Committente:

Comune di CHIAVARI

Piazza Nostra Signora dell'Orto, 1 - 16043 Chiavari (GE)

Oggetto:

INTERVENTI DI RIQUALIFICAZIONE E DIFESA DEL LITORALE E DELL'ABITATO DI CHIAVARI NEL TRATTO COMPRESO FRA PUNTA DELLE GRAZIE E IL PORTO TURISTICO

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

CUP J28C20000110002 - CIG 8448859B00

Titolo elaborato:

STUDIO PRELIMINARE AMBIENTALE

R.T.I.:

Mandataria, coordinamento progettuale: STUDIOELB Ingegneri Associati

Mandanti: DHI, AM3 SPIN-OFF ADVANCED MODELS AND METHODS IN MARITIME ENGINEERING, resGEo studio associato di geologia

Responsabile dell'integrazione delle prestazioni specialistiche:
Dott. Ing. Riccardo Giammarini

Documento emesso da:

STUDIOELB Ingegneri Associati

Corso Torino 17/6 sc.A - 16129 Genova
e-mail: inge@studioelb.it - PEC: studio@pec.studioelb.it

Firmato digitalmente da

Riccardo Giammarini
O = Ordine degli Ingegneri della Provincia di Genova
T = Ingegnere
C = IT

0	25.05.2021	RG	SC	RG	Emissione
Revisione	Data	Redatto da:	Verificato da:	Approvato da:	Descrizione

Nome file:	Scala:	Commessa:	Livello prog:	Elaborato:
C51.PF. R01.00_Studio-preliminare-ambientale		C51	PF	R01

SOMMARIO

1. PREMESSA 5

1.1 PROGETTO 2005/2006 5

1.2 AGGIORNAMENTI AMMINISTRATIVI ED EVOLUZIONE DEL TERRITORIO: INTERVENTI ESEGUITI ED IN CORSO DI PROGETTAZIONE 6

1.3 STUDIO PRELIMINARE AMBIENTALE 2021 7

1.4 OBIETTIVI ED ORGANIZZAZIONE DELLO STUDIO 7

2. INQUADRAMENTO GENERALE DEI LUOGHI 8

2.1 INQUADRAMENTO DEI LUOGHI E DESCRIZIONE DELL'AREA 8

2.2 INTRODUZIONE ALLE CRITICITÀ DELL'AREA 9

2.3 DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA 11

3. PROPRIETÀ DELLE AREE 30

3.1 CONCESSIONI DEMANIALI - USO DEL LITORALE 31

4. INQUADRAMENTO TERRITORIALE E VALUTAZIONE GENERALE DELLA SENSIBILITÀ AMBIENTALE DEL SITO 32

4.1 CONDIZIONI AMBIENTALI GENERALI DELL'AREA 32

4.2 LA COSTA E I FONDALI 32

4.3 PROTEZIONE DELLA COSTA 33

4.4 IL T.RUPINARO: CARATTERISTICHE E CRITICITÀ 35

5. INQUADRAMENTO NORMATIVO / AMBIENTALE 38

5.1 IL PIANO TERRITORIALE DI COORDINAMENTO PAESISTICO (PTCP) 38

5.1.1 Assetto insediativo 38

5.2 IL PTC DELLA COSTA 39

5.3 IL PIANO TERRITORIALE DI COORDINAMENTO DELLA PROVINCIA DI GENOVA 44

5.4 PIANO DI TUTELA AMBIENTE MARINO E COSTIERO (PTAMC) – AMBITO 15 UNITÀ FISIOGRAFICHE GOLFO DEL TIGULLIO, BAIA DEL SILENZIO E RIVA TRIGOSO 47

5.5 PIANO DI BACINO – AMBITO 16 53

5.6 STRUMENTI URBANISTICI LOCALI: PUC 58

5.7 PROGETTO DI UTILIZZO COMUNALE DELLE AREE DEMANIALI PUBBLICHE 59

6. VALUTAZIONE GENERALE DELLA SENSIBILITÀ AMBIENTALE DEL SITO 62

6.1 VINCOLI ARCHITETTONICI, ARCHEOLOGICI E PAESAGGISTICI 62
6.2 VINCOLO IDROGEOLOGICO 64
7. CARATTERISTICHE DEI FONDALI ANTISTANTI LA SPIAGGIA: POPOLAZIONE BENTONICA - FANEROGAME 65
7.1 CARATTERISTICHE GENERALI 65
7.2 SIC MARINI E TERRESTRI 65
7.3 HABITAT MARINI 67
7.4 RACCOLTA DI STUDI ESEGUITI 68
7.4.1 Indagini 2003 68
7.4.2 Studi svolti dall'ENEA 68
7.4.3 Studi svolti da IDRA s.s. Ricerche e consulenze ambientali 69
7.4.4 L'ambiente fluviale di prossimità: T. Rupinaro 69
7.4.5 Approfondimento 2021 70
8. RILIEVI 2021 E MODELLO DEL LITORALE 71
9. INDAGINI GEOLOGICHE 76
9.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO 76
9.2 IL LITORALE DI CHIAVARI 78
9.3 CARATTERIZZAZIONE DEI SEDIMENTI 79
9.4 SEDIMENTI ALLA FOCE DEL T. ENTELLA 81
10. STUDI METEOMARINI 83
10.1 CRITERI DI ANALISI E DI IMPOSTAZIONE DELLA CONFIGURAZIONE DI PROGETTO 83
10.2 SINTESI DELLE ATTIVITÀ ESEGUITE 83
10.3 PUNTI SIGNIFICATIVI E RAPPRESENTAZIONE DELL'ESTENSIONE DELLE AREE DEL MODELLO 85
10.4 PROPAGAZIONE DEL MOTO ONDOSO DA LARGO A COSTA 89
10.5 IL MODELLO IDRODINAMICO 90
10.6 AGGIORNAMENTO DEGLI STUDI ESEGUITI NEL 2006 - DEFINIZIONE DELLO SCHEMA DI DIFESA 93
10.7 DEFINIZIONE DELLA PROFONDITÀ MINIMA DI SPIAGGIA 95
10.7.1 Calcolo della profondità di chiusura 95
10.7.2 Evoluzione della linea di riva a lungo termine 99
10.8 CONCLUSIONI DELLO STUDIO E DEFINIZIONE DELLA CONFIGURAZIONE DI PROGETTO 101
11. SCELTA DELLA CONFIGURAZIONE PROGETTUALE 104

11.1 OBIETTIVI DEL PROGETTO 104

12. MATERIALI, QUANTITATIVI PER LE OPERE A PROGETTO, DISPONIBILITÀ DELLE RISORSE 107

12.1 USO DEI MATERIALI PROVENIENTI DAL T. ENTELLA 107

12.2 USO DEI MASSI ESISTENTI 108

12.3 MATERIALE PROVENIENTE DALLO SCAVO DELLA GALLERIA SCOLMATRICE DEL T. RUPINARO 108

12.4 MATERIALE DA CAVA 108

12.4.1 Criteri di scelta del materiale da utilizzare 109

12.4.2 Disponibilità delle risorse 109

12.5 SINTESI RELATIVA ALLA DISPONIBILITÀ DEI MATERIALI 110

13. STRATEGIE OPERATIVE DI INTERVENTO, SUDDIVISIONE IN LOTTI FUNZIONALI 111

14. INTERFERENZE CON I PRINCIPALI ELEMENTI TECNICI ED AMBIENTALI PRESENTI 113

14.1 INTERFERENZE STRUTTURALI E FUNZIONALI 113

14.1.1 Acque meteoriche: T. Rupinaro 113

14.1.2 Acque meteoriche: rete urbana di smaltimento acque bianche 114

14.1.3 Condotte di scarico a mare 115

14.2 INFLUENZA SULLA SENSIBILITÀ AMBIENTALE DEL SITO E CRITERI OPERATIVI 116

14.2.1 Aspetti ambientali generali: fondali e pesca 116

14.2.2 Fanerogame marine 117

15. DIMENSIONAMENTO DEI MASSI PER I PENNELLI 118

16. UTILIZZO DELLE RISORSE NATURALI 130

16.1 APPROVVIGIONAMENTO IDRICO 130

16.2 DRENAGGIO SUPERFICIALE E SUB-SUPERFICIALE 130

17. PRODUZIONE E SMALTIMENTO DI RIFIUTI 130

18. VOLUMI DI TRAFFICO INDOTTI E CAPACITÀ DEL SISTEMA INFRASTRUTTURALE 131

18.1 IL TRAFFICO ESISTENTE E QUELLO INDOTTO 131

18.2 IPOTESI DI PERCORSI DALLE AREE DI CAVA AL SITO DI PROGETTO 131

19. INQUINAMENTO E DISTURBI AMBIENTALI 133

19.1 VALUTAZIONE DEGLI INQUINAMENTI INDOTTI 133

19.1.1 Inquinamento del terreno nella zona di intervento 133

19.1.2 Inquinamento acustico 133

19.2 INQUINAMENTO ATMOSFERICO E DA POLVERI 135

19.3 INQUINAMENTO DELL'ACQUA 135

20. GENERAZIONE DI CONFLITTI PER L'USO DELLE RISORSE CON ALTRI INTERVENTI LIMITROFI 136

21. ANALISI DEL RISCHIO DI INCIDENTI 136

21.1 RISCHIO DI INCIDENTI ALL'INTERNO DEL CANTIERE 136

21.2 RISCHIO INDOTTO DI INCIDENTI STRADALI 137

22. IMPATTO SUL PATRIMONIO NATURALE E STORICO 137

22.1 ASPETTI RIGUARDANTI IL RISCHIO ARCHEOLOGICO 137

23. COMPATIBILITÀ CON IL QUADRO NORMATIVO PAESAGGISTICO - AMBIENTALE 138

24. MITIGAZIONE DELL'IMPATTO DEGLI INTERVENTI 138

25. STIMA DEI COSTI, TEMPI DI ATTUAZIONE 139

1. PREMESSA

L'area oggetto dello studio è il litorale nel tratto compreso tra la spiaggia ad Ovest della Colonia Piaggio e il Porto Turistico: il litorale nel tratto antistante l'abitato è caratterizzato da una spiaggia sabbiosa/ghiaiosa/ciottolosa, suddivisa in 6 celle e con presenza di 8 scogliere di difesa parallele alla costa: le opere di difesa dal moto ondoso esistenti contribuiscono alla protezione del litorale e dell'abitato, sebbene in caso di eventi estremi non siano in grado di assicurare un adeguato livello di protezione, e al contempo pregiudicano attualmente la stabilità della spiaggia sommersa e la fruibilità balneare e turistica ottimale.

1.1 Progetto 2005/2006

Al fine di valutare le condizioni di equilibrio del litorale di Chiavari e valutare eventuali necessità di intervento, l'Amministrazione Comunale di Chiavari nel 2005 ha predisposto uno studio per il recupero ed il risanamento del litorale stesso.

Nel progetto preliminare del 2005 la configurazione progettuale ipotizzata prevedeva la costruzione di 8 celle contigue, compartimentate da pennelli trasversali in massi, con pennello finale ad Est del litorale per definire l'argine destro del T. Rupinaro, con eliminazione della scogliera attualmente presente alla foce del torrente stesso.

Il progetto è stato sottoposto alla verifica screening ex L.R. 38/98, conclusasi con Decreto n. 1614 del 15.06.2007 del dirigente del settore VIA della Regione Liguria, con esito "NO VIA con prescrizioni". Le prescrizioni contenute nel decreto, di carattere generale e riguardanti soprattutto le caratteristiche dei materiali, sono state tenute in considerazione nello sviluppo del progetto attuale.



Foto 1.1: il litorale di Chiavari (da Ortofoto Regione Liguria 2016)

1.2 Aggiornamenti amministrativi ed evoluzione del territorio: interventi eseguiti ed in corso di progettazione

Dopo tale progetto l'area di levante del litorale è stata interessata dai lavori di ampliamento del porto turistico, che ha modificato l'assetto dell'ultimo tratto di spiaggia a levante.

Dal punto di vista amministrativo e della pianificazione di settore, il Consiglio regionale ha approvato con la delibera n.18 del 25 settembre 2012 il Piano di Tutela dell'Ambiente Marino e Costiero per l'Ambito Costiero 15: il suddetto Ambito comprende le unità fisiografiche del Golfo del Tigullio, della Baia del Silenzio e di Riva Trigoso, ed è delimitato nel suo complesso dalla Punta di Portofino a nord-ovest e da Punta Baffe.

L'Amministrazione Comunale intende perseguire gli obiettivi del PTAMC, e ha pertanto affidato a questo RTP l'incarico per l'aggiornamento e la revisione del progetto preliminare già sottoposto a screening, inquadrandolo nel contesto territoriale modificato dalla presenza del porto ampliato; a seguito della nuova verifica di assoggettabilità alla VIA verrà redatta la nuova progettazione, nel quale verranno acquisite tutte le informazioni di carattere tecnico, ambientale ed economico per addivenire ad un piano di interventi, da eseguirsi anche per lotti successivi, mirati a definire il completo riassetto del litorale, come auspicato dal PTAMC stesso.

Dopo la violenta mareggiata dell'ottobre 2018 il Comune ha eseguito interventi di manutenzione straordinaria delle scogliere parallele di difesa, danneggiate dalla mareggiata stessa: gli interventi sono in parte già eseguiti ed in parte in fase di ultimazione da parte dell'Amministrazione comunale. Essi sono necessari per la difesa del litorale nelle condizioni attuali e comunque risultano utili riguardando l'approvvigionamento di massi che potranno formare le nuove strutture di difesa nella configurazione di progetto che verrà definita.

Il Comune ha affidato le progettazioni di una serie di interventi sul T. Rupinaro: lo studio generale e le progettazioni per la riduzione del rischio idraulico, la progettazione dei rifacimenti dei ponti nel tratto terminale del corso d'acqua, la definizione dell'ipotesi del canale scolmatore quale soluzione per la riduzione del rischio idraulico, inserita quale elemento della pianificazione di bacino.

L'intervento più significativo nei confronti dell'assetto costiero (oltre allo scolmatore, le cui caratteristiche di dettaglio devono comunque ancora essere definite), è il rifacimento del ponte di Corso Valparaiso, alla foce del T. Rupinaro, con un allargamento della luce verso ponente di circa 2,5 m: di questo progetto si è tenuto conto nella definizione della configurazione progettuale ed in particolare nel posizionamento del pennello dei levante.

1.3 Studio preliminare ambientale 2021

Nel presente studio, anche in relazione agli incontri con l'Amministrazione Comunale, si è proceduto all'approfondimento delle soluzioni progettuali già ipotizzate, redigendo un nuovo Studio Preliminare Ambientale, completo della valutazione delle caratteristiche dimensionali di massima e del costo sommario delle opere.

L'intervento si caratterizza come opera costiera di difesa dall'erosione, finalizzata alla manutenzione e riqualificazione della spiaggia esistente, pertanto può essere qualificata come al punto 7 lett. n) dell'allegato IV alla parte seconda del D. Lgs. n. 152/2006 e smi *"opere costiere destinate a combattere l'erosione e lavori marittimi volti a modificare la costa, mediante la costruzione di dighe, moli ed altri lavori di difesa del mare".*

Tali opere, se non ricadono in aree protette, sono soggette alla procedura regionale di verifica di assoggettabilità alla VIA per valutare se debbano essere o meno sottoposte a procedura VIA.

Il presente Studio preliminare ambientale è redatto secondo le norme tecniche per la procedura di verifica di assoggettabilità alla VIA e contiene le analisi degli impatti dell'opera sull'ambiente circostante ed il suo inserimento complessivo nell'ecosistema generale dell'area.

1.4 Obiettivi ed organizzazione dello studio

L'obiettivo del presente studio è l'aggiornamento della modellazione numerica per la verifica e o ridefinizione della soluzione progettuale individuata dal progetto preliminare del 2006: di seguito vengono presentati i risultati dei rilievi, studi e indagini eseguite per aggiornare la soluzione progettuale del 2006, verificarne l'efficacia dal punto di vista tecnico ed ambientale e ridefinire la stima di costo delle opere.

2. INQUADRAMENTO GENERALE DEI LUOGHI

2.1 Inquadramento dei luoghi e descrizione dell'area

Il litorale del Comune di Chiavari presenta uno sviluppo lineare di circa 2,5 km di costa alta, 2,2 km di costa deposita e 800 m di lunghezza del porto. In questo settore il grado di protezione risulta molto elevato e, come facilmente prevedibile, la maggior presenza di opere è direttamente proporzionale all'incidenza dei fenomeni erosivi.

Le strutture più utilizzate sono le difese aderenti (muro con tasta sagomata a difesa della passeggiata a mare) e le scogliere parallele (difesa della breve spiaggia a mare dei muri suddetti).

Esse sono presenti nella costa bassa antropizzata (spiaggia e lungomare) per un'estensione di circa 1,6 km; le difese aderenti sono state utilizzate, soprattutto nel passato, per la protezione dei manufatti retrostanti il litorale, costituiti dalla passeggiata a mare e dalle abitazioni; le scogliere parallele svolgono in modo efficace la difesa della spiaggia retrostante, ma innescano problemi alle spiagge sottoflutto e alla spiaggia sommersa, a causa dei fenomeni di riflessione del moto ondoso e alla creazione di forti correnti nei varchi tra le scogliere.

Le caratteristiche sedimentologiche generali della spiaggia sommersa e della piattaforma del Golfo del Tigullio sono determinati dagli apporti dell'Entella: le correnti costiere dominanti dirette verso occidente contribuiscono alla distribuzione dei sedimenti che tendono a sorpassare il promontorio di Portofino; nella zona si instaura tuttavia una distribuzione di sedimenti in senso inverso per effetto delle correnti lungo costa determinate dal moto ondoso dominante, con deposizione nei pressi della costa di frazione siltosa; i fondali sabbiosi sono quindi presenti su una ristretta fascia costiera.

In occasione della mareggiata del 29 e 30 ottobre 2018 il litorale è stato fortemente colpito, il mare ha superatole scogliere e raggiunto il lungomare, provocando danni alla spiaggia e alle strutture sul litorale.

2.2 Introduzione alle criticità dell'area

L'equilibrio del litorale di Chiavari è attualmente molto precario: la presenza di barriere in massi parallele alla costa e parzialmente radicate a terra ha portato alla creazione di una serie di singole celle chiuse, collegate al mare aperto solo dai modesti varchi presenti tra una scogliera e l'altra.

Tali celle sono completamente chiuse ad alimentazioni esterne ed il materiale che viene regolarmente versato dal comune nell'ambito dei ripascimenti stagionali viene parzialmente asportato lungo i varchi tra le scogliere, dove si creano correnti verso l'esterno che generano rilevanti erosioni ed approfondimenti del fondale.

Le scogliere parallele contribuiscono alla difesa della costa e delle Infrastrutture retrostanti (anche se in occasione di mareggiate rilevanti il lungomare è esposto alla forza delle onde e ha subito danneggiamenti anche gravi) , ma generano anche rilevanti fenomeni erosivi a carico della spiaggia sommersa, specie nella porzione a ponente della spiaggia: dal confronto tra le batimetriche del 2005 e del 2021 emerge chiaramente un avvicinamento la costa della batimetrica dei 10 m fino a 70 m nel periodo considerato.



Foto 2.1: il lungomare durante una mareggiata (ottobre 2008)

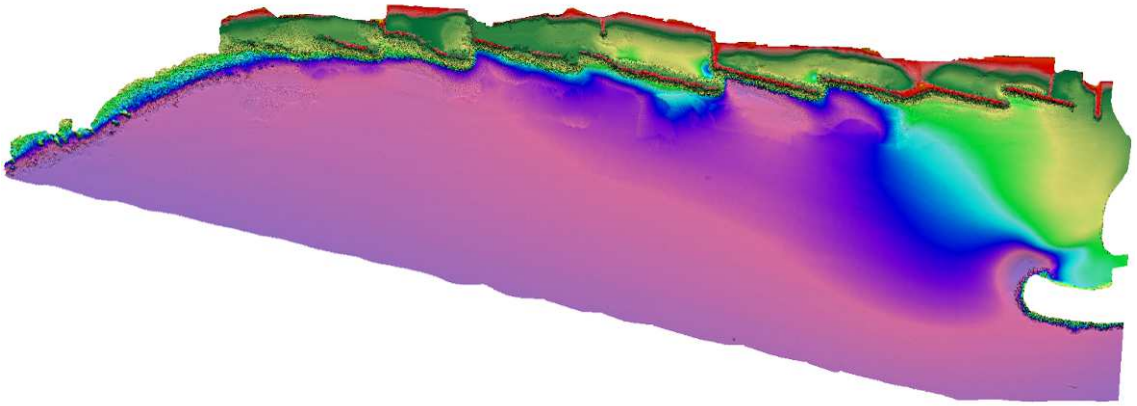


Figura 2.2: DTM delle batimetrie della spiaggia - rilievo febbraio 2021

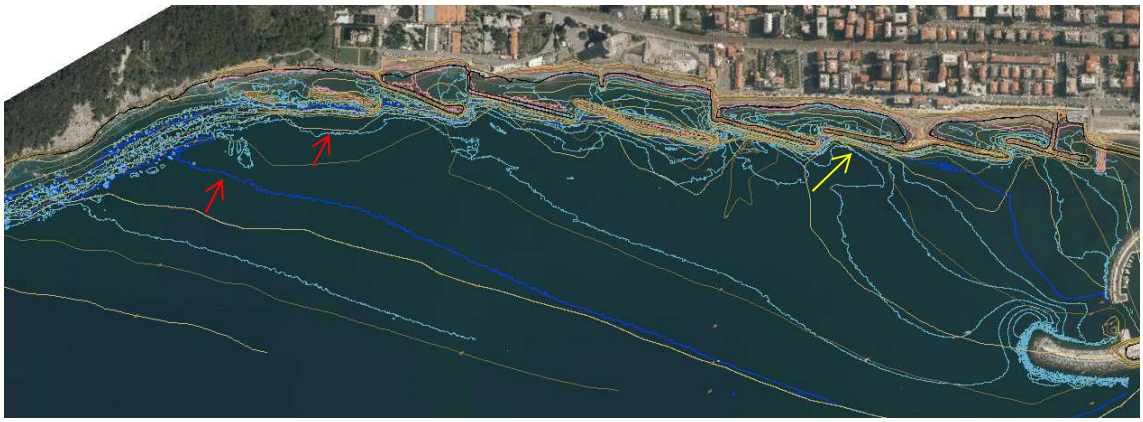


Figura 2.3: confronto tra le batimetriche 2005 (nei toni del marrone) e le batimetriche 2021 (nei toni del blu/azzurro) : si nota (v. frecce rosse) l'avanzamento verso terra delle isobate -10m e -9m a ponente e la creazione di una "fossa" (v. freccia gialla) a -8 m a levante

La scomparsa della spiaggia sommersa porterà nel medio e lungo periodo alla necessità di interventi di consolidamento delle scogliere sempre più onerosi, mancando a largo delle stesse un adeguato appoggio.

2.3 Documentazione fotografica

Si presentano di seguito alcune immagini fotografiche del litorale (una sintesi delle foto da drone è rappresentata anche nel disegno PF.D02), come segue:

- immagini da drone maggio 2020;
- immagini da drone luglio 2020 (dopo interventi locali di sistemazione delle scogliere);
- foto da terra febbraio, marzo, aprile 2021;
- foto della foce dell'Entella.

Per praticità di denominazione, e in coerenza con le denominazioni adottate nei recenti progetti di ripristino, le scogliere sono state numerate da ponente a levante, come segue:



Foto 2.4: foto aerea ottobre 2020 (da Google Earth) con denominazione delle scogliere

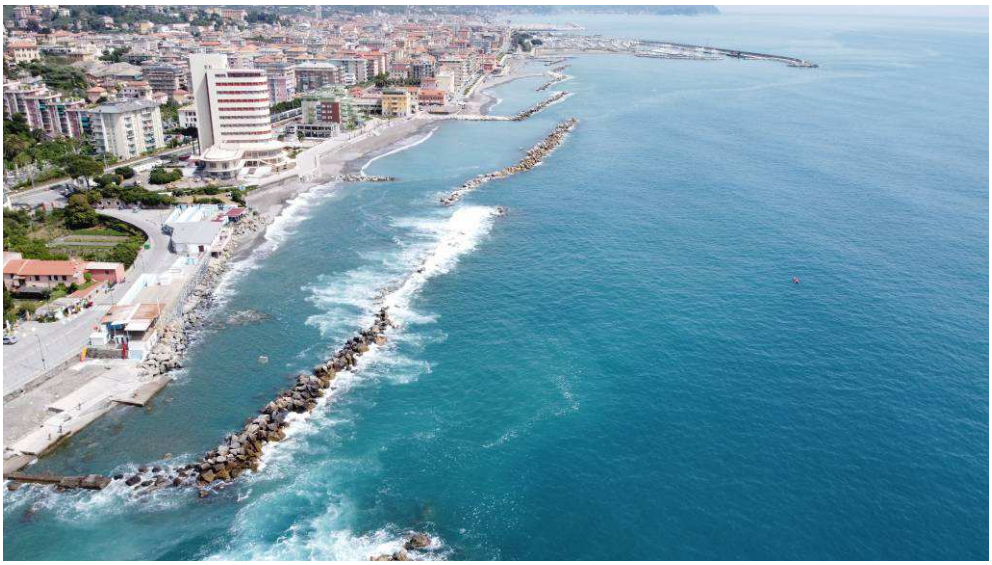


Foto 2.5: vista aerea generale da ponente (da scogliera S6) - maggio 2020

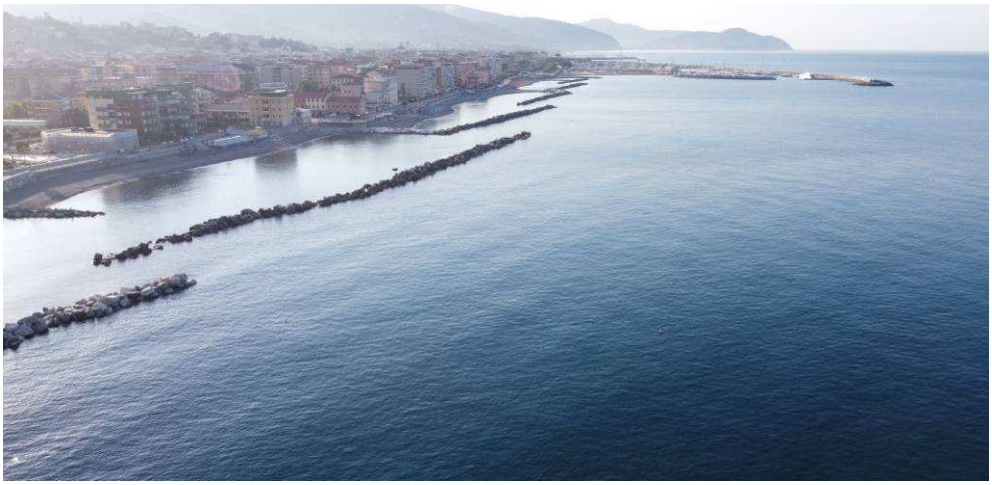


Foto 2.6: vista aerea generale da ponente - maggio 2020



Foto 2.7: vista del primo tratto di levante - maggio 2020



Foto 2.8: vista puntuale tratto foce Rupinaro (scogliera S1) - maggio 2020



Foto 2.9: tratto in corrispondenza delle scogliere S1 e S2 - maggio 2020



Foto 2.10: vista del tratto a ponente della foce Rupinaro (scogliera 2) - maggio 2020



Foto 2.11: vista zona "Nelson Pub" (scogliere S3 e S2) - maggio 2020



Foto 2.12: vista del tratto a levante di Piazza dei pescatori (S3 e S4) - maggio 2020



Foto 2.13: piazza dei pescatori - maggio 2020



Foto 2.14: zona Gli Scogli - Colonia Fara (Scogliera S5) - maggio 2020



Foto 2.15: la scogliera S5 - maggio 2020



Foto 2.16:tratto di fronte alla colonia Fara (scogliera S5) - maggio 2020



Foto 2.17:tratto a ponente della colonia Fara (scogliere S6 e S5) - maggio 2020



Foto 2.18: vista ampia dell'area in prossimità della Colonia Fara (scogliere S6 e S5) - luglio 2020

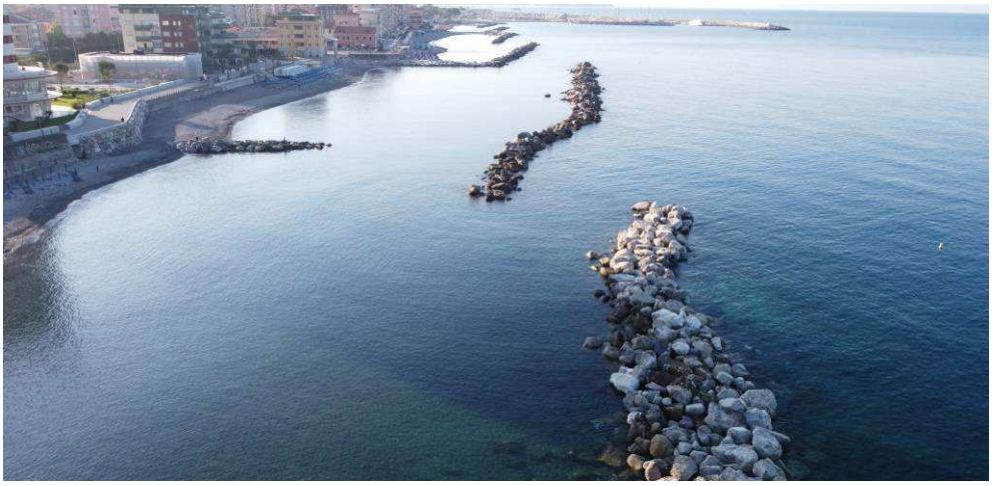


Foto 2.19: tratto in corrispondenza scogliera S6 (in primo piano) e S5 - luglio 2020



Foto 2.20: zona Bagni Comunali (scogliere S6 e S5) - maggio 2020



Foto 2.21: vista ampia dell'area retrostante la scogliera S6 - luglio 2020

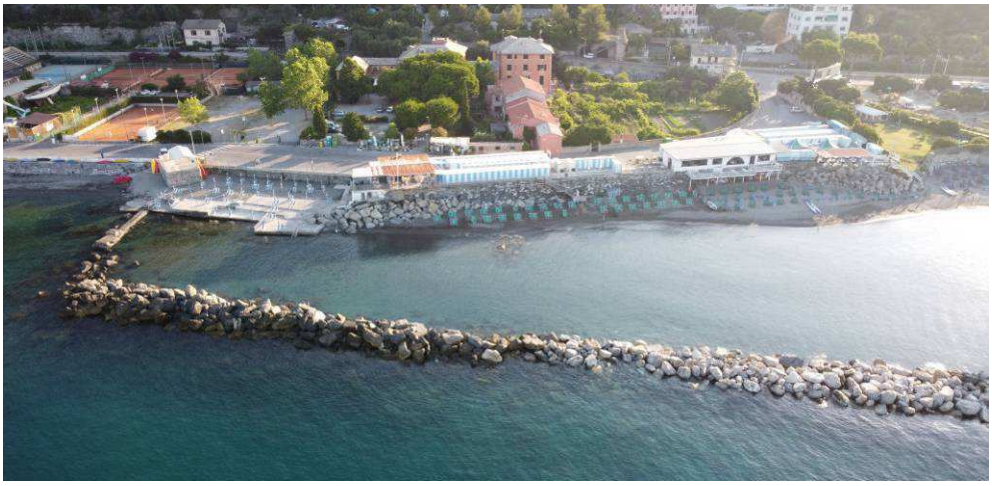


Foto 2.22: vista ampia dell'area retrostante la scogliera S6 - luglio 2020

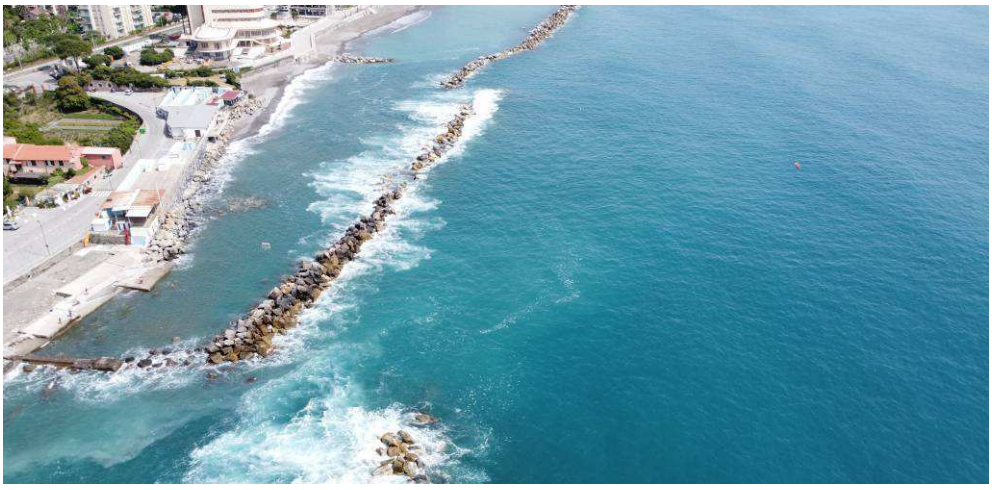


Foto 2.23: vista verso levante dell'area retrostante la scogliera S6 – maggio 2020



Foto 2.24: vista verso ponente dell'area retrostante la scogliera S6 – maggio 2020



Foto 2.25: la radice della scogliera S6 e l'estremità di levante della scogliera S7 - maggio 2020

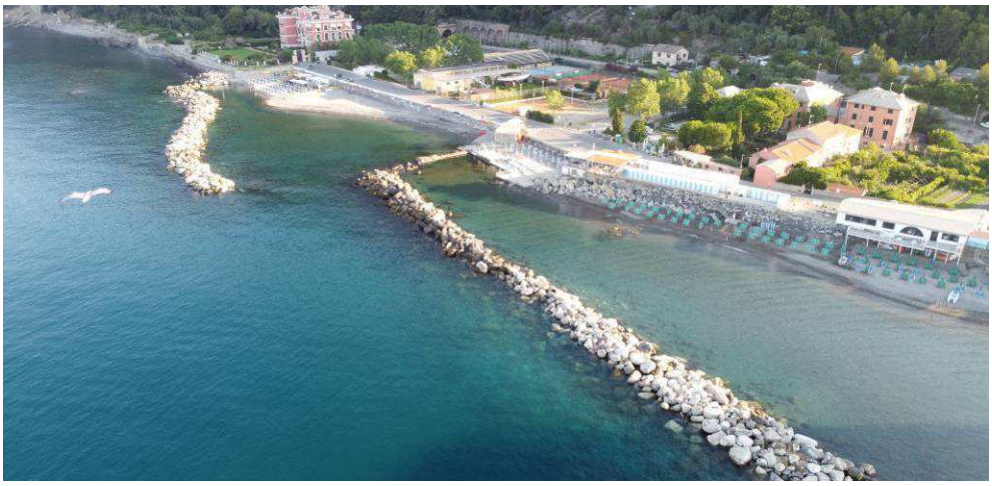


Foto 2.26: vista verso ponente delle aree retrostanti le scogliere S6 e S7 – luglio 2020

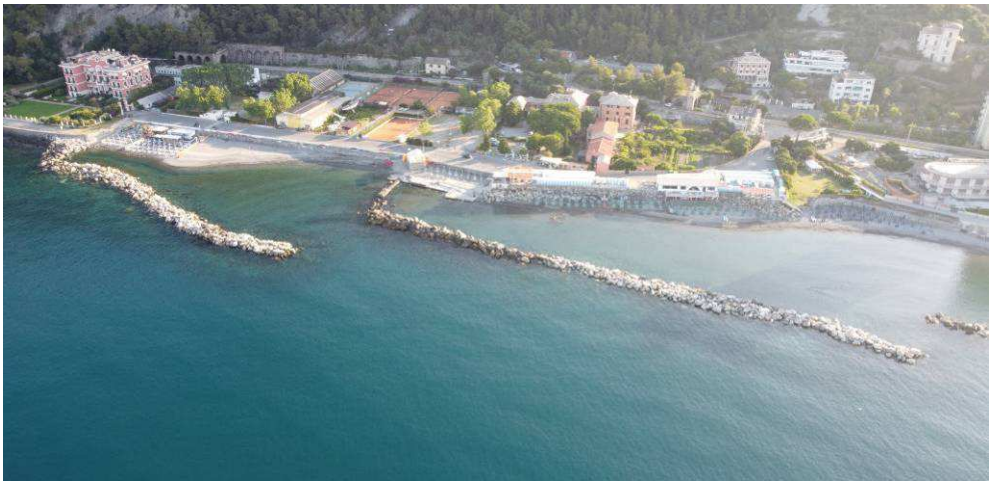


Foto 2.27: vista ampia dell'area retrostante le scogliere S7 e S6 - luglio 2020



Foto 2.28: vista puntuale dell'area retrostante le scogliere S7 e S6 - luglio 2020



Foto 2.29: dettaglio dell'area retrostante la scogliera S7 – maggio 2020



Foto 2.30: le scogliere S7 e S6 e la spiaggia retrostante - maggio 2020



Foto 2.31: vista verso ponente della scogliera S7 , della spiaggia retrostante e del tratto estremo di ponente del litorale - maggio 2020



Foto 2.32: vista delle scogliere S8 e S7 e del litorale retrostante - maggio 2020



Foto 2.33: vista della spiaggia retrostante le scogliere S1 e S2 - febbraio 2021



Foto 2.34: vista della spiaggia retrostante le scogliere S2 e S3 - febbraio 2021



Foto 2.35: vista della spiaggia retrostante la scogliera S3 - febbraio 2021



Foto 2.36: vista della spiaggia retrostante la scogliera S4 - marzo 2021

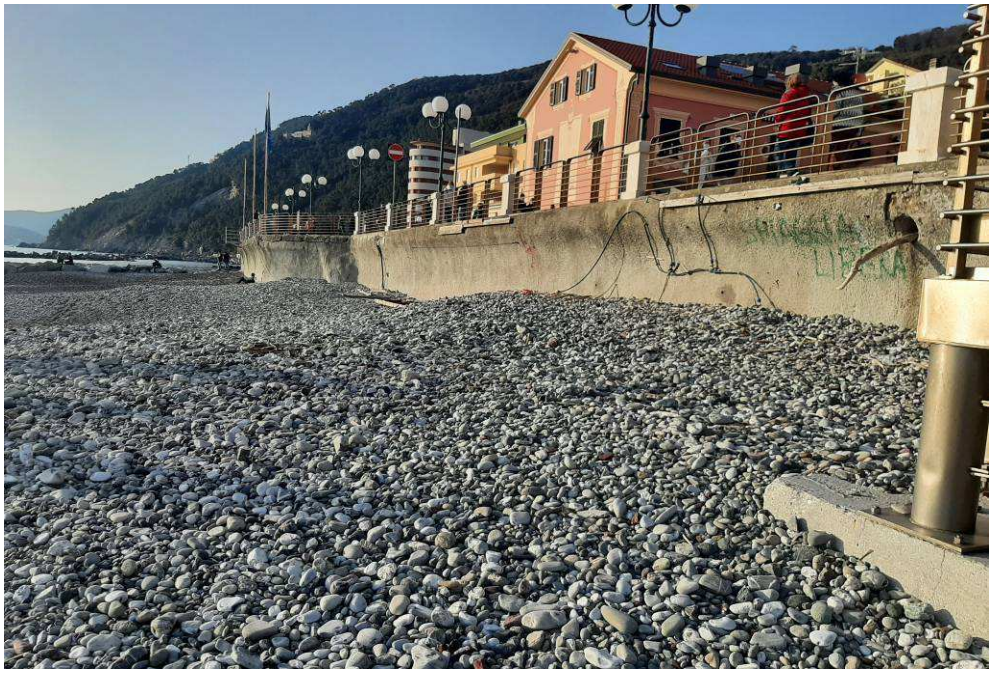


Foto 2.37: vista della parte superiore della spiaggia retrostante la scogliera S4 - marzo 2021



Foto 2.38: vista verso levante della spiaggia retrostante la scogliera S5 - marzo 2021



Foto 2.39: vista verso ponente della spiaggia retrostante la scogliera S5 - marzo 2021



Foto 2.40: vista verso levante del tratto di litorale retrostante la scogliera S6 - aprile 2021

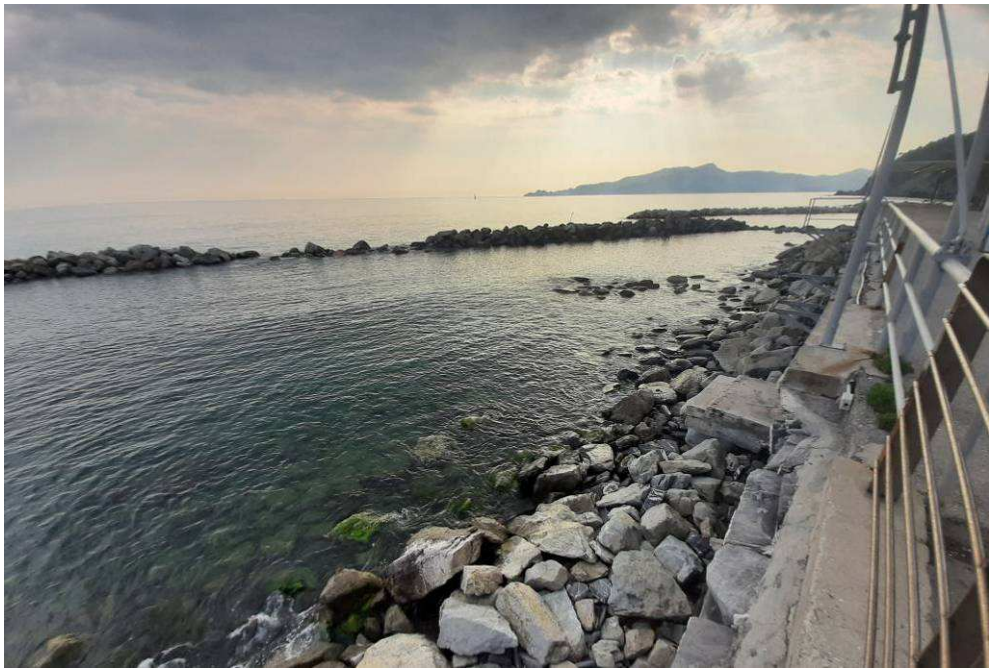


Foto 2.41: vista verso ponente del tratto di litorale retrostante la scogliera S6 - aprile 2021



Foto 2.42: vista verso mare della radice della scogliera S6; sulla destra la scogliera S7 - aprile 2021

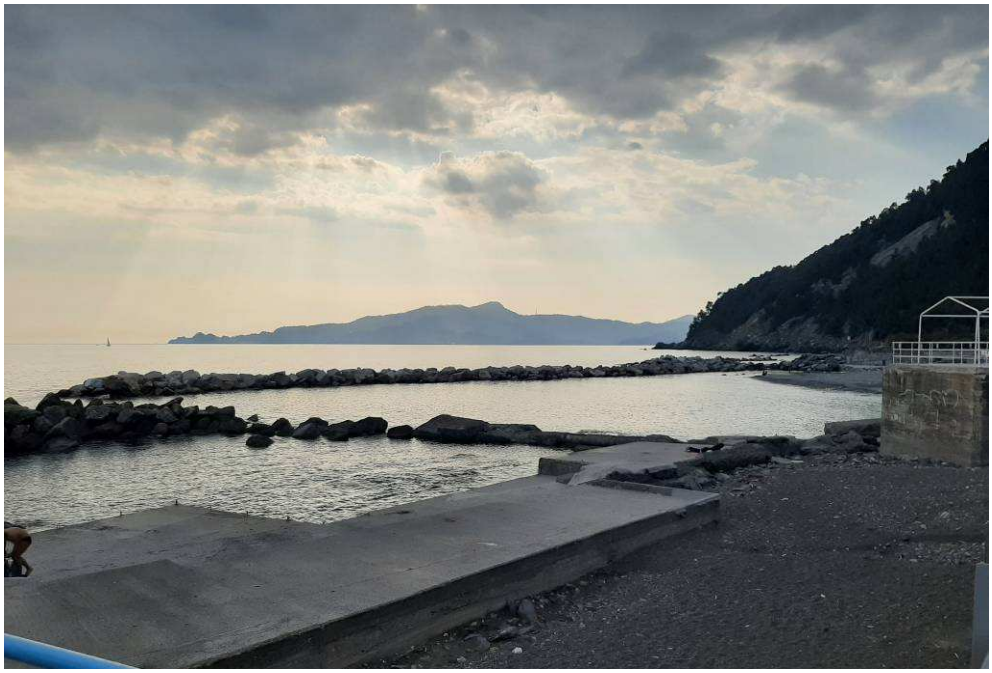


Foto 2.43: vista verso ponente della radice della scogliera S6; sulla destra la scogliera S7 - aprile 2021



Foto 2.44: vista verso levante della spiaggia retrostante la scogliera S7 - aprile 2021

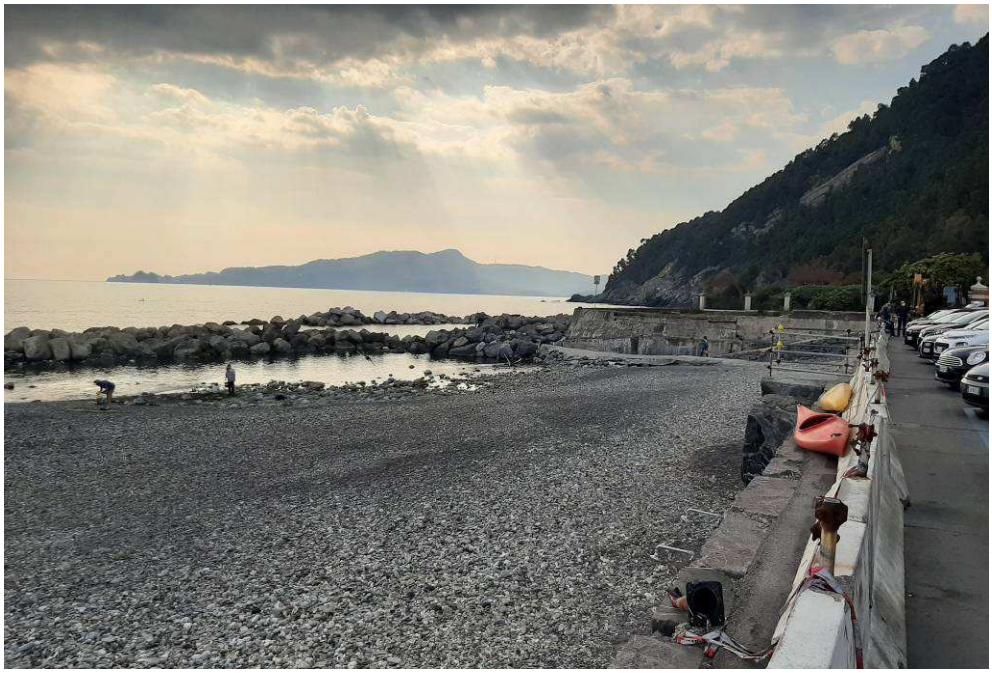


Foto 2.45: vista verso ponente della spiaggia retrostante la scogliera S7 - aprile 2021

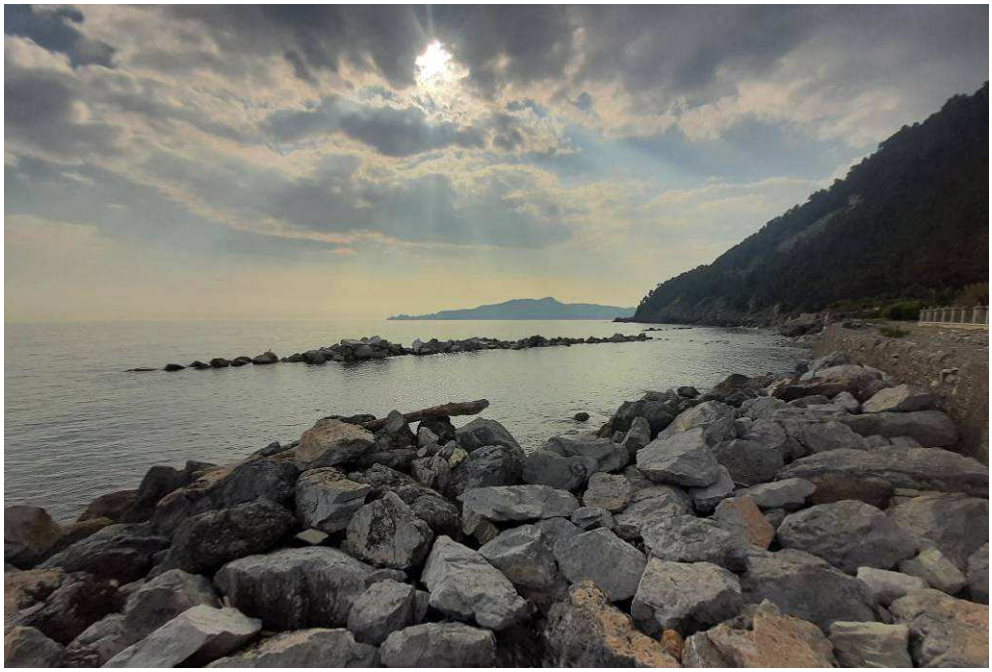


Foto 2.46: vista verso ponente del tratto di litorale retrostante la scogliera S8 - aprile 2021



Foto 2.47: vista della foce del T. Entella - ponte ferroviario - febbraio 2021



Foto 2.48: vista verso mare della foce del T. Entella - febbraio 2021



Foto 2.49: vista verso mare della foce del T. Entella - maggio 2021

3. PROPRIETÀ DELLE AREE

Come mostrato nello stralcio della mappa del Sistema Informativo del demanio marittimo (S.I.D), l'area oggetto di intervento ricade in demanio marittimo.

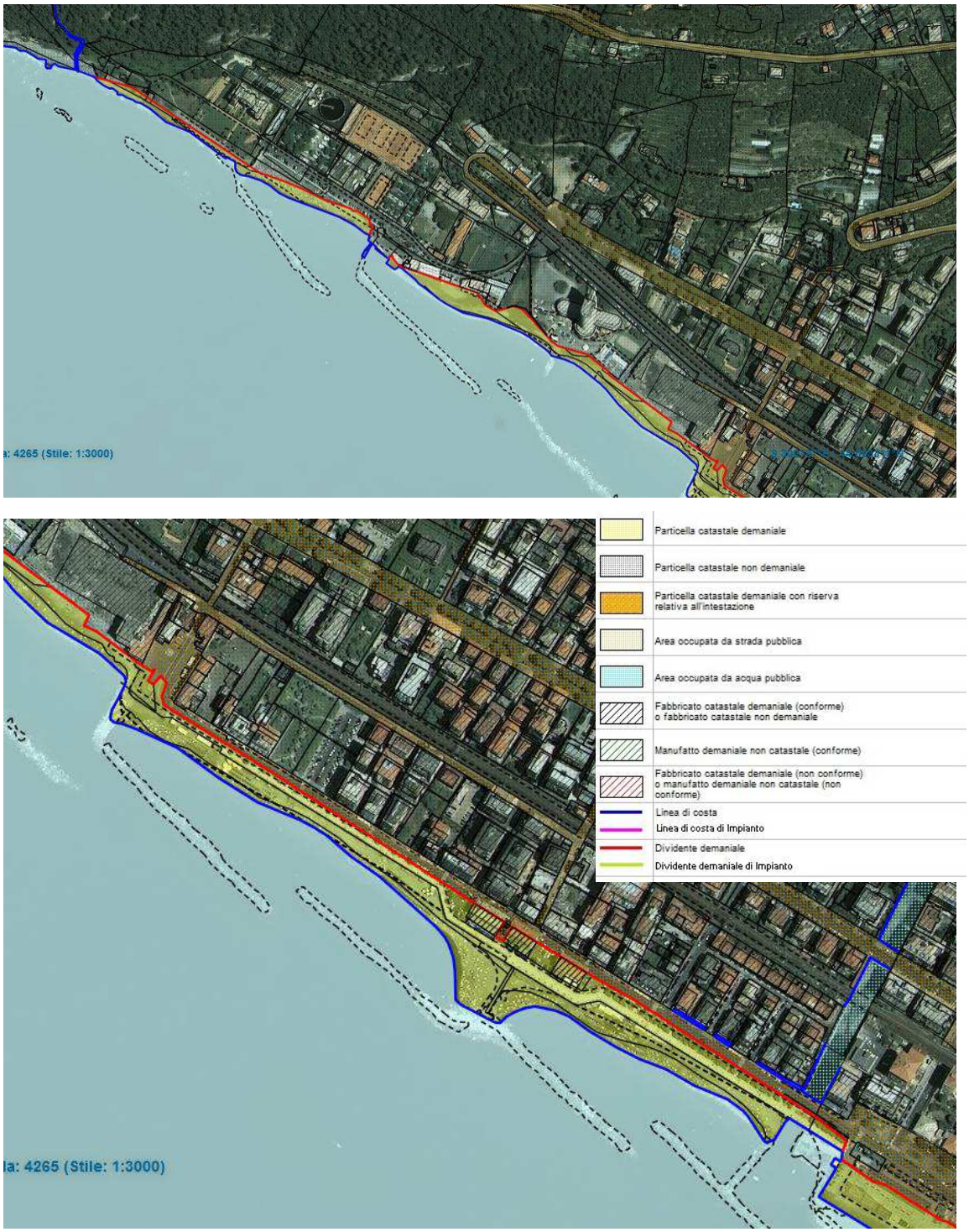


Figura 3.1: – Stralcio mappa SID (da www.mit.gov.it)

3.1 Concessioni demaniali - uso del litorale

Il Comune di Chiavari nel Progetto di utilizzo comunale delle aree demaniali pubbliche (PUD) - ha definito le tipologie di utilizzo dei vari tratti dell'arenile, come rappresentato nella seguente figura.

Nel successivo paragrafo 5.7 vengono descritte in dettaglio le zone nelle quali è suddiviso il fronte mare.



Figura 3.2: Stralcio cartografia P.U.D. Chiavari (da geoportale Regione Liguria) – stato attuale

4. INQUADRAMENTO TERRITORIALE E VALUTAZIONE GENERALE DELLA SENSIBILITÀ AMBIENTALE DEL SITO

4.1 Condizioni ambientali generali dell'area

L'area in esame è caratterizzata dalla presenza di una serie di spiagge in prevalenza ghiaiose, protette da scogliere foranee, parzialmente radicate a costa: ne risulta un insieme disomogeneo sia dal punto di vista paesaggistico, sia dal punto di vista della fruibilità turistica e balneare:

- la non omogeneità paesaggistica è dovuta in gran parte alla realizzazione degli interventi in tempi successivi, con materiali di caratteristiche diverse, e alla mancanza di una linea unitaria di intervento;
- la non ottimale fruibilità turistica e balneare è dovuta alla limitata circolazione costiera, con diverse aree caratterizzate da ristagno delle acque, e alla bassa risalita delle onde sulla spiaggia, che non agevola i fenomeni di evoluzione litologica e dimensionale del materiale componente la spiaggia stessa;
- a ciò si aggiunge lo sfocio a mare del T. Rupinaro, in un'area che presenta problematiche e rischi di tipo idraulico ed una sistemazione non ottimale delle attività di piccola nautica da diporto alla foce del torrente.

4.2 La costa e i fondali

La costa bassa rappresenta il bordo della piana alluvionale dovuta prevalentemente agli apporti del T. Entella, dal quale provengono materiali litoidi di varia provenienza e caratteristiche , che costituiscono il materasso alluvionale della piana costiera e le spiagge.

Gli apporti sono principalmente di origine fluviale, in particolare attraverso l'ingente trasporto solido del T.Entella ed in subordine da quello relativo al T.Rupinaro (attualmente molto ridotto per la configurazione del tratto terminale), a cui si aggiungono quelli di origine detritica derivanti dallo smantellamento della falesia rocciosa e l'incisione delle potenti coperture detritiche da parte dell'azione del moto ondoso in corrispondenza della Collina delle Grazie.

A monte della passeggiata, di estensione decrescente da levante verso ponente, è presente la strada carrozzabile locale del lungomare, collegata con la SP n° 1 Aurelia mediante sottopassi ed un sovrappasso alla linea ferroviaria.

Per quanto riguarda i fondali antistanti il tratto di spiaggia, la presenza di popolamenti algali ed animali è piuttosto limitata e concentrata soprattutto negli anfratti nei pressi dei pennelli in massi, mentre il fondale sabbioso/ghiaioso davanti ai tratti di spiaggia risulta monotono ed inadatto allo sviluppo di popolamenti significativi.

La qualità complessiva dell'ambiente nell'area è discreta, anche se la presenza delle scogliere, che induce una scarsa circolazione interna delle acque e scarso ricambio di materiale delle spiagge, ne pregiudica in parte le qualità paesaggistiche e la fruibilità.

4.3 Protezione della costa

L'assetto attuale, oltre alle criticità sopra evidenziate riguardanti gli aspetti paesaggistici ed ambientali, non è pienamente adeguato a garantire idonee condizioni di protezione delle infrastrutture, delle abitazioni e dei servizi presenti sul lungomare: in occasione di mareggiate intense il lungomare, in vari tratti, è soggetto a danneggiamenti a causa della risalita delle onde sul lungomare stesso: di seguito si presentano alcune immagini risalenti alle mareggiate di marzo e ottobre 2008.





Foto 4.1: immagini della mareggiata del marzo 2008



Foto 4.2: immagini della mareggiata dell'ottobre 2008

4.4 Il T.Rupinaro: caratteristiche e criticità [1]

Il bacino del Torrente Rupinaro si estende per un'area pari a circa 11 Kmq; confina con il bacino della Val Lavagna a Nord e con il bacino dell'Entella a Est.

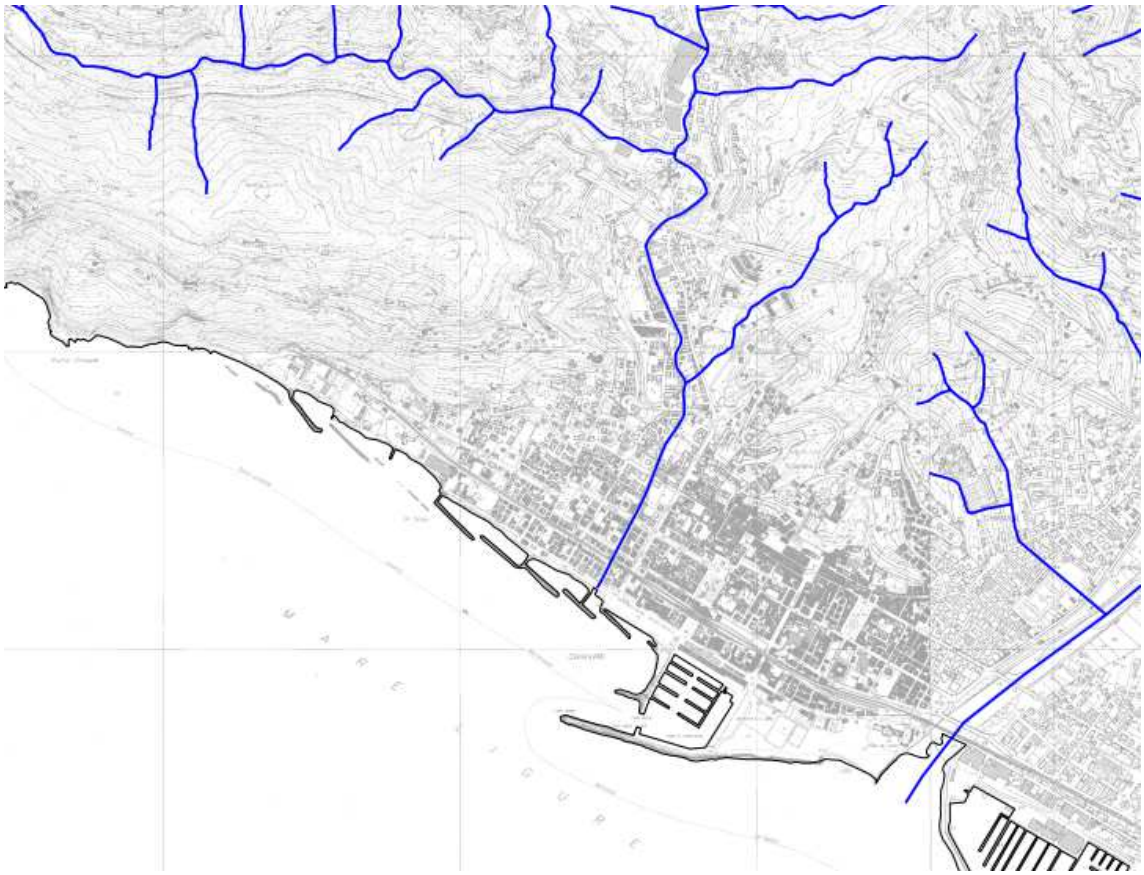


Figura 4.3: Carta del reticolo idrografico

Il torrente Rupinaro nasce dalle pendici del crestone di Costa Lunga, ha una lunghezza d'asta di 5,9 km e presenta un andamento pressoché rettilineo, a testimonianza di un'energia cinetica importante che si trasforma in un'azione erosiva del fiume nella parte alta del versante. Il principale affluente è il Rio Campodonico, affluente di destra, che possiede una lunghezza d'asta di 3,2 Km.

La principale criticità del bacino è l'elevata pericolosità idraulica alla quale risulta soggetto il centro urbano di Chiavari. Tale problematica è resa più complessa dalla considerazione che nelle zone urbanizzate poste nella porzione più orientale si possono prevedere interferenze con allagamenti dovuti alle piene del F. Entella.

[1] *dati e previsioni tratti dalla documentazione del Piano di Bacino - Piano degli interventi per la mitigazione del rischio - modifica del 12/04/2021*

In base ai risultati delle verifiche idrauliche eseguite, il T. Rupinaro risulta, nella sua conformazione attuale, soggetto a esondazioni che coinvolgono il centro abitato di Chiavari già con portate 50-ennali. Ciò è dovuto ad una generale insufficienza della sezione dell'alveo ed alla presenza di numerosissimi manufatti non correttamente dimensionati

Al fine di mitigare il rischio di esondazione sono stati ipotizzati diversi interventi, studiati cercando di rispettare i vincoli oltreché di natura idraulica, anche i vincoli di natura urbanistica e socio-economica derivanti dall'insediamento ormai consolidato e densamente sviluppato delle aree un tempo di pertinenza fluviale. Di seguito si evidenziano i più significativi previsti:

- adeguamento della sezione idraulica mediante rifacimento ponti e passerelle pedonali sul T. Rupinaro, Rio Campodonico, Rio Bacezza ;
- adeguamento del tratto di valle del Torrente Rupinaro dalla zona occupata dai capannoni Lames fino allo sfocio a mare: il Torrente Rupinaro nel tratto considerato risulta, nella sua conformazione attuale, soggetto ad esondazione, con conseguente inondazione delle aree circostanti con tiranti variabili in funzione del periodo di ritorno delle piene considerate. Ciò è dovuto alle ridotte dimensioni dell'alveo di magra/morbida, ai rapporti di quota tra alveo ed aree golenali e all'insufficienza idraulica di alcune strutture di attraversamento. Tale situazione è aggravata dall'elevato grado di urbanizzazione delle aree soggette a inondazione.

  Nel Documento di sintesi delle scelte progettuali (2019), propedeutico alla stesura del progetto definitivo, sono state analizzate nel dettaglio le soluzioni proposte, individuando, altresì, un nuovo scenario di intervento basato sulla realizzazione di un canale scolmatore in grado di alleggerire i colmi di piena sia del torrente Rupinaro che del rio Campodonico. Pertanto viene assunto quale scenario di riferimento quello individuato, nei documenti a supporto della progettazione definitiva come C-Sc, che risulta l'unico a consentire il deflusso in alveo della portata di progetto con franco idraulico adeguato. Questo scenario consente il contenimento della portata duecentennale con franco idraulico a norma (ai sensi delle NTC 2018) per tutti i ponti (ad eccezione ponte RFI).

  L'alleggerimento delle portate di piena viene conseguito attraverso la realizzazione di uno scolmatore in galleria di lunghezza complessiva pari a circa 2.300 m e diametro netto pari a 5 m (tratto Rupinaro-Campodonico) e 6.4 m (tratto Campodonico – Sbocco), pendenza 7.5‰, in grado di captare le portate di piena dei due corsi d'acqua e convogliandoli a mare. La soluzione proposta partendo da una quota allo sbocco intorno allo zero s.l.m., di sottopassare la ferrovia Genova – La Spezia ed il Campodonico nonché di consentire la realizzazione di opere di presa sia sul Campodonico che sul Rupinaro senza la necessità di costosi pozzi di dissipazione ma con semplici manufatto di controllo in alveo, sfioratori laterali, scivoli di raccordo alla galleria. Anche lo sbocco a mare non necessita in questa configurazione di particolari opere se non, eventualmente, il ripristino o la ristrutturazione con migliore disposizione planimetrica dell'opera di difesa a mare esistente.

  In ogni caso, poiché la costruzione dello scolmatore avrà tempi di realizzazione molto lunghi, è necessario attuare tutti gli interventi in alveo che possano migliorare la capacità di smaltimento, compatibilmente con lo stato dei luoghi.

Agli interventi strutturali, saranno affiancati specifici interventi non strutturali, consistenti in Programmi di manutenzione locali e diffusi, con particolare attenzione alle opere idrauliche di attraversamento, e in misure precauzionali (affissione di idonea segnaletica di pericolo in caso di piena, informativa alla popolazione sulle idonee modalità di comportamento) accompagnate da attenzione particolare nelle procedure di pronto intervento di protezione civile.

Nel successivo capitolo relativo al Piano di Bacino sono presentate le mappe con indicazione della ipotesi di tracciato dello scolmatore.

5. INQUADRAMENTO NORMATIVO / AMBIENTALE

Si riporta di seguito il quadro normativo vigente sull'area: le opere in progetto si configurano all'interno di un intervento complessivo di difesa della costa e di riqualificazione ambientale e funzionale dell'area, pertanto, come emerge dalla lettura dei singoli aspetti, esse sono in linea con le previsioni di intervento previste dagli strumenti programmatici e di pianificazione esistenti.

In particolare si ritiene importante sottolineare che gli interventi in progetto sono attuativi di specifiche previsioni del piano della costa e del PTAMC.

5.1 Il Piano Territoriale di Coordinamento paesistico (PTCP)

Il Piano Territoriale di Coordinamento Paesistico (PTCP) è uno strumento preposto a governare sotto il profilo paesistico le trasformazioni del territorio ligure.

L'area interessata dagli interventi in progetto fa parte dell'Ambito Territoriale N. 72 "Valle Entella".

5.1.1 Assetto insediativo

L'area interessata è identificata, da ponente a levante, come segue:

- Tratto dalla Colonia Piaggio sino alla Colonia Fara e la zona "Scogli": ID-MO-A Modificabilità di tipo A. Gli interventi di urbanizzazione e di nuova edificazione devono essere riferiti a regole e schemi di organizzazione e riqualificazione ambientale dell'insediamento o di parti significative di esso da definirsi mediante Studio Organico d'Insieme, ferma restando la conferma del suo carattere diffuso.
- Tratto in prossimità della Colonia Fara: TRZ Trasformazione.
- Tratto da zona "Scogli" al porto: TU Tessuti urbani.
- Area del porto: AI-CO Regime normativo di consolidamento. Sono consentiti gli interventi di modificazione delle strutture esistenti sia di eventuale ampliamento dell'impianto che ne consolidino la presenza e ne migliorino l'inserimento nel contesto ambientale.

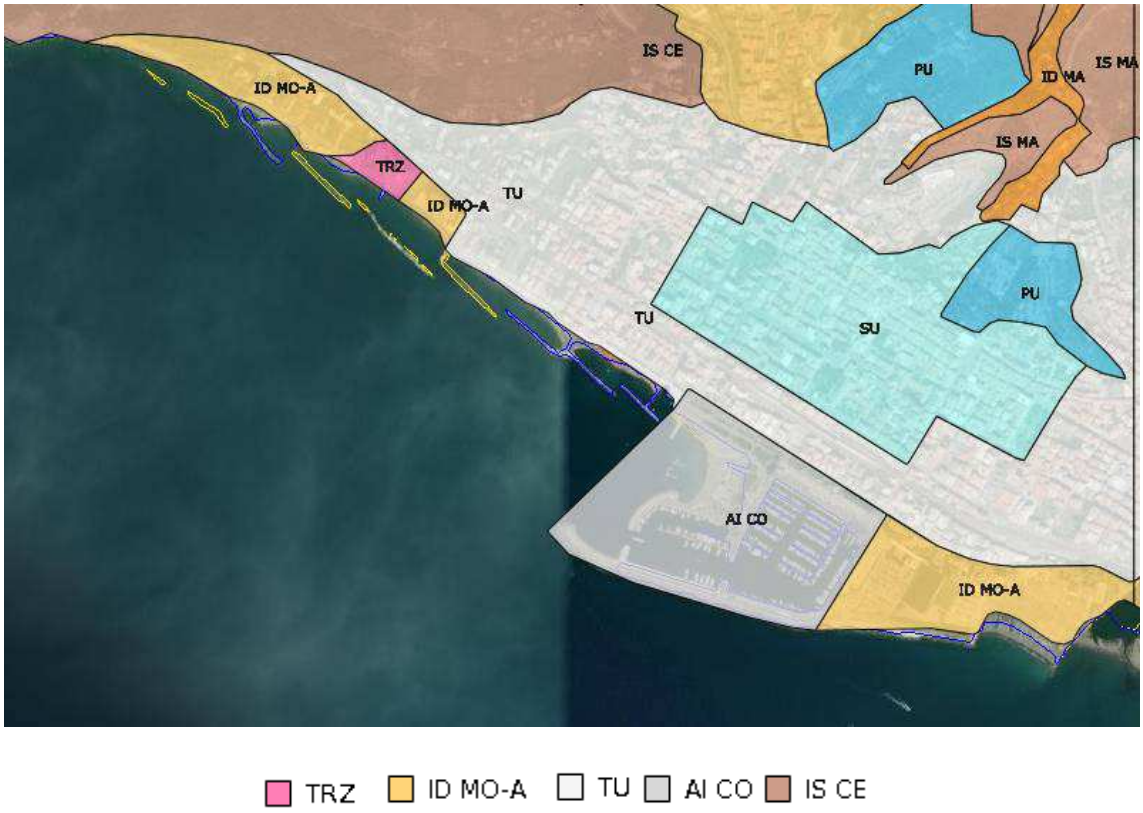


Figura 5.1: Stralcio Piano Territoriale di Coordinamento paesistico – Assetto insediativo

5.2 Il PTC della costa

La Regione Liguria - Dipartimento Pianificazione Territoriale e Paesistica ha predisposto il PTC della costa ligure, approvato con D.C.C. n. 64 del 19.12.2000 e la relativa variante di aggiornamento adottata con D.G.R. n. 936 del 29.07.2011.

Si riportano di seguito i capitoli del PTC più importanti in cui vengono analizzate le problematiche dell'area di Chiavari:

- Capitolo 2.1 - ambiti progetto - AP30 Chiavari:

Quest'ambito si estende su tutto il litorale di Chiavari, dalla colonia Piaggio alla foce dell'Entella.

Qui la costa, dalla falesia delle Grazie sino al porto, si caratterizza per la forte erosione degli arenili, su cui le consistenti opere di difesa longitudinali non hanno avuto esito soddisfacente (...).

Inoltre l'ambito presenta molteplici problemi di riqualificazione urbanistica che portano all'individuazione di tre distinti fattori:

- Il tratto dalla Colonia Piaggio sino ai cantieri navali (...)

- Il tratto che comprende il porto e le zone immediatamente adiacenti a levante e ponente, per cui i problemi riguardano soprattutto la necessità di attuare il potenziamento e la razionalizzazione dei servizi a terra inerenti la manutenzione dei natanti (...)
- Il tratto della colmata e del Lido sino alla foce dell'Entella (...)

Si tratta di problemi complessi e tra loro correlati, legati da un comune filo rosso costituito dalla necessità di un progetto volto a dare una definitiva sistemazione alla linea di costa e a compensare gli attuali squilibri degli arenili (...)

- Capitolo 2.2.1 - Difesa costiera e ripascimento delle spiagge:

Spiaggia di Chiavari: Il porto di Chiavari è uno dei pochi porti liguri il cui ampliamento non provocherebbe gravi ripercussioni sul litorale adiacente. Infatti l'alimentazione proveniente dall'Entella è ormai del tutto assente e la costa è protetta da massicce difese parallele.

L'Amministrazione Comunale non sembra però intenzionata a procedere in questa direzione ma intende comunque perseguire l'obiettivo della risistemazione delle difese e della spiaggia. Tale sistemazione va affrontata con molta cautela in quanto una scelta sbagliata del materiale di ripascimento potrebbe indurre problemi di insabbiamento all'imboccatura del porto.

Per una sistemazione ideale si dovrebbero smantellare le brutte difese parallele che attualmente proteggono abbastanza efficacemente un massiccio intervento di ripascimento di materiale piuttosto grossolano (ghiaia).

- Capitolo 4.5 - Qualità dell'ambiente naturale costiero marino

Nella tabella di seguito vengono riportate le caratteristiche relative agli ambiti NAT-MAR-LI-46-47.

Le caratteristiche salienti dei due ambiti sono le seguenti:

	NAT-MAR-LI-46 **da Rovereto a depuratore Chiavari**	**NAT-MAR-LI-47** **da depuratore Chiavari a Lavagna Est**
Lunghezza:	2 km	3.5 km
Ampiezza:	1 km	1 km
Biocenosi principale:	Alghe Fotofile, Prato di *Cymodocea nodosa,* Sabbie fini ben calibrate	Prato di *Cymodocea nodosa*, interrotto davanti alla foce dell'Entella, Sabbie fini ben calibrate
Specie o popolamenti interessanti:		
Specie o popolamenti minacciati:		
Specie di interesse comunitario:		
Siti Bioitaly:		
Aree protette marine:		
Cause di alterazione ambientale:	influenza della vicina area urbana e portuale di Chiavari, barriere	Opere portuali (Chiavari, Lavagna), pennelli, barriere, massicciate, riempimenti, scarichi, apporti inquinanti dell'Entella
Livello di naturalità:	medio	Basso
Livello di conoscenze naturalistiche:	medio - alto	medio - alto

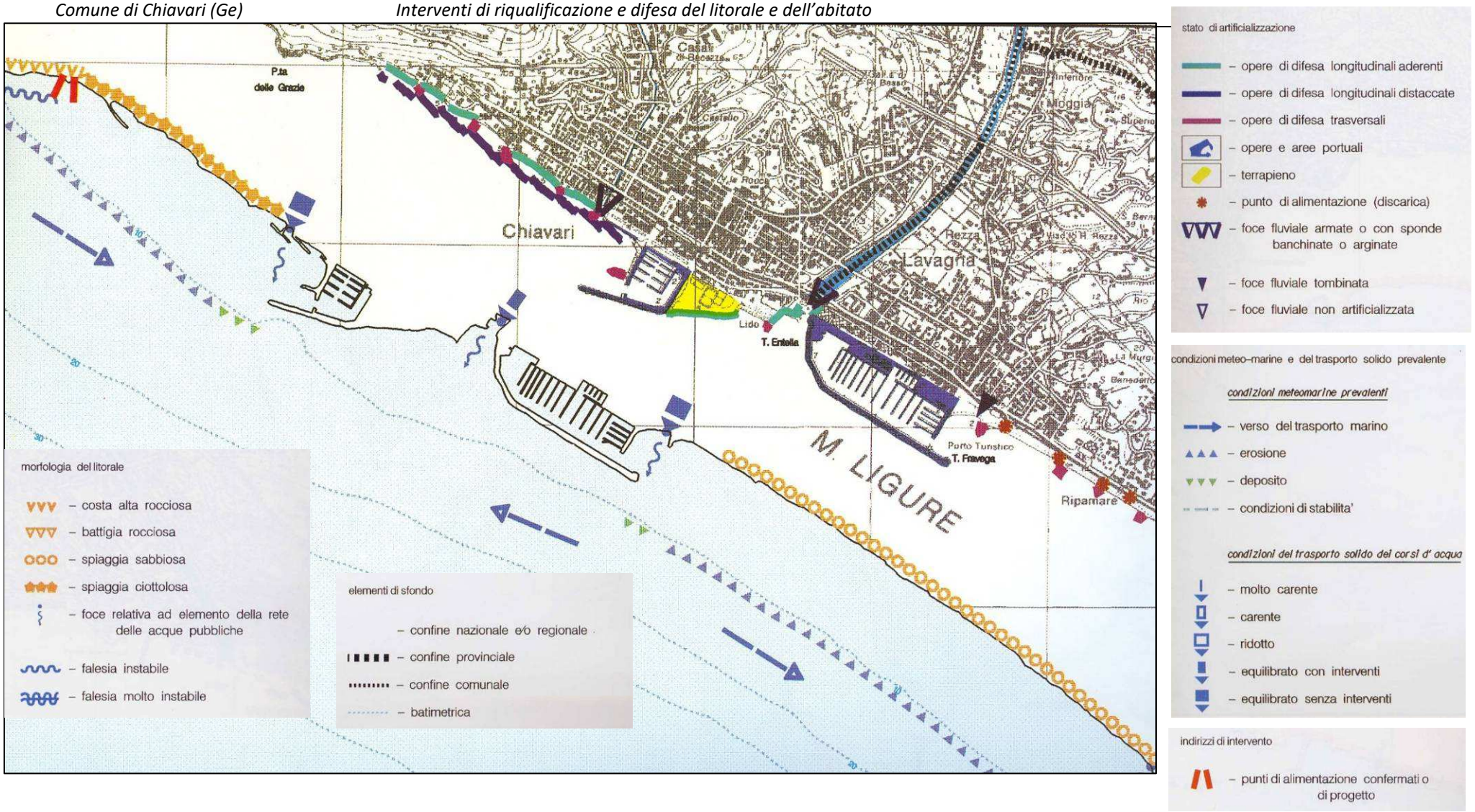


Figura 5.2: Stralcio P.T.C. – Difesa costiera e ripascimento delle spiagge tav.19 – dal gruppo del sale alla punta di Sestri

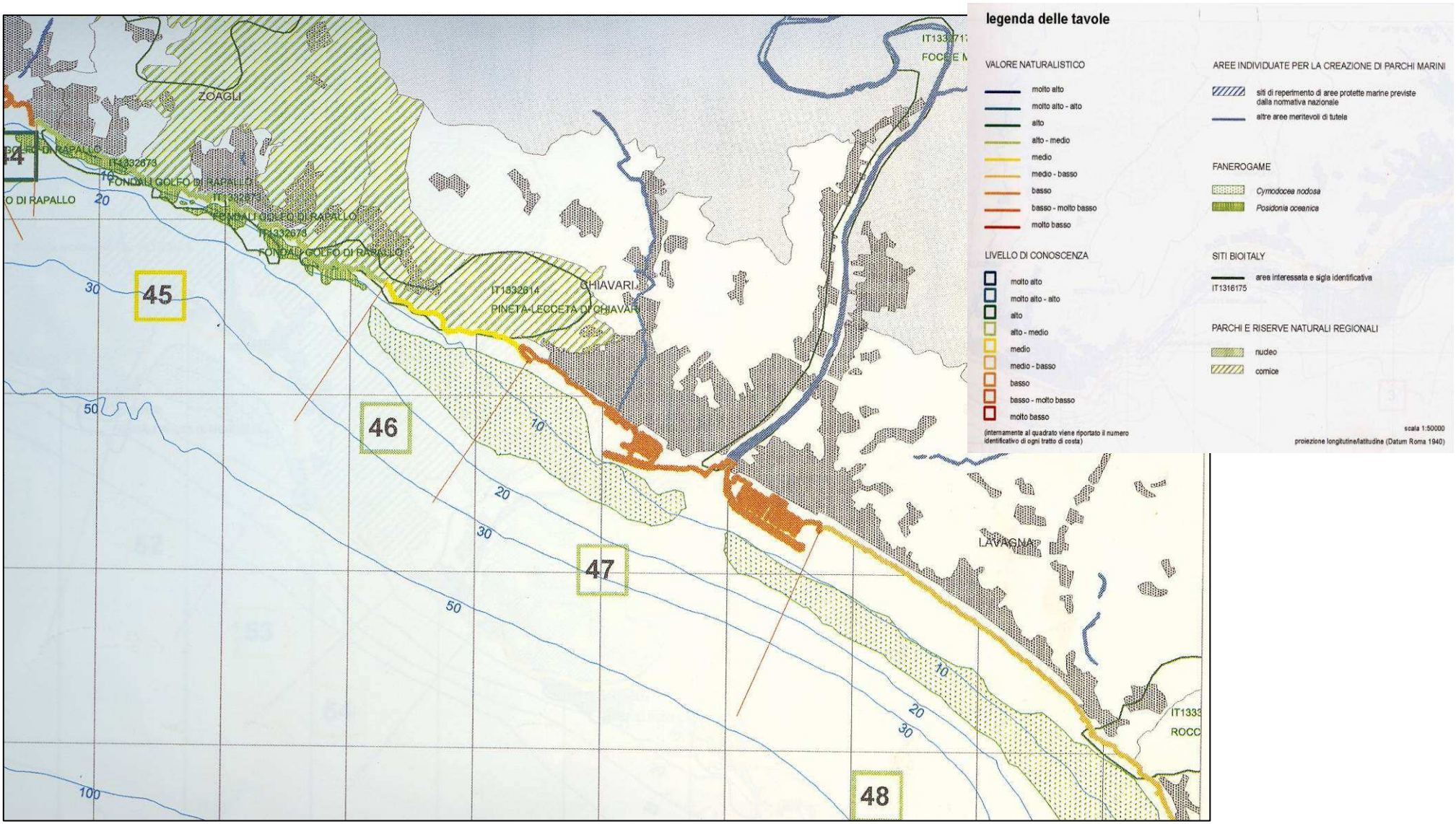


Figura 5.3: Stralcio P.T.C. – Qualità dell'ambiente naturale marino e costiero. Tav. 10 – dal promontorio di Portofino a Sestri Levante.

5.3 Il Piano Territoriale di Coordinamento della Provincia di Genova

Il Piano Territoriale di Coordinamento della Provincia di Genova è stato approvato con D.C.P. n° 1 del 22 Gennaio 2002.

Si riportano di seguito i capitoli del PTC più importanti in cui vengono analizzate le problematiche dell'area di Lavagna:

Struttura, Cap. 2 – Valori e crisi del territorio provinciale:

Vengono riportati (vedi dettagli nelle successive tabelle) i valori del territorio provinciale - tra i quali il boulevard costiero, le strutture a servizio della balneazione, il valore paesistico dell'affaccio a mare e di alcuni edifici dismessi - e le crisi puntuali dovute a fenomeni di erosione ed alla necessaria riqualificazione di alcuni tratti del litorale, in relazione al precario equilibrio della costa, alla carenza di infrastrutture ricettive e a mancate valorizzazioni della struttura urbanistica esistente.

Tabella 01: I VALORI DEL TERRITORIO PROVINCIALE (estratto dal PTC della Provincia di Genova)

TEMA	VALORE	TUTELA ASSOLUTA	TUTELA ATTIVA
		elemento fondamentale per assicurare il permanere dell'identità territoriale : non può essere oggetto di modificazioni della relativa configurazione, se non per assicurarne il mantenimento nel tempo	*risorsa essenziale per la migliore organizzazione dell'assetto del territorio : può essere oggetto di modificazione della configurazione, a condizione che sia dimostrato e quantificato l'incremento della qualità complessiva espressa dallo stesso valore (bilancio in attivo)*
INFRASTRUTTURE	1) I boulevard costieri *lungo mare di Chiavari	in quanto risorsa di alto valore identificativo del territorio sia a carattere paesistico che per la fruizione dello stesso, che deve essere salvaguardata e rafforzata	
	3) Le stazioni ferroviarie *Chiavari		in quanto attrezzature che garantiscono una buona fruizione dei luoghi, in particolare sotto il profilo turistico, comunque da consolidare e potenziare anche con interventi integrativi
	4) Gli attracchi dei vaporetti		in quanto attrezzature in particolare finalizzate alla fruizione turistica dei luoghi, comunque da consolidare e potenziare anche con interventi integrativi
SERVIZI	3) Le attrezzature per la fruizione attiva del territorio *attrezzature per la balneazione : LIDO di Chiavari		in quanto valori che garantiscono il permanere dell'identità dell'ambito e che devono comunque essere potenziati ed aggiornati per incentivare modelli di fruizione del territorio che alimentino l'attività turistica
PAESAGGIO	2) Gli affacci a mare *Chiavari - affaccio di levante - affaccio del lungomare	in quanto connotanti in modo significativo il paesaggio ed il valore specifico dell'area costiera, risorsa da salvaguardare eliminando i fattori di degrado	
	4) Gli edifici specialistici di valore paesistico dismessi *Chiavari Colonia Fara		in quanto costituiscono rilevante risorsa da utilizzare ad uso turistico ed a servizio della popolazione residente, stante il valore dei manufatti ed il felice inserimento ambientale
SOCIO ECONOMICO TURISMO	1) La presenza di attrezzature turistiche per la nautica (due porti turistici) e per la balneazione *Porti turistici di Chiavari e Lavagna		in quanto elemento caratterizzante l'ambito nel panorama provinciale, e risorsa essenziale per il mantenimento delle attività turistiche

Tabella 02: LE SITUAZIONI DI CRISI DEL TERRITORIO PROVINCIALE (estratto dal PTC della Provincia di Genova)

TEMA	SITUAZIONI DI CRISI	A MEDIO/LUNGO TERMINE	A BREVE TERMINE
		la situazione produce effetti negativi circoscritti o diffusi la cui risoluzione richiede tempi medio lunghi, superiori a quelli della pianificazione comunale, con il concorso di una pluralità di soggetti	*la situazione produce effetti negativi puntuali la cui risoluzione richiede tempi relativamente brevi, rientranti in quelli d'attuazione della pianificazione comunale, ed afferisce la sfera di competenza comunale*
SUOLO	1) I fenomeni di rischio idraulico * T. Rupinaro, in loc. San Pier di Canne e San Terenziano		la risoluzione della criticità avviene attraverso opere di regimazione che presentano maggiori problematiche ove si riconosce la presenza insediativa a margine delle sponde
	2) Le condizioni di impermeabilità * nei fondovalle di Chiavari e Lavagna * nel basso versante della costa di S. Colombano e S. Salvatore dei Fieschi	in ragione della presenza di urbanizzazione compatta nel fondovalle e per condizioni litologiche nelle aree di versante	
	3) I fenomeni di instabilità della costa * instabilità da Punta delle Grazie al confine comunale di Lavagna	dovuta alle falesie ed all'erosione del litorale, con depositi di materiali verso i porti, con particolare criticità per l'artificializzazione dovuta al porto turistico di Lavagna	
	4) I fenomeni di instabilità del suolo * puntuali situazioni di instabilità a rischio di attenzione sul versante marittimo del M. Cucco		per elementi litologici e dovuta all'azione erosiva delle acque superficiali, all'elevata pendenza ed allo stato di fratturazione
SERVIZI	1) La carenza di attrezzature ricettive e turistiche di livello medio alto	gli interventi necessari a ristabilire un livello di servizi di strutture ricettive e turistiche diversificato, in grado di soddisfare la domanda più qualificata, richiedono soluzioni a medio e lungo termine, in ragione della complessità degli interventi e della pluralità dei soggetti coinvolti	
	2) La nuova destinazione d'uso della ex Colonia Fara		complesso da recuperare ed inserire nel circuito dell'offerta turistico-ricettiva in ragione dell'esclusività dei luoghi, cui possono associarsi funzioni di servizio di scala territoriale
INSEDIATIVO	1) L'eterogeneità dell'assetto urbano, l'insufficienza dell'armatura viaria e dei servizi e le diffuse condizioni di degrado edilizio ed ambientale presenti nel settore occidentale dell'affaccio a mare di Chiavari (compresenza del dismesso cantiere navale, l'ex Colonia Fara, diverse strutture e servizi di interesse comune, gli impianti sportivi, un cantiere navale, il campeggio), le nuove destinazioni d'uso della ex Colonia Piaggio ed il depuratore comunale		stante la rilevanza del fenomeno, la complessità dei fattori e la compresenza di elementi anche negativi e discontinui in un'area strategica e di elevato valore paesistico al cui riassetto è altresì legato il recupero della spiaggia
INSEDIATIVO	2) L'affaccio a mare di Chiavari, a levante della piazza Gagliardo sino all'Entella, lungo C.so Valparaiso, C.so Colombo e Viale Groppo per la presenza di momenti di discontinuità dell'edificato e tipologie edilizie incongrue ad affermare l'unitarietà del fronte urbano della città verso il mare *Chiavari : affaccio a mare da Piazza Gagliardo al confine comunale con Lavagna		sia per la complessità del fenomeno sia per la presenza di aree strategiche, la cui riorganizzazione, da finalizzare alla riqualificazione urbana, richiede un riassetto unitario che coinvolge una pluralità di interessi e soggetti pubblici e privati
	4) Le spiagge del lungomare, dal porto turistico sino a Preli * Chiavari : spiagge del lungomare	criticità che coinvolge una preziosa risorsa per la qualificazione turistica della città, la cui risoluzione è a medio lungo termine in ragione delle connesse problematiche attinenti la difesa del litorale dall'erosione e dell'integrazione, strutturale e funzionale, con i profili evidenziati ai punti precedenti	
PAESAGGIO	1) Gli edifici specialistici dismessi * Ex Colonia Fara a Chiavari		presenza di risorse non debitamente valorizzate, che versano in stato di abbandono e degrado, la cui riconversione può essere affrontata nella pianificazione comunale
	3) Le artificializzazioni della costa * Chiavari : porto turistico ; colmate a mare di levante ; pennelli longitudinali a ponente	In quanto non è ipotizzabile il ripristino della situazione originaria, ma interventi atti a meglio integrare le infrastrutture con i centri urbani, riducendo le barriere fra città e mare, ed a riqualificare le attrezzature	
SOCIO ECONOMICO E TURISMO	1) La congestione della fascia costiera dal punto di vista sia insediativo sia infrastrutturale che impedisce uno sviluppo dell'offerta turistica	il fenomeno rappresenta una criticità a medio e lungo termine stante la complessità dei fattori cui è collegata la possibilità di risoluzione	
	2) La forte erosione del litorale che penalizza il turismo balneare	il fenomeno è generalizzato sul litorale dell'ambito e rappresenta una criticità a medio e lungo termine stante la complessità dei problemi connessi e la difficoltà strutturale della risoluzione	

5.4 Piano di tutela ambiente marino e costiero (PTAMC) – Ambito 15 Unità fisiografiche Golfo del Tigullio, Baia del Silenzio e Riva Trigoso

La Regione, con Delibera di Consiglio n. 18 del 25 settembre 2012, ha approvato il Piano di tutela dell'ambiente marino e costiero dell'ambito 15, comprendente le unità fisiografiche "Golfo del Tigullio", "Baia del Silenzio" e "Riva Trigoso", che è lo strumento di pianificazione finalizzato a garantire uno sviluppo durevole e socialmente accettabile delle zone costiere attraverso la tutela e valorizzazione della qualità ambientale della zona costiera e delle sue risorse oltre che la tutela della costa come aspetto attinente alla difesa del suolo.

Le mappe più significative relative al paraggio di Chiavari sono presentate di seguito e riguardano l'evoluzione della spiaggia emersa e sommersa, le fasce dinamiche e la carta dei regimi normativi: in particolare, la carta dell'evoluzione della spiaggia evidenzia una rilevante erosione per la spiaggia sommersa, specialmente nel tratto di ponente.

Si riportano di seguito alcuni stralci significativi della relazione di paraggio di Chiavari (da Punta Chiappe al Porto di Chiavari), che contiene importanti elementi relativi alle caratteristiche e all'evoluzione del litorale e alla valutazione delle opzioni per il mantenimento e/o miglioramento della spiaggia attuale:

Il paraggio di Chiavari si estende dal porto turistico di Chiavari alla punta Chiappe propaggine a mare del promontorio delle Grazie.

La spiaggia di Chiavari era una lunga spiaggia rettilinea che si estendeva, fino al secolo scorso, dalla foce del torrente Entella alle propaggini del promontorio delle Grazie, per oltre 2.5 km.

Allo stato attuale la spiaggia risulta estremamente frammentata a causa delle opere di difesa trasversali e longitudinali e del porto turistico. Il tratto di costa dove sono presenti spiagge è lungo all'incirca 1.5 km ma la loro ampiezza e le loro caratteristiche morfo-sedimentologiche sono molto eterogenee per la presenza, appunto, delle opere di difesa costiera, che ne fanno uno dei tratti di costa più disastrati dell'intera riviera ligure di levante.

Le opere suddividono la spiaggia in 6 celle litorali, poco comunicanti tra di loro, di cui solo quella più a levante, appoggiata al molo di sottoflutto del porto turistico, è parzialmente libera da opere longitudinali ed ha una falcatura decisamente arcuata indotta dalla presenza delle opere portuali. Le altre 5 celle sono delimitate ai lati da pennelli e protette da barriere emerse. All'estremità di ponente, due ulteriori barriere parallele proteggono una risicata striscia ghiaiosa che borda un vecchio muro paraonde piuttosto danneggiato e si va ad appoggiare alle pendici della falesia delle Grazie.

Il limite di ponente del paraggio può essere fissato nella punta Chiappe, 500m ad ovest del limite attuale della spiaggia. Il tratto di costa alta tra la spiaggia e punta Chiappe è caratterizzato da notevoli fenomeni franosi.

1.2

Dagli anni '70 ad oggi sono stati effettuati solamente continui interventi di manutenzione del sistema di scogliere e pennelli ad esse associati, con frequenti versamenti di materiale

generalmente proveniente dalla barra di foce dell'Entella, di entità comunque decisamente insufficiente a riequilibrare l'assetto globale della spiaggia.

3.3

E' evidente che ***l'assetto globale della spiaggia di Chiavari necessiterebbe di un'ampia e radicale revisione*** *perché mantenere l'equilibrio attuale avrà costi di manutenzione sempre più alti.*

3.4

Non tenendo conto delle variazioni avvenute oltre i 15 m di profondità si evince che la ***perdita netta della spiaggia è stata dell'ordine dei 2.5 milioni di mc in 130 anni, pari a circa 20.000 mc annui.*** *Tale materiale si considera uscito dal sistema, verso profondità maggiori.Pur con tutte le cautele del caso il valore dà un'idea di quali siano i volumi necessari a ripristinare e mantenere gli equilibri del paraggio.*

3.6

Stante l'interruzione dell'alimentazione naturale da parte dei sedimenti provenienti dall'Entella, e l'effetto negativo indotto dalle barriere emerse sulla stabilità della spiaggia, ***il paraggio costiero di Chiavari si trova in una situazione di deficit sedimentario piuttosto marcato****. Con i dati a disposizione si può ragionevolmente ipotizzare un deficit annuo oscillante intorno ai 10.000 mc. Tale valore può essere considerato quello necessario per mantenere, a regime, una situazione di equilibrio nella configurazione attuale delle opere di difesa.*

L'apporto del Rupinaro può essere considerato trascurabile.

5.1

Gli interventi di difesa costiera realizzati nel corso degli ultimi 60 anni, unitamente alla costruzione del porto turistico di Chiavari, hanno provocato la graduale scomparsa della spiaggia sommersa generando un assetto del litorale estremamente precario.

La tendenza evolutiva recente indica chiaramente che la situazione attuale può essere mantenuta solamente a prezzo di sforzi economici via via crescenti e con risultati via via decrescenti, sia in termini di qualità ambientale sia in termini di sempre maggiore artificializzazione del sistema.

Proseguendo il trend attuale la spiaggia continuerà ad erodersi di fronte alle barriere parallele, approfondendone il piede e quindi richiedendo ulteriori ingenti versamenti di massi per mantenerne l'efficacia. Anche la stabilità della spiaggia emersa, pur tamponata dai versamenti annualmente effettuati, è resa impossibile dalle forti correnti in uscita dai varchi tra le barriere in occasione delle mareggiate.

Il materiale in uscita continuerà in parte ad accumularsi all'imboccatura del porto in parte a perdersi verso profondità maggiori.

L'assetto attuale è talmente degradato ma allo stesso tempo consolidato che il ripristino delle condizioni ottimali, leggi demolizione delle scogliere e ricostruzione artificiale della spiaggia, è difficilmente perseguibile sia economicamente sia, probabilmente, dal punto di vista strettamente ambientale.

Ogni intervento futuro dovrà essere pensato avendo come fine ultimo il ripristino di condizioni accettabili per la stabilità della spiaggia e per la sua qualità, evitando ogni intervento che

possa aggravare o irrigidire ulteriormente l'assetto attuale. Inoltre l'assetto finale a cui traguardare dovrà essere tale da riuscire ad auto mantenersi richiedendo il minimo possibile di costi di manutenzione.

9.

Indirizzi di intervento che costituiscono norma di Piano ai sensi dell'art. 6 delle Norme di Attuazione.

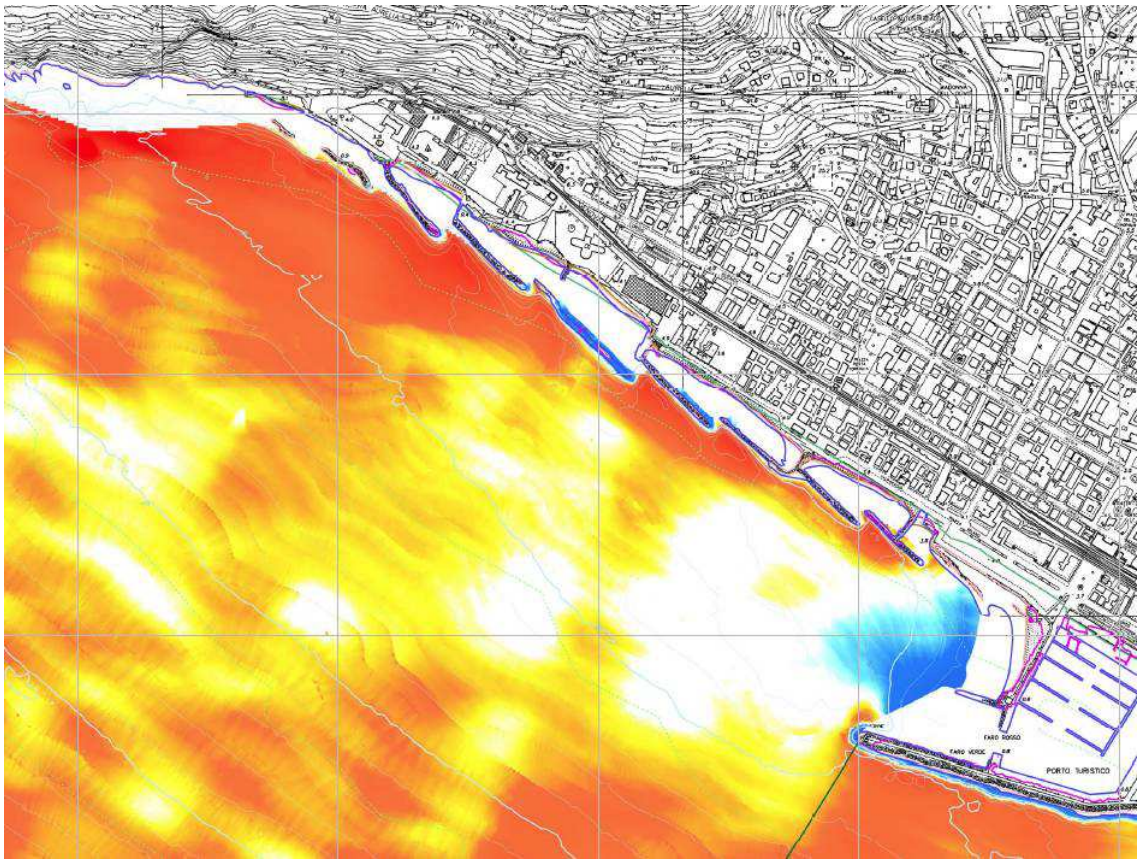
In generale il paraggio nel suo complesso, dal punto di vista della dinamica costiera, appare in forte deficit sedimentario mentre il sistema di opere di difesa non è adeguato agli scopi ed ha generato una situazione della spiaggia sommersa estremamente critica.

***Occorre pertanto una radicale revisione del sistema di difesa compatibile con le esigenze ambientali del sito**. Nel breve termine sono consentiti solamente interventi di manutenzione secondo quanto disposto dall'art. 8 delle Norme di attuazione.*

Pertanto il quadro degli interventi per il paraggio è il seguente:

- *interventi costa bassa e costa alta : ripristino del sistema spiaggia come principale opera di difesa del litorale.*

  Per ottenere questo obiettivo occorre smantellare le scogliere parallele e ricostruire un profilo di spiaggia in grado di dissipare interamente l'energia del moto ondoso. Con i profili di spiaggia sommersa attuali si stima un quantitativo minimo di materiale di ripascimento, di adeguata granulometria, compreso tra 200 e 300 mc per metro lineare di spiaggia, vale a dire circa 400.000 mc di ghiaia e sabbia. In funzione della granulometria del materiale versato occorre anche studiare eventuali opere di contenimento laterali (pennelli o simili) in grado di limitare lo spostamento longitudinale dello stesso, che è maggiore quanta maggiore è la granulometria. Il reperimento di un tale quantitativo di materiale di buona qualità non è senz'altro facile. Nella zona prospiciente la foce dell'Entella è presente un accumulo prelevabile di entità paragonabile (vedi paraggio Foce Entella) ma possono essere prese in considerazione anche eventuali altre fonti per esempio in caso di disponibilità di grandi volumi di smarino per opere in progetto nei prossimi anni (p.es. gronda autostradale di levante ecc.). In tal caso il materiale andrà comunque selezionato, ed eventualmente trattato per ottenere la tessitura ottimale e per raggiungere gli standard di compatibilità ambientale sul materiale pelitico; a queste condizioni l'intervento risulta compatibile con la salvaguardia dei popolamenti bentonici, dominati da associazioni piuttosto resistenti e adattabili rispetto a episodi di stress sedimentario. L'intervento è anche finalizzato a migliorare la circolazione e il ricambio dell'acqua in prossimità della costa in modo da ovviare o comunque limitare la problematicità della presenza di eventi di fioritura di Ostreopsis ovata.



Aree di accumulo ed erosione dei sedimenti

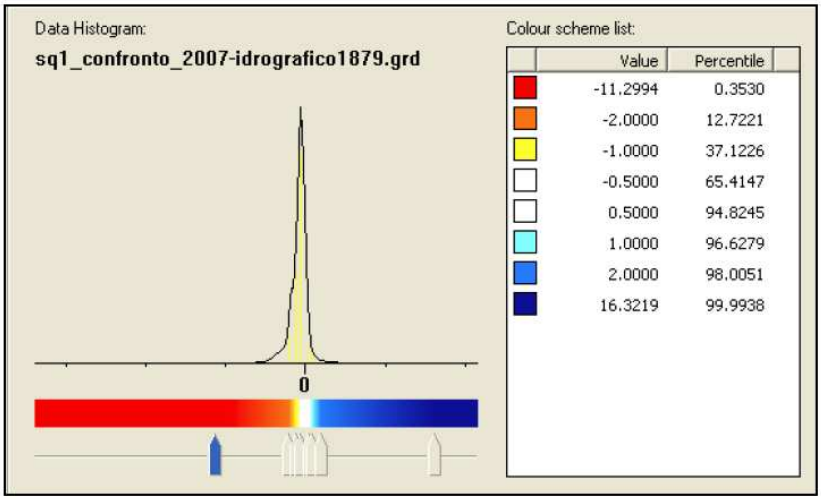


Figura 5.4: Stralcio PTAMC – Ambito 15 Carta C03 – carta dell'evoluzione della spiaggia emersa e sommersa



Fasce Dinamiche Spiaggia

Fascia Dinamica A - FDA (Tr = 1 anno)

Fascia Dinamica B - FDB (Tr = 50 anni)

Fascia Dinamica C - FDC (aree allagabili)

Fasce Suscettività Costa Alta

Falesia attiva classe A - FAA
(suscettività al dissesto molto alta)

Falesia attiva classe B - FAB
(suscettività al dissesto alta)

Falesia attiva classe B1 - FAB1
(suscettività al dissesto alta in aree con studi di maggior dettaglio)

Falesia attiva classe B2 - FAB2
(suscettività al dissesto media in aree con studi di maggior dettaglio)

Falesia attiva classe C - FAC
(suscettività al dissesto bassa in aree con studi di maggior dettaglio)

Caposaldi dei profili di spiaggia emersa

Limiti Paraggi Costieri

Linea di riva attuale

Linee Isobatimetriche

Figura 5.5: Stralcio PTAMC – Ambito 15 Carta C06 – carta delle fasce dinamiche della spiaggia e della costa alta

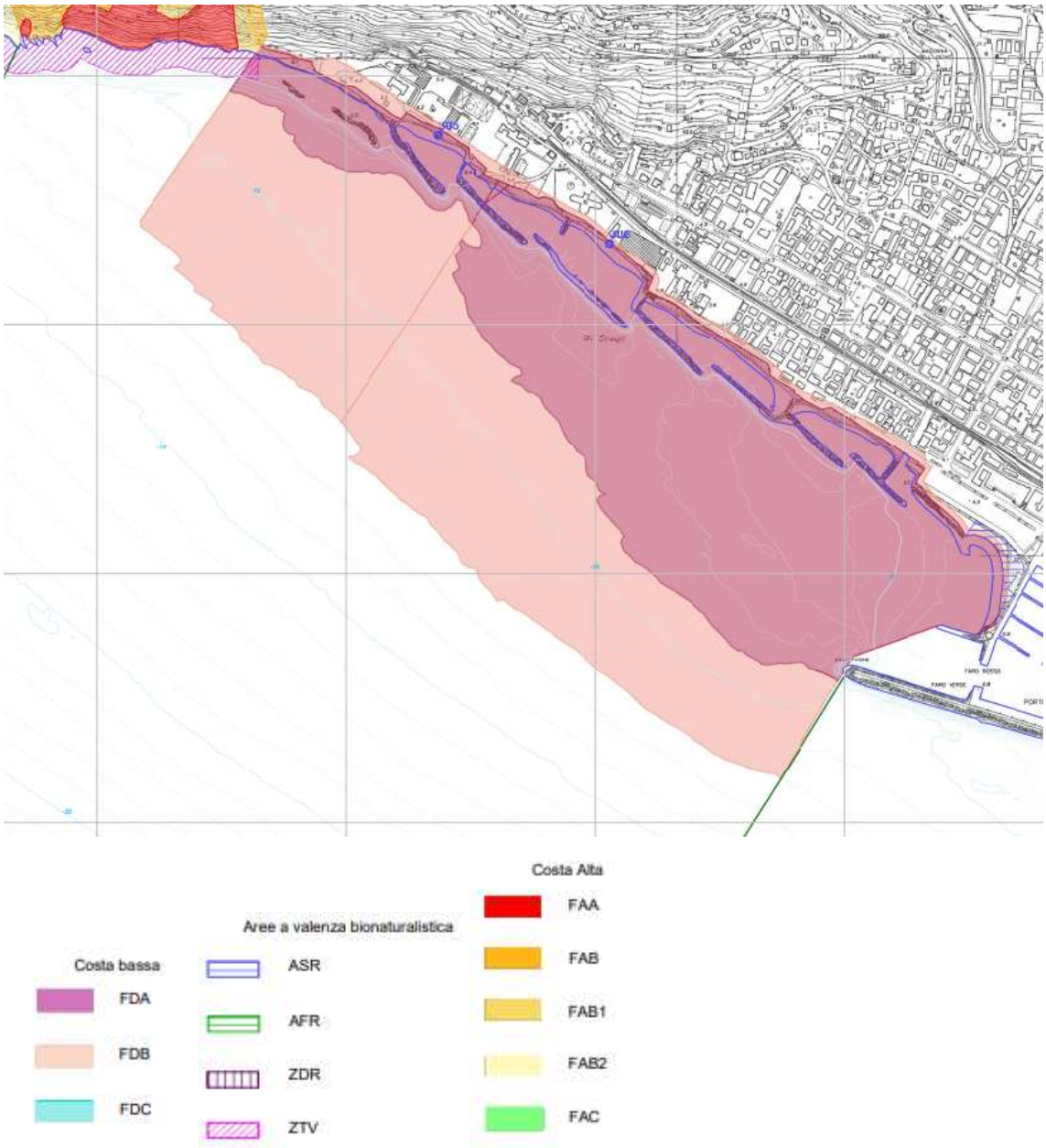


Figura 5.6: Stralcio PTAMC – Ambito 15 Carta C09 – carta dei regimi normativi

5.5 Piano di Bacino – Ambito 16

L'area di intervento ricade nell'ambito del Piano di Bacino – Ambito 16, approvato con DCP n.3 del 29.01.2003 (ultima variante approvata con DDG n. 2093 del 12/04/2021).

Come mostrato nella cartografia riportata di seguito, il corso d'acqua presente nell'area è Torrente Rupinaro.



Figura 5.7: Piano di Bacino – Stralcio carta del reticolo idrografico – squadro 232050

Gli elementi più significativi derivanti dal Piano di Bacino sono i previsti interventi di sistemazione del T. Rupinaro per la riduzione del rischio idraulico, tra i quali è incluso lo scolmatore con sbocco nell'estremo ponente della spiaggia (v. figure successive).

Gli altri aspetti di carattere idrogeologico e geomorfologico non risultano particolarmente rilevanti in riferimento alla spiaggia, come risulta dalla lettura delle carte specifiche e come evidenziato nella relazione geologica preliminare R02.

Come mostrato nella cartografia della suscettività al dissesto, tutto il tratto di litorale interessato dall'intervento viene classificato come suscettività al dissesto molto basso.



LEGENDA

CLASSI DI SUSCETTIVITA' AL DISSESTO			NORME DI ATTUAZIONE
	MOLTO ELEVATA	Pg4	Art. 16, c. 2 Art. 16ter
	ELEVATA	Pg3a	Art. 16, c. 3 Art. 16ter
	ELEVATA	Pg3b	Art. 16, c. 3-ter Art. 16ter
	MEDIA	Pg2	Art. 16, c. 4 Art. 16ter
	BASSA	Pg1	Art. 16, c. 4 Art. 16ter
	MOLTO BASSA	Pg0	Art. 16, c. 4 Art. 16ter

CLASSI SPECIALI	
TIPO A – Cave attive, miniere attive e discariche in esercizio	Art. 16bis, c. 2
TIPO B_1 – Cave inattive e miniere abbandonate	Art. 16bis, c. 3
TIPO B_2 – Discariche dismesse e riporti antropici	Art. 16bis, c. 5
Aree di costa alta/falesia attiva per le quali si rinvia al Piano di Tutela dell'Ambiente Marino e Costiero Approvato con DCR n. 18 del 25/09/2012	

Figura 5.8: Piano di Bacino – Stralcio carta della suscettività al dissesto – squadro 232050

Per quanto riguarda la carta del rischio idrogeologico, tutto il tratto di litorale interessato dall'intervento ricade in classe di rischio lieve.

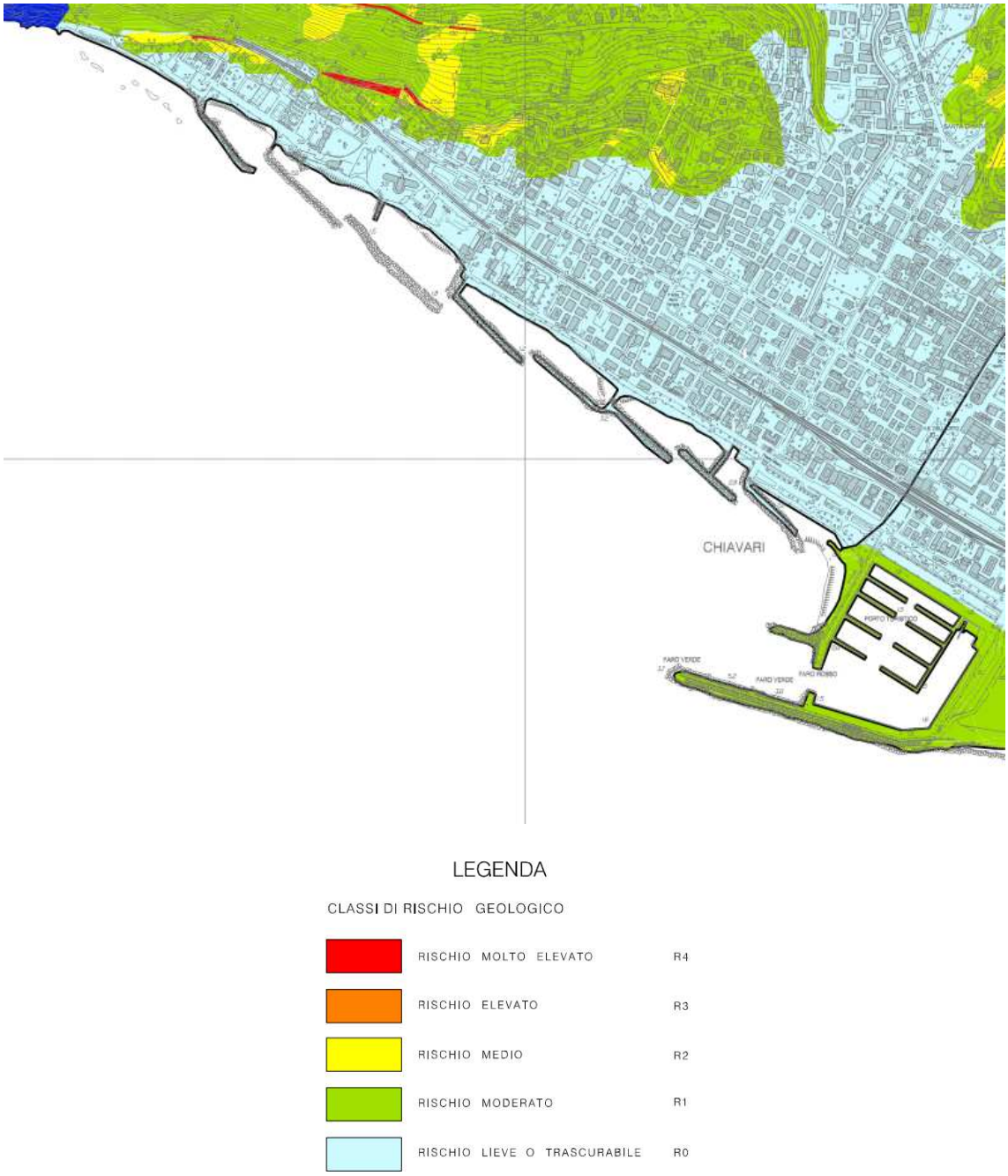


Figura 5.9: Piano di Bacino – Stralcio carta del rischio idrogeologico – squadro 232050

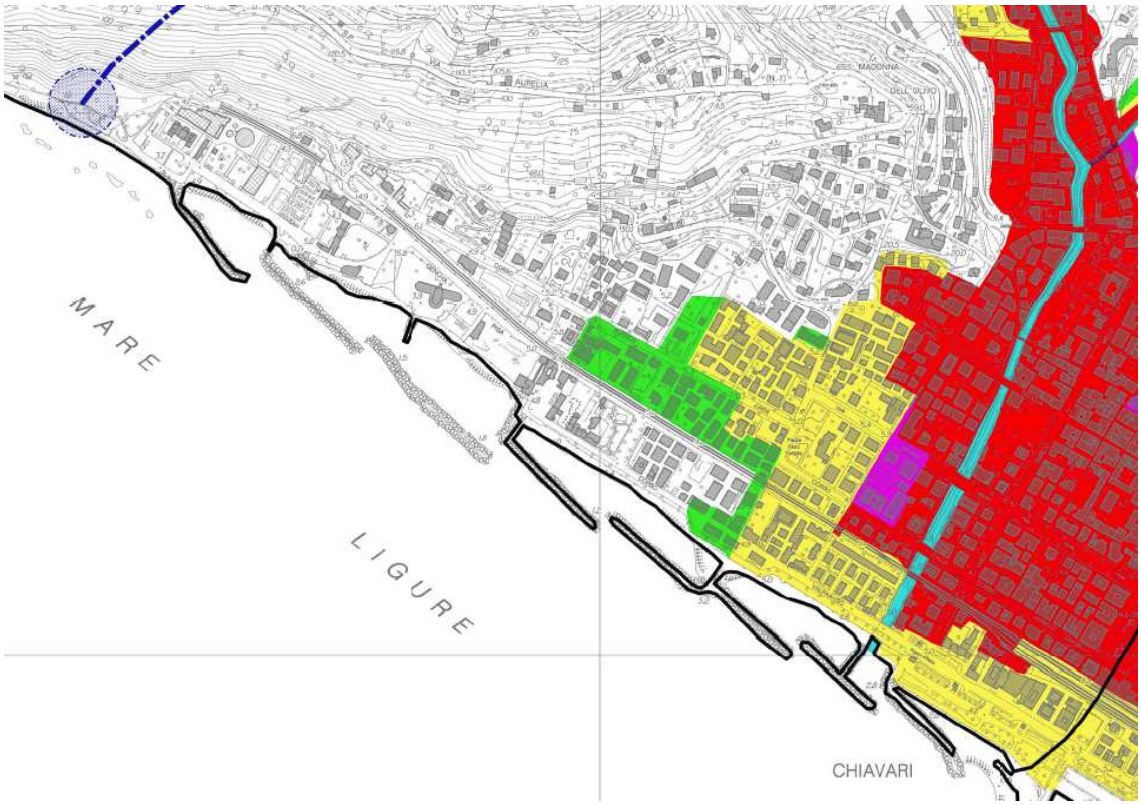


Figura 5.10: Piano di Bacino – carta della fasce di inondabilità e degli ambiti normativi - è evidenziata la prevista posizione dello scolmatore del T. Rupinaro

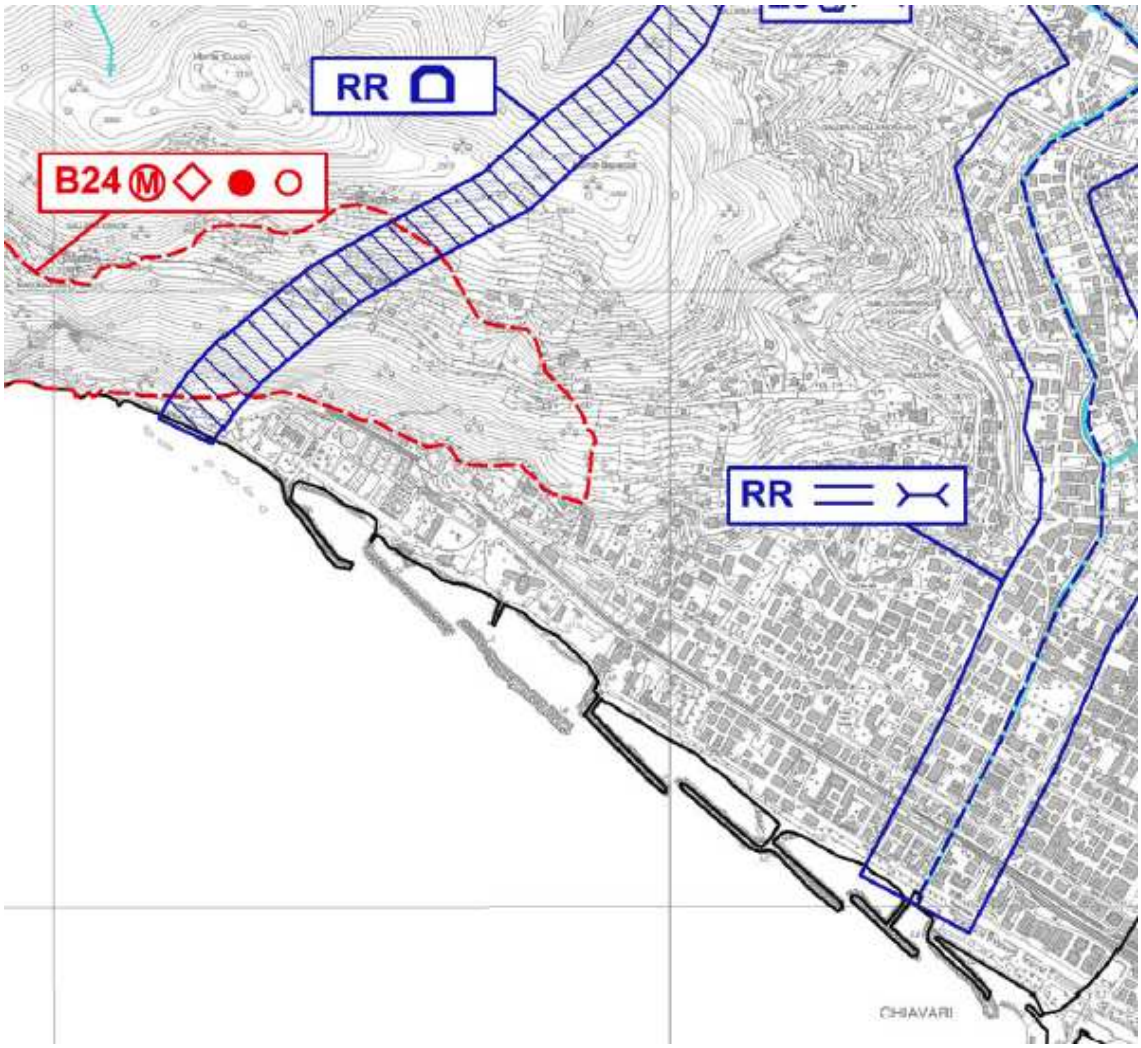


Figura 5.11: Piano di Bacino – carta degli interventi

5.6 Strumenti urbanistici locali: PUC

Con D.G.R. 397/2020 è stato approvato il Piano Urbanistico Comunale.

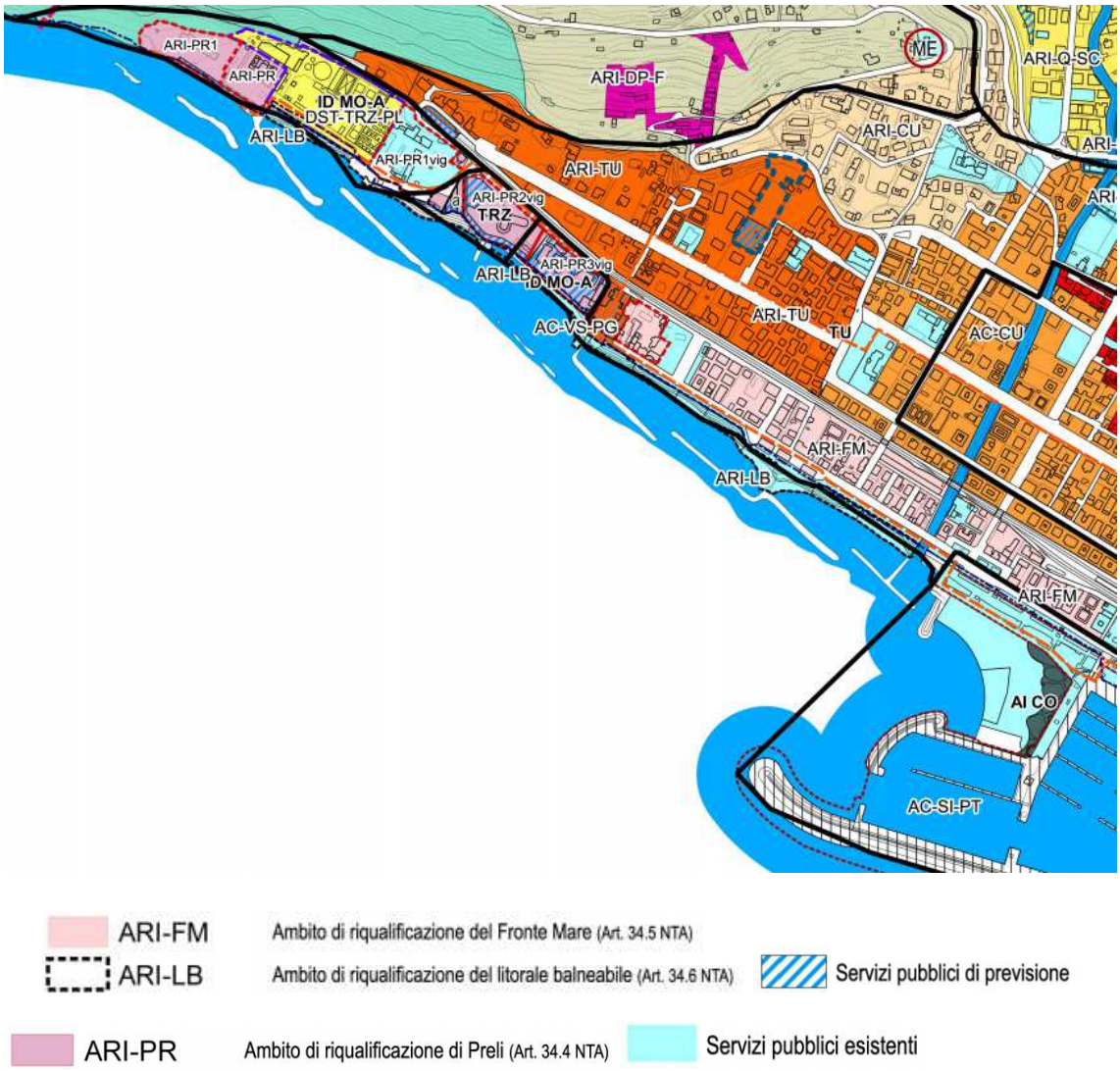


Figura 5.12: Piano di Bacino – Stralcio carta del rischio idrogeologico – squadro 232050

Nella zona di estremo ponente dell'area di progetto sono presenti a ridosso del litorale due ambiti di riqualificazione ARI-PR – Ambito di riqualificazione di Preli e ARI-PR1 – Ambito di riqualificazione Preli Torriglia. Quest'ultimo per un piccolo tratto occupa la zona del litorale fino alla linea di riva. Nel tratto in cui è presente ARI-PR, vi è subito a ridosso del litorale una zona destinata a "Servizi pubblici di previsione".

Quasi l'intero tratto di litorale oggetto di intervento è classificato come ARI-LB – Ambito di riqualificazione del litorale. In alcuni tratti di esso sono presenti "Servizi pubblici esistenti".

L'Amministrazione Comunale di Chiavari ha pianificato la possibilità di riqualificare in maniera significativa il litorale, mediante un approccio tecnico generale e la scelta di interventi che

possano gradualmente migliorare l'equilibrio delle spiagge e l'assetto generale della risorsa costiera e delle infrastrutture e servizi a tergo della spiaggia.

Il presente studio verrà inserito nei documenti di pianificazione della costa, con funzione di documento tecnico di riferimento per le attività sul litorale.

5.7 Progetto di utilizzo comunale delle aree demaniali pubbliche

Il Comune di Chiavari nel Progetto di utilizzo comunale delle aree demaniali pubbliche (PUD) - ha definito le tipologie di utilizzo dei vari tratti dell'arenile, come rappresentato nelle seguenti figure.

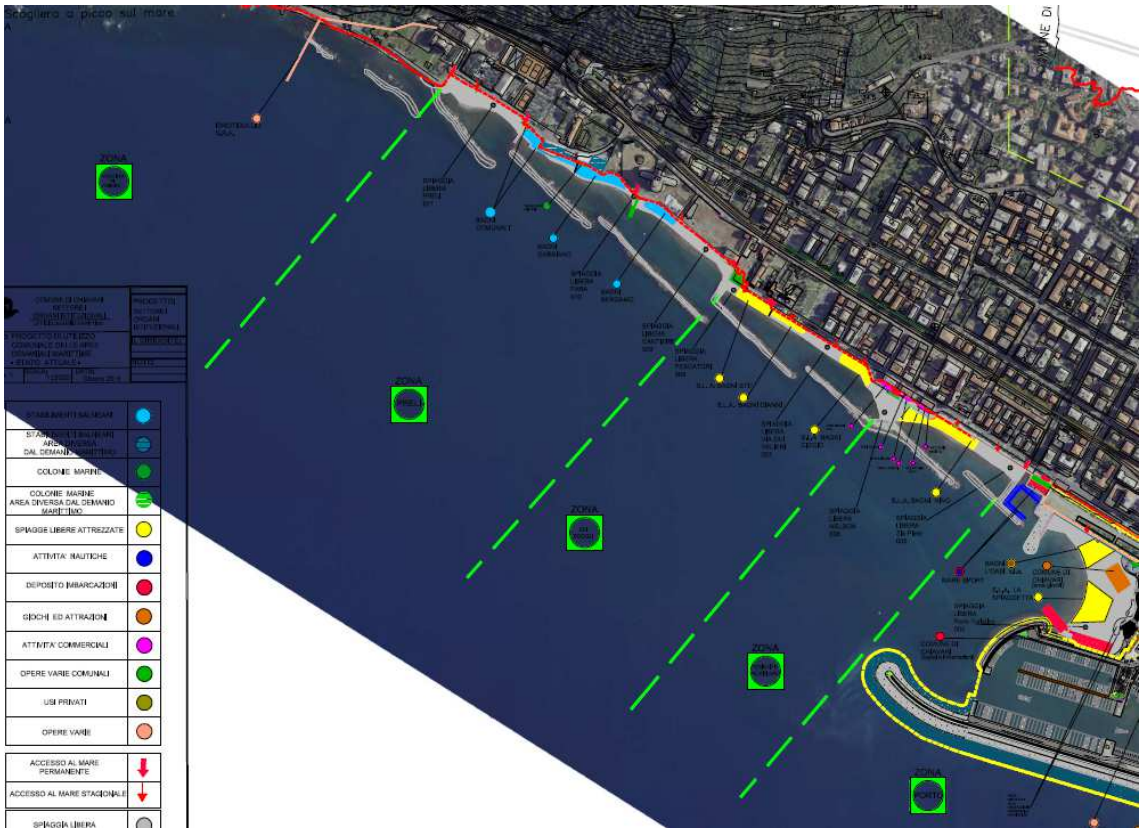


Figura 5.13: Stralcio cartografia P.U.D. Chiavari 2015 – stato attuale

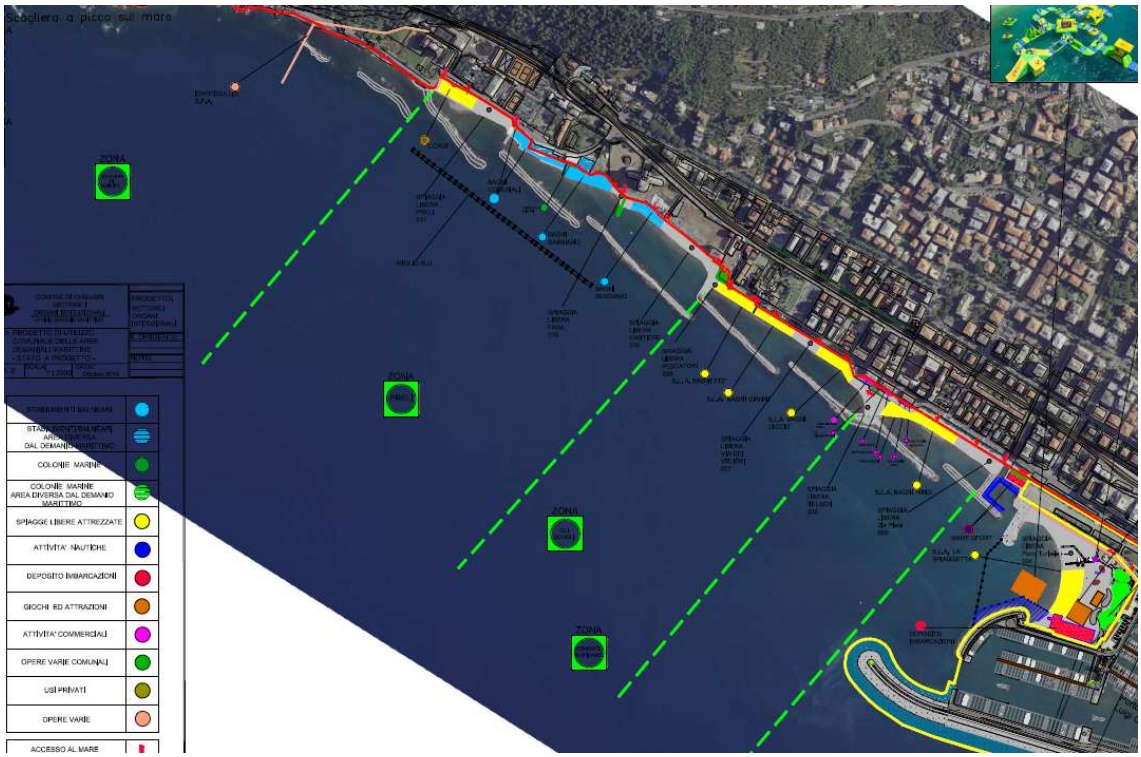


Figura 5.14: Stralcio cartografia P.U.D. Chiavari 2015 – stato di progetto

Il fronte mare può essere suddiviso nelle seguenti zone, partendo da levante e procedendo verso ponente:

- **Zona Porto**: dalla radice della scogliera di P.zza dell'Umanità alla foce del torrente Rupinaro compresa. Il fronte mare è lungo circa ml 1.085, il Porto Turistico, la spiaggia libera, una spiaggia libera attrezzata (La Spiaggetta), una concessione per installazione manufatti a servizio dell'attività balneare con annessa spiaggia (L'Oasi), il deposito imbarcazioni, l'area ludico sportiva e la foce del torrente Rupinaro.
- **Zona Ponente Rupinaro**: dalla foce del torrente Rupinaro sino all'altezza del civ. 25 di C.so Valparaiso. Il fronte mare di questo tratto è lungo circa ml 240, comprende una spiaggia libera e una spiaggia libera attrezzata (Bagni Nino).
- **Zona Gli Scogli**: dall'altezza del civ. 25 di C.so Valparaiso sino a P.zza Gagliardo (c.d. p.zza dei Pescatori). Il fronte mare di questo tratto è lungo circa ml 368, comprende le spiagge tre libere e le spiagge libere attrezzate (Bagni Ciccio, Bagni Gianni, Bagni Simoestè).
- **Zona Preli**: da p.zza Gagliardo al termine di Via Preli. Il fronte mare di questo tratto è lungo circa ml 585, comprende due spiagge libere e i tre stabilimenti balneari (Bagni Bergamo, Bagni Gabbiano, Bagni Comunali).

- **Zona Scogliera di Ponente**: dalla fine di Via Preli al confine col Comune di Zoagli. Il fronte mare di questo tratto è lungo circa ml 3.173, comprese le falesie, le scogliere non balneabili, le piazzole balneabili (condominio tigullio Rocks) e le due spiagge libere raggiungibili, ad oggi, solo via mare (c.d. "Colonia Piaggio" e c.d. "gruppo del sale").

Il nuovo assetto della spiaggia al termine dei lavori costituirà il riferimento fisico per la definizione degli usi del litorale, che sarà prevista nello specifico aggiornamento del PUD.

6. VALUTAZIONE GENERALE DELLA SENSIBILITÀ AMBIENTALE DEL SITO

6.1 Vincoli architettonici, archeologici e paesaggistici

Il "Patrimonio culturale" nazionale, costituito sia dai "beni culturali" che dai "beni paesaggistici" è riconosciuto e tutelato dal Decreto Legislativo 22 gennaio 2004, n. 42, Codice dei beni Culturali e del Paesaggio come modificato e integrato dal D. Lgs. 24.03.2006, n. 157.

Il Codice individua e regolamenta i vincoli paesaggistici sia all'art. 136 sia all'art. 142.

L'art. 136 individua gli immobili e le aree di notevole interesse pubblico da assoggettare a vincolo paesaggistico con apposito provvedimento amministrativo (lett. a) e b) "cose immobili", "ville e giardini", "parchi"..., c) e d.) "bellezze individue", nonché lett. c) e d) "complessi di cose immobili", "bellezze panoramiche"... c e d.) "bellezze d'insieme").

L'art. 142 individua, invece, le aree tutelate per legge ed aventi interesse paesaggistico di per sé, quali "territori costieri" marini e lacustri, "fiumi e corsi d'acqua", "parchi e riserve naturali", "territori coperti da boschi e foreste", "rilievi alpini e appeninici"...



Figura 6.1: Stralcio carta dei vincoli architettonici archeologici e paesaggistici della Liguria tratta dal sito www.liguriavincoli.it

Nell'area di estremo ponente del litorale è presente il vincolo paesistico di bellezza d'insieme "Tutta l'area occidentale del Comune di Chiavari e la costa fino a confine del territorio comunale fino al Monte Anchetta con le valli del rio Campodonico e del rio Sanguineto" (Codice 070585) istituito con DGR del 29/03/1984.

Vincolo Paesistico Bellezza d'insieme

Codice vincolo	070585
Numero Progressivo per Comune	3
Oggetto del Vincolo	TUTTA LA AREA OCCIDENTALE DEL COMUNE DI CHIAVARI E LA COSTA FINO A CONFINE DEL TERRITORIO COMUNALE FINO AL MONTE ANCHETTA CON LE VALLI DEL RIO CAMPODONICO E DEL RIO SANGUINETO
Tipo Decreto	Decreto del Presidente dalla Giunta Regionale
Data del decreto	29/03/1984
Tipo di Pubblicazione	Bollettino Regionale
Numero di pubblicazione	24
Data pubblicazione	13/06/1984
Grado identificazione	identificabile con precisione
Limiti amministrativi storici	SI
Decreto	**070585**
Stralcio cartografico	**070585_sc**

Sempre nella zona di ponente vi è inoltre il vincolo paesistico di bellezze d'insieme "Area di interesse naturalistico della collina di S. Ambrogio e di Bacezza con olivi, pinete e leccete nei Comuni di Chiavari, Zoagli e Rapallo" (Codice 070014) istituito con DM del 24/04/1985.

Vincolo Paesistico Bellezza d'insieme

Codice vincolo	070014
Numero Progressivo per Comune	5
Oggetto del Vincolo	AREA DI INTERESSE NATURALISTICO DELLA COLLINA DI S.AMBROGIO E DI BACEZZA CON OLIVI, PINETE E LECCETE NEI COMUNI DI CHIAVARI ZOAGLI ERAPALLO
Tipo Decreto	Decreto Ministeriale
Data del decreto	24/04/1985
Tipo di Pubblicazione	Gazzetta Ufficiale
Numero di pubblicazione	143
Data pubblicazione	19/06/1985
Grado identificazione	identificabile con precisione
Limiti amministrativi storici	SI
Decreto	**070014**
Stralcio cartografico	**070014_sc**

Nella zona centrale del litorale vi sono inoltre il vincolo architettonico puntuale "Colonia Fara ed annessa area di pertinenza" (Codice 07/00208650) e il vincolo puntuale "Area di pertinenza della Colonia Fara"

Vincolo Architettonico

Provincia	GE
Data di Aggiornamento	09/04/2013
Comune	CHIAVARI
Codice Monumentale	58
Codice NCTN	07/00208650
Descrizione	Colonia Fara ed annessa area di pertinenza
Anno di vincolo	1996
Anno rinnovo di vincolo	2007
Note	Via Preli 15
Decreto	**00208650**
Stralcio cartografico	**00208650_sc**
Foto	**0700208650.pdf**

Vincolo Architettonico

Provincia	GE
Data di Aggiornamento	09/04/2013
Comune	CHIAVARI
Codice Monumentale	58
Codice NCTN	07/00208650A
Descrizione	Area di pertinenza della Colonia Fara
Anno di vincolo	2010
Note	Via Preli 15
Decreto	**00208650A**
Stralcio cartografico	**00208650A_sc**
Foto	**0700208650A.jpg**

6.2 Vincolo idrogeologico

Come mostrato nella figura sotto riportata, l'estremo di ponente dell'area di intervento ricade in zona sottoposta vincolo idrogeologico.



Figura 6.2: Piano di Bacino - Stralcio carta delle aree sottoposte al vincolo idrogeologico – squadro 232050

7. CARATTERISTICHE DEI FONDALI ANTISTANTI LA SPIAGGIA: POPOLAZIONE BENTONICA - FANEROGAME

7.1 Caratteristiche generali

Nei fondali antistanti il tratto di spiaggia in esame la presenza di popolamenti algali ed animali è piuttosto limitata e concentrata soprattutto negli anfratti nei pressi dei pennelli in massi, mentre il fondale sabbioso/ghiaioso davanti ai tratti di spiaggia risulta monotono ed inadatto allo sviluppo di popolamenti significativi.

La qualità complessiva dell'ambiente nell'area è discreta, anche se la presenza delle scogliere, che induce una scarsa circolazione interna delle acque e scarso ricambio di materiale delle spiagge, ne pregiudica in parte le qualità paesaggistiche e la fruibilità.

7.2 SIC marini e terrestri

La Regione Liguria, in adempimento alla Direttiva Europea 43/1992/CEE (o "Direttiva Habitat") finalizzata alla conservazione della biodiversità e recepita dall'ordinamento italiano con il Decreto 3 aprile 2000 ha individuato i siti marini di importanza comunitaria (SIC).

La Direttiva Habitat, ha istituito la rete ecologica europea "Natura 2000": un complesso di siti caratterizzati dalla presenza di habitat o specie (sia animali che vegetali indicati negli allegati I e II della Direttiva), che necessitano di particolare salvaguardia al fine di garantire la sopravvivenza a lungo termine della biodiversità presente nel continente europeo.

L'insieme di tutti i siti SIC (siti di importanza comunitaria) definisce un sistema strettamente relazionato da un punto di vista funzionale, infatti la rete non è costituita solo dalle aree ad elevata naturalità identificate dai diversi paesi membri, ma anche da tutti quei territori adiacenti a tali aree indispensabili per mettere in relazione ambiti naturali distanti spazialmente ma vicini per funzionalità ecologica.

Un aspetto chiave per la conservazione dei siti, previsto dalla Direttiva Habitat, è la procedura della valutazione di incidenza che ha il compito di tutelare la Rete Natura 2000 dal degrado o comunque da eventuali perturbazioni esterne che potrebbero avere ripercussioni negative sui siti che la costituiscono.

Devono essere pertanto sottoposti a valutazione di incidenza tutti i progetti che possono avere incidenze significative sui SIC.

È importante sottolineare che sono sottoposti alla stessa procedura anche i progetti o i piani esterni ai siti, ma la cui realizzazione può interferire su di essi.

Ai margini di ponente dell'area oggetto di intervento è presente la zona protetta terrestre SIC/ZSC IT1332614 - Pineta - Lecceta di Chiavari.

Nel settembre 2006 sono stati eseguiti approfondimenti per la valutazione delle caratteristiche peculiari del SIC e della valenza ambientale dell'area. Il sopralluogo era volto ad identificare la

natura delle biocenosi nell'area sulla base della presenza supposta di *Posidonia oceanica*, dedotta dall'analisi delle foto aeree, sulla base delle quali l'area era stata proposta come pSIC IT 1332673 C.

Come riportato in dettaglio nei paragrafi successivi, è stata eseguita una campagna subacquea di rilevamento, effettuata da società specializzata in indagini bionaturalistiche in aree costiere: l'indagine ha evidenziato l'assenza di fanerogame marine in tutte le stazioni esaminate, pertanto non è stato identificato nell'area alcun SIC marino (vi figura della consistenza attuale dei SIC/ZPS).



Figura 7.1: Stralcio carta dei SIC/ZSC Terrestri e Marini Liguri tratta dal geoportale della Regione Liguria

7.3 Habitat Marini

Come risulta dalla figura seguente tratta dall'" Atlante degli Habitat Marini della Liguria - 2020", sui fondali antistanti il litorale oggetto di intervento è evidenziata da costa verso il largo la presenza prima di alghe fotofile su substrato prevalentemente artificiale e alghe fotofile, poi di sabbia, e infine un prato di Cymodocea nodosa.

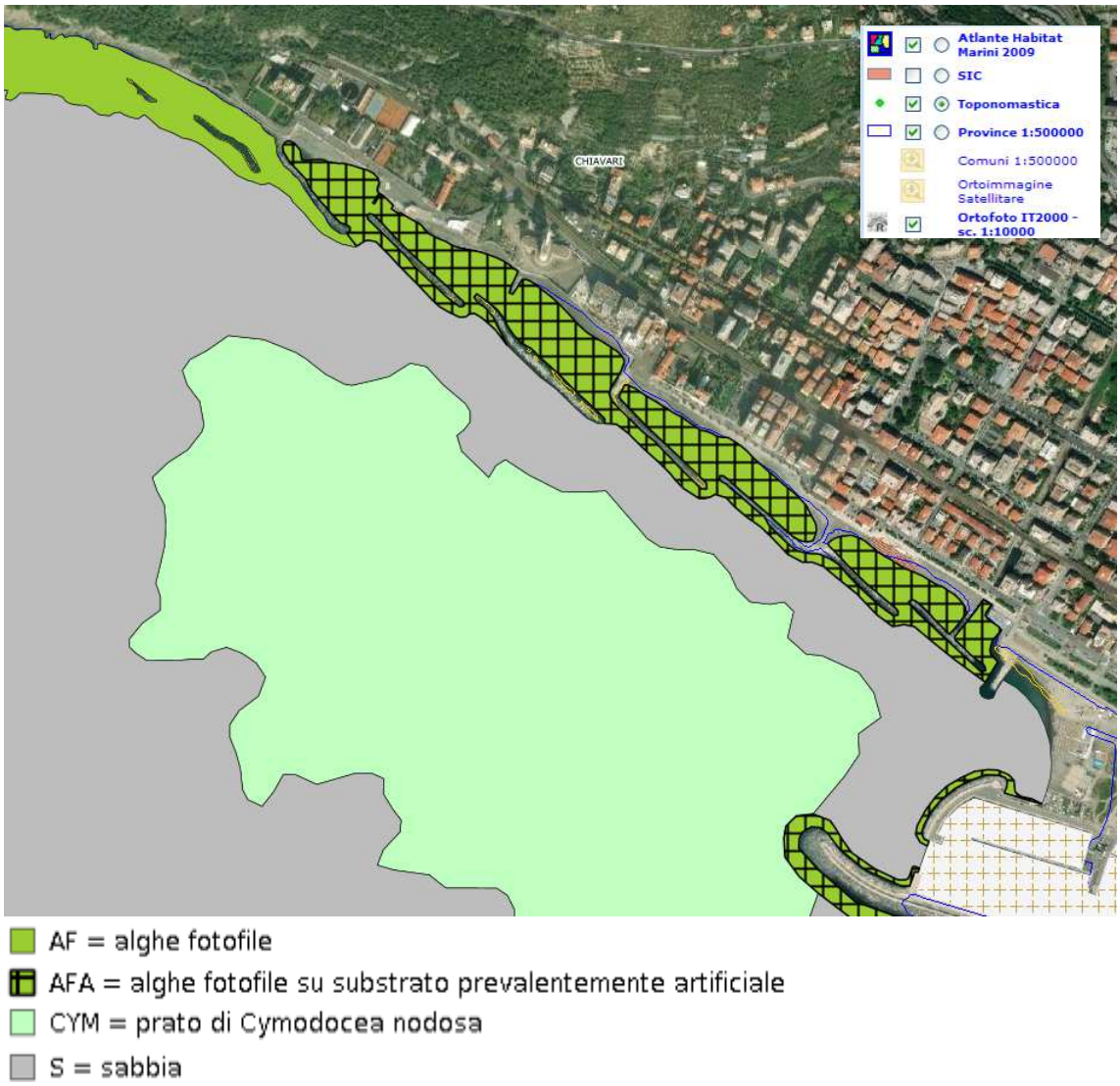


Figura 7.2– Stralcio carta degli Habitat Marini della Liguria -2020

7.4 Raccolta di studi eseguiti

7.4.1 Indagini 2003

Nel 2003 (indagini ottobre-febbraio 2003) è stata condotta dalla Dott.ssa Susanna Volpe per il Comune di Chiavari un' "Indagine sullo stato attuale dell'ambiente dei fondali e delle eventuali biocenosi bentoniche nella zona prospiciente la banchina del Porto di Chiavari" .

Da tale indagine è risultato che il fondale a ponente della banchina del porto di Chiavari *"risulta costituito da sabbie fini nerastre e pesanti con spiccata tendenza ad una rapida sedimentazione...i fondali sottoposti a un deposito continuo di sabbie, risultano estremamente duri e compatti e costituiscono un ambiente poco ospitale alla vita, sia vegetale che animale. La Cymodocea nodosa, che riesce a colonizzare anche zone portuali a fanghi putridi, è assente infatti nella zona corrispondente ai primi 120 m dal faro e comincia ad apparire dopo circa 200 metri, a ciuffi sparsi in modo discontinuo."*

7.4.2 Studi svolti dall'ENEA

Nel 2004 sono stati eseguiti una serie di studi svolti da diverse équipes del Centro Ricerche Ambiente Marino dell'ENEA di S. Teresa - La Spezia e del Dip.Te.Ris. Dipartimento per lo studio del Territorio e delle sue Risorse - Università degli Studi di Genova, nell'area compresa tra Chiavari e Sestri Levante relativi alla mappatura dei prati di Cymodocea nodosa, presente con diverse distribuzioni nei fondali del Tigullio.

I dati ottenuti sono stati confrontati con delle campagne di rilievo della *Cymodocea nodosa* svolte nel 1993 da cui si evince che nel corso degli anni vi è stato un generale decremento a causa dei fenomeni erosivi che rappresentano uno stress per i prati di *Cymodocea nodosa* esaminati.

I dati cartografici raccolti nel 1986 e 1991 sono stati comparati con indagini eseguite con Side Scan Sonar (SSS) condotte nel 2001. I prati sembrano in accrescimento nel periodo 1986-1991 in tutti i settori esaminati, in particolare nelle aree Nord e Centrale. Tra il 1991 e il 2001, i prati sembrano stabili nelle aree Centrale e Sud, mentre decrescono in maniera considerevole nella parte Nord.

In entrambe le mappe GIS, l'evoluzione dei prati nel settore Nord è molto differente da quella negli altri due settori: il cambiamento più rilevante nel prato a largo di Chiavari potrebbe essere dovuto ai lavori presso il porto eseguiti alla fine degli anni '90: incrementando la torbidità delle acque, impediscono la penetrazione della luce e soffocano il prato con depositi di materiale limoso-argilloso. Per quanto sopra, questi lavori potrebbero aver influenzato il prato di Cymodocea nodosa, che ha subito una forte regressione tra il 1991 e il 2001 nell'area a largo del molo del porto di Chiavari.

7.4.3 Studi svolti da IDRA s.s. Ricerche e consulenze ambientali

A settembre del 2006 è stata realizzata un'esplorazione dei fondali nell'area marina antistante la Punta delle Grazie. Il sopralluogo era volto ad identificare la natura delle biocenosi nell'area sulla base della presenza supposta di *Posidonia oceanica*, dedotta dall'analisi delle foto aeree, sulla base delle quali l'area era stata proposta come pSIC IT 1332673 C.

In tutte le stazioni non sono presenti le fanerogame marine Cymodocea nodosa e Posidonia oceanica. I substrati costituiti da massi franati e da grandi scogli sommersi sono riccamente colonizzati da alghe fotofile e per la grande diversità spaziale costituiscono un habitat ricco e diversificato per l'ittiofauna.

L'assenza di fanerogame marine in tutte le stazioni esaminate ha comportato la revisione della regolamentazione dell'area, che non è stata inserita in alcun SIC marino.

7.4.4 L'ambiente fluviale di prossimità: T. Rupinaro

Il torrente Rupinaro, corso d'acqua appartenente alla rete idrografica del Piano di Bacino Ambito 16, drena le acque di un bacino di superficie pari a circa 11 kmq ed ha portate di piena stimate in 167 mc/s (TR 50 anni) e 242 mc/s (TR 200 anni).

Il bacino del Torrente Rupinaro è un bacino prevalentemente in erosione, in quanto i suoi maggiori rii e torrenti sono in fase di ringiovanimento; ciò determina l'instaurarsi di processi gravitativi che hanno nell'azione dilavatrice delle acque, sia incanalate che diffuse, una delle loro principali cause innescanti.

Tale corso d'acqua è stato oggetto di verifiche idrauliche estese e puntuali volte alla valutazione del potenziale rischio di inondazione per il centro abitato di Chiavari, attraverso il quale esso scorre.

La sezione del corso d'acqua è di forma rettangolare ed è caratterizzata da fondo plateato e argini continui su entrambi i lati, realizzati con murature in pietrame cementato; le condizioni di pulizia appaiono buone, con presenza di rada vegetazione in alveo, e non si sono rilevate zone di significativo accumulo e deposito di materiale ad eccezione del solo tratto focivo del corso d'acqua, in cui si è rilevata la presenza in sponda destra di una limitata area di accumulo di sedimenti, con prevalenza di ghiaia con pezzatura fine, e di materiale vegetale anche di grosse dimensioni.

La presenza delle suddette modeste quantità di materiale di deposito, che in ogni caso non sono in grado di alterare in maniera significativa la regolare capacità di deflusso del corso d'acqua, non è comunque da imputare ad un eventuale fenomeno di trasporto solido in atto nel torrente Rupinaro, bensì al significativo trasporto di materiale dovuto alla risalita all'interno del canale di sbocco del corso d'acqua della corrente marina, soprattutto in occasione di intensi eventi meteo-marini.

Si evidenzia la completa assenza di barra fociva: dalle osservazioni effettuate tale condizioni permane per tutto l'anno, tanto che l'area fociva è attualmente utilizzata per l'alaggio, il varo e lo stazionamento a gavitello di piccole imbarcazioni.

Alla luce delle considerazioni sopra espresse, gli effetti del trasporto solido nel torrente Rupinaro appaiono certamente trascurabili, sia nei confronti del litorale esistente (scarsa se non nulla capacità di rifornimento di materiale), sia per quanto riguarda l'espansione della corrente a mare a valle della foce.

7.4.5 Approfondimento 2021

Al fine di definire con maggiore dettaglio le caratteristiche del prato di Cymodocea presente nell'area antistante la spiaggia, è stata avviata un'indagine bionaturalistica di dettaglio, in corso di esecuzione da parte di biologi subacquei esperti dei fondali dei litorali liguri.

Gli esiti della campagna in corso saranno disponibili nella progettazione definitiva e consentiranno di definire con maggiore dettaglio eventuali cautela da applicarsi agli interventi a progetto.

8. RILIEVI 2021 E MODELLO DEL LITORALE

Nel febbraio 2021 la Drafinsub Survey Srl ha eseguito il rilievo batimetrico e topografico delle aree a terra e a mare, per complessivi 900.000 mq circa.

E' stato eseguito anche il prelievo di n. 22 campioni.

A partire dai dati del modello, ad alta definizione e alta risoluzione, è stato possibile predisporre con specifico software dedicato una modellazione 3D dell'intero litorale, fondamentale per la determinazione delle basi di lavoro e delle configurazioni di progetto da simulare. Lo stesso software consentirà in fase di progettazione definitiva di calcolare con precisione di dettaglio i volumi necessari per gli interventi a progetto.

Si presentano di seguito alcuni output del rilievo, delle viste 3D a nuvola di punti e del modello 3D del litorale.

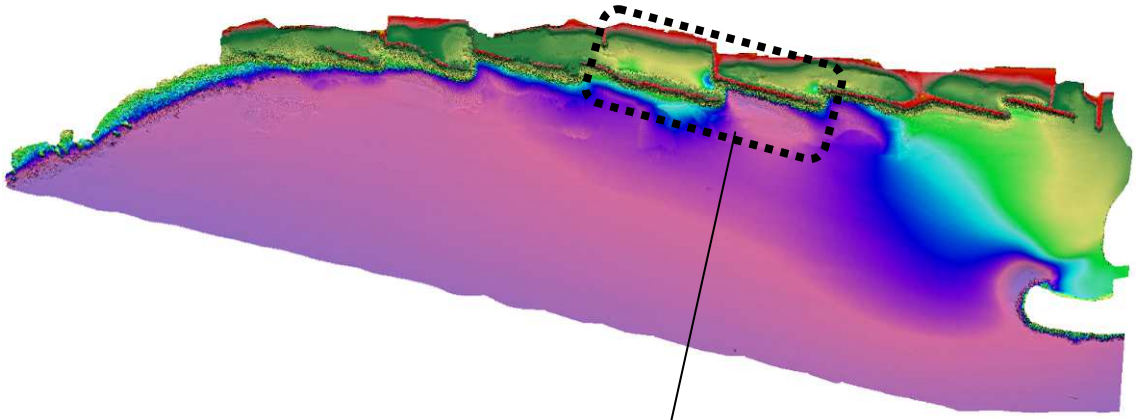


Figura 8.1– Modello digitale del terreno (DTM) ricavato dal rilievo del febbraio 2021

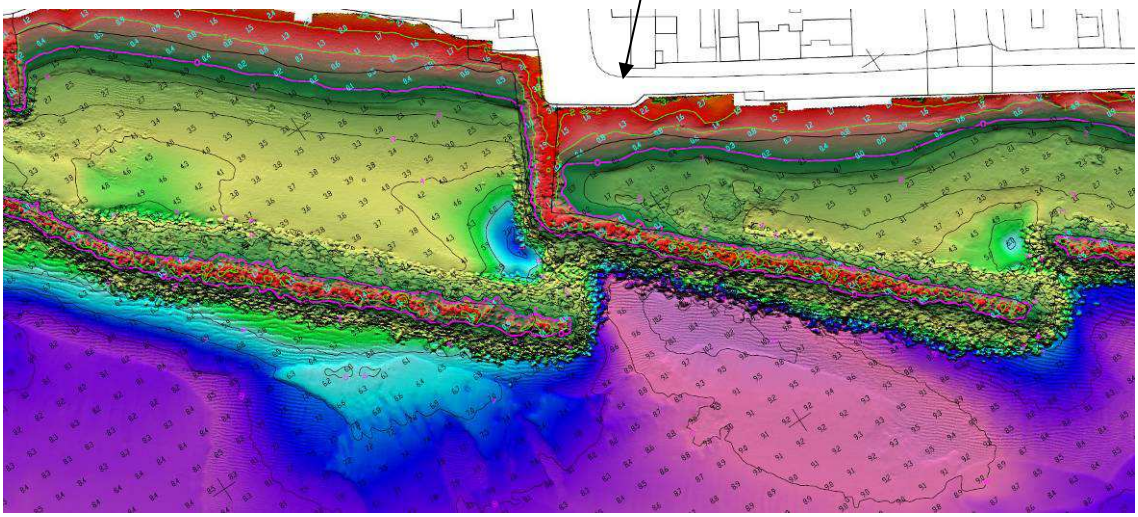


Figura 8.2– Dettaglio visivo di un tratto di litorale dal rilievo del febbraio 2021

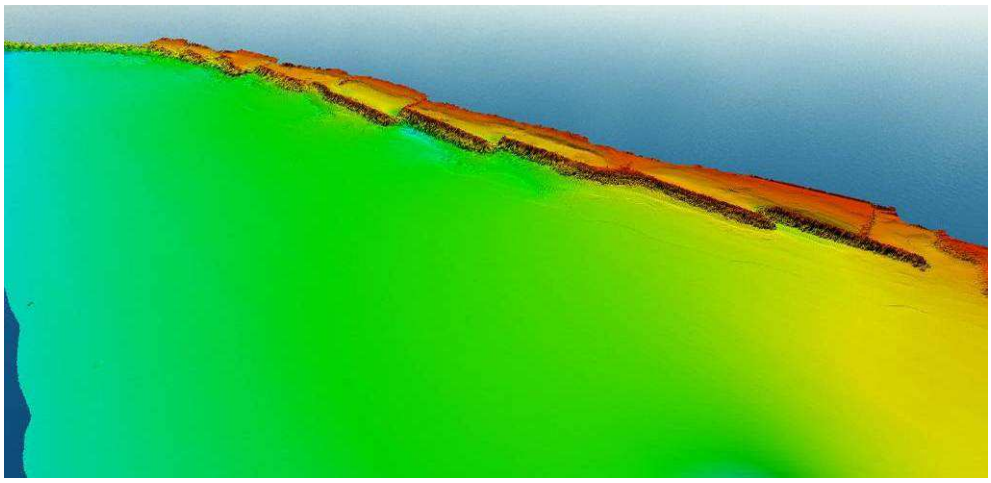


Figura 8.3– Rappresentazione 3D dello stato attuale del litorale - vista da levante

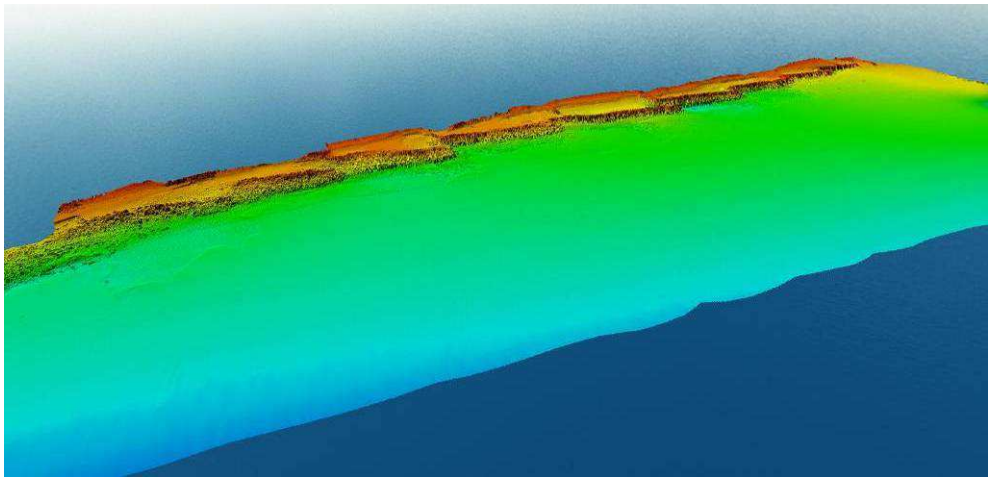


Figura 8.4– Rappresentazione 3D dello stato attuale del litorale - vista da ponente

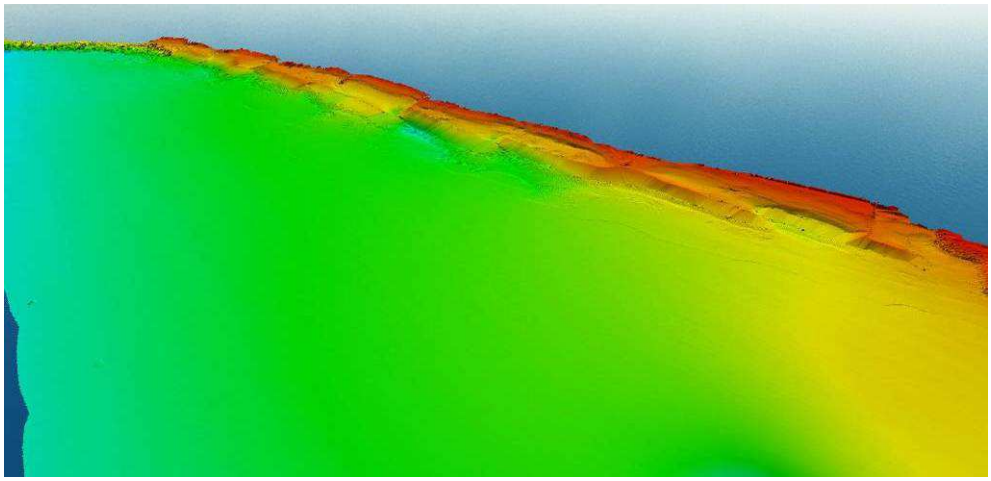


Figura 8.5– Rappresentazione 3D del litorale ipotizzando la rimozione delle scogliere - vista da levante

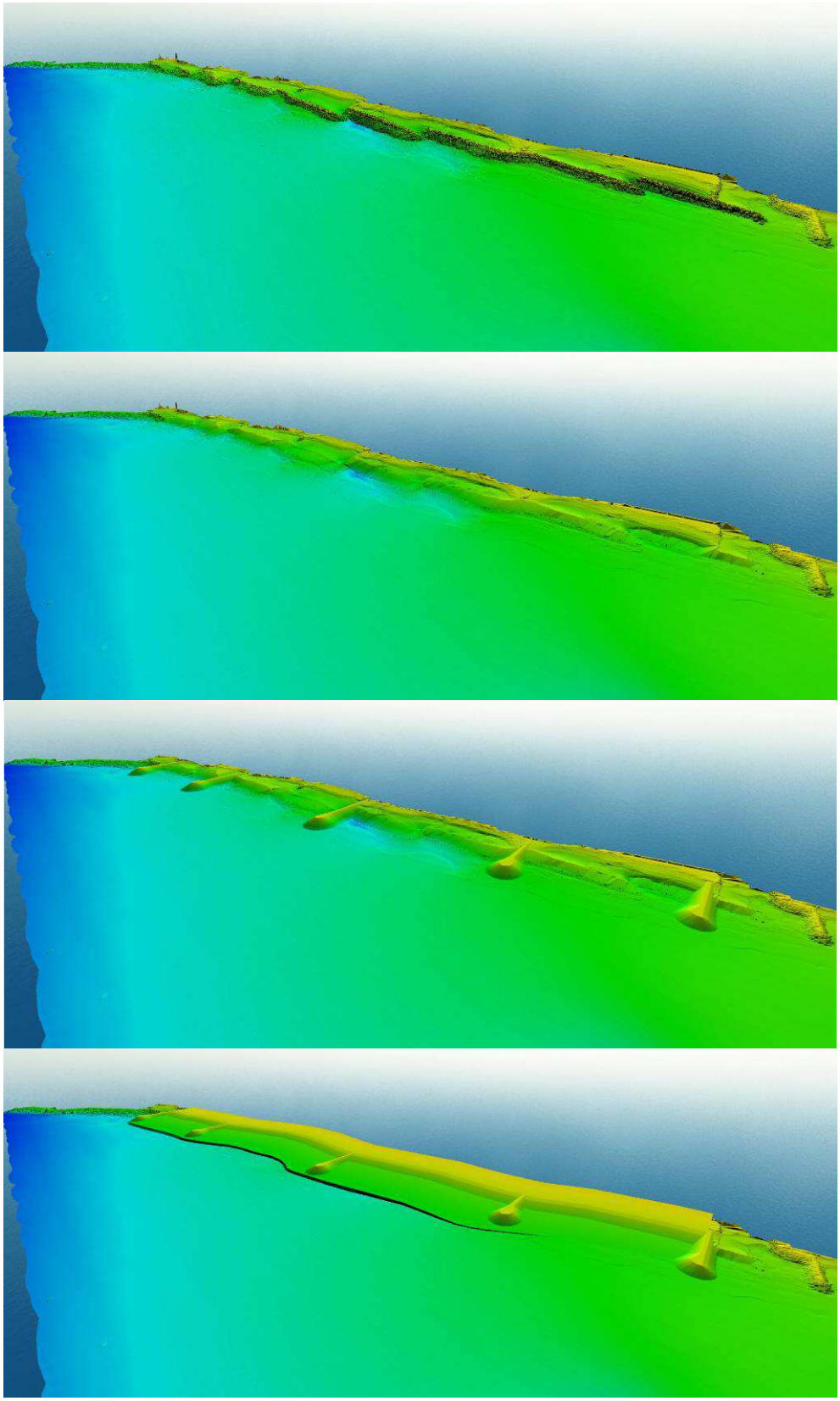


Figura 8.6– Rappresentazione 3D del litorale nello stato attuale, senza le scogliere, aggiungendo i pennelli e aggiungendo il ripascimento e la scogliera al piede - vista da ponente

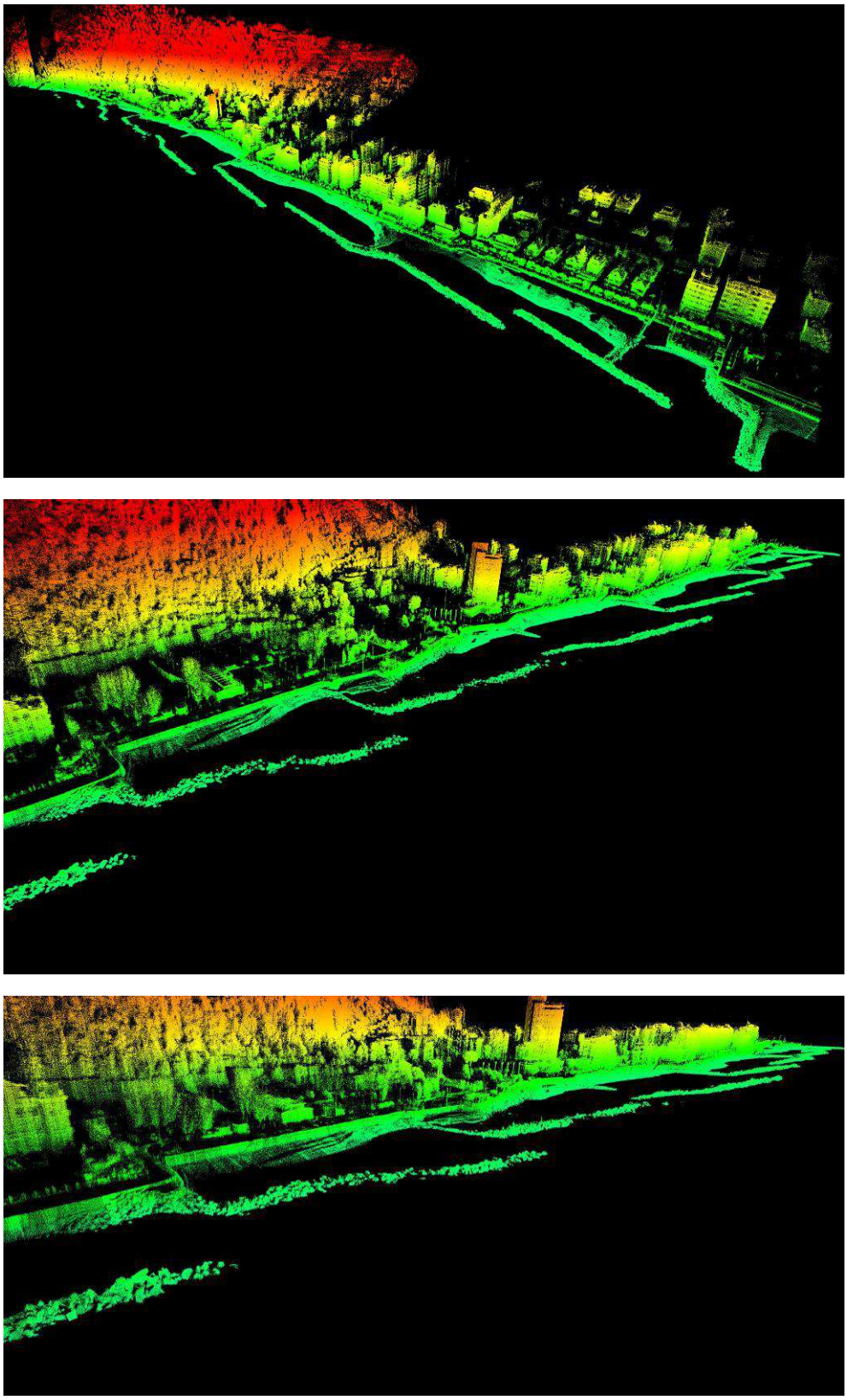


Figura 8.7 – viste 3D generali del litorale dai dati del rilievo a nuvola di punti

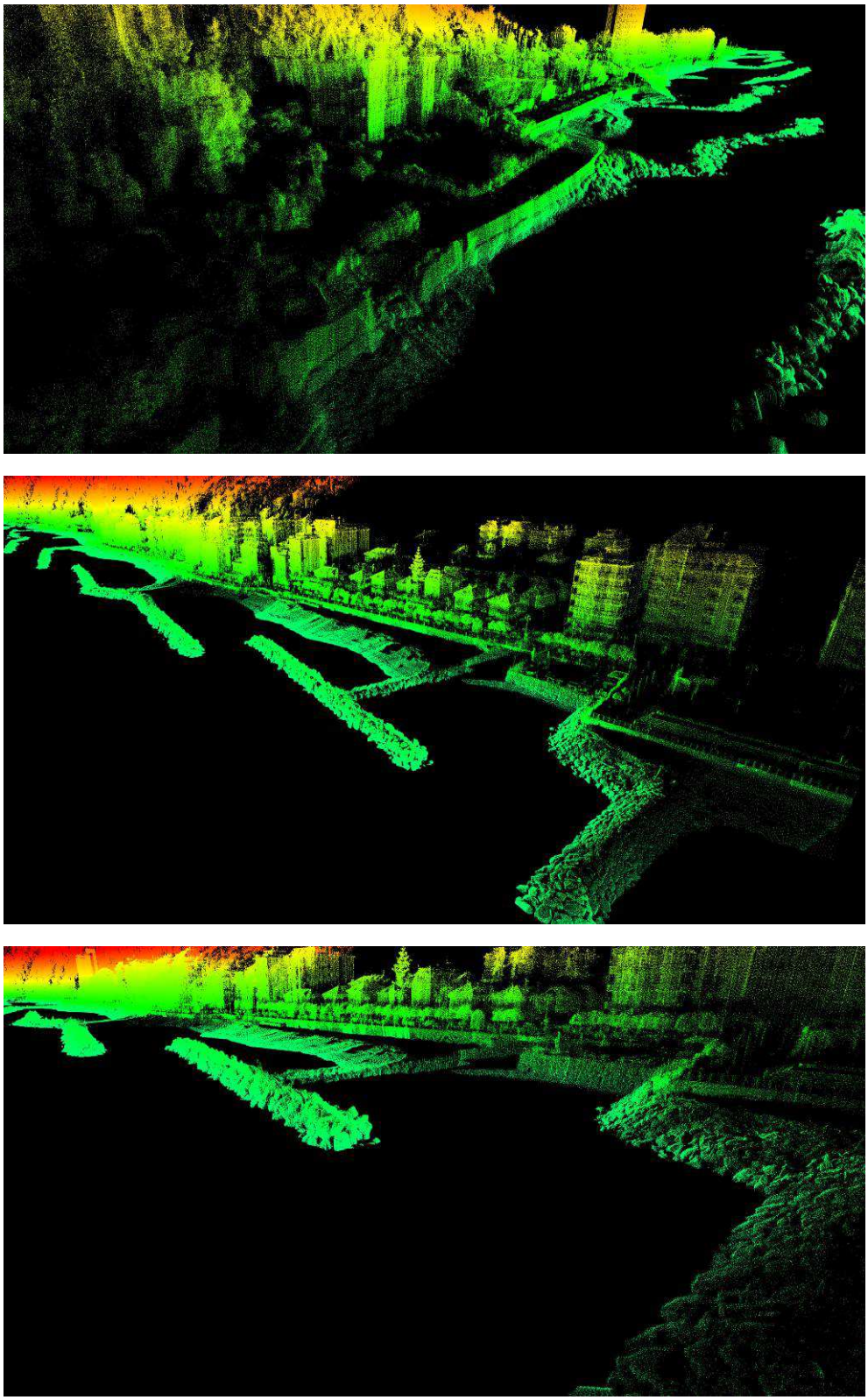


Figura 8.8 – viste 3D puntuali del litorale dai dati del rilievo a nuvola di punti

9. INDAGINI GEOLOGICHE

Si allega di seguito uno stralcio dei contenuti più significativi della relazione geologica preliminare (documento R02 facente parte dello Studio) redatta da Resgeo.

9.1 Inquadramento geologico e geomorfologico

Il litorale fa parte dell'unità fisiografica del Golfo del Tigullio, i cui estremi risultano definiti dalla Punta di Portofino a ponente e dalla Penisola di Sestri Levante a levante; detto settore è confinato dunque ad occidente dal rilievo della Collina delle Grazie ed a oriente dalla Foce dell'Entella. La sua connotazione risulta strettamente legata all'evoluzione della piana del fiume Entella di cui ne rappresenta la spiaggia fociale e in misura meno significativa dall'attività del torrente Rupinaro.

Lo schema geologico propone una **serie sedimentaria** che si trova a contatto con le rocce verdi sul limite occidentale della zona ofiolitica della Val Graveglia e del Bargonasco, nell'entroterra della costa compresa tra Lavagna e Sestri Levante.

I lineamenti morfologici essenziali della costa risentono del profilo geologico del territorio, apparendo più morbidi a levante della Collina delle Grazie, con versanti degradanti sul mare in forma per lo più regolare, e più aspri a ponente ove sulla costa, quasi ovunque alta e con significative falesie, l'abrasione marina ha posto in evidenza strati a composizione prevalentemente calcarea, inarcati da un tettonismo localmente così intenso da non consentire talvolta di determinare una geometria prevalente del complesso roccioso. Tale tratto è quindi parte integrante di una falesia attiva in continua e rapida evoluzione geomorfologica, come testimoniato dai numerosi episodi di crollo manifestatisi.

I territori sui cui sono insediate le cittadine di Chiavari e Lavagna propongono piane estese, sopraelevate alcuni metri e fino ad una decina di metri slm e motivate dalla presenza dei corsi d'acqua che le attraversano (fiume Entella e torrente Rupinaro): i depositi alluvionali della piana dei due corsi d'acqua presentano spessori variabili, comunque significativi, destinati a diminuire longitudinalmente risalendo i rispettivi bacini e trasversalmente spostandosi dall'asse verso i fianchi; in prossimità della foce i depositi assumono potenza pluridecametrica.

Il materasso alluvionale costituente la piana del torrente Entella presenta spessori variabili di potenza maggiore lungo l'alveo ed il corso del t. Rupinaro, con una progressiva diminuzione laterale procedendo verso l'ambito di versante.

Risulta probabile il costituirsi a partire da circa 2,5 km dalla foce dell'Entella di un orizzonte intermedio prevalentemente argilloso e limoso-argilloso (alluvionamento di tipo deltizio con bassa velocità, probabilmente di retro barra) interposto tra le ghiaie recenti e attuali e le alluvioni più antiche di fondo, come testimoniato dal forte artesianesimo nei pozzi che raggiungono profondità superiori ai 20-30m.

Spostandosi a ponente, verso ed oltre la foce del Rupinaro, numerose prospezioni geognostiche recenti sulla piana urbanizzata a supporto di opere di ingegneria civile, hanno dimostrato una netta prevalenza dei depositi sabbiosi e ghiaiosi.

Tale settore, dunque, caratterizza un'area di pertinenza dei depositi marini; ciò evidenzia come questo tratto di fascia costiera sia stata influenzata dalla vicinanza del mare che ha agito come selezionatore, sottraendo le frazioni fini di origine alluvionale ed apportando sedimenti a granulometria maggiore.

Al contrario delle condizioni descritte, relative al limite occidentale del settore di piana, la costa bassa rappresenta il bordo della piana alluvionale quaternaria generata prevalentemente dagli apporti dell'Entella e in minor misura del Rupinaro.

Questo importante corso d'acqua possiede un bacino imbrifero di 376 kmq dal quale provengono, in relazione alle complesse condizioni geologiche del territorio, materiali litoidi estremamente diversificati quali ad esempio calcari, arenarie, argilliti, ardesie, diaspri, basalti, serpentiniti, gabbri, brecce ofiolitiche, ecc. che dopo un articolato percorso sono sedimentate a valle costituendo il materasso alluvionale della piana costiera e le spiagge.

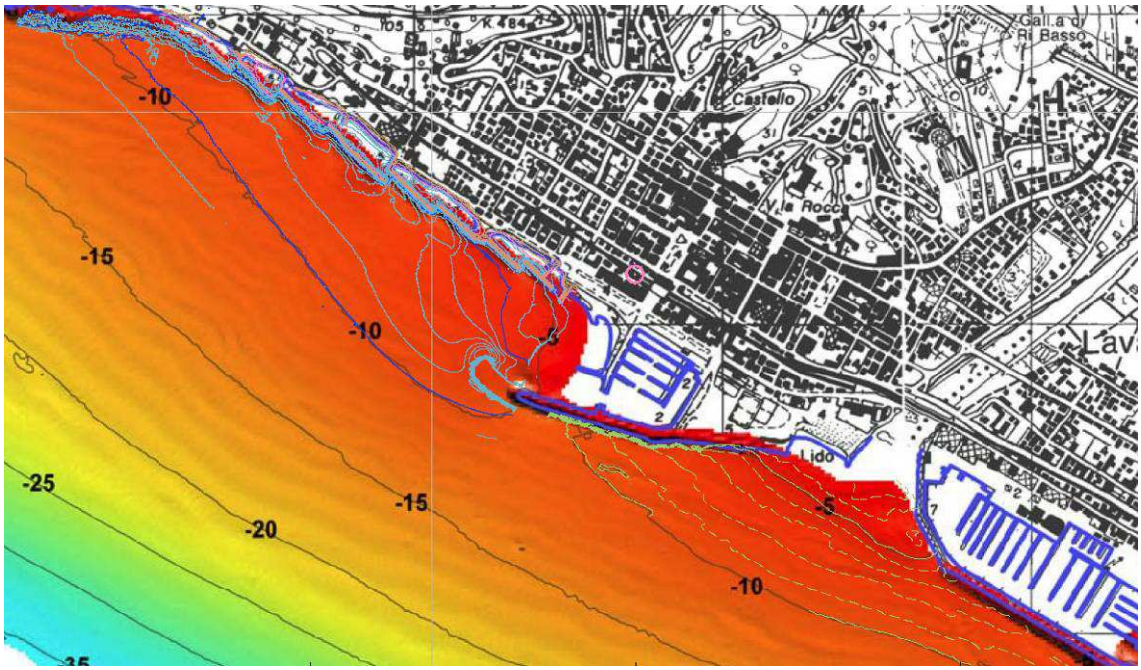


Figura 9.1: carta batimetrica dal PTAMC: si nota chiaramente la conoide alla foce del T. Entella

Circa l'evoluzione del percorso dell'Entella nell'ultimo tratto interferente con la piana, studi storici ipotizzano un andamento spostato significativamente verso occidente.

I depositi alluvionali e litorali, progradanti dal Medio Evo, hanno subito una erosione progressiva dalla metà del 1800, interrotta solo per il breve periodo 1955-1970 in conseguenza della apertura di discariche a mare derivanti da lavori stradali e ferroviari.

Una valutazione secolare dell'erosione (per il settore Chiavari-Lavagna) è stata espressa da Cortemiglia & Fierro (1965) e Cortemiglia & Terranova (1970) in circa 3 mq al giorno di area di spiaggia su di un fronte di circa 3 km.

La costruzione dei porti di Chiavari e Lavagna, rispettivamente in sponda destra e sinistra della foce dell'Entella, ha aggravato i fenomeni erosivi, privando i litorali interdeltizi dell'apporto sedimentario e convogliando i sedimenti su fondali più profondi.

9.2 Il litorale di Chiavari

Il litorale di Chiavari è costituito indicativamente da 2,5 km di costa alta, 2,2 km di costa deposita e circa 800 m di lunghezza del porto.

La presenza di quest'ultimo impedisce il naturale transito dei materiali provenienti dall'Entella che, trasportati dalle mareggiate di scirocco, alimenterebbero l'arenile.

Dunque si può ragionevolmente affermare che l'interruzione dell'alimentazione naturale da parte dei sedimenti provenienti dall'Entella e l'effetto negativo indotto dalle barriere emerse sulla stabilità della spiaggia, così come nel seguito ribadito, il paraggio costiero di Chiavari si trova in una situazione di deficit sedimentario piuttosto marcato.

Nei capitoli a seguire si vedrà come la distribuzione dei sedimenti nella spiaggia sommersa indichi un ambiente fortemente influenzato dalle azioni antropiche, ripascimenti e tipologie/ubicazione di opere fisse risultate inadeguate per il riequilibrio della spiaggia e per la riproposizione di condizioni dinamiche proprie dell'ambiente.

Relativamente all'apporto del Rupinaro esso risulta soprattutto legato agli eventi di piena contestuali a fenomeni di dissesto idrogeologico sui versanti di competenza; in tal senso le sedimentazioni a carico del corso d'acqua sono da ritenersi mediamente trascurabili e, comunque, occasionali.

E' tuttavia da rimarcare la presenza della conoide antistante la sua foce, ben rappresentata dalla morfologia batimetrica frutto di accumuli in tempi medio-lunghi e di dinamiche marine che non hanno consentito ridistribuzione dei sedimenti nelle porzioni laterali della costa.

Relativamente ai fondali dello specchio acqueo immediatamente antistante il tratto in esame, le batimetrie scontano gli aspetti geologico-geomorfologici delle terre emerse proponendo maggiori acclività a ponente, in corrispondenza delle falesie che perimetrano la base della collina delle Grazie, e acclività più contenute spostandosi verso levante ove si riscontrano prima la suddetta conoide depositata dal Rupinaro e, dopo l'area portuale, quella correlata all'Entella.

Di interesse le anomalie morfologiche del fondale provocate dalla presenza delle scogliere parallele alla costa, in termini di localizzati depositi e/o stretti canali erosivi, entrambi anche da correlare alla turbolenza determinata dalle opere e dalla conseguente mobilitazione dei materiali depositati in sito nel corso dei ripascimenti effettuati nel tempo.

In superficie le acque meteoriche sono disciplinate da reti di raccolta e smaltimento, alcune delle quali più recenti e facilmente individuabili, altre correlate ai deflussi di versante e realizzate in epoca storica di dubbia individuazione, sia planimetrica che altimetrica.

9.3 Caratterizzazione dei sedimenti

Al fine di caratterizzare sotto il profilo sedimentologico i materiali costituenti la spiaggia emersa e quella sommersa, sono stati prelevati n° 22 campioni da sottoporre ad analisi granulometriche di laboratorio dei quali n° 6 rappresentativi della spiaggia emersa (C20-C21-C22-C23-C24-C25). Su tali campioni, oltre la determinazione della curva granulometrica, sono stati calcolati i parametrici statistici secondo il Protocollo ARPAL - Criteri Ripascimento L.R. 13-1999.



Figura 9.2: mappa sedimentologica con rappresentazione della distribuzione granulometrica

La spiaggia emersa, per l'intero sviluppo indagato, è caratterizzata da una composizione granulometrica eterogenea, con componente ciottolosa predominante e a seguire ghiaia e sabbia. Unico campione che si discosta è il C25, prelevato nel comparto di levante dell'area di studio, che denuncia una composizione pressoché esclusivamente sabbiosa.

I ciottoli presentano percentuali comprese tra 0 e 97.91 %., a seguire la ghiaia con percentuali comprese tra 0.93 e 51.38%. La sabbia risulta subordinata con percentuali variabili tra 0.93 e 87.72%. La frazione pelitica può essere considerata trascurabile in quanto la percentuale massima riscontrata è pari a 1.51%.

Complessivamente per la spiaggia emersa risulta difficoltoso individuare un andamento predominate sotto il profilo granulometrico, tale eterogeneità è ragionevolmente da imputarsi anche ai ripascimenti stagionali che si sono susseguiti nel corso degli anni.

Si evidenzia comunque che nel settore di ponente fino alla Colonia Fara (sezione CH23) risulta predominante la frazione ciottolosa mentre in direzione levante aumentano la frazione ghiaiosa e sabbiosa fino alla postazione corrispondente al campionamento C25 che risulta costituito quasi esclusivamente di sabbia (97.56%)

Il diametro medio presenta valori compresi tra 0.30 e 27.13mm (da sabbia medio-grossolana a ciottoli medio-grossolani) e d50 compreso tra 0.3 e 35mm.

La spiaggia sommersa, per l'intero sviluppo indagato, è caratterizzata da una composizione granulometrica eterogenea; si possono comunque trarre le seguenti considerazioni.

I campioni C9 – C11 - C13, rappresentativi dei sedimenti presenti all'interno delle scogliere esistenti, sono caratterizzati da una componente ciottolosa predominate (percentuale variabile dal 34.05 al 62.79%) e sabbia (percentuale variabile dal 11.73 al 50.92%), la frazione ghiaiosa è subordinata ma in percentuale meno variabile (dal 15.00 al 25.05%).

La frazione pelitica è quasi assente con percentuali massime pari a 0.43%. Il diametro medio è compreso tra 3.23 e 7.92mm (circa ciottolo medio – fine) e d50 compreso tra 2 e 7mm.

I campioni C4-C5-C6-C7-C8-C10-C12-C14-C16-C18 sono invece rappresentativi della spiaggia sommersa esterna alle scogliere esistenti: complessivamente si può affermare che si tratta principalmente di sedimenti sabbiosi, ad eccezione dei campioni C8 e C16: il primo a componente principalmente ciottolosa (55.50%) mentre il secondo risulta costituito prevalentemente da ghiaia (87.15%).

Il campione C10, pur avendo composizione prevalentemente sabbiosa (43.04%) evidenzia anche elevate percentuali di ciottoli (30.59%) e ghiaia (26.35%).

La composizione di C16 è condizionata dalla detrizione del versante retrostante, mentre C8 e C10 sono probabilmente influenzati dalla mobilitazione del materiale posizionato mediante i ripascimenti attuati nel corso degli anni.

I restanti campioni C4-C5-C6-C7-C12-C14-C18, rappresentativi della spiaggia sommersa fino al limite delle batimetrie indagate, sotto il profilo sedimentologico sono rappresentativi di depositi quasi esclusivamente sabbiosi: più precisamente la sabbia è compresa tra il 93.28 e il 97.76%, la ghiaia presenta una percentuale massima pari al 3.01% e i ciottoli pari allo 0.67%; la pelite è sempre inferiore al 4.01%.

Il diametro medio è compreso tra 0.15 e 0.19mm (sabbia fine) e il d50 pari a 0.2mm.

Complessivamente si può affermare che la spiaggia esterna alle opere di difesa parallele alla costa è costituita principalmente da sedimenti sabbiosi, ad eccezione dei settori (C8-C10) dove la granulometria più grossolana evidenzia un apporto di materiale proveniente dall'area interna alle scogliere. Tale condizione è da relazionarsi a fenomeni meteo marini particolarmente intensi durante i quali i sedimenti, anche a granulometria più grossolana, possono essere trasportati all'esterno conseguentemente a fenomeni di tracimazione delle

opere di protezione e alle correnti che si generano in uscita lungo i varchi esistenti che interrompono la loro continuità.

Per la spiaggia emersa i valori di classazione sono compresi tra 0.99 (C25) e 1.73, a testimonianza di una mal classazione dei sedimenti.

La spiaggia sommersa presenta invece valori compresi tra 0.58 e 1.89 con conseguente grado di classazione da moderato a mal classato; si evidenzia comunque che i sedimenti risultano prevalentemente con grado di classazione moderato. Tendenzialmente dunque i sedimenti risultano mal classati nelle aree caratterizzate da granulometria più grossolana.

I campioni rappresentativi della spiaggia emersa presentano valori di Skewness molto eterogenei: si passa da sedimenti con asimmetrie negative a molto positive a simmetrici.

I sedimenti sommersi tendenzialmente mostrano un andamento con asimmetria da positiva a molto positiva. I sedimenti che presentano asimmetria negativa/molto negativa sono invece C7-C8-C10-C11-C16: tendenzialmente si tratta dei campioni prelevati off shore rispetto alle scogliere tranne che il C11.

9.4 Sedimenti alla foce del T. Entella

Di seguito si presenta una prima sintesi delle informazioni sui sedimenti alla foce del T. Entella (porzione a valle di ponti dell'Aurelia e della ferrovia), area fondamentale per la fornitura dei materiali per il ripascimento della spiaggia, e già usualmente utilizzata per il ripascimento delle aree costiere dell'intero golfo del Tigullio.

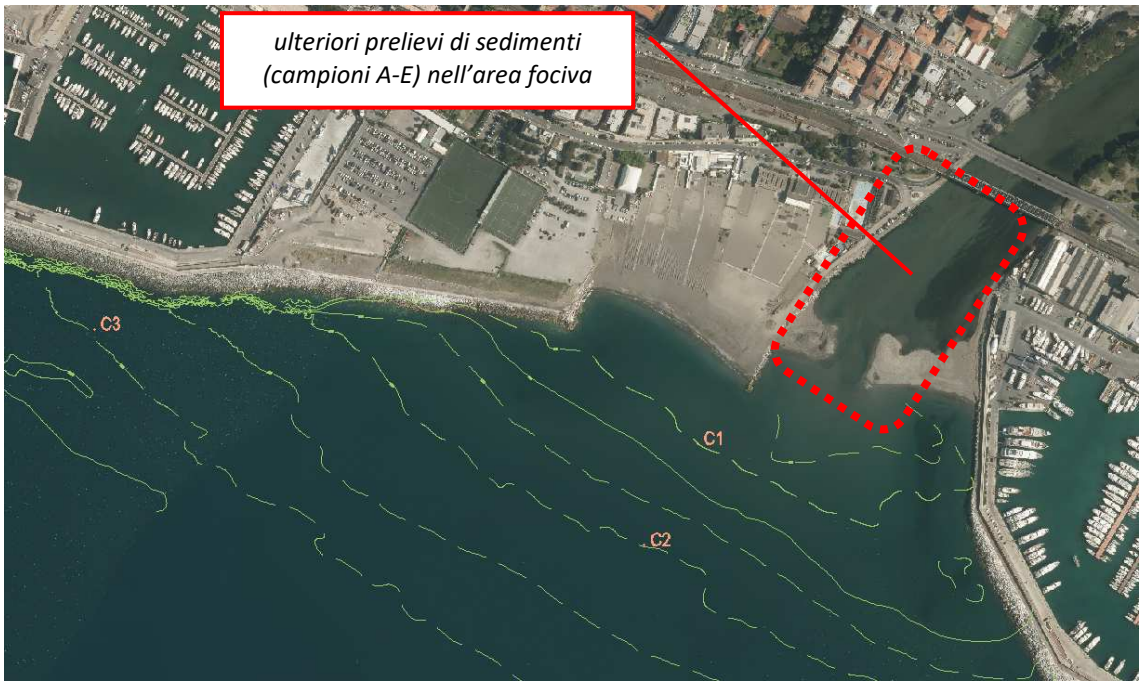


Figura 9.3: posizione dei prelievi eseguiti alla foce del T. Entella

I campioni C1 – C2 – C3 sono esterni all'area direttamente interessata dalla progettazione in quanto prelevati presso la foce del fiume Entella: si tratta di sedimenti fini con percentuale di sabbia compresa tra 87.20 e 98.63% e frazione ghiaiosa - ciottolosa minore del 2.62. Nel campione C3 è presente una importante frazione pelitica (12.77%).

Il diametro medio è compreso tra 0.15 e 0.47mm (sabbia medio-fine) e d50 compreso tra 0.2 e 0.4mm.

I sedimenti sono da moderatamente a mal classati (valori compresi tra 0.76-1.33), e tendenzialmente sono simmetrici e in subordine con asimmetria molto positiva.

In occasione dei ripascimenti delle spiagge di Sestri Levante e di Lavagna, sono stati eseguiti ulteriori prelievi nell'area fociva del T. Entella (prevalentemente in sponda destra), sull'intera colonna di scavo dei materiali da ripascimento (circa 3 m), al fine di determinare le caratteristiche del materiale potenzialmente utilizzabile per il ripascimento: sono stati analizzati 5 campioni, con i seguenti risultati.

Località : Foce Entella

IDENTIF. CAMPIONE	A	B	C	D	E
PROFONDITA' (m)	-	-	-	-	-
CIOTTOLI (%)	76.07	79.60	72.43	86.68	64.90
GHIAIA (%)	9.25	11.19	11.13	7.58	10.49
SABBIA (%)	14.36	9.05	16.13	5.62	24.04
PELITE (%)	0.32	0.16	0.31	0.12	0.57

Tabella 9.1: sintesi granulometrie campioni prelevati nel tratto focivo del T. Entella

Emerge chiaramente la prevalenza di materiali grossolani, con percentuali di ciottoli + ghiaia in media superiori al 85%, sabbia in media al 14% e frazioni residuali di pelite.

10. STUDI METEOMARINI

10.1 Criteri di analisi e di impostazione della configurazione di progetto

Alla luce delle analisi eseguite sulle condizioni attuali dell'area, sono state impostate le analisi su modello meteomarino, finalizzate ad aggiornare gli elementi conoscitivi delle dinamiche costiere, con i nuovi elementi a disposizione (rilievi, nuovi dati statistici relativi al clima meteomarino) e in relazione allo stato dei luoghi, variato rispetto al 2006 per la realizzazione del prolungamento del porto di Chiavari: sulla base delle suddette analisi sono stati ipotizzati gli interventi di protezione del litorale e dell'abitato.

A partire dalla configurazione del 2006, le ipotesi di intervento finalizzate al miglioramento delle condizioni di equilibrio del litorale e di difesa dell'abitato si sono basate in primo luogo sull'obiettivo di creare una spiaggia che possa dissipare in maniera adeguata l'energia delle mareggiate estreme, mantenendo allo stesso tempo un equilibrio nel medio e lungo termine.

Tale obiettivo può essere raggiunto in primo luogo mediante cospicui versamenti di materiale sabbioso e/o ghiaioso che possono contribuire alla formazione di una spiaggia emersa e sommersa di dimensioni e pendenze adeguate.

Il materiale versato dovrà essere adeguatamente compartimentato per evitare evoluzioni longitudinali lungo la linea di prevalente trasporto.

Parimenti, dovranno essere definite opportune opere di difesa per garantire la stabilità del materiale in senso trasversale e per ridurre le ondazioni e la risalita delle onde e dei materiali durante gli eventi estremi.

Si presenta di seguito uno stralcio del documento R03 - Studio e modellazione numerica, redatto da DHI S.r.l. .

10.2 Sintesi delle attività eseguite

Le attività di analisi e di modellazione numerica sono state predisposte a supporto della definizione e verifica degli interventi di riqualificazione e difesa del litorale dell'abitato.

Nel Progetto Preliminare di riqualificazione del litorale, datato Ottobre 2006, veniva previsto:

- un significativo ripascimento, sia della spiaggia emersa che della spiaggia sommersa, con adeguata selezione dei materiali al fine di garantire una granulometria capace di resistere all'energia ondosa;
- la graduale rimozione delle scogliere emerse parallele;
- la realizzazione di pennelli perpendicolari alla costa al fine di trattenere il ripascimento.

In considerazione del tempo intercorso dalla definizione del quadro informativo nell'ambito del Progetto Preliminare 2006, prima di procedere con il nuovo studio modellistico è stato

predisposto un aggiornamento completo dello stato dei luoghi, mediante l'esecuzione di una nuova campagna di rilievi topo-batimetrici e di indagini.

Per la caratterizzazione del clima ondoso al largo di Chiavari si è fatto riferimento al database Mediterranean Wind Wave Model (MWM), un complesso dataset che fornisce la ricostruzione modellistica di 42 anni di dati di vento ed onda ad elevata risoluzione sull'intero bacino del Mar Mediterraneo. Tali dati sono stati opportunamente propagati sottocosta attraverso la predisposizione di un modello d'onda a maggior risoluzione, che ha permesso di simulare la trasformazione delle caratteristiche dell'onda nella sua propagazione verso l'area di studio (principalmente ad opera di rifrazione, shoaling, attrito col fondo e frangimento). I dati di onda, estratti sottocosta, sono stati opportunamente elaborati ai fini di un'analisi statistica delle condizioni ordinarie e degli eventi estremi per assegnato tempo di ritorno.

Sulla base dei risultati della propagazione della serie ultra-quarantennale di moto ondoso, sono stati quindi selezionati alcuni eventi rappresentativi, in termini di altezza d'onda significativa e direzione media di propagazione, che sono stati simulati mediante un ulteriore modello di dettaglio bidimensionale integrato onda-corrente, che ha consentito la ricostruzione del moto ondoso e della circolazione indotta. Il modello ha permesso di individuare le dinamiche attuali, evidenziando le criticità determinate dalla presenza delle scogliere emerse parallele, con particolare riferimento all'approfondimento dei fondali di fronte alle scogliere stesse (lato mare) e alla presenza di significative correnti in uscita dalle celle protette e dirette verso il largo, attraverso i varchi tra le opere, anch'essi sede di significativi approfondimenti locali delle quote di fondo.

Per supportare la definizione dello schema di intervento più efficace a difesa del litorale sono state quindi predisposte simulazioni numeriche del trasporto sedimentario longitudinale (longshore) e trasversale (cross-shore), che hanno permesso l'ottimizzazione della lunghezza dei pennelli trasversali a protezione del ripascimento previsto e del loro interasse, nonché la definizione della "profondità minima di spiaggia", ovvero l'estensione trasversale della stessa che deve essere garantita dal ripascimento. A tal fine sono stati impiegati modelli numerici per la quantificazione del trasporto long-shore medio annuo netto e lordo, della profondità di chiusura e dell'orientazione di equilibrio, per l'evoluzione trasversale del profilo di spiaggia a scala di mareggiata, e per l'evoluzione a lungo termine della linea di riva.

Attraverso l'impiego della modellistica numerica è stato possibile evidenziare e superare alcune criticità del Progetto Preliminare del 2006, pervenendo alla definizione di uno schema di difesa (ripascimento strutturale di opportuna granulometria e volume, protetto con pennelli trasversali di opportuna lunghezza ed interasse) che garantisse al contempo una soddisfacente dissipazione dell'energia ondosa incidente e la stabilità della linea di riva.

A valle degli esiti delle prove su modello fisico in canale, in corso di esecuzione da parte di AM3 Spin Off presso il Laboratorio di Ingegneria Marittima dell'Università di Firenze, sarà possibile procedere con una definitiva taratura dei modelli numerici, nonché alla predisposizione delle ultime attività previste (modellazione della risalita dell'onda sull'arenile, evoluzione della linea

di riva per l'intero tratto interessato dagli interventi, applicazione dei modelli ai lotti funzionali).

10.3 Punti significativi e rappresentazione dell'estensione delle aree del modello

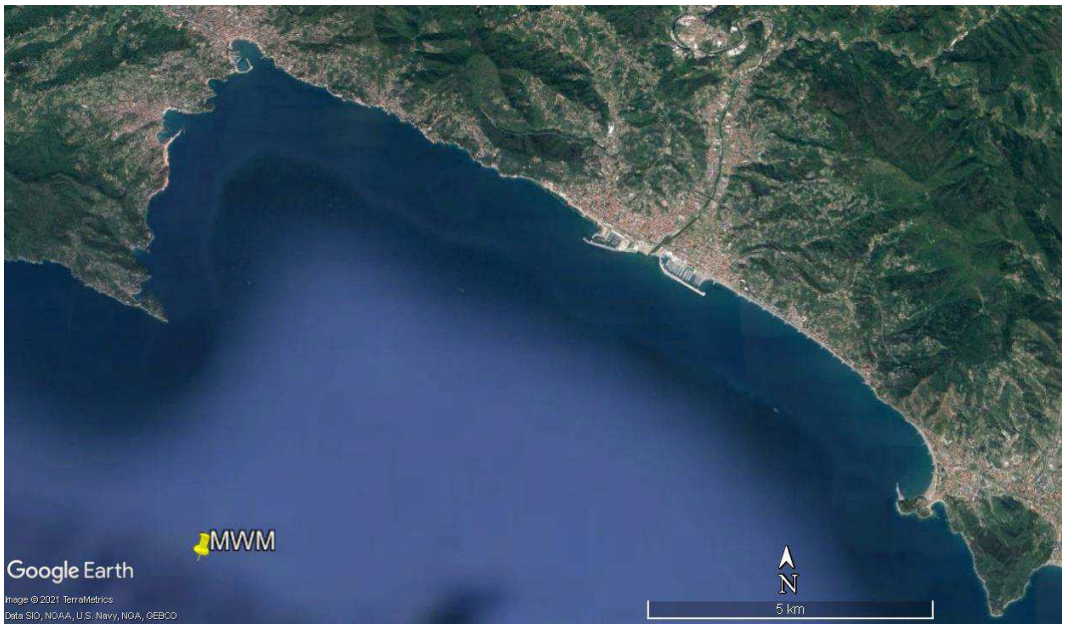


Figura 10.1: punto MWM di estrazione per la caratterizzazione del moto ondoso al largo

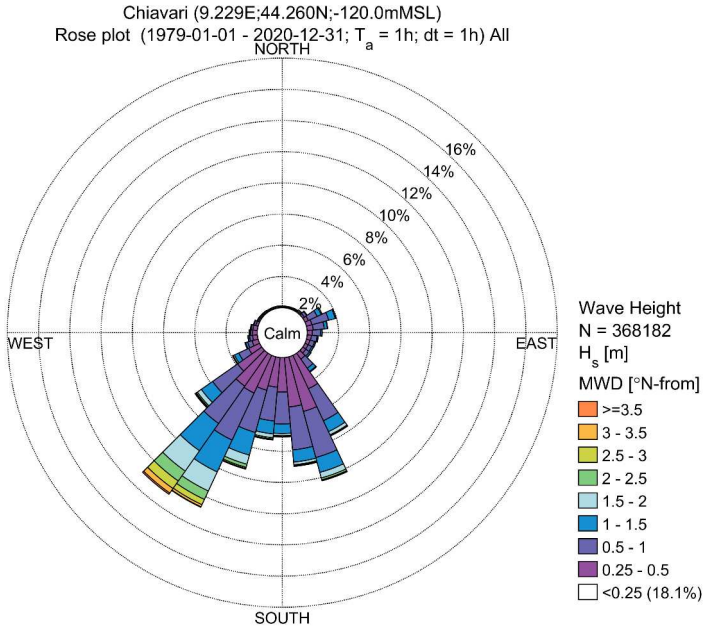


Figura 10.2: rosa del clima ondoso al largo, nel punto MWM



Figura 10.3: punto P di estrazione per i parametri d'onda sottocosta (profondità 18 m)

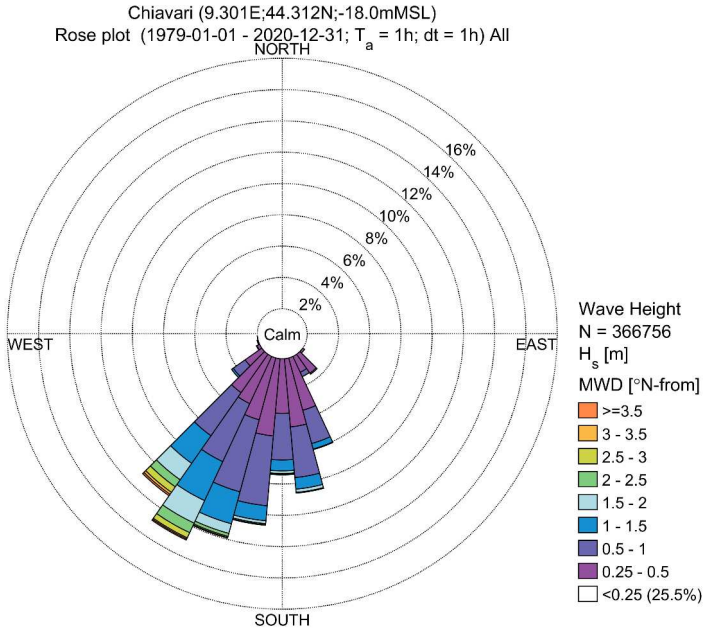


Figura 10.4: rosa del clima ondoso per il punto P sottocosta

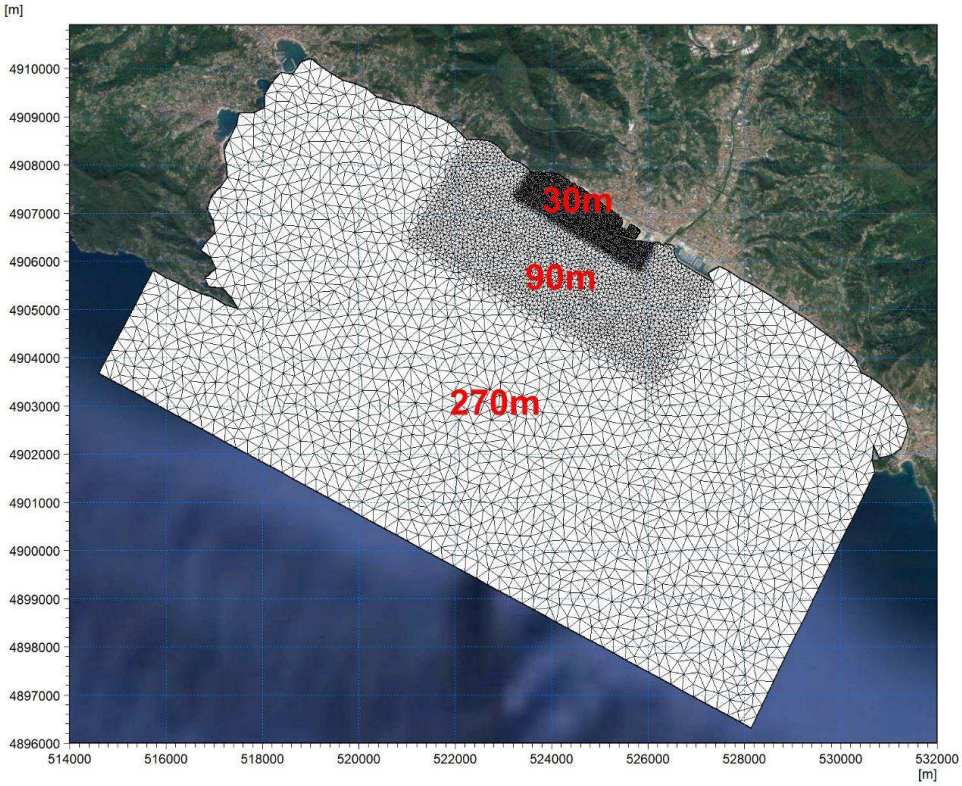


Figura 10.5: mesh del modello di propagazione del moto ondoso largo-costa

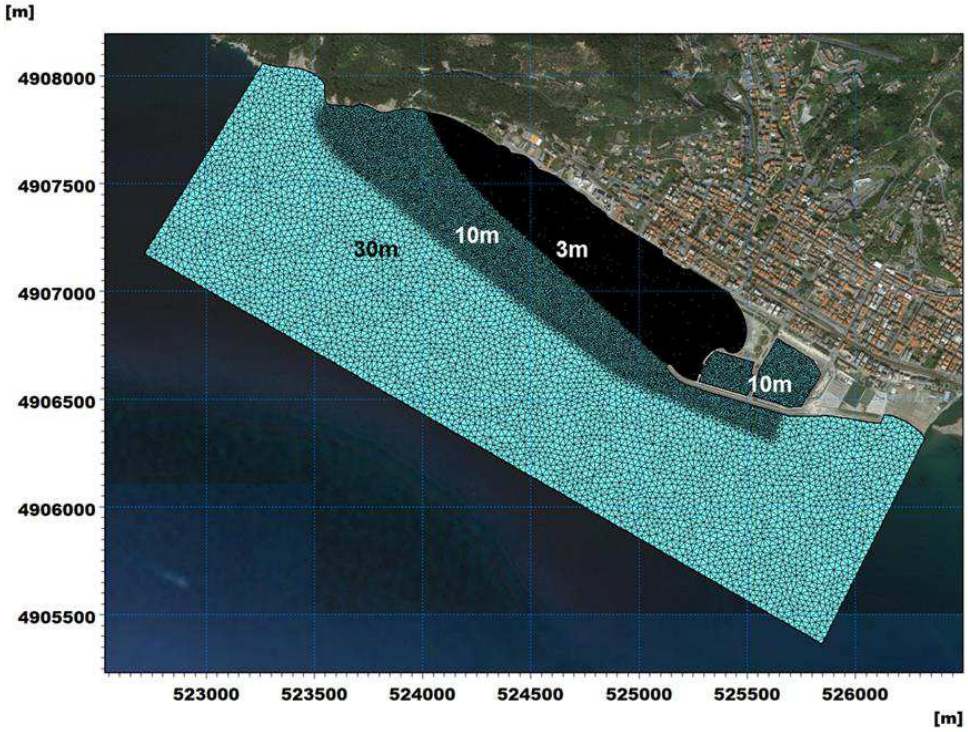


Figura 10.6: mesh di calcolo del modello di dettaglio

Hs [m]			
Tempo di ritorno [anni]	**MWD 150°N**	**MWD 180°N**	**MWD 210°N**
1	1.58	2.45	4.85
5	1.85	3.23	5.83
10	1.95	3.59	6.22
25	2.07	4.08	6.72
50	2.16	4.46	7.09

Tabella 10.1: statistica degli estremi per l'altezza d'onda significativa Hs sottocosta per i vari settori direzionali considerati

Condizione di onda	**Hs [m]**	**Tp [s]**	**MWD [°N]**
A	1.58	6.3	150
B	2.45	8.7	180
C	4.85	10.9	210

Tabella 10.2: elenco delle condizioni d'onda selezionate per il modello 2D di dettaglio (onda e circolazione locale)

10.4 Propagazione del moto ondoso da largo a costa

I risultati della propagazione del moto ondoso mostrano una distribuzione delle altezze piuttosto regolare con l'andamento dei fondali: la variazione di pendenza determina infatti una graduale dissipazione dell'energia ondosa con la propagazione verso costa.

La variazione dell'orientazione dei vettori nell'avvicinamento a costa, che tendono a disporsi perpendicolarmente alle isobate, mette in evidenza il verificarsi del fenomeno della rifrazione, che è tanto più marcato quanto più la direzione di provenienza delle onde al largo è inclinata rispetto alla perpendicolare a costa.

L'analisi della rappresentazione del moto ondoso in forma di rosa nel punto "P" evidenzia, nel confronto con la rosa al largo, che il moto ondoso subisce variazioni di altezza tutto sommato limitate nella propagazione dal largo verso costa per gli eventi da Libeccio, mentre maggiormente evidente è l'abbattimento dell'energia per le onde da Scirocco, che raramente raggiungono i 2.0 m di altezza significativa. Dall'analisi comparativa dei grafici polari si evince un significativo restringimento del settore di provenienza delle onde stesse. Oltre all'effetto schermo del promontorio di Portofino, già citato, alla profondità di 18 m del punto P la rifrazione comporta infatti la rotazione delle onde più oblique, restringendo di fatto il settore di provenienza alle direzioni comprese tra 125°N e 255°N.

In particolare, solo un quarto circa delle onde provengono dal secondo settore e tre quarti circa sono caratterizzate da direzioni appartenenti al terzo settore. Il settore prevalente, ossia con gli eventi più alti e più frequenti, risulta sempre essere compreso tra 195°N e 225°N, come evidenziato nell'analisi dei dati al largo, in quanto per queste direzioni, pressoché perpendicolari a costa, non subiscono significative riduzioni dal punto di vista energetico.

La condizione di calma, qui associata ad una altezza d'onda significativa inferiore a 0.25 m, si verifica mediamente per circa il 25.5% del tempo, corrispondente a circa 3 mesi all'anno.

Per tutte le condizioni d'onda simulate, la zona compresa tra le scogliere emerse parallele a costa e la linea di riva beneficia dell'effetto schermante delle strutture, con una significativa riduzione dell'altezza d'onda, tanto più evidente al crescere di Hs.

Dall'analisi dei risultati si evince che le condizioni d'onda con direzione media di propagazione da 150°N raggiungono il litorale in esame subendo la schermatura esercitata dal molo di sopraflutto del Porto di Chiavari. L'effetto dell'opera influenza il moto ondoso per un lungo tratto di litorale, compreso tra la foce del torrente Rupinaro a Est e la spiaggia di Colonia Fara a Ovest.

Anche per le condizioni d'onda provenienti da Mezzogiorno si riscontrano riduzioni nei valori di altezza d'onda nella propagazione dell'onda da largo verso riva per effetto del porto, ma le variazioni risultano interessare un tratto assai più limitato (le prime 2 "celle protette" procedendo dal porto verso ponente).

Per il settore di Libeccio, da cui provengono le onde più alte e frequenti, la direzione sostanzialmente perpendicolare alla costa inibisce il fenomeno della rifrazione ed il conseguente abbattimento dell'altezza d'onda per effetto della rotazione del fronte. Rispetto alle altre condizioni si evidenzia qui maggiormente, anche per l'altezza d'onda elevata, l'effetto protettivo delle opere di difesa parallele alla costa.

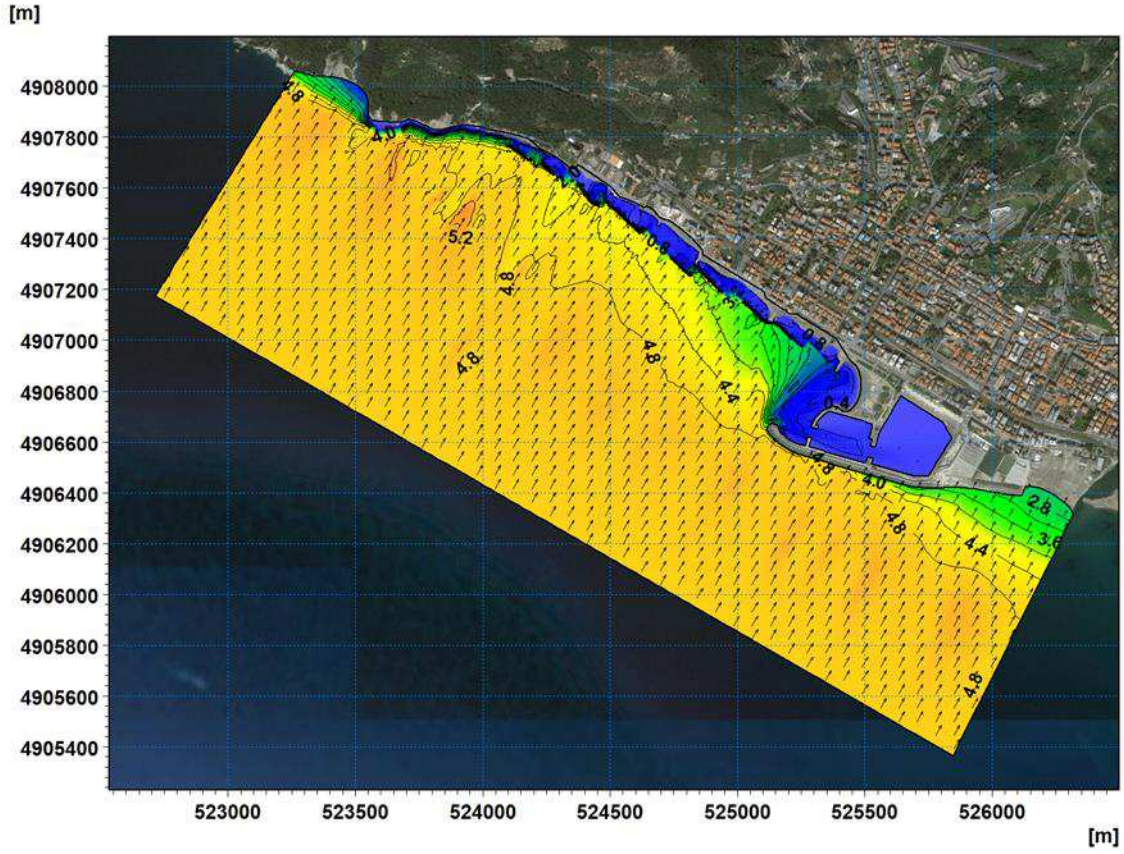


Figura 10.7: propagazione dell'onda da libeccio - TR 1 anno

10.5 Il modello idrodinamico

Le correnti litoranee sono generate per effetto dei gradienti dei radiation stress indotti dalle onde sul fondo, massimi in corrispondenza del frangimento. Le condizioni di moto ondoso, a seconda della loro intensità e direzione (e quindi della localizzazione della fascia di frangenti, più o meno spostata verso largo), sono in grado di generare correnti in una fascia più o meno prossima alla costa. La direzione prevalente della corrente risulta invece influenzata dall'angolo formato tra il fronte d'onda e le isobate.

Come già evidenziato per le mappe di distribuzione dell'altezza d'onda, anche nella circolazione i risultati modellistici degli scenari provenienti dai settori caratterizzati da MWD=150°N e MWD=180°N presentano caratteristiche molto simili: si osserva un flusso di

corrente principale che lambisce la costa con direzione da levante verso ponente, con locali accelerazioni in prossimità del promontorio delle Grazie.

La dinamica della corrente litoranea è maggiormente definita per la condizione d'onda B, ove si può identificare chiaramente il percorso del flusso che, dopo aver superato la zona del porto, lambisce le scogliere, sino a raggiungere nuovamente la costa. In prossimità delle scogliere si osservano locali accelerazioni i cui effetti sull'approfondimento locale del fondale sono evidenti nei dati batimetrici. La fascia attiva, interessata da correnti con intensità localmente anche superiore a 1.0 - 1.2 m/s, è di circa 50 m. Da segnalare anche la formazione di un vortice (con verso orario) in prossimità dell'imboccatura portuale. Tale vortice, posizionato nella zona più protetta dalla presenza dei moli portuali, è responsabile della progressiva deposizione del sedimento e della conseguente riduzione dei fondali.

Nel caso di onda da Libeccio (condizione C), la corrente presenta una dinamica più complessa, anche in virtù della maggiore perpendicolarità tra la direzione dell'onda incidente e quella delle isobate, rispetto alle condizioni A e B, più oblique. L'analisi dei risultati permette di riconoscere una corrente litoranea, con direzione da Est verso Ovest, distaccata rispetto alla costa di circa 150 m. Le intensità maggiori, anche superiori ai 2 m/s, inducono invece un flusso che lambisce le scogliere con direzione da ponente a levante e che scorre molto più in prossimità della costa, tra i 50 e i 70 m.

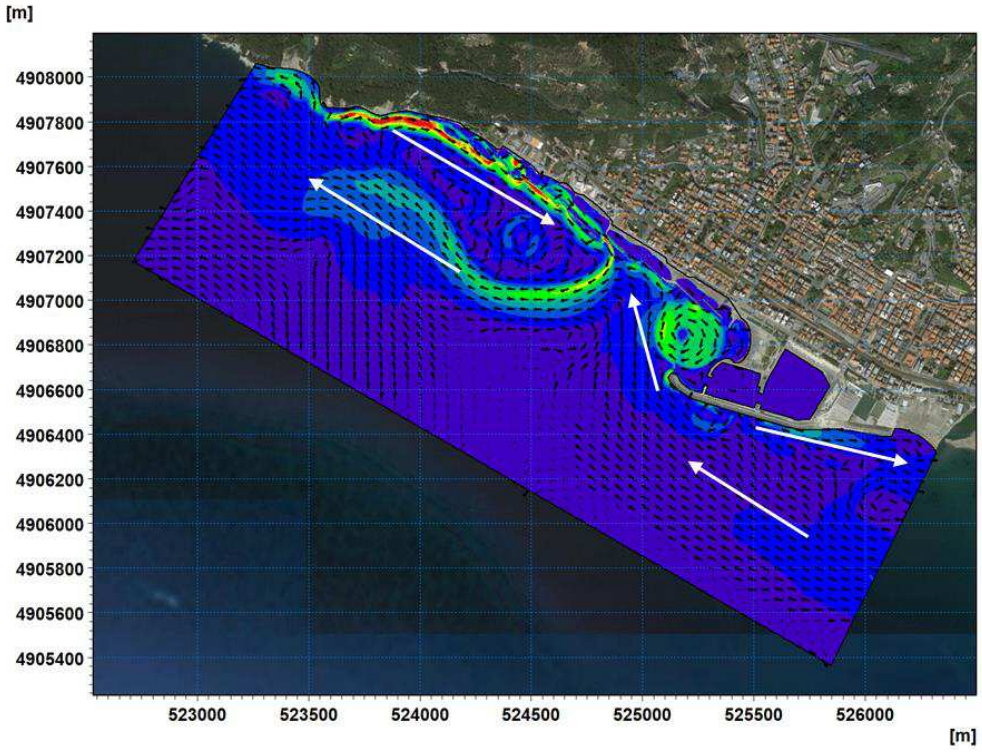


Figura 10.8: modello idrodinamico per onda da libeccio - TR 1 anno

Inoltre, per effetto dell'innalzamento del livello marino a tergo delle scogliere indotto dal frangimento e dalla tracimazione dell'onda sulle opere, il conseguente dislivello tra la porzione di mare protetta dalle opere e quella esterna (piling-up), determina la formazione di flussi di corrente in uscita dai varchi presenti tra le scogliere. Tali flussi favoriscono locali invorticamenti e accelerazioni della corrente. In particolare, si evidenzia la presenza di un intenso flusso in uscita dal varco tra le scogliere al limite di ponente della passeggiata a mare, caratterizzato da velocità superiori ai 2 m/s. La presenza di un intenso flusso di corrente in quella posizione è confermato dalla presenza di una profonda fossa nel fondale (fino a 9 m di profondità), proprio in corrispondenza del varco in questione.

Nella mappa di distribuzione del livello del mare per la condizione di onda da Libeccio si evidenzia l'effetto di innalzamento del livello marino a tergo delle scogliere indotto dal frangimento e dalla tracimazione dell'onda sulle opere con il conseguente dislivello tra la porzione di mare protetta dalle opere e quella esterna (piling-up). Tale fenomeno, soprattutto in occorrenza degli eventi di mareggiata più intensi, è responsabile della formazione di intensi flussi di corrente in uscita dai varchi presenti tra le scogliere. Si precisa che il livello marino di riferimento per questa simulazione non è il livello medio mare ma, come precisato in precedenza, il livello associato al tempo di ritorno 1 anno, pari a 0.47 m s.l.m.

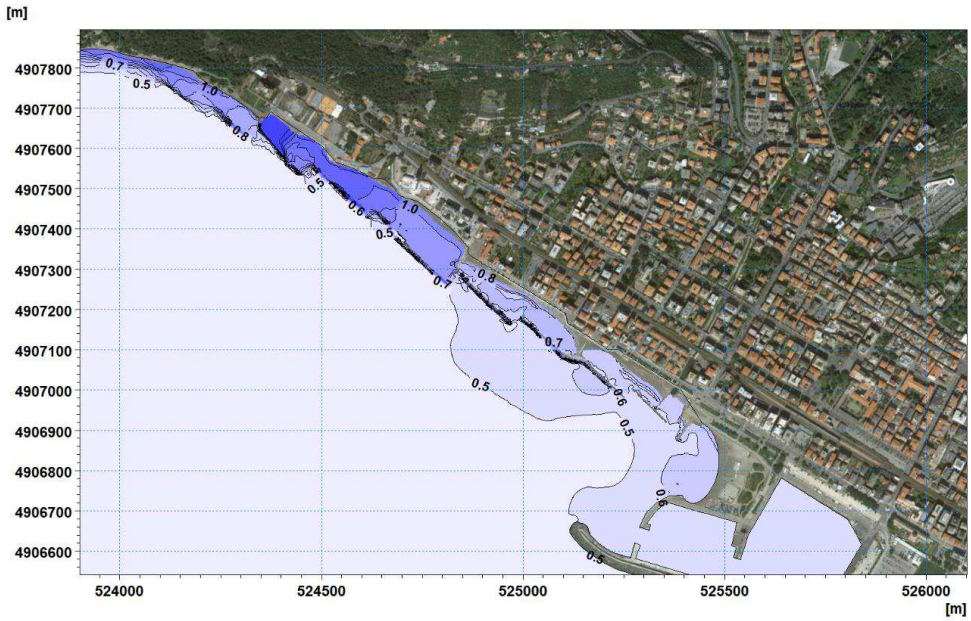


Figura 10.9: mappa della distribuzione del livello del mare per onda da libeccio - TR 1 anno

10.6 Aggiornamento degli studi eseguiti nel 2006 - definizione dello schema di difesa

Lo studio modellistico allegato al Progetto Preliminare risalente al 2006, che aveva previsto, tra l'altro, la simulazione delle condizioni meteo-marine e della dinamica litoranea, aveva evidenziato un quadro critico dal punto di vista del bilancio sedimentario del tratto di litorale in oggetto. L'area risultava soggetta a tendenza erosiva in quanto gli apporti di sedimento per effetto del trasporto longitudinale risultavano inferiori a quelli in uscita, con conseguente deficit di materiale; il trasporto trasversale, inoltre, quasi sempre diretto verso il largo, favoriva la migrazione del sedimento oltre i limiti della spiaggia sommersa, determinando pertanto un processo irreversibile. Ulteriore elemento di criticità era determinato dalla pendenza del fondale troppo accentuata, anche in virtù dell'effetto delle scogliere trasversali, con un frangimento delle onde per cascata in grado di favorire il sollevamento del materiale dal fondale.

Le analisi predisposte nel presente studio, che hanno potuto beneficiare di dati meteomarini più estesi ed accurati, di un rilievo topo-batimetrico e di analisi sedimentologiche aggiornate, nonché di strumenti modellistici all'avanguardia, hanno confermato le criticità evidenziate quindici anni fa, che nel frattempo hanno costretto l'Amministrazione Comunale ad onerosi interventi di ripascimento manutentivo delle spiagge e ad un rifiorimento periodico delle scogliere, la cui stabilità è compromessa dalla sempre maggior irregolarità ed approfondimento dei fondali.

Anche attraverso l'impiego della modellistica numerica è stato possibile, tuttavia, evidenziare e superare alcune criticità del Progetto Preliminare del 2006, pervenendo alla definizione di uno schema di intervento che prevede, in sintesi, quattro elementi principali:

- rimozione delle scogliere parallele oggi esistenti;
- realizzazione di un ripascimento consistente, sia della spiaggia emersa che di quella sommersa (elemento B in Figura 7-1);
- realizzazione di pennelli perpendicolari alla costa di opportuna lunghezza e forma a protezione del ripascimento (elemento A in Figura 7-1);
- realizzazione di un'opera di protezione del piede del ripascimento della spiaggia sommersa (elemento C in Figura 7-1);

Rispetto allo schema proposto nel Progetto Preliminare del 2006, le attività modellistiche predisposte, unitamente alle numerose analisi ed approfondimenti effettuati dal Raggruppamento e diffusamente descritti nella Relazione Generale del nuovo PFTE, hanno previsto una modifica del volume di ripascimento previsto (significativamente incrementato rispetto alle previsioni 2006), nonché del numero, dell'interasse e della lunghezza dei pennelli (maggiore lunghezza, minor numero di pennelli e maggiore interasse tra gli stessi).

Per supportare la definizione dello schema di intervento più efficace a difesa del litorale sono state predisposte simulazioni numeriche del trasporto sedimentario longitudinale (long-shore)

e trasversale (cross-shore), che hanno permesso l'ottimizzazione della lunghezza dei pennelli trasversali a protezione del ripascimento previsto e del loro interasse, nonché la definizione della "profondità minima di spiaggia", ovvero l'estensione trasversale della stessa che deve essere garantita dal ripascimento.

A tal fine sono stati impiegati i modelli numerici monodimensionali per la quantificazione del trasporto long-shore medio annuo netto e lordo, della profondità di chiusura e dell'orientazione di equilibrio), per l'evoluzione trasversale del profilo di spiaggia a scala di mareggiata e per l'evoluzione a lungo termine della linea di riva.

Ove possibile, nella definizione dello schema di difesa si è privilegiato il posizionamento dei pennelli laddove già esistano opere trasversali a costa, in modo da non stravolgere l'attuale assetto, anche in termini di concessioni demaniali, del litorale. Lo schema di difesa a cui si è pervenuti, anche attraverso le analisi modellistiche descritte a seguire, è riportato nella seguente figura.



Figura 10.10: Sintesi degli elementi principali costituenti lo schema di difesa:
A: pennelli trasversali
B: ripascimento della spiaggia emersa e sommersa
C: realizzazione di un'opera di protezione del piede del ripascimento sommerso

10.7 Definizione della profondità minima di spiaggia

Per definire la profondità minima di spiaggia che dovrà essere garantita dal ripascimento, nonché per verificare l'adeguatezza dell'interasse tra i pennelli, gli approfondimenti modellistici sono stati in questa fase focalizzati sulla cella più ampia tra quelle previste (la terza, procedendo dal porto verso ponente), caratterizzata dall'interasse più esteso tra i pennelli e che al contempo non risente in alcun modo della protezione dal moto ondoso offerta dal molo di sopraflutto del porto di Chiavari.

La minimizzazione del trasporto sedimentario longshore tra celle adiacenti, conseguita attraverso la definizione e verifica modellistica di un'opportuna lunghezza dei pennelli trasversali, permette di considerare sostanzialmente indipendenti le dinamiche di onda-corrente-trasporto di ciascuna delle quattro celle previste, con indubbi vantaggi in riferimento alla suddivisione dell'intervento per lotti funzionali (di fatto ciascuna cella si configura come lotto funzionale). Inoltre, dato il significativo volume di ripascimento previsto, la minimizzazione delle perdite di sedimento dalle celle si configura indispensabile anche per limitare al massimo la possibile migrazione del sedimento verso l'imboccatura del porto di Chiavari, potenzialmente in grado di determinare una riduzione indesiderata delle quote del fondale.

Cautelativamente, in questa fase dello studio i processi morfodinamici sono stati riprodotti ipotizzando la spiaggia, emersa e sommersa, composta prevalentemente da sabbia grossolana, di diametro medio pari a 2 mm. L'impiego di materiale a granulometria media di più grandi dimensioni favorirà ulteriormente la stabilità del profilo di ripascimento.

A valle degli esiti delle prove su modello fisico in canale, in corso di esecuzione presso il Laboratorio di Ingegneria Marittima dell'Università di Firenze, sarà possibile procedere con una definitiva taratura dei modelli numerici, nonché con la predisposizione delle ultime attività previste (modellazione della risalita dell'onda sull'arenile, evoluzione della linea di riva per l'intero tratto interessato dagli interventi, applicazione dei modelli ai lotti funzionali).

Le prove su modello fisico, tra l'altro, risulteranno funzionali al dimensionamento dell'opera di protezione in massi al piede del ripascimento.

10.7.1 Calcolo della profondità di chiusura

La lunghezza ottimale dei pennelli trasversali al fine di evitare la perdita di sedimento per effetto del trasporto sedimentario long-shore è stata basata in prima istanza sul calcolo della profondità di chiusura. La "profondità minima di spiaggia", ovvero l'estensione trasversale della stessa che deve essere garantita dal ripascimento, è stata calcolata come somma del massimo arretramento previsto a scala di mareggiata per effetto del trasporto cross-shore e del massimo arretramento previsto a lungo termine nella cella per effetto del trasporto long-shore.

L'ubicazione dei profili di riferimento per il calcolo del trasporto è stata ricavata dal Progetto 2006, fonte alla quale si è fatto riferimento anche per la codifica dei profili stessi: CH 9, CH 13, CH 17, CH 21, CH 26 e CH 30.

Trasporto longitudinale (long-shore)

Stante la presenza delle opere di difesa parallele a costa, che alterano significativamente il fondale, la distribuzione dell'energia ondosa e conseguentemente il trasporto sedimentario, per gli obiettivi dell'attività qui descritta si è ritenuto opportuno procedere direttamente con la simulazione del trasporto longitudinale nella configurazione in assenza delle scogliere e con il profilo di progetto definito in prima ipotesi, comprensivo di ripascimento.



Figura 10.11: ubicazione dei sei profili di riferimento per il calcolo del trasporto long-shore

Profilo	Profondità di chiusura al 95% [m]	Profondità di chiusura al 98% [m]
CH 9	5.1	5.2
CH 13	5.3	6.2
CH 17	5.4	6.5
CH 21	5.9	6.9
CH 26	6.0	7.2
CH 30	5.9	7.0

Tabella 7-1 Stima delle profondità di chiusura al 95% e al 98% per i 6 profili in esame

La maggior parte del trasporto sedimentario longitudinale, facendo riferimento al 98% del trasporto complessivo, avviene entro i primi 5.2 m di profondità per il profilo CH 9 ed entro i 6.9 m per il profilo CH 30.

Sulla base di queste elaborazioni, al fine di perseguire l'obiettivo di creare quattro celle indipendenti che minimizzino le perdite di sedimento per effetto del trasporto longitudinale, la lunghezza dei pennelli è stata prevista significativamente maggiore rispetto a quella individuata nel Progetto del 2006 (laddove si prevedeva di imbasare i pennelli alla profondità di -3.5 ÷ -4.0 m). Al contempo è stato possibile ridurre il numero dei pennelli previsti nel Progetto 2006.

Le elaborazioni sui 6 profili hanno evidenziato che la direzione del trasporto netto è da ponente verso levante, con un valore medio di trasporto potenziale netto annuo stimato tra i 5'000 m3 e i 15'000 mc, crescente verso il porto per la diversa orientazione di equilibrio lungo il litorale. Con tale dinamica risulta essenziale l'adeguato contenimento del sedimento nelle singole celle, anche al fine di evitare una migrazione dei sedimenti verso l'imboccatura del porto.

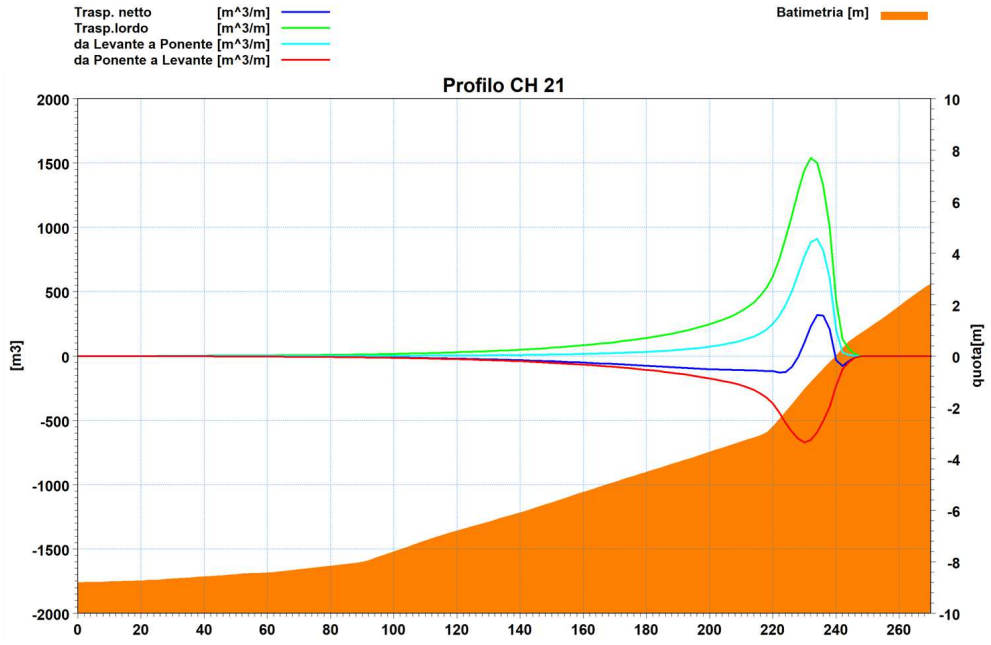


Figura 10.12: distribuzione del trasporto potenziale medio annuale netto, lordo e nelle due direzioni lungo il profilo CH 21

Il modello ha permesso l'individuazione dell'orientazione di equilibrio per ogni singolo profilo in esame, per minimizzare il trasporto litoraneo longitudinale. Il tratto di litorale in esame riporta valori compresi in un limitato range, dai 210.5° ai 213.0°, molto prossimi alla configurazione naturale del sito (oggi fortemente influenzata dalla presenza delle scogliere parallele), ad eccezione del profilo CH 9, che è soggetto a un clima ondoso fortemente condizionato dalla presenza del molo di sopraflutto del porto.

Trasporto trasversale (cross-shore)

Per la quantificazione del massimo arretramento della linea di riva per effetto delle dinamiche di trasporto trasversale (cross-shore) a scala di mareggiata, si è utilizzato un modulo che per un profilo trasversale di riferimento, note le quote del fondo, le caratteristiche granulometriche del sedimento e le condizioni di onda al limite di largo del profilo, simula l'evoluzione del fondale lungo il profilo stesso.

Il profilo di riferimento per le simulazioni è comprensivo del ripascimento ed è considerato rappresentativo per la terza cella procedendo dal porto verso ponente, ovvero la cella che per interasse tra i pennelli e caratteristiche del moto ondoso incidente è stata individuata come ideale per l'esecuzione dei test modellistici.

Ai fini di una quantificazione cautelativa degli effetti erosivi a scala di mareggiata, si è proceduto con la simulazione di condizioni di moto ondoso in riferimento a quattro eventi, particolarmente severi, caratterizzati da diverse combinazioni di direzioni di provenienza e durata.

Dal confronto tra le variazioni batimetriche pre e post mareggiata si ricava in primis una conferma della correttezza del calcolo della profondità di chiusura del sistema, ossia la profondità oltre la quale il trasporto di sedimenti si può considerare trascurabile, che risulta in questo tratto pari a circa 7.0 m.

La dinamica evolutiva del profilo trasversale, sebbene l'entità delle variazioni del fondale differisca da evento a evento, risulta sostanzialmente analoga per le quattro mareggiate considerate, con una significativa erosione nella porzione di spiaggia emersa, sino alla profondità di circa 1 m, e un accumulo nella porzione di spiaggia sommersa tra la batimetrica -1 / -2 m sino a circa -6 m.

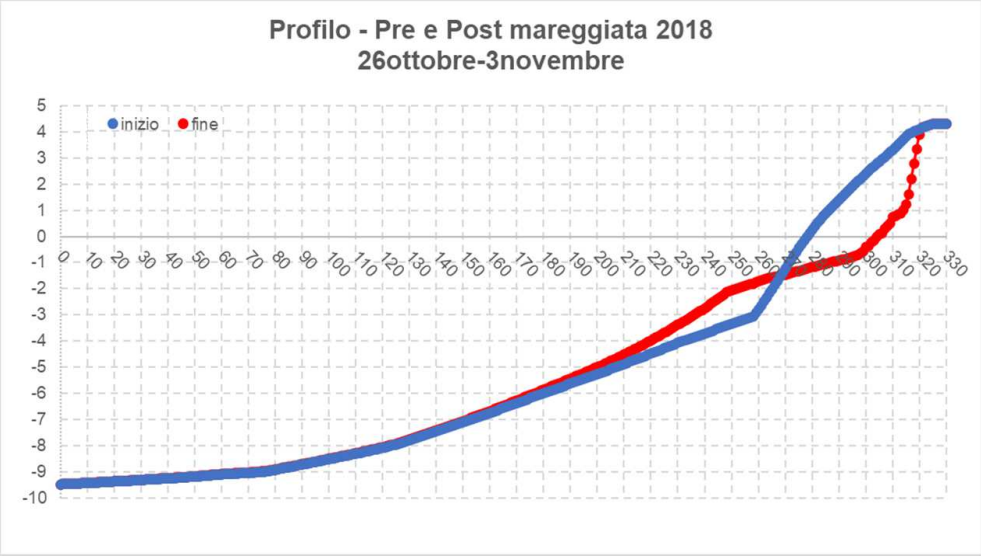


Figura 10.13: Evoluzione del profilo trasversale a partire dalla batimetria iniziale post ripascimento (in blu) sino a quella a fine evento (in rosso) per la mareggiata dell'Ottobre 2018

Sulla base dell'analisi dei quattro eventi simulati, l'arretramento massimo si ottiene alla quota di +1 m s.l.m., mentre è alla profondità di -3 m che si osserva il maggior accumulo di sedimenti conseguente al trasporto cross-shore.

Il valore di massimo arretramento del profilo di spiaggia per effetto del trasporto sedimentario trasversale tra le diverse mareggiate è pari a 25 m.

Come precisato in precedenza, tale valore è stato **sommato** al massimo arretramento previsto a lungo termine nella cella per effetto del trasporto long-shore per quantificare la "profondità minima di spiaggia", ovvero l'estensione trasversale della stessa che deve essere garantita dal ripascimento.

10.7.2 Evoluzione della linea di riva a lungo termine

Per la simulazione dell'evoluzione della linea di riva all'interno della cella di riferimento (la terza, procedendo dal porto verso ponente) per effetto del trasporto longitudinale, si è utilizzato un codice di calcolo monodimensionale che simula gli effetti sulla costa dei gradienti del trasporto litoraneo e calcola l'evoluzione della linea di riva risolvendo l'equazione di continuità dei sedimenti con la tecnica delle differenze finite.

Per la simulazione dell'evoluzione della linea di riva nella cella (di estensione lungo costa pari a 430 m), si è utilizzato il medesimo profilo trasversale di spiaggia già descritto nell'ambito del modello di evoluzione trasversale del profilo.

In particolare, è stata simulata l'evoluzione della linea di riva per i 42 anni disponibili (1979-2020), in riferimento alle condizioni d'onda estratte dai risultati del modello di propagazione largo-costa, in corrispondenza del limite a mare del profilo sopra descritto.

La minimizzazione del trasporto sedimentario longshore tra celle adiacenti è un obiettivo dell'intervento, in quanto oltre a garantire perdite di materiale trascurabili per effetto del trasporto longitudinale, permette di considerare sostanzialmente indipendenti le dinamiche di onda-corrente-trasporto di ciascuna delle quattro celle previste, con indubbi vantaggi in riferimento alla suddivisione dell'intervento per lotti funzionali (di fatto ciascuna cella si configura come lotto funzionale).

Al termine dei 42 anni di simulazione l'orientazione della costa all'interno della cella si mantiene coincidente con l'orientazione iniziale, a conferma della correttezza della stima dell'orientazione di equilibrio effettuata in precedenza.

Processando i risultati ottenuti è stato possibile ricavare l'inviluppo dell'arretramento e dell'avanzamento massimi nei 42 anni simulati. Questa condizione non rappresenta naturalmente una configurazione reale, in quanto non si verifica nello stesso istante temporale: l'avanzamento massimo si verifica in prossimità dei pennelli, con valori di circa 35 m in corrispondenza del pennello di ponente e di circa 23 m a ridosso del pennello di levante.

Nella parte centrale del tratto litoraneo in studio l'avanzamento massimo è pressoché nullo. Dall'analisi del grafico dei massimi avanzamenti emergono solo piccole variazioni della

posizione della linea di riva al variare della profondità di imbasamento dei pennelli, a dimostrazione che oltre la batimetrica dei 5 m il trasporto longitudinale è comunque minimo.

L'arretramento massimo si verifica, anche in questo caso, in prossimità dei pennelli: in corrispondenza del pennello di ponente si verifica un arretramento massimo di circa 22 m, mentre a ridosso del pennello di levante l'arretramento è variabile tra 26 m (in caso di pennelli previsti più lunghi), 28 m (in caso di pennelli imbasati a -6 m) e 30 m (in caso delle strutture ipotizzate di dimensione minore). Nella porzione centrale della cella la linea di riva subisce un arretramento massimo di circa 2 m.

La seguente figura riporta in un'unica rappresentazione planimetrica, per il solo caso dei pennelli con imbasamento a 6 m di profondità, gli inviluppi di massimo avanzamento e arretramento nei 42 anni di simulazione.

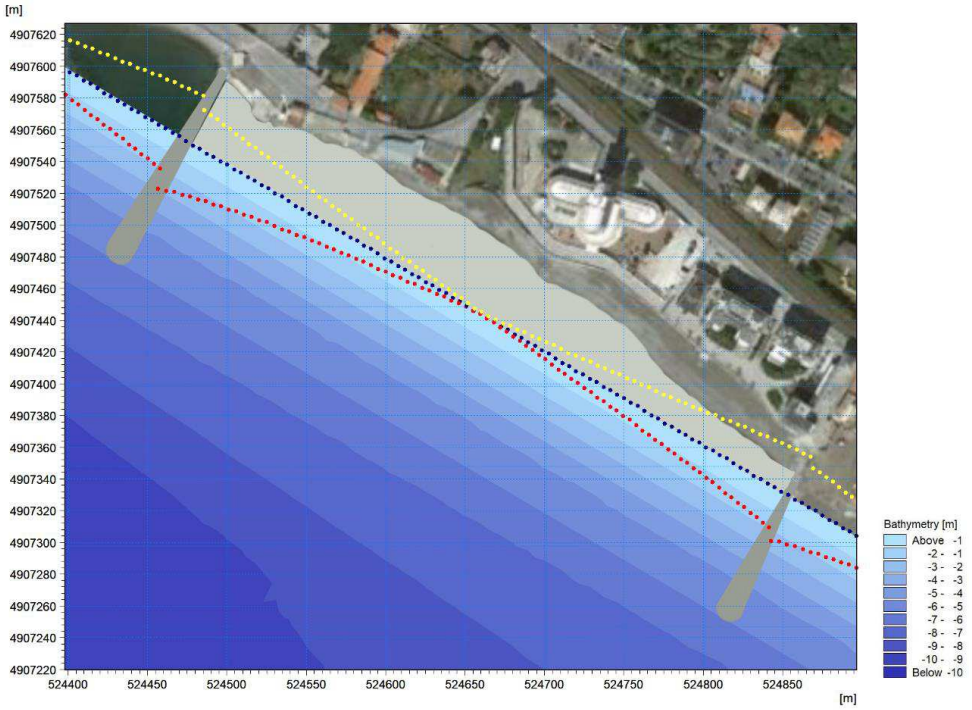


Figura 10.14: Inviluppo del massimo avanzamento (in rosso) e arretramento (in giallo) rispetto alla linea di riva iniziale (in blu) nei 42 anni in caso di pennelli intestati a -6 m. In grigio è rappresentata la spiaggia emersa ottenuta a seguito del ripascimento ed i due pennelli previsti a progetto

Le simulazioni hanno permesso la quantificazione del trasporto longitudinale che, bypassando i pennelli, fuoriesce dalla cella, al variare della profondità di imbasamento delle testate. Come atteso, tali quantità sono minime già per i pennelli imbasati a 5 m di profondità (580 m3/annui in media), e si riducono ulteriormente nella configurazione con pennelli imbasati a 6 m (280 m3/annui in media) e nella configurazione con pennelli imbasati a 7 m (160 m3/annui in media).

Considerando un volume di ripascimento a metro lineare pari a circa 370 mc/m ed una lunghezza della cella pari a 430 m, il quantitativo di sedimento che fuoriesce dalla cella per effetto del trasporto longitudinale è rispettivamente pari, annualmente, allo 0.4% (testata a 5 m), 0.2% (testata a 6 m) e 0.1% (testata a 7 m) del volume di ripascimento.

In considerazione dei risultati del modello in termini di bypass e di massimo arretramento nelle varie configurazioni, il Gruppo di Lavoro ha assunto la **profondità di 6 m come ottimale per l'imbasamento dei pennelli che delimitano le celle di ripascimento**.

La quantificazione del massimo arretramento nei 42 anni di simulazione per effetto del trasporto longitudinale, unitamente alla stima del massimo arretramento previsto a scala di mareggiata per effetto del trasporto cross-shore, ha permesso di **definire per la "profondità minima di spiaggia", ovvero l'estensione trasversale della stessa che deve essere garantita dal ripascimento, un valore di circa 50 m.**

Verifica dell'interasse tra i pennelli

Una volta individuata la lunghezza ottimale dei pennelli e la profondità delle testate, ulteriori test sono stati infine effettuati al fine di verificare la sensitività dell'evoluzione della linea di riva al variare dell'interasse tra i pennelli. In particolare, è stata oggetto di simulazione una configurazione che prevede un ulteriore pennello a suddividere la cella in due celle più piccole.

Questa analisi ha permesso di verificare che un avvicinamento dei pennelli non indurrebbe significativi benefici dal punto di vista del massimo arretramento atteso della linea di riva: l'arretramento massimo stimato in presenza del pennello centrale è di circa 13 m (contro i 22 m in caso di 2 pennelli) in corrispondenza del pennello di ponente e di circa 20 m (contro i 28 m in caso di 2 pennelli) sul pennello di levante.

A questi arretramenti, tuttavia, si dovrebbero aggiungere quelli in corrispondenza del nuovo pennello centrale, stimati in circa 20 m e non presenti nella configurazione con due pennelli: la diminuzione dell'interasse tra le strutture accentuerebbe pertanto l'andamento tipico a "dente di sega" che si crea in presenza di pennelli ravvicinati.

L'analisi dei risultati ha pertanto permesso pertanto di confermare l'adeguatezza dell'interasse tra i pennelli previsto inizialmente.

10.8 Conclusioni dello studio e definizione della configurazione di progetto

Attraverso l'impiego della modellistica numerica è stato possibile evidenziare e superare alcune criticità del Progetto Preliminare del 2006, pervenendo alla definizione di uno schema di intervento che prevede, in sintesi, quattro elementi principali:

- rimozione delle scogliere parallele oggi esistenti;
- realizzazione di un ripascimento consistente, sia della spiaggia emersa che di quella sommersa;

- realizzazione di pennelli perpendicolari alla costa di opportuna lunghezza e forma a protezione del ripascimento;
- realizzazione di un'opera di protezione del piede del ripascimento della spiaggia sommersa.

Rispetto allo schema proposto nel Progetto Preliminare del 2006, le attività modellistiche predisposte, unitamente alle numerose analisi ed approfondimenti effettuati dal Raggruppamento, hanno previsto una modifica del volume di ripascimento previsto (significativamente incrementato rispetto alle previsioni 2006), nonché del numero, dell'interasse e della lunghezza dei pennelli (maggiore lunghezza, minor numero di pennelli e maggiore interasse tra gli stessi).

Per definire la profondità minima di spiaggia che dovrà essere garantita dal ripascimento, nonché per verificare l'adeguatezza dell'interasse tra i pennelli, gli approfondimenti modellistici sono stati in questa fase focalizzati sulla cella più ampia tra quelle previste (la terza, procedendo dal porto verso ponente), caratterizzata dall'interasse più esteso tra i pennelli e che al contempo non risente in alcun modo della protezione dal moto ondoso offerta dal molo di sopraflutto del porto di Chiavari.

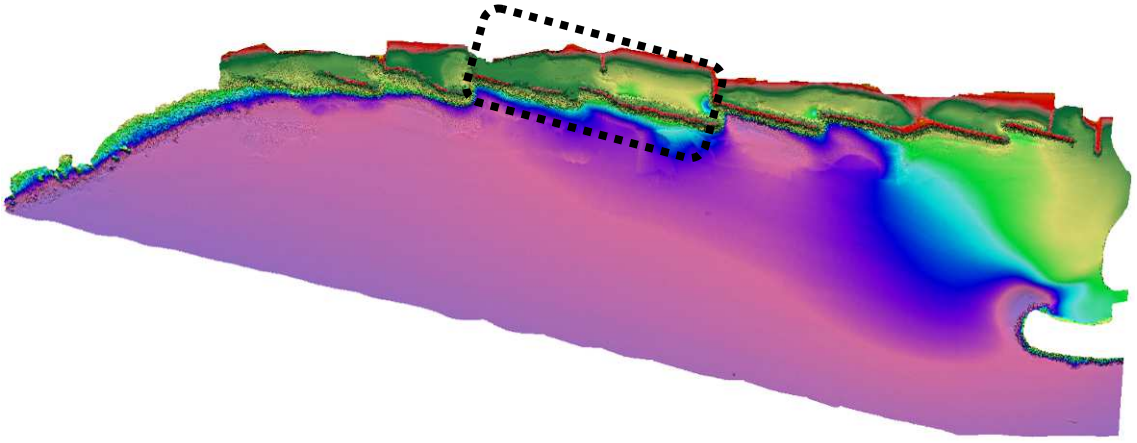


Figura 10.15– Identificazione della cella di studio dell'interasse tra i pennelli e della profondità minima di spiaggia

La minimizzazione del trasporto sedimentario longshore tra celle adiacenti, conseguita attraverso la definizione e verifica modellistica di un'opportuna lunghezza dei pennelli trasversali, permette di considerare sostanzialmente indipendenti le dinamiche di onda-corrente-trasporto di ciascuna delle quattro celle previste, con indubbi vantaggi in riferimento alla suddivisione dell'intervento per lotti funzionali (di fatto ciascuna cella si configura come lotto funzionale).

Inoltre, dato il significativo volume di ripascimento previsto, la minimizzazione delle perdite di sedimento dalle celle si configura indispensabile anche per limitare al massimo la possibile migrazione del sedimento verso l'imboccatura del porto di Chiavari, potenzialmente in grado di determinare una riduzione indesiderata delle quote del fondale.

In considerazione dei risultati del modello in termini di bypass e di massimo arretramento nelle varie configurazioni testate, il Gruppo di Lavoro ha assunto la profondità di 6 m come ottimale per l'imbasamento dei pennelli che delimitano le celle di ripascimento.

La quantificazione del massimo arretramento nei 42 anni di simulazione per effetto del trasporto longitudinale, unitamente alla stima del massimo arretramento previsto a scala di mareggiata per effetto del trasporto cross-shore ha permesso inoltre di definire per la "profondità minima di spiaggia", ovvero l'estensione trasversale della stessa che deve essere garantita dal ripascimento un valore di circa 50 m.

A valle degli esiti delle prove su modello fisico in canale, in corso di esecuzione presso il Laboratorio di Ingegneria Marittima dell'Università di Firenze, sarà possibile procedere con una definitiva taratura dei modelli numerici, nonché con la predisposizione delle ultime attività previste (modellazione della risalita dell'onda sull'arenile, evoluzione della linea di riva per l'intero tratto interessato dagli interventi, applicazione dei modelli ai lotti funzionali). Le prove su modello fisico, tra l'altro, risulteranno funzionali al dimensionamento dell'opera di protezione in massi al piede del ripascimento.

11. SCELTA DELLA CONFIGURAZIONE PROGETTUALE

11.1 Obiettivi del progetto

L'obiettivo del progetto è il miglioramento delle condizioni di equilibrio del litorale e di difesa dell'abitato, con l'obiettivo di creare una spiaggia che possa dissipare in maniera adeguata l'energia delle mareggiate estreme, mantenendo allo stesso tempo un equilibrio nel medio e lungo termine.

Un approfondimento fondamentale, eseguito già in questa fase nell'ambito della modellazione numerica e che verrà ampliato soprattutto nella fase di modellazione fisica, è quello dell'efficacia del progetto nei confronti della difesa e salvaguardia del centro abitato (strada litoranea e abitazioni a tergo): la risalita dell'onda e l'erosione della spiaggia in occasione di eventi estremi sono un elemento discriminante per la definizione del corretto assetto delle opere.

Con riferimento alle valutazioni espresse nel precedente paragrafo, è stata definita una configurazione di progetto come segue:

- rimozione delle scogliere parallele oggi esistenti;
- realizzazione di un ripascimento consistente, sia della spiaggia emersa che di quella sommersa;
- realizzazione di 5 pennelli perpendicolari alla costa di opportuna lunghezza e forma a protezione del ripascimento;
- realizzazione di un'opera di protezione del piede del ripascimento della spiaggia sommersa.



Figura 11.1– schema grafico della configurazione di progetto

Il progetto non interesserà lo sbocco dello scolmatore del T. Rupinaro, la cui posizione prevista nel piano di Bacino è circa 50 m a ponente del pennello P5, che quindi non interferirà con lo sbocco.

Il pennello P1 alla foce del Rupinaro è stato posizionato in posizione traslata verso ponente rispetto alla massicciata attuale, in coerenza con il previsto allargamento della sezione del T. Rupinaro e del ponte di Corso Valparaiso, in progettazione da parte del Comune.

In dettaglio le opere avranno le seguenti caratteristiche:

- i pennelli avranno lunghezza fuori acqua variabile da circa 110 m a circa 150 m, imbasamento alla profondità di - 6 m e larghezza fuori acqua di circa 10÷11 m, con un leggero allargamento nella parte terminale di testata; la funzione dei pennelli sarà quella di compartimentare le celle, mentre non avranno la funzione specifica di ridurre l'azione del moto ondoso sulla spiaggia, nonostante naturalmente provvedano a questa funzione quando il moto ondoso proviene in direzione non parallela al loro asse; la quota massima dei pennelli sarà pari a +1.50 m s.l.m.; la pendenza è di 1/2 nella sezione corrente, 1/2.5 in testata.

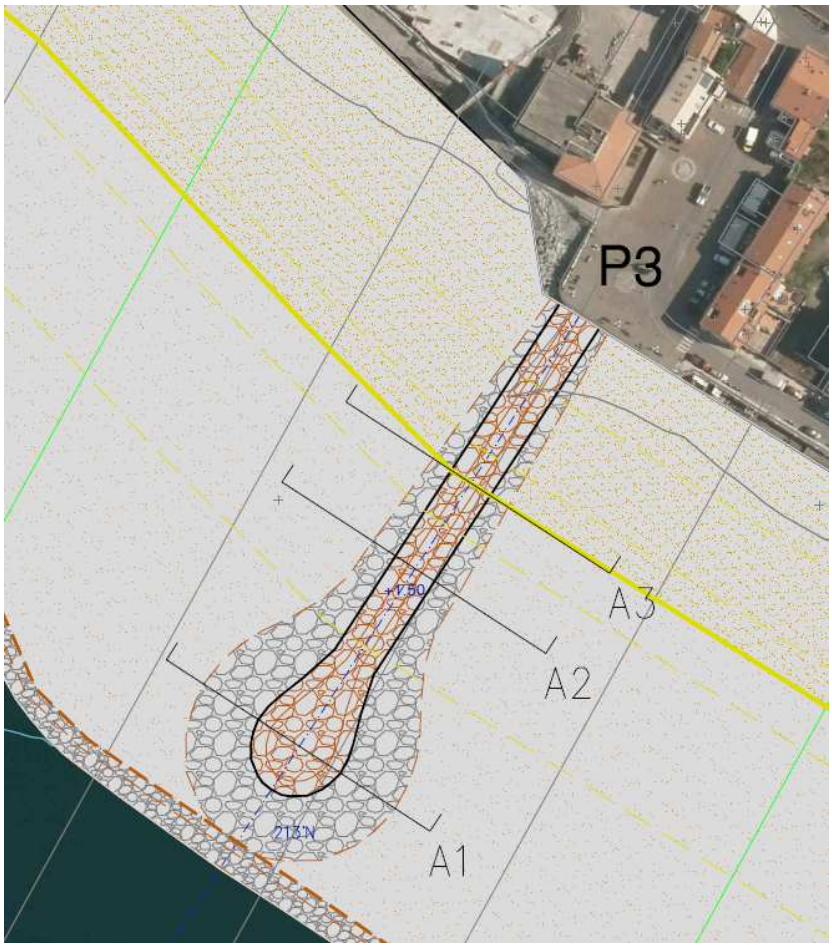


Figura 11.2– schema grafico del pennello P3 a progetto

- il ripascimento verrà eseguito secondo lo schema tipologico sotto rappresentato, con pendenze di progetto differenziate, la definizione della linea di battigia a distanza minima di 50 m dal limite superiore della spiaggia (usualmente rappresentato dal muro a protezione del lungomare) ; il ripascimento si interromperà alla quota di -6 m e sarà compartimentato da una scogliera al piede, di dimensioni variabili in funzione del fondale esistente. La sezione media di ripascimento è pari a circa 400 mc/ml. La granulometria dei materiali verrà definita in dettaglio nell'ambito della progettazione definitiva, in prima ipotesi il materiale dovrà essere prevalentemente ghiaioso (D 2÷50 mm), soprattutto nella parte superiore della spiaggia, mentre potrà avere granulometria più ridotta nelle parti inferiori, fino alla profondità di chiusura al piede.

  Le pendenze della spiaggia verranno definite in dettaglio anche a seguito degli esiti della modellazione numerica morfodinamica e della modellazione fisica in vasca, in corso di esecuzione.

  Nella prima cella di levante la scogliera al piede del ripascimento verrà realizzata solo nel tratto di ponente della cella, in quanto nella restante parte il ripascimento con le pendenze previste si raccorda direttamente al fondale naturale.

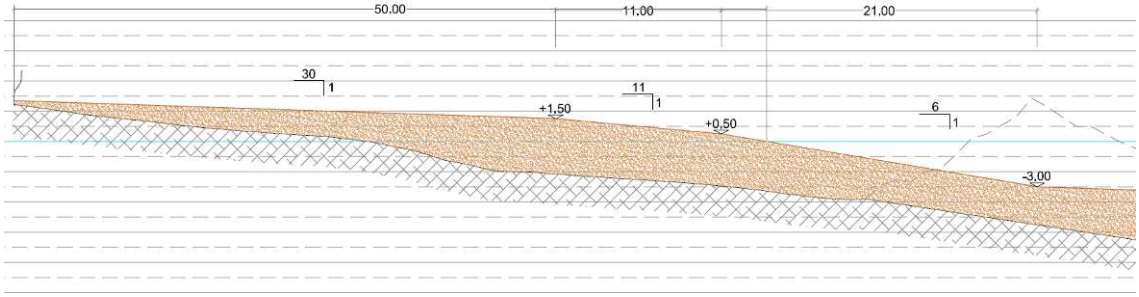


Figura 11.3– sezione tipologica del ripascimento - lato terra

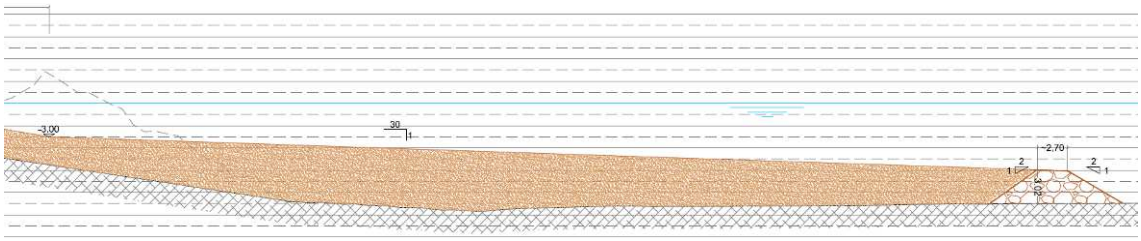


Figura 11.4– sezione tipologica del ripascimento - lato mare

- le scogliere parallele oggi esistenti, che hanno un volume di circa 100.000 mc) verranno gradualmente rimosse, progressivamente con il prosieguo della realizzazione delle opere sopra indicate: i massi che costituiscono le scogliere contribuiranno quasi interamente alla realizzazione dei pennelli (v. paragrafi successivi relativi ai materiali).

12. MATERIALI, QUANTITATIVI PER LE OPERE A PROGETTO, DISPONIBILITÀ DELLE RISORSE

La stima dei quantitativi di materiale necessari per le opere a progetto è la seguente:

- pennelli P1-P5: 120.000 mc (corrispondenti a circa 240.000 t) di massi III e IV cat, dei quali circa l'80% è disponibile nelle scogliere esistenti;
- ripascimento per spiaggia emersa e sommersa: circa 550.000 mc;
- scogliera al piede del ripascimento: circa 18.000 mc (corrispondenti a circa 36.000 t) di massi II e III categoria (P 1÷7 t).

12.1 Uso dei materiali provenienti dal T. Entella

Negli ultimi anni per il ripascimento delle spiagge dell'area del Tigullio si è fatto sempre più frequentemente **uso del materiale presente nella barra fociva del T. Entella**: tale materiale è disponibile sempre in quantità rilevanti, grazie al significativo trasporto solido proveniente dal bacino, si rivela spesso di qualità adeguata e la sua collocazione consente di eseguire in sito una selezione dei materiali, in funzione delle caratteristiche del materiale di ripascimento necessario.

Nei recenti progetti di riqualificazione costiera a Lavagna e Sestri Levante è stato previsto per i ripascimenti l'uso preponderante di materiale proveniente dal T. Entella: tale scelta rappresenta una soluzione finalizzata al contenimento dei costi e al mantenimento di un equilibrio ambientale, non essendo in tal modo necessario utilizzare grandi quantitativi di materiale di cava. Oltre a ciò, la rimozione di materiale alla foce del T. Entella rappresenta un intervento efficace anche ai fini del miglioramento del deflusso delle acque e pertanto della sicurezza idraulica dell'area costiera di Chiavari e Lavagna.

La scelta di tali materiali è quindi da considerarsi come ipotesi prioritaria e consentirà di avere la disponibilità di rilevanti quantità di materiali disponibili entro un raggio di poche centinaia di m dal sito di intervento, con evidente ottimizzazione nella gestione delle risorse naturali e dei costi.

Tale ipotesi è peraltro sostenuta anche nei documenti del PTAMC (Piano di Tutela del'Ambiente Marino e Costiero) - Ambito 15, approvato nel 2012, dove nella relazione del paraggio di Chiavari è indicato, tra l'altro, che *allo stato attuale la spiaggia è in forte deficit sedimentario, rappresenta uno dei tratti di costa più disastrati dell'intera riviera ligure di levante, ha avuto negli ultimi 130 anni una perdita netta stimabile in circa 20.000 mc annui, con previsione di un deficit annuo di circa 10.000 mc. E' auspicata la radicale revisione del sistema di difesa, con quantitativi stimati di ripascimento pari a circa 400.000 mc, corrispondenti a circa 300 mc per metro lineare di spiaggia, reperibile dall'Entella e da eventuali altre fonti (grandi volumi di smarino)*.

Sulla base delle volumetrie prelevate negli ultimi anni alla foce del T. Entella, è possibile stimare una disponibilità media annua nel tratto a valle del ponte della ferrovia pari a circa 80.000 mc : tale disponibilità è naturalmente un valore medio e dipende da vari fattori, tra i

quali la pluviometria nel bacino del corso d'acqua, il manifestarsi di eventi meteorici intensi che causano il trasporto di materiali anche più grossolani e anche il clima meteomarino, che influisce sulla distribuzione dei materiali.

Nella conoide sommersa a mare della foce sono altresì presenti quantità rilevanti di materiale, che hanno tuttavia caratteristiche granulometriche non pienamente adeguate al ripascimento a progetto: come emerge dalle analisi dei campioni C1 e C2 eseguite, il diametro medio è pari a circa 0.40 mm. Anche grazie alle verifiche in vasca a fondo mobile verrà valutata l'eventuale idoneità di tale materiale.

12.2 Uso dei massi esistenti

Per quanto riguarda la realizzazione dei pennelli in scogliera, sarà possibile in maniera rilevante **utilizzare i massi già presenti in sito** e costituenti le scogliere parallele, i cui quantitativi sono stimabili in circa 100.000 mc, ai quali andranno aggiunti i previsti circa 3.000 mc previsti nei lavori in corso da parte del Comune

Vista la qualità e pezzatura dei massi esistenti, per lo più inferiore alle 7 t, tranne le nuove forniture del 2020 e 2021, i nuovi massi a completamento dei volumi necessari dovranno avere pezzature adeguate (peso prossimo alle 10 t, vedi dettagli nel paragrafo relativo al dimensionamento) e verranno posizionati in testata ai pennelli, la parte più esposta alle azioni ondose.

12.3 Materiale proveniente dallo scavo della galleria scolmatrice del T. Rupinaro

Nell'ambito della progettazione degli interventi di sistemazione idraulica del torrente Rupinaro, è in corso di definizione l'ipotesi di realizzare uno **scolmatore delle portate del Rupinaro** della lunghezza di circa 2.3 km, con sbocco nei pressi del limite occidentale del litorale di Chiavari.

Tale ipotesi è stata già recepita nella pianificazione e programmazione del Piano di Bacino.

Lo scavo della galleria renderebbe disponibili circa 100.000 mc di materiale, di cui la quasi totalità potrebbe essere pienamente idonea all'utilizzo quale materiale per il ripascimento e la ricostruzione delle spiagge.

Le tempistiche della realizzazione delle opere di difesa costiera e dello scolmatore potranno consentire, se coerenti, un intervento di riutilizzo dei materiali di grande valore tecnico ed ambientale, che comporterebbe un'evidente riduzione dei costi e netti vantaggi ambientali legati alla movimentazione dei materiali.

12.4 Materiale da cava

A completamento dei materiali provenienti dal T. Entella e di quelli eventualmente disponibili dallo scolmatore del Rupinaro, il ripascimento verrà eseguito con materiale di cava, di granulometria selezionata, rientrante soprattutto nel range della ghiaia.

12.4.1 Criteri di scelta del materiale da utilizzare

La varietà dei litotipi presenti nella spiaggia attuale non pone vincoli rigidi sulla tipologia di materiale da ripascimento, se non per quanto riguarda le granulometrie previste per la formazione della spiaggia emersa e sommersa e della scogliera d'appoggio della spiaggia.

Il materiale da utilizzare per il ripascimento sarà pienamente compatibile, sotto il profilo litopetrografico (granulometria, durevolezza, grado e forma di modellamento, composizione mineralogica) e geoambientale (colore d'insieme, assenza di impurezze che possono dare luogo a torbidità) se sarà omogeneo o comunque comparabile con il materiale della spiaggia esistente.

I requisiti a cui devono corrispondere detti materiali, oltre alla composizione compatibile con i materiali esistenti, sono rappresentati, per l'utilizzo in blocchi, da un elevato peso specifico e da un buon grado di compattezza, mentre per i materiali sciolti si richiedono ancora un peso specifico elevato e la disponibilità alla frantumazione, ma non alla polverizzazione.

Nella scelta della tipologia di materiale, si è tenuto conto delle problematiche legate al rischio "amianto", ossia alla presenza di fibre libere o liberabili, tenuto conto che le vallate limitrofe al sito di progetto sono ricche di rocce di tipo ofiolitico, per le quali è necessario effettuare, soprattutto per i materiali di tipo serpentinitico, controlli di carattere qualitativo e quantitativo sulle attività di cava.

La scelta delle cave di prestito è effettuata sulla base dei seguenti criteri:

- i materiali delle cave indagate risultano essere idonei per composizione;
- le cave risultano già in avanzata coltura, nessun impatto indiretto verrà quindi provocato;
- la vicinanza delle cave al litorale di Chiavari permette l'esecuzione dei lavori in tempi rapidi, con costi di trasporto sostenibili e con impatti sulla viabilità e sull'ambiente circostante minimizzati.

12.4.2 Disponibilità delle risorse

L'analisi delle cave esistenti nell'area prossima a Chiavari ha consentito di valutare che le cave esistenti in rocce calcaree nel comparto della Val Graveglia hanno piani di coltivazione pienamente compatibili con le esigenze di materiali del presente progetto, in quanto hanno disponibilità ampiamente superiori al milione di mc: la relativa vicinanza del sito di conferimento consentirà di non gravare in maniera rilevante sul traffico dell'area locale e dell'area vasta.

I massi per la realizzazione dei pennelli verranno reperiti per un'aliquota significativa dai massi delle scogliere esistenti, rendendo necessari approvvigionamenti esterni reperibili nelle cave dell'area locale o vasta (Liguria, Piemonte, Toscana, Sardegna).

Le disponibilità potenziali di materiale dalle aree indagate sono pertanto sufficienti a coprire il fabbisogno del presente progetto.

Naturalmente in fase di esecuzione dei lavori l'impresa appaltatrice potrà individuare altre aree per il reperimento dei materiali, che dovranno essere comunque di caratteristiche idonee e compatibili con il sito di progetto.

12.5 Sintesi relativa alla disponibilità dei materiali

Ipotizzando di suddividere l'intervento a progetto in lotti successivi in modo da non interferire con la stagione estiva (v. paragrafo successivo) fino all'anno 2025, è possibile stimare una disponibilità di materiali dal T. Entella pari a circa 250.000 mc, per cui i restanti 300.000 mc dovranno essere reperiti da cava o se disponibili dallo scolmatore del T. Rupinaro.

I massi per la realizzazione dei pennelli verranno reperiti per un'aliquota significativa dai massi delle scogliere esistenti, rendendo necessari approvvigionamenti esterni pari a circa 40.000 t, reperibili nelle cave dell'area locale o vasta (Liguria, Piemonte, Toscana, Sardegna).

13. STRATEGIE OPERATIVE DI INTERVENTO, SUDDIVISIONE IN LOTTI FUNZIONALI

Nell'ambito dell'analisi di screening ambientale del progetto preliminare erano emersi alcuni elementi significativi da approfondire ed indagare per l'ottimizzazione del progetto, tra i quali la gestione dei lotti e delle fasi transitorie.

La definizione dei lotti deve peraltro tenere conto anche degli importanti lavori previsti nei prossimi anni (sistemazione ponti e argini T. Rupinaro, scolmatore, nuovo depuratore): per questo è importante definire in maniera strategica un "progetto di salvaguardia e sviluppo della città" armonico ed efficace, che consenta di eseguire queste opere, fondamentali per la salvaguardia idrogeologica, costiera ed ambientale, senza pregiudicare la fruibilità del territorio per un lungo periodo, anche nelle stagioni turistiche.

Le tempistiche per l'esecuzione degli interventi sono legate a differenti fattori, legati alla disponibilità dei materiali, alle condizioni del cantiere (lavori da eseguirsi in mare aperto), alla necessità di non pregiudicare la vivibilità e fruibilità dell'area a mare di Chiavari nei mesi a più elevata frequentazione turistica.

Occorre tenere presente che la fase di realizzazione comporta lo smantellamento graduale delle barriere parallele mentre vengono costruiti i pennelli. Nel corso delle mareggiate che si verificheranno in tali fasi, il campo dinamico attualmente presente sarà pesantemente modificato a causa dei nuovi pennelli, con conseguenti variazioni sulla distribuzione spaziale dei sedimenti.

Motivi di cautela sembrano indicare che sia preferibile iniziare i lavori sul lato Est, in quanto l'area contigua al porto risulta più tranquilla a causa dell'effetto schermante del molo e della sua capacità diffrangere le onde. L'avvio dei lavori nell'area ad Ovest, completamente aperta al moto ondoso e caratterizzata da fondali decisamente più profondi, comporterebbe rischi maggiori.

L'avvio dei lavori potrà avvenire nei primi mesi del 2022, all'ultimazione e validazione della progettazione esecutiva.

E' possibile stimare cautelativamente le capacità di produzione giornaliera, in funzione della tipologia di intervento, come segue:

- salpamento e riposizionamento in sagoma di massi: circa 500 t/giorno
- ripascimento da mare con materiale proveniente dal T. Entella: circa 2.000 mc/giorno
- ripascimento da terra con materiale proveniente dal T. Entella: circa 600 mc/giorno
- ripascimento da terra con materiale proveniente da cava: circa 450 mc/giorno.

Le sopra indicate stime sono state effettuate anche nell'ottica di non sovraccaricare la rete viabile territoriale, assumendo un numero di viaggi giornalieri da terra non superiore a 30.

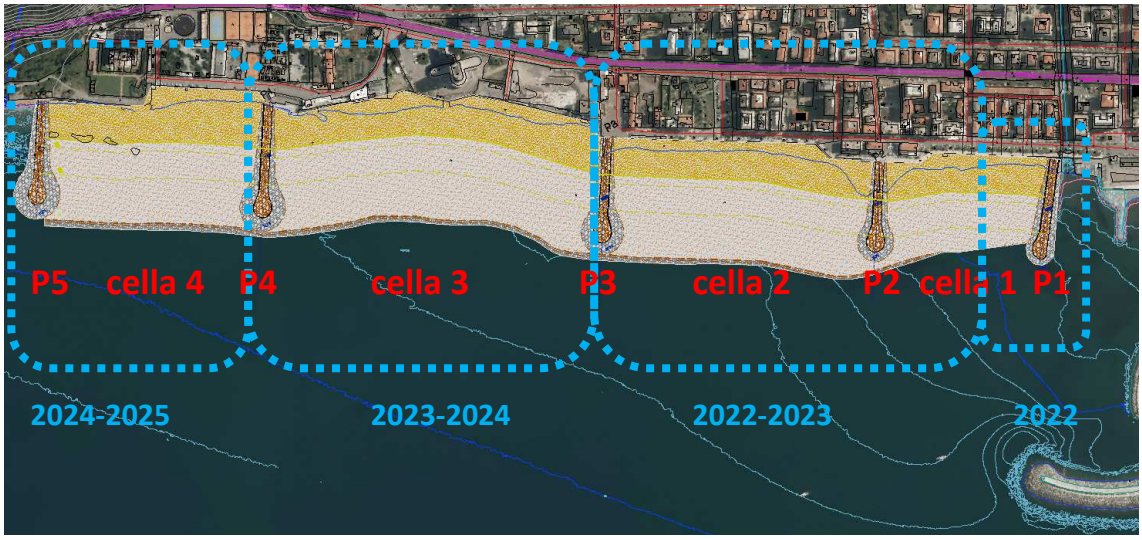


Figura 13.1– schema grafico della configurazione di progetto con identificazione dei pennelli e delle celle e della possibile suddivisione temporale per lotti

Con riferimento allo schema sopra indicato, è possibile definire in prima ipotesi l'esecuzione degli interventi per lotti successivi, come segue:

- Gen - Mag 2022 : progetto esecutivo, realizzazione pennello P1 e ripascimento parziale da terra delle celle 1 e 2;
- Set 2022 - Mag 2023 : cella 1, pennello P2, cella 2, pennello P3;
- Set 2023 - Mag 2024 : cella 3, pennello P4;
- Set 2024 - Mag 2025 : cella 4, pennello P5.

Come indicato nello studio meteomarino, lo schema progettuale prevede la realizzazione di celle "indipendenti" con riferimento all'equilibrio delle opere e dei sedimenti: la suddivisione dei lavori come sopra indicato consentirebbe di completare al terme di ogni stagione una o più celle.

Naturalmente la suddetta suddivisione è da intendersi in maniera "dinamica": la realizzazione dei lavori per lotti successivi consente il monitoraggio continuo in scala reale dell'intervento e rende possibili verifiche sulle aree già oggetto di intervento; oltre a ciò, vista l'ampia ottica temporale di intervento, sarà importante valutare la congruenza temporale di altri interventi che potessero rendere disponibili materiali (in primis lo scolmatore del Rupinaro) per verificare la possibilità di ottimizzare le risorse ambientali e l'impatto sul territorio delle opere e dei trasporti, come già evidenziato nel paragrafo precedente.

14. INTERFERENZE CON I PRINCIPALI ELEMENTI TECNICI ED AMBIENTALI PRESENTI

14.1 Interferenze strutturali e funzionali

14.1.1 Acque meteoriche: T. Rupinaro

Come già indicato nei precedenti paragrafi, il posizionamento del pennello P1 di levante è stato definito anche in base alla prevista configurazione di progetto del T. Rupinaro, la cui sezione verrà allargata alla foce contestualmente al rifacimento del ponte di Corso Valparaiso.

Nella modellazione morfodinamica del progetto definitivo verranno analizzate le caratteristiche di dettaglio dell'assetto idrodinamico alla foce del T. Rupinaro, che potrà beneficiare della rimozione della scogliera attualmente presente a mare rispetto al suo sbocco, sebbene la stessa non incida in maniera determinante sulle condizioni idrauliche di deflusso del corso d'acqua.

Come già indicato, il progetto non interesserà lo sbocco dello scolmatore del T. Rupinaro, la cui posizione prevista nel piano di Bacino è circa 50 m a ponente del pennello P5, che quindi non interferirà con lo sbocco.

14.1.2 Acque meteoriche: rete urbana di smaltimento acque bianche

La quota di progetto della spiaggia non sarà variata in maniera significativa rispetto a quella attuale, pertanto non sono previste interferenze con il deflusso delle acque meteoriche urbane, parte delle quali sono convogliate all'interno dell'area di intervento, come sotto rappresentato.



Figura 14.1– stralcio della rete acque meteoriche urbane (con la X sono indicati i punti di scarico sulla spiaggia) - fonte : IREN

14.1.3 Condotte di scarico a mare

La condotta del depuratore attuale è ubicata all'estremità di ponente del litorale, in posizione non interferente con le opere a progetto (v. figura sotto riportata).

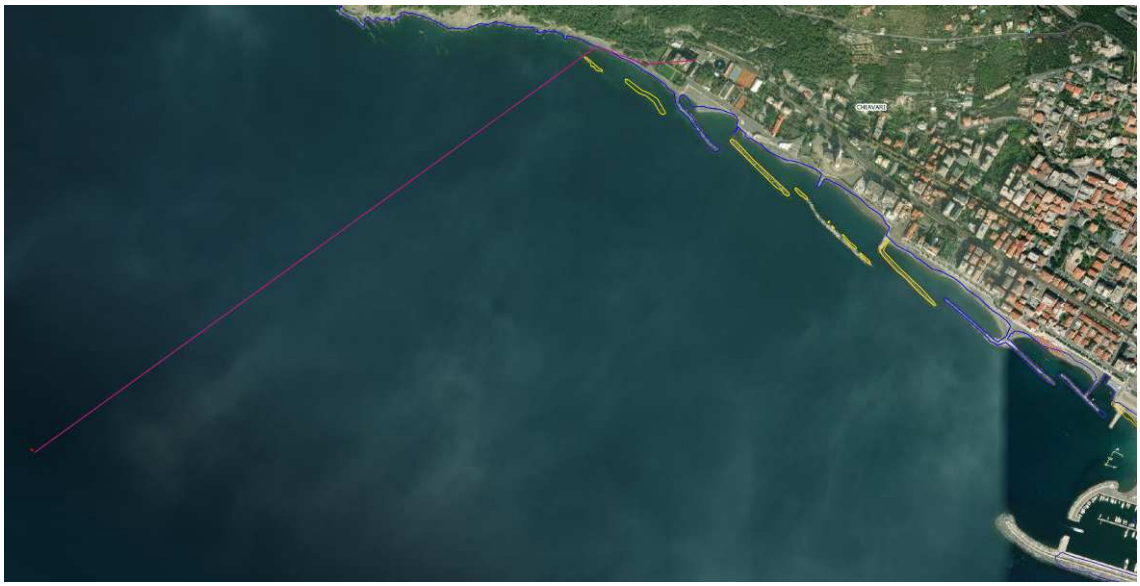


Figura 14.2 – mappa scarichi a mare (da geoportale Regione Liguria)

E' in fase di progettazione il nuovo depuratore nella colmata di Chiavari, anch'esso avrà la condotta a mare in posizione non interferente con le opere a progetto.

14.2 Influenza sulla sensibilità ambientale del sito e criteri operativi

14.2.1 Aspetti ambientali generali: fondali e pesca

Alla luce degli aspetti generali di sensibilità ambientale e delle finalità dell'intervento, si ritiene che esso non generi impatti rilevanti sulle matrici ambientali sensibili dell'area, con particolare riguardo alla qualità delle acque.

Durante la realizzazione degli interventi sarà posta ogni cura per minimizzare gli eventuali impatti anche temporanei, in relazione alle difficoltà oggettive di lavorazione, trasporto e posa degli scogli.

I materiali da utilizzare dovranno essere privi di frazioni pelitiche per evitare fenomeni di intorbidimento delle acque.

Le piste di cantiere per l'esecuzione del ripascimento saranno realizzate con materiali di cava scelti e con percentuali di pelite inferiori al 5%, come previsto per i tratti di costa sensibile nei "Criteri generali da osservarsi nella progettazione degli interventi stagionali di ripascimento degli arenili" di cui alla D.G.R. 1209/2016 e n. 95/2017.

La rimozione delle scogliere parallele comporterà sicuramente il miglioramento della qualità delle acque, attualmente in condizioni non ottimali all'interno delle scogliere stesse.

La compartimentazione del ripascimento con massi naturali dei pennelli e al piede consentirà la creazione di habitat specifici per le specie animali e vegetali, consentendo una diversificazione del fondale sabbioso: ciò potrebbe comportare anche vantaggi per la pesca, in quanto sarà disponibile un'area più vasta rispetto all'attuale, con puntuali zone di diversificazione del fondale, potenziale alloggio delle specie ittiche locali.



Figura 14.3 – sovrapposizione del layout di progetto con la foto aerea, dove sono indicate le scogliere attuali

14.2.2 Fanerogame marine

Come indicato, è presente una prateria di Cymodocea nodosa nell'area antistante la spiaggia, a profondità maggiore di 7 m: è in corso l'analisi di dettaglio della prateria, per valutarne le condizioni ambientali e la reale estensione.

Dall'analisi dell'Atlante delle fanerogame, sotto riportata, risulta che l'intervento non interessa direttamente l'area della Cymodocea: la compartimentazione del ripascimento al piede consente di limitare le dispersioni verso il largo dei sedimenti del ripascimento.

Oltre a ciò, le analisi di prima fase del modello meteomarino hanno consentito di stimare una fuoriuscita molto limitata dei sedimenti dalle celle, con conseguente impatto molto ridotto sui fondali.

Oltre agli accorgimenti relativi alle caratteristiche dei materiali di ripascimento (pelite < 5%), a livello operativo verranno individuati tutti gli accorgimenti per evitare ogni interferenza durante dei lavori, con individuazione di specifiche aree di collocazione dei corpi morti di ormeggio dove non è stata individuata la presenza di cymodocea.

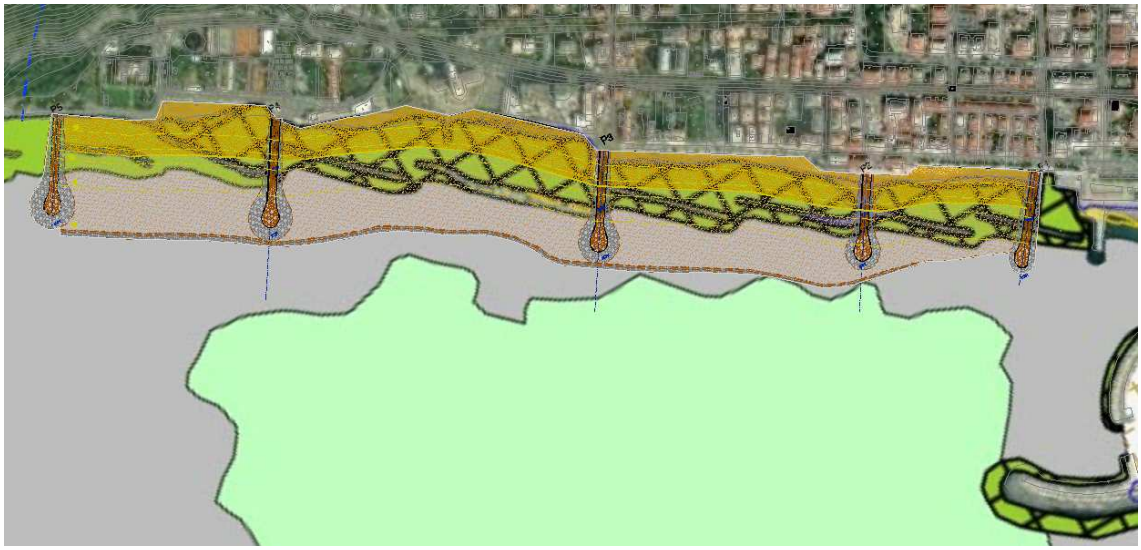


Figura 14.4 – sovrapposizione del layout di progetto con l'Atlante delle fanerogame 2020

15. DIMENSIONAMENTO DEI MASSI PER I PENNELLI

Per la verifica della stabilità dei massi della mantellata dei pennelli si sono utilizzate le formule di Van der Meer, ricavate portando in conto l'azione di onde irregolari; esse consentono di tenere in conto anche della permeabilità del complesso mantellata - strati filtro- nucleo, della durata della mareggiata e del periodo dell'onda.

Formule di Van Der Meer

Per onda frangente tipo plunging ($\xi_m < 2.5$):

$$\frac{H_S}{\Delta D_{n50}} = 6.2 P^{0.18} \left(\frac{S}{\sqrt{N}} \right)^{0.2} \xi_m^{-0.5}$$

Per onda frangente tipo surging ($\xi_m > 3.5$):

$$\frac{H_S}{\Delta D_{n50}} = 1.0 P^{-0.13} \left(\frac{S}{\sqrt{N}} \right)^{0.2} \sqrt{\cot \alpha}\ \xi_m^P$$

in cui:

H_s = altezza d'onda significativa al piede della scogliera

ξ_m = parametro di surf o numero di Iribarren per il periodo medio $\xi_m = \frac{\tan \alpha}{\sqrt{\frac{2\pi H_S}{g T_m^2}}}$

$T_z \approx T_m$ = periodo d'onda medio (s)

α = pendenza della mantellata (°)

$\Delta = (\gamma_m/\gamma_w - 1)$ = massa relativa del masso

γ_w = peso specifico dell'acqua marina (1023 Kg/m³)

γ_m= peso specifico del masso (2650 Kg/ m³)

D_{n50}= diametro nominale del masso, $D_{n50} = (W_{50}/\gamma m)^{1/3}$ (m)

W_{50}= valore del peso corrispondente al 50% nella curva di distribuzione (kg)

P=p* = coefficiente di permeabilità della struttura

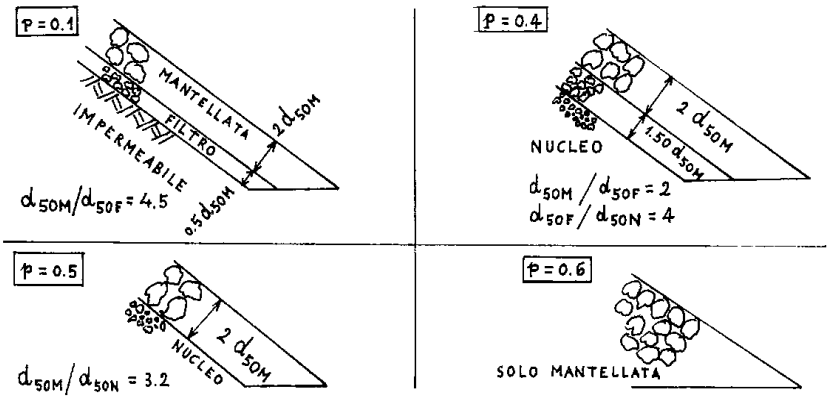


Figura 8.29 – *Rappresentazioni per il calcolo dei valori del parametro p* indicatore della permeabilità della struttura; i pedici M, F, N, indicano, rispettivamente, la mantellata, lo strato intermedio e il nucleo*

S = livello di danneggiamento ammesso, $S = A/(D_{n50})^2$ (crf. tabella seguente)

A = area erosa nella sezione

N = numero di onde (tipicamente tra 1000 e 5000).

ξ_{mc} = numero di Iribarren critico - è calcolato come

$$\xi_{mc} = \left[6.2\,P^{0.31}\sqrt{\tan\alpha}\right]^{\frac{1}{P+0.5}}$$

Mentre per pendenze lievi (cotα >3) è pari a:

$$\xi_{mc} = \left[3.58P^{0.31}\right]^{\frac{1}{P+0.5}}$$

Nella tabella seguente sono riportati i valori dell'indice di danneggiamento S, definito come rapporto tra l'area interessata dal dislocamento e il quadrato del diametro nominale del masso, in funzione della pendenza.

Pendenza	Livello di danno S		
	Danno iniziale	Danno intermedio	Danno totale
1:1.5	2	3-5	8
1:2	2	4-6	8
1:3	2	6-9	12
1:4	3	8-12	17
1:6	3	8-12	17

Tabella 3 - Livelli di danno per mantellate in doppio strato in funzione della pendenza

Per moli a cresta bassa sul livello del mare, la stabilità dei massi lapidei della mantellata e della cresta può essere verificata con le formule di cui sopra applicando al valore al primo membro

un fattore correttivo f_i che misura la riduzione della dimensione del masso in relazione al basso livello della cresta.

Tale valore è calcolabile con la seguente formula:

$$f_i = \frac{1}{\left[1.25 - 4.8\left(\frac{R_c}{H_s}\right)\left(\frac{S_m}{2\pi}\right)^{0.5}\right]}$$

che vale per 0<(Rc/Hs)<1 dove:

Rc = l'altezza della cresta fuori acqua.

S_m = ripidità d'onda media $S_{\mathrm{m}} = \frac{\mathrm{H_S}}{L_{0\mathrm{m}}} = \frac{2\pi \mathrm{H_S}}{\mathrm{g T_m^2}}$

L'individuazione del tempo di ritorno per l'onda di progetto utilizzata per il dimensionamento della mantellata della scogliera è stato eseguito secondo i criteri suggeriti nelle "Istruzioni tecniche per la progettazione delle dighe marittime", approvate dall'Assemblea Generale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici con voto del 23 Settembre 1994 n. 156.

Le opere oggetto della verifica sono opere di difesa costiera di interesse locale non rigide e con previsioni di manutenibilità.

Si è assunta quindi come durata di vita minima Tv per l'opera a progetto la vita minima per un'infrastruttura ad uso generale con livello di sicurezza richiesto pari a 1 (come indicato per le difese costiere), ossia 25 anni.

Come massima probabilità di danneggiamento dell'opera è stata assunta la probabilità di danneggiamento incipiente come consigliato per strutture flessibili (le opere in esame non sono soggette a collasso strutturale immediato) con limitato rischio per la vita umana e ripercussione economica bassa (il rapporto tra i costi diretti del danneggiamento, sommati a quelli indiretti per la perdita di funzionalità delle opere protette ed il costo totale per la realizzazione dell'opera è minore di 5), ossia Pf bassa pari a 0,50.

La combinazione del tempo di vita dell'opera e della probabilità di danneggiamento determina il tempo di ritorno dell'evento di progetto Trp secondo la relazione:

$$Trp = Tv / [- \ln(1-Pf)]$$

Ne consegue che il tempo di ritorno in caso di ripercussione economica bassa risulta pari a 36 anni; cautelativamente per i calcoli progetto si assume tempo di ritorno pari a 50 anni.

E' stata assunta quindi, cautelativamente, come onda di progetto l'onda corrispondente allo stato di mare più gravoso per il paraggio con T= 50 anni, con provenienza dal settore di Libeccio, propagata al piede dei differenti pennelli come estratta dallo studio eseguito da DHI. In particolare per individuare le condizioni più conservative, sono state simulate 3 onde per 3

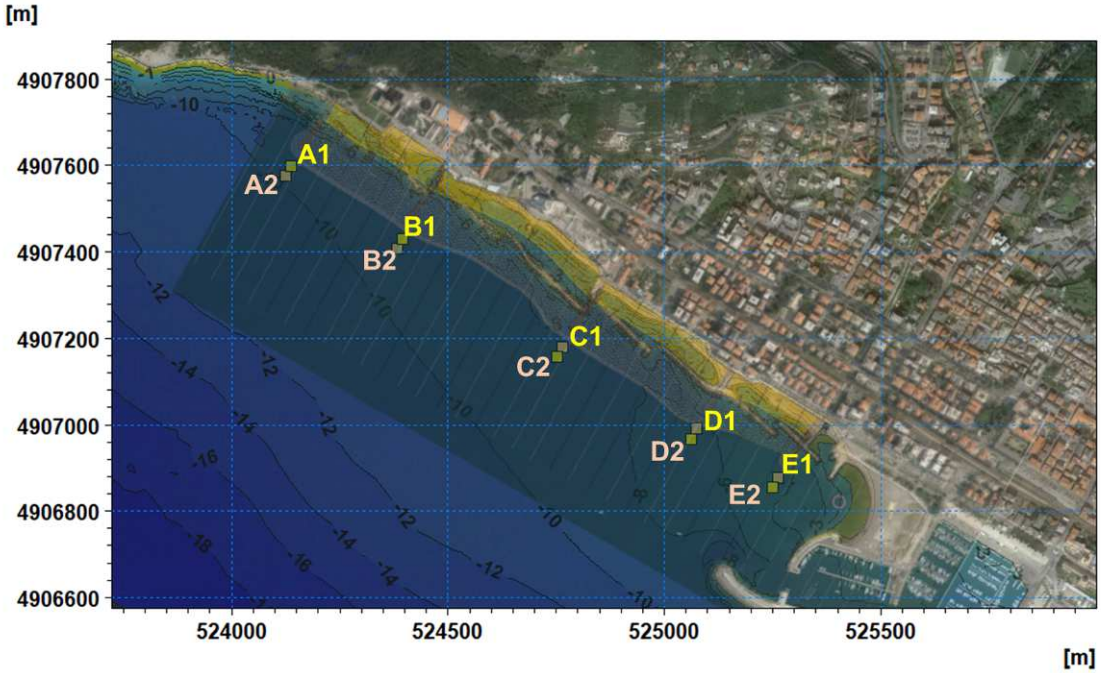
differenti direzioni comprese all'interno del settore di Libeccio, MWD=200°N, MWD=210°N e MWD=220°N, individuando in quest'ultima la direzione più critica.

I valori di altezza d'onda significativa e periodo di picco sottocosta, a 25m dal piede dei pennelli in progetto, sono riportati di seguito.

Nome	Hs[m]	Tp[s]	rif pennello	distanza piede
A1	5,5	**12,3**	5	25
B1	5,2	**12,2**	4	25
C1	4,9	**12,2**	3	25
D1	4,2	**12,1**	2	25
E1	2,6	**12,1**	1	25

L'ubicazione (nel sistema di riferimento WGS84 UTM32) dei punti di estrazione è individuata nella tabella e nella figura che seguono:

Nome	X[m]	Y[m]	prof[m]
A1	524138	4907597	-9,6
B1	524394	4907429	-9,3
C1	524764	4907179	-8,4
D1	525075	4906990	-6,4
E1	525262	4906877	-4,4



Come innalzamento del livello del medio mare, da utilizzare per la determinazione dell'altezza della cresta delle strutture sul livello del mare, è stato assunto cautelativamente il valore corrispondente allo storm surge di input del modello DHI, che risulta per TR= 50 anni pari a 71 cm.

Come permeabilità della mantellata è stato assunto, cautelativamente, il valore di 0,5.

La pendenza della scarpata è stata assunta pari a 1 su 2,5, ossia alla pendenza di progetto delle scarpate dei pennelli in testata.

Per tutti i pennelli, per il calcolo del fattore di riduzione per cresta bassa l'altezza della cresta sul livello del mare, pari a 1,50 m s.l.m.m., è stata decurtata dell'innalzamento del livello del medio mare associato alla mareggiata con T= 50 anni come sopra individuato.

La verifica è stata effettuata, per tutti i pennelli, per condizioni di danneggiamento incipiente ossia per S=2; per i pennelli maggiormente sollecitati la verifica è stata effettuata anche per danneggiamento appena superiore al danno iniziale (ma inferiore al danno intermedio) ossia per S=3.

I risultati riportati nelle seguenti tabelle prevedono il peso dei massi compreso tra 8 e 10.5 t (tranne il pennello P1, con sollecitazioni molto minori): considerando la disponibilità dei massi esistenti, in prevalenza di peso prossimo alle 7 t, e che nella buona pratica vengono utilizzati massi di pezzatura compresa tra 0,75 e 1,25 volte il peso del masso di progetto, ipotizzando in condizioni di evento meteomarino con TR= 50 anni anche condizioni di danneggiamento appena superiori al danneggiamento iniziale (S=3), si assume per le nuove forniture per la mantellata di tutti i pennelli l'**utilizzo di massi di IV categoria di peso compreso tra 7 e 12 t**, avendo cura di posizionare i massi di maggiori dimensioni, sui pennelli maggiormente sollecitati e nelle aree esterne maggiormente esposte come le testate.

Per lo strato di base e la parte interna oltre che per gli intasamenti si prevede l'utilizzo di massi di III categoria (di peso compreso tra 3 e 7 t) in una percentuale pari al 30% circa.

Si riportano di seguito le tabelle di calcolo, relative ad ogni pennello.

PENNELLO P5

TEMPO RITORNO TR= 50 anni

(Formula di Van der Meer)

Dati

ρ_0 =	1.023,00	kg/mc	densità acqua di mare
ρ =	2.650,00	kg/mc	densità scogli
Δ =	1,59		ρ / ρ_0 - 1
P= p*=	0,50		permeabilità (tra 0,1 e 0,6)
cotg (α) =	2,50		pendenza mantellata (1 su …)
tg (α) =	0,40		1 / pendenza della mantellata
h =	9,60	m	profondità al piede
H_s =	5,50	m	H onda significativa (punto A1)
g =	9,81	m/s^2	accelerazione gravità
T_p =	12,30	s	periodo di picco (punto A1)
T_s=	12,30	s	periodo significativo (punto A1)
T_m =	10,70	s	periodo medio (punto A1)
$L_{0\,m}$	178,68	m	lunghezza d'onda al largo riferita al Tm
ξ_m =	**2,280**		parametro di Iribarren
ξ_{mc} =	3,163		parametro di Iribarren critico
S =	2,00		livello di danneggiamento
N =	4.000,00		numero onde presenti nella mareggiata (da 1000 a 5000)
Pers =	11,89	ore	durata della mareggiata
R_c=	1,50	m	altezza della berma del pennello sul l.m.m.
s=	0,71	m	storm surge modello
$R_{c\ corretto}$=	0,79	m	altezza della mantellata sul l.m.m. + sopraelevazione

FORMULA DI VAN DER MEER

- Calcolo del parametro Ns

$\xi_m \leq 2,5$ —>	Hs/(△*Dn50)=	**1,82**	frangimento tipo plunging
$2,5 \leq \xi_m \leq 3,5$ —>	Hs/(△*Dn50)=	--	-
$\xi_m \geq 3,5$ —>	Hs/(△*Dn50)=	**--**	-
	Ns = Hs/(△*Dn50)=	***1,82***	

- Coefficiente di riduzione per moli a cresta bassa

R_c / Hs =	0,14	<1	*fi applicabile*
fattore di controllo fi =	0,0101	< 0.052	
f_i	**0,83**		coeff. di riduzione moli a cresta bassa

- Determinazione finale del parametro Ns, del diametro e peso del masso di progetto

Ns/fi = Hs/(△*Dn50)/fi= ***2,18***

D_{n50}	**1,58**	**m**	**diametro nominale medio**
W_{50}	**10.535**	**kg**	**peso medio del singolo masso di progetto**

Pennello P5 - Verifica stabilità massi mantellata – formula van Der Meer – S= 2

PENNELLO P5

TEMPO RITORNO TR= 50 anni

(Formula di Van der Meer)

Dati

ρ_0 =	1.023,00	kg/mc	densità acqua di mare
ρ =	2.650,00	kg/mc	densità scogli
Δ =	1,59		ρ / ρ_0 - 1
P= p*=	0,50		permeabilità (tra 0,1 e 0,6)
cotg (α) =	2,50		pendenza mantellata (1 su …)
tg (α) =	0,40		1 / pendenza della mantellata
h =	9,60	m	profondità al piede
H_s =	5,50	m	H onda significativa (punto A1)
g =	9,81	m/s^2	accelerazione gravità
T_p =	12,30	s	periodo di picco (punto A1)
T_s=	12,30	s	periodo significativo (punto A1)
T_m =	10,70	s	periodo medio (punto A1)
$L_{0\,m}$	178,68	m	lunghezza d'onda al largo riferita al Tm
ξ_m =	**2,280**		parametro di Iribarren
ξ_{mc} =	3,163		parametro di Iribarren critico
S =	3,00		livello di danneggiamento
N =	4.000,00		numero onde presenti nella mareggiata (da 1000 a 5000)
Pers =	11,89	ore	durata della mareggiata
R_c=	1,50	m	altezza della berma del pennello sul l.m.m.
s=	0,71	m	storm surge modello
$R_{c\ corretto}$=	0,79	m	altezza della mantellata sul l.m.m. + sopraelevazione

FORMULA DI VAN DER MEER

- Calcolo del parametro Ns

$\xi_m \leq 2,5$ —>	Hs/(△*Dn50)=	**1,97**	frangimento tipo plunging
$2,5 \leq \xi_m \leq 3,5$ —>	Hs/(△*Dn50)=	--	-
$\xi_m \geq 3,5$ —>	Hs/(△*Dn50)=	**--**	-
	Ns = Hs/(△*Dn50)=	***1,97***	

- Coefficiente di riduzione per moli a cresta bassa

R_c / Hs =	0,14	<1	*fi applicabile*
fattore di controllo fi =	0,0101	< 0.052	
f_i	**0,83**		coeff. di riduzione moli a cresta bassa

- Determinazione finale del parametro Ns, del diametro e peso del masso di progetto

Ns/fi = Hs/(△*Dn50)/fi= ***2,37***

D_{n50}	**1,46**	**m**	**diametro nominale medio**
W_{50}	**8.260**	**kg**	**peso medio del singolo masso di progetto**

Pennello P5 - Verifica stabilità massi mantellata – formula van Der Meer – S= 3

PENNELLO P4

TEMPO RITORNO TR= 50 anni

(Formula di Van der Meer)

Dati

ρ_0 =	1.023,00	kg/mc	densità acqua di mare
ρ =	2.650,00	kg/mc	densità scogli
Δ =	1,59		ρ / ρ_0 - 1
P= p*=	0,50		permeabilità (tra 0,1 e 0,6)
cotg (α) =	2,50		pendenza mantellata (1 su …)
tg (α) =	0,40		1 / pendenza della mantellata
h =	9,30	m	profondità al piede
H_s =	5,20	m	H onda significativa (punto B1)
g =	9,81	m/s^2	accelerazione gravità
T_p =	12,20	s	periodo di picco (punto B1)
T_s=	12,20	s	periodo significativo (punto B1)
T_m =	10,61	s	periodo medio (punto B1)
$L_{0\,m}$	175,69	m	lunghezza d'onda al largo riferita al Tm
ξ_m =	**2,325**		parametro di Iribarren
ξ_{mc} =	3,163		parametro di Iribarren critico
S =	2,00		livello di danneggiamento
N =	4.000,00		numero onde presenti nella mareggiata (da 1000 a 5000)
Pers =	11,79	ore	durata della mareggiata
R_c=	1,50	m	altezza della berma del pennello sul l.m.m.
s=	0,71	m	storm surge modello
$R_{c\ corretto}$=	0,79	m	altezza della mantellata sul l.m.m. + sopraelevazione

FORMULA DI VAN DER MEER

- Calcolo del parametro Ns

$\xi_m \leq 2,5$ —>	Hs/(△*Dn50)=	**1,80**	frangimento tipo plunging
$2,5 \leq \xi_m \leq 3,5$ —>	Hs/(△*Dn50)=	--	-
$\xi_m \geq 3,5$ —>	Hs/(△*Dn50)=	**--**	-
	Ns = Hs/(△*Dn50)=	***1,80***	

- Coefficiente di riduzione per moli a cresta bassa

R_c / Hs =	0,15	<1	*fi applicabile*
fattore di controllo fi =	0,0104	< 0.052	
f_i	**0,83**		coeff. di riduzione moli a cresta bassa

- Determinazione finale del parametro Ns, del diametro e peso del masso di progetto

Ns/fi = Hs/(△*Dn50)/fi= ***2,16***

D_{n50}	**1,51**	**m**	**diametro nominale medio**
W_{50}	**9.210**	**kg**	**peso medio del singolo masso di progetto**

Pennello P4 - Verifica stabilità massi mantellata – formula van Der Meer – S= 2

PENNELLO P3

TEMPO RITORNO TR= 50 anni

(Formula di Van der Meer)

Dati

ρ_0 =	1.023,00	kg/mc	densità acqua di mare
ρ =	2.650,00	kg/mc	densità scogli
Δ =	1,59		ρ / ρ_0 - 1
P= p*=	0,50		permeabilità (tra 0,1 e 0,6)
cotg (α) =	2,50		pendenza mantellata (1 su …)
tg (α) =	0,40		1 / pendenza della mantellata
h =	8,40	m	profondità al piede
H_s =	4,90	m	H onda significativa (punto C1)
g =	9,81	m/s^2	accelerazione gravità
T_p =	12,20	s	periodo di picco (punto C1)
T_s=	12,20	s	periodo significativo (punto C1)
T_m =	10,61	s	periodo medio (punto C1)
$L_{0\,m}$	175,69	m	lunghezza d'onda al largo riferita al Tm
ξ_m =	**2,395**		parametro di Iribarren
ξ_{mc} =	3,163		parametro di Iribarren critico
S =	2,00		livello di danneggiamento
N =	4.000,00		numero onde presenti nella mareggiata (da 1000 a 5000)
Pers =	11,79	ore	durata della mareggiata
R_c=	1,50	m	altezza della berma del pennello sul l.m.m.
s=	0,71	m	storm surge modello
$R_{c\ corretto}$=	0,79	m	altezza della mantellata sul l.m.m. + sopraelevazione

FORMULA DI VAN DER MEER

- Calcolo del parametro Ns

$\xi_m \leq 2,5$ —>	Hs/(△*Dn50)=	**1,77**	frangimento tipo plunging
$2,5 \leq \xi_m \leq 3,5$ —>	Hs/(△*Dn50)=	--	-
$\xi_m \geq 3,5$ —>	Hs/(△*Dn50)=	**--**	-
	Ns = Hs/(△*Dn50)=	***1,77***	

- Coefficiente di riduzione per moli a cresta bassa

R_c / Hs =	0,16	<1	*fi applicabile*
fattore di controllo fi =	0,0107	< 0.052	
f_i	**0,83**		coeff. di riduzione moli a cresta bassa

- Determinazione finale del parametro Ns, del diametro e peso del masso di progetto

Ns/fi = Hs/(△*Dn50)/fi= ***2,12***

D_{n50}	**1,45**	**m**	**diametro nominale medio**
W_{50}	**8.088**	**kg**	**peso medio del singolo masso di progetto**

Pennello P3 - Verifica stabilità massi mantellata – formula van Der Meer – S= 2

PENNELLO P2

TEMPO RITORNO TR= 50 anni

(Formula di Van der Meer)

Dati

ρ_0 =	1.023,00	kg/mc	densità acqua di mare
ρ =	2.650,00	kg/mc	densità scogli
Δ =	1,59		ρ / ρ_0 - 1
P= p*=	0,50		permeabilità (tra 0,1 e 0,6)
cotg (α) =	2,50		pendenza mantellata (1 su …)
tg (α) =	0,40		1 / pendenza della mantellata
h =	6,40	m	profondità al piede
H_s =	4,20	m	H onda significativa (punto D1)
g =	9,81	m/s^2	accelerazione gravità
T_p =	12,10	s	periodo di picco (punto D1)
T_s=	12,10	s	periodo significativo (punto D1)
T_m =	10,52	s	periodo medio (punto D1)
$L_{0\,m}$	172,72	m	lunghezza d'onda al largo riferita al Tm
ξ_m =	**2,565**		parametro di Iribarren
ξ_{mc} =	3,163		parametro di Iribarren critico
S =	2,00		livello di danneggiamento
N =	4.000,00		numero onde presenti nella mareggiata (da 1000 a 5000)
Pers =	11,69	ore	durata della mareggiata
R_c=	1,50	m	altezza della berma del pennello sul l.m.m.
s=	0,71	m	storm surge modello
$R_{c\ corretto}$=	0,79	m	altezza della mantellata sul l.m.m. + sopraelevazione

FORMULA DI VAN DER MEER

- Calcolo del parametro Ns

$\xi_m \leq 2,5$ —>	Hs/(△*Dn50)=	**--**	-
$2,5 \leq \xi_m \leq 3,5$ —>	Hs/(△*Dn50)=	1,39	frangimento intermedio plunging/surging
$\xi_m \geq 3,5$ —>	Hs/(△*Dn50)=	**--**	-
	Ns = Hs/(△*Dn50)=	***1,39***	

- Coefficiente di riduzione per moli a cresta bassa

R_c / Hs =	0,19	<1	*fi applicabile*
fattore di controllo fi =	0,0117	< 0.052	
f_i	**0,84**		coeff. di riduzione moli a cresta bassa

- Determinazione finale del parametro Ns, del diametro e peso del masso di progetto

	Ns/fi = Hs/(△*Dn50)/fi=	***1,66***	
D_{n50}	**1,59**	**m**	**diametro nominale medio**
W_{50}	**10.707**	**kg**	**peso medio del singolo masso di progetto**

Pennello P2 - Verifica stabilità massi mantellata – formula van Der Meer – S= 2

PENNELLO P2

TEMPO RITORNO TR= 50 anni

(Formula di Van der Meer)

Dati

ρ_0 =	1.023,00	kg/mc	densità acqua di mare
ρ =	2.650,00	kg/mc	densità scogli
Δ =	1,59		ρ / ρ_0 - 1
P= p*=	0,50		permeabilità (tra 0,1 e 0,6)
cotg (α) =	2,50		pendenza mantellata (1 su …)
tg (α) =	0,40		1 / pendenza della mantellata
h =	6,40	m	profondità al piede
H_s =	4,20	m	H onda significativa (punto D1)
g =	9,81	m/s^2	accelerazione gravità
T_p =	12,10	s	periodo di picco (punto D1)
T_s=	12,10	s	periodo significativo (punto D1)
T_m =	10,52	s	periodo medio (punto D1)
$L_{0\,m}$	172,72	m	lunghezza d'onda al largo riferita al Tm
ξ_m =	**2,565**		parametro di Iribarren
ξ_{mc} =	3,163		parametro di Iribarren critico
S =	3,00		livello di danneggiamento
N =	4.000,00		numero onde presenti nella mareggiata (da 1000 a 5000)
Pers =	11,69	ore	durata della mareggiata
R_c=	1,50	m	altezza della berma del pennello sul l.m.m.
s=	0,71	m	storm surge modello
$R_{c\ corretto}$=	0,79	m	altezza della mantellata sul l.m.m. + sopraelevazione

FORMULA DI VAN DER MEER

- Calcolo del parametro Ns

$\xi_m \leq 2,5$ —>	Hs/(△*Dn50)=	**--**	-
$2,5 \leq \xi_m \leq 3,5$ —>	Hs/(△*Dn50)=	1,51	frangimento intermedio plunging/surging
$\xi_m \geq 3,5$ —>	Hs/(△*Dn50)=	**--**	-
	Ns = Hs/(△*Dn50)=	***1,51***	

- Coefficiente di riduzione per moli a cresta bassa

R_c / Hs =	0,19	<1	*fi applicabile*
fattore di controllo fi =	0,0117	< 0.052	
f_i	**0,84**		coeff. di riduzione moli a cresta bassa

- Determinazione finale del parametro Ns, del diametro e peso del masso di progetto

	Ns/fi = Hs/(△*Dn50)/fi=	***1,80***	
D_{n50}	**1,47**	**m**	**diametro nominale medio**
W_{50}	**8.395**	**kg**	**peso medio del singolo masso di progetto**

Pennello P2 - Verifica stabilità massi mantellata – formula van Der Meer – S= 3

PENNELLO P1

TEMPO RITORNO TR= 50 anni

(Formula di Van der Meer)

Dati

ρ_0 =	1.023,00	kg/mc	densità acqua di mare
ρ =	2.650,00	kg/mc	densità scogli
Δ =	1,59		ρ / ρ_0 - 1
P= p*=	0,50		permeabilità (tra 0,1 e 0,6)
cotg (α) =	2,50		pendenza mantellata (1 su …)
tg (α) =	0,40		1 / pendenza della mantellata
h =	4,40	m	profondità al piede
H_s =	2,60	m	H onda significativa (punto E1)
g =	9,81	m/s^2	accelerazione gravità
T_p =	12,10	s	periodo di picco (punto E1)
T_s=	12,10	s	periodo significativo (punto E1)
T_m =	10,52	s	periodo medio (punto E1)
$L_{0\,m}$	172,72	m	lunghezza d'onda al largo riferita al Tm
ξ_m =	**3,260**		parametro di Iribarren
ξ_{mc} =	3,163		parametro di Iribarren critico
S =	2,00		livello di danneggiamento
N =	4.000,00		numero onde presenti nella mareggiata (da 1000 a 5000)
Pers =	11,69	ore	durata della mareggiata
R_c=	1,50	m	altezza della berma del pennello sul l.m.m.
s=	0,71	m	storm surge modello
$R_{c\ corretto}$=	0,79	m	altezza della mantellata sul l.m.m. + sopraelevazione

FORMULA DI VAN DER MEER

- Calcolo del parametro Ns

$\xi_m \leq 2,5$ —>	Hs/(△*Dn50)=	**--**	-
$2,5 \leq \xi_m \leq 3,5$ —>	Hs/(△*Dn50)=	1,52	frangimento intermedio plunging/surging
$\xi_m \geq 3,5$ —>	Hs/(△*Dn50)=	**--**	-
	Ns = Hs/(△*Dn50)=	***1,52***	

- Coefficiente di riduzione per moli a cresta bassa

	R_c / Hs =	0,30	<1 — *fi applicabile*
	fattore di controllo fi =	0,0149	< 0.052
	f_i	**0,85**	coeff. di riduzione moli a cresta bassa

- Determinazione finale del parametro Ns, del diametro e peso del masso di progetto

Ns/fi = Hs/(△*Dn50)/fi= ***1,79***

D_{n50}	**0,91**	**m**	**diametro nominale medio**
W_{50}	**2.017**	**kg**	**peso medio del singolo masso di progetto**

Pennello P1 - Verifica stabilità massi mantellata – formula van Der Meer – S= 2

16. UTILIZZO DELLE RISORSE NATURALI

Per quanto riguarda i materiali per l'esecuzione delle opere a progetto e la disponibilità delle risorse si veda il capitolo 12.

Di seguito vengono analizzati i comparti indiretti.

16.1 Approvvigionamento idrico

Il cantiere che avrà origine a seguito dei lavori verrà realizzato in aree antropizzate, con adeguata presenza di sottoservizi. L'utilizzo di risorse idriche sarà comunque limitato ai normali usi civili, senza particolari esigenze di tipo "industriale".

Nello specifico degli interventi di progetto si ritiene pertanto di nessuna rilevanza il problema dell'approvvigionamento idrico.

16.2 Drenaggio superficiale e sub-superficiale

Come descritto in dettaglio nei paragrafi precedenti, l'unico corso d'acqua significativo presente nell'area è il t. Rupinaro, la cui influenza è stata tenuta in debito conto nella progettazione degli interventi.

Le operazioni previste, infatti, genereranno un miglioramento nello sfocio a mare del torrente.

Le acque subsuperficiali non vengono interessate in alcun modo, inoltre durante l'esecuzione dei lavori verrà posta particolare cura nel mantenimento delle linee di deflusso attuali delle acque superficiali.

Le condizioni di interazione tra drenaggio superficiale e sub-superficiale non vengono in alcun modo alterate dalle opere in progetto.

17. PRODUZIONE E SMALTIMENTO DI RIFIUTI

Considerato il fatto che l'intervento prevede all'interno del cantiere limitate operazioni di scavo e prevalenti attività di salpamento/riposizionamento di massi, versamento e sistemazione di materiale, l'intero cantiere produrrà tipologie di rifiuti del tutto assimilabili a normali R.S.U., tra l'altro in quantità decisamente modeste a causa dell'assenza di particolari installazioni fisse.

Le eventuali produzioni di residui legati all'utilizzo delle macchine operatrici sono strettamente regolamentate dalle normative specifiche sulle macchine stesse e dal capitolato speciale di appalto dei lavori.

Eventuali problematiche legate allo smaltimento dei rifiuti prodotti sono di conseguenza di scarsa significatività.

18. VOLUMI DI TRAFFICO INDOTTI E CAPACITÀ DEL SISTEMA INFRASTRUTTURALE

18.1 Il traffico esistente e quello indotto

Un'aliquota significativa dei lavori verrà eseguita da mare (materiali dall'Entella, salpamento e riposizionamento dei massi delle scogliere), pertanto non è prevedibile, nonostante i quantitativi rilevanti, un impatto significativo sul traffico dell'area vasta e locale.

Le direttrici principali di collegamento dalle aree di prelievo dei materiali all'area di cantiere sono costituite dalla rete locale di collegamento dal casello autostradale al lungomare e dalla viabilità in sponda destra e sinistra del T. Entella fino al lungomare di Chiavari, tratto Est.

Si tratta pertanto di direttrici "trasversali" ai principali flussi di traffico, che non interessano direttamente la SP 01 Aurelia, che corre longitudinalmente a monte della linea ferroviaria.

L'influenza sulle strade locali sarà molto differenziata in funzione dei diversi lotti di intervento, in quanto in ogni area c'è la possibilità di creare accessi provvisori e temporanei mediante rampe, senza interessare i tratti contigui di litorale.

Le direttrici di traffico principali per il trasporto dei materiali alla spiaggia di Chiavari si esplicano sulle due sponde dell'Entella, con traffici sull'Aurelia in genere limitati: la viabilità ordinaria nelle due direttrici SP 225 e SP 33 è interessata da flussi di traffico significativi, sia nel periodo invernale, sia nel periodo estivo: da dati della Città Metropolitana di Genova *(Piano del traffico e della viabilità extraurbana della Provincia di Genova - 2008)* si hanno i seguenti dati:

Periodo "invernale"

SP 225 Carasco Lavagna : 9000 auto diurne - 14000 veicoli giornalieri

SP 33 Graveglia Lavagna : 11000 auto diurne - 18000 veicoli giornalieri

L'incremento di traffico per il conferimento dei materiali per il ripascimento è stimabile in un massimo di 30 mezzi/giorno, che certamente non provocheranno alterazioni significative ai flussi di traffico stradale.

I percorsi locali di accesso verranno opportunamente segnalati e presidiati, al fine di minimizzare le interferenze con il traffico locale.

Il transito dei mezzi avverrà al di fuori della stagione di maggiore affluenza, pertanto il traffico indotto risulterà in ogni caso molto inferiore rispetto ai carichi sopportabili dalla rete viaria nei momenti di massimo flusso turistico.

18.2 Ipotesi di percorsi dalle aree di cava al sito di progetto

Vengono di seguito riportati gli itinerari che gli autocarri dovranno percorrere dai relativi siti di approvvigionamento, fino all'area di cantiere.

Viabilità di accesso al comune di Chiavari :

- provenienza presunta dei materiali:
  - Val Graveglia / Fontanabuona: si dovrà qui transitare per la viabilità principale in fregio al T. Entella (in sponda destra o sinistra);
  - Val Petronio: il transito è previsto tramite l'Autostrada A12 con uscita al casello di Chiavari e con successivo accesso al lungomare di Chiavari.
  - Altre località : eventuali autocarri provenienti da cave situate in località esterne ai bacini sopra indicati accederanno al comune di Chiavari tramite l'Autostrada A12 con uscita al casello di Chiavari.

Viabilità interna al comune di Lavagna:

- all'interno del comune di Chiavari è previsto l'attraversamento della linea ferroviaria mediante i sottopassi esistenti; raggiunto il litorale verranno ubicati punti di accesso nelle aree più idonee per ogni singolo lotto.

Il transito dei mezzi avverrà al di fuori della stagione estiva, pertanto il traffico indotto risulterà in ogni caso molto inferiore rispetto ai carichi sopportabili dalla rete viaria nei mesi estivi a causa del flusso turistico.

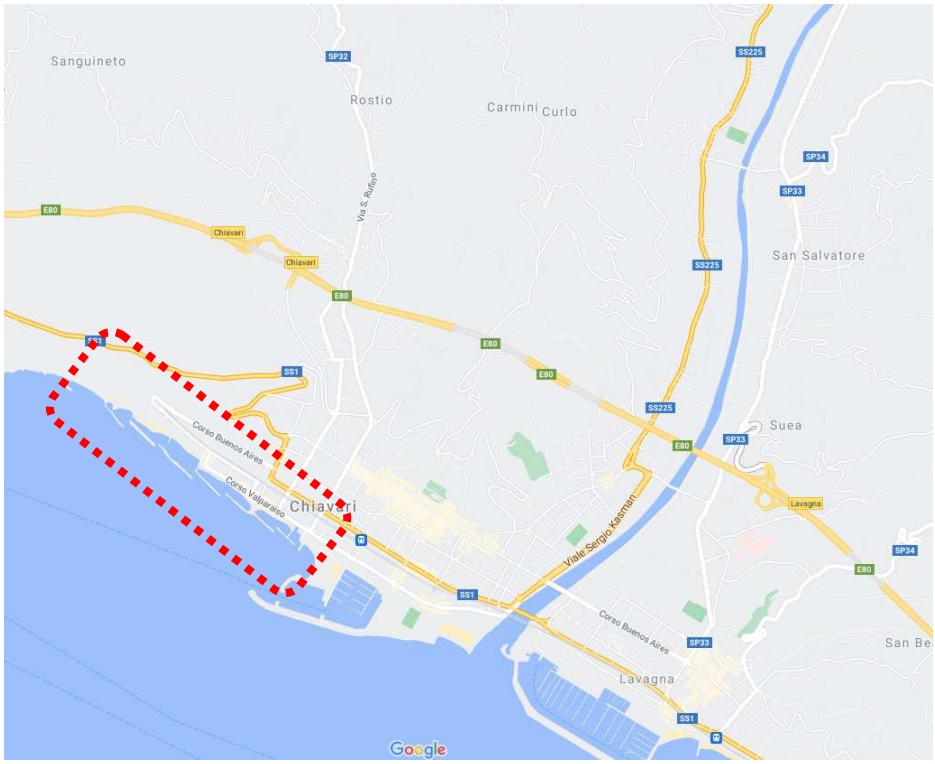


Figura 18.1 – vista della rete viaria prossima all'abitato di Chiavari

19. INQUINAMENTO E DISTURBI AMBIENTALI

19.1 Valutazione degli inquinamenti indotti

Si riportano di seguito le tipologie di inquinamento potenziale legate alle lavorazioni previste.

19.1.1 Inquinamento del terreno nella zona di intervento

Tale tipologia di inquinamento non è tipica delle lavorazioni in esame, che interessano prettamente la porzione di costa a mare. Verrà comunque posta ogni cura nella scelta dei materiali da impiegarsi.

19.1.2 Inquinamento acustico

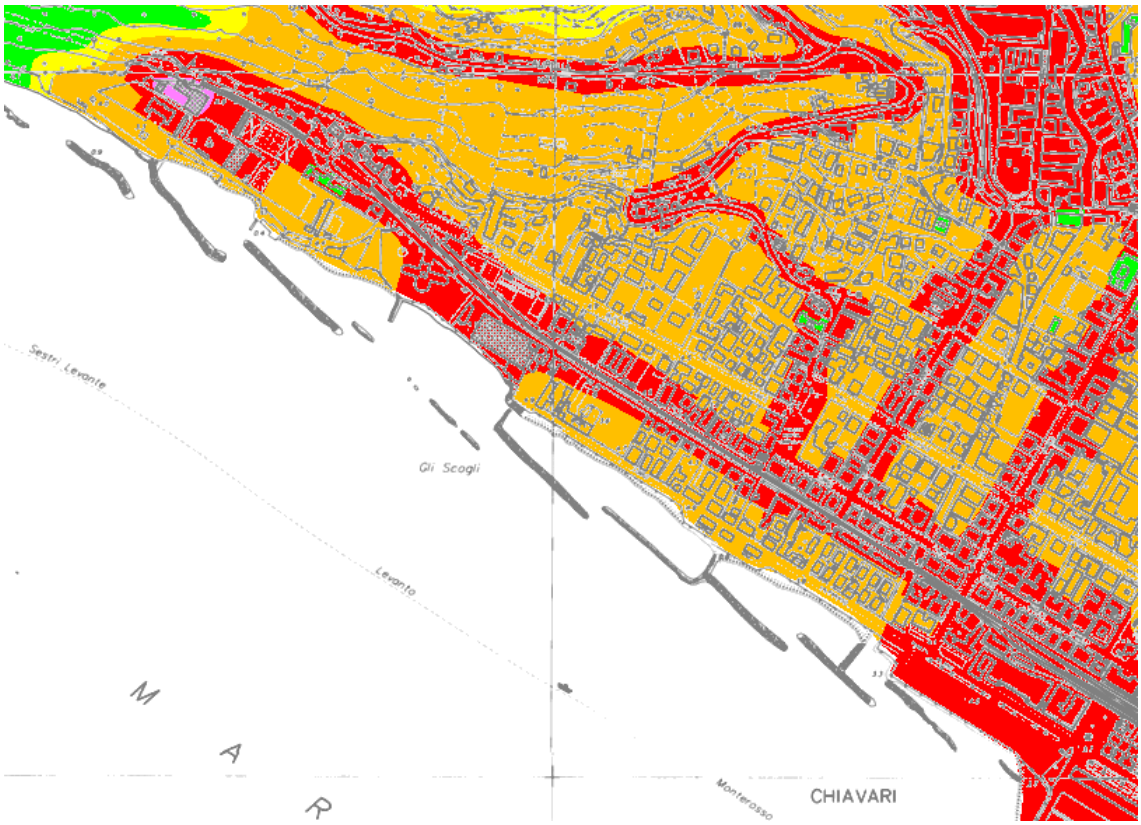
L'area costiera di Chiavari è classificata in parte come "area di intensa attività umana" ed i parte come "area a tipo misto" secondo quanto riportato nella cartografia comunale.

Ai sensi del DPCM 14/11/97 e s.m.i., in tali zona devono essere rispettati i valori limite indicati nella sotto riportata figura.

Le lavorazioni in esame non comportano variazioni delle emissioni sonore in fase di esercizio rispetto alla situazione attuale.

Per Attività temporanee di cantieri le emissioni sonore provenienti da cantieri qualora superino i limiti di zona, sono consentite nei giorni feriali.

Le attività previste sono costituite sinteticamente dalle seguenti tipologie di lavorazione: transito via terra, transito via mare, movimentazione via terra e movimentazione via mare con l'utilizzo massimo contemporaneo di 2 camion, 1 escavatore / pala meccanica e 1 pontone attrezzato con apposita benna.



valori limite assoluti di immissione - Leq in dB(A) - art.3 - D.P.C.M. 14/11/1997

Classi di destinazione d'uso del territorio	Tempi di riferimento	
	Diurno (06:00-22:00)	Notturno (22:00-06:00)
I aree particolarmente protette	50	40
II aree prevalentemente residenziali	55	45
III aree di tipo misto	60	50
IV aree di intensa attività umana	65	55
V aree prevalentemente industriali	70	60
VI aree esclusivamente industriali	70	70

Figura 10.1 - Stralcio cartografico della Zonizzazione Acustica del comune di Chiavari e relativi valori limite assoluti di immissione

Per il calcolo dell'emissione sonora complessiva è stata considerata, in via cautelativa, la contemporanea operatività dei mezzi e macchinari d'opera sopra elencati.

L'emissione è stata valutata come somma energetica dei singoli contributi, desunti dai dati di letteratura disponibili (con potenza sonora del pontone assimilata a quella di un'autogru), secondo la formula:

$$L_{eq,tot} = 10 \times \log_{10}\left(10^{\frac{L1}{10}} + 10^{\frac{L2}{10}} + \cdots + 10^{\frac{Ln}{10}}\right)$$

In cui L è la potenza sonora di ognuno dei mezzi d'opera.

L'emissione sonora complessiva (Leq) prevista è pari a circa 113dB(A).

Anche considerando le ipotesi cautelative effettuate, si ritiene che il fenomeno possa essere opportunamente mitigato mediante l'utilizzo di mezzi e macchinari conformi alle più recenti normative e sottoposti ad adeguata manutenzione e l'esecuzione delle lavorazioni al di fuori della stagione di massimo afflusso turistico.

In fase di cantierizzazione sarà comunque valutata la possibilità di presentare apposita istanza di autorizzazione in deroga con relazione redatta da un tecnico competente in acustica.

19.2 Inquinamento atmosferico e da polveri

Il controllo della polverosità durante il passaggio di mezzi e lo scarico dei materiali sarà opportunamente regolamentato, se necessario anche con lavaggi localizzati. Inoltre il materiale da fornire sarà quanto più possibile privo di frazioni polverose.

Per quanto riguarda l'incremento del traffico direttamente indotto dai lavori, come anticipato al relativo paragrafo, sarà limitato al minimo indispensabile al di fuori dalla stagione di maggior afflusso turistico.

Per evitare sovraccarichi della viabilità locale sono previsti un massimo di 30 viaggi al giorno con autocarro.

Tali incrementi sono trascurabili, sia in rapporto all'obiettivo di difesa del territorio, sia anche in rapporto agli aumenti di traffico che si verificano durante la stagione balneare.

L'impatto potenziale sulla qualità dell'aria può essere dunque considerato trascurabile.

19.3 Inquinamento dell'acqua

Dal momento che in fase di lavorazione è previsto il versamento di materiale sabbioso e ghiaioso, da fiume e da cava, e massi di grande pezzatura, oltre ad un'operatività dei mezzi d'opera limitata ai giorni di posa in opera dei materiali, l'inquinamento dell'acqua dovrà essere prevenuto mediante il controllo continuo della qualità dei materiali.

Potranno verificarsi locali situazioni di intorbidimento delle acque - dovute soprattutto al materiale di ripascimento e in subordine al materiale sciolto movimentato dai mezzi marittimi - che avranno carattere limitato nel tempo alle fasi operative dei mezzi ed estensione alla sola

area di lavoro. Come già sopra indicato sarà cura di utilizzare materiali quanto più possibile privi di frazioni terrose.

20. GENERAZIONE DI CONFLITTI PER L'USO DELLE RISORSE CON ALTRI INTERVENTI LIMITROFI

Le quantità di massi e pietrisco che devono essere utilizzati per i lavori sono potenzialmente disponibili nelle cave indagate in aree a distanza limitata dal sito di progetto, sebbene sia possibile l'utilizzo di materiale proveniente da cave a distanza maggiore.

Si ritiene che l'utilizzo delle risorse dalle cave individuate come compatibili nel presente progetto o da altre cave nella zona di progetto non possano generare conflitti particolari con altri interventi in corso di progettazione e/o di realizzazione sull'utilizzo delle risorse naturali.

21. ANALISI DEL RISCHIO DI INCIDENTI

Sono state analizzate due tipologie di possibile rischio indotto di incidenti, una esterna ed una interna all'area di cantiere:

- rischio diretto legato alle specifiche attività di cantiere;
- rischio indiretto di incidenti stradali legato all'incremento di traffico indotto.

Per la tipologia di intervento e dei materiali utilizzati, non vengono individuati altri possibili rischi indotti significativi.

21.1 Rischio di incidenti all'interno del cantiere

Per il rischio di incidenti all'interno del cantiere si farà riferimento al piano di sicurezza e coordinamento, che conterrà l'individuazione, l'analisi e la valutazione dei rischi e le conseguenti procedure esecutive, gli apprestamenti e le attrezzature atti a garantire, per tutta la durata dei lavori, il rispetto delle norme per la prevenzione degli infortuni e la tutela della salute dei lavoratori.

Tale piano di sicurezza e coordinamento analizzerà in modo particolare le fasi più critiche di tale tipologia di cantiere che vengono individuate in:

- trasporto del materiale dalle aree di origine ai punti di imbarco o sversamento;
- scarico massi da automezzo ribaltabile;
- attività del pontone e/o dei mezzi natanti attrezzati;
- interferenza uomini-mezzi.

Nel piano di sicurezza e coordinamento saranno attentamente valutate, ai sensi delle vigenti disposizioni in materia di sicurezza, anche le operazioni di delimitazione e cartellonistica del cantiere.

21.2 Rischio indotto di incidenti stradali

L'aumento del rischio di incidenti stradali sarà legato all'incremento di traffico prodotto dal trasporto via camion del materiale necessario; essendo tale incremento di modeste proporzioni, anche l'incremento del rischio di incidenti stradali sarà di limitata rilevanza.

Il transito dei mezzi dalle cave di origine fino a destinazione è comunque regolato dalle norme specifiche sui trasporti di materiale lapideo e verrà opportunamente segnalato in prossimità delle aree di cantiere.

Il modesto incremento di traffico sarà concentrato nel periodo di trasporto, al di fuori della stagione estiva.

22. IMPATTO SUL PATRIMONIO NATURALE E STORICO

Il patrimonio naturale e storico-artistico del litorale di Chiavari è analizzato ed evidenziato nel PTC della Provincia di Genova: i valori più significativi sono costituiti dal comparto delle infrastrutture, dei servizi per la fruizione del territorio e per il turismo, dei valori paesaggistici legati all'affaccio a mare.

Oltre a ciò viene evidenziata la presenza di edifici di valore storico, quali la Colonia Fara *(ad oggi ristrutturata)*, attualmente dismessi e bisognosi di riqualificazione.

Tutti i valori sopra evidenziati rappresentano anche situazioni di crisi locale, in quanto necessitano di riorganizzazioni, miglioramenti e razionalizzazioni; a ciò si aggiungono le problematiche legate alla difesa del suolo, quali i rischi idraulici dovuti al T. Rupinaro e l'instabilità della falesia costiera di ponente.

Si ritiene che l'intervento in progetto non generi impatti negativi sul patrimonio naturale e storico, ma anzi sia inquadrato nell'ottica complessiva di riqualificazione, salvaguardia e valorizzazione del patrimonio costituito dalla fascia costiera.

Gli interventi previsti interessano la fascia a ridosso della battigia, pertanto non interessano le praterie di Cymodocea nodosa presenti, distanti dal limite inferiore dei ripascimenti previsti.

Le lavorazioni previste non generano alcun impatto sul patrimonio storico e culturale esistente.

22.1 Aspetti riguardanti il rischio archeologico

Le opere a progetto non prevedono alcun tipo di scavo al di sotto di aree non indagate e vengono realizzate nella zona antistante la spiaggia di Sori, già oggetto di molteplici interventi nel periodo recente.

E' in corso di ultimazione un'analisi archeologica di dettaglio delle aree a terra e a mare, redatta da archeologa specialista in opere subacquee e costiere, comprendente un'ispezione

subacquea puntuale delle aree interessate dai lavori, finalizzata alla valutazione del rischio archeologico: il documento verrà allegato al progetto definitivo.

23. COMPATIBILITÀ CON IL QUADRO NORMATIVO PAESAGGISTICO - AMBIENTALE

Gli interventi previsti a progetto, sopra descritti in dettaglio, si configurano come interventi di aumento della resilienza dell'area costiera, mediante la completa ridefinizione del fronte mare, a difesa del litorale e dell'abitato.

In generale l'intervento si configura anche come valorizzazione e riqualificazione dell'assetto generale del litorale, ora caratterizzato da una serie non armonica di scogliere parallele alla costa, che costituiscono un ostacolo anche visivo: i nuovi pennelli avranno un'altezza massima pari a 1.5 m e pertanto non costituiranno in alcun modo ostacolo visivo, anzi consentiranno di ampliare il campo visivo dell'intero litorale.

Rispetto al progetto già sottoposto a verifica screening nel 2006, la riduzione del numero di pennelli rende l'intervento maggiormente coerente con il contesto paesaggistico ed ambientale attuale, migliorando in maniera netta il campo visivo da terra

I massi al piede dell'intervento sono situati al di sotto del livello del mare, pertanto non generano impatti visivi particolari, anche per il fatto che verranno utilizzati massi di caratteristiche cromatiche simili agli esistenti e che la rapida colonizzazione da parte delle specie animali e algali faciliterà l'inserimento complessivo dei massi stessi nell'ecosistema complessivo dell'area.

Con riferimento al quadro normativo esaminato, tali interventi non si pongono in contrasto né con gli strumenti sovraordinati né con la pianificazione urbanistica a livello locale, anzi costituiscono attuazione e potenziamento delle funzioni previste.

24. MITIGAZIONE DELL'IMPATTO DEGLI INTERVENTI

Dal punto di vista tecnico per gli interventi sono state scelte soluzioni quanto più possibile compatibili con il contesto ambientale e paesaggistico, nell'intento di armonizzarli all'interno del contesto, mitigarne al massimo l'impatto e risultare, al tempo stesso, durabili ed appropriati per il contesto marino.

I materiali (massi, ghiaia per ripascimento, calcestruzzo per il molo) saranno scelti con caratteristiche litologiche e cromatiche simili a quelli e privi di impurità che possano creare torbidità persistenti.

25. STIMA DEI COSTI, TEMPI DI ATTUAZIONE

L'importo dei lavori previsti è pari a circa € 19.200.000,00 , suddivisi per macrovoci come segue:

- smantellamento scogliere e costruzione pennelli: € 7.800.000
- ripascimento con materiale da Entella: € 1.900.000
- ripascimento con materiale di cava: € 8.600.000
- realizzazione della scogliera al piede del ripascimento: € 900.000

Tale somma potrà variare in riduzione, anche in termini significativi (circa 2÷3 milioni) nel caso in cui risultassero disponibili maggiori quantitativi dall'Entella o materiali da ripascimento provenienti da attività di scavo/smarino (ad esempio lo scolmatore del T. Rupinaro).

L'intervento verrà approvato con le procedure previste dalla Ordinanza n. 558/2018, che prevede tempistiche ridotte per le fasi approvative.

Secondo le tempistiche ipotizzate in accordo con l'Amministrazione Comunale di Chiavari, è possibile ipotizzare le seguenti tempistiche di attuazione:

- valutazione di assoggettabilità a screening: 30 giorni
- redazione progetto definitivo, approvazione e validazione del progetto: 60 giorni
- affidamento appalto integrato progettazione esecutiva ed esecuzione: 120 giorni
- redazione progetto esecutivo: 60 giorni
- esecuzione dei lavori: circa 900 giorni complessivi (30 mesi) , da suddividere in 4 stagioni "invernali" fino al 2025, come segue:
  - Mar - Mag 2022 : pennello P1 e ripascimento parziale da terra delle celle 1 e 2;
  - Set 2022 - Mag 2023 : cella 1, pennello P2, cella 2, pennello P3;
  - Set 2023 - Mag 2024 : cella 3, pennello P4;
  - Set 2024 - Mag 2025 : cella 4, pennello P5.
- collaudi: 60 giorni.