

Autorità di Sistema Portuale  
del Mar Tirreno Centro Settentrionale

PORTI DI ROMA E DEL LAZIO - CIVITAVECCHIA - FIUMICINO - GAETA

# OPERE STRATEGICHE PER IL PORTO DI CIVITAVECCHIA - 2° STRALCIO -

## NUOVO ACCESSO AL BACINO STORICO - COLLEGAMENTO TRA IL MOLO VESPUCCI E L'ANTEMURALE COLOMBO

### PROGETTO DEFINITIVO

Titolo elaborato

## RELAZIONE TECNICA STUDI INTEGRATIVI

P R 2    D R    0 0 4    0 0    M A R

Committente:

Autorità Portuale di Civitavecchia, Fiumicino e Gaeta

IL PRESIDENTE:

Dr. Pino Musolino

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Dott. Ing. Maurizio Marini

IL COORDINATORE GENERALE

Dott. Ing. Giuseppe Solinas

Progetto A.T.I. :

MODIMAR S.r.l. ( Capogruppo )

V.A.M.S. Ingegneria S.r.l.

SEACON S.r.l.

Data	Rev.	DESCRIZIONE	Redatto:	Verificato:	Approvato:
12/12/2022	0	PRIMA EMISSIONE	F. MONDINI	F. MONDINI	P.CONTINI

**INDICE**

<b>1.</b>	<b>RICAMBIO IDRICO ALL'INTERNO DEL BACINO PORTUALE.....</b>	<b>2</b>
<b>2.</b>	<b>VERIFICA DELLO SCARICO DELLA RETE FOGNARIA .....</b>	<b>11</b>
<b>3.</b>	<b>STUDIO MORFOLOGICO DELL'AREA DEL NUOVO ACCESSO .....</b>	<b>17</b>

## 1. RICAMBIO IDRICO ALL'INTERNO DEL BACINO PORTUALE

La capacità di ricambio idrico di un bacino portuale è una caratteristica dalla quale dipende la qualità delle acque del bacino stesso ed è legata in primo luogo dalla geometria del porto, con particolare riferimento al volume contenuto nel bacino, all'estensione e alla conformazione planimetrica dello specchio acqueo, e alla sua imboccatura, poiché attraverso di essa avvengono gli scambi idrici tra il porto e il mare aperto.

Fissata la geometria del porto, la capacità di ricambio idrico del bacino portuale dipende dalle forzanti idrodinamiche, ovvero:

- dalle condizioni meteomarine (maree, vento e moto ondoso) in grado di forzare la circolazione portuale;
- dalla presenza di foci di corsi d'acqua, o di scarichi di acque di drenaggio urbano, che si immettono all'interno del porto.

A parità di forzanti meteomarine un bacino contraddistinto da una massa d'acqua molto elevata ha una capacità di ricambio idrico inferiore rispetto ad un bacino, di pari estensione superficiale, ma con profondità minori. A parità di massa idrica contenuta, sempre a parità di forzanti meteomarine, un bacino ampio, di forma pseudo circolare, ha una capacità di ricambio maggiore rispetto ad un bacino stretto e lungo. Altri aspetti determinanti sono il numero, la posizione e l'estensione delle imboccature portuali che possono influenzare la circolazione idrica durante le fasi di flusso e riflusso di marea.

Per quanto riguarda le condizioni meteomarine, le oscillazioni di marea giocano un ruolo fondamentale a favore del ricambio idrico in quanto determinano uno scambio continuo di acqua con il mare aperto. D'altro canto le correnti generate dal vento e dal moto ondoso possono avere un'azione favorevole o sfavorevole a seconda dei casi.

Per quanto riguarda le immissioni nei bacini portuali, esse rappresentano un fattore da tenere in considerazione qualora la portata di acqua immessa sia significativa in termini di volumi immessi. Infatti può risultare, come nel caso di porti di grandi dimensioni, che il volume immesso è del tutto trascurabile rispetto al volume complessivo del bacino.

Nel caso in esame l'analisi della capacità di ricambio idrico del porto di Civitavecchia è stata eseguita in relazione alle seguenti configurazioni (v. Figura 1):

- stato attuale del porto,
- configurazione di progetto senza collegamento idraulico tra il bacino del porto storico e quello commerciale,
- configurazione di progetto con collegamento idraulico tra il bacino del porto storico e quello commerciale.

Dal punto di vista geometrico le tre configurazioni non differiscono significativamente per il volume complessivo del bacino che risulta pari a circa 1.450.000 m<sup>3</sup>. Le configurazioni di progetto contemplano una seconda imboccatura aumentando di fatto la capacità di scambio idrico con il mare aperto. Inoltre le configurazioni di progetto determinano una separazione tra il bacino storico e quello commerciale. La prima configurazione di progetto prevede una separazione anche idraulica tra i due bacini, mentre la seconda prevede che possa avvenire uno scambio idrico tra di essi.

Per valutare la capacità di ricambio idrico del bacino portuale è stato considerato lo scenario più critico per la possibilità del verificarsi di fenomeni di ristagno delle acque portuali, che potrebbero causare o accentuare fenomeni di degrado della qualità delle acque.

Tale scenario è rappresentato dalle seguenti condizioni:

- assenza di apporti idrici dovuti a corsi d'acqua e precipitazioni,
- assenza di vento o presenza di brezze di modesta entità non in grado di generare un campo di circolazione idrodinamico significativo.

Tali condizioni risultano più frequenti nel periodo estivo e possono determinare problemi di ristagno all'interno del bacino portuale. Pertanto, seguendo un approccio cautelativo, le valutazioni sulla capacità di ricambio idrico del porto di Civitavecchia sono state effettuate assumendo come forzante meteo marina la sola marea astronomica.

Pertanto il ricambio idrico che avviene ad ogni ciclo di marea dipende dal rapporto tra il volume d'acqua scambiato con il mare aperto durante i flussi di marea e il volume d'acqua contenuto nel bacino.

Per poter valutare la capacità di ricambio idrico del bacino portuale secondo le varie configurazioni esaminate è stato necessario ricorrere all'utilizzo di indicatori parametrici della capacità di ricambio.

La letteratura specializzata generalmente ricorre al concetto di "flushing time" o di "tempo di ricambio".

Il tempo di ricambio ( $T_f$ ) è un parametro che descrive le caratteristiche generali di scambio tra un bacino confinato e un corpo recettore di infinita capacità e fornisce un'indicazione del tempo necessario per il ricambio della massa d'acqua del bacino o della riduzione di concentrazione di una sostanza conservativa contenuta al suo interno entro valori accettabili.

Per definire il tempo di ricambio si è fatto riferimento all'approccio suggerito dal PIANC (Protecting water quality in marinas. PIANC No. 98-2008) per i porti turistici che si basa sulla diminuzione di tipo esponenziale frequentemente osservata della massa costituente all'interno di un corpo idrico nel tempo mentre è soggetto a diluizione.

In particolare, il metodo per la valutazione del tempo di ricambio consiste nel calcolo del tempo di "e-folding" per un bacino semi chiuso, ossia del tempo necessario affinché la concentrazione di un inquinante introdotto nel dominio, uniformemente distribuito, si riduca fino ad assumere un valore di riferimento. Per i porti turistici il PIANC suggerisce un valore di riferimento pari a  $1/e$ , dove "e" ( $\sim 2.718281\dots$ ) è il numero di Eulero, corrispondente ad una concentrazione del 37% e una riduzione del 63%. Per bacini a carattere commerciale o industriale è necessario prendere a riferimento valori più elevati.

In sostanza la capacità di ricambio non è valutata con il tempo necessario al ricambio totale della massa d'acqua, ma con il tempo necessario affinché la concentrazione di un costituente si riduca significativamente entro i limiti desiderati nell'ambito del dominio considerato.

Tale approccio presuppone che il volume del bacino si mantenga costante nel tempo, che il flusso di marea entrante sia costituito da acqua "pulita" e che il costituente introdotto sia di tipo conservativo, ossia che non subisca un decadimento nel tempo e che non reagisca chimicamente con l'acqua.

Sotto queste ipotesi la variazione nel tempo della concentrazione  $C(t)$  del costituente all'interno del volume  $V$  è descritta dall'equazione di continuità  $dC(t)/dt = -C(t)Q/V$ , in cui  $Q$  è il flusso idrico che il dominio scambia con l'esterno. Di conseguenza la legge temporale della concentrazione della sostanza è descritta dalla seguente equazione:

$$C(t) = C_0 e^{-(Q/V)t} = C_0 e^{-t/T_f}$$

in cui  $C_0$  è la concentrazione iniziale all'istante iniziale.

Si osservi che la concentrazione all'istante  $t=T_f$  risulta pari a  $C_0/e$  ossia pari al 37% della concentrazione iniziale, di conseguenza ha subito una riduzione del 63%.

Questa metodologia di calcolo richiede l'applicazione in successione di un modello di idrodinamica e di un modello che risolve le equazioni di dispersione e diffusione di una sostanza conservativa contenuta all'interno del volume idrico preso in esame.

Per il caso in esame lo studio è stato condotto applicando in successione il modello numerico agli elementi finiti di idrodinamica RMA-2 e il modello numerico agli elementi finiti di

dispersione e diffusione RMA-4, sviluppati del U.S. Army Corps of Engineers, facenti parte del pacchetto applicativo SMS 11 distribuito da AQUAVEO.

Il modello numerico di idrodinamica RMA-2 risolve, mediante la tecnica degli elementi finiti, le equazioni per flussi turbolenti di Navier-Stokes mediate alla Reynolds, integrate lungo la verticale .

Le simulazioni per relative allo stato attuale sono state condotte utilizzando il dominio di calcolo mostrato nella Figura 1. Il dominio di calcolo è stato suddiviso in circa 6300 elementi triangolari, per un totale di circa 15000 nodi di calcolo. Le profondità all'interno del dominio di calcolo sono state definite sulla base dei più recenti dati batimetrici a disposizione.

Come precedentemente evidenziato, lo scenario di simulazione è stato definito prendendo in considerazione condizioni meteo marine che si possono verificare prevalentemente nel periodo estivo, con venti assenti o di modesta entità. Tale condizione, che risulta la più gravosa per la valutazione del ricambio idrico all'interno del bacino portuale, contempla la sola marea astronomica. In particolare è stata applicata quale condizione al contorno in corrispondenza delle imboccature portuali un'oscillazione di livello di ampiezza +/-15 cm (Figura 3), corrispondente alle fasi di quadratura.

Le simulazioni idrodinamiche sono state condotte con un intervallo temporale  $\Delta t = 0.5$  ore ed hanno riguardato complessivamente una finestra temporale di 48 ore. Le prime 24 ore sono state utilizzate per avviare la circolazione all'interno del dominio partendo da una condizione iniziale di quiete.

I risultati delle simulazioni idrodinamiche, mostrati nella Figura 2, confermano che la circolazione idrica all'interno del porto di Civitavecchia indotta dalla sola marea astronomica è molto debole con valori di velocità (mediata sulla verticale) generalmente inferiori a 1 cm/s che si incrementano in corrispondenza delle imboccature in occasione delle fasi di flusso e riflusso.

I risultati delle simulazioni idrodinamiche sono stati successivamente applicati come forzante idrodinamica per le simulazioni condotte con il modello di dispersione e diffusione agli elementi finiti RMA-4, per analizzare la variazione nel tempo e nello spazio della concentrazione di una sostanza conservativa introdotta nel dominio di calcolo.

RMA-4 è un codice agli elementi finiti per lo studio della qualità delle acque sviluppato per simulare processi di dispersione e diffusione in ambiente acquatico. Il modello può essere utilizzato per lo studio del trasporto di una qualsiasi sostanza conservativa e non conservativa che può essere sia disciolta in acqua o può trovarsi in condizioni di galleggiamento neutro all'interno della colonna d'acqua. Il modello può essere utilizzato per studiare i processi fisici connessi al mescolamento di sostanze solubili e non in bacini chiusi, corsi d'acqua, baie, estuari e zone costiere.

Seguendo la metodologia "e-folding" per la valutazione del tempo di ricambio, è stato introdotto nel dominio di calcolo una sostanza conservativa, rappresentativa di un potenziale contaminante, imponendo una concentrazione iniziale  $C_0$  unitaria e uniforme in tutto il dominio di calcolo (Figura 4).

Come condizione al contorno in corrispondenza delle imboccature portuali è stata imposta una concentrazione nulla del contaminante.

La simulazione, utilizzando ripetutamente il campo idrodinamico determinato da un ciclo di marea della durata di 24 ore, ha consentito di osservare la variazione della concentrazione del contaminante all'interno del dominio di calcolo per una finestra temporale di 100 giorni con un passo temporale di 1 ora.

La variazione della distribuzione della concentrazione del contaminante ottenuta in diversi istanti di simulazione all'interno del dominio di calcolo è mostrata nei diagrammi della Figura 5.

Per quanto riguarda la configurazione relativa allo stato attuale, le simulazioni numeriche hanno evidenziato lo scarso ricambio idrico dell'area del bacino storico poiché esso si trova a circa 3 km dall'odierna imboccatura attraverso la quale avviene lo scambio con il mare aperto. Maggiore è la distanza dall'imboccatura e più lento risulta il ricambio delle acque.

Per quanto riguarda le configurazioni di progetto, a fronte di un modesto miglioramento per il bacino commerciale, le acque del bacino storico traggono un grande beneficio con un significativo miglioramento della qualità delle acque. Tale miglioramento è maggiore nel caso di assenza di collegamento idraulico in quanto lo scambio idrico avviene solamente con il mare aperto e non con il bacino commerciale che in ogni istante è caratterizzato da valori maggiori della concentrazione. Per contro, nel caso di collegamento idraulico, il bacino commerciale gode dello scambio idrico con il bacino storico ma in misura molto modesta.

Per meglio illustrare questi aspetti è stato individuato l'andamento nel tempo della concentrazione in diversi punti di controllo localizzati all'interno dei due bacini.

Per il bacino storico (Figura 6), sono stati presi in esame tre punti ubicati nell'area prospiciente la banchina Michelangelo (punto "BS1"), nella darsena romana (punto "BS2") e nell'area compresa tra il Molo Vespucci e il Molo del Lazzaretto (punto "BS3"). Oltre al netto miglioramento rispetto allo stato attuale, dai grafici di Figura 6 è possibile evincere che lo stesso valore della concentrazione sia raggiunto con circa due giorni di anticipo nel caso di assenza di collegamento idraulico.

Per quanto riguarda il bacino commerciale (Figura 7), sono stati presi in esame due punti ubicati nell'area compresa tra il Molo SOI e il terminal container (punto "BC1") e in prossimità del terminal crocieristico (punto "BC2"). Dai grafici di Figura 7 è possibile notare che le configurazioni di progetto determinano un modesto miglioramento e la riduzione della concentrazione risulta sostanzialmente equivalente per le due configurazioni.

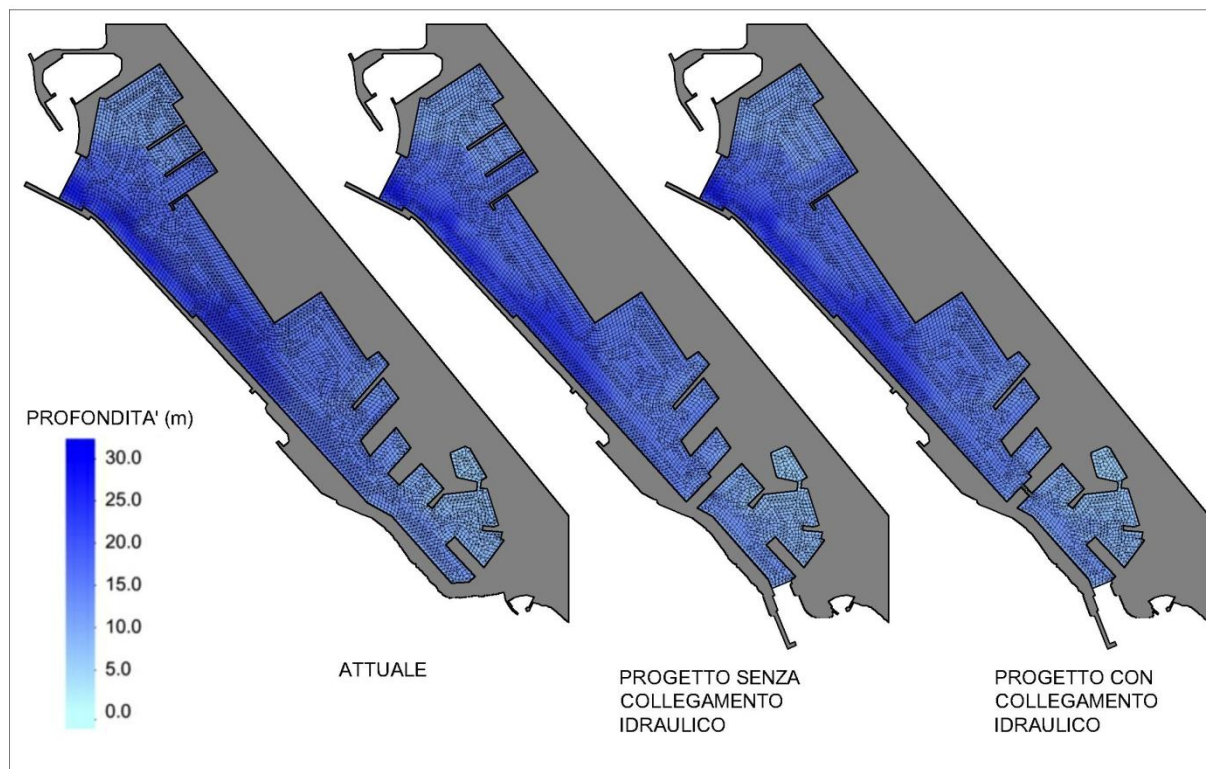
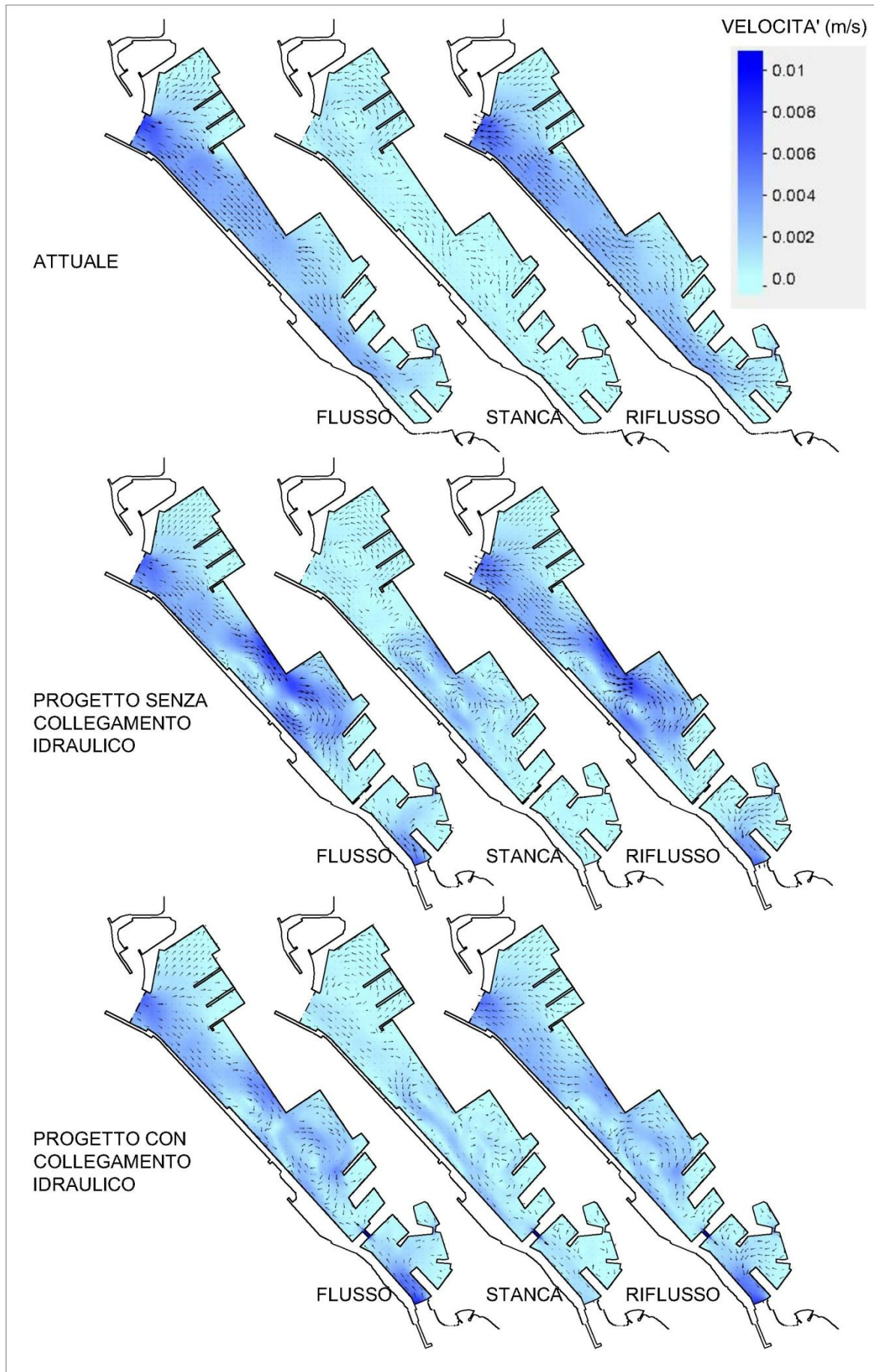


Figura 1 - Configurazioni esaminate



**Figura 2 - Campi di velocità**

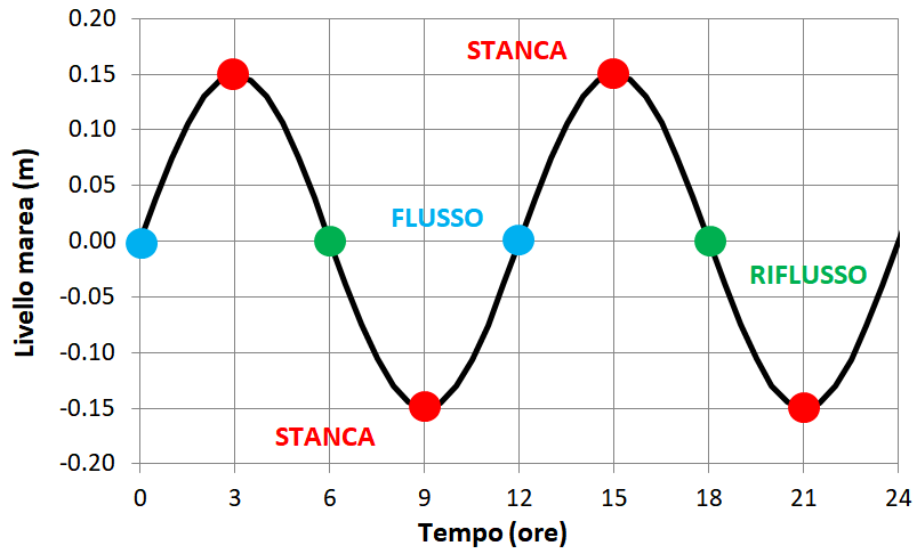


Figura 3 - Andamento della marea nel tempo

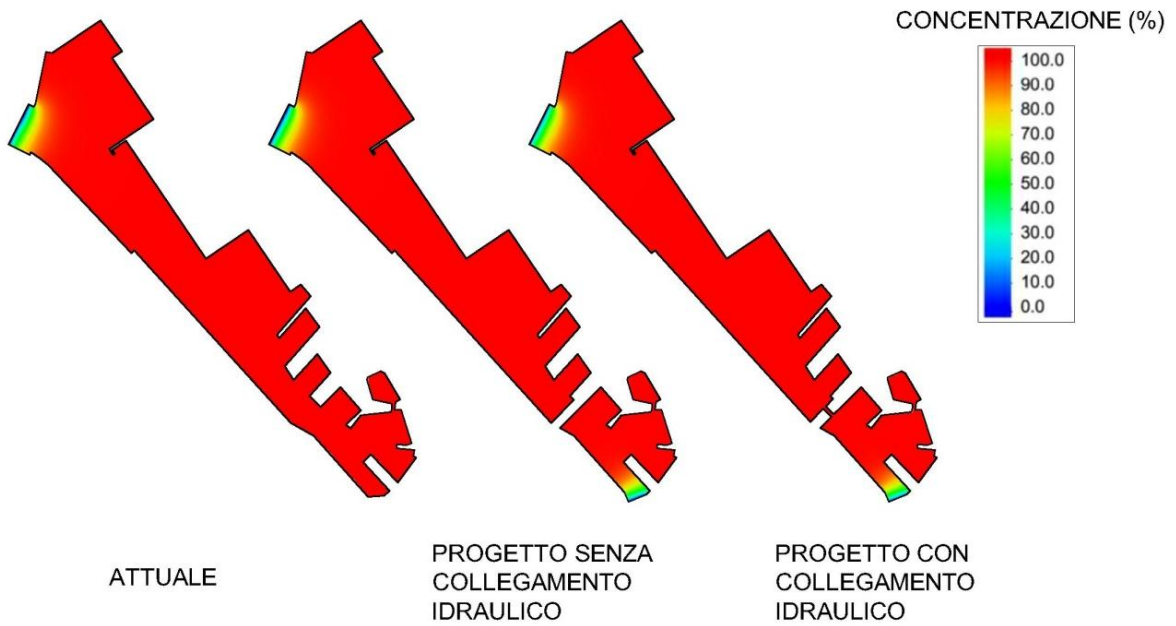


Figura 4 - Concentrazione iniziale per i tre layout



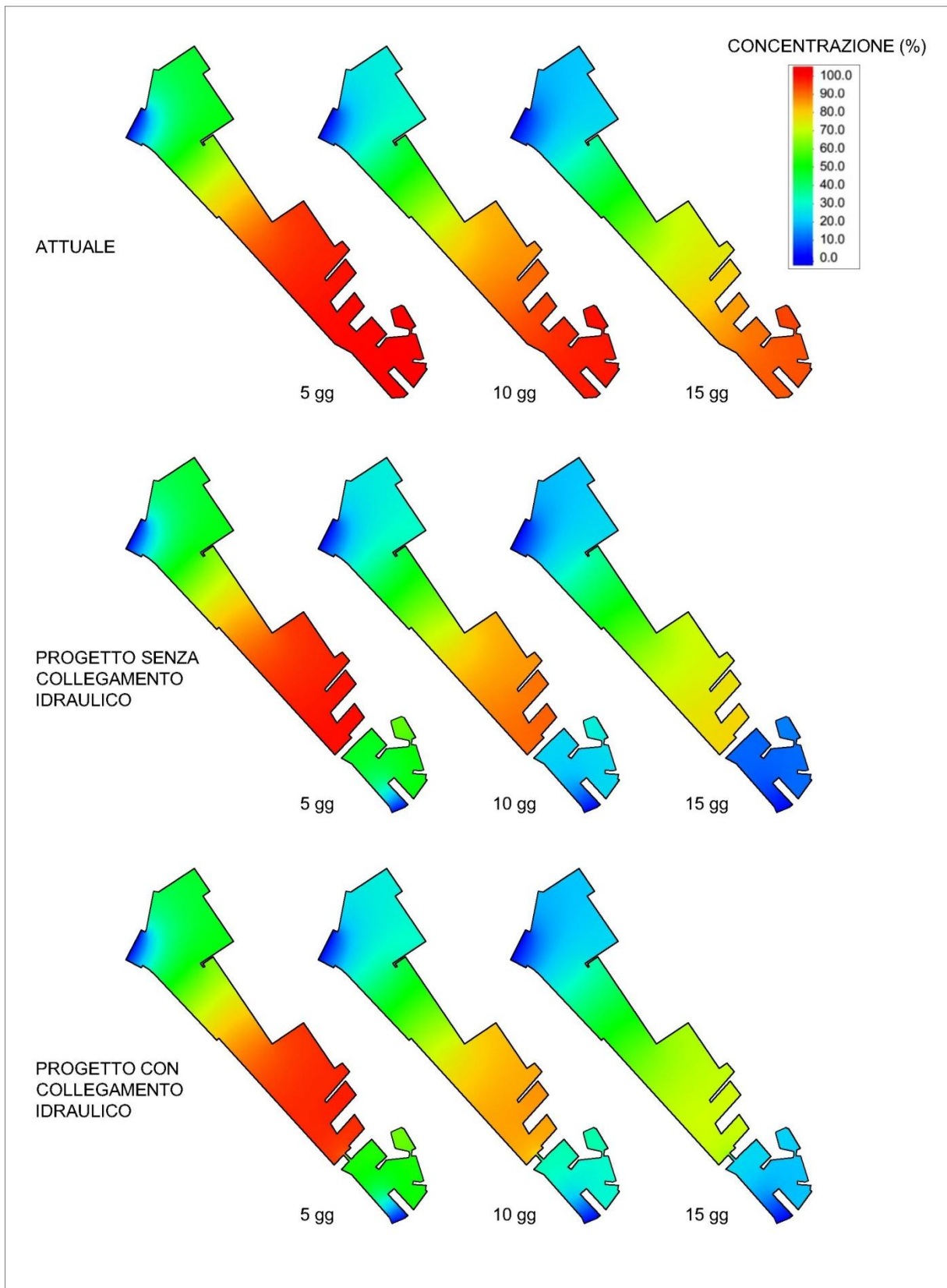


Figura 5 - Concentrazione nel tempo per i tre layout

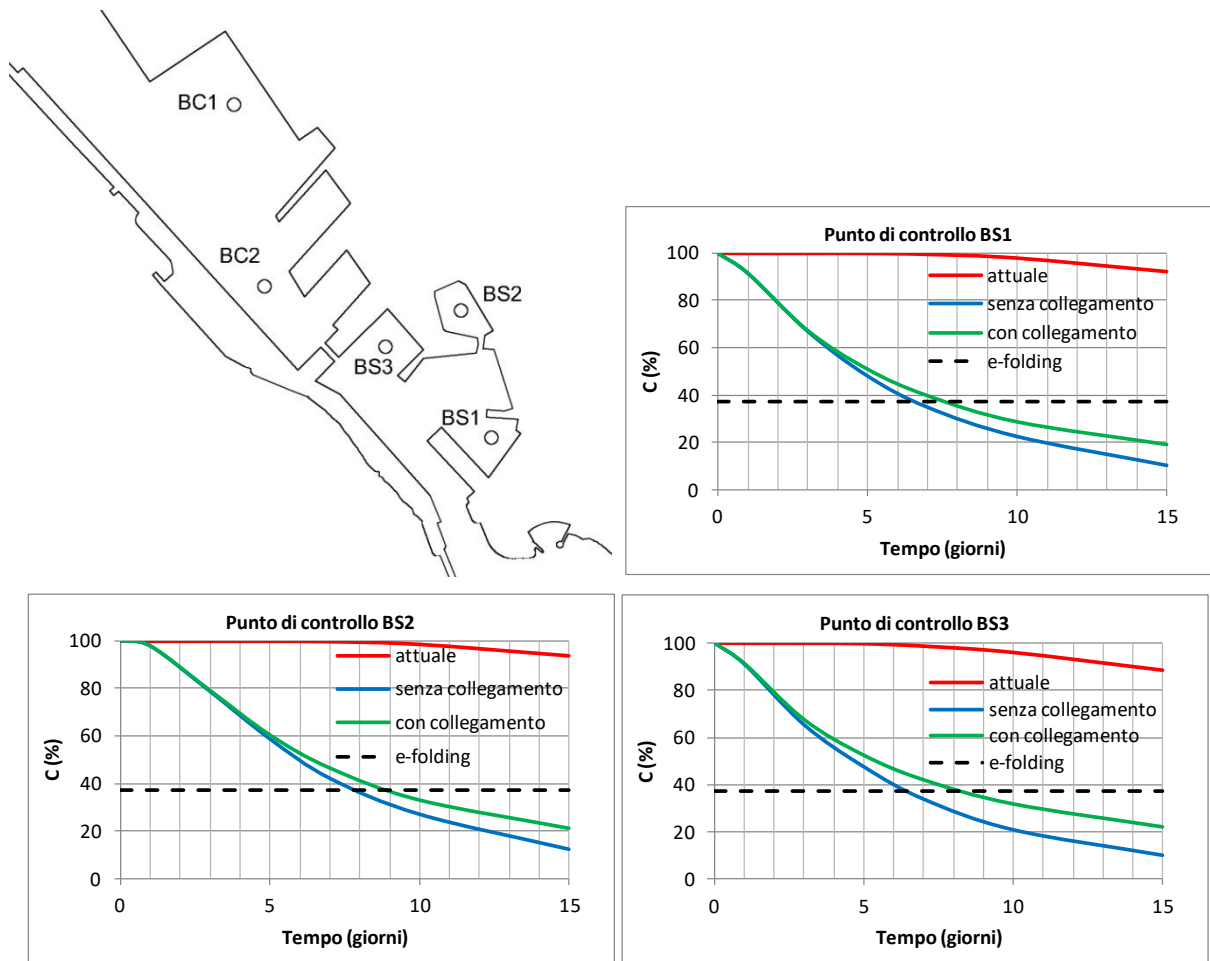


Figura 6 - Area del bacino storico. Andamento della concentrazione nel tempo in alcuni punti di controllo

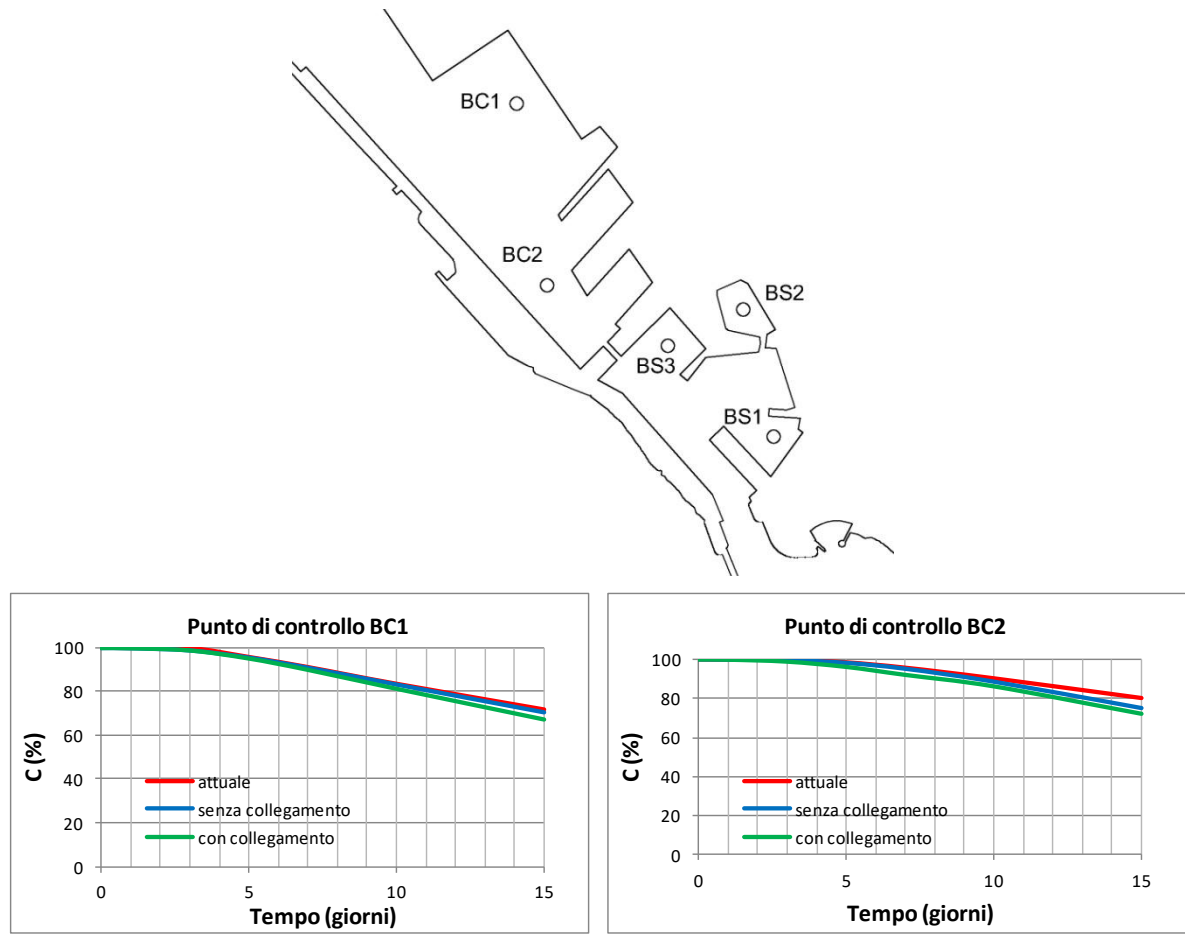


Figura 7 - Area del bacino commerciale. Andamento della concentrazione nel tempo in alcuni punti di controllo

## 2. VERIFICA DELLO SCARICO DELLA RETE FOGNARIA

Per garantire la funzionalità dello scarico a mare della rete fognaria delle acque bianche presente alla radice dell'antemurale è stata prevista una configurazione della vasca di colmata tale da formare un canale artificiale lungo circa 100 m e delimitato in destra idraulica dall'argine est della colmata ed in sinistra dalla scogliera del molo ovest della Marina di Civitavecchia (Figura 8).

Per la definizione delle caratteristiche geometriche e delle portate idriche dello scarico a mare, nel quale vengono ricondotti gli apporti sfiorati dal sollevamento insistente in via Garibaldi e rinvenienti dal sollevamento insistente su largo Plebiscito, si è fatto riferimento ai dati che derivano dalla consultazione di pregressi documenti progettuali posti a disposizione dalla Amministrazione Comunale di Civitavecchia, oltre che dagli esiti di specifici sopralluoghi e rilievi condotti nella fase progettuale, nonché da ulteriori informazioni direttamente assunte presso il competente UT del Comune di Civitavecchia.

Dai dati disponibili risulta che lo sversamento a mare (Figura 9), costituito da due scatolari (2500x1500 mm), è caratterizzato da una portata massima di esercizio pari a 4.5 m<sup>3</sup>/s.

Al fine di verificare la funzionalità idraulica del nuovo canale sono state condotte alcune simulazioni con il modello matematico HEC-RAS 5.0 (Hydrologic Engineering Center dello U.S.A.F.) considerato uno standard internazionale nel campo delle verifiche di idraulica fluviale.

Tale modello è in grado di simulare le condizioni di deflusso sulla base di dati di input provenienti dai valori di portata e dalla geometria del corso d'acqua e di calcolare il profilo idrico in moto permanente e vario sia in modalità monodimensionale che bidimensionale.

Le elaborazioni del citato modello, i cui algoritmi seguono le usuali metodologie di calcolo della letteratura scientifica specializzata, sono sintetizzate in:

- un profilo longitudinale del tronco investigato dal cui esame è possibile verificare la congruenza tra i profili di rigurgito del corso d'acqua per le diverse condizioni di deflusso,
- nel tracciamento delle sezioni trasversali con l'individuazione dei livelli idrici raggiunti nelle differenti condizioni di calcolo,
- tabulati contenenti i parametri di output ottenuti dalle simulazioni con il citato modello matematico.

Il canale, che caratterizza il nuovo tratto focale, è stato discretizzato con n.4 sezioni trasversali, la cui configurazione geometrica è riportata nella Figura 8.

Per l'applicazione del modello i parametri di scabrezza adottati (*coefficiente di scabrezza di Manning - n*) sono pari a **0.033** per le zone del nuovo canale.

Per la ricostruzione dei profili di rigurgito di tutti i scenari sono state imposte le seguenti condizioni al contorno:

- a valle - il livello del mare (massimo livello di marea: +0.3 m s.l.m. – minimo livello di marea -0.30 m s.l.m.)
- a monte - la condizione di moto uniforme della corrente idrica, assumendo che la pendenza della cadente piezometrica e del carico totale siano parallele al fondo.

Dai dati disponibili risulta che la rete fognaria delle acque bianche sversi a mare una portata massima di esercizio pari a 4.5 m<sup>3</sup>/s.

La scelta degli scenari simulati è stata eseguita al fine di verificare che:

1. le nuove opere non inducano rigurgito all'attuale rete fognaria;

2. le velocità della corrente idrica siano tale da non innescare fenomeni di erosione sul fondo del canale in parte ricavato dall'attuale fondale marino, costituito prevalente da sabbia

Per tale motivo sono stati definiti nella sola configurazione di progetto n.2 scenari:

- a) Condizione di alta marea alla nuova foce: necessaria per determinare la massima quota idrica all'uscita degli sciolari
- b) Condizione di bassa marea alla nuova foce: per verificare le massime velocità idriche lungo il nuovo canale

Nella tabella 1 e nelle figure 10, 11, 12 e 13 sono sintetizzati i risultati ottenuti dalle simulazioni che possono essere così riassunti:

- La corrente idrica risulta sempre in corrente lenta in entrambi gli scenari.
- Le velocità medie variano da 0.1 m/s nella sezione iniziale, a circa 1.8 m/s in corrispondenza della sezione n.3 ed in bassa marea, dove il profilo idrico e quello critico sono tra loro prossimi.
- la corrente idrica risulta contenuta all'interno del corso d'acqua limitato dalle due scogliere.

Pertanto la geometria del canale risulta idonea a contenere il deflusso delle acque di scarico.

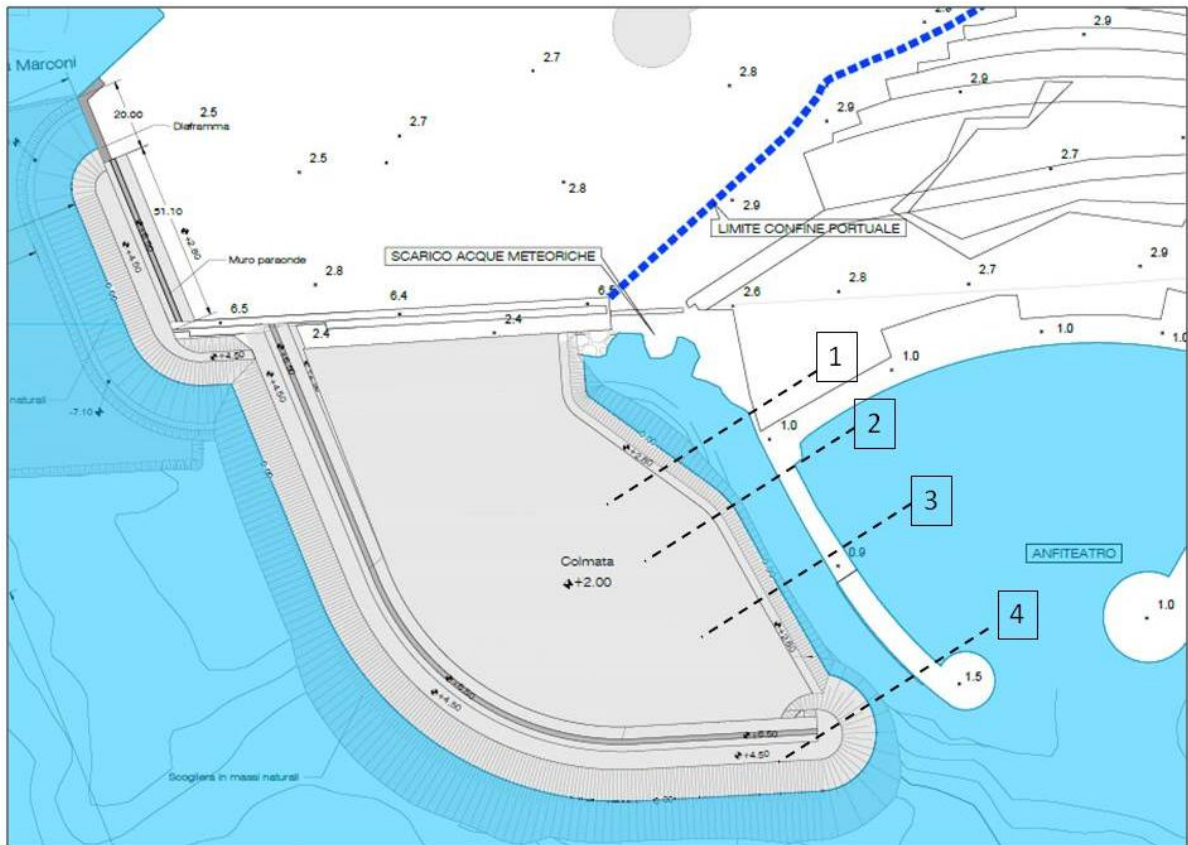
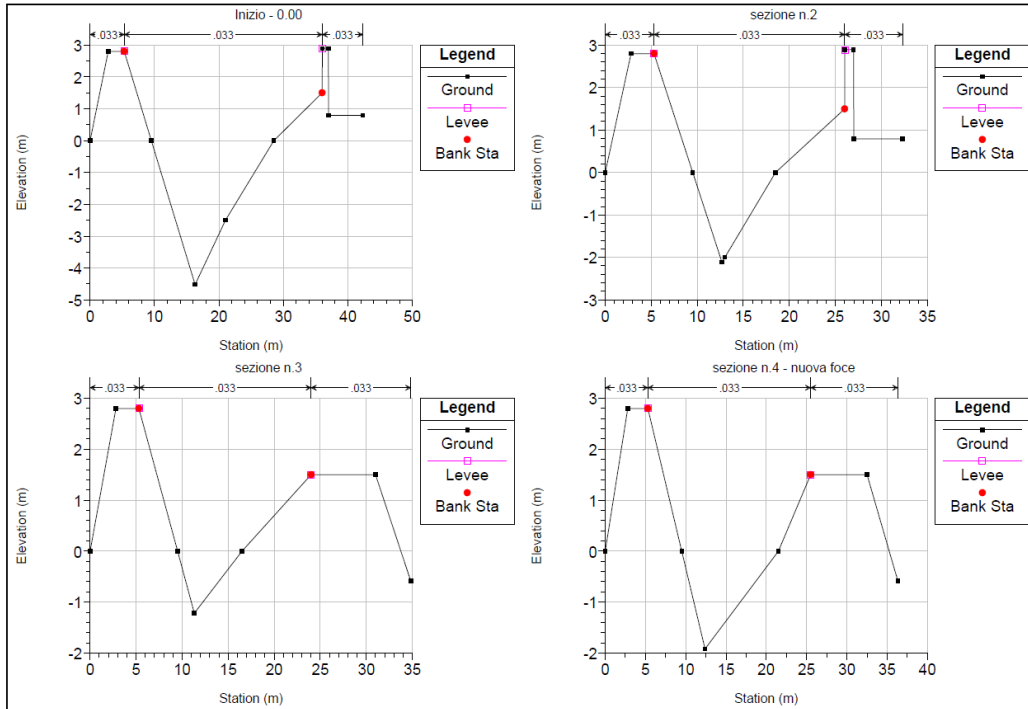


Figura 8 - Planimetria dell'area e sezioni di calcolo



Figura 9 - Scarico a mare

HEC-RAS Plan: Plan 01 River: Civitavecchia Reach: canale

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
canale	1000	Alta marea	4.50	-4.52	0.33	-3.50	0.34	0.000004	0.09	47.99	21.17	0.02
canale	1000	Bassa marea	4.50	-4.52	-0.05	-3.50	-0.05	0.000006	0.11	40.25	18.76	0.02
canale	950	Alta marea	4.50	-2.11	0.33	-1.13	0.33	0.000126	0.35	12.83	11.13	0.10
canale	950	Bassa marea	4.50	-2.11	-0.07	-1.13	-0.06	0.000309	0.50	8.92	8.71	0.16
canale	900	Alta marea	4.50	-1.22	0.30	-0.35	0.32	0.000812	0.68	6.65	8.95	0.25
canale	900	Bassa marea	4.50	-1.22	-0.28	-0.35	-0.12	0.010295	1.77	2.54	5.40	0.83
canale	850	Alta marea	4.50	-1.92	0.30	-1.08	0.30	0.000085	0.29	15.31	13.25	0.09
canale	850	Bassa marea	4.50	-1.92	-0.30	-1.08	-0.28	0.000472	0.55	8.20	10.13	0.19

Tabella 1 – Sintesi dei Principali parametri idraulici

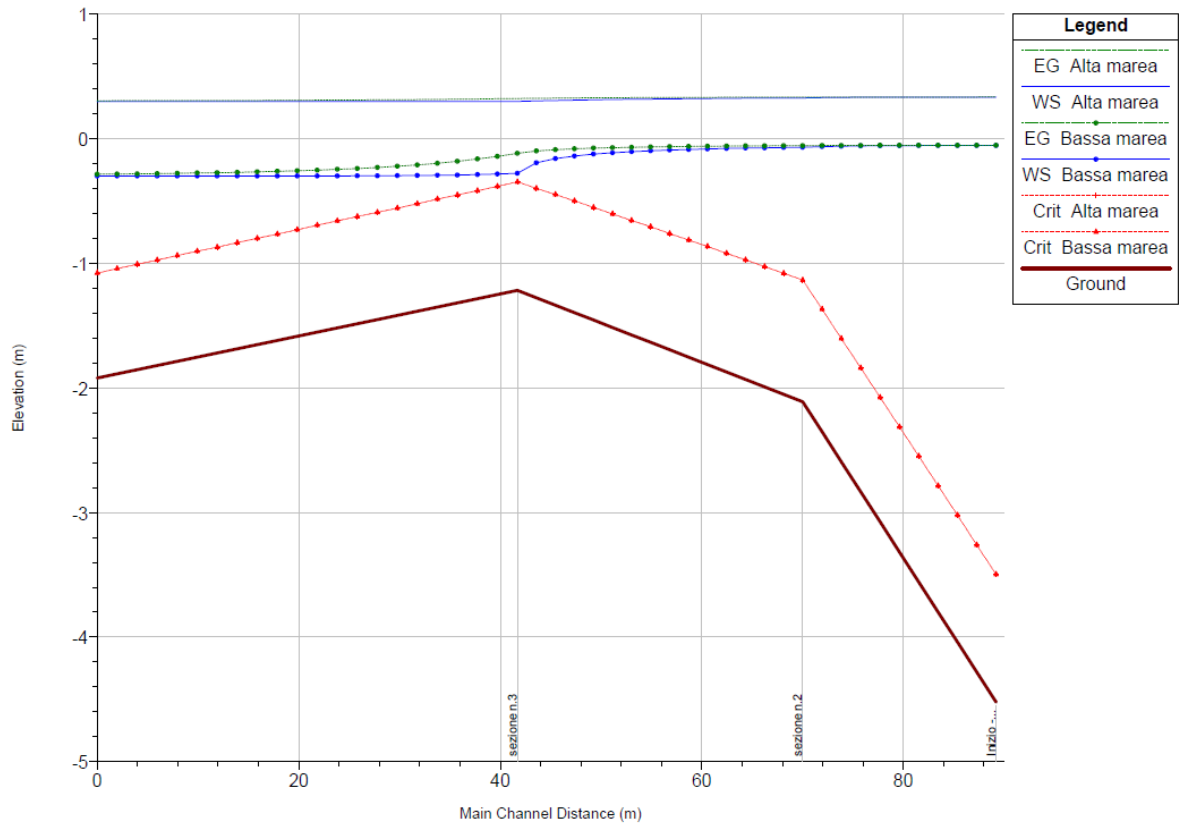


Figura 10 – Profili della superficie idrica, carichi totali e critica in entrambi gli scenari

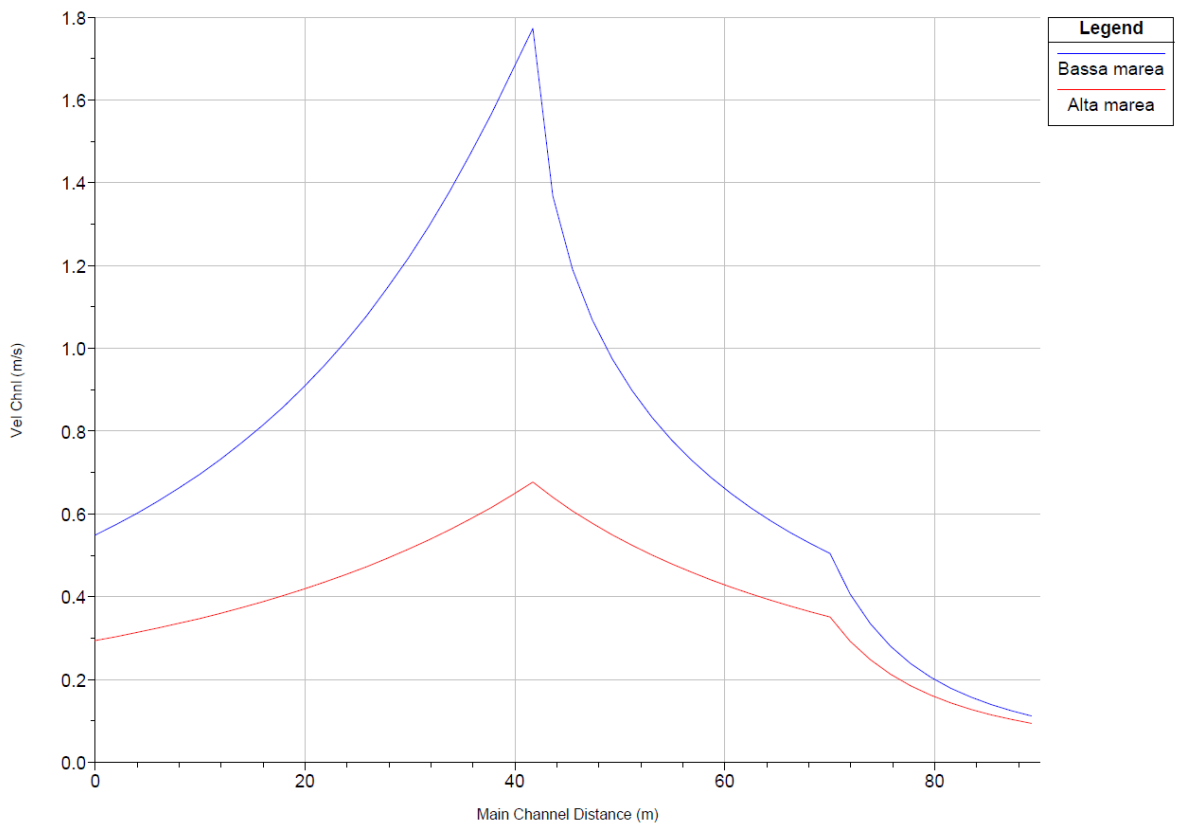
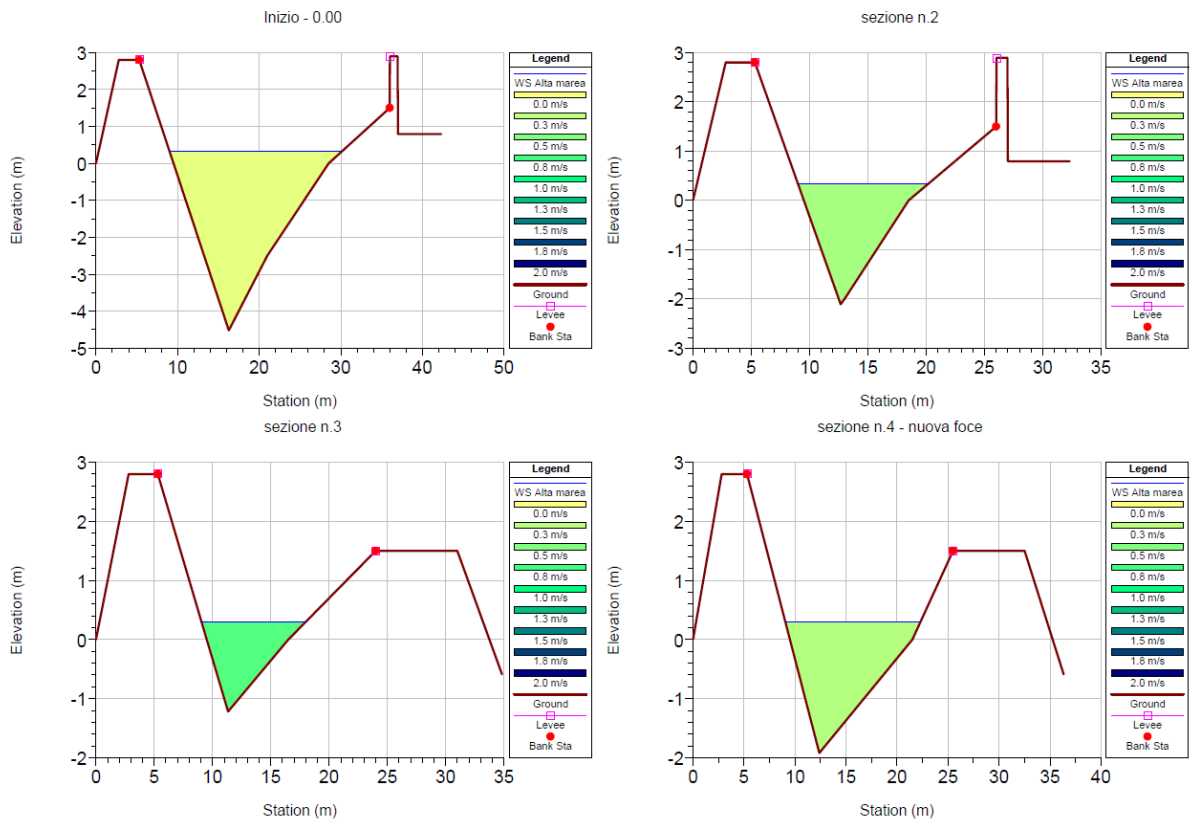
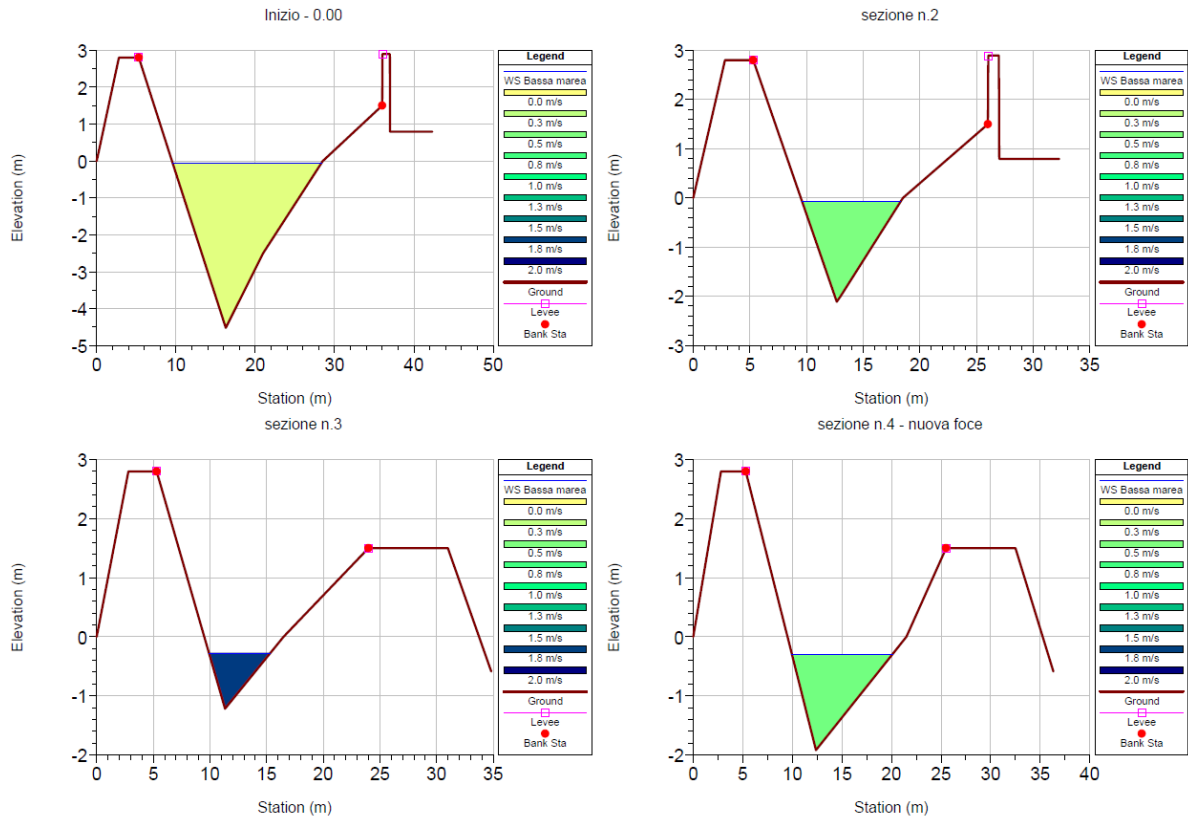


Figura 11 – Profili della superficie idrica, carichi totali e critica in entrambi gli scenari





**Figura 12 – Sezioni trasversali con indicazione della superficie idrica e della velocità media  
Scenario: alta marea**

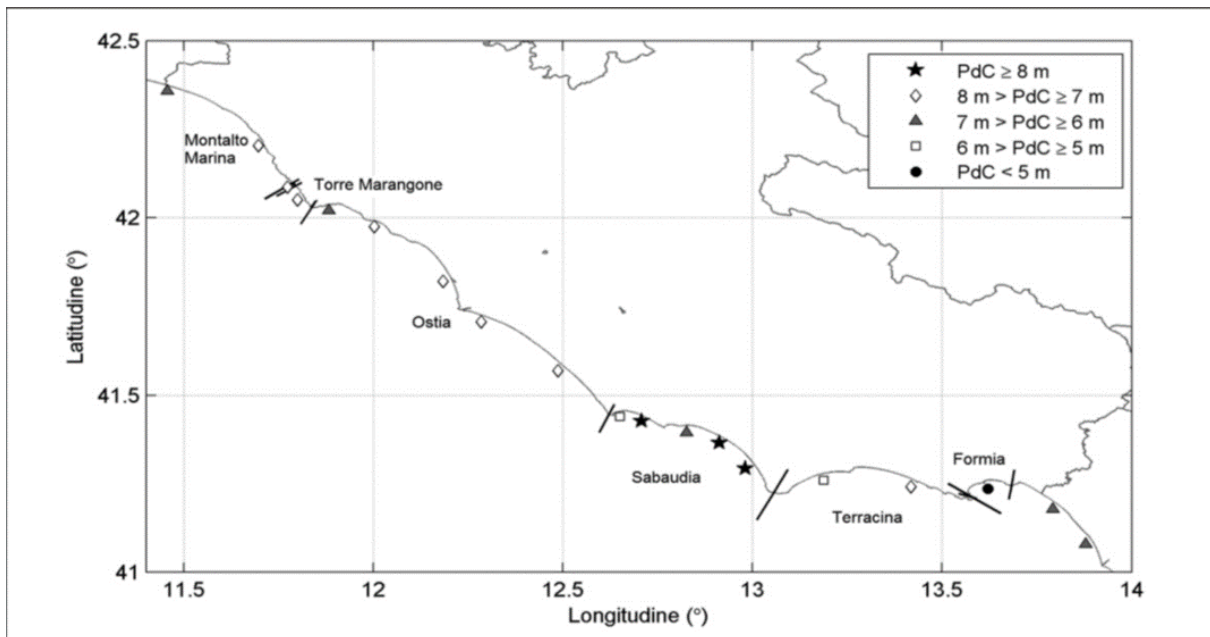


**Figura 13 – Sezioni trasversali con indicazione della superficie idrica e della velocità media  
Scenario: bassa marea**

### 3. STUDIO MORFOLOGICO DELL'AREA DEL NUOVO ACCESSO

Per inquadrare l'area di intervento si deve partire da una indagine ad ampia scala prendendo a riferimento le caratteristiche dell'Unità Fisiografica in cui ricade.

Sulla base della classificazione fatta a scala nazionale dall'ISPRA sui litorali italiani, l'area di intervento appartiene all'Unità Fisiografica denominata "Torre Marangone" che si sviluppa dal porto verso Sud per circa 9 km sino a Capo Linaro. L'Unità è classificata come "Promontorio" ovvero tratto di costa (rocciosa) sporgente verso mare con rilievi più o meno accentuati. Per gli aspetti morfologici e morfodinamici presenta un orientamento medio di 249 °N ed ha una profondità di chiusura (annuale) pari a 7,3 m.



**Figura 14 - Classificazione delle Unità Fisiografiche (UF) del Lazio e relative sub-unità distinte dalle profondità di chiusura (PdC) annuali. Le linee ortogonali alla costa identificano i limiti delle UF, mentre la toponomastica identifica alcune delle UF di riferimento (fonte ISPRA)**

Dati Ondametrici	Nome UF	Sub Unità Fisiografica	Limiti laterali		Morfotipo	Profondità di chiusura (PdC)			Orientam. (° Nord)	Estensione (km)		
			ponente	levante		PdC <sub>1</sub>	PdC <sub>5</sub>	PdC <sub>10</sub>		Sub UF	Totale	
RON Civitavecchia	Montalto Marina	Montalto	Torre di S. Pancrazio	Sottflutto Porto Civitavecchia	Falcata	6,9			202	53,3	63,3	
		Tarquinia				7,8			237	10		
		Civitavecchia	Sottoflutto Porto Civitavecchia	Sopraflutto Porto Civitavecchia	Porto (antropico)	7,1	-	-	239		4,9	
		Torre Marangone	Sopraflutto Porto Civitavecchia	Capo Linaro	Promont.	7,3	-	-	242		9	
		OSTIA	S. Marinella	C.po Linaro	C.po d'Anzio	Piana Alluvionale	6,2	-	-	170	7	110
	Ladispoli		7,1				-	-	204	23		
	Fregene		7,6				-	-	249	25		
	Castel		7,4				-	-	210	35		
	Lavinio		7,8				-	-	234	20		

**Tabella 2 – Caratteristiche dell'Unità Fisiografica (UF) di Torre Marangone (PR, fonte ISPRA 2010)**



**Figura 15 - Unità Fisiografica denominata "Torre Marangone"**

Le informazioni sulle condizioni di esposizione meteomarina dell'unità fisiografica è stata desunta dai risultati dello studio meteomarino redatto nell'ambito del presente progetto.

I dati di base sono costituiti dalla serie dei dati ricostruiti con il modello di ultima generazione sviluppato dal centro meteorologico europeo e reso disponibile con il Progetto ERA5.

Nella successiva figura è riportata la rosa di distribuzione direzionale delle altezze d'onda significative al largo dell'area in esame e più precisamente nel punto di coordinate lat/lon 42°3'36" N e 11°40'12"E.

Come è possibile notare dalla Figura 16, gli eventi di moto ondoso provenienti dai settori di traversia principale (secondo e terzo quadrante), propagandosi verso riva si concentrano prevalentemente nel settore 180–240°N (terzo quadrante).

I dati di base sono stati propagati in costa in prossimità dell'area di intervento usando il modello di propagazione inversa spettrale MEROPE.

Dalla Figura 17 si evince come gli eventi di moto ondoso provenienti dai settori di traversia principale (secondo e terzo quadrante), propagandosi verso riva, si concentrino ulteriormente nel settore 180–240°N (terzo quadrante) con una netta prevalenza in termini di frequenza da mezzogiorno e libeccio.

Ciò significa che, qualora vi fosse un trasporto solido dei sedimenti, esso sarebbe diretto da Sud-Est verso Nord-Ovest.

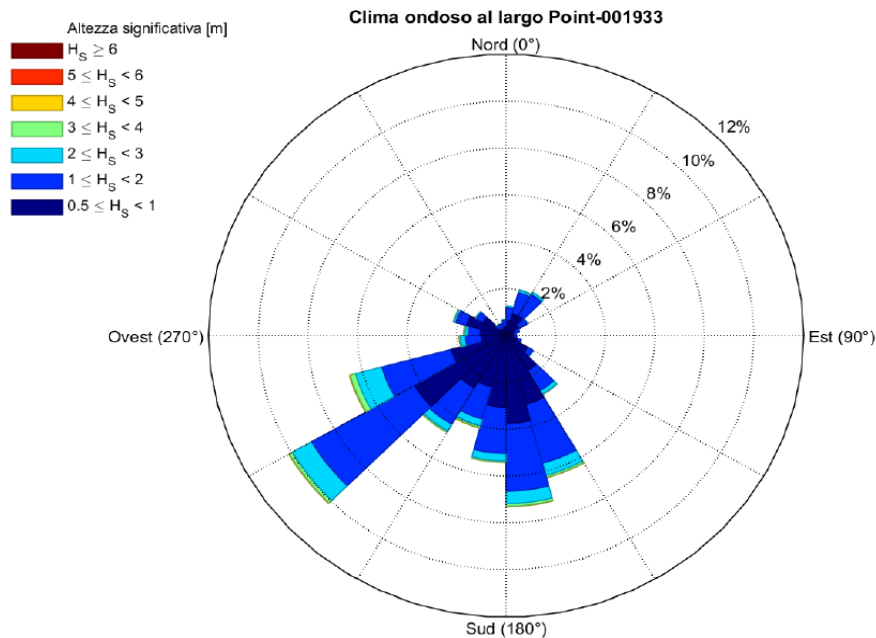


Figura 16 - Rosa di distribuzione direzionale dell'altezza significativa al largo dell'unità fisiografica

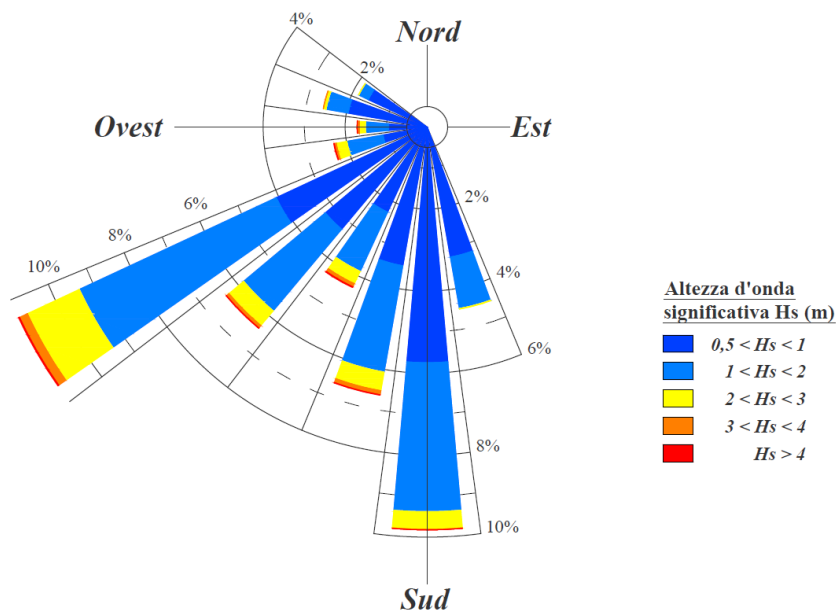


Figura 17 - Risultati della propagazione inversa spettrale del moto ondoso sottocosta, in termini di distribuzione direzionale e classi di altezza d'onda

Per completare l'inquadramento dell'area è utile richiamare gli studi effettuati per il SIA della Variante al PRP (1996) e della Darsena Energetico Grandi Masse (2000). Tali studi, riportati anche nel SIA delle Opere Strategiche e della Variante 2004, sono basati sull'analisi storica della linea di costa, effettuata sulla base di un'ampia cartografia ricoprente ben 67 anni (dal 1925 al 1991), e tramite l'analisi locale dei fattori che regolano l'equilibrio costiero.

Per l'analisi storica dell'assetto planimetrico della linea di costa, effettuata negli studi citati, ci si è avvalsi delle restituzioni cartografiche dell'Istituto Geografico Militare e le carte nautiche Dell'Istituto Idrografico della Marina. Sono stati infine utilizzati i rilievi topografici, batimetrici ed aerofotogrammetrici eseguiti nell'area in esame dal 1988 al 1992.

Le analisi dei fattori locali sono state condotte per la valutazione delle condizioni di equilibrio costiero e della probabilità che esse siano perturbate dalla presenza delle nuove opere portuali in progetto. In particolare sono state analizzate:

- le caratteristiche geo-litologiche e sedimentarie;
- la tipologia geologico-sedimentaria dei materiali costituenti i fondali;
- gli apporti solidi;
- le caratteristiche del clima d'onda;
- le caratteristiche idrodinamiche.

Di seguito si riassumono schematicamente i risultati conseguiti dagli studi citati con particolare riferimento all'area in esame:

- il tratto di costa in esame è oggi densamente antropizzato.
- malgrado l'intensa attività umana che ha interessato il litorale dai tempi dei Romani, la linea di spiaggia non mostra variazioni naturali nell'arco di tempo sottoposto ad indagine. Tutte le modifiche registrate sono ascrivibili ad intervento umano diretto.
- nei bacini portuali esistenti non sono mai stati eseguiti lavori di dragaggio dovuti a fenomeni di insabbiamento e/o trasporto solido costiero, malgrado all'imboccatura del porto di Civitavecchia sfoci il Fosso Fiumaretta ed in corrispondenza dell'imboccatura del Marina Riva di Traiano sbocchi il Fosso del Malpasso.
- la litologia e la sedimentologia del tratto di costa in esame è tale da non presentare materiale che possa essere oggetto di trasporto litoraneo.
- gli apporti dei corsi d'acqua sfocianti lungo il litorale in oggetto sono da considerarsi nulli.
- le correnti profonde (o generali) hanno velocità estremamente bassa, di molto inferiore ad 1 nodo, che comunque interessa le acque profonde, senza alcuna influenza sulle acque antistanti la costa e senza alcuna capacità di produrre trasporto solido costiero.

Nella Figura 18 sono riportate una serie di foto aeree storiche dell'area in esame dalle quali si evince come in prossimità del radicamento dell'antemurale non siano presenti spiagge emerse, o accumuli di biomasse vegetali (foglie di posidonia) o di sedimenti trasportati dalle correnti litoranee o dal moto ondoso.

La spiaggia attualmente presente in prossimità del radicamento dell'antemurale è infatti di origine antropica ed è stata realizzata con i lavori di ripascimento eseguiti nel 2001 (Figura 19) nell'ambito di un articolato intervento di recupero urbano del waterfront cittadino sino ad allora occupato dal fascio binario a servizio del porto di Civitavecchia come documentato dalle aerofoto della Figura 18.

Questa spiaggia artificiale, seppur protetta da una barriera distaccata sommersa, in mancanza di interventi di manutenzione, e soprattutto di apporti solidi dovuti al trasporto litoraneo, ha visto ridursi la propria ampiezza senza divagare verso Nord-Ovest.

Gli elementi fin qui illustrati evidenziano come nel tratto di costa in esame possa ritenersi nullo il flusso reale dei sedimenti trasportati dal moto ondoso e dalla corrente marina che potrebbe comportare problemi di interrimento per il porto storico.

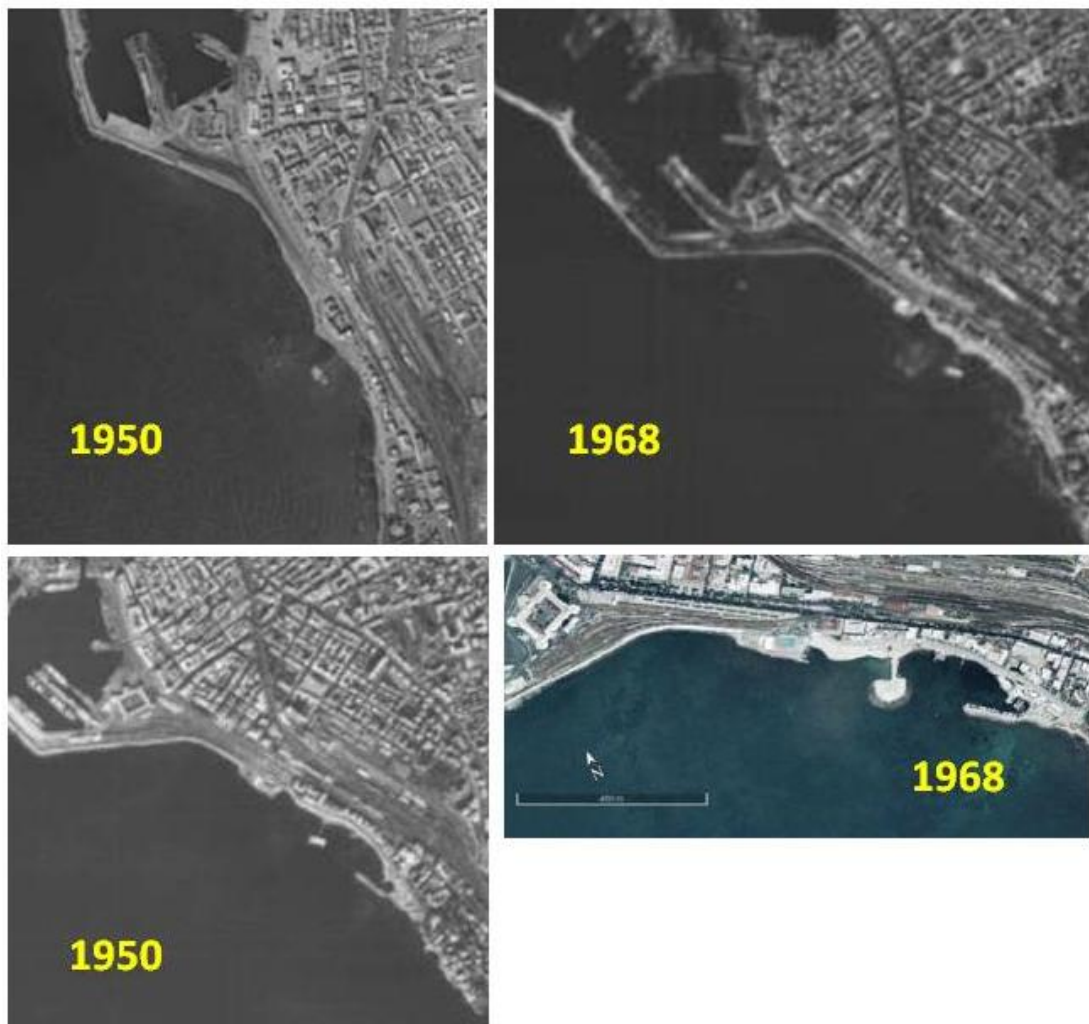


Figura 18 - Foto aeree storiche dell'area in esame



Figura 19 - Foto aeree del "waterfront" al termine dei lavori (2001) e attuale (2019)