Firmato digitalmente da:
Capannelli Gerardo
Firmato il 2025/05/14 17:29
Seriale Certificato: 3207156
Valido dal 18/01/2024 al 18/01/2027
InfoCamere Qualified Electronic Signature CA

COMMITTENTE:

RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA
GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

RETE FERROVIARIA ITALIANA S.p.A.
DIREZIONE STAZIONI-INGEGNERIA E INVESTIMENTI STAZIONI

PROGETTAZIONE:

FERRETTI PROGETTAZIONI SRL Piazza della Vittoria 12/22 - 16121 - Genova -
Tel. 010.9910827 Capitale sociale € 60.000,00 i.v. - cod. fisc. e partita i.v.a. 02466240997
-REA GE - 488370 ferretti.progettazioni@pec.it - email: info@ferrettiprogettazioni.it
NO/ APPALTATORE

SOGGETTO TECNICO:

RFI - DIREZIONE OPERATIVA INFRASTRUTTURE TERRITORIALE DI GENOVA
S.O. INGEGNERIA

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO - ECONOMICA

LINEA: GENOVA - LA SPEZIA

"Interventi di ripristino delle pile 2 e 3 e consolidamento della scarpata alla base della pila 4 del Viadotto Mulinetti al km 18+556 della linea Genova - La Spezia" -
Lotto 2: Consolidamento della scarpata alla base della Pila 4 con ripristino delle relative opere di protezione dall'erosione marina

ANALISI DELLE ALTERNATIVE PROGETTUALI

SCALA :

Foglio | | di |

PROGETTO/ANNO	SOTTOPR.	LIVELLO	NOME DOC.	PROGR.OP.	FASE FUNZ.	NUMERAZ.

Revis.	Descrizione	Progettista	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato	Data
A	Prima Emissione	Ing. B. Bellio	Gennaio 2025	Ing. C. Macrì	Gennaio 2025	Ing.G.Capannelli	Gennaio 2025		
B	Seconda Emissione	Ing. B. Bellio	Maggio 2025	Ing. C. Macrì	Maggio 2025	Ing.G.Capannelli	Maggio 2025		

ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI GENOVA
Dott. Ing.
GERARDO
CAPANNELLI
N°8573A

File: P067-24-P-RE-GEN-003-B

INDICE

1 PREMESSA 3
2 DESCRIZIONE DELLE AREE IN ESAME E DELL'INTERVENTO A PROGETTO4
4 IPOTESI DI INTERVENTO 7
5 CONFRONTO TRA LE SOLUZIONI PROPOSTE.....12

1 PREMESSA

La presente relazione riguarda l'analisi delle alternative progettuali e fa parte dei documenti relativi al progetto di fattibilità tecnico – economica degli interventi di difesa del Viadotto Mulinetti dall'azione del mare e si inserisce in un più ampio progetto che prevede anche il ripristino delle pile 2 e 3 ed il consolidamento della scarpata alla base della pila 4 del viadotto al Km 18 + 556 della linea Genova – La Spezia.

I lavori a progetto sono quindi suddivisi in due lotti distinti e consecutivi: il primo prevede interventi strutturali sul manufatto ferroviario mentre il secondo consiste nella realizzazione delle opere a mare.

La scelta di dare precedenza alle opere a terra è dettata dalla necessità di mettere innanzitutto in sicurezza la struttura stessa intervenendo direttamente sul manufatto, successivamente si prevede di realizzare le opere a mare con lo scopo mitigare l'impatto delle onde sul viadotto.

Negli ultimi anni si è assistito ad un progressivo aumento del numero di mareggiate che si verificano con maggiore frequenza e con maggiore intensità provocando danni sempre più ingenti alle opere poste lungo la costa.

Con riferimento a quanto sopra, e con un'ottica orientata a lungo termine, risulta di fondamentale importanza proteggere l'opera d'arte dall'azione del mare riducendo la probabilità che l'onda possa interessare le pile del viadotto.

L'intervento è tantopiù necessario alla luce della natura e della tipologia del viadotto con particolare riferimento all'importanza dello stesso sia da un punto di vista trasportistico (unica linea di collegamento costiero) sia da un punto di vista architettonico-monumentale (l'opera ha più di 70 anni e risulta quindi vincolata).

Il presente documento costituisce la revisione B del progetto, aggiornata a seguito delle richieste di integrazioni documentali inoltrate in data 18/02/2025 e 17/04/2025 dal Settore Valutazione Impatto Ambientale e Sviluppo Sostenibile della Regione Liguria.

In particolare, nella presente revisione è stata aggiunta una nuova soluzione progettuale che concilia le esigenze espresse dai vari uffici della Regione Liguria.

Nel presente documento vengono analizzate e confrontate le possibili soluzioni progettuali dal punto di vista tecnico, dei costi, dell'impatto paesaggistico e delle problematiche esecutive.

2 DESCRIZIONE DELLE AREE IN ESAME E DELL'INTERVENTO A PROGETTO

L'area interessata dalle opere a progetto è ubicata a Mulinetti, una frazione del Comune di Recco. Rispetto al capoluogo ligure, la frazione di trova a levante, al confine con la limitrofa Sori.



Figura 1 - Vista aerea dell'area in esame

La spiaggia di Mulinetti si trova in un'insenatura naturale caratterizzata dalla presenza di rocce a picco sia ad est che ad ovest e da un lembo di spiaggia costituita da ghiaia di lunghezza pari a circa 25 m e profondità pari a circa 20 m.

La parte sommersa è caratterizzata da un fondale roccioso sub – pianeggiante, in alcuni tratti ricoperto da sedimenti molto grossolani, che si estende dalla battigia fino a ad una distanza di oltre 100 m con profondità inferiori al metro nel primo tratto, e di circa 2 – 3 m nel settore più esterno. Tali rocce condizionano naturalmente le correnti marine, determinando un progressivo ritirarsi della spiaggia.

La parte superiore della spiaggia è attraversata longitudinalmente dal viadotto ferroviario e, proseguendo verso monte, è presente anche il ponte della Strada Statale 1; l'area compresa tra i due manufatti è occupata da un cantiere navale.

L'immagine successiva mostra la spiaggia di Mulinetti nel suo complesso, caratterizzata dalla presenza di un versante in roccia a ponente, da una scarpata in terreno e roccia a levante e dal viadotto ferroviario che l'attraversa longitudinalmente.

Entrambe le pile fondate su spiaggia non sono in alcun modo protette dall'azione erosiva del mare.



Figura 2 - Spiaggia di Mulinetti vista dal mare

La messa in sicurezza dell'attraversamento ferroviario dall'azione erosiva del mare avverrà mediante l'esecuzione di un ripascimento della spiaggia, di un livellamento del fondale e dalla realizzazione di un pennello.

Il ripascimento dell'arenile ha la finalità di produrre un avanzamento della linea di riva di almeno 30 m e di dissipare l'energia delle onde prima dell'impatto con le pile del viadotto.

Quest'ultimo avverrà in due fasi distinte, la prima prevede di posare della sabbia e ghiaia di granulometria pari a circa 30 mm direttamente in corrispondenza del viadotto, la seconda prevede di realizzare un riempimento in corrispondenza della linea di frangimento delle onde, in modo da avanzare la linea di riva verso mare.

In questo modo si anticiperà il frangimento delle onde verso il largo.

Durante i sopralluoghi e dal rilievo batimetrico è emerso come il fondale, in gran parte roccioso, presenti un'area a quota inferiore di circa 1 m rispetto alla zona circostante.

Si prevede quindi di livellare il fondale con dei massi di IV categoria.

Quest'ultimo intervento ha la finalità di anticipare ulteriormente il frangimento delle onde, di dissipare l'energia del moto ondoso, di limitare il flusso di ritorno e di limitare la dispersione trasversale di materiale.

Dalle simulazioni modellistiche del moto ondoso, è emerso come il tratto di costa in esame sia fortemente esposto alle mareggiate di libeccio che generano una corrente long-shore da ponente a levante e rip current con conseguente trasporto di materiale solido verso il largo.

Quest'ultimo fenomeno risulta amplificato dalla presenza di canaloni rocciosi sotto costa.

Per mitigare la dispersione del trasporto solido di prevede di realizzare un pennello in massi ciclopici con l'obiettivo di migliorare la resa in termini di protezione della costa.

In merito a quest'ultimo, nel capitolo successivo si riportano le quattro soluzioni progettuali considerate che differiscono per geometria e ubicazione.

4 IPOTESI DI INTERVENTO

Di seguito si riporta una breve descrizione delle cinque soluzioni di progetto che verranno poi confrontate nel capitolo successivo.

La prima ipotesi prevede la realizzazione di un pennello a levante della spiaggia di Mulinetti.

Il manufatto è caratterizzato da una lunghezza complessiva pari a circa 60 m, altezza fuori acqua costante e pari a + 1.25 m s.l.m., larghezza in testa pari a 7 m e pendenza della mantellata pari a 2:1.

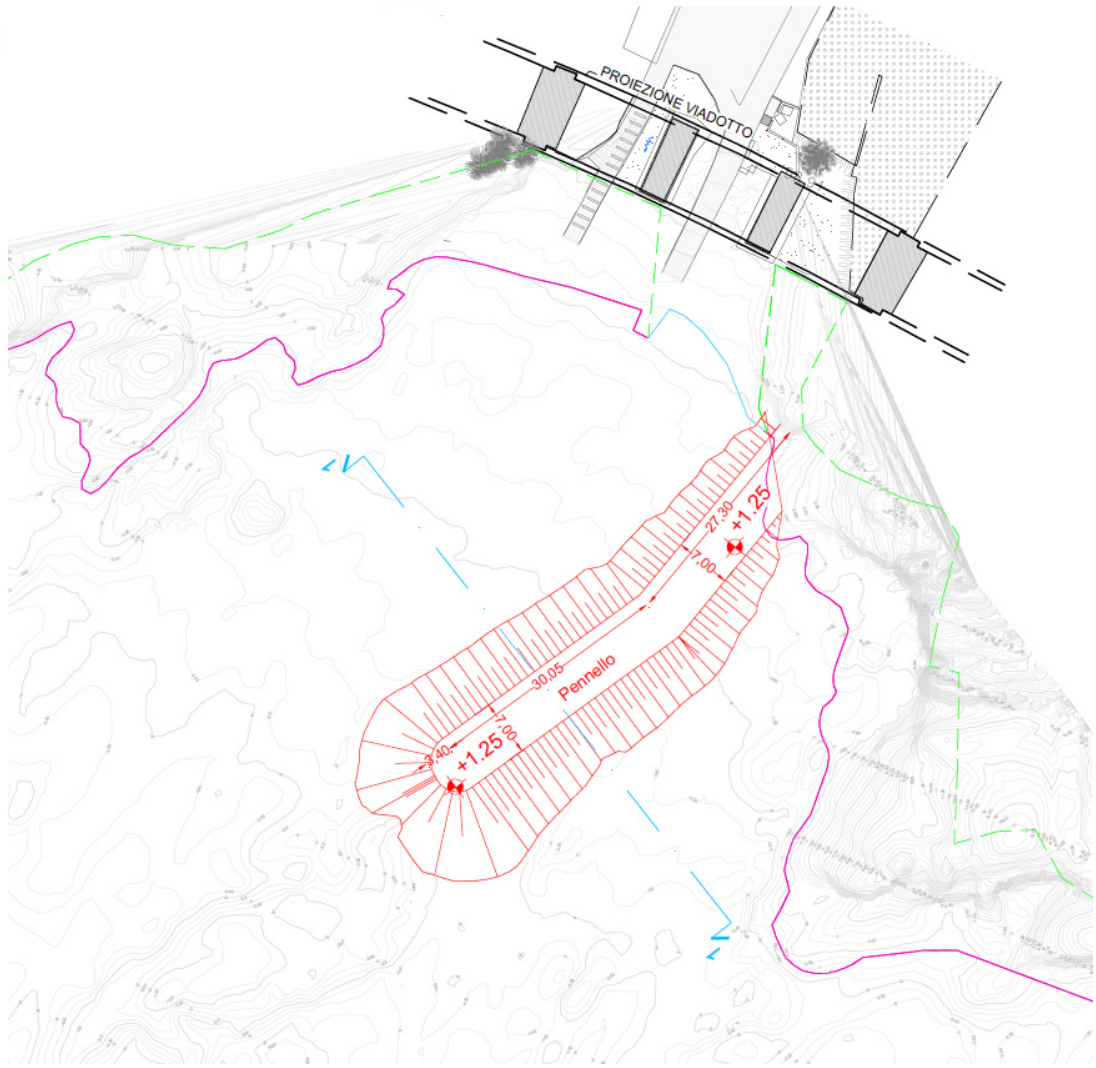


Figura 3 - Ipotesi 1

La seconda ipotesi consiste nella modifica dell'opera di difesa precedente mediante l'inserimento di una testata a martello con l'obiettivo di migliorare la resa in termini di protezione della costa.

Nel tratto iniziale, di lunghezza pari a circa 50 m, il pennello avrà altezza fuori acqua variabile da + 2.00 m s.l.m. a + 1.25 m s.l.m.
La larghezza in testa sarà costante e pari a 7 m e la pendenza della mantellata sarà pari a 2:1.

Nel tratto terminale, lungo circa 14 m, il manufatto sarà caratterizzato da un'altezza fuori acqua costante e pari a + 1.25 m s.l.m. e sezione circa ellittica, con raggio minore pari a 14 m e raggio maggiore pari a 18 m.

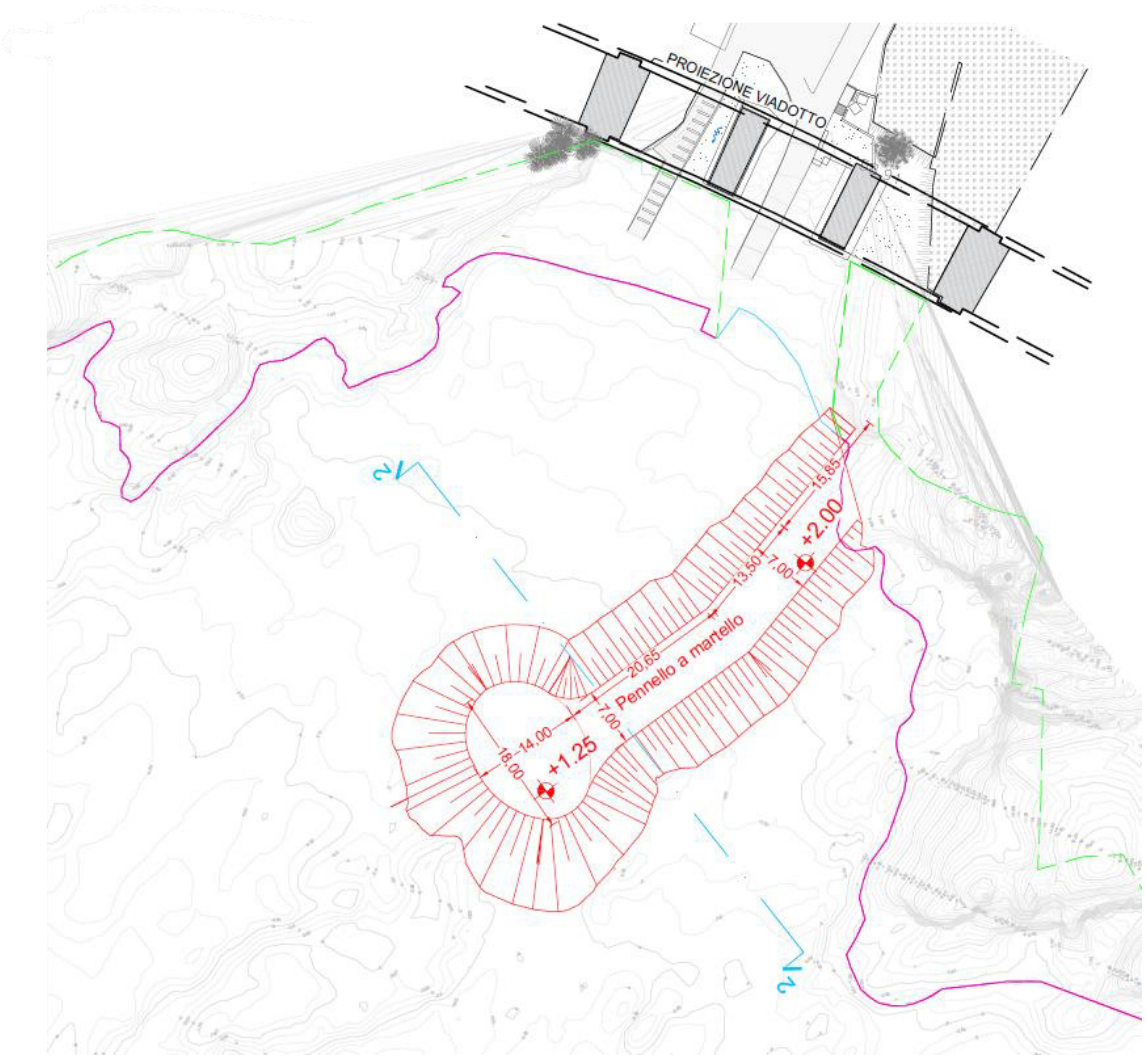


Figura 4 - Ipotesi 2

La terza ipotesi prevede la realizzazione di un pennello con la medesima geometria del manufatto precedente, caratterizzato però da un'altezza fuori acqua costante e pari a + 1.25 m s.l.m.

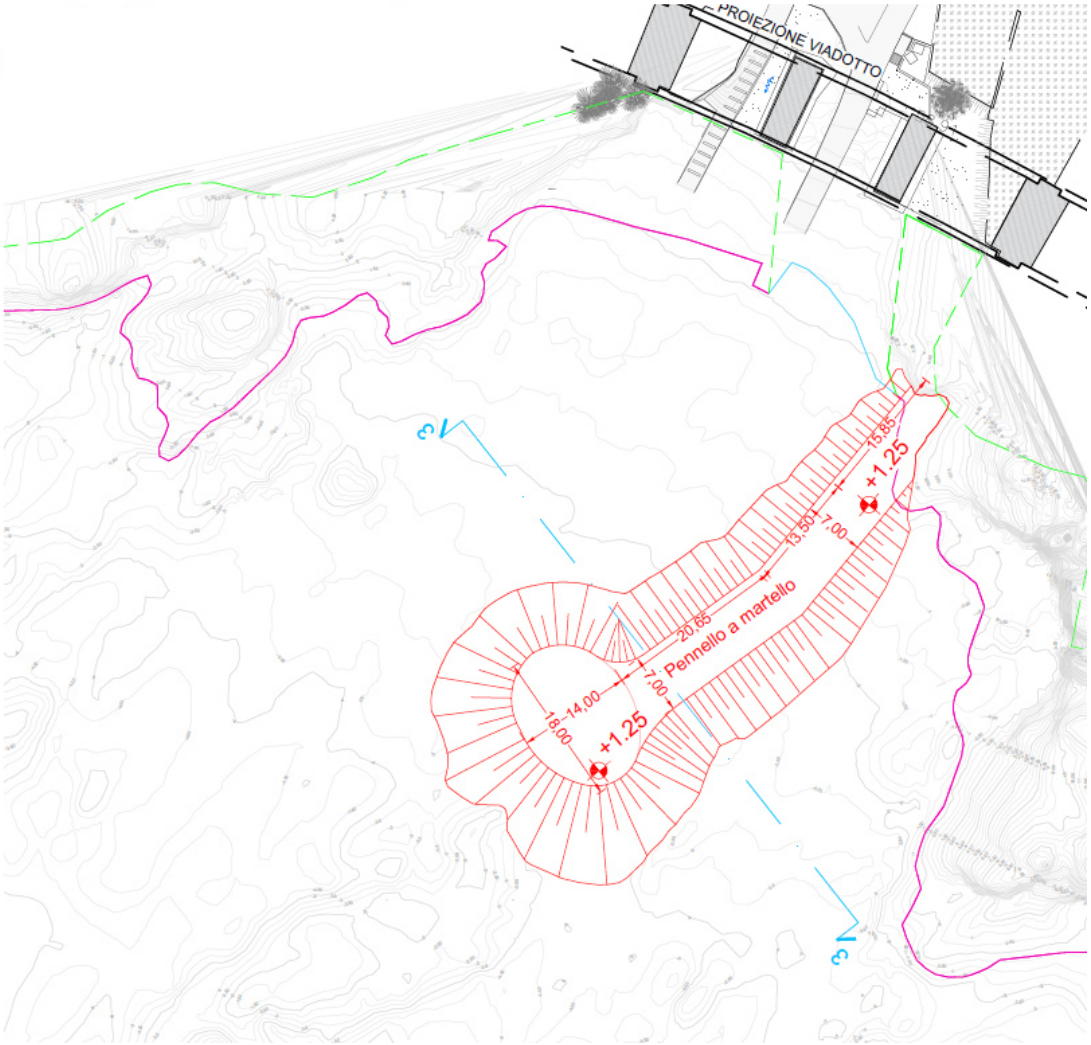


Figura 5 - Ipotesi 3

Come quarta ipotesi è stata valutata la soluzione che consiste nel radicare il pennello più a est, con andamento circa parallelo al viadotto.

La lunghezza complessiva del manufatto è pari a circa 60 m ed il tratto terminale ha sezione ellittica, con raggio minore pari a 14 m e raggio maggiore pari a 18 m

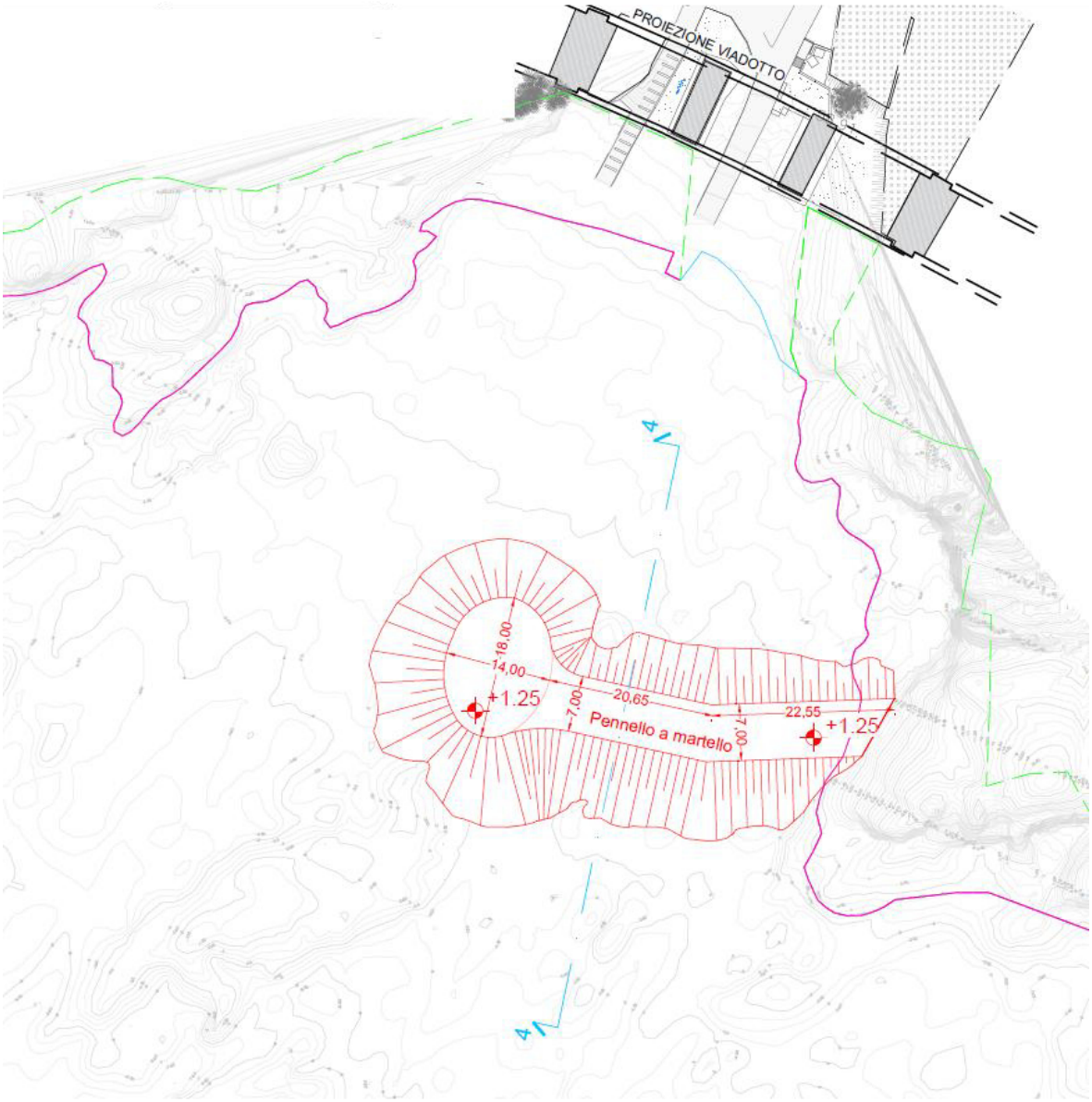


Figura 6 - Ipotesi 4

La quinta ipotesi comporta la realizzazione di un pennello in massi ciclopici di lunghezza complessiva pari a circa 60 m e un'altezza fuori acqua variabile da + 2.00 m s.l.m. a + 1.25 m s.l.m.
La larghezza in testa sarà costante e pari a 7 m.



Figura 7 - Ipotesi 5

5 CONFRONTO TRA LE SOLUZIONI PROPOSTE

Di seguito si evidenziano i pregi e le criticità delle quattro soluzioni sopra descritte.

PROTEZIONE DEL VIADOTTO DALL'AZIONE DEL MARE
Scopo del presente intervento è la protezione del viadotto dall'azione del mare, il presente criterio risulta quindi preponderante rispetto agli altri tre.

Alla luce di quanto sopra si è deciso di raddoppiare il punteggio relativo a questo criterio.

Come evidenziato nella relazione *"Servizio specialistico di valutazione per nuove ipotesi di progetto mediante modellistica costiera lungo il litorale di Mulinetti – Recco (Genova)"* redatta dalla società Geoscape, le soluzioni migliori risultano essere le Ipotesi 2 e 5 in quanto determinano una maggiore tenuta del ripascimento dovuta alla quota di estradosso in corrispondenza della costa pari a 2 m.

In questo caso le fondazioni del viadotto ferroviario risulterebbero maggiormente tutelate dall'azione erosiva delle onde grazie al ripascimento in sabbia.

Per quanto riguarda le Ipotesi 3 e 4, sia per i mari di Scirocco che per i mari di Libeccio è emerso un trasporto a tergo dell'opera che nel tempo potrebbe portare alla perdita di materiale disciolto ai piedi delle pile con conseguente esposizione agli attacchi del moto ondoso dei manufatti.

L'Ipotesi 1 risulta essere intermedia in quanto la testata non a martello determina una riduzione della velocità della corrente in uscita, limitando la dispersione di materiale.

STIMA DEI COSTI
Per stimare i costi di un'opera nel suo complesso bisogna considerare sia i costi iniziali necessari per la realizzazione dell'intervento, sia i costi di esercizio per la manutenzione dell'opera nel tempo.

Per quanto riguarda i costi di gestione dell'opera stessa, le quattro ipotesi risultano pressoché equivalenti in quanto l'eventuale ripristino dei massi ceduti a seguito di mareggiate particolarmente intense prevede in ogni caso l'utilizzo di un pontone munito di escavatore.

Bisogna tuttavia considerare la finalità del manufatto, ossia impedire la dispersione del materiale solido costituente il ripascimento verso il largo.

Alla luce di quanto sopra, le soluzioni peggiori risultano essere le Ipotesi 3 e 4, a seguire l'Ipotesi 1, l'Ipotesi 2 e l'Ipotesi 5.

I costi iniziali per la realizzazione del manufatto sono invece funzione della quantità di massi e di ghiaia da movimentare.

Il volume complessivo del pennello è funzione della soluzione progettuale considerata, di seguito si riporta una tabella riepilogativa con i massi da movimentare ipotizzando il 10% di vuoti.

	Volume complessivo opera	Massi
	m^3	t
Ipotesi 1	2620	6365
Ipotesi 2	3150	7655
Ipotesi 3	3170	7700
Ipotesi 4	3560	8650
Ipotesi 5	3020	7340

Tabella I - Volume complessivo pennelli

Anche il ripascimento varia in funzione dell'ubicazione del pennello, di seguito una tabella con i volumi di sabbia di granulometria pari a 30 mm che si prevede di movimentare:

	Volumi sabbia ripascimento
	m^3
Ipotesi 1	8000
Ipotesi 2	8170
Ipotesi 3	8000
Ipotesi 4	12700
Ipotesi 5	8170

Tabella II - Volume complessivo spiaggia

Come mostrato nella tabella soprastante, l'ubicazione più esterna del pennello presuppone un allargamento della spiaggia verso levante.

Il volume di massi maggiore si ha nell'Ipotesi 4 che in questo caso risulta essere la peggiore, mentre la soluzione più economica risulta essere l'Ipotesi 1.

Analogo discorso vale per il ripascimento, che risulta essere più consistente nell'Ipotesi 4 mentre le altre tre ipotesi risultano pressoché uguali.

IMPATTO PAESAGGISTICO

L'impatto paesaggistico dell'opera è funzione del contesto in cui è inserita e dell'ingombro visivo del manufatto.

La zona in cui è inserito il progetto è tutelata per legge come Bellezze d'Insieme ed è identificata dal D.M. del 28/01/1949 come *Fascia costiera sita nel Comune di Recco compresa tra la via Milite Ignoto dello stesso Comune e il confine del Comune di Sori* pertanto bisogna porre particolare attenzione all'impatto visivo dell'opera sia da terra che da mare.

Inoltre, il PTCP mappa l'area oggetto di intervento come ID -CE (Insediamento diffuso a Regime normativo di conservazione).

Alla luce di queste considerazioni, le soluzioni progettuali più compatibili con il contesto paesaggistico risultano essere l'Ipotesi 1 e l'Ipotesi 5, in quanto prive di testata a martello e quindi meno impattanti dal punto di vista visivo.

Le altre tre ipotesi progettuali, tutte caratterizzate dalla presenza di una testata a martello, presentano un impatto visivo maggiore e si equivalgono tra loro sotto questo profilo.

PROBLEMATICHE ESECUTIVE

La posa in opera dei massi costituenti il pennello verrà effettuata via mare mediante l'utilizzo di un pontone munito di un escavatore.

Il pennello radicato a levante (Ipotesi 4) presenta quote del fondale sul lato esterno più profonde rispetto a quelle dei pennelli ubicati vicino alla baia (Ipotesi 1,2,3 e 5), l'avvicinamento ed il successivo ancoraggio del pontone risulta quindi più difficile.

Inoltre la posizione esterna del pennello rende anche più difficile la realizzazione dello stesso senza interessare la prateria di posidonia presente ad est dell'insenatura.

Di seguito si riporta una tabella riassuntiva del confronto tra le tre soluzioni.

	IPOTESI 1	IPOTESI 2	IPOTESI 3	IPOTESI 4	IPOTESI 5
Protezione del viadotto dall'azione del mare	******	********	****	****	**********
Stima dei costi	*****	**	***	*	****
Impatto paesaggistico	*****	***	***	***	*****
Problematiche esecutive	***	***	***	*	***

Tabella III - Confronto Ipotesi progettuali

***** soluzione migliore
* soluzione peggiore

Come evidenziato in Tabella III, la soluzione progettuale migliore risulta essere l'Ipotesi 5 (22 punti), a seguire l'Ipotesi 1 (19 punti), l'Ipotesi 2 (16 punti), l'Ipotesi 3 (13 punti) ed infine l'Ipotesi 4 (9 punti).