PROVINCIA DI IMPERIA COMUNE DI IMPERIA COMUNE DI DIANO MARINA

FONDO PER LO SVILUPPO E LA COESIONE (FSC) 2021-2027

Accordo per la Coesione Stato – Regione Liguria sottoscritto il 22/09/2023 (DGR n. 910 del 25/09/2023) · Delibera CIPESS n. 22 del 23/04/2024 (G.U. n. 167 del 18/07/2024) · scheda intervento **FSC_RI_290**

«Questo intervento è realizzato con le risorse nazionali della coesione»

CICLOVIA TIRRENICA – LOTTO PRIORITARIO, COMPLETAMENTO FASE A: RINFORZO MURO DI SOTTOSCARPA INCOMPIUTA

Sub-intervento: Interventi in Comune di Imperia

3° stralcio della pista ciclopedonale nel tratto della strada ex S.S. n. 449 cd. «Incompiuta» — Comuni di Imperia e Diano Marina (IM)

CUP	CIG (appalto integrato)	IMPORTO SUB-INTERVENTO
G11B22001380009	**B471D97C02**	**€ 9.836.452,87**

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO-ECONOMICA

posto a base di gara per APPALTO INTEGRATO ai sensi degli artt. 41 c. 5 e 44 del D.Lgs. 36/2023 e dell'Allegato I.7

Progettazione non gestita con metodi e strumenti BIM — esclusione motivata ex art. 225-bis c. 2 D.Lgs. 36/2023

PARTE D'OPERA

☐ GEN – elaborati generali e comuni ☑ OM – opere a mare ☐ MU – muro di sottoscarpa

OGGETTO DELL'ELABORATO	CODICE ELABORATO
RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA OPERE MARITTIME	OM-ILL-R04

SOGGETTO BENEFICIARIO E ATTUATORE DI I LIVELLO

REGIONE LIGURIA
Area Infrastrutture, Trasporti ed Edilizia Ospedaliera U.S.S. Programmi Regionali di Intervento Strategico
Stazione appaltante dei contratti di progettazione
RUP del progetto: **Ing. Chiara Tartaglia**

SOGGETTO ATTUATORE DI II LIVELLO — ENTE CAPOFILA

COMUNE DI IMPERIA
Settore Lavori Pubblici e grandi opere
Assessore **Geom. Gianfranco Gaggero**
Stazione appaltante dell'appalto integrato di lavori
DEC dei contratti di progettazione ex art. 114 e All. II.14: **Ing. Marco Marvaldi**
RUP esecuzione appalto ex art. 15 D.Lgs. 36/2023 e All. I.2: **Ing. Marco Marvaldi**
Convenzione ex art. 15 L. 241/1990 Regione Liguria – Diano Marina

PROGETTISTA — OPERE A MARE

STUDIO BALLERINI INGEGNERI ASSOCIATI
Dott. Ing. Bruno Ballerini · Dott. Ing. Enrica Ballerini
Via Caffaro 27/10 — 16124 Genova
Incarico: Decreto Dirig. Settore Amm.ne Generale R.L. n. 5617 del 29/07/2025 — CIG B471D97C02
Timbro e firma digitale .....

PROGETTISTA — CONSOLIDAMENTO MURO DI SOTTOSCARPA

RTP FLOW ING. — ENVIAREA — GEOL. CARLO MALGAROTTO
Capogruppo mandataria: Flow Ing Srl — Ing. Massimiliano Barbolni
V.le S. Bartolomeo 777/16 – 19126 La Spezia
Incarico: Decreto Dirig. Settore Amm.ne Generale R.L. n. 5694 del 30/07/2025 — CIG B4C321A35F
Timbro e firma digitale .....

Rev.	Data	Descrizione della revisione	Redatto	Verificato	Approvato
00	31/07/2026	PRIMA EMISSIONE	K. Papri	B. Ballerini	E.Ballerini

SOMMARIO

1 Introduzione 3

2 Sicurezza e prestazioni attese dell'opera 5

3 Le risultanze degli studi, delle indagini e delle analisi effettuate 6

3.1 Inquadramento urbanistico e territoriale 6

3.1.1 Carta tecnica regionale 6

3.1.2 Demanio e Catasto 6

3.1.3 Strumenti urbanistici Comunali – PRG Comune di Imperia e PUC Comune di Diano Marina 8

4 Verifica delle interferenze 13

5 Lo studio di inserimento urbanistico 14

6 La pianificazione delle indagini 19

7 La scelta della soluzione 20

7.1 Descrizione delle possibili soluzioni analizzate 20

7.2 Confronto tra le soluzioni analizzate 22

7.3 La soluzione scelta e relative motivazioni 23

8 Articolazione in lotti 31

9 Il dimensionamento preliminare dell'opera 39

9.1 Criteri di progettazione 39

9.2 Determinazione dell'onda di progetto al largo 39

9.3 La trasformazione delle onde dal largo verso la costa 43

9.4 L'attacco ondoso di progetto 45

10 La progettazione 47

10.1 Esposizione del paraggio e clima ondoso 47

10.2 Gli aspetti geologici, geomorfologici, idrogeologici, idraulici, geotecnici e sismici 48

10.2.1 Inquadramento geologico, geomorfologico e idrogeologico 48

10.2.2 Caratterizzazione geotecnica 49

10.2.3 Zonizzazione sismica del sito 49

10.3 I materiali previsti 50

10.4 Effetti sul traffico e sulla mobilità 50

10.5 Analisi di impatto ambientale 51

10.5.1 Rumore 51

10.5.2 Atmosfera 53

10.5.3 Ambiente idrico 54

10.5.4 Vegetazione flora e fauna 54
10.5.5 Piano Territoriale di Coordinamento Paesistico 57
10.6 Il paesaggio 57
10.7 L'interesse archeologico dell'area 58
10.8 Risoluzione delle interferenze 58
10.9 Piano di gestione dei materiali 58
10.10 Bonifica ordigni bellici 58
10.11 Gli impianti 58
10.12 Sicurezza antincendio 59
10.13 Misure di sicurezza 59
10.14 Misure di manutenzione e di monitoraggio geotecnico e strutturale. 59
10.15 Espropri 59

1 INTRODUZIONE

Il presente progetto riguarda la realizzazione di opere a mare per la difesa del muro di contenimento del tratto di pista ciclabile denominata “Incompiuta” che si sviluppa lungo il litorale compreso tra i Comuni di Imperia e Diano Marina e facente parte della Ciclovia Nazionale Tirrenica.

Il suddetto muro è fortemente esposto alle mareggiate che ne hanno causato evidenti dissesti, per cui sono previsti interventi strutturali di consolidamento finanziati con fondi FESR 2021-2027.

Le opere a mare in progetto sono finalizzate a proteggere il suddetto muro dall’azione erosiva delle onde, per garantire una maggiore durabilità delle previste opere di consolidamento strutturale.

Oltre alle opere a mare aventi le finalità sopra descritte, sono previste alcune opere provvisorie atte a consentire l’esecuzione degli interventi di consolidamento del muro e l’accesso dei mezzi operativi al livello del piede del muro stesso.

Nello specifico, le opere a mare definitive comprendono:

a) SCOGLIERA SOFFOLTA con la funzione di ostacolo nei confronti delle onde incidenti con lo scopo di ridurne drasticamente l’energia e ridurre, in tal modo, l’azione erosiva. L’opera è prevista sul fondale medio di circa -6,00 m l.m.m., prospiciente il tratto interessato dagli interventi di consolidamento del muro e sarà costituita da tre tratti separati da varchi. Ciascun tratto avrà uno sviluppo di circa 300 m il tratto a ponente, 500 m il tratto centrale e 550 m il tratto a levante. L’opera prevista è del tipo “a gettata” realizzata con materiale lapideo di cava (tout-venant e massi naturali di adeguate dimensioni)

b) SCOGLIERA A RIDOSSO DEL MURO DI SOTTOSCARPA DELLA CICLOVIA con la funzione di proteggere il muro di sostegno della strada ciclabile nei confronti dell’azione erosiva delle onde incidenti al piede del muro stesso, nel tratto più a levante in prossimità dell’area camping di Diano Marina. L’opera prevista è del tipo

"a gettata" realizzata con materiale lapideo di cava (tout-venant e massi naturali di adeguate dimensioni)

c) RIPASCIMENTI DI SPIAGGE con lo scopo di dissipare ulteriormente l'energia delle onde che oltrepassano la soffolta e di rendere fruibile il tratto di litorale interessato, a vantaggio dell'economia dei Comuni interessati a spiccata vocazione turistica.

   I ripascimenti prevedono l'impiego di materiale arido di cava di pezzatura adeguata ad assicurare il minor grado di erosione possibile.

d) PENNELLI E SCOGLIERE DI RINFORZO con la funzione di ostacolare il trasporto litoraneo e quindi di trattenere il materiale di spiaggia. Tali opere saranno costituite da materiale lapideo scelto di cava o di fiume di opportune dimensioni e qualità.

Le opere provvisorie atte a consentire l'esecuzione degli interventi di consolidamento del muro di sostegno della ciclovia, sono:

1) PISTA DI CANTIERE PROVVISORIA ALLA BASE DEL MURO, atta a consentire il transito e le manovre dei mezzi terrestri di cantiere e le lavorazioni sul muro;

2) STRADA DI ACCESSO ALLA PISTA DI CANTIERE, finalizzata a consentire l'accesso de mezzi di cantiere e l'esecuzione degli interventi di consolidamento alla base del muro. L'opera è prevista a partire dall'esistente "Belvedere" a levante della spiaggia denominata "Galeazza" e sarà protetta lato mare da una scogliera costituita da massi naturali di cava. Una volta completati gli interventi sul muro, è previsto il ripristino dello stato dei luoghi, con particolare riferimento al versante del "Belvedere".

2 SICUREZZA E PRESTAZIONI ATTESE DELL'OPERA

Il progetto delle previste opere di difesa a mare fa riferimento ai criteri di sicurezza per le opere marittime, tenendo conto della vita utile prevista per l'opera principale oggetto di consolidamento, costituita dal muro di sottoscarpa della ciclovia.

I parametri di riferimento sono i seguenti:

a) Vita utile di progetto: L = 50 anni

b) *P*robabilità di superamento di *H* nell'intervallo di tempo *L*

c) Tempo di ritorno dell'onda di progetto: *Tr*

Tenuto conto che le opere di difesa di cui al presente progetto sono di tipo flessibile, nel caso in esame, si assume, per il caso di danneggiamento incipiente, una ripercussione economica bassa e un rischio di vita umana limitato. Questo implica una probabilità di superamento E = 0,50 per una vita di progetto di 50 anni, da cui deriva un tempo di ritorno atteso

Tr = 73 anni

Per quanto riguarda la scogliera provvisoria di protezione della pista di cantiere, in prima analisi, viene fissata una dimensione media dei massi di 2 t che da una stima di massima possono ragionevolmente garantire la stabilità della scarpata per un'altezza d'onda massima di circa 2,30 m.

3 LE RISULTANZE DEGLI STUDI, DELLE INDAGINI E DELLE ANALISI EFFETTUATE

3.1 Inquadramento urbanistico e territoriale

3.1.1 Carta tecnica regionale

Le nuove opere di difesa interessano, in parte, il tratto di litorale al piede del muro di sostegno della strada ciclopedonale, come evidenziato nell'estratto CTR riportato di seguito e, in parte, il fondale antistante su una profondità media di circa 6 m s.l.m.m.

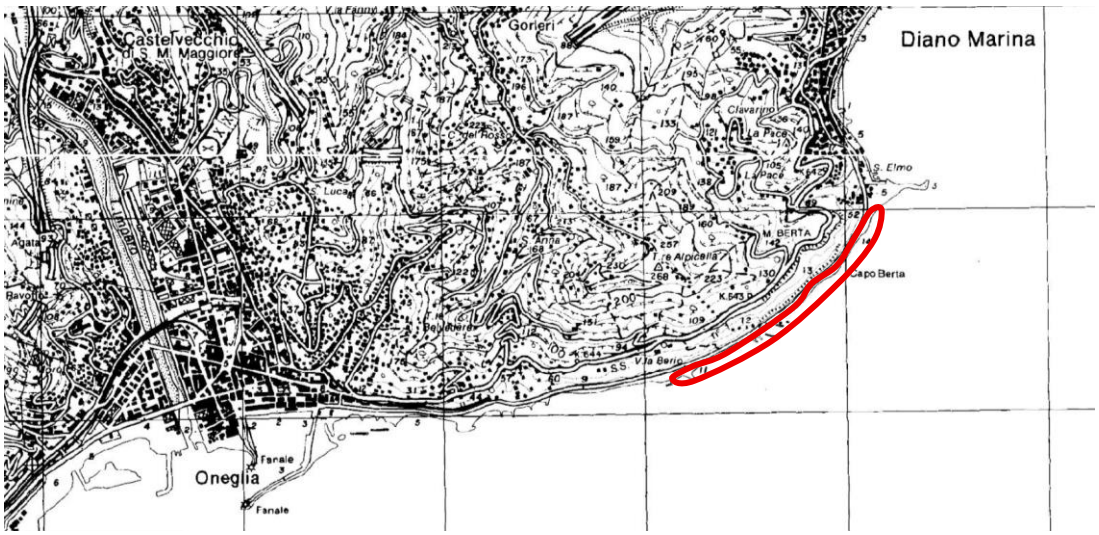


Figura 1 Estratto CTR – Identificazione dell'area di intervento

3.1.2 Demanio e Catasto



Figura 2 Dividente demaniale (da Geoportale Regione Liguria)

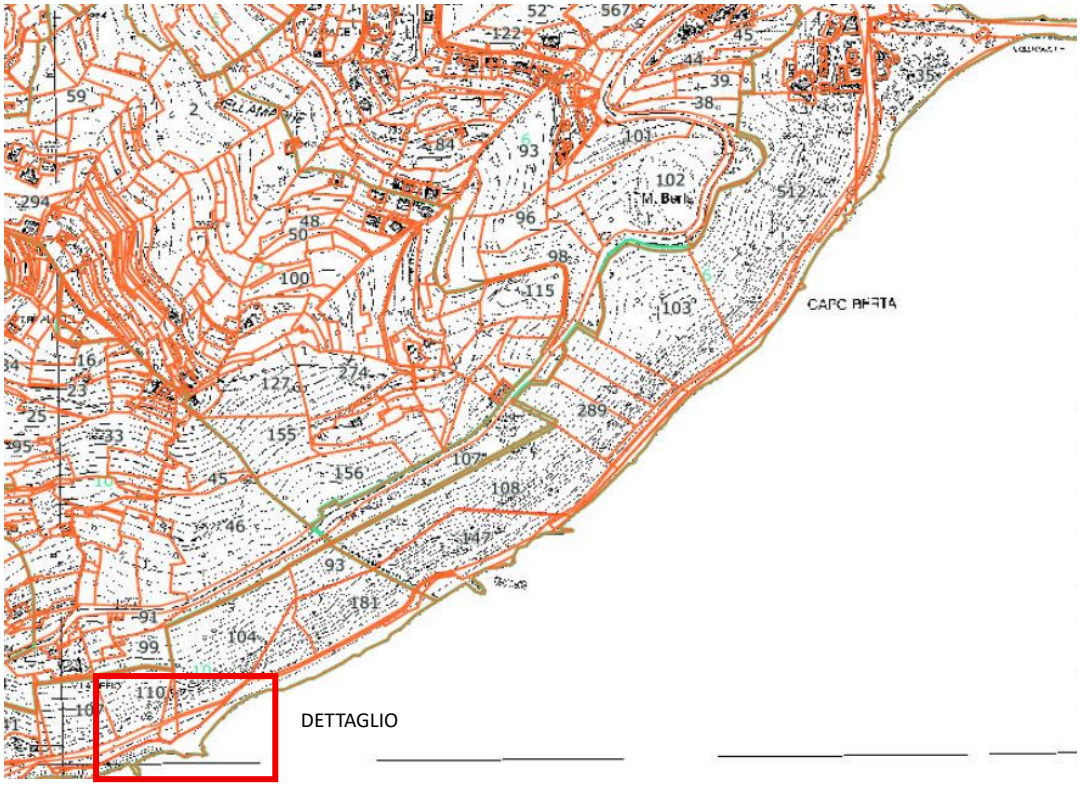


Figura 3 Estratto mappa catastale (da Geoportale Regione Liguria)



DETTAGLIO

3.1.3 Strumenti urbanistici Comunali – PRG Comune di Imperia e PUC Comune di Diano Marina

3.1.3.1 Zonizzazione

Il tratto di litorale interessato dalla costruzione della nuova opera di difesa del piede del muro di sottoscarpa della strada ciclopedonale è classificato, nei rispettivi PRG del Comune di Imperia e PUC del Comune di Diano Marina, come segue:

- per il Comune di Imperia: **zone FC: litorale**, normata all'art. 65 delle Norme Tecniche di Attuazione
- per il Comune di Diano Marina: **zona BLN/1: Distretto di trasformazione costiero per la fruizione naturale e le attrezzature connesse alla balneazione**, normata all'art. 71 delle Norme Tecniche di Attuazione

Si riportano di seguito gli estratti delle mappe di zonizzazione per i due Comuni interessati.

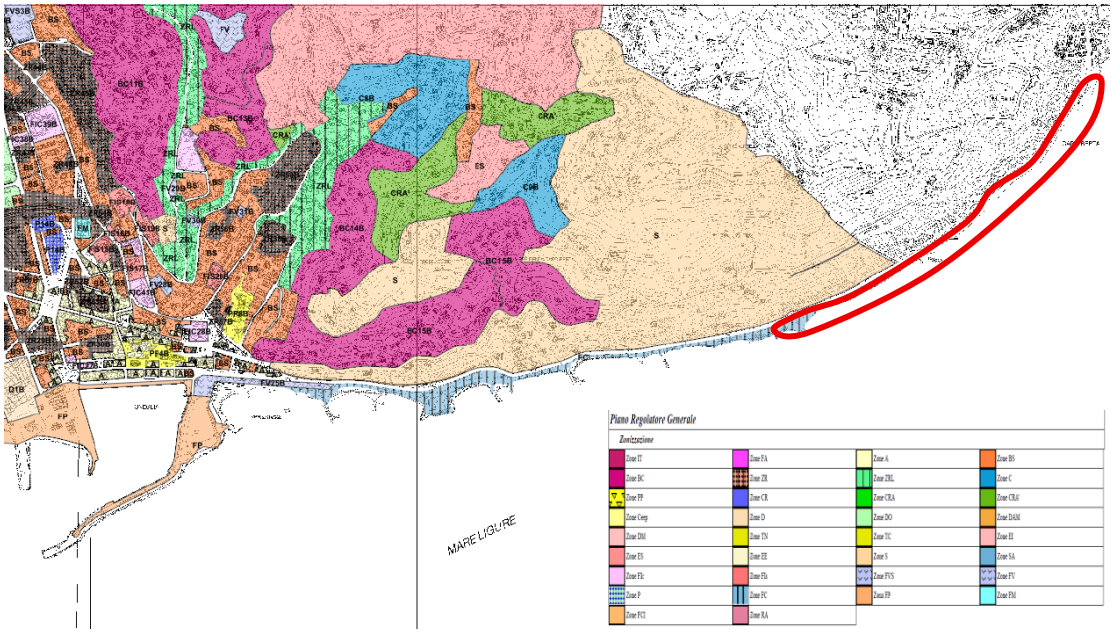


Figura 4 Estratto PRG Comune di Imperia - Zonizzazione

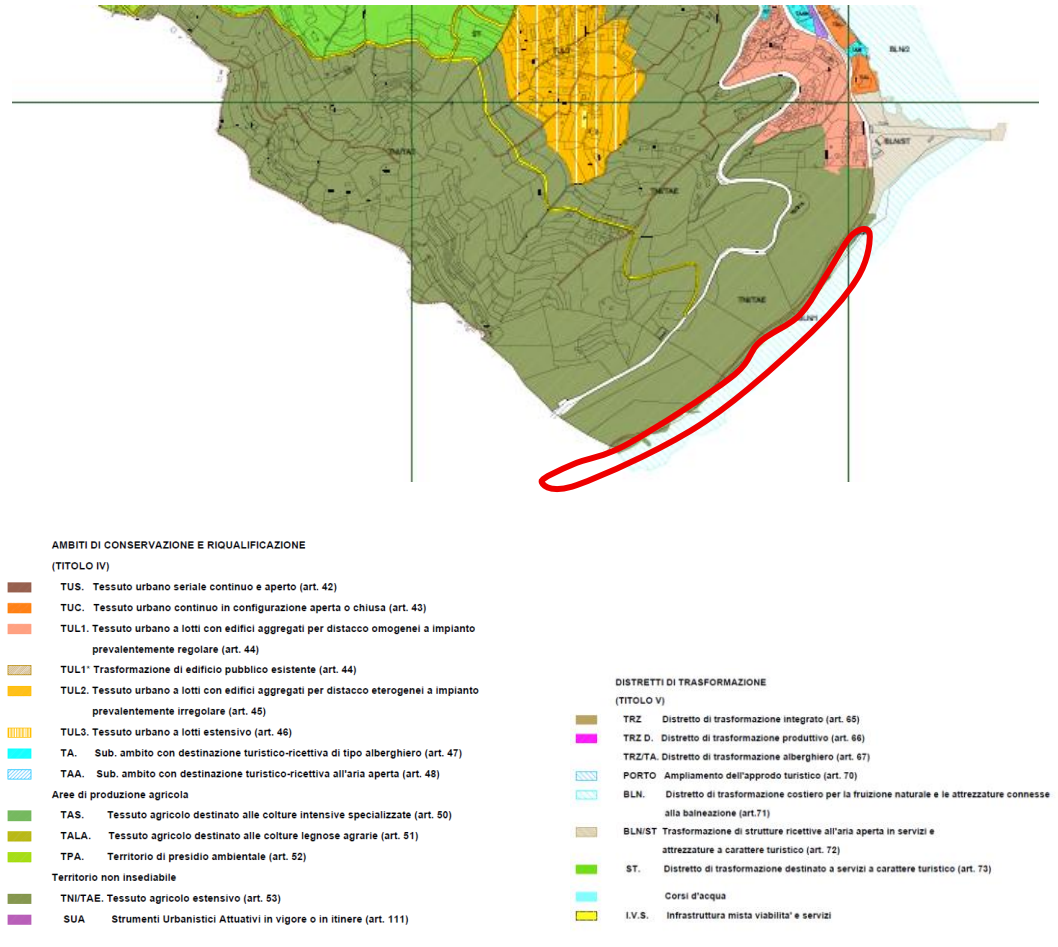


Figura 5 Estratto PUC Comune di Diano Marina - Zonizzazione

Le norme di attuazione del PRG di Imperia e del PUC di Diano Marina prevedono quanto segue:

Norme di Attuazione PRG Imperia:

Art. 65 - Zona "FC" - "FA": litorale

L'utilizzo della fascia costiera distinta negli elaborati del P.R.G. con le sigle "FC"e "FA" disciplinato da uno o più S.U.A. che dovranno darsi carico di quanto segue:
- sistemazione idrogeologica dei luoghi con particolare riferimento alle discariche;
- ricomposizione ambientale del rapporto tra territorio e mare, con particolare riferimento alla conservazione, integrazione e sviluppo delle essenze arboree tipiche della macchia mediterranea;
- definizione del perimetro della zona sul fronte mare;
- individuazione di un sistema di accessibilità e stazionamento veicolare in funzione urbana e turistica;
- recupero e riqualificazione del sistema dei percorsi pedonali o loro progettazione in relazione alla maggiore accessibilità, garantendo un sentiero del litorale che consenta una servitù di passaggio per i pedoni e realizzi quindi un itinerario che costeggi il mare;
- recupero e valorizzazione delle testimonianze naturali dell'ambiente marino;
- progettazione delle opere di difesa, di recupero e di ampliamento degli arenili e delle attività nautiche;
- la localizzazione in integrazione con l'ambiente con attrezzature ricreative e per lo svago e lo sport e la ristorazione (per queste strutture é ammessa, nella sola zona "FC", la costruzione di una struttura di 500 mc ogni 2000 ml di costa).
- studio dei fondali marini per la loro valorizzazione e tutela.

Norma transitoria

a) Prima dell'attuazione dello S.U.A. sono consentiti gli interventi finalizzati alla posa in opera di cabine mobili (per cabine mobili vanno intese quelle che si trovano inserite in uno stabilimento balneare, non rappresentando altro che un elemento funzionale inscindibilmente legato, come parte integrante, ad un impianto unitario) e la successiva rimozione di queste se avviene nell'ambito della struttura unitaria-stabilimento balneare e sia inscindibilmente connessa con lo svolgimento di tale attività, non sussiste l'obbligo di concessione edilizia per ogni periodico montaggio e smontaggio dei prefabbricati. Esso va configurato ed inquadrato come intervento di manutenzione straordinaria (assoggettata ad autorizzazione edilizia gratuita).
b) E' invece necessaria la concessione edilizia per l'impianto di uno stabilimento balneare del quale è elemento essenziale, la collocazione, il numero ed il tipo delle cabine (anche smontabili) che debbono essere progettate ed approvate a fini edilizi.
Peraltro, una volta ottenuto il rilascio della concessione, le cabine prefabbricate, la loro stagionale rimozione-ricollocazione (fermi restando i parametri edilizi che connotano la preesistenza) non assurge ad autonomo rilievo edilizio, configurandosi come semplice manutenzione.
La sostituzione degli elementi costituenti le cabine ed impianti connessi sarà soggetta ad autorizzazione del Sindaco, previo parere favorevole dell'ufficio tecnico comunale.
La sostituzione degli elementi costituenti le cabine ed impianti connessi sarà soggetta ad autorizzazione del Sindaco, previo parere favorevole dell'ufficio tecnico comunale.
Prima dell'attuazione del S.U.A. sono consentite opere volte alla difesa ed al consolidamento degli arenili e dell'abitato, ed al ripascimento delle spiagge, compresa formazione di barriere, pennelli e frangiflutti.

Norme di Attuazione PUC Diano Marina:

Art.71 - Distretto di trasformazione costiero per la fruizione naturale e per attrezzature connesse alla balneazione (BLN)

1. Fermo restando l'obiettivo principale di garantire l'uso pubblico del demanio marittimo, il Distretto di trasformazione di cui al presente articolo intende perseguire i seguenti obiettivi:

sviluppare una serie di azioni – da inquadrare preferibilmente in un progetto unitario esteso all'unità fisiografica da Capo Berta a Capo Cervo – volte principalmente al recupero delle risorse esistenti per la balneazione. In particolare, gli arenili non potranno subire né riduzioni, né dequalificazioni

riqualificare le opportunità balneari, attraverso lo studio di forme organizzative in grado di attivare un più proficuo rapporto tra accesso alla spiaggia e opportunità ricettive

migliorare l'accessibilità pubblica al mare

stabilire un più corretto rapporto, nei tratti di costa utilizzabili per la balneazione, tra aree in concessione a privati e aree da destinare a spiagge libere attrezzate

regolare la realizzazione di opere fisse

disciplinare la realizzazione delle opere amovibili, anche in relazione alla salvaguardia delle visuali dal fronte urbano verso il mare.

2. Il Distretto di trasformazione è suddiviso in tre sottounità fisiografiche, quali subdistretti, delimitate per forma ed estensione nelle tavole di PUC:

a) sottounità fisiografica BLN 1 (Capo Berta)

...omissis...

4. Disciplina funzionale

4.1 La sottounità fisiografica BLN1 è destinata ad attività connesse alla balneazione e ad esse complementari e alla fruizione della riserva naturalistica costiera di Capo Berta.

4.2 La disciplina della sottounità fisiografica dovrà tutelare e valorizzare l'ecosistema costiero, eliminare i fattori di disturbo e di compromissione, provvedere alla difesa e all'equilibrio idraulico, migliorare e regolare la fruizione pubblica delle risorse costiere anche con la riqualificazione della passeggiata a mare, la razionalizzazione e lo sviluppo della funzione balneare, nel massimo rispetto della libertà di accesso agli arenili e qualificandone l'immagine in relazione alle esigenze dei turisti e dei residenti.

4.3 Le eventuali costruzioni devono essere limitate allo stretto indispensabile per garantire l'effettivo e libero uso pubblico delle aree.

...omissis...

4.5 Il complesso degli interventi deve pervenire alla dettagliata definizione dei principi di riorganizzazione degli usi della fascia costiera ed alla sua difesa idraulica, connettendo l'insieme delle opere marittime e di quelle a terra in un sistema atto a salvaguardare l'ambiente, a contenere i fenomeni di degrado, a equilibrare quelli di trasporto e a ripascere le risorse di spiaggia, tendendo alla formazione di un moderno complesso balneare.

4.6 Tutti gli interventi, tanto di difesa idraulica, quanto connessi alle funzioni balneari devono presentare impatti contenuti al minimo strettamente indispensabile, nel rispetto delle caratteristiche morfologiche ed ambientali dell'arco costiero.

...omissis...

4.9 Il complesso degli interventi deve tendere a tutelare e valorizzare l'ecosistema costiero locale, eliminando i fattori di disturbo e compromissione, migliorandone e regolandone la fruizione pubblica, qualificandone l'immagine in relazione alle esigenze dei turisti e dei residenti.

4.10 Le eventuali costruzioni devono essere limitate allo stretto indispensabile per garantire l'effettivo e libero uso pubblico delle aree e le superfici coperte e gli ingombri volumetrici non possono eccedere quelli esistenti alla data di adozione del Progetto Preliminare.

...omissis...

5. Disciplina attuativa

5.1 Tutti gli interventi ammessi nei diversi subdistretti sono assoggettati d'obbligo a PUO di iniziativa pubblica esteso all'intero subdistretto, nel rispetto dei seguenti parametri:
Vol aggiuntivo max = 2.000 mc

H = 3,00 ml

Vp = 10% St

...omissis...

5.3 In tutti i subdistretti di cui ai precedenti commi, in assenza di PUO o nelle more di formazione di questi, sono ammessi esclusivamente interventi diretti per finalità di:

a) manutenzione ordinaria, straordinaria e di consolidamento delle opere indispensabili per la difesa dal mare

...omissis...

L'intervento è, pertanto, compatibile con gli strumenti urbanistici di entrambi i Comuni.

4 VERIFICA DELLE INTERFERENZE

Il prospetto del muro di sottoscarpa della strada ciclabile presenta alcuni sbocchi di tombinature esistenti, che non interferiscono con le opere a mare previste.

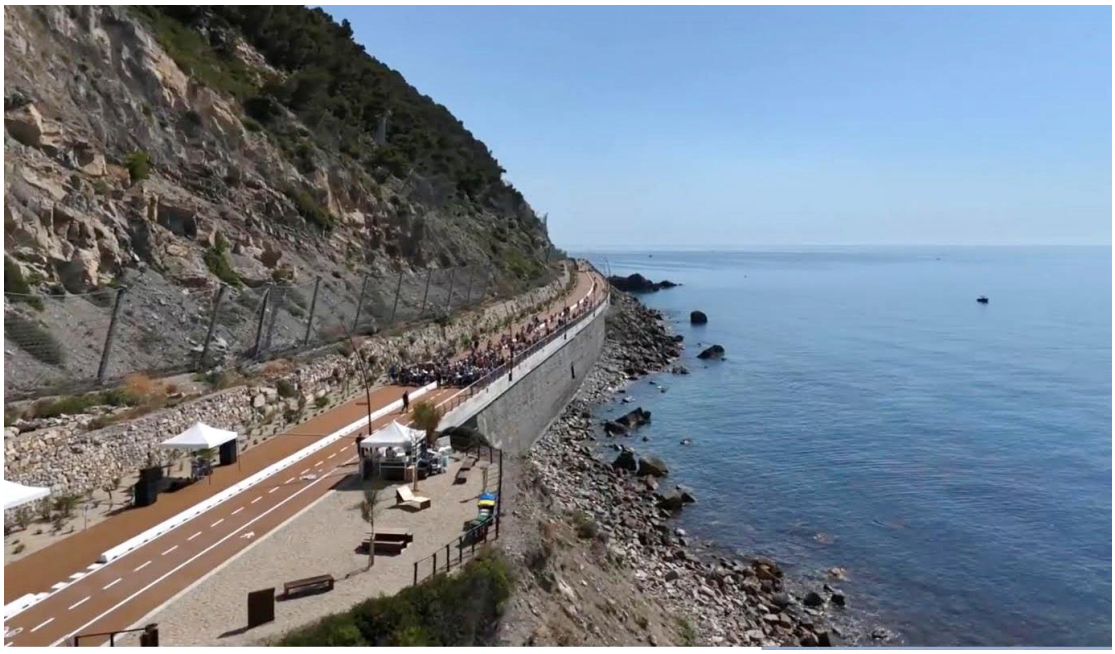
A levante, in corrispondenza della Prog. +1140,00 m, si è accertata la presenza di una tubazione di scarico a mare, che verrà parzialmente interessata dalla prevista scogliera a ridosso del muro di sottoscarpa della ciclovia.

5 LO STUDIO DI INSERIMENTO URBANISTICO

L'area di intervento è interessata dal vincolo paesaggistico in base al D.Lgs. 42/2004.

Nel D.M. 16/11/1962 la zona costiera interessata dall'intervento in progetto è stata inserita tra i siti di "notevole interesse pubblico ai sensi della Legge n. 1497 del 29/06/1939, attualmente sostituita dal D.Lgs. 42/2004.

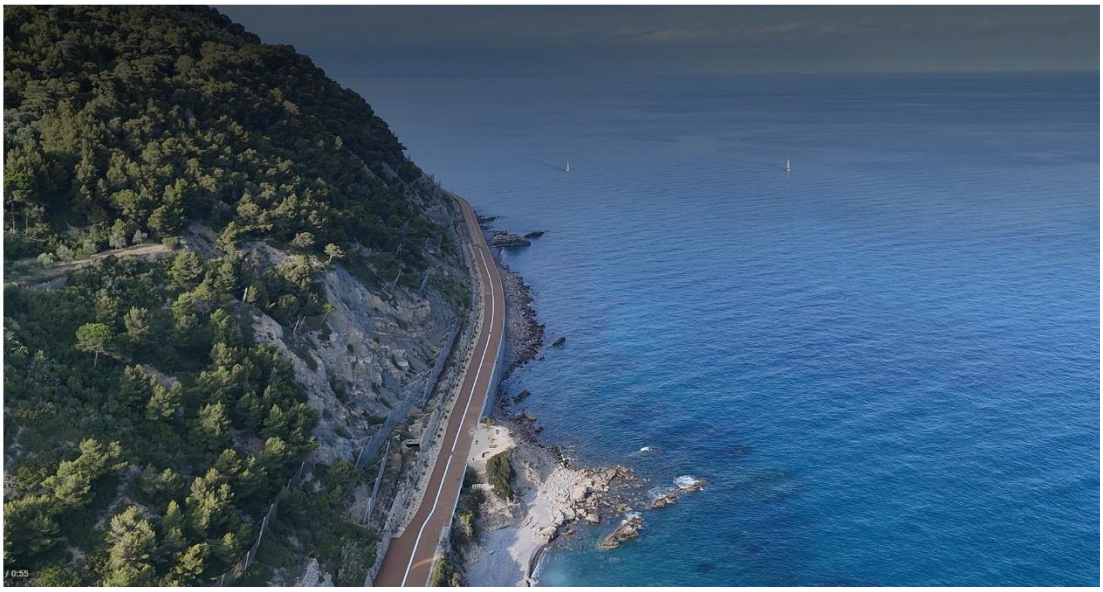
Di seguito si riportano alcune immagini di confronto tra lo stato attuale e quello di progetto.



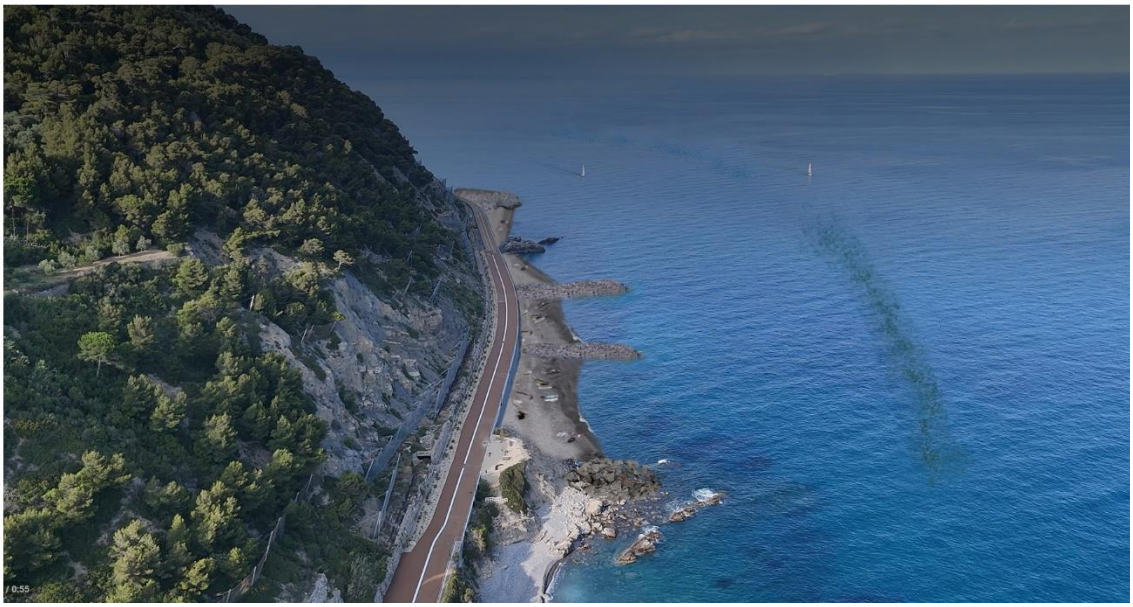
Vista aerea "Belvedere" ponente – Stato attuale



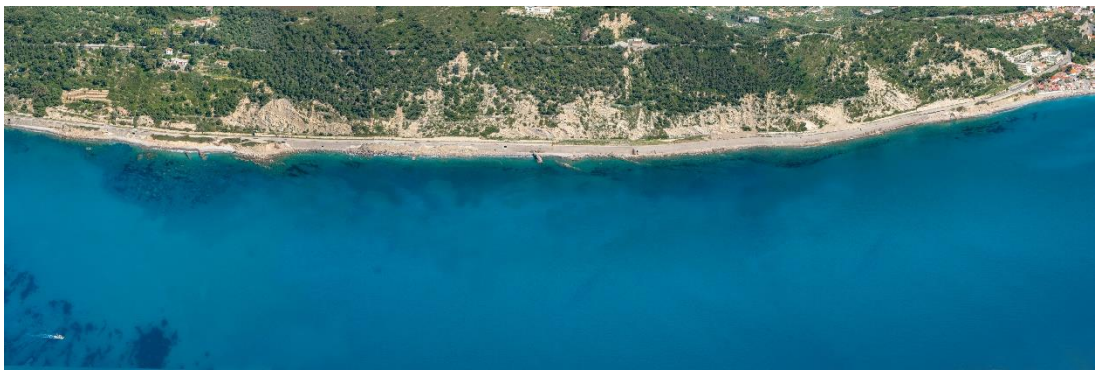
Vista aerea "Belvedere" ponente – Stato di progetto



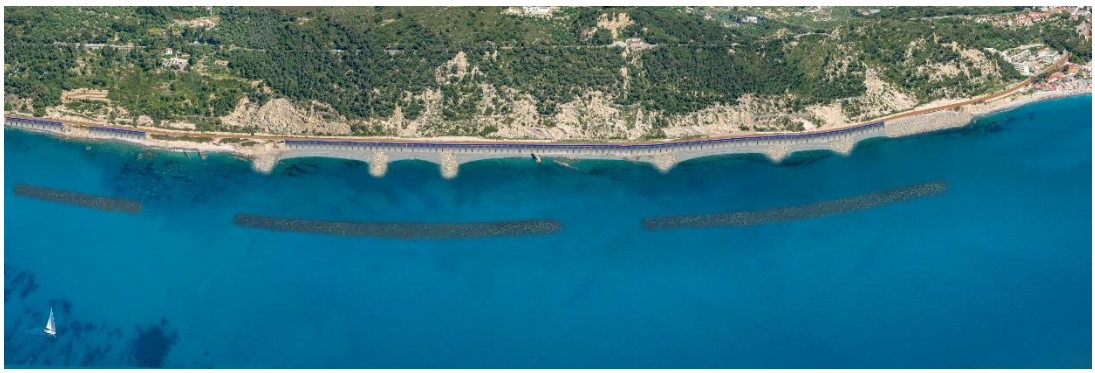
Vista aerea "Belvedere" ponente – Stato attuale



Vista aerea "Belvedere" ponente – Stato di progetto



Vista aerea generale – Stato attuale



Vista aerea generale – Stato di progetto



Vista aerea tratto terminale a levante – Stato attuale



Vista aerea tratto terminale a levante – Stato di progetto

Dal punto di vista paesaggistico sono previste modeste trasformazioni del paesaggio, peraltro in armonia con quanto già realizzato lungo il litorale sia a ponente in Comune di Imperia, sia a levante in Comune di Diano Marina, dove sono presenti spiagge protette da opere di difesa costiera di modeste dimensioni (pennelli). L'opera principale prevista a progetto, costituita dai tre tratti di barriera soffolta, non ha alcun impatto sulla visuale

in quanto subacquea. La stessa potrà emergere solo parzialmente e temporaneamente in occasione delle mareggiate più severe, al passaggio del cavo d'onda.

6 LA PIANIFICAZIONE DELLE INDAGINI

Ai fini della progettazione sono state svolte le seguenti indagini propedeutiche:

- Rilievo plano-altimetrico e batimetrico dell'area interessata dalle nuove opere;
- Indagini meteomarine finalizzate alla determinazione delle onde di progetto, comprendenti:
    - Analisi degli eventi estremi per la determinazione delle onde al largo;
    - Analisi di propagazione delle onde dal largo verso la costa nella configurazione attuale
- Indagine tecnico-naturalistica per la verifica della presenza di specie protette (Posidonia oceanica)

È in corso di esecuzione l'analisi di propagazione delle onde dal largo verso la costa nella configurazione di progetto finalizzata alla verifica dei risultati dei calcoli preliminari della trasmissione delle onde oltre le barriere soffolte eseguiti con i metodi manuali tradizionali sulla base di ipotesi cautelative. Tali analisi richiedono l'implementazione del modello con l'aggiornamento della geometria del fondale per tenere conto delle opere a progetto, la successiva esecuzione delle analisi, il controllo dei risultati, le eventuali correzioni/adattamenti e il controllo finale dei risultati; tutte operazioni che necessitano di tempi tecnici adeguati. I risultati saranno integrati nella presente relazione non appena disponibili.

È, inoltre in corso di programmazione l'indagine finalizzata alla verifica preventiva di interesse archeologico.

Per la caratterizzazione geologica e geotecnica si è fatto riferimento alla documentazione disponibile relativa al progetto degli interventi di consolidamento del muro di sottoscarpa della ciclovia, che si ritiene sufficiente per il livello di progettazione in corso, anche tenuto conto della tipologia di opere da realizzare.

7 LA SCELTA DELLA SOLUZIONE

7.1 Descrizione delle possibili soluzioni analizzate

Ai fini della scelta della soluzione da adottare, si sono esaminate diverse possibilità, a partire da quella di cui al progetto preliminare a base di gara per l'appalto del presente servizio di progettazione che prevedeva la realizzazione, alla base del muro da proteggere, di una scogliera con sommità posta a quota +4,00 con larghezza pari a 4 m e scarpata a mare con pendenza 1/2. Sulla scorta delle indagini meteomarine e delle analisi di propagazione del moto ondoso dal largo verso la costa e dei rilievi batimetrici effettuati, è stata svolta una prima analisi della soluzione di cui sopra, dalla quale sono emerse diverse criticità in merito alla stabilità dei massi di mantellata e alla risalita delle onde. Per garantire la stabilità dei massi naturali di mantellata sotto l'effetto delle onde, le dimensioni sono risultate eccessive nei confronti della reperibilità. L'eventuale impiego di massi di dimensioni minori, implicherebbe l'ammissione di un notevole grado di danneggiamento sia della mantellata, sia del muro appena consolidato, che potrebbe subire notevoli urti indotti dal dislocamento dei massi di mantellata.

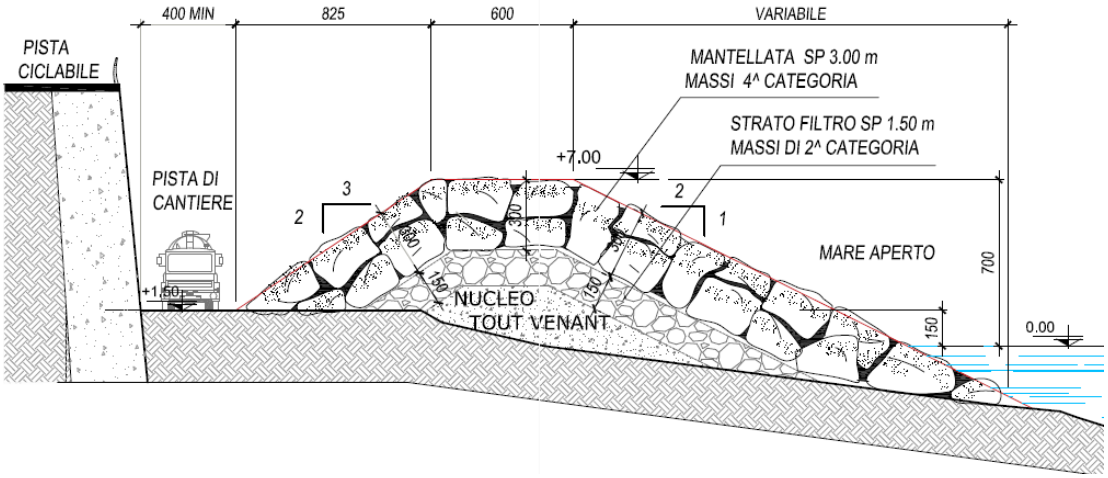
A seguito di ciò, essendo emersa nel corso dei primi incontri con l'Amministrazione appaltante la necessità di realizzare una pista di cantiere alla base del muro sottostante la ciclovia per consentire l'esecuzione dei relativi lavori di consolidamento, si sono si sono prese in considerazione altre ipotesi che potessero consentire di raggiungere gli obiettivi richiesti.

Tenuto conto della particolare esposizione del paraggio alle mareggiate, in particolar modo provenienti dai settori meridionali, qualsiasi opera di difesa deve avere caratteristiche geometriche e di peso adeguate a resistere ad onde di notevole energia. Tra le varie soluzioni possibili sono state analizzate quelle più consone al caso in esame:

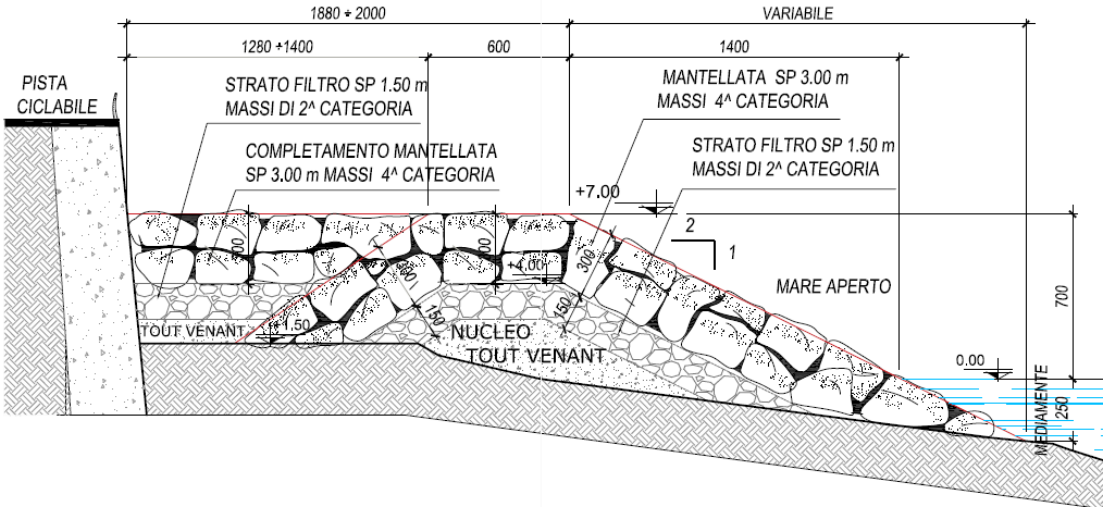
1. Una scogliera simile alla precedente ma più imponente con quota della sommità +7,00 m s.l.m.m., da realizzarsi in due fasi, in modo tale da consentire, in prima fase, di ricavare una pista carrabile al piede del muro per permettere l'esecuzione dei previsti interventi di consolidamento dello stesso e, successivamente, di migliorare la protezione del piede del muro dall'erosione indotta dal moto ondoso, una volta completati gli interventi di cui sopra. Le caratteristiche geometriche sono le

seguenti: larghezza in sommità 6 m in prima fase e circa 20 m in fase definitiva; pendenza della scarpata a mare ½, Questa soluzione prevedeva la realizzazione dell'opera di difesa da terra, sfruttando i detriti di frana presenti a valle del muro di sottoscarpa della strada ciclopedonale per la costruzione del nucleo ed il suo successivo ricoprimento con uno strato intermedio con massi naturali di cava di II categoria e la realizzazione della mantellata di protezione con massi naturali anch'essi di cava di IV categoria.

SEZIONE TIPICA FASE 1



SEZIONE TIPICA FASE 2



Anche in questo caso, però, pur eliminando il problema della risalita delle onde, il problema legato alla stabilità dei massi di mantellata non veniva risolto.

2. Barriera soffolta in massi naturali di opportune dimensioni e a distanza tali da limitare al massimo eventuali interferenze con la vegetazione presente sul fondale marino e l'ambiente naturale. Questa tipologia di opera consente di dissipare efficacemente l'energia delle onde incidenti prima di raggiungere la spiaggia ed ha il vantaggio di richiedere massi di mantellata di minori dimensioni. La notevole dissipazione delle onde incidenti permette di realizzare opere a terra di dimensioni più contenute, sia nella configurazione provvisoria, sia in quella definitiva.

7.2 Confronto tra le soluzioni analizzate

Dal punto di vista economico, le soluzioni esaminate non si discostano sensibilmente l'una dall'altra, in quanto i volumi di materiale in gioco sono tutti molto simili.

La soluzione 1, elaborata sulla base di quella inizialmente proposta dal progettista degli interventi di consolidamento del muro e inizialmente fortemente appoggiata dall'Amministrazione appaltante, si è dimostrata non percorribile, sia a causa della scarsa stabilità della mantellata a lungo termine (le dimensioni dei massi naturali reperibili non sono sufficienti a garantire la stabilità sotto l'effetto delle mareggiate), sia per l'eccessivo impatto dal punto di vista paesaggistico, in un'area soggetta a vincoli paesaggisti ed ambientali.

La soluzione 2 consente una efficace riduzione delle onde incidenti alla base del muro di sottoscarpa della strada ciclabile, a fronte di un costo di costruzione molto prossimo a quello stimato per la soluzione 1 e del vantaggio di non influire sul paesaggio, in quanto la visibilità dell'opera sarebbe solo parziale e temporanea in occasione delle mareggiate più severe, al passaggio del cavo d'onda che esporrebbe parzialmente la berma, normalmente sommersa. La costruzione dell'opera secondo questa soluzione può avvenire solamente via mare, tramite adeguati mezzi marittimi, evitando, quindi, interferenze con il traffico a terra in una zona a prevalente fruizione turistica caratterizzata da traffico pedonale e ciclistico. Inoltre, questa soluzione non interferisce con la flora marina protetta, ma solo parzialmente con zone interessate da Cymodocea con presenza di Caulerpe nel tratto più a levante.

7.3 La soluzione scelta e relative motivazioni

Nel corso di ripetuti confronti con l'Amministrazione appaltante e con il progettista degli interventi di consolidamento del muro, sono emersi alcuni aspetti ritenuti fondamentali ai fini della progettazione.

L'Amministrazione Appaltante e il progettista degli interventi sul muro di sostegno della ciclovia hanno manifestato la necessità di realizzare alcune opere propedeutiche provvisorie ai fini dell'esecuzione dei suddetti interventi strutturali ed opere definitive finalizzate alla protezione del muro nel lungo termine.

Su richiesta dell'Amministrazione Appaltante le opere a mare definitive, oltre a garantire la difesa del muro di sostegno della ciclovia nella configurazione definitiva di esercizio, dovranno agevolare una migliore fruibilità del litorale che nella maggior parte del tratto interessato dai lavori è ad oggi impraticabile a causa di accumuli di detriti di frana a ridosso del muro stesso e di massi di grandi dimensioni al piede del muro dovuti alla notevole esposizione del paraggio all'azione erosiva delle onde all'assenza di apporti naturali di sedimenti fini, che di fatto impediscono la formazione naturale di spiagge. Nelle foto che seguono è mostrato lo stato attuale del litorale in due tratti rappresentativi, dove si notano, nella prima, il "Belvedere" a ponente, l'accumulo di detriti di frana a ridosso del muraglione di sostegno della ciclovia e, nella seconda, un tratto di litorale dove sono presenti massi di grosse dimensioni e formazioni rocciose affioranti.

Pertanto, la soluzione più adeguata a soddisfate tutti i requisiti richiesti è quella che prevede la realizzazione delle seguenti opere definitive:

e) SCOGLIERA SOFFOLTA con la funzione di dissipare efficacemente l'energia delle onde incidenti e ridurne, in tal modo, l'azione erosiva.

f) SCOGLIERA A RIDOSSO DEL MURO DI SOTTOSCARPA DELLA CICLOVIA con la funzione di proteggere il muro di sostegno della strada ciclabile nei confronti dell'azione erosiva delle onde incidenti al piede del muro stesso, nel tratto più a levante in prossimità dell'area camping di Diano Marina.

g) RIPASCIMENTI DI SPIAGGE con lo scopo di dissipare ulteriormente l'energia residua delle onde che oltrepassano la soffolta

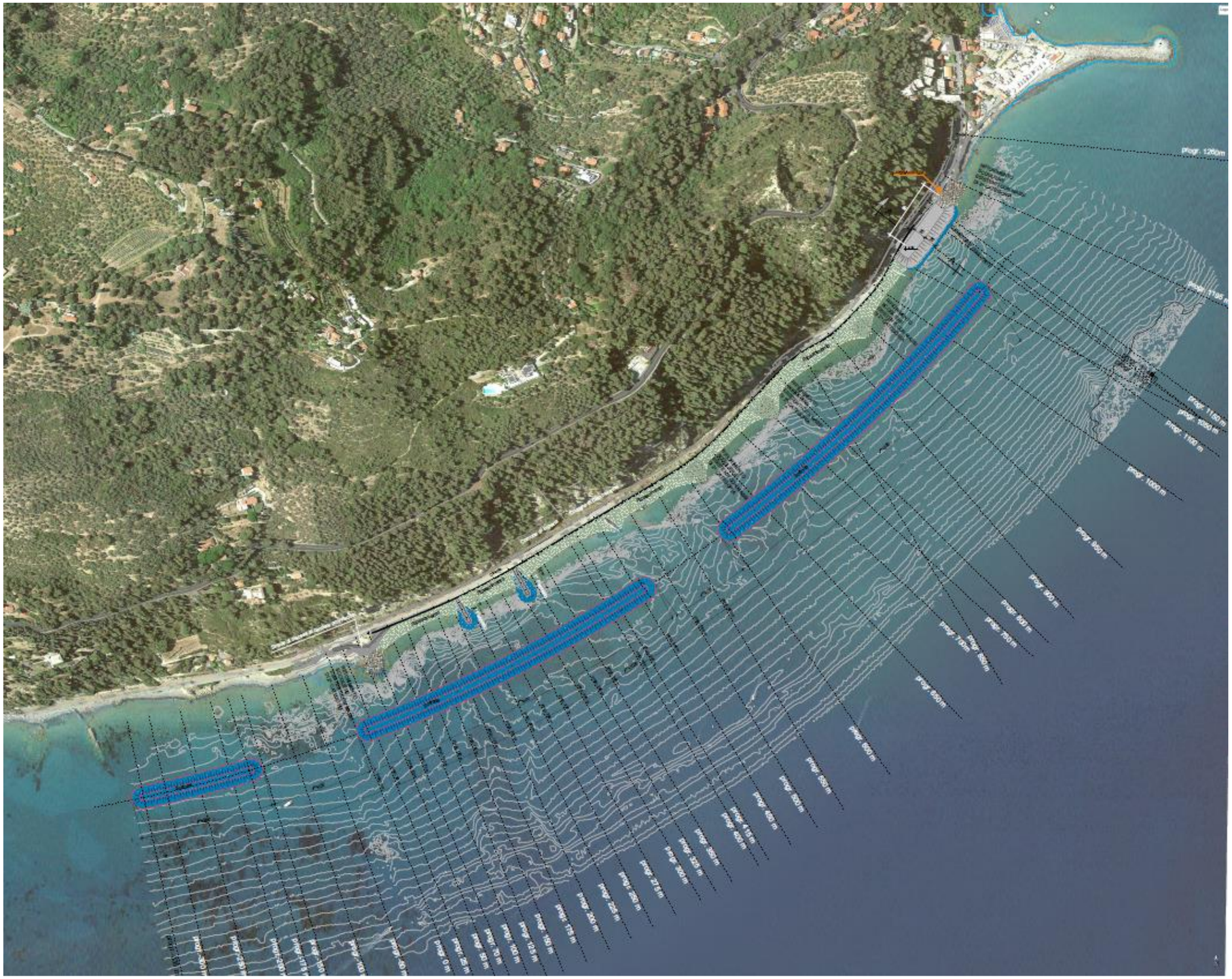
h) PENNELLI E SCOGLIERE DI RINFORZO con la funzione di ostacolare il trasporto litoraneo e quindi di trattenere il materiale di spiaggia.

Le opere provvisorie atte a consentire l'esecuzione degli interventi di consolidamento del muro di sostegno della ciclovia, sono:

3) PISTA DI CANTIERE PROVVISORIA ALLA BASE DEL MURO, atta a consentire il transito e le manovre dei mezzi terrestri di cantiere e le lavorazioni sul muro;

4) STRADA DI ACCESSO ALLA PISTA DI CANTIERE, finalizzata a consentire l'accesso de mezzi di cantiere e l'esecuzione degli interventi di consolidamento alla base del muro.

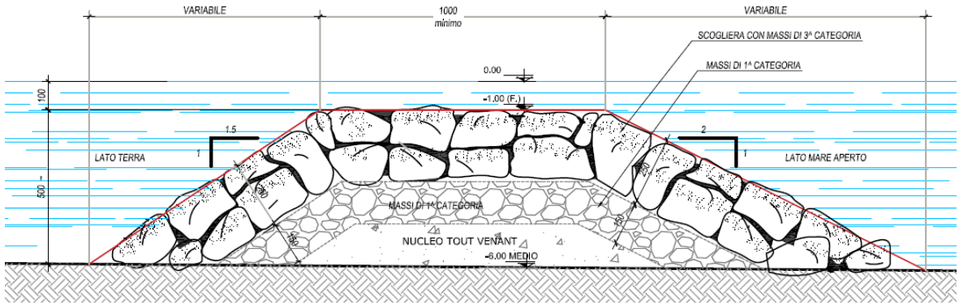
PIANTA DI ASSIEME DELLE OPERE A MARE



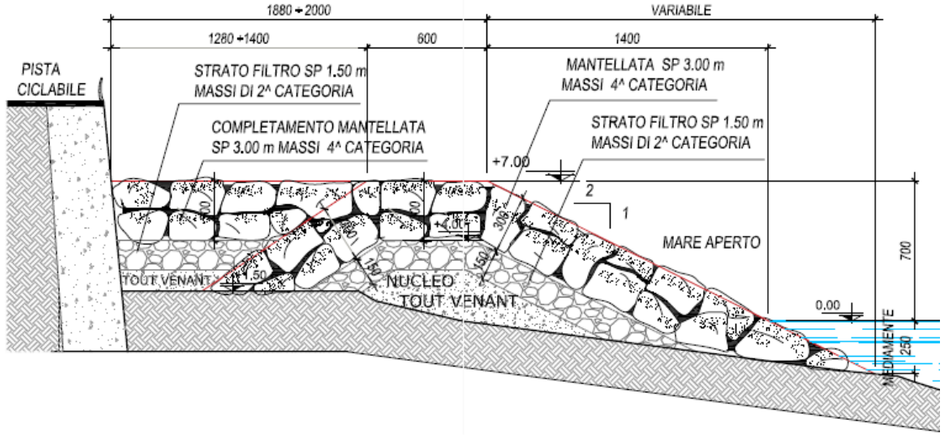
PROSPETTO DA BELVEDERE A SCOLIO GALEAZZONE



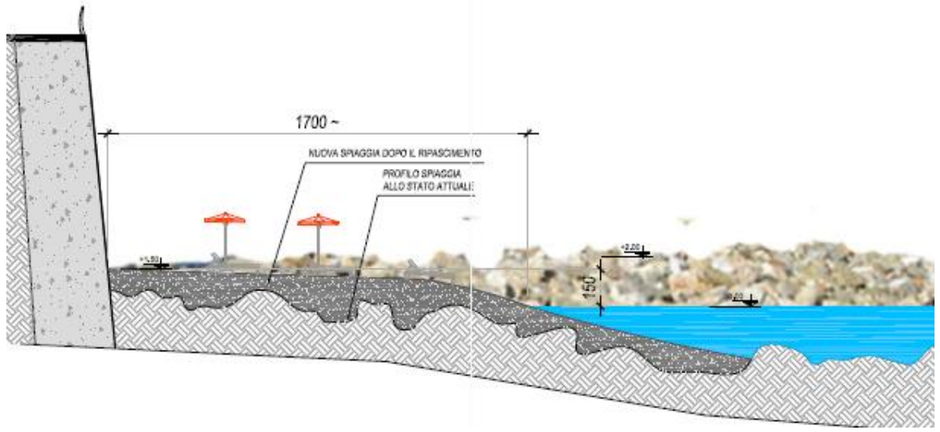
SEZIONI TIPICHE



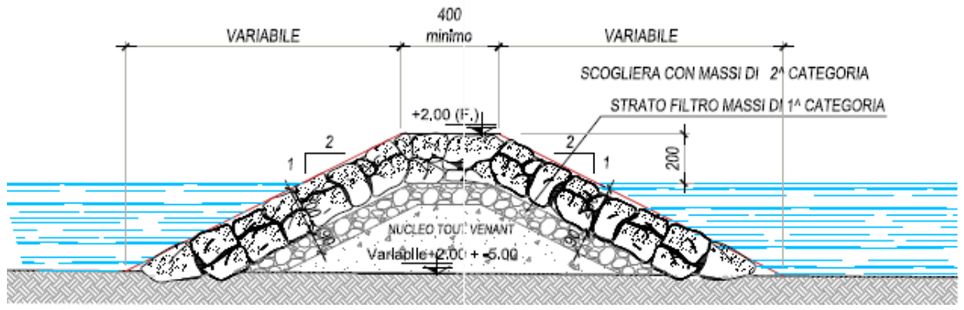
Sezione tipica soffolta



Sezione tipica scogliera di levante

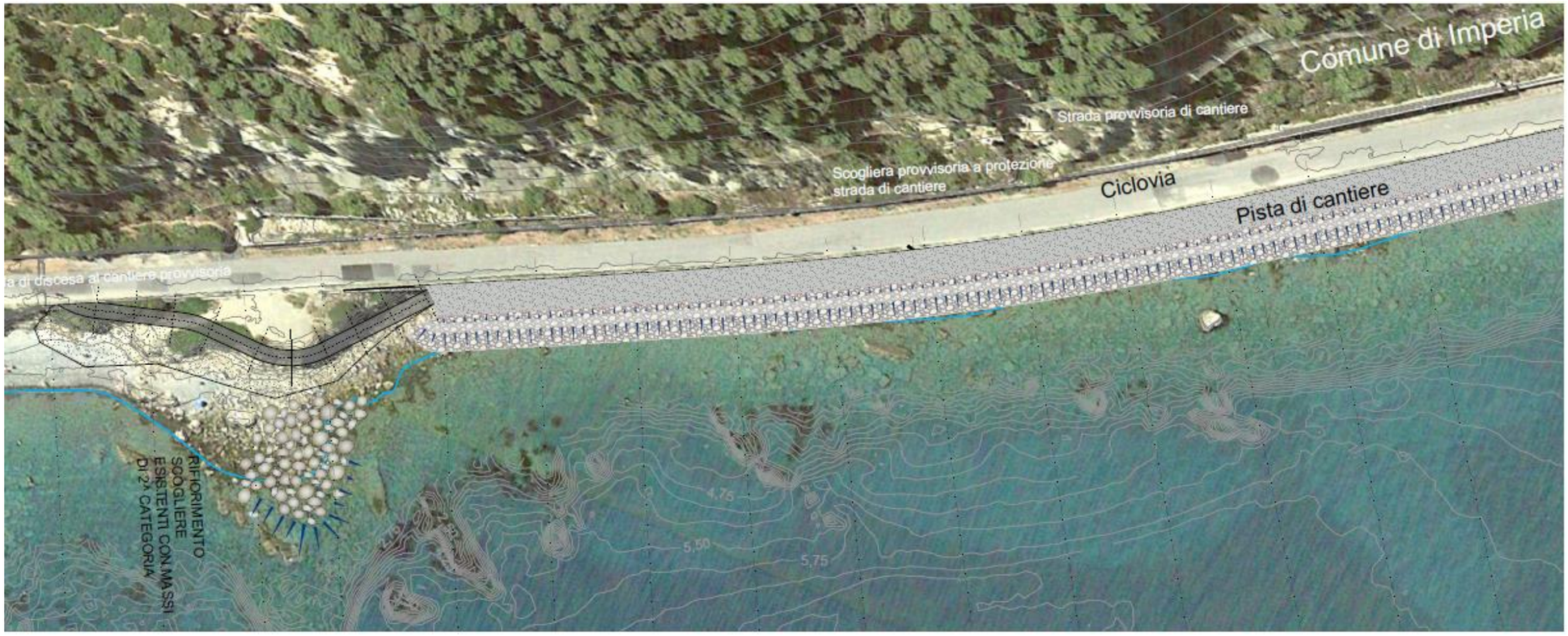


Sezione tipica spiagge

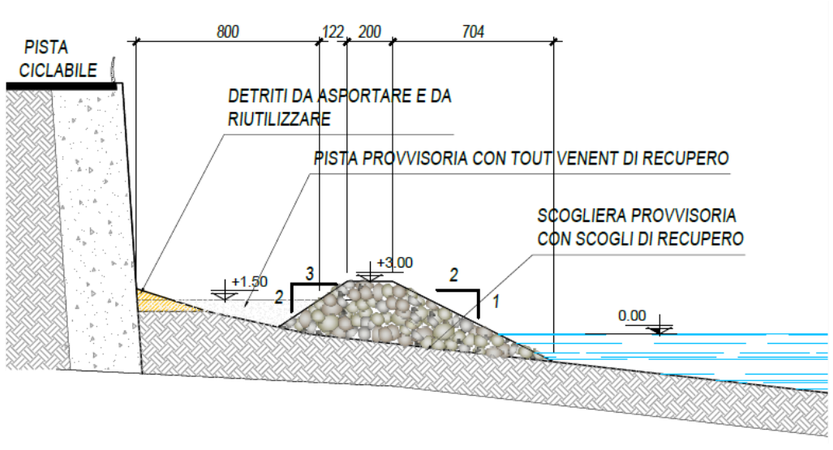


Sezione tipica pennelli

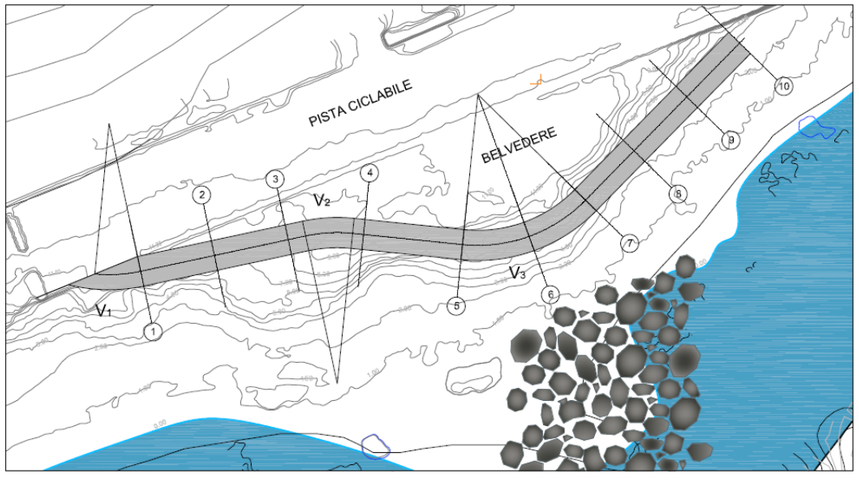
OPERE PROVVISORIE



Pianta di assieme pista di cantiere e relativa strada di accesso



Sezione tipo pista di cantiere

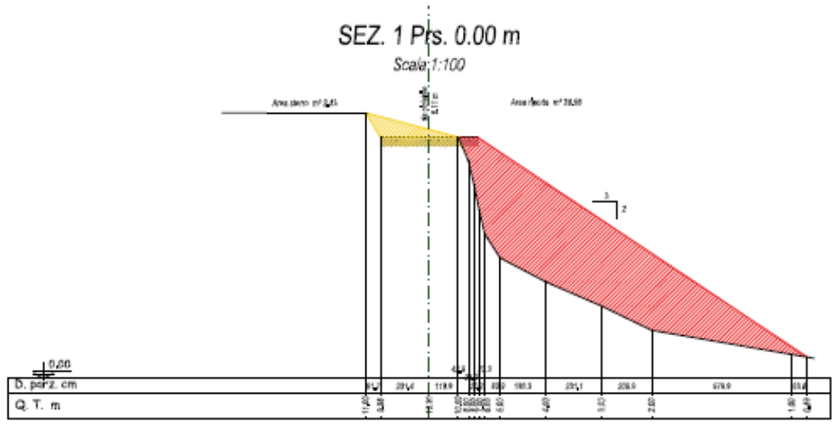


Strada di accesso – Pianta

Sezioni trasversali

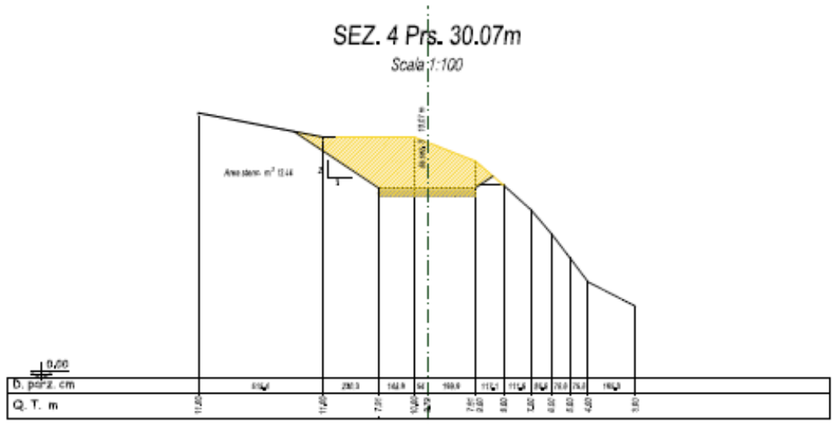
SEZ. 1 Prs. 0.00 m

Scala 1:100



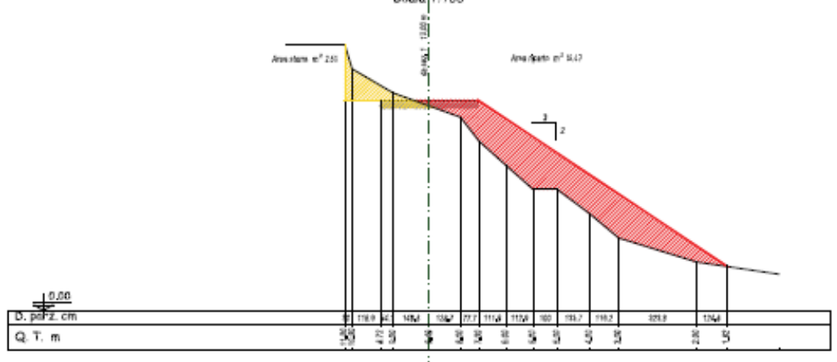
SEZ. 4 Prs. 30.07m

Scala 1:100



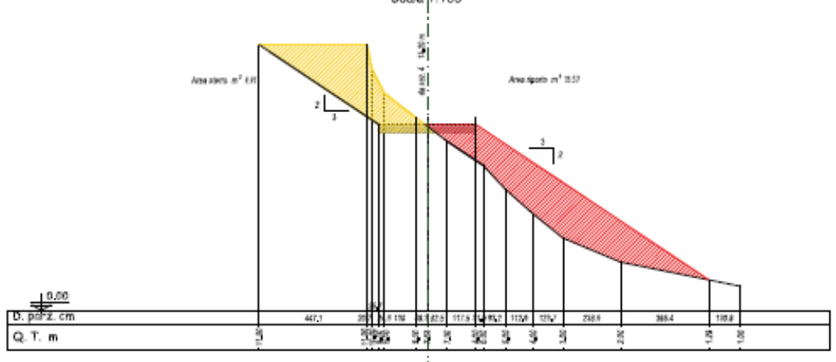
SEZ. 2 Prs. 10.00m

Scala 1:100



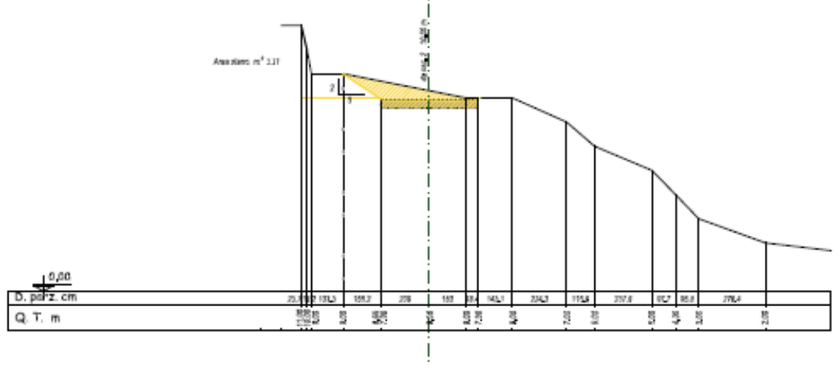
SEZ. 5 Prs. 42.96m

Scala 1:100



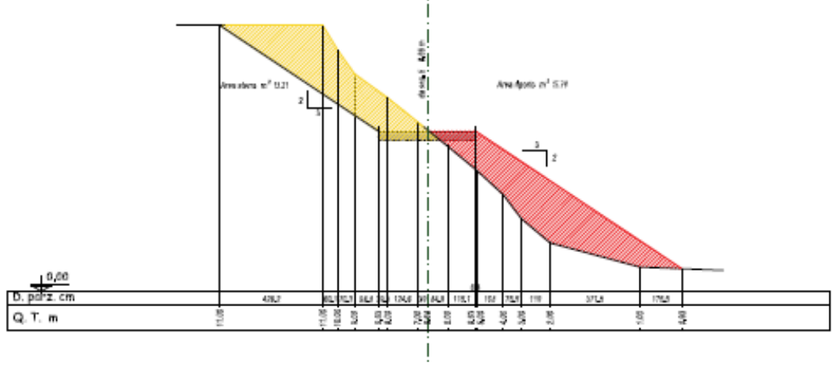
SEZ. 3 Prs. 20.00m

Scala 1:100



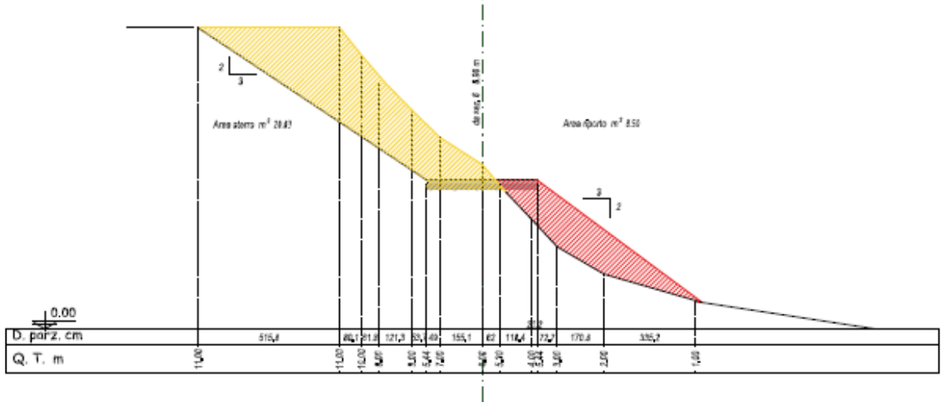
SEZ. 6 Prs. 51.92m

Scala 1:100



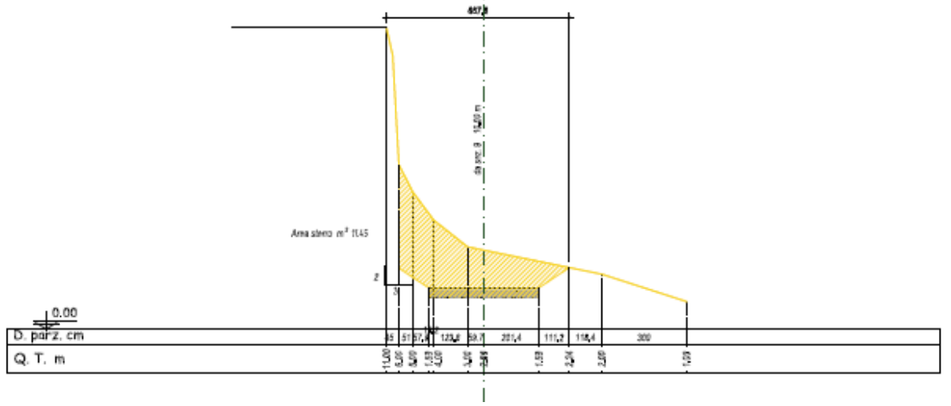
SEZ. 7 Prs. 60.89m

Scala 1:100



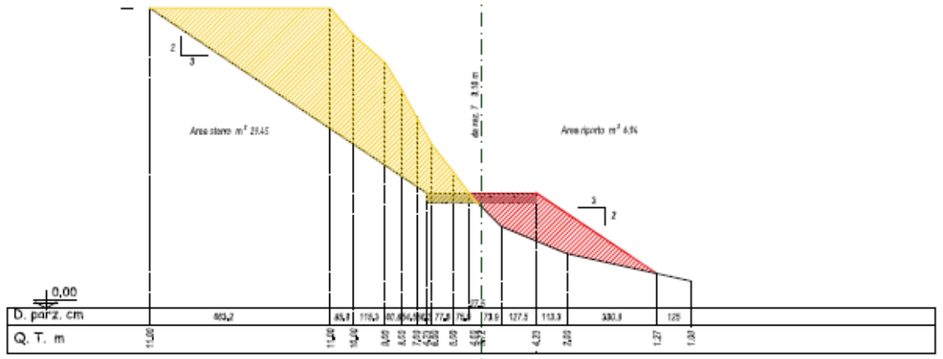
SEZ. 10 Prs. 90.05m

Scala 1:100



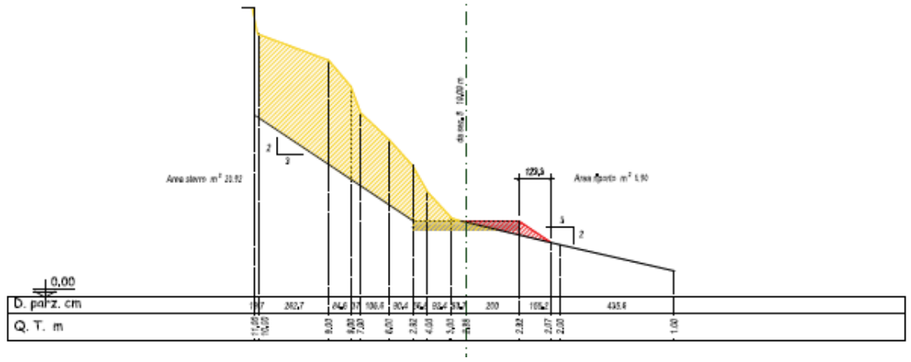
SEZ. 8 Prs. 70.05m

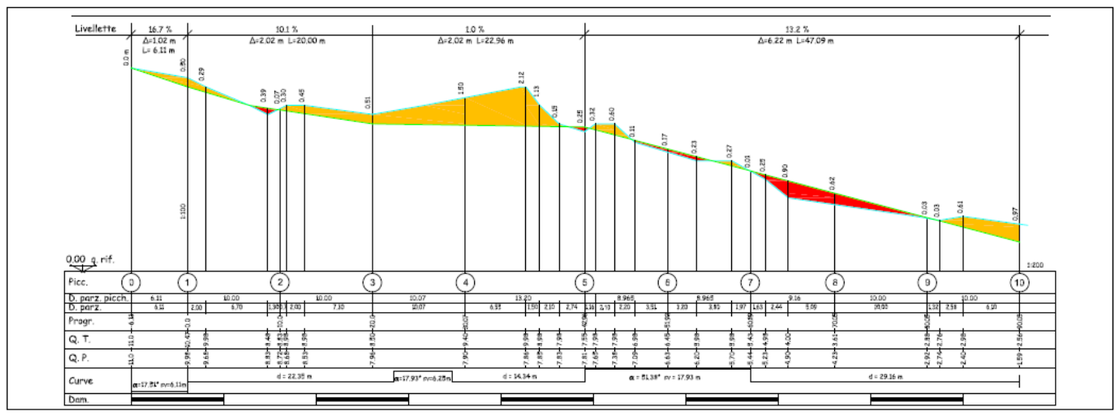
Scala 1:100



SEZ. 9 Prs. 80.05m

Scala 1:100





Strada di accesso – Profilo long.

8 ARTICOLAZIONE IN LOTTI

Considerato che l'intervento complessivo delle opere a mare ha un costo stimato decisamente superiore alle somme stanziate, la realizzazione delle opere è prevista in lotti suddivisi come segue (vedere tavole allegate):

LOTTO 1: questo lotto sarà appaltato nell'immediato con fondi già stanziati. Tale somma consente di realizzare le seguenti opere:

- Opere propedeutiche provvisorie: strada di accesso e pista di cantiere – ripristino stato dei luoghi
- Opere definitive: un primo tratto di soffolta centrale.

Il Lotto 1 è ulteriormente suddiviso in tre fasi da realizzare in sequenza da definire secondo le esigenze della Stazione Appaltante

Fase A

- realizzazione della pista di cantiere provvisoria alla base del muro da consolidare posta a quota +1,50 m s.l.m.m. per consentire l'intervento su un tratto di muro della lunghezza di almeno 400 m;
- una strada provvisoria di accesso alla pista di cui sopra, a partire dal belvedere situato a levante della spiaggia denominata "Galeazza";

Fase B

- ripristino dello stato dei luoghi, con particolare riferimento al versante del "Belvedere"

Fase C

- un tratto di scogliera soffolta sul fondale antistante il tratto di muro oggetto di consolidamento, di lunghezza al piede di 210 m, compatibile con le somme disponibili al netto di quelle impegnate nella realizzazione dei lotti A e B.

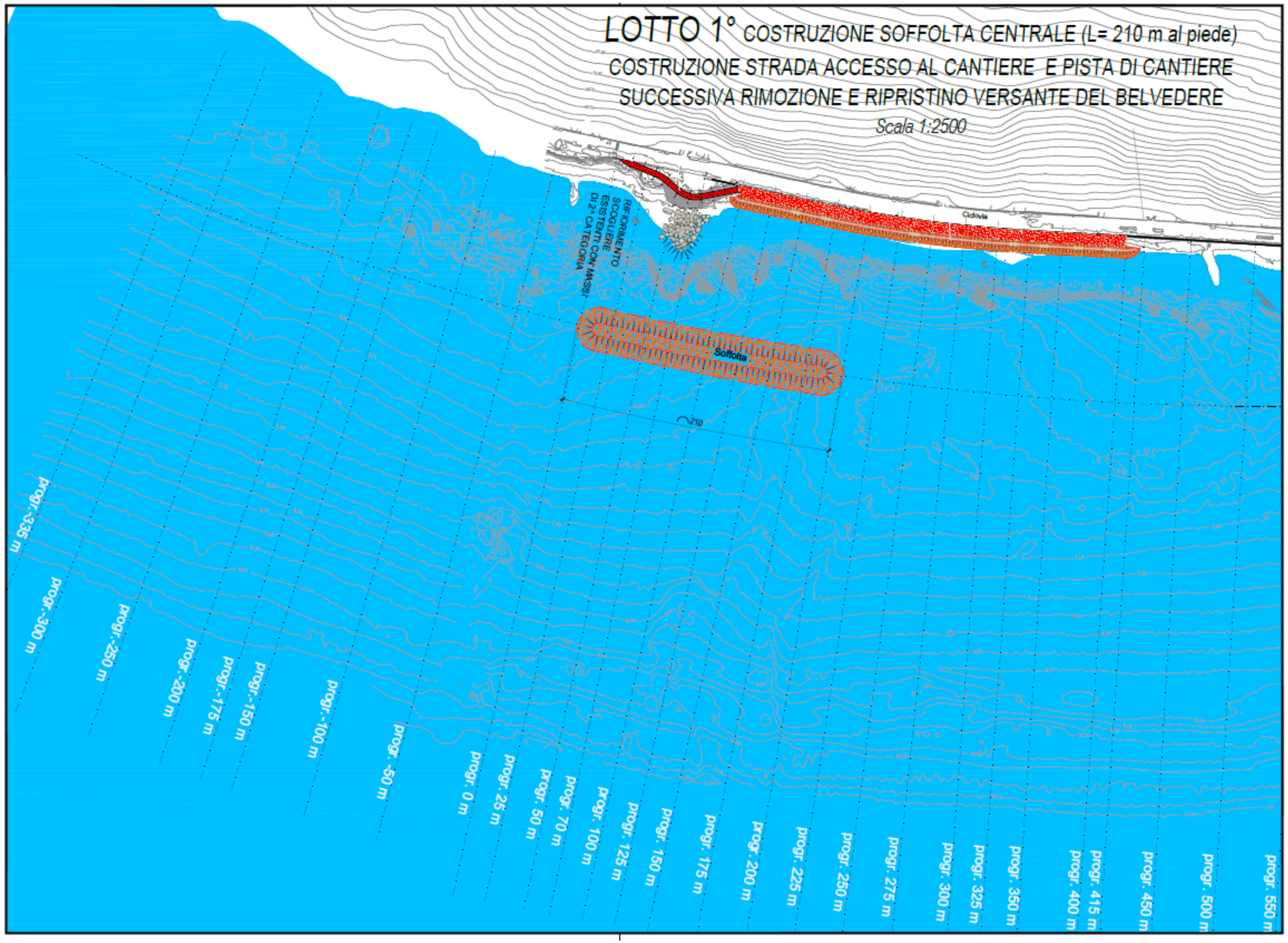
LOTTO 2: prevede la realizzazione dei seguenti interventi:

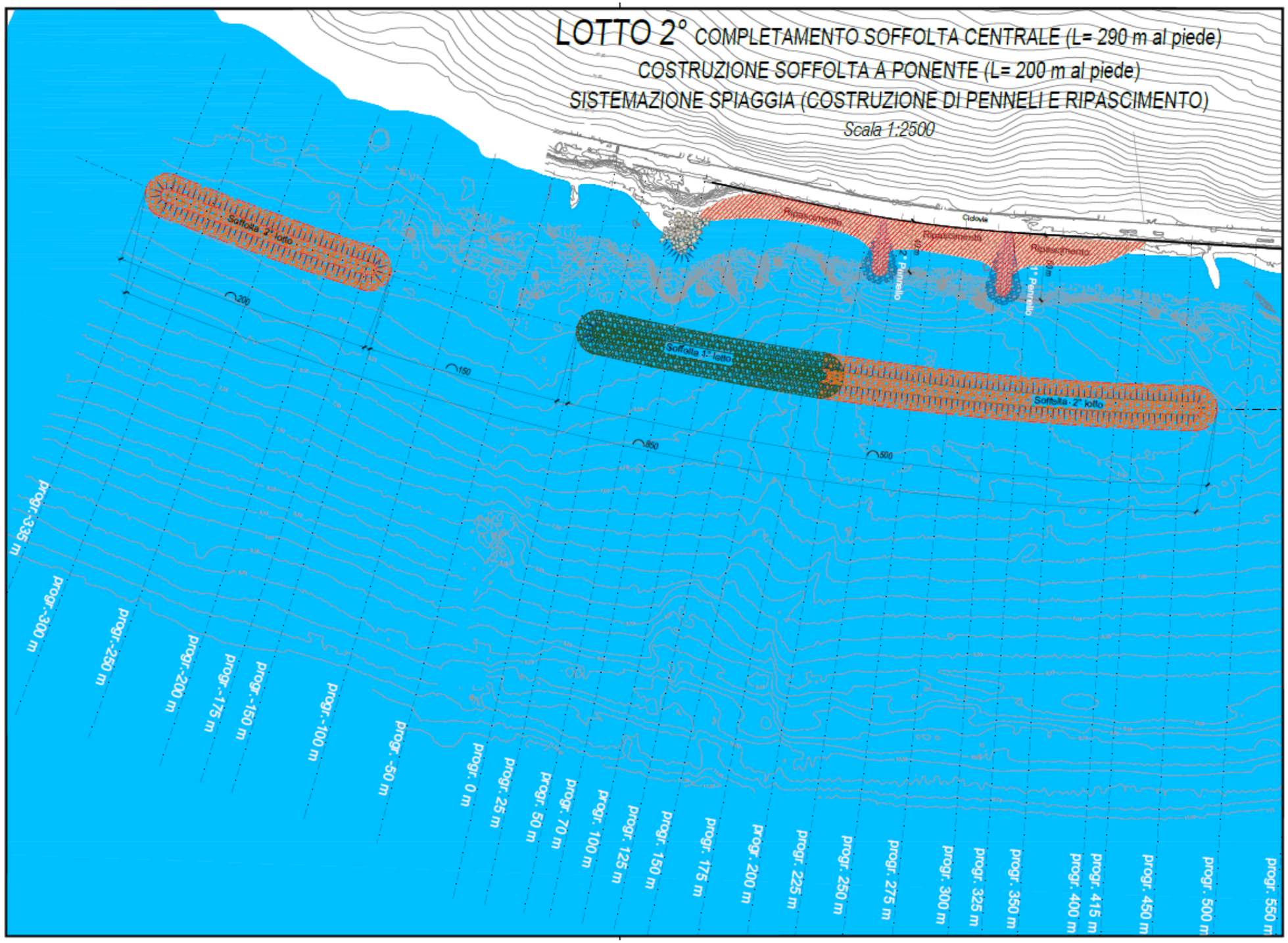
- Soffolta ponente di fronte alla spiaggia denominata Galeazza
- Completamento soffolta centrale
- Pennelli e ripascimento nel tratto compreso tra il "Belvedere" e il limite di competenza del Comune di Imperia (Prog. +400.00 m)

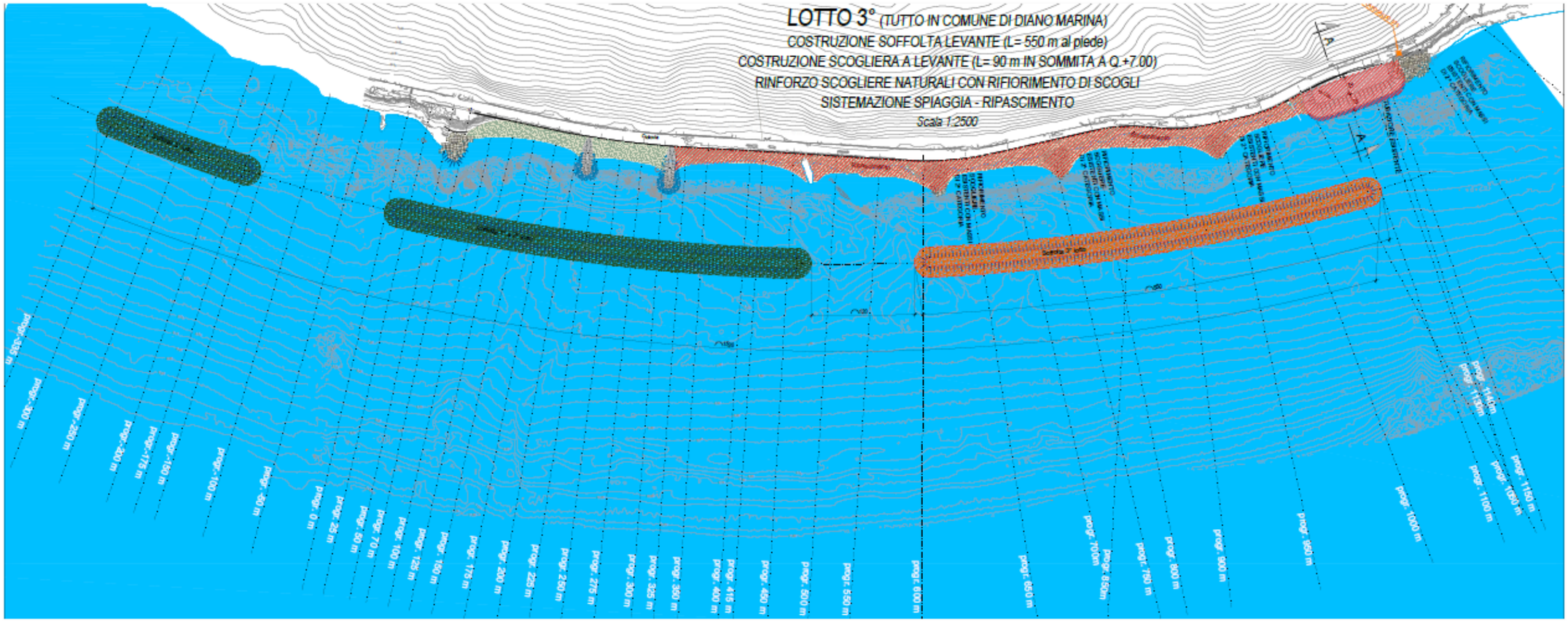
LOTTO 3: prevede la realizzazione dei seguenti interventi (tutti nel tratto di costa prospiciente il territorio di competenza del Comune di Diano Marina):

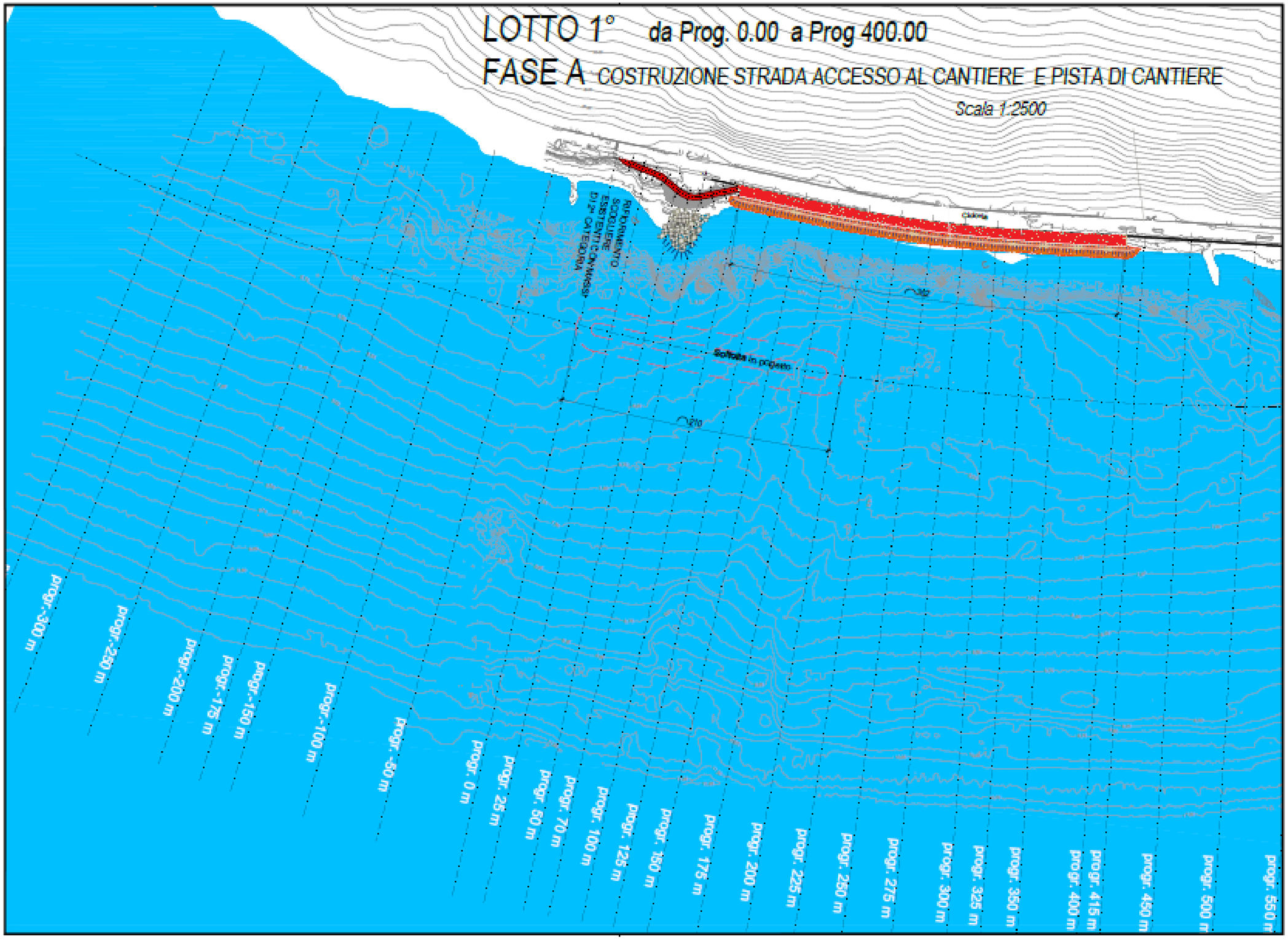
- Soffolta levante
- Scogliera levante a ridosso del muro (a ponente dell'area camping posta in Comune di Diano Marina)
- Rinforzo scogliere esistenti
- Ripascimenti spiagge

Di seguito si riportano gli schemi dei lotti e delle fasi relative al lotto 1 in scala ridotta. Per i dettagli si rimanda alle tavole grafiche allegate al presente progetto.


LOTTO 1° COSTRUZIONE SOFFOLTA CENTRALE (L= 210 m al piede)
COSTRUZIONE STRADA ACCESSO AL CANTIERE E PISTA DI CANTIERE
SUCCESSIVA RIMOZIONE E RIPRISTINO VERSANTE DEL BELVEDERE
Scala 1:2500
RIFIORMENTO SCOGLIERE ESISTENTI CON MASSI DI 2^A CATEGORIA
Ciclovia
Soffolta
C210
progr.-335 m
progr.-300 m
progr.-250 m
progr.-200 m
progr.-175 m
progr.-150 m
progr.-100 m
progr. -50 m
progr. 0 m
progr. 25 m
progr. 50 m
progr. 70 m
progr. 100 m
progr. 125 m
progr. 150 m
progr. 175 m
progr. 200 m
progr. 225 m
progr. 250 m
progr. 275 m
progr. 300 m
progr. 325 m
progr. 350 m
progr. 400 m
progr. 415 m
progr. 450 m
progr. 500 m
progr. 550 m


LOTTO 2° COMPLETAMENTO SOFFOLTA CENTRALE (L= 290 m al piede)
COSTRUZIONE SOFFOLTA A PONENTE (L= 200 m al piede)
SISTEMAZIONE SPIAGGIA (COSTRUZIONE DI PENNELI E RIPASCIMENTO)
Scala 1:2500
Soffolta 2° lotto
Soffolta 1° lotto
Soffolta 2° lotto
Ripascimento
Ripascimento
Ripascimento
Ciclovia
2° Pennello
1° Pennello
200
150
850
500
progr.-335 m
progr.-300 m
progr.-250 m
progr.-200 m
progr.-175 m
progr.-150 m
progr.-100 m
progr. -50 m
progr. 0 m
progr. 25 m
progr. 50 m
progr. 70 m
progr. 100 m
progr. 125 m
progr. 150 m
progr. 175 m
progr. 200 m
progr. 225 m
progr. 250 m
progr. 275 m
progr. 300 m
progr. 325 m
progr. 350 m
progr. 400 m
progr. 415 m
progr. 450 m
progr. 500 m
progr. 550 m

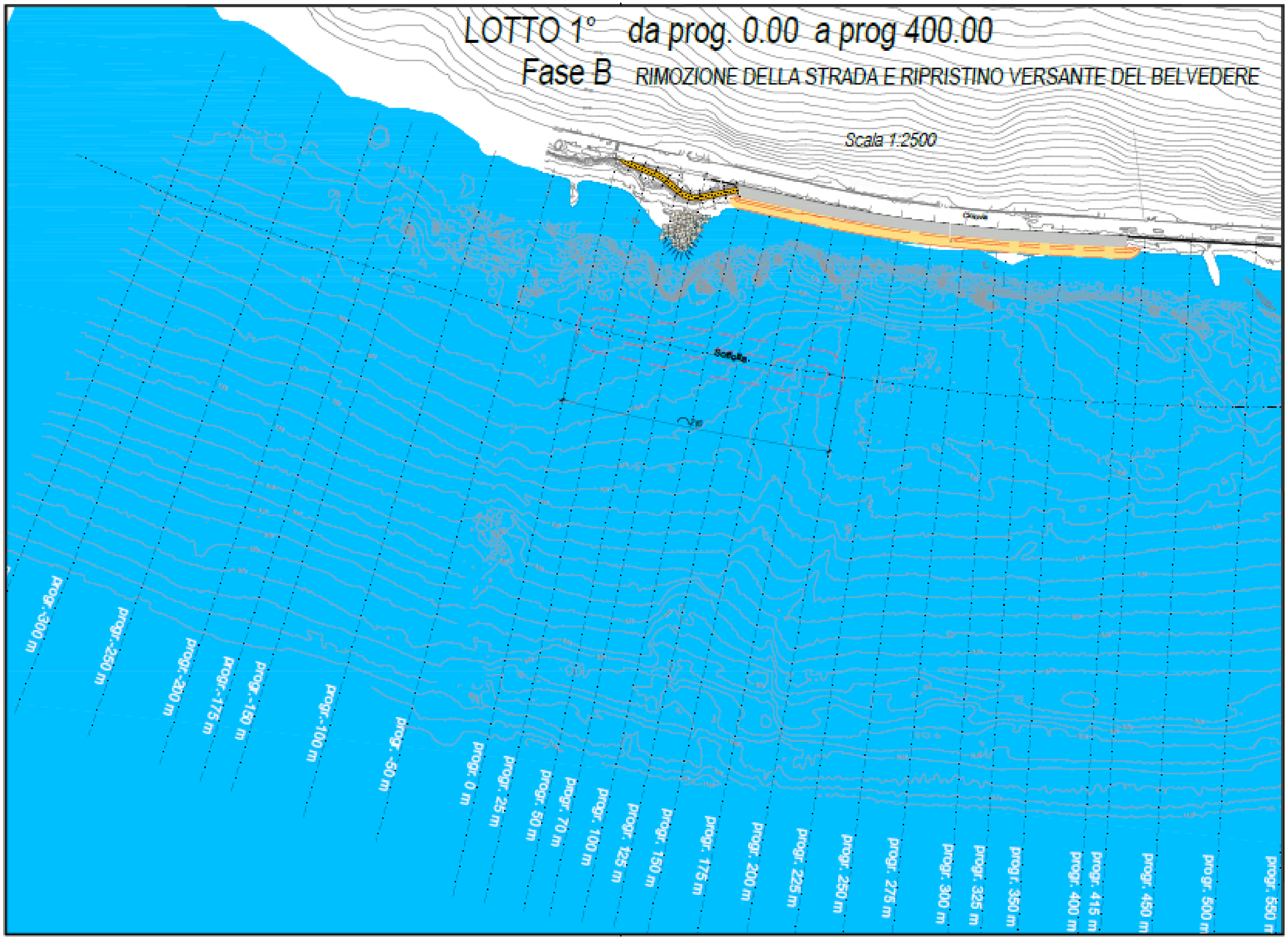

LOTTO 3° (TUTTO IN COMUNE DI DIANO MARINA)
COSTRUZIONE SOFFOLTA LEVANTE (L= 550 m al piede)
COSTRUZIONE SCOGLIERA A LEVANTE (L= 90 m IN SOMMITA A Q.+7.00)
RINFORZO SCOGLIERE NATURALI CON RIFIORIMENTO DI SCOGLI
SISTEMAZIONE SPIAGGIA - RIPASCIMENTO
Scala 1:2500
progr. -300 m
progr. -250 m
progr. -200 m
progr. -175 m
progr. -150 m
progr. -100 m
progr. -50 m
progr. 0 m
progr. 25 m
progr. 50 m
progr. 70 m
progr. 100 m
progr. 125 m
progr. 150 m
progr. 175 m
progr. 200 m
progr. 225 m
progr. 250 m
progr. 275 m
progr. 300 m
progr. 325 m
progr. 350 m
progr. 375 m
progr. 400 m
progr. 425 m
progr. 450 m
progr. 500 m
progr. 550 m
progr. 600 m
progr. 650 m
progr. 700m
progr. 850m
progr. 750 m
progr. 800 m
progr. 900 m
progr. 950 m
progr. 1000 m
progr. 1100 m
progr. 1050 m
progr. 1150 m

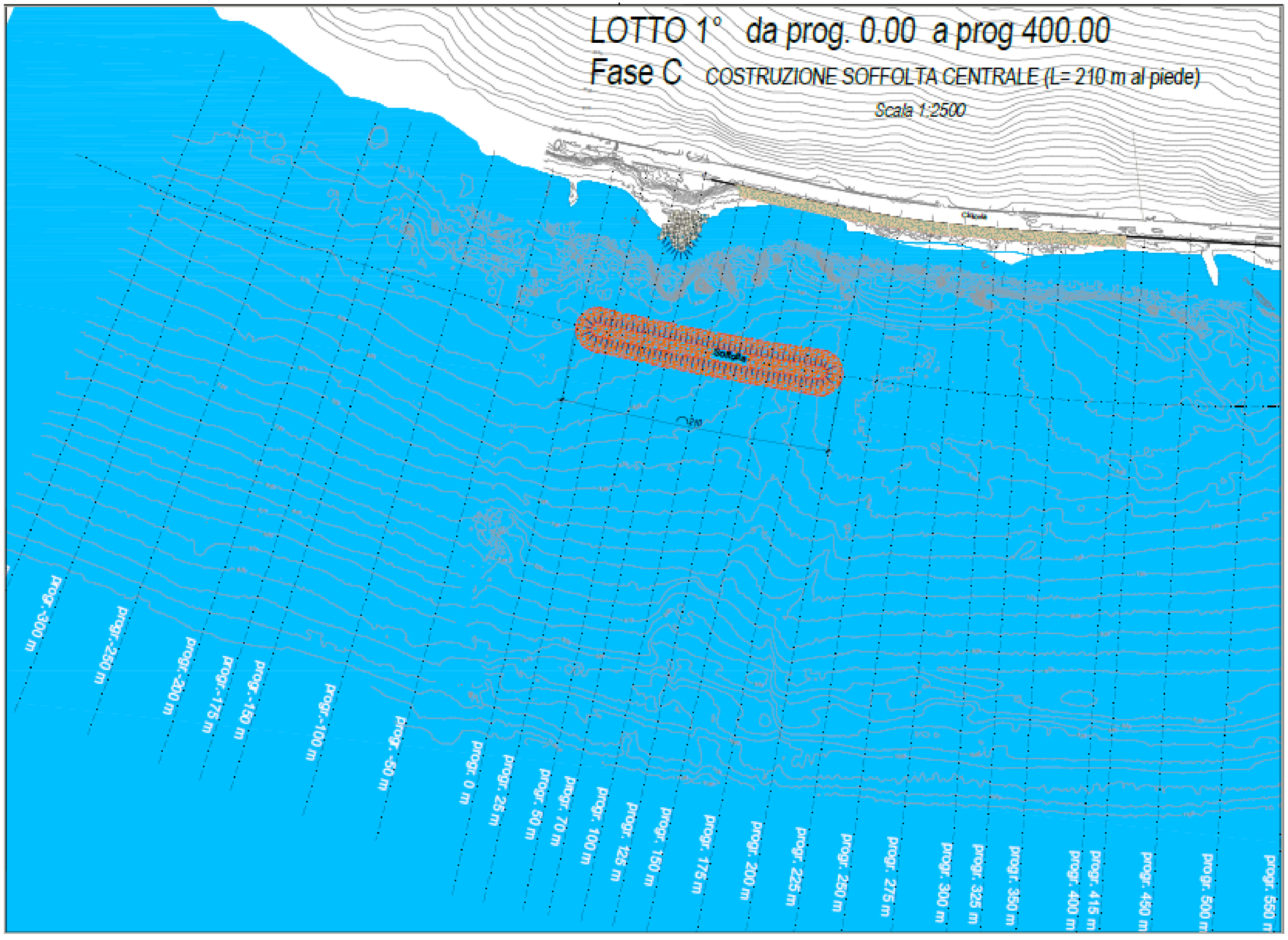

LOTTO 1° da Prog. 0.00 a Prog 400.00
FASE A COSTRUZIONE STRADA ACCESSO AL CANTIERE E PISTA DI CANTIERE
Scala 1:2500
RIPRISTINO SCOGLIERE ESISTENTI CON MASSI DI 2ª CATEGORIA
Scogliera in progetto
progr.-300 m
progr.-250 m
progr.-200 m
progr.-175 m
progr.-150 m
progr.-100 m
progr.-50 m
progr. 0 m
progr. 25 m
progr. 50 m
progr. 70 m
progr. 100 m
progr. 125 m
progr. 150 m
progr. 175 m
progr. 200 m
progr. 225 m
progr. 250 m
progr. 275 m
progr. 300 m
progr. 325 m
progr. 350 m
progr. 375 m
progr. 400 m
progr. 415 m
progr. 450 m
progr. 500 m
progr. 550 m

LOTTO 1° da prog. 0.00 a prog 400.00

Fase B RIMOZIONE DELLA STRADA E RIPRISTINO VERSANTE DEL BELVEDERE

Scala 1:2500




LOTTO 1° da prog. 0.00 a prog 400.00
Fase C COSTRUZIONE SOFFOLTA CENTRALE (L= 210 m al piede)
Scala 1:2500
Soffolta
Asse
prog. -300 m
prog. -250 m
progr. -200 m
progr. -175 m
progr. -150 m
progr. -100 m
progr. -50 m
progr. 0 m
progr. 25 m
progr. 50 m
progr. 70 m
progr. 100 m
progr. 125 m
progr. 150 m
progr. 175 m
progr. 200 m
progr. 225 m
progr. 250 m
progr. 275 m
progr. 300 m
progr. 325 m
progr. 350 m
progr. 375 m
progr. 400 m
progr. 415 m
progr. 450 m
progr. 500 m
progr. 550 m

9 IL DIMENSIONAMENTO PRELIMINARE DELL'OPERA

9.1 Criteri di progettazione

La progettazione di un'opera marittima è basata sulla determinazione dell'onda di progetto definita sulla base di opportuni criteri di sicurezza che correlano la vita utile prevista per l'opera, il tempo di ritorno dell'onda, la probabilità di superamento dell'altezza d'onda, la probabilità di danneggiamento ammissibile.

Il progetto delle previste opere di difesa definitive (soffolte, scogliera a levante, pennelli e scogliere di rinforzo) fa riferimento ai criteri di sicurezza per le opere marittime, tenendo conto della vita utile di progetto prevista per l'opera principale oggetto di consolidamento, costituita dal muro di sottoscarpa della ciclovia.

La Vita utile di progetto delle opere definitive, pertanto, è assunta

$L_{def.}$ = 50 anni

Per quanto riguarda la scogliera provvisoria di protezione della pista di cantiere, in prima analisi, viene fissata una dimensione media dei massi di 2 t. Viene poi eseguita una stima della massima altezza d'onda atta a garantire la stabilità della scarpata.

9.2 Determinazione dell'onda di progetto al largo

La determinazione delle caratteristiche delle onde al largo è basata sull'analisi degli eventi estremi che interessano il paraggio.

Per l'elaborazione della distribuzione direzionale dell'altezza e del periodo delle onde, sono stati utilizzati i dati del KNMI (Istituto Reale Meteorologico dei Paesi Bassi), rilevati nella zona compresa tra i 7° e i 11° di longitudine Est e i 42° e i 45° di latitudine Nord, nel periodo 1961-1980. Sebbene i dati del KNMI siano in gran parte stimati e non misurati, e quindi in qualche misura soggettivi, sono ritenuti attendibili, con il vantaggio di essere rilevati in mare aperto, senza interferenze dovute alle coste o ai bassi fondali. L'altezza stimata è da assimilarsi all'altezza d'onda significativa. Nel ventennio 1961-1980, nella regione in esame, sono state eseguite circa 46 000 stime e misurazioni utili, con una media di 7.42 rilevazioni giornaliere. La statistica, che risulta più significativa

verso il baricentro della distribuzione areale delle osservazioni, può comunque essere utilizzata, con opportuni accorgimenti, per il paraggio in studio.

Le distribuzioni direzionali delle onde indicano che le onde di maggiore intensità provengono da Ovest, con contributi significativi da parte di tutto il quadrante Sud-Ovest, dove i fetch geografici risultano estesi. Il quadrante Nord-Est, ruotando verso Nord, è interessato da onde di altezza progressivamente minore.

Tabella 1. *Distribuzione direzionale delle altezze d'onda. Elaborazione dati KNMI nel settore 7°-11° E e 42°-45° N, periodo 1961-80. Direzioni tra 90° e 240° N.*

H (m)/ DD (°N)	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	>6.0	Totale
90	1300	334	50	11	4	0	0	1699
100	624	152	34	6	3	0	0	819
110	533	132	16	2	1	15	0	699
120	606	133	21	5	0	0	0	765
130	579	173	19	3	0	1	0	775
140	726	212	24	6	0	0	0	968
150	545	150	17	4	0	0	0	716
160	691	199	18	5	0	0	0	913
170	524	117	22	0	0	0	0	663
180	1049	238	33	2	0	1	0	1323
190	625	155	27	5	0	0	0	812
200	991	344	59	4	1	1	0	1400
210	762	385	74	17	4	0	0	1242
220	1087	527	117	25	9	0	0	1765
230	1102	560	152	30	7	2	1	1854
240	1139	588	168	47	11	7	1	1962

Tabella 2. *Distribuzione direzionale dei periodi delle onde, in classi di ampiezza 3 s. Elaborazione dati KNMI nel settore 7°-11° E e 42°-45° N, periodo 1961-80. Direzioni tra 90° e 240° N.*

T (s)/DD (°N)	calma	3	6	9	12	>12	tot
90	741	845	175	8	0	16	1769
100	322	399	85	3	2	16	811
110	317	324	77	1	16	16	735
120	307	378	73	4	3	16	765
130	298	415	71	4	1	16	789
140	398	473	101	5	1	17	978
150	303	321	84	3	0	17	711

160	368	451	92	5	0	16	916
170	292	302	67	3	1	16	665
180	616	597	123	3	1	20	1340
190	293	387	83	6	1	16	770
200	500	693	170	9	3	16	1375
210	394	626	191	18	2	16	1231
220	531	930	262	25	1	16	1749
230	392	526	197	16	2	12	1145
240	431	730	283	15	1	11	1471

La distribuzione degli estremi delle onde è stata stimata mediante la suddivisione del settore di traversia nei due sottosettori 130-180°N e 180-220°N. La distribuzione di probabilità delle onde estreme, separatamente per i due settori, è stata calcolata secondo la distribuzione di Fisher-Tippet II:

$$P(H) = exp\left[-\left(1+\frac{H-B}{kA}\right)^{-k}\right],$$

Nel contesto della progettazione di molte opere, assume rilevanza la definizione, in concomitanza con l'onda di progetto con un tempo di ritorno stabilito, della probabilità di superamento di tale onda durante la vita utile della struttura, nota anche come *probabilità di incontro*. Secondo Borgman (1963), tale probabilità può essere espressa nella forma:

$$E = 1-\left(1-\frac{\delta}{Tr}\right)^{L/\delta}, \frac{Tr^2}{\delta L} \gg 1$$

dove:

E = probabilità di superamento di H nell'intervallo di tempo L

L = vita utile di progetto della struttura

Tr = tempo di ritorno

δ = intervallo di tempo medio tra i dati.

Una volta stabilito il tempo di vita utile dell'opera e il rischio ammissibile, legato alla natura della struttura e a valutazioni economiche, si procede al calcolo del tempo di ritorno dell'onda di progetto al largo e, di conseguenza, dell'altezza dell'onda stessa. Di conseguenza, il tempo di ritorno non viene predefinito, ma è stabilito in funzione della scelta di *L* e di *E*.

Nel caso specifico analizzato, si assume, per le opere definitive, una ripercussione economica bassa e un rischio di vita umana limitato per il caso di danneggiamento incipiente. Questo implica una probabilità di superamento E = 0,50 per una vita di progetto di 50 anni. Nel caso di distruzione totale, la probabilità di superamento non deve superare il valore di E = 0,20.

Il tempo di ritorno dell'onda di progetto, associato a una vita utile dell'opera L e per la probabilità di danneggiamento E, è pari a:

$$Tr = \frac{\delta}{1-(1-E)^{\delta/L}}$$

Per E = 0.50 e L = 50 anni, con $\delta = 1$

risulta

T_r = 73 anni

Il periodo dell'onda potrebbe essere misurato in base a dati statistici. Tuttavia, risulta più efficiente determinarlo in funzione delle caratteristiche dell'onda di progetto. Un limite inferiore al periodo delle onde è imposto dalla massima ripidità. Secondo l'ipotesi formulata da Battjes nel 1970, la ripidità limite delle onde in acque profonde è data da:

$$\frac{2\pi H}{gT^2} \leq \frac{1}{16}.$$

Una buona approssimazione al limite superiore del periodo dell'onda, fissata l'onda di progetto, è fornita dalla relazione (Grancini, 1979)

$$T = 4.062H^{0.513},$$

ritenuta valida nel Mediterraneo.

Sulla base dei risultati delle analisi degli eventi estremi, la massima altezza dell'onda significativa al largo risulta

per il settore 130°-180°N

H_{m0} = 7,05 m

Alla quale corrisponde il periodo di picco

T_p = 11,06 s

per il settore 180°-220°N

H_{m0} = 6,09 m

Alla quale corrisponde il periodo di picco

T_p = 10,26 s

9.3 La trasformazione delle onde dal largo verso la costa

Le onde del mare, propagandosi dal largo sotto costa, sono soggette a fenomeni di rifrazione e shoaling, che comportano variazioni di direzione, lunghezza e altezza. In presenza di frontiere rappresentate da dighe, pennelli, opere antropiche o strutture naturali che delimitano bacini, si osserva anche la diffrazione e la riflessione. Nella bibliografia esistente, sono riportati numerosi modelli di trasformazione delle onde. Lo studio finalizzato al presente progetto è stato effettuato utilizzando il modulo

TOMAWAC, implementato nella suite di calcolo open source TELEMAC. Nel modello adottato, ogni attacco ondoso è rappresentato spettralmente, e la distribuzione in frequenza al largo è stata modellata utilizzando la funzione JONSWAP (Hasselman et al., 1973).

Il dominio di calcolo del presente studio è schematizzato in Figura 6.



Figura 6. Diano Marina (Imperia): tratto di costa di interesse per la modellazione.

In base ai dati batimetrici rilevati, è stata predisposta una mesh di calcolo che ricostruisce una zona con estensione lungo costa pari a 20 km e che si estende verso il largo per almeno 6 km fino a profondità superiori a 200 m. La mesh di calcolo, illustrata in Figura 7, è stata generata mediante l'impiego dell'approccio a maglia flessibile: la risoluzione spaziale in mare aperto, intesa come la lunghezza media dei lati dei triangoli, è di circa 100 m; sotto costa, la risoluzione aumenta, raggiungendo elementi con lato pari a 5 m nelle vicinanze delle strutture in progetto.

La riflettenza delle frontiere è stata desunta da dati di letteratura. In particolare, per la costa prossima all'area in esame R = 0.2 (SPM, 1984).

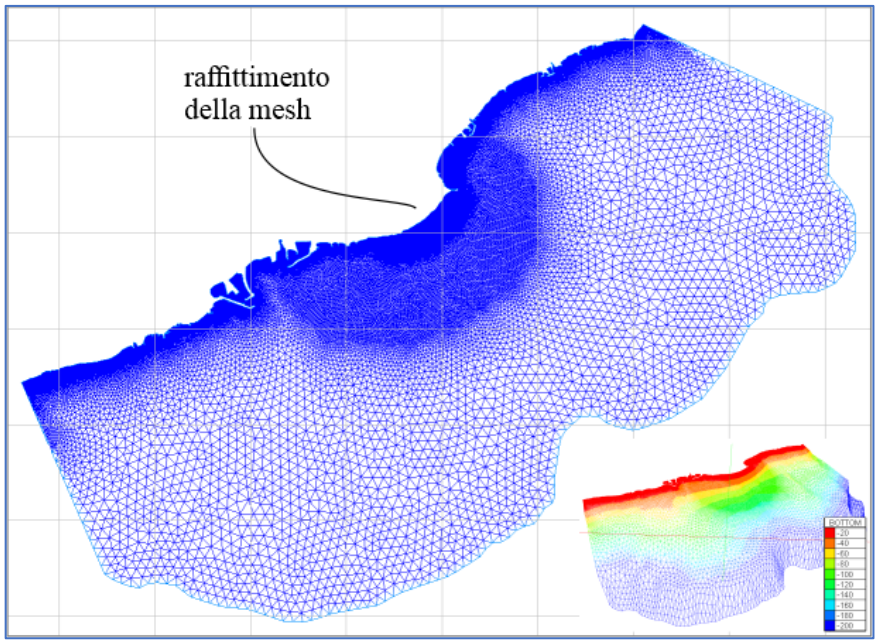


Figura 7. Mesh di calcolo (stato di fatto).

9.4 L'attacco ondoso di progetto

Allo scopo di verificare l'effetto delle nuove opere in progetto, sono stati analizzati due differenti scenari:

1. Scirocco: onda corrispondente a una probabilità di superamento E = 50% per una vita utile dell'opera L = 50 anni, con altezza d'onda significativa Hs = 7,05 m e periodo T = 11,06 s, proveniente da 155° N, discretizzata in frequenza con 25 componenti, con spettro di tipo JONSWAP.

2. Libeccio: onda corrispondente a una probabilità di superamento E = 50% per una vita utile dell'opera L = 50 anni, con altezza d'onda significativa Hs = 6,10 m e periodo T = 10,25 s, proveniente da 200° N, discretizzata in frequenza con 25 componenti, con spettro di tipo JONSWAP.

Le simulazioni sono state eseguite con geometria relativa allo stato di fatto, utilizzando i seguenti set di dati.

Tabella 3. Parametri delle simulazioni. Hs è l'altezza d'onda significativa, DD e Ts sono rispettivamente la direzione e il periodo di picco dell'onda. A si riferisce allo stato attuale, mentre P allo stato di progetto.

Simulazione	Hs	DD	Tp	Geometria
	(m)	(°N)	(s)	-

Sim1	7,05	155	11,06	A
Sim2	6,1	200	10,25	A

Le analisi riferite alla configurazione di progetto, finalizzate a verificare le risultanze dei calcoli manuali di cui alla relazione di calcolo, sono attualmente in corso di esecuzione.

10 LA PROGETTAZIONE

Si premette che ai fini della progettazione delle opere marittime si è tenuto conto, naturalmente, di tutti gli aspetti tecnici ed economici, quali:

- esposizione del paraggio e clima meteomarino
- profondità dei fondali;
- la necessità di garantire la migliore protezione del piede del muro di sottoscarpa della strada ciclopedonale;
- gli aspetti tecnici operativi riferiti alla fase di costruzione;
- i tempi necessari per la costruzione;
- l'aspetto economico;
- la durabilità delle opere

10.1 Esposizione del paraggio e clima ondoso

Il paraggio è esposto ad un settore di traversia compreso tra 140° N e 230° N, con un fetch di estensione variabile sino a più di 500 km in direzione 220° N.

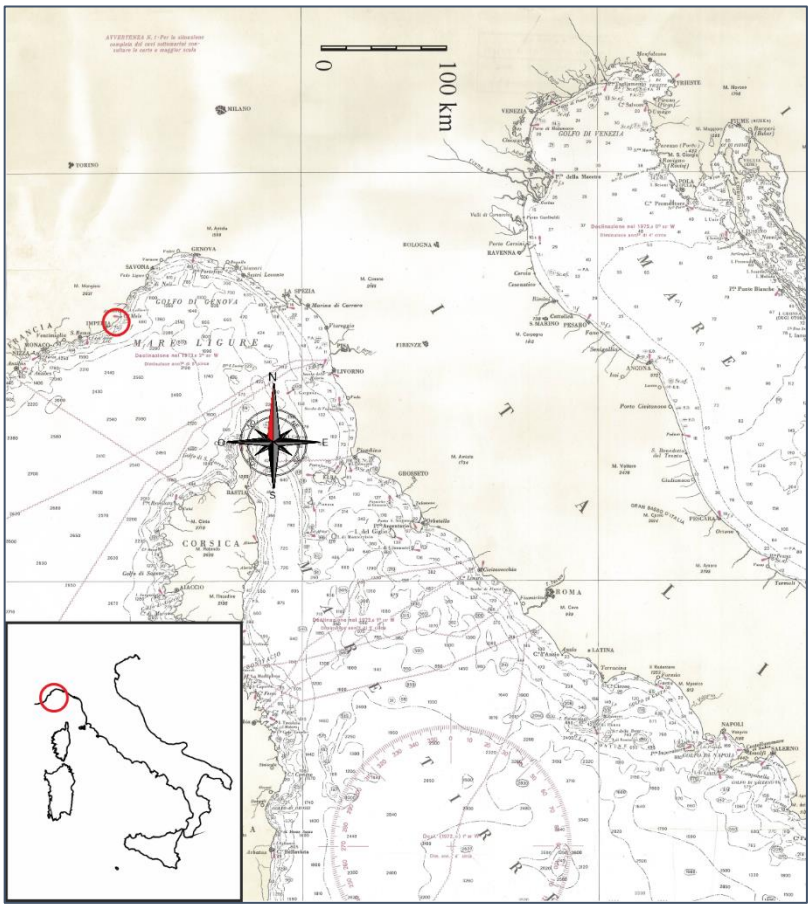


Figura 8. Paraggio di Diano Marina - Imperia.

La spiaggia sommersa ha una pendenza rilevante, con fondali che degradano molto rapidamente.

L'allineamento medio della linea di costa è prossimo a 45° - 135° N.

10.2 Gli aspetti geologici, geomorfologici, idrogeologici, idraulici, geotecnici e sismici

10.2.1 Inquadramento geologico, geomorfologico e idrogeologico

L'area interessata dagli interventi di cui al presente progetto è ubicata al piede del versante esteso tra Capo Berta e Oneglia, nei Comuni di Diano Marina e Imperia (Im).

In questo tratto di costa affiorano i termini sedimentari stratificati della formazione denominata "Flysch di San Remo"

La descrizione della formazione tratta dalle Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala di 1:100.000 Foglio 259 Imperia, riferita all'area in esame, è la seguente:

"Il substrato nel territorio è prevalentemente costituito dalla Formazione del "Flysch di San Remo" della Unità tettonica San Remo – Monte Saccarello (cui appartiene anche la "Formazione di San Bartolomeo"), in particolare nell'area affiora il "Membro San Lorenzo", in cui prevalgono gli strati arenaceo-argillitico-marnosi con più rare intercalazioni di calcilutiti e rari strati marnoso-arenacei di spessore massimo 1÷2 m. Alcuni livelli siltitici contengono miche bianche, lettini di quarzo e opachi. Lo spessore dell'unità è assai variabile con un massimo di circa 600 metri."

I depositi quaternari sono costituiti in prevalenza depositi di falda al piede delle pareti e da depositi di frana, tipicamente caotici e a composizione e granulometria variabili, presenti con una certa continuità lungo e a fianco della strada. Questi costituiscono anche accumuli al di sotto della sede stradale e sono rimaneggiati/erosi dall'azione del mare.

I sedimenti sabbiosi che costituiscono il fondale antistante derivano dal disfacimento dei detriti di frana a causa dell'azione erosiva del mare.

10.2.2 Caratterizzazione geotecnica

Per la caratterizzazione geotecnica si fa riferimento alla Relazione Geotecnica allegata al progetto esecutivo avente ad oggetto "CICLOVIA TIRRENICA - LOTTO PRIORITARIO LIGURE STRALCIO 3 "STRADA INCOMPIUTA" FASE 2 "INTERVENTI PRIORITARI AL MURO DI SOTTOSCARPA E OPERE COMPLEMENTARI", nella quale è riportato quanto segue:

"*Il substrato roccioso è rappresentato da depositi flyschoidi sostanzialmente costituiti dall'alternanza di strati marnoso-arenacei litoidi e strati argillitico-pelitici tendenzialmente sottili.*"

Di seguito si riassumono i parametri geotecnici assunti.

UG I – Ghiaie e sabbie				
- peso di volume secco	γ_{sec}	=	15	kN/m^3
- peso di volume naturale	γ_{nat}	=	18	kN/m^3
- peso di volume saturo	γ_{sat}	=	19	kN/m^3
- coesione drenata	c'	=	0	kPa
- angolo di resistenza al taglio di picco	ϕ'	=	30	°
UG II – Ammasso roccioso				
- peso di volume	γ	=	26	kN/m^3
- coesione drenata	c'	=	40	kPa
- angolo di resistenza al taglio	ϕ'_p	=	42	°

10.2.3 Zonizzazione sismica del sito

Secondo l'aggiornamento della classificazione sismica del territorio della regione Liguria (D.G.R. 13-03-2017 n. 216), i comuni di Imperia e Diano Marina sono classificati in **zona sismica 2**.

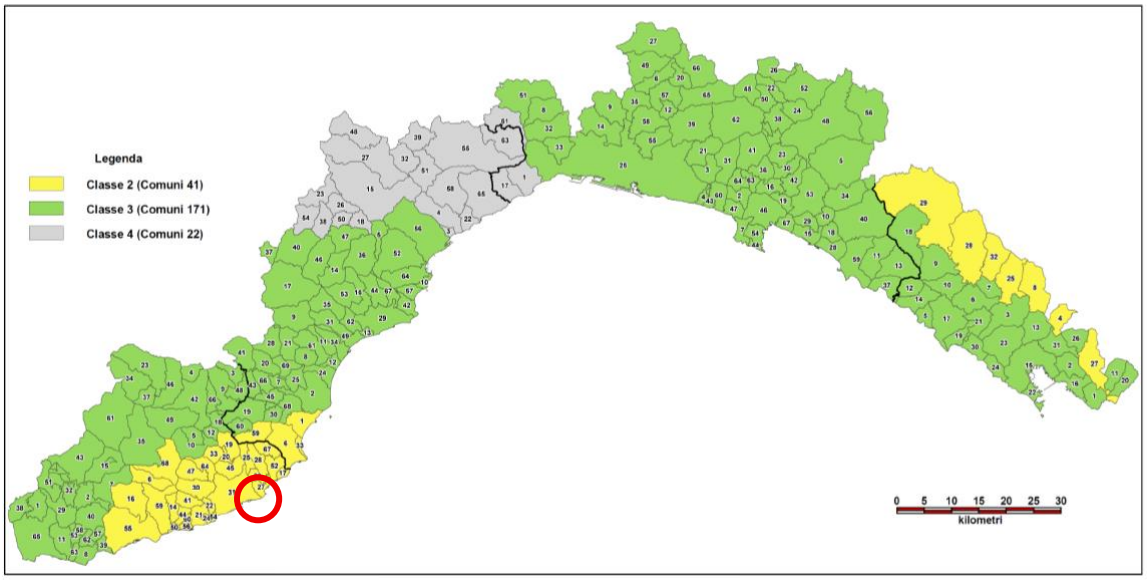


Figura 9 Elenco dei comuni liguri con indicazione della zona sismica di appartenenza e AgMax relativa; Carta della zonazione sismica della Regione Liguria

Sulla base delle considerazioni di cui sopra i terreni di fondazione della nuova opera risulta classificabile in categoria B come definita nelle NTC2018.

10.3 I materiali previsti

Per la costruzione dell'opera in progetto non è previsto l'impiego di materiali per uso strutturale.

Per la mantellata e per lo strato filtro, così come per il rinforzo delle scogliere esistenti, è previsto l'impiego di massi naturali di cava, mentre per il nucleo è previsto l'impiego di tout-venant di cava. A tal fine potranno anche essere impiegati, in funzione della effettiva disponibilità, i detriti di frana presenti a ridosso del muro di sottoscarpa della ciclovia, dei quali sono previsti la rimozione e il reimpiego, ove ritenuti idonei.

10.4 Effetti sul traffico e sulla mobilità

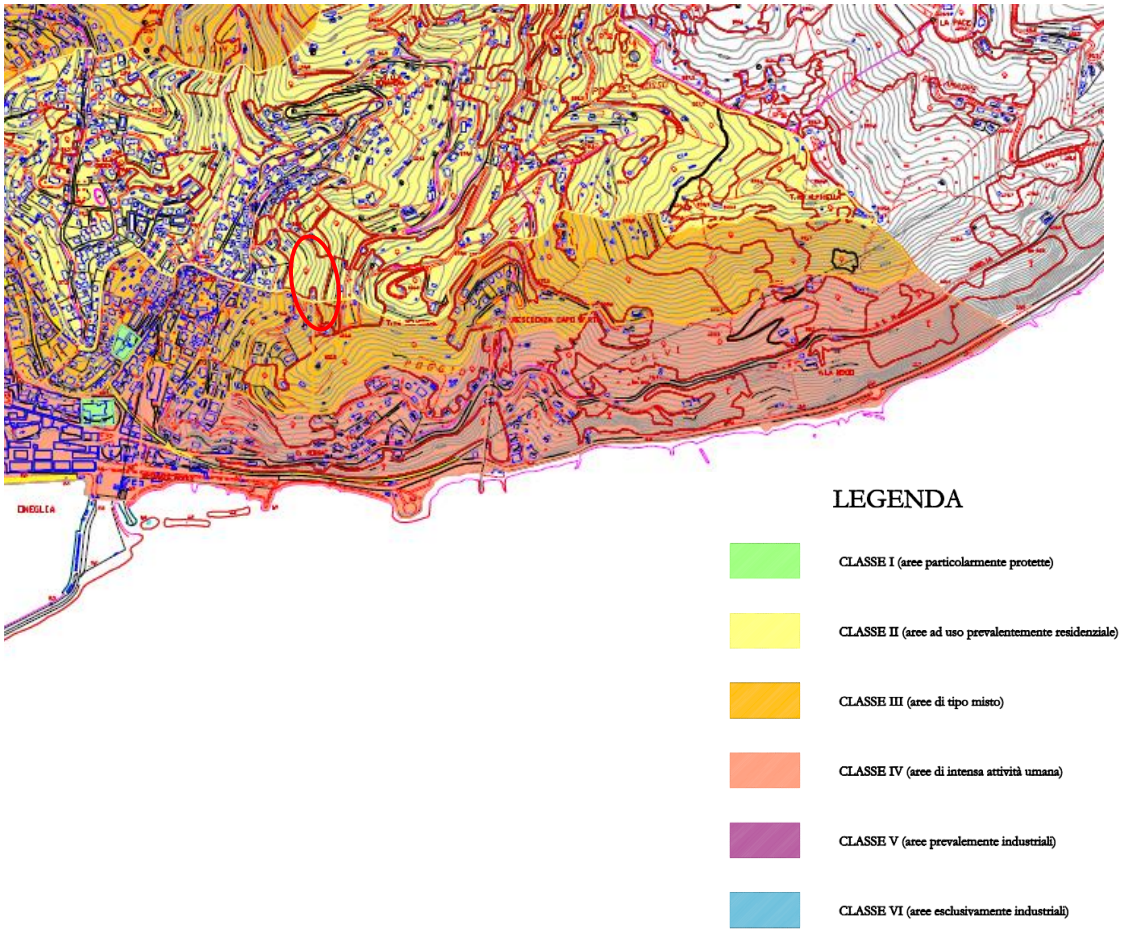
In fase di esercizio le opere, per le loro caratteristiche intrinseche, non hanno, evidentemente, alcun effetto né sul traffico, né sulla mobilità.

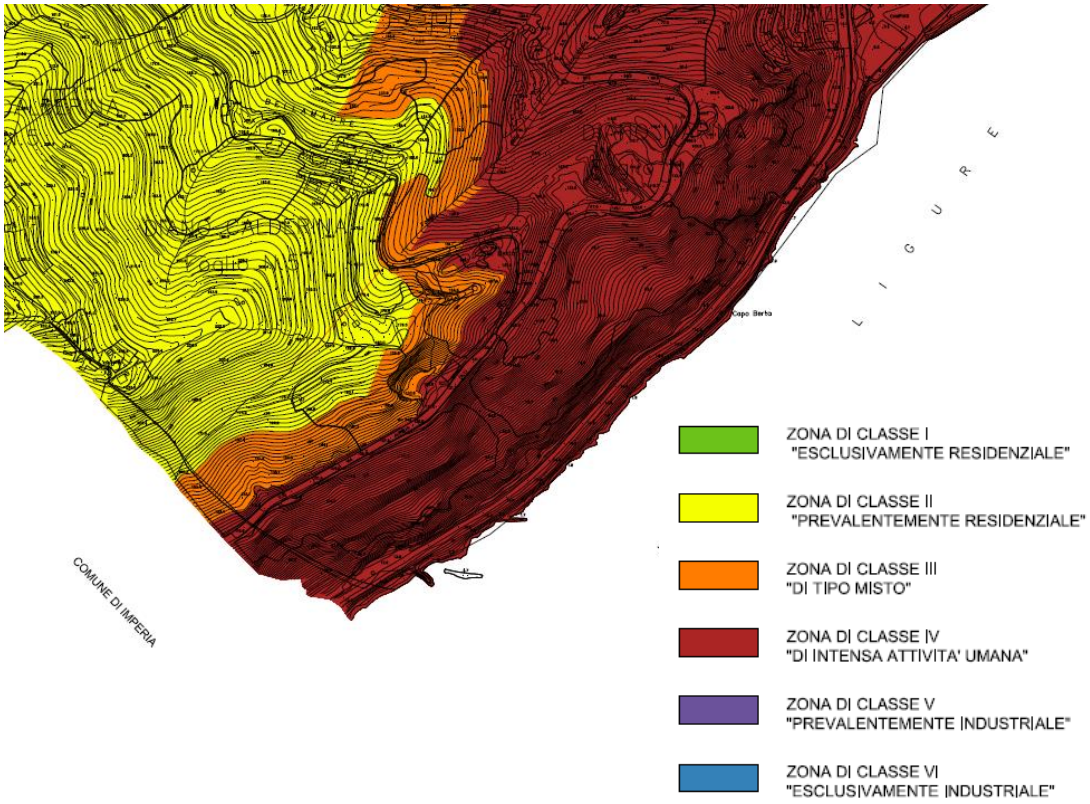
La realizzazione delle opere è prevista prevalentemente da mare con l'impiego di idonei mezzi marittimi. Si potranno verificare temporanei effetti sul traffico cittadino e disagi sulla ciclovia nel corso dei lavori di costruzione della strada provvisoria di accesso alla pista di cantiere da realizzarsi al piede del muro di sottoscarpa della stessa.

10.5 Analisi di impatto ambientale

10.5.1 Rumore

Sia per quanto riguarda il tratto in Comune di Imperia, sia nel tratto in Comune di Diano Marina l'area interessata dall'intervento ricade in classe IV (aree di intensa attività umana).





La nuova opera, di per sé, non induce alcuna variazione sulla componente rumore nella fase di esercizio.

Si possono prevedere impatti potenziali sulla componente rumore, in fase di costruzione, per effetto delle lavorazioni (movimentazioni di detriti già presenti in loco, di eventuali materiali aridi di pezzatura varia e di massi naturali di nuova fornitura), principalmente ricollegabili a variazioni temporanee della rumorosità ambientale dovute alle emissioni acustiche da traffico di mezzi e al funzionamento di macchinari di varia natura in fase di lavoro.

Infatti, durante la fase di cantiere la produzione di emissioni sonore è imputabile al funzionamento di macchinari e mezzi impiegati nelle attività di movimentazione dei materiali da costruzione e al traffico veicolare (pesante e leggero) indotto.

In considerazione del carattere temporaneo e variabile delle emissioni sonore, si può ritenere che l'impatto delle attività di costruzione sui livelli sonori delle aree prossime al cantiere sia di entità contenuta.

Si noti che le attività si svolgeranno durante le ore di luce di giorni lavorativi; non sono pertanto prevedibili disturbi in periodo notturno. Il cantiere sarà assoggettato

alle prescrizioni e agli adempimenti previsti dalla normativa.

Saranno, inoltre, previste idonee misure di mitigazione, anche a carattere gestionale e organizzativo, atte a contenere il più possibile il disturbo. In particolare al fine di contenere le emissioni sonore in fase di cantiere si provvederà a:

- controllare le velocità di transito dei mezzi;
- effettuare costante manutenzione dei macchinari e dei mezzi di lavoro.

Si opererà infine per evitare di tenere inutilmente accesi i motori dei mezzi e degli altri macchinari quando non operativi.

10.5.2 Atmosfera

Il presente paragrafo riguarda l'individuazione e la valutazione degli impatti indotti dalle lavorazioni sulla componente Atmosfera.

Gli impatti potenziali sulla componente atmosfera, principalmente durante la movimentazione dei materiali lapidei e terrosi (asportazione e ricollocazione dei detriti di frana, posa in opera di tout-venant e massi naturali di cava), sono ricollegabili ad eventuali temporanee variazioni delle caratteristiche di qualità dell'aria per:

- sollevamento di polveri come conseguenza delle attività di movimentazione di cui sopra e transito dei mezzi a terra;
- emissioni di inquinanti gassosi dai motori dei mezzi impegnati nelle attività di cantiere.

Si stima che le ricadute siano accettabili e interessino esclusivamente l'area immediatamente circostante. L'impatto associato è pertanto ritenuto di lieve entità e comunque reversibile.

Le emissioni di polveri e di inquinanti potranno comunque essere controllate mediante appropriate modalità esecutive e opportune precauzioni che verranno messe in opera durante l'esecuzione dei lavori, tra cui:

- cura nell'evitare di tenere inutilmente accesi i motori di mezzi e macchinari;
- bagnatura del materiale da movimentare e di quello eventualmente accumulato per il successivo reimpiego.

10.5.3 Ambiente idrico

Gli impatti potenziali sull'ambiente idrico ascrivibili alla fase di cantiere presi in esame sono:

- alterazione delle caratteristiche di qualità delle acque imputabile allo scarico di effluenti liquidi per gli usi di cantiere;
- contaminazione delle acque per effetto di spillamenti/spandimenti da macchinari utilizzati per la movimentazione dei materiali;

In fase di cantiere il consumo di acqua è connesso agli usi civili dovuti alla presenza del personale addetto e all'umidificazione delle aree di cantiere che verrà svolta, ove necessario e opportuno, per limitare le emissioni di polveri dovute alle movimentazioni di materiale.

10.5.4 Vegetazione flora e fauna

Gli impatti potenziali identificati per l'intervento in oggetto sono costituiti da possibili danni e/o disturbi a flora, fauna ed ecosistemi terrestri e marini, dovuti a alle attività di cantiere.

Le operazioni di scavo, rimozione dei detriti di frana e posa in opera del materiale lapideo per la costruzione delle soffolte e della scogliera di levante potrebbero interferire con la componente per quanto riguarda i seguenti impatti potenziali in fase di cantiere:

- produzione di polveri da parte del cantiere;
- emissione di inquinanti gassosi e emissioni sonore;
- dislocazione di massi per franamento dalla scarpata delle scogliere.

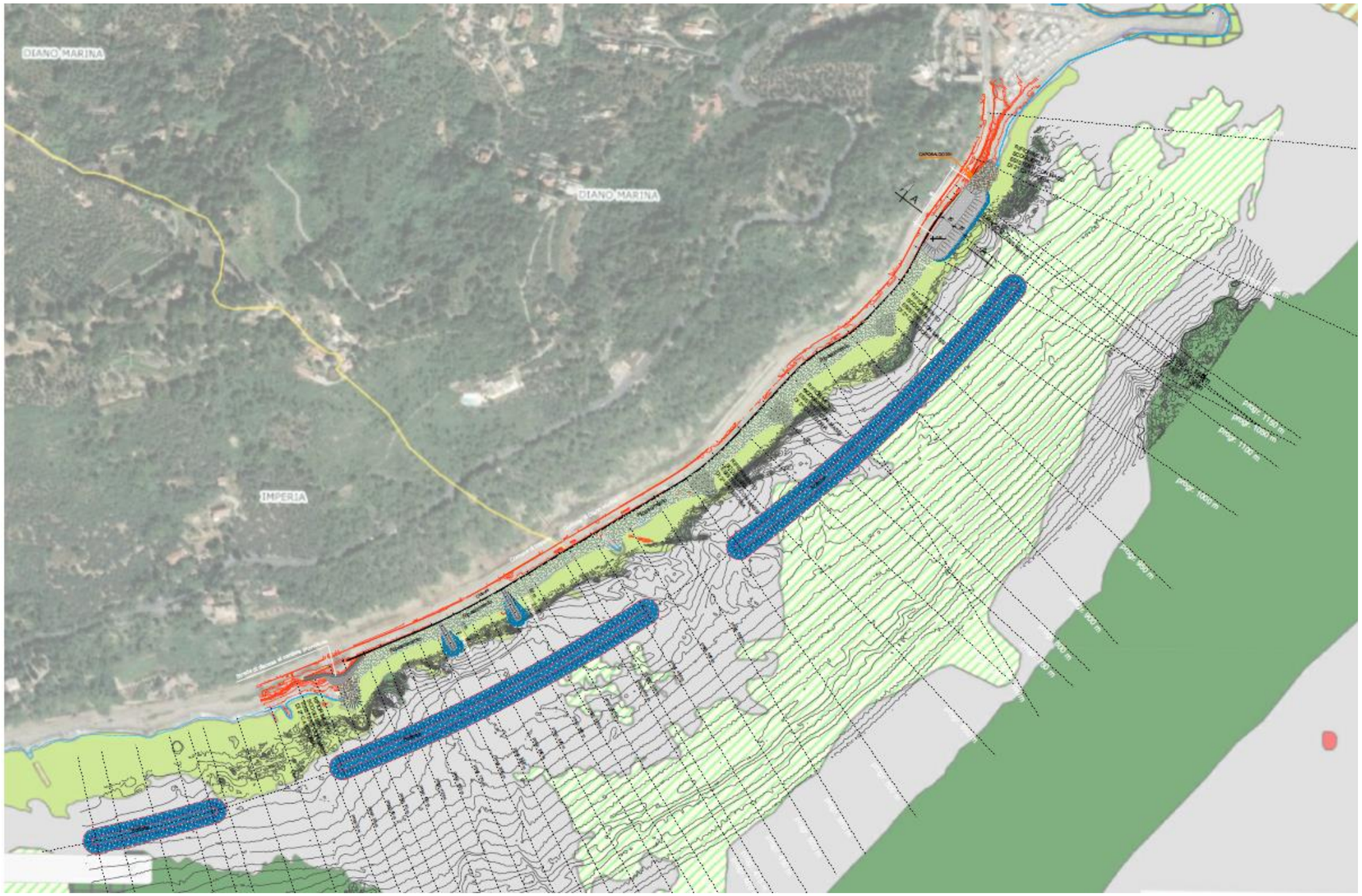
Una possibile fonte di disturbo alla vegetazione terrestre potrebbe riguardare la produzione di polveri durante le attività di cantiere (movimenti terra, scavi, transiti di mezzi pesanti, ecc.). La deposizione di polveri sulle superfici fogliari e sugli apici vegetativi potrebbe essere infatti causa di squilibri fotosintetici che sono alla base della biochimica vegetale, ma nello specifico l'impatto associato è da considerarsi comunque poco significativo in considerazione sia della localizzazione dell'area di intervento, che ricade a valle della strada, sia del carattere temporaneo delle attività di cantiere e dell'entità sostanzialmente contenuta di tale produzione.

Per quanto riguarda la vegetazione e la fauna marine, potrà generarsi una temporanea torbidità delle acque nel corso dell'immersione in mare degli elementi di scogliera e del versamento del materiale di ripascimento. Tale impatto risulta poco significativo, sia per i suoi effetti temporanei e dilazionati nel tempo, sia per la modesta quantità di materiale in sospensione.

Il tratto di soffolta prospiciente il litorale in Comune di Diano Marina insiste parzialmente su fondale interessato da vegetazione marina composta da Cymodocea Nodosa (specie protetta) e Caulerpa Taxifolia (specie alloctona infestante), mentre per gli altri due tratti a ponente e per le opere a riva non risulta alcun impatto sulla vegetazione marina. Qui di seguito si riporta la sovrapposizione delle opere a progetto sulla mappa relativa al Nuovo Atlante Habitat Marini disponibile nel portale cartografico della Regione Liguria.

LEGENDA

- S = sabbia
- POS-ROC = posidonia su roccia
- POS = posidonieto
- P = bacino portuale
- MOS = posidonieto a chiazze
- MMP = matte morta di posidonia oceanica
- GR = grotta
- F = fango
- DI = detritico infangato
- CYM-POS = prato di Cymodocea con cespugli sparsi di posidonia
- CYM-MMP = prato di Cymodocea su matte morta di posidonia
- CYM-DENSA = prato denso di Cymodocea nodosa
- CYM e CAU = prato di cymodocea con presenza di caulerpe
- CYM = prato di Cymodocea nodosa
- CRAC = presenza di Caulerpa racemosa
- CAU = presenza di Caulerpa taxifolia
- C = coralligeno
- ASI = alghe sciafile infralitorali
- ASC = alghe sciafile circalitorali
- AF-BR = alghe fotofile su beach-rock
- AF = alghe fotofile
- AFA = alghe fotofile su substrato prevalentemente artificiale
- SGC = sedimenti grossolani
- SGC-C = sedimenti grossolani con formazioni e/o elementi di coralligeno
- DC = detritici costieri
- ZNI = zona non indagata
- CYL = caulerpa cylindracea
- RL = roccia del largo
- C-F = popolamenti del coralligeno sparsi su fanghi costieri
- POS E CAU = formazione mista di posidonia oceanica e caulerpa taxifolia



10.5.5 Piano Territoriale di Coordinamento Paesistico

Il livello locale del P.T.C.P. qualifica l'area a monte della zona di intervento, mentre, nello specifico, l'area interessata dalla nuova opera di difesa ricade in corrispondenza della zona di battigia, a valle del muro di sostegno della pista ciclabile e quindi in ambito demaniale non ricompreso nel PTCP.

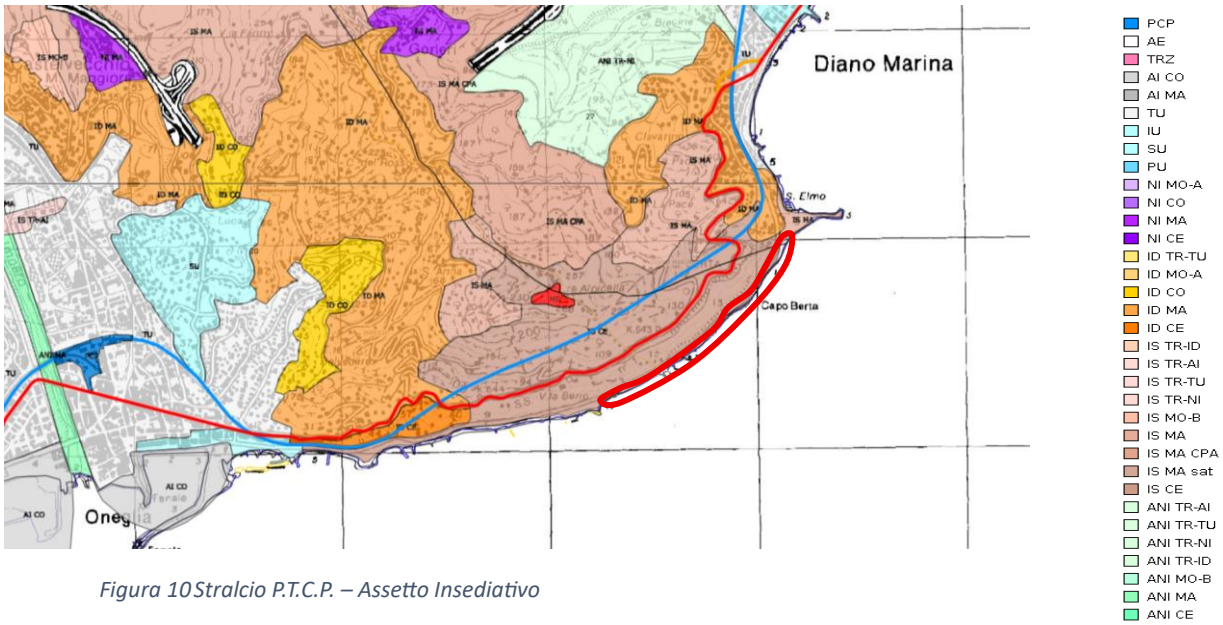


Figura 10 Stralcio P.T.C.P. – Assetto Insediativo

10.6 Il paesaggio

La fascia costiera è vincolata, ai sensi dell'Art.142, comma 1, lettera a) del D,Lgs. 42/2004, per una profondità pari a 300 metri; l'opera a progetto ricade all'interno di tale fascia.

Inoltre, nel D.M. 16/11/1962 la zona costiera interessata dall'intervento in progetto è stata inserita tra i siti di "notevole interesse pubblico ai sensi della Legge n. 1497 del 29/06/1939, attualmente sostituita dal D.Lgs. 42/2004.

10.7 L'interesse archeologico dell'area

Sono attualmente in corso le indagini atte a verificare l'interesse archeologico dell'area su cui insistono le opere a progetto.

10.8 Risoluzione delle interferenze

Nell'area interessata dagli interventi non si sono riscontrate interferenze con manufatti esistenti, ad eccezione di una tubazione a mare in corrispondenza della progressiva +1140.00 m. Tale interferenza è, comunque, facilmente risolvibile con accorgimenti di semplice esecuzione ed economicamente poco onerosi.

10.9 Piano di gestione dei materiali

È previsto il reimpiego integrale dei detriti di frana situati a ridosso del muraglione oggetto degli interventi di consolidamento strutturale che potrebbero contenere tracce di rifiuti da smaltire, attualmente non emersi.

Eventuali materiali classificabili come rifiuto, che dovessero emergere nel corso delle operazioni di rimozione dei detriti di cui sopra, dovranno essere opportunamente smaltiti previa analisi finalizzata alla classificazione CER.

10.10 Bonifica ordigni bellici

Da indagini storiche preliminari risulta che la città di Imperia abbia subito, durante il secondo conflitto mondiale, alcuni bombardamenti. Gli attacchi più rilevanti si concentrarono tra il 1942 e il 1944, con colpi sparati dal mare e incursioni aeree alleate mirate soprattutto alla linea ferroviaria e al porto. Quartieri come Oneglia, San Lazzaro, Costa d'Oneglia e Borgo San Moro subirono danni significativi.

Pertanto, non si ritiene da escludere l'eventuale presenza di ordigni bellici inesplosi nell'area di interesse.

Si rimanda alla fase esecutiva l'indagine finalizzata alla relativa verifica.

10.11 Gli impianti

Dato il tipo di opera, non è prevista l'installazione di impianti di alcun genere.

10.12 Sicurezza antincendio

La nuova opera a mare, per sua natura non è soggetta a rischio incendio.

10.13 Misure di sicurezza

Al fine di garantire la tutela della salute e sicurezza dei lavoratori nel corso delle lavorazioni, dovranno essere adottate tutte le misure prescritte nel D.Lgs. 81/08.

A tal fine viene redatto il Piano di Sicurezza e Coordinamento preliminare ai fini dell'Appalto integrato del presente PFTE.

10.14 Misure di manutenzione e di monitoraggio geotecnico e strutturale.

Le scogliere e i pennelli di cui al presente progetto sono opere cosiddette "a gettata" realizzate con materiale lapideo di cava e sono costituite da un nucleo in tout-venant, protetto da uno strato intermedio in massi naturali di modeste dimensioni, protetto, a sua volta, da una mantellata in massi naturali di dimensioni tali da garantire la stabilità della scarpata sotto l'azione delle onde incidenti. Lo strato intermedio ha la funzione di filtro atto a limitare il più possibile la dispersione del materiale fine del nucleo attraverso le cavità della mantellata.

Nel tempo i massi di mantellata possono subire dislocazioni a causa dell'effetto delle onde in caso di mareggiate particolarmente severe. Pertanto è necessario prevedere un adeguato monitoraggio e il ripristino della mantellata ogni qualvolta si dovessero riscontrare danneggiamenti che richiedano un necessario intervento.

Per quanto riguarda i ripascimenti, dovranno essere previsti eventuali interventi stagionali in funzione dell'entità dell'erosione che si manifesterà a causa dell'azione delle onde incidenti residue.

10.15 Espropri

Ad eccezione della strada provvisoria di accesso al cantiere che interesserà parzialmente e temporaneamente aree private, le nuove opere definitive si svilupperanno interamente in aree demaniali e, pertanto non sono previsti espropri.

Per quanto riguarda le aree private interessate dalla strada provvisoria, l'Amministrazione appaltante dovrà prendere gli opportuni accordi con le proprietà, ove necessario.