza complessiva in linea di principio non inferiore a 150 m.

Le condotte, preferibilmente in PEAD, avranno diametro interno di almeno 200 mm. La resa della lavorazione, in termini di sedimenti effettivamente movimentati, dovrà essere non inferiore a 1.000 mc al giorno, salvo casi documentati di forza maggiore.

Fra le cause di forza maggiore, oltre ai casi previsti dalla norma, si intende anche la presenza, nel paraggio oggetto delle operazioni di dragaggio, di onde con ampiezza superiore a 50 cm. I tempi di esecuzione delle operazioni di dragaggio e di reflimento a terra sono dunque da considerare al netto di tutte le cause di forza maggiore, nel caso in cui siano riconosciute dalla D.L., e di eventuale sospensioni e/o proroghe, e il conteggio dei giorni sarà adeguato di conseguenza.

Al termine delle operazioni di escavo e reflimento, la spiaggia dovrà essere adeguatamente risagomata, per la migliore fruizione balneare della superficie ripristinata con l'intervento.

#### **Mezzi d'opera terrestri.**

Come risulta dalla descrizione delle modalità operative, dettagliata al capitolo successivo, è necessario che l'Impresa appaltatrice disponga di mezzi d'opera terrestri adeguati alla potenzialità della draga, come sopra specificato, e alla movimentazione di sedimenti (di spiaggia emersa e dragati) derivante dalla procedura di ripascimento adottata e illustrata in Fig. 7. L'impresa dovrà dunque disporre a terra, per tutta la durata dei lavori, di almeno n. 1 escavatore e di almeno n. 1 ruspa cingolati.

#### ***4.4 – Modalità operative***

Si faccia dunque riferimento a *Fig. 7 – Sezione tipo – Schema delle fasi esecutive* a pag. seguente, che mostra lo schema delle fasi esecutive degli interventi in funzione del contesto morfologico della zona considerata. Si consideri anche la successione temporale delle fasi, riportata nel *Cronoprogramma dei lavori*.

Le operazioni di dragaggio/ripascimento dovranno iniziare dalla parte Nord della spiaggia della Biodola (lato Scaglieri), quella che più ha sofferto per l'erosione, per la carenza di apporti di sedimenti da terra e per gli errori commessi nella gestione della fascia costiera retrostante, e si estenderanno verso Sud per circa 250 m. La parte meridionale della Biodola è infatti meno compromessa.

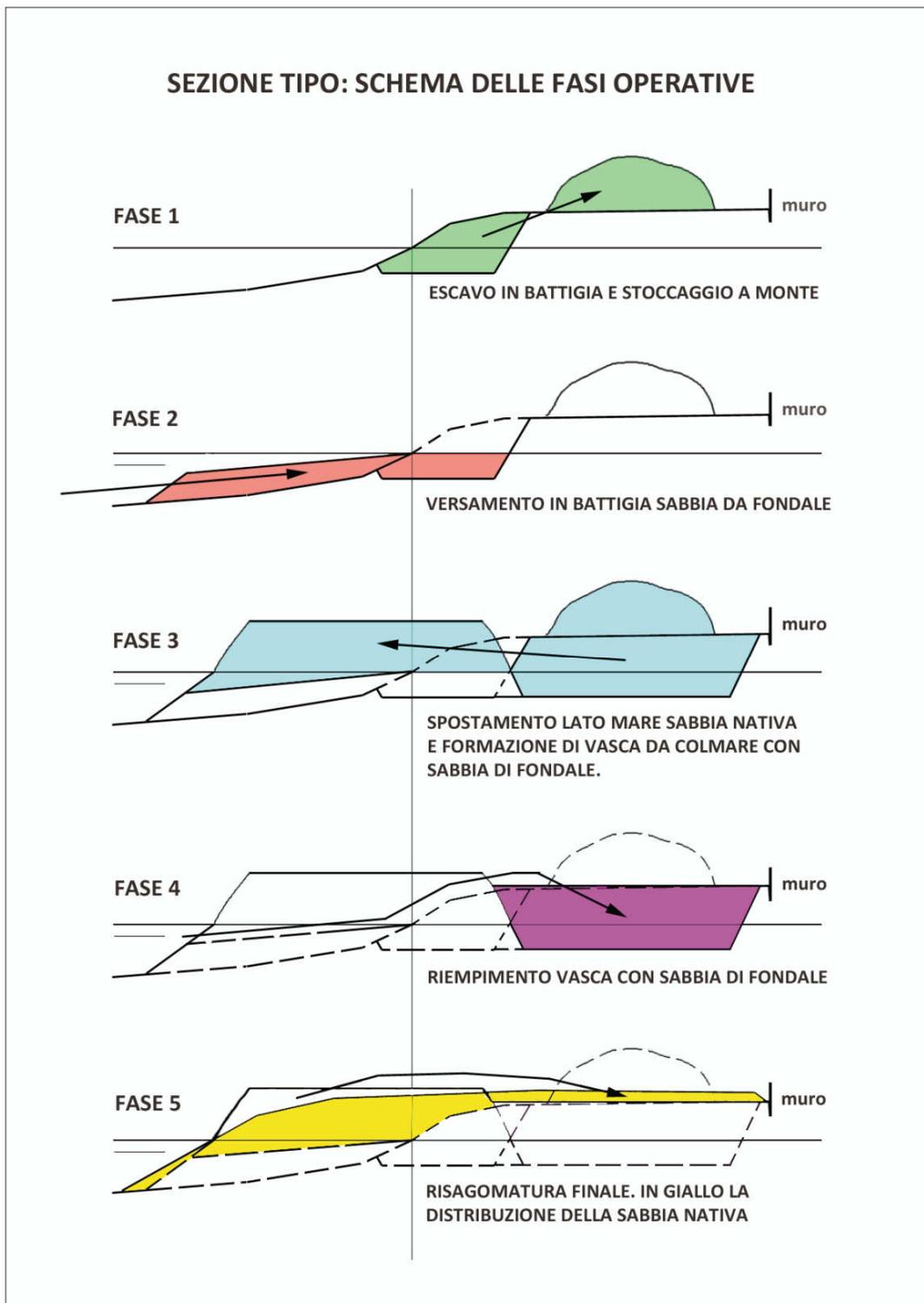


Fig. 7 – Sezione tipo – Schema delle fasi esecutive

Fase 1. I sedimenti, per una fascia iniziale a monte della linea di battigia di larghezza variabile fra circa 10 e 15 m, e di profondità fino a -1 sotto il l.m.m., sono asportati ed accumulati lato monte.

Fase 2. Parte dei sedimenti di fondale sono dragati e versati nella vasca, aperta lato mare, ricavata con i lavori di Fase 1.

Fase 3. I sedimenti nativi, temporaneamente stoccati come indicato in Fase 1, sono spostati lato mare, ad una distanza indicativa dalla linea di battigia originaria di circa 5 m. Il resto del corpo spiaggia viene escavato e sospinto lato mare. In questo modo si ottiene un argine di contenimento lato mare e una vasca lato monte per la sedimentazione delle sabbie di largo.

Fase 4. Le vasche sono riempite con i sedimenti di fondale.

Fase 5. Ciò che resta degli argini e delle sabbie native eventualmente ancora stoccate lato monte viene distribuito sulla sabbia di ripascimento decantata nelle vasche. Questa operazione, che integra gli accorgimenti delle fasi precedenti, consente lo stoccaggio del materiale di ripascimento, più fine di quello nativo, al di sotto della superficie originale della spiaggia. Lo spessore più marcato si trova lato mare, a costituzione di un setto di separazione fra le sabbie relativamente più fini e il mare, per prolungare la durata dell'intervento.

#### **4.5 - Risultati attesi.**

La spiaggia che potrà essere ripristinata con questi lavori produrrà un *temporaneo* miglioramento della fruibilità turistica ed una adeguata protezione alle strutture presenti sulla spiaggia, specialmente nel tratto attualmente più degradato davanti al Baia Bianca, con benefici che si estenderanno col tempo anche alle zone limitrofe: alla parte Sud della spiaggia della Biodola e verso Nord alla spiaggia di Scaglieri.

In attesa di interventi di ben altra consistenza, i benefici dell'intervento in progetto avranno una durata di 1-2 anni, in funzione delle condizioni meteomarine, salvo tempeste di particolare intensità.

## **5. CARATTERIZZAZIONI AMBIENTALI**

Per quanto riguarda le caratteristiche della spiaggia, sia la spiaggia emersa che quella sommersa sono costituite da sabbia medio grossa, di un colore biondo chiaro. Sono stati prelevati, sempre in accordo alle prescrizioni delle sopra richiamate Linee Guida, campioni lungo la parte sommersa della spiaggia e nella parte emersa (v. Fig. 6). I risultati delle analisi granulometriche e colorimetriche su alcuni di questi campioni sono riportati nell'Allegato 2.

In applicazione delle prescrizioni delle Linee-guida e della normativa che le ispira, altri campioni sono stati assoggettati ad analisi chimiche e batteriologiche, come da Allegato al DM 173/2016. I risultati, riportati nell'Allegato 3, hanno dimostrato l'assoluta incontaminazione dei sedimenti di fondale oggetto del prelievo ai fini del ripascimento di riprofilatura in oggetto, tanto che il laboratorio di analisi incaricato (il CIBM di Pisa) ha conservato i residui dei campioni catalogandolo come campione "bianco", per utilizzarlo come base per futuri confronti con sedimenti da altre situazioni.

La **Scheda di inquadramento dell'area di escavo**, compilata come prescritto dal Cap. 1 - All. al DPR 173/2016, è riportata nell'Allegato 4 alla presente Relazione Tecnica.

## **6. QUADRI ECONOMICI, CAPITOLATO PRESTAZIONALE E CRONOPROGRAMMA**

Seguono i quadri tecnico-economici, incluso il Capitolato prestazionale, e il Cronoprogramma delle attività per questo intervento.

In Tab. 1 è riportato l'Elenco Prezzi, che ha anche funzione di Capitolato Prestazionale. Il prezzo è unico e va inteso a corpo, comprendendo tutte le prestazioni di contratto, come dettagliato nella descrizione tecnico-prestazionale a fianco.

In Tab. 1.1 è riportata l'Analisi dei prezzi che ha portato alla definizione del suddetto prezzo unitario a corpo.

Il Computo Metrico Estimativo (Tab. 2) contiene le informazioni geometriche e quantitative per la determinazione dell'importo dei lavori.

Il Quadro Economico di Spesa dell'intervento (Tab. 3) contiene, oltre a un sommario dei dati di cui sopra, anche gli oneri aggiuntivi a carico della Stazione appaltante, inclusa la DL.

L'appalto è a corpo, per l'importo indicato nel CME. La categoria dei lavori è la OG7.

ELENCO ALLEGATI:

ALLEGATO 1 – EVOLUZIONE DELLA LINEA DI RIVA

ALLEGATO 2 – CARATTERIZZAZIONE SEDIMENTOLOGICA E COLORIMETRICA

ALLEGATO 3 – CARATTERIZZAZIONE AMBIENTALE

ALLEGATO 4 – SCHEDA INQUADRAMENTO AREA ESCAVO (CAP. 1 ALL. AL DPR 173/2016)

## Intervento di riprofilatura della spiaggia della Biodola

### Tab. 1 - Elenco Prezzi e Capitolato Prestazionale

€/mc

Prellievo di sedimenti marini dai fondali antistanti alla spiaggia della Biodola dall'area indicata in rosso in Fig. 6 della Relazione Tecnica e loro ricollocazione sulla porzione di spiaggia indicata in verde, secondo le misure planimetriche, gli spessori e i volumi di prelievo e di riporto indicati nella Relazione Tecnica e nel Computo Metrico Estimativo, come dettagliato nella Tab. 1.1 di Analisi del presente prezzo unitario a corpo, e secondo le istruzioni della DL. Il presente prezzo unitario a corpo comprende l'impianto e il ripiegamento del cantiere a mare e a terra; la mobilitazione/smobilitazione e l'operazione di: a) idonea draga aspirante-refluente, dotata di pompa di adeguata potenza, in grado di movimentare almeno 1.000 mc di sedimenti al giorno, b) condotta in parte galleggiante e in parte fissa a terra, e c) mezzi terrestri (escavatori e ruspe cingolati) in numero e di potenzialità adeguati alla capacità produttiva della draga per la stesa dei sedimenti a terra, previa formazione di casse di colmatazione provvisoria, secondo le fasi e gli schemi indicati in Fig. 7; la regolarizzazione finale dell'intera superficie di spiaggia interessata dai lavori; la fornitura di personale operativo specializzato (i mezzi d'opera, qualora difformi da quanto sopra, dovranno essere comunque approvati dalla DL prima dell'inizio dei lavori); quant'altro necessario per la regolare conduzione dei lavori come dal presente capitolato, dalla Relazione Tecnica e Allegati, e dal bando di gara, con particolare riferimento alla durata e al termine per la conclusione dei lavori, essendo rilevante l'importanza della rapidità, sia per l'interferenza con la fruizione balneare, che per il rischio di agitazioni marine durante l'esecuzione, che per il termine ultimo imposto dalla Regione Toscana (30 giugno 2021) per la conclusione dei lavori. L'appalto sarà a corpo, per la quantità di sedimenti indicata nel CME (Tab. 2), e il controllo delle quantità di sedimenti effettivamente movimentate sarà eseguito mediante il contatore volumetrico in dotazione sulla draga, la cui corretta taratura dovrà essere certificata da Organismo ufficiale di certificazione, con certificato presentato in sede di offerta. Tale contatore dovrà scansionare in continuo la densità della miscela dragata, da integrare in automatico per la restituzione del volume solido effettivamente movimentato, su base oraria e quotidiana, per tutta la durata dei lavori. E' incluso anche il rilievo topografico della porzione della spiaggia emersa oggetto dell'intervento di refluento a lavori finiti e la conservazione in cantiere del Piano di Sicurezza (stesura a carico dell'impresa ai sensi di legge), per il pieno rispetto delle norme e cautele per la prevenzione dei rischi per il personale e per l'ambiente, con particolare riferimento alla normativa per il contenimento dei rischi di contagio da pandemia COVID-19. Il presente prezzo unitario, così come l'appalto, si intende a corpo e inclusivo di tutte le prestazioni sopra elencate, al lordo degli oneri di sicurezza.

11,60

COMUNE DI PORTOFERRAIO						
INTERVENTO DI RIPROFILATURA DELLA SPIAGGIA DELLA BIODOLA						
n.	Riferimento Elenco prezzi RT 2021	Tab. 1.1 - ANALISI DEI PREZZI DESCRIZIONE DELLE VOCI E DEGLI ELEMENTI	un. mis.	quantità	IMPORTI	
					unitario €/h	totale €/mc
1		<p>RIPASCIMENTO DELLA SPIAGGIA mediante dragaggio dei fondali antistanti l'arenile della Biodola, come da tavola grafica in Fig. 5 della Relazione Tecnica, trasporto e versamento a ripascimento presso il litorale fino ad una distanza massima di 200 mt dall'area di dragaggio di un volume complessivo di circa 5.000 mc di sabbia. Il dragaggio dovrà essere eseguito con mezzo marittimo autopropulso del tipo draga aspirante - refluyente, dotata di pompa con disgregatore o ugelli ad alta pressione, in grado di dragare il fondale di composizione prevalente sabbia per circa 0,50 m sito alla profondità massima di 3 m.</p> <p>Il trasporto dei sedimenti dovrà avvenire a mezzo di tubazione di refluento idraulico diretto a mezzo di tubazione (galleggiante, posizionata sul fondale e/o emersa) e dovrà consentire una produttività minima di 1.000 mc al giorno, eventualmente con l'ausilio di un impianto di pompaggio intermedio (booster) per assicurare comunque il raggiungimento della distanza massima.</p> <p>Nella voce si intendono inoltre compensate le seguenti prestazioni:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• la realizzazione secondo le fasi temporali indicate nel cronoprogramma delle modeste arginature e vasche di colmatazione provvisorie come indicato nelle tavole grafiche di progetto o come indicazioni diversa della D.L.;</li> <li>• il mantenimento degli argini delle vasche di contenimento e delle tubazioni di troppo pieno durante tutte le operazioni di refluento, anche in condizione meteo avverse;</li> <li>• l'onere di ridistribuire e livellare i sedimenti versati nelle fasi previste dal cronoprogramma e secondo gli elaborati di progetto e le indicazioni della DL;</li> <li>• l'assistenza alla D.L. nel rilievo topografico della spiaggia emersa "ante" avvio refluento e "post" refluento;</li> <li>• l'apprestamento di tutti i materiali e mezzi occorrenti per l'esecuzione delle opere secondo regola dell'arte, ed ogni altro onere anche amministrativo per ottemperare alle prescrizioni che la Capitaneria di Porto competente riterrà opportuno esigere per garantire la sicurezza in mare, in relazione al mezzo marittimo e relativa attrezzatura e tecnologia utilizzata;</li> <li>• la mobilitazione, l'utilizzo e la smobilitazione della draga e degli altri mezzi marittimi per l'operatività della stessa;</li> <li>• la fornitura, posa in opera, gestione e rimozione dell'intero impianto di refluento, costituito dalle tubazioni e dall'eventuale impianto di pompaggio (BOOSTER) intermedio e del relativo gruppo di alimentazione;</li> <li>• l'assistenza allo scarico, in prossimità della battigia, secondo le indicazioni del progetto e della D.L.;</li> <li>• tutte le attrezzature necessarie, apprestamenti, della mobilitazione e smobilitazione dei mezzi sia marittimi sia non marittimi;</li> <li>• ogni altro onere per l'esecuzione a regola d'arte e a norma dei lavori.</li> </ul>				
<b>ELEMENTI (TUTTI I PREZZI INCLUDONO SPESE GENERALI E UTILI DI IMPRESA)</b>						
<b>Mano d'opera</b>						
	TOS21_RU.M10.001.003	Operaio edile qualificato	h	0,008	33,82610	0,2706088
	TOS21_RU.M10.001.002	Operaio edile specializzato	h	0,005	36,43200	0,18216
	TOS21_RU.M10.001.004	Operaio edile comune	h	0,005	30,44855	0,15224275
<b>Noleggi</b>						
	TOS21_AT.N30.001.212	Nolo a caldo di Pontone per il sollevamento, infissione pali/palancole, trasporto di inerti, lavori di dragaggio, .....	h	0,007	1201,75000	8,41225
		Incremento per dotazione pompa e tubazione di refluento lunga al massimo 300 m	h	0,005	120,17500	0,600875
	TOS21_AT.N30.002.004	Nolo a caldo di Rimorchiatore marittimo specializzato per il traino e la spinta dei mezzi operativi galleggianti anche di notevoli dimensioni....	h	0,003	430,10000	1,2903
	TOS21_AT.N01.001.205	Macchine per movimento di terre e accessori - Escavatore cingolato	h	0,005	27,97930	0,1398965
	TOS21_AT.N01.001.038	Macchine per movimento di terre e accessori - Pala cingolata caricatrice..	h	0,005	20,47719	0,10238595
	TOS21_AT.N01.001.901	Macchine per movimento di terre e accessori - Oneri consumo carburanti	h	0,008	16,55885	0,1324708
	TOS21_AT.N01.001.902	Macchine per movimento di terre e accessori - Oneri consumo carburanti	h	0,008	39,73365	0,3178692
<b>Totale prezzo unitario ripascimento tutto incluso: lavorazioni, oneri, spese generali e utili</b>			<b>€/mc</b>			<b>11,60</b>

**Intervento di riprofilatura della spiaggia della Biodola****Tab. 2 - Computo Metrico Estimativo**

	lunghezza	larghezza	area	spessore	volume
	m	m	mq	m	mc
Prelievo di sabbia dalla zona di fondale indicata in rosso in Fig. 6 della Relazione Tecnica e sua ricollocazione sulla spiaggia emersa sull'area indicata in verde, con le modalità indicate in Fig. 7 e in Tab. 1	200	50	10000	0,5	5.000,00
Prezzo unitario omnicomprensivo, inclusa sicurezza (v. Tab. 1)					11,60
<b>Importo complessivo dei lavori al lordo degli oneri di sicurezza</b>					<b>58.000,00</b>

**Intervento di riprofilatura della spiaggia della Biodola****Tab. 3 - Quadro Economico di Spesa**

		mc	€/mc	€
<b>A</b>	<b>LAVORI</b>			
1	Volume di sedimenti da movimentare	5.000		
2	Prezzo unitario omnicomprensivo (v. Elenco Prezzi)		11,60	
3	Costo dei lavori al lordo degli oneri di sicurezza			58.000,00
<b>B</b>	<b>SOMME A DISPOSIZIONE</b>			
4	Spese tecniche: DL e accessorie, inclusa previdenza			2.126,78
5	IVA	22%	di 3 + 4	13.227,89
6	Arrotondamento			345,33
7	Totale Somme a disposizione		4+5+6	15.700,00
8	<b>COSTO DELL'INTERVENTO</b>			<b>73.700,00</b>

## COMUNE DI PORTOFERRAIO (LI)

INTERVENTO DI RIPROFILATURA STAGIONALE DELLA SPIAGGIA DELLA BIODOLA  
 MEDIANTE DRAGAGGIO DEL FONDALE ANTISTANTE  
 E REFLUIMENTO SULLA SPIAGGIA DELLA MISCELA DRAGATA

### RELAZIONE TECNICA

### CRONOPROGRAMMA DEI LAVORI

N.	DESCRIZIONE ATTIVITA'	settimane	1							2							3							4						
			giorni	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
1	CONSEGNA DEI LAVORI	progetto																												
		reale																												
3	MOBILITAZIONE MEZZI NAVALI E TERRESTRI	progetto																												
		reale																												
4	APERTURA CANTIERE	progetto																												
		reale																												
5	VERBALE DI INIZIO LAVORI	progetto																												
		reale																												
6	SCOTICO DELLA SPIAGGIA EMERSA E FORMAZIONE ARGINI E VASCHE (INIZIO LATO NORD)	progetto																												
		reale																												
7	POSIZIONAMENTO DRAGA SUL FONDALE E MONTAGGIO CONDOTTE DI TRASPORTO	progetto																												
		reale																												
8	DRAGAGGIO FONDALE E REFLUIMENTO SULLA SPIAGGIA	progetto																												
		reale																												
9	RISAGOMATURA DELLA SPIAGGIA	progetto																												
		reale																												
17	VERBALE DI ULTIMAZIONE LAVORI	progetto																												
		reale																												
18	CHIUSURA CANTIERE E ALLONTANAMENTO MEZZI NAVALI E TERRESTRI	progetto																												
		reale																												

NOTA: TEMPI DI ESECUZIONE AL NETTO DI SOSPENSIONI, PROROGHE, FORZA MAGGIORE

## ALLEGATO 1

### SPIAGGIA DELLA BIODOLA - EVOLUZIONE DELLA LINEA DI RIVA

#### **Premessa**

Nella parte più interna del Golfo della Biodola, posto sul lato settentrionale dell'Isola d'Elba ed aperto ai mari di Nord-Ovest, s'inserisce una spiaggia lunga 735 m, che ora risulta divisa in due parti da uno scoglio che un tempo non superava la linea di riva, ma che ora, a seguito dell'erosione, si protende in mare. La parte occidentale, lunga 611 m è la spiaggia della Biodola, mentre quella orientale, assai più corta (124 m) è la spiaggia di Scaglieri.

L'arenile è sempre stato ristretto, ma ha una enorme valenza turistica per le qualità paesaggistiche e per la tipologie di sabbia (gialla e grossolana) che ne fanno una delle mete turistiche più apprezzate dell'Isola d'Elba.

L'erosione che lo ha colpito nel dopoguerra ha ridotto sempre più le sue potenzialità, e il distanziamento fisico ora richiesto rende impossibile soddisfare anche solo l'utenza tradizionale.

L'arretramento della linea di riva è stato particolarmente grave in un settore dove, durante le mareggiate, le onde raggiungono un muro creando una riflessione che induce una forte perdita di sedimenti.

Il Comune di Portoferraio sta avviando la progettazione di un intervento strutturale idoneo a ricostituire un arenile capace di assorbire anche gli eventi meteomarini eccezionali, eliminando anche questa criticità.

L'intervento di riprofilatura stagionale previsto in questa relazione ha lo scopo di mettere la spiaggia della Biodola in grado di supportare l'attività turistico-balneare persa con le ultime mareggiate e, contemporaneamente, tamponare la criticità venutasi a creare in questo settore del golfo.

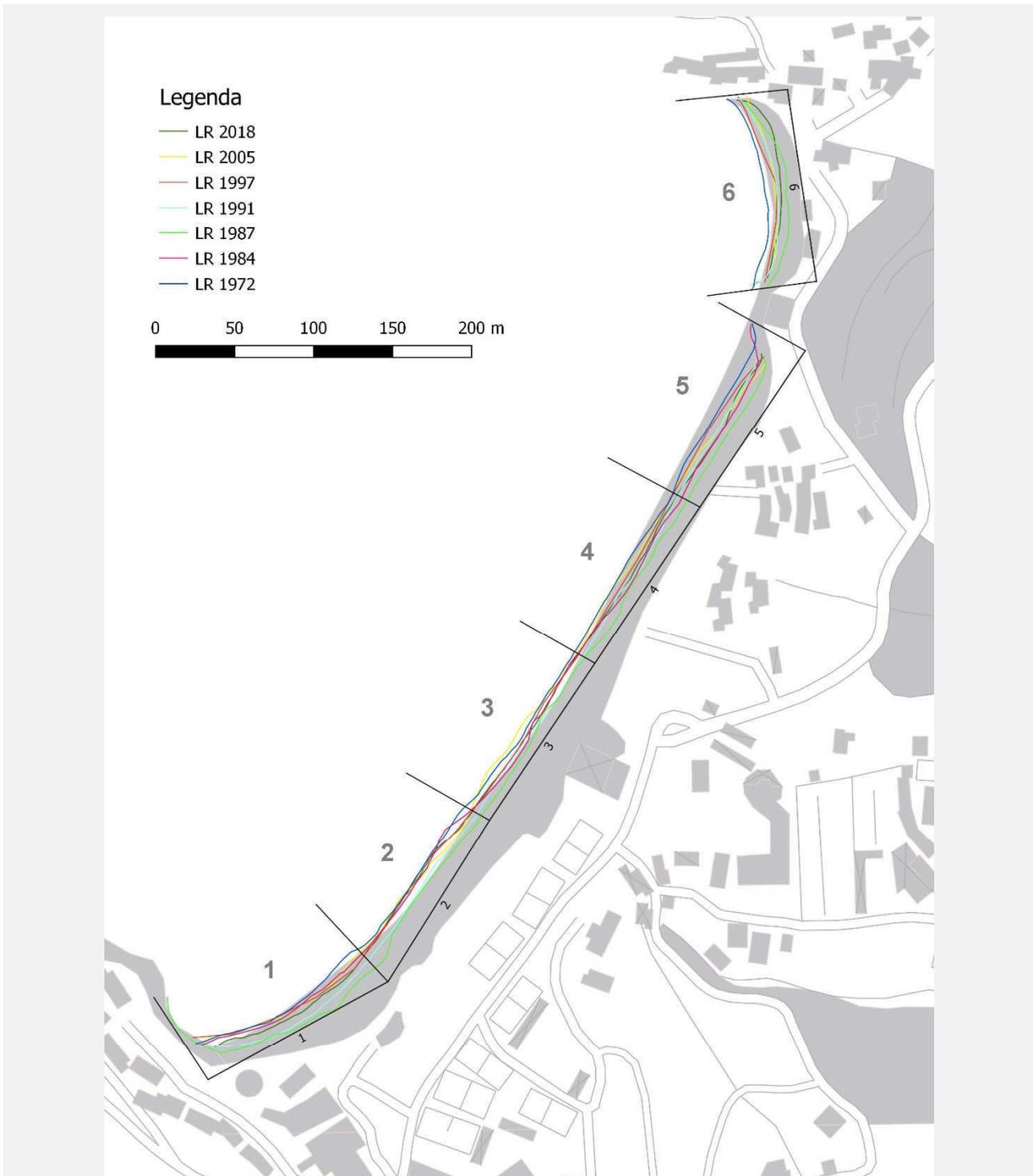
#### **Evoluzione della linea di riva**

L'evoluzione della spiaggia è stata ricostruita sulla base delle linee di riva degli anni 1972, 1984, 1987, 1991, 1997, 2005 e 2018 dividendo il litorale in 6 parti di circa 125 m ciascuna.

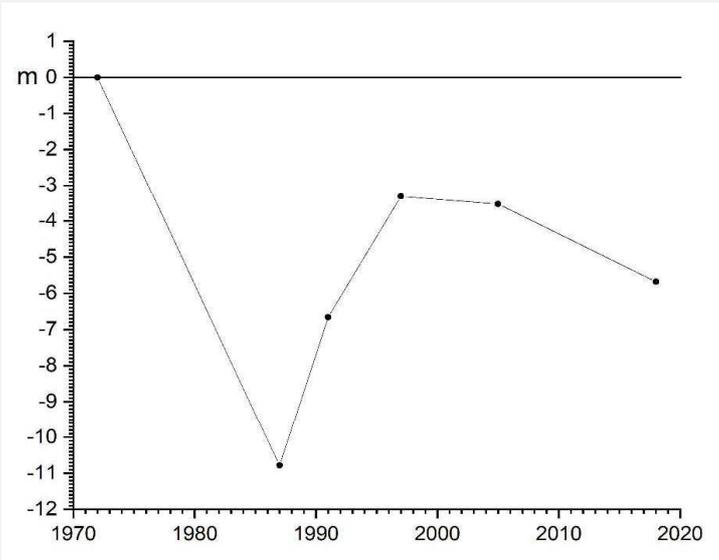
L'arenile risulta soggetto a variazioni significative, ma spesso entro l'ordine di grandezza dell'accuratezza del metodo di misura, per cui in questa relazione si farà riferimento al

periodo di tempo più lungo, che in genere consente di assorbire almeno quella che è la variabilità intrinseca della linea di riva.

Il settore di nostro interesse, il n. 4 e il n. 5, mostra comunque le oscillazioni maggiori (insieme al n. 6), forse proprio per la presenza della parete riflettente sopra citata.



**Figura 1. Evoluzione della linea di riva della spiaggia della Biodola e settori nei quali è stata calcolata la variazione areale, lo spostamento medio ed il tasso di spostamento della linea di riva.**

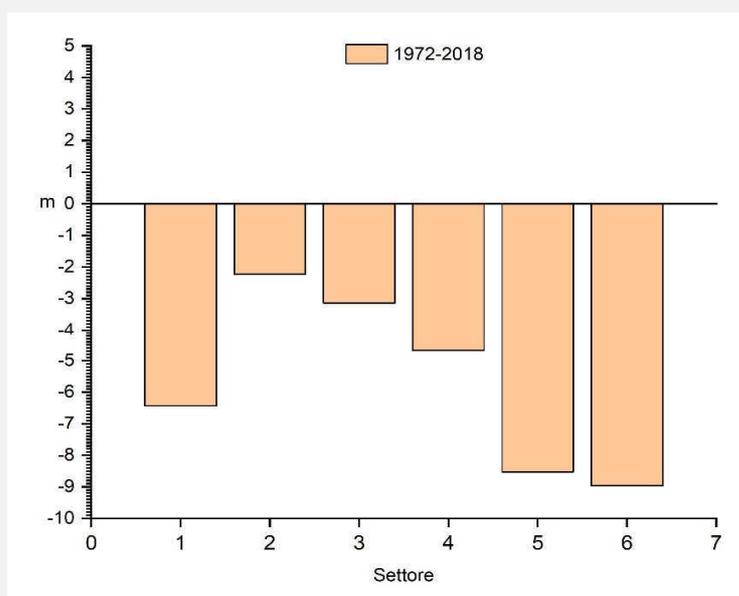


**Figura 2. Posizione media della linea di riva nel Golfo della Biodola rispetto a quella del 1972.**

Fra il 1972 e il 2005 la spiaggia della Biodola ha perso 2.599 m<sup>2</sup>, corrispondenti ad un arretramento medio della linea di riva di 3.5 m.

Fra il 2005 e il 2018 la perdita è stata di 1578 m<sup>2</sup>, con un arretramento di 2.2 m.

Complessivamente, la superficie di arenile persa fra il 1972 al 2018 è di 4.177 m<sup>2</sup>, per un arretramento medio della linea di riva di 5.7 m, valore modesto rispetto a quello registrato da altri tratti della costa toscana ma significativo per una pocket beach molto ristretta e soggetta a frequenti rotazioni.



**Figura 3. Arretramento medio della linea di riva registrato fra il 1972 e il 2018 nei sei settori in cui è stata divisa la spiaggia.**

## ALLEGATO 2 – SPIAGGIA DELLA BIODOLA

### CARATTERIZZAZIONE SEDIMENTOLOGICA E COLORIMETRICA

#### A) Sedimentologia

L'indagine sedimentologica presentata in questa relazione si avvale di una parte dei campioni fatti prelevare ed analizzare dal Comune di Portoferraio al fine di giungere ad una migliore comprensione delle dinamiche in atto, anche allo scopo di sviluppare in futuro un progetto di riequilibrio della spiaggia del golfo.

I campioni sono stati prelevati dalla Geocoste s.n.c. su indicazione degli scriventi ed elaborati secondo le metodologie standard usate per analisi granulometriche di sedimenti di spiaggia emersa e sommersa.

I campioni sono stati sottoposti ad analisi granulometrica mediante setacciatura meccanica a secco per 10 minuti con intervallo di  $1/2$  phi. Ciascuna frazione granulometrica è stata pesata con bilancia di precisione. Sono state quindi calcolate, in modo automatico, le percentuali e le percentuali cumulative di ciascuna frazione granulometrica e costruiti gli istogrammi di frequenza e le curve cumulative in scala log-probabilistica. Da queste sono stati ottenuti i valori del 5°, 16°, 25°, 50°, 75°, 84° e 95° percentile da utilizzare per il calcolo dei parametri statistici di Folk e Ward (1957): Media ( $M_z$ ), Classazione ( $\sigma_1$ ); è stato registrato anche il valore della percentuale di frazione fine - intesa come quella avente dimensioni inferiori a 0.063 mm o 4 phi. (Tabella \*).

Le carte delle caratteristiche tessiturali dei sedimenti, costruite con detti dati (Media, Classazione, % frazione fine), hanno permesso di identificare la migliore zona per il prelievo dei materiali da destinare alla *Riprofilatura stagionale della spiaggia* ai sensi dell'Art. 4 delle Linee guida GCRT e del DM 173/2016.

La zona di dragaggio è indicata dal rettangolo rosso di Figura 1 ed in essa sono presenti tre campioni dai quali è stato ottenuto il composito 'Borrow' tramite la media delle percentuali di ciascuna frazione granulometrica di  $1/2$  phi.

Analogamente è stato fatto per creare il Composito 'Native' del tratto di ripascimento.

I sedimenti della spiaggia da ripascere hanno un valore delle dimensioni medie ( $M_z$ ) pari a 0.755 phi (0.593 mm), con una Classazione ( $\sigma_1$ ) di 0,679 e privi di frazione fine ( $< 0.0625$

mm). Nella Classificazione di Krumbein sono definiti *sabbia grossolana*, mentre per la Classazione, usando la scala verbale di Folk & Ward, si tratta di sedimenti *moderatamente ben classati*.

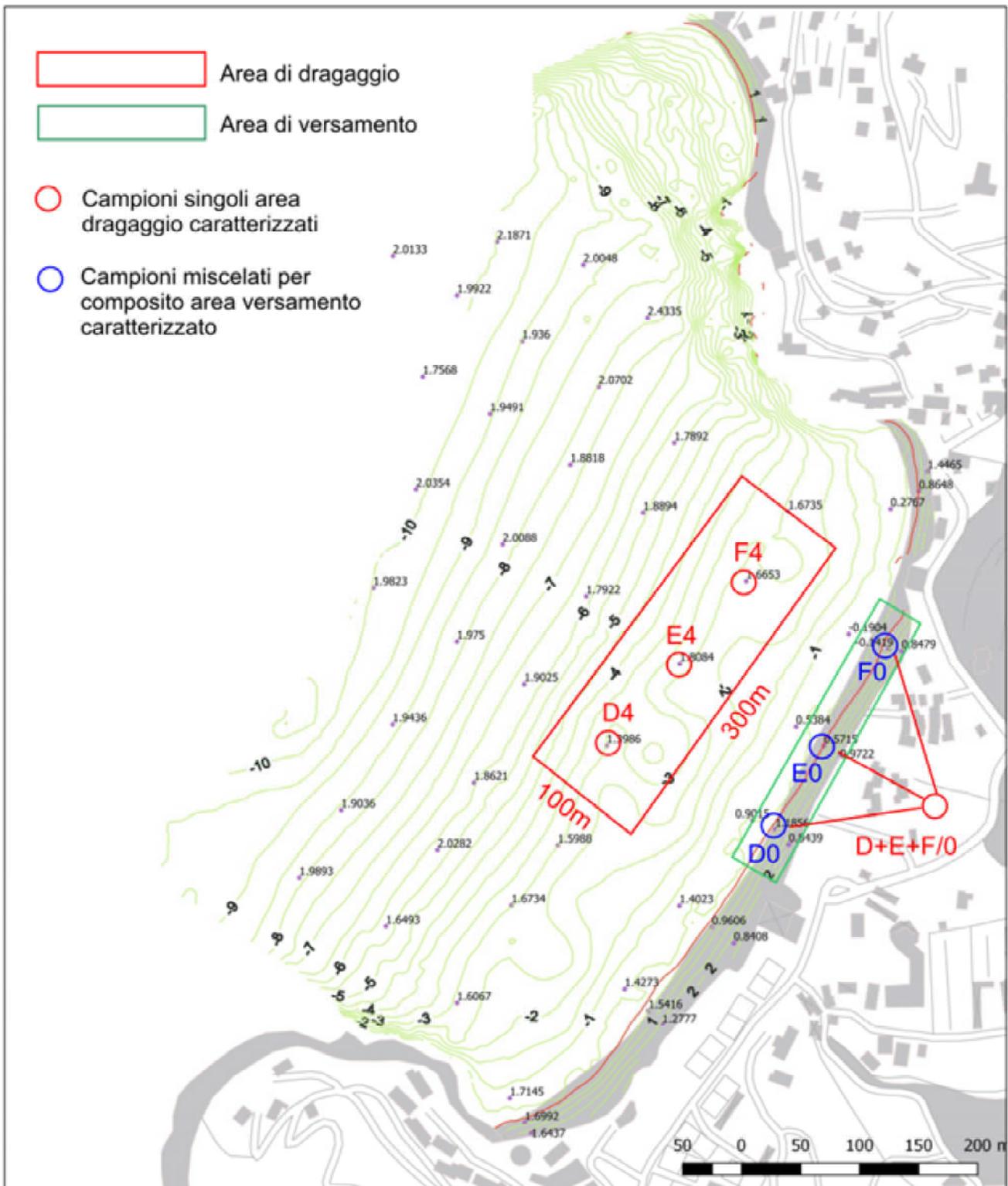


Figura 1. Delimitazione dell'area di dragaggio e di versamento con indicazione della posizione dei campioni prelevati per la caratterizzazione. Sulla base cartografica sono indicati i valori delle Dimensioni medie (Mz) dei campioni prelevati per lo studio della dinamica sedimentaria del Golfo della Biodola.

Quelli presenti nella zona identificata per il dragaggio hanno un valore della Media ( $M_z$ ) pari a 1.632 phi (0.323 mm), una Classazione ( $\sigma_1$ ) di 0.494 ed anch'essi sono privi di frazione fine. Con le stesse classificazioni si definiscono *sabbie medie ben classate*.

Come avviene in quasi tutte le spiagge, i sedimenti dei fondali hanno dimensioni medie ( $M_z$ ) inferiori a quelli presenti sulla spiaggia emersa e sulla battigia, ed è per questo che gli interventi di riprofilatura della spiaggia effettuati portando a riva le sabbie esterne vengono considerati 'stagionali' e finalizzati ad una espansione dell'arenile per finalità turistico-balneari.

Nel nostro caso l'intervento si pone anche l'obiettivo dell'espansione dell'arenile per metterlo in condizioni di meglio resistere alle mareggiate che dovessero verificarsi prima della realizzazione di un intervento strutturale di più ampio respiro. Ciò perché il settore del Golfo in cui è previsto questo refluitamento ha l'arenile molto stretto e delimitato da una struttura riflettente che, se raggiunta dalle onde, può venire danneggiata e, più che altro, innescare una riflessione delle onde che determinerebbe una consistente fuga di sabbia verso i fondali antistanti.

**Tabella 1. Parametri statistici dei due campioni compositi e percentili per il calcolo del Rapporto critico ( $R\phi_{crit}$ ) e dell'Overfill ratio ( $R_A$ ).**

	Spiaggia	Ripascimento
Media, $M_z$ (phi)	0.755	1.632
Media $M_z$ (mm)	0.593	0.323
Classazione $\sigma_1$ (phi)	0.679	0.494
% fine (<0,063 mm)	0.000	0.000
16° percentile	0.114	1.164
84° percentile	1.360	2.092
Media (Inman)	0.737	1.628
Classazione (Inman)	0.623	0.464

Al fine di valutare la compatibilità sedimentologica delle sabbie presenti sui fondali con quelli della spiaggia emersa, si è fatto ricorso ai metodi descritti nello Shore Protection Manual (USASCE) a cui si è recentemente affiancato un metodo proposto sulla rivista Coastal Engineering.

I sedimenti di spiaggia sono generalmente indicati come Native e quelli di ripascimento Borrow, e vengono rappresentati da campioni idonei a descrivere sia la spiaggia, nelle sue varie parti, sia il complesso del giacimento da cui si estrarrà il materiale.

Per ciascuna coppia Native – Borrow sono stati calcolati il Rapporto critico ( $R_{\phi_{crit}}$ ; Krumbein e James, 1965), l'Overfill factor ( $R_A$ ; James, 1975) e l'Indice di stabilità ( $I_s$ ; Pranzini et al., 2018).

Il **Rapporto critico ( $R_{\phi_{crit}}$ )** e l'**Overfill factor ( $R_A$ )** tendono a valutare, in forma leggermente diversa, la quantità di sedimenti Borrow che deve essere messa sulla spiaggia affinché, dopo l'azione selettiva del mare, rimanga un volume unitario di sedimenti con la stessa distribuzione granulometrica del sedimento Native. Se alcune classi granulometriche mancano, il raggiungimento non può avvenire.

Nel nostro caso, il valore del Rapporto critico ( $R_{\phi_{crit}}$ ) non è calcolabile e, comunque, cade nel quadrante nel quale i rapporti dimensionali fra Borrow e Native indicano la non efficacia del ripascimento.

Anche per l'Overfill ratio ( $R_A$ ) siamo nel campo dell'instabilità e certamente il valore è assai inferiore a dieci.

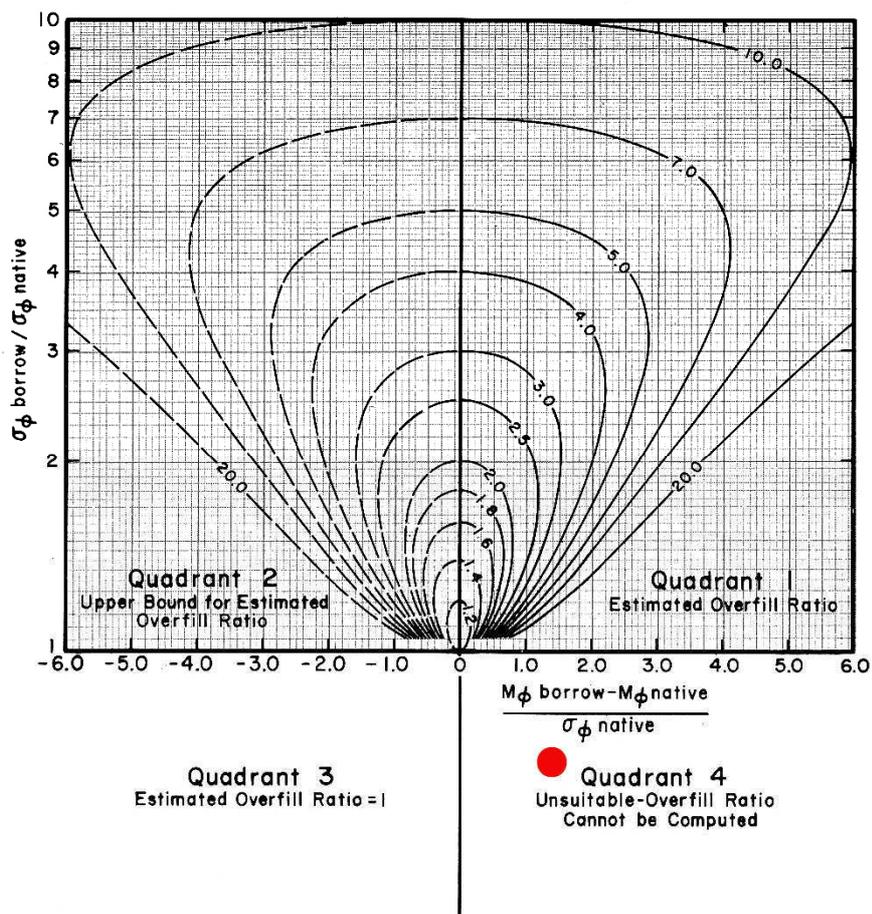


Figura 2. Nomogramma per il calcolo del Rapporto critico ( $R_{\phi_{crit}}$ ) con indicata la posizione in cui cade il punto rappresentativo delle sabbie da refluire.

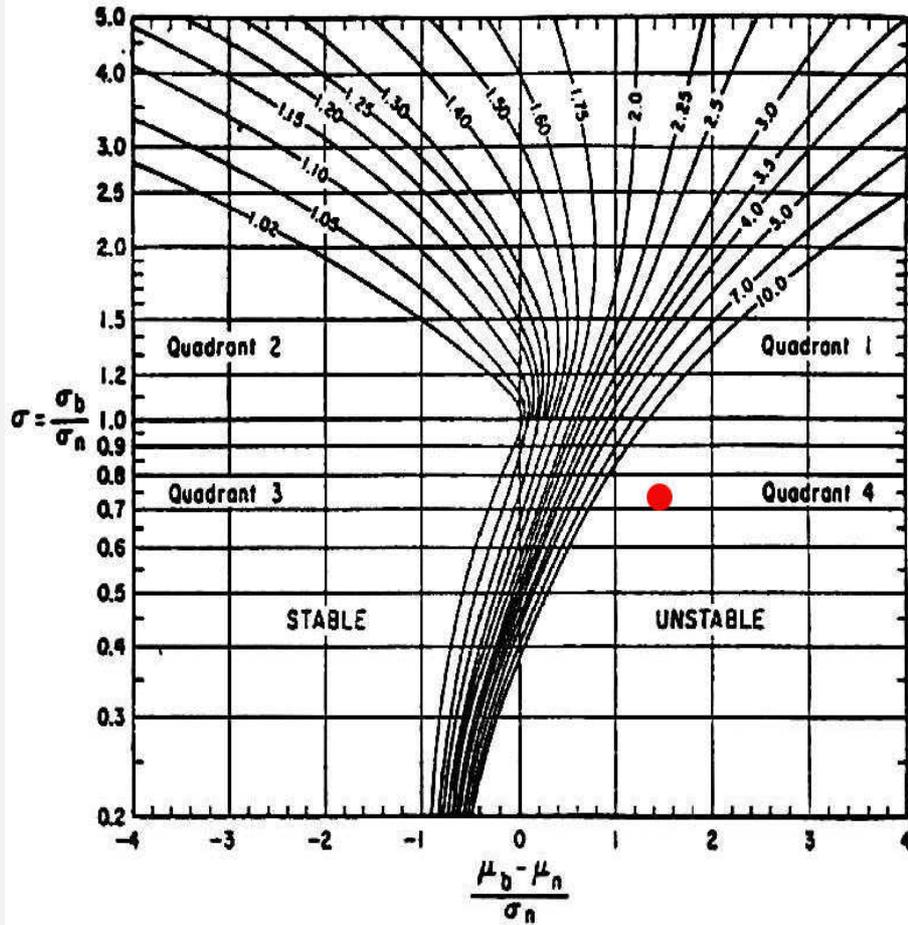


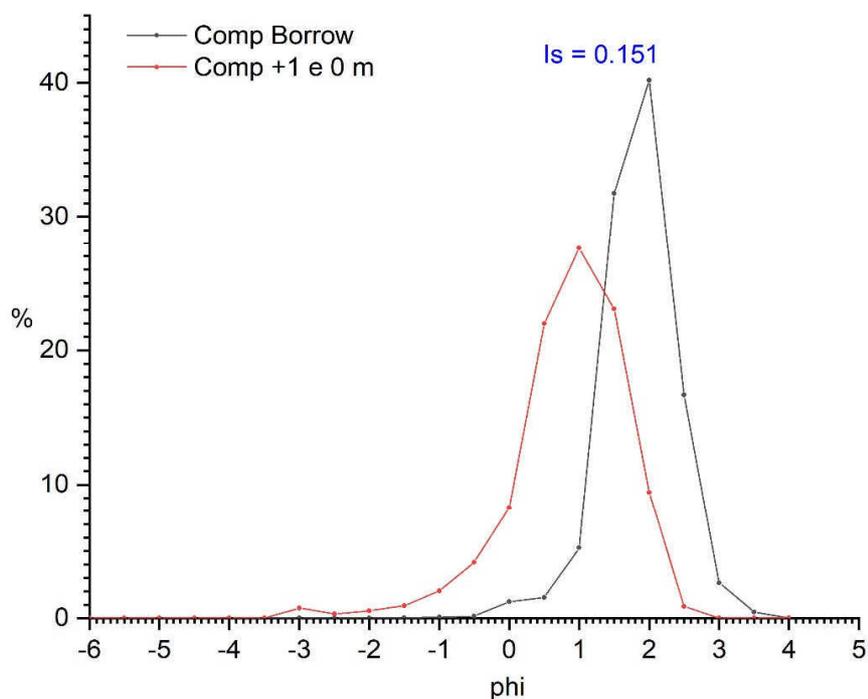
Figura 3. Nomogramma per il calcolo dell'Overfill ratio ( $R_A$ ) con indicata la posizione in cui cade il punto rappresentativo delle sabbie da refluire.

L'Indice di stabilità ( $I_s$ ), dopo numerose applicazioni in Italia ed in altri paesi, è stato pubblicato su Coastal Engineering. Si basa sull'ipotesi che un granulo, di dimensioni maggiori del più grande granulo presente sulla spiaggia, abbia una stabilità pari ad 1, mentre uno più piccolo del più piccolo presente sulla spiaggia abbia stabilità 0. Per ciascuna distribuzione granulometrica la stabilità di ogni frazione è proporzionale all'inverso del suo valore nella curva cumulativa.

Questo parametro è sempre calcolabile e nel caso specifico risulta pari a 0.151, un valore decisamente basso che, per un intervento strutturale scongiurerebbe l'uso di questi sedimenti

**Tabella 2. Calcolo dell'Indice di stabilità (Is) del ripascimento**

	Comp-Native +1 e 0m	Cum-comp	Cum-inv	Fs	Comp- Borrow	Is
-6	0.00	0.00	100.00	1.00	0.00	0.00
-5.5	0.00	0.00	100.00	1.00	0.00	0.00
-5	0.00	0.00	100.00	1.00	0.00	0.00
-4.5	0.00	0.00	100.00	1.00	0.00	0.00
-4	0.00	0.00	100.00	1.00	0.00	0.00
-3.5	0.00	0.00	100.00	1.00	0.00	0.00
-3	0.30	0.30	99.70	1.00	0.00	0.00
-2.5	0.14	0.44	99.56	1.00	0.00	0.00
-2	0.32	0.76	99.24	0.99	0.00	0.00
-1.5	0.79	1.55	98.45	0.99	0.03	0.03
-1	1.93	3.48	96.52	0.97	0.07	0.07
-0.5	3.53	7.02	92.98	0.95	0.22	0.21
0	5.58	12.59	87.41	0.90	1.09	0.98
0.5	18.90	31.50	68.50	0.78	2.17	1.69
1	31.94	63.43	36.57	0.53	5.65	2.97
1.5	25.97	89.40	10.60	0.24	28.53	6.73
2	9.73	99.13	0.87	0.06	40.98	2.35
2.5	0.85	99.98	0.02	0.00	18.20	0.08
3	0.01	100.00	0.00	0.00	2.56	0.00
3.5	0.00	100.00	0.00	0.00	0.49	0.00
4	0.00	100.00	0.00	0.00	0.01	0.00
-4.5	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00
					100.00	<b>0.151</b>



**Figura 4. Distribuzione granulometrica dei campioni composti rappresentativi dell'area di dragaggio e di quella di ripascimento.**

Dalla distribuzione granulometrica dei due campioni compositi si desume che è la classe 1.5 phi (passante da 1.0 phi e trattenuto da 1.5 phi) quella che fornisce il contributo maggiore, essendo il 25.97% nel sedimento nativo e il 28.53 in quello di ripascimento.

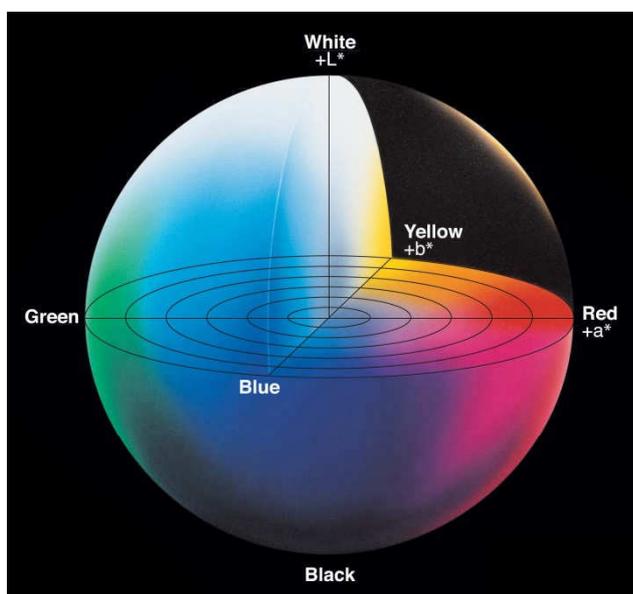
Tutto ciò conferma il fatto che, pur trattandosi di sabbia con frazioni granulometriche già presenti sull'arenile, la sua stabilità non sarà tale da consentire un'espansione della spiaggia emersa di lungo periodo, come d'altra parte è nelle attese dell'intervento.

## B) Colorimetria

Il colore dei sedimenti di ripascimento è stato definito nello spazio colorimetrico CIEL\*a\*b\* come indicato nelle *Linee Guida per la Difesa della Costa dai fenomeni di Erosione e dagli effetti dei Cambiamenti climatici* elaborato dal Tavolo Nazionale sull'Erosione Costiera MATTM-Regioni con il coordinamento tecnico di ISPRA.

Lo spazio CIEL\*a\*b\* costituisce un riferimento codificato e certificato dalla Commission Internazionale de l'Éclairage (CIE); l'Illuminante adottato è il D65, che corrisponde allo spettro solare in condizioni di cielo sereno.

Il parametro L\* definisce la luminosità (da 0 = Nero a 100 = Bianco), mentre i parametri a\* e b\* danno la cromaticità (a\* da Verde a Rosso; b\* da Blu a Giallo) con valori da -100 a +100 (Figura 7).



Lo spazio CIEL\*a\*b\*.

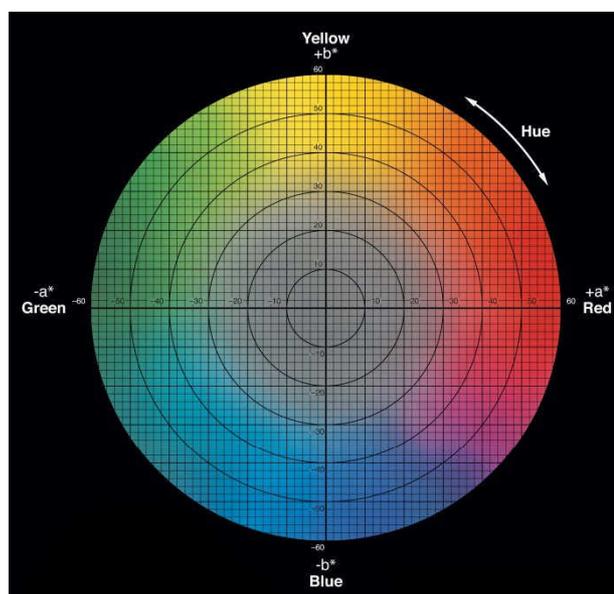


Diagramma di cromaticità a\*,b\* dello spazio colore CIEL\*a\*b\*.

Definite quindi le coordinate L\*, a\* e b\* dei campioni Native e Borrow (qui definiti Target e Sample) la valutazione dell'idoneità è avvenuta facendo riferimento ai limiti suggeriti dalle Linee guida del Ministero dell'Ambiente, ossia:

$$-1 < \Delta L^* < +7, -2 < a^* < +4 \text{ e } -2 < b^* < +4$$

e una distanza euclidea (dE) non superiore a 8.

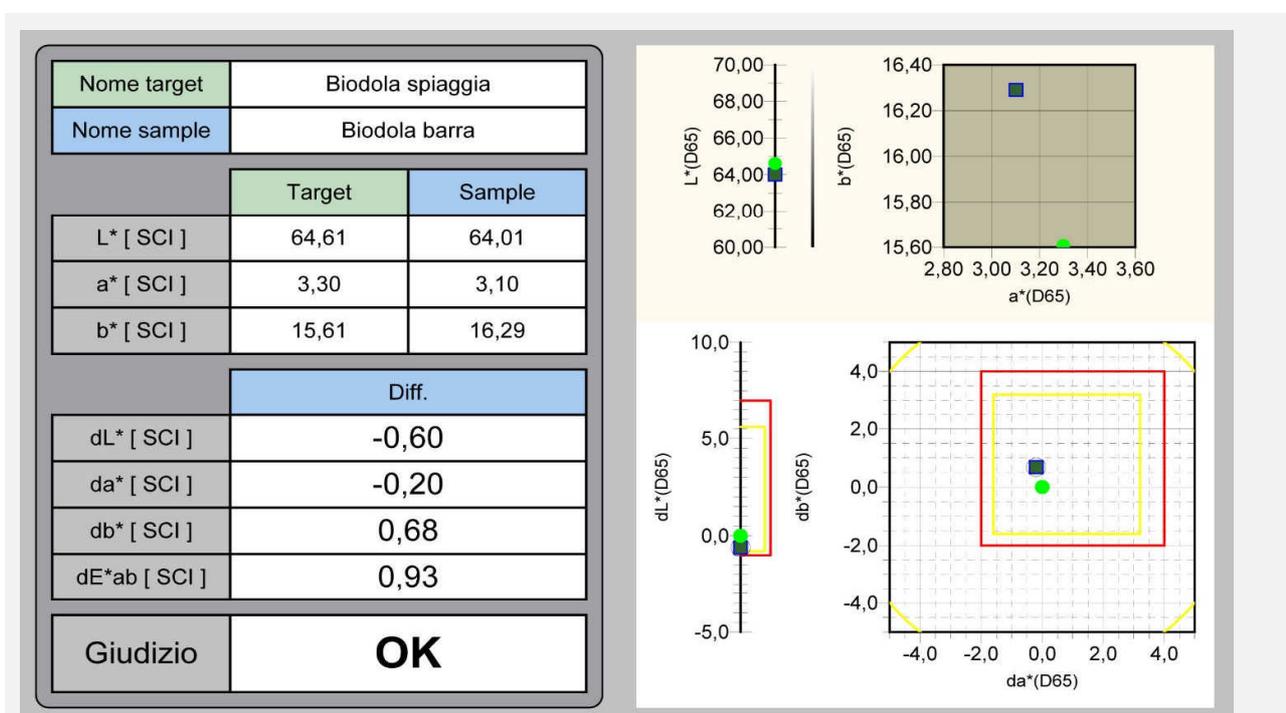
Ciò si basa su test di percezione della differenza cromatica di sabbie e su analisi di gradimento da parte dei frequentatori delle spiagge, che, se una differenza deve esservi,

preferiscono uno spostamento verso sabbie chiare e giallo/rosse, rispetto a quelle blu/verdi.

Questi limiti sono proposti per interventi in spiagge antropizzate, mentre per spiagge in aree naturali il range di variabilità dovrebbe essere minore.

Si è quindi determinato il colore dei sedimenti di spiaggia usando il campione E1 come Target e il campione E4 come Sample.

Nella Figura 1 vengono riportati i valori dei vari parametri e la loro distanza, nonché il giudizio sulla base dei limiti previsti dalle Linee guida. Compaiono anche i vari diagrammi con i limiti di accettabilità.



**Figura 1. Parametri colorimetrici dei sedimenti di spiaggia e di barra e loro confronto numerico e grafico.**

Il confronto mostra come i sedimenti della barra abbiano tutti i parametri colorimetrici molto prossimi a quelli delle sabbie della spiaggia e ampiamente dentro ai limiti di compatibilità, cosa che garantisce il rispetto di questo parametro ambientale, non marginale in una spiaggia di grande pregio quale quella della Biodola.

## ALLEGATO 4

### COMUNE DI PORTOFERRAIO (LI)

#### SPIAGGIA DELLA BIODOLA: INTERVENTO DI RIPROFILATURA STAGIONALE

#### Scheda di inquadramento dell'area di escavo (Cap. 1 - All. al DPR 173/2016)

##### 1.1. Informazioni generali sull'ubicazione dell'area di escavo

##### 1.1.1. Indicazioni del "tipo" di area

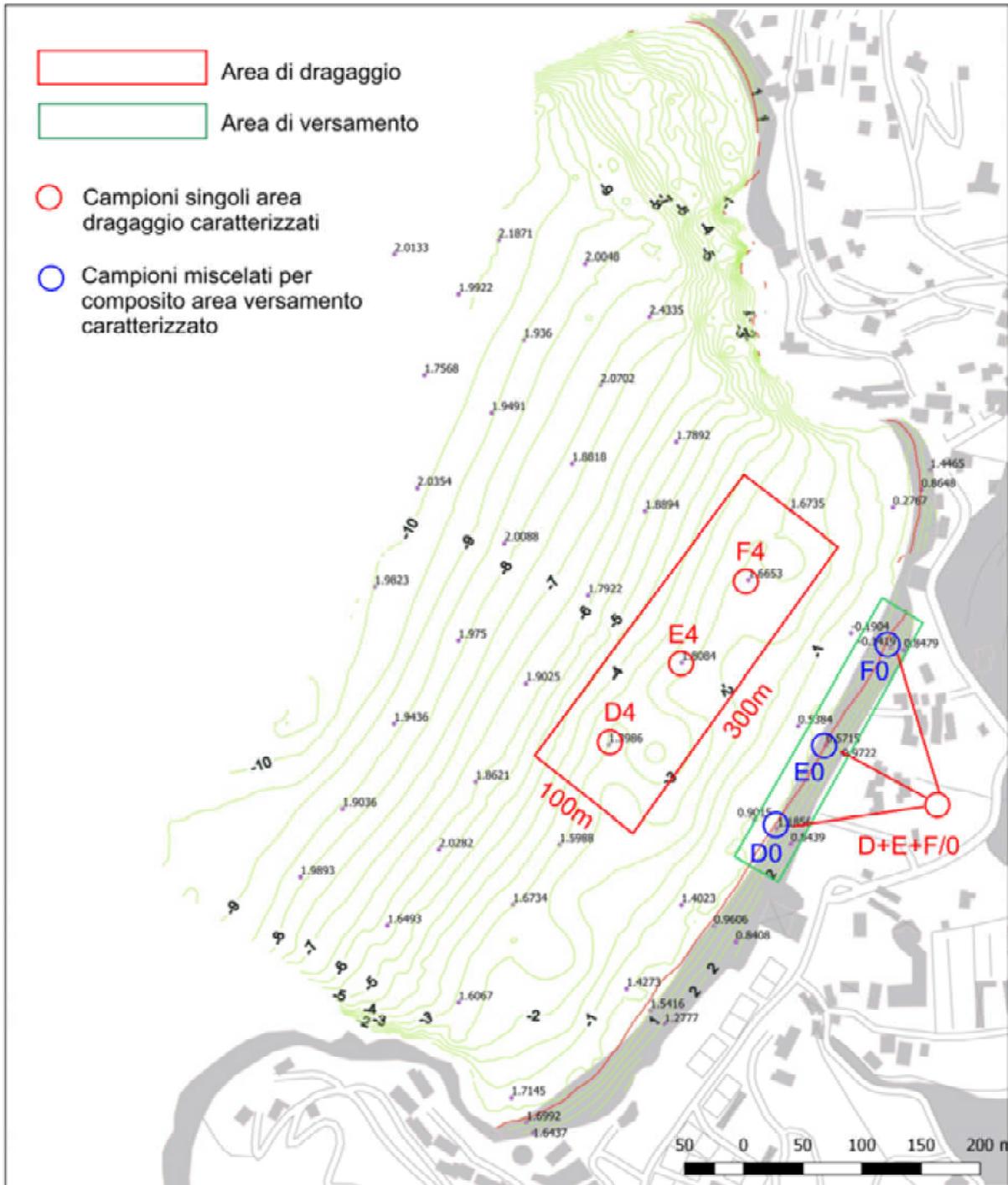


Fig. 1 – Vertici delle aree di escavo e di versamento

Tabella 1.0 – Coordinate delle aree di escavo e di versamento		
Coordinate dell'area di escavo		
n. vertice	Latitudine Nord	Longitudine Est
1	42 48 07.33	10 16 00,56
2	42 48 08.13	10 15 68.66
3	42 48 13.48	10 16 03.54
4	42 48 12.64	10 16 05.38
Coordinate dell'area di versamento		
n. vertice	Latitudine Nord	Longitudine Est
5	42 48 05.98	10 16 05.93
6	42 48 06.26	10 16 05.04
7	42 48 12.48	10 16 09.95
8	42 48 12.23	10 16 10.50

### **1.1.2. Breve descrizione delle caratteristiche generali dell'ambiente circostante l'area di escavo e periodo di riferimento delle informazioni**

L'ambiente circostante l'area di escavo è costituito lato mare dal Golfo della Biodola, e lato terra dalla costa della Loc. La Biodola, nel Comune di Portoferraio all'Isola d'Elba. Si tratta di realtà ben note per l'ottimo stato di conservazione a terra e per la purezza delle acque marine, che fanno della Biodola una delle località più apprezzate d'Italia.

### **1.2. Analisi delle principali pressioni che insistono sull'area**

A parte gli sparsi insediamenti abitativi e ricettivi, ed alcune attività agricole residuali, non c'è mai stata nell'area alcuna attività impattante sull'ambiente terrestre e marino (stabilimenti industriali o estrattivi).

Tabella 1.1 - Tipologia e livelli di pressioni		
n. d'ordine	Tipologia di pressione	Livello di pressione
1	Edilizia residenziale	bassa
2	Attività turistico-ricettive	media
3	Agricoltura	residuale
4	Nautica	bassa

### **1.3. Analisi e mappatura dei principali elementi di pregio naturalistico, delle aree di tutela e degli obiettivi sensibili presenti nell'area di escavo e in aree limitrofe (entro un raggio di 5 MN).**

- ☐ Siti della rete Natura 2000 → non risultano nella zona considerata
- ☐ Ecosistemi fragili e protetti: praterie di posidonia, zone a coralligeno, etc. → Praterie ben lontane dalla zona di escavo (v. Fig. 2)
- ☐ Specie protette → no
- ☐ Aree marine protette → no
- ☐ Parchi nazionali → no
- ☐ Santuario dei Cetacei → Alto Tirreno, qui siamo a 100 m da riva
- ☐ Aree archeologiche a mare e altre aree di interesse paesaggistico a valenza regionale o provinciale → no
- ☐ Zone di tutela biologica → no
- ☐ Aree destinate ad usi legittimi (cavi, condotte e installazioni petrolifere, poligoni

militari, maricoltura, trasporti marittimi, barriere artificiali, terminali off-shore, ecc.). → no

☐ Altro



Fig. 2 – Posizione dell'area di escavo rispetto alle praterie di Posidonia Oceanica

#### 1.4. Informazioni sulle caratteristiche idrodinamiche e chimico-fisiche della colonna d'acqua

- Regime correntometrico → molto modesto, siamo all'interno di un golfo profondo
- Torbidità → minima, e solo in presenza di mareggiate
- Temperatura
- PH
- Salinità
- Conducibilità

#### 1.5. Informazioni sulle attività di escavo pregresse → Non risultano attività di dragaggio negli ultimi 50 anni

#### 1.6. Informazioni sulle caratteristiche morfo-batimetriche e sulle caratteristiche dei fondali

Morfo-batimetria e caratteristiche dei fondali → V. Fig. 1 e Fig. 2 e Allegato 1 alla Relazione tecnica di progetto

Tessitura e della mineralogia dei sedimenti → V. Allegato 2 alla relazione tecnica di progetto

Principali caratteristiche ecotossicologiche. → ND

**1.7. Informazioni sulle caratteristiche chimiche dei sedimenti dell'area di escavo** → V. Allegato 3 alla Relazione tecnica di progetto, contenente la Relazione del CIBM di Pisa in base al disposto dell'Allegato al DM 173/2016.

**1.8. Informazioni sugli organismi animali e vegetali dell'area di escavo** → ND

**1.9. Informazioni pregresse sulle attività di immersione/utilizzo** → Non risultano attività pregresse

**1.10. Informazioni sulle precedenti attività di monitoraggio ambientale** → Non risultano attività pregresse

**1.11. Programmazione delle attività di escavo e gestione dei materiali**

Tabella 1.5 - Scheda delle informazioni sintetiche sulla programmazione delle attività di movimentazione e gestione dei materiali						
TIPOLOGIA DI DRAGAGGIO	AREE INTERESSATE DALL'INTERVENTO	SPESSORI INDICATIVI DA ASPORTARE (min-max)	VOLUMI PREVISTI (m <sup>3</sup> x1000)	GRANULOMETRIA PREVALENTE DEL MATERIALE DA DRAGARE	CLASSE DEI MATERIALI (Capitolo 2)	OPZIONI GESTIONALI PREVISTE
INVESTIMENTO (FONDALI MAI DRAGATI NEGLI ULTIMI 50 ANNI)	V. Fig. 1 e 2	50-75 cm	5	V. Fig. 1	V. All. 3	Manutenzione

**1.12. Riduzione delle fonti di inquinamento** → I fondali in questione sono indisturbati, non risultano inquinati (v. Allegato 3), né a rischio di inquinamento.

Aprile 2021

**CARATTERIZZAZIONE AMBIENTALE DELLE SABBIE ANTISTANTI  
LA SPIAGGIA DELLA BIODOLA - PORTOFERRAIO (LI)  
AI SENSI DEL D.M.173/2016**



## CARATTERIZZAZIONE AMBIENTALE DELLE SABBIE ANTISTANTI LA SPIAGGIA DELLA BIODOLA - PORTOFERRAIO (LI) AI SENSI DEL D.M.173/2016

**Responsabile:** Nicola Bigongiari

**Personale impiegato**

Analisi granulometriche ed ecotossicologiche: Ludmila Kozinkova, Matteo Oliva, Sonia Polese

Analisi Chimiche: Gianluca Bontà Pittaluga, Ombretta Spinelli, Susanna Dell'ira, Federica Tardelli

Analisi composti organostannici: C.P.G. Lab. S.r.l.

Stesura report: Nicola Bigongiari

23113-0	Rev. 0	22/04/2021	Emissione per osservazioni cliente	NB	GBP	CP
N° report	Revisione	Data	Descrizione revisione	Preparato	Verificato	Approvato

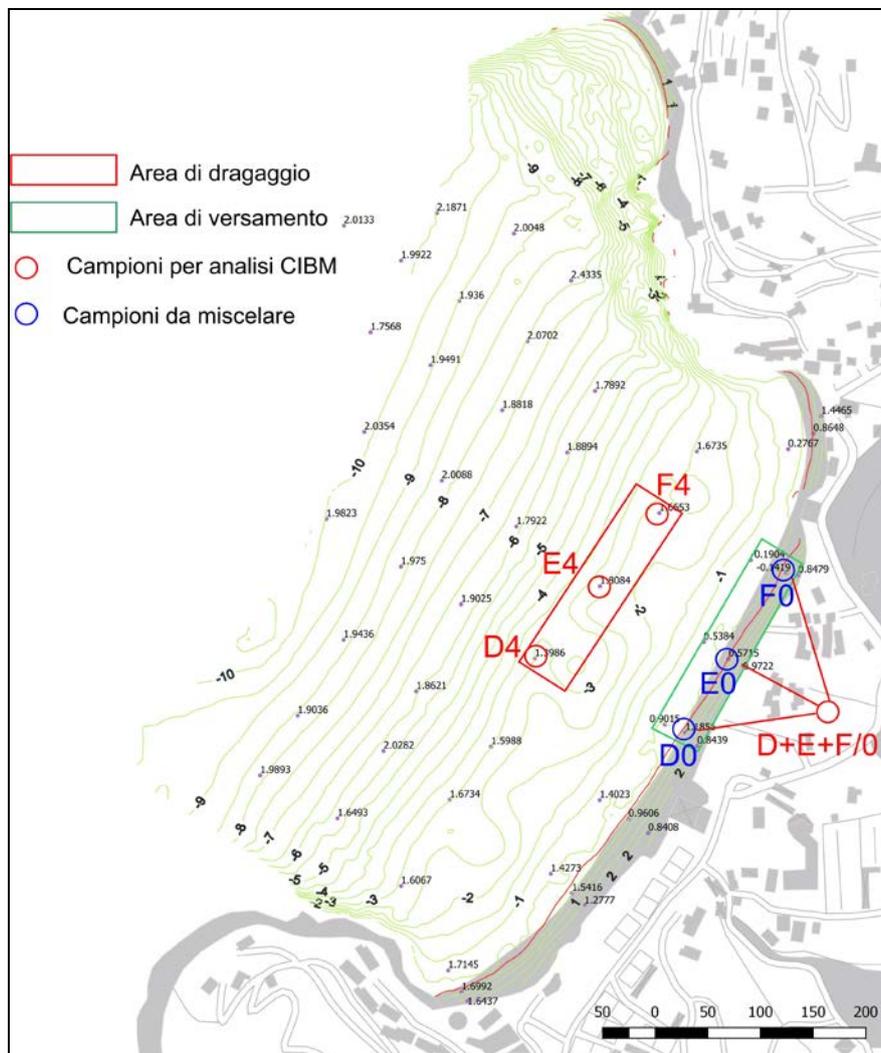
## SOMMARIO

CAPITOLO 1 - MATERIALI E METODI .....	4
1.1 - CAMPIONAMENTO .....	4
1.2 - METODICHE ANALITICHE .....	6
1.3 - ANALISI DEI DATI .....	7
CAPITOLO 2 - RISULTATI .....	9
2.1 – ANALISI FISICHE.....	9
2.2 - ANALISI MICROBIOLOGICHE .....	10
2.3 - ANALISI CHIMICHE .....	10
2.4 - ANALISI ECOTOSSICOLOGICHE .....	12
2.5 - ELABORAZIONE DEI DATI CON SOFTWARE SEDIQUALSOFT 109.0® .....	13
DISCUSSIONE DEI RISULTATI E CONCLUSIONI.....	15
ALLEGATI .....	16

## CAPITOLO 1 - MATERIALI E METODI

### 1.1 - Campionamento

Le aree oggetto di caratterizzazione sono costituite da un'area di prelievo delle sabbie a mare di superficie 50 x 150 m e da un'area di versamento ubicata lungo l'arenile della Biodola (Isola d'Elba) di lunghezza pari a 150 m. Nell'area di prelievo sono state allocate tre stazioni di campionamento denominate D4, E4 e F4 in ciascuna delle quali è stato prelevato un campione superficiale. Nell'area a terra sono stati prelevati sulla battigia tre campioni superficiali (denominati D0, E0 e F0) che successivamente sono stati miscelati tra di loro a formare un unico campione denominato D+E+F/0 come riportato nella figura sottostante.



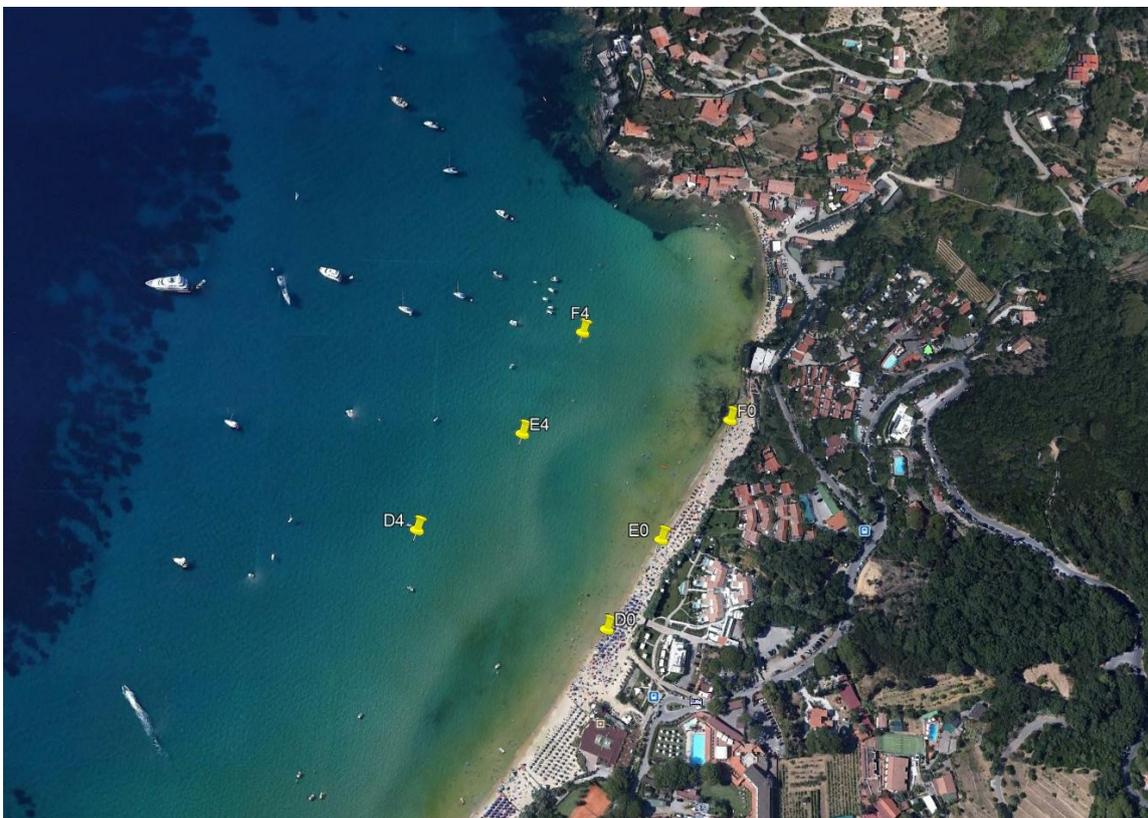
*Disegno di campionamento*

Le attività di campionamento sono state effettuate dai tecnici della ditta GEOCOSTE il 19/03/202 che hanno provveduto a campionare il sedimento dell'area di prelievo con l'ausilio di una benna Van veen mentre nell'area di versamento il campionamento è stato fatto direttamente con una paletta.

Nella tabella sottostante si elencano le coordinate WGS84 dei punti reali di campionamento e alla pagina seguente si riporta una mappa con l'ubicazione esatta delle stazioni di campionamento.

*Coordinate WGS84 (reali) dei punti di campionamento*

Area	Stazione	Latitudine Nord	Longitudine Est
Prelievo	D4	42°48' 8.4803"N	10°15' 58.7709"E
	E4	42°48' 10.9128"N	10°16' 2.2372"E
	F4	42°48' 13.5769"N	10°16' 4.2592"E
Versamento	D0	42°48' 5.99"N	10°16' 5.19"E
	E0	42°48' 8.18"N	10°16' 6.99"E
	F0	42°48' 11.21"N	10°16' 9.36"E



*Ubicazione delle stazioni di campionamento*

Il sedimento è stato opportunamente miscelato e raccolto in contenitori siglati, conservati a idonea temperatura ed inviati al CIBM per le analisi previste. Dal campione, sono state rimosse manualmente le componenti di origine antropica (es.: frammenti di plastica, vetro, metallo, ecc.) e naturale (ciottoli, organismi del macrobenthos) di dimensioni comunque superiori a 5 mm.

All'atto del confezionamento sono stati compilati i verbali di campionamento riportati in allegato. Il prelievo, la miscelazione, la preparazione, la conservazione, il trasporto e l'analisi dei campioni è stata eseguita secondo quanto riportato nel D.M. 173/2016.

## 1.2 - Metodiche analitiche

Sulla base del D.M. 15/07/2016 n° 173, su ciascun campione sono state effettuate le seguenti analisi:

- Analisi Fisiche: granulometria per via meccanica (scala Wentworth) passante ½ phi, colorimetria.
- Analisi Chimiche: mercurio, cadmio, piombo, arsenico, cromo totale, rame, ferro, nichel, zinco, alluminio, vanadio, idrocarburi C>12, Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA), Policlorobifenili (PBC), Pesticidi organo clorurati, Composti organostannici e Sostanza Organica Totale (TOC).
- Analisi Microbiologiche: *Escherichia coli*, Streptococchi fecali ed enterococchi.
- Analisi ecotossicologiche: Saggio biologico su sedimento con *Corophium orientale*, saggio biologico con l'alga *Phaeodactylum tricornutum*, test di embriotossicità con *Paracentrotus lividus*.

I campioni per le analisi microbiologiche sono stati processati entro 24 h dal prelievo mentre quelli per le analisi ecotossicologiche sono stati saggiati entro 10 giorni dal campionamento.

Nella tabella seguente vengono elencate le metodiche analitiche per ogni prova effettuata. Sono indicate, inoltre, l'unità di misura e il limite di quantificazione per ciascuna analisi.

Parametro	Metodica	U.M.	LdQ
Granulometria	ICRAM Metodologie analitiche di riferimento - Sedimenti (2001) Scheda 3	%	-
Colore	ISO/CIE 11664-4:2019 - Colorimetry — Part 4: CIE 1976 L*a*b* colour space	-	-
Alluminio, Ferro	EPA 3051A:2007 + EPA 6010D:2018	% s.s.	0,03
Arsenico	EPA 3051A:2007 + EPA 6010D:2018	mg/kg s.s.	1,0
Cadmio	EPA 3051A:2007 + EPA 7010:2007	mg/kg s.s.	0,02
Rame	EPA 3051A:2007 + EPA 6010D:2018	mg/kg s.s.	1,0
Cromo totale, Nichel, Piombo, Vanadio	EPA 3051A:2007 + EPA 6010D:2018	mg/kg s.s.	0,6
Zinco	EPA 3051A:2007 + EPA 6010D:2018	mg/kg s.s.	1,0
Mercurio	EPA 7473:2007	mg/kg s.s.	0,005
Sostanza organica	Calcinazione a 375°C – MI/C/01	%	0,1
Idrocarburi pesanti C>12	UNI EN ISO 16703:2011	mg/kg	5
Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)	EPA 3545A 2007, EPA 3630C 1996, EPA 8270E 2018	µg/kg	1
Policlorobifenili (PCB)	EPA 3545A 2007, EPA 3630C 1996, EPA 8270E 2018	µg/kg	0,1

Parametro	Metodica	U.M.	LdQ
Pesticidi organo clorurati	EPA 3545A 2007, EPA 3630C 1996, EPA 8270E 2018	µg/kg	0,1
Composti organostannici	UNI EN ISO 23161:2019	µg/kg	1
Tossicità acuta di sedimenti marini ed estuarini con <i>Corophium orientale</i> (test 10 gg)	ISO 16712:2005	%	--
Test di inibizione della crescita algale con <i>Phaeodactylum tricornutum</i>	UNI EN ISO 10253:2016	%	--
Test di embriotossicità con <i>Paracentrotus lividus</i> (riccio di mare)	EPA/600/R-95/136 sezione 15	%	--
<i>Escherichia coli</i>	Rapporti ISTISAN 14/18 2014	MPN/g	3
Streptococchi fecali (enterococchi)	Rapporti ISTISAN 14/18 2014	MPN/g	3

### 1.3 - Analisi dei dati

I dati sono stati raccolti in due matrici (stazioni x contaminanti e stazioni x saggi ecotossicologici) ed elaborati tramite il software SediQualSoft 109.0® per la definizione del pericolo chimico e del pericolo ecotossicologico dei sedimenti. La classificazione chimica si basa sull'indice *Hazard Quotient\_chimico* (HQc) che considera la tipologia, il numero e l'entità dei parametri non conformi rispetto ai livelli chimici di riferimento (L1 e L2) riportati nella tab. 2.5 del D.M. 173/2016, mentre la classificazione ecotossicologica si basa su un giudizio di pericolo ecotossicologico (*Hazard Quotient\_batteria*) che varia da Assente a Molto alto, elaborato dalla integrazione ponderata dei risultati dei saggi biologici impiegati. Il software non consente di utilizzare i limiti regionali locali (D.G.R. 1446/09) della Regione Liguria.

Al pericolo chimico HQc e al pericolo ecotossicologico vengono assegnate delle classi di pericolo da assente a molto alto come riportato nella seguente tabella (da D.M. n.173/2016):

Classificazione del pericolo chimico ed ecotossicologico

HQ chimica	HQ ecotossicologia	Classe di pericolo
0 - < 1.3	<1	Assente / Trascurabile
1.3 - < 2.6	≥1 – 1,5	Basso
2.6 - < 6.5	≥1,5 – 3,0	Medio
6.5 - < 13.0	≥3,0 – 6,0	Alto
≥ 13.0	≥6,0 – 10,0	Molto Alto

Successivamente, attraverso il Sediqualsoft viene individuata la Classe di qualità dei materiali di escavo mediante l'applicazione dei criteri di integrazione ponderata dei pericoli chimici ed ecotossicologici come rappresentato nella tabella 2.7 del D.M. 173/2016 riportata a pagina seguente.

*Classi di qualità del sedimento*

Classe di pericolo ecotossicologico elaborato per l'intera batteria (HQ <sub>Batteria</sub> )	Classificazione chimica	Classe di Qualità del materiale
Assente	HQ <sub>C</sub> (L2) ≤ Trascurabile	A
	Basso ≤ HQ <sub>C</sub> (L2) ≤ Medio	B
	HQ <sub>C</sub> (L2) = Alto	C
	HQ <sub>C</sub> (L2) > Alto	D
Basso	HQ <sub>C</sub> (L1) ≤ Basso	A
	HQ <sub>C</sub> (L1) ≥ Medio e HQ <sub>C</sub> (L2) ≤ Basso	B
	Medio ≤ HQ <sub>C</sub> (L2) ≤ Alto	C
	HQ <sub>C</sub> (L2) > Alto	D
Medio	HQ <sub>C</sub> (L2) ≤ Basso	C
	HQ <sub>C</sub> (L2) ≥ Medio	D
≥ Alto	HQ <sub>C</sub> (L2) ≤ Basso	D
	HQ <sub>C</sub> (L2) ≥ Medio	E

La valutazione integrata prevede 5 classi di qualità con le rispettive opzioni di gestione che vanno dalla A alla E, dove la classe A corrisponde ai sedimenti di qualità ambientale più elevata mentre la E identifica la classe peggiore che prevede un'eventuale rimozione in sicurezza del sedimento dall'ambiente marino dopo la valutazione di rischio. Di seguito si riportano le opzioni di gestione compatibili con la classe di qualità del sedimento.

Classe	Opzioni di gestione
A	<ul style="list-style-type: none"> <li>. <b>RIPASCIMENTO</b> della spiaggia emersa con pelite ≤10% o altro valore stabilito su base regionale;</li> <li>. <b>RIPASCIMENTO</b> della spiaggia sommersa con frazione sabbiosa prevalente;</li> <li>. <b>IMMERSIONE DELIBERATA IN AREE MARINE NON COSTIERE</b> (oltre 3 mn);</li> <li>. <b>IMMERSIONE IN AMBIENTE CONTERMINATO MARINO COSTIERO</b>.</li> </ul>
B	<ul style="list-style-type: none"> <li>. <b>IMMERSIONE DELIBERATA IN AREE MARINE NON COSTIERE</b> (oltre 3 mn) con monitoraggio ambientale;</li> <li>. <b>IMMERSIONE IN AMBIENTE CONTERMINATO</b> in ambito portuale incluso capping, con monitoraggio ambientale.</li> </ul>
C	<ul style="list-style-type: none"> <li>. <b>IMMERSIONE IN AMBIENTE CONTERMINATO</b> in ambito portuale in grado di trattenere tutte le frazioni granulometriche del sedimento, incluso capping all'internodi aree portuali con idonee misure di monitoraggio ambientale.</li> </ul>
D	<ul style="list-style-type: none"> <li>. <b>IMMERSIONE IN AMBIENTE CONTERMINATO IMPERMEABILIZZATO</b>, con idonee misure di monitoraggio ambientale.</li> </ul>
E	<ul style="list-style-type: none"> <li>. <b>EVENTUALE RIMOZIONE IN SICUREZZA DELL'AMBIENTE MARINO DOPO VALUTAZIONE DI RISCHIO</b>, secondo quanto previsto dalla normativa vigente.</li> </ul>

## CAPITOLO 2 - RISULTATI

### 2.1 – Analisi fisiche

Nelle tabelle seguenti sono riportati i risultati ottenuti dall'analisi granulometrica:

#### Granulometria

Campione	Ghiaia $\pm$ incertezza (%)	Sabbia $\pm$ incertezza (%)	Frazione < 63 $\mu\text{m}$ $\pm$ incertezza (%)
D4	0,0 $\pm$ 0,5	100,0 $\pm$ 0,8	0,0 $\pm$ 0,6
E4	0,4 $\pm$ 0,5	99,6 $\pm$ 0,8	0,0 $\pm$ 0,6
F4	0,1 $\pm$ 0,5	99,9 $\pm$ 0,8	0,0 $\pm$ 0,6
DEF/0	0,1 $\pm$ 0,5	99,9 $\pm$ 0,7	0,0 $\pm$ 0,6

#### Suddivisione della frazione sabbiosa (%)

Campione	2000 $\mu\text{m}$	1400 $\mu\text{m}$	1000 $\mu\text{m}$	710 $\mu\text{m}$	500 $\mu\text{m}$	355 $\mu\text{m}$	250 $\mu\text{m}$	180 $\mu\text{m}$	125 $\mu\text{m}$	90 $\mu\text{m}$	63 $\mu\text{m}$	< 63 $\mu\text{m}$
D4	0,0	0,1	0,2	0,6	2,4	13,0	39,0	37,7	6,2	0,8	0,0	0,0
E4	0,4	1,7	3,1	3,6	11,7	33,3	35,2	9,9	1,0	0,2	0,0	0,0
F4	0,1	0,2	0,2	0,3	2,1	13,5	42,1	34,5	6,9	0,0	0,0	0,0
DEF/0	0,1	0,4	1,8	16,2	44,2	30,4	6,6	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0

#### Colorimetria (Spazio CIE L\*a\*b\*)

Campione	L*	a*	b*
D4	48,04	8,34	18,4
E4	46,62	6,13	15,68
F4	46,93	7,63	17,65
DEF/0	47,57	6,44	17,79

## 2.2 - Analisi microbiologiche

Campione	Streptococchi fecali (Enterococchi) (MPN/g)	<i>E. coli</i> (MPN/g)
D4	< 3	< 3
E4	< 3	< 3
F4	< 3	< 3
DEF/0	< 3	< 3

## 2.3 - Analisi chimiche

Parametro / Campione		D4	E4	F4	DEF/0
Sostanza organica	%	2663	3767	3584	2442
Al	mg/kg	1775,85	1519,85	2389,74	1368,63
As	mg/kg	14,85	13,18	16,84	11,41
Cd	mg/kg	0,01	< LOD	< LOD	< LOD
Cr	mg/kg	6,06	9,94	8,98	15,76
Cu	mg/kg	< LOD	< LOD	1,02	< LOD
Fe	mg/kg	2469,99	2050,08	3796,81	1854,08
Hg	mg/kg	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD
Ni	mg/kg	3,1	4,07	4,38	2,1
Pb	mg/kg	2,33	2,02	2,83	2,08
V	mg/kg	6,87	5,68	8,74	4,65
Zn	mg/kg	7,5	5,66	9,1	5,22
MBT	mg/kg	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD
DBT	mg/kg	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD
TBT	mg/kg	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD
Somma organostannici	µg/kg	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD
PCB-28	µg/kg	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD
PCB-52	µg/kg	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD
PCB-77	µg/kg	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD
PCB-81	µg/kg	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD
PCB-101	µg/kg	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD
PCB-118	µg/kg	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD
PCB-126	µg/kg	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD
PCB-128	µg/kg	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD
PCB-138	µg/kg	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD
PCB-153	µg/kg	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD
PCB-156	µg/kg	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD

Parametro / Campione		D4	E4	F4	DEF/0
PCB-169	µg/kg	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD
PCB-180	µg/kg	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD
Somma PCB	µg/kg	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD
2,4 DDD	µg/kg	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD
4,4 DDD	µg/kg	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD
Somma DDD	µg/kg	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD
2,4 DDE	µg/kg	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD
4,4 DDE	µg/kg	0,15	< LOD	0,13	0,13
Somma DDE	µg/kg	0,15	< LOD	0,13	0,13
2,4 DDT	µg/kg	0,27	< LOD	0,25	< 0,1
4,4 DDT	µg/kg	< 0,1	0,27	< LOD	0,23
Somma DDT	µg/kg	0,27	0,27	0,25	0,23
Clordano	µg/kg	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD
Aldrin	µg/kg	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD
Dieldrin	µg/kg	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD
Endrin	µg/kg	< LOD	< LOD	< LOD	0,22
a-HCH	µg/kg	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD
b-HCH	µg/kg	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD
g-HCH (Lindano)	µg/kg	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD
Eptacloro epossido	µg/kg	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD
HCB	µg/kg	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD
Idrocarburi C>12	mg/kg	6,2	6	8	6,1
Naftalene	µg/kg	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD
Antracene	µg/kg	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD
Fenantrene	µg/kg	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD
Acenaftilene	µg/kg	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD
Acenaftene	µg/kg	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD
Fluorene	µg/kg	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD
Fluorantene	µg/kg	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD
Pirene	µg/kg	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD
Benzo(a)antracene	µg/kg	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD
Crisene	µg/kg	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD
Benzo(b)fluorantene	µg/kg	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD
Benzo(a)pirene	µg/kg	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD
Benzo(k)fluorantene	µg/kg	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD
Indeno(1,2,3,c,d)pirene	µg/kg	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD
Benzo(g,h,i)perilene	µg/kg	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD
Dibenzo(a,h)antracene	µg/kg	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD
Somma_IPA	µg/kg	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD

## 2.4 - Analisi ecotossicologiche

### Controllo qualità saggi biologici

Specie-Test	End-point	Matrice	N° repliche	Tempo esposizione	Tossico di riferimento	EC50 (Limiti fiduciali)
<i>C. orientale</i>	Mortalità	Solida	4	10 giorni	CdCl <sub>2</sub>	3,43 mg/l (3,11-3,79)
<i>P. tricornutum</i>	Densità algale	Elutriato	3	72 h	Cr <sup>2+</sup>	4,35 mg/l (3,87-5,20)
<i>P. lividus</i>	Sviluppo embrionale	Elutriato	3	72 h	Cu <sup>2+</sup>	23,46 µg/l (21,64 – 25,42)

Per ciascuna specie-test i valori di EC50 e i relativi limiti fiduciali rientrano all'interno del range di variabilità del laboratorio.

### Saggio biologico con *Corophium orientale*

Campione	Sopravvivenza media (± dev. st. %)	Mortalità media (± incertezza %)	Mortalità media corretta (%)
Controllo metodologico	99 ± 2,00	1 ± 3,18	0
D4	92 ± 2,00	8 ± 3,18	0
E4	90 ± 2,31	10 ± 3,67	9
F4	91 ± 2,00	9 ± 3,18	8
DEF/0	87 ± 2,31	2 ± 3,67	1

### Saggio biologico con *Phaeodactylum tricornutum*

Campione	Densità algale media alla max concentrazione (n. cellule ± DS)	ΔG 72 h %	EC20 %	EC50 %
Controllo metodologico	1703333 ± 89489	-	-	-
D4	1746667 ± 15275	2,54	>100	>100
E4	1550000 ± 36056	-9,00	>100	>100
F4	1580000 ± 36056	-7,24	>100	>100
DEF/0	1430000 ± 79373	-16,05	>100	>100

**Saggio biologico con *Paracentrotus lividus***

Campione	Conc. %	% media plutei normali ( $\pm$ dev.st. %)	% media embrioni non sviluppati	Corr. ABBOTT (embrioni non sviluppati)	EC20 (%)	EC50 (%)
<b>Controllo metodologico</b>	-	88 $\pm$ 0,58	12	0	-	-
<b>D4</b>	100	75 $\pm$ 1,15	25	15		
	50	80 $\pm$ 1,53	20	9	>100	>100
	25	86 $\pm$ 1,00	14	3		
<b>E4</b>	100	72 $\pm$ 2,00	28	18		
	50	79 $\pm$ 1,53	21	11	>100	>100
	25	85 $\pm$ 1,53	15	3		
<b>F4</b>	100	76 $\pm$ 1,00	24	14		
	50	81 $\pm$ 1,53	19	9	>100	>100
	25	86 $\pm$ 1,15	14	3		
<b>DEF/0</b>	100	80 $\pm$ 1,53	20	10		
	50	83 $\pm$ 1,53	17	6	>100	>100
	25	86 $\pm$ 0,58	14	2		

**2.5 - Elaborazione dei dati con software SediQualSoft 109.0®**

In questa sezione vengono riportati i risultati dell'analisi effettuata con il software SediQualSoft 109.0® che permette di determinare sia la classe di pericolo per ciascuna caratterizzazione effettuata (chimica ed ecotossicologia) sia la loro valutazione integrata con l'attribuzione di una classe univoca di qualità del sedimento.

### Classificazione del pericolo chimico (Output Sediqualsft)

Caratterizzazione chimica dei sedimenti				Ente: CIBM
Cod. Campionamento	Cod. Campione	L1	L2	Note
18/03/2021	D4	TRASCURABILE	ASSENTE	Lista parametri standard non completa (Tabella 2.4, Allegato tecnico)
18/03/2021	DEF/0	ASSENTE	ASSENTE	Lista parametri standard non completa (Tabella 2.4, Allegato tecnico)
18/03/2021	E4	TRASCURABILE	ASSENTE	Lista parametri standard non completa (Tabella 2.4, Allegato tecnico)
18/03/2021	F4	BASSO	ASSENTE	Lista parametri standard non completa (Tabella 2.4, Allegato tecnico)

### Classificazione del pericolo ecotossicologico (Output Sediqualsft)

Caratterizzazione ecotossicologica dei sedimenti								Ente: CIBM
Area	Sito	Cod. campione	Campionamento	Specie	HQ (specifico)	HQ Batteria	Classe di gravità del pericolo ecotossicologico	
La Biodola		D4				0,4	ASSENTE	
				Corophium_orientale	1,41			
				Phaeodactylum_tricornutum	0			
				Paracentrotus_lividus	0,57			
La Biodola		DEF/0				0,89	ASSENTE	
				Corophium_orientale	2,43			
				Phaeodactylum_tricornutum	1,65			
				Paracentrotus_lividus	0,35			
La Biodola		E4				0,59	ASSENTE	
				Corophium_orientale	1,83			
				Phaeodactylum_tricornutum	0,45			
				Paracentrotus_lividus	0,63			
La Biodola		F4				0,49	ASSENTE	
				Corophium_orientale	1,62			
				Phaeodactylum_tricornutum	0,33			
				Paracentrotus_lividus	0,49			

### Classe di qualità dei sedimenti (Output Sediqualssoft)

Classificazione di qualità dei materiali di escavo							Ente: CIBM
Cod. Campione	cod. Campionamento	Sito	Classe di pericolo ecotossicologico	Contributo % elutriato	Classe di pericolo chimico	% Pelite	Classe di qualità del materiale
D4	18/03/2021		ASSENTE	28,79	HQc(L2) <= Trascurabile	0	A
					Lista parametri standard non completa (Tabella 2.4, Allegato tecnico)		
DEF/0	18/03/2021		ASSENTE	45,15	HQc(L2) <= Trascurabile	0	A
					Lista parametri standard non completa (Tabella 2.4, Allegato tecnico)		
E4	18/03/2021		ASSENTE	37,11	HQc(L2) <= Trascurabile	0	A
					Lista parametri standard non completa (Tabella 2.4, Allegato tecnico)		
F4	18/03/2021		ASSENTE	33,61	HQc(L2) <= Trascurabile	0	A
					Lista parametri standard non completa (Tabella 2.4, Allegato tecnico)		

## DISCUSSIONE DEI RISULTATI E CONCLUSIONI

Le analisi granulometriche mostrano che tutti i campioni sono costituiti esclusivamente da sabbia e in particolare i campioni D4 e F4 dell'area di prelievo sono composti prevalentemente da sabbia media mentre i campioni E4 e DEF/0 sono leggermente più grossolani, costituiti da sabbia medio-grossa.

Le analisi dei metalli pesanti mostrano concentrazioni basse al di sotto dei livelli chimici di riferimento L1 e L2, per tutti gli elementi in tracce (Tabella 2.5 del D.M. n.173/2016) ad eccezione dell'arsenico che in tutti i campioni dell'area di prelievo supera leggermente il valore di L1. Relativamente ai contaminanti organici (Idrocarburi pesanti, IPA, PCB, Pesticidi, Organostannici,) non si registrano concentrazioni significative di questi parametri poiché sono risultati o inferiori ai livelli chimici di riferimento L1 e L2 o inferiori al limite di quantificazione. Le analisi microbiologiche non evidenziano una contaminazione batteriologica.

L'integrazione dei dati chimici effettuata col software Sediqualssoft, evidenzia, in tutti i campioni, un pericolo Assente con riferimento al valore limite L2 mentre con riferimento al valore L1 si osserva nel campione DEF/0 un pericolo Basso e nei campioni dell'area di prelievo un pericolo Assente o Trascurabile.

L'integrazione dei saggi biologici mostra un pericolo ecotossicologico Assente in tutti i campioni.

La classificazione della qualità dei sedimenti ottenuta dall'integrazione dei dati chimici ed ecotossicologici, mostra che tutti i campioni sono di classe A e quindi idonei per essere impiegati in attività di ripascimento.

## **ALLEGATI**

- **Verbali di campionamento**
- **Rapporti di Prova**
- **Curva di distribuzione granulometrica cumulata**