Firmato digitalmente da:
Capannelli Gererado
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

RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA

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-001-B

INDICE

1 PREMESSA 3

2 DESCRIZIONE DELLE AREE IN ESAME 6

2.1 RILIEVI TOPOGRAFICI 10

3 INTERVENTI A PROGETTO 12

4 ANALISI GEOMORFOLOGICA E IDRODINAMICA 15

5 VOLUMI DI SCAVO – RINTERRO 21

6 COERENZA CON GLI STRUMENTI DI PROGRAMMAZIONE E PIANIFICAZIONE VIGENTI 22

7 BONIFICA ORDIGNI BELLICI 24

8 CANTIERIZZAZIONE 24

ALLEGATO 1 – MONOGRAFIE

ALLEGATO 2 – RICHIESTA INTEGRAZIONI DOCUMENTALI

1 PREMESSA

La presente relazione illustrativa generale 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).

Le criticità legate all'opera in oggetto erano già state evidenziate in passato: infatti nel 2009 RFI aveva già presentato un progetto alla Verifica di Assoggettabilità alla VIA dove si prevedeva, nello specchio acqueo antistante il viadotto, l'esecuzione di una barriera sommersa in massi naturali radicata a terra alle due estremità.

Tale soluzione, tuttavia, era stata ritenuta inammissibile in quanto troppo impattante e l'iter si era concluso da parte della Regione con il riconoscimento della criticità della situazione in corrispondenza del viadotto ferroviario di Mulinetti e l'invito a RFI di proporre una soluzione progettuale alternativa meno impattante rispetto a quella presentata.

La soluzione progettuale oggetto della presente procedura invece prevede la messa in sicurezza delle pile presenti in spiaggia mediante un ripascimento dell'arenile; tale opera produce un avanzamento della linea di costa di almeno 30 m e la dissipazione dell'energia delle onde prima dell'impatto con le pile.

Come meglio esplicitato nei documenti progettuali allegati, affinché il ripascimento sia stabile nel tempo, è necessario realizzare un pennello sul lato di levante in grado di contenere la dispersione del materiale durante le mareggiate ed un modesto livellamento del fondale.

L'assenza del pennello, infatti, vanificherebbe di fatto il ripascimento, che verrebbe disperso nel fondale durante le mareggiate riportando la linea di costa all'ubicazione attuale; la conformazione esistente della spiaggia risulta essere quella di equilibrio in assenza di opere di protezione.

In data 18/02/2025 la Regione Liguria, nell'ambito dell'iter di Verifica di Assoggettabilità a VIA, aveva richiesto una prima integrazione che è stata consegnata in data 05/03/2025 entro i termini previsti di legge.

Nella suddetta integrazione venivano accolte le richieste dei tecnici e veniva sostanzialmente proposta come soluzione progettuale l'ipotesi 1 (a differenza dell'ipotesi 2 precedentemente assunta come riferimento).

Di seguito si riporta un breve riassunto delle modifiche progettuali presentate nelle precedenti consegne.

In fase di PFTE (RE-GEN-003-A allegata alla pratica presentata il 24/01/2025), delle quattro soluzioni analizzate era stata individuata quale soluzione migliore l'ipotesi 2, ossia la realizzazione di un pennello con testata a martello di lunghezza pari a circa 65 m ed altezza fuori acqua variabile da + 2.00 m s.l.m. a + 1.25 m s.l.m.

Tale scelta era scaturita da analisi tecniche, economiche, esecutive e paesaggistiche, dando maggior peso ed importanza al primo aspetto.

In seguito alla richiesta di integrazioni del 18/02/2025 e dal confronto con i tecnici della Regione del 25/02/2025, tuttavia, era emerso come la soluzione che meglio conciliasse gli aspetti paesaggistici con quelli tecnico-funzionali fosse la 1.

Tale ipotesi prevede di realizzare un pennello di lunghezza complessiva pari a circa 60 m, altezza fuori acqua costante e pari a + 1.25 m s.l.m. e larghezza in testa pari a 7 m.

Come detto, il presente documento viene redatto in seguito alla seconda richiesta di integrazioni inoltrata in data 17/04/2025 dal Settore Valutazione Impatto Ambientale e Sviluppo Sostenibile della Regione Liguria (n. protoc. 2025-0208134) e costituisce la revisione B del progetto.

Nella suddetta richiesta, si specificano le seguenti integrazioni e modifiche necessarie:

Nella nuova planimetria di progetto la quota dell'arenile, quindi il profilo della spiaggia emersa, nella parte a monte, risulta più alta della quota del pennello e ciò favorisce un possibile by-passaggio di materiale verso levante nel corso delle mareggiate. Le possibili perdite verso levante, dovute alla minor quota del pennello, potrebbero costringere ad utilizzare un volume di ripascimento inferiore a quello previsto e quindi a diminuire l'ampiezza della spiaggia di progetto, con la conseguenza di rendere meno efficace la difesa della linea ferroviaria.

Tenuto conto che la finalità dell'intervento è difendere la linea ferroviaria con la realizzazione di un arenile in grado di smorzare l'energia dell'onda incidente e che, pertanto, è imprescindibile individuare una soluzione che sia la più affidabile possibile.

Ciò premesso, si chiede che venga effettuata una modellazione che individui la soluzione più efficace per le suddette finalità. Ad ogni modo il progetto che verrà presentato deve prevedere che la quota del pennello, nella parte a monte, rispetto alla quota dell'arenile sia più alta e tale da evitare il possibile by-passaggio di materiale verso levante nel corso delle mareggiate.

Per il testo completo della richiesta si rimanda all'Allegato 2.

La presente relazione riguarda esclusivamente le opere a mare e riporta una breve descrizione dello stato attuale dei luoghi e del progetto proposto.

Fanno parte del presente progetto i seguenti elaborati:

P067-24-P-DG-ELE-001-B	Elenco Elaborati
P067-24-P-RE-GEN-002-B	Relazione sui vincoli territoriali, urbanistici ed ambientali
P067-24-P-RE-GEN-003-B	Analisi delle alternative progettuali
P067-24-P-RE-IDR-001-B	Servizio specialistico di valutazione per nuove ipotesi di progetto mediante studio sedimentologico lungo il litorale di Mulinetti – Recco (Genova).
P067-24-P-RE-IDR-002-B	Servizio specialistico di valutazione per nuove ipotesi di progetto mediante modellistica costiera lungo il litorale di Mulinetti – Recco (Genova)
P067-24-P-RE-IDR-003-B	Relazione idraulica
P067-24-P-RE-GEM-001-B	Relazione sulla gestione delle materie
P067-24-P-RE-PAE-001-B	Relazione paesaggistica
P067-24-P-RE-PMN-001-B	Piano di monitoraggio
P067-24-P-RE-AMB-001-B	Relazione preliminare ambientale
P067-24-P-RE-AMB-002-B	Caratterizzazione delle biocenosi marine
P067-24-P-RE-CAM-001-A	Relazione tecnica applicazione CAM
P067-24-P-DI-GEN-001-A	Inquadramento generale
P067-24-P-DI-GEN-001-B	Inquadramento cartografico - Estratti PUC e PTCP
P067-24-P-DI-FOT-001-A	Inquadramento fotografico
P067-24-P-DI-RIL-001-B	Stato attuale - Planimetria
P067-24-P-DI-RIL-002-A	Stato attuale - Sezioni 1 e 2 (Tavola 1 di 5)
P067-24-P-DI-RIL-003-A	Stato attuale - Sezioni 3 e 4 (Tavola 2 di 5)
P067-24-P-DI-RIL-004-A	Stato attuale - Sezioni 5 e 6 (Tavola 3 di 5)
P067-24-P-DI-RIL-005-A	Stato attuale - Sezioni 7 e 8 (Tavola 4 di 5)
P067-24-P-DI-RIL-006-A	Stato attuale - Sezioni 9 e 10 (Tavola 5 di 5)
P067-24-P-DI-ARC-001-C	Stato di progetto - Planimetria
P067-24-P-DI-ARC-002-B	Stato di progetto - Sezioni 1 e 2 (Tavola 1 di 5)
P067-24-P-DI-ARC-003-B	Stato di progetto - Sezioni 3 e 4 (Tavola 2 di 5)
P067-24-P-DI-ARC-004-B	Stato di progetto - Sezioni 5 e 6 (Tavola 3 di 5)
P067-24-P-DI-ARC-005-B	Stato di progetto - Sezioni 7 e 8 (Tavola 4 di 5)
P067-24-P-DI-ARC-006-B	Stato di progetto - Sezioni 9 e 10 (Tavola 5 di 5)
P067-24-P-DI-ARC-007-B	Stato di raffronto - Sezioni 1 e 2 (Tavola 1 di 5)
P067-24-P-DI-ARC-008-B	Stato di raffronto - Sezioni 3 e 4 (Tavola 2 di 5)
P067-24-P-DI-ARC-009-B	Stato di raffronto - Sezioni 5 e 6 (Tavola 3 di 5)
P067-24-P-DI-ARC-010-B	Stato di raffronto - Sezioni 7 e 8 (Tavola 4 di 5)
P067-24-P-DI-ARC-011-B	Stato di raffronto - Sezioni 9 e 10 (Tavola 5 di 5)
P067-24-P-DI-ARC-012-B	Rio Sonego - Sezione A, Sezione B e Sezione C
P067-24-P-DI-PAE-001-A	Ipotesi 1 e 2
P067-24-P-DI-PAE-002-B	Ipotesi 3, 4 e 5
P067-24-P-DI-CAN-001-B	Tavola di cantierizzazione
P067-24-P-DI-CAN-002-B	Fasi di cantiere

2 DESCRIZIONE DELLE AREE IN ESAME

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 è situata alla foce del rio Sonego, un rivo in parte tombinato che attraversa il territorio in un alveo particolarmente inciso.

L'arenile 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.

Come mostrato nella vista aerea soprastante, le rocce affioranti sono posizionate in direzione perpendicolare alla spiaggia e non sono in alcun modo funzionali alla protezione dell'arenile dall'azione delle onde in caso di vento soprattutto di libeccio.



Figura 2 - Immagine dello specchio d'acqua antistante il viadotto ferroviario

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.

Il manufatto ferroviario in esame è costituito da cinque campate della tipologia ad arco in muratura a tutto sesto, aventi luce netta pari a 12 m e freccia 6 m.

Le volte sono realizzate in muratura di mattoni; in seguito agli ultimi interventi di manutenzione l'intradosso si presenta rivestito in calcestruzzo proiettato.

La quota di imposta degli archi è a circa 15 m rispetto al livello del mare. I muri di timpano sono realizzati in muratura di blocchi di pietra.

Le pile hanno sezione variabile con l'altezza, rastremate fino a una sezione alla quota di imposta degli archi di circa 2,60x8,60 m.

Le pile centrali sono poste all'interno dell'area costiera e fondate direttamente sulla spiaggia con fondazione a sezione rettangolare pari a circa 3,60 x 9,00 m e risultano pertanto esposte all'azione erosiva del mare.

Nell'archivio della DOIT di Genova è stato possibile reperire un elaborato riguardante un intervento di manutenzione straordinaria alla Pila 4, che è stata oggetto di consolidamento della fondazione mediante cerchiaggio alla base con micropali.

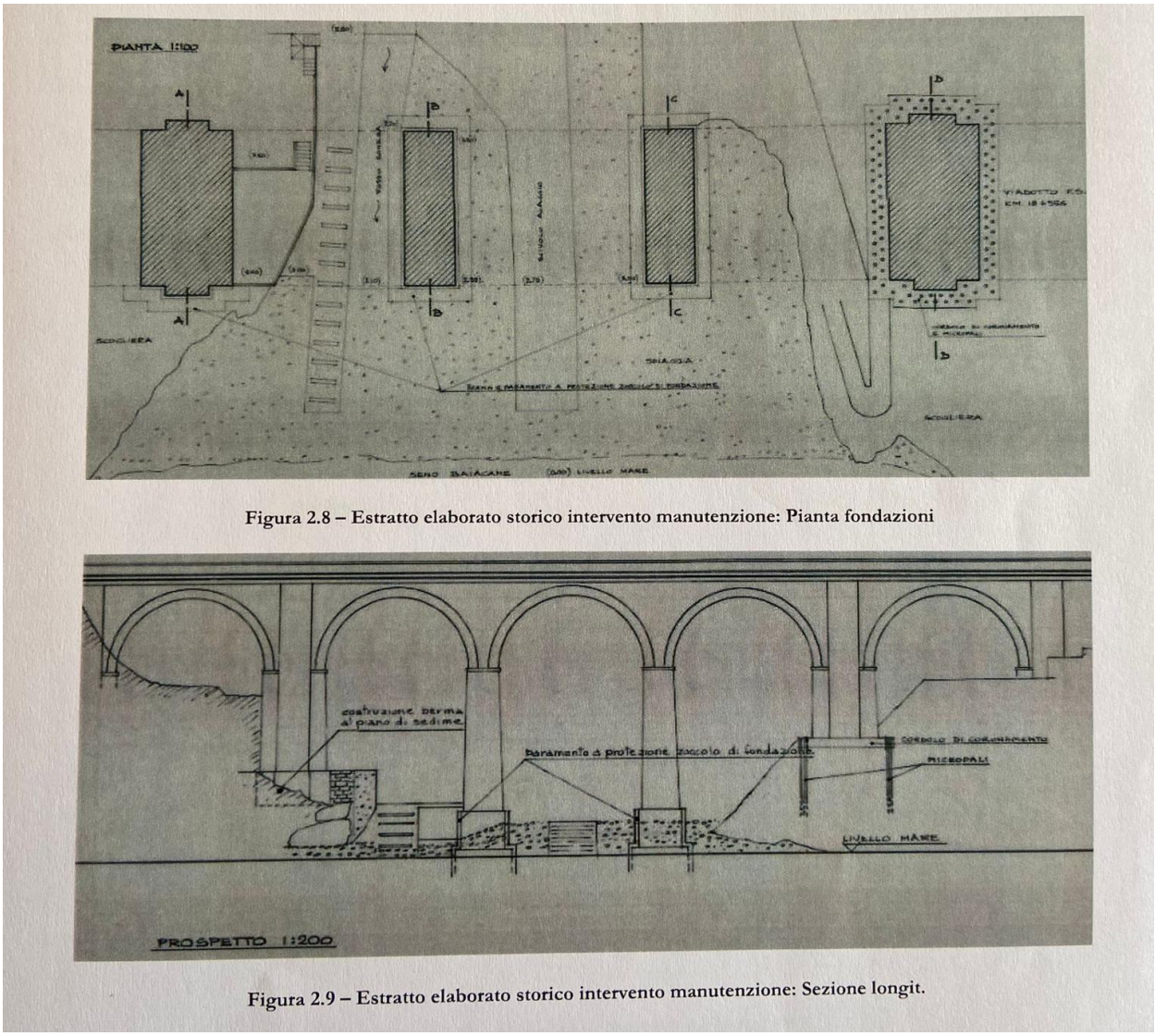


Figura 2.8 – Estratto elaborato storico intervento manutenzione: Pianta fondazioni

Figura 2.9 – Estratto elaborato storico intervento manutenzione: Sezione longit.

Figura 3 - Tavole storiche reperite nell'archivio DOIT Genova

Nel 2004, a seguito di una campagna di monitoraggio dello stato fessurativo rilevato sull'opera, sono stati eseguiti ulteriori interventi di manutenzione straordinaria sul viadotto.

Tra gli interventi principali si annoverano il cerchiaggio delle pile mediante fibre di carbonio di altezza pari a circa 20 cm (800 gr/mq) disposte in corrispondenza dei corsi orizzontali di pietra, al fine di contrastare l'ulteriore apertura delle lesioni verticali lungo le pile ed il consolidamento delle fondazioni delle pile centrali mediante cerchiaggio con micropali.



Figura 4 - Spiaggia di Mulinetti vista dal mare

Si evidenzia tuttavia come, attualmente, gli interventi eseguiti nel 2004 necessitino già di manutenzione a causa principalmente delle numerose mareggiate avvenute negli ultimi anni. Da queste considerazioni risulta ancora più evidente la necessità di eseguire opere a mare per ridurre la possibilità che le onde impattino sul manufatto.

Tale scelta è legata anche alla natura e tipologia del viadotto con particolare riferimento all'importanza dello stesso sia da un punto trasportistico (unica linea di collegamento costiero) che architettonico-monumentale (l'opera ha più di 70 anni e è quindi soggetto a vincolo).

L'immagine soprastante 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.

Il rio Sonego sfocia sotto la campata di ponente, tra la pila del viadotto e lo scalo; nel tratto di monte il rivo risulta essere tombinato in uno scatolare in calcestruzzo.

2.1 RILIEVI TOPOGRAFICI

I dati geometrici della zona a terra sono stati desunti dal rilievo eseguito nel mese di febbraio 2024 dalla Ferretti Progettazioni S.r.l. che ha riguardato la spiaggia di Mulinetti ed il viadotto ferroviario.

In particolare, il rilievo ha compreso, oltre all'attraversamento ferroviario e la spiaggia, anche la scogliera a levante e la scarpata in terra lato ponente.

Il rilievo è stato eseguito mediante GPS/GNSS Trimble R10 e laser scanner con stazione totale integrata Trimble SX10 che garantisce sia misurazioni da stazione totale ad alta precisione che capacità di scansione ad alta velocità; inoltre, lo strumento garantisce alte prestazioni anche di imaging grazie all'utilizzo di tre fotocamere calibrate su telescopio; ogni fotocamera ha una risoluzione per ogni sensore pari a 5 MP (2592x1944 px).

Per quanto riguarda la restituzione dell'elaborato, i dati sono stati rielaborati mediante appositi software dedicati che hanno permesso la restituzione di un modello 3D rappresentato come nuvola di punti.

È stata inoltre effettuata una dettagliata campagna di indagine batimetrica, finalizzata al rilievo di dettaglio dei fondali dell'insenatura ed antistanti ad essa, con l'ausilio di una motobarca attrezzata con ecoscandaglio, drone batimetrico e strumentazione GPS di precisione.

Il rilievo della parte sommersa ha riguardato un'area di estensione pari a circa 5'500 m^2, fino a raggiungere una profondità di -15 m s.l.m.

Nei rilievi eseguiti nell'ambito del progetto sono stati individuati due caposaldi di riferimento (vedi Allegato 1): tali caposaldi possono essere utilizzati quale riferimento per i tracciamenti e per la definizione delle quote altimetriche.

Prima dell'inizio dei lavori, l'Appaltatore dovrà eseguire specifico rilievo e individuare dei punti di riferimento fissi indipendenti dal livello del mare e riferiti al livello del medio mare per poter realizzare le opere ed i lavori secondo le quote di progetto.

Tali punti fissi saranno costituiti da punti a terra da materializzare con appositi picchetti visibili ed ai quali dovranno essere riferite tutte le misurazioni.

Tutte le volte che i segnali messi in sito venissero rimossi, l'Impresa ha l'obbligo di ripristinarli immediatamente a propria cura e spese.

L'Impresa è unica responsabile della conservazione e manutenzione dei segnali nella loro giusta posizione.

Riscontrandosi opere male eseguite per errori nei tracciamenti, l'appaltatore non potrà invocare a scarico della propria responsabilità le verifiche fatte e sarà obbligato ad eseguire a sue spese tutti i lavori che la direzione ordinerà a proprio insindacabile giudizio per le necessarie correzioni, qualunque ne sia l'entità, compresa anche la totale demolizione e ricostruzione delle opere.

Per quanto riguarda la spiaggia, la società Geoscape ha condotto le analisi granulometriche necessarie per individuare i parametri sedimentologici propedeutici all'implementazione del modello numerico.

Nello specifico sono stati prelevati 12 campioni in corrispondenza del tratto di costa prospicente la spiaggia, sia nella parte emersa sia nella parte sommersa.

In ultimo, è stato effettuato un sopralluogo della parte sommersa con realizzazione di video che testimoniano la presenza di fondale roccioso e di un'area antistante al litorale a quota più bassa rispetto alla zona circostante.

Si rimanda alle relazioni allegate per tutti i necessari approfondimenti.

3 INTERVENTI A PROGETTO

La necessità di realizzare gli interventi a progetto è emersa durante la periodica attività di vigilanza alle opere d'arte svolta dal personale tecnico RFI che ha evidenziato l'esigenza di eseguire opere di protezione alle fondazioni del Viadotto Mulinetti dall'azione erosiva del mare.

Come riportato in precedenza, il presente progetto è diviso in due lotti, il primo riguarda le opere di manutenzione alla struttura, il secondo riguarda le opere a mare a protezione del viadotto.

La presente relazione riguarda esclusivamente il secondo lotto.

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 in massi ciclopici.

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.

I quantitativi richiesti risultano pari a 125 – 130 m^3 per metro lineare.

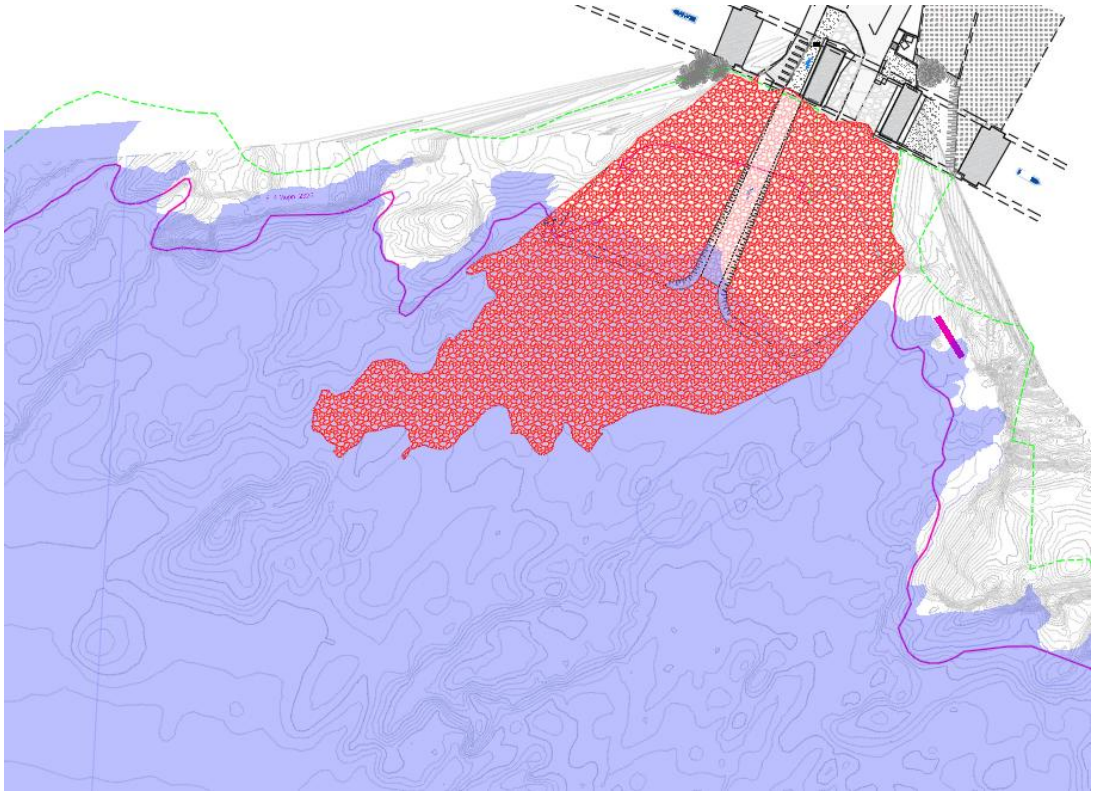


Figura 5 - Ripascimento

In corrispondenza del tratto terminale del rio Sonego, si prevede di realizzare un tratto di ripascimento a pendenza maggiore rispetto al profilo della spiaggia circostante, in modo da delinearne l'alveo inciso e garantirne la pervietà.

Nello specifico si prevede di mantenere la stessa pendenza che ha attualmente il corso d'acqua tra lo scalo lato levante e la pila del viadotto ed è pari a circa il 6%.

Per quanto riguarda la geometria, l'alveo avrà forma trapezoidale con base minore di larghezza pari a 3.30 m, l'altezza sarà variabile in funzione della quota al finito del ripascimento circostante e le sponde saranno caratterizzate da un'inclinazione di 45°.

La larghezza dell'alveo è la stata assunta in analogia a quella rilevata in corrispondenza della sezione finale del rio tombinato.

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.

Tale area ha una superficie complessiva pari a circa 630 m^2 ed è situata a circa 85 m di distanza dalla linea di costa.
Si prevede quindi di livellare il fondale con dei massi di diametro pari a circa 1.50 m (IV categoria).

Quest'ultimo intervento ha la finalità di anticipare ulteriormente il frangimento delle onde, di limitare il flusso di ritorno e la dispersione trasversale di materiale.

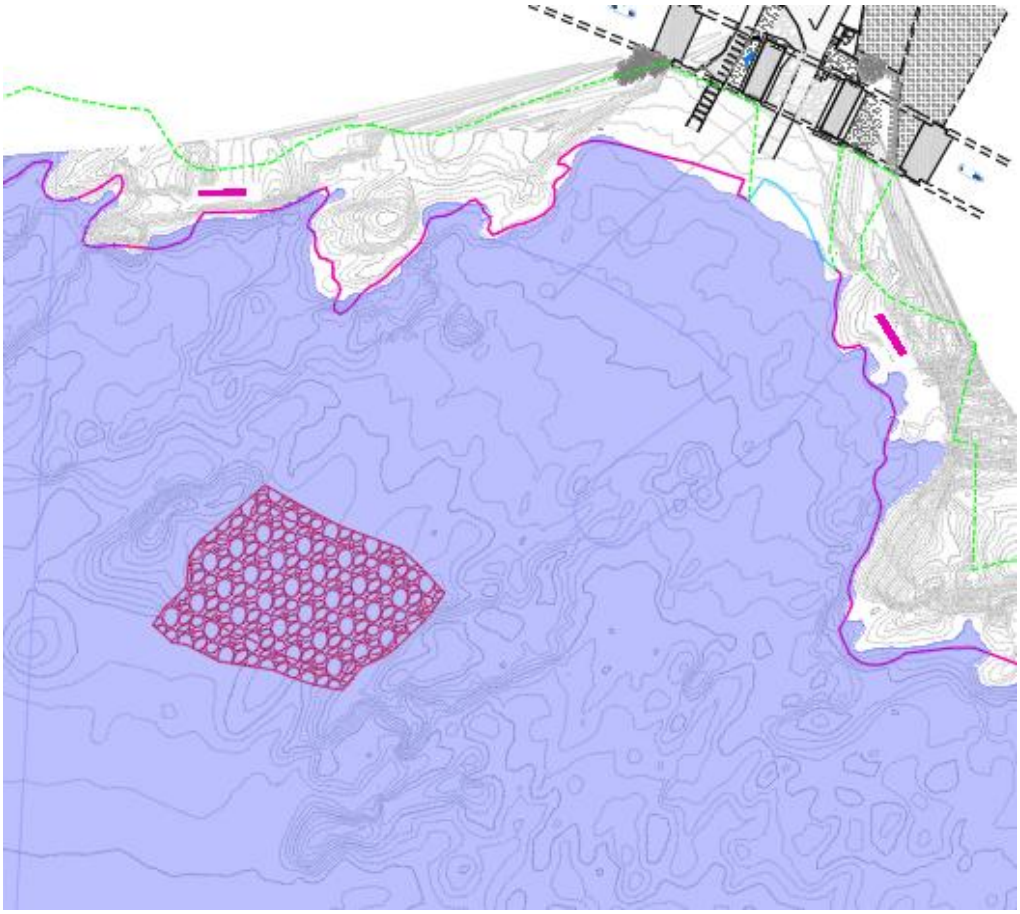


Figura 6 - Livellamento

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.

È stata quindi valutata l'ipotesi di inserimento di un pennello in massi ciclopici a levante della spiaggia con l'obiettivo di interrompere la corrente da levante a ponente ed attenuare i mari di scirocco provenienti da Sud Est.

Sono state valutate varie ipotesi per identificare la soluzione che meglio soddisfa le caratteristiche tecniche non solo sotto il profilo funzionale ma anche ambientale, di impatto visivo e di costo complessivo (esecuzione e manutenzione).

Per quanto riguarda la geometria e l'ubicazione del pennello di protezione sono state confrontate cinque soluzioni progettuali che vengono descritte nella relazione allegata al presente progetto.

Anche in seguito ai numeri incontri svolti con il personale tecnico della Regione Liguria, tra queste soluzioni quella che meglio soddisfa le caratteristiche richieste risulta essere la quinta ipotesi che 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 e la pendenza della mantellata sarà pari a 2:1.

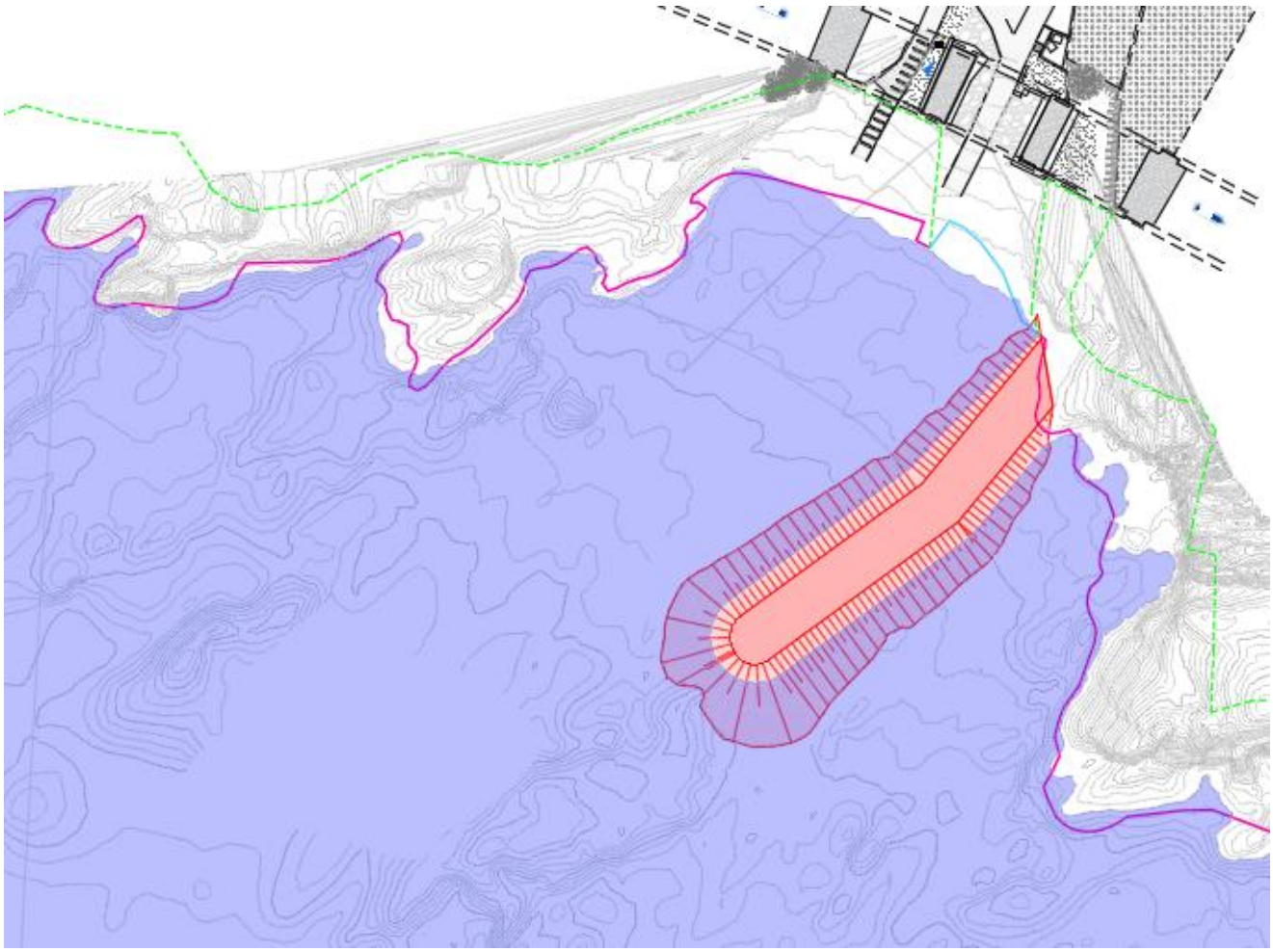


Figura 7 - Pennello in massi ciclopici

4 ANALISI GEOMORFOLOGICA E IDRODINAMICA

Come anticipato in premessa, obiettivo del presente progetto è la tutela del viadotto ferroviario dall'azione erosiva delle onde; per individuare la soluzione progettuale che meglio assolve tale funzione occorre valutare sia gli aspetti geomorfologici che idrodinamici del litorale.

Dal punto di vista geomorfologico, il contesto è quello tipico che si riscontra da Nervi a Portofino, costituito da costa alta rocciosa caratterizzata da modesti promontori rocciosi a limitare parzialmente il drift litoraneo (Fierro et al., 2015).

Le spiagge presenti sono definibili come pocket beach di modesta estensione, in alcuni casi effimere, la cui naturale alimentazione è garantita dalle foci dei corsi d'acqua che sfociano sulle stesse e/o dalla detrizione delle falesie.

Dato il carattere torrentizio dei corsi d'acqua, caratterizzati da un'estrema alternanza di periodi di secca e piena (talvolta con piene associate a fenomeni alluvionali importanti), l'input sedimentario risulta molto variabile nel tempo, con la conseguenza che le spiagge possono mostrare una spiccata alternanza tra fasi di avanzamento e arretramento.

La costa è inoltre caratterizzata da una marcata antropizzazione, con edifici ed infrastrutture viarie localizzate anche a pochi metri dalla linea di costa.

La spiaggia di Mulinetti non fa eccezione, si tratta infatti di una modesta pocket beach alimentata principalmente dal rio che sfocia sulla spiaggia stessa.

L'apporto sedimentario è scostante nel tempo, caratteristica tipica nel caso di corsi d'acqua a spiccato carattere torrentizio.

In Figura 1 si può osservare l'evoluzione della linea di riva, e quindi dell'estensione della spiaggia, dal 1944 ad oggi.

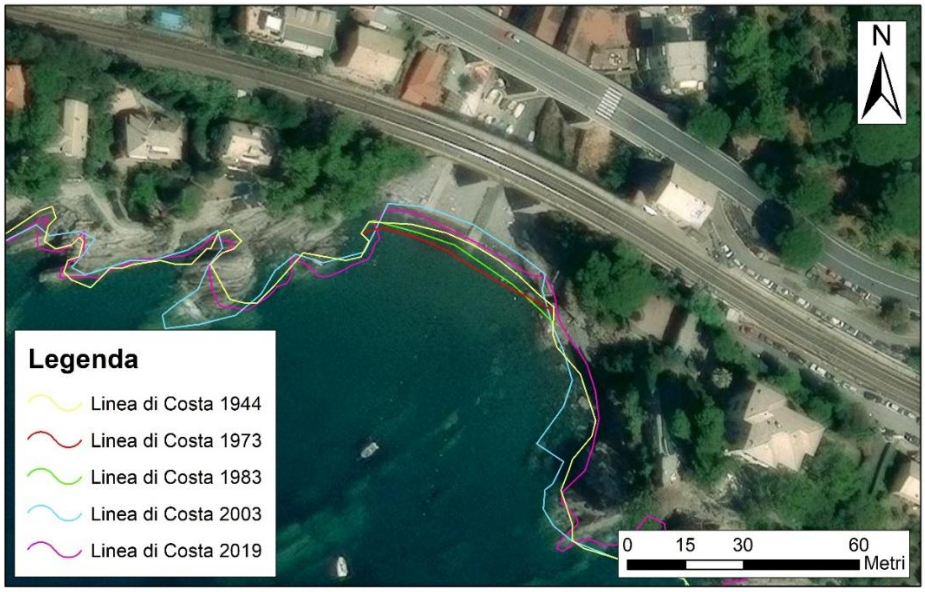


Figura 8 - Linea di riva dal 1944 al 2019 (dato Geoportale Regione Liguria) con ortofoto sottostante riferibile allo stato attuale

Come evidenziato nell'immagine soprastante, dal 2003 ad oggi si osserva una discreta stabilità della linea di riva, con un arretramento registrato nel 2003 e un avanzamento di alcuni metri dal 2019 ai giorni nostri.

Anche nel 1944 la linea di riva si trovava in una posizione simile a quella odierna.

La maggiore estensione della spiaggia si osserva tra il 1973 ed il 1983. Questo avanzamento è presumibilmente correlato con l'ingentissimo input di materiale che, fino agli anni '70, era garantito dalle innumerevoli discariche a mare di materiali di risulta derivanti dalla costruzione delle reti viarie (Fierro et al. 2010 e 2015).

Tale condizione è ben documentata lungo le coste liguri, ed in particolare sono documentati casi, come ad esempio le spiagge di Sturla e Vesima, dove l'avanzamento delle spiagge, dovuto al massiccio apporto sedimentario garantito dalle discariche a mare dei materiali di risulta, è stato "vanificato" in un breve arco temporale per via della mancanza di un appoggio morfologico per le spiagge stesse, le quali sono dunque tornate alla condizione iniziale (Fierro et al., 2010).

Per valutare la necessità di realizzare un pennello con la funzione di contenere il ripascimento bisogna fare anche riferimento all'idrodinamica ed al cambiamento climatico, in particolare la variazione su scala locale che da anni è al centro di studi scientifici.

Di seguito si riportano i risultati di alcuni studi sul Mar Ligure e sul Mediterraneo dai quali si evince come negli ultimi anni si sia verificato un trend in aumento in termini di intensità e soprattutto un aumento del numero di eventi meteo marini impattanti lungo la costa Ligure.

Secondo Chid (2015), esiste una tendenza in aumento dei fenomeni meteo marini, seppur statisticamente poco significativa, su scala mediterranea; in particolare, in Figura 2(a), emerge l'aumento dell'intensità in termini di mm/anno riferito all'altezza delle mareggiate; in Figura 2(b), si riporta la frequenza con relativo trend espressa in percentuale (%) e infine viene riportata un'immagine che evidenzia l'aumento delle mareggiate in termini di ore/anno (Figura 2(c)), dalla quale si evince un aumento lungo la costa Nord occidentale del mediterraneo.

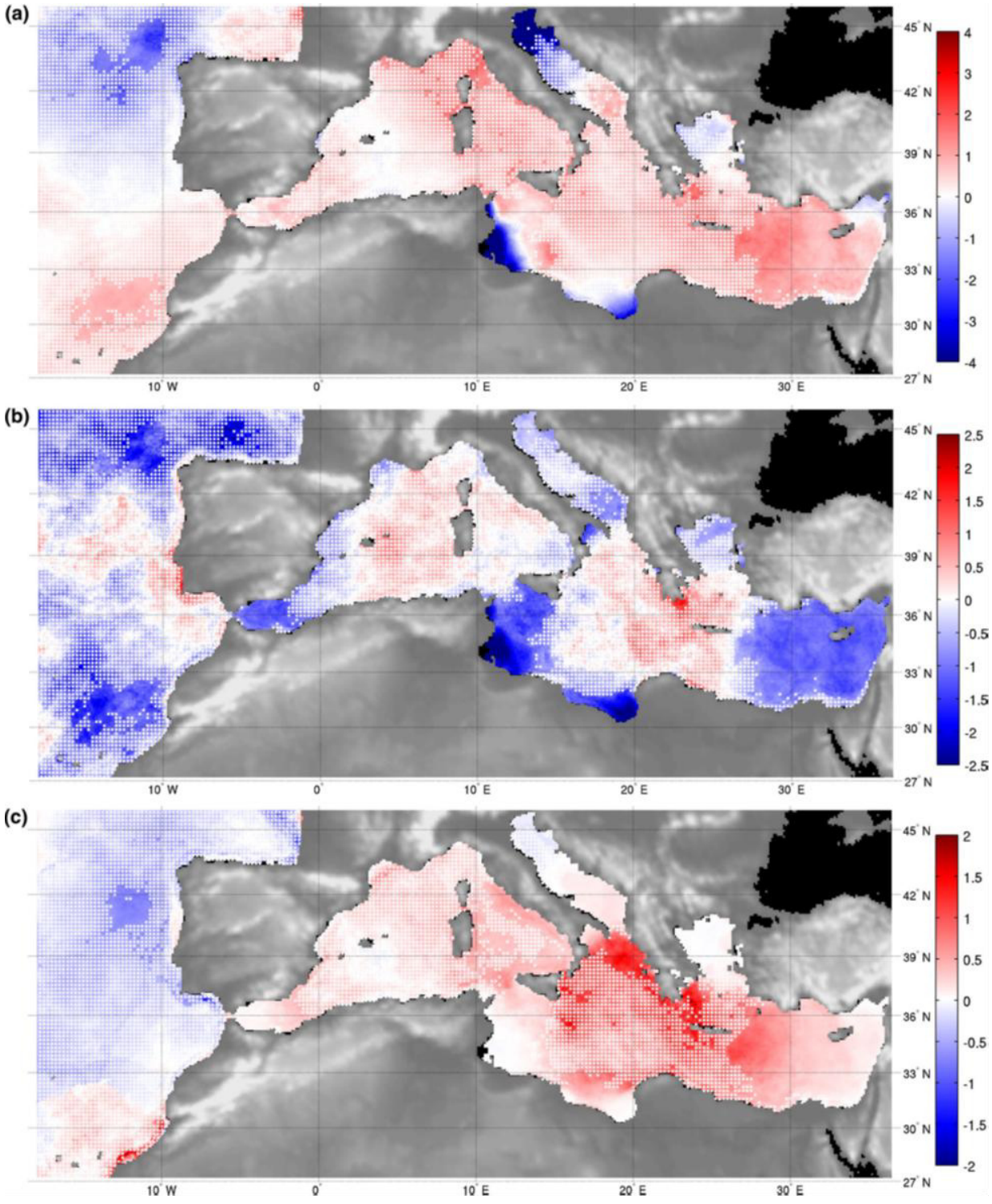


Figura 9 - da Chid 2015 a) intesità; b) frequenza; c) aumento ore/anno

Anche De Leo (2021), riscontra un aumento dei fenomeni meteo marini, sulla base di studi effettuati sugli ultimi 50 anni, lungo la costa Nord Occidentale del Mediterraneo, come riportato in figura 3.

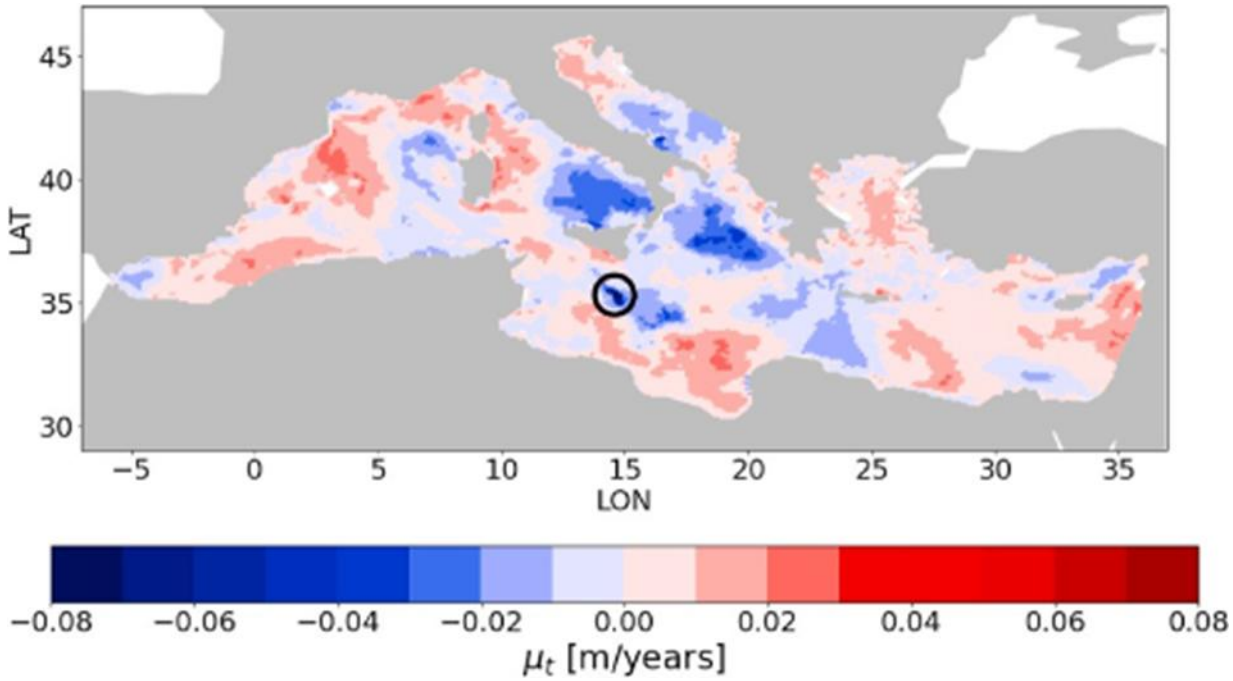


Figura 10 - da De Leo 2021; Aumento in termini di mm per anno dell'intensità degli eventi

Di concerto è stato preso in considerazione uno studio eseguito dall'Università degli Studi di Genova (Lira, 2022), dal quale emerge una tendenza all'aumento degli eventi estremi nei prossimi anni, fino al 2100.

La ricerca ha evidenziato un forte trend in aumento lungo le coste liguri come riportato in Figura 4.

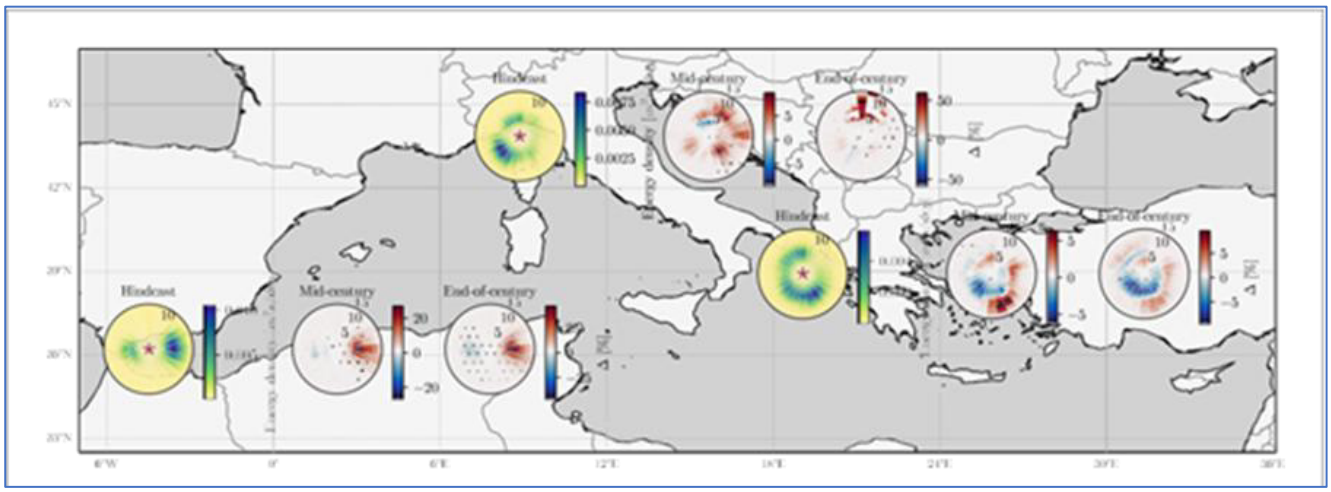


Figura 11 -- Da Lira 2022

Infine, secondo le proiezioni di innalzamento del livello medio mare dell'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), calcolate localmente sulla base degli scenari globali di mitigazione nelle emissioni dei gas serra, considerando come baseline i valori del livello del mare registrati tra il 1995 ed

il 2014, per l'area del genovesato è da considerarsi plausibile un innalzamento del livello medio mare di circa 0.16 - 0.20 m al 2050 e di circa 0.34 – 0.61 m al 2100.

Un ipotetico scenario peggiore al 2100 di circa 0.70 m di innalzamento del livello medio mare risulta stimato in caso di una scarsa riduzione in termini di emissioni di gas serra.

Al 2150 si viene ipotizzato un innalzamento del livello medio mare che, sulla base della riduzione o meno delle emissioni di gas serra, potrebbe superare il metro.

Dati visualizzabili online su: https://sealevel.nasa.gov/ipcc-ar6-sea-level-projection-tool

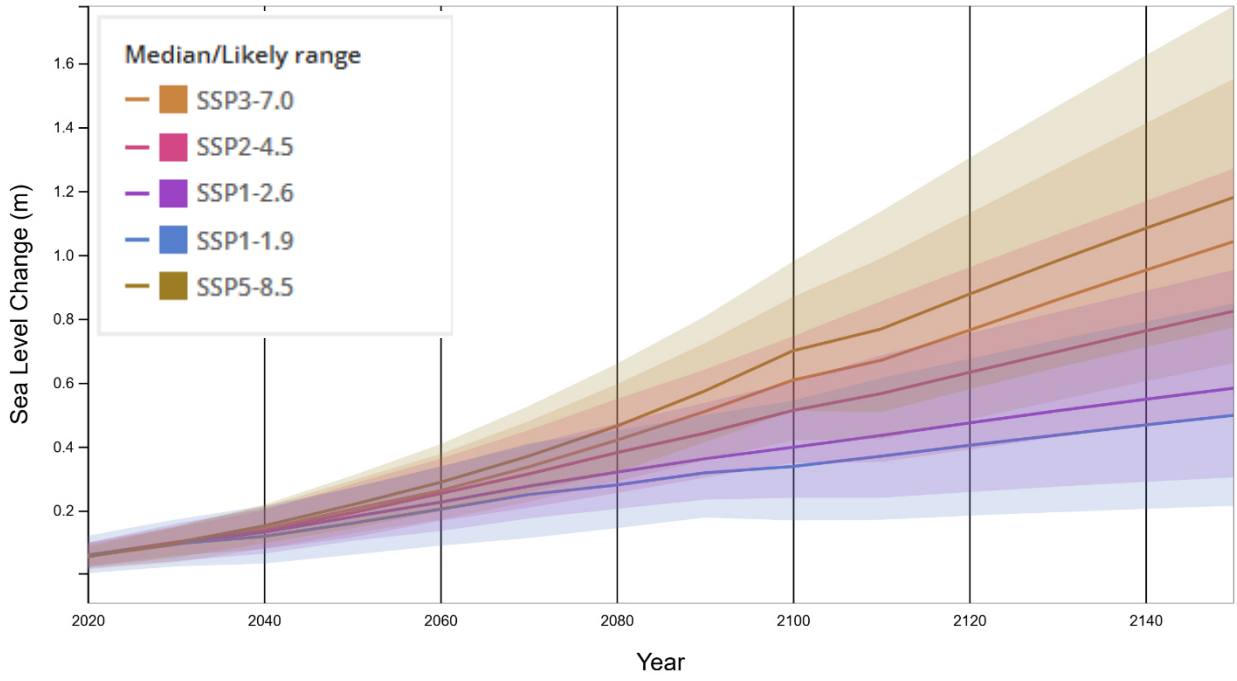


Figura 12 - Scenari di innalzamento del livello medio mare calcolati su Genova (IPCC) - (https://sealevel.nasa.gov/ipcc-ar6-sea-level-projection-too)

Dai dati risulta dunque evidente come, stante l'assetto geomorfologico attuale, la spiaggia di Mulinetti risulta in una condizione di sostanziale equilibrio, alternando fasi di avanzamento e arretramento.

Eventuali interventi di ripascimento, senza ulteriori interventi di supporto (ad esempio la costruzione di un pennello a est, a supporto della spiaggia), non garantirebbero il mantenimento di una spiaggia stabile e di maggior estensione, e dunque in grado di assicurare una maggiore dissipazione dell'onda, poiché come si può osservare dai dati storici disponibili, le correnti costiere andrebbero a disperdere il sedimento in eccesso verso il mare aperto ed i settori di costa adiacenti.

Inoltre, eventuali e ripetuti ripascimenti stagionali in assenza di ulteriori opere, non sarebbero comunque idonei in termini di volumi versati, e si dovrebbe optare per frequenti interventi di ripascimento strutturale, per i quali andrebbe anche valutato un eventuale impatto sull'ambiente circostante in quanto, per definizione, gli interventi strutturali non sono da intendersi come eseguibili a cadenza stagionale.

Infine, l'aggravarsi del contesto climatico incide sulla necessità di sostenere il ripascimento strutturale con un pennello posto a levante in modo da ridurre il trasporto solido dovuto alle mareggiate, che, come evidenziato in questo progetto, ha direttrice Ovest-Est.

Da quanto sopra riportato, si evidenzia chiaramente che eseguire il ripascimento senza proteggerlo con un pennello, comporterebbe la necessità di ripetuti e costanti interventi per ripristinare la linea di battigia dalle pile del viadotto: tali interventi tuttavia risulterebbero estremamente impattanti.

5 VOLUMI DI SCAVO – RINTERRO

Gli interventi a progetto prevedono il ripascimento della spiaggia, il livellamento del fondale e la realizzazione di un pennello in massi ciclopici.

I lavori prevendono quindi dei volumi di riporto di notevole entità, mentre non verranno realizzati scavi in quanto i massi verranno posati direttamente sul fondale esistente che risulta prevalentemente in roccia.

Per quanto riguarda il ripascimento, si prevede si movimentare circa 8170 m^3 di sabbia di granulometria pari a 30 mm.

Per il livellamento del fondale, si prevede di utilizzare massi di IV categoria con diametro pari a circa 1.5 m. Il volume complessivo dell'intervento è pari a circa 945 m^3.
Ipotizzando il 15% di vuoti, si prevede di movimentare circa 2170 t di massi di IV categoria.

Per la realizzazione del pennello si prevede di utilizzare massi di IV categoria con diametro pari a circa 1.5 m.

Il volume complessivo dell'opera risulta pari a 3020 m^3, ipotizzando il 10% di vuoti si prevede di movimentare circa 7340 t di massi.

I volumi di scavo e riporto sono stati calcolati con il software Autodesk Civil 3D.

6 COERENZA CON GLI STRUMENTI DI PROGRAMMAZIONE E PIANIFICAZIONE VIGENTI

Di seguito si riporta brevemente il quadro normativo vigente sull'area oggetto di intervento: le opere a progetto risultano necessarie per la messa in sicurezza della linea ferroviaria, sono state progettate in modo da ridurre il più possibile l'impatto visivo senza compromettere la funzionalità dell'opera e sono in linea con le previsioni di intervento previste dagli strumenti programmatici e di pianificazione esistenti.

L'area è vincolata dal punto di vista paesaggistico quale "*Bellezze d'insieme*", in particolare, l'oggetto del vincolo è identificato 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".
Il sito di intervento ricade inoltre all'interno della fascia costiera dei 300 m ed è pertanto vincolato ai sensi dell'art. 142 comma 1 lettera a.
L'intervento a progetto risulta quindi compatibile con la normativa vigente previo rilascio dell'autorizzazione paesaggistica.
È stata redatta apposita relazione paesaggistica (PAE-001) che verrà presentata a corredo dell'istanza di autorizzazione congiuntamente al progetto dell'intervento.

In merito alle proprietà catastali, l'intervento ricade in parte nello specchio acqueo antistante la costa di proprietà del Demanio Marittimo ed in parte nella particella 2506 che appartiene al Demanio pubblico dello Stato - Ramo Marina Mercantile.
Prima dell'inizio dei lavori verrà presentata apposita pratica di concessione demaniale all'Autorità di Bacino.

Per quanto riguarda gli habitat marini, l'area sulla quale sono previste le opere a progetto è interessata direttamente dalla presenza di popolamenti algali fotofili infralitorali di substrato duro.
A distanza maggiore dalla costa è presente anche una prateria di Posidonia oceanica ed una prateria di Cymodocea nodosa.
La cantierizzazione è stata definita in modo tale da non interferire con la prateria di Posidonia presente ad est dell'area oggetto di intervento; è stato inoltre definito un piano di monitoraggio che prevede il rilevamento degli habitat marini ivi presenti attraverso la tecnica di visual census ad opera di ROV o operatori subacquei scientifici.
Il monitoraggio è da svolgere con cadenza triennale al fine di valutare lo stato di salute degli habitat marini in seguito alla realizzazione delle opere.
Per maggiori informazioni si rimanda alla Caratterizzazione delle Biocenosi marine (AMB-002), al Piano di monitoraggio (PMN-001) ed alla Tavola di cantierizzazione (CAN-001) allegate al presente progetto.

Il Piano Urbanistico Comunale di Recco mostra come l'area in oggetto ricada all'interno della fascia di rispetto di 30 m della linea FFSS. (art.49 d.P.R. n°753 del 1980). In merito a quanto sopra, si evidenzia come il Committente è RFI che approverà il progetto internamente ottemperando a tale vincolo.

Nel Piano Territoriale di Coordinamento Paesistico l'area di intervento è mappata all'interno della zona ID-CE: come evidenziato in precedenza, l'intervento risulta essere necessario per la messa in sicurezza della linea ferroviaria, è stato progettato in modo da ridurre il più possibile l'impatto visivo senza compromettere la funzionalità dell'opera e verrà realizzata previo rilascio dell'autorizzazione paesaggistica.

È stato inoltre consultato il Piano di Bacino Stralcio sul Rischio Idrogeologico: le opere a progetto interessano lo specchio acqueo antistante la costa e non interferiscano con il reticolo idrografico significativo.
Dalla Carta della suscettività al dissesto è emerso come la zona oggetto di intervento ricada a ridosso di aree a suscettività media e bassa.
L'intervento a progetto non interessa direttamente il versante e risulta quindi compatibile con la normativa vigente senza la necessità di redigere relazioni specialistiche e richiedere autorizzazioni specifiche.
L'opera, finalizzata principalmente alla protezione del viadotto ferroviario, risulta altresì migliorativa per quanto riguarda la tutela del versante e della costa in generale.
Inoltre, la zona oggetto di intervento non risulta essere soggetta a vincolo idrogeologico.

Infine, per quanto riguarda il Progetto di Utilizzo delle Aree Demaniali Marittime (PUD), le zone interessate dall'intervento sono identificate come Spiaggia Libera e Area nautica in concessione a privati e rimarranno tali anche a fine lavori, ovviamente con superfici maggiori alla luce dell'aumento della zona compresa tra la linea di battigia ed il viadotto.

Per informazioni più dettagliate si rimanda alla Relazione sui vincoli territoriali, urbanistici ed ambientali (GEN-002) allegata al presente progetto.

7 BONIFICA ORDIGNI BELLICI

Come riportato in precedenza, gli interventi a progetto prevedono il ripascimento della spiaggia, il livellamento del fondale e la realizzazione di un pennello.

I lavori prevendono quindi dei volumi di riporto di notevole entità, mentre i volumi di scavo sono molto limitati in quanto i massi verranno posati direttamente sul fondale esistente che risulta prevalentemente in roccia.

Non essendo previste attività di scavo, il rischio di ritrovamento di ordigni bellici inesplosi può essere ritenuto trascurabile.

8 CANTIERIZZAZIONE

L'area oggetto di intervento è la spiaggia di Mulinetti, 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.

A causa dell'impossibilità di raggiungere l'area in esame da terra con i mezzi e i materiali necessari per eseguire l'intervento, si prevede di realizzare l'opera esclusivamente via mare con l'utilizzo di opportuni mezzi marittimi.

L'intervento a progetto prevede il ripascimento della spiaggia, il livellamento del fondale marino e la realizzazione del pennello.

I fondali non consentono la completa esecuzione delle opere direttamente da mare, si prevede quindi di accedere e conferire i materiali da mare, e di eseguire parte delle lavorazioni da terra mediante un escavatore (trasportato con mezzi marittimi).

Di seguito si riporta una breve descrizione delle principali fasi di lavoro.

FASE 1:

- Utilizzo di pontone per realizzare una pista temporanea di cantiere per permettere all'escavatore (trasportato con il pontone stesso) di raggiungere la spiaggia. La pista verrà realizzata nel medesimo materiale che costituirà il ripascimento dell'arenile (massi, sabbia e ghiaia di granulometria pari a circa 30 mm);
- Realizzazione del pennello ad esclusione del tratto più esterno che verrà realizzato in una fase successiva.

La durata complessiva della Fase 1 è pari a circa 3 mesi.

FASE 2A:

- Posa di sabbia e ghiaia di granulometria pari a circa 30 mm sul lato della spiaggia più interno (in prossimità delle pile del viadotto).

La durata complessiva della Fase 2A è pari a circa 3 settimane. Al termine della Fase 2 A l'escavatore a terra verrà allontanato dall'area di cantiere.

FASE 2B:

- Posa di sabbia e ghiaia di granulometria pari a circa 30 mm in corrispondenza della linea di frangimento delle onde mediante l'utilizzo del pontone;
- Completamento del pennello.

La durata complessiva della Fase 2B è pari a circa 5 settimane. Le lavorazioni verranno eseguite interamente da pontone.

FASE 3:

- Realizzazione del livellamento del fondale con posa di massi di IV cat. nella zona depressa compresa tra i due affioramenti rocciosi sommersi.

La durata complessiva della Fase 3 è pari a circa 2 mesi. Le lavorazioni verranno eseguite interamente da pontone.

ALLEGATO 1

MONOGRAFIE

DENOMINAZIONE:	GPS 1
COMUNE:	RECCO - Mulinetti

FOTOGRAFIA:





COORDINATE CARTOGRAFICHE:	
UTM-ETRF89 zona 32N	GAUSS-BOAGA
Cod. ESPG: 25832	Cod. ESPG: 3003
Nord: 4912125.844	Nord: 4912143.561
Est: 510345.537	Est: 1510372.937
QUOTA ELLISSOIDICA: 46.232 mt	QUOTA GEOIDICA IGM: 1.208 mt
COORDINATE GEOGRAFICHE WGS84:	
Latitudine: 44°21'44.3"N	Longitudine: 9°07'47.3"E

DENOMINAZIONE:	GPS 2
COMUNE:	RECCO - Mulinetti

FOTOGRAFIA:





COORDINATE CARTOGRAFICHE:

UTM-ETRF89 zona 32N	GAUSS-BOAGA
Cod. ESPG: 25832	Cod. ESPG: 3003
Nord: 4912131.549	Nord: 4912149.266
Est: 510331.143	Est: 1510358.542
QUOTA ELLISSOIDICA: 46.816	QUOTA GEOIDICA IGM: 1.792
COORDINATE GEOGRAFICHE WGS84:	
Latitudine: 44°21'44.586"N	Longitudine: 9°07'47.7436"E

ALLEGATO 2

RICHIESTA INTEGRAZIONI DOCUMENTALI

aoorlig - r_liguri - Regione Liguria
Prot-2025-0208134
del 17/04/2025

REGIONE LIGURIA

DIREZIONE GENERALE DI AREA
SVILUPPO E TUTELA DEL TERRITORIO,
INFRASTRUTTURE E TRASPORTI

DIREZIONE GENERALE AMBIENTE

Settore Valutazione Impatto Ambientale e sviluppo sostenibile

n. rif. S1034
Class./Fasc. 2025/13.17.1.0.0/6

Oggetto: **S1034** – Procedimento di Verifica di assoggettabilità a VIA sul progetto di "*Consolidamento della Scarpata alla base della pila 4 del viadotto Mulinetti al km 18+556 della linea ferroviaria Genova-La Spezia (Lotto 2) con ripristino delle relative opere, in località Mulinetti nel comune di Recco*"

Proponente: Rete Ferroviaria Italiana S.p.A.

Richiesta integrazioni documentali, ex art. 19, comma 6, del D. Lgs. n. 152/2006.

A Rete Ferroviaria Italiana S.p.A.
rfi-dpr-dtp.ge.utl@pec.rfi.it

E, p.c.
All'Autorità di Bacino distrettuale dell'Appennino Settentrionale
adbarno@postacert.toscana.it

All'ARPAL Direzione Scientifica
U.O. Pianificazione strategica
c.a. Ing. Marco Barbieri
arpal@pec.arpal.liguria.it

Al Comune di Recco
protocollo@pec.comune.recco.ge.it

Alle strutture regionali:

Ecologia

Ecosistema Costiero e Acque

Difesa del Suolo Genova

Tutela del Paesaggio e Demanio Marittimo

Urbanistica

LORO SEDI

Con riferimento al procedimento in oggetto, con la presente si comunica che le integrazioni giunte nella precedente fase di completezza documentale, con nota Prot-2025-128557 del 05.03.2025, trovano un riscontro parziale a quanto richiesto con nota Prot-2025-89285 del 18.02.2025 e, a seguito della fase pubblica, allo scrivente Settore sono pervenuti contributi che evidenziano la necessità dei seguenti approfondimenti progettuali, ai sensi dell'art. 19, comma 6, del D. Lgs. 152/2006.

Nella nuova planimetria di progetto la quota dell'arenile, quindi il profilo della spiaggia emersa, nella parte a monte, risulta più alta della quota del pennello e ciò favorisce un possibile by-passaggio di materiale verso levante nel corso delle mareggiate. Le possibili perdite verso levante, dovute alla minor quota del pennello, potrebbero costringere ad utilizzare un volume di ripascimento inferiore a quello previsto e quindi a diminuire l'ampiezza della spiaggia di progetto, con la conseguenza di rendere meno efficace la difesa della linea ferroviaria.

Tenuto conto che la finalità dell'intervento è difendere la linea ferroviaria con la realizzazione di un arenile in grado di smorzare l'energia dell'onda incidente e che, pertanto, è imprescindibile individuare una soluzione che sia la più affidabile possibile.

Ciò premesso, si chiede che venga effettuata una modellazione che individui la soluzione più efficace per le suddette finalità. Ad ogni modo il progetto che verrà presentato deve prevedere che la quota del pennello, nella parte a monte, rispetto alla quota dell'arenile sia più alta e tale da evitare il possibile by-passaggio di materiale verso levante nel corso delle mareggiate.

Il materiale integrativo dovrà essere prodotto improrogabilmente entro 30 giorni dal ricevimento della presente. Nel caso in cui la documentazione non venga trasmessa entro il termine stabilito l'istanza si intenderà respinta e il procedimento sarà archiviato.

Si precisa che tutti i contributi istruttori pervenuti al Settore scrivente sono pubblicati sul sito istituzionale regionale fra i procedimenti di VIA in corso nella cartella della documentazione dedicata al procedimento in oggetto.

Si resta a disposizione per eventuali chiarimenti e si porgono distinti saluti.

Il Dirigente
Dott.ssa Paola Carnevale

Firmato digitalmente da:
PAOLA CARNEVALE
Regione Liguria
Firmato il: 17-04-2025 09:23:56
Certificato valido dal 06-06-2023 al 06-06-2026

VG/vg