

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 GENERALE

P R 2    D R    0 0 1    0 0    G E N

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>INQUADRAMENTO DELL'INTERVENTO .....</b>	<b>2</b>
<b>2.</b>	<b>STATO ATTUALE .....</b>	<b>3</b>
<b>2.1</b>	<b>Descrizione dell'area del collegamento tra Antemurale e Molo Vespucci .....</b>	<b>3</b>
<b>2.2</b>	<b>Antemurale Sud.....</b>	<b>5</b>
<b>2.3</b>	<b>Strutture di attracco da demolire .....</b>	<b>6</b>
<b>2.4</b>	<b>Banchina Marconi .....</b>	<b>7</b>
<b>2.5</b>	<b>Banchina Cialdi .....</b>	<b>8</b>
<b>3.</b>	<b>DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO .....</b>	<b>9</b>
<b>3.1</b>	<b>Nuovo accesso al bacino storico .....</b>	<b>9</b>
3.1.1	Nuova opera di difesa.....	12
3.1.2	Nuova imboccatura portuale.....	16
3.1.3	Vasca di colmata .....	20
3.1.4	Resezione banchina Cialdi .....	22
3.1.5	Bilancio dei materiali.....	23
3.1.6	Fasi esecutive e cronoprogramma .....	24
<b>3.2</b>	<b>Collegamento tra il Molo Vespucci e l'Antemurale Colombo .....</b>	<b>30</b>
3.2.1	Descrizione della soluzione progettuale .....	30
3.2.2	Impianti .....	33
3.2.3	Aspetti realizzativi .....	36
<b>4.</b>	<b>ASPETTI GEOLOGICI E GEOTECNICI.....</b>	<b>37</b>
<b>4.1</b>	<b>Nuovo accesso al bacino storico .....</b>	<b>37</b>
<b>4.2</b>	<b>Rilevato di collegamento.....</b>	<b>38</b>
<b>5.</b>	<b>STUDI A SUPPORTO DELLA PROGETTAZIONE .....</b>	<b>39</b>
<b>6.</b>	<b>STIMA ECONOMICA DELL'INTERVENTO .....</b>	<b>40</b>

## 1. INQUADRAMENTO DELL'INTERVENTO

Nell'ambito dello sviluppo futuro del porto di Civitavecchia, secondo i contenuti del Piano Regolatore Portuale (approvato nell'Adunanza del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici del 29/10/2004 prot. N°209) e delle Delibere CIPE (103/2004), l'Autorità Portuale ha individuato una serie di opere di grande importanza per la competitività della struttura portuale a livello nazionale ed internazionale aventi carattere strategico secondo quanto stabilito dalla Legge 441/01 e denominate per l'appunto "Opere Strategiche per il Porto di Civitavecchia". Tra di esse figurano gli interventi oggetto della presente progettazione, relativi alla realizzazione del nuovo accesso al bacino storico ed al collegamento tra il Molo Vespucci e l'Antemurale Colombo.

Per la realizzazione di tali interventi erano previste le seguenti opere principali:

- a) prolungamento verso sud della diga foranea;
- b) demolizione del radicamento a terra della diga foranea per la realizzazione del canale di accesso e relativo adeguamento dei fondali;
- c) ricostituzione dei fronti di banchina nelle aree soggette a demolizione e sistemazione delle pavimentazioni;
- d) ponte di collegamento tra l'antemurale Colombo e il Molo Vespucci.

Successivamente, il progetto preliminare di tali opere, approvato dal CIPE con la Delibera 103/2004, è stato oggetto di una revisione finalizzata da un lato ad una riduzione dei costi e dall'altro a razionalizzare le previsioni progettuali.

Relativamente al nuovo accesso al bacino storico, la revisione progettuale ha riguardato la modifica non sostanziale dell'imboccatura e la realizzazione di una vasca di contenimento dei materiali di risulta dei dragaggi, scavi e demolizioni necessari per realizzare l'opera.

Considerato che l'accesso al bacino storico è consentito, oltre alle imbarcazioni da diporto, solo alle piccole navi da crociera di lunghezza fino a circa 150 m si è scelto di rivalutare le dimensioni del varco di accesso e dell'opera di protezione rendendole funzionali a tale scopo (e verificandone la funzionalità anche con simulazioni di manovra in real-time).

Per quanto riguarda il collegamento con l'antemurale Colombo sono state recepite le indicazioni del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici (espresse in sede di esame delle Opere Strategiche e della variante al PRP) orientate all'adozione di una soluzione progettuale in grado di assicurare la massima sicurezza ovvero di garantire in qualsiasi condizione una via di fuga per chi si trovi nell'area crocieristica con un collegamento stabile tra antemurale e terraferma.

Dal punto di vista della sicurezza la soluzione individuata offre le maggiori garanzie perché elimina i rischi connessi sia ad un malfunzionamento di un ponte mobile sia ad un eventuale urto delle navi di grandi dimensioni. Infatti, la resistenza offerta dal volume di materiale costituente il corpo diga è tale da non compromettere la funzionalità del collegamento.

Un'ulteriore considerazione fatta in sede di revisione del progetto ha riguardato il fatto che non vi è alcuna necessità di garantire il collegamento marittimo tra i due bacini (storico e commerciale) in quanto i navigli ad essi associati appartengono a due famiglie distinte.

Gli elementi di revisione individuati, e adottati nel presente progetto, sono stati oggetto di una proposta di Adeguamento Tecnico Funzionale sulla quale il CSLPP ha espresso parere favorevole con voto n.71/2022.

## 2. STATO ATTUALE

La lunga storia del porto di Civitavecchia ha comportato che le opere esistenti sono il risultato di una successione di interventi di costruzione, ristrutturazione ed ampliamento. Pertanto la prima fase di progettazione ha riguardato la ricostruzione dell'insieme delle tipologie costruttive delle opere esistenti. A tal fine sono state utilizzate tutte le informazioni raccolte nell'ambito delle seguenti attività :

- ricerche bibliografiche;
- consultazione di progetti realizzati;
- analisi dei risultati di rilievi e indagini.

L'insieme di tali informazioni ha consentito quindi di identificare le opere di seguito descritte.

### 2.1 Descrizione dell'area del collegamento tra Antemurale e Molo Vespucci

Il Molo Vespucci è compreso tra le darsene Vespucci e Albicini. è caratterizzato da una lunghezza di circa 185 m e da una larghezza di circa 95 m. Il molo è costituito da un terrapieno delimitato da una banchina a massi sovrapposti.

Le due banchine del Molo Vespucci sono attualmente utilizzate per l'ormeggio di navi passeggeri e nell'area del molo ha sede l'Autorità di Sistema Portuale.

Il tratto di antemurale prospiciente il molo Vespucci è stato oggetto negli ultimi anni di una serie di interventi di rettifica delle banchine e del muro paraonde nonché di ampliamento dell'antemurale che hanno eliminato una serie di strettoie.

Nella Figura 1 e nella Figura 2 sono riportate delle vedute aeree dell'area.



Figura 1 - Veduta area dell'area del Molo Vespucci e dell'Antemurale



Figura 2 - Veduta area dell'area del Molo Vespucci e dell'Antemurale

## 2.2 Antemurale Sud

L'antemurale sud rappresenta in maniera abbastanza evidente il risultato dei vari interventi di rafforzamento e rifiorimento dell'opera di difesa che durante gli anni si sono resi necessari per ripristinarne l'efficienza al seguito di mareggiate estreme.

L'opera allo stato attuale si compone essenzialmente di una scogliera a gettata con nucleo in massi naturali protetta da una mantellata di tipologia mista composta da una parte in massi parallelepipedi e per la restante parte in massi tetrapodi. L'opera di difesa è completata da un coronamento in calcestruzzo di notevoli dimensioni con muro paraonde a 7,7 m s.l.m.m.

Il lato orientato verso l'interno del porto è composto da un fronte banchina in massi artificiali sovrapposti che contengono un terrapieno che raggiunge la quota di circa 2,5 m s.l.m.



Figura 3 – Veduta area dell'area Sud del porto

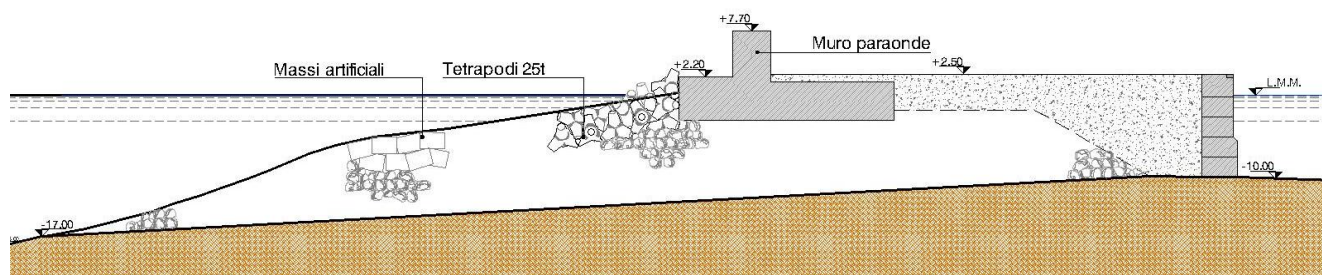


Figura 4 – Sezione tipo dell'antemurale Traiano in corrispondenza del bacino Umberto I





Figura 6 – Foto 01



Figura 7 – Foto 02

## 2.4 Banchina Marconi

La banchina denominata Marconi costituisce la sopracitata diga di interclusione della originaria bocca di accesso di levante. La finalità primaria del presente progetto è sostanzialmente quella di ripristinare tale accesso praticando "un taglio" all'interno della banchina Marconi. Tale opera, per analogia a quanto riscontrato nella ricostruzione dell'antemurale sud, è composta da un'opera di difesa a gettata protetta da una mantellata in massi artificiali e da un importante coronamento in calcestruzzo con muro paraonde posto a quota 6,60 m s.l.m.m.. Il lato orientato verso l'interno del porto è composto da un fronte banchina in massi artificiali sovrapposti che contengono un terrapieno che raggiunge la quota di circa 2,5 m s.l.m.



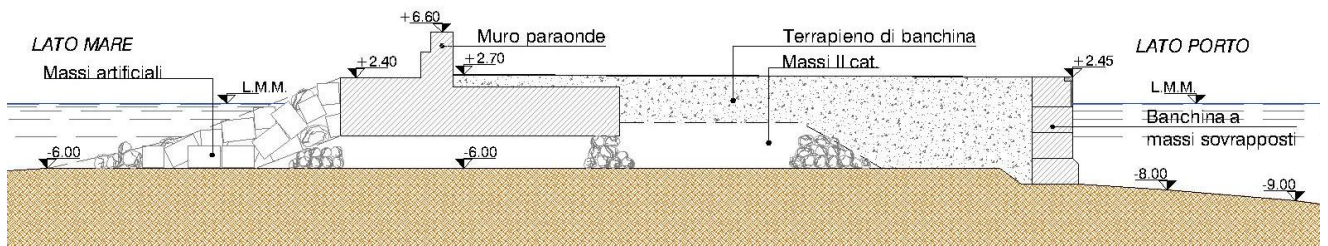


Figura 8 – Sezione tipo della banchina Marconi



Figura 9 – Foto dell'antemurale Traiano in corrispondenza della banchina Marconi

## 2.5 Banchina Cialdi

Tale banchina è composta anch'essa da un fronte in massi artificiali sovrapposti che contengono un terrapieno che raggiunge la quota di circa 2,5 m s.l.m. tale opera è stata sottoposta ad interventi di consolidamento e di protezione al piede per contrastare l'erosione indotta dalle eliche delle navi in fase di attracco e disormeggio.

### 3. DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO

#### 3.1 Nuovo accesso al bacino storico

Come accennato nei precedenti paragrafi la finalità del presente progetto è quella di realizzare un nuovo accesso al bacino portuale che consentirà l'ingresso delle imbarcazioni dal lato sud del porto, con il conseguente vantaggio di poter meglio razionalizzare le destinazioni d'uso delle aree portuali ed i relativi traffici operando una separazione della parte a prevalenza commerciale dal resto delle attività portuali.

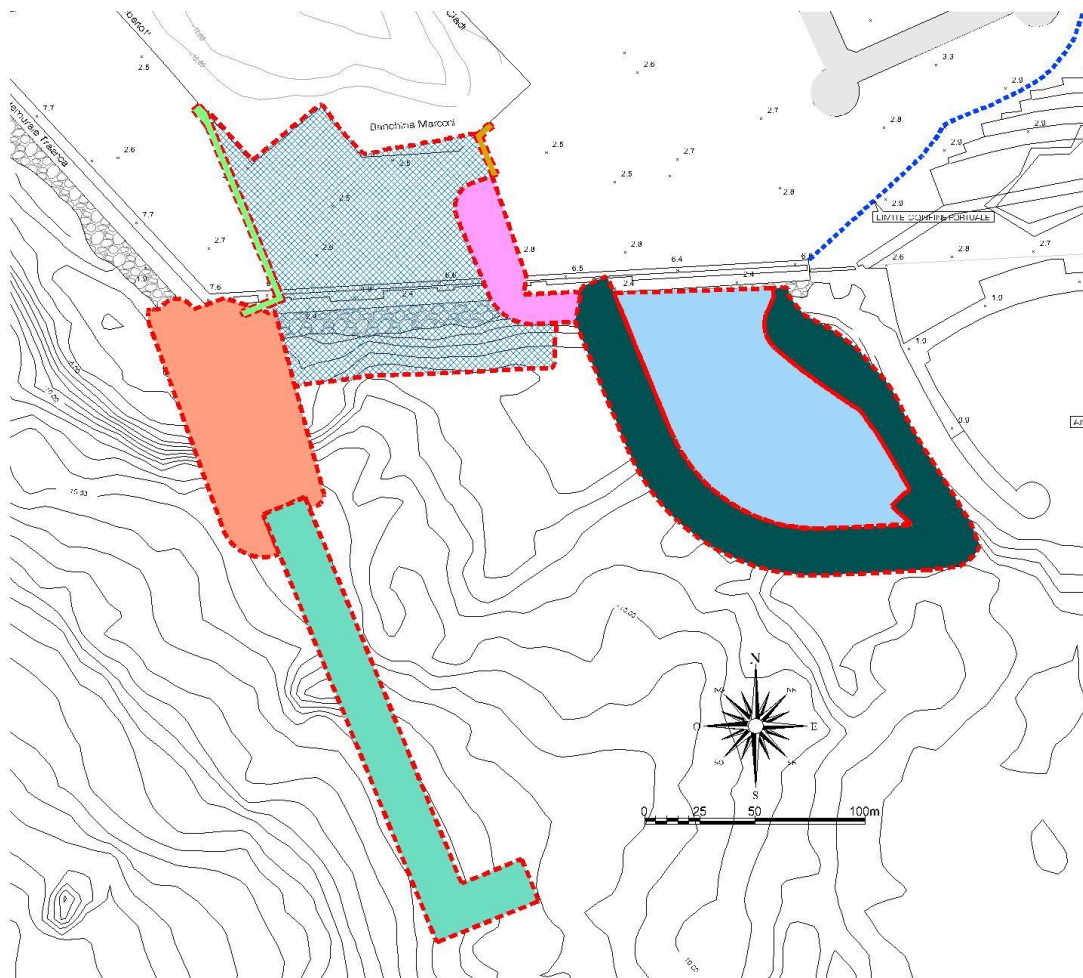
Per ottenere tale risultato si rende necessario attuare i seguenti interventi:

1. costruzione di una nuova opera di difesa in prolungamento dell'antemurale esistente in direzione sud;
2. demolizione dell'antemurale per la creazione del nuovo accesso;
3. realizzazione delle nuove opere a parete verticale e a gettata per la delimitazione della nuova imboccatura portuale;
4. realizzazione di una vasca per il contenimento dei materiali di risulta dei dragaggi, degli scavi e delle demolizioni necessarie per realizzare il nuovo accesso marittimo.

In Figura 10 sono riportate delle viste delle opere in progetto e nella Figura 11 è riportata la planimetria dei suddetti interventi che sono più dettagliatamente descritti nei successivi paragrafi.



**Figura 10 – Viste delle opere in progetto**



LEGENDA

	INGOMBRO DELLE NUOVE OPERE		IMBOCCATURA PORTUALE - DIAFRAMMA BANCHINA CIALDI
	DEMOLIZIONE OPERE DI BANCHINA		IMBOCCATURA PORTUALE - OPERA A GETTATA DI DELIMITAZIONE
	DIGA FORANEA - OPERE A PARETE VERTICALE		OPERA A GETTATA DI DELIMITAZIONE DELLA VASCA DI COLMATA
	DIGA FORANEA - OPERE A GETTATA		VASCA DI COLMATA
	IMBOCCATURA PORTUALE - DIAFRAMMA BANCHINA UMBERTO I°		

**Figura 11 – Sovrapposizione tra lo stato attuale e le opere in progetto**

### 3.1.1 Nuova opera di difesa

A protezione del nuovo accesso al bacino storico verrà realizzata un'opera di difesa caratterizzata da due tipologie costruttive:

- il primo tratto di lunghezza pari a circa 100 m sarà realizzato mediante un'opera a gettata;
- il secondo tratto di lunghezza pari a circa 210 m sarà realizzato mediante cassoni cellulari in calcestruzzo armato.

Il tratto di opera a gettata ha la funzione di raccordare l'antemurale esistente al tratto di diga a cassoni. L'opera è costituita da un rilevato in tout-venant protetto lato mare da una mantellata in tetrapodi da 25 t disposti con una pendenza di 1 su 2. Tra la mantellata e il nucleo è previsto uno strato filtro in massi naturali di seconda categoria. In posizione arretrata rispetto alla berma della scogliera in tetrapodi, al fine di formare una vasca di dissipazione, è ubicato il muro paraonde la cui quota di sommità è stata posta pari a +7.6 m sul l.m.m. in continuità con il muro paraonde dell'antemurale esistente.

Il rilevato è protetto lato porto da una scogliera in massi naturali di seconda categoria posta al di sopra di uno strato filtro di prima categoria. La scogliera è delimitata da un muro paraonde la cui quota di sommità è pari a +3.5 m sul l.m.m..

I cassoni della nuova diga saranno fondati alla profondità di 13.0 m sul l.m.m. su di uno scanno di imbasamento. All'interno i cassoni saranno suddivisi in celle separate da setti in calcestruzzo armato, riempite in parte con materiale inerte e in parte con calcestruzzo al fine di appesantire l'opera e renderla stabile. Sui cassoni verrà gettata in opera la sovrastruttura in cemento armato dotata di muro paraonde, la cui quota di coronamento sarà pari a +7.60 m sul l.m.m..

Sul lato esposto al moto ondoso residuo le celle del cassone saranno del tipo antiriflettente e verranno provviste di aperture per la dissipazione dell'energia ondosa al fine di ridurre i livelli di agitazione.

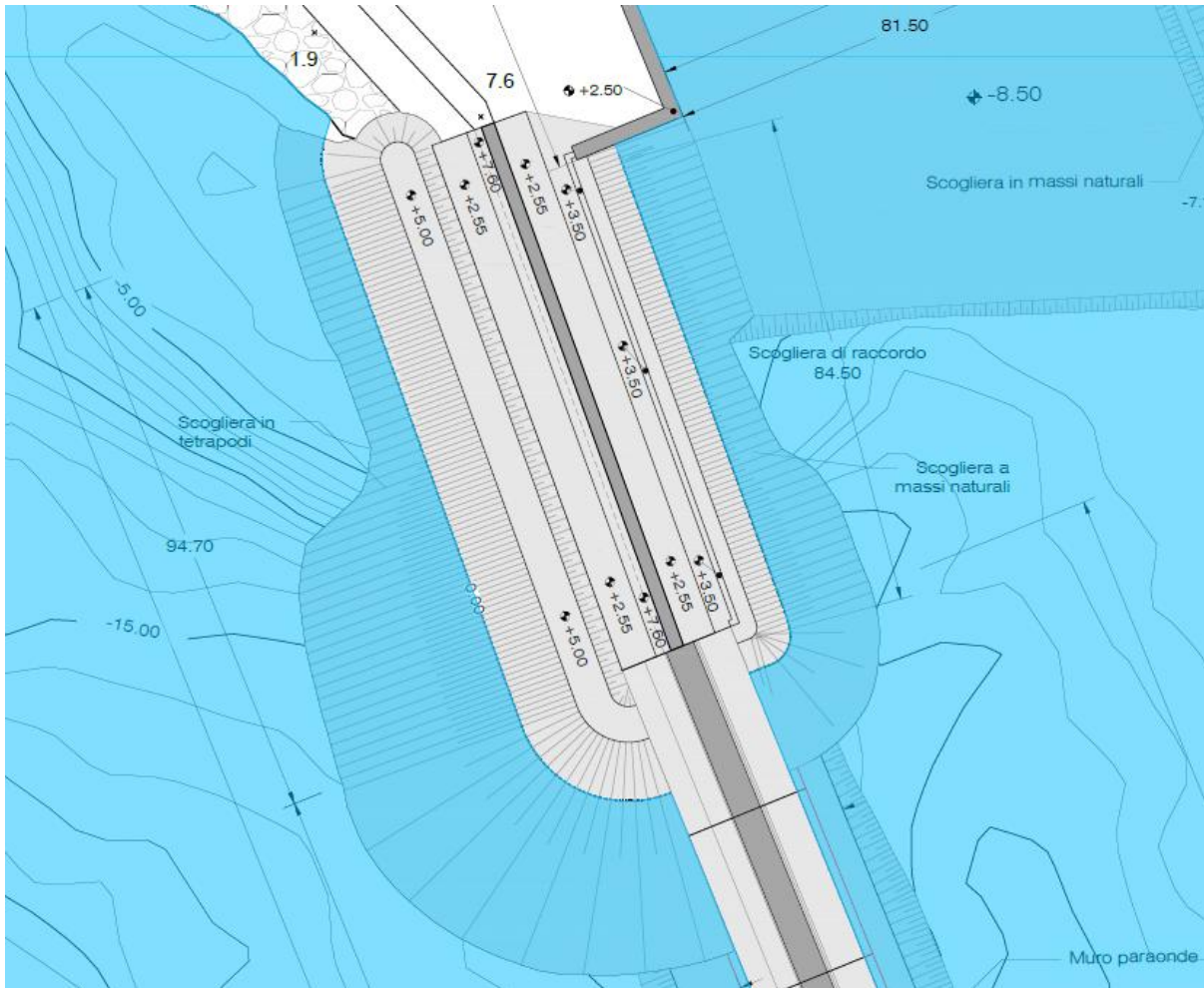


Figura 12 – Diga foranea. Tratto opera a gettata

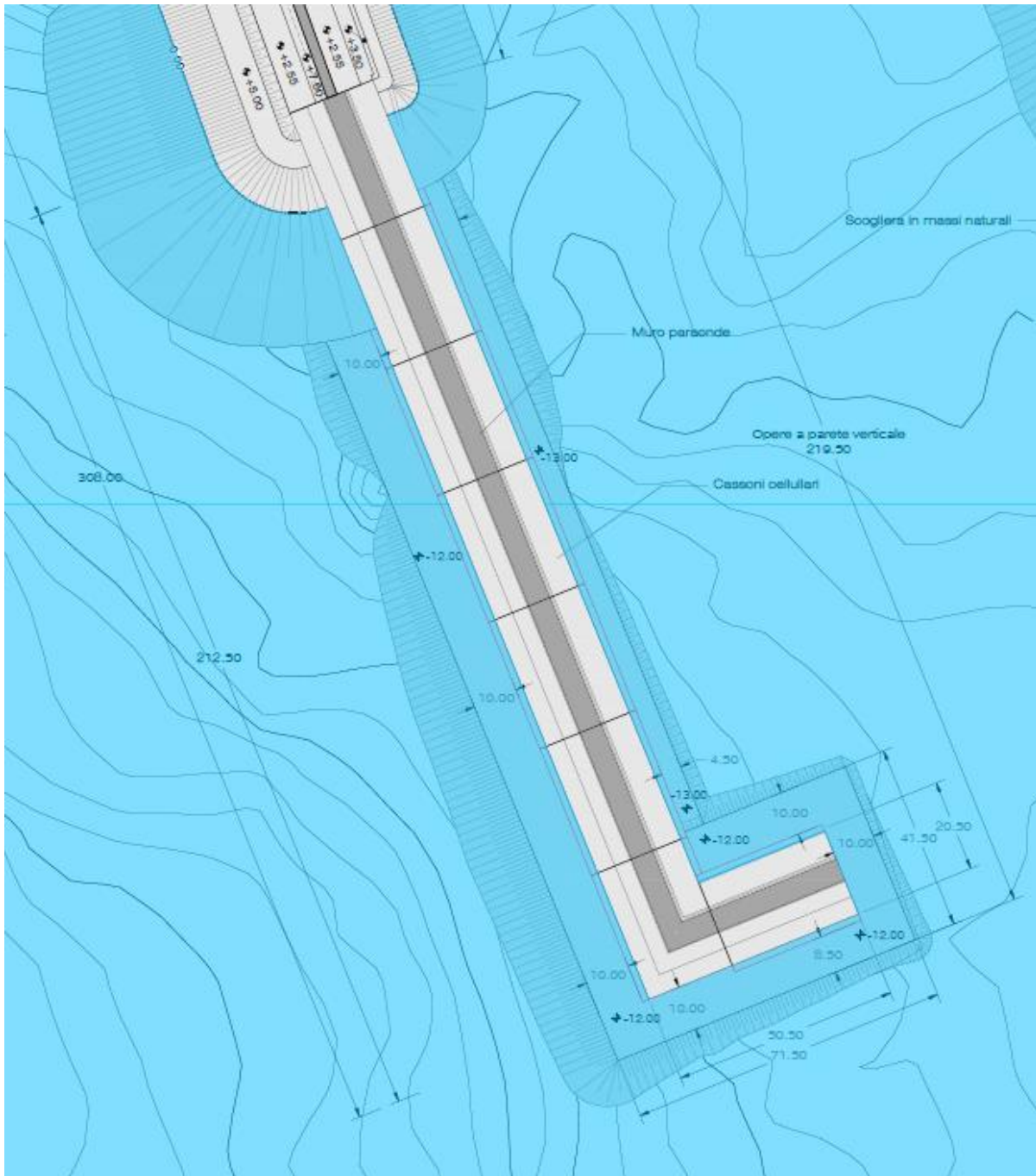


Figura 13 – Diga foranea. Tratto opera a parete verticale

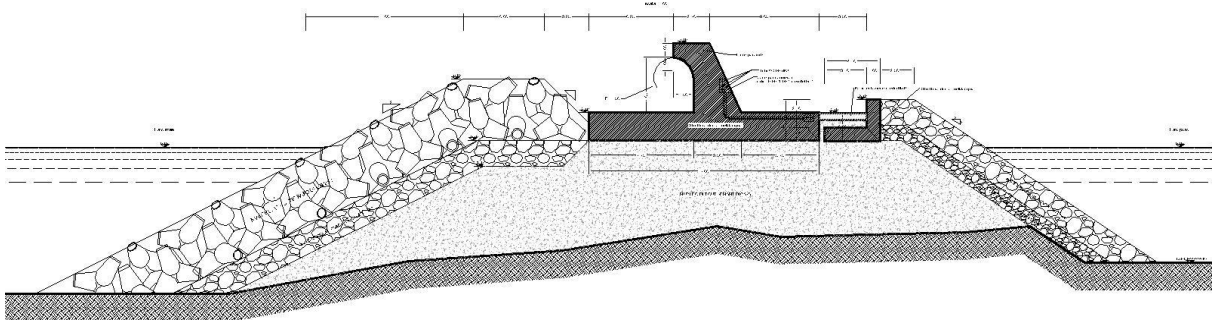


Figura 14 – Diga foranea. Sezione tipo del tratto di opera a gettata

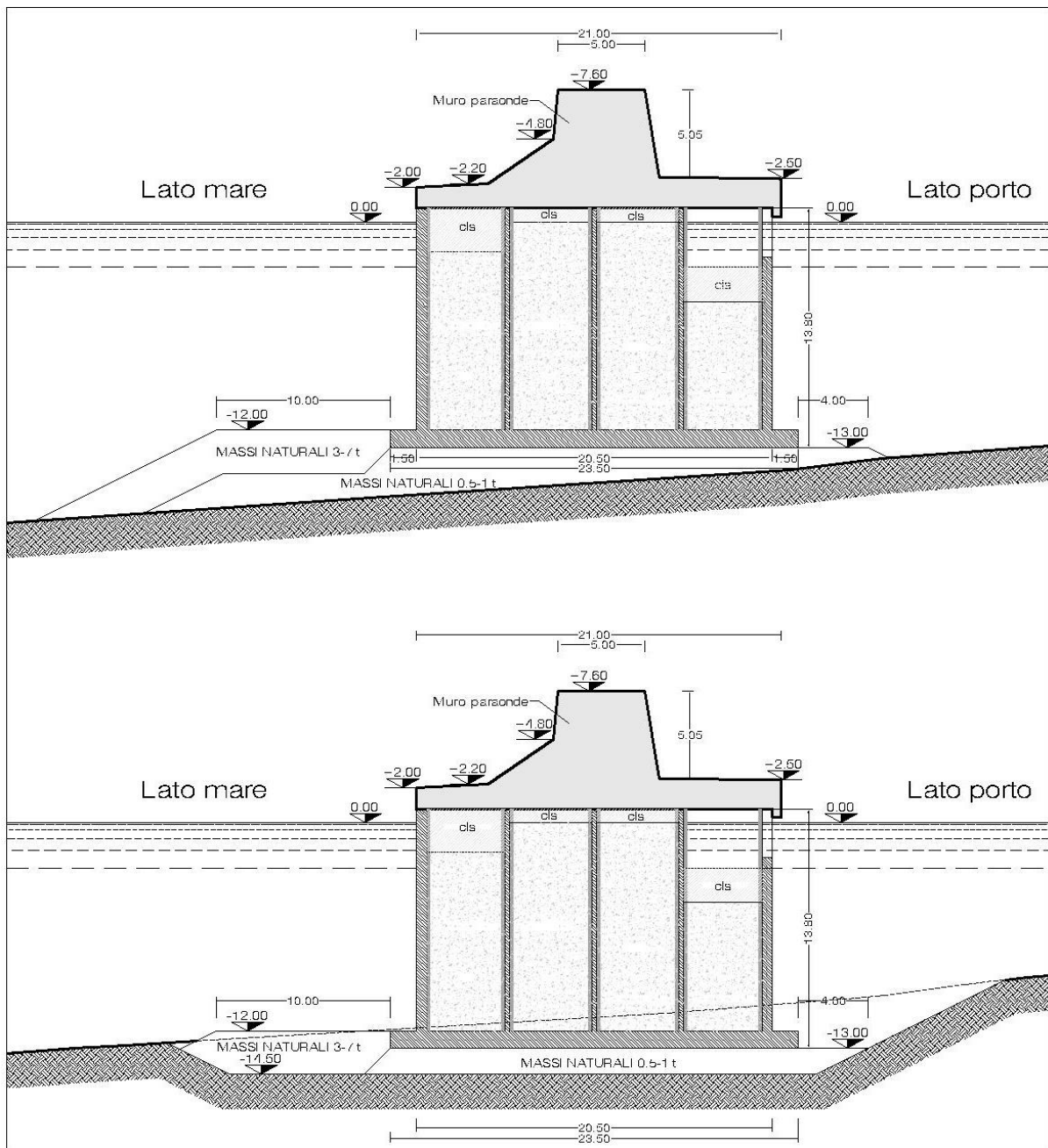


Figura 15 – Diga foranea. Sezione tipo del tratto di opera a parete verticale



### 3.1.2 Nuova imboccatura portuale

La nuova imboccatura portuale sarà delimitata da due differenti tipologie di opere (v. Figura 16 e Figura 17).

Sul lato Ovest in adiacenza alla banchina Umberto I° verrà realizzata una paratia di pali accostati del diametro di 1200 mm (Figura 18). I pali saranno trivellati direttamente all'interno del terrapieno, si intesteranno ad una profondità pari di 25.50 m s.l.m. e sarà utilizzata una camicia metallica a tutta altezza. L'opera di contenimento sarà resa completa da una trave di coronamento (larghezza 2,5 m e altezza 2,0 m) e da un trattamento colonnare eseguito in corrispondenza di ogni coppia di pali.

Pur non essendo sede di ormeggio la banchina che delimita il lato Ovest dell'imboccatura sarà ancorata con dei tiranti per minimizzare gli spostamenti in testa.

Sul lato Est verrà realizzata una scogliera in massi naturali (mantellata in massi 3-7 t e strato filtro 0.5-1 t) quale rivestimento del fronte di scavo. La scogliera sarà delimitata da un muro paraonde con la quota di coronamento pari a quella del muro esistente. Per contenere planimetricamente la scogliera è stato previsto di realizzare un breve tratto di paratia (circa 20 m) in adiacenza alla banchina Cialdi. La sezione tipo della paratia sarà identica a quella prevista per la delimitazione del lato Ovest del canale ma priva di tiranti.

Per la realizzazione del canale dovranno essere inoltre eseguite le seguenti lavorazioni:

- demolizione delle opere in calcestruzzo: muro paraonde esistente, banchine a massi sovrapposti, denti di attracco della banchina Marconi;
- escavo del materiale di riporto che costituisce il corpo della diga;
- salpamenti dei massi naturali e artificiali della scogliera di protezione e degli scanni di imbasamento.

Per la resecazione delle banchine a massi sovrapposti in corrispondenza del tracciato delle paratie sono stati previsti degli interventi di sostegno delle banchine come illustrato nella tavola "PR2\_DT\_044\_00\_PLA Interventi sulle banchine. Banchina Marconi" e nella tavola "PR2\_DT\_045\_00\_PLA Interventi sulle banchine. Banchina Umberto I".

Con riferimento alla Figura 17, il nuovo canale di accesso sarà caratterizzato da una profondità del fondale pari a 8.5 m pari alla quota media di imbasamento dell'antemurale esistente. La larghezza del canale sarà pari a circa 97 m alla quota del livello medio mare e a circa 82 m alla profondità di 8.50 m.

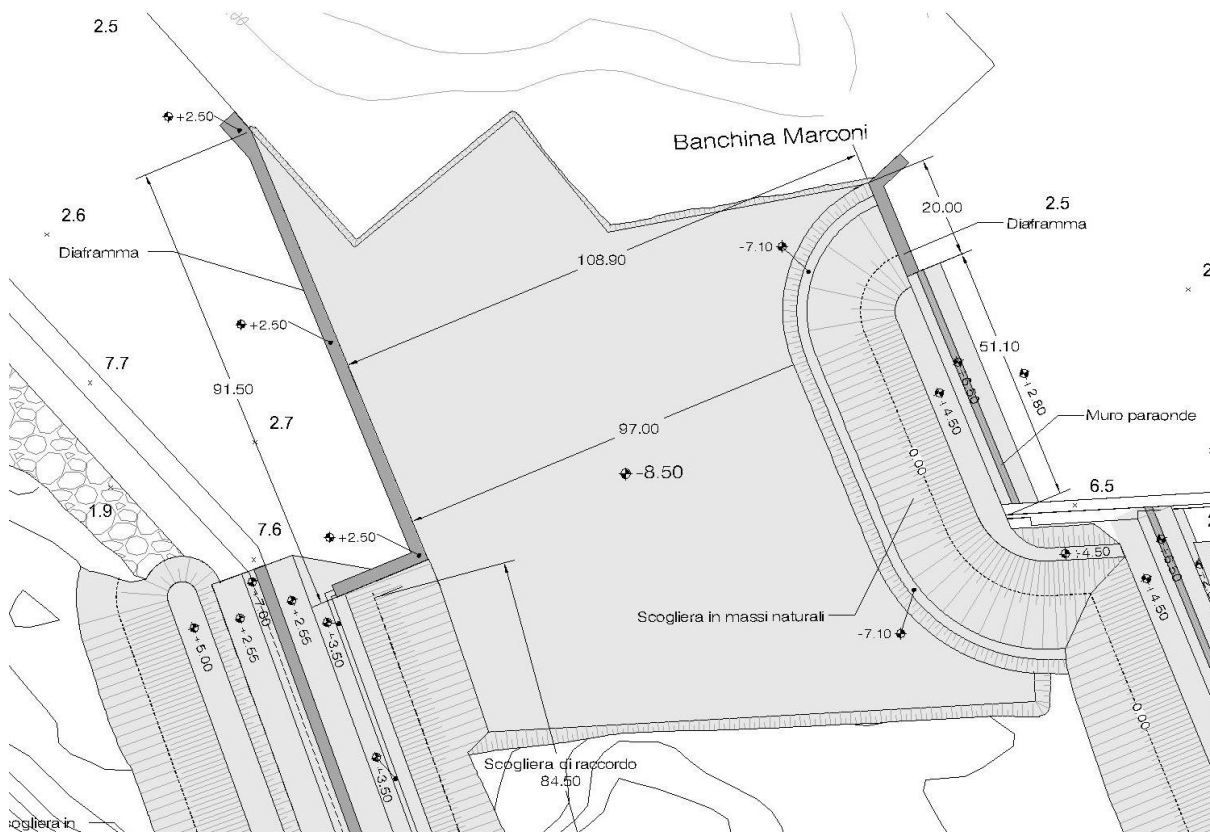


Figura 16 – Planimetria del nuovo canale di accesso al porto

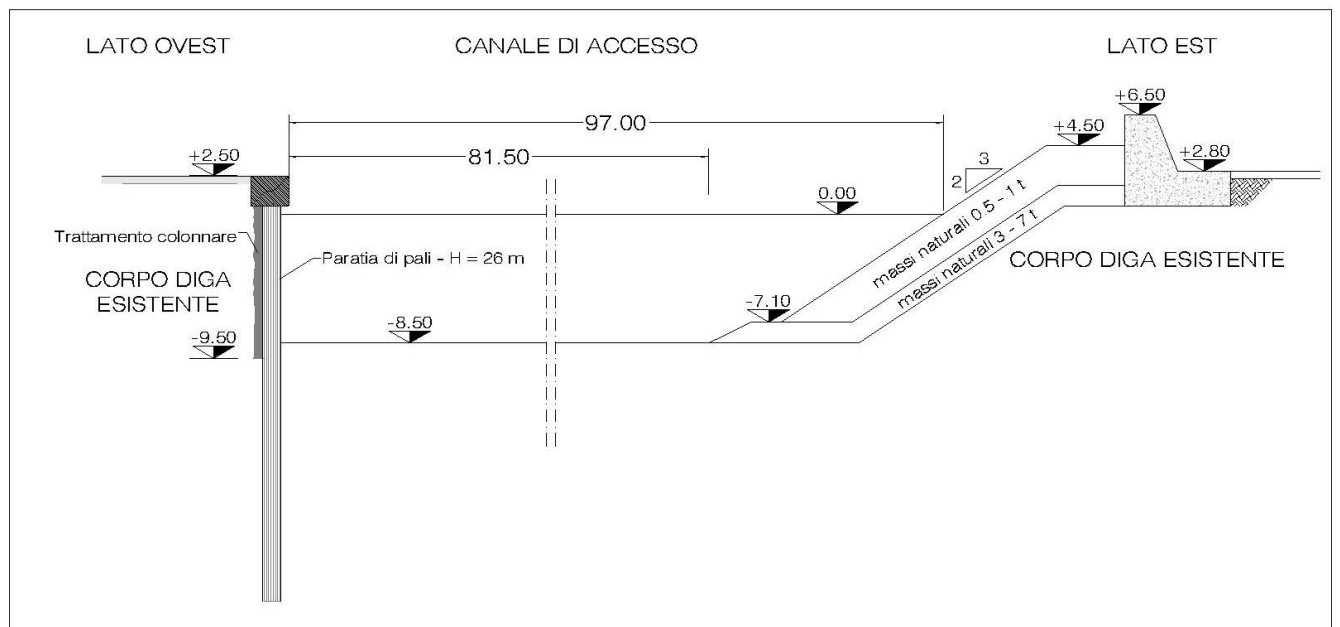


Figura 17 – Sezione del nuovo canale di accesso al porto

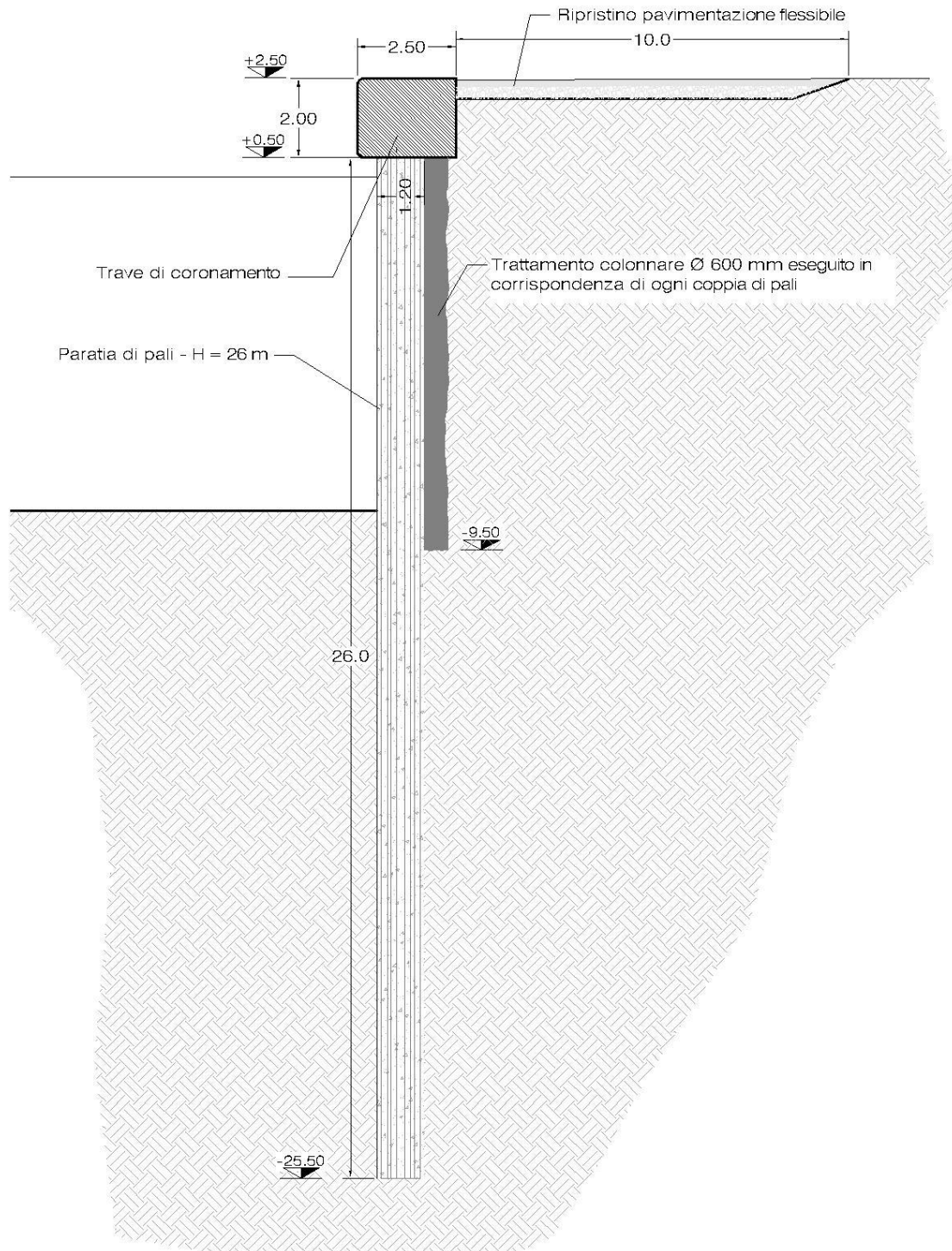
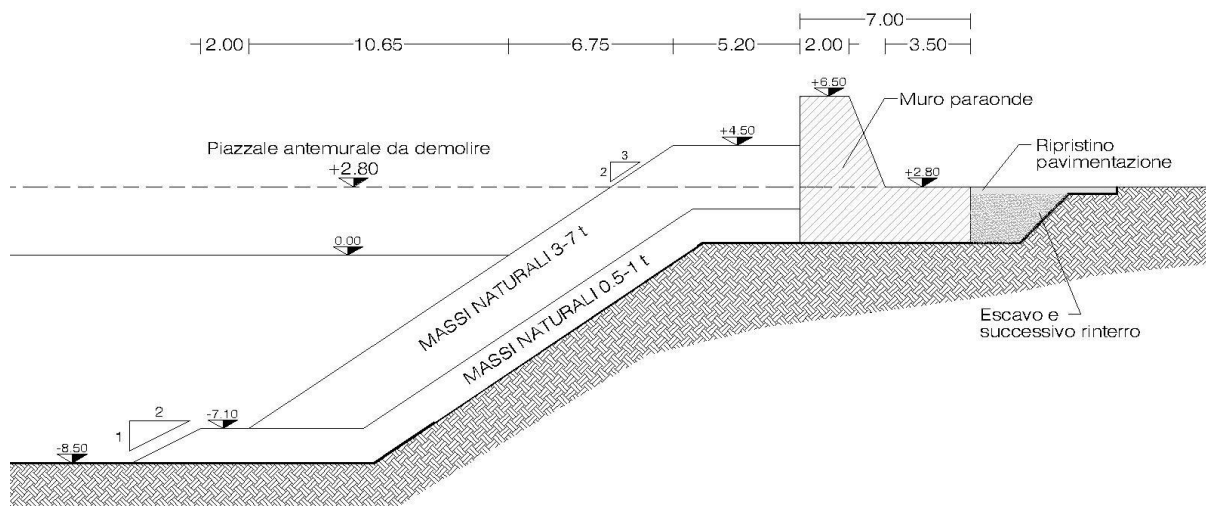


Figura 18 – Sezione tipo della paratia di pali accostati



**Figura 19 – Sezione tipo della scogliera di delimitazione del lato est del canale di accesso**

### 3.1.3 Vasca di colmata

Nella vasca di colmata verranno conferiti i materiali di risulta provenienti dagli escavi e dai dragaggi (per maggiori dettagli v. par. 3.1.5). La quota di sommità del piazzale una volta conferiti tutti i materiali di risulta sarà di circa +2.00 m sul l.m.m. per un'area complessiva di circa 9.000 m<sup>2</sup>.

Il terrapieno sarà delimitato da un'opera a gettata che verrà costruita via terra in continuità con la scogliera che delimita il canale di accesso.

Lungo il perimetro lato mare, l'opera è costituita per circa 225 m da un rilevato in tout-venant protetto lato mare da una mantellata in massi naturali di terza categoria disposti con una pendenza di 1 su 2. Tra la mantellata e il nucleo è previsto uno strato filtro in massi naturali di prima categoria. L'opera è completata da un muro paraonde la cui quota di sommità è stata posta pari a +6.50 m sul l.m.m..

Lungo il perimetro interno verrà realizzato per circa 130 m un argine in tout venant rivestito con massi. In prossimità del radicamento a terra l'argine verrà rivestito con i massi provenienti dal salpamento della diga foranea, mentre nel restante sviluppo dell'opera verranno utilizzati massi naturali di prima categoria.

La funzione dell'argine interno è quella di realizzare un canale di larghezza minima pari a 15 m compreso tra lo stesso argine e il molo dell'adiacente darsena. In questo modo la funzionalità degli scarichi a mare delle acque meteoriche (Figura 20) risulta assicurata.



Figura 20 – Scarichi a mare

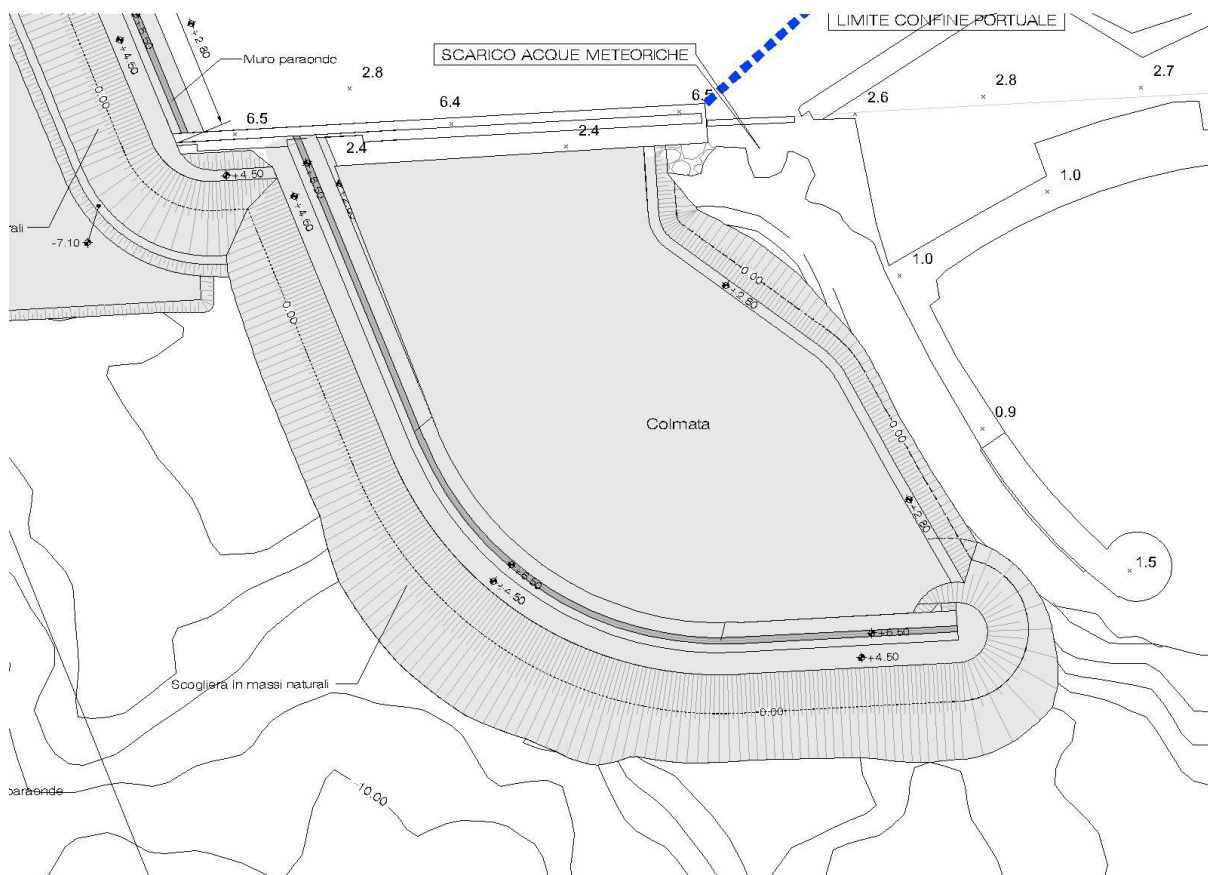


Figura 21 – Planimetria del nuovo terrapieno

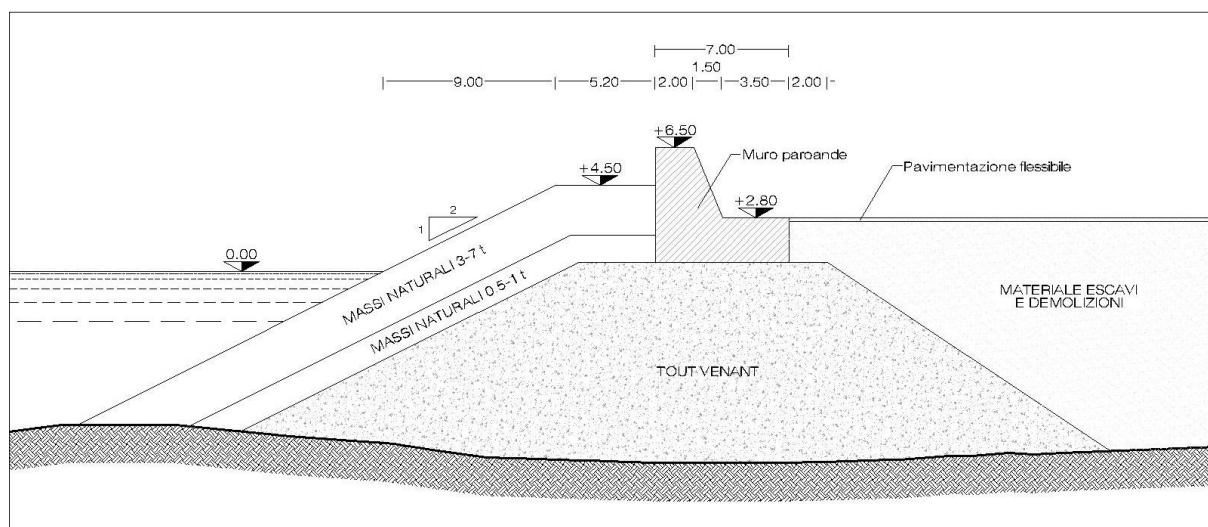


Figura 22 – Sezione tipo dell'opera a gettata di protezione del nuovo piazzale

### 3.1.4 Resezione banchina Cialdi

Per facilitare le manovre è stato previsto di resecare la parte terminale della banchina Cialdi al fine di ottenere uno smusso di 10 m dello spigolo della banchina.

L'intervento prevede:

- demolizione della parte sommitale della banchina fino a quota +0.5 slm per alleggerire la struttura e realizzazione di micropali  $\varnothing$  300 armati con profilati cilindrici cavi ( $\varnothing$ e 168 - sp = 12.5 mm - L = 9 m) di cucitura dei massi sovrapposti adiacenti allo smusso,
- realizzazione di una fila di micropali  $\varnothing$  300 armati con profilati cilindrici cavi ( $\varnothing$ e 168 - sp = 12.5 mm - L = 15 m) per il nuovo allineamento del filo banchina e una seconda fila degli stessi micropali arretrata di circa 7.5 m,
- trattamento colonnare con jet grouting (diam 600 mm, L=10 m) nel tratto di terreno di rinfianco compreso tra le due file di micropali,
- realizzazione di una nuova sovrastruttura che colleghi le due file di micropali,
- demolizione dello smusso.



Figura 23 – Sezione tipo dell'opera a gettata di protezione del nuovo piazzale

### 3.1.5 Bilancio dei materiali

Per la realizzazione del nuovo accesso sarà necessario operare un importante intervento di escavo e demolizione di un tratto del radicamento dell'antemurale del porto.

Nella Tabella 1 sono evidenziati i volumi derivanti dagli interventi di demolizione, salpamento ed escavo della diga con le relative destinazioni che possono essere così riassunte:

- tutti i materiali provenienti dalle demolizioni di pavimentazioni e strutture in cls verranno conferiti a discarica;
- il materiale di risulta dei salpamenti verrà riutilizzato per le opere a gettata;
- il materiale degli escavi e dei dragaggi verrà conferito per circa il 90% nella vasca e per circa il 10% a discarica (in base a precedenti indagini si è ipotizzato che questa sia la percentuale di materiale contaminato dalla presenza di idrocarburi).

Si osserva che il volume complessivo di escavi e dragaggi, pari a circa 76.000 m<sup>3</sup>, colmerebbe la vasca fino a circa quota +1.5 m sul l.m.m.. Tuttavia, considerando un rigonfiamento del materiale scavato pari a circa il 10%, la vasca verrà riempita fino a circa quota +2.0 m sul l.m.m..

	Volume (m <sup>3</sup> )	Vasca (m <sup>3</sup> )	Riutilizzo cantiere (m <sup>3</sup> )	Rifiuti inerti recuperabili (m <sup>3</sup> )
Demolizione di sottopavimentazioni e pavimentazioni	3,750			3,750
Demolizione di muratura in pietrame o calcestruzzo non armato	25,794			25,794
Salpamento di massi artificiali, scogli naturali e relitti di muratura	16,689		16,689	
Escavi	86,718	76,149	2829	7,740
<b>Totale</b>	<b>132,952</b>	<b>76,149</b>	<b>19,518</b>	<b>37,284</b>
<b>CAPACITA' CONFERIMENTO VASCA DI COLMATA</b>				
Volume da conferire (compreso rigonfiamento 10%)		83,764		
capacità vasca fino a quota media +2.00 m		84,000		

Tabella 1 - Bilancio dei materiali



### 3.1.6 Fasi esecutive e cronoprogramma

Per l'attuazione delle opere previste sono state eseguite una serie di analisi volte a minimizzare l'impatto dei lavori sulle attività portuali e in particolare sul traffico terrestre e su quello marittimo.

Risulta evidente che la realizzazione del nuovo accesso al bacino storico interrompe l'accesso via terra all'antemurale mentre la realizzazione del collegamento preclude l'accesso via mare al bacino storico. Pertanto l'impostazione generale delle fasi di attuazione due interventi, orientata concentrare nel minor tempo possibile la fase di massima interferenza con le attività portuali, è stata così articolata:

- Prima fase: realizzazione di tutti gli interventi compatibili con l'assetto attuale del traffico terrestre e marittimo,
- Seconda fase: gestione della fase di massima interferenza,
- Terza fase: completamento degli interventi.

Nella prima fase pertanto verrà garantito il transito terrestre tra il porto e l'antemurale lungo il radicamento e in particolare nel tratto della banchina Marconi. Il percorso dovrà essere adattato alle esigenze di cantiere ma il transito non subirà interruzioni. Le lavorazioni sull'antemurale Sud avranno per oggetto le opere marittime esterne, la gran parte della nuova imboccatura e la vasca di colmata e potranno essere eseguite secondo lo schema di Figura 24.

Nel contempo verrà realizzato parzialmente il nuovo collegamento tra antemurale e Molo Vespucci operando in avanzamento dalle banchine esistenti (Antemurale C. e Molo Vespucci) lasciando il settore centrale libero in modo da consentire l'accesso al bacino storico alle imbarcazioni che lo utilizzano. Nella Figura 25 è riportata una planimetria schematica della configurazione delle opere al termine della prima fase.

Con questa impostazione le lavorazioni, che riguardano la maggior parte degli interventi, potranno essere portate avanti agilmente senza importanti interferenze per una durata di questa fase stimata in circa 16 mesi (v. Figura 29).

Completata la prima fase, si impone la scelta tra queste possibili opzioni necessariamente alternative:

- garantire il traffico marittimo da e per il bacino storico per tutta la restante durata dei lavori,
- garantire il collegamento terrestre con l'antemurale per tutta la restante durata dei lavori.

La prima opzione prevede di mantenere il canale provvisorio sul nuovo collegamento tra antemurale e Molo Vespucci e contestualmente completare il nuovo accesso a Sud. In questo modo, per un periodo di tempo seppure limitato, i collegamenti terrestri con l'antemurale si troverebbe interrotti determinando un impatto non accettabile sul traffico crocieristico per il quale non sarebbero disponibili in via temporanea gli attracchi sull'antemurale.

La seconda opzione prevede di completare il nuovo accesso a Sud una volta che il nuovo collegamento tra antemurale e Molo Vespucci sia in grado di garantire il transito del traffico veicolare. L'impatto di questa opzione è costituito dal fatto che in via temporanea (circa 2 mesi) i natanti non potranno né accedere né uscire dal bacino storico. Peraltro durante tale periodo i mezzi marittimi di servizio ormeggiati nel bacino storico possono essere ricoverati nella nuova darsena servizi realizzata nella zona settentrionale del porto di Civitavecchia e continuare ad operare, mentre per le imbarcazioni da diporto l'interruzione della funzionalità del bacino è ritenuta accettabile a condizione che venga pianificata nel periodo invernale.

Per la seconda fase, in cui non si può transitare da e verso il bacino, sono state individuate due sottofasi in sequenza per una durata complessiva stimata in circa 2 mesi (v. Figura 27):

- chiusura del canale navigabile e realizzazione della viabilità provvisoria sul collegamento tra Molo Vespucci e Antemurale. In questa sottofase il collegamento terrestre con il terminal crocieristico è assicurato per mezzo di una viabilità provvisoria sulla banchina Marconi (v. Figura 26).

• completamento del nuovo accesso al bacino storico e del terrapieno e completamento delle opere del nuovo collegamento sul lato del bacino storico. In questa sottofase il collegamento terrestre con il terminal crocieristico è assicurato per mezzo della una viabilità provvisoria realizzata nella precedente sottofase (v. Figura 27).  
La terza fase di attuazione consiste nel completamento delle opere del nuovo collegamento tra Molo Vespucci e Antemurale (v. Figura 28). In particolare verrà rimossa la viabilità provvisoria lato Nord e completata l'infrastrutturazione stradale e la scogliera di protezione del rilevato. Per questa fase è stata prevista una durata di circa 2 mesi (v. Figura 29).  
Pertanto, l'attuazione delle opere previste potrà essere completata in 20 mesi.

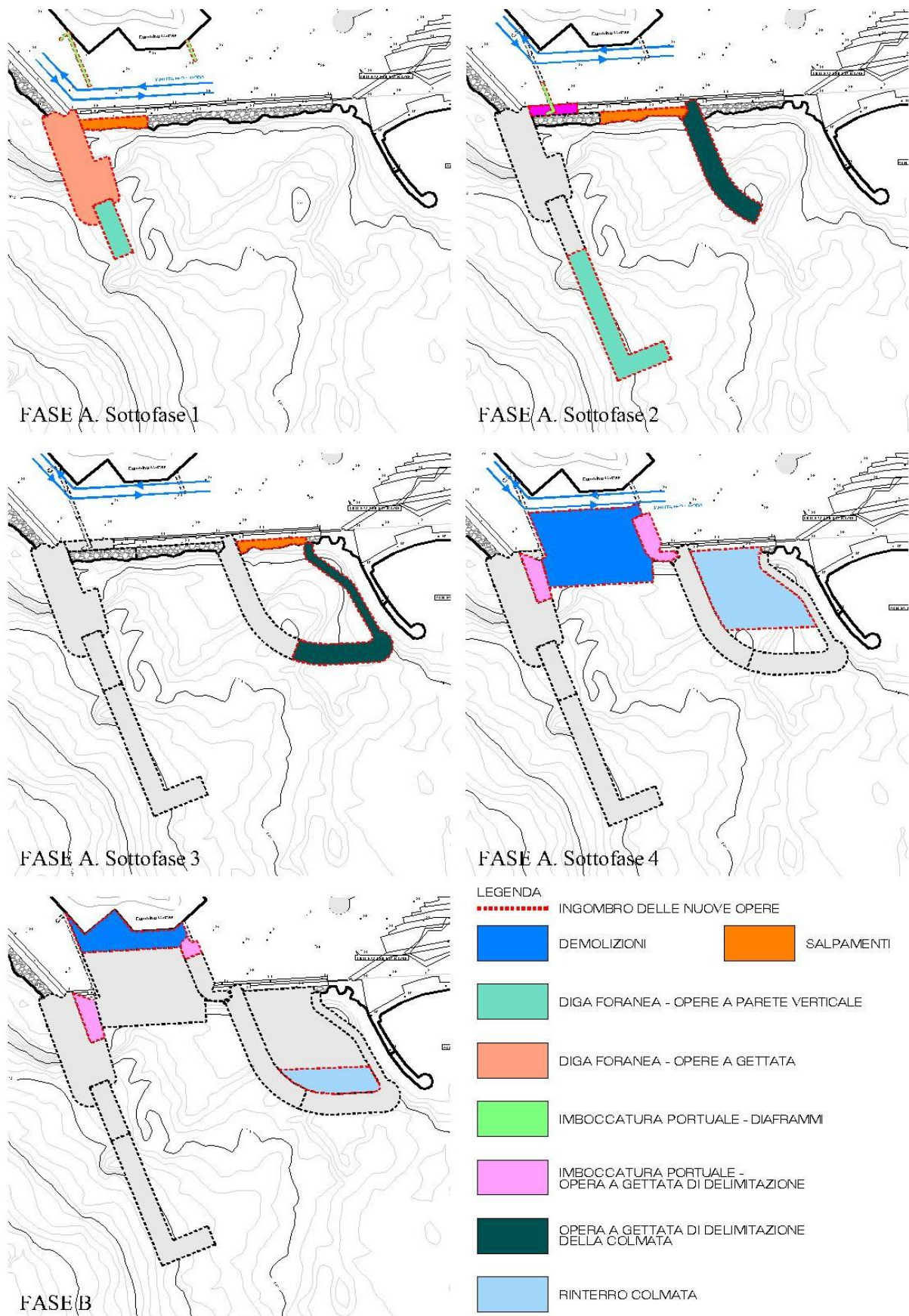


Figura 24 – Area nuovo accesso al bacino storico. Articolazione delle lavorazioni della prima fase (A) e della seconda fase (B)

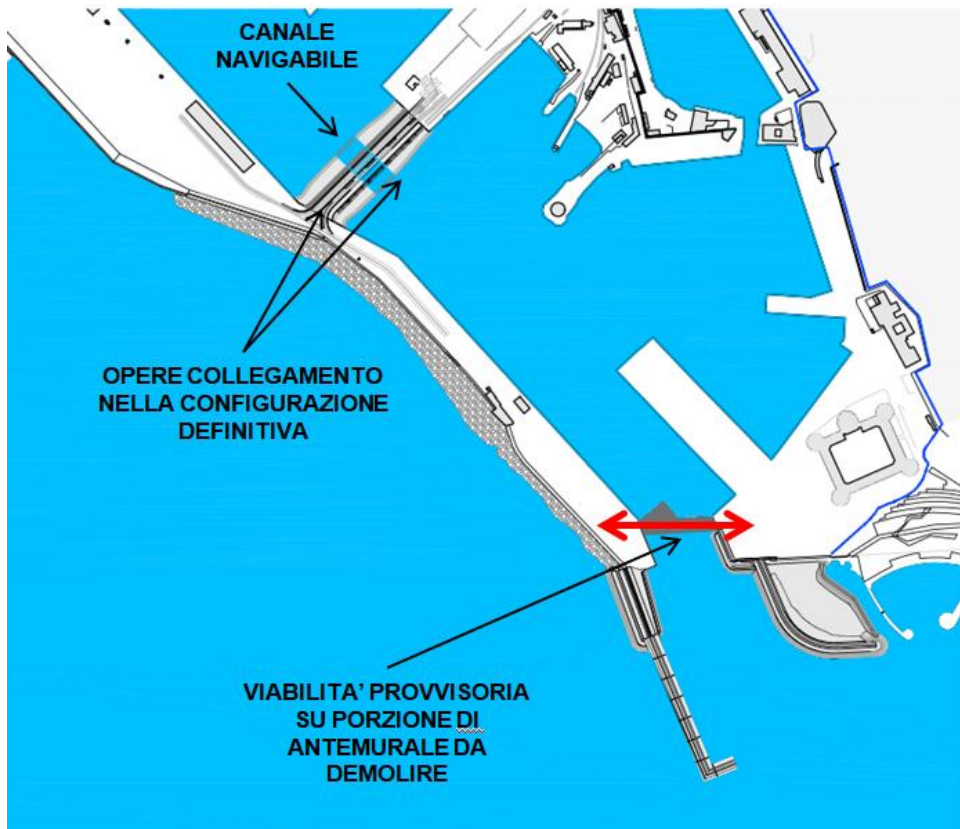


Figura 25 – Configurazione delle opere al termine della prima fase (configurazione A)

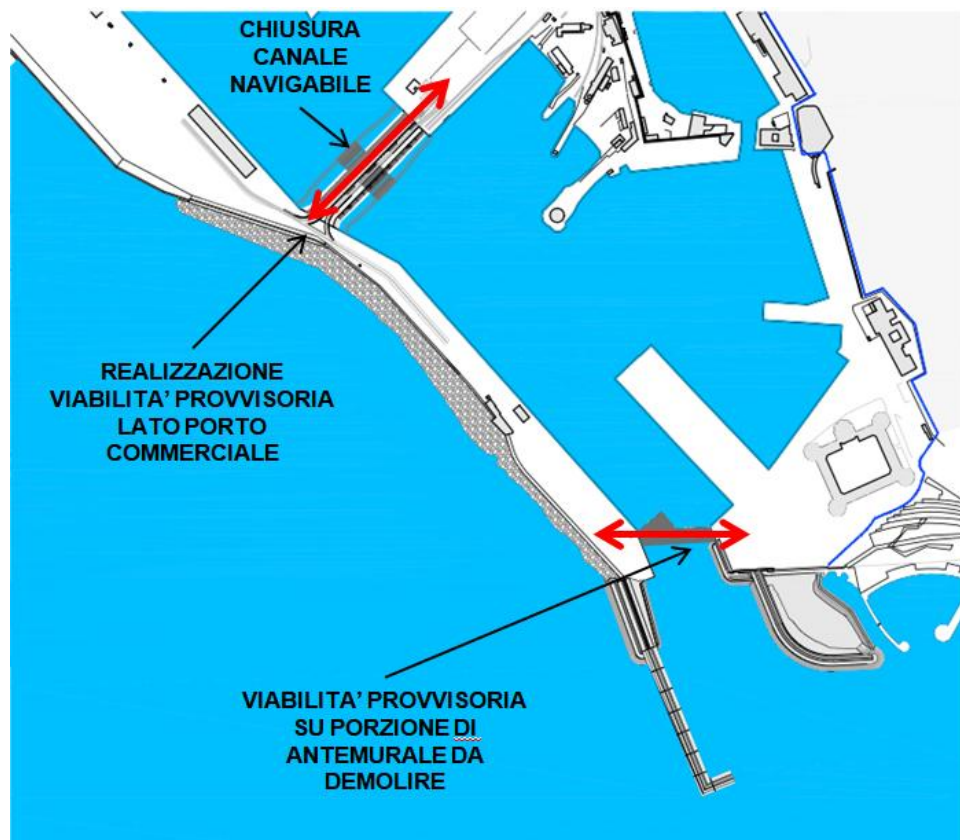


Figura 26 – Configurazione durante la chiusura del bacino storico. Prima sottofase

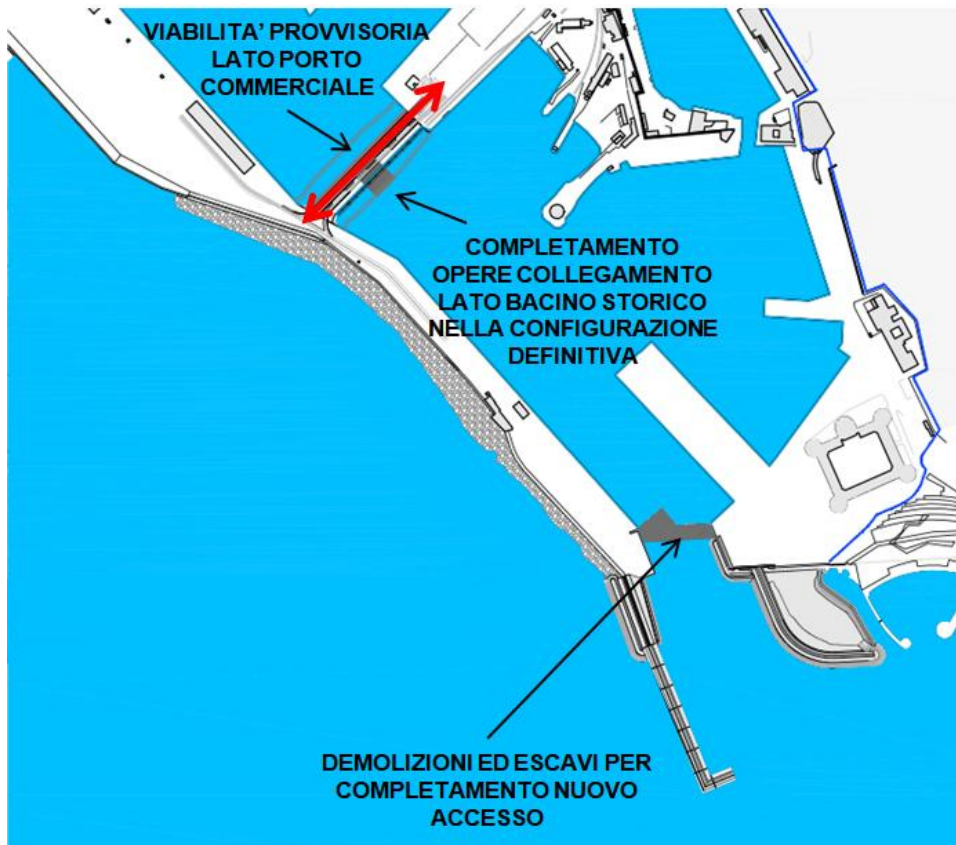


Figura 27 – Configurazione durante la chiusura del bacino storico. Seconda sottofase

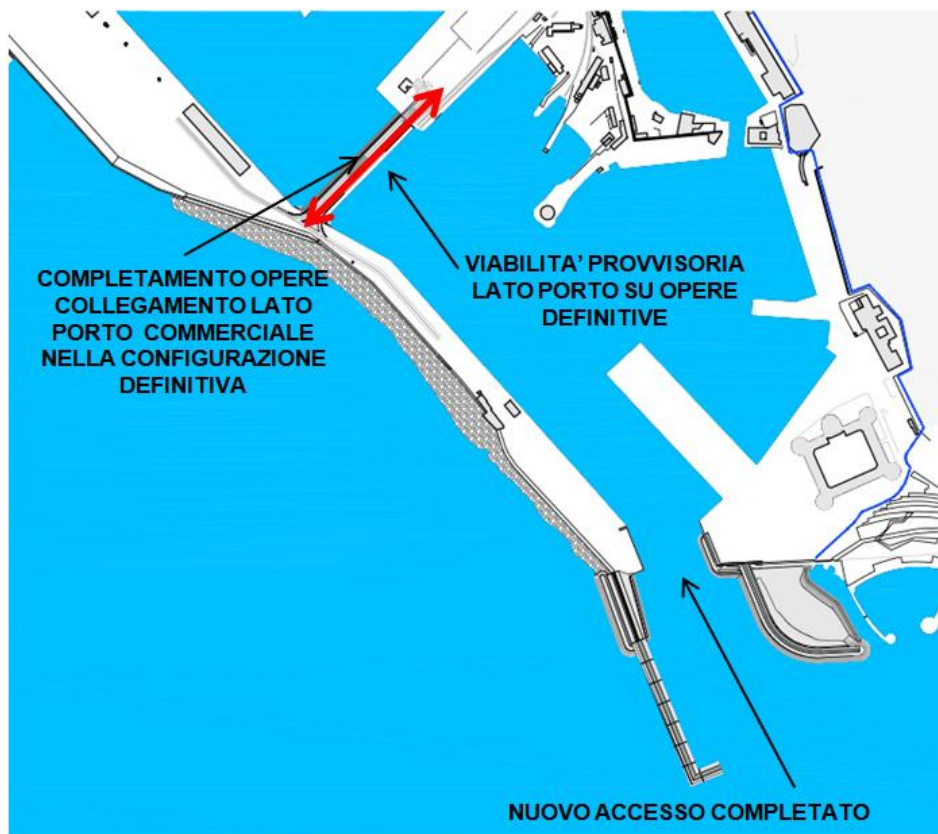


Figura 28 – Configurazione delle opere nella terza (configurazione C)

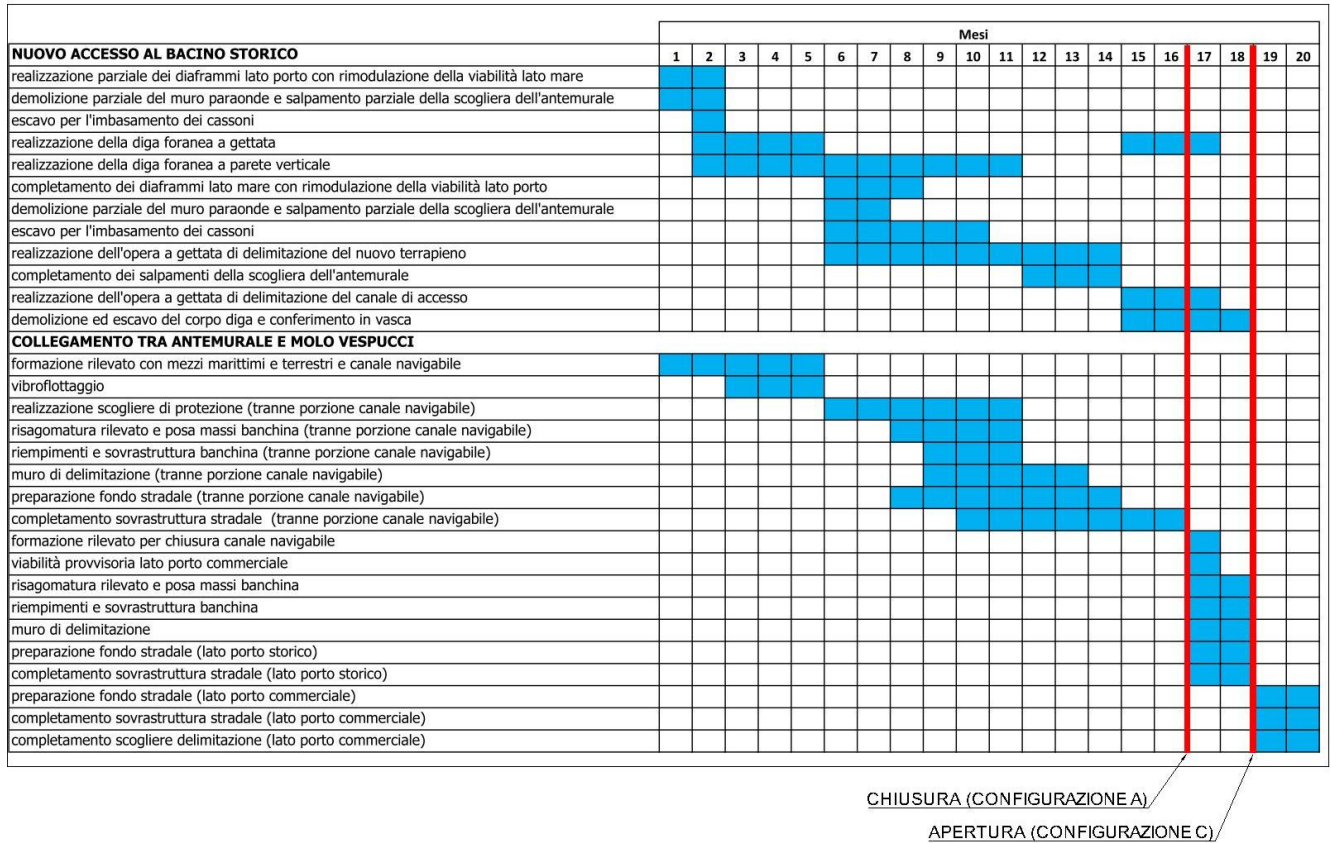


Figura 29 – Cronoprogramma

## 3.2 Collegamento tra il Molo Vespucci e l'Antemurale Colombo

### 3.2.1 Descrizione della soluzione progettuale

Superata l'esigenza di dover necessariamente mantenere un canale navigabile di interconnessione tra i due bacini, si è optato la soluzione progettuale caratterizzata dal minor costo realizzativo, rappresentata dalla realizzazione di un'opera a gettata in pietrame e materiale lapideo.

Tale soluzione, in aggiunta al minor costo realizzativo rispetto alle alternative tecniche ipotizzate (che prevedono il ricorso più o meno ampio a strutture in ca come cassoni cellulari e/o impalcati piuttosto che ad opere a fondazione profonda), presenta l'ulteriore vantaggio di essere quella offre le maggiori garanzie dal punto di vista della sicurezza nei confronti dello scenario d'urto di una nave, anche di elevate dimensioni.

Infatti, oltre alla resistenza offerta dal volume di materiale costituente il corpo diga, la conformazione a scarpata dei paramenti laterali fa sì che, nel caso avvenga un impatto con una nave, subito dopo il primo impatto, questa tenda a "salire" sulla scarpata, disperdendo la propria energia cinetica nella trasformazione in energia potenziale.

In questo modo gli effetti sull'opera potrebbero essere limitati ad un danneggiamento localizzato, più o meno intenso a seconda della velocità di impatto, senza il rischio di indurre conseguenze sulla stabilità globale dell'opera stessa. Gli eventuali danni potranno essere riparati rapidamente e con costi contenuti senza dover interrompere la funzionalità del collegamento dell'antemurale con la terraferma né limitare l'operatività del terminal crociere.

In riferimento alle caratteristiche generali dell'opera (cfr. Figura 30), il collegamento viario tra il molo Vespucci e l'Antemurale Traiano, avente uno sviluppo lineare di circa 190 m, sarà realizzato mediante due distinte carreggiate affiancate: una, di larghezza pari ad 8,5 m, destinata alla viabilità da e per gli attracchi del terminal crocieristico (ubicato sul lato Nord) e l'altra, di larghezza pari a 5 m, di servizio all'ambito diportistico lato porto storico (lato Sud). Le due carreggiate, poste a quota differente, sono separate da un muro di contenimento del dislivello, al di sopra del quale è installata una recinzione continua per il corretto confinamento delle funzioni portuali rientranti all'interno dell'area doganale.

Per quanto riguarda l'area a servizio del bacino diportistico, oltre ad una viabilità leggera a doppio senso di circolazione, avente unicamente la funzione di poter consentire ai diportisti di effettuare temporanee operazioni di carico e scarico di materiale ed attrezzature, è caratterizzata dalla presenza di limitate aree di sosta intervallate da aiuole e da un'ampia zona pedonale adiacente alla zona di banchina (cfr. Figura 31).

Lungo la banchina, in posizione baricentrica rispetto alle zone di parcheggio, sono posizionate passerelle di accesso al sottostante pontile galleggiante di attracco dei natanti, collegato alla banchina per mezzo di cursori liberi di scorrere verticalmente lungo profilati guida fissati sul fronte banchina.

Le sopradescritte aree funzionali, rappresentano la parte sommitale della struttura marittima di collegamento tra il Molo Vespucci e l'Antemurale Traiano, realizzata come detto attraverso una vera e propria diga a gettata (cfr. Figura 32).

In particolare l'opera è composta da un nucleo in pietrame (al di sotto di quota -4 m s.l.m.) e tout venant (al di sopra di quota -4 m s.l.m.) protetto esternamente da una mantellata in massi naturali di 1° categoria in doppio strato posti con una pendenza 2 su 3. Per semplicità realizzativa non è prevista l'interposizione di un uno specifico strato con funzione di filtro tra il nucleo e la mantellata di idonea pezzatura, bensì saranno prescritti accorgimenti specifici per la realizzazione della parte esterna del nucleo in cui dovranno essere impiegati gli elementi lapidei di pezzatura maggiore.

Il nucleo presenta un assortimento differenziato, ovvero pietrame 5÷50 kg sino a quota -4.0 m s.l.m. e tout venant a quota superiore, al fine di ottimizzare l'efficacia degli interventi di vibrocompattazione profonda previsti al fine di anticipare gli assestamenti dell'opera.

Il lato rivolto verso la darsena ad uso diportistico, presenta una struttura per il banchinamento composta da elementi prefabbricati in c.a. a sezione gradonata aventi





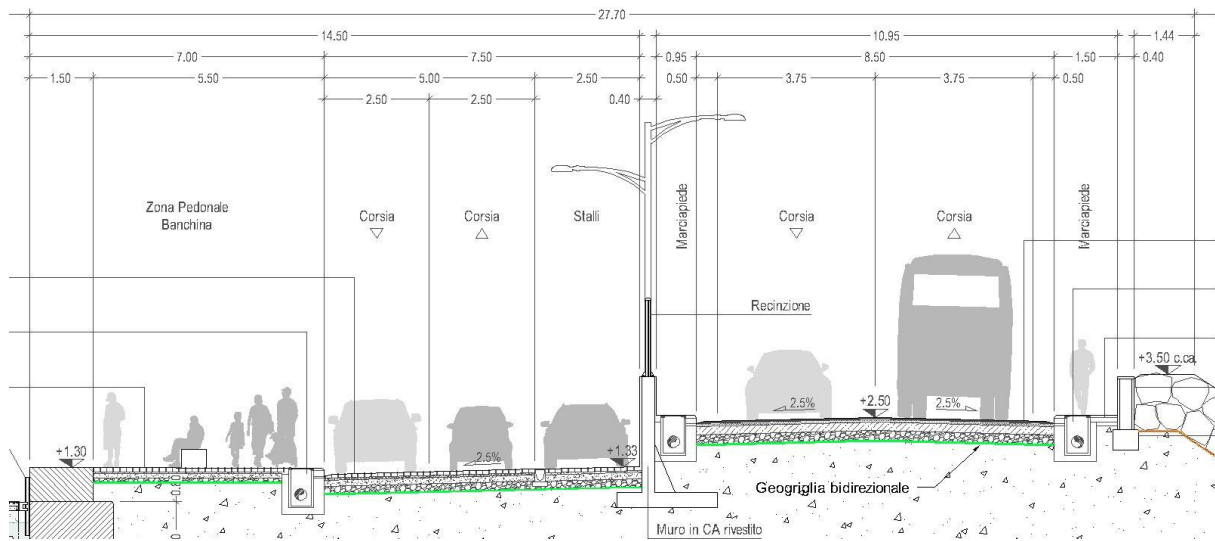


Figura 31 : Organizzazione della sovrastruttura

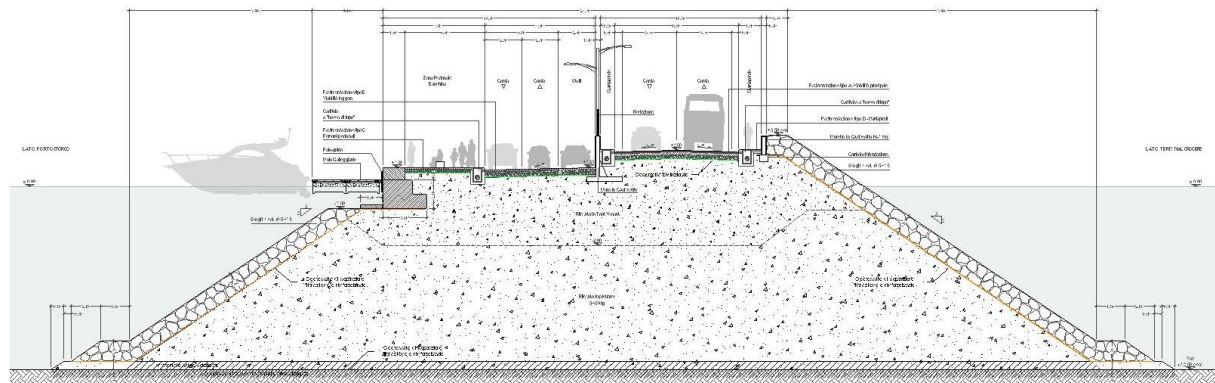


Figura 32 : Sezione tipo dell'intervento

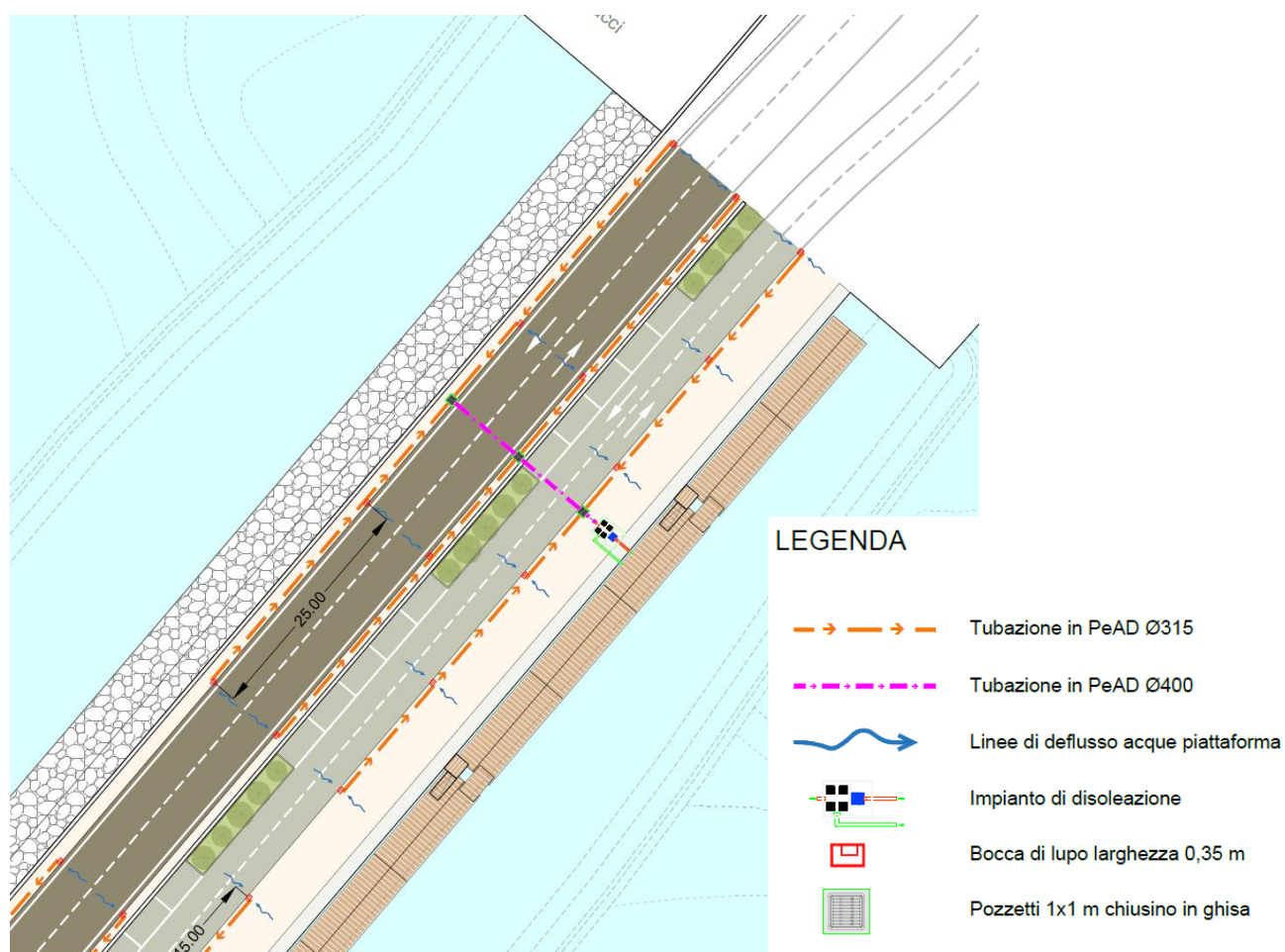
### 3.2.2 Impianti

Per assicurare la sua corretta funzionalità, l'infrastruttura è corredata dalle seguenti dotazioni impiantistiche :

- Impianto di drenaggio con trattamento di disoleazione della prima pioggia;
- Impianto di illuminazione della rete viaria.

Per quanto l'impianto di drenaggio delle acque meteoriche, la raccolta delle acque di piattaforma (cfr. Figura 33), avverrà lungo la linea dei cigli stradali per mezzo di caditoie a bocca di lupo, poste ad interasse di 25 metri lungo la carreggiata lato Porto Navi da Crociera (su entrambe i lati della strada) e di 15 metri per quanto riguarda la carreggiata lato porto turistico (poste su di un unico lato), che raccoglieranno sia le acque defluenti dalla piattaforma stradale sia le acque defluenti dalle banchine pedonali.

L'acqua raccolta, per mezzo delle tubazioni poste sotto agli elementi di raccolta superficiale, sarà quindi convogliata all'interno di impianti disoleatori-dissabbiatori, che assicureranno la separazione degli eventuali oli, idrocarburi e sabbie raccolti in piattaforma, prima dello scarico diretto in mare delle acque raccolte e depurate.



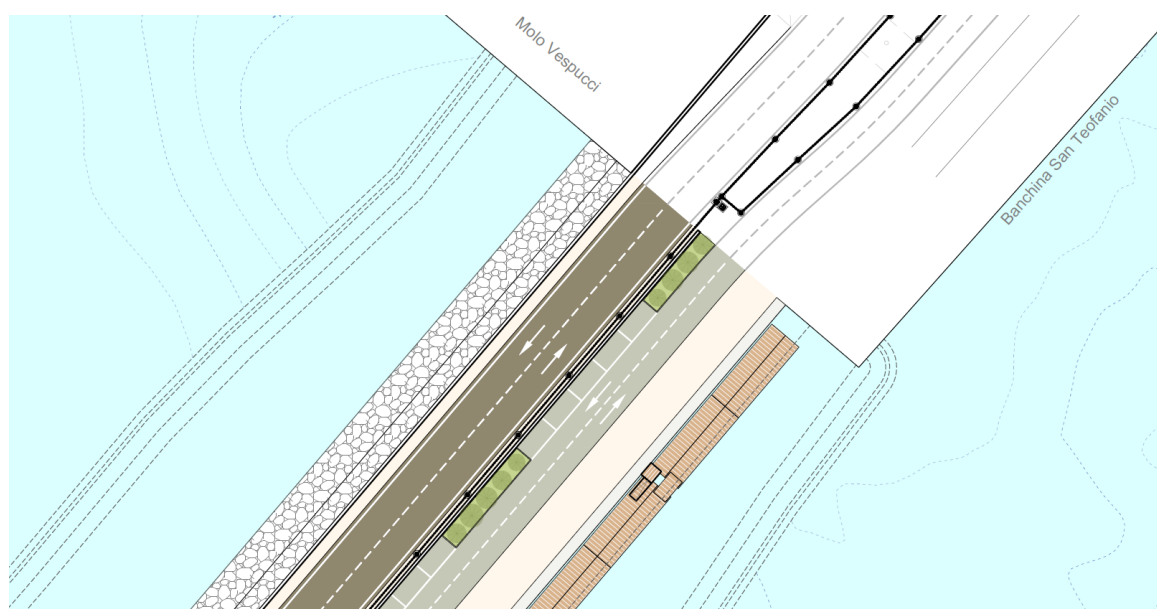
**Figura 33 : Schema impianto di drenaggio acque meteoriche**

In riferimento all'impianto di illuminazione, è prevista l'installazione di punti luce posizionati mediamente ad un interasse di circa 10 ml, con disposizione unilaterale sulle corsie di marcia.

L'altezza  $h$  della sorgente luminosa sul suolo è stabilita in 7,00 ml per evidenti esigenze di continuità visiva e per assicurare un adeguato illuminamento su tutta l'area coinvolta (cfr. Figura 34).

Per il caso in esame, tenuto anche conto delle esigenze di risparmio energetico, a parità di sicurezza nel percorrere il tratto stradale di interesse nelle ore notturne, si è optato per l'utilizzo di apparecchi illuminanti in linea a vetro piano orizzontale con fascio luminoso asimmetrico, in modo che con il sistema unifilare dei punti luce sia possibile illuminare l'intero tratto senza dispersioni e/o luminanza verso l'alto.

I corpi illuminanti saranno montati in testa a pali in acciaio a doppio braccio asimmetrici di altezza pari a 7.00 ml con interasse di 10 ml con armature adeguate di protezione IP 65 con lampade LED che consentono un risparmio energetico importante, in relazione a qualsiasi altra soluzione di uso comune, grazie alla loro migliore efficienza luminosa (cfr. Figura 35).



#### LEGENDA CORPI ILLUMINANTI

- Plafone di illuminazione doppio braccio asimmetrico - Disano Metropolis 2x82,5 Watt
- Plafone di illuminazione braccio singolo - Disano Metropolis 82,5 Watt
- Corrugato interrato doppia camera DN90
- ☒ Pozzetto di derivazione carrabile con botola in ghisa C250
- ☒ Dispersore verticale di terra di lunghezza pari ad 1,5 mt

**Figura 34 : Schema impianto di illuminazione**



**Figura 35 : Tipologia pali e corpi illuminanti**

### 3.2.3 Aspetti realizzativi

L'opera da realizzare, pur se apparentemente semplice nei suoi caratteri essenziali, pone alcune problematiche progettuali e costruttive direttamente od indirettamente legate ad aspetti geotecnici, ambientali e di modularità costruttiva.

Il progetto mira infatti a rendere la nuova opera operativa in sicurezza in tempi relativamente brevi e comunque compatibili con i programmi di riassetto del Bacino Storico secondo le imprescindibili esigenze dell'Autorità Portuale. In particolare, in una prima fase di lavoro è previsto di realizzare il riempimento operando in avanzamento dalle banchine esistenti (Antemurale C. e Molo Vespucci) lasciando il settore centrale libero in modo da consentire il transito delle imbarcazioni. Una volta completata l'Apertura a Sud, si procederà con i lavori di completamento del rilevato e di finitura propedeutici ad un rapido ripristino del collegamento con l'Antemurale C..

Così come risulta dalla caratterizzazione geotecnica, i terreni di imposta, nella fascia superficiale, soprattutto vista la presenza dei limi organici (DF), sono caratterizzati da uno scarso addensamento ed una bassa consistenza per cui pongono problemi di stabilità e di cedimenti indotti sia in fase di costruzione che, ad opere ultimate, in esercizio.

Alcune verifiche preliminari di stabilità hanno chiaramente confermato tale situazione, per cui, in certe condizioni di carico, in assenza di specifici provvedimenti, la stabilità stessa delle opere non risulterebbe garantita con sufficienti margini di sicurezza.

Ciò ha quindi reso necessaria l'esecuzione di un preventivo intervento di stabilizzazione dei terreni superficiali di più scadenti caratteristiche geotecniche, oltre al rinforzo basale del corpo rilevato.

Una volta definiti la tipologia ed i caratteri del trattamento, le condizioni di stabilità globale sono state verificate nelle condizioni più sfavorevoli, attribuendo ai diversi strati di terreno interessati i corrispondenti parametri geotecnici.

Uno specifico carattere del progetto ha riguardato la definizione delle fasi di lavoro dell'opera e l'adozione di specifici accorgimenti miranti ad anticipare e ridurre i cedimenti che subiranno i rilevati di lavoro per effetto dei sovraccarichi di esercizio.

In tale ambito rientra il previsto preventivo consolidamento dei materiali che costituiscono la porzione sommitale del rilevato attraverso la tecnica della "vibrocompattazione" al fine di migliorare il comportamento dinamico dei terreni di riempimento e limitare i cedimenti assoluti e differenziali per effetto dei carichi futuri e con essi, i potenziali effetti sulle opere di finitura quali la pavimentazione e le infrastrutture idrauliche e di servizio.

## 4. ASPETTI GEOLOGICI E GEOTECNICI

### 4.1 Nuovo accesso al bacino storico

L'importante progetto comporta una serie di opere complementari tra loro comprendenti banchine, opere di protezione a mare e la sistemazione ed il successivo rinterro di raccordo con l'attuale antemurale.

Le principali problematiche geotecniche possono essere ricondotte alle seguenti:

- a) stabilità delle opere di sostegno e risentimenti indotti sulle banchine esistenti nell'area in cui è previsto di operare la nuova imboccatura portuale;
- b) analisi delle condizioni di stabilità e cedimenti della diga foranea a cassoni;
- c) analisi delle condizioni di stabilità dei moli a gettata previste all'imboccatura portuale, alla radice della diga foranea ed a protezione/delimitazione della vasca di colmata che accoglierà i materiali di risulta dei dragaggi;

In particolare, la nuova apertura a sud risulta l'opera sicuramente più impegnativa vista la necessità di salpare le opere di difesa esistenti, demolire le sovrastrutture e le pavimentazioni nelle aree interessate ed infine procedere con l'escavazione dei materiali di riempimento costituenti il terrapieno di banchina.

A tal fine l'imboccatura sarà delimitata sul lato Ovest da una paratia di pali accostati e sul lato Est da una scogliera in massi naturali dotata di un muro paraonde con la quota di coronamento pari a quella del muro esistente. Per eseguire il "taglio" della struttura della banchina Cialdi è stato previsto di realizzare un breve tratto di paratia (circa 20 m) sul quale raccordare l'opera a gettata.

Considerati i caratteri degli interventi ed il quadro stratigrafico ed ambientale, le maggiori problematiche sono legate sia alla potenziale interazione delle nuove opere con i piazzali e i manufatti di banchina esistenti, oltre che alla stabilità complessiva, considerato che le opere previste di fatto dovranno sostituire, per inerzia complessiva, il massiccio esistente.

Così come richiesto dal Voto del CSLPP per tali opere in progetto sono stati quindi adottati specifici accorgimenti per limitare le deformazioni indotte dallo scavo, evitare indesiderate perdite di materiale dall'interno in modo da garantire idonee condizioni di stabilità e funzionalità.

Inoltre, nelle zone di raccordo alle banchine esistenti, sono stati previsti specifici e mirati interventi di presidio e consolidamento preventivo delle opere esistenti al fine di minimizzare i potenziali risentimenti al contorno. Gli interventi locali sono stati basati su una attenta ricostruzione del quadro conoscitivo attuale ed interessano sia le banchine Umberto I e Marconi che la Banchina Cialdi del Bacino Storico in cui è previsto una modesta ulteriore resecuratura della testata.

Per quanto riguarda la nuova diga foranea, la presenza di marcate variazioni stratigrafiche, alla luce delle più che buone caratteristiche geotecniche non pone evidentemente pratici problemi di stabilità e sicurezza dei cassoni, ai quali, per continuità, sono stati comunque attribuiti caratteri dimensionali analoghi a quelli dei tratti successivi. Alcuni specifici accorgimenti, tra cui la dentellatura ad "aderenza migliorata" del solettone basale, il cui effetto benefico sulla resistenza a scorrimento dei cassoni cellulari è stato confermato dalle misure del primo lotto delle Opere Strategiche verso nord, consentiranno di limitare le deformazioni indotti e garantire idonee condizioni di stabilità e funzionalità in tutte le fasi.

Nel seguito, con riferimento alle tipologie di intervento previste in funzione della profondità dei fondali, le verifiche di stabilità riguardano la verifica della capacità portante dei cassoni e quella globale sotto le più gravose condizioni meteomarine. Uno specifico carattere del progetto riguarda inoltre la previsione dei cedimenti che subiranno i cassoni nella fase di collocazione in opera e, successivamente, per effetto della realizzazione della sovrastruttura e dei sovraccarichi di progetto.

Per la realizzazione della vasca di colmata come accennato verrà utilizzato il materiale dal salpamento della mantellata e la demolizione del molo foraneo in corrispondenza della nuova imboccatura portuale, compreso il muro paraonde e la sovrastruttura di banchina, nonché lo scavo del materiale a tergo. La destinazione d'uso finale insieme alla natura dei terreni di imposta escludono potenziali problemi connessi ai cedimenti che subirà il rinterro per effetto dei sovraccarichi di esercizio.

#### **4.2 Rilevato di collegamento**

L'opera da realizzare, pur se apparentemente semplice nei suoi caratteri essenziali, pone alcune problematiche progettuali e costruttive direttamente od indirettamente legate ad aspetti geotecnici, ambientali e di modularità costruttiva.

Il progetto mira infatti a rendere la nuova opera operativa in sicurezza in tempi relativamente brevi e comunque compatibili con i programmi di riassetto del Bacino Storico secondo le imprescindibili esigenze dell'Autorità Portuale. In particolare, in una prima fase di lavoro è previsto di realizzare il riempimento operando in avanzamento dalle banchine esistenti (Antemurale C. e Molo Vespucci) lasciando il settore centrale libero in modo da consentire il transito delle imbarcazioni. Una volta completata l'Apertura a Sud, si procederà con i lavori di completamento del rilevato e di finitura propedeutici ad un rapido ripristino del collegamento con l'Antemurale C..

Così come risulta dalla caratterizzazione geotecnica, i terreni di imposta, nella fascia superficiale, soprattutto vista la presenza dei limi organici (DF), sono caratterizzati da uno scarso addensamento ed una bassa consistenza per cui pongono problemi di stabilità e di cedimenti indotti sia in fase di costruzione che, ad opere ultimate, in esercizio.

Alcune verifiche preliminari di stabilità hanno chiaramente confermato tale situazione, per cui, in certe condizioni di carico, in assenza di specifici provvedimenti, la stabilità stessa delle opere non risulterebbe garantita con sufficienti margini di sicurezza.

Ciò ha quindi reso necessaria l'esecuzione di un preventivo intervento di stabilizzazione dei terreni superficiali di più scadenti caratteristiche geotecniche, oltre al rinforzo basale del corpo rilevato.

Una volta definiti la tipologia ed i caratteri del trattamento, le condizioni di stabilità globale sono state verificate nelle condizioni più sfavorevoli, attribuendo ai diversi strati di terreno interessati i corrispondenti parametri geotecnici.

Uno specifico carattere del progetto ha riguardato la definizione delle fasi di lavoro dell'opera e l'adozione di specifici accorgimenti miranti ad anticipare e ridurre i cedimenti che subiranno i rilevati di lavoro per effetto dei sovraccarichi di esercizio.

In tale ambito rientra il previsto preventivo consolidamento dei materiali che costituiscono la porzione sommitale del rilevato attraverso la tecnica della "vibrocompattazione" al fine di migliorare il comportamento dinamico dei terreni di riempimento e limitare i cedimenti assoluti e differenziali per effetto dei carichi futuri e con essi, i potenziali effetti sulle opere di finitura quali la pavimentazione e le infrastrutture idrauliche e di servizio.

## 5. STUDI A SUPPORTO DELLA PROGETTAZIONE

A corredo del progetto sono stati eseguiti una serie di studi specialistici utilizzati per la definizione delle opere in progetto.

L'aggiornamento dello studio meteomarinario ha avuto per obiettivo la definizione del clima ondometrico a ridosso delle opere previste per il nuovo accesso al bacino storico del porto di Civitavecchia.

La ricostruzione del moto ondoso sotto costa è stato effettuato attraverso l'applicazione del modello matematico di rifrazione inversa spettrale MEROPE (sviluppato dalla MODIMAR S.r.l.), che ha consentito la definizione delle principali caratteristiche meteomarine che contraddistinguono il paraggio in esame, necessarie per la determinazione dei principali parametri progettuali.

Lo studio aggiorna e completa lo studio meteo marino, eseguito dall'Università di Padova per l'autorità Portuale, che ha definito le caratteristiche ondometriche al largo del porto.

Lo studio dell'agitazione ondosa è stato eseguito al fine di condurre una analisi del grado di protezione offerto dalle opere previste per la realizzazione del nuovo accesso al bacino storico sono state individuate una serie di alternative progettuali.

Le soluzioni alternative individuate sono state verificate con l'ausilio del modello numerico di diffrazione – riflessione denominato VEGA.

Dall'analisi dei risultati ottenuti dall'applicazione del modello VEGA, è emersa un'adeguata protezione delle aree interne al porto.

A supporto della progettazione sono stati inoltre eseguiti degli studi sulla qualità delle acque portuali con particolare attenzione al confronto con la soluzione prevista inizialmente nel PRP, sul trasporto solido in adiacenza alla nuova imboccatura e sullo flusso di sedimenti e completate con

A parere della Sezione dovranno essere sviluppati, in particolare poiché non presenti nel progetto esaminato, studi sul flusso dei sedimenti trasportati dalla corrente marina da sud che potrebbero determinare l'interrimento del porto storico, nonché approfondimenti sulla qualità dell'acqua nel medesimo specchio d'acqua che non si gioverebbe più del flusso e del ricambio garantito dalla configurazione prevista nel vigente PRP.



## 6. STIMA ECONOMICA DELL'INTERVENTO

Per i prezzi unitari e per quelli elementari della mano d'opera, dei noli e dei materiali utilizzati nel computo per la definizione dell'ammontare della spesa si è fatto riferimento alla Tariffa dei Prezzi per Opere Pubbliche della Regione Lazio del Luglio 2022. Per alcuni specifici prezzi unitari è stata eseguita un'analisi del prezzo.

Secondo i criteri su elencati, applicando i prezzi unitari alle quantità stimate per mezzo dei computi metrici di massima, risulta un importo totale dei lavori in progetto è pari a circa € 64.237.000. Ad esso vanno sommati gli oneri specifici per la sicurezza che ammontano a circa € 601.000.

La stima dei costi specifici della sicurezza è stata determinata sulla base dei seguenti elementi:

- caratteristiche dell'opera e delle aree di cantiere,
- scelte progettuali ed organizzative, procedure e misure preventive e protettive, in riferimento all'area di cantiere, all'organizzazione del cantiere, e alle lavorazioni,
- parametri desunti da interventi similari realizzati.

Per quanto riguarda i lavori similari si è fatto riferimento al I° Lotto delle Opere Strategiche in corso di esecuzione in quanto l'organizzazione del cantiere e le lavorazioni sono del tutto similari. I costi specifici della sicurezza del suddetto cantiere sono stati analizzati in termini di costi fissi e dipendenti dalla durata del cantiere.

NUOVO ACCESSO AL BACINO STORICO	€ 51.841.235,14
COLLEGAMENTO MOLO VESPUCCI-ANTEMURALE COLOMBO	€ 12.396.004,93
TOTALE OPERE	€ 64.237.240,07
ONERI SICUREZZA	€ 601.336,37
TOTALE	€ 64.838.606,44

**Tabella 2 - Importi dei lavori**