

REGIONE LIGURIA

COMUNE DI VARAZZE

PROPONENTE

MARINA DI VARAZZE

Relazione contenete gli approfondimenti idraulici sullo stato attuale e quello di progetto con analisi comparative relativamente alla tracimazione ondosa e all'eventuale tracimazione residua.

Varazze 17/02/2020

AGGIORNAMENTO 23/12/2020

Indice

1	PREMESSA	2
2	ANTEFATTI, MOTIVAZIONI E CARATTERISTICHE DELLA PROPOSTA	2
3	RISALITA DELL'ONDA ED OVER-TOPPING; SITUAZIONE IN ESSERE E DI PROGETTO	4
3.1	ONDAZIONI INCIDENTI	4
3.2	TRACIMAZIONE RESIDUA	6
3.3	CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	8
4	VERIFICHE STRUTTURALI E MODALITÀ REALIZZATIVE (DA INTEGRARE) ERRORE. IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.	

1 Premessa

Le note che seguono illustrano le motivazioni e le modalità realizzative della richiesta di innalzamento della quota di coronamento del sopraflutto del nuovo porto di Varazze.

L'intervento interesserebbe il tratto di radicamento limitrofo al piazzale artigiani e quello lungo i "caves a bateau" fino alla zona del distributore.

Nel seguito si dà riscontro alle richieste di integrazione della documentazione progettuale di cui alla nota della Regione Liguria (Settore Ecosistema Costiero e Acque) del 11/11/2019 Prot. PG/2019/323840.

Nello specifico si farà riferimento, ai richiesti approfondimenti idraulici in merito alla tracimazione ondosa in essere ed attesa a seguito dell'intervento richiesto e, alle verifiche di stabilità del manufatto illustrando le modalità di collegamento del nuovo sopralzo all'esistente.

2 Antefatti, motivazioni e caratteristiche della proposta

La determinazione della quota di coronamento dell'opera di difesa principale del nuovo porto è stata argomento di particolare interesse e progressivo affinamento nello sviluppo del progetto.

Si è trattato, infatti, di raggiungere un accettabile compromesso tra esigenze ed obiettivi inevitabilmente contrastanti. E' del tutto ovvio, infatti, che quote maggiori riducono i fenomeni di tracimazione e comportano benefici per quanto attiene alla fruibilità anche delle zone immediatamente a ridosso del coronamento, ma comportano una struttura meno leggera in relazione al proprio inserimento ambientale.

Nella fase iniziale del progetto (progetto preliminare presentato ai sensi del DPR 509/97 nel 1999-2000), a riguardo dell'altezza del massiccio di coronamento del sopraflutto, veniva ripresa e confermata la quota già prevista in precedenti versioni del progetto di ampliamento del porto di Varazze (in particolare il P.P. 1993): gli schemi di intervento indicavano una quota minima dell'ordine di 6 metri sul livello medio mare e una berma sommitale di 5 metri.

La possibilità di ulteriori riduzioni era demandata a successive eventuali verifiche da effettuare nello sviluppo del progetto mediante modellistica fisica bidimensionale.

Questa opzione è stata richiesta dai competenti Uffici Regionali in sede di approvazione del progetto preliminare essendo inserita tra gli argomenti e le indicazioni di cui tener conto nella redazione del progetto definitivo.

Coerentemente a tale indirizzo, durante l'iter di sviluppo e valutazione del progetto definitivo, la sezione del sopraflutto è stata oggetto di modellizzazione fisica al fine di verificare, tra l'altro, la possibilità di ridurre la quota a 5,25 metri sul l.m.m., con larghezza della berma sommitale limitata a 3.5 metri.

Le prove sono state effettuate nei mesi di Dicembre 2001 e Gennaio 2002 nel Laboratorio di Idraulica del Dipartimento di Ingegneria Civile dell'Università di Firenze, in un canale bidimensionale avente lunghezza 50.0 m, larghezza 0.80 m e profondità 0.80 m.

Le prove svolte sul modello di sezione della diga frangiflutti hanno evidenziato la stabilità della mantellata e della berma al piede nelle diverse condizioni di attacco del moto ondoso.

Per quanto riguarda la tracimazione è da sottolineare come la serie di prove eseguita con valori dei parametri d'onda tipici della fenomenologia locale abbia fatto registrare valori sempre inferiori a 2.0 l/(s.m.) nella sezione corrente. Tali valori, secondo la letteratura specializzata, sono tali da non causare danni strutturali significativi, ancorché possano comportare disagio o non totale sicurezza ad utenti eventualmente presenti a tergo della struttura.

Tenendo conto dei risultati del modello, veniva autorizzata la realizzazione del sopraflutto con sezione analoga a quella esaminata.

Successivamente al completamento della struttura (in esercizio ormai dal 2004/05) è stata maturata una significativa esperienza sul campo che, ha consentito di valutare le criticità della situazione in essere.

Si sono avuti, infatti, eventi di moto ondoso di particolare intensità. Ricordiamo la mareggiata tra l'otto ed il nove Dicembre 2006 che aveva avuto effetti devastanti lungo il litorale Savonese e la più recente tempesta del 30 Ottobre 2008.

In tali circostanze a Varazze non si erano evidenziati problemi particolari per quanto attiene alla stabilità degli elementi di mantellata delle opere di difesa. D'altro canto, si erano già avuti fenomeni di tracimazione di entità significativa che avevano confermato la possibilità di situazioni critiche nelle aree e per le strutture a ridosso del massiccio di coronamento.

Al fine di limitare tali criticità, era stato richiesto dal concessionario un innalzamento della quota di coronamento della struttura. Tale intervento era stato autorizzato e realizzato (nel 2010) limitatamente ad un innalzamento di 75 cm, portando il massiccio di coronamento, come nella situazione in essere, ad un'altezza di 6,00 m sul l.m.m.

Più recentemente e successivamente al ricordato primo intervento di potenziamento del massiccio di coronamento del sopraflutto, si sono ancora registrati eventi di moto ondoso di eccezionale intensità. Soprattutto la devastante tempesta del 28/29 Ottobre 2019 ha prodotto significativi danni alle strutture portuali a tergo del sopraflutto.

Tutto ciò premesso, si ritiene del tutto appropriato proporre un nuovo innalzamento della quota di coronamento della struttura. Ciò al fine di limitare ulteriormente la fragilità della struttura portuale rispetto ai fenomeni di over-topping in concomitanza di eventi di tempesta divenuti purtroppo sensibilmente più frequenti.

In particolare, si propone **un innalzamento di ulteriori 125 cm (quota di coronamento 7,25 m sul l.m.m.) dalla radice al tratto sovrastante i "caves a bateau", fino alla zona del distributore, per una lunghezza complessiva di circa 400 metri.**

Si tratterebbe di un intervento limitatamente invasivo in termini di impatti sia visivi sia di cantiere, realizzabile in tempi contenuti e con investimenti sopportabili dal concessionario.

Risulterebbe, inoltre, fattibile con adeguati margini di sicurezza relativamente al collegamento strutturale ed alla stabilità globale della struttura esistente e comunque, in prospettiva futura, in virtù del probabile progressivo aumento della frequenza e dell'intensità degli eventi meteomarini, sarebbe successivamente integrabile con interventi più importanti e definitivi di potenziamento dell'opera di difesa (potenziamento e risagomatura della mantellata da definire ed ottimizzare tramite modellistica fisica).

Sarebbe comunque adeguato, se non alla definitiva eliminazione dei problemi e delle criticità in essere, certamente ad un significativo miglioramento del livello fruibilità delle aree a ridosso del massiccio di coronamento ma soprattutto alla preservazione funzionale architettonica ed impiantistica delle aree stesse. I benefici attesi sono discussi del paragrafo seguente.

Occorre inoltre precisare che un innalzamento maggiore del muro non sarebbe strutturalmente compatibile (a costi accettabili) con la struttura esistente oltre al fatto di comportare un impatto visivo maggiore di quello previsto.

3 Risalita dell'onda ed over-topping; situazione in essere e di progetto

Di seguito si sintetizzano analisi e risultati, ovviamente di livello bibliografico e valore qualitativo, relative alla tracimazione residua nello stato attuale e di progetto.

3.1 Ondazioni incidenti

Allo scopo di esaminare il fenomeno della tracimazione residua effettuando analisi comparative tra situazione in essere e di progetto, si è fatto riferimento alle ondazioni incidenti a suo tempo definite dalla analisi idrauliche della DEAM (Elaborato A: "Clima del moto ondoso e stima dei valori estremi") allegata al progetto definitivo del porto.

Il citato studio idraulico-marittimo ha affrontato la determinazione del clima di moto ondoso del paraggio, la valutazione delle modificazioni subite dalle ondate nell'avvicinamento dal largo alla costa, la determinazione degli eventi estremi utili per il dimensionamento delle opere di difesa. Tali argomenti sono dettagliatamente descritti nella specifica relazione. Per facilità di lettura del presente documento è di seguito riportata la tabella che sintetizza, per il molo di sopraflutto, i valori di altezza d'onda significativa, per ogni periodo di ritorno e per ogni direzione considerata, alle profondità di 5, 6, 7, 8 m.

Eventi estremi a costa zona antistante il sopraflutto

		Provenienza 120° N				Provenienza 150° N				
		Hs(m)				Hs(m)				
R(anni)	T(s)	D=8	D=7	D=6	D=5	T(s)	D=8	D=7	D=6	D=5
1	6.7	2.49	2.52	2,56	2,61	7.2	2.82	2.85	2,90	2,96
10	7.8	3.41	3.47	3,54	3,67	8.3	3.92	3.99	4,07	4,19
25	8.1	3.83	3.89	3,98	4,10	8.7	4.25	4.33	4,43	4,56
50	8.4	4.05	4.13	4,23	4,36	9.0	4.58	4.66	4,77	4,92
75	8.6	4.27	4.36	4,47	4,61	9.1	4.78	4.87	4,99	F
100	8.7	4.39	4.48	4,58	4,73	9.2	4.89	4.99	5,11	F
		Provenienza 180° N				Provenienza 200° N				
		Hs(m)				Hs(m)				
R(anni)	T(s)	D=8	D=7	D=6	D=5	T(s)	D=8	D=7	D=6	D=5
1	7.8	2.82	2.84	2,87	2,92	8.1	2,20	2,20	2,22	2,25
10	8.9	3.82	3.87	3,93	4,03	9.2	2,77	2,80	2,83	2,90
25	9.3	4.17	4.23	4,31	4,42	9,5	3,00	3,03	3,08	3,15
50	9.6	4.52	4.59	4,68	4,81	9.8	3,18	3,22	3,28	3,36
75	9.8	4.70	4.77	4,88	5,01	9.9	3,30	3,34	3,40	3,49
100	9.9	4.79	4.87	4,97	F	10.0	3,36	3,41	3,47	3,56

Per la analisi dei fenomeni di tracimazione si è fatto cautelativamente riferimento alle ondate locali da 150° N e profondità media ai piedi della struttura di 6 metri, di seguito riportate.

Dati onde locali		
Traversia 150° N		
Profondità di riferimento al piede 6 metri		
Tr(anni)	Hs (m)	Ts (sec)
1	2,90	6,7
10	4,07	7,8
25	4,43	8,1
50	4,77	8,4
75	4,99	8,6
100	5,11	8,7

In termini di assoluta cautela si utilizzerà, inoltre, l'altezza d'onda significativa con periodo di ritorno centennale e provenienza più gravosa per le verifiche di stabilità globale del massiccio di coronamento a seguito degli interventi di innalzamento.

Relativamente alle verifiche strutturali della sezione di collegamento tra innalzamento e preesistente struttura si è optato, ad ulteriore cautela, per il riferimento all'onda 1/10 attribuibile alla stessa mareggiata centennale: $H_{1/10} = 1,27 \times H_s = 5,11 \times 1,27 = 6,49$ (arrotondato nel seguito a 6,50 m).

3.2 Tracimazione residua

L'analisi comparativa inerente alla risalita delle onde e alla tracimazione residua nella stato di fatto e conseguente all'intervento proposta, è stata sviluppata utilizzando la metodologia proposta dal Consiglio Superiore Lavori Pubblici per quanto riguarda la risalita delle onde e la formula di Van der Meer, che tiene conto di .numerosi test condotti nei laboratori di Delft per la quantificazione della tracimazione in funzione della quota di coronamento della struttura in esame (R_c) ed appunto della risalita delle onde incidenti ($R_{u2\%}$):

$$Q_m = 8 \cdot 10^{-2} \cdot (g H_s^3)^{0,5} \exp(3,1 \cdot (R_{u2\%} - R_c) / H_s) \text{ in (l/sem} \cdot \text{m)}$$

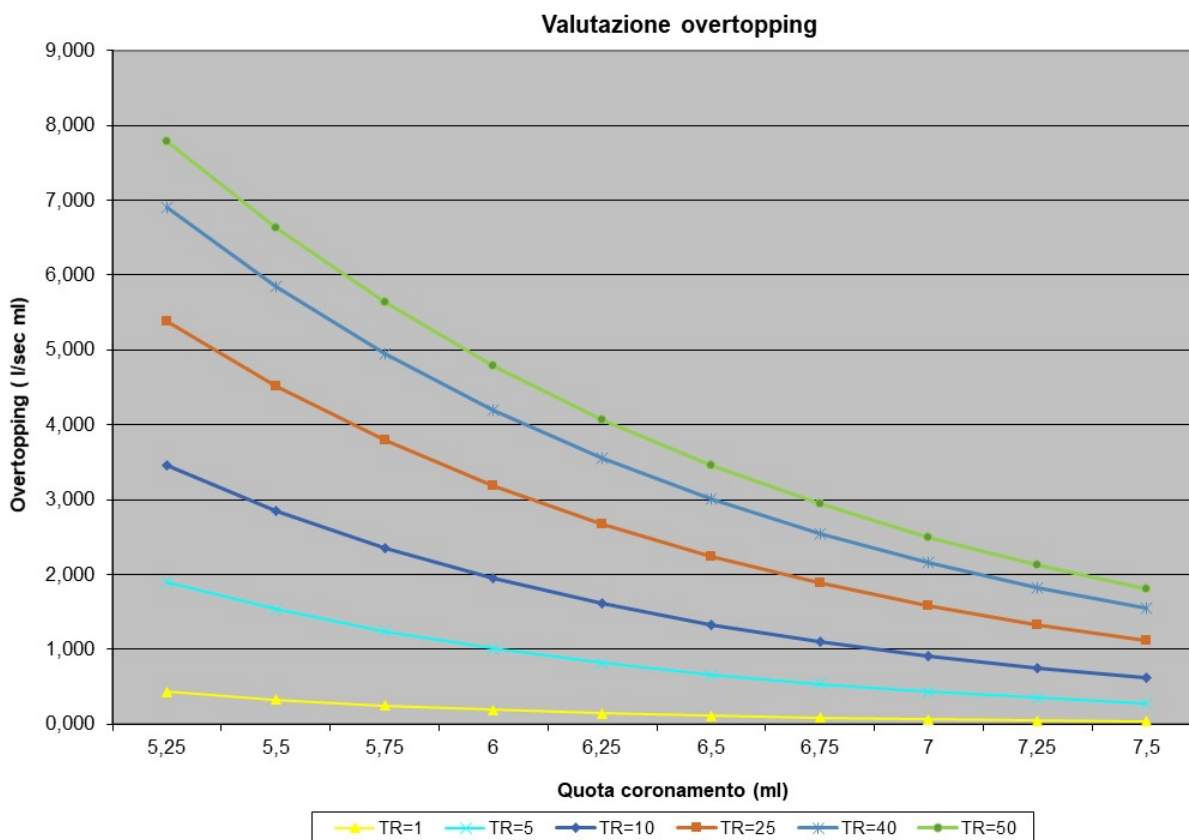
Si tratta ovviamente di approccio semplificato, da intendersi significativo degli ordini di grandezza in gioco, cui attribuire validità sostanzialmente qualitativa in termini relativi tra le diverse situazioni esaminate. La metodologia, tenendo conto dei risultati del modello fisico del sopraflutto di Varazze realizzato presso l'Università di Firenze e ricordato in precedenza, risulta inoltre significativamente cautelativa.

I risultati delle diverse situazioni esaminate, in funzione del periodo di ritorno delle ondate incidenti ed al variare della quota di coronamento della struttura (quote da +5,25 a +7,50 m sul l.m.m. comprende lo stato di fatto a +6,00), sono sintetizzati nella seguente tabella.

Risalita dell'onda e livello di tracimazione

Formula di Van der Meer						
R(anni)=	1	5	10	25	40	50
Hs =	2,90	3,67	4,07	4,43	4,66	4,77
Sm =	0,041	0,043	0,043	0,043	0,043	0,043
xm =	1,639	1,608	1,611	1,603	1,599	1,602
Altezza di risalita (m)						
R0,1%/Hs =	1,76	1,74	1,74	1,74	1,73	1,74
R2%/Hs =	1,47	1,46	1,46	1,45	1,45	1,45
Rsignificativo/Hs =	1,08	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07
R0,1% (m) =	5,10	6,38	7,09	7,70	8,08	8,28
R2% (m) =	4,26	5,34	5,93	6,44	6,77	6,93
Rsignificativo (m) =	3,13	3,92	4,35	4,73	4,97	5,09
Tracimazione (l/sec*m)						
Rc = 5,25	Qm	Qm	Qm	Qm	Qm	Qm
Rc = 5,5	0,429	1,898	3,452	5,373	6,910	7,791
Rc = 5,75	0,328	1,536	2,853	4,511	5,851	6,623
Rc = 6	0,251	1,244	2,359	3,787	4,955	5,629
Rc = 6,25	0,192	1,007	1,950	3,179	4,196	4,785
Rc = 6,5	0,147	0,815	1,612	2,669	3,553	4,068
Rc = 6,75	0,113	0,660	1,332	2,241	3,008	3,458
Rc = 7	0,086	0,534	1,101	1,881	2,547	2,939
Rc = 7,25	0,066	0,432	0,910	1,579	2,157	2,498
Rc = 7,5	0,051	0,350	0,752	1,326	1,826	2,124
Rc = 7,5	0,039	0,283	0,622	1,113	1,547	1,805
R(anni)=	1	5	10	25	40	50

Per semplicità e comodità di lettura ed interpretazione, i dati della tabella sono illustrati nei grafici della pagina seguente che evidenziano per i diversi periodi di ritorno, i valori attesi di over-topping in funzione dell'altezza del coronamento (Rc).



3.3 Considerazioni conclusive

Dai dati ottenuti e sopra esposti si possono trarre le osservazioni sintetizzate di seguito:

- risulta confermata anche in termini numerici la criticità della struttura rispetto alle possibili tracimazioni;
- assumendo, come da bibliografia di settore, un livello dell'ordine di 2 l/scc*m come limite per evitare danni significativi a fabbricati e strutture retrostanti, i dati teorici ne evidenzia la possibilità di superamento anche per eventi relativamente frequenti (TR 10) anni per una quota di coronamento pari a quella attuale di 6 metri;
- l'innalzamento del coronamento risulta certamente efficace per ridurre il livello di rischio e ciò anche per aumenti di altezza della struttura sufficientemente contenuti per trarre un basso impatto visivo e garantire un adeguato livello di sicurezza strutturale e globale dell'intervento.
- in particolare, ad un innalzamento limitato a 125 cm che porterebbe il coronamento dell'opera di difesa a quota 7,25 metri (quota maggiore di Ru2% cioè il livello di risalita dell'onda raggiunto e superato dal 2% delle onde della mareggiata), potrebbe conseguire un superamento del precedente limite con frequenza compresa tra 40 e 50 anni;

- ovviamente la criticità connessa alla tracimazione, pur ridotta in termini di portata tracimante e per quanto attiene alla frequenza attesa, non sarebbe totalmente eliminata;
- l'efficacia di innalzamenti ulteriori tende, ovviamente, a ridursi sensibilmente e rapidamente. (si entra nel tratto asintotico delle curve).

Tutto ciò premesso, risulta giustificato proporre un innalzamento della quota di coronamento della struttura. Ciò al fine di limitare ulteriormente la fragilità del complesso portuale rispetto ai fenomeni di over-topping in concomitanza di eventi di tempesta divenuti ormai non infrequenti.

In particolare, si propone **un innalzamento di ulteriori 125 cm (quota di coronamento +7,25 m sul l.m.m.) dalla radice al tratto sovrastante i “caves a bateau”, fino alla zona del distributore, per una lunghezza complessiva di circa 400 metri.**

Si tratterebbe di un intervento efficace per limitare, ancorchè non in grado di eliminare, le criticità in essere.

Sarebbe poco invasivo in termini di impatti sia visivi sia di cantiere, realizzabile in tempi contenuti e con investimenti sopportabili dal concessionario.

Risulterebbe, inoltre, fattibile con adeguati margini di sicurezza relativamente al collegamento strutturale ed alla stabilità globale della struttura esistente

e comunque, in prospettiva futura, in virtù del probabile progressivo aumento della frequenza e dell'intensità degli eventi meteomarini, sarebbe successivamente integrabile con interventi più importanti e definitivi di potenziamento dell'opera di difesa (potenziamento e risagomatura della mantellata da definire ed ottimizzare tramite modellistica fisica).

Sarebbe comunque adeguato, se non alla definitiva eliminazione dei problemi e delle criticità in essere, certamente ad un significativo miglioramento del livello fruibilità delle aree a ridosso del massiccio di coronamento ma soprattutto alla preservazione funzionale architettonica ed impiantistica delle aree stesse. I benefici attesi sono discussi del paragrafo seguente.

Occorre inoltre precisare che un innalzamento maggiore del muro non sarebbe strutturalmente compatibile con la struttura esistente oltre al fatto di comportare un impatto visivo maggiore di quello previsto.

IL PROGETTISTA

arch. Massimiliano Colucci

