COMUNE DI IMPERIA
PROVINCIA DI IMPERIA

Spostamento Sperone

RELAZIONE TECNICO-ILLUSTRATIVA

FERRI GUIDO
2025.09.29 17:29:13
CN=FERRI GUIDO
C=IT
2.5.4.4=FERRI
2.5.4.42=GUIDO

Ing. Guido Ferri Ingegneria Idraulica e Marittima
Civezza via Dante n°15/a tel 0183.92673

Settembre 2025

COMUNE DI IMPERIA

PROVINCIA DI IMPERIA

PROGETTO DI RIQUALIFICAZIONE DELLE STRUTTURE BALNEARI A SEGUITO DI AGGIUDICAZIONE STABILIMENTO BALNEARE ON56 DEL PUD

RELAZIONE IDRAULICA

SOMMARIO

1. INTRODUZIONE..... 21

2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO..... 21

3. SETTORE DI TRAVERSIA GEOGRAFICO. 21

4. CLIMA METEO MARINO..... 23

5. BATIMETRIA E SEDIMENTOLOGIA 24

6. FANEROGAME 24

7. LIVELLO DEL MARE. 24

8. CORRENTI. 25

9. IMPOSTAZIONE DEL PROGETTO 26

9.1.1 Verifica Dimensionamento della mantellata esterna 30

10. CONCLUSIONI..... 33

1. Introduzione

In seguito di aggiudicazione dello stabilimento balneare ON56 del PUD di Imperia denominato Koko beach, l'aggiudicatario si è impegnato ad effettuare delle migliorie sulle opere di difesa costiera esistenti in particolare con la presente relazione si intende illustrare le opere previste

2. Inquadramento geografico

Il tratto costa interessato dai lavori, si presenta pressoché rettilineo, ed è compreso tra i 43°53'14'', di latitudine Nord e 8°02'56'' e 8°03'00'' di longitudine Est con orientamento di 164 °N.

3. Settore di traversia geografico.

Il settore di traversia del paraggio in esame è compreso tra 78°N (Capo Berta) e 235°N (Cap Camarat) con una apertura di circa 157° 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, Settore di Libeccio e settore di Levante di ampiezza 40° e i settori di Scirocco e Mezzogiorno di ampiezza 30°:

Moto ondoso da:	**Compreso tra:**	**Fetch[1] (Km)**
Libeccio	235°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	300
Levante	105°N – 65°N	181

Il settore di Libeccio è quello da cui provengono le ondazioni di maggiore entità, traversia principale .

Vedasi cartina allegata alla pagina successiva.

[1] Si definisce Fetch la distanza di mare libero nella direzione di provenienza del moto ondoso.

4. Clima meteo marino

Per caratterizzare il clima meteomarino, ovvero la definizione in termini di frequenza annuali delle altezze d'onda associate ad ogni direzione del settore di traversia, si devono elaborare statisticamente, se disponibili, le registrazioni degli stati di mare effettuate mediante boa ondametrica, se presente nella zona oppure determinare le onde a partire dal regime di vento che caratterizza la zona in esame.

I dati meteo-marini utilizzati provengono dal servizio hindcast del Dipartimento di Ingegneria Civile, Chimica e Ambientale dell'Università degli Studi di Genova (DICCA, www3.dicca.unige.it/meteocean/hindcast.html). L'hindcast fornisce i principali parametri ondametrici sulla base di intervalli orari nell'arco temporale 1979-2019. Tali dati, definiti per tutto il Mar Mediterraneo con una risoluzione pari a circa 10 Km sia in longitudine che in latitudine, hanno già conosciuto ampia validazione (Mentaschi et al., 2013, 2015) e questo rende possibile il loro impiego all'interno delle analisi presentate. Per il presente studio, è stato utilizzato il punto 000390 (Longitudine: 8.1067, Latitudine: 43.8600). Nell'ambito della corrente indagine si sono utilizzati i parametri d'onda riportati in Tabella 1.

Variabile	Simbolo	Unità di misura
Altezza signicativa	Hs	[m]
Periodo medio	Tm	[s]
Periodo di picco	Tp	[s]
direzione media di provenienza	θm	[°] latitudine
direzione di provenienza al picco	θp	[°] latitudine

.Gli eventi sono stati modellizzati in funzione dei settori direzionali individuati dal processo di k-means clustering. Per ogni valore sono stati calcolati anche i valori corrispondenti ai livelli inferiori e superiori dell'intervallo di confidenza. Al fine delle simulazioni modellistiche, sono stati considerati i parametri d'onda relativi ai tempi di ritorno, annuale, decennale e cinquantennale (Tabella 2).

		Hs [m]			Tp [s] (Boccotti)		
θ [N°]	**Return time [y]**	**Est**	**Lo**	**Up**	**Est.**	**Lo**	**Up**
120	1	2.57	2.50	2.63	6.83	6.75	6.91
120	10	3.96	3.64	4.27	8.49	8.14	8.82
120	50	5.26	4.48	6.04	9.78	9.03	10.48
220	1	3.77	3.70	3.83	8.28	8.20	8.35
220	10	4.83	4.69	4.98	9.38	9.23	9.51
220	50	5.57	5.26	5.88	10.06	9.78	10.34

Tabella 1. Parametri d'onda decennali e cinquantennali, calcolati per Libeccio (220 °N) e Scirocco (120 °N). Coordinate punto di estrazione: Longitudine: 8.1067, Latitudine: 43.8600; batimetria: -90 m.

I dati di partenza sono utilizzati come dati di input della modellazione numerica in fase di realizzazione dalla società Geoscape per determinare la propagazione dell'onda verso riva e gli effetti sulle opere ante e post lavori.

Per una analisi dettagliata si rimanda alla relazione sulla modellistica allegata che verrà integrata successivamente.

5. Batimetria e sedimentologia

Prima della progettazione è stato realizzato un rilievo della spiaggia emersa ed un rilievo batimetrico single beam della zona oggetto di intervento spinto sino alla batimetrica -8m dettagli eseguito dal geometra Domenico Benedetto di Albenga.

6. Fanerogame

Dalla tavola delle fanerogame marine, dalla tavola n° 15 del nuovo atlante degli Habitat marini della Liguria che la prateria di posidonia oceanica , nel tratto interessato dai lavori, si trova ad una distanza superiore a 200 metri dalla riva, e quindi è lecito affermare che gli interventi previsti non andranno ad influire sulla vitalità della flora marina esistente.

7. Livello del mare.

In tutta Liguria occidentale l'escursione di marea astronomica è modesta, dell'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.

8. 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 costituire 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

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

equazione da Longuet Highins:

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

9. Impostazione del progetto

In seguito all'aggiudicazione dello stabilimento balneare ON56 del PUD di Imperia denominato Koko beach, l'aggiudicatario si è impegnato ad effettuare delle migliorie sulle opere di difesa costiera esistenti in particolare:

1. Il pennello a Ponente dello stabilimento negli anni è stato consolidato realizzando un piano di berma in cemento (pratica ormai vietata dalle norme ambientali) si propone la demolizione del piano in cemento ed il rivestimento del pennello con massi naturali di II° e III° categoria che oltre a garantire una maggiore stabilità di quelli esistenti sono maggiormente compatibili, dal punto di vista ambientale, rispetto al piano in cemento.

   Si manterranno le dimensioni esistenti; prima della realizzazione dovrà essere inviata apposita richiesta ai sensi dell'art. 109 del DLGS 152 /2006 agli uffici competenti

2. Si è proposto infine di realizzare un ripascimento mediante il versamento di inerte da ripascimento avente $D_{50} > 4$ mm nella quantità di 400 m³ proveniente da cava.

   Il materiale sarà compatibile con il sito in oggetto, il colore del materiale usato per il ripascimento sarà simile a quello delle spiagge da ripascere con prevalenza di grigio.

   Il versamento verrà effettuato mediante versamento aderente in battigia. Il materiale verrà accumulato sulla spiaggia emersa facilmente raggiungibile dalla viabilità esistente, e poi verrà steso in battigia con l'ausilio di pala meccanica. Non è necessario per questo motivo la realizzazione di piste di cantiere.

   Si prevede di versare 10 m³ di materiale sul retro della scogliera al fine di livellare il piano esistente e di versare 390 m³ di materiale nella cella equivalente a 10m³/m di inerte rientrando quindi nella casistica dei ripascimenti stagionali.

   Prima del versamento sarà presentata regolare richiesta di compatibilità all'arpal.

3. La scogliera aderente posta a protezione del lato di Ponente dello stabilimento necessita di un intervento manutentivo che consiste nel rifiorire in parte la scogliera e riposizionare i massi esistenti mantenendo la forma e la sezione esistente e quindi senza aumento di sagoma.

   Prima della realizzazione dovrà essere inviata apposita comunicazione ai sensi dell'art. 109 comma c del DLGS 152 /2006 agli uffici competenti



Gli interventi elencati sopra ricadono nelle opere di manutenzione ordinaria e ripascimento stagionale, prima dell'inizio dei lavori verranno avviate le opportune procedure

4. Spostamento sperone

La spiaggia in oggetto è soggetta durante le mareggiate invernali a forte erosione dovuta alla formazione di una rip current con direzione Ponente amplificata dalla posizione dello sperone realizzato sul pennello di levante



Foto 1 stato attuale sperone da allontanare

Per limitare il problema e quindi diminuire il fenomeno erosivo si propone di spostare lo sperone in corrispondenza dell'asse della scogliera parallela esistente.

La posizione attuale dello sperone comporta un maggior sovralzo dell'onda sulla costa retrostante (wave piling-up) causa primaria dell'aumento delle rip currents verso ponente , l'allontanamento garantirà inoltre anche una minore riflessione all'intersezione con il pennello perpendicolare esistente (clapotis gaufre).

La scogliera parallela è stata oggetto di ristrutturazione dopo gli eventi marini del 2018 che hanno creato ingenti danni su tutta la costa Ligure ed in questa occasione è stato disallineato lo sperone rispetto alla scogliera.



Sperone in asse con scogliera prima dei lavori di ripristino

I lavori non comporteranno ulteriore posa di massi ma, esclusivamente lo spostamento dei massi dello sperone, nella posizione di progetto, lavorando esclusivamente via terra.



Simulazione di progetto con nuova posizione sperone.

9.1 Verifica Dimensionamento della mantellata esterna

I massi costituenti la mantellata dello sperone attualmente sono di III° categoria con il 50 % dei massi aventi peso superiore alle 5 t.

Per la verifica dei massi della mantellata si verifica la stabilità sotto l'azione dell'onda frangente al piede della struttura, nel nostro caso dal rilievo batimetrico risulta una profondità al piede di 5 metri.

Si utilizza la nota formula di Hudson:

$$P = \frac{\gamma_s \cdot H^3}{k_d \cdot \left(\frac{\gamma_s}{\gamma_o} - 1\right)^3} \cdot \frac{1}{\text{cotg}\,\alpha}$$

Dove :

P = peso dei massi intonnellate

H = altezza d'onda di progetto

γ_s = peso specifico dei massi utilizzati

γ_o = peso specifico dell'acqua

α = inclinazione dellamantellata

k_d = coefficiente numerico tabellato

Per determinare l'altezza d'onda che frange al piede della struttura si utlizza la relazione di Mc Cowen H= 0,78 h con h = profondità al piede

H = 0,78 X 5 l.m.m.m = 3,9 metri (Mc Cowen)

γ_o = 1,03 t/m³

γ_s = 2,7 t/m³

cot α = 3

k_d = 2,5

Si ricava P = circa 6 t , massi di III° categoria

10.Verifica run up

10.1.1 Stato di fatto

La vicinanza della scogliera alla linea di riva con conseguente sovralzo del livello dello specchio acqueo retrostante le onde incidenti l'opera, raggiungono la costa retrostante senza evidenti attenuazioni

Per calcolare Ru2% si utilizza la metodologia proposta nello Eurotop Manual (2018)

$$\frac{Ru_{2\%}}{H} = 1.0 \cdot \gamma_f \cdot \gamma_\beta (4 - \frac{1.5}{\sqrt{\gamma_b \cdot \xi}})$$

Dove:

γ_f coefficiente che tiene conto della scabrezza mantellata

γ_β coefficiente che tiene conto dell'inclinazione media del moto incidente

γ_b coefficiente che tiene conto della geometria della berma

ξ = numero di Irribaren

Se le coste sono (molto) dolci e lunghe e l'altezza delle onde in acque più profonde è abbastanza alta, le onde possono infrangersi su gran parte della battigia e ridursi in modo significativo. Tali altezze delle onde di acque profonde possono ridursi a meno del 10%-20% della loro altezza originale, alla punta della struttura. Con onde così violente che si infrangono su coste molto basse o estremamente, iniziano altre influenze oltre all'altezza delle onde e al periodo delle onde Van Gent 1999 ha studiato il caso di altezze d'onda piccole con periodi molto lunghi (elevato numero di Irribaren) in questo caso la risalita dell'onda diventa effettivamente indipendente dalla pendenza dell'onda e dall'angolo di inclinazione. Per queste condizioni su coste molto basse, non fa differenza se la pendenza è 1:4, 1:2,5 o anche molto più ripida come 1:1. Con pendenza molto bassa dell'onda e probabilmente l'aumento del livello dell'acqua dovuto all'assetto delle onde, risulta :

$$\frac{Ru_{2\%}}{H} = 3{,}6$$

Considerando che la profondità al piede della struttura esistente è di circa 2 m considerando il sovralzo per venti di burrasca ed utilizzando la relazione di Mc Cowen risulta una altezza al frangimento sull'opera pari a 2 *0,78 = 1.6 m

e quindi **$Ru_{2\%}$** = 1.6 x 3,6 = **5,76 m**

10.1.2 Stato di Progetto

Nella condizione di progetto l'opera viene allontanata dalla riva e l'onda incidente al frangere sulla struttura stessa subirà una attenuazione valutabile tramite il coefficiente di trasmissione.

Per coefficiente di trasmissione si intende il rapporto tra altezza onda incidente e l'altezza dell'onda riflessa

si è utilizzato metodo semplificato (CIRIA/CUR, 1991)

$-2.00 < \frac{R_c}{H_s} < -1.13$ $\quad C_t =$ 0.8

$-1.13 < \frac{R_c}{H_s} < 1.2$ $\quad C_t =$ 0.46 - 0.3 $\frac{R_c}{Hs}$

$-1.2 < \frac{R_c}{H_s} < 2.0$ $\quad C_t =$ 0.10

Dove:

Ct = coefficiente di trasmissione

Rc = quota del piano di berma rispetto (livello medio + sovralzo)

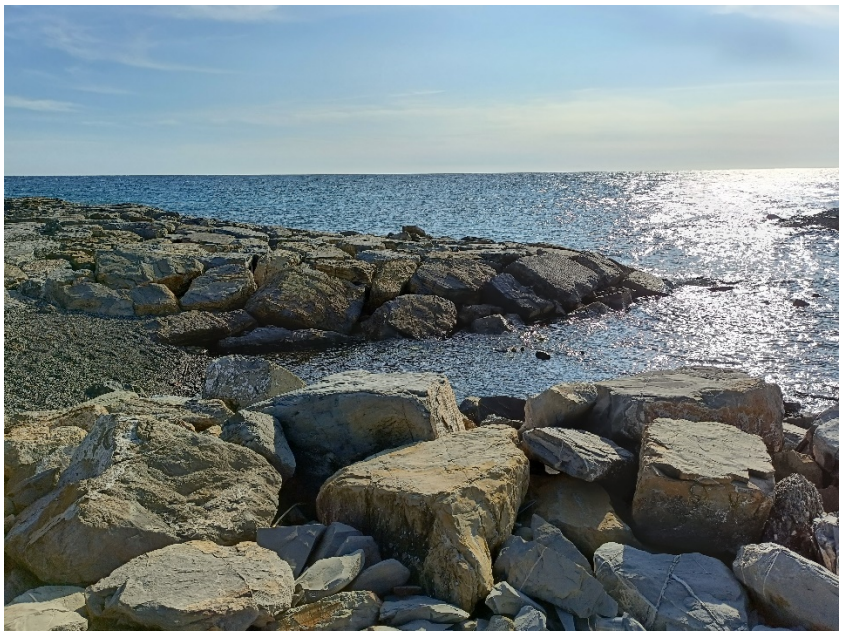
Hs = altezza d'onda significativa

Nel nostro caso Rc = 1,5 m Hs = 3,9 m da cui risulta $\frac{R_c}{Hs}$ = 0.38 e Ct = 0.34

Da cui risulta un'onda trasmessa pari a circa 1,32 m

E per le considerazione viste prime risulta:

$Ru_{2\%}$ = 1,32 x 3,6 = **4,7 m**



Sperone da allontanare

11.Conclusioni

Con lo spostamento dello sperone si ottiene un miglioramento della scurezza e della fruibilità dello stabilimento senza alterare lo stato dei luoghi.

Settembre 2025

Il tecnico