

NP 2087/A

COMUNE DI FINALE LIGURE



PORTO TURISTICO DI CAPO SAN DONATO

RISTRUTTURAZIONE MORFOLOGICA DELLA TESTATA

DEL MOLO SOPRAFLUTTO

EI. A: COMPENDIO RELAZIONI

Dicembre 2018

Dott. Ing. Paolo Gaggero

Collaboratore Dott. Ing. Luca Rossi

INDICE

1. PREMESSE	4
2. RILIEVI BATIMETRICI PRELIMINARI	5
3. VALUTAZIONI IDRAULICHE	6
4. VALUTAZIONI GEOTECNICHE	7
4.1 Note di geologia locale	7
4.2 Inquadramento dell'area	7
4.3 Caratteristiche dei fondali di posa delle opere	8
4.4 Valutazioni geotecniche	8
5. STUDIO DI INSERIMENTO URBANISTICO	10
6. DIMENSIONAMENTO DELLA SCARPATA	11
7. DESCRIZIONE DELL'ARCHITETTURA E FUNZIONALITÀ DELL'INTERVENTO	13
8. GESTIONE DELLE MATERIE	15
9. INTERFERENZE	16
10. FASI ESECUTIVE E CRONOPROGRAMMA	17
11. COSTO DELL'OPERA	18

Elenco elaborati

Scritti

A_ Compendio relazioni (il presente elaborato)

B_ Relazione paesaggistica

C_ Computo metrico estimativo

D_ Elenco prezzi

E_ Disciplinare descrittivo e prestazionale degli elementi tecnici

F_ Quadro economico

G_ Relazione idraulica

H_ Relazione sui rilievi

Grafici

Tav. 1_ Inquadramento cartografico

Tav. 2_ Rilievo dei fondali (restituzione DTM)

Tav. 3_ Planimetria e sezioni di stato attuale

Tav. 4_ Planimetria e sezioni di progetto

Tav. 5_ Sezioni tipologiche

Tav. 6_ Fotoinserimento

1. PREMESSE

Il progetto di cui fa parte la presente relazione riguarda la realizzazione di un ringrosso di testata del molo foraneo del porto turistico di Capo San Donato in Finale Ligure.

L'intervento ha lo scopo di ridurre i fenomeni ondosi residuali all'interno dello specchio protetto; attualmente i movimenti di risacca sono molto vistosi e normalmente superiori ai limiti indicati dalle norme tecniche diffuse da AIPCN ed adottate dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

2. RILIEVI BATIMETRICI PRELIMINARI

Lo studio che ha portato ad identificare l'opera in progetto si è fondato su un rilievo batimetrico e di superficie esteso alla diga foranea portuale, ai fondali circostanti la stessa, alla bocca portuale e ad alcuni corridoi compresi tra i pontili di ormeggio radicati alla banchina ovest. Il rilievo è stato realizzato con attrezzature multibeam e laser-scanner ed è riportato alla Tavola 2 e nell'elaborato H di progetto. I rilievi hanno evidenziato profondità ridotte nelle bocca portuale: il progetto e le valutazioni idrauliche sono stati svolti nell'ipotesi di un dragaggio dei fondali con passaggio centrale a quota – 4,00.

3. VALUTAZIONI IDRAULICHE

Il comportamento idraulico dell'attuale configurazione della bocca a riguardo della penetrazione dell'onda nello specchio protetto è stato studiato con applicazione del codice di calcolo CGWAVE, sviluppato dal *Coastal Engineering Research Center* dell'U.S. Army Corps of Engineers, ed è basato sull'approssimazione ellittica della *mild slope equation*. Al modello sono state apportate progressive modificazioni con diverse ipotesi di intervento, tra le quali, in esito agli effetti prevedibili ed ai costi di realizzazione, è stata scelta quella di progetto, costituita essenzialmente da un ringrosso della testata del molo sopraflutto con orientamento principale NW.

Tutte le valutazioni concernenti l'idraulica del progetto sono riportate nell'elaborato G di progetto.

4. VALUTAZIONI GEOTECNICHE

4.1 Note di geologia locale

Il porto di Capo San Donato è stato oggetto di numerosi interventi da quando, nel 1964, fu realizzato il primo elemento dell'attuale molo foraneo. Alcuni studi progettuali sono stati accompagnati da indagini e relazioni geologiche, dalle quali abbiamo tratto gli elementi che seguono; in particolare abbiamo fatto riferimento alla relazione del Dott. Alberto Dressino (2003) propedeutica al progetto di rifiorimento della diga foranea ed alla più recente relazioni (2018) del Dott. Alessandro Maifredi con oggetto il dragaggio della bocca portuale.

4.2 Inquadramento dell'area

Il porto si inserisce in un contesto morfologico caratterizzato dall'imponenza delle pendici terminali dei rilievi collinari che incombono sulla linea di costa; Capo San Donato è caratterizzato dalla falesia a picco sul mare sulla quale è impostata la parte radicale del porto; quest'ultimo si estende lungo le pendici acclivi dell'altopiano delle Manie, a confine con la Strada Statale Aurelia.

Le litologie locali affiorano: Dressino separa nettamente i due settori:

- a) **falesia:** "a carico delle litologie carbonatiche si sono instaurati nel tempo processi di disfacimento per scalzamento al piede del moto ondoso e progressivo mantellamento per azione della gravità con formazione delle caratteristiche pareti subverticali della falesia che possiede altezze dell'ordine di 30 – 40 m. Gli effetti dello smantellamento, avvenuto principalmente in epoca quaternaria, erano originariamente riconoscibili ove si imposta ora la diga foranea e l'accesso al porticciolo, e si riferivano alla presenza di grossi trovanti di dimensioni talora anche dell'ordine di qualche decina di metri cubi";
- b) **settore adiacente:** "è strettamente connesso con le dinamiche evolutive dei versanti, legate a processi gravitativi a carico di pendii a pendenza elevata e caratterizzati dalla presenza di un substrato roccioso meno competente e più soggetto alla alterazione chimico-fisica oltre che interessato, come nella fattispecie, da un fitto sistema di discontinuità tra loro variamente associate (piani di scistosità principale e piani di fratturazione) che hanno dato luogo nel tempo ad una successione di eventi franosi che hanno modellato il pendio conferendo una configurazione ad ampio anfiteatro, ad accentuata concavità, delle curve di livello che peraltro, verso la sommità del rilievo tendono nuovamente a rettificarsi verso andamenti subverticali per la presenza di litologie carbonatiche costituenti il complesso calcareo dell'Altipiano di Le Manie

soggette anch'esse a meccanismi di modellamento morfologico (peraltro ormai fossili) simili a quelli che hanno caratterizzato il sottostante promontorio.

Sulla base del rilievo di superficie e di quanto riportato dalla cartografia ufficiale esistente (Carta Geologica d'Italia, fogli n.92-93, "Albenga-Savona"), gli ammassi rocciosi caratterizzanti il comparto sono riferibili alla formazione delle Dolomie di S. Pietro dei Monti, affioranti proprio nei settori basali del versante di Bric Briga (Altipiano di Le Manie) sulla cui sommità invece si rileva una vasta plaga dei Calcari di Val Tanarello, di età giurassica. Tra le due formazioni e lungo tutto il piede del rilievo collinare e, procedendo verso levante, sino circa all'ingresso del centro abitato di Varigotti, si osservano invece le litologie permo-carbonifere degli Scisti di Gorra, più antichi dei precedenti.

La piccola insenatura esistente immediatamente a levante del promontorio, interessata a partire dagli anni '60 dalla realizzazione dell'approdo turistico, si caratterizzava per un fondale dotato di pendenze valutabili nell'ordine del 1,50-2,00% con progressivo e repentino aumento oltre la batimetrica dei 6-7 m.

Va infine segnalato come immediatamente a levante della struttura portuale, con una continuità che si estende sino circa a Punta Crena, per poi spingersi sino a Capo Noli, è inoltre presente una formazione conglomeratica quaternaria (beach rock), fortemente competente costituita dalle antiche spiagge da sabbiose a ghiaiose e ciottolose cementate da una matrice carbonatica che conferisce all'insieme una elevata resistenza meccanica, in particolare alle sollecitazioni di compressione".

4.3 Caratteristiche dei fondali di posa delle opere

Nella relazione del Dott. Maifredi è stata tabellata la dimensione dei granuli sabbiosi prelevati a diverse profondità rispetto al fondale marino, da 0,5 a 2,00 ml; le analisi effettuate hanno evidenziato una sostanziale uniformità dei sedimenti, con D_{50} variabile da 0,18 a 0,22 mm, con percentuale di pelite a 4%.

All'esame visivo, effettuato preliminarmente alla progettazione, il fondale è apparso molto uniforme, sciolto, privo di coesione, evidente frutto di sedimentazioni recenti; effettivamente la bocca portuale è stata sorbonata ancora nel 2018 e, pertanto, il materiale visibile e presente deriva da insabbiamenti del periodo estivo/autunnale. Più in profondità valgono le annotazioni sopra riportate.

4.4 Valutazioni geotecniche

Il fondale di posa della scogliera è definito al capitolo precedente.

I carichi cui sarà soggetto in esito alla realizzazione delle nuove opere è pari a:

- profondità max di imbasamento	4,00	ml		
- altezza max fuori acqua	+ 2,00	ml		
- totale dimensione verticale	6,00	ml		
- peso unitario massi	2,60	t/mc		
- peso unitario tout – venant	1,80	t/mc		
- indice dei vuoti	0,80			
- carico unitario sul fondale	$(1,80 - 1,00) \times 1,00$	=	0,80	t/mq
	$(2,60 - 1,00) \times 4,00 \times 0,80$	=	5,12	t/mq
	$2,60 \times 2,00 \times 0,80$	=	4,16	t/mq
	<i>sommano</i>		10,08	t/mq
ovvero	$10080 / (100 \times 100)$	=	1,01	kg/cmq

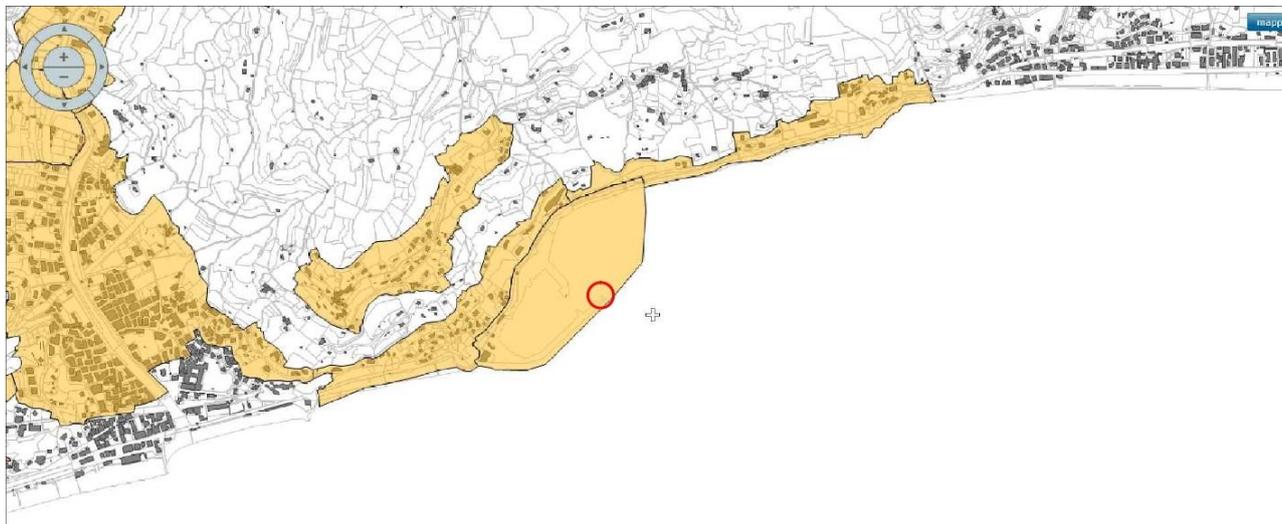
Il valore è sicuramente compatibile con le caratteristiche portanti della sabbia (asciutta) ma eccessivo per sabbie immerse in profondità. Pertanto come di norma, scogli e pietrame saranno sistemati sopra uno strato di tout venant (spessore mezzo metro) appoggiato direttamente sulla sabbia ed esteso alla totale impronta della nuova opera. Gli attriti interni del tout venant sono in grado di distribuire sulla sabbia i carichi anche puntuali esercitati dai massi, con effetto di omogeneità di carico e riduzione di cedimenti differenziati (che peraltro la struttura totalmente a gettata è in grado di seguire)

In alcuni casi simili si sono anche stesi sul fondale geotessuti con funzione distributiva del carico. L'operazione è abbastanza complessa; non è stata adottata nella costruzione delle opere esistenti e non si addice sicuramente alle esigenze funzionali di una bocca portuale, percorsa da mezzi nautici anche durante le lavorazioni. D'altra parte eventuali cedimenti diffusi o differenziati sono tollerati dall'opera, senza conseguenze su staticità od integrità delle strutture. Si è pertanto previsto di stendere sul fondo di impianto delle opere uno strato di tout venant di cava, che, per penetrazione nello strato sabbioso, incrementa gli attriti sotto carico e garantisce pertanto un buon grado di stabilità dell'opera a gettata.

5. STUDIO DI INSERIMENTO URBANISTICO

L'opera in progetto non ha certo rilevanza urbanistica, trattandosi di un semplice e modesto ringrosso della testata del molo foraneo.

La configurazione portuale contenuta nel PUC vigente non scende al dettaglio delle opere, e rappresenta comunque una figura che comprende gli spazi occupati dall'opera in progetto.



Il PUO del porto è in corso di stesura (il precedente PP è scaduto); le riunioni tecniche cui abbiamo partecipato hanno evidenziato che anche il disegno di progetto del PUO affronta il tema di una diversa configurazione della bocca portuale con schemi analoghi.

6. DIMENSIONAMENTO DELLA SCARPATA

Il peso dei massi della mantellata esterna dell'opera è verificata con l'usuale formula di HUDSON:

$$W = \frac{W_r}{(S_r - 1)^3} * \frac{A^3}{k * ctg \alpha}$$

ove

W_w è il peso specifico dell'acqua di mare

W_r è il peso specifico del litotipo usato per la scarpata

A è l'altezza d'onda incidente sull'opera

$ctg \alpha$ è l'inclinazione della scarpata sull'orizzontale

K è un coefficiente correlato al tipo di masso e di lavorazione

$$S_r = W_r / W_w$$

L'altezza dell'onda incidente deve essere valutata con molta prudenza, poiché si è potuto verificare anche recentemente che alcuni eventi possono sfuggire alle statistiche; può pertanto essere considerato un valore massimo dell'onda incidente correlato alla geometria del sistema.

La massima altezza d'onda che può presentarsi su un fondale pari ad H_f è calcolabile con l'espressione:

$$H_{max} = 0.78 H_f$$

mutuata dalla teoria dell'onda solitaria (tsunami).

Nel caso in esame la scelta dei massi di 3^a categoria è stata determinata anche dalla dimensione delle preesistenze che paiono aver sopportato brillantemente anche l'onda del 29-30 ottobre 2018, evolvente su un livello di medio mare sensibilmente rialzato (ordine di grandezza 1,00 ml). Il masso di 3^a categoria è classificato per pesi unitari da 3 a 7 ton.

Se nella formula di HUDSON viene messa in evidenza l'altezza d'onda, può dedursi agevolmente la profondità per la quale il sistema è in equilibrio per data categoria e data pendenza.

Infatti

$$H_f = \frac{W}{(W_r / (S_r - 1)^3 * \frac{1}{k * ctg \alpha})} * \frac{1}{0.78}$$

Nel caso in esame:

- $W = 3/7$ ton
- $W_r = 2,6$ ton/mc
- $Ctg \alpha = 4,3$

risulta $H_f = 3,50/4,80$

che rappresenta adeguatamente la situazione del caso specifico. Pertanto può essere confermato che con la pendenza di 3/1 i massi di 3^a categoria sono stabili; opportunamente la media dei massi dovrà essere superiore a 5 ton,

Si riporta ancora un foglio di calcolo nel quale il tema viene nuovamente trattato, con fondale di 4,50 ml.

FINALE FIGURE - PORTO

FORMULA di HUDSON
La formula di Hudson e rappresentata dalla seguente espressione
 $W = (Wr / (Sr - 1)) * A^3 / (K * ctg^2)$

dove
Wr e' il peso specifico del litotipo usato per la scarpatata = t/mc
A e' l'altezza d'onda incidente sull'opera = m
ctg@ e' la inclinazione della scarpatata sull'orizzontale =
K e' un coefficiente

per cui nel caso in esame il valore del peso del singolo masso W risulta = ton

Viene fornita peraltro una tabella di variazione dei valori di W al variare di A e di ctg@

pendenza	altezza d'onda incidente														
	1,5	1,75	2	2,25	2,5	2,75	3	3,25	3,5	3,75	4	4,25	4,5	4,75	5
1/1	1,24	1,97	2,94	4,18	5,74	7,63	9,91	12,60	15,74	19,36	23,49	28,18	33,45	39,34	45,88
1,5/1	0,83	1,31	1,96	2,79	3,82	5,09	6,61	8,40	10,49	12,91	15,66	18,79	22,30	26,23	30,59
2/1	0,62	0,98	1,47	2,09	2,87	3,82	4,96	6,30	7,87	9,68	11,75	14,09	16,72	19,67	22,94
2,5/1	0,50	0,79	1,17	1,67	2,29	3,05	3,96	5,04	6,30	7,74	9,40	11,27	13,38	15,74	18,35
3/1	0,41	0,66	0,98	1,39	1,91	2,54	3,30	4,20	5,25	6,45	7,83	9,39	11,15	13,11	15,29
3,5/1	0,35	0,56	0,84	1,19	1,64	2,18	2,83	3,60	4,50	5,53	6,71	8,05	9,56	11,24	13,11
4/1	0,31	0,49	0,73	1,05	1,43	1,91	2,48	3,15	3,93	4,84	5,87	7,04	8,36	9,84	11,47
4,5/1	0,28	0,44	0,65	0,93	1,27	1,70	2,20	2,80	3,50	4,30	5,22	6,26	7,43	8,74	10,20
5/1	0,25	0,39	0,59	0,84	1,15	1,53	1,98	2,52	3,15	3,87	4,70	5,64	6,69	7,87	9,18

onde incidente prevista

pendenza	onda incidente
1/1	15,87
1,5/1	10,58
2/1	7,94
2,5/1	6,35
3/1	5,29
3,5/1	4,54
4/1	3,97
4,5/1	3,53
5/1	3,17

categoriae

- 1^a da 50 kg a ton 1
- 2^a da ton 1,01 a ton 3,0
- 3^a da ton 3,01 a ton 7,0
- 4^a oltre 7,01 ton

volume masso mc.
diametro sfera equivalente

2,44
1,67

L'onda massima di progetto e' determinata con la teoria dell'onda solitaria (a vantaggio sicurezza) sulla profondità massima circostante pari a ml.

4,50

K = 2

6,35

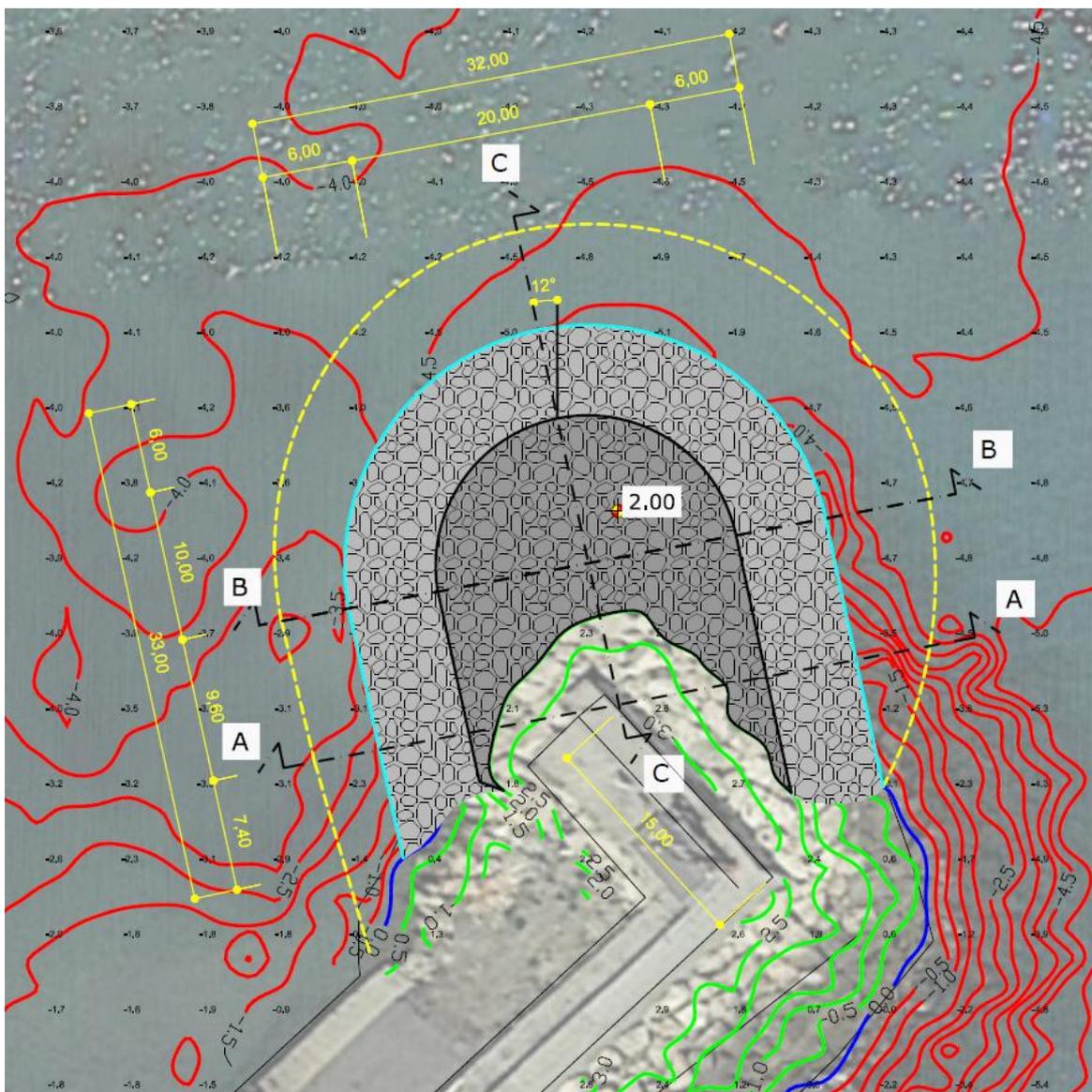
peso dei massi al variare della pendenza con onda massima prevista

pendenza della scarpatata	peso in ton
1/1	15,87
1,5/1	10,58
2/1	7,94
2,5/1	6,35
3/1	5,29
3,5/1	4,54
4/1	3,97
4,5/1	3,53
5/1	3,17

Gli equilibri stabili della scarpatata esterna della diga foranea durante la più volte citata mareggiata di ottobre dimostrano inoltre che le caratteristiche dell'onda incidente non sono gravi come ipotizzato, e che il masso (anche di dimensione al minimo di III^o categoria) è stabile anche su pendenze di circa 2,5/1

7. DESCRIZIONE DELL'ARCHITETTURA E FUNZIONALITÀ DELL'INTERVENTO

L'intervento riguarda esclusivamente la realizzazione di un ringrosso della testata del molo foraneo, secondo il seguente disegno:



Le dimensioni principali dell'opera prevista sono:

- asse mediano a quota berma 13,60 ml
- larghezza berma 20,00 ml
- quota berma 2,00 ml sul l.m.m.
- pendenza scarpate
 - da quota berma a l.m.m. 3/1
 - da l.m.m. a fondale 3/2
- nucleo (in parte appoggiato sull'opera preesistente) 50% scagliame 50% massi di 1^a categoria
- mantellata massi di 3^a categoria.

La funzionalità dell'intervento è descritta nell'elaborato G (Relazione idraulica) ed è rapportato alla mitigazione degli effetti di risacca all'interno dello specchio portuale.

8. GESTIONE DELLE MATERIE

I materiali necessari per la realizzazione dell'opera sono esclusivamente elementi litoidi di cava, caratterizzati da peso specifico non inferiore a 500 kg/cm^2 . Dovranno essere resistenti al gelo, alla salsedine marina ed all'abrasione secondo i criteri indicati nel RD 2232 del 1938 e sue applicazioni entro i parametri delle norme UNI. La colorazione dovrà essere simile a quella della preesistenze, valutata dalla DL. I quantitativi previsti sono:

- tout venant circa 300 mc
- scagliame di cava circa 2 300 ton
- massi di 1^a categoria circa 2 000 ton
- massi di 3^a categoria circa 3 500 ton

I materiali saranno caricati sul mezzo marittimo in sito a discrezione dell'appaltatore (non nel porto di Finale) e portati in sito per la posa: il mezzo marittimo sarà una chiatta o pontone semovente o trainato da rimorchiatore. Sopra il mezzo marittimo sarà già posata una macchina per il sollevamento, di tipo a fune con braccio reticolare, munita di artiglio. Il mezzo marittimo si posizionerà intorno all'opera da eseguire, ed in taluni momenti potrà impedire l'agevole ingresso in porto. Ciò accadrà nei momenti di posa dei materiali sulla parte W dell'opera e la situazione dovrà essere gestita con apposite ordinanze della Capitaneria di Porto. Il pontone, che avrà dimensioni importanti di alcune decine di metri di lunghezza, potrebbe trovare riparo all'interno del porto in caso di improvvisi cambiamenti meteomarinari, in posizioni che possono rendere difficoltosa la navigazione interna e nella bocca portuale. Anche questi aspetti dovranno essere gestiti con ordinanze di CP, organizzate sugli specifici mezzi utilizzati dall'appaltatore.

Le cave di provenienza di materiale di 3^a categoria non sono frequenti in Liguria: i materiali utilizzati recentemente per la realizzazione di opere marittime provengono da cave della provincia di Imperia, dell'alta Toscana (con esclusione dei marmi bianchi di Carrara), del basso Piemonte e della Val d'Ossola. Ogni tipologia litologica ha caratteristiche diversificate, che saranno valutate dalla DL prima del loro impiego.

Nel momento della realizzazione il fondale potrebbe essere rialzato in esito a fenomeni (già frequenti) di insabbiamento. In tal caso il mezzo di sollevamento sul pontone potrà essere armato con benna mordente che sposti sempre sul fondo le sabbie sino ad ottenere i piani di posa desiderati. Eventuali escavazioni con invio a discarica o a ripascimento dovranno invece essere autorizzate con i procedimenti dettati dalla normativa vigente.

9. INTERFERENZE

Il sito di realizzazione dell'opera non comprende opere od impianti interferenti; peraltro lo spostamento seppure modesto della testa del molo foraneo potrebbe far sorgere la necessità di adeguata traslazione del fanale rosso. Il tema deve essere affrontato con gli uffici del Comando Zona Fari di La Spezia, che si esprime peraltro sul progetto esecutivo. Il fanale esistente, alimentato da linea elettrica, è retto da una palificazione sulla quale sono ancorate diverse antenne di telefonia. Pertanto, in caso di spostamento del fanale, sarà opportuno porre in opera una nuova struttura, autoalimentata con celle fotovoltaiche, con contemporaneo spegnimento della vecchia lampada.

Al costo dell'operazione potrà provvedersi con i recuperi del ribasso d'asta o con fondi manutentivi derivati dalla gestione portuale,

L'area di intervento è già stata oggetto di frequenti lavori di sorbonamento sui fondali. Pertanto questi ultimi sono conosciuti già a vari livelli e non vi sono stati individuati ritrovamenti archeologici o bellici o tracce degli stessi, per cui di norma non sarà necessaria una preventiva indagine propedeutica alla progettazione esecutiva e quindi all'esecuzione.

10. FASI ESECUTIVE E CRONOPROGRAMMA

Le operazioni di realizzazione dell'opera si suddividono in;

- organizzazione del cantiere, rilievi, tracciamenti
- intervento del pontone per eventuale regolarizzazione del fondale
- carico e trasporto dei materiali in sito
- posa in opera secondo le sagome di progetto.

Il mezzo marittimo sarà caricato di norma con quantitativi variabili da 400 ad 800 tonnellate di materiali lapidei; i viaggi saranno pertanto numerosi. Peraltro i mezzi correnti sul mercato ligure sono in grado di posare il materiale di ogni singolo carico in una sola giornata, per cui la lavorazione sarà relativamente veloce. È stato tracciato un cronoprogramma descritto nel diagramma seguente:

FASI	GIORNI											
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
organizzazione cantiere												
ordinanze												
livellamenti												
trasporto e posa												
sicurezza												

11. COSTO DELL'OPERA

Il costo globale dell'opera è stimato in Euro 494 500,00 così suddivisi:

QUADRO ECONOMICO	
A) SOMME PER LAVORI	
IMPORTO LAVORI	€ 329.499,82
IMPORTO SICUREZZA	€ 3.418,03
TOTALE LAVORI	€ 332.917,85
B) SOMME A DISPOSIZIONE DELL'AMMINISTRAZIONE	
IVA 22%	€ 73.241,93
Spese tecniche (Art. 113 comma 3 D.Lgs 50/16)	€ 5.328,00
Spese tecniche (Art. 113 comma 4 D.Lgs 50/16)	€ 1.332,00
Spese tecniche incarichi esterni preliminari/Prog. Definitiva	€ 44.435,45
Spese tecniche incarichi esterni (Prog. Esecutiva/DL/Cont./sic.)	€ 36.400,57
Contributo ANAC	€ 225,00
Imprevisti Art. 42 comma 3b DPR 207/10	€ 619,20
TOTALE SOMME A DISPOSIZIONE	€ 161.582,15
SOMMANO A) + B)	€ 494.500,00