



Autorità di Sistema Portuale
dei Mari Tirreno Meridionale
e Ionio

**REALIZZAZIONE DELLA PROSECUZIONE DEL MOLO FORANEO
DEL PORTO VECCHIO DI CROTONE PER MIGLIORARE IL
RIDOSSO IN PRESENZA DI CONDIZIONI METEO AVVERSE
CIG: 945919784C - CUP: F11J18000050005**

PROGETTO DEFINITIVO

GRUPPO DI PROGETTAZIONE INDICATO

Mandataria:



Mandanti:



Ing. Arturo VELTRI

Progettazione:

HYSOMAR - Ing. Alberto BORSANI (Coordinatore e responsabile delle Integrazioni Specialistiche)
HYSOMAR - (Progettazione generale e marittima)
HYPRO - (Progettazione strutturale, impiantistica, paesaggistica ed ambientale)
Ing. Arturo VELTRI - (Modelli specialistici)

Geologia:

HYPRO - Dott. Giuseppe CERCHIARO

Coordinatore della Sicurezza in fase di Progettazione:

HYSOMAR - Ing. Antonella PASTORE (Coordinamento sicurezza in fase di progettazione)

Gruppo di lavoro:

Ing. Gianluigi FILIPPO (HYSOMAR)
Geom. Alfredo VOMMARO (HYSOMAR)
Ing. Maurizio CARUSO (HYPRO)
Ing. Raffaele CIARDULLO (HYPRO)
Ing. Vincenzo SECRETI (HYPRO)



Appaltatore:

FRANCO GIUSEPPE s.r.l



Elaborato:

**RELAZIONE DI VERIFICA ALLA TRACIMAZIONE DEL
MOLO DI SOPRAFLUTTO**

CODIFICA

Al 12 - 2022

CODICE DOCUMENTO

1 0,4 OM R,H 0,4

REV.

0

SCALA

ELABORATO

04.OM.R04

Rev.	Data	Descrizione	Redatto	Controllato	Approvato
0	Giugno 2023	1° EMISSIONE	A. VELTRI	A. PASTORE	A. BORSANI

Visto:

Il Responsabile Unico del Procedimento

Ing. Maria Carmela DE MARIA

“REALIZZAZIONE DELLA PROSECUZIONE DEL MOLO FORANEO DEL PORTO VECCHIO DI CROTONE PER MIGLIORARE IL RIDOSSO IN PRESENZA DI CONDIZIONI METEO AVVERSE”

04.OM.R04 – RELAZIONE DI VERIFICA ALLA TRACIMAZIONE DEL MOLO DI SOPRAFLUTTO

SOMMARIO

PREMESSA	1
1. INQUADRAMENTO GENERALE E STATO DEI LUOGHI.....	2
2. DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI DI PROGETTO	4
3. VERIFICA DELL’OVERTOPPING	6
3.1. Valutazione della tracimazione (Overtopping)	8
4. VALUTAZIONE DEI RISULTATI OTTENUTI.....	11

“REALIZZAZIONE DELLA PROSECUZIONE DEL MOLO FORANEO DEL PORTO VECCHIO DI CROTONE PER MIGLIORARE IL RIDOSSO IN PRESENZA DI CONDIZIONI METEO AVVERSE”

04.OM.R04 – RELAZIONE DI VERIFICA ALLA TRACIMAZIONE DEL MOLO DI SOPRAFLUTTO

PREMESSA

Il presente elaborato fornisce le informazioni circa le metodologie e i criteri utilizzati per la verifica dell’Overtopping per la nuova sezione, proposta in fase di offerta migliorativa, del prolungamento del molo foraneo esistente del Porto Vecchio di Crotona.

Individuati i valori di altezza e periodo d’onda più significativi, riportati nel dettaglio nella relazione di verifica meteomarina, si è proceduto alla valutazione delle portate di tracimazione utilizzando le relazioni di origine sperimentale più idonee ai casi da analizzare.

I risultati ottenuti dalle verifiche sono stati posti a confronto con quelli massimi raccomandati negli standard e nella letteratura tecnica di settore. Dal confronto eseguito si è potuto constatare che le geometrie delle opere foranee di protezione del tipo “a gettata” ed in particolare le quote di sommità delle dighe foranee oltre che della berma al piede, risultano idonee al fine di garantire che l’entità dei fenomeni di tracimazione sia contenuta entro valori accettabili e compatibili con la destinazione d’uso dell’opera.

1. INQUADRAMENTO GENERALE E STATO DEI LUOGHI

L'area portuale ricade nel territorio costiero di Crotona, comune calabrese che si affaccia sul mar Ionio.



Figura 1.1 – Inquadramento territoriale Porto Vecchio di Crotona

Il territorio di Crotona è caratterizzato da un paesaggio costiero, interessato da coste rocciose e da insenature di sabbia tra le quali quella occupata dall'area interessata al progetto di prolungamento della diga foranea di sopraflutto.

Il Porto Vecchio di Crotona è una delle principali infrastrutture portuali presenti sulla costa Ionica della Regione Calabria. Esso è classificato nella tipologia turistica/peschereccia.

Il porto di Crotona, da Masterplan Regione Calabria, è costituito da due bacini distinti, non comunicanti tra di loro. Il minore, situato nella zona est/sud-est della città, è più antico ed è denominato Porto Vecchio.

Il Porto Vecchio, per i suoi bassi fondali (circa cinque metri) e l'entrata difficoltosa, accoglie prevalentemente unità da diporto e pescherecci della locale marineria da pesca. Nell'ambito del porto è inoltre in esercizio un cantiere navale attrezzato per la

“REALIZZAZIONE DELLA PROSECUZIONE DEL MOLO FORANEO DEL PORTO VECCHIO DI CROTONE PER MIGLIORARE IL RIDOSSO IN PRESENZA DI CONDIZIONI METEO AVVERSE”

04.OM.R04 – RELAZIONE DI VERIFICA ALLA TRACIMAZIONE DEL MOLO DI SOPRAFLUTTO

costruzione di piccole unità di legno e per la riparazione e manutenzione di imbarcazioni da diporto.

Il Porto Vecchio nella zona E-SE della città è protetto da una larga scogliera banchinata internamente. Tutte le banchine sono munite di bitte da ormeggio. È iscritto nella 1° classe della 2° categoria dei porti marittimi nazionali, come da D.M. 04.12.1976 n° 4115.

Il Porto Vecchio presenta uno specchio acqueo di circa 66.000 m² che è racchiuso da circa 1.200 metri di banchina, ricavata lungo le calate interne e la scogliera. Esso presenta fondali variabili da tre a cinque metri ed offre ormeggio ad unità di piccolo tonnellaggio.

Nel bacino, per effetto della rifrazione sui fondali, si riscontrano scarse condizioni di ormeggio in presenza dei moti ondosi provenienti da Sud – Est che sono caratterizzati da elevata occorrenza e da ridotta altezza.

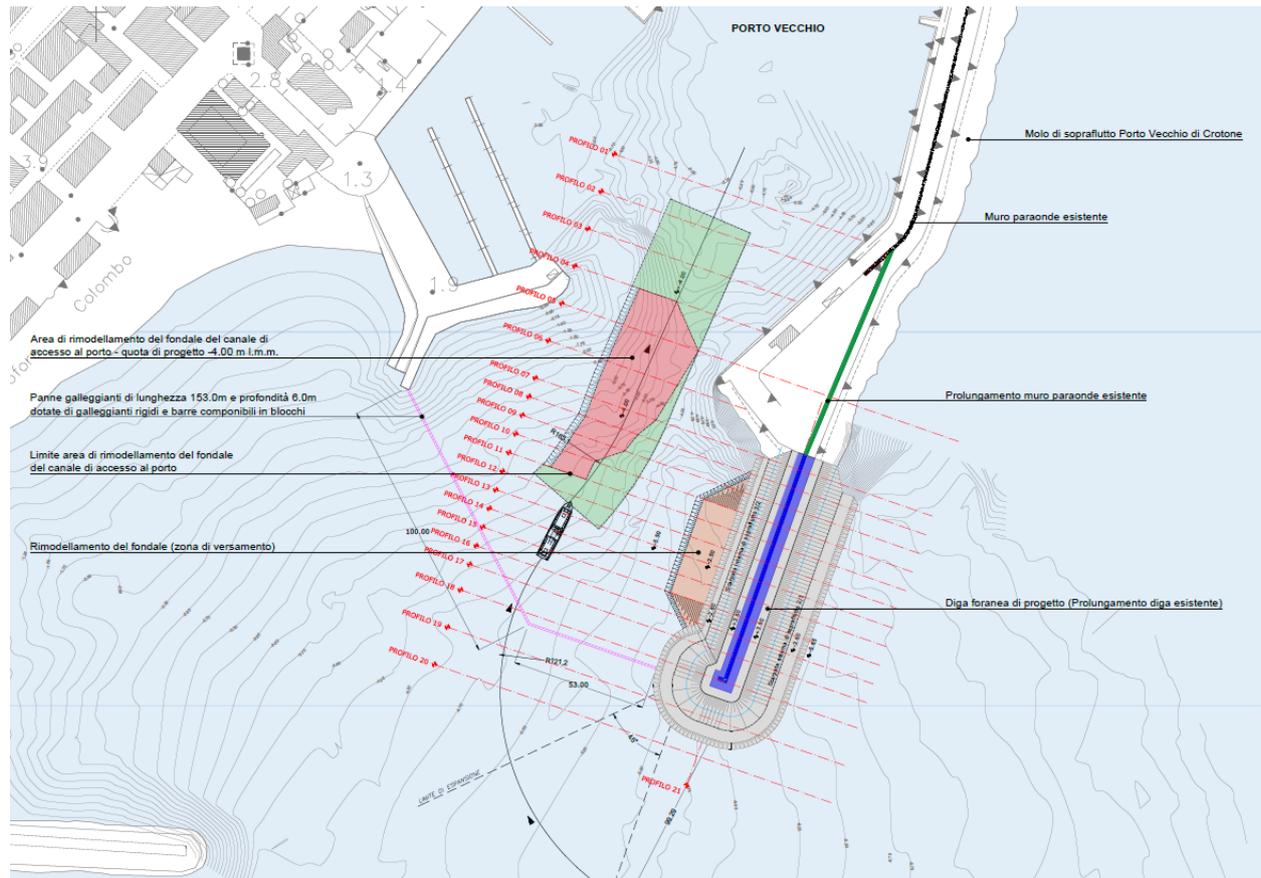
A causa di questi moti ondosi, sono frequenti i depositi nell'imboccatura dell'area portuale, provocando un innalzamento del fondale sabbioso mettendo a rischio le condizioni di navigabilità e l'accesso al porto.

“REALIZZAZIONE DELLA PROSECUZIONE DEL MOLO FORANEO DEL PORTO VECCHIO DI CROTONE PER MIGLIORARE IL RIDOSSO IN PRESENZA DI CONDIZIONI METEO AVVERSE”

04.OM.R04 – RELAZIONE DI VERIFICA ALLA TRACIMAZIONE DEL MOLO DI SOPRAFLUTTO

2. DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI DI PROGETTO

La configurazione del prolungamento del molo foraneo di sopraflutto del Porto Vecchio di Crotona è caratterizzata da un naturale proseguimento del molo foraneo esistente. Il layout di progetto del prolungamento del molo foraneo di sopraflutto del Porto Vecchio di Crotona è mostrato in Figura.

**Figura 2.1 - Layout portuale di progetto**

L'opera di progetto consiste nei seguenti elementi principali:

- Il prolungamento della diga di sopraflutto a protezione del porto, di lunghezza complessiva di circa 130 m a partire dal tronco radicato al molo esistente, si sviluppa in direzione SW. Il molo è costituito da una scogliera esterna di protezione con mantellata in massi artificiali Antifer (elementi da 5.0 m³), postati in doppio strato in modalità “random” con pendenza 2:1. Lo stesso poggia su

“REALIZZAZIONE DELLA PROSECUZIONE DEL MOLO FORANEO DEL PORTO VECCHIO DI CROTONE PER MIGLIORARE IL RIDOSSO IN PRESENZA DI CONDIZIONI METEO AVVERSE”

04.OM.R04 – RELAZIONE DI VERIFICA ALLA TRACIMAZIONE DEL MOLO DI SOPRAFLUTTO

uno strato filtro costituito da scogli naturali in 1^a categoria (500-1000 kg) con pendenza 2:1 e su una berma al piede costituita da massi naturali di 3^a categoria (3-7 t) con pendenza 2:1. Il molo è dotato di muro paraonde che sovrasta la struttura fino ad una quota massima di + 5,60 m s.l.m.m. La parte interna è costituita da una scogliera con mantellata in scogli naturali di 3^a categoria (3-7 t) e con pendenza 3:2. Lo stesso poggia su uno strato filtro costituito da scogli naturali in 1^a categoria (500-1000 kg) con pendenza 3:2 e su una berma al piede costituita da massi naturali di 2^a categoria (1-3 t) con pendenza 3:2. Le scogliere di protezione e lo strato filtro sono poggiati su un nucleo in Tout Venant. Il piano di posa dei piedi interni ed esterni è costituito da uno scanno di imbasamento in pietrame (100-500 kg) di spessore 70 cm, protetto al fondo da uno strato di geotessuto 400g/mq.

In Fig. 2.2 è riportato uno stralcio di sezione tipo della diga foranea di sopraflutto di progetto.

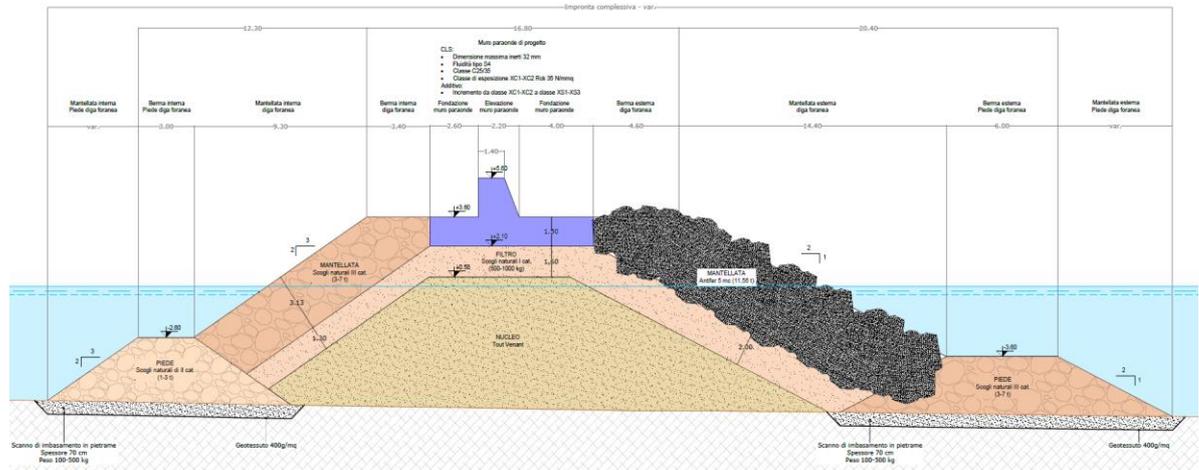


Figura 2.2 - Sezione tipo della diga foranea di Sopraflutto

3. VERIFICA DELL’OVERTOPPING

Tra i fenomeni di interazione tra moto ondoso e struttura vi è quello della tracimazione ovvero del superamento dell’opera da parte delle onde.



Figura 3.1 - Fenomeno di Overtopping

Il fenomeno della tracimazione si caratterizza per la non uniformità della portata tracimante, sia nello spazio che nel tempo.

Tale superamento inizia a verificarsi a partire da un certo valore dell’altezza delle onde incidenti e varia con la quota di sommità (crest freeboard) oltre che con lo stato di mare.

L’accettazione o meno della tracimazione dipende dalle funzioni svolte dalla struttura di difesa, in quanto quest’ultima può essere nella sua sommità sede di elementi di costruzione suscettibili di danno in presenza di tracimazione.

L’individuazione dei limiti ammissibili di tracimazione, unitamente ai criteri di previsione della portata media di tracimazione per metro di lunghezza, è stata studiata a livello sperimentale da diversi autori. Il CEM (Coastal Engineering Manual del U.S. Army) ha effettuato una sintesi dei limiti ammissibili di tracimazione che si riporta nella tabella che segue.

“REALIZZAZIONE DELLA PROSECUZIONE DEL MOLO FORANEO DEL PORTO VECCHIO DI CROTONE PER MIGLIORARE IL RIDOSSO IN PRESENZA DI CONDIZIONI METEO AVVERSE”

04.OM.R04 – RELAZIONE DI VERIFICA ALLA TRACIMAZIONE DEL MOLO DI SOPRAFLUTTO

m ³ /s per m		litri/s per m				
Sicurezza del traffico		Sicurezza strutturale				
Veicoli	Pedoni	Costruzioni	Difese di argini	Dighe coperte da coperte da vegetazione	Rivestimenti di terrapieni	
10 ⁰						1000
			Danni anche se interamente protetti	Danni	Danni anche per lungomari pavimentati	200
					Danni per lungomari non pavimentati	100
10 ⁻¹						50
	Assenza di sicurezza a qualsiasi velocità	Danni alla struttura	Danni se la scarpa a tergo non è protetta			20
10 ⁻²			Danni se la cresta non è protetta			10
				Inizio di danno		2
10 ⁻³						1
	Da escludere il parcheggio ovunque	Pericoloso per opere coperte da vegetazione e per le dighe a berma orizzontale			Nessun danno	
10 ⁻⁴		Pericoloso per opere a parete				0.1
	Da escludere il parcheggio per dighe a parete verticale					0.03
		Percorso	Nessun danno			0.02
10 ⁻⁵		difficoltoso ma non pericoloso				0.01
	Non percorribile con sicurezza alle alte velocità	Qualche danno alle opere accessorie			Nessun danno	0.004
10 ⁻⁶						0.001
	Percorribile con sicurezza a tutte le velocità					
10 ⁻⁷		Percorso bagnato non difficoltoso	Nessun danno			0.0001

Tabella 1: Valori ammissibili delle portate medie di tracimazione

3.1. Valutazione della tracimazione (Overtopping)

La verifica al riguardo dell'overtopping è stata condotta considerando un'onda di progetto, con tempo di ritorno pari a 50 anni, determinata al piede dell'opera a una profondità di circa 7 m.

Le caratteristiche dell'onda considerata sono le seguenti:

Tr (anni)	DIR (°N)	Hs (m)	Tm (s)	Tp (s)
50	88.32	5.11	9.90	12.19

Tabella 2: Caratteristiche dell'onda di progetto considerata

Per il calcolo della portata media di tracimazione q (l/s per m), a tergo della berma di sommità e del muro paraonde previsto è stata considerata la formula proposta nel manuale EurOtop (2018).

$$\frac{q}{\sqrt{gH_s^3}} = \frac{0.023}{\sqrt{\tan(\alpha)}} \gamma_b \xi_{m-1,0} \exp \left[- \left(2.7 \frac{R_C}{\xi_{m-1,0} H_s \gamma_f \gamma_\beta \gamma^*} \right)^{1.3} \right]$$

con un massimo di:

$$\frac{q}{\sqrt{gH_s^3}} = 0.09 \exp \left[- \left(1.5 \frac{R_C}{H_s \gamma_f \gamma_\beta \gamma^*} \right)^{1.3} \right]$$

In cui:

R_C è la quota di coronamento sul livello medio del mare, pari in questo caso a 5.60 m;

H_s è l'altezza d'onda significativa al piede della struttura = 5.11 m;

γ_f è il fattore di correzione dovuto alla scabrezza della parete, che per il caso di mantellata realizzata in antifer è pari a 0.47, come illustrato nella seguente tabella.

“REALIZZAZIONE DELLA PROSECUZIONE DEL MOLO FORANEO DEL PORTO VECCHIO DI CROTONE PER MIGLIORARE IL RIDOSSO IN PRESENZA DI CONDIZIONI METEO AVVERSE”

04.OM.R04 – RELAZIONE DI VERIFICA ALLA TRACIMAZIONE DEL MOLO DI SOPRAFLUTTO

Type of armor	Min(γ_f)–Max(γ_f)
Smooth	1.00, 1.00
Rock (2 L)	0.40, 0.60
Cube (2 L, random)	0.47, 0.50
Cube (2 L, flat)	0.47
Cube (1 L, flat)	0.49, 0.50
Antifer (2 L)	0.47, 0.65
Haro ^R (2 L)	0.47, 0.63
Tetrapod (2 L)	0.38, 0.40
Accropode (1 L)	0.44, 0.55
Core-Loc TM (1 L)	0.44, 0.47
Xbloc ^R (1 L)	0.44, 0.49
Dolos (2 L)	0.43, 0.45
Cubipod ^R (2 L)	0.44
Cubipod ^R (1 L)	0.46

Tabella 3: Fattori di correzione per diversi tipi di rivestimenti

γ_β è il fattore di correzione dovuto all'incidenza del moto ondoso, che per la valutazione della portata di sormonto può essere definito dalla relazione già ricordata (EurOtop Manual, 2018):

$$\gamma_\beta = \begin{cases} 1 - 0.0033|\beta| & \text{per } \beta \text{ compreso tra } 0^\circ \text{ e } 80^\circ \\ 0.736 & \text{per } \beta \text{ maggiore di } 80^\circ \end{cases}$$

In cui β è l'angolo formato tra la normale alla struttura e la direzione di propagazione del moto ondoso in prossimità della stessa.

Essendo β a 0° il fattore di correzione risulta pari a 1.

γ^* è il fattore di correzione che tiene conto della presenza della berma e del muro paraonde e viene determinato mediante la seguente formula:

$$\gamma^* = 0.87\gamma_{prom}\gamma_v$$

dove:

γ_{prom} è il fattore correttivo che tiene conto della berma.

$$\gamma_{prom} = 1 - 0.47 \frac{G_c}{L_{m-1,0}}$$

in cui G_c è la lunghezza della berma e $L_{m-1,0}$ la lunghezza d'onda in acque profonde.

“REALIZZAZIONE DELLA PROSECUZIONE DEL MOLO FORANEO DEL PORTO VECCHIO DI CROTONE PER MIGLIORARE IL RIDOSSO IN PRESENZA DI CONDIZIONI METEO AVVERSE”

04.OM.R04 – RELAZIONE DI VERIFICA ALLA TRACIMAZIONE DEL MOLO DI SOPRAFLUTTO

γ_v è il fattore correttivo che tiene conto della presenza del muro paraonde e viene determinato come segue:

$$\gamma_v = \exp\left(-0.56 \frac{h_{wall}}{Rc}\right)$$

in cui h_{wall} è l'altezza del muro paraonde (2.00 m).

Pertanto, la portata di tracimazione in l/s per m risulta essere pari a:

$$q = 0.09 \exp\left[-\left(1.5 \frac{Rc}{H_s \gamma_f \gamma_\beta \gamma^*}\right)^{1.3}\right] \sqrt{g H_s^3} = 0.9 \frac{l}{s} m$$

Tale valore di tracimazione secondo gli standard americani e la letteratura tecnica più recente (v. tabelle EurOtop 2007) non danno luogo in nessuno dei casi esaminati a danneggiamenti di tipo strutturale delle dighe a scogliera, degli impianti o delle imbarcazioni ($q < 50$ l/s/m).

Inoltre, viene preso in esame l'effetto della tracimazione nei confronti dei pedoni che si trovassero a transitare immediatamente al di sotto del muro paraonde e sono considerati accettabili con un minimo di disturbo i valori compresi tra 1.00 e 10.00 l/s/m (range in cui rientrano i valori ottenuti per tutti i casi esaminati).

Analogamente viene considerato l'effetto della tracimazione nei confronti del traffico veicolare e, a tal proposito, viene indicato che i valori limite di portata entro i quali è accettabile il transito degli autoveicoli a bassa velocità sono compresi tra i 10 l/s/m ed i 50 l/s/m; anche in tal caso i valori ottenuti rientrano nel range precedentemente indicato.

4. VALUTAZIONE DEI RISULTATI OTTENUTI

Con riferimento alla Tabella 1 dei valori ammissibili delle portate medie di tracimazione in condizioni estreme con tempi di ritorno cinquantennali, è possibile una portata media di tracimazione pari a 0.9 l/s per m. In tale caso estremo che si verifica periodicamente a distanza di molti anni è necessario escludere il transito veicolare e dei pedoni che potrebbe risultare pericoloso. Si consiglia di tenere in debito conto in fase di regolamentazione dell'accesso pedonale e veicolare alle zone immediatamente a tergo dell'opera delle prescrizioni sopra riportate anche attraverso apposita cartellonistica ed una gestione accurata delle eventuali emergenze durante le mareggiate più violente.

L'arrivo di mareggiate particolarmente violente è oggi ampiamente annunciato dai sistemi di previsione moderni. Il tema diventa, quindi, la necessità di un sistema di gestione dei rischi che preveda la possibilità di allerta mareggiate. In questo modo sarà possibile ridurre al minimo i rischi.