

Proponente:

LEVANTE SVILUPPO S.P.A.

Piazza Cavour, 1 - 19015 LEVANTO (SP)

C.F. 01062680119

Oggetto:

*RAZIONALIZZAZIONE DELL'AREA NAUTICA IN LOCALITA'
VALLESANTA NEI COMUNI DI LEVANTO E BONASSOLA*

PROGETTO PRELIMINARE

Titolo elaborato:

RELAZIONE TECNICA

Progettisti:

STUDIOELB Ingegneri Associati

Dott. Ing. Ernesto LA BARBERA - Dott. Ing. Riccardo GIAMMARINI
Dott. Ing. Andrea DEPRATI - Dott. Ing. Simona CARREGA
Dott. Ing. Michela LA BARBERA - Dott. Ing. Mauro SCAGLIONE

Corso Torino 17/6 sc.A - 16129 Genova
Tel. 010.5740568 - fax : 010.4211059
e-mail: inge@studioelb.it

0	20.10.2011	SC	AD	Emissione
Revisione	Data	Redatto da:	Controllato da:	Descrizione

Data:

20.10.2011

Scala:

276 PP

R02

SOMMARIO

1. PREMESSA	2
2. DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI	2
3. STUDIO GEOLOGICO E GEOTECNICO	3
4. APPROFONDIMENTO IDRAULICO	4
5. STUDIO IDRAULICO - MARITTIMO	5
6. OPERE MARITTIME DI DIFESA DALL'ONDAZIONE	7
6.1.1 <i>Dimensionamento della mantellata</i>	9
6.1.2 <i>Tracimazione: calcolo della portata di "overtopping"</i>	16
7. PONTILI	26
8. ROTTA DI INGRESSO E AGIBILITA' PORTUALE	27
9. INDIRIZZI PER LA REDAZIONE DEL PROGETTO DEFINITIVO	27

1. PREMESSA

La presente relazione fa parte del progetto preliminare degli interventi di "Razionalizzazione dell'area nautica in Loc. Vallesanta nei Comuni di Levanto e Bonassola".

La descrizione generale e gli obiettivi del presente progetto sono analizzati in dettaglio nella relazione generale allegata.

Nella presente relazione sono illustrati gli elementi fondamentali riguardanti la fattibilità tecnica definiti attraverso gli studi di prima approssimazione sviluppati nella presente fase preliminare ai sensi del D.P.R. 509/97 e del relativo D.M. 14 aprile 1998.

Approfondimenti ed affinamenti progettuali dovranno essere sviluppati nella fase di progettazione definitiva anche sulla base di eventuali richieste, integrazioni e prescrizioni avanzate da Enti ed Amministrazioni coinvolte nell'esame della presente progettazione preliminare.

2. DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI

La razionalizzazione dell'impianto nautico minore in località Vallesanta prevede sinteticamente l'esecuzione dei seguenti interventi, rappresentati in dettagli negli elaborati grafici di progetto:

Settore di Levanto:

1. Abbassamento della quota del sedime del porto a secco lato levanto a 2,00 m s.l.m.m., uniformandola alla quota dei fondi artigianali retrostanti ed alle quote del bordo piazzale di ponente, e realizzazione di corsie di manovra per la movimentazione in piano delle barche su carrelli;
2. Lievi modifiche tra il bordo piazzale a +2,00 e le banchine a +1,00 circa, nella zona di alaggio e varo, per meglio consentire la movimentazione delle barche;
3. Allargamento dello scivolo della zona di levante;
4. Ridisegno della diga di levante con tracciamento curvo più armonico e in grado di racchiudere un maggior specchio acqueo e ridefinizione di una sezione tale da consentire la protezione dello specchio acqueo e l'ormeggio da parte di piccole imbarcazioni;
5. Realizzazione di n° 2 pontili galleggianti, di lunghezza pari a circa 52 e 60 m, per piccole imbarcazioni;

6. Realizzazione di ponticello per l'attraversamento del Rio Vallesanta verso Bonassola;

Settore di Bonassola:

7. Realizzazione di banchinamento, a prosecuzione di quello di Levante oltre il Rio Vallesanta, con andamento parallelo all'attuale linea di costa e raccordato alla nuova diga di ponente come descritta dopo;

8. Spianamento dell'area con formazione di piano a +2,00 m come nel settore di Levante, per la razionalizzazione degli spazi di rimessaggio a terra e la creazione di debiti spazi di manovra. Nell'ambito di tale area sarà realizzata una zona di attesa per le imbarcazioni a terra, sarà posizionata una nuova gru per l'alaggio e varo e sarà anche creata un'area per l'imbarco / sbarco dei passeggeri dai battelli turistici di collegamento con le Cinque Terre;

9. Ridefinizione della diga di ponente con prolungamento di 80 m circa della testata in modo da garantire protezione alla bocca di ingresso dello specchio acqueo e ridefinizione della sezione in modo da consentire la protezione dello specchio acqueo e l'ormeggio da parte di imbarcazioni. Nella parte estrema della diga sarà ubicato il punto di bunkeraggio

10. Realizzazione di n° 2 pontili galleggianti, di lunghezza pari a circa 50 m, per piccole imbarcazioni;

11. Realizzazione di percorso pedonale di accesso alla spiaggia libera limitrofa con area adibita a ristoro munita di piccolo chiosco a servizio sia dell'area nautica, sia della spiaggia libera.

3. STUDIO GEOLOGICO E GEOTECNICO

La zona di intervento è stata oggetto di di diversi studi geologici effettuati negli anni precedenti per il Comune di Levante e le aziende da esso partecipate, ad esempio:

- "Studio geomorfologico e geologico-marino del Golfo di Levante", eseguito dall'Università degli studi di Genova – DIP.TE.RIS. Dipartimento per lo Studio del Territorio e delle sue Risorse nel 2000, commissionato dalla Levante Sviluppo S.p.A;
- Relazione geologico-Tecnica preliminare, redatta dal dott. Geol. Barbara Cattaneo nel 2008 su commissione del dott. Arch. Francesco Moscatelli a sua volta incaricato dall'Azienda Speciale di Levante, ora Levante Multiservizi s.r.l., mirata al progetto di riqualificazione dell'area nautica.

Nel primo documento è fornito un quadro generale di tutto il complesso geomorfologico e geologico-marino del Golfo di Levante.

Nel secondo documento sono contenute le risultanze di una specifica campagna di indagine geologica proprio mirata alla razionalizzazione dell'area nautica.

Dall'analisi di tali documenti si può affermare che l'intervento in progetto è fattibile sotto il profilo geologico e che le caratteristiche geotecniche e batimetriche consentono un imbasamento sicuro delle dighe.

Per quanto riguarda gli effetti della razionalizzazione dell'impianto nautico sulla morfodinamica costiera, dall'analisi dei risultati degli studi eseguiti è ragionevole supporre che non ci saranno sfavorevoli ripercussioni sulla costa Levantese.

Nelle successive fasi della progettazione saranno approfonditi tutti gli aspetti geologici-geotecnici connessi all'intervento mediante l'acquisizione di dettagliata conoscenza della stratigrafia e delle caratteristiche meccaniche dei terreni interessati.

4. APPROFONDIMENTO IDRAULICO

Nell'area in esame, è presente lo sbocco del Rio Vallesanta, asta fluviale di ordine 3, che, nell'ambito degli studi di Piano di Bacino non è stato oggetto di verifiche idrauliche finalizzate all'individuazione di fasce di inondabilità.

Nell'ambito del P.U.O. relativo al viadotto ferroviario in loc. Vallesanta è stato condotto uno studio idraulico del tratto terminale del suddetto Rio e sono stati previsti alcuni interventi di adeguamento dello stesso, nell'ambito dell'area a valle del viadotto per consentire il deflusso con adeguato franco di sicurezza anche della portata di piena 200ennale.

Il progetto non modifica l'assetto planimetrico e spondale autorizzato in sede di P.U.O., ma prevede solo la realizzazione di un nuovo ponticello per consentire la continuità degli spazi per il rimessaggio delle imbarcazioni a secco.

Nelle successive fasi della progettazione saranno eseguiti tutti gli studi di dettaglio necessari e saranno definiti gli aspetti progettuali nel rispetto delle normative del Piano di Bacino (in particolar modo per quanto riguarda il franco minimo) e delle eventuali indicazioni del Settore Opere Idrauliche della Provincia di La Spezia.

5. STUDIO IDRAULICO - MARITTIMO

L'inquadramento idraulico marittimo è stato oggetto di specifici studi, condotti dalla DEAM .s.r.l., anche con l'utilizzo di modellistica matematica specifica e sono riportati in dettaglio nella relazione "Allegato 1: Studio idraulico marittimo", parte integrante e sostanziale del presente progetto preliminare.

In detto studio, al quale si rimanda, sono stati analizzati in dettaglio i seguenti principali argomenti:

- inquadramento geografico del paraggio;
- settore di traversia e fetches associati;
- statistica degli eventi estremi e clima di moto ondoso al largo;
- propagazione del moto ondoso a costa e determinazione delle onde di progetto;
- considerazioni sulle variazioni del livello marino;
- agitazione ondosa all'interno del bacino portuale;
- valutazione dei tempi di ricambio delle acque interne;
- regime della dinamica litoranea locale e verifica preliminare dell'eventuale impatto delle opere sui litorali adiacenti

Nel corso degli anni precedenti, come evidenziato nella relazione generale allegata, sono state valutate oltre alla soluzione progettuale in esame diverse altre opzioni che prevedevano tutte differenti sistemazioni dello specchio acqueo e maggiori opere di difesa dal mare. Sulla base delle previsioni di ambito della variante del PTC della costa adottata con D.G.R. 936 del 29/07/2011 la scelta progettuale è stata quella della razionalizzazione dell'impianto nautico a secco e l'ampliamento verso ponente nel Comune di Bonassola nel tratto fino alla radice della diga "dei ferrovieri" e di ridisegnare le opere di protezione per consentire una maggiore protezione della struttura e dello specchio acqueo.

Nello studio idraulico marittimo allegato alla presente, è riportata l'analisi di due diverse ipotesi progettuali, ipotesi Progetto A, con limitato ridisegno delle scogliere e ipotesi progetto B, con specchio acqueo più ampio e maggiori opere di difesa dall'ondazione.

La scelta progettuale adottata nel presente preliminare coincide sostanzialmente con la configurazione Progetto A dello studio idraulico marittimo. Si riportano di seguito le risultanze dello studio relative a tale configurazione.

Agitazione ondosa all'interno del bacino portuale

La verifica della agitazione interna è stata effettuata per le onde tipiche, con periodi di 3,4,5 e 6 secondi, e per direzioni di provenienza a largo comprese tra 170° N e 240° N distinguendo tra la parte di specchio acqueo ad ovest e la parte di specchio acqueo a est.

La situazione più critica è rappresentata dalle onde provenienti da 170° N (limite inferiore del settore di esposizione dell'area di studio) che penetrano quasi indisturbate nell'imboccatura e quindi nella parte ovest dello specchio acqueo.

Tuttavia, l'analisi dell'agitazione interna residua, stimata in giorni/anno, presenta onde superiori a 30 cm solo per 11 giorni all'anno, con onde comprese tra 40 e 60 cm per 9 giorni l'anno e comprese tra 70 e 90 cm per 2 giorni l'anno e solo nella porzione di specchio acqueo lato Bonassola. Per la restante parte di giorni l'anno nello specchio ovest risultano onde comprese tra 10 cm e 30 cm per 227 giorni e onde inferiori a 10 cm per 127 giorni, nello specchio est risultano onde comprese tra 10 cm e 30 cm per 240 giorni e onde inferiori a 10 cm per 120 giorni.

Tali risultati evidenziano come per la maggior parte dell'anno vengano rispettate le condizioni di "sicurezza" in relazione ai valori di altezza d'onda ammissibile indicati nelle "Raccomandazioni tecniche per la progettazione dei porti turistici"

valutazione dei tempi di ricambio delle acque interne:

Il ricambio delle acque è stato valutato in prima approssimazione e, come d'uso, sulla base del "prisma di marea" suddividendo lo specchio acqueo in 3 celle: C1- specchio acqueo lato est, C2- specchio acqueo lato ovest e C3-imboccatura.

I tempi di ricambio variano molto tra le celle e, ad esempio in fase di sigizie, variano da 3,5 giorni nella zona dell'imboccatura a circa 11,5 giorni nello specchio acqueo lato levanto.

Tali tempi di ricambi sono dovuti esclusivamente all'oscillazione di marea e sono quindi molto peggiorativi rispetto alla situazione reale per la grande maggioranza delle situazioni effettive, infatti, durante l'inverno e le stagioni intermedie il vento e le mareggiate e d'estate la brezza contribuiscono ad accelerare i tempi di ricambio.

Considerati i tempi di ricambio piuttosto lunghi, soprattutto nella cella più interna, nelle successive fasi della progettazione l'analisi del ricambio delle acque interne sarà approfondita con modello idrodinamico che tenga conto anche di questi fattori ed

eventualmente saranno previsti interventi di miglioramento della circolazione delle acque anche mediante sistemi di collegamento con il mare aperto o di circolazione forzata o ossigenatori.

Impatto delle strutture sul litorale adiacente

Al fine di valutare la dinamica dei processi naturali che avvengono lungo il litorale nella situazione attuale e stimare le modifiche indotte dalla rimodellazione delle opere di difesa è stato utilizzato un modello matematico che permette di stimare il trasporto longitudinale e la direzione prevalente del trasporto trasversale e fornisce un'indicazione qualitativa delle parziali modifiche indotte dalla nuova configurazione. L'ipotesi progettuale sembra influenzare la dinamica litoranea attuale, limitatamente al settore più prossimo al molo di sottoflutto. Infatti, la nuova configurazione delle opere di difesa determina una parziale schermatura del settore di esposizione di tale porzione di spiaggia, in conseguenza della quale si osserva una riduzione del flusso di energia nella zona di litorale a ridosso del molo sottoflutto.

Lo studio quantitativo e dettagliato che tenga conto di tutti i processi fisici che concorrono alla dinamica costiera sarà effettuato nella fase di progettazione definitiva.

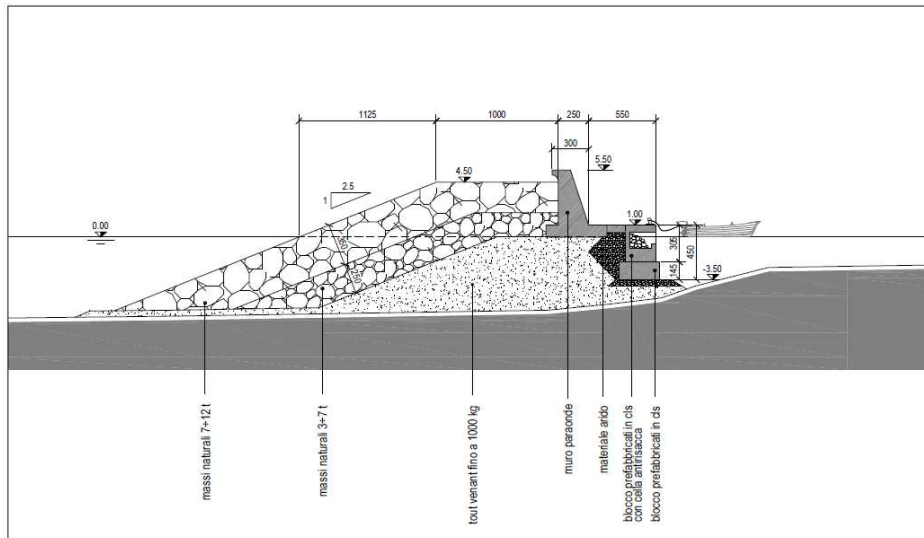
6. OPERE MARITTIME DI DIFESA DALL'ONDAZIONE

Obiettivo primario del presente intervento di razionalizzazione dell'area nautica è la migliore protezione dalle ondate sia dello specchio acqueo sia soprattutto delle aree di rimessaggio e dei piazzali a terra.

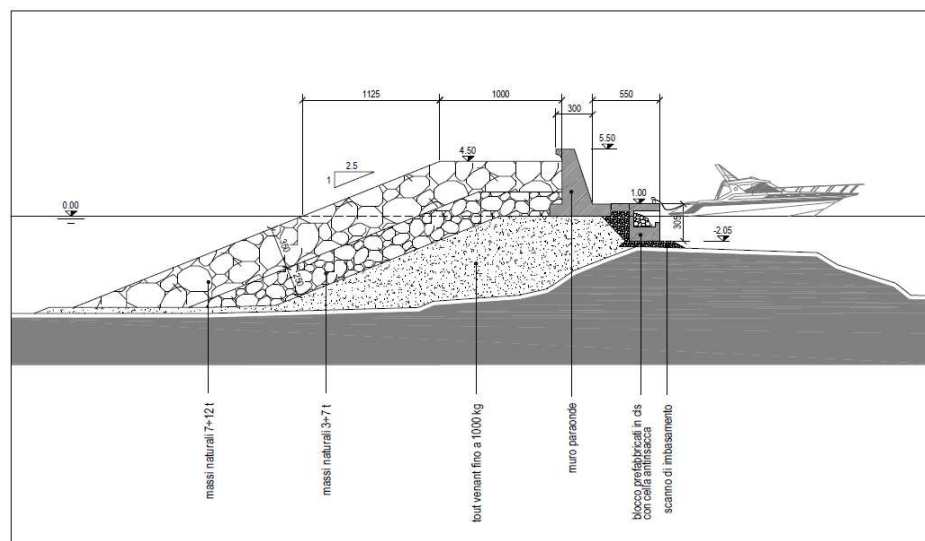
All'uopo sono state ridisegnate le opere di difesa dal mare sia nel loro andamento planimetrico sia come sezione tipologica di difesa dal mare.

Per entrambe le scogliere di difesa è stata adottata preliminarmente la medesima sezione tipo costituita da un'opera a gettata con mantellata con pendenza 1:2.5, in massi naturali di IV categoria, strato sottostante di massi di III categoria e nucleo in tout venant e massi di I categoria, berma orizzontale di 10 m a quota +4,50 m s.l.m., sormontata da un massiccio di coronamento con muro a ricciolo e quota del muri a +5,50 m s.l.m.

Si riportano di seguito le due sezioni tipologiche.



Sezione tipo sopraflutto



Sezione tipo sottoflutto

Per i posti barca stagionali sulle banchine saranno poste in opera bitte con carico nominale adeguato alle estremità dei posti barca e due anelli di ritenuta delle trappe.

Per il dimensionamento delle banchine e dei sistemi di ormeggio si rimanda alle successive fasi della progettazione.

6.1.1 Dimensionamento della mantellata

Il calcolo dell'onda di progetto utilizzata per il dimensionamento della mantellata sia del molo sopraflutto sia del molo sottoflutto è stato eseguito secondo i criteri suggeriti nelle " Istruzioni tecniche per la progettazione delle dighe marittime", approvate dall'Assemblea Generale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici con voto del 23 Settembre 1994 n. 156. In particolare si è assunta come durata di vita minima T_v per l'opera a progetto la vita minima per un'infrastruttura ad uso generale con livello di sicurezza richiesto pari a 1, come consigliato per opere in porti minori o marina, ossia 25 anni.

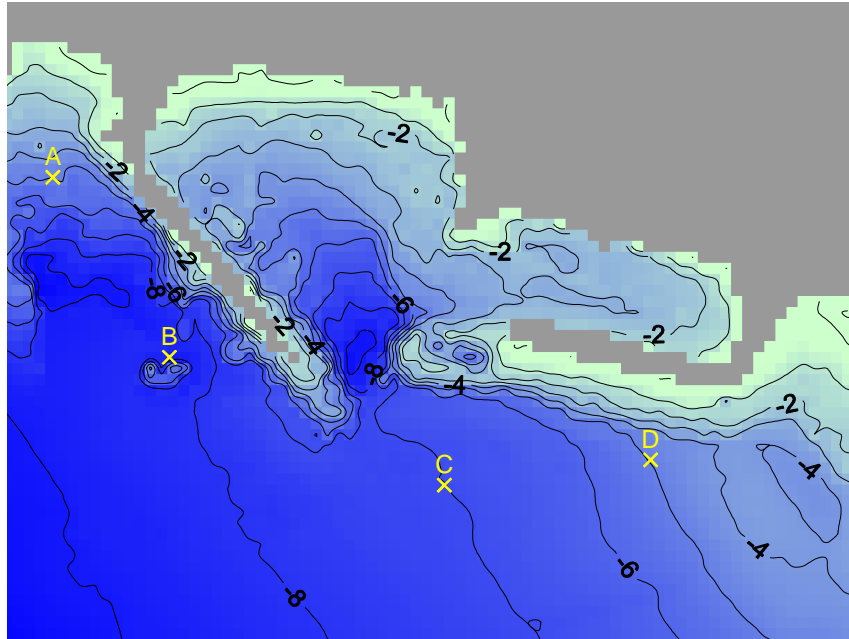
Come massima probabilità di danneggiamento dell'opera è stata assunta la probabilità di danneggiamento incipiente come consigliato per strutture flessibili (le scogliere sormontate da massiccio di coranamento non sono soggette a collasso strutturale immediato) con limitato rischio per la vita umana e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

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

$$T_{rp} = T_v / [- \ln(1-P_f)]$$

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

Per quanto riguarda le caratteristiche delle onde di progetto sono stati utilizzati i dati ricavati nell'ambito dello studio idraulico marittimo preliminare (Elaborato "Allegato 1- Studio Idraulico Marittimo"), nel quale assumendo in input il clima di moto ondoso ed applicando opportuni modelli matematici è stata analizzata la fenomenologia locale e stimati i valori estremi dell'ondazione al piede delle scogliere foranee, nei punti riportati in figura.



PUNTI DI CALCOLO DEI VALORI ESTREMI ANTISTANTI IL MOLO

PERIODO DI RITORNO : 50 ANNI									
DIR AL LARGO (°N)	Ts (s)	Hs (m)	DIR (°N)	Hs (m)	DIR (°N)	Hs (m)	DIR (°N)	Hs (m)	DIR (°N)
		A		B		C		D	
150	7.3	1.2	186	1.6	202	1.5	202	1.5	208
180	8.8	2.1	187	3.2	213	3.2	213	3.0	218
210	9.6	2.4	188	4.0	222	3.8	221	3.3	224
240	11.5	2.1	189	4.3	235	4.1	234	3.5	236
270	8.2	1.0	191	2.4	240	2.7	241	2.7	242
300	7.4	1.5	191	1.2	246	1.4	250	1.5	249

ONDE ESTREME A COSTA CON PERIODO DI RITORNO PARI A 50 ANNI
CALCOLATE IN PROSSIMITA' DEI MOLI

Si assumono, pertanto, cautelativamente come onde di progetto quella massime calcolate lungo il piede della mantellata delle scogliere dei moli e corrispondenti allo stato di mare più gravoso per il paraggio (ossia quello proveniente da 240° N) come se attaccassero frontalmente la scogliera.

Tali ondatazioni presentano le seguenti caratteristiche:

per il molo sopraflutto (punto B)

Hs = 4,3 m Ts = 11,5 m

per il molo sottoflutto (punto C)

$$H_s = 4,1 \text{ m} \quad T_s = 11,5 \text{ m}$$

L'assunzione di tale ondazione per l'opera sottoflutto risulta particolarmente cautelativa, in quanto, nella configurazione di progetto, per buona parte il sottoflutto risulta protetto o schermato dalla testata dell'opera sopraflutto.

Il dimensionamento della mantellata è stato condotto utilizzando le formule di Van der Meer, che rispetto alla tradizionale formula empirica di Hudson (ricavata da prove su modello con onde regolari), permettono di tenere in conto anche l'azione di onde irregolari e la variabilità del periodo dell'onda.

Le formule proposte da Van der Meer sono le seguenti:

- per opere soggette ad onde frangenti tipo plunging ($\xi_m \leq 2.5$):

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

- per opere soggette ad onde frangenti tipo surging ($\xi_m \geq 3.5$):

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

in cui:

H_s = altezza d'onda significativa al piede della scogliera

ξ_m = parametro di surf o numero di Iribarren per il periodo medio

T_m = periodo d'onda medio (s) = $T_s/1,2$

α = pendenza della mantellata ($^\circ$)

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

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

γ_m = peso specifico del masso (2600 Kg/ m³)

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

$$\xi_m = \frac{\tan \alpha}{\sqrt{\frac{2\pi H_s}{g T_m^2}}}$$

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

p^* = coefficiente di permeabilità della struttura

N = numero di onde presenti nella mareggiata

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

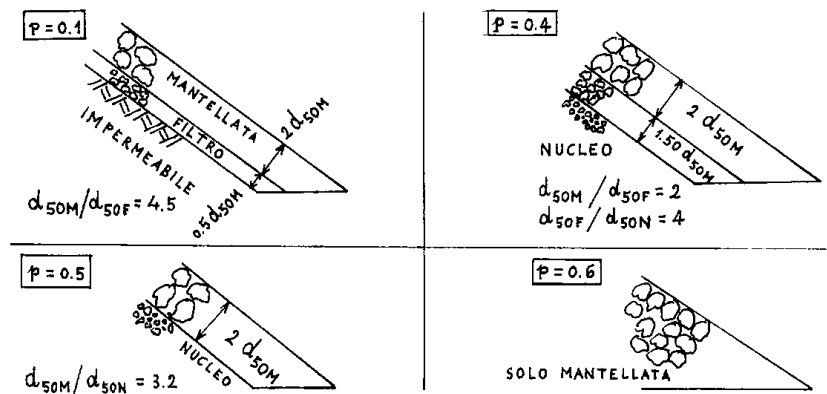
A = area erosa nella sezione

Nell'intervallo $2.5 < \xi_m < 3.5$ si adotta la formula che fornisce il valore $\frac{H_s}{\Delta D_{n50}}$ minore,

ossia la formula più cautelativa.

Di seguito si esaminano e si definiscono i parametri da utilizzare nei calcoli in esame:

- Altezza d'onda H_s [m]
 - come definito in precedenza si assume l'onda di calcolo al piede della scogliera con altezza $H_s = 4,30$ m per il molo sopraflutto $H_s = 4,10$ m per il molo sottoflutto
- Altezza d'onda T_s [m]
 - come definito in precedenza si assume come ondazione di calcolo quella con tempo di ritorno 50-ennale più gravosa per il paraggio ossia quella proveniente da 240° N; il periodo significativo associato a tale stato di mare è $T_s = 11,50$ s che corrisponde ad un periodo di ritorno medio $T_m = 9,58$ s
- Angolo della scarpata: $\cotg \alpha$. La pendenza della mantellata è 1 su 2,5, quindi risulta $\tg \alpha = 0,4$ e $\cotg \alpha = 2,5$
- Peso specifico degli scogli γ [t/m^3]
 - si assume per i massi naturali il valore $\gamma = 2,60$ t/m^3 ritenuto appropriato per il tipo di materiale ricavabile dalle cave della zona;
- Peso specifico dell'acqua di mare γ_w [t/m^3]
 - si assume il valore di $1,023$ t/m^3 che risulta essere statisticamente il più frequente per le acque del golfo ligure.
- p^* = coefficiente di permeabilità della struttura,
 - detto valore è variabile tra 0,1 e 0,6 all'aumentare della permeabilità della mantellata; facendo riferimento ai valori della figura seguente si assume sia per il sopraflutto che per il sottoflutto $p^* = 0,4$



- N = numero di onde presenti nella mareggiata (tipicamente tra 1000 e 5000)
 - usualmente si assume N= 3000
- S = livello di danneggiamento ammesso,

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

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

Livelli di danno per mantellate in doppio strato in funzione della pendenza

- Sia per il sopraflutto che per il sottoflutto si assume condizione di danno incipiente S= 2

Applicando le suddette formule con i suddetti parametri, si ottiene che il peso degli scogli da utilizzare per la mantellata in scogliera del molo sopraflutto è pari a circa 9,9 t e per

mantellata della scogliera sottoflutto è pari a circa 8,9 t; si riportano di seguito le tabelle con i dati di input e i risultati ottenuti.

Si riportano di seguito le tabelle corrispondenti:

Dati			
$\rho_0 =$	1.023,00	kg/mc	densità acqua di mare
$\rho =$	2.600,00	kg/mc	densità scogli
$\Delta =$	1,54		$\rho / \rho_0 - 1$
$p^* =$	0,40		permeabilità (tra 0,1 e 0,6)
$\cotg(\alpha) =$	2,50		pendenza mantellata (1 su ...)
$tg(\alpha) =$	0,40		1 / pendenza della mantellata
$h =$	9,00	m	profondità al piede
$H_s =$	4,30	m	H onda significativa
$g =$	9,81	m/s ²	accelerazione gravità
$T_p =$	12,31	s	periodo di picco
$T_s =$	11,50	s	periodo significativo
$T_m =$	9,58	s	periodo medio
$L_{0,m} =$	143,33	m	lunghezza d'onda al largo riferita al T_m
$\xi_m =$	2,31		parametro di Iribarren
$S =$	2,00		livello di danneggiamento
$N =$	3.000,00		numero onde presenti nella mareggiata (da 1000 a 5000)
Pers =	7,99	ore	durata della mareggiata
FORMULA DI VAN DER MEER			
- Calcolo del parametro N_s			
$\xi_m \leq 2,5 \rightarrow$	$H_s / (\Delta * Dn50) =$	1,78	frangimento tipo plunging
$2,5 < \xi_m < 3,5 \rightarrow$	$H_s / (\Delta * Dn50) =$	--	-
$\xi_m \geq 3,5 \rightarrow$	$H_s / (\Delta * Dn50) =$	--	-
	$N_s = H_s / (\Delta * Dn50) =$	1,78	
D_{n50}	1,56	m	diametro nominale medio
W_{50}	9.931	kg	peso medio del singolo masso di progetto

Dimensionamento della mantellata del molo sopraflutto per $S=2$ - Formula di Van der Meer

Dati			
$\rho_0 =$	1.023,00	kg/mc	densità acqua di mare
$\rho =$	2.600,00	kg/mc	densità scogli
$\Delta =$	1,54		$\rho / \rho_0 - 1$
$p^* =$	0,40		permeabilità (tra 0,1 e 0,6)
$\cotg(\alpha) =$	2,50		pendenza mantellata (1 su ...)
$tg(\alpha) =$	0,40		1 / pendenza della mantellata
$h =$	7,00	m	profondità al piede
$H_s =$	4,10	m	H onda significativa
$g =$	9,81	m/s ²	accelerazione gravità
$T_p =$	12,31	s	periodo di picco
$T_s =$	11,50	s	periodo significativo
$T_m =$	9,58	s	periodo medio
$L_{0,m} =$	143,33	m	lunghezza d'onda al largo riferita al Tm
$\xi_m =$	2,37		parametro di Iribarren
$S =$	2,00		livello di danneggiamento
$N =$	3.000,00		numero onde presenti nella mareggiata (da 1000 a 5000)
Pers =	7,99	ore	durata della mareggiata
FORMULA DI VAN DER MEER			
- Calcolo del parametro Ns			
$\xi_m \leq 2,5 \rightarrow$	$H_s / (\Delta \cdot Dn50) =$	1,76	frangimento tipo plunging
$2,5 < \xi_m < 3,5 \rightarrow$	$H_s / (\Delta \cdot Dn50) =$	--	-
$\xi_m \geq 3,5 \rightarrow$	$H_s / (\Delta \cdot Dn50) =$	--	-
	Ns = $H_s / (\Delta \cdot Dn50) =$	1,76	
	$D_{n50} =$	1,51 m	diametro nominale medio
	$W_{50} =$	8.922 kg	peso medio del singolo masso di progetto

Dimensionamento della mantellata del molo sottoflutto per S=2- Formula di Van der Meer

Nella pratica, in modo da garantire l'omogeneità della scogliera, è usuale ammettere l'utilizzo di massi di pezzatura compresa tra 0,75 e 1,25 volte il peso nominale ricavato dalle formule sperimentali, si prevede, pertanto l'utilizzo sia per il sopraflutto che per il sottoflutto di scogli con peso da 7 t a 12 t circa avendo cura di posizionare gli scogli di maggiori dimensioni nella parte di sezione delle scogliere più sollecitata, ossia a cavallo del livello del medio mare e nelle parti di struttura maggiormente esposte come la testata del sopraflutto.

Lo spessore della mantellata in scogliera è definito dalla relazione:

$$S = n \cdot K \cdot (W/\gamma_m)^{1/3}$$

con $n =$ numero degli strati = 2

$K =$ coefficiente di strato = 1,0

$P =$ peso medio del singolo masso

$\gamma_m =$ peso specifico (2,6 ton/mc)

Lo spessore della mantellata risulta quindi dell'ordine di 3-3,5 m.

Lo strato sottostante la mantellata, sarà costituito da massi naturali appartenenti alla III

Cat. dello spessore di 2,5 m circa. Lo strato filtro sarà realizzato con tout-venant di cava e massi appartenenti alla I Categoria (51-1000 Kg).

6.1.2 Tracimazione: calcolo della portata di "overtopping"

Per il calcolo della tracimazione è stata utilizzata la formula proposta da Van der Meer nell'ambito della pubblicazione "Technical Report Wave Run-up and Wave Overtopping at Dikes".

La formula generale per $\xi_0 < 5$ risulta:

$$\frac{q}{\sqrt{gH_s^3}} = \frac{0.067}{\sqrt{\tan \alpha}} \gamma_b \xi_0 \exp \left(-4.3 \frac{R_c}{H_s} \frac{1}{\xi_0 \gamma_b \gamma_\beta \gamma_v \gamma_f} \right)$$

con massimo dato dall'espressione:

$$\frac{q}{\sqrt{gH_s^3}} = 0.2 \cdot \exp \left(-2.3 \frac{R_c}{H_s} \frac{1}{\gamma_f \gamma_\beta} \right)$$

in cui:

q = portata media tracimante (mc/s/m)

$H_s = H_{m0}$ = altezza significativa dell'onda al piede dell'opera;

ξ_0 = parametro di frangimento = $\tan \alpha / \text{rad} \sqrt{2\pi H_s / g T_s^2}$;

R_c = altezza libera della sommità del muro rispetto al livello di quiete

$\tan \alpha$ = pendenza della mantellata della mantellata

γ_b = parametro riduttivo dipendente dalla presenza di una berma orizzontale nell'ambito della mantellata calcolato in base alla posizione della berma sul livello del mare e della lunghezza della berma in rapporto all'altezza d'onda H_s secondo l'abaco tratto dal "Technical Report Wave Run-up and Wave Overtopping at Dikes" e riportato di seguito:

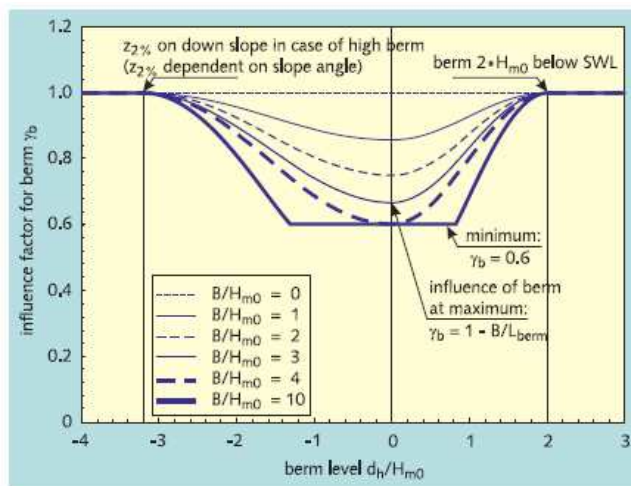


Figure 13:
influence factor for influence
of berm

γ_f = parametro riduttivo dipendente dalla “scabrezza” della scogliera

- nel caso di mantellata costituita da una doppia fila di massi naturali $\gamma_f = 0,55$

γ_β = parametro riduttivo dipendente dall’obliquità dell’onda incidente calcolabile con le seguenti formule:

$$\gamma_\beta = 1 - 0.0033 * \beta \quad (0^\circ \leq \beta \leq 80^\circ)$$

$$\gamma_\beta = 1 - 0.0033 * 80 \quad (\beta \geq 80^\circ)$$

(considerando un attacco frontale si è assunto $\gamma_\beta = 1,00$);

γ_v = parametro riduttivo dipendente dall’obliquità del paramento del muro paraonde (in caso di presenza di muro verticale sulla sommità della scogliera $\gamma_v = 0.65$ – vedi EurOtop - Wave Overtopping of Sea Defences and Related Structures: Assessment Manual (Die Kuste version));

Il calcolo è stato condotto solo nelle condizioni di progetto, in quanto allo stato attuale le scogliere risultano entrambe ampiamente tracimabili in caso di eventi estremi.

Sia per il molo sopraflutto, sia per il molo sottoflutto, è stata assunta per il calcolo la sezione tipologica lungo il tronco della scogliera (vd. paragrafi 4.1 e 4.2), sia in condizioni di assenza, sia in condizioni di presenza del sopralzo per marea e vento.

Per il calcolo della portata media di tracimazione sono state utilizzate come onde di calcolo le onde estreme risultanti dal modello matematico più gravose per l’area in esame ossia quelle provenienti dalla direzione al largo 240° N, per diversi tempi di ritorno: 50 anni (come per la stabilità dei massi della mantellata), 10 anni e 1 anno (Vd. Elaborato “All. 1 - Studio Idraulico Marittimo”) che vengono riportate di seguito:

Sopraflutto (sez. C-C)

T = 1 anno	H _s = 3,9 m	T _s = 9,6 s	DIR. a costa = 233 ° N
T = 10 anni	H _s = 4,0 m	T _s = 10,7 s	DIR. a costa = 234 ° N
T = 50 anni	H _s = 4,3 m	T _s = 11,5 s	DIR. a costa = 235 ° N

Sottoflutto (sez. A-A)

T = 1 anno	H _s = 3,8 m	T _s = 9,6 s	DIR. a costa = 233 ° N
T = 10 anni	H _s = 3,9 m	T _s = 10,7 s	DIR. a costa = 233 ° N
T = 50 anni	H _s = 4,1 m	T _s = 11,5 s	DIR. a costa = 234 ° N

L'assunzione di tale ondatazioni per l'opera sottoflutto risulta particolarmente cautelativa, in quanto, nella configurazione di progetto, per buona parte il sottoflutto risulta protetto o schermato dalla testata dell'opera sopraflutto.

La sopraelevazione del livello del medio mare è stata assunta, quella risultante dal modello matematico di cui all'Allegato 1 sopra menzionato che per tempo di ritorno pari 50 anni risulta 0,52 m s.l.m. e per tempo di ritorno pari a 10 anni risulta 0,40 m; per tempo di ritorno pari a 1 anno è stata stimata cautelativamente pari a 0,35 m s.l.m.

Si riportano di seguito le tabelle con i valori di input e i risultati relativi alle due sezioni tipologiche suddette sia in assenza che in presenza di sopraelevazione del livello del medio mare, per i diversi tempi di ritorno assunti:

SOPRAFLUTTO - STATO DI PROGETTO		
T = 1 ANNO - ASSENZA SOPRALZO		
Hs	3,90	m
Rc	5,50	m
Ts0	9,60	s
g	9,81	m/s ²
B emersa	10,00	m
db emersa	-4,50	m
B emersa/Hs	2,56	m
db emersa/Hs	-1,15	m
B sommersa	0,00	m
db sommersa	0,00	m
B sommersa/Hs	0,00	m
db sommersa/Hs	0,00	m
γ_b	0,76	
γ_β	1,00	
γ_f	0,55	
γ_v	0,65	
tan α	0,40	
s0	0,03	
ξ_0	2,43	
q	4,83E-04	mc/s/m
q	0,48	l/s/m

SOPRAFLUTTO - STATO DI PROGETTO		
T = 1 ANNO - PRESENZA SOPRALZO		
Hs	3,90	m
Rc	5,15	m
Ts0	9,60	s
g	9,81	m/s ²
B emersa	10,00	m
db emersa	-4,15	m
B emersa/Hs	2,56	m
db emersa/Hs	-1,06	m
B sommersa	0,00	m
db sommersa	0,00	m
B sommersa/Hs	0,00	m
db sommersa/Hs	0,00	m
γ_b	0,77	
γ_β	1,00	
γ_f	0,55	
γ_v	0,65	
tan α	0,40	
s0	0,03	
ξ_0	2,43	
q	9,83E-04	mc/s/m
q	0,98	l/s/m

SOPRAFLUTTO - STATO DI PROGETTO		
T = 10 ANNI - ASSENZA SOPRALZO		
Hs	4,00	m
Rc	5,50	m
Ts0	10,70	s
g	9,81	m/s ²
B emersa	10,00	m
db emersa	-4,50	m
B emersa/Hs	2,50	m
db emersa/Hs	-1,13	m
B sommersa	0,00	m
db sommersa	0,00	m
B sommersa/Hs	0,00	m
db sommersa/Hs	0,00	m
γ_b	0,79	
γ_β	1,00	
γ_f	0,55	
γ_v	0,65	
tan α	0,40	
s0	0,02	
ξ_0	2,67	
q	2,23E-03	mc/s/m
q	2,23	l/s/m

SOPRAFLUTTO - STATO DI PROGETTO		
T = 10 ANNI - PRESENZA SOPRALZO		
Hs	4,00	m
Rc	5,10	m
Ts0	10,70	s
g	9,81	m/s ²
B emersa	10,00	m
db emersa	-4,10	m
B emersa/Hs	2,50	m
db emersa/Hs	-1,03	m
B sommersa	0,00	m
db sommersa	0,00	m
B sommersa/Hs	0,00	m
db sommersa/Hs	0,00	m
γ_b	0,78	
γ_β	1,00	
γ_f	0,55	
γ_v	0,65	
tan α	0,40	
s0	0,02	
ξ_0	2,67	
q	3,55E-03	mc/s/m
q	3,55	l/s/m

SOPRAFLUTTO - STATO DI PROGETTO		
T = 50 ANNI - ASSENZA SOPRALZO		
Hs	4,30	m
Rc	5,50	m
Ts0	11,50	s
g	9,81	m/s ²
B emersa	10,00	m
db emersa	-4,50	m
B emersa/Hs	2,33	m
db emersa/Hs	-1,05	m
B sommersa	0,00	m
db sommersa	0,00	m
B sommersa/Hs	0,00	m
db sommersa/Hs	0,00	m
γ_b	0,79	
γ_β	1,00	
γ_f	0,55	
γ_v	0,65	
tan α	0,40	
s0	0,02	
ξ_0	2,77	
q	5,76E-03	mc/s/m
q	5,76	l/s/m

SOPRAFLUTTO - STATO DI PROGETTO		
T = 50 ANNI - PRESENZA SOPRALZO		
Hs	4,30	m
Rc	4,98	m
Ts0	11,50	s
g	9,81	m/s ²
B emersa	10,00	m
db emersa	-3,98	m
B emersa/Hs	2,33	m
db emersa/Hs	-0,93	m
B sommersa	0,00	m
db sommersa	0,00	m
B sommersa/Hs	0,00	m
db sommersa/Hs	0,00	m
γ_b	0,78	
γ_β	1,00	
γ_f	0,55	
γ_v	0,65	
tan α	0,40	
s0	0,02	
ξ_0	2,77	
q	1,02E-02	mc/s/m
q	10,18	l/s/m

SOTTOFLUTTO - STATO DI PROGETTO		
T = 1 ANNO - ASSENZA SOPRALZO		
Hs	3,80	m
Rc	5,50	m
Ts0	9,60	s
g	9,81	m/s ²
B emersa	10,00	m
db emersa	-4,50	m
B emersa/Hs	2,63	m
db emersa/Hs	-1,18	m
B sommersa	0,00	m
db sommersa	0,00	m
B sommersa/Hs	0,00	m
db sommersa/Hs	0,00	m
γ_b	0,76	
γ_β	1,00	
γ_f	0,55	
γ_v	0,65	
tan α	0,40	
s0	0,03	
ξ_0	2,46	
q	4,18E-04	mc/s/m
q	0,42	l/s/m

SOTTOFLUTTO - STATO DI PROGETTO		
T = 1 ANNO - PRESENZA SOPRALZO		
Hs	3,80	m
Rc	5,15	m
Ts0	9,60	s
g	9,81	m/s ²
B emersa	10,00	m
db emersa	-4,15	m
B emersa/Hs	2,63	m
db emersa/Hs	-1,09	m
B sommersa	0,00	m
db sommersa	0,00	m
B sommersa/Hs	0,00	m
db sommersa/Hs	0,00	m
γ_b	0,77	
γ_β	1,00	
γ_f	0,55	
γ_v	0,65	
tan α	0,40	
s0	0,03	
ξ_0	2,46	
q	8,57E-04	mc/s/m
q	0,86	l/s/m

SOTTOFLUTTO - STATO DI PROGETTO		
T = 10 ANNI - ASSENZA SOPRALZO		
Hs	3,90	m
Rc	5,50	m
Ts0	10,70	s
g	9,81	m/s ²
B emersa	10,00	m
db emersa	-4,50	m
B emersa/Hs	2,56	m
db emersa/Hs	-1,15	m
B sommersa	0,00	m
db sommersa	0,00	m
B sommersa/Hs	0,00	m
db sommersa/Hs	0,00	m
γ_b	0,79	
γ_β	1,00	
γ_f	0,55	
γ_v	0,65	
$\tan \alpha$	0,40	
s0	0,02	
ξ_0	2,71	
q	1,97E-03	mc/s/m
q	1,97	l/s/m

SOTTOFLUTTO - STATO DI PROGETTO		
T = 10 ANNI - PRESENZA SOPRALZO		
Hs	3,90	m
Rc	5,10	m
Ts0	10,70	s
g	9,81	m/s ²
B emersa	10,00	m
db emersa	-4,10	m
B emersa/Hs	2,56	m
db emersa/Hs	-1,05	m
B sommersa	0,00	m
db sommersa	0,00	m
B sommersa/Hs	0,00	m
db sommersa/Hs	0,00	m
γ_b	0,78	
γ_β	1,00	
γ_f	0,55	
γ_v	0,65	
$\tan \alpha$	0,40	
s0	0,02	
ξ_0	2,71	
q	3,15E-03	mc/s/m
q	3,15	l/s/m

SOTTOFLUTTO - STATO DI PROGETTO		
T = 50 ANNI - ASSENZA SOPRALZO		
Hs	4,10	m
Rc	5,50	m
Ts0	11,50	s
g	9,81	m/s ²
B emersa	10,00	m
db emersa	-4,50	m
B emersa/Hs	2,44	m
db emersa/Hs	-1,10	m
B sommersa	0,00	m
db sommersa	0,00	m
B sommersa/Hs	0,00	m
db sommersa/Hs	0,00	m
γ_b	0,79	
γ_β	1,00	
γ_f	0,55	
γ_v	0,65	
tan α	0,40	
s0	0,02	
ξ_0	2,84	
q	4,63E-03	mc/s/m
q	4,63	l/s/m

SOTTOFLUTTO - STATO DI PROGETTO		
T = 50 ANNI - PRESENZA SOPRALZO		
Hs	4,10	m
Rc	4,98	m
Ts0	11,50	s
g	9,81	m/s ²
B emersa	10,00	m
db emersa	-3,98	m
B emersa/Hs	2,44	m
db emersa/Hs	-0,97	m
B sommersa	0,00	m
db sommersa	0,00	m
B sommersa/Hs	0,00	m
db sommersa/Hs	0,00	m
γ_b	0,78	
γ_β	1,00	
γ_f	0,55	
γ_v	0,65	
tan α	0,40	
s0	0,02	
ξ_0	2,84	
q	8,31E-03	mc/s/m
q	8,31	l/s/m

I suddetti risultati sono riassunti nella tabella seguente:

		Portata media di tracimazione prevista [l/s/m]	
		Sopraflutto	Sottoflutto
T = 1 anno	senza sopraelevazione l.l.m.m.	0,48	0,42
	sopraelevazione +0,35 l.l.m.m.	0,98	0,86
T = 10 anni	senza sopraelevazione l.l.m.m.	2,23	1,97
	sopraelevazione +0,40 l.l.m.m.	3,55	3,15
T = 50 anni	senza sopraelevazione l.l.m.m.	5,76	4,63
	sopraelevazione +0,52 l.l.m.m.	10,18	8,31

Come si può notare, in caso di eventi estremi la portata media di tracimazione varia per il sopraflutto da circa 10 l/s/m in caso di evento cinquantennale a circa 0,50 l/s/m in caso di evento annuale, per il sottoflutto da circa 8,3 l/s/m in caso di evento cinquantennale a circa 0,40 l/s/m in caso di evento annuale. Per le onde tipiche (per le quali non si riportano le tabelle in quanto poco significative) le portate medie di tracimazione sono praticamente nulle.

Come sopra evidenziato per l'opera sottoflutto le condizioni d'onda assunte risultano particolarmente cautelative, in quanto, nella configurazione di progetto, per buona parte il sottoflutto risulta protetto o schermato dalla testata dell'opera sopraflutto; le portate di tracimazione, potrebbero, risultare per il sottoflutto ragionevolmente inferiori a quanto sopra riportato.

Secondo gli standard americani e la letteratura tecnica più recente valori di tracimazione compresi tra 1 l/s/m e 10 l/s/m sono considerati ancora situazione di pericolo per il transito di veicoli o pedoni a tergo della struttura e per piccole imbarcazioni a tergo della stessa, nonché per gli equipaggiamenti delle stesse. Il "Wave overtopping of sea Defences and related structure assessment Manual" pone infatti il valore di portata media di tracimazione di 10 l/s/m come il limite di affondamento di piccole barche poste a 5-10 m dal muro e il danneggiamento degli yacht più grandi.

Tali valori, secondo la letteratura, non danno luogo, invece, a significativi danneggiamenti di tipo strutturale delle dighe a scogliera con cresta protetta, del muro o delle pavimentazioni.

Valori di tracimazione inferiori a 1 l/s/m, come nel caso di ondatazioni estreme con tempo di ritorno pari a 1 anno, risultano, accettabili per la permanenza delle imbarcazioni anche se ancora al limite della pericolosità per transito di veicoli e pedoni non facenti parte del personale dell'impianto nautico.

Ne consegue la proposta di utilizzo delle banchine dei moli solo durante la stagione estiva, nel periodo di maggior affluenza di barche in transito e di ormeggi stagionali in acqua.

In tale periodo mareggiate con tempo di ritorno superiore all'anno risultano infatti poco probabili.

Occorre però tenere presente che i valori medi della portata di tracimazione sono calcolati con formule empiriche generalizzate e conseguenti semplificazioni sull'influenza delle combinazioni dei diversi fattori (presenza della berma, presenza del muro, rugosità della mantellata...). Si ritiene, pertanto, consigliabile prevedere, comunque, al riguardo ulteriori affinamenti e verifiche da effettuare in sede di progettazione definitiva, anche mediante prove su modello fisico specifico, senza escludere la possibilità di calibrazioni alternative degli interventi.

7. PONTILI

Al fine di migliorare l'organizzazione e la razionalizzazione dell'impianto nautico e anche per consentire il ritorno economico necessario alla copertura finanziaria mediante l'offerta di nuovi posti barca, a carattere prevalentemente stagionale, è prevista la realizzazione di n° 4 piccoli pontili galleggianti (vedi disegni 276PPD04 - Planimetria di progetto e 276PPD06 – Sezioni tipo di progetto) per l'attracco di barche di dimensioni fino a 10 m.

Per la realizzazione di tali pontili è prevista l'utilizzazione di moduli galleggianti di larghezza pari a circa 2,70 m s.l.m. e affioramento pari a circa + 0,60 m s.l.m., con pagliolato realizzato in doghe in legno o in resina "similteck", usualmente forniti in moduli già predisposti per l'installazione dell'impianto idrico e elettrico e corredati di golfari, parabordi, anelli e di ogni dispositivo per l'ormeggio.

Per il dimensionamento dei pontili e dei relativi sistemi di ormeggio si procederà nelle successive fasi della progettazione.

8. ROTTA DI INGRESSO E AGIBILITA' PORTUALE

Il disegno dell'imboccatura previsto è il risultato della necessità di un compromesso tra il miglioramento, rispetto alla situazione attuale della protezione del bacino portuale, il mantenimento di una sufficiente facilità e sicurezza di manovra delle imbarcazioni in entrata con il mare a traverso e la necessità di non interferire con le attività balneari della limitrofa spiaggia di Levanto in particolare durante la stagione estiva.

Date le ridotte dimensioni delle imbarcazioni previste all'interno dell'impianto nautico e dell'utilizzo prevalentemente stagionale dello stesso le manovre di ingresso ed uscita non risultano particolarmente problematiche, tranne che in caso di eventi significativi.

9. INDIRIZZI PER LA REDAZIONE DEL PROGETTO DEFINITIVO

Gli indirizzi principali per la redazione del progetto definitivo e per le successive fasi di progettazione sono riportate in dettaglio nella relazione generale di progetto (276PPR01 – Relazione generale). Di seguito si riportano gli indirizzi di approfondimento a carattere prevalentemente tecnico:

- esecuzione di rilievi topografici e batimetrici di dettaglio;
- esecuzione di indagini geognostiche e geotecniche;
- approfondimenti da realizzare su modello fisico in canaletta per l'ottimizzazione della sezione tipologica delle opere di difesa sopraflutto e sottoflutto con particolare riguardo al fenomeno di overtopping;
- approfondimenti e verifiche definitive a carattere idraulico e marittimo, mediante modelli matematici di dettaglio, in relazione all'agitazione ondosu e al ricambio delle acque, con particolare attenzione anche alla stagionalità dei fenomeni, e agli effetti sulla dinamica litoranea indotti dalla nuova configurazione delle opere a mare.
- eventuali approfondimenti di carattere idraulico sul rio Vallesanta e definizione delle autorizzazioni presso il servizio opere idrauliche delle Provincia di La Spezia;
- sviluppo della progettazione strutturale ed impiantistica;
- stesura di appositi piani di manutenzione e monitoraggio delle opere, eventualmente estesi anche al litorale circostante, ad approfondimento del piano di monitoraggio preliminare allegato al presente progetto preliminare;

Eventuali altri indirizzi saranno sviluppati anche in base a richieste o prescrizioni di Enti ad ogni titolo coinvolti nel procedimento.