Comune di Lavagna
Città Metropolitana di Genova
Settore Servizi Tecnici Territoriali
Ufficio Lavori Pubblici

PROGETTO DEFINITIVO

INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA E DIFESA DEL LITORALE DI LAVAGNA-CAVI NEL TRATTO COMPRESO TRA PIAZZA MILANO E IL PENNELLO DEL CIGNO A SEGUITO DEI DANNI CAUSATI DALLA MAREGGIATA DEL 29-30 OTTOBRE 2018 DI CUI ALLA OCDPCM 558/2018

R06 – RELAZIONE IDRAULICO-MARITTIMA

Lavagna, 6 Luglio 2020

Il PROGETTISTA
STUDIOELB INGEGNERI ASSOCIATI
Corso Torino 17/6 sc. A – 16129 Genova (Ge)
Tel. 010.5740568 – fax. 010.4211059
e-mail: inge@studioelb.it – pec: studio@pec.studioelb.it



v. IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO
P.I. Pietro Donati

v. IL DIRIGENTE SETTORE SERVIZI TECNICI TERRITORIALI
dott.ssa Lorella Cella

C21PD

SOMMARIO

1. PREMESSA 2

2. INQUADRAMENTO DEL LITORALE 3

2.1 INQUADRAMENTO TERRITORIALE 3
2.2 UNITÀ FISIOGRAFICA E PARAGGI COSTIERI 4
2.3 INQUADRAMENTO NORMATIVO DEL PIANO DI TUTELA DELL'AMBIENTE MARINO E COSTIERO (P.T.A.M.C.) AMBITO 15 4
2.4 INQUADRAMENTO CARTOGRAFICO DEL PIANO DI TUTELA DELL'AMBIENTE MARINO E COSTIERO (P.T.A.M.C.) AMBITO 15 5

3. INDAGINI E STUDI IDRAULICO-MARITTIMI CONDOTTI NELL'AMBITO DEL PTAMC- AMBITO 15 DELLA REGIONE LIGURIA 9

3.1 ESPOSIZIONE DEL PARAGGIO 9
3.2 ANALISI METEO MARINE SOTTO COSTA 9
3.3 TENDENZA EVOLUTIVA DEL LITORALE 12
3.4 STIMA DEL RUN-UP, FASCE DINAMICHE DELLA SPIAGGIA E DEFINIZIONE DEL RISCHIO DOVUTO AD EVENTI METEOMARINI 13

4. ANALISI METEO-MARINA DI DETTAGLIO 15

4.1 INQUADRAMENTO DEL PARAGGIO E DEFINIZIONE DEL SETTORE DI TRAVERSIA 16
4.2 CLIMA ONDOSO AL LARGO 16
4.3 CLIMA DEL MOTO A COSTA 19
4.4 VARIAZIONI DEL LIVELLO MARINO 22
4.5 PROFILO DI EQUILIBRIO DEL MATERIALE DI RIPASCIMENTO 23

5. DESCRIZIONE DEL LITORALE 24

5.1 DANNI CAUSATI DALL'EVENTO DEL 29-30 OTTOBRE 2018 24
5.2 INTERVENTI DI RIPRISTINO DELLE OPERE DI DIFESA IN SCOGLIERA GIÀ ESEGUITI 24
5.3 STATO ATTUALE 25

6. INTERVENTI A PROGETTO 26

6.1 OBBIETTIVI 26
6.2 DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI 27
6.2.1 Fase 1 27
6.2.2 Fase 2 28
6.3 MODALITÀ DI ESECUZIONE DEGLI INTERVENTI 29

7. DIMENSIONAMENTO DELLE OPERE 31

7.1 PROFILO DI EQUILIBRIO DEL MATERIALE DI RIPASCIMENTO 31
7.2 MANUTENZIONE PENNELLI TRASVERSALI 32
7.3 DIMENSIONAMENTO DEL PIEDE IN MASSI NATURALI 34

8. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI 35

8.1 MASSI NATURALI 35
8.2 MATERIALE DA RIPASCIMENTO 36

1. PREMESSA

La mareggiata che ha colpito la costa ligure nei giorni 29 e 30 Ottobre 2018 ha causato ingenti danni al litorale e alle opere e strutture che sorgono in prossimità dello stesso nel comune di Lavagna, tra le quali vi sono i pennelli in scogliera realizzati a difesa del litorale ed il corrispondente tratto di arenile nel tratto compreso tra p.zza Milano ed il pennello del Cigno, la scogliera di sostegno e protezione della passeggiata pubblica e della retrostante linea ferroviaria lungo il cd *"lungomare Labonia"* oltre al sedime carrabile della suddetta passeggiata pubblica, alle scale di accesso da quest'ultima all'antistante tratto di spiaggia libera e ai locali tecnici pubblici siti in p.zza Milano.

L'Amministrazione Comunale di Lavagna, nell'ambito della segnalazione dei danni causati dal predetto evento meteomarino alle opere pubbliche presenti lungo il proprio litorale, ha fatto richiesta alla struttura commissariale di cui al OCDPCM 558/2018 (come peraltro previsto con la nota prot. PG/2019/235541 del 12 Agosto 2019 della Regione Liguria – Dipartimento Territorio, Ambiente, Infrastrutture e Trasporti) delle risorse necessarie all'attuazione di una serie di interventi di aumento della resilienza del proprio litorale.

In particolare gli interventi oggetto delle predetta progettazione definitiva che si è ipotizzato possano essere attuati nel corso dell'annualità 2020 con le risorse messe a disposizione con la DCD558 n.8/2020 (fase 1) e nel corso dell'annualità 2021 con le ulteriori risorse che si auspica siano messe a disposizione (fase 2) consistono in:

Fase 1: Completamento lavori di ricostruzione e riequilibrio del litorale nel tratto compreso tra i pennelli n.8 e n.10 e n.12 e n.13 (autorizzati con Decreto Regionale n.632 del 27.03.2007) **e manutenzione litorale tra i pennelli n.10 e n.12** (tratto in cui erano stati eseguiti i lavori del lotto funzionale n.2 dei lavori di ricostruzione e riequilibrio del litorale autorizzati con D.G.R. 1235 del 29.10.2004);

Fase 2: Manutenzione del litorale nel tratto compreso tra i pennelli n.1 e n.8 (tratto in cui erano stati eseguiti i lavori dei lotti funzionale n.1, n.3, n.4, n.5 e n.6 dei lavori di ricostruzione e riequilibrio del litorale autorizzati con D.G.R. 1027 del 07.08.2003, D.G.R. 1102 del 23.09.2005 e Decreto Regionale n.632 del 27.03.2007).

Nel presente documento, facente parte del progetto definitivo, viene riportata l'analisi meteo-marina del sito in esame, descritte le attuali condizioni del litorale e presentati gli interventi che sono stati previsti a progetto - in base agli esiti degli studi idraulici-marittimi condotti e alle risorse economiche a disposizione – per la manutenzione e consolidamento del litorale danneggiato con il dimensionamento delle opere.

2. INQUADRAMENTO DEL LITORALE

2.1 Inquadramento territoriale

Il tratto di litorale oggetto della presente relazione è quello di Lavagna – Cavi in comune di Lavagna che si estende dal molo sottoflutto del porto turistico fino alla punta del Cigno, dove esiste un pennello che costituisce l'appoggio della spiaggia stessa ed interrompe la continuità della spiaggia emersa prima delle Rocche di Sant'Anna.

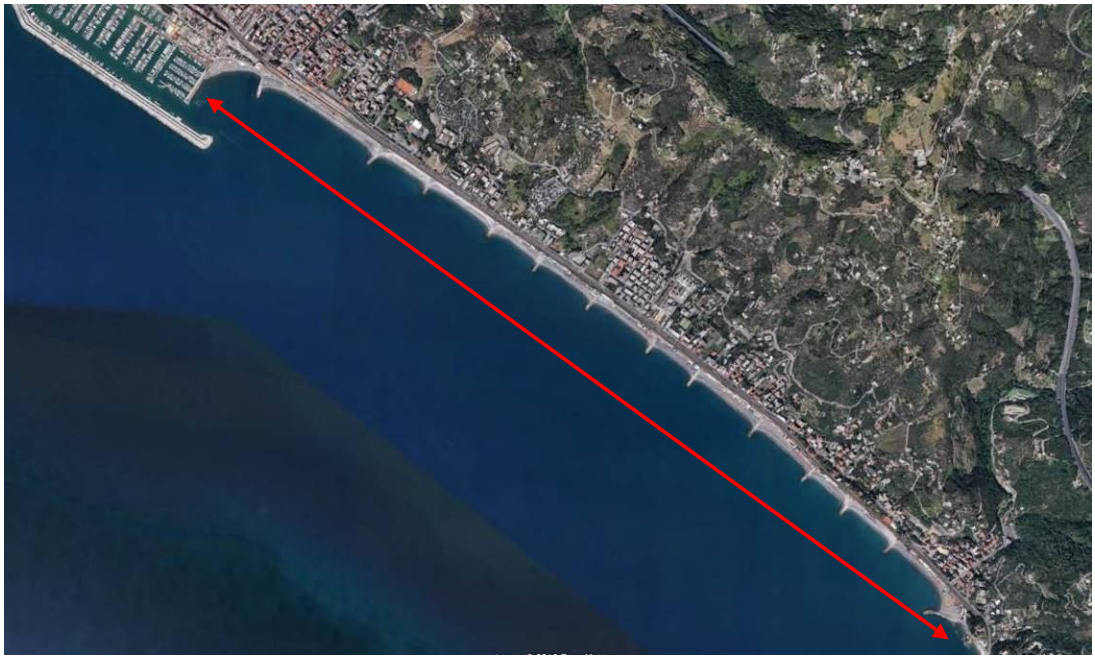


Figura 1 – Inquadramento da satellite (Google 2018)

Il litorale lavagnese è costituito da una spiaggia che misura circa 3500 metri di lunghezza con andamento pressoché rettilineo ed è attualmente suddivisa in 13 celle delimitate da 12 pennelli ortogonali alla riva (numerati in ordine crescente procedendo da ponente verso levante), dal molo di sottoflutto del porto turistico all'estremità di ponente e dal pennello del Cigno all'estremità di levante. I 12 pennelli sono più o meno equidistanti tra di loro e pertanto l'estensione e la configurazione dell'arenile nei tratti tra essi compresi è simile, fatta eccezione per la cella compresa tra il pennello P1 e il pennello P2 la cui estensione è circa il doppio delle altre. All'estremità di ponente inoltre, la presenza della diga foranea del porto turistico, ha indotto la formazione nella cella delimitata dal molo di sottoflutto del porto e dal pennello P1 di un profilo di spiaggia con una falcatura decisamente arcuata.

La morfologia della spiaggia emersa e sommersa dipendono dalle condizioni al contorno e dagli interventi antropici che si sono susseguiti nel corso degli anni: per il tratto di litorale in questione la fonte principale di alimentazione della spiaggia è il torrente Entella,

all'estremità di ponente del litorale, che però, a causa degli interventi effettuati alla sua foce (porti turistici di Chiavari e Lavagna) ha ridotto di molto la sua influenza rispetto al passato.

2.2 Unità fisiografica e paraggi costieri

Come mostrato nella planimetria riportata di seguito, la spiaggia della litorale di Lavagna ricade nell'ambito dell'unità fisiografica UF 22 *"da Punta di Portofino a Punta di Sestri"* e del paraggio costiero 12 *"Lavagna - dal porto di Lavagna a punta Sant'Anna"* all'interno del quale sono individuate n. 13 celle litorale.



Figura 2 – Stralcio cartografia Ripascimenti - Criteri di progettazione - D.G.R. 1446/2009 (da sito Regione Liguria)

2.3 Inquadramento normativo del Piano di Tutela dell'Ambiente Marino e Costiero (P.T.A.M.C.) Ambito 15

La Regione Liguria, con delibera del consiglio n.18 del 25 settembre 2012 e in applicazione dell'art.41 della legge regionale n.20/2006, ha approvato il *Piano di tutela dell'ambiente marino e costiero* dell'ambito costiero n.15, comprendente le unità fisiografiche "Golfo del Tigullio", "Baia del Silenzio" e "Riva Trigoso".

Il Piano di tutela dell'ambiente marino e costiero è lo strumento di pianificazione idoneo a garantire uno sviluppo durevole e socialmente accettabile delle zone costiere in quanto, oltre a prevedere la tutela della costa come aspetto attinente alla difesa del suolo, traguarda anche l'obiettivo di tutela e valorizzazione della qualità ambientale della zona costiera e delle sue risorse.

Relativamente alla unità fisiografica del Golfo del Tigullio ed in particolare al tratto di litorale Lavagnese compreso tra il porto di Lavagna e le Rocche di Sant'Anna, il Piano segnala che: *"(…) il paraggio nel suo complesso dal punto di vista della dinamica costiera appare in deficit sedimentario e la spiaggia non è sufficiente a dissipare l'energia del moto ondoso incidente in occasione di mareggiate anche non estreme…Dando per consolidato l'attuale sistema dei pennelli, occorre ripristinare un'ampiezza di spiaggia emersa sufficiente a dissipare completamente l'energia del moto ondoso per mareggiate non estreme, creando una spiaggia emersa di almeno 40 m di ampiezza stabile in tutte le celle. Per ottenere un simile risultato si stima necessario l'impiego di un quantitativo di materiale intorno a 100 m3 per metro lineare di spiaggia, vale a dire circa 350.000 m3. Il materiale necessario può essere prelevato nella zona prospiciente la foce dell'Entella, dove l'accumulo di materiale alluvionale dell'Entella depositato negli ultimi 30 anni è di entità paragonabile (...)"*.

Gli interventi previsti a progetto sono di fatto finalizzati – in coerenza con quanto proposto dal vigente PTACM – **all'aumento delle resilienza del litorale lavagnese attraverso il completamento degli interventi di ripascimento strutturale già programmati ed approvati nel 2007 lungo quei tratti in cui non era stato possibile eseguirli con contestuale manutenzione dell'arenile e delle opere in scogliera ivi presenti nei tratti in cui le stesse sono state danneggiate prevedendo** – in coerenza con quanto proposto dal vigente PTACM **– l'impiego di materiale proveniente dalla barra fociva del fiume Entella per il ripascimento dell'arenile.**

2.4 Inquadramento cartografico del Piano di Tutela dell'Ambiente Marino e Costiero (P.T.A.M.C.) Ambito 15

Il litorale di Lavagna è analizzato nella relazione di paraggio n.12 "*Paraggio di Lavagna – dal porto di Lavagna a punta Sant'Anna"*.

In tale relazione vengono analizzati l'evoluzione storica del litorale, la propagazione del moto ondoso, gli aspetti geomorfologici e sedimentologici, gli aspetti naturalistici ambientali e la dinamica dei processi costieri, vengono esaminati la pericolosità costiera e gli impatti sulla qualità delle acque e sulla biodiversità marino costiera, viene individuato il rischio

costiero e conseguentemente vengono descritte le diverse aree da assoggettare alle Norme di Piano e vengono elencate le misure di intervento previste.

Tali aspetti sono rappresentati nelle tavole di Piano corrispondenti e riprodotte di seguito.

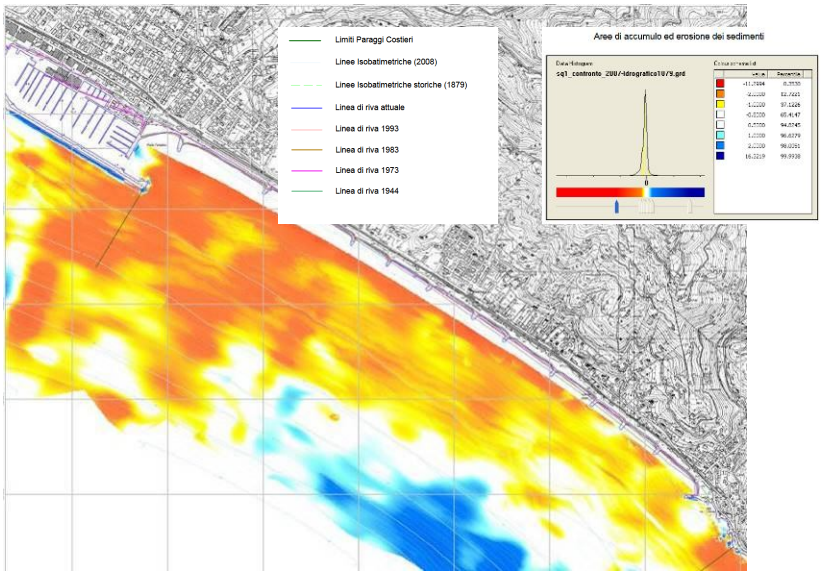


Figura 3: Stralcio tavola C3 PTAMC Ambito 15 -Carta dell'evoluzione della spiaggia emersa e sommersa

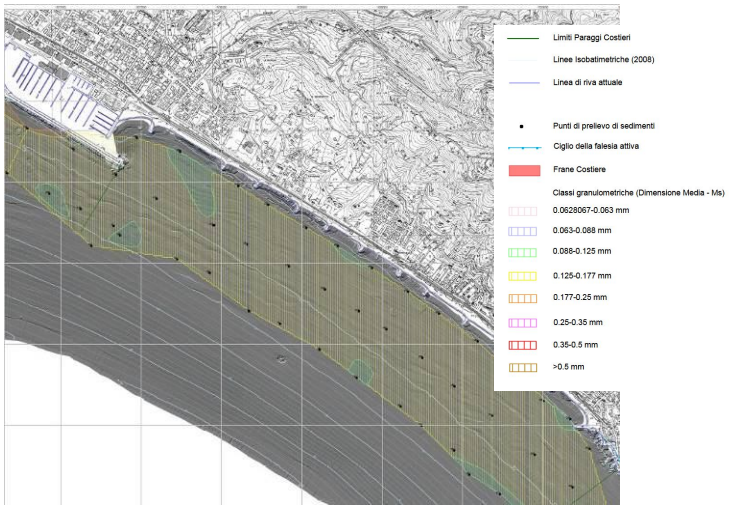


Figura 4:Stralcio tavola C4 PTAMC Ambito 15 - Carta morfologica e sedimentologica

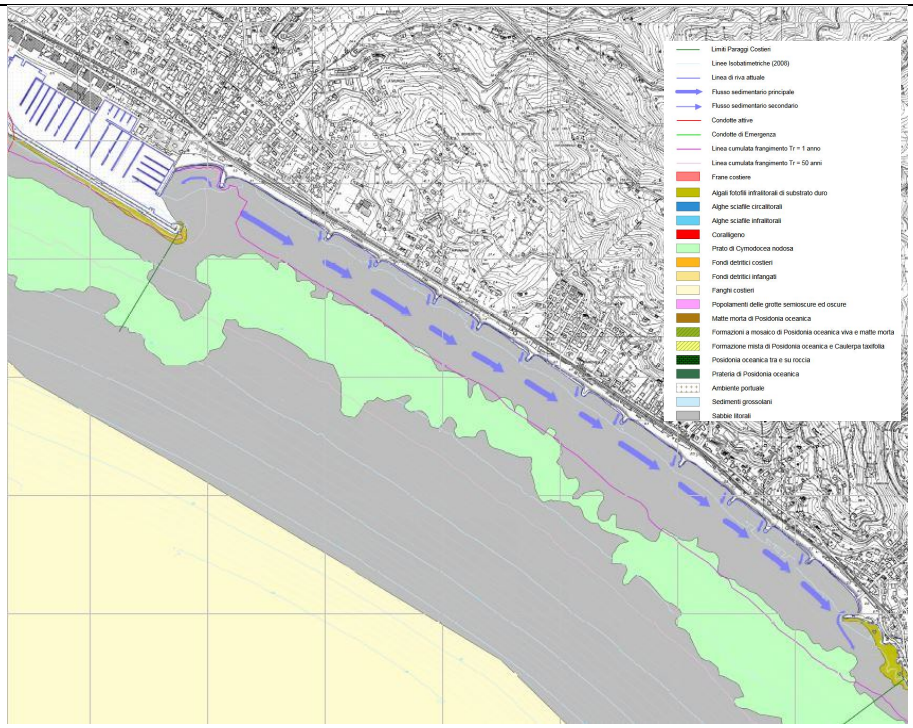


Figura 5:Stralcio tavola C5 PTAMC Ambito 15 - Carta di sintesi dei processi costieri

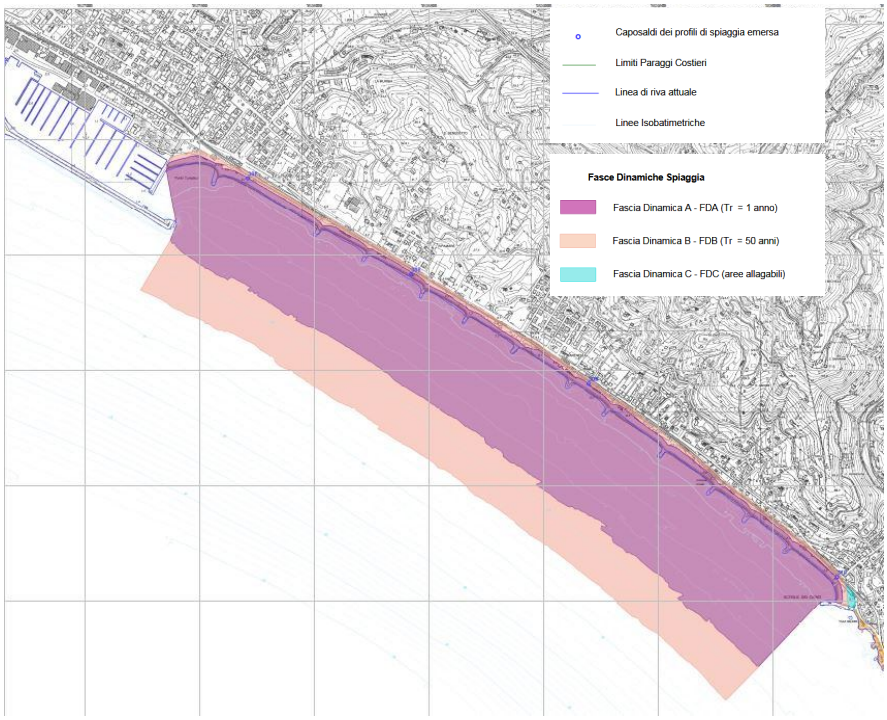


Figura 6: Stralcio tavola C06 PTAMC Ambito 15 - Carta delle fasce dinamiche della spiaggia e della costa alta

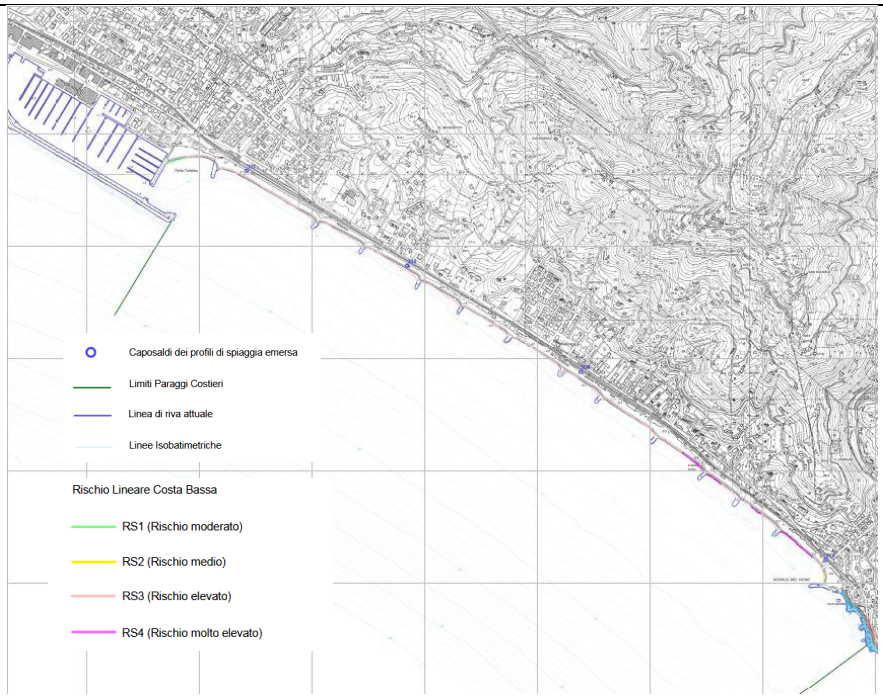


Figura 7: Stralcio tavola C08 PTAMC Ambito 15 - Carta del rischio

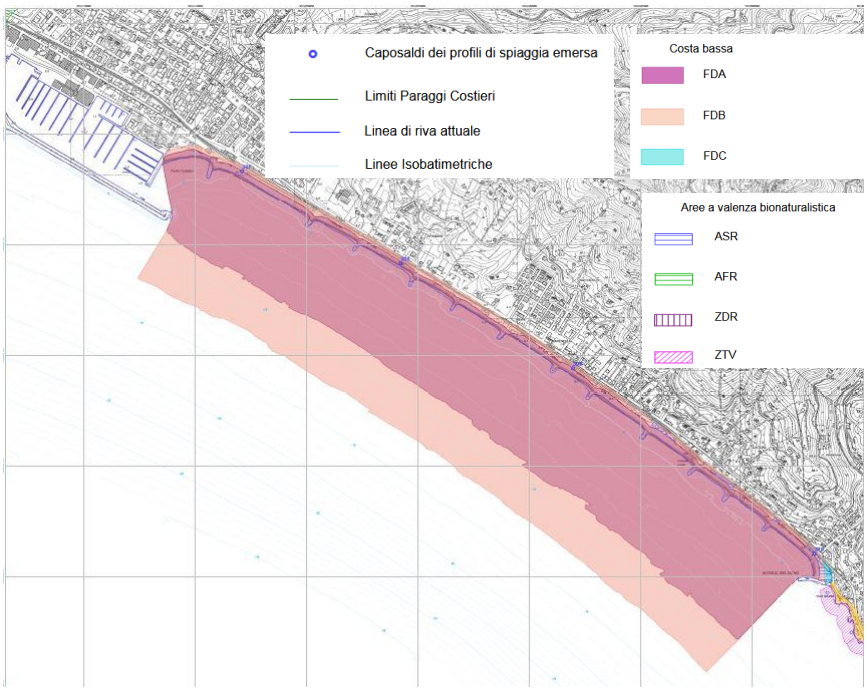


Figura 8: Stralcio tavola C09 PTAMC Ambito 15-Carta dei regimi normativi

3. INDAGINI E STUDI IDRAULICO-MARITTIMI CONDOTTI NELL'AMBITO DEL PTAMC- AMBITO 15 DELLA REGIONE LIGURIA

3.1 Esposizione del paraggio

Come emerge dalla Relazione di *"Paraggio di Lavagna – dal porto di Lavagna a punta Sant'Anna"* del PTAMC, il paraggio del litorale lavagnese è esposto ai mari prevalenti di Libeccio, essendo orientato prevalentemente secondo tale direzione, ma è comunque influenzato, nell'idrodinamica costiera, anche dai mari provenienti da Mezzogiorno e da Scirocco.

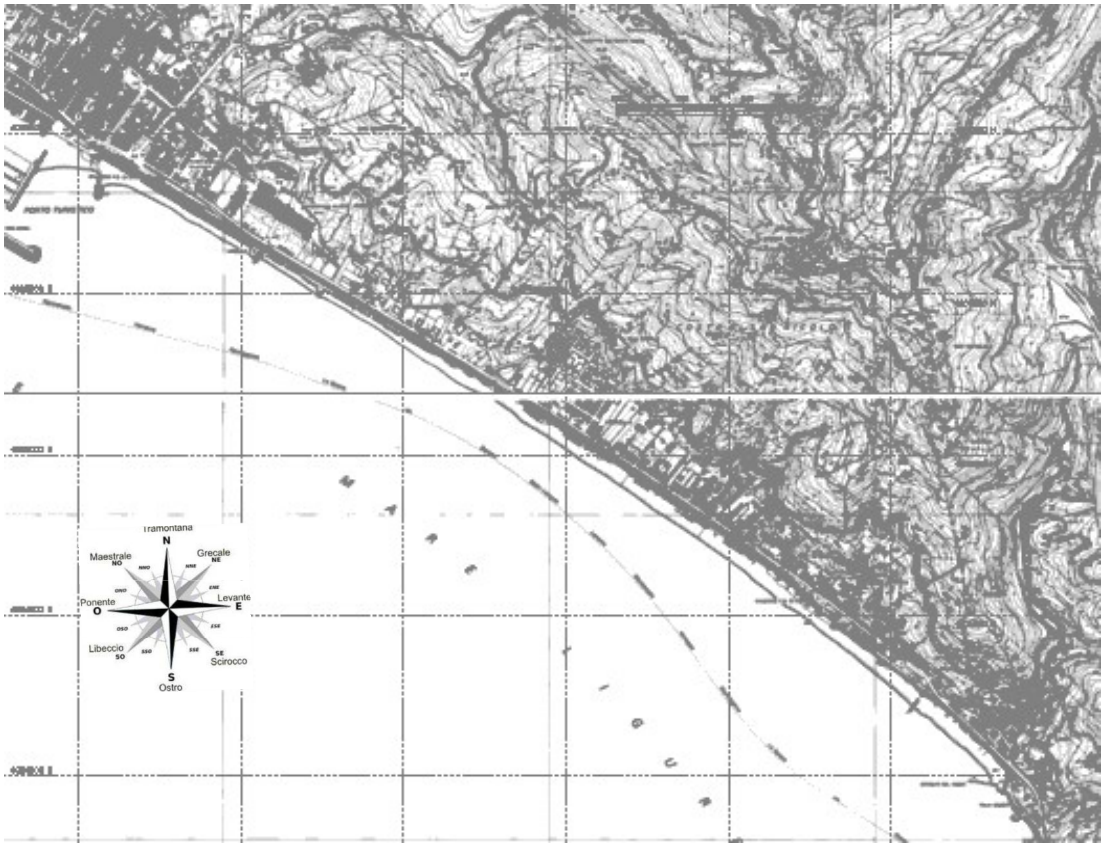


Figura 9 – Stralcio Carta Tecnica Regionale (foglio 232050 e 232090)

3.2 Analisi meteo marine sotto costa

L'analisi della propagazione del moto ondoso sotto costa, in corrispondenza del paraggio di Lavagna, è stata condotta, nell'ambito degli studi di dettaglio del PTAMC, secondo il codice di calcolo NEMOS, mediante l'utilizzo del modello STWAVE, simulando la propagazione degli spettri in frequenza a partire dalla sezione di output del modello di propagazione su larga scala dell'intero Ambito. Per il paraggio di Lavagna la stazione di ingresso per la

propagazione a scala di paraggio è posizionata a –15 m, avente le coordinate e i valori di altezza, periodo e direzione del moto ondoso indicati nella tabella 2.1 che segue, relativamente ai periodi di ritorno di 1 e 50 anni.

Tr	Stazione	n°	Coordinate Stazione			Direzione al largo 160°N			Direzione al largo 180°N			Direzione al largo 220°N		
			x	y	z [m]	H [m]	T [s]	Dir [°N]	H [m]	T [s]	Dir [°N]	H [m]	T [s]	Dir [°N]
1 anno	Cavi	6	1529102	4903948	-15	2.4	7.9	176	2.4	7.2	187	4.2	9.7	214
50 anni	Cavi	6	1529102	4903948	-15	5.2	12	184	4.9	11	192	6.5	12.2	213

Tabella 2.1 *Valori di altezza, periodo e direzione dell'onda nella stazione di input per la propagazione ondosa nel paraggio- periodi di ritorno 1 e 50 anni.*

La griglia di calcolo utilizzata per la propagazione del moto ondoso dalla profondità di –15 m a riva, impostata con una maglia 10 m x 10 m, fa riferimento ai rilievi di dettaglio graficamente riportati nella tavola C01 - Carta batimetrica del PTAMC.

Come risulta dalle figure qui di seguito riportate, output grafico del modello di calcolo rappresentativo della circolazione idrodinamica nel paraggio per le direzioni di provenienza considerate (mari da libeccio, da scirocco e da mezzogiorno) per eventi ondosi con tempo di ritorno di 50 anni, data l'esposizione del paraggio, la sua estensione trasversale e la conformazione del fondale le ortogonali d'onda tendono e distribuirsi ortogonalmente alla linea di riva, sotto costa.

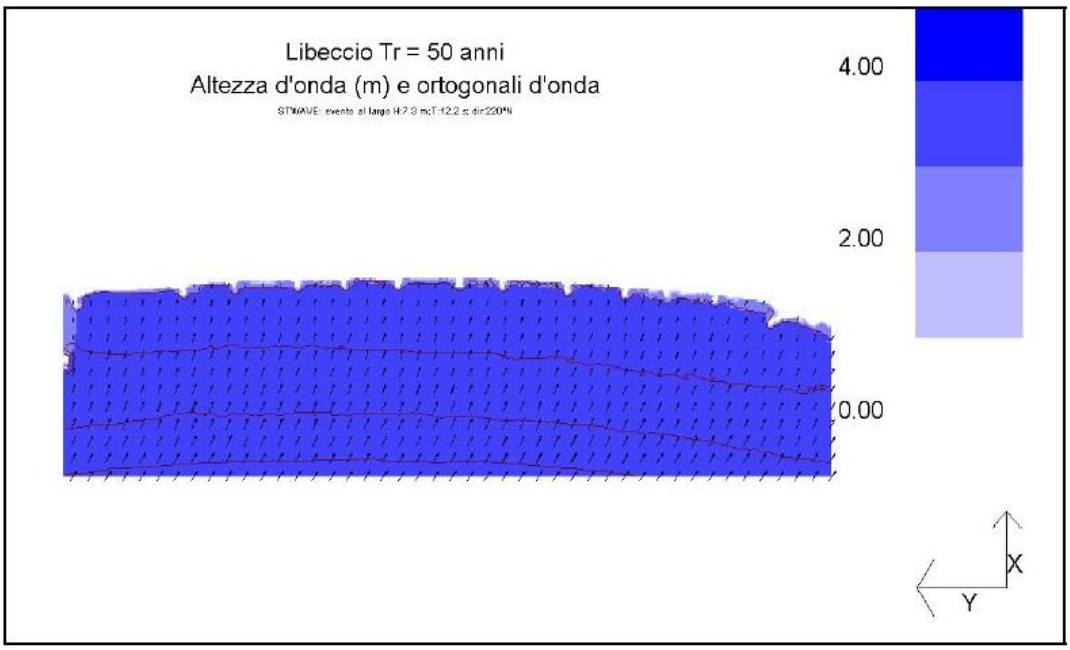


Figura 2.2 *Direzioni dei fronti d'onda e variazione altezze d'onda per evento al largo con periodo di ritorno 50-ennale e direzione 220°N (in rosso isobatimetriche).*

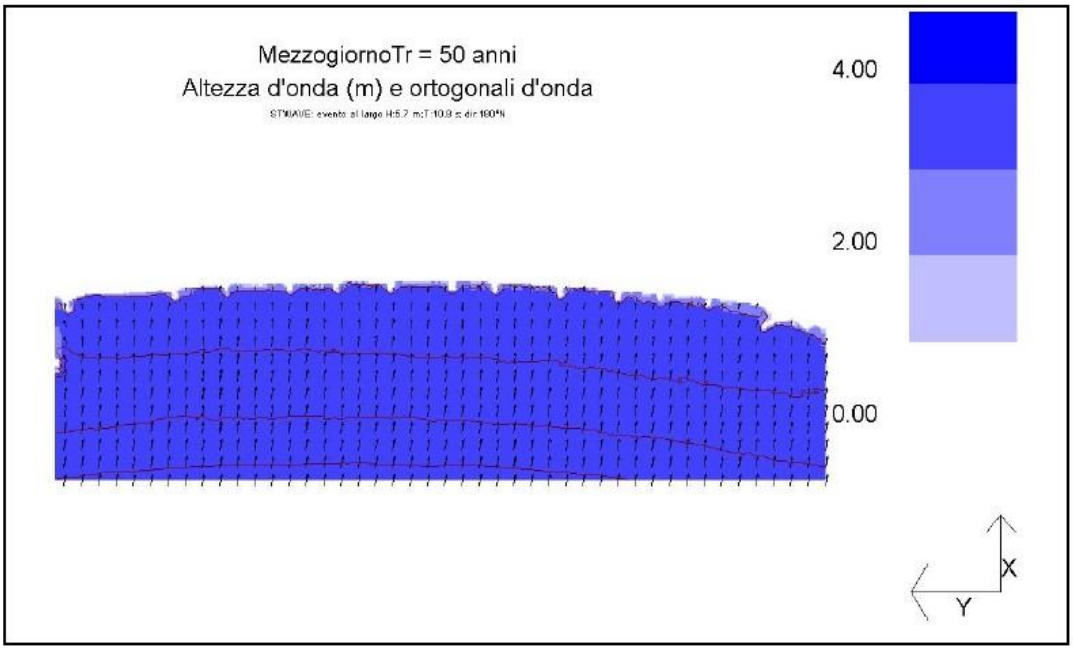


Figura 2.3 *Direzioni dei fronti d'onda e variazione altezze d'onda per evento al largo con periodo di ritorno 50-ennale e direzione 180°N (in rosso isobatimetriche).*

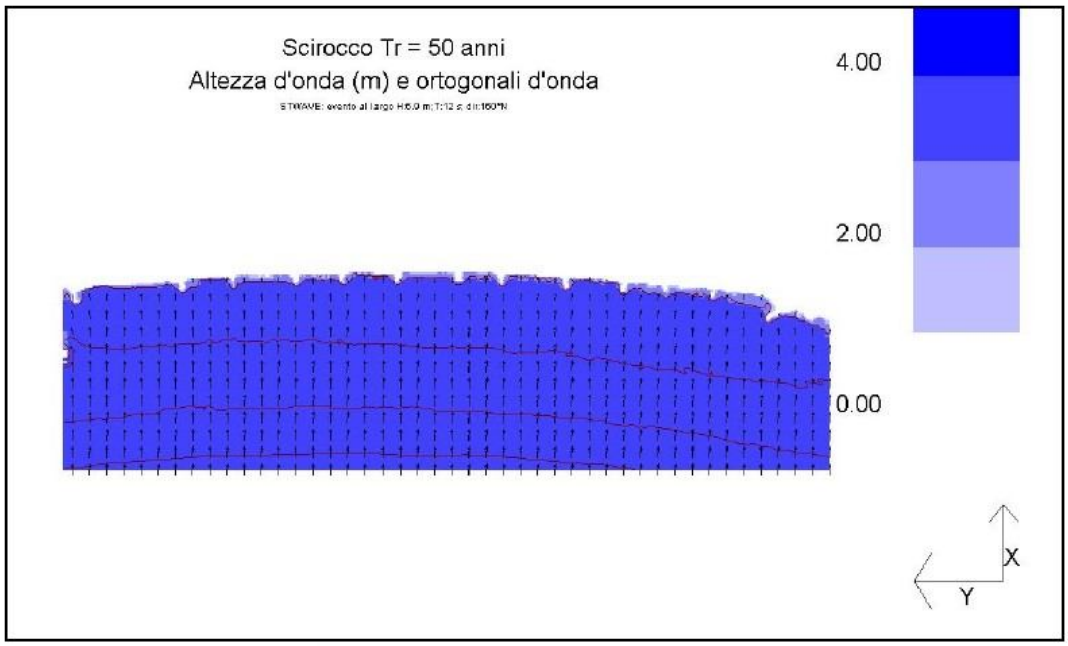


Figura 2.4 *Direzioni dei fronti d'onda e variazione altezze d'onda per evento al largo con periodo di ritorno 50-ennale e direzione 160°N (in rosso isobatimetriche).*

Figura 10 – Output programma di calcolo STWAVE impiegato, nell'ambito degli studi di dettaglio del PTAMC, per la simulazione per il paraggio di Lavagna della propagazione da largo verso costa di eventi ondosi con tempo di ritorno di 50 anni per le direzioni di provenienza considerate (mari da libeccio, da scirocco e da mezzogiorno

Per i mari da Scirocco e da Mezzogiorno, convergono in corrispondenza dei pennelli che suddividono in celle il litorale, con conseguente concentrazione di energia, e divergono all'interno delle celle stesse. Per i mari da Libeccio i pennelli sembrano ancora influenzare la

convergenza delle ortogonali, seppur in misura minore, mentre all'interno delle celle la distribuzione delle ortogonali d'onda è orientata leggermente verso levante. Nella parte più a ponente del paraggio la presenza della diga foranea del porto di Lavagna offre una schermatura e induce effetti diffrattivi nella propagazione delle ortogonali d'onda, rendendo la spiaggia retrostante maggiormente protetta dalle ondazioni per tutte le direzioni considerate. L'intera spiaggia nel suo complesso risulta molto esposta e con altezze d'onda residue all'interno delle celle superiori a 2 – 3 metri.

3.3 Tendenza evolutiva del litorale

Sulla base degli studi di dettaglio condotti nell'ambito del PTAMC e di altri effettuati prima della redazione del piano regionale, è stato possibile analizzare in maniera approfondita la dinamica dei sedimenti lungo il litorale lavagnese sulla base della quale fornire indicazioni circa le modalità di evoluzione dello stesso nel tempo.

Il Piano segnala in particolare che *"(…) Le mareggiate di scirocco e libeccio agiscono sulla deriva litoranea con verso opposto ma sul lungo termine il mare dominante è il libeccio che induce una deriva litoranea netta diretta da ponente a levante. Con la morfologia attuale della spiaggia emersa e sommersa prossimale la prevalenza di scirocco o libeccio genera l'inversione della falcatura all'interno di ogni singola cella inducendo alternativamente accumulo o arretramento sui lati di ogni pennello, talvolta in maniera molto evidente, con problemi localizzati nelle zone sottoflutto. L'apporto di materiale grossolano alla spiaggia è costituito in pratica esclusivamente da versamenti artificiali, mentre l'apporto di materiale fine avviene solo per opera dei sedimenti provenienti dall'Entella su batimetrie piuttosto elevate, quindi solo in occasione di eventi ondosi significativi. (…)"*.

Inoltre si evidenzia che *"(…) gli interventi di sistemazione della spiaggia hanno portato ad un assetto delle opere che può essere considerato definitivo, salvo le 3 celle su cui non si è ancora intervenuti. Nonostante questo, in assenza di versamenti artificiali, si prevede il proseguimento del trend erosivo in atto sull'intero paraggio del litorale, con erosione della spiaggia a partire da ponente e graduale estensione dei fenomeni verso levante, solo rallentati dalla presenza dei pennelli (…)"*.

Gli interventi previsti a progetto sono di fatto finalizzati al completamento degli interventi di ripascimento strutturale già programmati ed approvati nel 2007 lungo quei tratti (celle litoranee tra P12 e P13, P8 e P9 e P9-P10) in cui non era stato possibile eseguirli con contestuale manutenzione dell'arenile nei tratti in cui le stesse sono state danneggiate prevedendo – in coerenza con quanto proposto dal vigente PTACM –

versamenti artificiali di materiale proveniente dalla barra fociva del fiume Entella per il ripascimento dell'arenile.

3.4 Stima del run-up, fasce dinamiche della spiaggia e definizione del rischio dovuto ad eventi meteomarini

Nell'ambito degli studi di dettaglio del PTAMC, al fine di stimare la risalita dell'onda - run-up - lungo l'arenile del paraggio di Lavagna, è stata considerata una sezione di spiaggia in corrispondenza dei capisaldi n. 307, 308, 309 e 310 utilizzati per i rilievi di spiaggia emersa effettuati dal Dip.Te.Ris., nell'ambito dello studio Beachmed.

La stima del run-up lungo l'arenile del paraggio è stata effettuata in base ai valori medi di pendenza della spiaggia emersa e sommersa i cui valori scelti sono indicativi di una pendenza media tra la sommità della spiaggia emersa ed il punto in corrispondenza della profondità di chiusura della spiaggia sommersa.

Nel PTAMC i valori massimi di run-up nel paraggio di Lavagna corrispondono ad eventi con direzione al largo 220°N, rappresentativi dell'esposizione del paraggio e del fatto che si hanno per tale direzioni i massimi valori di altezza d'onda al frangimento.

	T_R = 1 anno			T_R = 50 anni		
sezione	pendenza	profondità chiusura [m]	run up massimo [m]	pendenza	profondità chiusura [m]	run up massimo [m]
media	0.073	-9	2.2	0.063	-12	4

Tenendo in conto anche la variazione massima del livello idrometrico, dovuto a marea e sovralzi, rispettivamente pari a 0,30 m nel caso di T_R= 1 anno e 0,50 m nel caso di T_R= 50 anni i valori del run-up risultano:

sezione	T_R = 1 anno	T_R = 50 anni
	run up massimo [m]	run up massimo [m]
media	2.5	4.5

Tabella 6.2 valori del run-up massimo tenendo conto della variazione massima del livello idrometrico

Tali valori sono indicativi della quota raggiunta dalla risalita dell'onda e sono stati confrontati con la conformazione e l'orografia nel paraggio, con la configurazione della spiaggia emersa e con la presenza o meno di strutture a tergo al fine dell'individuazione della fascia dinamica della spiaggia emersa come risulta dalla tavola C06 - Carta delle fasce dinamiche della spiaggia del PTAMC nella quale sono graficamente riportati proprio i risultati delle stime del run-up di cui sopra.

Come risulta dall'analisi di tale cartografia e di quella relativa al rischio costiero associato alla risalita dell'onda - valutato nei diversi tratti in funzione della presenza o meno di elementi a rischio ricadenti all'interno della perimetrazione delle fasce dinamiche o lambiti

dalle fasce stesse nel caso in cui questi ne costituiscano evidente ostacolo alla libera risalita del moto ondoso - la spiaggia di Lavagna, anche a seguito dei lavori di ripascimento strutturale e rinforzo delle opere trasversali di difesa costiera eseguite negli anni 2004 e 2010 e degli interventi annuali di ripascimento stagionale , presenta un'ampiezza tale da consentire la naturale risalita e dissipazione dell'onda associata a periodi di ritorno pari ad 1 anno, essendo interamente interessata dal moto ondoso. Per periodi di ritorno superiori, la maggior parte della spiaggia presenta un'ampiezza insufficiente alla naturale dissipazione dell'energia ondosa. Il muraglione della passeggiata e della ferrovia ne costituisce il limite artificiale e viene interessato dalle ondazioni. L'ampiezza della fascia dinamica A, associata ad eventi con periodo di ritorno pari ad 1 anno, è di circa 30 m e l'ampiezza della fascia B, relativa ad eventi con periodo di ritorno 50-ennale, è stimata di circa 50 metri e in alcuni tratti comprende anche parte della sovrastante passeggiata e rete ferroviaria, in quanto può essere raggiunta da spruzzi durante le mareggiate associate a tale periodi di ritorno e il muro viene interessato dal moto ondoso. La zona retrostante il pennello del Cigno è stata perimetrata in fascia C.

Da quanto sopra riportato e vista l'attuale stato del litorale lavagnese e delle strutture pubbliche e private che in prossimità dello stesso sorgono e che sono state danneggiate dagli eventi meteomarini dello scorso ottobre 2018 – presentato nel prosieguo della presente relazione - emerge la necessità di effettuare gli interventi proposti nell'ambito della presente progettazione che consistono nel completamento delle opere di ripascimento strutturale già programmati ed approvati nel 2007 lungo quei tratti (celle litoranee tra P12 e P13, P8 e P9 e P9-P10) in cui non era stato possibile eseguirli con contestuale manutenzione dell'arenile nei tratti in cui le stesse sono state danneggiate al fine di incrementare – per quanto possibile – la protezione che l'arenile e le opere di difesa costiera che su di esso sorgono offrono al litorale e alle strutture pubbliche e private che in prossimità dello stesso sorgono.

4. ANALISI METEO-MARINA DI DETTAGLIO

Un approfondito studio meteo-marino del tratto di litorale in questione è stato eseguito nell'ambito della progettazione dei *"Lavori di ricostruzione e riequilibrio del litorale nel tratto compreso tra Piazza Milano e il Pennello del Cigno"* autorizzati con D.G.R. 1027 del 07.08.2003, D.G.R. 1235 del 29.10.2004, D.G.R. 1102 del 23.09.2005 e Decreto Regionale n.632 del 27.03.2007 e attuati in lotti funzionali negli anni 2004÷2010 dall'amm.ne comunale lungo il litorale lavagnese (con esclusione delle celle P13-P12 e P8-P10 per mancanza di fondi).

Nell'ambito del citato studio e nelle successive fasi di progettazione dei singoli lotti funzionali erano state effettuate numerose indagini mediante modelli matematici sul clima del moto ondoso, sul trasporto solido litoraneo e sul trend evolutivo della linea di costa.

I principali risultati dello studio meteomarino nello stato preesistente ai "*Lavori di ricostruzione e riequilibrio del litorale nel tratto compreso tra Piazza Milano e il Pennello del Cigno"* in estrema sintesi, erano risultati i seguenti:

- nelle immediate adiacenze dei pennelli, le pendenze risultavano molto accentuate a causa delle riflessioni che subiva l'onda incidente sulle strutture;
- le onde frangevano nelle immediate vicinanze della battigia: circa il 99% delle onde frange a profondità inferiori a 3 m, quindi in una fascia di 20-25 m dalla linea di riva;
- l'interazione tra onde incidenti e litorale avveniva principalmente con direzioni che, considerata l'orientazione del piano batimetrico, risultavano praticamente perpendicolari alla costa, con conseguente trascurabile riduzione dell'energia del moto ondoso per rifrazione;
- il trasporto trasversale dei sedimenti avveniva principalmente da costa verso il largo, con generale perdita di materiale sedimentario;
- il trasporto longitudinale dei sedimenti, mediamente diretto verso sud-est, era caratterizzato da valori modesti. Inoltre i volumi di sedimento potenzialmente entranti nell'area in esame erano pari o inferiori ai volumi uscenti: ne conseguiva una generale perdita di materiale, pur modesta, lungo il litorale, o quantomeno nessun apporto;
- i valori di innalzamento del livello marino, dovuto alla combinazione dei vari termini (marea+storm surge+set-up+run-up), risultavano molto elevati: ciò comportava il fatto che, anche nel corso di mareggiate di media intensità, tutta la spiaggia era interessata dalla risalita dell'onda che arriva fino al muro di protezione della ferrovia;

- l'evoluzione della linea di riva, simulata mediante modello matematico, evidenziava una continua e progressiva erosione e la scarsa o nulla efficacia dei pennelli presenti.

Con la configurazione di progetto proposta nell'ambito dei *"Lavori di ricostruzione e riequilibrio del litorale nel tratto compreso tra Piazza Milano e il Pennello del Cigno"* e poi realizzata - come detto – in lotti funzionali negli anni 2004÷2010 dall'amm.ne comunale lungo il litorale lavagnese (con esclusione delle celle P13-P12 e P8-P10 per mancanza di fondi) lo studio aveva mostrato la riduzione dell'innalzamento del livello del mare a costa, con conseguente minore risalita delle onde sulla spiaggia, la riduzione della perdita di materiale dovuta alla presenza di trasporto verso il largo, la modifica della tipologia di frangimento delle onde nel verso di una minore efficienza nel sollevamento del materiale, l'aumento della distanza da costa della zona di frangimento delle onde più alte.

Si riportano nei paragrafi seguenti le risultanze di tale studio meteomarino eseguito dalla DEAM s.r.l., società specializzata in studi oceanografici e costieri mediante modellistica matematica, nell'ambito del progetto dei *"Lavori di ricostruzione e riequilibrio del litorale nel tratto compreso tra Piazza Milano e il Pennello del Cigno"* redatto dallo scrivente studio per il Comune di Lavagna.

4.1 Inquadramento del paraggio e definizione del settore di traversia

Il settore di traversia del paraggio di Lavagna presenta un angolo di apertura di circa 115° (da 135° N a 250° N), in cui si possono identificare due fetches principali esposti ai mari da SW, e due fetches secondari esposti da S e da SE. I due settori principali hanno ampiezze tali da permettere la formazione di mare completamente sviluppato, e sono interessati dalle forti mareggiate provenienti dalle direzioni prevalenti 210° - 240°N che tipicamente si verificano nel Mar Tirreno. Tuttavia, anche i due fetches minori possono assumere importanza rilevante, data la notevole ampiezza e la frequenza annuale con cui si verificano mareggiate provenienti da Sud.

4.2 Clima ondoso al largo

Nell'ambito dello studio di cui sopra, come dati di base sono state utilizzate le registrazioni di altezza, periodo e direzione delle onde effettuate, a cadenza trioraria, dalla boa ondametrica direzionale della Rete Ondametrica Nazionale (RON) ancorata al largo di La Spezia.

La suddetta boa è ancorata circa 35 km a sud-est dell'area in esame: tuttavia l'esposizione ai mari prevalenti e dominanti è del tutto analoga se si considera un punto al largo del Golfo del Tigullio; del tutto analoga è anche l'esposizione ai mari da NW,N,NE, settori caratterizzati

da fetches molto corti. E' stato dunque possibile, mediante "correzioni" del tutto marginali, che tengono conto del fetch e delle caratteristiche anemologiche a grande scala, e limitate a pochi settori direzionali, definire un clima al largo del Golfo del Tigullio che sia basato su numerose misure contenente l'informazione direzionale, informazione generalmente non disponibile nella stragrande maggioranza dei casi in cui il dato di direzione si riferisce alla direzione di provenienza del vento, a volte diversa da quella di provenienza delle mareggiate.Si riporta nella tabella e nella figura seguenti la distribuzione dell'altezza d'onda significativa per direzione di provenienza:

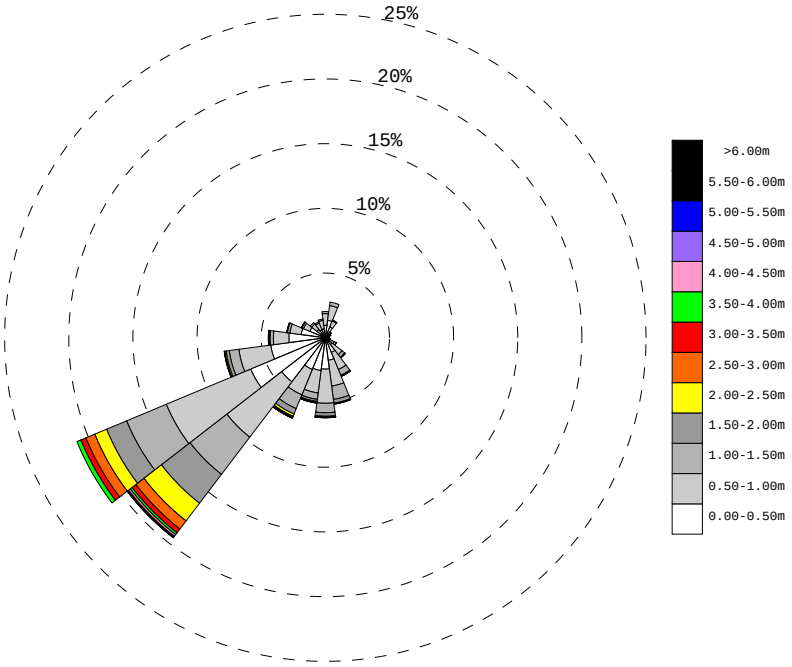
DIR	**Hs (m)**															
(°N)	**0.5**	**1.0**	**1.5**	**2.0**	**2.5**	**3.0**	**3.5**	**4.0**	**4.5**	**5.0**	**5.5**	**6.0**	**6.5**	**7.0**	**>7.0**	**TOT**
0	0.96	0.91	0.16													**2.04**
15	1.36	1.15	0.27													**2.78**
30	0.91	0.50	0.08													**1.49**
45	0.41	0.15	0.02													**0.58**
60	0.31	0.13	0.02													**0.46**
75	0.23	0.09	0.02													**0.34**
90	0.24	0.08	0.01													**0.33**
105	0.25	0.12	0.03													**0.39**
120	0.37	0.39	0.16	0.02												**0.94**
135	0.66	0.98	0.26	0.06	0.01											**1.96**
150	1.22	1.43	0.48	0.09	0.01											**3.23**
165	1.75	2.01	1.04	0.29	0.07	0.01	0.00									**5.18**
180	2.42	2.64	0.73	0.27	0.07	0.03	0.01	0.01								**6.19**
195	2.55	1.75	0.50	0.16	0.09	0.02	0.01	0.01								**5.08**
210	2.65	2.12	1.15	0.45	0.19	0.07	0.01	0.02								**6.67**
225	4.29	5.39	3.62	2.81	1.72	0.79	0.37	0.18	0.05	0.01	0.00	0.00	0.00			**19.23**
240	6.30	7.12	3.35	1.69	1.00	0.75	0.42	0.33	0.17	0.08	0.04	0.01	0.00	0.00		**21.26**
255	4.29	2.51	0.75	0.25	0.10	0.04	0.01	0.00								**7.97**
270	2.84	1.21	0.26	0.07	0.05	0.02										**4.45**
285	1.90	0.89	0.19	0.04	0.01											**3.03**
300	1.31	0.54	0.13	0.03	0.01											**2.02**
315	0.81	0.53	0.14													**1.48**
330	0.67	0.56	0.11													**1.34**
345	0.70	0.66	0.11													**1.46**
TOT	**39.39**	**33.86**	**13.57**	**6.24**	**3.33**	**1.73**	**0.84**	**0.55**	**0.22**	**0.09**	**0.04**	**0.01**	**0.01**	**0.00**		**99.88**

CALMA 0.12

Legenda: **"0.00" significa percentuali <0.01 %**

DISTRIBUZIONE DELLA FREQUENZA PERCENTUALE DELL'ALTEZZA D'ONDA SIGNIFICATIVA PER DIREZIONE DI PROVENIENZA

Dall'analisi della tabella appare evidente come il 40 % delle onde provenga dalle direzioni 225-240° N e come, complessivamente, il 71 % degli eventi provenga dal III quadrante (S-W). Lo scirocco, a cui sono associabili le direzioni da 120 e 165° N, è presente nell'11 % dei casi.



ROSA DELLE ONDE AL LARGO DEL GOLFO DEL TIGULLIO

Per quanto concerne le altezze, il 73 % circa delle onde risulta caratterizzato da altezze significative inferiori o uguali ad 1 m, il 93 % inferiore o uguale a 2 m. Sono tuttavia state registrate, per le direzioni 225-240° N, mareggiate di particolare intensità, fino a quasi 7 m di altezza, anche se la frequenza di tali eventi è ovviamente molto bassa: solo lo 0.38 % di onde ha infatti altezze significative superiori a 4 metri.

Per quanto concerne il periodo medio l'84 % dei periodi riportati è inferiore o uguale a 6 s, mentre alle mareggiate più intense sono associati periodi di 9 – 10 s.

	Hs (m)															
	0.5	**1.0**	**1.5**	**2.0**	**2.5**	**3.0**	**3.5**	**4.0**	**4.5**	**5.0**	**5.5**	**6.0**	**6.5**	**7.0**	**>7.0**	**TOT**
Ts (s)																
2	0.00															**0.00**
3	5.53	0.35														**5.88**
4	20.08	10.98	0.96	0.00												**32.02**
5	10.47	12.52	4.86	0.92	0.09											**28.86**
6	2.69	6.26	4.53	2.83	1.12	0.27	0.03	0.01	0.00							**17.73**
7	0.53	2.71	2.07	1.73	1.44	0.72	0.26	0.17	0.04	0.01	0.00					**9.67**
8	0.05	0.95	0.82	0.62	0.59	0.57	0.36	0.19	0.06	0.03	0.02	0.01				**4.27**
9	0.02	0.09	0.25	0.17	0.10	0.17	0.17	0.13	0.09	0.04	0.01	0.00	0.00			**1.25**
10	0.01	0.00	0.03	0.02	0.01	0.01	0.01	0.04	0.02	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00		**0.19**
11	0.00						0.00									**0.01**
12																

TOT	**39.39**	**33.86**	**13.51**	**6.28**	**3.34**	**1.73**	**0.84**	**0.54**	**0.22**	**0.09**	**0.04**	**0.02**	**0.01**	**0.00**		**99.88**

CALMA **0.12**

Legenda: **"0.00" significa percentuali <0.01 %**

ISTRIBUZIONE DELLA FREQUENZA PERCENTUALE DELL'ALTEZZA D'ONDA SIGNIFICATIVA IN FUNZIONE DEL PERIODO MEDIO

Considerate le caratteristiche di esposizione dell'area in studio, sono state studiate le distribuzioni delle altezze d'onda significative corrispondenti ai settori di provenienza di 150, 180, 210, 240 e 270° N. Non sono state considerate la direzione di provenienza inferiori a 150° N in quanto l'area del litorale lavagnese è schermata da tali direzioni dal promontorio di Punta Sestri. Si riportano di seguito i valori estremi al largo corrispondenti alle suddette provenienze.

DIREZIONE	1 anno		10 anni	
(°N)	Hs (m)	Ts (s)	Hs (m)	Ts (s)
150	2.3	6.2	2.9	7.0
180	3.3	7.4	3.9	8.1
210	3.7	7.9	4.4	8.6
240 (*)	5.5	9.6	7.0	10.8
270	3.6	7.7	4.6	8.8
OMNIDIREZIONALE	5.5	9.6	7.0	10.8

Nota *: Il fitting dei valori relativi alla direzione 240° N porta a risultati più elevati di quelli omnidirezionali, il che non è fisicamente attendibile. Per il settore 240° andranno dunque utilizzati i valori omnidirezionali.

VALORI ESTREMI DEL MOTO ONDOSO AL LARGO DEL GOLFO DEL TIGULLIO

4.3 Clima del moto a costa

Nella propagazione dal largo verso le acque meno profonde le onde subiscono delle trasformazioni dovute all'effetto del fondo (praticamente quando la profondità dell'acqua diventa circa metà della lunghezza d'onda).

Si hanno così i fenomeni di "rifrazione", cioè la rotazione dei fronti d'onda dovuta alla diminuzione della velocità delle onde con la profondità, di "shoaling", cioè un incremento o decremento dell'altezza d'onda legato alla concentrazione o dispersione dell'energia per effetto delle differenze tra velocità di fase dell'onda e velocità di gruppo (velocità con cui si propaga l'energia) causato dal fondale, di "attrito", cioè dalla dispersione di energia per effetto dell'attrito sul fondo che determina una riduzione dell'altezza dell'onda.

L'altezza dell'onda al largo H_o si modifica quindi continuamente nella sua propagazione verso le acque basse secondo la relazione:

$$H_i = H_o * K_r * K_s * K_f * K_d$$

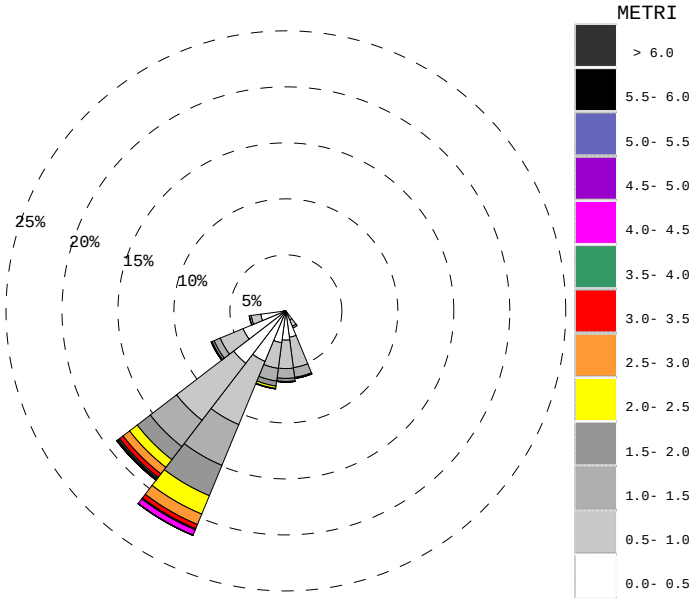
dove H_i è l'altezza d'onda locale, K_r, K_s, K_f, K_d sono rispettivamente i coefficienti di rifrazione, shoaling, attrito e diffrazione.

Tenuto conto di quanto sopra, il clima nell'area antistante il tratto in esame, ad una profondità di riferimento di 10 m, è stato calcolato valutando i coefficienti di rifrazione e shoaling per ogni elemento della matrice del clima al largo. E' stato trascurato, ai fini cautelativi, il coefficiente di attrito: le altezze calcolate debbono quindi essere considerate piuttosto conservative.

ALTEZZA D'ONDA Hs														
DIR	**0.5**	**1**	**1.5**	**2**	**2.5**	**3**	**3.5**	**4**	**4.5**	**5**	**5.5**	**6**	**6.5**	**TOT**
(°N)														
150	0.87	0.63	0.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	**1.67**
165	2.37	2.74	0.87	0.10	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	**6.08**
180	2.61	2.54	0.88	0.27	0.04	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	**6.36**
195	2.86	2.32	1.14	0.45	0.21	0.04	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	**7.03**
210	4.88	6.11	3.94	2.93	1.78	1.00	0.41	0.11	0.05	0.02	0.01	0.01	0.00	**21.24**
225	5.89	6.42	2.96	1.47	0.87	0.73	0.40	0.14	0.10	0.05	0.01	0.01	0.00	**19.05**
240	4.14	2.21	0.59	0.20	0.08	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	**7.22**
255	2.26	0.86	0.16	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	**3.31**
270	0.16	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	**0.20**
285	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	**0.00**
TOT	**26.04**	**23.86**	**10.70**	**5.44**	**2.99**	**1.78**	**0.84**	**0.25**	**0.15**	**0.07**	**0.02**	**0.02**	**0.00**	**72.16**

Frequenza degli eventi residui: 27.84

CLIMA DEL MOTO ONDOSO A COSTA A 10 m DI PROFONDITA' NELL'AREA ANTISTANTE IL LITORALE DI LAVAGNA



ROSA DELLE ONDE ALLA PROFONDITA' DI 10 m

La propagazione delle onde estreme a costa, inoltre, è stata effettuata utilizzando un modello di rifrazione, operante sulla batimetria reale del Golfo.

Si sono prima valutate, attraverso la tecnica del "backtracing" (o rifrazione inversa), i limiti del settore direzionale da cui possono provenire le onde: a partire da un punto in prossimità del litorale in esame sono stati tracciati i raggi d'onda verso il largo, operando una rifrazione inversa per tutte le onde estreme che interessano l'area e i diagrammi di rifrazioni per tali direzioni.Si riporta di seguito un esempio di diagramma di rifrazione per onda decennale con provenienza al largo 240°N.

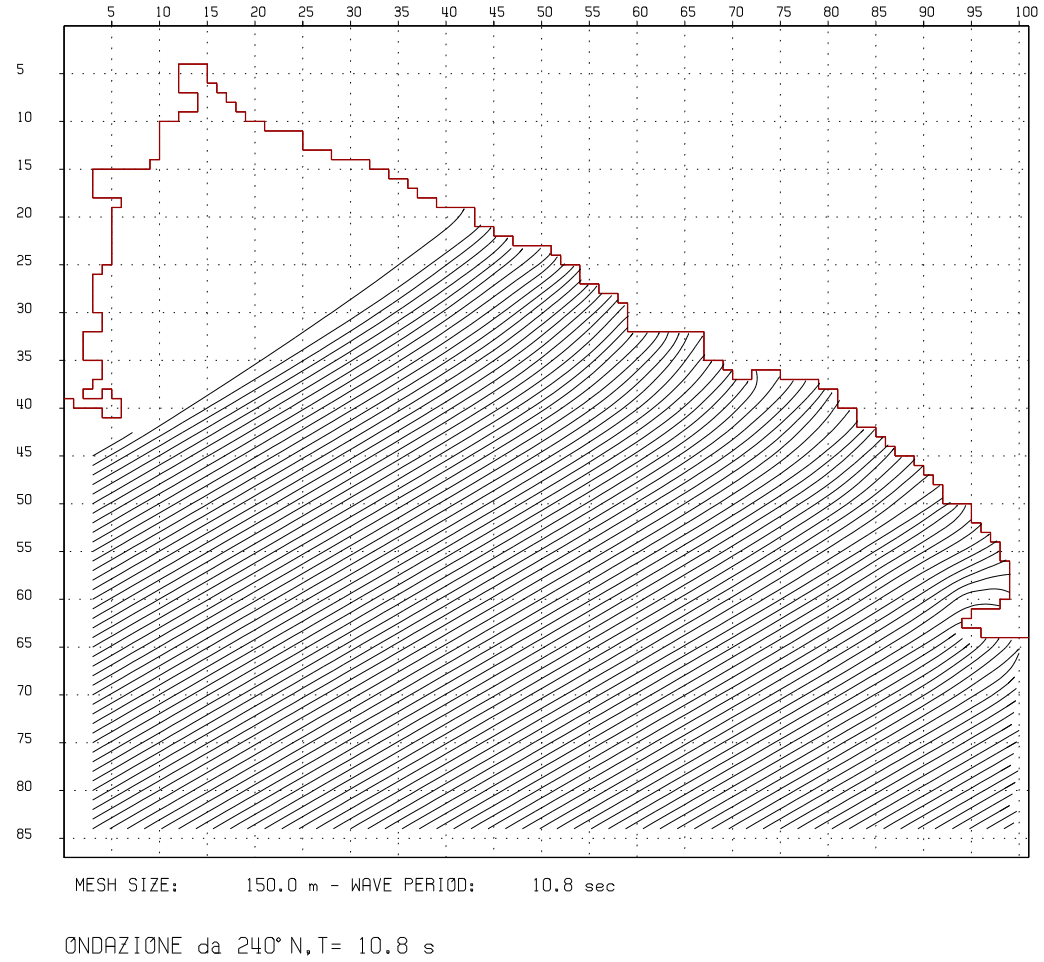


DIAGRAMMA DI RIFRAZIONE DELL'ONDA DECENNALE CON DIREZIONE DI PROVENIENZA AL LARGO DI 240° N

I valori estremi a costa così calcolati sono presentati nella seguente tabella. Da notare che in alcuni casi le altezze d'onda estreme, sia quelle annuali che quelle decennali hanno già subito il frangimento e si presentano quindi nei pressi del litorale in esame con una altezza che è la massima ammissibile per la profondità considerata.

PROF. (m)	**Hs (m)**	**Ts (s)**	**DIR. (gr N)**	**DIR AL LARGO**	**Hs (m) LARGO**
4	3.1 *	10.8	222	240	7.0
5	3.9 *	10.8	223		
6	4.7 *	10.8	223		
4	3.1 *	8.6	222	210	4.4
5	3.9 *	8.6	223		
6	4.5 *	8.6	223		
4	3.1 *	8.1	197	180	3.9
5	3.8	8.1	196		
6	3.7	8.1	194		

ONDE ESTREME DECENNALI NELL'AREA DI LAVAGNA ALLE PROFONDITA' DI INTERESSE PER IL PROGETTO

Dall'analisi dei risultati delle analisi meteo marine di dettaglio effettuate nell'ambito del citato studio, risulta che l'onda più gravosa per il litorale in esame è l'onda con direzione al largo 240° N, il cui fitting di valori è assunto pari a quello dell'onda omnidirezionale.

4.4 Variazioni del livello marino

Oltre al moto ondoso, la variazione del livello marino in prossimità della costa è dovuta a varie cause tra cui le maggiori sono lo stress del vento sulla superficie traversale e longitudinale (Set up da vento) e l'innalzamento dovuto alla marea.

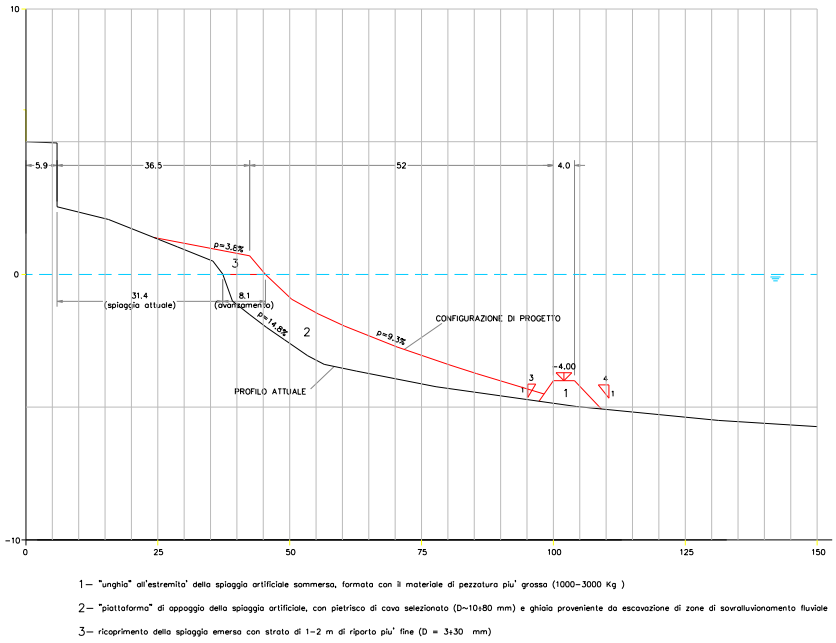
I valori di livello indotti dai suddetti termini forzanti per l'area oggetto di studio, calcolati con formule semi-empiriche nello studio riportati di seguito:

LIVELLO DEL MARE	**VALORI ESTREMI 1 ANNO (cm)**	**VALORI ESTREMI 10 ANNI (cm)**
wind set-up trasversale	33	56
wind set-up longitudinale	32	43
marea	13	13

Per conoscere le variazioni totali si ricorda che sommare tutti i contributi ha poco senso in quanto si otterrebbe una stima decisamente cautelativa. Una più corretta analisi dovrebbe portare alla stima della probabilità congiunta dei vari contributi, ma tale stima è impossibile per la totale mancanza di dati simultanei relativi ai vari processi fisici considerati.

4.5 Profilo di equilibrio del materiale di ripascimento

Le analisi e le modellazioni di dettaglio eseguite nell'ambito dello studio meteomarino hanno messo in evidenza la sostanziale validità complessiva della proposta progettuale sia in termini di riduzione del moto ondoso e di conseguenza dei fenomeni erosivi, sia in termini di stabilità della spiaggia in progetto il cui profilo - ipotizzato nella modellazione numerica predisposta nell'ambito dello studio di dettaglio - ha una pendenza media del 6.8 % e le caratteristiche mostrato nella figura che segue.



SEZIONE TIPO SPIAGGIA NELLA CONFIGURAZIONE ANTE E POST OPERE DI RIPASCIMENTO STRUTTURALE MODELLATA NELLO STUDIO DI DETTAGLIO

5. DESCRIZIONE DEL LITORALE

La spiaggia di Lavagna – Cavi, come già esposto, è una lunga spiaggia pressoché rettilinea che ha origine dal molo sottoflutto del porto turistico di Lavagna e si protende a levante fino al pennello del Cigno che separa il litorale lavagnese dalle Rocche di Sant'Anna.

La spiaggia è attualmente suddivisa in 13 celle delimitate da 12 pennelli ortogonali alla riva (numerati in ordine crescente procedendo da ponente verso levante), dal molo di sottoflutto del porto turistico all'estremità di ponente e dal pennello del Cigno all'estremità di levante.

5.1 Danni causati dall'evento del 29-30 ottobre 2018

A seguito dell'eccezionale evento meteo-marino avvenuto il 29-30 ottobre 2018 il litorale lavagnese e le opere/strutture pubbliche e private che sorgono in prossimità dello stesso hanno subito ingenti danni. In particolare, come meglio descritto nella relazione generale del presente progetto definitivo (vedi documentazione fotografica riporta al capitolo 3) sono state danneggiate:

1. la scogliera di sostegno e di difesa del tratto di passeggiata pubblica e della retrostante linea ferroviaria Genova – La Spezia nel tratto tra i pennelli n.1 e n.2 in corrispondenza delle quale è avvenuta un significativa asportazione/cedimento del paramento in massi naturali cementati;
2. il tratto di arenile tra i pennelli n.1 e n.2 ha subito una forte erosione con asportazione del materiale ghiaioso che lo costituisce che è stato riversato nel retrostante tratto di passeggiata con danneggiamento di alcune porzioni della pavimentazione, degli arredi pubblici e di alcuni tratti delle strutture di delimitazione con la linea ferroviaria;
3. i pennelli in scogliera presenti lungo tutto il litorale che hanno subito asportazione e/o cedimento dei massi naturali sia nelle testate che in alcuni tratti del paramento del tronco e i corrispondenti tratti di arenile in cui c'è stata una asportazione di materiale dalla spiaggia;
4. la opere e strutture di alcuni stabilimenti balneari privati che sorgono in prossimità della spiaggia, alcuni tratti della retrostante passeggiata pubblica in cui si sono creati dei fornelli e i locali tecnici pubblici siti in p.zza Milano.

5.2 Interventi di ripristino delle opere di difesa in scogliera già eseguiti

Come già accennato in premessa a seguito delle somme messa a disposizione dalla struttura commissariale di cui alla OCDPCM 558/2018 con il decreto DCD558 n.3 del 2019 l'Amm.ne comunale di Lavagna ha effettuato un intervento di manutenzione e ripristino

delle opere di difesa in scogliera del litorale - che erano state danneggiate nel corso dell'evento del 29-30 ottobre 2018- che è stato ultimato a fine Maggio 2020.

Tali interventi, come è possibile rilevare dalla documentazione fotografica allegata alla relazione generale del presente progetto definitivo (vedi allegato 2), hanno sostanzialmente consentito di ripristinare quelle porzioni dei pennelli che risultavano gravemente danneggiati presentando infatti significativi se non completi ammanchi della mantellata nella parte emersa.

5.3 Stato attuale

Come riportato negli elaborati grafici *"D04 – Litorale di Lavagna-Cavi – tratto di Levante tra il pennello n.13 e il pennello n.8 - Planimetria di rilievo e documentazione fotografica dello stato attuale dei luoghi"* e *"D05 – Litorale di Lavagna-Cavi –tratto di Ponente tra il pennello n.8 e il pennello n.1 - Planimetria di rilievo e documentazione fotografica dello stato attuale dei luoghi"* in cui sono graficamente riportati gli esiti delle indagini eseguite lungo il litorale e presentato l'attuale stato dei luoghi, si rileva un generale danneggiamento dell'intero arenile lavagnese anche lungo i tratti che erano già stati oggetto degli interventi di ristrutturazione e riequilibrio eseguiti dal 2002 al 2010 (tratto compreso tra i pennelli n.1 e n.8 e n.10 e n.12) in corrispondenza dei quali, oltre ad una asportazione di materiale dalla spiaggia, si sono riscontrati tratti del piede /unghia di contenimento realizzato all'estremità della spiaggia sommersa completamente depauperati e/o fortemente dissestati e diversi tratti della spiaggia sommersa in cui sono presenti significative quantità di massi e massotti – probabilmente franati dai limitrofi pennelli e/o asportati verso riva dai prospicienti tratti di piede soffolto danneggiati – che possono anche interferire con la fruizione in sicurezza dell'arenile e dello specchio acqueo.

Risulta inoltre danneggiata la testata del pennello P13 – che non è stato oggetto degli interventi di ripristino delle opere di difesa in scogliera recentemente eseguiti - in corrispondenza della quale si rilevano ammanichi di materiale lapideo lungo le scarpate lato ponente, levante e frontale .

Inoltre anche i pennelli in scogliera oggetto dei recenti interventi di ripristino necessitano – in maniera più o meno significativa – di puntuali manutenzioni necessarie al consolidamento e/o rettifica di quei tratti di scarpate in cui si sono rilevate locali mancanze e/o presenza di elementi fuori sagoma.

6. INTERVENTI A PROGETTO

6.1 Obbiettivi

Come evidenziato dalla documentazione riportata nei paragrafi precedenti il tratto di litorale di Lavagna – Cavi ha da sempre manifestato delle problematiche generalizzate legate alla stabilità del sistema spiaggia nel suo complesso nel tratto compreso tra p.zza Milano ed il pennello del Cigno.

Dette problematiche sono state parzialmente risolte con l'attuazione, nel periodo compreso tra il 2002 e il 2010, della maggior parte dei lotti funzionali previsti nel progetto di recupero e risanamento del litorale - cd *"Lavori di ricostruzione e riequilibrio del litorale nel tratto compreso tra Piazza Milano e il Pennello del Cigno"* approvati definitivamente mediante Conferenza dei Servizi con Decreto finale n° 632 del 27.03.2007 – e attraverso interventi annuali di ripascimento dell'arenile eseguiti, a scopo manutentivo, lungo i tratti di litorale che di anno in anno risultavano maggiormente erosi.

L'attuale configurazione della spiaggia di Lavagna tuttavia, come peraltro confermato anche dagli studi e verifiche effettuate dalla Regione Liguria nel Piano di Tutela dell'Ambiente Marino e Costiero per l'Ambito Costiero 15, non consente la completa dissipazione del moto ondoso incidente in occasione di mareggiate - anche non estreme – con conseguente possibile danneggiamento non solo dell'arenile e delle opere di difesa in scogliera ivi presenti ma anche della passeggiata pubblica, delle strutture degli stabilimenti balneari presenti e della retrostante linea ferroviaria di Genova – La Spezia.

Al fine di perseguire una ulteriore riduzione del rischio lungo il tratto di litorale in questione - che rappresenta lungo l'intero tratto compreso tra p.zza Milano e il pennello del Cigno la prima difesa per la retrostante passeggiata pubblica, per le strutture ed opere degli stabilimenti balneari ivi presenti ma anche per il sedime della linea ferroviaria di Genova-La Spezia - l'Amm.ne Comunale di Lavagna ha intenzione di attuare le fasi d'intervento qui di seguito riassunte:

Fase 1 (da eseguire con i fondi messi a disposizione per l'annualità 2020 con DCD 558 n.8/2020): **Completamento dei lavori di ricostruzione e riequilibrio del litorale previsti nel progetto definitivo autorizzato nel 2007 nel tratto compreso tra i pennelli n.8 e n.10 e n.12 e n.13 e manutenzione del litorale nel tratto compreso tra i pennelli n.10 e n.12;**

Fase 2 (da eseguire con i fondi che si auspica siano messi a disposizione per l'annualità 2021 dalla struttura commissariale di cui alla OCDPCM 558/2018): **Manutenzione del litorale nel tratto compreso tra i pennelli n.1 e n.8**;

graficamente schematizzate nell'elaborato grafico *"D03 – Litorale di Lavagna-Cavi – Planimetria di rilievo con individuazione delle aree d'intervento e dei lotti/fasi d'attuazione"* del presente progetto definitivo.

6.2 Descrizione degli interventi

Gli interventi proposti nell'ambito della presente progettazione definitiva prevedono, in continuità con il progetto definitivo redatto ed approvato nel 2007, il completamento degli interventi proposti nell'ambito dei "*Lavori di ricostruzione e riequilibrio del litorale nel tratto compreso tra Piazza Milano e il Pennello del Cigno"* e parzialmente eseguiti nel periodo 2002-2010 oltre alla manutenzione straordinaria dei tratti di arenile - già oggetto degli interventi strutturali di cui sopra – che hanno subito danni con contestuale definizione di dettaglio di interventi finalizzati alla risoluzione delle problematiche evidenziate dalla mareggiata dell'ottobre 2018.

Tali interventi, finalizzati all'aumento della resilienza del litorale che – come detto - rappresenta lungo l'intero tratto compreso tra p.zza Milano e il pennello del Cigno la prima difesa per la retrostante passeggiata pubblica, per le strutture ed opere degli stabilimenti balneari ivi presenti ma anche per il sedime della linea ferroviaria di Genova-La Spezia, sono pertanto da intendersi quali interventi di difesa della costa e delle retrostanti opere private ed infrastrutture pubbliche.

6.2.1 Fase 1

Come riportato nell'elaborato grafico *"D06 – Litorale di Lavagna-Cavi – tratto di Levante tra il pennello n.13 e il pennello n.8- Planimetria di rilievo con indicazione degli interventi previsti a progetto nella Fase 1 e sezioni tipo d'intervento"* del presente progetto definitivo di cui si riportano qui di seguito alcuni stralci gli interventi previsti nella Fase 1 (da eseguire con i fondi messi a disposizione per l'annualità 2020 con DCD 558 n.8/2020) consistono nel completamento dei lavori di ricostruzione e riequilibrio del litorale previsti nel progetto definitivo autorizzato nel 2007 nel tratto compreso tra i pennelli n.8 e n.10 e n.12 e n.13 e nella manutenzione del litorale nel tratto compreso tra i pennelli n.10 e n.12.

L'intervento, visti anche gli esiti delle indagini batimetriche e topografiche effettuate rappresentative dell'attuale stato dei luoghi dell'arenile, comprende pertanto:

- il ripascimento strutturale della spiaggia sommersa ed emersa, con formazione di piede in scogliera soffolta, nel tratto compreso tra i pennelli n.8 e n.9, n.9 e n.10 e n.12 e n.13;
- la ristrutturazione del pennello n.9 e del pennello n.13 oltre a locali e puntuali interventi di consolidamento dei pennelli n.10, n.11 e n.12;

da attuare nel rispetto ed in conformità con gli obbiettivi, ipotesi ed indicazioni progettuali degli interventi di completamento dei "*Lavori di ricostruzione e riequilibrio del litorale nel tratto compreso tra Piazza Milano e il Pennello del Cigno"* (autorizzati con Decreto Regionale n.632 del 27.03.2007) aggiornate/uniformate all'attuale stato dei luoghi.

- la manutenzione del litorale nel tratto compreso tra i pennelli n.10 e n.12 (già oggetto degli interventi strutturali di ricostruzione e riequilibrio del lotto funzionale n.2) mediante il ripascimento del corrispondente tratto di spiaggia sommersa ed emersa con contestuale rifiorimento del piede in scogliera soffolta della spiaggia sommersa danneggiato oltre a locali e puntuali interventi di consolidamento dei pennelli al fine di incrementare il profilo trasversale attuale della spiaggia e, come peraltro indicato nel PTAMC regionale, consentire un incremento delle condizioni di sicurezza per il litorale e le strutture pubbliche e private ivi presenti.

Per il dettaglio di tali interventi si rimanda agli elaborati "*D08.1-08.2-08.3-08.4-08.5 – Litorale di Lavagna-Cavi – tratto di Levante tra il pennello n.13 e il pennello n.8 - Sezioni pennelli – stato attuale e di progetto*", " *D09.1- 09.2 - 09.3 - 09.4 - 09.5 – Litorale di Lavagna-Cavi – tratto di Levante tra il pennello n.13 e il pennello n.8 - Sezioni spiaggia – stato attuale e di progetto"* e *"R03 – Computo metrico estimativo"* del presente progetto definitivo nei quali sono rappresentati i vari interventi previsti a progetto (ripascimento spiaggia, rifiorimento piede, manutenzione pennelli, ecc…) e valutati per ciascuno di essi le relative quantità di materiale e/o attività lavorative necessarie.

In particolare, per quello che riguarda le attività di ripascimento dell'arenile, le stesse saranno effettuate con l'apporto di materiale di sovralluvionamento fluviale da prelevare alla barra fociva del limitrofo Fiume Entella (come meglio specificato nell'elaborato *"R07 – Relazione tecnica di caratterizzazione del materiale dell'area fociva del fiume Entella "* del presente progetto definitivo) prevedendo anche la fornitura di materiale di cava di idonea pezzatura nelle celle litoranee (tra i pennelli n.8 e n.10 e n.12 e n.13) come previsto nell'ambito del progetto definitivo degli interventi di completamento dei lavori di ricostruzione e riequilibrio del litorale autorizzato nel 2007.

6.2.2 Fase 2

Come riportato nell'elaborato grafico *"D07 – Litorale di Lavagna-Cavi – tratto di Ponente tra il pennello n.8 e il pennello n.1 - Planimetria di rilievo con indicazione degli interventi previsti a progetto nella Fase 2 e sezioni tipo d'intervento"* del presente progetto definitivo gli interventi previsti nella Fase 2 (da eseguire con i fondi che si auspica siano messi a disposizione per l'annualità 2021 dalla struttura commissariale di cui alla OCDPCM

558/2018) consistono nella manutenzione del litorale nel tratto compreso tra i pennelli n.1 e n.8.

L'intervento comprende pertanto la manutenzione del litorale nel tratto compreso tra i pennelli n.1 e n.8 (già oggetto degli interventi strutturali di ricostruzione e riequilibrio dei lotti funzionali n.1, n.3, n.4, n.5 e n.6) mediante il ripascimento del corrispondente tratto di spiaggia sommersa ed emersa con contestuale rifiorimento del piede in scogliera soffolta della spiaggia sommersa danneggiato oltre a locali e puntuali interventi di consolidamento dei pennelli ivi presenti.

Per il dettaglio di tali interventi si rimanda agli elaborati *"D10.1-10.2-10.3-10.4-10.5-10.6-10.7 – Litorale di Lavagna-Cavi – tratto di Ponente tra il pennello n.8 e il pennello n.1 - Sezioni pennelli – stato attuale e di progetto", " D11.1-11.2-11.3-11.4-11.5-11.6-11.7 – Litorale di Lavagna-Cavi – tratto di Ponente tra il pennello n.8 e il pennello n.1 - Sezioni spiaggia – stato attuale e di progetto"* e "*R03 – Computo metrico estimativo"* del presente progetto definitivo nei quali sono rappresentati i vari interventi previsti a progetto (ripascimento spiaggia, rifiorimento piede, manutenzione pennelli, ecc…) e valutati per ciascuno di essi le relative quantità di materiale e/o attività lavorative necessarie.

In particolare, per quello che riguarda le attività di ripascimento dell'arenile, le stesse saranno effettuate con l'apporto di materiale di sovralluvionamento fluviale da prelevare alla barra fociva del limitrofo Fiume Entella come meglio specificato nell'elaborato "*R07 – Relazione di caratterizzazione del materiale dell'area fociva del fiume Entella "* del presente progetto definitivo.

6.3 Modalità di esecuzione degli interventi

I lavori previsti a progetto, come meglio descritto nei precedenti capitoli della presente relazione, consistono sinteticamente in:

- ripascimento strutturale della spiaggia sommersa ed emersa, con formazione di piede in scogliera soffolta, nel tratto compreso tra i pennelli n.8 e n.9, n.9 e n.10 e n.12 e n.13;
- ristrutturazione del pennello n.9 e del pennello n.13 oltre a locali e puntuali interventi di consolidamento dei pennelli n.8, n.10 e n.12;
- manutenzione del litorale nel tratto compreso tra i pennelli n.10 e n.12 e n.1 e n.8 mediante il ripascimento del corrispondente tratto di spiaggia sommersa ed emersa con contestuale rifiorimento del piede in scogliera soffolta della spiaggia sommersa danneggiato oltre a locali e puntuali interventi di consolidamento dei pennelli in scogliera ivi presenti;

Le lavorazioni saranno eseguite in parte via mare con l'ausilio di idonei mezzi marittimi ed in parte via terra con l'ausilio di autocarri e mezzi d'opera (escavatore e pala meccanica) come segue:

- ripascimento strutturale e/o a carattere manutentivo dell'arenile con apporto di materiale di sovralluvionamento fluviale da prelevare/scavare alla barra fociva del fiume Entella mediante escavatore, caricare, trasportare e scaricare presso il litorale lavagnese mediante mezzo marittimo e sua sistemazione finale lungo la spiaggia mediante escavatore e/o pala meccanica;

- completamento del ripascimento dell'arenile nei soli tratti in cui l'intervento ha carattere strutturale con apporto via terra a mezzo autocarro di materiale di cava e sua sistemazione finale lungo la spiaggia mediante escavatore e/o pala meccanica;

- formazione del piede in scogliera soffolta della spiaggia sommersa e/o rifiorimento dello stesso nei tratti danneggiati mediante apporto di elementi lapidei di nuova fornitura e/o ricollocazione in sagoma di quelli già presenti in sito mediante idoneo mezzo marittimo.

- ristrutturazione e/o consolidamento dei pennelli in scogliera presenti lungo l'arenile lavagnese mediante apporto di elementi lapidei di nuova fornitura e/o ricollocazione in sagoma di quelli già presenti in sito mediante idoneo mezzo marittimo con assistenza via terra di escavatore per la sistemazione dei tratti di radice.

Gli interventi come sopradescritti prevedono quindi di dovere operare sia in aree a mare, eventualmente interessate da traffico di natanti, sia lungo tratti di arenile a terra ed in prossimità di porzioni della passeggiata e/o di strutture ricettive aperte al pubblico. Vista la delle lavorazioni che dovranno essere eseguite – che presuppongono l'operatività sia di mezzi d'opera marittimi che terrestri - ed alla tipologia delle aree di intervento che possono pregiudicare sia lo svolgimento in sicurezza che il regolare andamento dei lavori, preliminarmente all'inizio degli stessi dovranno essere emanate specifiche Ordinanze da parte dell'Autorità Marittima e della locale Polizia Municipale atte a regolamentare, ai fini della sicurezza, le zone di lavoro, le modalità di segnalamento delle stesse, gli orari di lavoro e/o di libero transito.

7. DIMENSIONAMENTO DELLE OPERE

7.1 Profilo di equilibrio del materiale di ripascimento

Le analisi e gli studi meteomarini eseguiti nell'ambito del progetto di recupero e risanamento del litorale - cd *"Lavori di ricostruzione e riequilibrio del litorale nel tratto compreso tra Piazza Milano e il Pennello del Cigno"*– avevano messo in evidenza la sostanziale validità complessiva del progetto per quanto concerne la stabilità del profilo trasversale di spiaggia che si era proposto di realizzare.

Tali interventi – come detto – sono stati attuati negli anni 2004-2010 dall'amm.ne comunale di Lavagna lungo il proprio litorale in vari lotti funzionali che hanno interessato 9 su 12 delle esistenti celle litoranee. Le osservazioni effettuate su tratti di spiaggia dove si è già intervenuti hanno confermato le sostanzialmente le risultanze di progetto e le verifiche effettuate in tali tratti hanno mostrato un'evoluzione del profilo della spiaggia tendente verso il profilo di equilibrio ipotizzato nelle simulazioni.

Considerato che gli interventi da attuare prioritariamente nella Fase 1 delle opere proposte con il presente progetto definitivo sono proprio finalizzate al completamento dei lavori di ricostruzione e riequilibrio del litorale previsti nel progetto definitivo autorizzato nel 2007 nel tratto compreso tra i pennelli n.8 e n.10 e n.12 e n.13 (in cui gli interventi non erano stati attuati per mancanza di fondi) per il ripascimento strutturale dell'arenile in tali celle litoranee è stato confermato il profilo teorico ipotizzato nelle modellazione numerica.

Come risulta dagli elaborati grafici del presente progetto definitivo (vedi *D09.1 – Litorale di Lavagna-Cavi – tratto di Levante tra il pennello n.13 e il pennello n.8 - Sezioni spiaggia cella litoranea P13-P12 – stato attuale e di progetto*; *D09.4 – Litorale di Lavagna-Cavi – tratto di Levante tra il pennello n.13 e il pennello n.8 Sezioni spiaggia cella litoranea P10-P9 – stato attuale e di progetto* e *D09.5 – Litorale di Lavagna-Cavi – tratto di Levante tra il pennello n.13 e il pennello n.8 - Sezioni spiaggia cella litoranea P9-P8 – stato attuale e di progetto*) sono quindi state tracciate le sezioni di progetto con le caratteristiche di quella teorica del modello numerico (pendenza media pari al 6,8%, distanza del piede sommerso in massi dal limite di monte ossia dal muro della passeggiata e/o della linea FF.SS.) con una forma che, pur mantenendo la stessa pendenza media del modello, approssimi il profilo di equilibrio atteso nel lungo termine.

Per quello che concerne i restanti tratti di litorale in cui si prevede di intervenire con le opere proposte nell'ambito della presente progettazione definitiva (celle litoranee comprese tra P10 e P12 nell'ambito degli interventi di Fase 1 e celle litoranee comprese tra P1 e P8 nell'ambito degli interventi di Fase 2) l'intervento di ripascimento proposto ha carattere di

opera di manutenzione dell'attuale arenile che – come evidenziato in precedenza – ha subito danni nel corso delle ultime violente mareggiate ed è finalizzato a mantenere una spiaggia di ampiezza sufficiente per la fruizione balneare e tale da risultare in sostanziale equilibrio con le condizioni ondose locali, entro limiti di spesa ragionevoli.

7.2 Manutenzione pennelli trasversali

Nell'ambito degli interventi proposti con la presente progettazione definitiva sono previsti anche interventi di ristrutturazione e/o manutenzione dei pennelli trasversali presenti lungo il litorale.

La verifica di stabilità della mantellata di scogliera è stato condotta utilizzando la formula semiempirica di Hudson (cfr. Shore Protection Manual - Department of the Army Corps of Engineers ed. 1984), che si riporta di seguito:

$$W = \frac{\rho \cdot H^3}{K_D \cdot \left(\frac{\rho}{\rho_w} - 1 \right)^3 \cdot \cot \alpha}$$

dove:

H= altezza d'onda di calcolo;

ρ = densità dei massi costituenti la mantellata;

ρ_W = densità dell'acqua di mare;

K_D= coefficiente di stabilità funzione della forma dei massi costituenti il paramento, della scabrezza superficiale del paramento, del grado di ammorsamento dei massi, del tipo di onda e dell'ubicazione dell'opera (sezione corrente o testata);

α= angolo che la scarpata forma con l'orizzontale (cotg α= scarpa della mantellata)

W= peso dei singoli massi costituenti la mantellata.

Di seguito si esaminano e si definiscono i valori dei parametri utilizzati

Altezza d'onda H [m]

Per la determinazione dell'altezza d'onda di calcolo in funzione delle quale effettuare il dimensionamento dei massi da impiegare per il rifiorimento dei pennelli, si è fatto riferimento agli studi meteomarini condotti nell'ambito del progetto dei "*Lavori di ricostruzione e riequilibrio del litorale nel tratto compreso tra Piazza Milano e il Pennello del Cigno"*, dai quali si evince che il valore dell'altezza d'onda con tempo di ritorno decennale, per l'area di Lavagna, è pari a 3.1 m, con un periodo di 10.8 s.

Cautelativamente si considererà un'altezza d'onda di dimensionamento H = 3,5 m frangente sull'opera.

Densità degli scogli ρ [t/m^3]

Si è assunta per i massi naturali una densità ρ= 2,70 t/m^3 , ritenuta appropriata per il tipo di materiale ricavabile dalle cave della zona.

Densità dell'acqua di mare ρ_W [t/m3]

Per l'acqua di mare è stato assunta una densità pari a 1,023 t/m^3 che risulta essere statisticamente la più frequente per le acque del golfo ligure.

Coefficiente di stabilità K_D

Tale coefficiente è un coefficiente adimensionale di stabilità (relativo ad un danno<2%), che dipende da molteplici fattori: peso specifico, forma, scabrezza, porosità e grado di concatenamento dei massi, tipo di onde (frangenti o non frangenti), posizione sulla struttura (testata o tronco corrente), pendenza della mantellata. Detto coefficiente è tabellato nello Shore Protection Manual e in numerose pubblicazioni in letteratura: per onda frangente e mantellata di scogli non arrotondati risulta: K_D = 1,45 per il riccio di testa e K_D = 2 per il tronco della struttura.

Angolo della scarpata: cotg α.

La pendenza della mantellata nei tratti oggetto di ripristino è stata assunta pari a 1 su 2,5 (analoga a quella dei tratti non danneggiati), quindi risulta cotg α = 2,5.

Applicando la suddetta relazione si ottiene che nella configurazione ipotizzata per il ripristino dei tratti di testata dei pennelli in scogliera danneggiati (pennello n.13 non oggetto dei recenti interventi di ripristino) e/o localmente dissestati (altri pennelli già oggetto di intervento che presentano locali mancanze e/o tratti fuori sagoma) il peso degli scogli da utilizzare per il rifiorimento è pari a circa 5,26 t per il tronco dei pennelli e 7,25 t per le zone di testata; per entrambe le parti il parametro esterno dovrà avere uno spessore tale da permettere la posa di almeno due strati di scogli.

In pratica la mantellata dei pennelli nei tratti danneggiati/depaupertati verrà ripristinata con scogli di peso singolo non inferiore a 5,00 t per il tronco e non inferiore a 8 t per la testata (effettuando preliminarmente la ricollocazione in sagoma degli elementi di minor dimensione franati al piede delle opere e oggetto di salpamento e la collocazione in opera dei massi di II categoria di nuova fornitura necessari al ripristino dello strato filtro), avendo cura

di posare gli scogli di maggiore dimensione nelle zone/punti maggiormente esposti all'azione del mare, ossia nelle zone interessate dal run-up e dal run-down dell'onda.

7.3 Dimensionamento del piede in massi naturali

Nell'ambito degli interventi proposti con la presente progettazione definitiva sono previsti anche interventi di realizzazione del piede della spiaggia sommersa in massi naturali (nelle celle P12-P13 e P8-P10 in cui vengo attuate le opere di ripascimento strutturale) e di rifiorimento del piede esistente danneggiato e/o depauperato (nelle celle P2-P8 e P10-P12).

Per il dimensionamento di strutture longitudinali in scogliera di difesa delle coste, usualmente vengono utilizzate formule empiriche o semiempiriche, quali la formula di Hudson o Van Der Meer.

Nel caso in esame si ritiene opportuno effettuare il dimensionamento del piede della spiaggia sommersa mediante lo studio della verifica di stabilità di scogliere sommerse, nella formulazione di Van Der Meer: la stabilità in questa formulazione dipende dall'altezza relativa della cresta della barriera, dal livello di danno considerato e dal numero di stabilità spettrale.

Detta formulazione è espressa nella seguente relazione:

$$N_s^* = \frac{H_s / \Delta D_{n50}}{\sqrt[3]{s_{0p}}}$$

dove:

- N_s^*= numero di stabilità spettrale - è funzione del livello di danno considerato e dell'altezza relativa della cresta (rapporto tra l'altezza della cresta e la profondità al piede) ;
- H_s= altezza dell'onda incidente al frangimento;
- Δ = $(\rho / \rho_w) - 1$
- S_{0p}= H_s / L_{0p}
- D_{n50}= diametro caratteristico medio dei massi della cresta dell'opera

Dai risultati della relazione idrodinamica si evince che il valore dell'altezza d'onda a costa, su fondali di circa 4.80 m è pari a 3.75 m.

Cautelativamente, per tenere in considerazione anche le possibili sopraelevazioni del livello del medio mare a causa di vento, marea ed altro, si considera un'altezza d'onda di progetto pari a H = 3.90 m frangente sull'opera.

Il periodo dell'onda T_s considerato è quello relativo alle onde provenienti da direzione 240°N e tempo di ritorno pari a 10 anni, pari a 10,8 s.

Assumendo il livello di danno pari a condizioni di danno incipiente, il valore di N_s^* risulta pari a 15.

Applicando la relazione di Van der Meer si ottiene che nella condizione più sfavorevole (tempo di ritorno pari a 10 anni) il peso degli scogli costituenti il piede in massi è pari a W = 0,43 t. Tale valore è da considerarsi quale valore medio per danno incipiente.

Considerando le ridotte dimensioni dell'opera, la sua vicinanza a terra e gli effetti dovuti al frangimento e alla riflessione del moto ondoso, si ritiene opportuno cautelativamente utilizzare massi naturali di peso compreso tra 1.000 e 3.000 kg, anche al fine di favorire lo sviluppo di forme algali ed animali negli anfratti tra i singoli massi.

8. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

8.1 Massi naturali

I massi naturali di nuova fornitura da impiegare per i lavori in questione saranno della stessa natura, tipologia e cromatismo dei massi già presenti in sito e costituenti le opere di difesa in scogliera presenti in loco.

Tali massi dovranno provenire da aree preferibilmente facenti parte dello stesso comparto geografico-geologico, e comunque dovranno presentare caratteristiche litologiche e cromatiche idonee al loro utilizzo quali elementi di protezione dall'azione del mare.

Inoltre si fa presente che i massi naturali di nuova fornitura da impiegare per i lavori di rifiorimento e consolidamento dei pennelli e per la realizzazione/rifiorimento del piede sommerso della spiaggia, avranno le seguenti caratteristiche:

a) non dovranno presentare tagli lisci di cava e rispondere ai requisiti essenziali di compattezza, omogeneità, durabilità, essere esenti da giunti, fratture e piani di sfaldamento, e risultare inoltre inalterabili all'acqua e al gelo;

b) il peso specifico deve essere di norma non inferiore a 2.700 Kg/mc.

c) Devono essere rispettati i seguenti limiti:

   - resistenza alla compressione ≥ 60 MPa

   - coefficiente di usura (da determinarsi secondo uno dei seguenti metodi)

     (R.D. n. 2232 del 16 novembre 1939, art. 11): < 1,5 mm

ASTM 131-76 (Los Angeles): perdita in peso ≤ 30%

Micro Deval (EN 1097-1:1996) : MDE ≤ 25

- coefficiente di imbibizione ≤ 4%

- resistenza chimica (ASTMC - 88 - 5 cicli solfato di sodio): perdita ≤ 10%

- gelività (R.D. n. 2232 del 16 novembre 1939, art. 8) ≤ 5%

d) non presentare notevoli differenze tra le tre dimensioni. Resta, pertanto, stabilito che la loro forma è definita dai rapporti di appiattimento b/a e di allungamento c/b (con a, b, c i lati del prisma inviluppo e a > b > c), che devono sempre avere valori superiori a 2/3. Il grado di arrotondamento degli spigoli viene definito qualitativamente e corrisponderà almeno alla classe "vivi" o "quasi vivi".

e) essere dotati di specifica certificazione ai sensi della UNI-EN 13383-1:2003.

e saranno sottoposti a preventiva autorizzazione da parte della Direzione Lavori al finne di verificare prima dell'avvio dei lavori la coerenza dei materiali da impiegarsi alle prescrizioni sopra indicate

8.2 Materiale da ripascimento

Per quello che riguarda il materiale da impiegare per le attività di ripascimento dell'arenile nell'ambito della presente progettazione definitiva è stato previsto di impiegare per gli interventi di ripascimento strutturale nelle celle P13-P12 e P8-P10 sia materiale di sovralluvionamento fluviale da prelevare alla barra fociva del limitrofo Fiume Entella sia materiale di cava di idonea pezzatura .

Per i restanti interventi di ripascimento con finalità manutentiva dell'arenile nei tratti danneggiati (celle P1-P8 e P10-P12) il ripascimento verrà eseguito solo con apporto di materiale di sovralluvionamento fluviale da prelevare alla barra fociva del limitrofo Fiume Entella.

Le cui caratteristiche e la valutazione di idoneità del materiale da prelevare alla foce del fiume Entella sono specificate nell'elaborato *"R07 – Relazione tecnica di caratterizzazione del materiale dell'area fociva del fiume Entella "* del presente progetto definitivo mentre il materiale di cava dovrà essere opportunamente caratterizzato prima dell'avvio delle attività e rispettare tutti i requisiti previsti dai vigenti protocolli/criteri regionali di ripascimento degli arenili.