DISCIPLINARE DI INCARICO TRA AUTORITA' DI SISTEMA PORTUALE DEL MAR LIGURE OCCIDENTALE E INFRASTRUTTURE RECUPERO ENERGIA AGENZIA REGIONALE LIGURE - I.R.E. S.P.A. PER L'AFFIDAMENTO DI ATTIVITA' DI PROGETTAZIONE IN AMBITO MARITTIMO NEL COMUNE DI GENOVA (GE)

Attività:

P.3157 OPERE DI DIFESA DEL LITORALE DI VOLTRI NEL COMUNE DI GENOVA (GE)

Oggetto:

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO-ECONOMICA

Titolo:

# RELAZIONE GENERALE E TECNICA

Doc. n: I0128\ESE\PFTE\GNR\R002

Timbro e firma




Rel. n.

RG2

Firmato digitalmente da: Barbieri Flavio
Data: 19/03/2025 16:53:27

| Rev. | Data | Sez. | Pag. | Redatto | Controllato | Approvato | Descrizione |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 30/11/23 | 5 | 18 | AR | FB | SB | Per Emissione |
| | | | | | | | |

**Infrastrutture Recupero Energia Agenzia Regionale Ligure I.R.E. S.p.A.**
Società soggetta alla direzione ed al coordinamento di FI.L.S.E. S.p.A.
Capitale Sociale € 1.526.691,00 i.v. – R.E.A. n. 473022 – Cod. Fisc,.e P IVA 02264880994
info@ireliguria.it irespa@legalmail.it www.ireliguria.it

**Sede Legale**: Via Peschiera 16, 16122 Genova
**Uffici Genova**: Via XX Settembre 41
**Uffici Savona**: BIC - Incubatore di Savona Ex Palazzina OMSAV, Area Portuale, 17100 Savona

**DIVISIONE SANITÀ, TUTELA DEL TERRITORIO E PROGRAMMI DI INTERESSE STRATEGICO**
tel. +39 0108403252
infrastrutture@ireliguria.it

SOMMARIO


1 PREMESSA ..... 3
2 OBIETTIVI POSTI A BASE DELLA PROGETTAZIONE ..... 3
3 DESCRIZIONE DELLA SOLUZIONE PROGETTUALE ..... 7
3.1 Stato di fatto ..... 7
3.2 Breve descrizione del progetto ..... 7
3.3 Quadro normativo di riferimento ..... 7
3.4 Vincoli del progetto ..... 8
3.5 Esito delle indagini ..... 8
3.6 Rilievi topografici ..... 8
3.7 Analisi granulometriche ..... 9
3.8 Descrizione di dettaglio delle opere ..... 10
3.9 Dimensionamento dei massi ..... 12
3.9.1 Altezza d'onda di progetto ..... 12
3.9.2 Dimensionamento degli isolotti ..... 13
3.10 Disponibilità delle aree ..... 16
3.11 Risoluzione delle interferenze ..... 16
3.12 Attivita' di monitoraggio e controllo ..... 17
4 CANTIERIZZAZIONE E TEMPI DI INTERVENTO ..... 17
4.1 Aree di cantiere ..... 17
4.2 Cronoprogramma ..... 17
5 ASPETTI ECONOMICI FINANZIARI ..... 18


ALLEGATO: "*Studio meteomarino e di dinamica costiera finalizzato alla realizzazione di Opere di protezione della costa del litorale di Voltri*" (DHI, giugno 2023)

# 1 PREMESSA

Il presente documento rappresenta la Relazione Generale del Progetto di Fattibilità Tecnico Economica "P.3157 Opere di difesa del litorale di Voltri nel Comune di Genova (GE)".

Autorità di Sistema Portuale del Mar Ligure Occidentale ha commissionato a DHI S.r.l. lo Studio meteomarino e di dinamica costiera finalizzato alla realizzazione di Opere di protezione della costa del litorale di Voltri e parallelamente ha affidato ad IRE la redazione della Progettazione di Fattibilità Tecnica ed Economica, della soluzione ritenuta più idonea sulla base dell'esito di tale studio meteomarino. Lo studio è riportato in Allegato alla presente relazione.

In data 12 settembre 2023 AdSP ha trasmesso ad IRE i risultati conclusivi di tale studio, documento "Opere di protezione della costa del litorale di Voltri – Studio meteomarino e di dinamica costiera Relazione tecnica" del 30/06/2023 precisando che la soluzione ritenuta più idonea alla protezione del tratto costiero in esame è quella che prevede la realizzazione di due secche in massi naturali di forma circolare.

Il presente Progetto di Fattibilità Tecnica Economica sviluppa, pertanto, tale soluzione secondo le indicazioni contenute nella Sezione II dell'Allegato I.7 del D.Lgs. 36/2023.

Il progetto è stato redatto dal seguente team di progettazione:

- per IRE SpA:
  - ing. Simona Brun;
  - ing. Flavio Barbieri;
  - ing. Alessandra Rivara;
- soggetti incaricati da IRE:
  - Co.L.Mar s.r.l. (rilievo topografico e batimetrico).

La presente Relazione Generale e Tecnica descrive e riassume gli interventi previsti ed è articolata nel seguente modo:

- descrizione delle motivazioni dell'intervento e degli obiettivi posti a base della progettazione (Capitolo 2);
- descrizione della soluzione progettuale (Capitolo 3);
- descrizione della cantierizzazione e stima delle tempistiche di realizzazione degli interventi (Capitolo 4);
- aspetti economici e finanziari (Capitolo 5).

# 2 OBIETTIVI POSTI A BASE DELLA PROGETTAZIONE

Nel corso del 2021 il litorale di Voltri è stato interessato da un significativo intervento che ha previsto l'allungamento del pennello in destra idraulica ubicato alla foce del torrente Leira. Tale opera è stata concepita con la finalità di stabilizzare il tratto di spiaggia posto a ponente dello stesso, che evidenzia un arretramento progressivo e costante nell'attuale configurazione della spiaggia. Inoltre, il pennello ha l'obiettivo di mitigare la formazione della barra di foce del torrente, che in determinate condizioni può costituire un ostacolo al regolare deflusso idraulico.




**Figura 2.1:Litorale di Voltri**

Nell'ambito del Progetto Esecutivo per il "Secondo lotto dei lavori relativi alla realizzazione della galleria scolmatrice del torrente Bisagno in Comune di Genova" (revisione 2, novembre 2018) è stato previsto il riutilizzo del materiale di smarino per interventi di ripascimento, sia strutturale che stagionale, in una serie di località liguri interessate da una evidente tendenza erosiva in atto, tra cui il litorale di Voltri.

Sulla base dei documenti progettuali resi disponibili, l'intervento di ripascimento previsto comporterà l'avanzamento della linea di riva della spiaggia da un minimo di 10-12 m (a ponente), fino ad un massimo di 40-45 m (a levante), come schematizzato in Figura 2.2.




**Figura 2.2:Intervento di ripascimento previsto dal Comune di Genova**

Lo studio commissionato da AdSP a DHI ha avuto l'obiettivo di verificare l'eventuale necessità di ulteriori interventi di stabilizzazione del previsto ripascimento, con particolare riferimento al tratto di spiaggia posto più a ponente, verso la foce del torrente Cerusa. A ponente, infatti, gli apporti di materiale del torrente Cerusa, discontinui ed irregolari, non risultano in grado di

garantire, nel tratto immediatamente a levante della foce, il mantenimento di un arenile di ampiezza sufficiente ad attenuare l'energia incidente del moto ondoso, tanto che nei primi anni 2000 si è resa necessaria la realizzazione di una scogliera in massi, della lunghezza di circa 150 m, a protezione delle infrastrutture di retrospiaggia (Figura 2.3).




**Figura 2.3:Scogliera realizzata a levante della foce del torrente Cerusa**

Inoltre, per effetto del trasporto sedimentario lungo-costa, qui diretto da ponente verso levante, i ripascimenti naturali o artificiali di questo tratto di arenile presentano una durata assai limitata nel tempo in quanto gli effetti stabilizzatori del pennello posto in sponda destra della foce del torrente Leira iniziano ad essere significativi solo alcune centinaia di metri più a levante della foce del torrente Cerusa, laddove la linea di riva cambia orientazione.

Con l'intento, quindi, di massimizzare la durata del ripascimento strutturale previsto, lo studio di DHI ha inizialmente identificato tre distinte configurazioni:

- configurazione 1: un pennello in massi semi-emerso radicato alla spiaggia;
- configurazione 2: un isolotto stabilizzatore realizzato in corrispondenza della linea di riva post-ripascimento;
- configurazione 3: una secca in massi distaccata.

La modellazione bidimensionale di dettaglio dell'onda e della corrente nelle varie configurazioni alternative ha evidenziato che la seconda soluzione, ovvero l'isolotto stabilizzatore, è quella che garantisce un adeguato bypass delle correnti longshore e del conseguente trasporto litoraneo, senza determinare l'insorgenza di correnti di rip o di locali accelerazioni dei flussi. Sulla base della modellazione dell'evoluzione della linea di riva, tale soluzione è risultata poi efficace nella stabilizzazione dell'arenile per alcune centinaia di metri a ponente dell'opera rispetto alla configurazione in assenza dell'isolotto.

Alla luce dei risultati ottenuti per le tre alternative progettuali proposte, DHI ha proceduto con la verifica dell'efficacia di un ulteriore schema di intervento, finalizzata a valutare il potenziamento della difesa del tratto di costa più prossimo alla foce del Cerusa.

In considerazione del benefico effetto locale dell'isolotto stabilizzatore, la nuova configurazione studiata prevede un ulteriore isolotto posto 130 m più a ponente, nella porzione di litorale con evidenza di criticità.

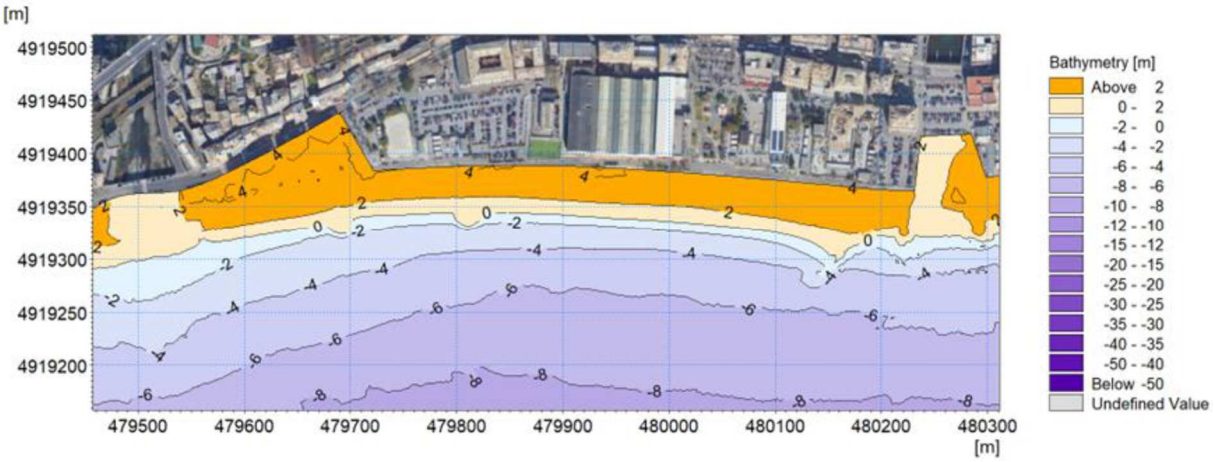



**Figura 2.4: Dettaglio del nuovo schema di intervento selezionato, con evidenza della posizione dei due isolotti stabilizzatori**

La verifica di tale configurazione, sia in termini di effetti previsti sulle dinamiche costiere (onda e corrente), sia in riferimento all'evoluzione della linea di riva nel tempo, permette di valutare l'opportunità di procedere con tale schema d'intervento a protezione della porzione di estremo ponente del litorale di Voltri.

# 3 DESCRIZIONE DELLA SOLUZIONE PROGETTUALE

## 3.1 STATO DI FATTO

Nella Tavola G1 – Corografia è riportato l'inquadramento cartografico su Carta Tecnica Regionale in scala 1:5.000, di cui si riporta uno stralcio in Figura 3.1, con cerchiata in rosso la zona di interesse.

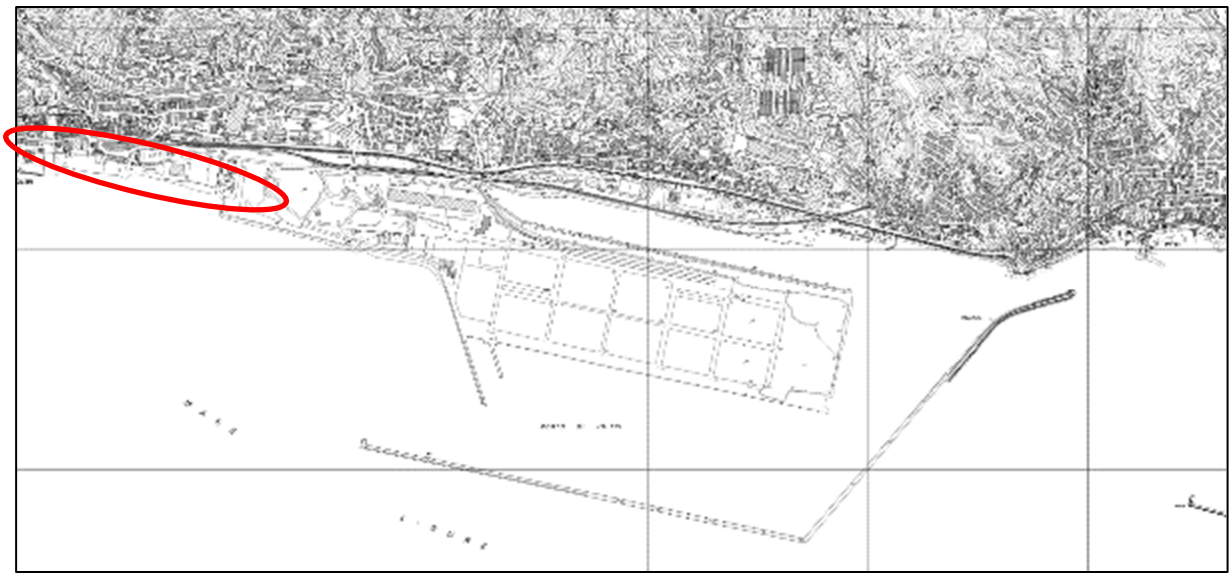


**Figura 3.1: Area di intervento – Carta Tecnica Regionale (estratto)**

Un compendio fotografico dello stato di fatto è visibile nella "Documentazione Fotografica" (I0128\ESE\PFTE\GNR\R004).

## 3.2 BREVE DESCRIZIONE DEL PROGETTO

L'intervento proposto prevede la realizzazione di due secche in massi naturali di forma circolare, con diametro di circa 20 m e quota sommitale di 1.5 m, completamente emerse e centrate sulla linea di riva post-ripascimento.

## 3.3 QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO

La principale normativa di riferimento è costituita dal Regolamento nr. 3 del 18 giugno 2007 (modificato dal RR nr. 4 del 7 dicembre 2017 e seguenti), recante norme per il rilascio dell'autorizzazione all'immersione in mare di materiali ed attività di posa in mare di cavi e condotte ai sensi dell'articolo 109 del decreto legislativo 3 aprile 2006, n.152 (norme in materia ambientale).

Il regolamento definisce la disciplina del procedimento relativo al rilascio, da parte della Regione, dell'autorizzazione per l'immersione in mare di inerti, materiali geologici inorganici e manufatti al solo fine di utilizzo, ove ne sia dimostrata la compatibilità e l'innocuità ambientale.

Si segnala che nell'area di intervento non sono presenti habitat sensibili, come riportato nello Studio di Prefattibilità Ambientale.

## 3.4 VINCOLI DEL PROGETTO

L'opera ricade nell'applicazione dell'art. 19 del D.Lgs. 152/06 in quanto inquadrabile nelle previsioni di cui all'allegato IV alla parte seconda del D.Lgs. 152/06, punto 7 lettera n) "Opere costiere destinate a combattere l'erosione e lavori marittimi volti a modificare la costa, mediante la costruzione di dighe, moli ed altri lavori di difesa del mare".

Si evidenzia, inoltre, che l'opera altera il paesaggio costiero in quanto l'isolotto stabilizzatore risulta emerso, con quota di sommità pari a +1,5 m s.l.m.

Per la situazione vincolistica e l'inserimento urbanistico dell'intervento si rimanda allo Studio Preliminare Ambientale (I0128\ESE\PFTE\AMB\R001).

## 3.5 ESITO DELLE INDAGINI

Nei seguenti paragrafi si descrivono lo stato di fatto delle aree interessate all'intervento e gli esiti delle indagini finalizzate a caratterizzarlo sotto tutti gli aspetti necessari allo sviluppo della progettazione.

La verifica preventiva di interesse archeologico non è stata considerata rilevante per la progettazione, data la tipologia delle opere che non prevede scavi.

## 3.6 RILIEVI TOPOGRAFICI

Al fine della definizione dello stato di fatto del fondale nel Luglio 2022 è stato eseguito il rilievo topo-batimetrico sia della parte emersa che sommersa della spiaggia, da cui sono state ricavate le linee batimetriche del fondale le geometrie delle aree retrostanti.

Tale modello è stato realizzato per lo studio meteomarino da parte di DHI.

L'area d'indagine ha compreso il litorale di Genova Voltri, tra la foce del torrente Cerusa e la scogliera del VTE (terminal PSA Genova Prà S.p.A.) inclusa, per una estensione pari a circa 1 $km^{2\ fra}$ parte emersa e sommersa.




**Figura 3.2: Area interessata dal rilievo topo-batimetrico**

Il rilievo batimetrico, eseguito dalla ditta CO.L.MAR., è stato utilizzato con un ecoscandaglio multibeam opportunamente calibrato, navigando lungo linee parallele alla riva, a distanza crescente e sempre nello stesso verso.

Per il rilievo topografico a terra è stato eseguito un rilievo integrato GPS RTK e laser scanner terrestre, comprendente l'acquisizione di informazioni puntuali, geo-riferite con precisioni centimetriche (chiusini di reti di sottoservizi, punti celerimetrici, punti di appoggio per le scansioni laser scanner) e scansioni laser per la più completa descrizione dell'area. La topografia è stata completata dal rilievo in pianta di: manufatti, viabilità presente, tombini e caditoie, sottoservizi presenti lungo i marciapiedi, carreggiata e aiuole spartitraffico presenti nell'area del rilievo.

## 3.7 ANALISI GRANULOMETRICHE

Per la caratterizzazione sedimentologica del sito è stata predisposta, nel Luglio 2022, una campagna di 16 campionamenti, di cui 4 su spiaggia emersa, a quota di 1 m, e 12 su spiaggia sommersa, a profondità di 1/ 3/ 7 m.

Nella seguente figura sono riportati i quattro transetti lungo i quali sono stati prelevati i campioni

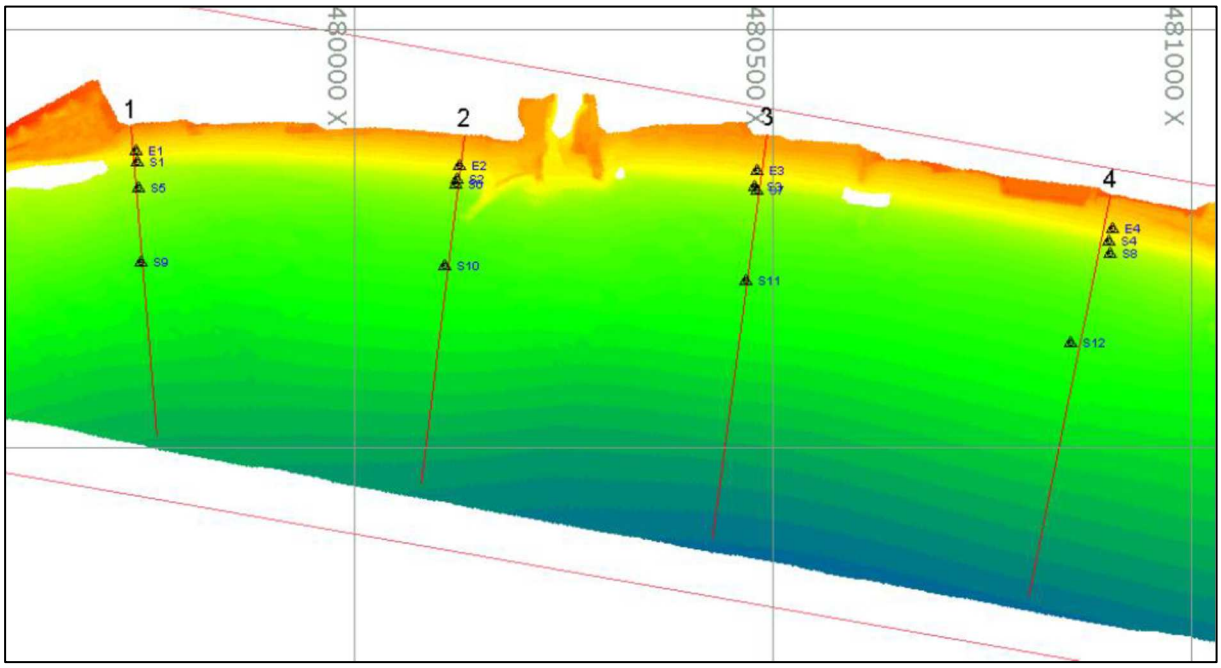



**Figura 3.3: Posizione dei transetti e dei punti di campionamento**

Dalle analisi granulometriche svolte presso il Laboratorio di sedimentologia marina del Dipartimento di Scienze della Terra, dell'Ambiente e della Vita (DISTAV) all'Università di Genova emerge una composizione prevalentemente ghiaiosa per la porzione di spiaggia emersa (E1-E2-E3-E4), mentre la sabbia è prevalente nei campioni prelevati a 3m di profondità (S5-S6-S7-S8).

I dati granulometrici sono stati utilizzati da DHI nei modelli di trasporto litoraneo.

## 3.8 DESCRIZIONE DI DETTAGLIO DELLE OPERE

In accordo con lo studio meteomarino, le due secche in massi naturali di forma circolare avranno diametro della porzione emersa di circa 20 m e quota sommitale di 1.5 m s.l.m. e saranno centrate sulla linea di riva post-ripascimento.

La posizione delle due secche è riportata in Tavola G5 Stato di Progetto – Planimetria, al momento la linea di riva assunta è quella derivante dal Progetto Esecutivo per il "Secondo lotto dei lavori relativi alla realizzazione della galleria scolmatrice del torrente Bisagno in Comune di Genova" (revisione 3, novembre 2019), in sede di Progettazione Esecutiva dovranno essere acquisiti eventuali nuovi elementi in merito alle attività di produzione dello smarino in modo tale da verificare la corretta distanza da riva, tale da far risultare gli isolotti centrati sulla effettiva configurazione post ripascimento.

Nella planimetria di riferimento è stato convenzionalmente assegnato il numero 1 all'isolotto di levante ed il numero 2 all'isolotto di ponente.

Le dimensioni volumetriche dei due isolotti sono dipendenti dalla quota della spiaggia sommersa, la quota del fondo in corrispondenza dell'isolotto 1 è pari a circa – 3 m , mentre in corrispondenza dell'isolotto due il fondale risulta meno profondo con una quota pari a circa -1,2 m.

L'isolotto 1 sarà realizzato formando un nucleo centrale in massi di I categoria ed una mantellata costituita da massi naturali di III categoria (3001÷7000 kg) con peso medio pari a 5,5 t, corrispondente a un DN50 di 1,25 m, di spessore pari ad almeno due volte il DN50 fronte mare. Sul lato spiaggia è prevista una modesta movimentazione dei sedimenti al fine di garantire sempre uno spessore pari ad almeno una volta il DN50.

Al fine di prevenire fenomeni di sprofondamento dei massi è previsto un imbasamento in massi di I categoria (50÷1000 kg) dello spessore di 60 cm.

L'isolotto 2 sarà realizzato analogamente, ma avendo un volume minore non si prevede la formazione del nucleo centrale in massi di prima categoria.

Considerando le geometrie del fondale ed una scarpa con pendenza 3/2 sono stati calcolati i volumi teorici dei due isolotti pari a:

| MASSI | POSIZIONE | ISOLOTTO 1 | ISOLOTTO 2 |
|---|---|---|---|
| I CAT. (50÷1000 kg) | Basamento | 550 mc | 400 mc |
| | Nucleo | 250 mc | 0 mc |
| III CAT. (3÷7 t) | Mantellata | 1.400 mc | 800 mc |

**Tabella 3.1: Volumi**

Per il calcolo del peso dei massi è stata considerata una porosità d'insieme delle scogliere pari al 30%.

In analogia con quanto già previsto in merito al pennello posto in posta destra del Torrente Leira, il materiale lapideo utilizzato per la mantellata esterna avrà caratteristiche cromatiche simili a quello prevalente nella zona, in particolare sarà prescritto l'utilizzo di metagabbri, gneiss o calcescisti.

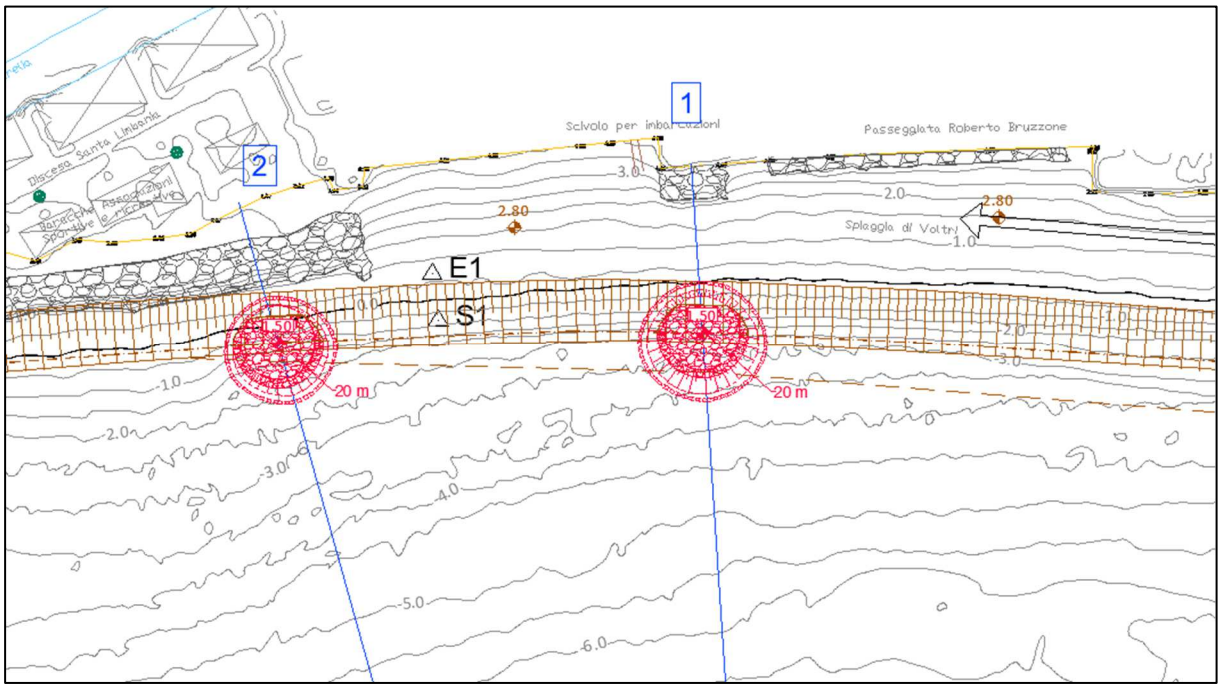



**Figura 3.4: Isolotti di progetto**

## 3.9 DIMENSIONAMENTO DEI MASSI

### 3.9.1 ALTEZZA D'ONDA DI PROGETTO

Per la determinazione dell'altezza d'onda di progetto, dal momento che le opere ricadono oltre la linea dei frangenti, è stata cautelativamente utilizzata l'altezza d'onda frangente calcolata con la formula di Kamphuis:

$$H_{sf} = 0.56 * \exp(3.5 * s_b) * h$$

dove:

- $s_b$ è la pendenza del fondo;
- h è la profondità di imposta dell'opera.

Per tenere conto degli effetti combinati di marea e sovralzo di tempesta, è stato considerato un sovralzo di progetto di +0.50 m.

$$H_s = H_{sf} + 0.50$$

| ISOLOTTO | sb | h | Hsf | Sovralzo | $H_s$ |
|---|---|---|---|---|---|
| | (-) | (m) | (m) | (m) | (m) |
| 1 | 0.043 | 3.58 | 2.33 | +0.50 | 2.83 |
| 2 | 0.050 | 2.18 | 1.45 | +0.50 | 1.95 |

**Tabella 3.2: Altezza d'onda di progetto**

Per il dimensionamento delle opere è stato utilizzato il valore di altezza d'onda maggiore, pari a 2,83 m.

### 3.9.2 DIMENSIONAMENTO DEGLI ISOLOTTI

Per il dimensionamento delle opere si è fatto riferimento alle "*Istruzioni tecniche per la progettazione delle dighe marittime*" del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

Nel dimensionamento generalmente si accettano danni non trascurabili in corrispondenza di eventi ondosi relativamente frequenti rispetto alla vita utile dell'opera, per cui si sono sviluppati metodi di verifica che consentano la quantificazione della probabilità di danneggiamento delle opere stesse.

Le opere a progetto sono state dimensionate con la formula di Hudson, valida per onde regolari e condizioni di danno comprese tra 0 e 5% (rapporto tra il volume di massi spostati e il volume totale della mantellata), indipendente dal periodo del moto ondoso.

La formula consente di determinare la massa (M) dell'elemento della mantellata:

$$M = \frac{\rho_s * H_s^3}{K_D * \Delta^3 * cotg\delta}$$

dove:

- $\rho_s$ è la densità del materiale
- $H_s$ è l'altezza d'onda significativa di progetto
- $K_D$ è un coefficiente di danneggiamento, variabile a seconda del tipo di elemento e di incidenza delle onde (Tabella 3.5)
- $\Delta$ è la densità relativa tra il materiale lapideo ($\rho_s$) e l'acqua ($\rho_w$)

$$\Delta = \frac{\rho_s - \rho_w}{\rho_w}$$

- $\delta$ è l'angolo formato dalla scarpata con l'orizzontale.

Dalla massa dell'elemento si ricava quindi il diametro medio $D_{N50}$:

$$D_{N50} = \sqrt[3]{\frac{M}{\rho_s}}$$

Dal punto di vista del comportamento della mantellata sotto l'azione del moto ondoso, le opere a gettata in generale possono essere classificate in base al parametro di stabilità di Hudson:

$$N_s = \frac{H_s}{\Delta * D_N}$$

Per ogni tipologia la stabilità statica dell'opera corrisponde ad un determinato intervallo di valori di $N_s$ (Tabella 3.3).

| Tipologie di opere | Ns |
|---|---|
| Dighe a gettata | 1-3 |
| Frangiflutti a berma, dighe con mantellata a "S", opere che possono presentare spostamenti importanti e irreversibili degli elementi lapidei | 2-4 |
| Frangiflutti di massi naturali fortemente mobili | 4-20 |
| Spiagge di ghiaia | 15-500 |
| Spiagge di sabbia | >500 |

**Tabella 3.3: Parametro di stabilità opere a gettata**

Nel caso in esame si prevedono, per la parte di isolotto soggetta al moto ondoso incidente, 2 strati di mantellata in massi naturali a spigoli vivi disposti alla rinfusa con un angolo di 33,7° rispetto all'orizzontale, in condizioni di onda frangente. Si ottengono quindi massi del peso di circa 4,8 t (III categoria) e del diametro medio di circa 1,25 m.

| Hs (m) | ρs (kg/m3) | KD (-) | Δ (-) | cotgδ (-) | M (t) | DN (m) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 2.83 | 2600 | 2 | 1.6 | 1.50 | 4.8 | 1.23 |

**Tabella 3.4: Dimensionamento mantellata – Hudson**

Tali valori restituiscono un parametro di stabilità $N_s$ pari a 1,44 che risulta pertanto verificato.

Criterio di "non danneggiamento" con limitata tracimazione

| Elemento | n (3) | Posa in opera | Sezione corrente $K_D$ (2) | | Testata $K_D$ | | Scarpa |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Onda frangente | Onda non frangente | Onda frangente | Onda non frangente | Cot α |
| Masso naturale | | | | | | | |
| arrotondato | 2 | alla rinfusa | *1.2* | 2.4 | *1.1* | 1.9 | da 1.5 a 3.0 (5) |
| arrotondato | >3 | alla rinfusa (4) | *1.6* (1) | 3.2 | *1.4* (4) | *2.3* | |
| a spigoli vivi | 2 | alla rinfusa | 2.0 | 4.0 | *1.9*<br>*1.6*<br>1.3 | 3.2<br>2.8<br>2.3 | 1.5<br>2.0<br>3.0 |
| a spigoli vivi | >3 | alla rinfusa | *2.2* | *4.5* | *2.1* | *4.2* | (5) |
| a spigoli vivi | 2 | speciale (6) | 5.8 | 7.0 | *5.3* | 6.4 | (5) |
| Parallelepipedo (7) | 2 | speciale (6) | *7.0-20.0* | *8.5-24.0* | -- | -- | |
| Tetrapodo e Quadripodo | 2 | alla rinfusa | 7.0 | 8.0 | *5.0*<br>*4.5*<br>*3.5* | 6.0<br>5.5<br>4.0 | 1.5<br>2.0<br>3.0 |
| Tribar | 2 | alla rinfusa | *9.0* | 10.0 | *8.3*<br>*7.8*<br>6.0 | 9.0<br>8.5<br>6.5 | 1.5<br>2.0<br>3.0 |
| Dolos | 2 | alla rinfusa | 15.8 (8) | 31.8 (8) | *8.0*<br>7.0 | *16.0*<br>*14.0* | 2.0 (9)<br>3.0 |
| Cubo modificato | 2 | alla rinfusa | *6.5* | 7.5 | -- | *5.0* | (5) |
| Hexapod | 2 | alla rinfusa | *8.0* | 9.5 | *5.0* | *7.0* | (5) |
| Toskane | 2 | alla rinfusa | *11.0* | 22.0 | -- | -- | (5) |
| Masso naturale ($k_{RR}$) assortiti | - | alla rinfusa | 2.2 | 2.5 | -- | -- | |

(1) AVVERTENZA: i valori di $k_D$ scritti in *italico* non sono stati prodotti da apposite prove di laboratorio e, pertanto, sono riportati solo per consentire una progettazione preliminare dell'opera.
(2) Per pendenze comprese tra 1/1.5 a 1/5.
(3) n è il numero di elementi compresi nello spessore della mantellata (numero di strati).
(4) Non è consigliato l'uso di un singolo strato nelle mantellate di massi naturali sottoposte a onde frangenti. Nel caso di onde non frangenti, è ammissibile il singolo strato solo nel caso di una attenta posa in opera dei massi.
(5) Nelle more dell'acquisizione di più dettagliate informazioni sulla variazione del coefficiente $k_D$ con la pendenza, l'uso del $k_D$ dovrebbe essere limitato a pendenze comprese tra 1/1.5 a 1/3. Alcune prove su elementi di mantellata in testata mostrano una relazione funzionale tra $k_D$ e pendenza.
(6) Speciale posa in opera con l'asse maggiore del masso posto normalmente al piano della mantellata.
(7) Massi sagomati con forma parallelepipeda quando la maggiore dimensione lineare è circa 3 volte più grande della piccola (Markle e Davidson, 1979).
(8) I valori si riferiscono al criterio di "non danneggiamento" (spostamenti e oscillazioni dei massi < 5%); se non si tollera l'oscillazione dei dolos (<2%) occorre ridurre il $k_D$ del 50% (Zwamborn e Van Niekerk, 1982).
(9) La stabilità del dolos su pendenze superiori a 1/2 dovrebbe essere indagata con apposite prove su modello in funzione delle locali condizioni al contorno.

**Tabella 3.5: Coefficiente di danneggiamento KD**

## 3.10 DISPONIBILITÀ DELLE AREE

Le aree di progetto appartengono al Demanio marittimo e sono interamente comprese nella Particella 947 del Foglio 31 Sezione B del Catasto Terreni del Comune di Genova.

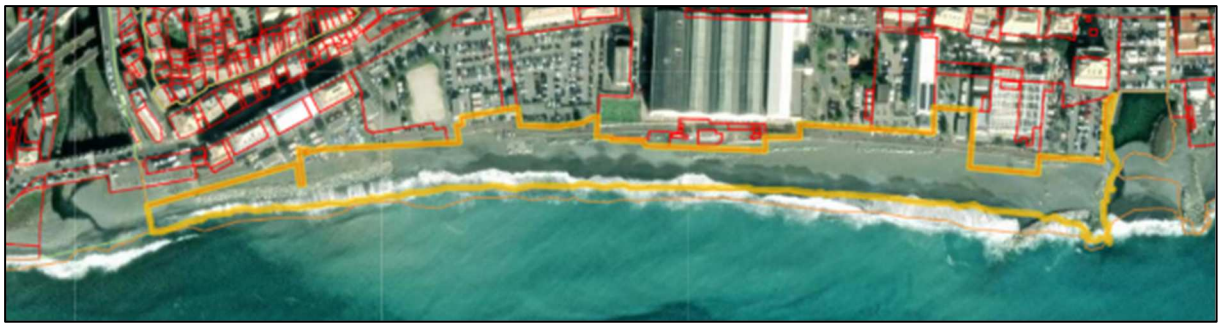


**Figura 3.5: Particella catastale (Cartografia Sigmater)**

## 3.11 RISOLUZIONE DELLE INTERFERENZE

Non sono state individuate opere a rete interferenti con le opere a progetto.

Si segnala che nel corso del rilievo batimetrico è stata riscontrata la presenza di due condotte a mare, situate all'estremo di ponente del litorale di Voltri, alla foce del Cerusa. Non è noto lo stato di funzionamento di tali condotte. La posizione non è, comunque, interferente con la realizzazione delle opere di progetto.

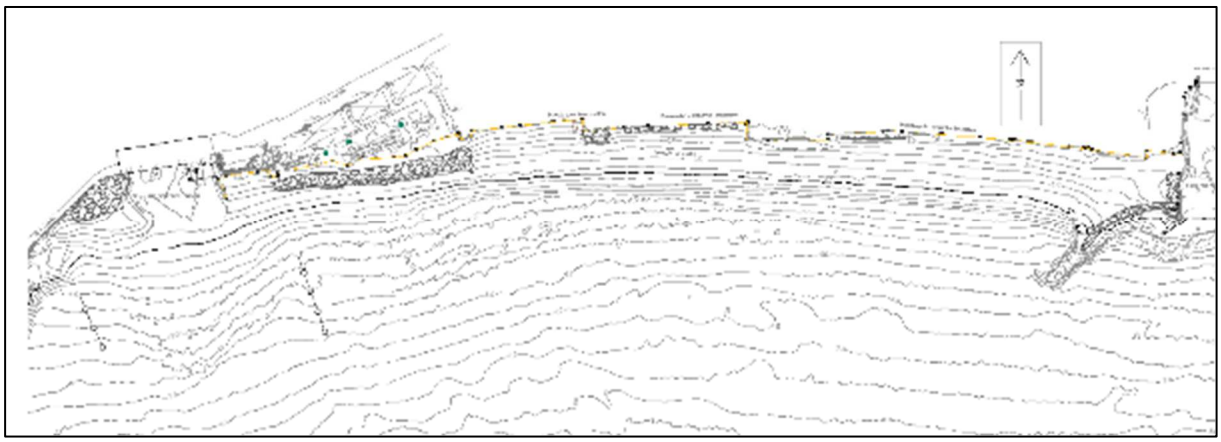


**Figura 3.6: Condotta a mare**

## 3.12 ATTIVITA' DI MONITORAGGIO E CONTROLLO

Al fine di garantire la minimizzazione dei potenziali impatti sull'ambiente marino è previsto il monitoraggio ambientale della torbidità e del contenuto di solidi sospesi nello specchio acqueo oggetto di intervento prima e durante i lavori, prevedendo:

- 1 campionamento nella settimana precedente la data di avvio dei lavori;
- 1 campionamento nella prima settimana di lavori;
- 1 campionamento a fine lavori per il monitoraggio post-operam.

Ad opere ultimate è previsto un rilievo morfo-batimetrico ad elevato dettaglio finalizzato a verificarne le corrette geometrie delle opere realizzate.

# 4 CANTIERIZZAZIONE E TEMPI DI INTERVENTO

## 4.1 AREE DI CANTIERE

Le aree di intervento insisteranno interamente sul littorale di Voltri, il materiale lapideo sarà approvvigionato via terra.

Il conferimento dei massi in spiaggia è previsto attraverso il varco carrabile presente in piazza Orazio Ferrari. Dal momento che tale varco è posto presso il torrente Leira e dista circa 500 m dall'area di realizzazione delle due secche, è previsto lo scarico dei massi nei pressi del varco carrabile ed il successivo carico su dumper o altro mezzo idoneo alla movimentazione del materiale su spiaggia. Altre modalità di movimentazione potranno essere proposte da parte dell'impresa aggiudicatrice e valutate da parte della Direzione Lavori, nel rispetto del prezzo a corpo contrattualizzato.

Si prevede la posa in opera dei massi mediante mezzi terrestri previa la realizzazione di apposite piste utilizzando il materiale lapideo di nuova fornitura, che sarà poi utilizzato per la realizzazione delle secche.

L'area di cantiere per i baraccamenti verrà ricavata nelle aree del parcheggio pubblico presso Via ai Cantieri, che sarà messa a diposizione dell'impresa prima dell'avvio dei lavori previa apposita ordinanza della polizia municipale.

## 4.2 CRONOPROGRAMMA

La stima delle tempistiche di intervento è basata sulla scorta di interventi similari svolti nell'ambito regionale ed aventi come oggetto la realizzazione mantellate o pennelli in massi naturali.

La durata complessiva del cantiere è stimata in 2,5 mesi.

| | ATTIVITA' | TEMPI STIMATI | MESE 1 | | | | MESE 2 | | | | MESE 3 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| | | sett | | | | | | | | | | | | |
| **1** | Allestimento area di cantiere | 1 s | | | | | | | | | | | | |
| **2** | Movimentazione massi lungo il litorale e realizzazione piste di cantiere | 8 s | | | | | | | | | | | | |
| **3** | Completamento isolotto 1 | 4 s | | | | | | | | | | | | |
| **4** | Completamento isolotto 2 | 4 s | | | | | | | | | | | | |
| **5** | Smantellamento aree di cantiere e ripristino aree | 1 s | | | | | | | | | | | | |
| | **TOTALE SETTIMANE DI LAVORAZIONE** | **10 sett** | | | | | | | | | | | | |

**Tabella 4.1: Cronoprogramma**

L'intervento sarà realizzato nel periodo non destinato alla balneazione (30 settembre - 1 maggio).

I rilievi e i monitoraggi, che hanno carattere puntuale e durata operativa molto limitata, si intendono compresi nelle tempistiche delle lavorazioni.

Si fa presente che il ripascimento previsto nell'ambito del Progetto Esecutivo per il "Secondo lotto dei lavori relativi alla realizzazione della galleria scolmatrice del torrente Bisagno in Comune di Genova" dovrà essere realizzato con tempistiche ravvicinate rispetto al termine dei lavori del presente progetto, per evitare l'instaurarsi di dinamiche costiere non contemplate a modello e potenzialmente dannose per la funzionalità delle opere realizzate.

# 5 ASPETTI ECONOMICI FINANZIARI

Per la redazione del computo metrico estimativo di progetto sono stati utilizzati i prezzi unitari del prezziario Regione Liguria anno 2023 (aggiornati con l'Errata Corrige del 20/04/2023 relativamente ai massi da scogliera), laddove necessario si sono utilizzati nuovi prezzi creati sulla base di analisi di mercato o di altri prezzari disponibili, riportati nell'apposita relazione.

Le lavorazioni sono state valutate a corpo.

Il costo totale delle opere ammonta a € 565.343,20, al netto di IVA, così articolati:

- 548.876,89 per lavori, di cui € 46.319,26 relativi alla manodopera;
- € 16.466,31 per oneri della sicurezza, stimati in percentuale sull'importo deli lavori.