COMUNE DI BONASSOLA (SP)

Progetto:

PROGETTO PER LA MESSA IN SICUREZZA DEL LITORALE DEL COMUNE DI BONASSOLA (SP)

Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica

Titolo:

Relazione tecnica generale

Committente:

COMUNE DI BONASSOLA
Urbanistica, Edilizia, Lavori Pubblici

Via Iside Beverino n. 1–19011 Bonassola (SP)

Rilievi Batimetrici:

GEOCOSTE Srl – Pisa

Indagini sedimentologiche:

GEOSCAPE Srl – Genova

Progettista:

IDROING
Ingegneria Idraulica e Ambientale

Ing. Paolo Noce

Via Antonio Cecchi n. 9/15B – 16129 Genova
cell. 329.9273739
e–mail ing.paolonoce@gmail.com
pec paolo.noce@ingpec.eu

Codice commessa: MA2304

Tavola n° R1

Sigla elaborato: MA2304_R1.doc

Revisioni:	
10.01.2025	Integrazioni varie

Data: Marzo 2024

Scala:

E' vietata a norma di legge la riproduzione anche parziale non autorizzata di questo documento.

INDICE

1 PREMESSA. 1

2 ELABORATI DI PROGETTO 2

3 INQUADRAMENTO TERRITORIALE. 2

3.1 GENERALITÀ. 2
3.2 VINCOLI SUL TERRITORIO. 4
3.2.1 Il Piano di Bacino – Ambito 18. 4
3.2.2 Vincolo paesaggistico 6
3.2.3 Vincolo idrogeologico 7
3.2.4 Vincoli naturalistico-ambientali 7

4 EVOLUZIONE DEL LITORALE. 8

5 EVENTI RECENTI. 9

6 STATO ATTUALE DELL'ARENILE. 10

6.1 LA SPIAGGIA EMERSA. 10
6.2 LA SPIAGGIA SOMMERSA. 13

7 ANALISI DEL MOTO ONDOSO. 13

7.1 MOTO ONDOSO AL LARGO. 13
7.2 PROPAGAZIONE VERSO RIVA. 14
7.3 STIMA DELLA RISALITA DELLE ONDE (RUN-UP) 14

8 ASPETTI NATURALISTICI E AMBIENTALI 15

8.1 DEPURAZIONE. 15
8.2 QUALITÀ DELLE ACQUE 15
8.3 HABITAT MARINI. 15

9 SINTESI DELLE CRITICITA' E PREVISIONI DI INTERVENTO. 16

9.1 ELEMENTI DI RISCONTRATA CRITICITÀ 16
9.1.1 La spiaggia del Capoluogo. 17
9.1.2 Dissesti delle scogliere a difesa della ciclopedonale (ex sede ferroviaria). 17
9.2 INTERVENTI PREVISTI 18
9.2.1 Intervento di ripascimento della spiaggia del Capoluogo (Lotto 1 – p.to A). 18
9.2.2 Profili di equilibrio della spiaggia. 19
9.2.2.1 Profilo di ponente (Sezione B) 20
9.2.2.2 Profilo centrale (Sezione E) 20
9.2.2.3 Profilo di levante (Sezione G) 21
9.2.3 Indicazioni per la fornitura di materiale da ripascimento 22
9.2.4 Stima del run-up sulla spiaggia 23
9.2.5 Interventi di riparazione/potenziamento delle scogliere (Lotto 2). 25
9.2.5.1 Intervento in loc. La Francesca (Lotto 2 – p.to B) 26
9.2.5.2 Intervento in loc. Secca La Galera (Lotto 2 – p.to C) 27
9.2.5.3 Intervento in loc. Vallesanta (Lotto 2 – p.to D) 28
9.2.6 Dimensionamento degli scogli 30
9.2.7 Calcolo dell'altezza d'onda incidente al piede dell'opera. 31
9.2.8 Verifiche di stabilità dei massi di scogliera. 33
9.2.9 Stima della risalita dell'onda lungo la scogliera (run-up) 35

10 IPOTESI DI CANTIERIZZAZIONE 37

10.1 POSSIBILI VIE DI ACCESSO 37
10.2 QUANTITATIVI DI MATERIALE DA MOVIMENTARE. 38

11 STIMA DI MASSIMA DEI COSTI. 39

11.1 LOTTO 1 – RIPASCIMENTO DELLA SPIAGGIA DEL CAPOLUOGO 40
11.2 LOTTO 2 – INTERVENTI DI RIPRISTINO E POTENZIAMENTO DELLE SCOGLIERE. 40
11.3 FINANZIAMENTI COMPLESSIVI DEI DUE LOTTI. 40

1 PREMESSA.

La presente relazione tecnica generale è redatta a corredo del Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica (PFTE) per la realizzazione dei **LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA DEL LITORALE DEL COMUNE DI BONASSOLA**.

L'incarico è stato conferito allo scrivente dal Comune di Bonassola con Determinazione n. 139 del 11.10.2023 (CIG Codice Smart CIG ZDA3D20569).

Scopo dell'incarico è quello di individuare le criticità della fascia costiera del Comune di Bonassola, inerenti soprattutto il litorale antistante il nucleo abitato, oltre ad alcuni punti decentrati, legati alla sicurezza della pista ciclopedonale che collega Bonassola con Levanto.

Le problematiche erano già evidenti, ma sono state aggravate in maniera significativa dalle recenti mareggiate che hanno colpito il litorale ligure tra la fine di ottobre e l'inizio di novembre 2023.

In accordo con la Civica Amministrazione si prevede quindi di eseguire i seguenti interventi:

- **LOTTO 1**: ripascimento strutturale della spiaggia del centro di Bonassola con materiale di adeguata pezzatura, finalizzato soprattutto ad estendere la profondità dell'arenile per ridurre il fenomeno di risalita dell'onda (*run-up*) lungo la spiaggia, con conseguente rischio di allagamento dell'abitato;
- **LOTTO 2**: interventi vari di riparazione e potenziamento con rifiorimento di nuovi massi su scogliere radenti e distaccate poste a difesa del percorso ciclopedonale che unisce Bonassola a Levanto.

La presente relazione ha preso spunto dagli studi sviluppati dagli Uffici regionali per la redazione del Piano di Tutela dell'Ambiente Marino e Costiero dell'Ambito Costiero 16 (PTAMC-16), che abbraccia il litorale compreso tra punta Baffe e il confine toscano.

In particolare nella Relazione sul paraggio di Bonassola da Punta Monte Grosso a Punta Gone, si individuano e raccomandano interventi finalizzati alla difesa della costa bassa e quella alta:

L'obiettivo principale da perseguire nel paraggio di Bonassola è il mantenimento del sistema di difesa attuale, basato sulla spiaggia, da attuarsi *con ripascimenti periodici della spiaggia con materiale selezionato che può essere effettuato tramite interventi strutturali da 10/20.000 metri cubi da ripetere con cadenza pluriennale oppure con ripascimenti stagionali da 2/3.000 metri cubi ripetuti con cadenza più ravvicinata.*

Nei tratti di costa alta interessati dalla presenza di elementi a rischio, in primis la pista ciclabile, le difese attuali sono sufficienti a vanno mantenute in buono stato di efficienza. La zona più critica è situata a ponente di Punta Gone, limite orientale del paraggio, in corrispondenza del Villaggio Turistico La Francesca. Qui la pista ciclabile, sul vecchio rilevato ferroviario, è stata difesa da massicce scogliere che attualmente svolgono la loro funzione in maniera efficace ma che devono essere oggetto di costante monitoraggio ed eventuale manutenzione.

In entrambi i casi, *tali ipotesi di intervento non presentano criticità per gli aspetti di tutela degli habitat marini.*

2 ELABORATI DI PROGETTO

Il Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica si compone dei seguenti elaborati:

R1 – Relazione tecnica generale
R2 – Analisi fisico-chimiche dei materiali
R3 – Relazione paesaggistica semplificata
R4 – Verifica Preventiva di Interesse Archeologico
R5 – Relazione bio-naturalistica
R6 – Studio Preliminare Ambientale

T0 - Inquadramento territoriale
T1 – Localizzazione dei punti di intervento
T2 – Planimetria di stato attuale della spiaggia
T3 – Sezioni di stato attuale della spiaggia
T4 – Planimetria di progetto della spiaggia
T5 – Sezioni di progetto della spiaggia
T6 – Interventi sulle scogliere
T7 – Schemi di cantierizzazione
T8 – Planimetria aree di intervento sovrapposta ad habitat sensibili.

E1 – Lotto 1: Stima dei costi e Quadro economico
E2 – Lotto 2: Stima dei costi e Quadro economico.

3 INQUADRAMENTO TERRITORIALE.

3.1 GENERALITÀ.

Bonassola è un piccolo borgo, che conta poco meno di mille abitanti, che si affaccia al mare nel levante ligure, circondato da un anfiteatro collinare tra i promontori di Monte Grosso a ovest e Punta Gone ad est.

Il territorio del comune si estende per circa 9 kmq e confina con quello di Framura e Levanto.

Al centro della baia si trova il nucleo abitato del Capoluogo, davanti al quale si apre un arenile che si sviluppa per circa 400 metri tra i due capi rocciosi e ha una profondità massima nella porzione centrale di circa 70-75 m. Ai due lati della spiaggia sono presenti le foci di due corsi d'acqua: il torrente San Giorgio a ponente e il torrente Rossola a levante; entrambi nascono dalle pendici del monte Guaitarola e hanno bacini scolanti rispettivamente pari a 3,6 kmq e 1,7 kmq.

Sulla spiaggia sono presenti due concessioni di stabilimenti balneari che hanno strutture impostate su piattaforme sollevate dal piano spiaggia con sistemi di palafitte. Nonostante la significativa profondità dell'arenile infatti il moto ondoso, in caso di mareggiata, arriva facilmente a raggiungere la sommità della spiaggia (quota circa 4,00 m s.l.m.) e a superare l'ex rilevato ferroviario, arrivando anche alle prime costruzioni del paese.

Il resto della costa del litorale di Bonassola è caratterizzato da scogliere rocciose, costituite da formazioni di gabbri e serpentiniti, con forma frastagliata e pareti di altezza rilevante, spesso subverticali. Al piede di tali falesie sono presenti blocchi rocciosi, anche di considerevoli dimensioni, evidentemente crollati e disarticolati dall'azione erosiva del moto ondoso alla base.

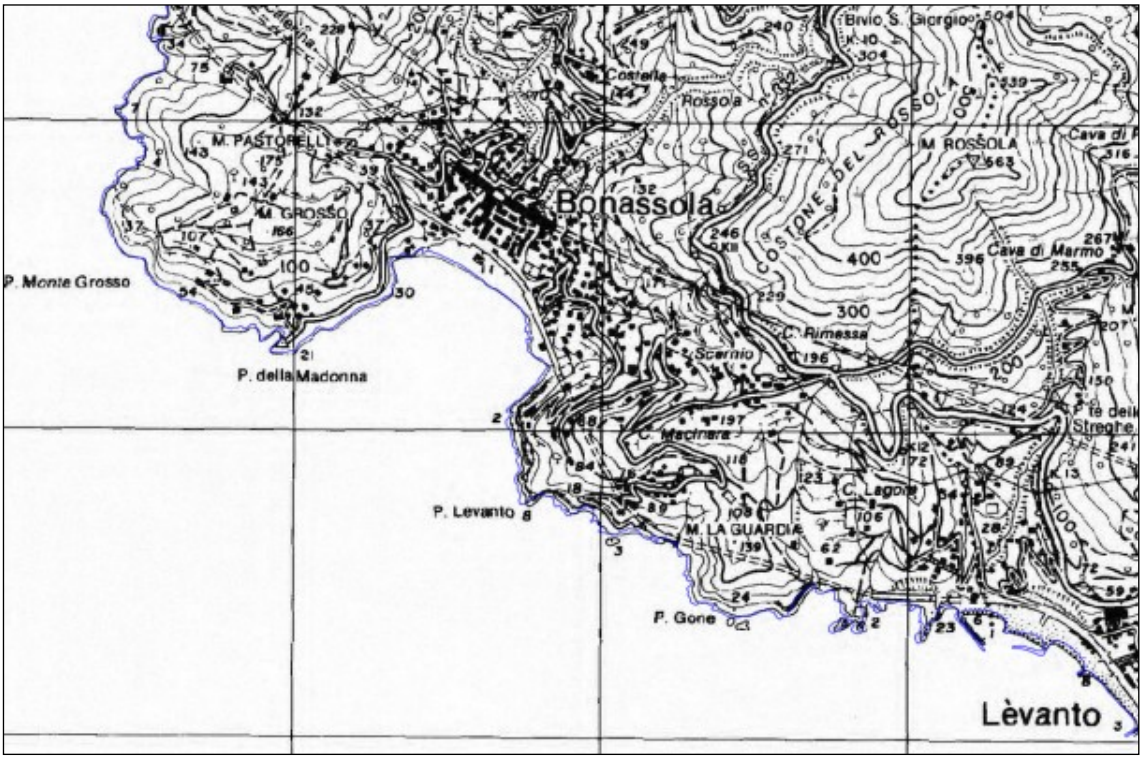


Figura 1 - *Carta Tecnica Regionale dell'area di studio.*

La costruzione della linea ferroviaria costiera (1870), con importanti e invasive opere di sostegno del rilevato e di protezione ha di fatto creato un impatto notevole sul territorio: il tratto di linea in terrapieno antistante l'abitato ha portato ad un progressivo fenomeno erosivo della spiaggia costituendo un elemento rigido di riflessione del moto ondoso.

Molte parti della linea verso levante e ponente furono realizzati in galleria; altri piccoli tratti, in corrispondenza delle insenature della linea costiera, risultarono scoperti e necessitarono di imponenti opere di protezione con muraglioni in pietra e scogliere frangiflutti al piede.

Oggi la sede ferroviaria è stata spostata verso monte e l'ex rilevato ferroviario è dedicato a pista ad esclusivo uso ciclopedonale.

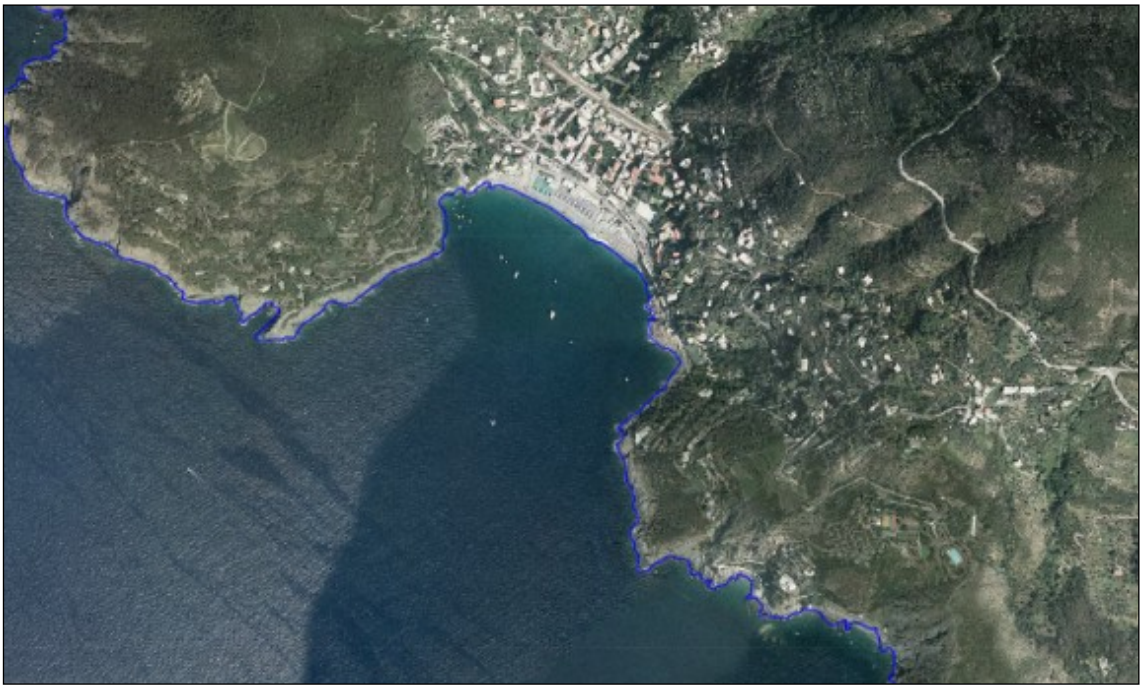


Figura 2 - *Ortofoto della costa di Bonassola.*



Figura 3 *- Vista assonometrica della baia di Bonassola.*

3.2 VINCOLI SUL TERRITORIO.

3.2.1 Il Piano di Bacino – Ambito 18.

Il territorio del Comune di Bonassola ricade nell'Ambito n. 18 dei Piani di Bacino stralcio per l'assetto idrogeologico. Tale piano è stato approvato con DCP n. 51 del 05/05/2003 e successivamente integrato, modificato e aggiornato con altre varianti.

Dal punto di vista del rischio per gli aspetti geologici e geomorfologici, nelle Carte di suscettività al dissesto non si rilevano particolari problematiche nella porzione centrale della

baia (classi Pg0 e Pg1), mentre notevoli criticità sono presenti nella parte di costa alta sottostante la località La Francesca, dove è evidente una larga porzione di territorio in area Pg4 (suscettività al dissesto molto alta, corrispondente ad aree in frana attiva).

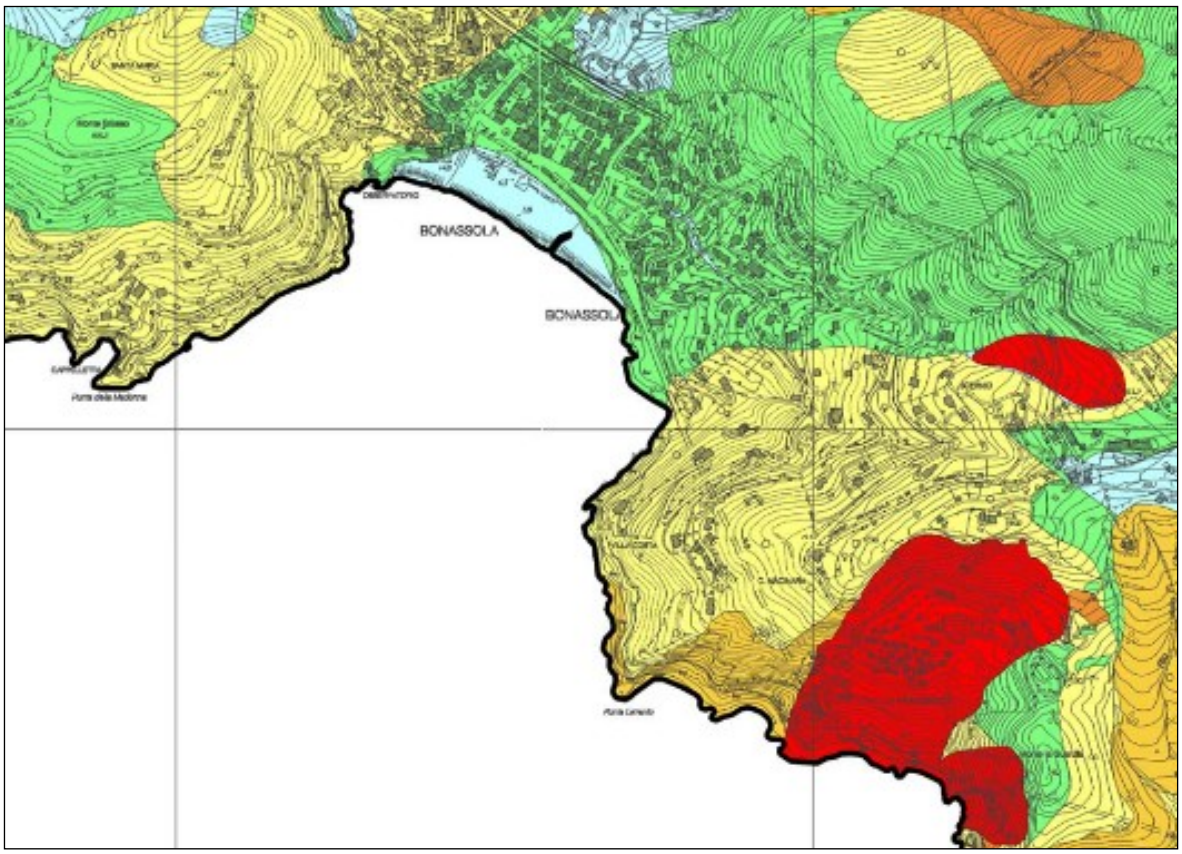


Figura 4 - *Estratto della Carta della suscettività al dissesto.*

Per gli aspetti idraulici invece le maggiori criticità sono identificate nel centro urbano: i due torrenti che convergono da monte e affluiscono all'abitato per poi scaricare in mare hanno problemi di insufficienza idraulica delle sezioni terminali e causano problemi di esondazione nell'intero tessuto urbano di fondovalle. Il rischio di esondazione è legato a eventi di piena con tempo di ritorno inferiore a 50 anni e pertanto ad alto rischio (fascia A).

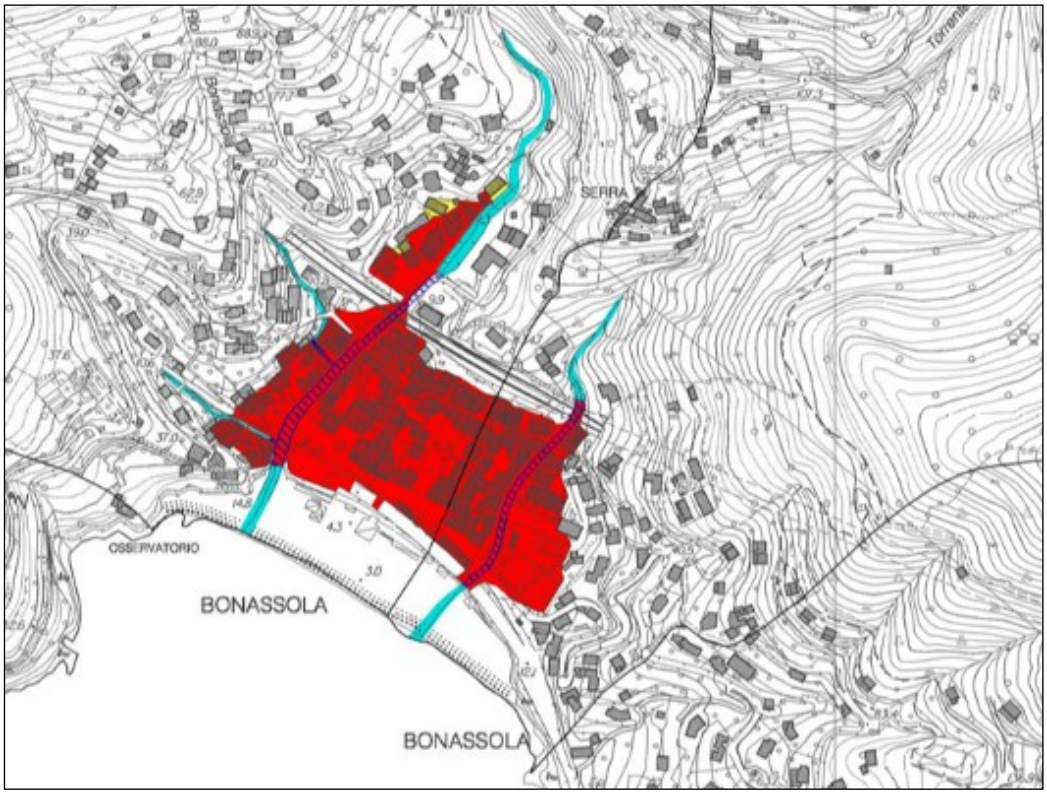


Figura 5 - *Estratto della Carta delle fasce fluviali.*

3.2.2 *Vincolo paesaggistico*

A parte alcuni vincoli architettonici puntuali, per la presenza di emergenze di interesse architettonico nel centro storico di Bonassola, l'intero territorio ricade nella "*Zona costiera dei comuni di Deiva, Framura, Bonassola, Levanto, Monterosso, Vernazza, Riomaggiore, La Spezia e Portovenere*" per bellezze di insieme, vincolato dal D.M. del 03.08.1959, successivamente integrato con D.M. del 24.04.1985.



Figura 6 - *Mappa dei vincoli paesaggistici.*

3.2.3 *Vincolo idrogeologico*

L'intero territorio del Comune di Bonassola è stato sottoposto a vincolo per scopi idrogeologici in applicazione dell'art. 1 della L. 3267 del 30.12.1923. Fa eccezione la sola zona del tessuto urbano di fondovalle, perimetrata così come indicato nella figura seguente.

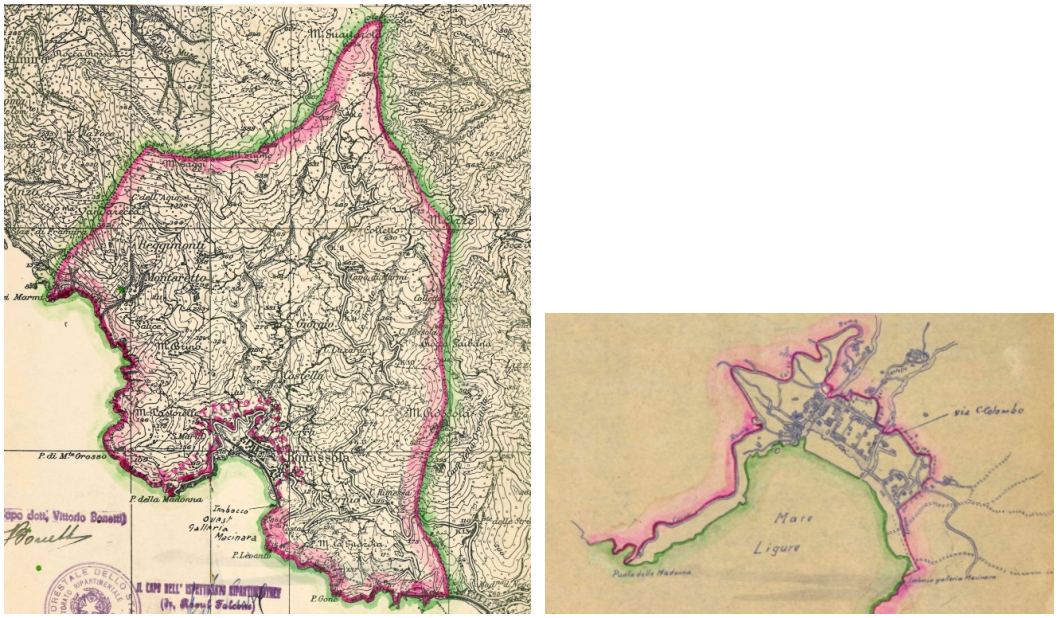


Figura 7 *- Mappa delle zone sottoposte a vincolo idrogeologico del Comune di Bonassola.*

3.2.4 *Vincoli naturalistico-ambientali*

Sul paraggio di Bonassola sono presenti tre Siti di Interesse Comunitario (SIC):

- il primo (IT 1344216) è terrestre ed è ubicato sulla parte occidentale del promontorio di Monte Grosso (Costa di Framura e Bonassola);
- il secondo (IT 1344273) è posto al ridosso della costa rocciosa alla base del medesimo promontorio (Fondali Anzo – Punta della Madonna);
- il secondo (IT 1344272) è posizionato nell'area marina antistante la costa alta che si estende verso Levante (Fondali Punta Levante).



Figura 8 - *Mappa dei SIC terrestri e marini del comune di Bonassola.*

4 EVOLUZIONE DEL LITORALE.

La spiaggia di Bonassola rappresenta il fronte mare della cittadina omonima e nel corso del tempo ha conosciuto un'alternanza di fenomeni di erosione ed accrescimento.

Le prime notizie documentate riguardo la conformazione dell'arenile sono fornite dal cartografo Matteo Vinzoni, che nel XVIII secolo indicava una morfologia molto simile a quella attuale.

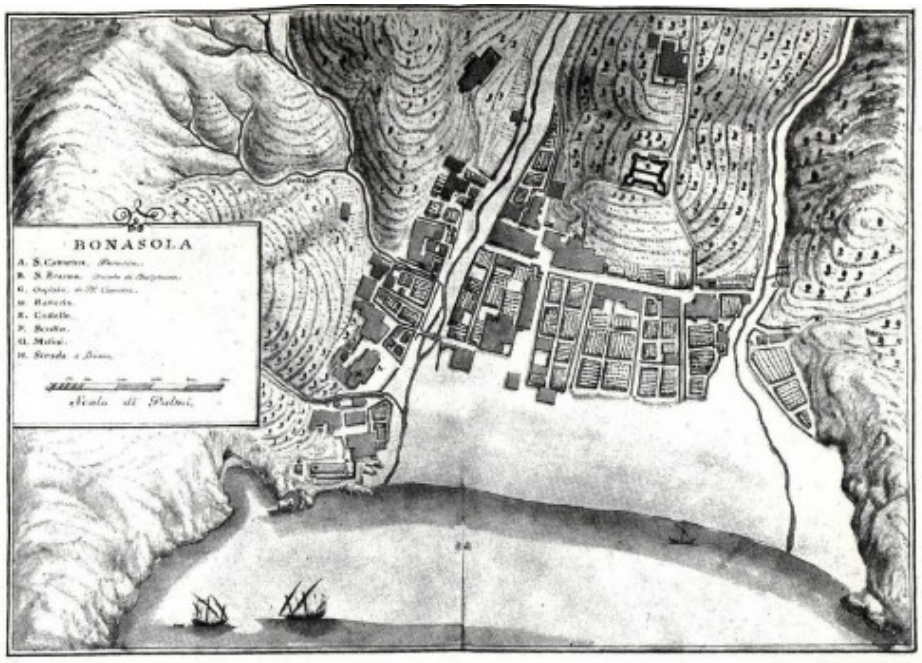


Fig. 9.2 – Planimetria di Bonassola dall'Atlante dei Domini della SS. Repubblica di Genova in Terraferma (Biblioteca Berio, Genova), pubblicato nel 1773.

Figura 9 *- Cartografia di Bonassola elaborata dal Vinzoni (1773).*

Attorno agli anni 1870, con la realizzazione della nuova linea ferroviaria a binario unico, si registra un deciso cambiamento nel trend evolutivo. I materiali di risulta vennero difatti versati a mare, fornendo così un grande quantità di materiale che determinò un sensibile avanzamento della linea di riva.



Figura 10 - *Cartolina del 1961 che ritrae le condizioni dell'arenile.*

Pochi decenni più tardi tuttavia la presenza stessa del manufatto del rilevato ferroviario, che costituiva una barriera rigida ed in gran parte riflettente, cominciò a provocare il depauperamento dell'arenile, che intorno al 1920, si trovò alla sua minima estensione. Per tutta la seconda metà del 1900 e sino a poco dopo la seconda guerra mondiale; in questo periodo si subirono numerosi danni da mareggiate che penetrarono sino al limite dell'abitato, interrompendo anche – in qualche caso – la linea ferroviaria.

Tra il 1960 e il 1970, con il raddoppio della linea ferroviaria ed il suo spostamento verso monte si ebbe disponibilità di nuove ingenti quantità di materiale che fu conferito sulla spiaggia, contribuendo ad un nuovo avanzamento (circa 45 m).

Da allora la spiaggia di Bonassola è sostanzialmente stabile, grazie anche ad alcuni ripascimenti strutturali operati per stabilizzare l'assetto plano-altimetrico.

Nella figura seguente si sono evidenziate le linee di riva nel 1973 (massimo avanzamento in linea azzurra) e nel 2019 (linea gialla). La battigia è arretrata di circa 10 metri a ponente e sino a 17 m a levante, dove il mare di libeccio arriva più diretto, per l'azione riflettente delle strutture rigide.



Figura 11 - *Variazione della linea di riva tra il 1973 e il 2019.*

5 EVENTI RECENTI.

L'ultimo importante ripascimento strutturale risale al 2006, quando furono conferiti sulla spiaggia circa 13.000 mc di materiale. Dopo tale data si susseguirono alcuni ripascimenti stagionali: 3.200 mc nel 2012, 1.000 mc nel 2013 e 400 mc nel 2015.

Tali interventi unitamente all'apporto solido dei due corsi d'acqua che convergono sulla spiaggia (San Giorgio e Rossola), stimato in circa 500 mc/anno, porta ad un sostanziale equilibrio.

Tuttavia le mareggiate del 29-30 ottobre 2018 e quelle del novembre 2023 hanno provocato ulteriori arretramenti e soprattutto hanno dimostrato come la morfologia della spiaggia (profondità e quota) sia insufficiente a difendere il tessuto urbano dal rischio di risalita del moto ondoso e di allagamento delle aree immediatamente a tergo dell'ex rilevato ferroviario.



Figura 12 - *Effetti della mareggiata del 30 ottobre 2018.*

In particolare, durante la mareggiata del 3 novembre 2023, la boa ondametrica nel golfo di La Spezia ha registrato un picco di 6,48 m di altezza d'onda significativa con un periodo di 9,7 sec. La fase culminante è stata durante la mattinata, in cui le onde si sono abbattute inesorabilmente sulla costa per cinque ore di seguito. Per quanto riguarda la mareggiata del 5 novembre, invece, il picco di altezza significativa è stato di 5,50 m con un periodo di 9 sec.

L'effetto dirompente di tale fenomeno, ovvero quello che ha portato i maggiori danni, è quindi dovuto sia alla intensità degli eventi sia soprattutto alla loro persistenza e ripetizione a brevissimo intervallo.

6 STATO ATTUALE DELL'ARENILE.

6.1 LA SPIAGGIA EMERSA.

La spiaggia di Bonassola ha la sua massima estensione sulla battigia, per circa 400 m; la parte a ridosso del muraglione che sostiene la pista ciclopedonale ha una larghezza di circa 230 metri; la profondità della spiaggia è di circa 75 m nella parte centrale tra le foci dei due torrenti, per poi assottigliarsi gradatamente sui due lati. L'area complessiva è di circa 20.000 mq.

La quota massima della spiaggia è di circa 4 metri e quindi la sua pendenza media è pari al 5%.

E' confinata a nord dal muraglione dell'ex rilevato ferroviario e ai due estremi da scogliere.

Il materiale costitutivo della spiaggia è di varia natura, con presenza di diaspri, serpentiniti e basalti, con una tessitura variabile da un minimo di pochi millimetri (2-3 mm) sino qualche decina (30-50 mm). Si è osservato che il diametro medio dei sedimenti sulla spiaggia emersa è crescente da ponente verso levante.



Figura 13 – *La diversa tessitura del materiale sull'arenile da ponente (sx) verso levante (dx).*

Recentemente (novembre 2022) sono state eseguite analisi tessiturali sul materiale della spiaggia, su sette campioni di sedimento prelevato in battigia (vedi doc. R2): i risultati mostrano che il sedimento è riferibile alle ghiaie ed alle ghiaie sabbiose (fig. 14).

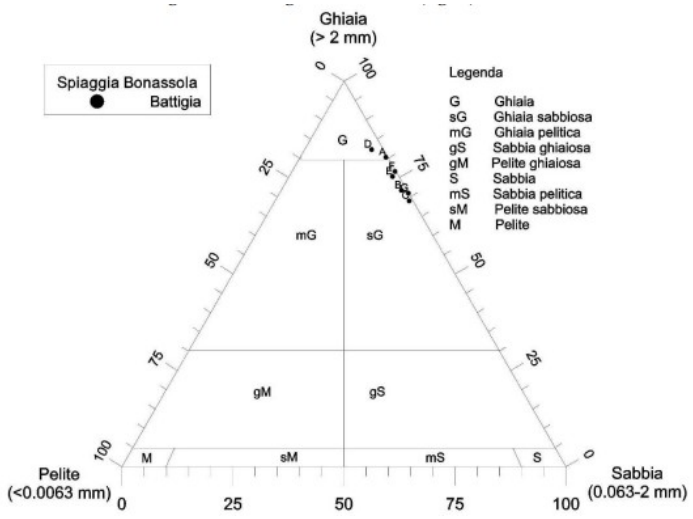


Figura 14 *– Classificazione dei sedimenti (Folk & Ward, 1967).*

In particolare, i campioni A e D, rispettivamente nel settore estremo di ponente e nella porzione centrale, sono costituiti da ghiaia, mentre, i restanti, da ghiaie sabbiose. Per quanto riguarda le dimensioni del sedimento (D_{50}), si può osservare che questi hanno valori compresi tra 3 e 4,3 mm (fig. 14).

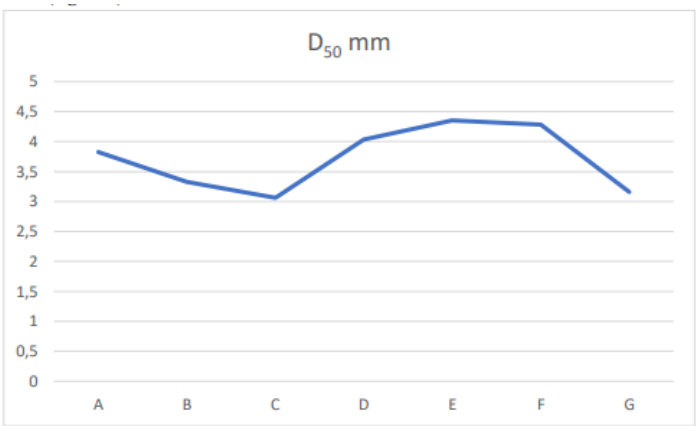


Figura 15 *– Distribuzione delle dimensioni mediane del sedimento (D50) alla battigia, da ovest (A) verso est (G).*

Le tessiture medie maggiori sono individuabili nel settore centro-orientale, che risulta essere anche quello con le maggiori percentuali di ghiaia. Questa situazione sembra mostrare un depauperamento della frazione sabbiosa in coincidenza della zona centrale della spiaggia. Quindi, l'andamento di questo parametro sembra indicare un modesto flusso di sedimenti da ponente verso levante, che però, è occasionalmente interrotto nel settore centrale dalla presenza di una corrente trasversale (*rip current*) che spinge al largo le frazioni sabbiose presenti sulla spiaggia. Questa ipotesi è confermata dalla figura 16, dove si osserva appunto la presenza di questa *rip current* al centro della baia.



***Figura 16** – Rip current presente nel settore centrale della spiaggia durante una mareggiata.*

Quindi, in presenza di agitazioni ondose relativamente intense, si può ritenere che vi siano due flussi, con verso opposto, che dalle porzioni esterne della baia convergono verso la zona centrale, determinando, all'estremità l'impoverimento della frazione sabbiosa e contemporaneamente dando origine alla *rip current*. Infatti, in questi settori si osservano le tessiture maggiori.

Sulla spiaggia sono presenti due stabilimenti balneari in concessione, oltre ad una spiaggia libera attrezzata e una porzione di arenile su cui vengono rimesse le imbarcazioni. I due lembi estremi della spiaggia sono lasciati a spiaggia libera.



***Figura 17 -** Assetto attuale della spiaggia nella configurazione estiva.*

6.2 LA SPIAGGIA SOMMERSA.

I rilievi batimetrici eseguiti recentemente (ottobre 2022) dalla ditta Geocoste s.r.l. su incarico del Comune di Bonassola hanno sostanzialmente confermato la morfologia già rilevata nel corso delle indagini eseguite dalla Regione Liguria per la redazione del PTAMC-16 già citato (rilievi del 2008).

Le linee batimetriche sono disposte parallelamente alla linea di riva, con andamento omogeneo e senza presentare particolari anomalie.

In generale si può osservare come i fondali crescano abbastanza rapidamente, con una pendenza del profilo di fondo piuttosto elevata, almeno sino a -20 m: a circa 30 metri da riva si hanno già profondità di -5 metri e -10 m a circa 190 metri.

Si è verificato anche che un vecchio rilievo eseguito dall'Istituto idrografico della Marina nel 1885 porta linee isobatimetriche non molto dissimili da quelle rilevate attualmente.

I fondali della baia di Bonassola sono sostanzialmente stabili e formati da sabbie.

7 ANALISI DEL MOTO ONDOSO.

7.1 MOTO ONDOSO AL LARGO.

Il clima del moto ondoso al largo dell'Ambito 16 è stato definito sulla base delle misurazioni eseguite all'ondametro R.O.N. di La Spezia.

La boa ondametrica situata al largo della Spezia (posizione 43°55',7 N – 9°49',6 E) è inserita nella rete ondametrica nazionale ed è attiva dal 1989, pur con alcune interruzioni. Le osservazioni forniscono altezza spettrale (Hm), periodo di picco (Tp), periodo medio (Tm) e direzione media totale di propagazione (DTM) ogni tre ore e, nel caso di superamento della soglia di Hm pari a 4,50 m, ogni 30 minuti.

L'area di ubicazione della boa di La Spezia è completamente aperta al settore 210°-240° (*fetch* praticamente illimitato), settore da cui provengono le mareggiate più intense. Per tutti gli Ambiti oggetto di studio è possibile affermare che l'esposizione ai mari più frequenti e dominanti è del tutto analoga.

In particolare, la posizione dell'ondametro della Spezia è ben rappresentativa dell'esposizione degli Ambiti 17 e 18, mentre per l'Ambito 16 tali dati sono stati trasposti per tenere conto delle differenze di esposizione dell'Ambito 16 rispetto al punto di localizzazione della boa ondametrica.

Il numero di dati rilevati (pari a 97.114) e l'intervallo temporale di osservazione (luglio 1989 – settembre 2006, 17 anni; di cui dal luglio 2002 misurati in continuo) consentono di effettuare un'analisi statistica avente buona attendibilità.

I dati delle ondazioni al largo per le tre direzioni di provenienza da 150°N (scirocco), 180°N (meridione) e 240°N (libeccio), per i tre tempi di ritorno compresi tra 1 e 100 anni sono riportati nella tabella seguente: come si può verificare, i mari di libeccio sono quelli più vigorosi.

Zona di influenza compresa tra Punta Mesco e Punta Baffe						
Dir °N	T_R (anni)					
	1		50		100	
	H (m)	T_p (s)	H (m)	T_p (s)	H (m)	T_p (s)
150°N	3.4	8.3	6.9	11.8	7.4	12.3
180°N	3.2	8.1	6.7	11.6	7.2	12.1
240°N	5.0	10.1	7.9	12.7	8.4	13.1

7.2 *PROPAGAZIONE VERSO RIVA.*

Il paraggio di Bonassola è esposto prevalentemente ai mari di libeccio. La orientazione della baia, protetta dai promontori rocciosi ai due lati è aperta alle direzioni dei fronti d'onda provenienti da 200° a 240°N.

I mari di scirocco e meridione arrivano ugualmente a riva, ma con energie e altezze d'onda molto inferiori, per effetto della rifrazione.

Nel PTAMC-16 sono stati elaborati i dati di moto ondoso al largo, per determinare l'evoluzione che l'onda subisce nella sua propagazione verso costa mediante un modello numerico bidimensionale: il modulo Spectral Waves (SW) del codice di calcolo MIKE 21 di DHI (Danish Hydraulic Institute).

Per il paraggio di Bonassola (sez. B 322) si sono pertanto determinate le caratteristiche delle onde provenienti dalla direzione di 240°N per i tempi di ritorno di 1 e 50 anni.

RISULTATI								
Nome sezione	T = 1 anno				T = 50 anni			
	H_{largo} [m]	H_{frang} [m]	Decr [%]	$Direzione_{largo}$ [°N]	H_{largo} [m]	H_{frang} [m]	Decr [%]	$Direzione_{largo}$ [°N]
B 322	5	3.3	34	240	7.9	6.3	21	240

Si è inoltre stimata la profondità a cui si verifica il frangimento delle onde per i due tempi di ritorno: le onde con T=1 anno frangono su un fondale di 5,6 m mentre le onde cinquantennali frangono su 10,8 m circa.

7.3 *STIMA DELLA RISALITA DELLE ONDE (RUN-UP).*

Utilizzando la formula di Van der Meer, si è valutata la massima altezza che possono raggiungere le onde che risalgono la spiaggia. Tale formula è sperimentale ed è funzione della morfologia della spiaggia sommersa e di quella emersa, della struttura del materiale, della permeabilità.

I valori risultanti per i due eventi associati a 1 e 50 anni, rispettivamente pari a 3,4 m e 5,6 m s.l.m., sono stati utilizzati per la valutazione delle fasce dinamiche A e B, ovvero dell'estensione delle onde oltre la linea di riva.

Nel caso di evento annuale la fascia A si estende sino a 45 m dalla linea di riva.

Nel caso di evento cinquantennale la fascia B si estende sino a 72 m dalla linea di riva.

In questo secondo caso le onde possono raggiungere la testa della spiaggia e arrivare a lambire il rilevato dell'ex ferrovia; dove il rilevato presenta le aperture ad arco le onde proseguono e

arrivano ad allagare le strade del paese, come in effetti è successo durante la mareggiata del 2018.

8 ASPETTI NATURALISTICI E AMBIENTALI

8.1 DEPURAZIONE.

Le acque reflue di Bonassola sono raccolte in un impianto che, dopo un pre-trattamento, le invia in pompaggio al nuovo impianto di depurazione sito nel territorio del Comune di Levanto.

La condotta di scarico a mare ancora esistente è solo di emergenza; essa ha una estensione di 850 m, con un diffusore che porta i reflui ad una profondità di 30 metri.

8.2 QUALITÀ DELLE ACQUE

Dalle misurazioni effettuate nel triennio 2014-2017 lo stato ambientale del sito di Bonassola risulta "buono", con una qualità delle acque di balneazione "eccellente".

8.3 HABITAT MARINI.

Il litorale del paraggio, eccetto per la spiaggia sabbiosa davanti all'abitato di Bonassola, è caratterizzato principalmente da costa alta e rocciosa colonizzato nei primi metri da alghe fotofile con la presenza in alcuni punti più profondi di alghe sciafile infralitorali.

Davanti all'abitato di Bonassola in particolare non risultano fanerogame, ancorché in linea teorica la linea di frangimento del moto ondoso e la profondità del fondale indichino una vasta area compatibile con la loro presenza.

Lungo Punta della Madonna vicino a costa si trova una fascia di Posidonia oceanica su roccia compresa tra i 5 e i 33 metri di profondità.

Davanti a Punta Levanto si trova invece un'ampia prateria di Posidonia oceanica costituita da formazione a mosaico nella fascia tra le isobate dei 16 e 33 metri. Qui il limite superiore della prateria si trova più al largo della linea di frangimento delle mareggiate di ritorno cinquantennale, probabilmente a causa dell'effetto di riflessione delle onde sulle falesie.

Nel complesso la Posidonia oceanica occupa nel paraggio circa 24.1 ha. Le praterie di Posidonia sono ricomprese nelle ZSC IT1344273 "Fondali di Anzo – Punta della Madonna" e ZSC IT1344272 "Fondali Punta Levanto".

Davanti alle due punte vi è inoltre la presenza di formazioni di Coralligeno per un'area totale di oltre 3 ha.

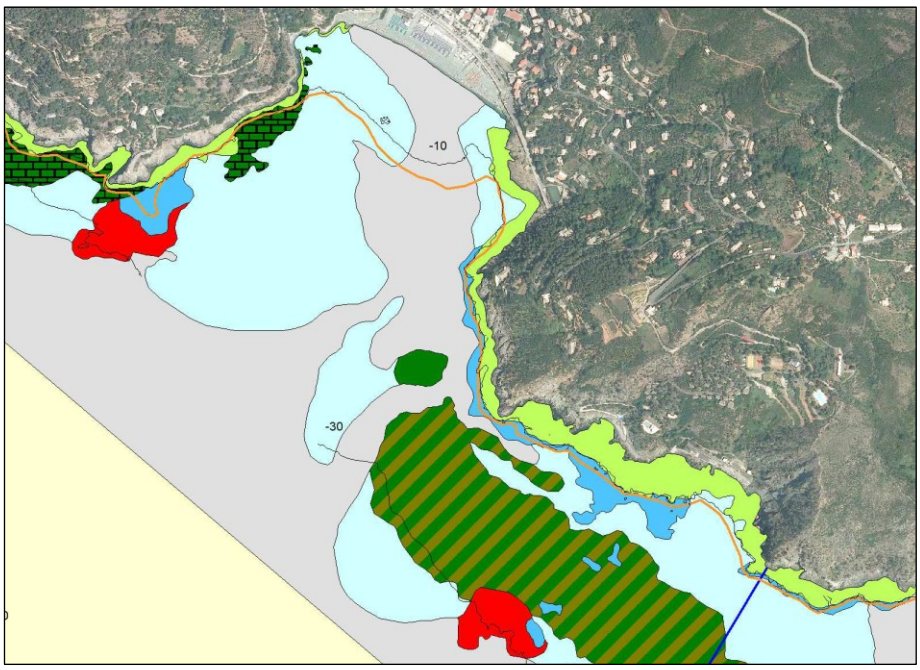


Figura 18 *- Atlante degli habitat marini del paraggio.*

Nella relazione sul paraggio di Bonassola che fa parte del PTAMC-Ambito 16, alla luce dei suddetti rilievi, si prescrive che *i ripascimenti sono consentiti solo se necessari per la manutenzione delle spiagge esistenti in equilibrio con le condizioni idrodinamiche locali e che impieghino materiali di comprovata stabilità*.

Atlante degli Habitat Marini - Classe

- insieme dei popolamenti algali fotofili infralitorali di substrato duro
- insieme dei popolamenti algali fotofili infralitorali di substrato duro artific.
- popolamenti delle alghe sciafili infralitorali
- popolamenti del Coralligeno
- Caulerpa cylindracea
- prato di Cymodocea nodosa
- prato di Cymodocea nodosa su "matte" morta
- popolamenti dei fondi detritici costieri
- popolamenti dei fondi detritici infangati
- fanghi costieri
- popolamenti delle grotte semioscure e oscure
- "matte" morta di Posidonia oceanica
- formazione a mosaico di Posidonia oceanica viva e "matte" morta
- ambiente portuale
- prateria di Posidonia oceanica
- Posidonia oceanica tra e su roccia
- sabbie litorali (in senso lato)
- sedimenti grossolani (sabbie grossolane, ghiaie e ciottoli)
- sedimenti grossolani con elementi del Coraligeno

9 SINTESI DELLE CRITICITA' E PREVISIONI DI INTERVENTO.

9.1 ELEMENTI DI RISCONTRATA CRITICITÀ.

Gli elementi critici che necessitano di intervento sono di due tipo e sono stati affrontati separatamente, dividendoli anche in due possibili lotti. Il primo riguarda la necessità di ripascimento della spiaggia del Capoluogo e il secondo la riparazione di alcuni tratti di scogliere poste a difesa della ciclopedonale.

9.1.1 La spiaggia del Capoluogo.

Per quanto è stato analizzato nel PTAMC-Ambito 16 e sulla base di osservazioni puntuali del sito, oltre che da studi recentemente condotti dal DiSTAV dell'Università degli Studi di Genova, il litorale di Bonassola risulta in sostanziale equilibrio: esiste una deriva litorale dei sedimenti sulla spiaggia da ponente verso levante e una modesta fuoriuscita di materiale verso le maggiori profondità, indotte dalla *rip-current* precedentemente citata.

Tuttavia tali deficit sono molto limitati e sono stati controbilanciati da ripascimenti strutturali e stagionali negli ultimi 15 anni. La maggiore criticità della spiaggia di Bonassola non è tanto la sua stabilità, ma la sua ampiezza, che non è sufficiente a contrastare il fenomeno di risalita dell'onda.

Le onde di maggiore altezza, soprattutto nella porzione di levante della spiaggia (che ha minore profondità) raggiungono facilmente la base del rilevato che costituisce elemento rigido e riflettente. In questo scenario le strutture più esposte sono gli stabilimenti balneari e – per eventi più gravosi - l'abitato retrostante il terrapieno.



***Figura 19** – La spiaggia di Bonassola in una vista complessiva da sud-est.*

E' quindi necessario un intervento di ripascimento che permetta un'estensione della spiaggia, sia della porzione sommersa antistante la linea di riva sia – parzialmente – di quella emersa, attuando un avanzamento della linea di battigia: i fondali di minore profondità faciliteranno il frangimento e la dissipazione delle onde e la maggiore profondità dell'arenile inibirà la risalita del moto ondoso.

9.1.2 Dissesti delle scogliere a difesa della ciclopedonale (ex sede ferroviaria).

Nel corso di recenti sopralluoghi eseguiti lungo il litorale di Bonassola ed in particolare nel tratto di costa alta compreso tra il centro di Bonassola e l'abitato di Levanto, si sono osservati fenomeni di dissesto di parti di scogliere poste a difesa delle porzioni aperte del percorso della ex ferrovia, oggi ciclopedonale. La maggior parte del tracciato, che ha uno sviluppo complessivo di circa 2100 m, è in galleria; ma alcuni brevi tratti sono a cielo aperto e il manufatto della ex sede ferroviaria, a quota costante di circa 10 m s.l.m., è sostenuto da muri massicci, rivestiti in pietra e protetti alla base da scogliere frangiflutti costituite da massi ciclopici.

In questi tratti, dove naturalmente il tracciato è più vulnerabile e aggredito dal moto ondoso, si sono verificati parziali crolli, dovuti a perdita di blocchi, sottrazione di materiale alla base o ribaltamento di elementi lapidei nelle parti superiori.

I punti in cui tali fenomeni si sono riscontrati maggiormente, soprattutto dopo le ultime mareggiate, indicati nella successiva figura, sono:

- il tratto sotto il villaggio "La Francesca" (punto B),
- il tratto aperto in località Secca La Galera (punto C),
- la scogliera emersa frangiflutti in loc. Vallesanta (punto D).

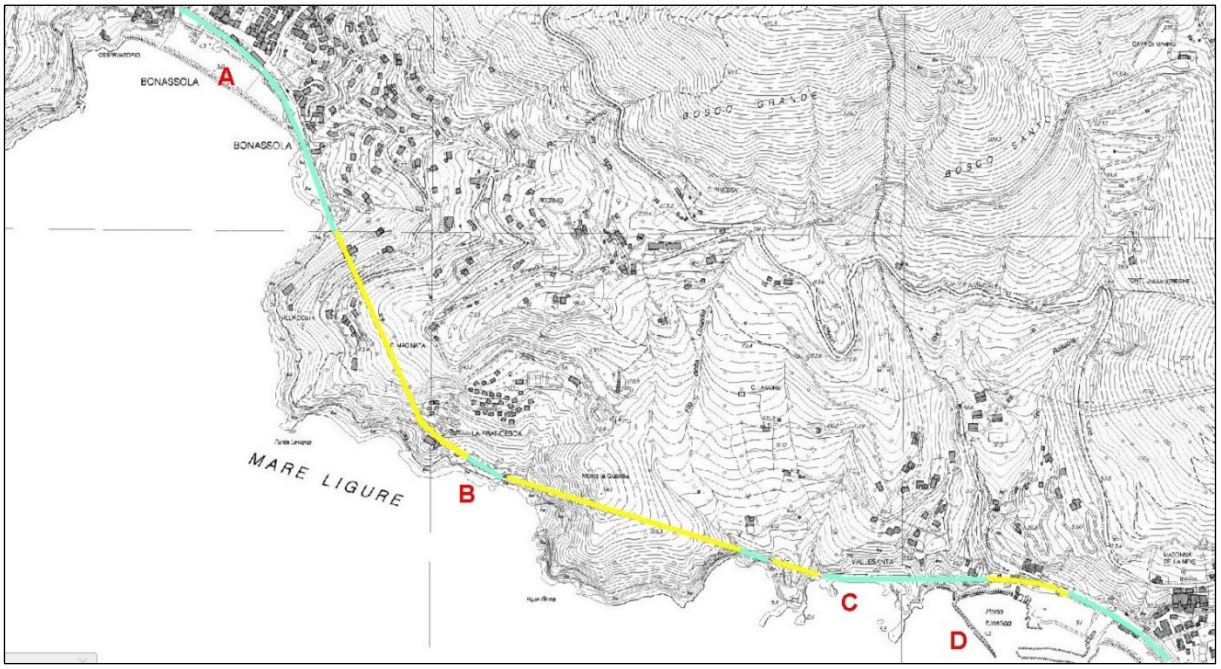


***Figura 20** - Cartografia con indicazione degli interventi di difesa della costa.*

9.2 INTERVENTI PREVISTI

9.2.1 Intervento di ripascimento della spiaggia del Capoluogo (Lotto 1 – p.to A).

La soluzione migliore per contrastare questo fenomeno è ovviamente quello di aumentare la estensione della spiaggia, incrementando quindi l'effetto di dissipazione del moto ondoso e riducendo il *run-up* oltre la battigia.

Non è possibile aumentare la quota della sommità della spiaggia, che altrimenti risulterebbe più elevata del piano stradale retrostante, ma occorre invece avanzare la linea di riva.

Si prevede quindi di eseguire un ripascimento strutturale con un quantitativo che è stato stimato in circa 20.000 mc, ovvero circa 45-50 mc per ogni metro di sviluppo lineare della spiaggia.

Anche nel PTAMC-Ambito 16 le indicazioni progettali di intervento raccomandano la esecuzione di ripascimenti strutturali da 10/20.000 mc da ripetere a cadenza pluriennale o ripascimenti stagionali da 2/3.000 mc; si rammenta che l'ultimo ripascimento strutturale (13.000 mc) fu eseguito nel 2006.

Contando la somma dei ripascimenti eseguiti dal 2006 al 2023 (17.600 mc) e confrontandola con i ripascimenti stagionali che si sarebbero potuti eseguire annualmente nel medesimo periodo

(36.000 mc), si può effettivamente stimare che è lecito prevedere un prossimo ripascimento di circa 20.000 mc.

Anni	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	TOTALE
Rip. eseguiti	13000						3200	1000		400									17600
Rip. stag.	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	36000
Delta																			18400

9.2.2 *Profili di equilibrio della spiaggia.*

Avendo osservato la tessitura della spiaggia attuale, campionata mediante numerosi prelievi sulla battigia, successivamente analizzati da laboratori specializzati che hanno presentato le curve granulometriche dei sedimenti (vedi doc. R2), si è verificato che il diametro D_{50} – ovvero quello che divide in due parti equivalenti la curva – è variabile tra 3 e 7 mm.

Trattasi quindi di ghiaie medie (diam. 6-20 mm).

Pertanto, allo scopo di determinare i quantitativi di materiale necessari al ripascimento, si è provveduto alla determinazione teorica del profilo trasversale d'equilibrio della spiaggia, utilizzando la metodologia proposta da Dean (1977).

Questa soluzione, comunemente adottata negli studi d'ingegneria idraulica marittima, approssima in modo più o meno corretto il profilo reale, anche in funzione della situazione morfo – sedimentaria contingente.

L'algoritmo matematico utilizzato per l'ottenimento del profilo è basato sulla semplice relazione tra la distanza da costa (off-shore) e la profondità del fondale:

$$d = Ax^m$$

in cui:

$$m = 2/3$$

Il parametro A (dimensionalmente legato al fattore m per fare assumere a d il valore di una distanza) è funzione delle caratteristiche del sedimento (diametro medio) e va ad agire sulla forma del profilo di equilibrio.

Risulta evidente che tale metodologia, appunto per i suoi caratteri generali, presenti sostanzialmente una approssimazione del problema; inoltre essa è basata su presupposti teorici limitativi (onda monocromatica, indice di frangimento costante, piani d'onda paralleli alla costa ecc.) ed è quindi utile ricordare le affermazioni fatte da Pilkei et al. (1993).

La trasposizione dei dati desunti dalla modellizzazione dei profili di equilibrio della *shoreface* nella realtà, devono tenere conto di diversi assunti di base sui profili di equilibrio, che talvolta non vengono riscontrati in situazioni reali. Non sempre, infatti:

1. il movimento dei sedimenti è guidato solo dalla diffusione legata all'energia delle onde, attraverso la *shoreface*,
2. la *shoreface* presenta una coltre di sedimenti tanto abbondante da rendere la struttura geologica di fondo totalmente ininfluente sulla forma del profilo.

L'obiettivo che s'intende perseguire con questa analisi è di individuare granulometrie idonee alle aree oggetto di studio ed individuare i quantitativi complessivi di materiale necessario all'intervento.

In questo studio la metodologia proposta da Dean, è stata applicata su tre sezioni rappresentative, ovvero rispettivamente:

- settore di ponente (profilo B),
- settore centrale (profilo E),
- settore di levante (profilo G).

Si è ipotizzato un avanzamento della spiaggia pari a circa 8 metri utilizzando quattro differenti dimensioni medie del sedimento: 7 mm, 10 mm, 15 mm, 20 mm. Si è potuto quindi determinare i quantitativi necessari per il ripascimento di un metro lineare di spiaggia in funzione delle differenti tessiture.

9.2.2.1 *Profilo di ponente (Sezione B)*

La sezione B presenta un profilo naturale piuttosto acclive (10% circa). La metodologia di Dean applicata ad essa, mostra valori pari a circa 80 mc per metro lineare con tessiture di 7 mm, quantitativi minori, circa 50 mc, per tessiture pari a 15 e 20 mm, decisamente inferiori, 40 mc, per sedimenti con diametro medio di 20 mm. La profondità d'intersezione con il profilo naturale si colloca a circa 8 metri, utilizzando tessiture pari a 7 mm, quindi in prossimità della profondità di chiusura, a profondità decisamente inferiori utilizzando sedimenti più grossolani: 6 m (10 mm), 5,7 m (15 mm) 4,5 m (20 mm).

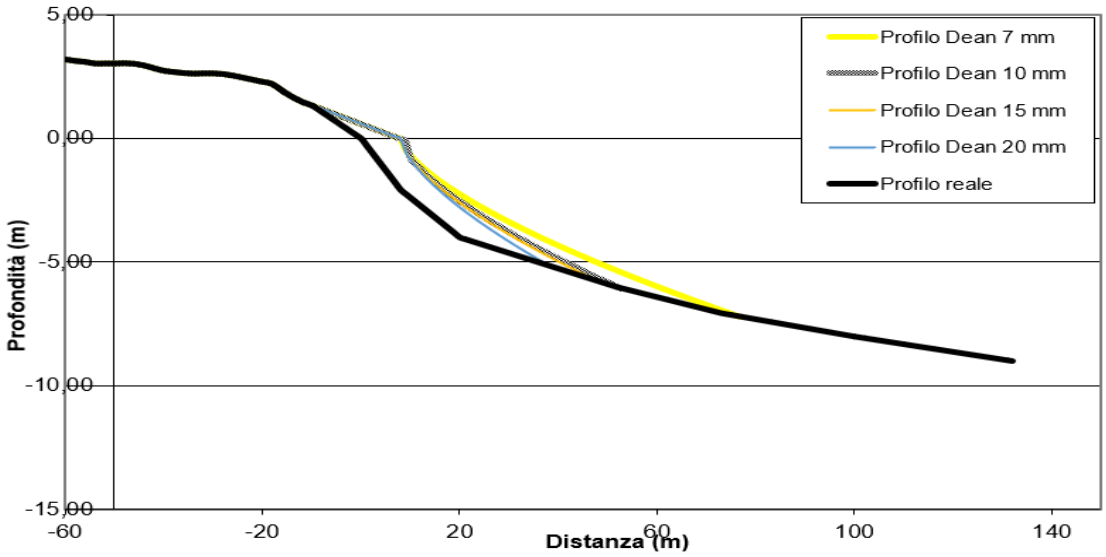


***Figura 21** – Profilo di spiaggia per sez. B (ponente), con la formula di Dean per diametri variabili tra 7 e 20 mm.*

9.2.2.2 *Profilo centrale (Sezione E)*

La sezione E presenta un profilo naturale simile al precedente e conseguentemente i quantitativi richiesti sono simili a quelli della sezione B. In particolare si ottengono quantitativi pari a circa 80 mc per metro lineare con tessiture di 7 mm, quantitativi minori, circa 50 mc, per tessiture pari a 15 e 20 mm, decisamente inferiori, 35 mc, per sedimenti con diametro medio di 20 mm.

La profondità d'intersezione con il profilo naturale risulta essere simile ma a quote leggermente superiori, a circa 7,3 metri, utilizzando tessiture pari a 7 mm, inferiori utilizzando sedimenti più grossolani: 6,4 metri (10 mm), 6,2 m (15 mm) 5,5 m (20 mm).

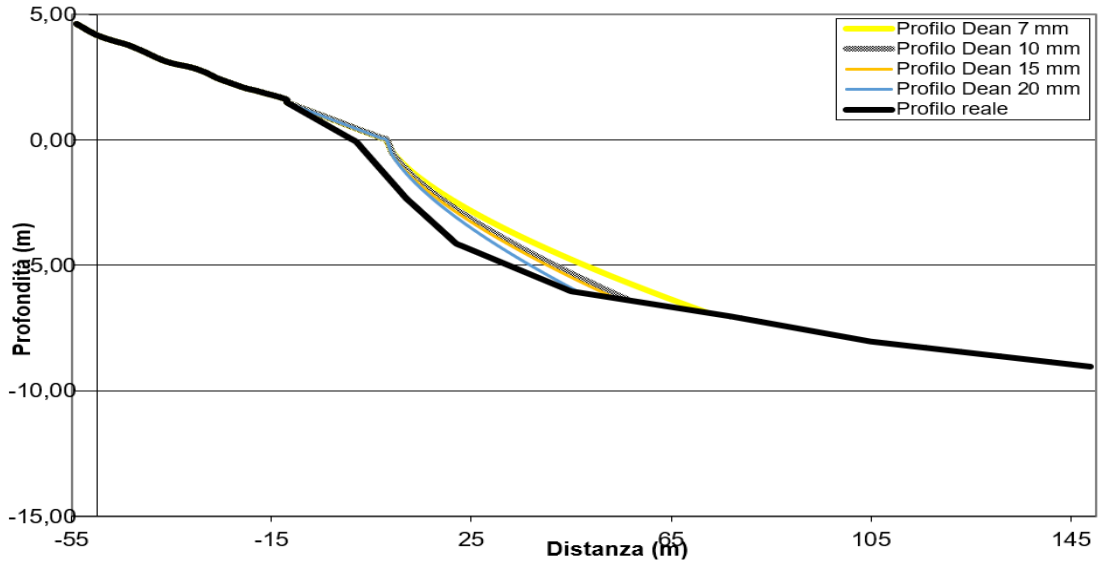


***Figura 22** – Profilo di spiaggia per sez. E (centro), con la formula di Dean per diametri variabili tra 7 e 20 mm.*

9.2.2.3 *Profilo di levante (Sezione G)*

La sezione G è quella che presenta un profilo naturale meno acclive (minore del 10%) quindi i quantitativi richiesti sono inferiori alle precedenti sezioni specie per le dimensioni inferiori utilizzate. Risultano necessari quantitativi pari a circa 65 mc per metro lineare con tessiture di 7 mm, quantitativi minori, circa 45 mc, per tessiture pari a 10 e 15 mm, decisamente inferiori, 35 mc, per sedimenti con diametro medio di 20 mm. Conseguentemente anche la profondità d'intersezione con il profilo naturale risulta essere a profondità minore per le tessiture più grossolane. In particolare si osserva un'intersezione, simile alla sezione precedente, a circa 7,3 metri, utilizzando tessiture pari a 7 mm, decisamente inferiori utilizzando sedimenti più grossolani: 5,6 metri (10 mm), 5,3 m (15 mm) 4,6 m (20 mm).

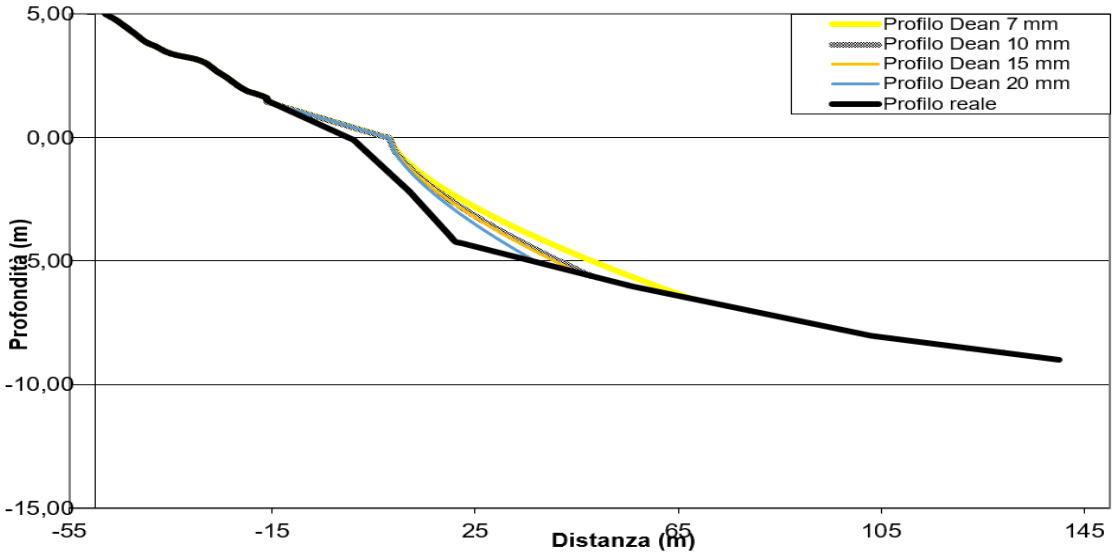


***Figura 23** – Profilo di spiaggia per sez. G (levante), con la formula di Dean per diametri variabili tra 7 e 20 mm.*

9.2.3 *Indicazioni per la fornitura di materiale da ripascimento*

In conclusione si prevede quindi di conferire sulla spiaggia del **materiale ghiaioso con pezzatura compresa tra 7 e 15 mm**, diametri che garantiscono una buona stabilità della spiaggia, con un avanzamento della linea di riva di circa 8 metri.

La pendenza media della spiaggia risulterà pari all'1% circa, partendo dalla base del rilevato della ex ferrovia ed estendendosi per circa 50 metri oltre la linea di riva anche sulla porzione di spiaggia sommersa, sino alla profondità di circa 6-7 metri.

Il nuovo profilo di spiaggia, avendo una pendenza inferiore a quella attuale, soprattutto nella parte prossima alla battigia e nella zona antistante, avrà come effetto quello di una maggiore dissipazione del moto ondoso, rallentandone la risalita lungo l'arenile e evitando il fenomeno di allagamento della parte urbanizzata.

Il materiale selezionato per il ripascimento sarà preferibilmente proveniente da cave lungo il fiume Po, che potranno garantire qualità elevata, granuli non spigolosi e privi di matrice fine.

Nel passato si è già utilizzata una cava di prelievo presente sul medio corso del Po, nel tratto tra Piacenza e Cremona. Il materiale è stato conferito a Levanto per il ripascimento della spiaggia. Nel documento R2 si sono riportati, oltre alle analisi eseguite sul materiale presente sull'arenile di Bonassola, anche quelle relative alle ghiaie della cava del Gruppo Bassanetti in località San Nazzaro (PC).

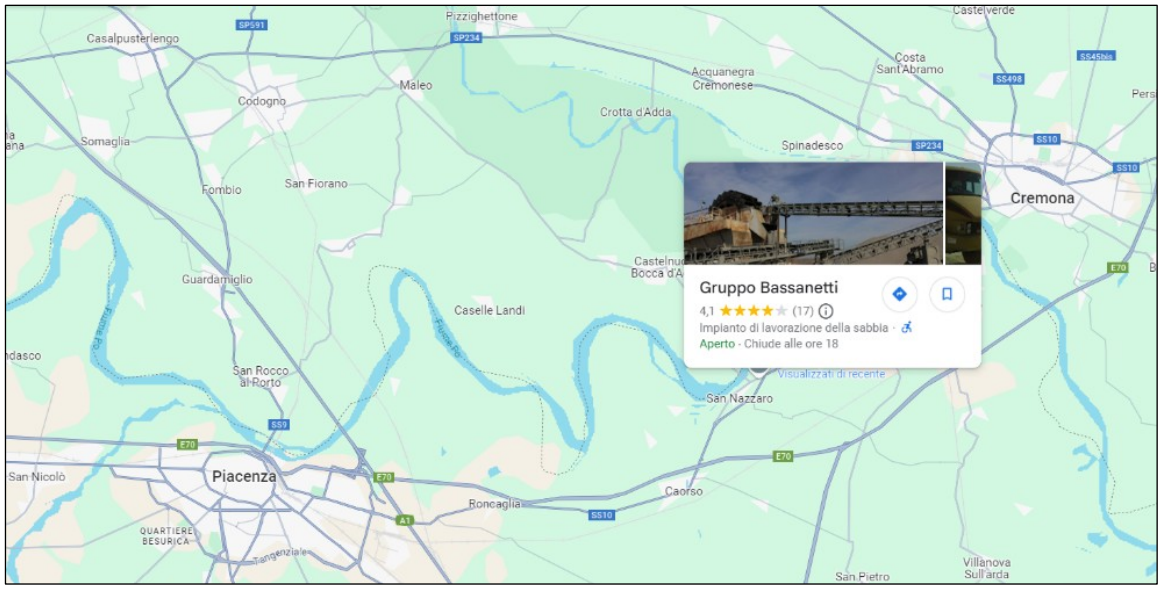


***Figura 24** – Ubicazione della cava sul fiume Po in provincia di Piacenza*

.

In quella occasione si era utilizzato materiale di pezzatura inferiore, pari a 4-8 mm.

Nel nostro caso si potrà richiedere un range di granulometria di maggiore dimensione, pari a 7-15 mm, secondo le valutazioni sopra riportate. La qualità e le caratteristiche fisico-chimiche del materiale non cambiano.

Nella seguente tabella riassuntiva si mettono a confronto i valori delle analisi chimiche eseguite sul materiale di Bonassola con quelle della ghiaia di Piacenza ([1]), relativamente alle sostanze pericolose (metalli pesanti).

[1] Rapporto di prova n. BN_2017-298/SC1 del 10.05.2017 su campione prelevato in data 28.04.2017.

Sostanza	udm	Bonassola	Piacenza
Arsenico (As)	mg/kg s.s.	1,00	1,07
Cadmio (Cd)	mg/kg s.s.	<0,03	0,15
Cromo totale (Cr)	mg/kg s.s.	185 – 404	82,5
Cromo esav. (Cr VI)	mg/kg s.s.	0,2 – 6,8	n.d.
Mercurio (Hg)	mg/kg s.s.	< 0,005	0,2
Nichel (Ni)	mg/kg s.s.	223 – 357	63,7
Piombo (Pb)	mg/kg s.s.	1,00	4,21
Rame (Cu)	mg/kg s.s.	12,0 – 26,4	25,3
Zinco (Zn)	mg/kg s.s.	15,3 - 23,8	16,4
Idrocarb. totali	mg/kg s.s.	<5000	n.d.
Residuo fisso a 105°	%	95,9 – 97,4	99,7

9.2.4 *Stima del run-up sulla spiaggia*

La pendenza della nuova spiaggia risulterà inferiore a quella attuale, per effetto dell'avanzamento della linea di riva.

Inoltre il materiale verrà versato in gran parte sulla fascia prossima alla battigia; il profilo della spiaggia emersa verrà a raccordarsi in maniera più dolce con la spiaggia sommersa, dove adesso è presente un cambio di pendenza significativo.

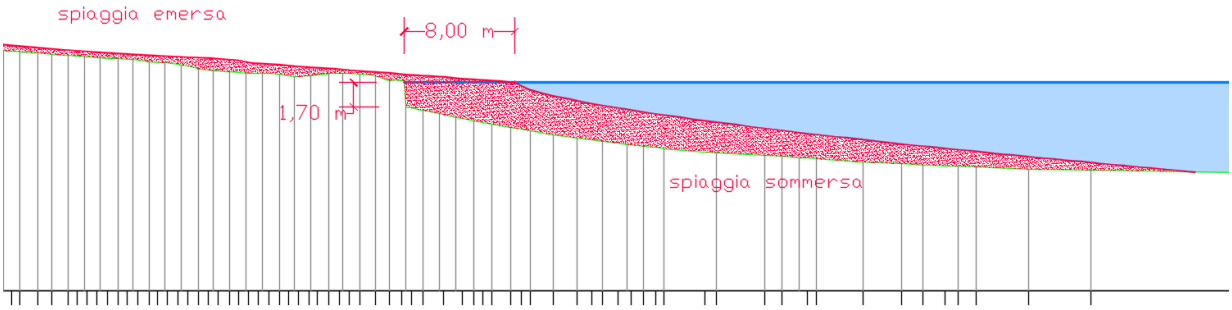


***Figura 25** – Sezione trasversale della porzione centrale della spiaggia con il profilo del ripascimento.*

Per valutare l'effetto di tale diversa morfologia della spiaggia soprattutto per ridurre l'effetto di risalita dell'onda verso monte, si è fatto riferimento alla formula sperimentale di Mase (1989), evoluzione degli studi di Van der Meer.

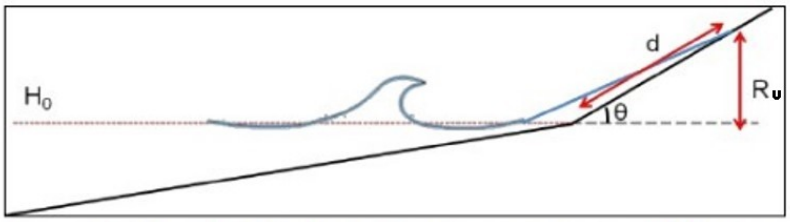


Fig. 4. Procedura per il calcolo del run-up nel caso di spiagge. Parametri: d=distanza d'inondazione; R_u=run up; θ=angolo d'inclinazione della spiaggia; H_0 = altezza d'onda significativa off-shore.

Secondo lo schema riportato in figura, il valore del run-up Ru è determinato con la :

$$Ru = a \left(\frac{\tan\theta}{\sqrt{\frac{H_0}{L_0}}} \right)^b H_0$$

dove:

θ è la pendenza della spiaggia emersa su cui risale l'onda

Ho è l'altezza d'onda al largo

Lo è la lunghezza dell'onda off-shore

a, b sono parametri sperimentali, che vengono forniti con un valore massimo e uno medio:

	a	b
Valore massimo	1,38	0,70
Valore medio	0,88	0,65

Si è stimato quindi il valore del run-up nella condizione di stato attuale e in quella di progetto, per vari periodi di ritorno dell'ondazione al largo, variabili tra 1 e 50 anni.

Nello stato attuale la pendenza media della spiaggia risulta pari a 6,8%, mentre nello stato di progetto la pendenza si riduce al 5,0%.

Nella seguente tabella sono riportati i valori ottenuti per la condizione attuale, applicando la suddetta formula.

R	1	10	50	anni
tan (θ)	0,068	0,068	0,068	-
Ho	5,00	6,70	7,90	m
Lo	159,04	213,12	251,29	m
Ho/Lo	0,03	0,03	0,03	-
$(Ho/Lo)^{0,5}$	0,18	0,18	0,18	-
Parametri della formula di Mase		a_{max}	1,38	-
		b_{max}	0,70	-
		a_{med}	0,88	
		b_{med}	0,65	-
STATO ATTUALE	Ru max	3,54	4,75	5,60	m
	Ru med	2,37	3,17	3,74	m

I valori massimi del run-up sono analoghi a quelli valutati con la formula di Van der Meer, riportati nello studio idraulico allegato al PTAMC-16 (3,4 m per onde con periodi di ritorno 1 anni e 5,6 m per onde 50-ennali).

Nello stato di progetto i valori del run-up si riducono del 20% circa rispetto allo stato attuale.

Si tenga conto inoltre che nella condizione di progetto la estensione della spiaggia è maggiore e pertanto sarà maggiore l'effetto dissipativo sul fenomeno di risalita delle onde.

R		1	10	50	anni
tan (θ)		0,050	0,050	0,050	-
Ho		5,00	6,70	7,90	m
Lo		159,04	213,12	251,29	m
Ho/Lo		0,03	0,03	0,03	-
$(Ho/Lo)^{0,5}$		0,18	0,18	0,18	-
Parametri della formula di Mase			a_{max}	1,38	-
			b_{max}	0,70	-
			a_{med}	0,88	
			b_{med}	0,65	-
STATO PROGETTO	Ru max	2,84	3,81	4,49	m
	Ru med	1,93	2,59	3,05	m

Nelle tavole T4 e T5 sono riportate rispettivamente lo stato di progetto del nuovo ripascimento sulla planimetria e le sezioni.

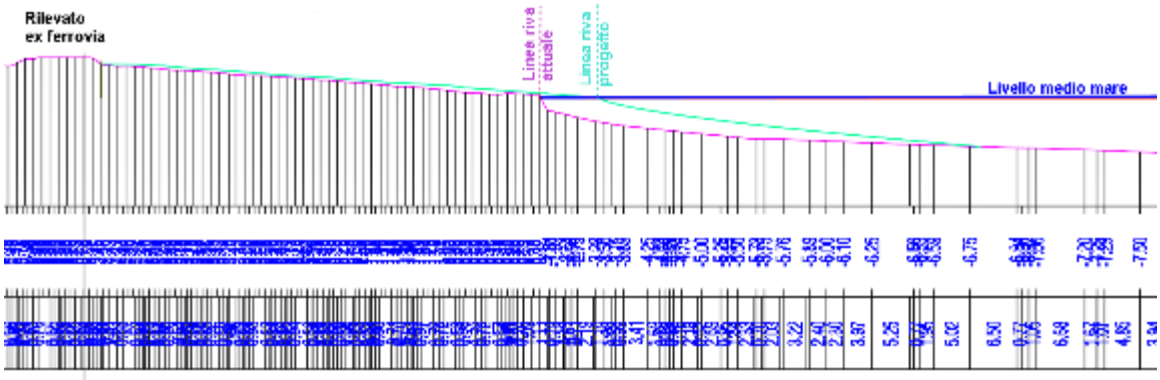


***Figura 26** – Sezione tipologica della sistemazione della spiaggia con ripascimento.*

		Quantitativi mc/ml	Quantitativi mc/ml	Quantitativi mc/ml	Quantitativi mc/ml
		D_{50} = 7 mm	D_{50} = 10 mm	D_{50} = 15 mm	D_{50} = 20 mm
Profilo B	Ponente	78	53	49	40
Profilo E	Centro	77	52	48	35
Profilo G	Levante	65	45	42	34
Media		**74**	**50**	**47**	**37**

9.2.5 *Interventi di riparazione/potenziamento delle scogliere (Lotto 2).*

Le scogliere sono tutte realizzate con massi naturali di pezzatura mediamente elevata (massi di III e IV categoria), anche se con tipologia litologica differenziata, a seconda dei vari interventi di rifiorimento eseguiti nel tempo.

I primi interventi furono eseguiti direttamente dalle Ferrovie dello Stato, con lo scopo di proteggere i propri manufatti di sostegno dei terrapieni. In tempi successivi e a varie riprese furono eseguiti interventi di potenziamento e riparazione, sia da terra sia da mare.

Occorre adesso intervenire per riparare i danni arrecati dalle mareggiate dell'autunno 2023.

9.2.5.1 *Intervento in loc. La Francesca (Lotto 2 – p.to B)*

I segni della mareggiata sono ancora ben visibili, con demolizioni di porzioni di muro parapetto (a 10 m di altezza !), asportazione della pavimentazione e soprattutto dissesto della struttura della berma in massi posta al piede del muraglione.



***Figura 27** - La scogliera al piede del muraglione sotto il terrapieno della ciclovia in loc. La Francesca.*

In tale piccolo tratto arrivano due impluvi che sottopassano la ex sede ferroviaria e scaricano direttamente in mare. La presenza della struttura muraria rigida e riflettente ha senza dubbio provocato la instabilizzazione degli elementi lapidei, soprattutto di quelli di minor peso che infatti si ritrovano – ribaltati – alla base della scogliera.

Occorre realizzare un potenziamento della struttura frangiflutti: si potranno utilizzare i massi di minori dimensioni (II cat.) per creare una base di appoggio che arrivi a pelo d'acqua, per poi ricaricare gli stessi con una mantellata di massi di IV categoria, con peso unitario non inferiore a 7-8 tonnellate.

Si raccomanda l'impiego di massi naturali aventi caratteristiche litologiche e cromatiche non dissimili da quelle delle rocce del sito, ovvero gabbri e serpentiniti, di colore grigio-verde. Recenti aggiunte e rifiorimenti con marmi bianchi sono infatti poco gradevoli.

Le operazioni di ricostruzione e potenziamento della scogliera potranno essere eseguiti con mezzi marittimi (pontoni), dotati di gru con adeguato sbraccio che movimenterà i blocchi con il grappo o benna a polpo.

9.2.5.2 Intervento in loc. Secca La Galera (Lotto 2 – p.to C)

La località della Secca si trova in prossimità del tratto finale della ciclopedonale in direzione di Levanto. Lungo questo esteso rettilineo aperto sono stati disposti massi a protezione della struttura muraria di difesa del terrapieno.

Anche in questo caso la difesa radente si è rivelata insufficiente, anche se i danni sulla sede stradale sono meno evidenti. E' probabile che su questo tratto il mare abbia avuto un effetto meno dirompente, sia per la presenza di alcuni scogli emersi e semi-emersi che difendono e chiudono parzialmente la baia, sia per l'assetto dei fondali antistanti che hanno minore profondità.



***Figura 28** - La scogliera al piede del muraglione sotto il terrapieno della ciclovia in loc. La Francesca.*



***Figura 29** - La scogliera radente a difesa della ciclovia in loc. Secca La Galera.*

In ogni caso risulta necessario prevedere un intervento di rifiorimento della scogliera radente, aggiungendo almeno un ulteriore strato di massi di IV categoria che migliori l'effetto di frangiflutti, dissipando il moto ondoso incidente e riducendo la risalita dell'onda e la spinta idrodinamica sul muraglione.

In questo caso l'intervento di ripristino e rifiorimento potrebbe essere realizzato da terra, con trasporto del materiale tramite bilico e movimentazione degli scogli con un escavatore a braccio rovescio di adeguato peso e potenza (non meno di 30-35 tonnellate). La parte di opera sommersa, che dovrà costituire l'imbasamento su cui intestare la nuova mantellata, dovrà essere realizzata con un pontone. E' in ogni caso sempre richiesta la assistenza di un sommozzatore con imbarcazione di appoggio.

9.2.5.3 Intervento in loc. Vallesanta (Lotto 2 – p.to D)

In località Vallesanta il confine orientale del Comune di Bonassola è costituito dal tracciato terminale del rio Rossola. L'ultimo lembo di territorio comunale a ridosso della ciclopedonale è occupato da una piccola falce di spiaggia, protetta da scogli naturali e da cui ha origine una barriera frangiflutti emersa che si estende in direzione sud-est per circa 140 metri sino a raggiungere fondali di circa - 4 metri.

La scogliera si eleva sopra il livello di medio mare per circa 1-1,5 m ed è larga circa 3 metri in testa e 7-8 alla base con una forma approssimativamente trapezia. Il suo scopo principale è quello di difendere e riparare la piccola spiaggia a ridosso del rilevato della ex linea ferroviaria.

L'opera ha dimensioni e conformazione tale che consente comunque lo scavalcamento delle onde di maggiore altezza, ma svolge comunque un'azione di dissipazione del moto ondoso, proteggendo la spiaggia e il rimessaggio imbarcazioni posto in prossimità del confine comunale.

Durante le ultime mareggiate alcuni tratti della scogliera hanno subìto danni, con ribaltamento di scogli e conseguente apertura di brecce e varchi.

E' pertanto necessario provvedere ad una riparazione di tali tratti, con provvista e posa di nuovi massi, eventualmente salpando anche gli scogli spinti dal mare verso l'interno. Anche questo intervento dovrà essere eseguito forzatamente da mare, con impiego di un pontone.



***Figura 30** - La scogliera frangiflutti emersa davanti alla loc. Vallesanta.*



Figura 31 *– La scogliera frangiflutti vista dal confine comunale tra Bonassola e Levanto.*

Nel corso di recenti contatti con gli Uffici della Regione Liguria si è appreso di un progetto di fattibilità tecnica ed economica per "Interventi di riparazione e riconfigurazione della diga di Vallesanta in Levanto", presentato dal Comune di Levanto e attualmente soggetto al procedimento di assoggettabilità alla VIA nazionale.

Il progetto è agli atti del Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza.



Si specifica comunque che l'intervento previsto dal presente progetto sulla scogliera frangiflutti di Vallesanta consiste in una mera riparazione dell'opera marittima esistente, danneggiata da recenti mareggiate che hanno lasciato varchi e tratti a minore sezione, dove il mare facilmente tracima la cresta emergente. L'intervento proposto quindi non apporta alcuna modifica all'opera, né in sezione né in dimensioni planimetriche e pertanto tale intervento non è soggetto alla procedura di verifica di assoggettamento a VIA/screening.

9.2.6 *Dimensionamento degli scogli*

Le mareggiate dell'autunno 2023 si sono dimostrate particolarmente violente e soprattutto con una persistenza eccezionale: diversi eventi di significativa intensità si sono ripetuti per varie giornate: tra il 25 ottobre e il 5 novembre 2023 si sono susseguite ben cinque mareggiate che hanno superato i 4 m di altezza d'onda significativa.

Giorno	25.10.2023	27.10.2023	31.10.2023	03.11.2023	05.11.2023
Altezza H (m)	4,23	5,88	4,89	6,48	5,64

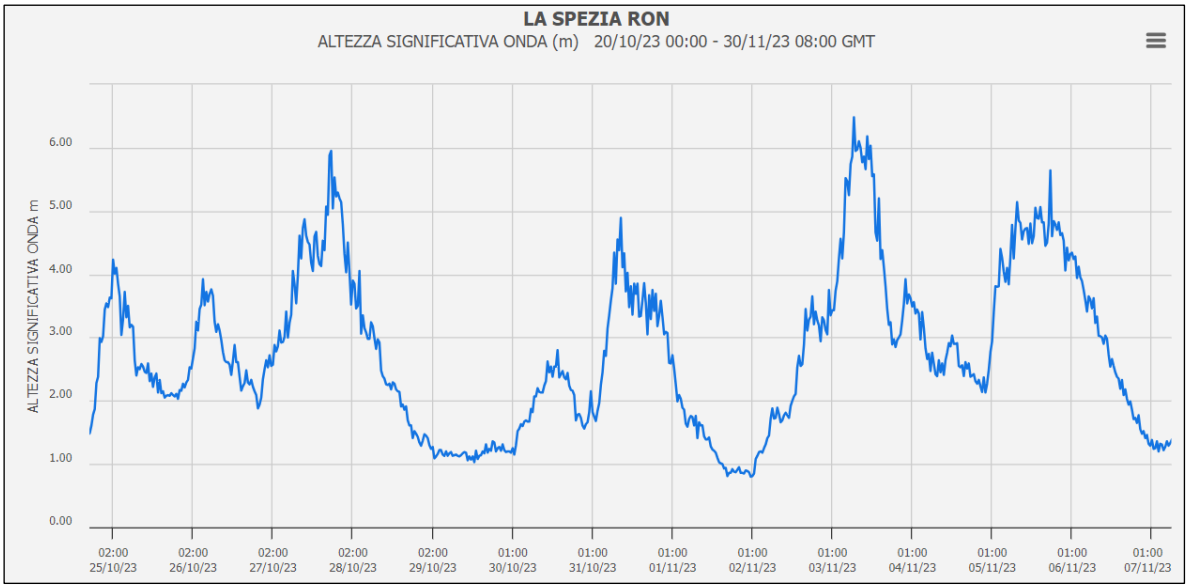


***Figura 32** – Grafico delle altezze significative registrate dall'ondametro della Rete Ondametrica Nazionale posto al largo di La Spezia: le mareggiate sono state tutte provenienti dalla direzione di libeccio (240°N).*

Con tali valori si ritiene opportuno prevedere la fornitura e posa in opera, per tutti gli interventi di riparazione delle scogliere, di massi ciclopici aventi peso unitario non inferiore a 7-8 tonnellate e quindi di IV categoria.

I massi dovranno essere disposti con cura, uno alla volta, possibilmente con mutuo incastro e su doppio strato. La pendenza della mantellata non dovrebbe superare 1 su 2.

Si raccomanda anche la realizzazione di una berma al piede, che garantiscano un appoggio robusto e stabile per l'opera marittima emersa. Lo schema tipologico dovrebbe essere il seguente per le scogliere radenti (interv. B-C).

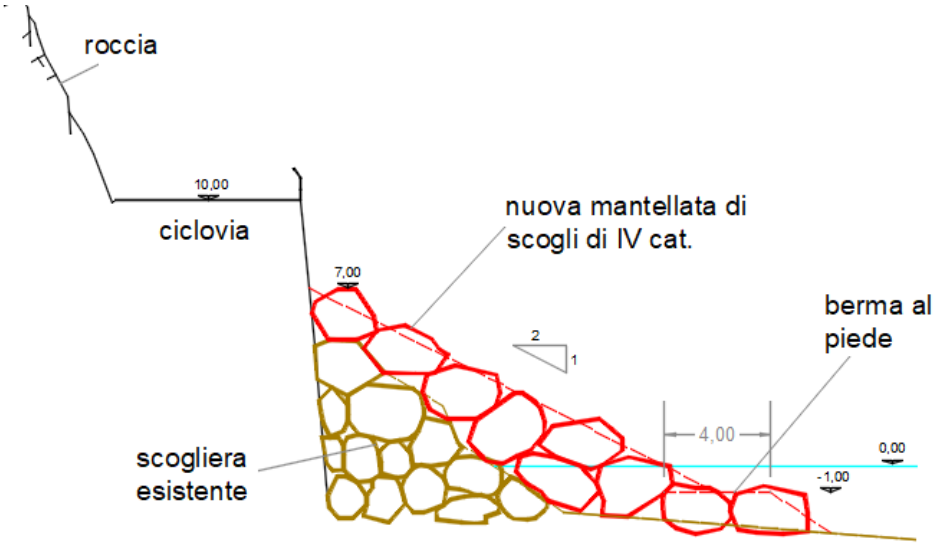


Figura 33 - *Tipologia costruttiva per il rifiorimento delle scogliere radenti (int. B-C).*

Gli interventi di riparazione della scogliera distaccata in loc. Vallesanta (interv. D) potranno essere realizzati con massi di IV categoria che mantengano la quota di sommità (circa +1,50 m s.l.m.) e allarghino la cresta superiore in modo da garantire una maggiore difesa a terra.

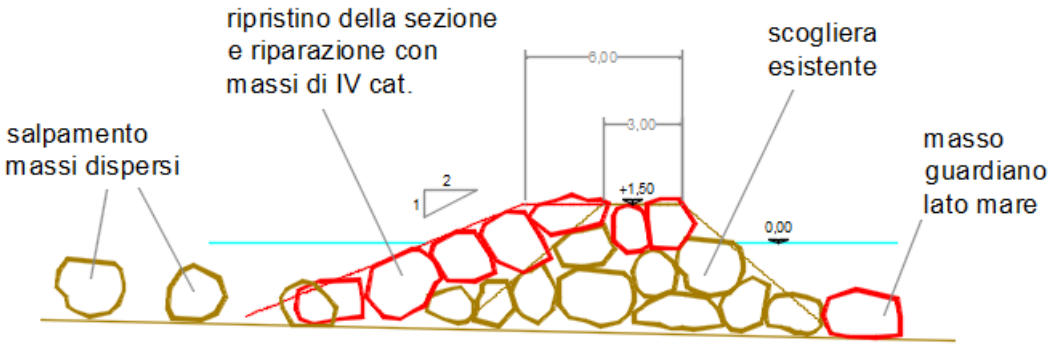


Figura 34 - *Tipologia costruttiva per il rifiorimento della scogliera distaccata (int. D).*

9.2.7 Calcolo dell'altezza d'onda incidente al piede dell'opera.

Il piede delle scogliere è impostato su una profondità variabile tra 2 e 3 metri; il fondale scende poi rapidamente a poca distanza da riva. Le onde che si propagano dal largo verso riva sono state elaborate sino alla profondità di -15 metri.

Si è ipotizzata una profondità al piede delle scogliere mediamente pari a:

d= 2 m

Per profondità inferiori infatti il metodo semplificato di propagazione del moto ondoso verso costa non è più attendibile e in ogni caso le onde perderebbero la propria stabilità nel frangimento.

In base a questo dato è stato possibile stimare le condizioni dei fronti d'onda che raggiungono la riva. Si è fatto ricorso alla formula sperimentale di Resio (si veda tabella seguente):

$$H = H_o \cdot (L_P / L_{Po})^{0,75}$$

Nella tabella si sono riportati i valori onda al largo per le tre direzioni di provenienza che possono investire la baia di Bonassola, ovvero 150-180-240 °N e per i tempi di ritorno variabili tra 1 e 100 anni.

Per un evento associato ad un tempo di ritorno di **100 anni** e la direzione di provenienza di **240°** (la più punitiva) si ottiene:

Ho = altezza d'onda al largo = 8,40 m
Hs = altezza d'onda a terra = 2,65 m.

PROPAGAZIONE DEL MOTO ONDOSO VERSO RIVA (RHM, 1987).

Direzione di provenienza del moto ondoso		α	[° N]
Tempo di ritorno		R	[anni]
Grandezze al largo	Altezza d'onda	H_o	[m]
	Periodo di picco	T_{Po}	[s]
	Lunghezza d'onda	L_{Po}	[m]
Grandezze sotto costa	Profondità	h	[m]
	Lunghezza d'onda	L_P	[m]
	Altezza d'onda	H	[m]
	Periodo di picco	T_P	[s]
	Periodo dell'onda	T	[s]

h = **2,00** m

α	R	H_o	T_{Po} (1)	L_{Po}	h/L_{Po}	h/L_P	L_P	H (2)	T_P	T (3)	H/H_o
150°	1	3,40	8,32	108,1	0,01849	0,05531	36,2	1,49	5,52	5,08	44,0%
	10	5,50	10,59	174,9	0,01143	0,04316	46,3	2,03	6,43	5,92	36,9%
	50	6,90	11,86	219,5	0,00911	0,03844	52,0	2,34	6,91	6,36	34,0%
	100	7,40	12,28	235,4	0,00850	0,03711	53,9	2,45	7,06	6,50	33,1%
180°	1	3,20	8,07	101,8	0,01965	0,05710	35,0	1,44	5,41	4,98	44,9%
	10	5,30	10,39	168,6	0,01186	0,04399	45,5	1,98	6,36	5,85	37,4%
	50	6,70	11,68	213,1	0,00938	0,03902	51,3	2,30	6,85	6,30	34,3%
	100	7,20	12,11	229,0	0,00873	0,03762	53,2	2,41	7,00	6,44	33,4%
240°	1	5,00	10,09	159,0	0,01258	0,04534	44,1	1,91	6,24	5,74	38,2%
	10	6,70	11,68	213,1	0,00938	0,03902	51,3	2,30	6,85	6,30	34,3%
	50	7,90	12,69	251,3	0,00796	0,03589	55,7	2,55	7,21	6,63	32,3%
	100	8,40	13,08	267,2	0,00749	0,03480	57,5	2,65	7,35	6,76	31,6%
MAX.	100	8,4	13,08	267,2			57,5	2,65	7,35	6,76	

NOTE :

(1) $T_P = 9 * \pi * (H / 4g)^{0,5}$ periodo di picco dell'onda

(2) $H = H_o * (L_P/L_{Po})^{0,75}$ altezza dell'onda calcolata con il metodo di Resio

(3) $T = 0,92 * T_P$ periodo dell'onda

Ai fini del calcolo della stabilità dei massi di scogliera, si adotta una altezza d'onda prudenziale: la massima onda del treno d'onde di una mareggiata è statisticamente più elevata di quella media calcolata di un 27% in più: l'altezza d'onda assunta risulta quindi pari a:

Hp = 1,27 x Hs = 3,37 m.

arrotondato a:

Hp = 3,40 m

9.2.8 Verifiche di stabilità dei massi di scogliera.

La scogliera di massi naturali avrà angolo di inclinazione di circa 30° (1 si 1,5). Sarà formata da massi naturali a spigoli vivi sovrapposti in almeno due strati con mutuo incastro. Per la stima del peso dei massi da porre in opera è stata usata la formula empirica di Hudson:

$$W_{50} = (\gamma s \cdot H^3) / (K_D \cdot \Delta^3 \cdot \text{cotang}\beta)$$

che è stata riscritta recentemente dalla W.E.S. di Vicksburg (Missouri):

$$H / (\Delta \cdot D_{50}) = (K_D \cdot \text{cotang}\beta)^{1/3}$$

CALCOLO DELLA STABILITA' DEI MASSI CON LA FORMULA DI HUDSON (*)

Dati:				***Note***
Altezza d'onda al piede dell'opera	**H**	2,65	[m]	
Altezza d'onda di picco della mareggiata (+27%)	**Hp**	3,37	[m]	
Periodo di ritorno dell'onda	**R**	100,0	[anni]	
Angolo di attacco dei fronti d'onda	**α**	90,0	[°]	
Coeff. caratteristico dei massi della scogliera	**K_D**	2,00	-	(a)
Peso specifico dei materiali	**γ_s**	2,60	[t/m^3]	
Peso specifico dell'acqua marina	**γ_w**	1,03	[t/m^3]	
Rapporto altezze-lunghezze della scogliera	**a/b**	0,50	-	(b)
Angolo della scogliera sull'orizzontale	**β**	0,46	[rad]	

Ricavati:				
Inclinazione della scogliera sull'orizzontale	**cotangβ**	1,50	-	
Peso specifico adimensionalizzato	**Δ**	1,52	-	(c)

Risultati:				
dalla:	**$H/(\Delta D_{50}) = (K_D \text{ cotang}\beta)^{1/3}$**			
si ottiene:	**D_{50}**	1,53	[m]	
da cui	**W_{50}**	7,11	[t]	(d)

Peso minimo dei massi di scogliera:	**W_{min}**	5,34	[t]	(e)
Peso massimo dei massi di scogliera	**W_{max}**	8,89	[t]	(e)

Note

(*) Formula modificata dalla W.E.S. di Vicksburg (Missouri)
(a) Massi naturali a spigoli vivi, disposti alla rinfusa con onde frangenti
(b) Scarpata del paramento 1 su 2
(c) $\Delta = [(\gamma_s/\gamma_w)-1]$
(d) Peso medio di un solido a forma cubica e di uno a forma sferica
(e) Il peso medio oscilla in un intervallo tra 0,75 e 1,25 W_{50}.

Avendo assunto:

H = 3,40 m (altezza d'onda di progetto con R = 100 anni)
γs = 2,60 t/m^3 (peso specifico dei massi)
γ = 1,03 t/ m^3 (peso specifico dell'acqua di mare)
$\Delta = (\gamma s / \gamma) - 1 = 1,52$ (adimensionalizzazione dei pesi specifici)
K_D = 2,00 (onde frangenti sulla scogliera, realizzata con scogli con spigoli vivi)
cotangβ = 1,50 (inclinazione della mantellata di massi)

Si ottiene allora (vedi tabella):

D_{50} = 1,53 m

a cui corrisponde:

W_{50} = 7,11 t

I massi verranno posti in opera con un peso variabile tra 0,75 W_{50} e 1,25 W_{50}. Ciò significa che la pezzatura sarà compresa nell'intervallo:

W = 5,30 – 8,90 tonnellate (massi di IV^ categoria).

9.2.9 Stima della risalita dell'onda lungo la scogliera (run-up)

La scogliera di massi naturali, disposta a protezione del piede della scarpata, a valle del cordolo, dovrà avere lunghezza, pendenza e scabrezza tali da evitare o ridurre al minimo il fenomeno di risalita dell'onda.

Una scogliera troppo "liscia", con massi accostati tra loro, o con pendenza troppo dolce, finirà per favorire la corsa dell'onda verso l'alto e permettere che il moto ondoso raggiunga la ciclopedonale (come è in effetti avvenuto nel corso delle ultime mareggiate).

Nella figura n. 35 è schematizzata la dinamica del fenomeno, con riportate le grandezze in gioco:

Hs = altezza d'onda incidente sull'opera

d_S = profondità al piede della scogliera

β = inclinazione del fondale

θ = pendenza della mantellata

h = altezza della scogliera

Ru = massima quota di risalita dell'onda (*run-up*).

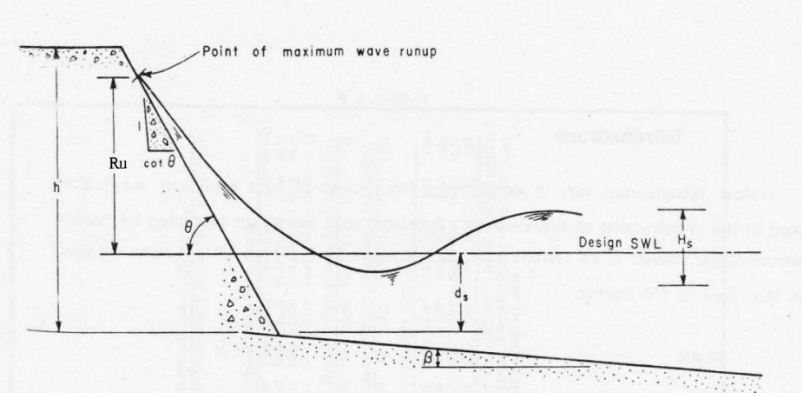


***Figura 35** – Schematizzazione del fenomeno di Run-up sulla scogliera*

Esistono formulazioni empiriche che permettono di stimare questo fenomeno, in funzione dell'altezza d'onda incidente, della forma dell'onda, della pendenza della scarpata, della sua rugosità e conformazione.

Nel grafico riportato nella figura seguente è rappresentata la curva del rapporto Ru/Hs in funzione di:

- pendenza della scarpata θ : nel nostro caso 1 su 2
- parametro dell'onda Hs/gT^2 : nel nostro caso 0,005 ($2,65/9,81x7,35^2$)
- rugosità della scogliera: nel nostro caso "*rubble-mound slope*".

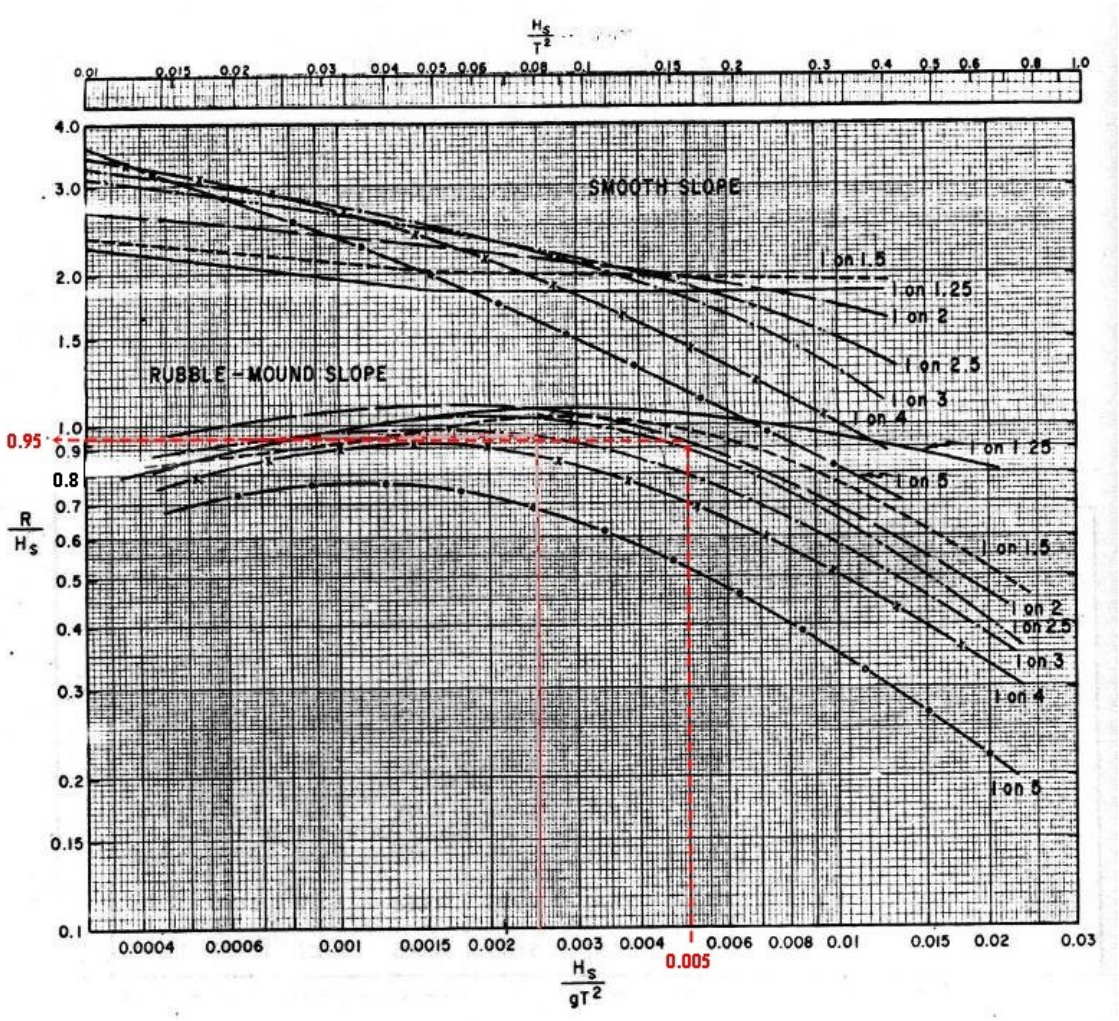


***Figura 36** - Stima empirica del run-up Ru (da Shore Protection Manager).*

Risulta un valore di

Ru/Hs = 0,95.

La massima risalita dell'onda sulla scogliera secondo questo approccio sperimentale pertanto è stimata inferiore all'altezza dell'onda incidente.

Questo tipo di valutazione, tuttavia, non appare affidabile e i risultati non convincono.

Ci si affida alla formulazione proposta da Van der Meer (1992):

$$Ru = 1{,}75\ \xi\ Hs\ \gamma_b\ \gamma_f\ \gamma_h\ \gamma_\beta$$

dove ξ è il numero di Iribarren, ricavato come:

$$\xi = \tan\alpha\ /Hs/Lo$$

e i vari parametri γ sono proposti in funzione della presenza di una berma (γ_b), della scabrezza della mantellata (γ_f), della profondità al piede dell'opera (γ_h) e dell'angolo di incidenza del fronte d'onda (γ_β).

Nella seguente tabella sono stati calcolati i valori del run-up sulla scogliera nelle varie condizioni di ondazione associate ai diversi periodi di ritorno da 1 a 100 anni.

VERIFICA RUN-UP	(Van der Meer, 1992)			Ru = 1,75 ξ Hs γ_b γ_f γ_h γ_β		
Dati:						
periodo di ritorno evento	R =	1	10	50	100	anni
pendenza mantellata	tanα =	0,50	0,50	0,50	0,50	-
altezza d'onda incidente	H_s =	1,91	2,30	2,55	2,65	m
periodo di picco al largo	T_p =	10,09	11,68	12,69	13,08	s
periodo medio	T_m =	7,97	9,23	10,03	10,33	s
fattore influenza berma	γ_b =	1,00	1,00	1,00	1,00	-
fattore influenza scabrezza	γ_f =	0,50	0,50	0,50	0,50	-
fattore influenza profondità	γ_h=	0,91	0,91	0,91	0,91	-
fattore influenza angolo incidenza	γ_β =	1,00	1,00	1,00	1,00	-
Calcolati:						
altezza d'onda massima (+27%)	Hp =	2,43	2,92	3,24	3,37	m
lunghezza d'onda al largo	L_o =	158,95	213,00	251,43	267,12	m
ripidità fittizia onda	s_o =	0,0120	0,0108	0,0101	0,0099	-
numero di Iribarren	ξ =	4,5613	4,8116	4,9648	5,0199	-
fattore di riduzione complessivo	γ =	0,454	0,454	0,454	0,454	-
Si ottiene:						
Run-up	Ru =	**6,92**	**8,78**	**10,05**	**10,56**	m

Si osserva che mentre per gli eventi meteomarini più frequenti (1-10 anni) il run-up - pur essendo elevato - non raggiunge la quota del piano della ciclopedonale (quota +10 m s.l.m. circa), nei casi di eventi estremi (50-100 anni) le onde possono raggiungere tale livello e causare la tracimazione e il cosiddetto fenomeno di *over topping*.

E' quindi raccomandabile che il passaggio lungo la ciclopedonale che collega Bonassola con Levanto venga interdetto in caso di mareggiata.

10 IPOTESI DI CANTIERIZZAZIONE

10.1 POSSIBILI VIE DI ACCESSO.

Il paese di Bonassola è posizionato in un piccolo golfo, circondato da rilievi e con poche strade di accesso, tutte molto tortuose, che scendono dalla viabilità principale che collega l'Aurelia con Levanto (SP 64 Baracca-Levanto, ex SS 332).

Ci sono due strade: la prima – via Nuova San Giorgio - scende sul lato nord e giunge in fondovalle alle spalle della nuova linea ferroviaria a monte del centro storico; la seconda arriva dal lato est e raggiunge il limite di levante dell'abitato a ridosso del rilevato della ciclopedonale.



Figura 37 – *Possibili vie di accesso a Bonassola.*

In entrambi i casi si tratta di strade con carreggiate strette e frequenti curve e tornanti, con uno sviluppo di 4 km in un caso e di 3 km nell'altro.

La via di accesso dalle gallerie che collegano Bonassola con Levanto è solo percorribile da pedoni e biciclette o da piccoli mezzi comunali.

La spiaggia è avvicinabile con mezzi marittimi (pontoni) che potrebbero accostarsi alla battigia rimanendo su fondali di 3/3,5 metri e quindi ad una distanza di una quindicina di metri da riva.

10.2 QUANTITATIVI DI MATERIALE DA MOVIMENTARE.

Avendo intenzione di conferire quantitativi di materiale per ripascimento della spiaggia intorno a 20.000 mc si deve considerare la doppia ipotetica alternativa di un trasporto via terra e uno via mare.

Nella prima ipotesi si deve necessariamente considerare l'impiego di mezzi su gomma che non eccedano le misure di un autocarro a 3 o 4 assi e che quindi hanno una capacità di carico di circa 12-15 mc: il che comporta un numero di viaggi molto elevato, pari a circa 1300. Ipotizzando anche un impegnativo numero di viaggi giornalieri, intorno a una quindicina, si tratterebbe comunque di una novantina di giorni di cantiere (circa quattro mesi), con un notevole disagio per il traffico locale, anche in bassa stagione.

La seconda ipotesi che potrebbe coinvolgere l'impiego di un mezzo marittimo potrebbe vedere una doppia modalità di trasporto: prima su gomma, dalla cava di prestito sino al sito di Framura, dove esiste un punto di scarico-carico che può essere raggiunto con i bilici e poi con pontone da Framura a Bonassola, via mare. Tale sito è posto sulla spiaggia, a margine della foce del t. Castagnola (Comune di Framura), dove esiste una rampa di accesso all'arenile, che è

già stata utilizzata nel recente passato da mezzi d'opera (bilici) che hanno scaricato massi e materiale sull'arenile che sono poi stati prelevati da mezzi marittimi (pontoni) e utilizzati per la realizzazione di opere sul litorale. In alcune foto riportate di seguito si documenta tale situazione.

In questo secondo caso la capacità di carico dei mezzi è notevolmente superiore e quindi si ridurrebbe il numero di viaggi: un bilico può caricare sino a 30 mc e quindi dovrebbe fare circa 660 viaggi, corrispondente a circa 6-7 settimane di trasferimenti via terra. Un pontone di medie dimensioni (non troppo grande per avere meno pescaggio) può caricare circa 300-350 mc (600-650 ton) e quindi avrebbe da compiere circa 60 viaggi.

La seconda ipotesi, sebbene più articolata – in quanto comporta un maggiore onere di carico e scarico – appare la meno impattante in termini di disturbo della viabilità, rischio di incidenti, emissione di rumori.





Figura 38 – *Alcune foto di interventi realizzati utilizzando il sito di carico in comune di Framura, alla foce del t. Castagnola.*

11 STIMA DI MASSIMA DEI COSTI.

Si sono divisi gli interventi in due lotti:

- un primo lotto riguarda il ripascimento della spiaggia del Capoluogo;
- un secondo lotto è finalizzato agli interventi di ripristino delle scogliere della parte di costa alta.

11.1 LOTTO 1 – RIPASCIMENTO DELLA SPIAGGIA DEL CAPOLUOGO.

Per la stima dei costi di tale lotto si sono sviluppati due differenti computi, basati sulle suddette ipotesi di cantierizzazione.

1. La **prima ipotesi** è quella che prevede l'impiego esclusivo di mezzi terrestri, che partono dalla cava di origine del materiale (lungo il fiume Po, in provincia di Piacenza) e arrivano direttamente al sito di Bonassola, percorrendo autostrade e strade ordinarie. La lunghezza complessiva del percorso è di circa 195 km, prima su autostrada (A1-A15-A12) e successivamente su strade provinciali (SP 566 - SP 64 - SP 39). Si è ipotizzato l'uso di autocarri da 3-4 assi che arrivano a Bonassola e possono scaricare il materiale direttamente sulla spiaggia, dove verrà movimentato e distribuito prevalentemente sulla battigia (tramite pennelli imbonitori) da pale gommate, più agili di un escavatore cingolato.

2. La **seconda ipotesi** è più articolata e vede l'impiego misto di mezzi terrestri e marittimi: dalla cava di origine partono ancora gli autocarri che potranno però avere dimensioni maggiori, percorrendo strade più agevoli; arriveranno infatti a Deiva, dove – in corrispondenza della località Fornaci – esiste un sito adatta allo scarico-carico da mezzo terrestre a mezzo marittimo. La lunghezza complessiva del percorso è di pressoché analoga alla precedente (185 km), prima su autostrada (A1-A15- A12) e successivamente su strade provinciali (SP 40). Una volta scaricato il materiale sulla piattaforma il pontone potrà caricarlo in coperta e spingersi sino a Bonassola. Essendo molto vicine le due località, separate solo dal promontorio di Monte Grosso, si ritiene che si possano compiere più di un viaggio andata e ritorno per ogni giorno di lavoro.

Tutti i computi elaborati con le suddette ipotesi sono stati redatti con riferimento al Prezzario Regionale della Liguria per l'anno 2024.

L'importo lavori, comprensivo di alcune economie e oneri della sicurezza, è pari a 1.100.000 euro nel primo caso e 1.130.000 euro nel secondo.

Il **finanziamento** da richiedere alla Regione Liguria per quanto **lotto 1**, che comprende anche l'IVA (al 22%), le spese tecniche e tutti gli altri oneri della stazione appaltante, risulta quindi pari a **€. 1.545.000**.

11.2 LOTTO 2 – INTERVENTI DI RIPRISTINO E POTENZIAMENTO DELLE SCOGLIERE.

Anche in questo caso si dovranno impegnare risorse considerevoli, per le quali è richiesto il sostegno finanziario della Regione Liguria. I computi sono stati sviluppati con riferimento al Prezzario Regionale della Liguria nella edizione del 2024.

Il quadro economico complessivo del **Lotto 2**, che tiene conto dell'importo dei lavori di tutti e tre gli interventi sulle scogliere (B+C+D), ammonta a **€. 2.750.000** e porta ad un valore complessivo del finanziamento pari a **€. 3.700.000**.

11.3 FINANZIAMENTI COMPLESSIVI DEI DUE LOTTI.

Nella seguente tabella si sintetizzano i dati complessivi dei due lotti.

	Lotto 1 int. A	**Lotto 2 int. B+C+D**
Importo dei lavori	€. 1.130.000	€. 2.750.000
Somme a disposiz.	€. 415.000	€. 950.000
Totale finanziamento	€. 1.545.000	€. 3.700.000