ING. FRANCO FERRANDO

Regione Massabò, 19 Alassio (SV), 335 6565197

studio di architettura

ravotti leonardo

via Ignazio Dell'Oro, 2/1 17021 alassio sv tel. e fax +39.0182.648110

localizzazione:

Provincia di Imperia
COMUNE DI CERVO
Via Nazario Sauro, snc

committente/richiedente:

COMUNE DI CERVO

Responsabile del Servizio
Ing. Gagliolo Cristina

oggetto:

OPERE DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO/IDROGEOLOGICO
E DI RIDUZIONE DELLA VULNERABILITA' DA EVENTI CALAMITOSI
RIGUARDANTI LA RIQUALIFICAZIONE DELLA "DARSENA DEI CORALLINI"

contenuto:

RELAZIONE TECNICA GENERALE

vincoli:

Vincolo Ambientale
(Parte III D.Lgs. 42/04)

categoria Progetto definitivo		*data:* 12/10/2020	*file:*
tavola n°: **RLT 01**	*modifiche:* REVISIONE	*data:* 05/05/2021	*file:*
	modifiche: REVISIONE	*data:* 05/01/2022	*file:*
	modifiche:	*data:*	*file:*
scala: VARIE	*modifiche:*	*data:*	*file:*

coordinamento: *Dott. Ing. FRANCO FERRANDO, Dott. Arch. LEONARDO RAVOTTI*

collaboratori: *Dott. Arch. MANUELA MORENO, Dott. Ing. GUIDO FERRI*

progettisti responsabili:

Dott. Ing. FRANCO FERRANDO

regione Massabò, 19 - 17021 ALASSIO
Tel. 335 6565197
email: francoferrando466@gmail.com
P.E.C.: franco.ferrando21@ingpec.eu
c.f.: FFR FNC 46L01 A122N - p.iva: 01145880090

Dott. Arch. LEONARDO RAVOTTI

Via Ignazio Dell' Oro, n° 2/1 - 17021 ALASSIO (Sv)
Tel. e Fax: +39 0182 648110

c.f. RVT LRD 75H30 A122L - p. iva 01336460090
e-mail: leonardo.ravotti@tiscali.it
PEC: leonardo.ravotti@archiworldpec.it
skype: leonardo.ravotti

timbro e firma:





1. PREMESSA

Il litorale cittadino del comune di Cervo in questi ultimi anni è migliorato notevolmente dal punto di vista turistico-balneare; attualmente, a seguito degli interventi effettuati, la richiesta del litorale stesso ai fini della balneazione da parte sia dei turisti, sia dei residenti è molto forte.

L'Amministrazione comunale intende, pertanto, realizzare la riqualificazione turistica ed il miglioramento della zona a mare e, soprattutto, la messa in sicurezza della stessa; quest'ultima nella parte di litorale protetto, infatti, periodicamente, in occasione delle mareggiate, subisce notevoli danni alle strutture sia a terra che a mare.

L'orlo marittimo del paraggio, procedendo da levante verso ponente è cosi costituito:

a – dalla costa rocciosa di Capo Cervo, con un frontemare di circa 700 metrilineari di grande pregio naturalistico, dove la scogliera naturale levigata dall'azione del mare è molto utilizzata ai fini balneari ed elioterapici durante tutti i periodi dell'anno.

b – a ponente della zona a, dalla falesia rocciosa che termina con un pennello in massi naturali, denominato "Marina delle Reti" lungo circa 70 metrilineari, che si protende in mare in direzione sudovest.

c – da un tratto centrale compreso tra il molo di marina delle reti ed il successivo molo, denominato "del pilone" costituito da una spiaggia essenzialmente ghiaiosa con un frontemare di circa 350 metrilineari, recentemente riqualificata con la creazione di un ampio arenile che i residenti considerano la spiaggia cittadina.

Alle due estremità della spiaggia, che sono le zone di massima ampiezza, sono anche localizzate due zone attrezzate con lettini, ombrelloni, bar e ristorante.

Parallelamente alla spiaggia, alla quota di circa metri + 2,50 sul livello del mare si snoda una passeggiata, mai completamente valorizzata in quanto soggetta a forti danni in occasione di eventi meteomarini importanti.

L'area descritta, antistante il caratteristico borgo marinaro, è protetta da una barriera soffolta che corre tra le estremità dei due moli, realizzata su progetto dello scrivente Ing. Franco Ferrando, all'inizio del secolo, che col tempo, ha subito il fisiologico assestamento ed è stata riqualificata con un intervento realizzato nella primavera 20-21.

d – a ponente del "molo del pilone", da un tratto di costa protetto da un troncone di barriera emerso, lungo circa 160 metrilineari, che permette al suo interno l'ormeggio ed il riparo dai marosi a circa 50 piccoli natanti (essenzialmente gozzi da pesca) che viene chiamata "Darsena dei Corallini".

Il tratto di costa descritto è, malgrado la barriera, esposto agli eventi meteomarini più significativi che spesso ne danneggiano i natanti e le strutture a terra attualmente non protette da alcun tipo di banchinamento; immediatamente a ridosso dei natanti ormeggiati è localizzato un muro di sostegno del soprastante altro tratto di passeggiata che, ad ogni evento meteomarino significativo, subisce danni, soprattutto al rivestimento esterno realizzato con la caratteristica pietra locale.

e – a ponente della darsena dei corallini, da un altro tratto di costa di circa 400 metrilineari, in parte spiaggia libera ed in parte spiaggia attrezzata, formato da sabbia fine di buona granulometria, protetto da altri due tronconi di barriera emersa; tale spiaggia è utilizzata principalmente dai turisti ospitati nei campeggi retrostanti. Anche le strutture di servizio alle concessioni demaniali subiscono danni in occasione di mareggiate medio-forti, soprattutto con ondazioni provenienti da sud sud-est.

f – procedendo ancora a ponente, da un tratto di costa degradata ed inadatta alla balneazione, formata da pietrame e ciottoli spesso più che decimetrici, esposta ai venti ed ai mari provenienti dai quadranti meridionali; alla sua estremità di ponente sfocia il torrente Steria, che spesso trascina a mare detriti, provocando acque torbide con residui di vegetali nella parte di corrente più superficiale.

2. ANALISI METEO-MARINE ED OCEANOGRAFIA

2.1. Stato dei luoghi

L'area oggetto di intervento, denominata "Darsena dei Corallini" si trova appena a ponente della zona centrale del litorale di Cervo, in aderenza al "Molo del Pilone", ed è, da sempre, soggetta a mareggiate di forte entità[1].

Gli eventi meteo-marini succedutisi negli ultimi anni, culminati in quelli del periodo compreso tra il 20/10/2019 ed il 02/10/2020, hanno causato ingenti danni al sito succitato, anche a causa dell'esposizione dello stesso, come del resto in tutta la Liguria Occidentale.

Il litorale in corrispondenza del punto di intervento, sebbene protetto da un troncone di barriera emerso che permette l'ormeggio a circa 50 piccoli natanti (per lo più gozzi da pesca), lungo circa 160 metri lineari, risulta assai esposto agli eventi meteomarini più significativi e ad oggi non è riparato da alcun tipo di banchinamento. La carenza di protezione si ribalta di conseguenza anche sulla retrostante passeggiata a mare le cui opere di contenimento e rivestimento sono oggetto di continui danneggiamenti.

1L'intero litorale compreso tra Diano Marina e Capo Cervo già dai primi anni dell'Ottocento è stato caratterizzato da una continua erosione (vd. Schedature e tavole grafiche specifiche del PTC della Costa).

La Darsena succitata, sebbene più propriamente definibile "riparo nautico", è posta in aderenza, ad occidente, ad un'area adibita alla balneazione (specialmente da parte dei fruitori dei limitrofi campeggi).



***Fig. 1** – Vista di insieme della Darsena dei Corallini (da Levante verso Ponente).*

2.2. ***Inquadramento geografico***

Il tratto di litorale di Cervo presenta un frontemare pressoché rettilineo dalla foce del torrente Steria sino a Capo Cervo, ed è compreso tra i 43°55', - 43°56' di latitudine Nord egli 8°06' e 8°08' di longitudine Est.

2.3. ***Settore di traversia geografico***

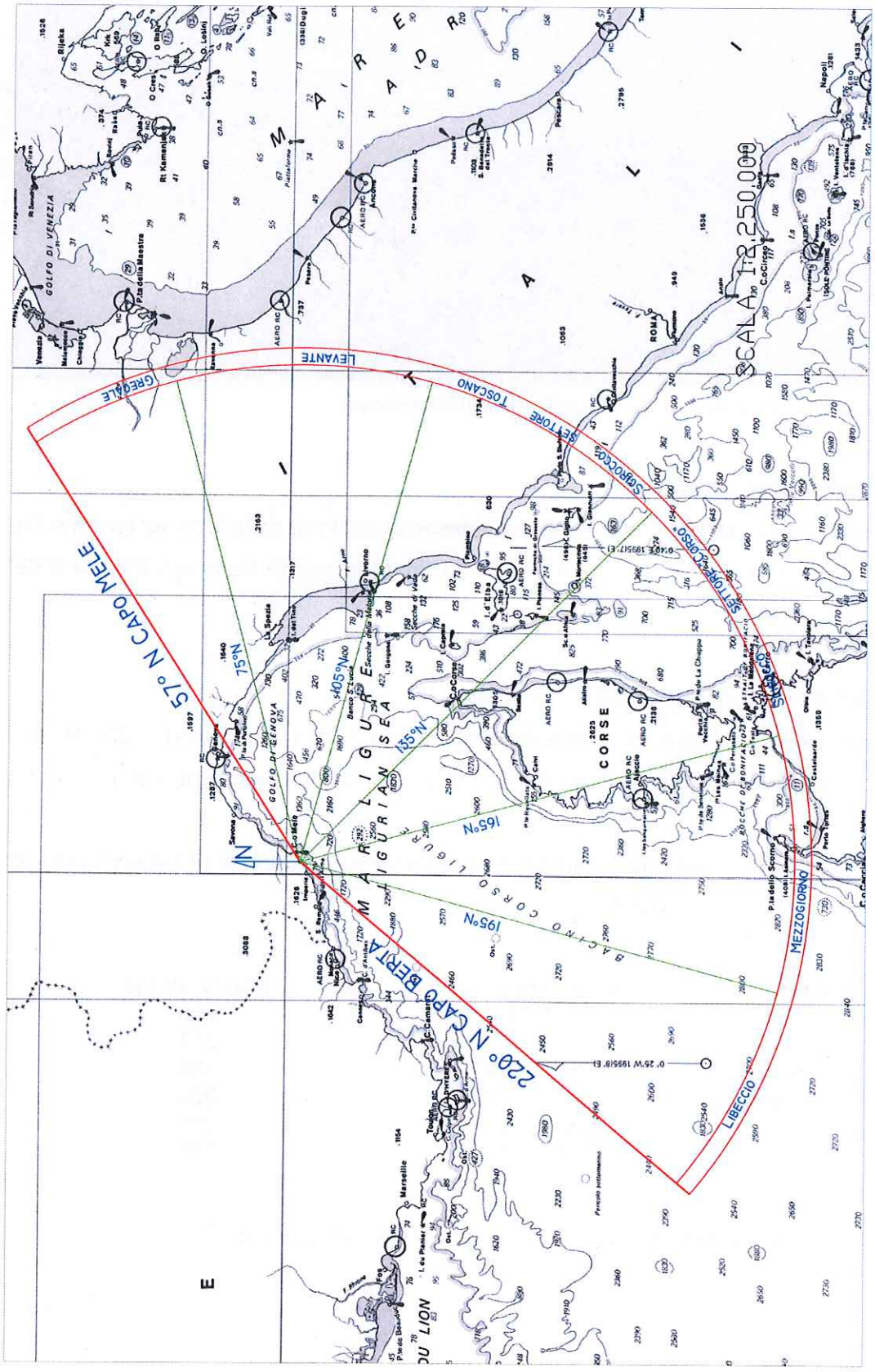
Il settore di traversia del paraggio in esame è compreso tra 57°N (Capo Mele) e 220°N (Capo Berta) con una apertura di circa 165° ed è interessato dai mari provenienti dal I°, II° e III° quadrante.

Il settore è stato suddiviso in sei settori parziali a seconda della direzione di provenienza del moto ondoso di ampiezza 30° e precisamente:

Moto ondoso da:	**Compreso tra:**	**Fetch[2] (Km)**
Libeccio	225°N – 195°N	863
Mezzogiorno	195°N – 165°N	557
Scirocco settore Corso	165°N – 135°N	162
Scirocco settore Toscano	135°N – 105°N	234
Levante	105°N – 75°N	181
Grecale	75°N – 45°N	116

2 Si definisce Fetch la distanza di mare libero nella direzione di provenienza del moto ondoso.

Il settore di Libeccio è quello da cui provengono le ondazioni di maggiore entità, traversia principale (I settori di Libeccio e di Grecale sono stati volutamente ampliati per tenere conto del fenomeno della diffrazione).



2.4. ***Batimetria***

L'area di intervento, come da rilievo batimetrico allegato, è stata recentemente rilevata (settembre 2020).

La restituzione batimetrica, sebbene assi precisa, ha un valore "relativo" in quanto sono sufficienti moti ondosi di media intensità, con onde dell'ordine di 1,50 - 2,00 metri, sia da Scirocco che da Libeccio, per far variare i fondali in maniera vistosa e negativa, o, anche, periodi di bel tempo prolungati, per provocare il parziale insabbiamento delle barriere di protezione.

L'area è stata comunque scandagliata realizzando, all'esterno del troncone di barriera, n° 7 transetti distanziati ciascuno di 25 metri, con rilevamenti puntuali ogni 2,5 metri circa fino ad 90 metri da riva, ed all'interno della Darsena con rilevazioni più fitte del tipo "a nuvola" in corrispondenza delle opere in progetto.

Tale rilevamento è stato giudicato sufficiente a dare un quadro batimetrico di riferimento esaustivo.

Si rimanda alle tavole grafiche progettuali per le indicazioni delle batimetrie di dettaglio.

2.5. ***Fanerogame marine***

Precedentemente alla presente progettazione sono stati ipotizzati due tipi di intervento in cui essenzialmente si cercava una valorizzazione ed una efficientazione della Darsena dei Corallini.

Su richiesta del Settore V.I.A. e Sviluppo sostenibile – Settore Tutela del Paesaggio e Demanio marittimo, nel Novembre 2021 è stato realizzato uno studio naturalistico di dettaglio in grado di valutare eventuali variazioni dell'estensione dei posidonieti presenti rispetto alla struttura riportata nel "Nuovo Atlante degli Habitat marini della Liguria" redatto nel 2020 (che si allega per opportuna conoscenza).

Lo studio citato ha evidenziato una maggiore estensione ed una buona salute dei posidonieti esistenti. La nuova progettazione ha tenuto conto di tale situazione e, pertanto, si è limitata ad un rafforzamento mediante posa di nuovi massi aderenti alla struttura (lato mare) delle barriere esistenti.

Al fine di rispettare gli Habitat marini esistenti, il progetto prevede:

a) la lavatura in cava dei massi utilizzati, per eliminare possibili intorbidimenti delle acque durante l'esecuzione;

b) che le piste provvisorie di cantiere interne alla darsena siano realizzate con materiale sciolto (sabbia e pietrame) già presenti in loco.

2.6. ***Livello del mare***

In tutta la Liguria occidentale l'escursione di marea astronomica è modesta, nell'ordine di 0.3 metri; forti depressioni atmosferiche accompagnate da venti provenienti dal II° e III° quadrante, possono provocare fenomeni di acqua alta, con sopraelevazione complessiva del livello medio del mare (l.m.m.) anche dell'ordine di 0.5 metri.

2.7. ***Correnti***

In Liguria, per quanto attiene l'equilibrio della spiaggia, le correnti litoranee non hanno alcuna influenza, possono tuttavia avere un certo interesse in ordine allo spostamento di eventuali materiali inquinanti in sospensione che possono rappresentare una situazione di rischio per la balneazione.

Non sono disponibili dati riguardanti le correnti sulla fascia costiera, che sono comunque nel paraggio di modesta entità.

Solo le correnti indotte dal moto ondoso sono in grado di movimentare le sabbie.

Una certa parte dell'energia dell'onda, quando si frange, genera una corrente lungo la costa (Longshore current) avente direzione e intensità conforme alle caratteristiche delle onde.

La velocità della corrente così generata è definita con la seguente equazione da Longuet Highins:

$$V_b = \frac{5\pi}{32 C_f} (g \bullet D_b)^{0,5} \tan\beta \operatorname{sen} 2\alpha b$$

dove:

- V_b = velocità della corrente
- C_f = coefficiente di attrito = 0,01
- g = accelerazione di gravità
- D_b = profondità al frangimento
- β = angolo di pendenza del fondo
- αb = angolo di incidenza delle onde al frangimento

2.8. ***Venti***

Per il sito in esame si hanno a disposizione i dati delle "stazioni" di misura poste sul faro di "Capo Mele" (22 anni di osservazioni) e di Bordighera (16 anni di osservazioni).

- Capo Mele

Osservando il grafico polare rappresentativo delle frequenze medio annue ci si rende subito conto che tali dati non sono attendibili per una ricostruzione indiretta del moto ondoso mediante modelli matematici; pare molto strana infatti, la bassissima frequenza associata ai venti di Grecale e di Levante.

Probabilmente, nella zona di installazione della "stazione" di misura, i venti risentono della conformazione della costa, in quel tratto molto frastagliata, oltre che della collocazione altimetrica ad una quota superiore rispetto al livello del mare.

-Bordighera

I dati forniti dalla "stazione di misura di Bordighera sembrano a prima vista più veritieri, ma il campione è limitato a soli 16 anni di osservazioni e dunque non è abbastanza rappresentativo del fenomeno.

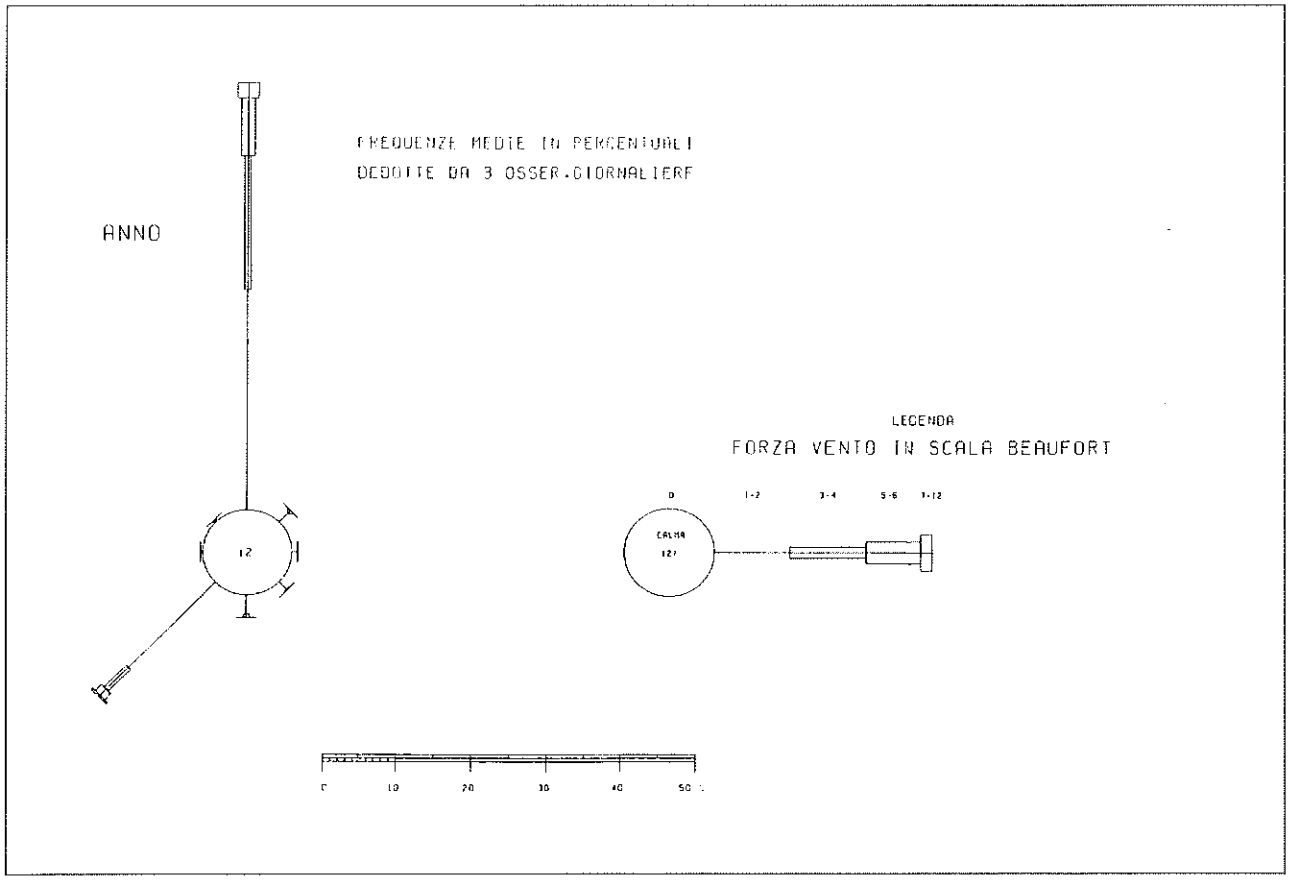


***Fig. 2** – Faro di Capo Mele (22 anni di osservazioni) Diagramma Polare*

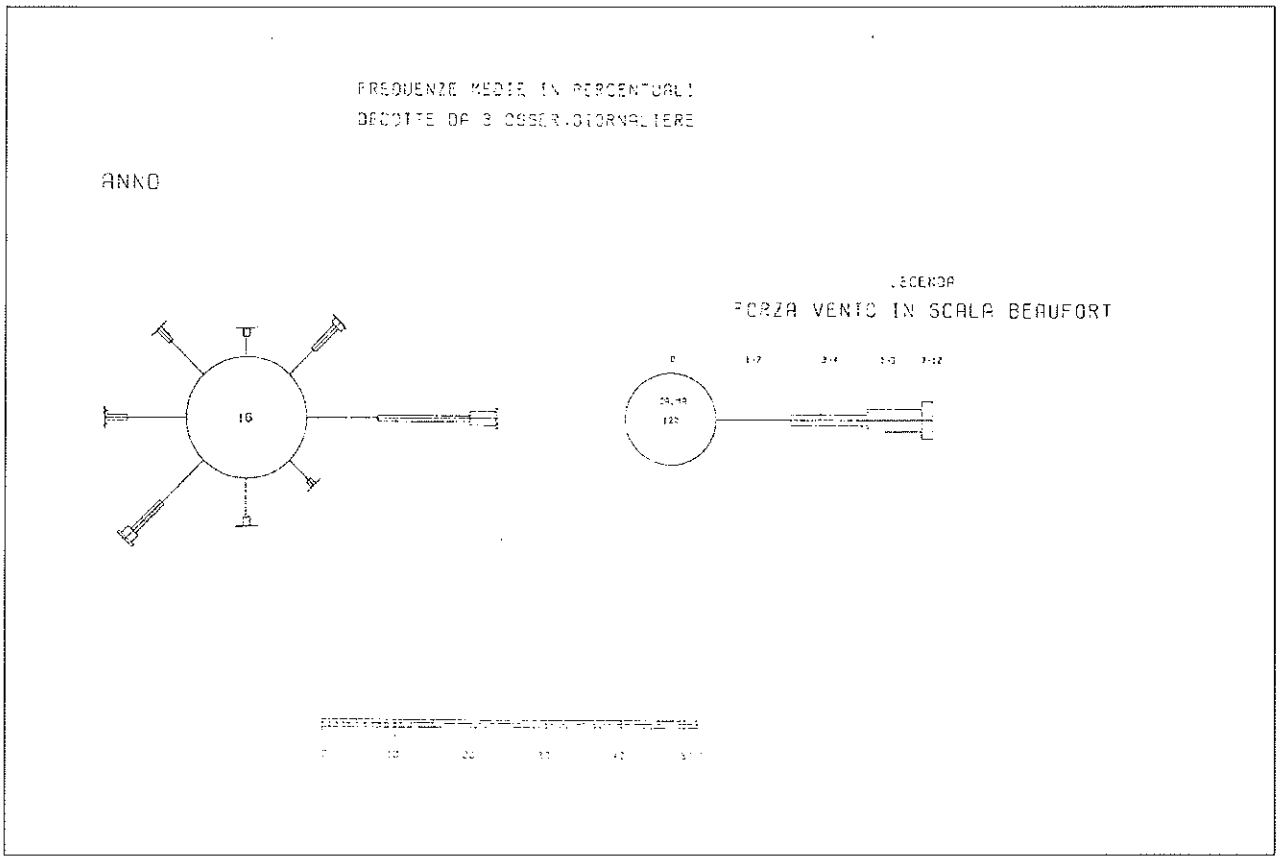


***Fig. 3** – Faro di Bordighera (16 anni di osservazioni) Diagramma Polare*

Velocità equivalente in

Forza Beaufort	nodi	Km/h	m/s
0	<1	<1	0 – 0,2
1	1 –3	1 – 5	0,3 – 1,5
2	4 – 6	6 – 11	1,6 – 3,3
3	7 – 10	12 – 19	3,4 – 5,4
4	11 – 16	20 – 28	5,5 – 7,9
5	17 – 21	29 – 38	8,0 – 10,7
6	22 – 27	39 – 49	10,8 – 13,8
7	28 – 33	50 – 61	13,9 – 17,1
8	34 – 40	62 – 74	17,2 – 20,7
9	41 – 47	75 – 88	20,8 – 24,4
10	48 – 55	89 – 102	24,5 – 28,4
11	56 – 63	103 – 117	28,5 – 32,6
12	64 ed oltre	118 ed oltre	32,7 ed oltr

2.9. ***Moto ondoso***

Elemento indispensabile per una corretta valutazione del trasporto solido litoraneo è la conoscenza del clima meteomarino, ovvero la definizione in termini di frequenza annuali delle altezze d'onda associate ad ogni direzione del settore di traversia.

Le prime indicazioni di carattere generale sono state ricavate da osservazione eseguite presso la "stazione" di Capo Mele, da cui risulta una maggiore frequenza, pari al 62,3%, per stati di mare con forza 2-3 (H_s = 0,1 – 1,25m). Gli eventi estremi classificati come mare forza 6-8 (H_s > 4m) sono molto rari, concentrati nel periodo invernale e provenienti dal settore di traversia compreso tra Libeccio e Mezzogiorno.

Una registrazione più dettagliata degli stati di mare al largo del sito in esame è stata effettuata dal KNMI (Reale Istituto Meteorologico Olandese) sulla base delle osservazioni trasmesse dalle navi in transito.

La zona nella quale sono stati rilevati i dati si trova tra i 43° - 45° di latitudine Nord e tra gli 8° - 10° di longitudine Est.

I dati utilizzati si riferiscono al periodo 1961 – 1980 e sono suddivisi in settori di provenienza di 30° e per classi di altezza d'onda di ampiezza 0,5 metri.

Nella tabella 1 sono sintetizzate le informazioni disponibili assegnando, per ogni classe e per ogni settore di provenienza, la relativa frequenza in percentuale del tempo.

Evidentemente tali dati sono soggetti agli errori dovuti alle stime visuali e dunque soggettivi, oltre al pericolo che lo stesso evento possa essere conteggiato più volte da navi diverse o che, durante le mareggiate più gravose (solitamente, le navi non escono in mare aperto in certe condizioni) possano non essere state effettuate valutazioni.

Nella zona in esame non sono presenti boe ondametriche, la più vicina si trova a La Spezia, per cui non sono disponibili dati di misura più precisi oltre a quelli già citati.

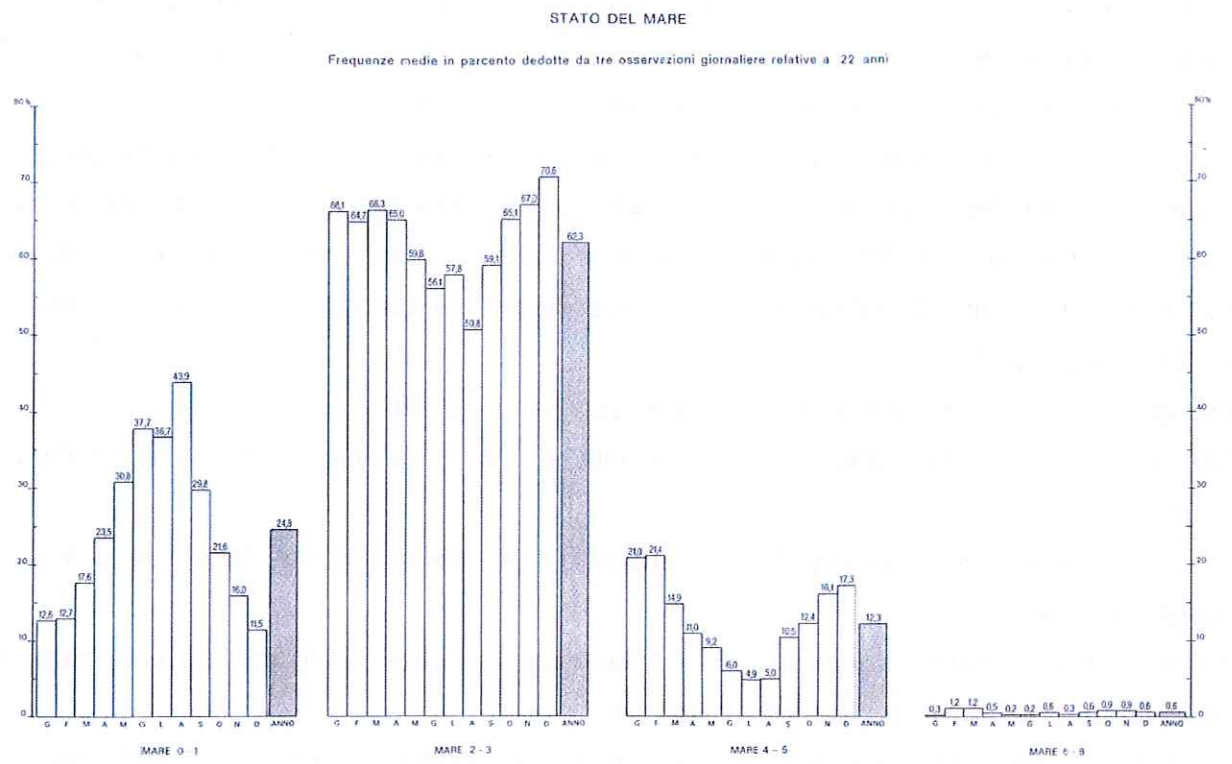


Fig. 4 *– Diagrammi di "stato del mare"*

2.10. Schematizzazione del moto ondoso al largo

In mancanza di dati più precisi si è scelto di utilizzare i dati del KNMI ben consci dei limiti di tali misurazioni.

Per prima cosa occorre calcolare per ogni classe di altezza d'onda il periodo e la lunghezza d'onda associata.

E' stato verificato che per le zone di mare delimitate, come appunto il Mediterraneo, è valida la relazione teorica secondo lo spettro Jonswap :

$$T = 8{,}5\pi * \sqrt{H} / (\sqrt{4g})$$

dove: T = Periodo
H = altezza d'onda
g = accelerazione di gravità

mediante la quale è possibile ricavare il periodo associato ad una altezza d'onda. Utilizzando poi la relazione di dispersione per le condizioni di largo (h/L > 0,5):

$$L = L_o = g^*T^2 / 2\pi$$

dove: $L = L_o$ = lunghezza d'onda al largo
T = periodo
g = accelerazione di gravità

si ricava il valore della lunghezza d'onda.
Nella tabella 2 sono evidenziati i risultati dei calcoli descritti che rappresentano la base per lo studio in esame.
Si osservi che la direzione di Libeccio non è solo quella da cui provengono le mareggiate di maggiore intensità ma anche la direzione alla quale è associata la maggiore frequenza.

Per studiare l'andamento della deriva litoranea non occorre conoscere, assegnato un determinato tempo di ritorno[3], la massima altezza d'onda prevedibile e la sua direzione di provenienza, bensì è necessario determinare il settore per cui le ondazioni forniscono flusso di energia massimo.
Si definisce flusso di energia per unità di lunghezza di cresta d'onda il prodotto:

$$P = E \cdot C_g$$

Dove:

$$E = \frac{1}{8}\gamma H^2 = energia\ specifica\ dell'onda$$

$$C_g = \frac{gT^2}{4\pi} = celerità\ di\ gruppo = velocità\ con\ cui\ si\ propaga\ l'energia$$

γ = peso specifico acqua di mare

Noto il flusso di energia associata ad ogni settore di traversia moltiplicandolo per la relativa frequenza otteniamo il flusso medio annuo per quella determinata provenienza.

Per ultimare la schematizzazione del moto ondoso al largo si ricerca, per ciascuna provenienza, l'onda energeticamente equivalente cioè l'altezza d'onda che abbinata alla frequenza complessiva

3 Si definisce tempo di ritorno del massimo valore x il numero di anni in cui, mediamente, l'evento x è superato una sola volta.

della specifica traversia dà origine ad un flusso energetico e, quindi, ad una potenzialità di trasporto equivalente a quello che si otterrebbe considerando le diverse classi di altezza. Occorre imporre, per ogni direzione di provenienza la seguente uguaglianza:

$$\sum_i P_i f_i = \sum_i P_i \sum f_i$$

dove:

P_i = flusso di energia della classe i-esima

f_i = frequenza temporale della classe i-esima

Risolvibile per successive approssimazioni usando le relazione viste prima, nelle tabelle 3, 4, 5, 6, 7, 8 e 9, sono evidenziati i risultati dei calcoli sopra descritti.

Facendo l'ipotesi di assumere come direzione media di provenienza di ogni settore, quella centrale e sommando vettorialmente il flusso medio annuo risulta che la direzione netta del flusso al largo è da 158°N (vedi tabella 10), direzione ortogonale alla linea di riva.
Da tutto ciò si evince che il trasporto solido netto potenziale si ha da riva verso il largo (trasporto trasversale) durante le mareggiate che hanno provenienza da scirocco, i marosi provenienti dalle altre direzioni hanno la capacità di modellare la spiaggia, sia emersa, sia sommersa, ma non di disperdere i sedimenti verso il largo.
Tutto ciò è stato anche verificato utilizzando il modello matematico "Erode" di proprietà della Regione Liguria, messoci gentilmente a disposizione dal Dott. Stefano Coppo.

2.11. Altezza d'onda significativa con tempo di ritorno di 50 anni

Per dimensionare le opere di difesa della costa occorre conoscere i valori dell'altezza d'onda significativa con assegnato tempo di ritorno, in mancanza di dati più precisi si usano i parametri di probabilità $P(H_s>h)$[4] omniderezionale ottenuti elaborando i dati della boa ondametrica posta al largo di La Spezia. Si può affermare che per il settore di traversia principale i dati di La Spezia garantiscono una buona approssimazione (seppur per eccesso).

---

4 [3] Si ricorda che $P(H_s > h) = \exp\left[-\left(\frac{h}{w}\right)^u\right]$ = asintoto della funzione $P(H_s > h\ \theta_1 < \theta < \theta_2)$ probabilità direzionale , per il settore di massima traversia

Occorre risolvere l'uguaglianza :

$$\frac{\overline{b}(h)}{R}\cdot\exp\left(\frac{h}{w}\right)^{u}=1+u\cdot\left(\frac{h}{w}\right)^{u}$$

dove:

R	=	Tempo di ritorno
u,w	=	Parametri di probabilità omnidirezionale
$\overline{b}(h)$	=	Valore medio della durata delle mareggiate di assegnata altezza h

Fissato un valore di tentativo di $\overline{b}(h)$ che chiameremo B e definendo $x=\frac{B}{R}\exp\left(\frac{h}{w}\right)^{u}$, e $A=1+u\ln\left(\frac{R}{B}\right)$ l'espressione precedente si può scrivere:

$$x=A+u\ln x$$

si può verificare che il valore di x che la soddisfa è il limite della successione:

$$x_i=A+u\ln x_{i-1}\quad con\quad x_o=A$$

noto x si ricava $h(r)=w\cdot\left[\frac{R}{B}\cdot x\right]^{\frac{1}{u}}$

Definendo a_{10} = il valore medio delle altezze delle 10 mareggiate più forti in N anni e b_{10} = il valore medio della durata delle 10 mareggiate più forti in N anni si pone inizialmente B = b_{10}, si ricava h(R) si calcola $\overline{b}(h)=b_{10}\left(1{,}11-0{,}11\frac{h}{a_{10}}\right)$ si ripete l'operazione fino alla convergenza.

Si riportano i valori relative alla boa di La Spezia ed i risultati dei calcoli.

DETERMINAZIONE ALTEZZA SIGNIFICATIVA

R anni		b10 ore		w metri		u		a10 metri
50		74		0,731		1,023		3,6

1 iterazione	2 iterazione	3 iterazione
	B= 64,59 ore	B= 64,37 ore
A= 9,89	A= 10,02	A= 10,03
X0= 9,89	X0= 10,02	X0= 10,03
X1= 12,23	X1= 12,38	X1= 12,39
X2= 12,45	X2= 12,60	X2= 12,60
X3= 12,47	X3= 12,62	X3= 12,62
X4= 12,47	X4= 12,62	X4= 12,62
X5= 12,47	X5= 12,62	X5= 12,62
X6= 12,47	X6= 12,62	X6= 12,62
X7= 12,47	X7= 12,62	X7= 12,62
X8= 12,47	X8= 12,62	X8= 12,62
h(R)= 7,76 m	h(R)= 7,86 m	h(R)= 7,86 m

Nota l'altezza significativa di uno stato di mare occorre calcolarne il periodo T e la lunghezza d'onda L associati.

Noto il valore dell'altezza significativa è immediato calcolare T=11,9 sec (periodo) ed L = 223 m (lunghezza d'onda), vedi A7.

Per completezza si ricava la durata di tempo medio D(h) in cui la H_s si mantiene al di sopra della soglia h nelle mareggiate dove tale soglia viene superata.

$$D(h) = \text{persistenza al di sopra la soglia} = \frac{\overline{b}(h)}{1+u\left(\frac{h}{w}\right)^{u}} = 5{,}10\,ore$$

Gli stati di mare appena calcolati sono tali da raggiungere le opere progettate dopo aver effettuato almeno un frangimento, da questo ne consegue che si adotterà come onda di progetto, quella che frange al piede della struttura, ciò a favore della stabilità dell'opera in progetto.

2.12. Tabelle

Clima di moto ondoso al largo (Dati K.N.M.I. 1961 - 1980)

Frequenza (%) per classe d'altezza d'onda e per direzione di provenienza

Hs (m)	Non definito	15° 45°	45° 75°	75° 105°	105° 135°	135° 165°	165° 195°	195° 225°	225° 255°	255° 285°	285° 315°	315° 345°	345° 15°	Tutte le direzioni
0,00 - 0,25	13.90	1.10	1.10	1.20	0.61	0.70	0.72	1.10	1.30	1.20	0.57	0.83	0.92	25.25
0,25 - 0,75	1.30	2.50	2.30	2.30	1.70	2.10	2.10	2.90	4.40	2.70	1.10	1.40	2.20	29.00
0.75 - 1.25	0.27	1.50	1.50	1.20	0.97	1.70	1.50	2.90	3.80	1.90	0.60	0.93	1.50	20.27
1.25 - 1.75	0.15	0.91	1.10	0.95	0.31	0.43	0.59	1.70	3.10	1.40	0.33	0.37	0.68	12.02
1.75 - 2,25	0.05	0.63	0.52	0.24	0.19	0.21	0.39	0.96	2.00	1.10	0.19	0.27	0.38	7.13
2,25 - 2,75	0.02	0.26	0.28	0.08	0.06	0.11	0.05	0.27	1.00	0.48	0.11	0.11	0.14	2.97
2.75 - 3,25	0.01	0.25	0.14	0.06	0.03	0.05	0.04	0.15	0.53	0.37	0.08	0.03	0.10	1.84
3,25 - 3.75	0.01	0.08	0.05	0.01	0.02	0.01	0.03	0.05	0.17	0.14	0.01	0.01	0.03	0.62
3,75 - 4,25	0.00	0.04	0.02	0.00	0.00	0.01	0.01	0.08	0.23	0.18	0.02	0.'03	0.03	0.62
4,25 - 4,75	0.00	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.06	0.06	0.01	0.00	0.01	0.19
4.75 - 5,25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.03	0.00	0.00	0.00	0.07
5.25 - 5,75	0.00	0.00	0.01	0.00	0.03	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.06
5.75 - 6.25	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.03	0.04	0.00	0.01	0.01	0.13
6,25 - 6.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
Totale	15.71	7.30	7.05	6.04	3.92	5.32	5.44	10.15	16.66	9.60	3.03	3.96	6.00	100.18

Valori in percentuale del tempo

TAB. I

Schematizzazione del moto ondoso al largo secondo dati K.N.M.I.

classi (m)	*Caratteristiche medie* H (m)	T (s)	L (m)	*Frequenza in percentuale del tempo dei settori interessati* 45-75	75-105	105-135	135-165	165-195	195-225	225-255
0.00 - 0.25	0.13	1.5	3.55	1.10	1.20	0.61	0.70	0.72	1.10	1.30
0.25 - 0.75	0.50	3.0	14.19	2.30	2.30	1.70	2.10	2.10	2.90	4.40
0.75 - 1.25	1.00	4.3	28.37	1.50	1.20	0.97	1.70	1.50	2.90	3.80
1.25 - 1.75	1.50	5.2	42.56	1.10	0.95	0.31	0.43	0.59	1.70	3.10
1.75 - 2.25	2.00	6.0	56.75	0.52	0.24	0.19	0.21	0.39	0.96	2.00
2.25 - 2.75	2.50	6.7	70.93	0.28	0.08	0.06	0.11	0.05	0.27	1.00
2.75 - 3.25	3.00	7.4	85.12	0.14	0.06	0.03	0.05	0.04	0.15	0.53
3.25 - 3.75	3.50	8.0	99.30	0.05	0.01	0.02	0.01	0.03	0.05	0.17
3.75 - 4.25	4.00	8.5	113.49	0.02	-	-	0.01	0.01	0.08	0.23
4.25 - 4.75	4.50	9.0	127.68	0.02	-	-	-	0.01	-	0.06
4.75 - 5.25	5.00	9.5	141.86	-	-	-	-	-	-	0.04
5.25 - 5.75	5.50	10.0	156.05	0.01	-	0.03	-	-	0.01	-
5.75 - 6.25	6.00	10.4	170.24	0.01	-	-	-	-	0.02	0.03
6.25 - 6.75	6.50	10.9	184.42	-	-	-	-	-	0.01	-
			Totale	7.05	6.04	3.92	5.32	5.44	10.15	16.66

TAB.2

Calcolo flusso medio e dell'onda energeticamente equivalente

Ondazione da 45- 75

H (m)	L (m)	T (s)	Frequenza % del tempo	Flusso medio (Kg/s)
0.13	3.55	1.5	1.100	0.03
0.50	14.19	3.0	2.300	1.72
1.00	28.37	4.3	1.500	6.33
1.50	42.56	5.2	1.100	12.80
2.00	56.75	6.0	0.520	12.42
2.50	70.93	6.7	0.280	11.68
3.00	85.12	7.4	0.140	9.21
3.50	99.30	8.0	0.050	4.84
4.00	113.49	8.5	0.020	2.70
4.50	127.68	9.0	0.020	3.63
5.00	141.86	9.5	-	-
5.50	156.05	10.0	0.010	3.00
6.00	170.24	10.4	0.010	3.72
6.50	184.42	10.9	-	-
		Totale	7.05	72.08

Caratteristiche onda media energeticamente equivalente

Heq (m)	1.42
L (m)	40.41
T (s)	5.09

TAB. 3

Calcolo flusso medio e dell'onda energeticamente equivalente

Ondazione da 75-105

H (m)	L (m)	T (s)	Frequenza % del tempo	Flusso (Kg/s)
0.13	3.5	1.51	1.200	0.01
0.50	14.2	3.01	2.300	0.08
1.00	28.4	4.26	1.200	0.11
1.50	42.6	5.22	0.950	0.17
2.00	56.7	6.03	0.240	0.06
2.50	70.9	6.74	0.080	0.03
3.00	85.1	7.38	0.060	0.03
3.50	99.3	7.98	0.010	0.01
4.00	113.5	8.53	-	-
4.50	127.7	9.04	-	-
5.00	141.9	9.53	-	-
5.50	156.0	10.00	-	-
6.00	170.2	10.44	-	-
6.50	184.4	10.87	-	-
		Totale	6.04	0.49

Caratteristiche onda media energeticamente equivalente

Heq (m)	0.21
L (m)	5.86
T (s)	1.94

TAB. 4

Calcolo flusso medio e dell'onda energeticamente equivalente

Ondazione da 105-135

H (m)	L (m)	T (s)	Frequenza % del tempo	Flusso (Kg/s)
0.13	3.5	1.51	0.610	0.01
0.50	14.2	3.01	1.700	1.27
1.00	28.4	4.26	0.970	4.10
1.50	42.6	5.22	0.310	3.61
2.00	56.7	6.03	0.190	4.54
2.50	70.9	6.74	0.060	2.50
3.00	85.1	7.38	0.030	1.97
3.50	99.3	7.98	0.020	1.94
4.00	113.5	8.53	-	-
4.50	127.7	9.04	-	-
5.00	141.9	9.53	-	-
5.50	156.0	10.00	0.030	8.99
6.00	170.2	10.44	-	-
6.50	184.4	10.87	-	-
		Totale	3.92	19.94

Caratteristiche onda media energeticamente equivalente

Heq (m)	1.08
L (m)	30.57
T (s)	4.42

TAB. 5

Calcolo flusso medio e dell'onda energeticamente equivalente

Ondazione da 135-165

H (m)	L (m)	T (s)	Frequenza % del tempo	Flusso (Kg/s)
0.13	3.59	1.5	0.700	0.02
0.50	14.35	3.0	2.100	1.58
1.00	28.71	4.3	1.700	7.22
1.50	43.06	5.3	0.430	5.03
2.00	57.41	6.1	0.210	5.05
2.50	71.77	6.8	0.110	4.62
3.00	86.12	7.4	0.050	3.31
3.50	100.48	8.0	0.010	0.97
4.00	114.83	8.6	0.010	1.36
4.50	129.18	9.1	-	-
5.00	143.54	9.6	-	-
5.50	157.89	10.1	-	-
6.00	172.24	10.5	-	-
6.50	186.60	10.9	-	-
		Totale	5.32	29.15

Caratteristiche onda media energeticamente equivalente

Heq (m)	1.11
L (m)	31.49
T (s)	4.49

TAB. 6

Calcolo flusso medio e dell'onda energeticamente equivalente

Ondazione da 165-195

H (m)	L (m)	T (s)	Frequenza % del tempo	Flusso (Kg/s)
0.13	3.5	1.51	0.72	0.02
0.50	14.2	3.01	2.10	1.57
1.00	28.4	4.26	1.50	6.33
1.50	42.6	5.22	0.59	6.86
2.00	56.7	6.03	0.39	9.31
2.50	70.9	6.74	0.05	2.09
3.00	85.1	7.38	0.04	2.63
3.50	99.3	7.98	0.03	2.90
4.00	113.5	8.53	0.01	1.35
4.50	127.7	9.04	0.01	1.81
5.00	141.9	9.53	-	-
5.50	156.0	10.00	-	-
6.00	170.2	10.44	-	-
6.50	184.4	10.87	-	-
		Totale	5.44	34.88

Caratteristiche onda media energeticamente equivalente

Heq (m)	1.18
L (m)	33.53
T (s)	4.63

TAB. 7

Calcolo flusso medio e dell'onda energeticamente equivalente

Ondazione da 195-235

H (m)	L (m)	T (s)	Frequenza % del tempo	Flusso (Kg/s)
0.13	3.5	1.51	1.10	0.03
0.50	14.2	3.01	2.90	2.16
1.00	28.4	4.26	2.90	12.24
1.50	42.6	5.22	1.70	19.78
2.00	56.7	6.03	0.96	22.93
2.50	70.9	6.74	0.27	11.27
3.00	85.1	7.38	0.15	9.87
3.50	99.3	7.98	0.05	4.84
4.00	113.5	8.53	0.08	10.81
4.50	127.7	9.04	-	-
5.00	141.9	9.53	-	-
5.50	156.0	10.00	0.01	3.00
6.00	170.2	10.44	0.02	7.45
6.50	184.4	10.87	0.01	4.55
		Totale	10.15	93.93

Caratteristiche onda media energeticamente equivalente

Heq (m)	1.37
L (m)	38.83
T (s)	4.99

TAB. 8

Calcolo flusso medio e dell'onda energeticamente equivalente

tutte le direzioni

H (m)	L (m)	T (s)	Frequenza % del tempo	Flusso (Kg/s)
0.13	3.5	1.51	5.43	0.13
0.50	14.2	3.01	13.40	10.00
1.00	28.4	4.26	9.77	41.25
1.50	42.6	5.22	5.08	59.11
2.00	56.7	6.03	2.51	59.95
2.50	70.9	6.74	0.85	35.47
3.00	85.1	7.38	0.47	30.93
3.50	99.3	7.98	0.17	16.45
4.00	113.5	8.53	0.12	16.21
4.50	127.7	9.04	0.03	5.44
5.00	141.9	9.53	0.00	0.00
5.50	156.0	10.00	0.05	14.98
6.00	170.2	10.44	0.03	11.17
6.50	184.4	10.87	0.01	4.55
		Totale	37.92	305.63

Caratteristiche onda media energeticamente equivalente

Heq (m)	1.30
L (m)	36.75
T (s)	4.85

Direzione di provenienza onda energeticamente equivalente

direzione media in gradi	P (Kg/s)	Px (Kg/s)	Py (Kg/s)
210	93.93	-46.96	-81.34
180	34.88	0.00	-34.88
150	29.15	14.58	-25.24
120	19.94	17.27	-9.97
90	0.49	0.49	0.00
60	72.08	62.42	36.04
	250.47	47.79	-115.40

Direzione onda equivalente al largo = 158

TAB. 10

3. OPERE IN PROGETTO

3.1. Interventi di protezione

Il modesto specchio acqueo della "Darsena dei Corallini", di circa 3000 mq, è utilizzato ormai da molti anni quale riparo per gozzi da pesca a cui si aggiungono nel periodo estivo piccoli natanti da diporto.

La linea di riva della darsena è formata da sedimenti incoerenti (sabbia, ciottoli e pietrame) che sono estremamente mobili e pertanto inadatti a proteggere adeguatamente dai marosi la retrostante passeggiata.

Il lungoriva così costituito attualmente viene continuamente eroso anche da mareggiate di media entità che, di conseguenza, provocano periodicamente danni consistenti; con mareggiate più forti (provenienti dai quadranti meridionali) le onde frangono sulla barriera ed il conseguente "overtopping" provoca danni alla passeggiata retrostante ed ai natanti ormeggiati.

L'intervento in progetto prevede:

1. *il rinforzo della base esterna delle barriere centrale e di levante;*
2. *il ripristino del rivestimento protettivo del muro di sostegno della passeggiata molto danneggiato dagli ultimi eventi meteomarini.*

3.1.1 Le due barriere verranno protette al piede nella parte esterna più esposta ai marosi; tale protezione sarà costituita da una successione di massi di III categoria (circa 5 t) che sarà in grado di diminuire l'impatto del moto ondoso, provocare l'inizio del frangimento e, di conseguenza, attutire il fenomeno dell'overtopping in maniera consistente.

I massi, già in loco, costituenti la parte più esterna della barriera, saranno sicuramente più stabili e meno soggetti allo scivolamento al piede, in quanto sostenuti dal nuovo intervento.

L'opera nel suo insieme può considerarsi un valido intervento di riduzione della vulnerabilità da eventi calamitosi, per tutte le strutture esistenti a terra e per i natanti abitualmente ormeggiati nella darsena, per quanto sopra esposto.

Per quanto, invece, concerne le caratteristiche tecniche di dettaglio dell'intervento si rimanda alle tavole grafiche allegate al presente studio.

3.2. Caratteristiche qualitative dei massi da utilizzare per l'opera

I massi da utilizzare per le opere di cui al paragrafo 3.1, oltre a rispettare le caratteristiche previste dal capitolato generale per le opere marittime, cioè: *compattezza, peso specifico minimo, non geli-*

vità, etc., dovranno rispettare anche le caratteristiche cromatiche della roccia madre presente in affioramenti prossimi all'area di intervento e quelle dei massi già presenti costituenti le barriere di protezione.

I massi utilizzati per la costruzione delle protezioni dovranno essere lavati, esenti da terrigeni e polveri e dovranno essere approvati dal Direttore dei Lavori.

Il presente progetto ha lo scopo di mettere in sicurezza un tratto significativo del litorale di Cervo, nel suo insieme costituito da Darsena dei Corallini, retrostante passeggiata a mare ed opere a terra negli arenili in concessione. Le piste provvisorie di cantiere, come già esplicato, saranno realizzate con materiale sciolto (sabbia, ghiaia, pietrame) già presenti all'interno della darsena e suddetto materiale verrà ridistribuito a fine lavori.

3.3. Dimensionamento dei massi della mantellata esterna della scogliera

Utilizzando la relazione di Weggel valida in acque basse (H/L<0,5) :

$$\frac{H_f}{h_f} = b(m) - a(m)\frac{h_f}{gT^2}$$

$$a(m) = 43{,}8\left(1 - e^{-19m}\right)$$

$$b(m) = 1{,}56\left(1 + e^{-19{,}5\,m}\right)$$

dove:

H_f	=	altezza d'onda al frangimento
h_f	=	profondità di frangimento
m	=	pendenza media fondale
T	=	periodo associato all'onda frangente

Si ottiene : Scogliera a protezione della darsena

m	=	0,04 = pendenza media antistante la diga
h_f	=	- 4 metri = profondità massima al piede compreso sopralzo dovuto ad acqua alta

a(m)	=	23,316
b(m)	=	1,0697
H_f	=	**3,70 metri**
T	=	**8,3**

Utilizzando la nota formula di Hudson:

$$P = \frac{\gamma_s \cdot H^3}{k_d \cdot \left(\frac{\gamma_s}{\gamma_0} - 1\right)^3} \cdot \frac{1}{\text{cotg}\,\alpha} = 4{,}5t \Rightarrow \text{massi di III categoia}$$

Dove:

P = peso dei massi in tonnellate

H = altezza d'onda di progetto = 3,7

γ_s = peso specifico dei massi utilizzati = 2,5 t/m^3

γ_0 = peso specifico dell'acqua = 1,03 t/m^3

α = inclinazione della mantellata 1/2 $\Rightarrow$ cotg α = 2.

k_d = coefficiente numerico tabellato = 5

3.3. Piano di manutenzione

L'opera progettata è costituita da massi naturali di terza categoria (circa 5t).

L'opera non è calpestatile e non è accessibile al pubblico, ed è completamente priva di arredi urbani.

Il rivestimento del muro di sostegno della passeggiata verrà ispezionato ed, eventualmente, ripristinato dopo eventi meteo marini eccezionali.

Non esiste pertanto la possibilità di redigere un piano di manutenzione dell'opera stessa.

In caso di danni provocati da forti mareggiate, imprevedibili al momento della progettazione, bisognerà intervenire in maniera puntuale, secondo il caso.

Le mantellate esterne, in caso di danneggiamento, dovranno essere ricostituite utilizzando massi naturali della categoria prevista a progetto, che dovranno rispettare le prescrizioni riportate nel capitolato speciale d'appalto.

3.4. Crono-programma dei lavori

Il crono-programma delle opere di messa in sicurezza della Darsena dei Corallini copre un arco temporale di circa 5 settimane lavorative.

La data di inizio dei lavori coincide con quella di consegna delle aree all'impresa, mentre la data di chiusura degli stessi coincide con la consegna all'Amministrazione Comunale dell'opera completa e dichiarata agibile dall'Autorità Marittima preposta.

3.5. Cantiere

Gli interventi previsti saranno eseguiti cercando di minimizzare gli impatti procurati dal cantiere sul contesto (la fascia a vocazione prettamente turistico/ricettiva a ridosso della Darsena ed a valle della S.S. n. 1 Aurelia interessata da diversi campeggi e bungalows) in periodo invernale e primaverile (al di fuori dei periodi di grande afflusso turistico). Si fa presente inoltre che le abitazioni di Via Alla Marina poste a levante della darsena sono prevalentemente, se non esclusivamente, seconde case.

3.6. Lavorazioni

Le opere consistono nelle seguenti attività:

- *rinforzo al piede delle due barriere esistenti;*
- *ripristino del muro di sostegno della passeggiata danneggiata dagli ultimi eventi meteo marini.*

Tali attività saranno eseguite mediante mezzi terrestri quali autocarri per il trasporto delle forniture, sollevatore telescopico, escavatore e pala meccanica.

La programmazione delle lavorazioni proposta è orientata a minimizzare l'impegno della viabilità di accesso al litorale di Cervo da parte dei mezzi d'opera, limitando i disagi specialmente in Via Nazario Sauro.

Come già evidenziato i massi utilizzati dovranno essere lavati in cava.

Le due piste di accesso alle barriere saranno realizzate con materiale sciolto (sabbia, ghiaia, pietrame) già presente in loco e ridistribuito sul fondale della darsena a fine lavori.

Alassio, 05 Gennaio 2022

I tecnici

ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI SAVONA
Dott. Ing. Franco Ferrando n° 1474

ORDINE DEGLI ARCHITETTI PIANIFICATORI, PAESAGGISTI E CONSERVATORI DELLA PROVINCIA DI SAVONA
LEONARDO RAVOTTI ARCHITETTO N° 596

Indice generale

1. PREMESSA....1
2. ANALISI METEO-MARINE ED OCEANOGRAFIA....2
2.1. Stato dei luoghi....2
2.2. *Inquadramento geografico*....3
2.3. *Settore di traversia geografico*....3
2.4. *Batimetria*....5
2.5. *Fanerogame marine*....5
2.6. *Livello del mare*....6
2.7. *Correnti*....6
2.8. *Venti*....6
2.9. *Moto ondoso*....9
2.10. Schematizzazione del moto ondoso al largo....10
2.11. Altezza d'onda significativa con tempo di ritorno di 50 anni....12
2.12. Tabelle....15
3. OPERE IN PROGETTO....16
3.1. Interventi di protezione....16
3.2. Caratteristiche qualitative dei massi da utilizzare per l'opera....16
3.3. Dimensionamento dei massi della mantellata esterna della scogliera....17
3.3. Piano di manutenzione....18
3.4. Crono-programma dei lavori....18
3.5. Cantiere....19
3.6. Lavorazioni....19