

## REGIONE TOSCANA

### COMUNE DI PORTOFERRAIO PROVINCIA DI LIVORNO



## GOLFO DI PORTOFERRAIO

### INTERVENTI DI CONTRASTO DELL'EROSIONE COSTIERA: MAGAZZINI – SCHIOPPARELLO EST – SAN GIOVANNI – SAN MARCO

### **PROGETTO ESECUTIVO** *ART. 33 D.P.R. 207/2010*

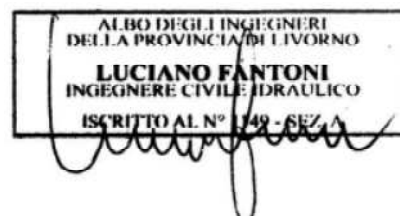
### ALLEGATI – PARTE 1^ DOCUMENTI PREPARATORI

- Allegato 1 – Studio Meteomarino
- Allegato 2 – Studio Idraulico Marino
- Allegato 3 – Analisi Multicriteriale di Fattibilità
- Allegato 4 – Criteri per la rimodellazione morfologica delle spiagge – Prima evoluzione dopo gli interventi
- Allegato 5 – Relazione Paesaggistica e Prescrizioni
- Allegato 6 – Relazione per la verifica di assoggettabilità alla VIA (della Dr.ssa Elisabetta Norci, v. archivi comunali)
- Allegato 7 – Valutazione di Assoggettabilità alla VIA – Osservazioni, Chiarimenti, Integrazioni

Il Sindaco:  
**Dr. Angelo Zini**  
Responsabile del Procedimento:  
**Dirigente Area III Arch. Carlo Tamperi**

Portoferraio, Aprile 2021

Il Progettista: **Ing. Luciano Fantoni**



## COMUNE DI PORTOFERRAIO

### REGIONE TOSCANA

## INTERVENTI DI PROTEZIONE COSTIERA NEL GOLFO DI PORTOFERRAIO



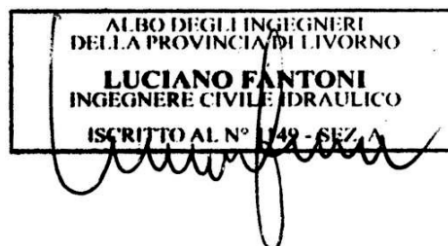
## ALLEGATO 1

### STUDIO METEOMARINO E CALCOLI IDRAULICI

#### SOMMARIO

1	Premessa	pag. 2
2	Oggetto dello studio	pag. 2
3	Clima d'onda di largo	pag. 2
4	Clima d'onda sottocosta	pag. 2
	4.1 Premessa	pag. 2
	4.2 Grandezze d'onda sottocosta	pag. 3
	4.3 Frangimento	pag. 4
	4.4 Calcoli idraulici	pag. 7

Portoferraio, Aprile 2021



## 1 PREMESSA

Per il Golfo di Portoferraio sono già disponibili diversi studi meteomarini di carattere generale, con approfondimenti soprattutto per la Rada di Portoferraio, ai fini della realizzazione di interventi di interesse portuale riconducibili, fra gli altri, ai Prof. Noli e Milani.

Esiste anche un compendio dei suddetti studi, eseguito su iniziativa del Comune di Portoferraio per il Piano della Portualità del Comune. A questo lavoro, disponibile presso l'Ufficio Tecnico del Comune di Portoferraio, si è attinto per la definizione dei fenomeni idrodinamici costieri e la predisposizione di adeguate misure di contrasto del degrado nei tratti di costa considerati.

## 2 OGGETTO DELLO STUDIO

Per quanto premesso, l'oggetto del presente studio si limita alla definizione del clima d'onda sotto costa nell'insenatura di Portoferraio.

## 3 CLIMA D'ONDA DI LARGO

Di seguito, in Tab. 1, il riepilogo dei dati relativi al clima d'onda di largo per il Golfo di Portoferraio definiti dagli studi già svolti in precedenza, come descritto in Premessa, al paragrafo 1.

GOLFO DI PORTOFERRAIO - CLIMA D'ONDA DI LARGO								
tipo di simulazione	n.	T <sub>r</sub> (anni)	prov. N	H <sub>0</sub> (m)	T (sec)	L <sub>0</sub> (m)	d (m)	H <sub>fr</sub> (m)
piano d'onda	1		20	6,50	7,20	80,00	4,3 ÷ 8,5	3,45 ÷ 6,35
piano d'onda	2		340	8,00	8,00	100,00	8,50	6,5
forte mareggiata reale (8/1/68)	3		324	5,46	9,20			
forte mareggiata reale (5/2/69)	4		351	3,89	7,70			
mareggiata estrema (statistica)	5	50	10	4,00	8,00			
mareggiata estrema (statistica)	6	50	30	4,00	7,00			

Tabella 1 – Golfo di Portoferraio: Clima d'onda di largo (da Studi precedenti)

## 4 CLIMA D'ONDA SOTTOCOSTA

### 4.1 Premessa

Visti i risultati per la definizione del clima d'onda di largo prodotti dagli studi acquisiti per il Golfo di Portoferraio (par. 3), si può ora procedere alla deduzione delle condizioni di agitazione marina sottocosta, per consentire la stima dell'impatto dell'energia associata al moto ondoso sui vari tratti di costa di cui trattasi.

Data l'assenza di complicità di natura antropica nei bracci di mare antistanti i vari tratti di costa in esame, si ritiene che lo studio della trasformazione del moto ondoso sottocosta possa essere limitato ad un'applicazione della teoria lineare, volta a valutare l'impatto energetico delle agitazioni marine sulle spiagge e coste considerate, e mostrare come esso sia incompatibile con le condizioni morfologiche attuali, intollerabile per ciò che resta delle spiagge, la cui fruibilità balneare è spesso esaurita o comunque compromessa, e pericoloso per la stabilità dei versanti e delle strutture soprastanti.

Per considerazioni più approfondite sul processo di trasporto solido e sui processi idrodinamici sottocosta v. Allegato 2.

#### 4.2 Grandezze d'onda sottocosta

Le spiagge considerate, esposte verso i quadranti settentrionali, sono investite dalle onde di largo sopra definite, che subiscono, nell'avvicinamento alla costa, trasformazioni dovute a fenomeni di diffrazione, rifrazione e perdite per attrito sui fondali. Queste azioni sono tutte presenti nel Golfo di Portoferraio, anche se in misure diverse in funzione dei settori di provenienza e dell'esposizione dei paraggi considerati. La rifrazione non è molto significativa per le spiagge di Magazzini e Schiopparello, mentre è influente nel caso di San Giovanni. L'agente più influente per la trasformazione energetica resta comunque, per tutti e tre i siti in esame, la perdita di energia per attrito delle onde sul fondo marino, nel passaggio dagli alti fondali di largo a quelli antistanti alle coste considerate, bassi e dolcemente acclivi.

Risulta pertanto applicabile la **teoria lineare delle onde**, di cui in Tab. 2 vengono riassunte alcune espressioni risolutive, per le varie fasi di largo, transitoria e di acque basse.

Si richiama dapprima la formula fondamentale, la cosiddetta **relazione di dispersione**:

$$\omega^2 = gk \tanh(kd), \text{ dove: } (1)$$

$\omega$  = frequenza dell'onda =  $2\pi/T$

$T$  = periodo

$k$  =  $2\pi/L$

$L$  = lunghezza dell'onda

$d$  = profondità

$g$  = accelerazione di gravità

Dalla relazione di dispersione (1) si ottengono le espressioni riportate in **Tab. 2**.



grandezza	largo	transitorio	acque basse
c velocità	$\frac{g}{2\pi} T$	$\frac{g}{2\pi} T \tanh \frac{2\pi d}{L}$	$(gd)^{0,5}$
L lunghezza	$\frac{g}{2\pi} T^2$	$\frac{g}{2\pi} T \tanh^2 \frac{2\pi d}{L}$	$(gd)^{0,5} T$
H altezza	$H_0$	$\left( \frac{c_0}{2nc} \right)^{0,5} H_0$	$\left\{ \frac{c_0}{2(gd)^{0,5}} \right\}^{0,5} H_0$
nc velocità	$\frac{1}{2} c$	$\frac{1}{2} \left( 1 + \frac{4\pi d / L}{\sinh 4\pi d / L} \right) c$	$c$
		limiti di	
applicazione	$(d/L) > 0,5$	$0,5 > (d/L) > 0,05$	$(d/L) < 0,05$

Tabella 2 - Formule della teoria lineare delle onde

### 4.3 Frangimento

#### 4.3.1 Tipi di Frangimento.

Onde che avanzano sottocosta prima o poi frangono, per effetto della riduzione del fondale. Il frangimento, che porta alla dissipazione dell'energia dell'onda, può essere brusco o graduale, a seconda della pendenza del fondale interessato.

Basandosi su sperimentazioni su pendenze 1:5, 1:10 e 1:20, Galvin (1968) ha presentato criteri di frangimento in termini di un parametro di largo e di un parametro di riva, in funzione dell'altezza e lunghezza dell'onda di largo, dell'altezza d'onda al frangimento, della pendenza del fondale.

Battjes (1974), sulla base del lavoro di Galvin, ha concluso che il tipo di frangimento è correlato strettamente al **coefficiente di Surf Similarity** ( $\xi_0$ ):

$$\xi_0 = \frac{\tan \alpha}{\sqrt{\frac{H_0}{L_0}}}, \text{ dove:}$$

$\tan(\alpha) =$  pendenza del fondale

$H_0$  e  $L_0 =$  valori di largo di altezza e lunghezza dell'onda incidente

I valori limite di  $\xi_0$ , e i tipi di frangimenti ad esso corrispondenti, sono:

$\xi_0 < 0,5$  : *spilling*

$0,5 < \xi_0 < 3,3$  : *plunging*

$\xi_0 > 3,3$  : *surging o collapsing*

Nella figura che segue sono illustrati i vari tipi di frangimento che possono intervenire sui litorali, in funzione della pendenza del fondale interessato.

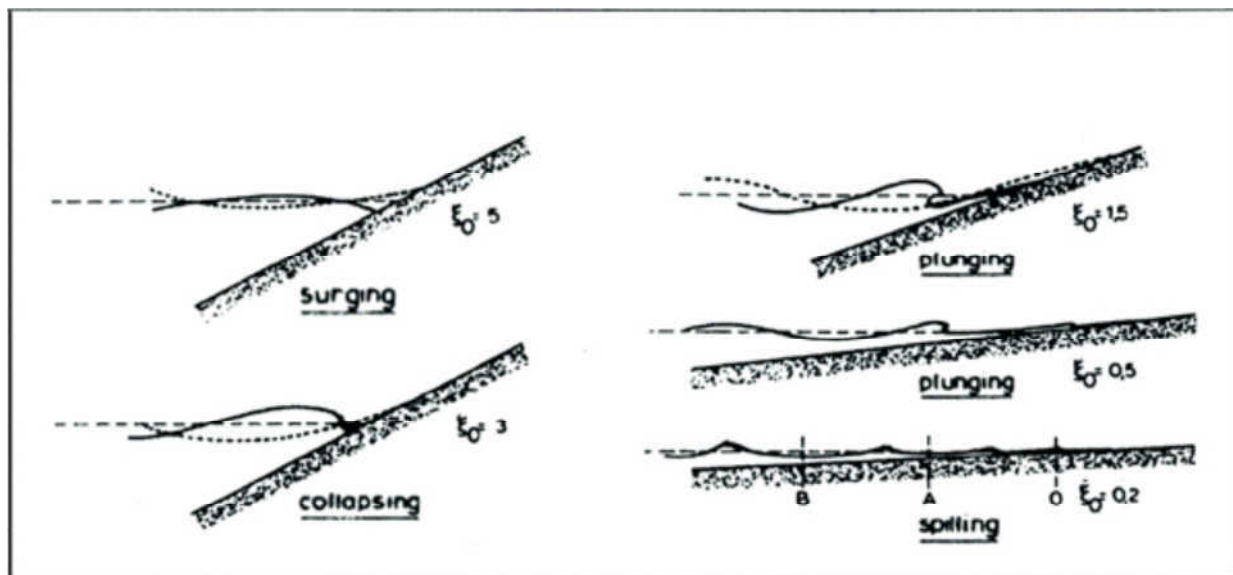


Fig. 1 - Tipi di frangimento in funzione del Coefficiente di Surf Similarity

#### 4.3.2 Criteri di frangimento

Per la determinazione della configurazione di frangimento si utilizza di solito il **criterio di frangimento** espresso dalla seguente relazione:

$$K_{fr} = \frac{H_{fr}}{d_{fr}}, \text{dove:}$$

$K_{fr}$  = coefficiente di frangimento

$H_{fr}$  = altezza dell'onda frangente

$d_{fr}$  = profondità al frangimento

Battjes (1974) ha raccolto i risultati sperimentali di Bowen, Iversen, Goda ed altri, e ha correlato il coefficiente di frangimento  $K_{fr}$  con il coefficiente  $\xi_0$  di *offshore similarity*.

Nella figura che segue viene rappresentato il lavoro di Battjes. Si può osservare che il coefficiente di frangimento  $K_{fr}$  varia tra 0,7 e 1,2, e, in particolare, che per  $\xi_0 < 0,2$ , come nei casi in esame, si può assumere un valore medio di  $K_{fr} = 0,8$ .

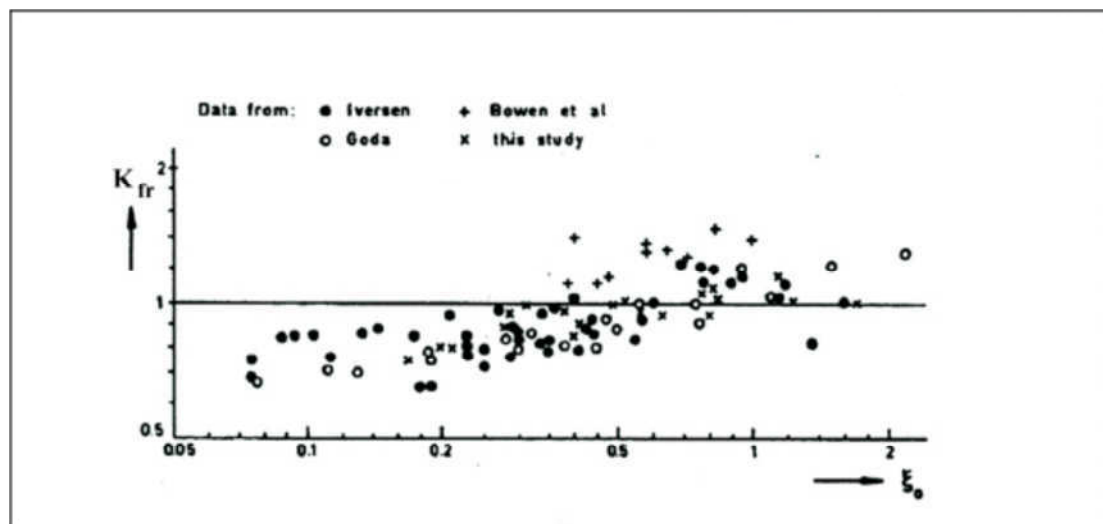


Fig. 2 - Valori sperimentali per il Coefficiente di frangimento  $K_{fr}$

#### 4.3.3 Grandezze di set-up e run-up

Si definisce **wave set-up ( $W_{su}$ )** l'incremento del livello medio marino nella zona di frangimento per contrastare la componente trasversale, rispetto alla linea di riva, del flusso di quantità di moto associato con la propagazione delle onde incidenti (detto *radiation stress*).

Teoria e dati sperimentali concordano nell'indicare che il gradiente del set-up è direttamente proporzionale alla pendenza del fondo, a meno di una costante che deriva dal valore del coefficiente di frangimento  $K_{fr}$  sopra definito.

Si consideri lo schema riportato nella seguente:

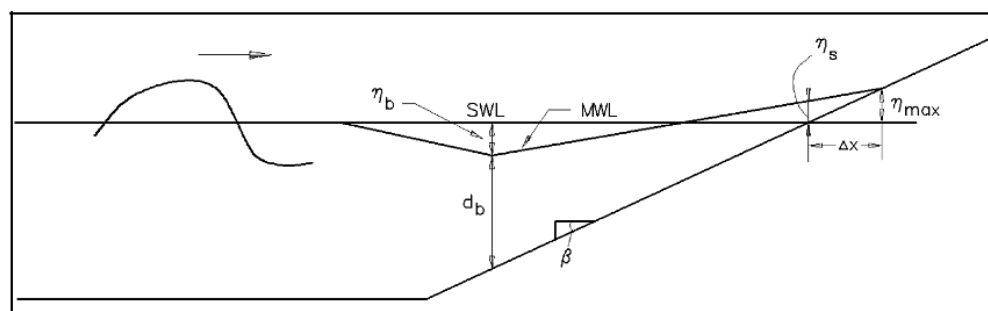


Figure II-4-7. Definition sketch for wave setup

Fig. 3 – Wave setup (CEM 2002)

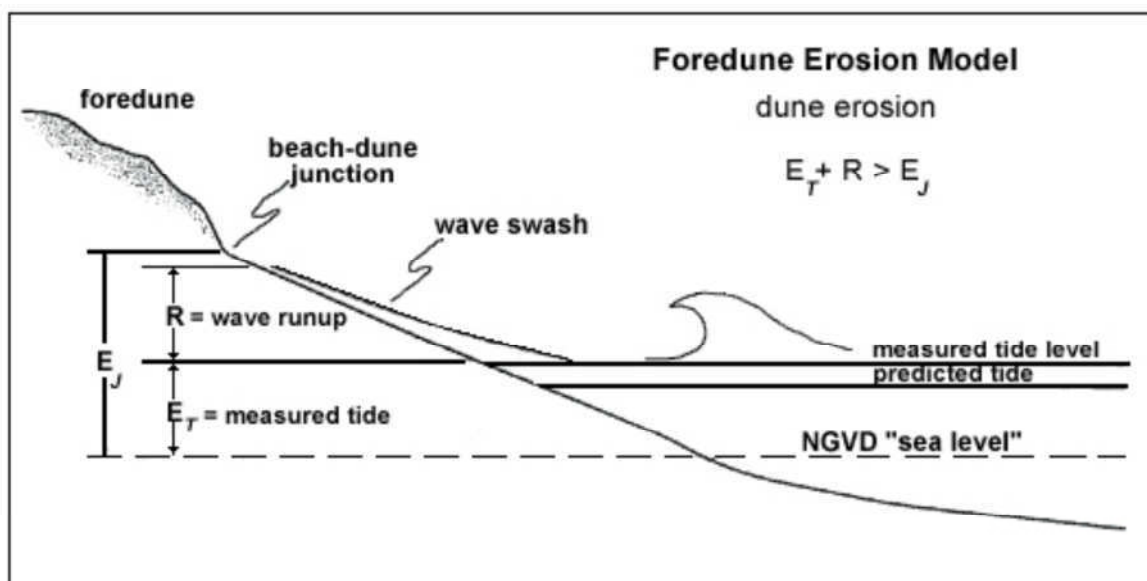
Applicando la teoria lineare, e per valori di  $\xi_0$  vicini a 0,1, come nei nostri casi,  $W_{su}$  assume, in battigia, il valore:

$$W_{su\ b} = 0,15 * d \quad , \text{dove}$$

$d$  è il valore profondità del fondale al frangimento. Il valore massimo per i tratti di spiaggia considerati può essere approssimato a:

$$W_{su \max} = 1,15 * W_{su b}$$

Si definisce **wave run-up** ( $W_{ru}$ ) l'incremento massimo del livello dell'acqua dovuto al frangimento.



**Fig. 4 – Wave runup** (Ruggiero, 2001 - *Journal of Coastal Research*)

Hunt (1959) ha proposto una formula semplice per il calcolo del run-up su un fondale **liscio**:

$W_{ru} = \xi_0 H_0$ , dove  $\xi_0$  è il coefficiente di Surf Similarity definito sopra e  $H_0$  è l'altezza dell'onda di largo.

Battjes (1974) ha trovato una buona rispondenza tra la formula di Hunt e dati sperimentali su onde anche individuali, purché di eccedenza ridotta.

#### 4.4 Calcoli idraulici

Nella Tab. 3 a pagina seguente vengono forniti i passaggi e i risultati dettagliati dei calcoli eseguiti per la determinazione delle grandezze necessarie per la descrizione del fenomeno in esame.

Si è partiti dai valori corrispondenti al clima di largo, utilizzando i risultati dei calcoli statistici già riportati sopra in Tab. 1 per il Golfo di Portoferraio. Si sono quindi determinate le caratteristiche del clima di transizione dal largo alla fascia costiera. Si è passati poi alla fascia costiera, con l'individuazione - tramite iterazioni - della zona di frangimento e delle grandezze idrauliche descriventi il fenomeno.

In particolare, si sono calcolate le sopraelevazioni massime del livello del mare, a seguito del frangimento delle onde, in corrispondenza dei tratti di costa considerati, nelle due componenti di set-up e di run-up.

I valori di largo delle grandezze del moto ondoso corrispondenti ai vari settori di traversia individuati sono stati scelti ed utilizzati in modo da ottimizzarne la corrispondenza con la localizzazione e l'orientamento geografico dei tratti di costa considerati. Queste associazioni, precisate nella Tab. 3, sono dettagliate di seguito.

Per il tratto di costa di Magazzini e Schiopparello, le associazioni provenienza-costa sono state assegnate come segue:

- al tratto di costa più orientale (intorno alla foce del Fosso di Val di Piano, dal Fabricia alla Foresi) la mareggiata reale di provenienza NW, indicata con il n. 3 nella Tab. 1;
- Al tratto di costa centrale (intorno alla foce del Fosso Fabbrello) la mareggiata reale di provenienza N, indicata col n. 4 nella Tab. 1;
- Per la costa di San Giovanni la mareggiata statistica di provenienza NE, indicata col n. 6 nella Tab. 1.

I risultati del modello teorico - che presuppone fondale liscio, e assenza di dissipazione energetica sui lati del flusso considerato - presentano una buona concordanza con i fenomeni effettivamente osservati per i tratti di costa in esame, e concordano anche con quelli dei precedenti studi meteomarini sopra richiamati.

		Mareggiate reali o statistiche			
CLIMA DI LARGO E TRASFORMAZIONE SOTTO COSTA	Simboli	Schiopparello Magazzini n. 3 reale NW	Schiopparello Magazzini n. 4 reale N	San Giovanni n.6 statistica NE	
<b>Onde di progetto</b>					
Tempo di ritorno (anni)	$T_r =$			50	
Altezza di largo (m)	$H_0 =$	5,46	3,89	4,00	
Periodo (sec)	$T =$	9,20	7,70	7,00	
<b>Grandezze di largo:</b> (teoria lineare)					
Velocità d'onda di largo	$c_0 =$	14,35	12,01	10,92	
Lunghezza d'onda di largo	$L_0 =$	132,01	92,48	76,43	
Limite di profondità di largo $d/L_0 < 0,5$	$d_L =$	66,01	46,24	38,21	
<b>Grandezze al frangimento:</b> Dalla teoria lineare (regime transitorio) e sperimentazioni di Galvin, Battjes, Bowen, Iversen, Goda, Stive (1968-84):					
Profondità di frangimento	$d_{fr} =$	6,90	4,91	4,90	
Lunghezza d'onda	$L_{fr} =$	71,50	50,43	45,23	
Velocità d'onda	$c_{fr} =$	7,77	6,55	6,46	
Velocità di gruppo	$nc_{fr} =$	6,96	5,86	5,64	
Altezza d'onda	$H_{fr} =$	5,54	3,94	3,93	
Condizione di frangimento: $K_{fr} = H_{fr}/d = 0,80$	$K_{fr} =$	0,80	0,80	0,80	
<b>EFFETTI SUI TRATTI DI COSTA CONSIDERATI</b>		Magazzini e Fabbrica	Schiopparello Est Foce fosso Fabbrello	San Giovanni	
Distanza di frangimento (cfr. rilievi batimetrici)	$D_{fr} =$	306,40	250,00	340,00	
Coefficiente di Surf Similarity: $\xi_0 = (d_{fr}/D_{fr})/\text{rad}q(H_0/L_0)$	$\xi_0 =$	0,111	0,096	0,063	
<b>Sopraelevazione dovuta al frangimento</b> E' dovuta a due componenti:					
max Wave set-up a riva: $W_{su \max} = 1,15 * 0,15 * d_{fr}$	$W_{su} =$	1,190	0,847	0,845	
Wave run-up: $W_{ru} = \xi_0 * H_{fr}$	$W_{ru} =$	0,605	0,373	0,252	
<b>Sopraelevazione teorica totale</b>	$S_{tt} =$	1,79	1,22	1,097	

**Tab. 3 – Calcoli idraulici - Determinazione del Clima d'Onda sottocosta e dell'impatto del moto ondoso sui tratti di costa considerati**



[Digitare il testo]

**COMUNE DI PORTOFERRAIO**  
**REGIONE TOSCANA**  
**INTERVENTI DI PROTEZIONE COSTIERA NEL GOLFO DI**  
**PORTOFERRAIO**

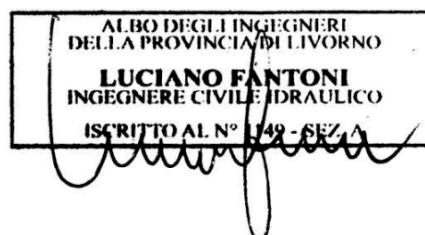


**ALLEGATO 2**  
**STUDIO IDRAULICO MARINO**

**SOMMARIO**

1	Generalità	pag. 2
2	Trasporto solido trasversale	pag. 4
3	Trasporto solido longitudinale	pag. 9
	3.1 – Litorale di Magazzini e Schiopparello	pag. 9
	3.2 – Costa di San Giovanni e San Marco	pag. 13
	3.3 – Conclusioni	pag. 13
4	L'evoluzione dei fenomeni erosivi nei tratti di costa in esame	pag. 14
	4.1 – Litorale di Magazzini e Schiopparello	pag. 14
	4.2 – Costa di San Giovanni e San Marco	pag. 19

Portoferraio, Aprile 2021



[Digitare il testo]

## 1 GENERALITÀ

A causa dell'impatto delle onde sulle coste, (che può essere ortogonale alla linea di battigia, ma anche molto inclinato, come mostrano i settori di più probabile direzione di provenienza delle agitazioni per i tratti di costa considerati, raffigurati in *Fig. 1 – Golfo di Portoferraio: Settori di traversia per i tratti di costa considerati*, riportata di seguito), i sedimenti di spiaggia emersa o sommersa entrano in sospensione, e sono spostati dalle correnti litoranee associate al frangimento delle onde: in senso longitudinale, ossia parallelo alla costa (long-shore), e/o in senso trasversale (cross-shore). La loro intensità è funzione dell'energia e direzione del moto ondoso incidente.



Fig. 1 – Golfo di Portoferraio: Settori di traversia per i tratti di costa considerati

La facilità della messa in sospensione e del deposito dei sedimenti è strettamente legata, oltre che all'intensità delle agitazioni marine e delle correnti associate, anche alle dimensioni, al peso e alla forma dei sedimenti che compongono la spiaggia emersa e sommersa.

Occorre distinguere fra sedimenti fini e grossolani, dove per fini si intendono i sedimenti che più facilmente entrano in sospensione, generando torbidità: argille, limi, sabbie molto fini. Aumentando dimensioni e peso specifico dei sedimenti, la loro mobilità decresce, e aumenta la stabilità della spiaggia che ne è formata.

Le correnti trasversali (crossshore) sono per lo più dovute alla risalita e alla successiva discesa dell'acqua durante il frangimento delle onde incidenti, con una migrazione dei sedimenti più grossolani da e verso la riva, al modificarsi della morfologia della spiaggia emersa e sommersa durante le tempeste. In una situazione di equilibrio, tali

[Digitare il testo]

trasformazioni sono cicliche, e al termine di ogni ciclo la costa assumerebbe nuovamente, in prima approssimazione, la morfologia iniziale, salvo laddove – come sulle coste in esame – vi sia una forte presenza di componenti argillose, che in tal caso vengono asportate dalla riva e disperse sui fondali antistanti, lasciando in spiaggia solo le componenti più grossolane.

Le correnti longitudinali (longshore), indotte per lo più da fronti d'onda obliqui rispetto alla linea di costa, sono responsabili della rimozione dei sedimenti, anche quelli grossolani (sabbie e ghiaie), e del loro trasporto lungo la costa stessa, fino ai limiti dell'unità fisiografica, che per definizione sono invalicabili dal trasporto solido longitudinale: i sedimenti grossolani possono spostarsi da un tratto a un altro del litorale racchiuso all'interno dell'unità, ma non possono aggirarli e abbandonare la fascia costiera emersa e sommersa fra di essi racchiusa.

In una situazione di equilibrio, gli spostamenti oscillatori di questi materiali più grossolani tendono a compensarsi sul medio-lungo periodo, e ciò farebbe mantenere in prima approssimazione la morfologia costiera originale.

In realtà ci sono due aspetti che comportano perdite progressive dei volumi costituenti la fascia costiera: la componente fine, messa in sospensione, tende come detto a depositarsi su fondali lontani da riva. Inoltre, i sedimenti più grossolani, soggetti alla continua abrasione gli uni contro gli altri nella zona di frangimento, piano piano si consumano, diventano sempre più fini e finiscono anche loro al largo.

In assenza di apporti continui da terra, in grado di compensare queste perdite, la costa perde progressivamente le componenti via via più fini, e si assiste ad un arretramento. La modifica morfologica che si produce col tempo è quella che si riscontra nelle zone oggetto degli interventi di rispristino: scalzamento di terreni a prevalente matrice argillosa, pendenze trasversali delle spiagge sempre più ripide, esposizione di manufatti protettivi a pareti verticali o molto inclinate. Questi processi, dapprima lenti, poi sempre più celeri, a causa di un feed-back perverso, riducono drammaticamente la capacità della costa di assorbire in modo "morbido" l'energia delle agitazioni incidenti, innescando riflessioni energetiche sempre più violente verso il largo, col risultato che anche sedimenti grossolani (sabbie e ghiaie) vengono strappati dalle loro giaciture e sospinti verso il largo, senza possibilità di ritorno.

Tutto ciò provoca effetti sempre più destabilizzanti sugli assetti costieri.



[Digitare il testo]

## 2 TRASPORTO SOLIDO TRASVERSALE.

Si faccia riferimento alle Fig. 1 e 2 di seguito, che riportano le carte nautiche dei paraggi oggetto di studio, con evidenziati i limiti delle rispettive unità fisiografiche.

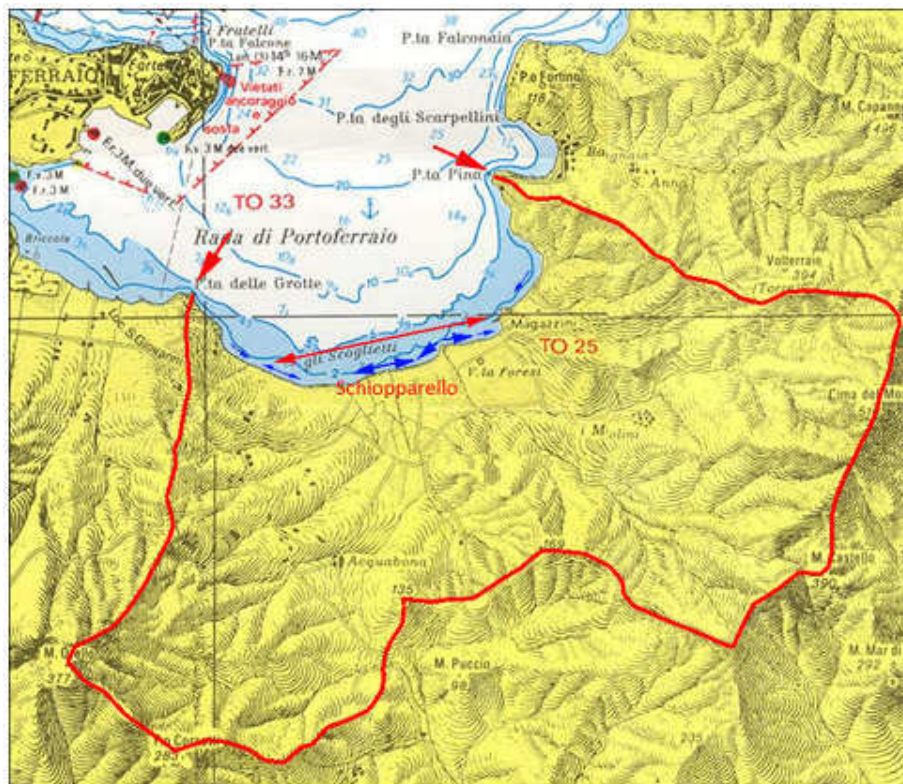


Fig. 1 – Costa di Magazzini/Schiopparello: Unità fisiografica principale e bacini afferenti.



Fig. 2 – San Giovanni: Unità fisiografica e bacino afferente alla costa

[Digitare il testo]

Nei casi in esame, stanti le cause dell'erosione, remote e recenti, come sopra richiamato, il processo del trasporto solido trasversale si è sbilanciato, con l'inesorabile allontanamento verso il largo delle componenti argillose e limose dei terreni costieri, molto elevate, e l'arretramento e l'abbassamento della spiaggia emersa e sommersa ha avvicinato al mare i campi, i manufatti, le scogliere e i pendii retrostanti, col risultato che sempre più frequentemente e con maggiore violenza le onde, impattando sui litorali, hanno innescato fenomeni di riflessione energetica che hanno sconvolto il normale flusso e riflusso dei sedimenti verso il largo e viceversa: i sedimenti più fini, comprese anche le sabbie meno grossolane, si sono spostati sui fondali antistanti, a distanze tali da impedirne il ritorno a riva. *Ciò ha lasciato come risultato una spiaggia, emersa e sommersa, prevalentemente ghiaiosa e ciottolosa, anche se la sabbia a tratti è ancora presente.*

Occorre sottolineare un aspetto importante del processo di trasporto solido trasversale ai fini della definizione degli interventi di mitigazione e contrasto: *sabbia e ghiaia reagiscono in maniera molto diversa alle sollecitazioni dinamiche dei frangenti in risalita sulle spiagge.*

*La sabbia presenta porosità decrescente con la dimensione del grano, e gli accumuli sabbiosi tendono ad intasarsi.* Ciò fa sì che i frangenti in risalita non vengono assorbiti - se non in parte, sempre minore al decrescere della dimensione del grano - e una considerevole massa d'acqua ridiscende verso il mare, acquistando energia, e trascinando con sé notevoli quantitativi di sedimenti verso il largo, più che annullando le quantità apportate con la risalita.

*In caso di squilibrio, la riflessione contro le strutture naturali o artificiali nella parte alta della spiaggia aggrava e accelera il fenomeno, che porta alla scomparsa o alla drastica riduzione degli arenili.*

*Nel caso della ghiaia, al contrario, anche di pezzatura minuta, i vuoti fra i grani non si intasano, e l'acqua in risalita viene in gran parte assorbita dall'ammasso ghiaioso.* Ciò comporta una riduzione di energia dell'acqua discendente, con corrispondente riduzione della quantità di ghiaia trascinata verso il largo. Non solo: il trasporto verso terra prevale su quello verso il mare, soprattutto durante la fase di "stanca" della mareggiata, e la spiaggia viene ricostituita, con una pendenza crescente col diametro del grano.

Ne risulta che, sotto la spinta delle onde frangenti, la ghiaia si accumula sulla spiaggia, la pendenza della spiaggia emersa aumenta, e – se le estremità della spiaggia

[Digitare il testo]

sono ben delimitate – non ci sono perdite, né verso il largo, né per trasporto longitudinale.

A conferma, si riporta un estratto da:

***Morphodynamic research on gravel beaches***

*Catchment and Coastal Environments Research Group (Plymouth, U.K.)*

*Prof. Gerd Masselink*

*Findings indicate that groundwater oscillations are forced by two complementary processes, an energy flux through the saturated beachface and vertical infiltration/percolation across the unsaturated surface. During the flood tide, infiltration significantly reduces the volumetric swash flux leading to onshore swash asymmetry and sediment transport. However, unlike on sandy beaches where exfiltration causes offshore sediment transport during the ebb tide, the high porosity, and hence drainage of the beach, maintains infiltration and onshore transport throughout the tidal cycle.*

Negli ultimi decenni, in tutto il mondo sono stati eseguiti numerosi interventi con ghiaia, e i risultati hanno generalmente mostrato un'eccellente stabilità.

Restando all'Elba (v. Foto n. 1), nella prima decade del 2000 c'è stato l'intervento della Provincia al Cavo, dove, dopo 5 anni, tutta la ghiaia versata, di grossa pezzatura, è ancora presente in spiaggia, e i fondali anche immediatamente antistanti ne sono completamente liberi. E quello del Comune di Porto Azzurro alla spiaggetta della Pianotta, interamente artificiale, molto esposta allo scirocco, creata artificialmente con ripetuti versamenti di un ghiaietto medio-fine all'esterno della radice della diga portuale, su un fondale ripidissimo (in 30 m si scende ad oltre 10 m di profondità!).



[Digitare il testo]



Foto n. 1 – Le spiagge artificiali in ghiaia del Cavo e di Porto Azzurro

Più recentemente, nel 2013 lo scrivente ha progettato e realizzato un intervento simile per il ripristino della spiaggia centrale di Viticcio, ridotta ad una pietraia.

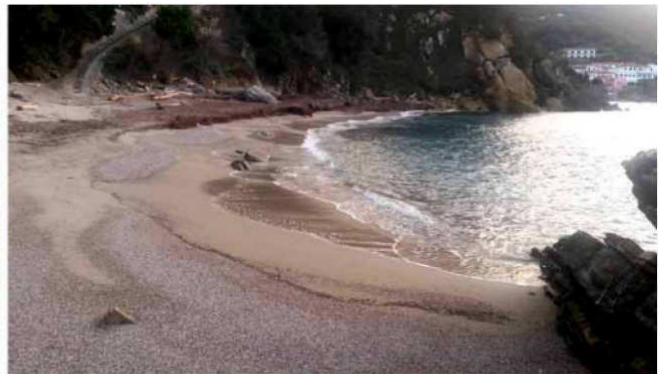


Foto n. 2 e 3 – Spiaggia centrale di Viticcio: Inverno 2013 e maggio 2014



[Digitare il testo]



Foto n. 4 – Viticcio: la spiaggia scomparsa non protegge più il piede della falesia, con l'innesco di una grave frana, che mette a rischio spiaggia e accesso

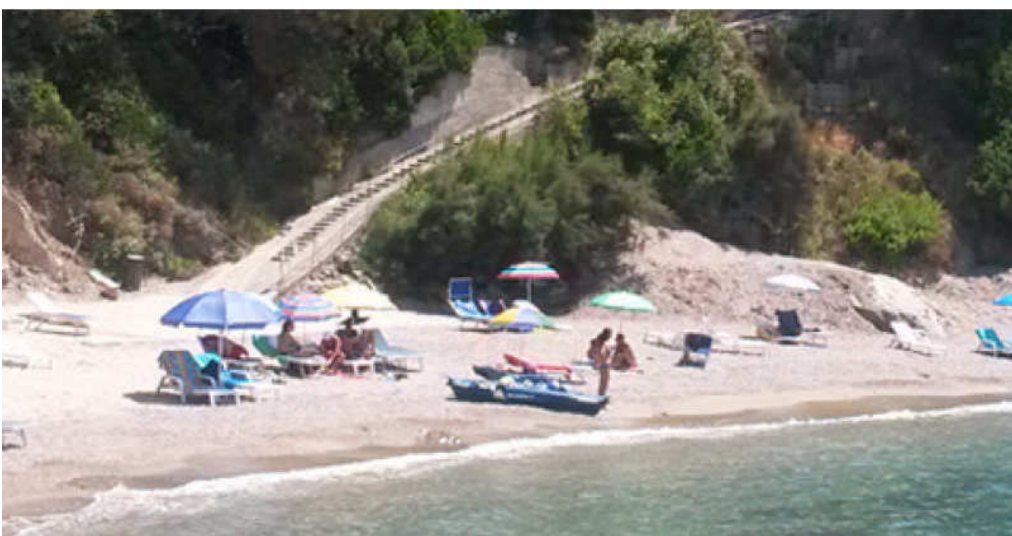


Foto n. 5 e 6 – La spiaggia di Viticcio, prima e dopo l'intervento. Si noti come, *nonostante l'intervento si sia limitato all'aggiunta esclusivamente di ghiaia*, la sabbia sia ritornata spontaneamente in spiaggia, in grandi quantitativi.

[Digitare il testo]

### **3 TRASPORTO SOLIDO LONGITUDINALE.**

I processi di trasporto solido longitudinale sono invece diversi, per i tre siti considerati, e sono analizzati separatamente di seguito.

#### **3.1 Litorale di Magazzini/Schiopparello.**

L'unità fisiografica indicata in Fig. 1 è in realtà costituita da 3 sub-unità ben separate, dal punto di vista del trasporto solido longitudinale: Ottone (da Punta Pina alla Punta di Magazzini), non influente per questo lavoro, Magazzini (dalle strutture dell'Approdo di Magazzini alla foce del Fosso di Val di Piano), Schiopparello (dalla foce del Val di Piano alla Punta delle Grotte).

Nella sub-unità di Magazzini, le correnti litoranee asportano i sedimenti (in genere sabbia grossa e ciottoli) dalla cuspidi della foce del fosso di Val di Piano e dalla spiaggia di Magazzini, li convogliano verso l'approdo, non protetto da un molo di sottoflutto, e finiscono per depositarsi al suo interno, che si può a tutti gli effetti considerare come una classica "trappola" per sedimenti e Posidonia spiaggiata. In questo tratto le correnti da Est verso Ovest sono praticamente trascurabili (v. seguito).

Nella sub-unità di Schiopparello c'è invece alternanza di flussi da Est e da Ovest, con asporto di sedimenti ai due estremi: ad Est, nel tratto fra la foce del fosso di Val di Piano e l'Hotel Fabricia, e ad Ovest, in corrispondenza dell'Hotel Garden, nonché alla protuberanza della foce del fosso del Fabbrello. Questa azione longitudinale porta all'accrescimento delle due rientranze intermedie di Schiopparello centro ed Est, come è sempre avvenuto. Ma ora, con il deficit di apporto da terra, le cuspidi non sono più ricostituite ed arretrano, con l'erosione che via via si estende ai tratti limitrofi. Solo le due parti più concave del litorale di cui sopra, per tratti limitati, sono ancora in equilibrio, ma in assenza di interventi sono destinate anch'esse al degrado (v. Fig. 3 di seguito).

Le dinamiche costiere che interessano la spiaggia di Magazzini, per la presenza dell'approdo al suo limite Est, meritano un'attenzione particolare. Le considerazioni sul trasporto solido che precedono, espresse sulla base dell'approfondita conoscenza dei luoghi, per ripetute ispezioni sia a terra che subacquee eseguite personalmente dallo scrivente, e dei fenomeni idrodinamici costieri che vi si verificano, consentono di affermare che la componente di trasporto solido longitudinale  $W \rightarrow E$  è di gran lunga prevalente sulla componente  $E \rightarrow W$ , con particolare evidenza nei lati ad Est delle cuspidi delle foci dei fossi del Fabbrello e di Val di Piano.



[Digitare il testo]

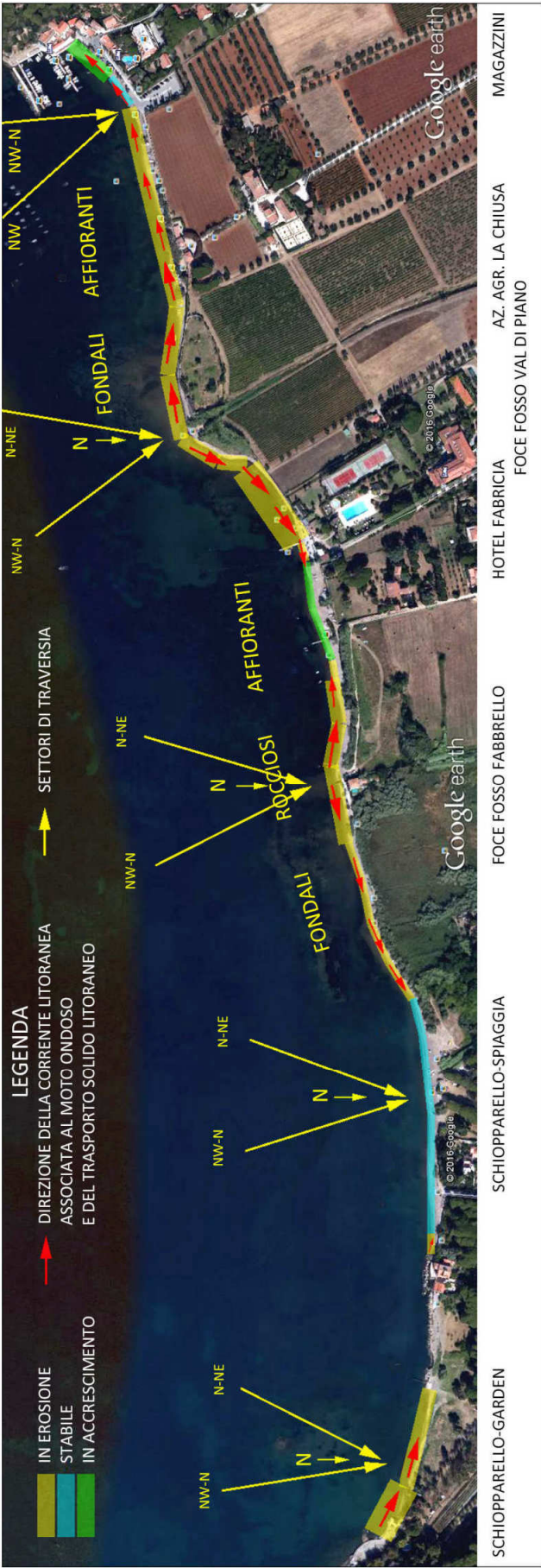


FIG. 4.2 - COSTA DI MAGAZZINI E SCHIOPPARELLO - CARTA DELL'EROSIONE E DEL TRASPORTO SOLIDO LONGITUDINALE

Fig. 3 – Magazzini/Schiopparello: carta dell’erosione e del trasporto solido litoraneo

[Digitare il testo]

Lo conferma la carta della rifrazione predisposta dal Prof. Noli nel suo studio (v. estratto di seguito in Fig. 4), che mostra chiaramente che per le mareggiate provenienti da NW (meno frequenti di quelle da N-NE, ma molto più energetiche, e impattanti direttamente sulla parte orientale della spiaggia, senza perdite per diffrazione) i fronti d'onda arrivano alla spiaggia di Magazzini *non ortogonalmente alla linea di riva, ma inclinati di circa 20° verso Est* (angolo di circa 110° fra direzione incidente e media allineamento della costa).

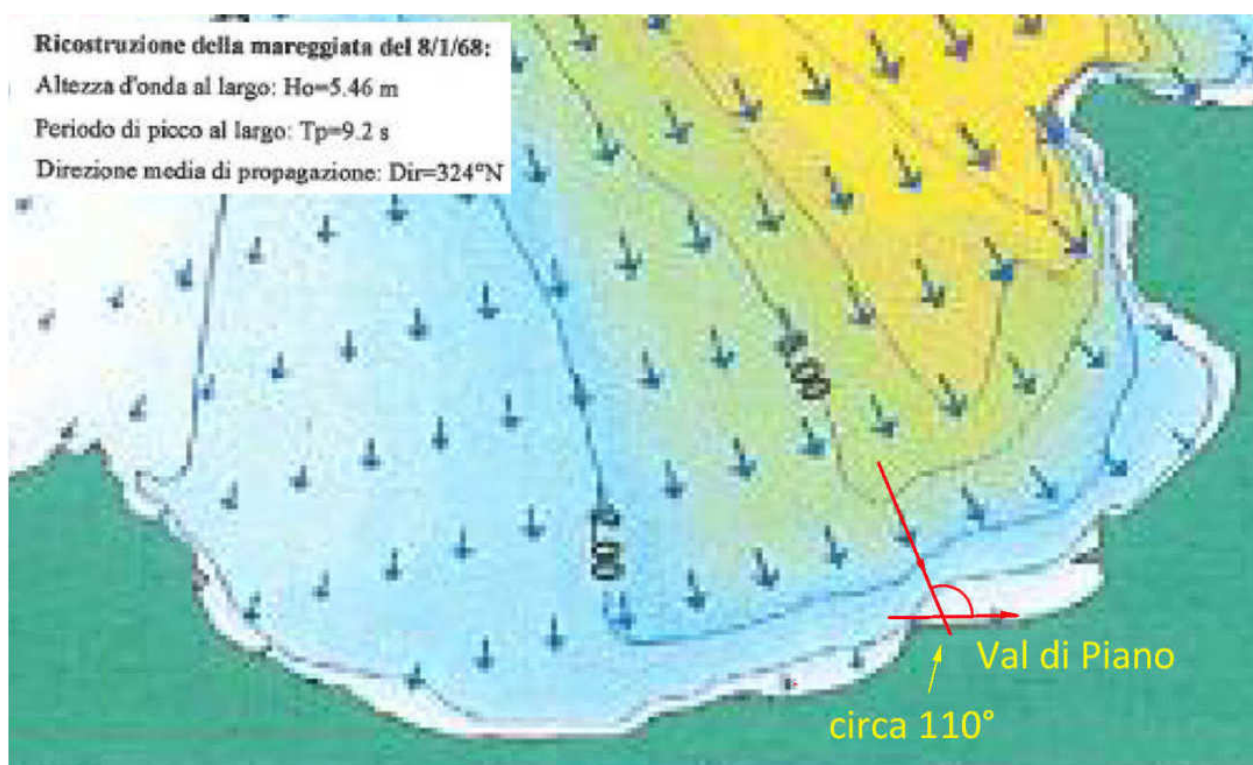


Fig. 4 – Estratto della carta della rifrazione per mareggiate da NW

Come si vede, l'impatto dei marosi, con questa accentuata inclinazione verso Est, genera la corrente longitudinale responsabile del trasporto solido che ha causato la marcata erosione della spiaggia e il sistematico intasamento dell'approdo di Magazzini, privo di molo di sottoflutto. L'efficacia di tale azione è sorprendente, ed è dimostrata senza ombra di dubbio dalla sequenza fotografica riportata di seguito in Fig. 5. Le prime due foto mostrano la situazione dell'aprile 2017. A giugno 2017 il Comune attuò lo svuotamento dell'approdo dalla Posidonia spiaggiata e di parte dei sedimenti di spiaggia presenti nell'approdo, che furono ricollocati verso Est lungo la spiaggia, fino alla foce del fosso di Val di Piano ed oltre.: la foto centrale mostra l'approdo subito dopo l'intervento. Le ultime



[Digitare il testo]

due foto del 2018 mostrano l'immediatezza del ritorno dei sedimenti e della Posidonia all'interno dell'approdo.



Fig. 5 – L'approdo di Magazzini intasato di sedimenti e di Posidonia spiaggiata, svuotato e di nuovo intasato in pochi mesi dalle correnti da W, **evidentemente di gran lunga prevalenti** su quelle da Est

Questa sequenza, di un esperimento in scala reale 1:1, individua in via definitiva il regime correntizio dominante in questo tratto di costa, e rende del tutto inutile qualsiasi studio correntometrico, che sarebbe un dispendio di soldi e di tempo del tutto inappropriato alla drammaticità della situazione, che richiede tempi di intervento strettissimi, per scongiurare il ripetersi dei danneggiamenti e la distruzione di altre porzioni di storia dell'Elba.



[Digitare il testo]

### **3.2 Costa di San Giovanni e di San Marco.**

La costa su cui si affaccia l'unità fisiografica indicata in Fig. 2 si articola ad Ovest, verso l'approdo di San Giovanni, su una spiaggia di dimensioni crescenti verso W, costituita da un litorale sabbioso e ghiaioso, sulla cui parte centrale è stata posizionata di recente una barriera radente in massi di cava a protezione della strada dall'erosione ormai terminale. Qui il trasporto solido è indotto dalle correnti litoranee associate alle onde provenienti dai settori di traversia settentrionali, con i sedimenti asportati dal tratto orientale di questo tratto di costa che superano facilmente il moletto di sottoflutto dell'approdo e si depositano al suo interno, provocando un accrescimento che contrasta con la destinazione di questi fondali al diportismo nautico.

La parte orientale della costa è invece caratterizzata dalla presenza del muraglione di contenimento e difesa della storica Fattoria di San Marco, ricca di ritrovamenti archeologici, al cui piede si stende una spiaggetta in estinzione e poi, procedendo verso Est, una barriera radente di massi naturali di piccole dimensioni, che non sono in grado di difendere efficacemente questa struttura. Al termine del muro, verso Est, si trova la spiaggetta in ghiaia di Cacciasugo, e più oltre la scogliera delle Grotte. Anche qui il trasporto solido procede verso W, essendo del tutto assenti le agitazioni di provenienza occidentale.

### **3.3 – Conclusioni.**

Le considerazioni qualitative e sperimentali (reali) di cui ai paragrafi precedenti relative al trasporto solido trasversale (perdite verso il largo) e longitudinale (perdite laterali), applicano ai tratti di costa in esame quanto ormai acquisito e messo in atto nella prassi degli interventi in questo settore dell'Ingegneria marina: l'erosione costiera dovuta al trasporto solido longitudinale (perdite laterali) si contrasta efficacemente mediante strutture trasversali naturali (promontori) o artificiali (pennelli), mentre le perdite verso il largo lungo coste con componente sabbiosa scarsa o nulla si contrastano efficacemente con il versamento di ghiaie anche fini, purché siano impediti le perdite longitudinali.

Questi principi si applicano a tutti i paraggi oggetto di studio, e sono stati posti alla base del presente Progetto Esecutivo degli interventi di contrasto dell'erosione costiera, per il ripristino e la stabilizzazione nel medio/lungo periodo delle spiagge.

[Digitare il testo]

## **4 L'EVOLUZIONE DEI FENOMENI EROSIVI NEI TRATTI DI COSTA IN ESAME**

### **4.1 Litorale di Schiopparello - Magazzini**

Il litorale è in generale in lento ma costante arretramento lungo tutto il suo fronte, come è rappresentato qualitativamente nella Fig. 3, ad eccezione di un tratto compreso fra le foci del fosso del Fabbrello e quella del fosso di Val di Piano, e un tratto in sostanziale stabilità in corrispondenza della spiaggia centrale di Schiopparello. Ci sono poi tratti dove il dissesto, per le cause locali descritte al paragrafo precedente, è molto accentuato, ha già causato nel 2017 e nel 2019 crolli di muri storici e mantiene caratteri di grave rischio imminente, con concrete possibilità di ulteriori danni a cose e a persone.

In sostanza, i processi in corso possono essere sintetizzati affermando che le due cuspidi centro-orientali della costa in esame, corrispondenti alle foci dei fossi Fabbrello e – più marcata – Val di Piano, sono da decenni soggette ad uno smantellamento progressivo, dovuto alle correnti litoranee associate alle mareggiate incidenti, dai settori indicati in Fig. 3, con trasporto di sedimenti nelle direzioni indicate nella stessa figura.

Il trasporto solido non si limita alle suddette cuspidi, ma investe i tratti di spiaggia nei due sensi longitudinali (Est → Ovest e Ovest → Est). Ciò è dovuto alla diversa inclinazione, rispetto alla linea media di riva, con la quale si presentano i piani d'onda delle agitazioni marine provenienti dal largo (v. Fig. 3), nonostante i processi di rifrazione per attrito sui fondali riducano sensibilmente la forbice mostrata in entrambe le suddette figure. I frangenti, alternativamente inclinati sia pure di poco a destra o a sinistra rispetto all'ortogonale alla linea di riva, generano una corrente litoranea che, più o meno violentemente, in funzione dell'energia del fronte d'onda di volta in volta incidente, mette in sospensione sedimenti più o meno grossolani, e li trasporta verso zone più ridossate o "tranquille".

Questo processo è ben evidenziato nelle due planimetrie riportate nelle pagine seguenti: la Fig. 6 e la Fig. 7, dove alla Carta Tecnica Regionale in scala 1:2000, la cui linea di riva corrisponde a quella riportata nella cartografia in cartaceo risalente ai rilievi aerofotogrammetrici eseguiti nel 1965, è stato sovrapposto il satellitare eseguito da Google Earth nel 2013. Se ne ricava un confronto molto significativo fra le configurazioni della linea di costa su un arco temporale di circa 50 anni, che rende bene l'evoluzione della linea di riva negli ultimi due decenni.

La linea di battigia del 1965 è tracciata in nero, quella attuale in rosso, la linea limite della spiaggia alta in magenta. La superficie di spiaggia erosa è evidenziata in celeste.

Si tenga presente che in certe situazioni, caratterizzate da processi di degrado in accelerazione (nel senso spiegato al punto 2), come nei tratti di spiaggia a mare dei

[Digitare il testo]

muraglioni della Fattoria Foresi, sia ad Est che ad Ovest della foce del Fosso di Val di Piano, ma anche davanti all'Hotel Fabricia e a Torre del Sale, la situazione attuale si è ulteriormente aggravata, anche rispetto al 2013, data del rilievo di Google Earth.



[Digitare il testo]

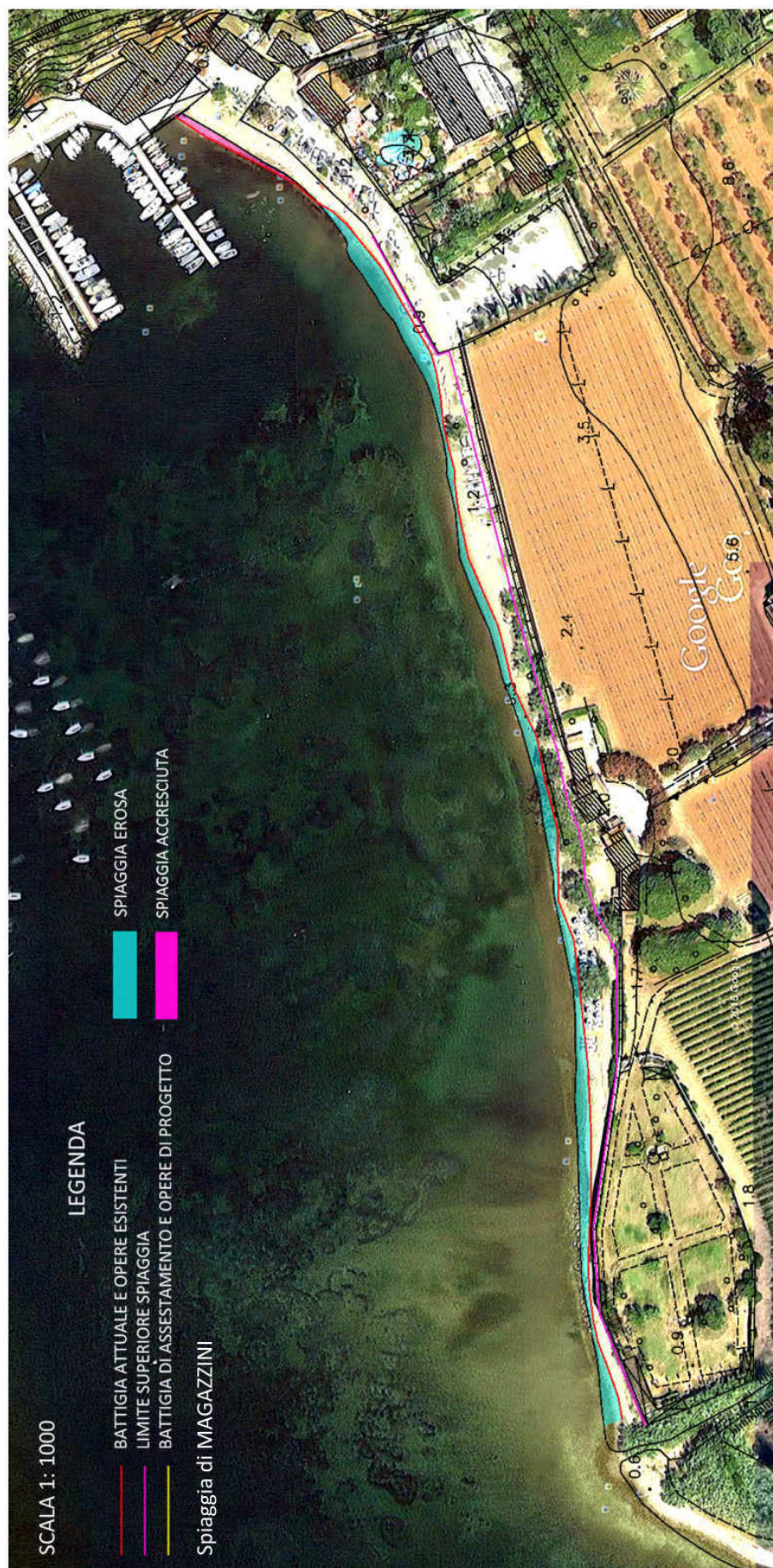


Fig. 6 – Spiaggia di Magazzini: Evoluzione dei fenomeni erosivi

Fig. 4.3 - Spiaggia di Magazzini: Evoluzione fenomeni erosivi



[Digitare il testo]



Fig. 4.4 - Spiaggia di Schiopparello Est - Evoluzione fenomeni erosivi

Fig. 7 – Spiaggia di Schiopparello Est: Evoluzione dei fenomeni erosivi

[Digitare il testo]

In Fig. 8 è riprodotto un estratto del Catasto Leopoldino (metà Ottocento), dove risultano chiaramente tutti i muri storici descritti sopra. Da notare in particolare i tratti di costa evidenziati con le frecce rosse, che sono rappresentati con segmenti di retta, ciò che fa supporre che all'epoca queste porzioni della costa fossero difese con opere artificiali (ora del tutto demolite, ma in parte ritrovabili sui rispettivi fondali), stante la grande importanza certamente attribuita alle attività retrostanti: agricola (Fattoria Foresi) ed industriale (salina di Torre del Sale).

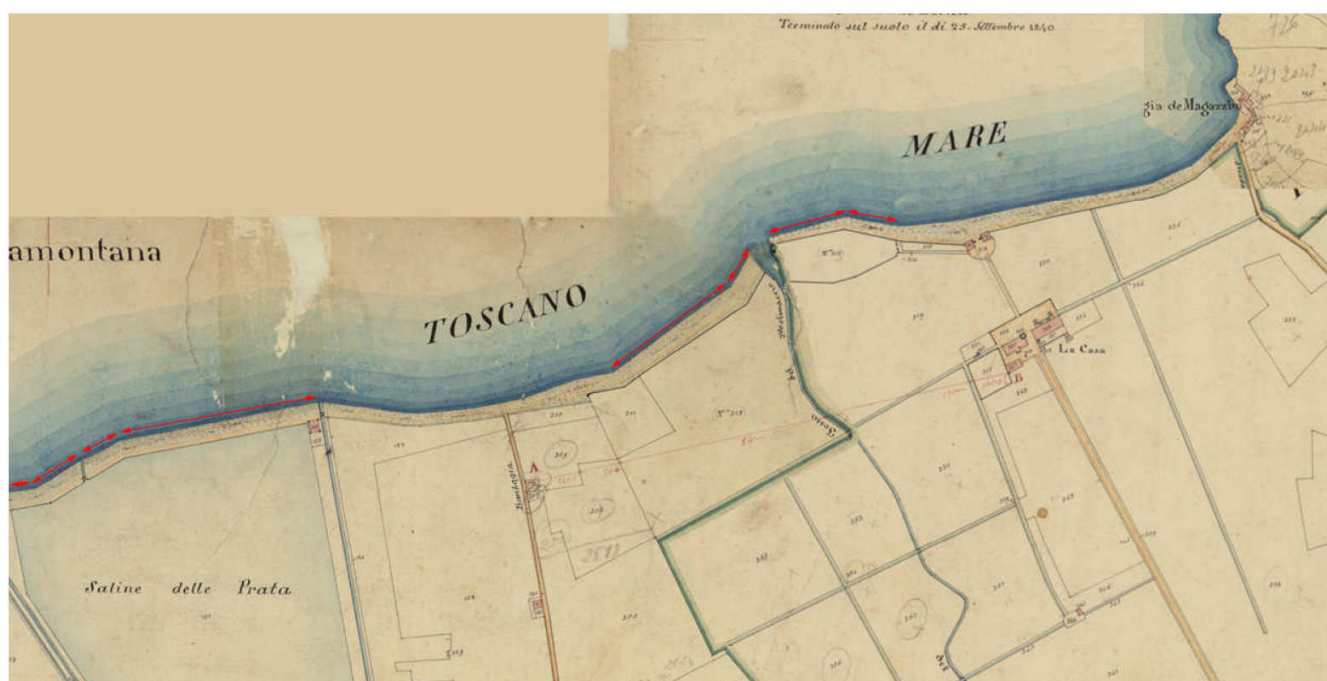


Fig. 8 – Estratto del Catasto Leopoldino, con evidenziati i tratti rettilinei della costa, probabilmente protetti già allora con opere artificiali, che coincidono con quelli attualmente in maggiore sofferenza.

Nella bellissima ripresa dal drone (fonte: Hotel Fabricia) riprodotta nella Foto 7 a pag. seguente si possono osservare il tratto di muro Foresi Est crollato di recente, facente parte di un recinto che rappresenta la pianta di una nave e, in alto, la foce del fosso di Val di Piano, che scarica a mare acqua rossastra a causa delle recenti forti piogge (ma purtroppo ben pochi sedimenti di maggiore pezzatura).



[Digitare il testo]



Foto 7 – Il muro lato mare della suggestiva “Nave” di Villa Foresi parzialmente demolito dall’azione delle onde, che come si vede sono in contatto con la sua base anche in condizioni di mare pressoché calmo.

#### **4.2 Costa di San Giovanni - San Marco**

Il litorale, nella parte Est, corrispondente al muraglione del podere San Marco, è abbastanza stabilizzato, su una configurazione fortemente deteriorata, che non lascia margini per regressioni “morbide”, ma fa prevedere cedimenti e crolli improvvisi. Nella parte centrale, fra la foce del fosso del Bucine a W e il podere a E, la spiaggetta residuale è in arretramento ai margini, mentre nella parte centrale, sotto il lungomare, è pressoché scomparsa, e il muro della strada ha la fondazione tutta scoperta, in fase di sgrottamento e a rischio di crollo. La parte della spiaggia ad ovest è in condizioni abbastanza stabili.

Nella Fig. 9 riportata a pag. seguente, con la sovrapposizione del 2000 del 1965 e del satellitare 2013 è posta in risalto l’evoluzione della linea di costa su un periodo di circa 50 anni. Ovviamente il muraglione non presenta arretramento, ma la striscia di inerti ad esso antistante era più cospicua. Questa regressione e quella della parte centro-occidentale sono evidenziate in celeste, massima nella fascia centrale di questo tratto di costa. Recentemente questo tratto centrale è stato oggetto di un intervento protettivo di somma urgenza messo in atto dal Comune mediante barriera radente in massi naturali.

[Digitare il testo]

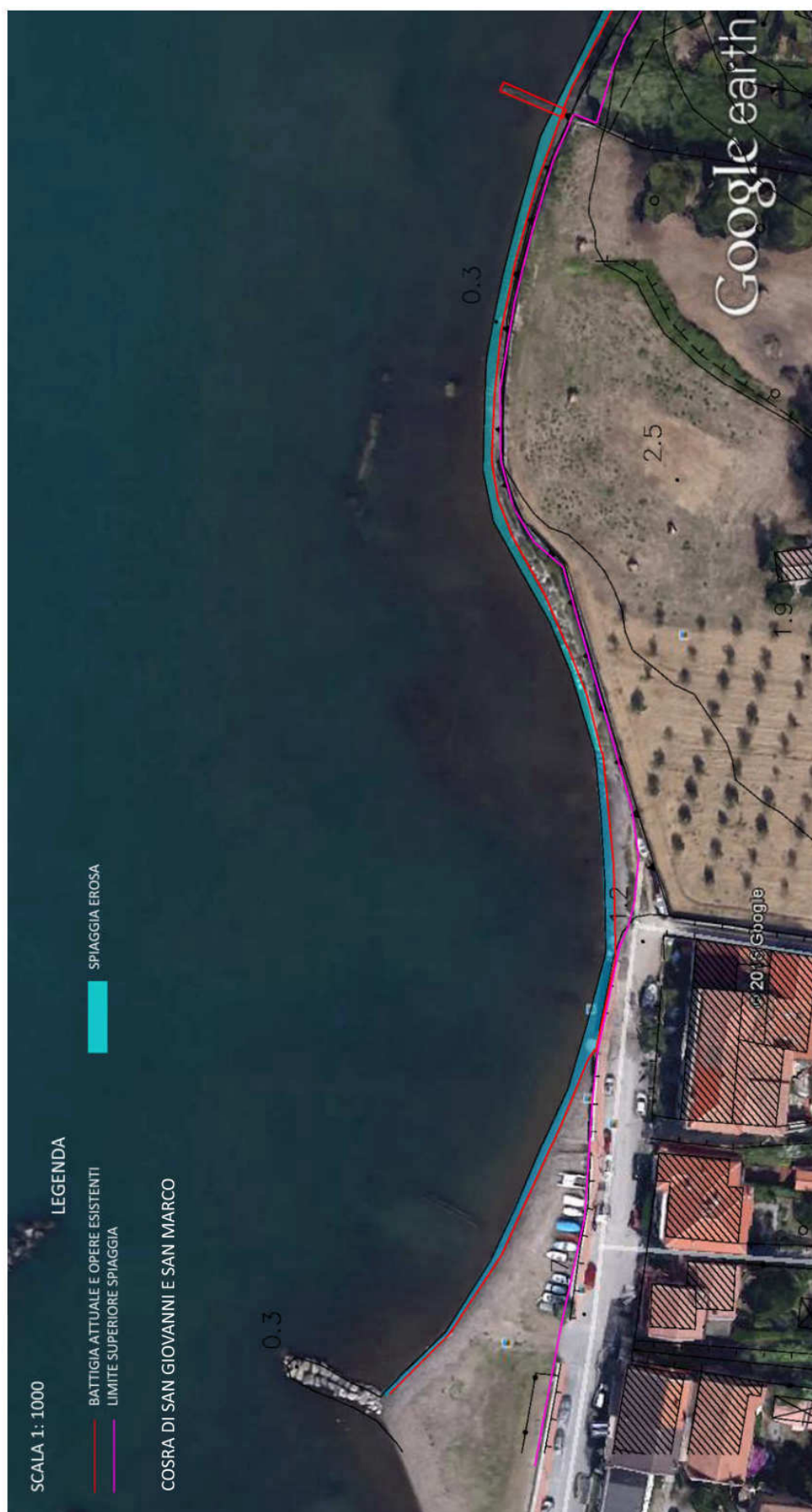


Fig. 4.6 - Costa di San Giovanni e San Marco

Fig. 9 – Costa di San Giovanni e San Marco: Evoluzione dei fenomeni erosivi

[Digitare il testo]

#### **4.4 Evoluzione dei tratti di costa – Aspetti quantitativi**

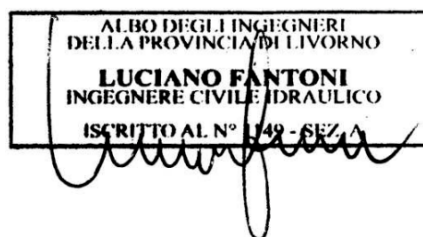
Nelle tabelle riportate nell'Allegato 12 (Computi metrici e Computi metrici estimativi), sono indicati i valori stimati delle superfici di spiaggia emersa perduti nelle tre situazioni oggetto di studio, ora diventate parti delle corrispondenti spiagge sommerse: sia in termini di sviluppo orizzontale (larghezza della fascia di arretramento e relativa superficie) che verticale (spessore, sia di spiaggia emersa che sommersa).

Se ne è ricavata una stima di larga massima delle perdite – verso il largo o oltre i limiti delle sub-unità fisiografiche sopra descritte – riconducibili complessivamente a circa 4.900 mq di superficie erosa, a fronte di una superficie residua di circa 7.300 mq. Considerati gli spessori di spiaggia persi su entrambe le strisce suddette, ciò corrisponde ad una perdita volumetrica complessiva di circa 7.000 mc di sedimenti di spiaggia, su un'estensione di litorale totale di circa 1.000 m, costituiti prevalentemente da sabbia medio-grossa e da ciottoli di varia pezzatura, oltre alle argille e limi presenti sicuramente in quantità rilevanti.

Queste quantità rappresentano il saldo (negativo) fra gli apporti da terra e le perdite verso il largo dei sedimenti più fini (fango, limo, sabbia fine), nonché quelle per le quantità di sedimenti, di pezzatura anche maggiore, ciottoli compresi, che defluiscono oltre i limiti delle sub-unità fisiografiche considerate. Una parte consistente di questi sedimenti (circa 750 mc, salvo rilievi in sede di esecuzione dei lavori) può essere recuperata all'interno dell'Approdo di Magazzini, che infatti presenta un sensibile interrimento, durante i lavori di costruzione del molo di sottoflutto.

Portoferraio, Aprile 2021

**Ing. Luciano Fantoni**





## COMUNE DI PORTOFERRAIO

### REGIONE TOSCANA

## INTERVENTI DI PROTEZIONE COSTIERA NEL GOLFO DI PORTOFERRAIO



## ALLEGATO 3

## ANALISI MULTICRITERIALE DI FATTIBILITA'

### SOMMARIO

1	Premessa	pag. 2
2	Obiettivi degli interventi di salvaguardia	pag. 2
3	Descrizione dei possibili interventi di salvaguardia	pag. 3
4	Analisi multicriteriale di fattibilità	pag. 4
5	Esame di fattibilità: Conclusioni	pag. 6

Portoferraio, Aprile 2021

Ing. Luciano Fantoni



## 1 PREMESSA

La pratica dell'Ingegneria costiera consente la messa in atto di una varietà di misure per il contrasto delle cause dell'erosione sopra discusse e per la stabilizzazione il più possibile duratura delle coste in esame.

Esse differiscono per naturalezza, efficacia, impatto sull'ambiente marino e costiero, impatto sul paesaggio, costo, difficoltà di superamento dell'iter autorizzativo, facilità di esecuzione, interferenza con le attività produttive o turistiche, durata e frequenza degli interventi manutentivi o di ripetizione, e altri fattori elencati nel dettaglio nella tabella di analisi multicriteriale nel seguito, fra i quali la convenienza economica, inclusa la capacità di conservare/aumentare l'occupazione nei settori interessati. Nel seguito ne saranno esaminate e brevemente commentate alcune.

## 2 OBIETTIVI DEGLI INTERVENTI DI SALVAGUARDIA

	<b>Obiettivi degli Interventi</b>	<b>Elementi utili per la valutazione</b>
a	Ripristino della funzione di difesa costiera a contrasto del rischio di danneggiamenti a infrastrutture e case	L'erosione aumenta l'esposizione, e via via accelera i processi di degrado e messa a rischio di persone, costruzioni, ambiente
b	Realizzazione di una configurazione della costa simile a quella naturale	Compensazione del deficit di apporti solidi da terra per cause antropiche e climatiche
c	Salvaguardia dell'ambiente marino costiero	L'erosione danneggia l'ambiente naturale delle spiagge emerse e sommerse
d	Realizzazione di una configurazione di costa ottimale per la fruizione turistico-balneare	La fruizione balneare, essenziale per l'economia elbana, richiede standard di offerta di adeguata qualità
e	Ripristino e salvaguardia di una corretta interazione terra-mare	L'erosione mette a rischio anche l'ambiente a terra: spiagge emerse, zone umide, habitat
f	Mitigazione dell'azione aggressiva del moto ondoso mediante ripristino degli equilibri idrodinamici quo ante, se del caso adeguatamente migliorati	Il riequilibrio deve essere più naturale possibile, gli interventi non devono causare nuovi squilibri, ma devono garantire al contempo un'adeguata durata
g	Reperibilità dei materiali occorrenti	Se in loco o di provenienza remota
h	Semplicità e brevità iter autorizzativo	Tempi di cantierabilità
i	Economicità dell'intervento e dei	Pianificazione ottimale delle risorse,

	successivi interventi di manutenzione	salvaguardia dell'economia turistica e dell'occupazione
l	Facilità di esecuzione	Macchinari, attrezzature, procedure per esecuzione
m	Sicurezza durante lavori	Sovrapposizione e pericolosità lavorazioni
n	Sicurezza dopo realizzazione	Strutture realizzate fonti di incidenti
o	Durata dell'intervento	Bassa frequenza degli interventi manutentivi e di ripristino
p	Conseguenze della nuova configurazione sugli utilizzi originali della costa	Balneazione, nautica diportistica, pesca: deve esserci un miglioramento

### 3 DESCRIZIONE DEI POSSIBILI INTERVENTI DI SALVAGUARDIA

	Possibili Interventi	Descrizione sintetica
1	Ripascimento con inerti (sabbia/ghiaia) estratti da fondali marini, senza l'ausilio di strutture rigide	Individuati i fondali con giacimenti idonei, gli inerti sono prelevati con draghe e scaricati sulle spiagge di destinazione con mezzi idraulici e/o meccanici
2	Ripascimento con inerti (sabbia/ghiaia) estratti da fondali marini, con l'ausilio di strutture rigide (pennelli, barriere longitudinali emerse o soffolte)	Come al punto 1, con la messa in opera di strutture rigide per incrementare efficacia e durata del ripascimento
3	Ripascimento con inerti da cava terrestre (macinati), senza l'ausilio di strutture rigide	Gli inerti, di caratteristiche compatibili con quelle degli inerti in situ, sono disposti con mezzi meccanici sulle spiagge in oggetto
4	Ripascimento con inerti da cava terrestre (macinati), con l'ausilio di strutture rigide	Come al punto 3, con l'aggiunta di cui al punto 2
5	Ripascimento con inerti da cava terrestre (macinati e stondati) o fluviale, senza l'ausilio di strutture rigide	Gli inerti, di caratteristiche compatibili con quelle degli inerti in situ, sono disposti con mezzi meccanici sulle spiagge in oggetto
6	Ripascimento con inerti da cava terrestre (macinati e stondati) o fluviale, con l'ausilio di strutture rigide	Come al punto 5, con l'aggiunta di cui al punto 2
7	Messa in opera di strutture rigide per smorzare l'azione erosiva del mare e	Strutture rigide, tipo pennelli trasversali; barriere longitudinali emerse o soffolte,



	favorire la permanenza in loco dei sedimenti, nativi o artificiali	radenti o distanti da riva; isolotti artificiali, etc., realizzati in massi naturali o elementi artificiali
--	--------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------

#### **4 ANALISI MULTICRITERIALE DI FATTIBILITA'**

Nella tabella a pag. seguente sono indicati i punteggi assegnabili alle varie ipotesi ed aspetti considerati per la valutazione.

**5.4 - ANALISI MULTICRITERIALE DI FATTIBILITA' E CONVENIENZA DEGLI INTERVENTI IN TERMINI DI RIDUZIONE DEL RISCHIO, SALVAGUARDIA AMBIENTALE E VANTAGGI SOCIO-ECONOMICI**

OBIETTIVI		INTERVENTI														
		a) Ripristino della funzione di difesa costiera a contrasto del rischio	b) Realizzazione di una configurazione della costa il più possibile simile a quella naturale	c) Salvaguardia dell'ambiente marino costiero	d) Realizzazione di una configurazione di costa ottimale per la fruizione turistico-balneare	e) Ripristino e salvaguardia di una corretta interazione terra-mare	f) Mitigazione dell'azione marina con ripristino/protezione degli equilibri idrodinamici quo ante	g) Reperibilità dei materiali occorrenti	h) Semplicità e brevità iter autorizzativo per cantierabilità	i) Economicità intervento e manutenzione. Salvaguardia economia turistica e occupazione	l) Facilità di esecuzione	m) Sicurezza durante lavori	n) Sicurezza dopo realizzazione	o) Durevolezza dell'intervento	p) Conseguenze della nuova configurazione sugli utilizzi originali della costa	TOTALE
1	Ripascimento con inerti (sabbia/ghiaia) estratti da fondali marini mediante mezzi navali e terrestri, senza l'ausilio di strutture rigide	5	5	3	5	5	5	1	1	1	1	2	5	2	5	46
2	Ripascimento con inerti (sabbia/ghiaia) estratti da fondali marini, con l'ausilio di strutture rigide (pennelli, barriere emerse o soffolte)	5	3	2	4	4	3	1	1	1	1	1	4	5	4	39
3	Ripascimento con inerti da cava terrestre (macinati, poco gradevoli per la balneazione), senza l'ausilio di strutture rigide	4	4	4	1	3	5	4	4	3	5	5	4	2	5	53
4	Ripascimento con inerti da cava terrestre (macinati), con l'ausilio di strutture rigide	5	3	4	1	3	4	4	3	5	4	4	3	5	4	52
5	Ripascimento con inerti sfondati da cava terrestre, senza l'ausilio di strutture rigide	4	5	4	4	5	5	3	5	3	5	5	5	2	4	59
6	Ripascimento con inerti sfondati da cava terrestre, con l'ausilio di strutture rigide	5	4	5	5	5	5	3	4	5	4	4	4	5	5	63
7	Messa in opera di strutture rigide per smorzare l'azione erosiva del mare e favorire la sedimentazione e la permanenza in loco dei sedimenti, nativi o artificiali	3	2	2	3	2	3	4	2	2	2	1	3	3	3	35

NOTA - PUNTEGGIO: MASSIMO VANTAGGIO = 5, MINIMO VANTAGGIO = 1

## 5 ESAME DI FATTIBILITA': CONCLUSIONI

Dai totali corrispondenti alle valutazioni per le varie soluzioni prospettate nella tabella di analisi multicriteriali precedente, si può concludere che, per le ubicazioni considerate, sono da preferire gli interventi della tipologia n. 6, ossia ripascimenti morbidi con ghiaia, da proteggere con strutture rigide di contrasto del trasporto solido litoraneo (ossia dalle perdite laterali), che ottiene il miglior punteggio cumulativo. E' anche previsto, in situazioni estreme (muri delle Fattorie Foresi e San Marco), il rinforzo delle barriere radenti in massi naturali già esistenti ma inadeguate alla piena protezione dei manufatti storici retrostanti. Quando possibile, tali barriere saranno coperte da ghiaietto, per eliminarne l'azione di riflessione energetica verso il largo.

La progettazione preliminare, già approvata dal Comune di Portoferraio con DGM n. 252/2016 e dalla Conferenza dei Servizi tenutasi a Portoferraio in data 20/12/2016, ha riguardato quindi interventi di contrasto dell'erosione costiera consistenti nel ripristino della configurazione originale dei tratti di costa considerati, mediante l'impiego di inerti stonati (ghiaietto di pezzatura variabile in funzione delle esigenze progettuali, proveniente da cava fluviale, o frantumati in mulini a martelli), limitando la messa in opera di strutture rigide artificiali a quelle situazioni che le rendono indispensabili ai fini della stabilità e della durata nel tempo degli interventi stessi, con ottimizzazione della spesa pubblica.

L'intervento progettato e diretto dallo scrivente, realizzato alla spiaggia di Viticcio nel febbraio 2013, con il versamento di 1.000 mc di ghiaietto fine, dopo quasi 7 anni ha subito solo poche perdite, e non sono per il momento previsti interventi di manutenzione. Ciò è sicuramente dovuto al fatto che la spiaggia è ricompresa fra due promontori che, per quanto modesti, sono sufficienti ad impedire perdite laterali per trasporto solido longitudinale.

Questo elemento diventa decisivo per la scelta della tipologia progettuale. Se la costa in esame fosse protetta ai lati da promontori naturali, il suo arretramento nelle zone in erosione sarebbe stato certamente molto più ridotto. Il semplice ripristino della morfologia costiera, senza la messa in opera di strutture, sia pure modestissime, in grado, grazie alle peculiarità dell'interazione fra la ghiaia e il moto ondoso in fase di frangimento, di opporsi alle perdite laterali, si rivelerebbe effimero anche a breve termine, vanificando l'investimento di preziose risorse pubbliche e private.

Per maggiori dettagli e informazioni, v. anche Allegato 7 – Osservazioni, chiarimenti e integrazioni per la Verifica di Assoggettabilità alla VIA.

*Nella progettazione degli interventi di ripristino e di protezione di cui al presente Progetto Definitivo sono pertanto state applicate queste linee-guida.*

Portoferraio, Aprile 2021

**Il Progettista: Ing. Luciano Fantoni**



## COMUNE DI PORTOFERRAIO

### REGIONE TOSCANA

## INTERVENTI DI PROTEZIONE COSTIERA NEL GOLFO DI PORTOFERRAIO



## ALLEGATO 4

### CRITERI PER LA RIMODELLAZIONE MORFOLOGICA DELLE SPIAGGE - PRIMA EVOLUZIONE DOPO GLI INTERVENTI

#### SOMMARIO

- |   |                                                                                                      |        |
|---|------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| 1 | Tipologia di ripascimento                                                                            | pag. 2 |
| 2 | Criteri per la rimodellazione morfologica delle spiagge e sulla prima evoluzione dopo gli interventi | pag. 4 |

Portoferraio, Aprile 2021

Ing. Luciano Fantoni



## 1 - Premessa: Tipologia di ripascimento

Gli interventi di contrasto dell'erosione costiera nelle situazioni di grave pericolosità qui esaminate, che sono illustrati in dettaglio nel seguito, hanno come base comune il ripristino della morfologia costiera di qualche decennio addietro, in termini delle dimensioni (larghezza e spessore) della spiaggia emersa e sommersa, mediante il versamento di ghiaietto di pezzatura adeguata, con o senza l'ausilio, a seconda delle necessità, di strutture rigide di mitigazione/contenimento, come meglio precisato nel seguito. Si propone infatti il ritorno allo sviluppo planimetrico della spiaggia che risulta dalla CRT del 1965, poi mantenuta nella cartografia successiva (v. Allegato 3). La configurazione plano-altimetrica del 1965 è pertanto anche lo stato di progetto.

Si potrebbe rilevare che sulla spiaggia sia emersa che sommersa sono attualmente presenti sedimenti più fini della ghiaia, ossia sabbie grosse o medie, in quantità a volte trascurabili ma talora significative. E quindi si potrebbe ipotizzare l'impiego anche di sabbia di caratteristiche affini (v. *osservazioni ARPAT in sede di Valutazione assoggettabilità a VIA, Allegato 7, punto C*).

Questa possibilità – a parte la concreta disponibilità di idonei quantitativi di sabbie adatte all'impiego, tutta da verificare – è però sconsigliata dalla teoria e dall'esperienza.

Riguardo alla prima, il **CEM – USACE 2002**, manuale dell'US Corps of Engineers per il ripascimento artificiale delle spiagge, sia pure ammettendo la rispondenza di inerti di ripascimento delle stesse caratteristiche di quelle degli inerti nativi, tuttavia sottolinea che l'impiego di sedimenti più grossolani consente di effettuare i ripristini ottenendo la stessa estensione di spiaggia emersa con minori quantità e per una maggiore durata. Un estratto:

*“Materials that are not compatible according to these guidelines may still be suitable. Borrow material that is coarser than the native material will produce a beach which is at least as stable as a fill comprised of native material. Fills with coarser material provide improved resistance to storm induced erosion. A lesser volume of coarser fill will be required to create a beach of a given width compared to the volume of native beach sand that would be needed”.*

Riguardo alle esperienze, basti riflettere su quanto messo ripetutamente in atto all'Elba per le spiagge di S. Andrea, nel Comune di Marciana e di Cavoli e Seccheto, nel Comune di Campo nell'Elba: i ripascimenti con sabbia dai fondali antistanti, più fine di quella presente in spiaggia, hanno durata molto breve, e devono essere ripetuti con una frequenza piuttosto elevata.

Nella pratica degli ultimi decenni, in assenza di sabbie marine di caratteristiche adeguate, e in condizioni erosive molto gravi, come quella delle coste in esame, si è fatto



sempre più spesso ricorso all'utilizzo di ghiaietti di varia pezzatura e di caratteristiche fisico-chimiche adatte all'impiego.

Ciò è dovuto alla differenza fondamentale fra il comportamento idraulico della sabbia e quello della ghiaia, anche la più minuta (da 3 a 12 mm), come descritto nell'Allegato 3. Nei casi in esame, sarà utilizzata una pezzatura: da 3 a 15 mm, in grado di assicurare un'ottima stabilità agli interventi, specialmente se saranno eliminate o almeno fortemente ridotte le perdite per trasporto solido longitudinale, grazie ai pennelli di contenimento laterali previsti.

Dopo il versamento delle previste quantità di ghiaietto con le modalità descritte nei paragrafi seguenti, le spiagge in oggetto assumeranno rapidamente (un paio di mareggiate di media intensità) un profilo di equilibrio vicino a quello definitivo. Dato che il ghiaietto impiegato sarà di pezzatura medio-fine, la pendenza della spiaggia non risulterà troppo accentuata, la cresta a monte della battigia potrà essere agevolmente sparsa a inizio stagione con modesti mezzi meccanici (bobcat, piccoli escavatori) e saranno gli stessi bagnanti, nella stagione estiva, a mantenerla livellata con la deambulazione.

Inoltre, la pezzatura modesta consentirà una gradevole deambulazione, grazie anche alla stondatura naturale dei grani, di provenienza esclusivamente fluviale per tutti questi tratti.

Data la ridotta pezzatura del ghiaietto, questo si potrebbe mescolare alla sabbia presente sui fondali antistanti (in misura diversa a seconda delle ubicazioni: minima a San Giovanni, più marcata a Magazzini e Schiopparello Est), rendendo in questo caso la fruizione balneare ancora più gradevole, come si già è verificato a Viticcio centro, sulla spiaggia oggetto dell'intervento del 2013 di cui si è già riferito.

Nei casi in cui ci sia una presenza significativa di sabbia, spostata dai fenomeni erosivi sopra descritti, dalla spiaggia verso i fondali antistanti, si potrà in tal modo riformare una spiaggia a componente mista ghiaia-sabbia, quest'ultima appoggiata sul substrato di ghiaietto e ad esso mescolata e sovrapposta, in una forma che dovrebbe risultare più stabile, grazie alle ritrovate maggiori dimensioni planimetriche e altimetriche del corpo spiaggia e alla conseguente netta riduzione delle riflessioni energetiche verso il largo.

Oltre alla recente esperienza di Viticcio Centro (che ormai entra nel suo settimo anno), la letteratura scientifica offre interessanti spunti per la descrizione di questo processo.

A titolo di esempio, si riporta di seguito un estratto dalle conclusioni del lavoro di un team dell'Univ. di Granada, pubblicato sul Journal of Coastal Research nel gennaio 2012.

***Natural Recovery of a Mixed Sand and Gravel Beach after a Sequence of a Short Duration Storm and Moderate Sea States***

*Simona Bramato, Miguel Ortega-Sanchez, Christian Mans, and Miguel A. Losada*

*Grupo de Investigacion de Dinamica de Flujos Ambientales*

*Centro Andaluz de Medio Ambiente*

*Universidad de Granada*

*"During accumulation, the sand-size material remains in suspension for longer periods of time, creating an upper layer of sand that is deposited above the gravel. During erosion, the overlying sand is rapidly transported offshore, exposing the gravel size-sediments. The gravel is dragged a limited distance, forming a natural barrier that protects the beach from further erosion".*

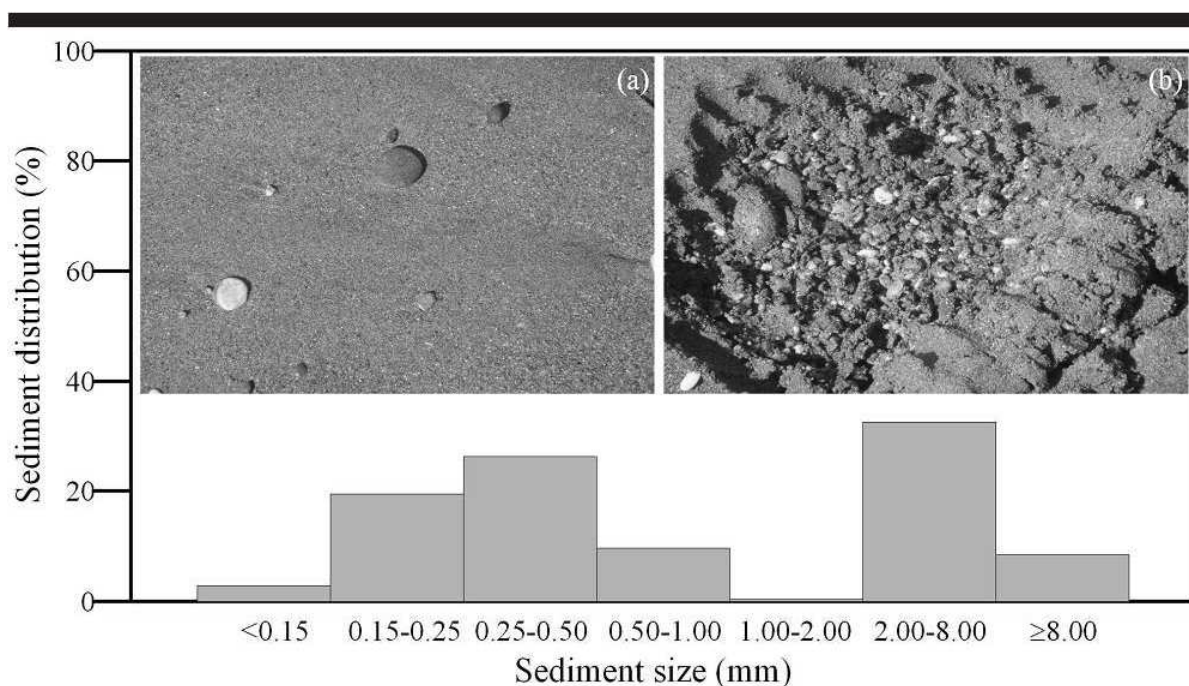


Fig. 1 – Sabbia e ghiaia sulla spiaggia mista di Carchuna (Spagna)

Queste foto rispecchiano con ottima approssimazione quanto si è verificato in questi anni alla spiaggia centrale di Viticcio dopo l'intervento di ripascimento del 2013 ad opera dello scrivente.

Per maggiori dettagli e informazioni, v. Allegato 7 – Osservazioni, chiarimenti e integrazioni per la Verifica di Assoggettabilità alla VIA, punto C.

## **2 – Criteri per la rimodellazione morfologica delle spiagge e sulla prima evoluzione dopo gli interventi**

I quantitativi di progetto sono stati definiti con calcoli geometrici basati sulla morfologia della spiaggia emersa e sommersa a partire dalla configurazione di circa 50 anni fa, desumibile dalla Carta Tecnica RT al 2.000, basata sui rilievi aerofotogrammetrici del 1965 e confrontata con le foto satellitari messe in rete da Google Earth, riprese circa nel 2013 ma anche successivamente, giungendo alla stima delle perdite volumetriche dei sedimenti di spiaggia dal 1965 ad oggi.

Poiché l'obiettivo del presente progetto è il ripristino delle condizioni quo ante, ossia della configurazione del 1965, tale stima delle perdite è anche stata assunta come quantitativo degli inerti per il ripascimento di progetto, da versare sulle spiagge considerate. A interventi di ripristino appena terminati, la linea di battigia di ripascimento coinciderà pertanto con la linea nera delle figure citate.

Nel *Computo Metrico e Computo Metrico Estimativo generale (CM-CME)*, riprodotta nell'Allegato 12, sono riportati nel dettaglio le quantità e i calcoli plano-volumetrici. La superficie totale attuale di spiaggia nei tratti considerati è di circa 7.000 mq, quella perduta per erosione negli ultimi 50 anni è di circa 4.350 mq, quella totale a fine interventi sarà di circa 11.350 mq, realizzando il pieno recupero della superficie originale di oltre mezzo secolo addietro.

Il versamento degli inerti avverrà all'interno della superficie originaria delle spiagge, per gli spessori stimati asportati dall'erosione dalle spiagge originarie, senza estenderlo oltre tali limiti. Solo dopo gli interventi, ad opera dell'azione del mare, ci sarà una redistribuzione degli inerti sulla nuova spiaggia emersa e sulla spiaggia sommersa, che porterà ad un certo avanzamento verso il largo della linea di riva, corrispondente all'inevitabile abbassamento del profilo emerso. Quanto sopra è rappresentato schematicamente nella sezione-tipo di Fig. 2 a pag. seguente.

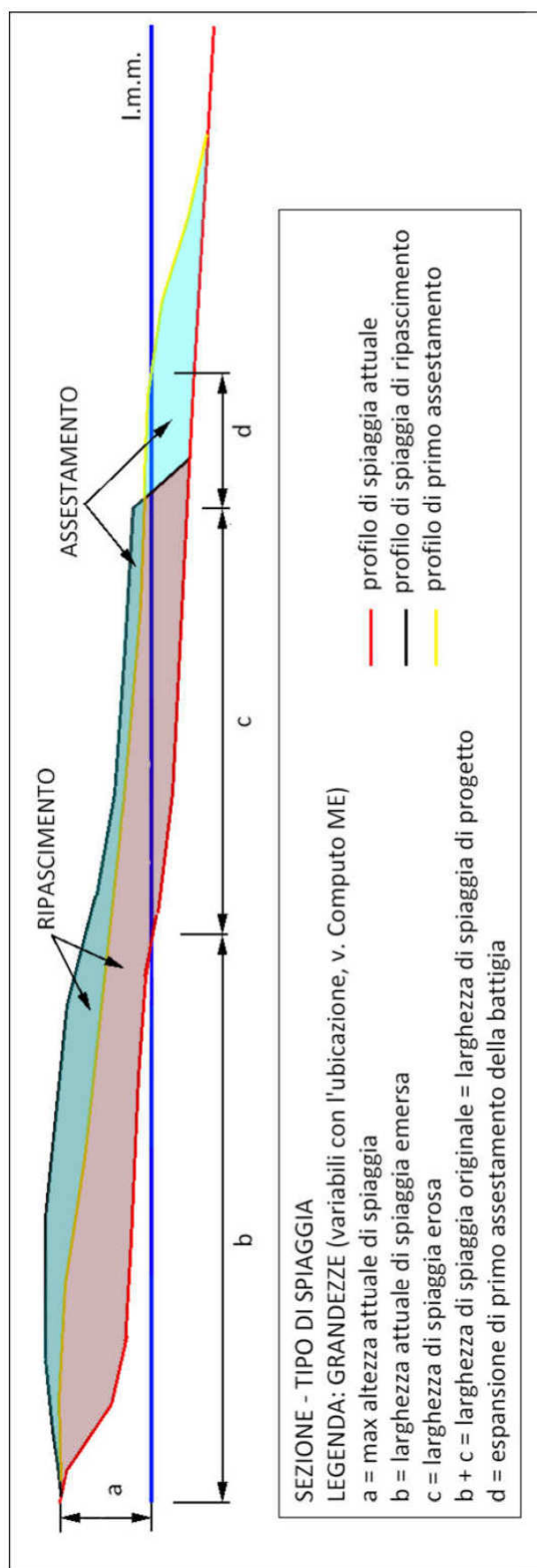


Fig. 2 – Sezione-tipo (proporzioni reali)



Negli anni successivi si verificherà un graduale, sia pur lento, depauperamento dei corpi spiaggia ricostituiti, a causa del consumo degli inerti per sfregamento e le perdite longitudinali, che continueranno, sia pure in misura ridotta, grazie alla presenza delle opere di contenimento trasversali (pennelli) agli estremi dei tratti ripasciuti. Queste ultime perdite, dovute alle correnti parallele alla battigia (longshore), avverranno per aggiramento oltre le estremità lato mare dei modesti pennelli di contenimento, ma gli inerti non saranno perduti, perché saranno spinti sulle porzioni di spiaggia adiacenti a quelle oggetto di intervento, con effetti stabilizzanti.

Saranno inoltre presenti anche perdite trasversali, verso il largo (offshore), in quanto lo sfregamento dei granuli produrrà la riduzione delle loro dimensioni, e le parti più fini abbandoneranno la spiaggia. Nel lungo termine dovranno essere pertanto attuati interventi di ricarica, sempre che nel frattempo non intervengano (imprevedibili ed improbabili) mutazioni climatiche capaci di aumentare il trasporto solido dei fossi afferenti.

I pennelli saranno generalmente realizzati in massi naturali (ad eccezione del pennello / Molo di sottoflutto di separazione fra la spiaggia di Magazzini e l'approdo nautico), radicati a terra nella parte alta della spiaggia, ed estesi in mare per un'estensione molto inferiore alla larghezza della spiaggia sommersa (si definisce tale la fascia di oscillazione onshore/offshore dei sedimenti di spiaggia, sabbia compresa, durante le mareggiate più intense).

Per fondali simili a quelli in oggetto, le linee-guida del Genio Civile Regione Toscana definiscono la larghezza media di questa fascia in circa 75 m, con profondità media di circa m 1,50), ma solo fino alla prevedibile distanza di oscillazione dei grani più fini del ghiaietto di ripascimento durante le mareggiate. Questa distanza, per le spiagge di Magazzini e Schiopparello, è valutabile in circa 10-15 m, ben inferiore alla larghezza media di cui sopra, che, aggiunti alla parte di spiaggia emersa (circa 5-10 m), portano ad uno sviluppo massimo dei pennelli di 15-25 m.

*Limitandosi solo ad una parte minoritaria della spiaggia sommersa, l'impatto sul regime idrodinamico costiero sarà davvero limitato, e il ghiaietto conferito in spiaggia resterà in gran parte confinato nei rispettivi tratti di versamento, garantendo la durata nel tempo degli interventi.*

Portoferraio, Aprile 2021

**Il Progettista Ing. Luciano Fantoni**



## COMUNE DI PORTOFERRAIO

### REGIONE TOSCANA

## INTERVENTI DI PROTEZIONE COSTIERA NEL GOLFO DI PORTOFERRAIO



## ALLEGATO 7

### VERIFICA DI ASSOGGETTABILITA' ALLA VIA: OSSERVAZIONI, CHIARIMENTI E INTEGRAZIONI SOMMARIO

PREMESSA	pag.	2
A SETTORE GENIO CIVILE VALDARNO INFERIORE	pag.	2
B SETTORE ABDAS	pag.	2
C ARPAT	pag.	2
D SETTORE TUTELA DELLA NATURA E DEL MARE	pag.	15
E SETTORE ATTIVITA' FAUN. VENATORIA, PESCA DILETTANTISTICA, PESCA IN MARE	pag.	15
F SETTORE TUTELA, RIQUALIFICAZIONE E VALORIZZAZIONE DEL PAESAGGIO	pag.	15
G SETTORE VALUTAZIONE DI IMPATTO AMBIENTALE	pag.	17

Appendice: Parere Commissione Paesaggio Comune di Portoferraio

ELENCO ALLEGATI (Gli allegati si omettono in quanto superati dai documenti del presente Progetto Esecutivo, cui si rimanda)

**Il Sindaco:**

**Dr. Angelo Zini**

**Responsabile del Procedimento:**

**Dirigente Area III Arch. Carlo Tamperi**

**Portoferraio, Aprile 2021**

**Il Progettista: Ing. Luciano Fantoni**



**PREMESSA**

*E' utile ricordare che gli interventi oggetto del Progetto Definitivo sono stati inseriti dalla Regione Toscana fra quelli urgenti e indifferibili individuati dalla Protezione Civile Nazionale a seguito della mareggiata eccezionale dell'Ottobre 2018. Anche la costa di Portoferraio ha subito gravi menomazioni, che hanno aggravato la situazione di collasso del sistema costiero e degli ecosistemi collegati: dopo il rovinoso crollo del 2017, un altro muro storico è crollato nel 2019. In entrambi i casi per fortuna non sono state coinvolte delle persone. In assenza di intervento, è inevitabile che si verifichino altri danni alle infrastrutture, alle abitazioni, alle persone, mentre l'economia turistica, base di sostentamento per tutte le famiglie elbane, già gravemente penalizzata dal lockdown COVID-19, sarà ancora più in difficoltà.*

*Il Progetto, candidato ai finanziamenti a fine 2019, ha superato il vaglio delle strutture regionali competenti, ed è stato ammesso al finanziamento nella primavera del 2020, dando inizio all'iter di verifica dei vari aspetti concernenti la sua realizzazione. Nonostante i tempi estremamente ristretti, aggravati dal prolungato lockdown (la scadenza fissata dai decreti attuativi nazionali e regionali per l'affidamento dei lavori è fissata al 30 settembre 2020, anche se si confida in una proroga, adeguata alla durata del lockdown), si è cercato di predisporre una documentazione il più possibile esauriente e completa per l'ottenimento delle approvazioni e dei nulla-osta, ed evitare l'invio alla VIA.*

*Sono state già ottenute significative conferme: dalla Commissione Paesaggistica del Comune, dalla Soprintendenza del Ministero Beni Culturali e Ambientali di Pisa, dal Settore Genio Civile Valdarno Inferiore della RT, dal Settore ABDAS, dal Settore Attività faunistico venatoria Pesca dilettantistica Pesca in mare. L'iter è in corso, e si confida in un suo positivo, rapido completamento e superamento.*

*Integrazioni a quanto già fornito con il Progetto Definitivo, con la Relazione Paesaggistica e con la Relazione per la Verifica di assoggettabilità alla VIA, possono essere fornite, senza mettere a rischio la perdita dei finanziamenti. Non è fattibile la redazione di studi e indagini complessi, per i tempi lunghi che comportano, che innegabilmente aggiungerebbero elementi conoscitivi al quadro generale. Ma che avrebbero il risultato certo di fare perdere alla Regione Toscana, al Comune di Portoferraio e ai suoi cittadini, ospiti e territorio, l'ingente contributo già assicurato all'Elba dalla Protezione Civile Nazionale, abbandonando le coste interessate al degrado ambientale, economico e sociale.*

-----

**A      SETTORE GENIO CIVILE VALDARNO INFERIORE**

**Si dà atto del parere favorevole.**

**B      SETTORE ABDAS**

**Si assicura la piena osservanza delle norme richiamate dall'Autorità di Bacino, precisando che tutti gli interventi sono limitati alle spiagge interessate e che **le foci dei fossi Fabbrello e Val di Piano non saranno oggetto di modifiche strutturali.****

**C      ARPAT**

**Le raccomandazioni dell'ARPAT sono tutte assolutamente condivise, e ogni cura e attenzione sarà dedicata alla loro osservanza/applicazione durante la fase di esecuzione dei lavori.**



Nel seguito le integrazioni a quanto già argomentato e documentato nel Progetto Definitivo, a partire dalle osservazioni evidenziate in grassetto nel testo originale dell'ARPAT, e qui riprodotte per comodità di consultazione.

1) **POSIDONIA SPIAGGIATA.** Osservazioni in merito alla realizzazione del moletto di sottoflutto dell'Approdo di Magazzini e alla sua interazione con la formazione degli accumuli di Posidonia spiaggiata sul litorale di Magazzini: ***"Dal punto di vista progettuale, pertanto, considerato quanto sopra, si ritiene che un eventuale impedimento alla formazione degli accumuli che non sia specificamente rivolto a garantire la funzionalità degli approdi, non risulti coerente con l'obiettivo stesso del progetto"***.

Le molteplici funzioni positive della Posidonia per l'ambiente e la necessità della sua tutela costituiscono una conoscenza acquisita e consolidata, che il progetto non pone minimamente in discussione. In particolare la funzione protettiva della Posidonia spiaggiata, e l'utile formazione delle "banquettes", non è contrastata, ma favorita dalle previsioni progettuali.

L'assenza di moli sottoflutto in presenza di porzioni di spiaggia ridossate da dighe foranee artificiali comporta l'entrata in sofferenza delle porzioni residue delle spiagge interessate, con l'assottigliamento progressivo e spesso la scomparsa di ampie sezioni delle stesse, condannando gli enti preposti, in mancanza di interventi strutturali, a continui interventi di riequilibrio. Restando all'Elba, basti citare quanto ancora accade a Marina di Campo, a partire dal primo dragaggio di riequilibrio realizzato dallo scrivente nel 1996. Lo stesso avviene, in piccolo, anche a Magazzini, come ampiamente illustrato e documentato nella Relazione Tecnica del Progetto Definitivo (da pag. 40 a 44, e da pag. 62 a pag. 77), con il Comune costretto a ripetuti, onerosi interventi di svuotamento e con gli utenti nautici privati della piena funzionalità dell'approdo.

V. foto sequenza riprodotta di seguito.







Fig. 1 – L’approdo di Magazzini intasato di sedimenti e di Posidonia spiaggiata, svuotato e di nuovo intasato in pochi mesi dalle correnti da W, evidentemente di gran lunga prevalenti su quelle da Est

La Circolare del Ministero dell’Ambiente del 2019 e il D.Lgs. 152 del 2006 impongono al Comune la periodica rimozione della Posidonia spiaggiata dall’interno dell’area nautica, in quanto l’impossibilità che essa ne esca spontaneamente la porta alla putrefazione e ai maleodori, incompatibili con la fruizione turistica e diportistica.

In coerenza con quanto sopra, il progetto prevede la realizzazione del moletto di sottoflutto, per porre fine all’aggravio dell’erosione della spiaggia e alla riduzione dell’agibilità dell’approdo, entrambi dovuti alla sua assenza. Esso non impedirà in alcun modo la formazione degli accumuli di Posidonia spiaggiata, ma ne ridurrà nettamente la presenza all’interno dell’area nautica, dove attualmente sono del tutto inutili, in quanto favoriscono la formazione e la crescita di una spiaggia “parassita”, assolutamente non balneabile per la presenza ravvicinata dei natanti in manovra, da demolire periodicamente con gli interventi di riequilibrio sopra richiamati. La stessa quantità di Posidonia spiaggiata si accumulerà al contrario sulla porzione residua di spiaggia balneabile ad Est del molo, aumentando la propria efficacia protettiva.

La forte riduzione del suo accesso all’area nautica, propiziata dalla presenza del molo di sottoflutto in progetto, comporterà un sensibile vantaggio sia per le finanze del Comune che per la fruizione degli spazi circostanti, nautici e balneari. E il confinamento della Posidonia spiaggiata sulla porzione di spiaggia esterna all’approdo la manterrà nel settore dove è sempre attiva la dinamica costiera, con movimenti continui e naturali da e verso il mare, ciò che ne eviterà la putrefazione.

Si richiama la raccomandazione conclusiva della circolare del 2019: *“In conclusione si ribadisce che, quale che sia l’opzione scelta per la gestione degli accumuli di posidonia spiaggiata, si devono individuare modalità di fruizione delle spiagge e criteri di manutenzione delle stesse maggiormente responsabili ed ecosostenibili, con lo scopo di prevenire l’erosione delle coste ed al contempo prevenire la produzione di rifiuti biodegradabili”*. Esattamente quello che si eviterà con la realizzazione del molo.

**La presenza del pennello/molo avrà pertanto effetti positivi riguardo a tutti gli aspetti sopra richiamati, in particolare garantirà una migliore funzionalità dell’approdo.**

2) **SCELTA DEL MATERIALE DI RIPASCIMENTO.** Mancanza di valutazione sull’impiego di sabbia per il ripascimento: **“Il progetto non presenta alcuna valutazione su una possibile alternativa all’uso della ghiaia. In particolare non risulta adeguatamente motivata l’esclusione dell’impiego di sabbia naturale da reperirsi localmente anche in ambito marino”**.

-----

Si riproduce di seguito, in blu, un estratto del Cap. 6 della Relazione Tecnica del Progetto Definitivo in merito alla scelta dei materiali di ripascimento.

## 6.1 PREMESSA: TIPOLOGIA DI RIPASCIMENTO

(..)

Si potrebbe rilevare che sulla spiaggia sia emersa che sommersa sono attualmente presenti sedimenti più fini della ghiaia, ossia sabbie grosse o medie, in quantità a volte trascurabili ma talora significative. E quindi si potrebbe ipotizzare l'impiego anche di sabbia di caratteristiche affini.

Questa possibilità – a parte la concreta disponibilità di idonei quantitativi di sabbie adatte all'impiego, tutta da verificare – è però sconsigliata dalla teoria e dall'esperienza.

Riguardo alla prima, il **CEM – USACE 2002**, manuale dell'US Corps of Engineers per il ripascimento artificiale delle spiagge, sia pure ammettendo la rispondenza di inerti di ripascimento delle stesse caratteristiche di quelle degli inerti nativi, tuttavia sottolinea che l'impiego di sedimenti più grossolani consente di effettuare i ripristini ottenendo la stessa estensione di spiaggia emersa con minori quantità e per una maggiore durata. Un estratto:

*“Materials that are not compatible according to these guidelines may still be suitable. Borrow material that is coarser than the native material will produce a beach which is at least as stable as a fill comprised of native material. Fills with coarser material provide improved resistance to storm induced erosion. A lesser volume of coarser fill will be required to create a beach of a given width compared to the volume of native beach sand that would be needed”.*

Riguardo alle esperienze, basti riflettere su quanto messo ripetutamente in atto all'Elba per le spiagge di S. Andrea, nel Comune di Marciana e di Cavoli e Seccheto, nel Comune di Campo nell'Elba: i ripascimenti con sabbia dai fondali antistanti, più fine di quella presente in spiaggia, hanno durata molto breve, e devono essere ripetuti con una frequenza piuttosto elevata.

Nella pratica degli ultimi decenni, in assenza di sabbie marine di caratteristiche adeguate, e in condizioni erosive molto gravi, come quella delle coste in esame, si è fatto sempre più spesso ricorso all'utilizzo di ghiaietti di varia pezzatura e di caratteristiche fisico-chimiche adatte all'impiego.

Ciò è dovuto alla differenza fondamentale fra il comportamento idraulico della sabbia e quello della ghiaia, anche la più minuta (da 3 a 10 mm), come descritto al par. 4.2. Nei casi in esame, saranno utilizzate tre classi di pezzatura: da 4 a 10, da 10 a 20, da 20 a 30 mm, con  $D_{50}$  circa = 7 mm per la prima classe, circa 15 mm per la seconda, circa 25 mm per la terza, in grado di assicurare un'ottima stabilità agli interventi, specialmente se saranno eliminate o almeno fortemente ridotte le perdite per trasporto solido longitudinale.

Dopo il versamento delle previste quantità di ghiaietto con le modalità descritte nei paragrafi seguenti, le spiagge in oggetto assumeranno rapidamente (un paio di mareggiate di media intensità) un profilo di equilibrio vicino a quello definitivo. Dato che il ghiaietto impiegato sarà di pezzatura medio-fine, la pendenza della spiaggia non risulterà troppo accentuata, la cresta a monte della battigia potrà essere agevolmente sparsa a inizio stagione con modesti mezzi meccanici (bobcat, piccoli escavatori) e saranno gli stessi bagnanti, nella stagione estiva, a mantenerla livellata con la deambulazione.

Inoltre, la pezzatura modesta (nei tratti più utilizzati per la balneazione saranno preferite quelle delle prime due classi, da 5 a 20 mm) consentirà una gradevole deambulazione, grazie anche alla stondatura naturale dei grani, di provenienza esclusivamente fluviale per tutti questi tratti.

Data la ridotta pezzatura del ghiaietto, questo si mescolerà alla sabbia presente sui fondali antistanti (in misura diversa a seconda delle ubicazioni: minima a San Giovanni, media a Magazzini e Schiopparello Est), rendendo in questo caso la fruizione balneare ancora più gradevole, come si già è verificato a Viticcio centro, sulla spiaggia oggetto dell'intervento del 2013 di cui si è già riferito.

Nei casi in cui ci sia una presenza significativa di sabbia, spostata dai fenomeni erosivi sopra descritti, dalla spiaggia verso i fondali antistanti, si potrà in tal modo riformare una spiaggia a componente mista ghiaia-sabbia, quest'ultima appoggiata sul substrato di ghiaietto e ad esso mescolata e sovrapposta, in una forma che dovrebbe risultare più stabile, grazie alle ritrovate maggiori dimensioni planimetriche e altimetriche del corpo spiaggia e alla conseguente netta riduzione delle riflessioni energetiche verso il largo.

Oltre alla recente esperienza di Viticcio Centro (che ormai entra nel suo settimo anno), la letteratura scientifica offre interessanti spunti per la descrizione di questo processo.

A titolo di esempio, si riporta di seguito un estratto dalle conclusioni del lavoro di un team dell'Univ. di Granada, pubblicato sul Journal of Coastal Research nel gennaio 2012.

***Natural Recovery of a Mixed Sand and Gravel Beach after a Sequence of a Short Duration Storm and Moderate Sea States***

*Simona Bramato, Miguel Ortega-Sanchez, Christian Mans, and Miguel A. Losada*

*Grupo de Investigacion de Dinamica de Flujos Ambientales*

*Centro Andaluz de Medio Ambiente*

*Universidad de Granada*

“During accumulation, the sand-size material remains in suspension for longer periods of time, creating an upper layer of sand that is deposited above the gravel. During erosion, the overlying sand is rapidly transported offshore, exposing the gravel size-sediments. The gravel is dragged a limited distance, forming a natural barrier that protects the beach from further erosion”.

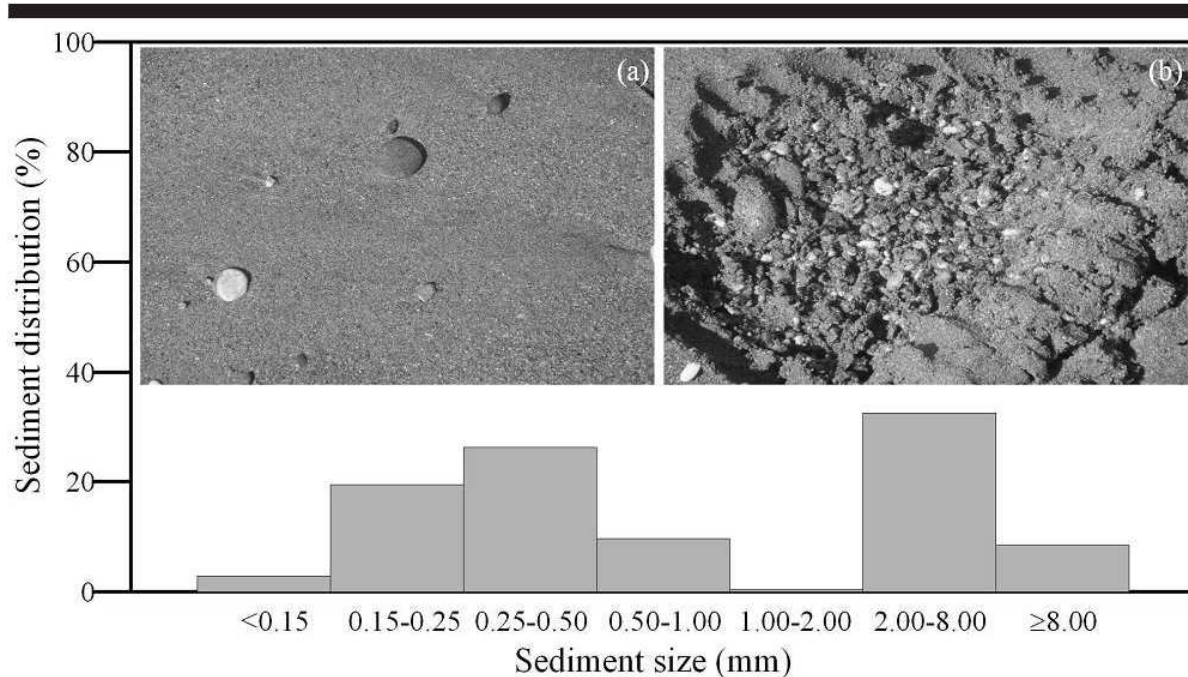


Fig. 6.1 – Sabbia e ghiaia sulla spiaggia mista di Carchuna (Spagna)

Queste foto rispecchiano con ottima approssimazione quanto si è verificato in questi anni alla spiaggia centrale di Viticcio dopo l'intervento di ripascimento del 2013 ad opera dello scrivente.

Poiché quanto sopra è stato considerato *valutazione mancante e motivazione insufficiente*, si fornisce di seguito qualche ulteriore precisazione/chiarimento, al fine di provare a colmare le lacune denunciate.

La ragione della scelta progettuale di utilizzare ghiaietto invece di sabbia è da ricercarsi nelle caratteristiche del fenomeno idraulico marino, in particolare nell'energia del moto ondoso incidente e delle correnti ad esso associate, trasversali e longitudinali. Nelle coste in erosione, più si aggravano i fenomeni erosivi e più cresce il diametro medio dei sedimenti residuali, a causa della crescita della pendenza e della riflessione energetica verso il largo. Si perde prima la sabbia fine, poi quella più grossa, fino alla sua completa sparizione; anche la ghiaia subisce un processo analogo, e nelle zone via via più esposte non restano che i ciottoli grossi e i massi. Se i sedimenti al di sotto di una certa granulometria sono quasi assenti da una spiaggia, ciò significa che le condizioni energetiche e morfologiche li allontanano sistematicamente verso zone e fondali ad energia inferiore.

La sabbia è nettamente minoritaria sulle spiagge oggetto d'intervento, salvo qualche isolata lente. Ciò è confermato dai risultati delle analisi granulometriche eseguite dalla Geocoste su incarico del Comune, su



campioni prelevati dalla stessa Geocoste dalle spiagge dei tre siti di intervento, illustrate e sintetizzate nella relazione qui allegata come parte integrante (v. Allegato 1), che si conclude con l'affermazione:

**In sintesi i tre campioni analizzati sono classificabili come ghiaie con presenza di ciottoli.**

V. anche servizio fotografico riportato di seguito.



Fig. 2 - Gli inerti presenti in spiaggia a Magazzini



Fig. 3 - Gli inerti presenti in spiaggia a Schiopparello Est



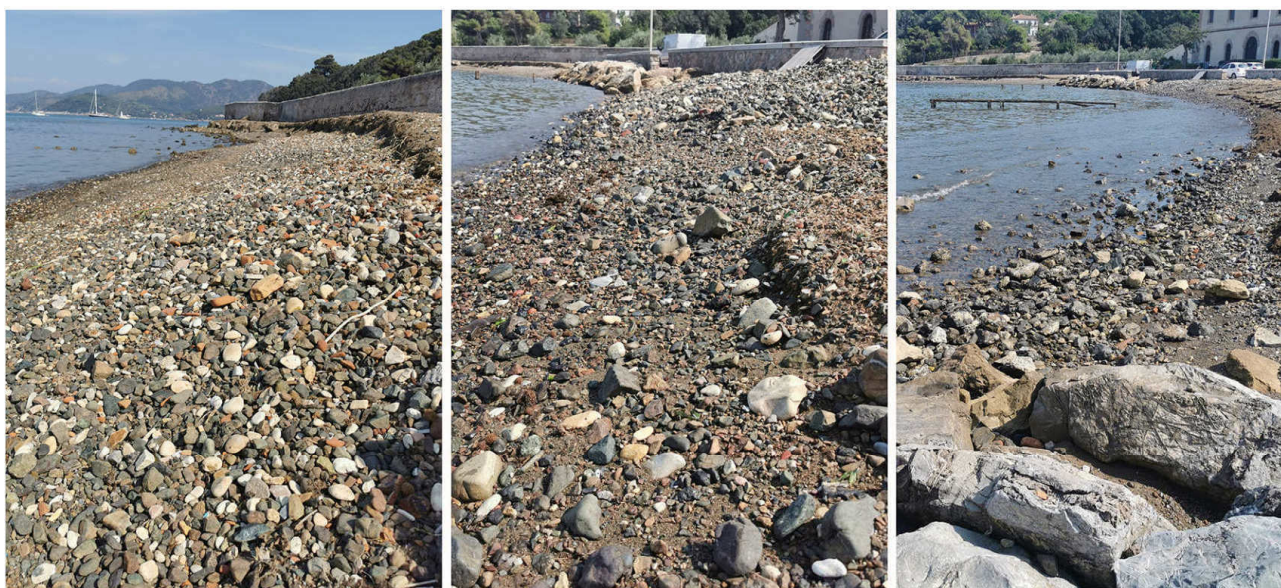


Fig. 4 - Gli inerti presenti in spiaggia a San Giovanni

Da quanto sopra discende un principio, che è alla base di tutti gli interventi di ricostruzione cosiddetta “morbida” delle coste in erosione: per i ripascimenti devono essere utilizzati sedimenti di pezzatura compatibile (o superiore, specialmente nel caso delle sabbie) con quella dei sedimenti presenti sulle spiagge prima dell’intervento. → Qui prevale la ghiaia, e si deve utilizzare ghiaia

Questo principio ha informato la scelta del materiale dell’intervento in oggetto, sostanzialmente morbido, data l’esiguità dei tratti a mare (inferiori a 10 m) dei pennelli trasversali proposti a protezione dell’intervento e a prolungamento della sua durata sul medio-lungo periodo.

Una frazione di sabbia è comunque presente sulle spiagge in oggetto, ed è anche accertata la presenza di lenti sabbiose su parte dei fondali ad esse antistanti (v. foto satellitari contrastate dei fondali in oggetto nella Relazione Tecnica, di seguito un esempio).



Fig. 5 - Foto satellitare dei fondali fortemente contrastata. Il fondale delimitato in giallo è più profondo dei fondali adiacenti di 1,5-2m, proprio in corrispondenza della zona più critica (crollo del 2017); in superficie è costituito interamente da sabbia, che a intervento eseguito potrebbe spostarsi stabilmente verso riva.



Poiché la sabbia è una componente gradevole per la balneazione, e sicuramente era più presente di ora in spiaggia, quando l'erosione era meno accentuata, per l'intervento è stato selezionato un ghiaietto di composizione granulometrica ridotta (da fine a medio-fine, e anche grossolana, in funzione delle esposizioni e delle energie dei vari tratti di costa interessati), ciò che potrebbe innescare un ripascimento spontaneo in sabbia, dai fondali antistanti verso riva, grazie alla capacità di assorbimento dell'energia delle onde in frangimento e alla netta riduzione delle riflessioni energetiche verso il largo che ne consegue. Esattamente come si è già verificato a Viticcio, dopo il ripascimento del 2013, effettuato a cura dello scrivente esclusivamente con ghiaietto, di caratteristiche del tutto simili a quello che si intende utilizzare, con la spiaggia sostanzialmente stabile, dopo quasi otto anni (v. foto di seguito).

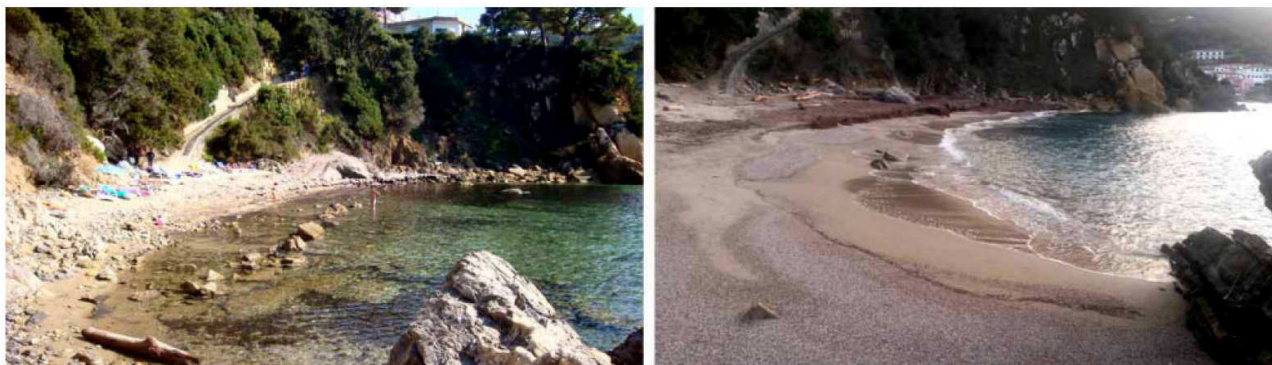


Fig. 6 – La spiaggia di Viticcio prima e dopo l'intervento di ripascimento del 2013 con ghiaietto fine-medio

Entriamo ora nel merito tecnico-ambientale dell'ipotesi suggerita dall'ARPAT circa l'utilizzo di **“sabbia naturale da reperirsi localmente anche in ambito marino”**, al posto del ghiaino di progetto.

Effettivamente, nelle valutazioni iniziali, è stata considerata anche la possibilità di un massiccio ripascimento con sabbia di origine terrestre, ma non ce n'è di reperibile in loco, a parte quella presente nelle colline della zona Ovest del territorio di Portoferraio (Viticcio, Biodola, Scaglieri e Forno), che però non può ovviamente essere asportata.

Non risultano disponibili in zona altre possibili fonti terrestri di sabbie naturali, per cui si è anche considerato l'utilizzo di sabbia di frantoio, già impiegata da concessionari di spiagge. Ma l'effetto sul paesaggio ha immediatamente sconsigliato l'utilizzo anche di questo materiale (v. foto di seguito).

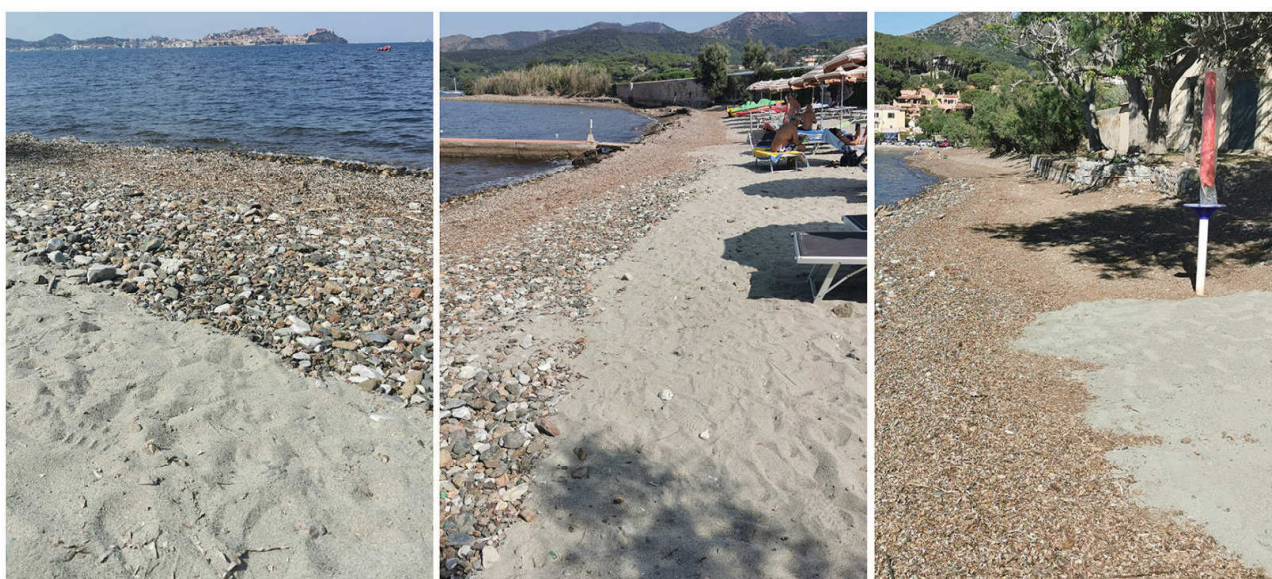


Fig. 7 - Esempi di micro-riparamenti con sabbia locale di frantoio

E' stato infine preso in considerazione anche il prelievo diretto di sabbia dalle lenti presenti sui fondali antistanti, sicuramente più compatibile dei precedenti con i sedimenti di spiaggia, con una draga aspirante-refluente: ipotesi che è stata a sua volta scartata in quanto si è ritenuto che i potenziali effetti negativi sulle biocenosi di spiaggia e di fondale e sulle praterie di Posidonia che circondano queste lenti difficilmente sarebbero stati compensati dai vantaggi di un ripascimento con sabbia. Che inoltre non potrebbe assicurare, per quanto sopra chiarito, una durata adeguata all'intervento, anche se protetto lateralmente da adeguate strutture rigide.

Si noti inoltre che il progetto prevede il collocamento del ghiaio prevalentemente sulla spiaggia emersa, interessandone la parte sommersa solo per pochi metri (salvo davanti al muro crollato ad Est del Fabricia, dove la spiaggia praticamente non esiste più), una frazione di circa il 10% della spiaggia sommersa, ciò che riduce al minimo l'interferenza sulle biocenosi marine presenti a ridosso della battigia e su quelle di fondale. Inoltre la sua elevata porosità, rispetto a quella della sabbia, faciliterà il suo popolamento. E l'assenza di parti fini, trattandosi di materiale certificato inerte e lavato, garantirà l'assenza di sostanze tossiche e di torbidità.

Al contrario, un ripascimento con sabbia di mare movimenterebbe, insieme all'acqua e alla sabbia, anche una significativa quantità di sedimenti argillo-limosi, mescolati alla sabbia nelle lenti sabbiose oggetto di dragaggio, data la matrice fortemente argillosa dei materiali costituenti la base dei terreni che si affacciano sul Golfo (v. foto allegate nelle Fig. 8 e 9 al punto C.5), col rischio concreto di generare un'elevata torbidità in tutto il Golfo, per molto tempo.

Inoltre l'intervento – riversando una miscela di acqua e sedimenti sulla spiaggia - interesserebbe la totalità della superficie della spiaggia emersa e sommersa, ed anche oltre verso il largo, spargendo sedimenti ricchi di biocenosi estranee, estratte su fondali distanti e versate su un ambiente litoraneo per esse inconsueto.

**Il progetto ha pertanto preso in considerazione l'opportunità della ricomparsa della sabbia sulle coste in esame - e obiettivamente la facilita (v. spiaggia di Viticcio) - ma ha scartato le ipotesi sopra ventilate, ritenute troppo rischiose, preferendo puntare sul suo conseguimento in via indiretta, spontanea, con la creazione a riva di un substrato ghiaioso più resistente, di impatto minimo, in grado di ricattare almeno parte della sabbia finita in mare, e assicurarne la presenza per durate medio-lunghe, come a Viticcio** (V. Relazione Tecnica Progetto Definitivo: oltre alla Premessa sopra riprodotta, anche i Par. 6.1 e 6.2, il tutto alle pag. da 53 a 57, e foto della spiaggia di Viticcio prima e dopo riprodotte in Fig. 6).

3) **PENNELLI TRASVERSALI A PROTEZIONE DEL RIPASCIMENTO**. Insufficiente motivazione della previsione della costruzione di pennelli trasversali per il contrasto delle perdite longitudinali: **“Nel progetto non emerge una adeguata motivazione sotto il profilo idrodinamico relativa alla realizzazione di nuovi pennelli trasversali, in particolare considerato il loro abbinamento al ripascimento con ghiaia, più resistente della sabbia rispetto ai fenomeni di erosione”**.

Su tratti di costa molto lunghi e all'interno di una stessa unità fisiografica, gli spostamenti in un senso o nell'altro dei sedimenti per trasporto solido longitudinale possono essere ingenti e rapidi, comportando fluttuazioni anche rilevanti della conformazione planimetrica delle spiagge interessate. Nel lungo periodo, essi sono generalmente compensati, a meno che non si inseriscano ostacoli trasversali a tali spostamenti.

Nel caso di piccole insenature (le cosiddette “pocket beaches”), situate all'interno di golfi ben delimitati da promontori (come Procchio, Spartaia, Marina di Campo, Lacona, tanto per restare all'Elba) i materiali di ripascimento, di qualsiasi tipo (sabbia o ghiaia) e provenienza (mare, terra, fiume), restano all'interno dell'insenatura, potendo eventualmente migrare solo verso il largo, e solo se troppo fini per l'energia del moto ondoso incidente. *Ma non possono sfuggire ai lati, data la presenza dei promontori che le delimitano.*



Quando si interviene con ripascimenti con sabbia o ghiaia, non per l'intera estensione della costa dell'unità fisiografica interessata, ma solo lungo una sua porzione, come in questo progetto, occorre valutare con cura gli spostamenti long-shore, data l'esigenza di contenere le perdite per trasporto longitudinale, per garantire una lunga durata agli interventi e ridurre la frequenza dei costosi interventi manutentivi.

*Non sempre la ghiaia come materiale di ripascimento costituisce in sé una garanzia di stabilità o durata, anche se di certo è più stabile della sabbia, e spesso anche i ripascimenti con ghiaia necessitano di protezione contro il trasporto solido litoraneo.*

Emblematico è il caso della spiaggia (lunga circa 5 km) della famosissima Promenade des Anglais a Nizza, in crisi da quando la costruzione dell'aeroporto a mare ne ha interrotto l'alimentazione con gli inerti trasportati dal fiume Var, dove negli ultimi 30 anni sono stati versati **558.000 (oltre mezzo milione!) di mc** di ghiaia, con il solo risultato di riuscire a malapena a conservare la larghezza media della spiaggia entro i 30 m ritenuti irrinunciabili. In questo caso le perdite sono per trasporto off-shore, in occasione delle forti mareggiate invernali, che spingono la ghiaia giù lungo la ripida scarpata della piattaforma continentale. Ma anche qui sono stati installati tozzi pennelli trasversali per mitigare lo scorrimento long-shore, che evidentemente aggrava il fenomeno.

Ma le cose vanno male anche a sud della foce del fiume, ingabbiata fra l'aeroporto e il porticciolo di Cagnes-sur-Mer, con la perdita totale della capacità di alimentazione naturale del fiume. Nonostante anche qui siano continuamente ripetuti i ripascimenti con ghiaia estratta dalla foce e dal corso basso del Var, l'erosione continua inesorabilmente, con le spiagge più a Sud, verso Antibes, letteralmente scomparse e sostituite da scogliere, mentre le spiagge più a Nord sono sopravvissute solo grazie ai continui ripascimenti, puntellati da imponenti e fitti pennelli trasversali, radicati ai muri retrostanti (lunghezza media 60 m, ma anche molto di più; larghezza media 20 m).

Nel caso in progetto, l'unità fisiografica che si affaccia sul Golfo di Portoferraio (v. Relazione Tecnica, Fig. 2.1.1, pag. 10) è frammentata in più sub-unità, di cui una è la spiaggia di Magazzini (delimitata ad Est dall'Approdo e a Ovest dalla foce del Fosso di Val di Piano) e l'altra è la spiaggia di Schiopparello Est, delimitata ad Est dalla foce del Fosso di Val di Piano e ad Ovest dalla foce del Fosso Fabbrello, entrambe in condizioni critiche e oggetto di intervento. Qui per fortuna non ci sono ripide scarpate oceaniche, ma la pendenza dolce del Golfo di Portoferraio; l'energia delle mareggiate è nettamente inferiore, e le perdite *offshore* saranno sicuramente molto modeste.

Ma vi è certezza (v. Relazione Tecnica Progetto Definitivo, par. 4.3.1, e la figura 4.4 riprodotta sopra in Fig. 1) che il ghiaietto di ripascimento, versato nei tratti di maggiore, drammatica crisi, dove la costa è stata *scarificata* dalle correnti, in assenza di protezione sarà spostato (velocemente, a causa delle sue dimensioni medio-fini), verso tratti ancora moderatamente stabili. Questa dinamica deve essere contrastata, onde evitare che gli interventi perdano precocemente la loro efficacia, e che i crolli e i danneggiamenti riprendano a breve.

Questa è la motivazione della scelta di porre in opera, agli estremi dei tratti oggetto di ripascimento, dei modestissimi pennelli trasversali, che saranno quasi completamente inglobati nel corpo della nuova spiaggia, e quasi sommersi nella porzione, lunga pochi metri, che si troverà in acqua.

4) **PENNELLI TRASVERSALI A PROTEZIONE DEL RIPASCIMENTO.** Assenza di valutazione dettagliata delle biocenosi presenti in corrispondenza delle difese rigide: **“Per quanto riguarda l'ecosistema marino, si rileva l'assenza di una valutazione di dettaglio delle biocenosi presenti localmente e di una attenta**

**e puntuale valutazione da parte del proponente degli effetti derivanti dall'impiego di strutture di difesa rigide".**

In estrema sintesi, ecco i dati dimensionali delle difese rigide:

*Scogliere radenti:* rinforzo delle due barriere esistenti di Magazzini e San Marco in una fascia di max. 4 m di larghezza a cavallo della linea di battigia, con massi naturali che saranno sovrapposti ai massi esistenti, senza materiali di massa inferiore a 30 kg: ossia assolutamente porosi, privi di parti fini ed atti ad un rapido popolamento da parte delle biocenosi esistenti. Formazione in aderenza al muro Foresi W/Fabricia di una mini-barriera "a scomparsa", di "ultima istanza", ossia che sarà totalmente conglobata nel ghiaietto di ripascimento e che costituirà una estrema protezione in caso di eventi eccezionali. Estensione totale delle barriere: 265 m.

*Pennelli trasversali:* Sono previsti 6 pennelli, di cui due già esistenti e solo da rafforzare. La lunghezza di quelli nuovi varia fra 25 e 15 m, di cui oltre la metà a terra (a intervento finito), per un volume massimo a mare di circa 70 mc. La loro lunghezza complessiva è di solo 84 m. Anche questi volumi saranno realizzati senza intasamento con materiali di massa inferiore a 30kg, e saranno rapidamente colonizzabili.

La lunghezza **totale** dei 4 nuovi pennelli, che devono essere definiti a tutti gli effetti dei micro-pennelli, sarà di soli **76 m**, corrispondente a circa la lunghezza di *un solo* pennello che sarebbe necessario per la protezione (peraltro effimera, a causa delle inevitabili perdite verso il largo, per quanto sopra esposto) di un ripascimento con sabbia. Il loro volume totale sarà di circa 392 mc, meno di 100 mc a pennello.

*La larghezza media complessiva dei pennelli è circa il 2,7% dell'estensione dei tratti di costa interessati.* La loro estensione media in mare, verso il largo, sarà di circa 8 m, pari a circa il 10% dell'estensione della spiaggia sommersa. Che, come è noto, insieme alla spiaggia emersa, è la sede delle interazioni mare-terra in presenza delle agitazioni marine, e che pertanto costituisce un ambiente piuttosto dinamico ed energetico, dove *le forme di vita sono adattate a continue variazioni, anche violente, del loro habitat.* Il Settore Genio Civile della RT ha indicato, nelle linee-guida per gli interventi sulle spiagge dell'Elba, la larghezza della spiaggia sommersa in circa 75 m.

*La presenza di questi micro-pennelli è fondamentale per la protezione dei ripascimenti e per mettere in durevole sicurezza questi tratti di costa drammaticamente a rischio.*

Non è purtroppo possibile eseguire, per ovviare alla mancanza di informazioni segnalata dall'ARPAT, indagini e studi complessi sulle conseguenze dell'inserimento di queste mini-strutture in massi naturali nella fascia dei primi 10 m dell'ambiente marino costiero in tempo utile per l'attivazione dei finanziamenti. Per facilitare la valutazione dell'ARPAT, è stata comunque messa a punto una Memoria sullo stato attuale delle conoscenze disponibili circa le biocenosi presenti nelle aree oggetto di intervento. Questa Memoria è riportata integralmente nell'Allegato 4.

5) **TORBIDITA'.** Richiesta di monitoraggio di questo importante parametro: "Inoltre dovrà essere posta attenzione alle alterazioni del parametro torbidità che dovranno risultare reversibili e di breve durata; a tale scopo, come usualmente richiesto per interventi della stessa tipologia, si richiede un monitoraggio ante, in corso e post operam del suddetto parametro".

In ottemperanza alla richiesta, sarà eseguito il monitoraggio suddetto, prima, durante e a fine lavori, con le procedure previste.

Si ritiene utile un richiamo sugli effetti che gli interventi di progetto avranno sulla costa in esame. La natura geologica e chimica delle colline la cui lenta erosione ha generato la Piana di Schiopparello e di Magazzini, unitamente alla loro dolce acclività, ha prodotto un terreno pianeggiante costituito soprattutto da

componenti molto fini, che quando entrano in contatto con l'acqua di mare o di pioggia si liberano, generando una notevole torbidità, anche in presenza di fenomeni non particolarmente energetici. Nelle foto che seguono si vede la matrice argillosa degli strati originari dei terreni, venuti allo scoperto sulle spiagge in oggetto a causa dell'accentuata erosione:



Fig. 8 – I substrati a matrice argillosa esposti dai fenomeni erosivi (a sin. affioramento presso il muro Foresi; a dex. la porzione del muro Foresi W subito prima del crollo del 2017, dove la sparizione di circa 1,20 m di spessore di spiaggia aveva lasciato scoperta non solo la fondazione, ma oltre mezzo metro di terra originaria su cui questa si appoggiava.



Fig. 9 - Il contatto col mare genera torbidità, anche in assenza di moto ondoso di una qualche rilevanza. Foto sinistra, parte destra, e foto a destra: la porzione ancora intatta del muro storico, a contatto con l'acqua, tende a sgretolarsi.

Gli interventi di ripascimento di progetto creano uno strato di ghiaietto fine o medio di diversi metri di larghezza e di circa un metro di spessore davanti e sopra a questi strati affioranti, che – oltre ad assorbire in modo morbido l'energia delle onde incidenti e a svolgere un'efficace protezione costiera – costituirà a tutti gli effetti un efficiente filtro contro la torbidità, per molti anni dopo gli interventi.

Durante l'esecuzione dei lavori, il ghiaietto, certificato lavato e quindi privo di parti fini, sarà posizionato per lo più sulla parte emersa della spiaggia, e solo una parte sarà spinta, da terra e gradualmente, sui primi metri della spiaggia erosa, ora sommersa. Un'eventuale torbidità avrà carattere marginale e di breve durata.

In conclusione, i lavori di ripascimento non produrranno che torbidità marginale e di breve durata durante l'esecuzione, e ne contrasteranno efficacemente e durevolmente la formazione dopo i lavori.



## D SETTORE TUTELA DELLA NATURA E DEL MARE

Il Settore Tutela della Natura e del Mare chiede al proponente di produrre “**un elaborato grafico che evidenzi in modo inequivocabile l’eventuale sovrapposizione delle opere di progetto nel tratto di costa Schiopparello Est con il perimetro del Sito di Interesse Regionale**”.

Tale elaborato è prodotto di seguito, ricavato dall’elaborato di progetto Fig. 6.16 su satellitare, cui si è sovrapposta la cartografia regionale relativa alla zona ex SIR, scaricata dal geoscopio della RT. Da esso si evince che, mentre la zona ex SIR delle Prade è situata ad Ovest del muro di sponda orientale della foce del fosso Fabbrello, *il micro-pennello a protezione del ripascimento della spiaggia ad Est della foce del fosso è radicato immediatamente ad Est del muro di sponda, pertanto **al di fuori della zona ex SIR***.

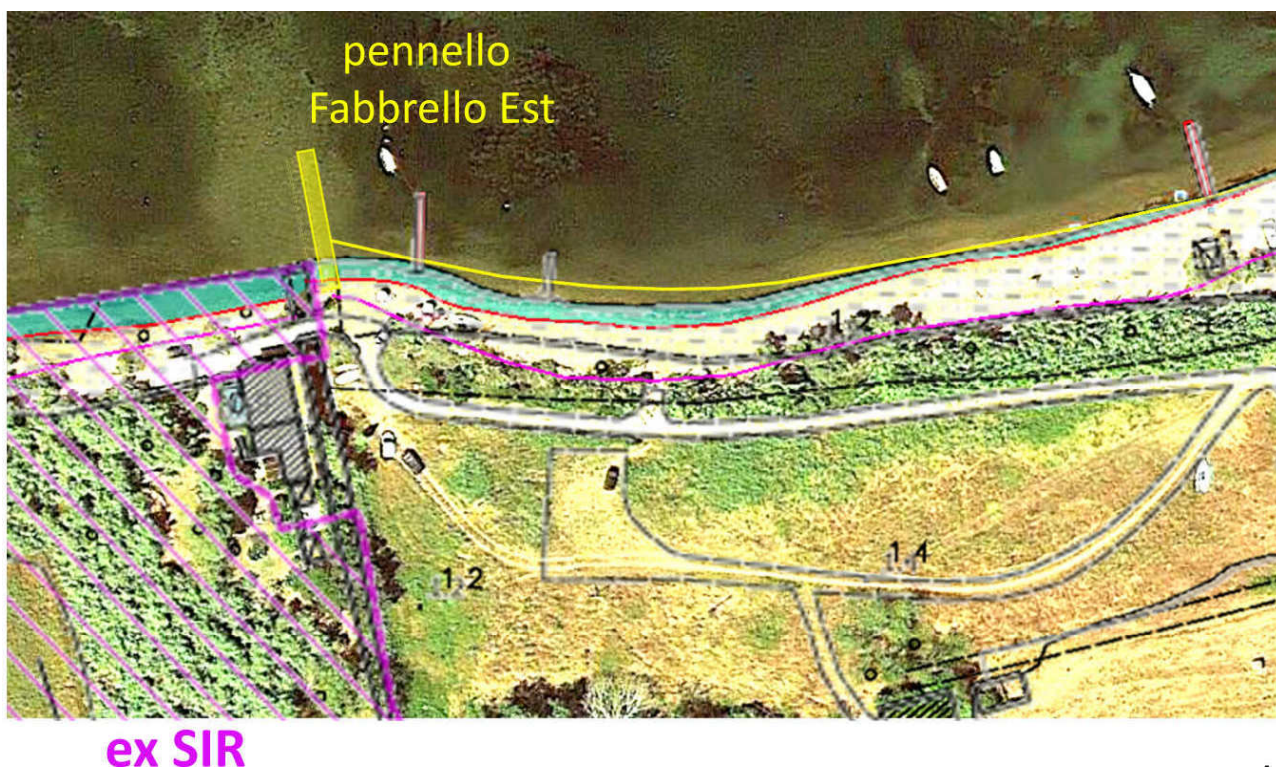


Fig. 10 – La sovrapposizione fra la tavola su satellitare degli interventi di progetto e la zona ex-SIR di Schiopparello mostra la netta separazione fra la SIR e le aree di intervento

## E SETTORE ATTIVITA' FAUNISTICO VENATORIA, PESCA DILETTANTISTICA, PESCA IN MARE

Si dà atto del parere favorevole.

## F SETTORE TUTELA, RIQUALIFICAZIONE E VALORIZZAZIONE DEL PAESAGGIO

La soluzione progettuale è coerente con la Disciplina dei Beni Paesaggistici, Elaborato 8B del PIT-PPR, e con le prescrizioni pertinenti della relativa Scheda della Disciplina, ai sensi di:

D.Lgs. 42/2004, art. 136: Immobili e aree di notevole interesse pubblico, DM 73/1953;



D.Lgs. 42/2004, art. 142, comma 1 lettera a): Territori costieri compresi nella fascia di 300 metri;

D.Lgs. 42/2004, art. 142, comma 1 lettera c): Fiumi, torrenti, corsi d'acqua iscritti negli elenchi previsti dal R.D. 11 dicembre 1933, n.1775;

D.Lgs. 42/2004, art. 142, comma 1 lettera g): Territori coperti da foreste e da boschi.

Inoltre, essa è coerente con gli elaborati dell'Integrazione del PIT con valenza di Piano paesaggistico approvato con D.C.R. n. 37 del 27/3/2015, Scheda d'ambito n. 16 – Colline Metallifere e Elba.

-----  
Sono inoltre presenti delle Conclusioni con prescrizioni, richiamate e commentate di seguito.

### **Conclusioni e richieste di chiarimento**

1) molo Magazzini Est, si ritiene che la sua presenza generi un cambiamento morfologico importante della linea di costa, confinando la parte dell'arenile compreso tra il nuovo molo e l'attuale porticciolo in una sorta di 'mare chiuso' (v. prescrizioni art. 142, c.1, lettera a) e DM73-1973), che risulterà ancora più accentuato dall'uso del nuovo pennello come nuovo punto di ormeggio, ampliando di fatto l'attuale approdo turistico ed aumentando l'artificialità dell'area. Si richiede pertanto di verificare la possibilità di una soluzione progettuale più coerente con le prescrizioni paesaggistiche sopra riportate

→ *In base a quanto già argomentato sopra e negli altri documenti di progetto, si deve riaffermare che un pontile galleggiante (genericamente indicato come "da privilegiare" dalla norma citata) non potrebbe impedire l'invasione dello specchio dell'approdo dai sedimenti di spiaggia e dalla Posidonia spiaggiata, non contrasterebbe i processi erosivi, non salvaguarderebbe la qualità delle acque di balneazione nella spiaggia balneabile adiacente, e quindi non potrebbe realizzare gli obiettivi del progetto. Esattamente al contrario del moletto proposto. Che, oltre alle suddette funzioni di progetto, consentirebbe anche l'accosto dei natanti (ma solo all'interno dell'approdo), peraltro funzione precipua del pontile galleggiante raccomandato dalla norma citata, che sembrerebbe suggerire che tale incremento fattuale della capacità dell'approdo rappresenterebbe una ricaduta positiva per l'economia turistica e per il diportismo nautico, come si ritiene sarebbe per Magazzini.*

La soluzione progettuale è pertanto l'unica a garantire la riqualificazione dell'approdo e, al contempo, di contrastare efficacemente l'erosione della spiaggia, l'intasamento dell'approdo, e di assicurare il miglioramento delle acque di balneazione.

*La preoccupazione che il mare all'interno dell'approdo, dopo la realizzazione del moletto, possa diventare più "chiuso", è comprensibile, ma i dati geometrici consentono di affermare che, se è vero che la bocca si restringerà di circa 23 m sui totali 86 m attuali, in realtà la sezione di apertura – quella attraverso la quale si esplica il passaggio dell'acqua da e per l'approdo – passerà dagli attuali circa 126 mq a circa 109 mq, in quanto il moletto interesserà la parte a profondità minore (da zero a circa -1,50 m), con una riduzione dell'apertura limitata a meno del 14%. Il ricambio idrico all'interno dell'approdo conserverà quindi la sua efficienza. Grazie anche all'apertura praticata dalla parte opposta rispetto al moletto, evidenziata dalla freccia gialla nella figura sottostante, alla radice della scogliera foranea, che specialmente in occasione delle mareggiate favorisce una notevole ingressione di acqua dall'esterno. Inoltre, la presenza del molo e la forte riduzione che ne consegue dell'ingresso della Posidonia spiaggiata, attualmente destinata alla putrefazione, diminuirà il volume del ricambio idrico necessario per il mantenimento di condizioni igienico-*

sanitarie adeguate alla presenza degli utenti dell'approdo, del ristorante e delle aree di svago che lo circondano, compensando ampiamente la suddetta riduzione della sezione di ricambio.

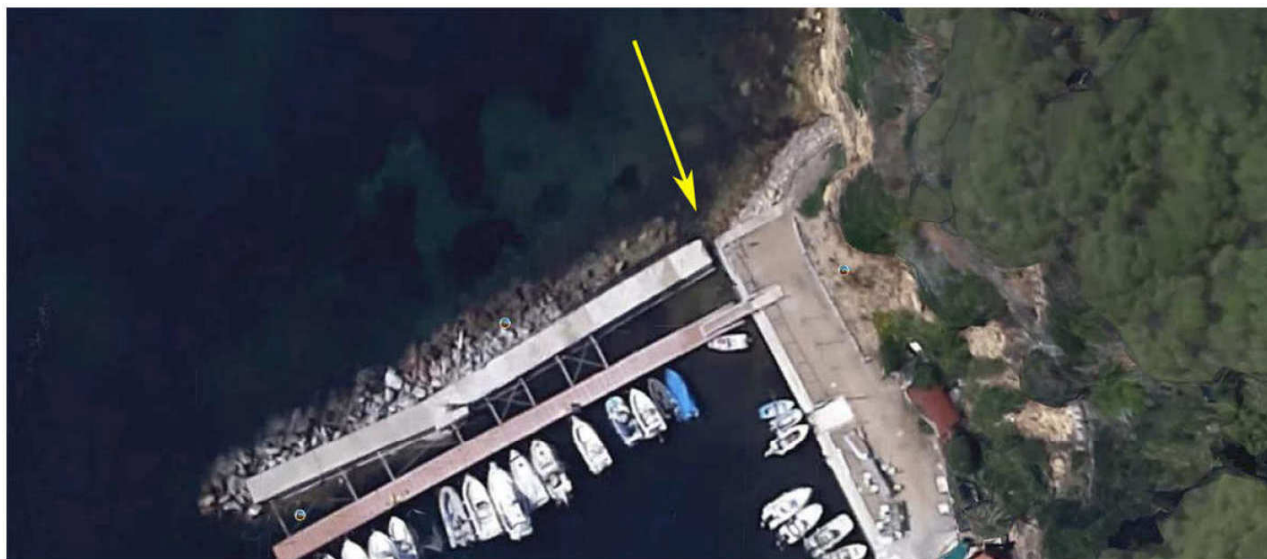


Fig. 11 - La bocca Nord dell'approdo per il ricambio idrico nello specchio acqueo

2) Inoltre, sulla base della documentazione depositata e dell'analisi del quadro prescrittivo, dallo studio delle caratteristiche del paesaggio d'ambito declinate dalle Invarianti strutturali, il presente progetto definitivo presenta alcuni aspetti che, al fine di una corretta valutazione andrebbero meglio supportate. A tal fine si chiede di chiarire, per la fase di cantiere, i percorsi e le aree di cantiere previste, il numero dei mezzi/giorno, dimensioni e caratteristiche dei mezzi.

→ *Tale approfondimento è stato eseguito, ed è allegato alla presente (v. Allegato 2).*

3) Si chiede inoltre di predisporre un Piano di monitoraggio per la verifica dell'effettivo progressivo apporto naturale di sabbia, che il progetto prefigura come stato finale dell'intervento

→ *Tale Piano è stato predisposto ed è allegato alla presente (v. Allegato 3), con la precisazione che il Progetto considera probabile il ritorno di sabbia verso riva dai fondali antistanti, essendo tale ritorno già stato promosso e realizzato a Viticcio e in molti altri siti (v. il caso della spiaggia di Carchuna in Spagna, già citato nella Relazione del Progetto Definitivo – Cap. 6, pag. 55), ma non afferma che tale ritorno rappresenterà lo stato finale dell'intervento, essendo la presenza di sabbia sui fondali antistanti ai siti in oggetto molto inferiore a quella sui fondali antistanti alla spiaggia di Viticcio, e le condizioni idrodinamiche molto differenti. Il monitoraggio in corso e post operam, della morfologia e della qualità delle acque litoranee, sarà comunque utilissimo, e sarà senz'altro implementato.*

## G SETTORE VALUTAZIONE IMPATTO AMBIENTALE

Si riporta un estratto della comunicazione del Settore VIA al Comune di Portoferraio in merito alla procedura in oggetto, con l'elenco delle richieste di precisazioni/integrazioni, al cui interno sono inserite le risposte fornite.

(..) in relazione all'esame della documentazione presentata dal proponente e dei contributi tecnici pervenuti dai Soggetti competenti in materia ambientale, è emersa la necessità, al fine di rendere possibile

la complessiva valutazione del progetto, che gli elaborati presentati a corredo della domanda di avvio del procedimento in oggetto siano completati ed integrati, ai sensi dell'art. 19, comma 6, del D.Lgs 152/2006 e dell'art. 48 della L.R. 10/2010, relativamente a quanto di seguito riportato, con riferimento al livello preliminare della progettazione:

1. si chiede al proponente di dare risposta a quanto evidenziato da Arpat nel proprio contributo, pubblicato sul sito web della Regione Toscana (Prot. 0296696 del 01/09/2020), relativamente alle matrici ambientali di competenza dell'Agenzia;

→ fatto, v. sopra, punto C, commi 1,2,3,4,5

2. si chiede al proponente di dare risposta a quanto evidenziato dal Settore Tutela della Natura e del Mare nel proprio contributo di competenza del 03/09/2020 (Prot. 0300185), pubblicato sul sito web della Regione Toscana, con riferimento al Sito di interesse regionale presente;

→ fatto, v. sopra punto D

3. si chiede al proponente di dare risposta a quanto evidenziato dal Settore regionale competente in materia di paesaggio nel proprio contributo di competenza del 09/09/2020 (Prot. 0306876), pubblicato sul sito web della Regione Toscana, per quanto riguarda il Piano paesaggistico regionale e la tutela del paesaggio;

→ fatto, v. sopra punto F, e sotto Allegato 2 e Allegato 3

4. dal punto di vista progettuale si chiede inoltre:

studi o valutazioni che hanno condotto alle scelte progettuali (ripascimento con ghiaio di due granulometrie, 9 pennelli in massi di prima e seconda categoria, un molo di sottoflutto in palancole);

→ Occorre in via preliminare precisare: a) che i nuovi pennelli in massi sono solo 4, di lunghezza variabile fra 15 e 25 m, per una lunghezza totale di 76 m, di cui oltre la metà, a lavori finiti, sarà conglobata nella spiaggia emersa ripristinata alla morfologia di qualche decennio addietro; che altri due pennelli sono già esistenti, e saranno solo adeguati; b) che delle 3 barriere radenti a protezione dei muri storici di Magazzini, Schiopparello e San Marco, 2 sono già esistenti, e saranno solo adeguate, mentre la terza, nuova, è estremamente modesta (sezione 1,5 mq), servirà solo in caso di agitazioni marine di estrema violenza, e sarà completamente inglobata nella spiaggia ripristinata; c) che la funzione principale del pennello di separazione della spiaggia dall'approdo nautico di Magazzini è di protezione costiera, in quanto la sua assenza è causa continua di erosione della spiaggia e di instabilità della costa. La sua posizione, all'estremo Est della spiaggia effettivamente utilizzabile per la balneazione, gli conferisce anche la funzione, secondaria, di moletto di sottoflutto dell'approdo nautico.

Riguardo agli studi, valutazioni, motivazioni ed esperienze che hanno condotto alle scelte progettuali, si prega di fare riferimento, oltre a quanto già contenuto ed argomentato nella Relazione Tecnica del Progetto Definitivo e allegati, anche a quanto precisato sopra:

a) per la scelta del ghiaietto come materiale di ripascimento: al punto C, comma 2;

b) per la necessità di proteggere i ripascimenti con modesti (grazie all'uso della ghiaia, diverso sarebbe stato se si fosse optato per la sabbia) pennelli di protezione laterale in massi naturali: al punto C, comma 3;

c) per la scelta del palancole metallico per il pennello di separazione delle funzioni di protezione costiera e balneazione (spiaggia) da quella di servizio al diportismo nautico (approdo): al punto C, comma 1, e al punto F, Conclusioni, comma 1

quantificazione dei materiali necessari alla realizzazione degli interventi, per ogni tipologia;

→ Gli inerti da utilizzare come precisato sopra saranno ripartiti indicativamente come segue:

1) dei circa 7.526 mc di ghiaietto per i ripascimenti, circa il 66% sarà della classe fine di fiume (3-12mm), circa il 17% della classe media di fiume (12-20mm), circa il 10% sarà di provenienza locale (dalla spiaggia parassita nell'area nautica), circa il 7% sarà di cava fine (8-12 mm);

2) dei circa 1.566 mc di inerti per i pennelli e le scogliere, circa il 32% saranno massi di 1<sup>a</sup> categoria, circa il 59% massi di 2<sup>a</sup> categoria, circa il 9% pietrischetto di cava (per i percorsi pedonali fra muri e scogliere radenti)

descrizione, a livello preliminare, della gestione ed operatività dei cantieri per la realizzazione degli interventi previsti; mezzi meccanici utilizzati; → v. sopra punto F, comma 2, e sotto Allegato 2

possibili siti di cava che producono materiali idonei; → per i massi naturali e i pietrischi e ghiaietti di cava si ipotizza il ricorso a cave all'Elba; per il ghiaietto di ripascimento si sono ottenuti preventivi dalla Cava fluviale Villagrossi di Goito (MN) e dalla Cava fluviale ICC di Orvieto. V. anche par. 6.2.2 della Relazione Tecnica del Progetto Definitivo

stima del traffico indotto e viabilità interessata; presidi ambientali adottati; → v. sopra punto F, comma 2, e sotto Allegato 2 e Allegato 4

rappresentazione grafica quotata delle opere e degli interventi facenti parte del progetto: planimetria stato di fatto e stato modificato; sezioni; → v. Allegato 5

cronoprogramma dei lavori; periodo dell'anno in cui saranno realizzati; → v. Allegato 6

5. dal punto di vista ambientale si chiede inoltre:

biocenosi marine presenti nei tratti di costa interessati dagli interventi, impatti diretti sulle medesime dovuti alla posa delle opere rigide oppure a ricoprimento con ghiaino; → v. sopra punto C, comma 4 e sotto, Allegato 4

impatti indiretti dovuti alla torbidità indotta nelle acque marine ed alla rideposizione di sedimento in fase di realizzazione;

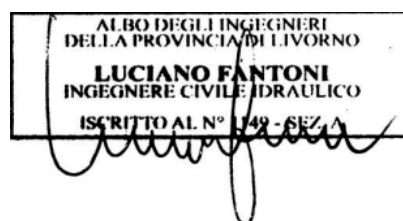
→ v. sopra punto C, comma 5

misure di monitoraggio in corso d'opera e misure di mitigazione previste.

→ v. sopra, punto C comma 5, e punto F, conclusioni, comma 3

Portoferraio, Settembre 2020

**Il Progettista: Ing. Luciano Fantoni**







## COMUNE DI PORTOFERRAIO

Provincia di Livorno

Sede Municipale Via Garibaldi - 57037 PORTOFERRAIO - Tel. 0565/937111 - Fax 916391 - Cod. fisc. 82001370491

Commissione comunale per il paesaggio ai sensi della art.153 della LRT n. 65/2014 e art. 146, 153 e 156 del D.lgs. n. 42/2004;

Seduta del 05 agosto 2020

Verbale n. 4

Presenti: Arch. R. Manetti Geom. A. Banfi Dr.ssa M. G. Battaglini

Presenta il progetto il redattore Ing. L. Fantoni

Oggetto Golfo di Portoferraio Interventi di contrasto dell'erosione costiera: Magazzini – Schiopparello est – San Giovanni / San Marco

Parere favorevole con prescrizioni:

- 1) Che per le zone balneari si impieghi materiale inerte di granulometria non superiore a mm.15,00 e non inferiore a mm. 5,00 , stonato proveniente da cava di fiume;
- 2) Che il materiale sia certificato dal produttore e privo di sedimenti fini;
- 3) Che ove possibile il ghiaio sia miscelato con i sedimenti recuperati all'interno della parte marittima dell'unità fisiografica;
- 4) Che la cromia e la composizione chimica dei materiali impiegati abbia tipologia compatibile con quella esistente nelle varie zone d'intervento;
- 5) Che relativamente al moletto della spiaggia di Magazzini siano previste luci di segnalazione come disposto dal codice della navigazione;
- 6) Che per la zona di S. Marco e delle Grotte sia attivata una collaborazione archeologica durante l'esecuzione dei lavori;

Dr.ssa M.G. Battaglini.....

Arch. R. Manetti.....

Geom. A. Banfi .....