

PORTO DI CAPRAIA

NUOVO ATTRACCO PER I TRAGHETTI E MESSA IN SICUREZZA DELL'APPRODO TURISTICO

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE GENERALE

INDICE

1.	PREMESSE	2
2.	CARATTERISTICHE STRATIGRAFICHE E GEOTECNICHE DEI TERRENI	3
3.	DESCRIZIONE DELLE OPERE	4
3.1	Completamento attracco traghetti (intervento A)	4
3.2	Completamento del molo di sottoflutto (intervento B)	7
3.3	Risagomatura della banchina delimitante il porto a nord (intervento C)	9
3.4	Prolungamento pennello esistente (intervento D)	12
4.	ARREDI, SERVIZI, PAVIMENTAZIONI E RETE DI DRENAGGIO DELLE ACQUE METEORICHE	14
5.	CARATTERIZZAZIONE METEOMARINA DEL PARAGGIO E DIMENSIONAMENTO DELLE OPERE DI DIFESA A SCOGLIERA	16
6.	VERIFICHE DI STABILITÀ	18
7.	PREZZI UNITARI E COMPUTO METRICO ESTIMATIVO	19
8.	TEMPO DI ESECUZIONE E COSTO DELLE OPERE	21

1. PREMESSE

La presente relazione si riferisce al progetto esecutivo del nuovo attracco per traghetti e della messa in sicurezza del porto dell'Isola di Capraia.

Il progetto è stato sviluppato sulla base del progetto definitivo approvato dalla III Sezione del Consiglio Superiore dei LL. PP. con voto n.202 del 23/07/2003 e del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio di concerto con il Ministro per i Beni e le attività Culturali (decreto di pronuncia di compatibilità ambientale DEC/DSA/2005/00858 del 08/08/2005) tenendo conto delle osservazioni e prescrizioni emerse durante la seduta del C.S. dei LL. PP. e riportate nel voto e delle prescrizioni riportate nel decreto di pronuncia di compatibilità ambientale..

In particolare nel progetto definitivo era stata prevista la realizzazione delle seguenti opere:

1. il completamento dell'attracco per traghetti, consistente attualmente in un semplice "dente" per l'ormeggio poppiero dei traghetti stessi, con una banchina orientata secondo la direzione dei venti e dei mari dominanti e con un secondo dente prossimo alla diga foranea (intervento A);
2. la risagomatura della parte settentrionale del porto in modo da ridurre la risacca e di consentire un più agevole passaggio degli automezzi sbarcati o diretti all'imbarco (intervento C);
3. l'aggiunta di un pontile fisso a T all'estremità del corto pennello al quale ormeggiano le imbarcazioni da pesca (intervento D);
4. l'ampliamento e banchinamento del tratto iniziale del molo di sottoflutto, con inserimento di una banchina per rifornimento di carburante, e modifica dell'estremità del molo di sottoflutto con l'inserimento di due bracci a Y aventi lo scopo di meglio difendere sia il porto principale che quello secondario del fosso denominato Vado del Porto, utilizzato prevalentemente dalla nautica "minore" (intervento B).
5. Consolidamento della testata del molo di sopraflutto che attualmente risulta dissestata.

Per quanto riguarda l'intervento di cui al punto 5, trattandosi di un intervento urgente la cui realizzazione non poteva seguire i lunghi tempi di approvazione del progetto generale, recentemente è stato già eseguito. Pertanto nel progetto presente esecutivo è stato stralciato.

Si descrivono di seguito le caratteristiche delle opere, le modifiche e/o integrazioni apportate al progetto definitivo per ottemperare alle prescrizioni contenute nel voto di approvazione e nel decreto di compatibilità ambientale.

2. CARATTERISTICHE STRATIGRAFICHE E GEOTECNICHE DEI TERRENI

Le verifiche delle opere previste nel presente progetto sono state effettuate sulla base dei risultati di una apposita campagna di indagini (sondaggi geognostici + prove penetrometriche SPT a fondo foro) eseguita nel novembre del 2000 da una società specializzata alla quale si era fatto riferimento nel progetto definitivo approvato.

In particolare nello specchio di mare antistante l'attuale sporgente utilizzato per l'attracco dei traghetti sono stati eseguiti n°4 sondaggi a carotaggio continuo spinti fino a profondità di circa 30 m dal fondale marino.

Durante i sondaggi, a causa della natura granulare dei terreni attraversati, non è stato possibile prelevare campioni indisturbati; comunque durante le perforazioni, al fine di raccogliere informazioni sulle caratteristiche dei terreni attraversati, sono state eseguite 16 prove penetrometriche dinamiche tipo S.P.T. a fondo foro.

Dall'esame dei risultati della campagna di indagini svolta si constata l'esistenza di uno strato superficiale di materiale di recente deposizione (depositi melmosi di fondale) di modesto spessore (circa 30 cm) al disotto del quale si rileva la presenza di un complesso detritico ghiaioso costituito da sedimenti sciolti di natura vulcanica in cui la frazione granulometrica prevalente è quella ghiaiosa. Si tratta di un complesso di spessore variabile tra 15 e 18 m circa il cui grado di addensamento cresce con la profondità come evidenziato dalle prove penetrometriche eseguite. Infatti già al disotto dei primi 2.50÷3.00 m in tutte le prove penetrometriche eseguite sono state raggiunte le condizioni di "rifiuto".

Al disotto del complesso detritico ghiaioso è stata rilevata la presenza della formazione in situ. Si tratta di un litotipo costituito prevalentemente da blocchi e ghiaia, di colore scuro, la cui struttura è insita nelle modalità di messa in posto a mare: i litotipi effusivi che vengono a contatto con l'acqua, infatti, raffreddandosi rapidamente si sono scomposti in blocchi interrompendo la continuità tipica delle colate.

I risultati delle indagini hanno messo in evidenza l'esistenza, al disotto dello strato superficiale di depositi melmosi, di un complesso con valori di "portanza" compatibili con soluzioni costruttive del tipo "a gravità" (ad es. cassoni cellulari, massi sovrapposti etc.), e con caratteristiche di permeabilità e di compressibilità che assicurano cedimenti molto contenuti e con decorsi rapidi e sicuramente compatibili con i tempi di costruzione delle opere.

3. DESCRIZIONE DELLE OPERE

3.1 *Completamento attracco traghetti (intervento A)*

Nel progetto del completamento dell'attracco per traghetti dell'Isola di Capraia è stata prevista la realizzazione di una banchina con fondale al piede pari a 8,00 m, lunga circa 90 m, orientata secondo la direzione Est- Nordest, innestata nello spigolo Sud del dente di attracco esistente. La banchina termina con un nuovo dente lungo 25 m e con un risvolto di 20 m che assicura il collegamento con il molo di sopraflutto del porto turistico.

Scopo della nuova banchina è di assicurare al traghetto di collegamento con Livorno un accosto laterale orientato efficacemente rispetto ai venti ed ai mari dominanti e ben protetto dal moto ondoso, nonché di consentire la realizzazione di un piazzale di sosta per gli autoveicoli in attesa dell'imbarco, di ampiezza tale da evitare la formazione di lunghe file nell'attraversamento dell'abitato affacciato al porto.

La banchina verrà realizzata, nella parte più orientale, per mezzo di due cassoni galleggianti lunghi 25 m l'uno, larghi 8,70 m, appoggiati su uno scanno di pietrame spianato alla quota -8,00 m s.m.m. I cassoni, la cui soletta di fondo sporge di 1,00 m rispetto alle pareti laterali, saranno riempiti con materiale inerte proveniente dagli scavi da terreni antistanti la banchina e di quelli ricadenti nel porto, se possibile dal punto di vista della legislazione vigente. I cassoni inoltre saranno dotati, nella parte lato mare, di celle antirisacca, con fondo alla quota -2,00. Fra tale quota ed il materiale di riempimento della cella viene interposto un getto di calcestruzzo magro di spessore pari a 50 cm. Il cassone viene completato con un getto di calcestruzzo che assicura una quota della sommità della banchina pari a +1,75 m s.m.m.

Il terrapieno sostenuto dai cassoni sarà realizzato con tout venant di cava e/o materiale provenienti dagli scavi, se possibile dal punto di vista della legislazione vigente, previa interposizione di una striscia di geotessuto in corrispondenza dei giunti. Il collegamento fra cassone e terrapieno è assicurato da una soletta flottante di c.a.

I cassoni saranno costruiti presso un impianto di prefabbricazione a mare che l'impresa appaltatrice dovrà procurarsi a sua cura e spese, trasportati in galleggiamento a Capraia ed ivi affondati, con immissione d'acqua all'interno delle celle, sullo scanno di pietrame precedentemente spianato. Le uniche lavorazioni da eseguire sul posto sono quelle di riempimento delle celle ed i getti di calcestruzzo.

La parte occidentale della banchina, comprendente anche il dente di attracco ed il risvolto, non può essere realizzata con cassoni galleggianti in quanto lo scavo necessario per l'imbasamento metterebbe a rischio la stabilità della Via Annunziata, unico collegamento con il dente di attracco esistente, la cui efficienza deve essere salvaguardata durante i lavori. Infatti al fine di permettere lo scavo della cunetta di imbasamento dei cassoni è stato necessario prevedere un intervento di protezione e sostegno del terrapieno della strada così da evitare inaccettabili interruzioni di operatività dell'attuale attracco per i traghetti.

Pertanto si è deciso di adottare una soluzione già impiegata con successo in situazioni del genere e consistente nell'eseguire tre pareti, una lato mare, una centrale ed una lato terra, ad una distanza reciproca di 3,90 m e di 3,05 m di micropali $\phi 250$ mm, armati con profilati metallici cilindrici cavi $\phi 101,6$ con spessore pari a 10 mm, a partire dalla quota $-1,60$ m s.m.m. fino alla quota $-14,00$ m s.m.m. La parete lato mare è formata da micropali accostati, le altre due da micropali distanziati l'uno dall'altro di due diametri.

Fra le due pareti foranee viene eseguito un trattamento colonnare di consolidamento con il metodo denominato jet-grouting continuo a ridosso dalle parete più esterna, discontinuo e su due file nella zona fra le due pareti foranee. A consolidamento eseguito si procede, previa asportazione di parte del materiale in sito fino alla quota $-1,60$ m s.m.m., all'esecuzione di un getto di calcestruzzo subacqueo, detto di prima fase, che perviene alla quota $-1,30$ m s.m.

Scopo di tale getto è di collegare superiormente i micropali, al fine di assicurare un comportamento d'insieme "rigido" a tutta la struttura.

Si provvederà quindi alla posa in opera di elementi prefabbricati di c.a., a doppio T, con spessore costante pari a 30 m, anima lunga 3,40 m e ali larghe 2,04 m, posti in opera con un interasse di 2,04 m, ed alla esecuzione di un getto "di seconda fase" alla quota $-1,00$ m s.m. L'insieme degli elementi prefabbricati verrà definitivamente collegato con un getto in opera su solette prefabbricate dalla quota $+0,75$ alla $+1,75$ m s.m.m.

All'interno delle celle venutasi a creare tra le pareti degli elementi prefabbricati, sopra il getto a quota $-1,00$ m s.m., verrà disposta una scogliera di pietrame di peso compreso fra 50 e 200 kg, con pendenza delle scarpate $2/3$ e larghezza in testa (alla quota $+0,20$ m s.m.m.) pari a 1,50 m. La scogliera si "appoggia" all'ala posteriore degli elementi a doppio T.

Il rinfianco a tergo della parete posteriore delle celle, costituita dalle ali posteriori degli elementi a doppio T, verrà realizzato con tout-venant di cava e/o materiale provenienti dagli scavi, se possibile dal punto di vista della legislazione vigente, previa interposizione, in corrispondenza dei giunti tra le velette, di un telo di tessuto non tessuto con funzione di filtro.

L'esecuzione dei micropali e dei trattamenti colonnari (jet-grouting) avverrà da un rilevato provvisorio il quale, una volta completa l'opera, dovrà essere rimosso. I materiali di risulta degli scavi necessari potranno essere utilmente impiegati per la realizzazione dei riempimenti delle celle dei cassoni e/o per l'esecuzione del rinfianco a tergo e/o per la realizzazione della porzione superiore, fuori acqua, del rinfianco a tergo del nuovo muro di banchina.

Si osserva che l'esecuzione della parte di banchina con micropali e trattamento di consolidamento può essere parzialmente indipendente da quella a cassoni senza vincolare i tempi di esecuzione dell'intera banchina. E' ancora da notare che i macchinari per la realizzazione dei micropali e dei trattamenti colonnari sono poco ingombranti e di uso relativamente semplice. Il loro impiego nell'isola della Capraia non presenta particolari difficoltà.

A completamento delle opere di banchinamento vere e proprie è da citare l'elemento di chiusura fra cassoni e denti di attracco esistente, che verrà realizzato con un getto subacqueo di cls contenuto da cassaforme subacquee (c.d. getto in paratia).

Ovviamente la banchina ed il terrapieno verranno completati con la pavimentazione, la rete di smaltimento delle acque meteoriche e gli arredi (bitte, parabordi, anelloni, scalette, etc.).

Nel progetto è inoltre previsto il dragaggio a quota -8.00 m s.m. dei fondali prospicienti il nuovo attracco per traghetti per un volume complessivo di circa 26.915,00 m³. I materiali provenienti dal dragaggio dei fondali verranno in parte utilizzati all'interno dei lavori mentre la porzione eccedente e/o di caratteristiche incompatibili con il suo utilizzo verrà conferita nella vasca di contenimento esistente all'esterno del porto di Livorno e/o a discarica autorizzata.

Nel voto di approvazione del progetto definitivo del C.S. dei LL. PP. non ci sono prescrizioni riguardo le tipologie costruttive e le caratteristiche tecniche delle soluzioni progettate ma è prescritto che nello svolgimento del progetto esecutivo venisse definito meglio l'intervento di chiusura del giunto tra il primo cassone ed il muro di banchina del dente di attracco esistente (getto in paratia) e che venissero approfondite le verifiche strutturali della soluzione con micropali e jet-grouting.

Pertanto nello sviluppo del progetto esecutivo, oltre allo sviluppo di calcoli di dettaglio e dei disegni di dettaglio di tutte le opere previste in progetto, è stata sviluppata la verifica strutturale di tutti gli elementi strutturali della soluzione con micropali e jet-grouting facendo riferimento ad uno schema statico di funzionamento che simula correttamente le interazioni tra terreno e struttura.

Per maggiori dettagli si rimanda ai disegni ed alle relazioni tecniche di progetto.

3.2 Completamento del molo di sottoflutto (intervento B)

Nel progetto definitivo per il completamento del molo di sottoflutto è prevista l'esecuzione di un primo tronco rettilineo in prosecuzione del molo esistente, seguito da un tratto di larghezza progressivamente crescente che termina, sul lato Nord, con un ulteriore breve tratto rettilineo (lungo 10,50 m) a scogliera, con rispettiva testata (testata "Nord"), a difesa del porto turistico e sul lato Sud, con una semplice testata, a difesa della darsena costituita dal tratto fociale del fosso "Vado del Porto".

La sezione tipo della scogliera in corrispondenza della testata Nord è simmetrica e comprende un nucleo di massi naturali di peso compreso fra 500 e 1250 kg, protetto da una mantellata a tre strati di massi naturali da 5 a 10 t, disposti secondo una pendenza di 1/2. La sommità della sezione, alla quota +2,50 m s.m.m., ha una larghezza di 6,00 m e comprende al suo interno un massiccio di calcestruzzo di larghezza pari a 3,00 m ed altezza pari a 1,20 m, in modo da consentire il transito pedonale, anche ai fini dell'accesso al fanale di estremità.

Nel tronco che precede la testata è presente un nucleo di tout venant (peso degli elementi fino a 500 kg) protetto da un filtro di massi naturali di peso compreso fra 500 e 1250 kg e da una mantellata a due strati costituita da elementi di peso compreso fra 3 e 7 t.

La parte del molo che si va progressivamente allargando è stata sagomata in modo particolare al fine di costituire una sorta di piazzale.

Il piazzale è posto a quote variabili fra +0,80 e +1,20 m s.m.m. ed è realizzato con una serie di lastroni di calcestruzzo di dimensioni in m 1,40*1,40*0,80, posti su uno strato di magrone di 20 cm. Lato mare i lastroni sono delimitati da un massiccio sagomato a scalini, con lo scopo di favorire la discesa a mare dei bagnati. Il piazzale è tutto circondato da un massiccio costituito da un blocco di calcestruzzo largo 1,50 m, imbasato alla stessa quota dei lastroni, con quota di sommità pari a +2,30 m s.m.m., delimitante la berma di sommità della mantellata di massi di peso compreso fra 3 e 7 t. Un collegamento a scalinata ed un adiacente scivolo per accesso degli handicappati consentono di passare dal piazzale al massiccio di coronamento del tratto di diga a scogliera costituente il prolungamento del molo di sottoflutto esistente. Il massiccio ha una larghezza di 3,00 m e costituisce una vera e propria "passeggiata" utilizzabile dai visitatori e dagli utilizzatori del porto.

Nel tronco rettilineo iniziale, in prosecuzione del molo esistente, le pendenze della mantellata saranno più elevate (2/3 in luogo di 1/2) a causa delle minori sollecitazioni trasmesse dal moto ondoso.

Un primo tratto della lunghezza di 15 m sarà delimitato, nella parte verso il porto, da una banchina di tipo antiriflettente, costituito da una serie di cassoncini prefabbricati con camere di smorzamento e fessure verticali, destinata a ricevere le apparecchiature per il rifornimento del carburante, collegate a terra da apposita tubazione.

Il molo di sottoflutto esistente ha una larghezza molto limitata e non è usufruibile se non in modo precario per accedere all'estremità e per pervenire al pontile che il Comune ha intenzione di installare radicandolo a circa metà del molo esistente.

Viceversa è opportuno che la sommità del molo sia praticabile anche da parte di piccoli automezzi anche per tenere conto del fatto che presso l'estremità è stata prevista l'ubicazione della stazione di rifornimento carburanti.

E' stato pertanto deciso di procedere all'allargamento utilizzando una banchina imbasata alla quota -2,00 e realizzata mediante un getto subacqueo di calcestruzzo contenuto all'interno di casseforme metalliche subacquee sul quale verrà realizzato un coronamento gettato in opera e che perviene alla quota +1,20 m s.m.m.

La larghezza utile ai fini pedonali e viari del coronamento sarà pari a 6,00 m. Fra il blocco di calcestruzzo esistente, demolito fino alla quota +1,20, e la nuova banchina sarà messa in opera una serie di massi prefabbricati di calcestruzzo, così da ottenere il previsto praticabile.

Nel tratto più prossimo alla linea di terra, allo scopo di raccordare la sezione a banchina con la spiaggia esistente, è stata prevista una sezione tipo non banchinata con la scarpata interna rivestita con due strati di massi naturali.

Il progetto definitivo del completamento ed allargamento del molo di sottoflutto del porto di Capraia è stato approvato dalla III sezione del C.S. dei LL. PP. senza prescrizioni, mentre durante l'iter della Valutazione di Impatto Ambientale gli enti interessati (ad esempio Soprintendenza per i Beni Archeologici e per i Paesaggio), al fine di migliorarne l'inserimento nel paesaggio circostante, hanno richiesto di apportare alcune modifiche.

In particolare è stato richiesto di arretrare la piazzola della stazione di rifornimento all'altezza dell'attuale testata del molo, riducendo quindi il tratto di molo banchinato, e di sostituire, lungo tutto il tratto di prolungamento del molo, gli elementi di c.a. previsti sulla sommità con massi naturali.

Pertanto nello sviluppo del progetto esecutivo si è ottemperato a tutte le prescrizioni e/o richieste emerse durante l'iter di valutazione di impatto ambientale apportando le modifiche necessarie.

Per maggiori dettagli si rimanda ai disegni di progetto.

3.3 Risagomatura della banchina delimitante il porto a nord (intervento C)

La modifica del perimetro portuale in corrispondenza del tratto terminale di via dell'Assunzione fino all'intersezione con la banchina interna del molo di sopraflutto si rende necessario per consentire il traffico veicolare senza commistioni con il transito dei pedoni. L'attuale strada infatti lambisce gli edifici esistenti e presenta larghezza di circa 4,5-5,0 m, insufficiente per poter garantire la contemporanea presenza, senza che si abbiano pericolose interferenze, di veicoli, pedoni e strutture necessarie per l'attività diportistica (ormeggi e colonnine di erogazione dei servizi).

La nuova banchina è stata concepita considerando non solo la necessità di rendere più sicuri gli spazi retrostanti, ma anche di limitare i problemi di risacca e di sormonto dell'attuale banchina che si manifestano in presenza di mareggiate ed in condizioni di alta marea. Il piano di imposta della banchina ed il livello stradale di via dell'Assunzione nel tratto interessato all'intervento sono a quota +0,80 m s.m., condizione che rende frequenti allagamenti che arrivano a lambire gli edifici.

La nuova banchina, planimetricamente conformata ad arco, lunga circa 83 m, si raccorda alla banchina esistente ed alla radice del molo di sopraflutto del porto turistico.

Nel progetto definitivo la tipologia costruttiva prevedeva un primo tronco, lunga circa 53 m a partire dal molo di sopraflutto, con un paramento lato mare inclinato, protetto da una mantellata di massi, sormontato da una struttura parzialmente prefabbricata al cui interno era prevista una camera di dissipazione del moto ondoso incidente. La struttura portante del nuovo muro di banchina era costituita da una serie di elementi prefabbricati di c.a. che venivano collegati mediante un getto di completamento di c.a. La quota al coronamento era stata posta pari a +1,10 m sul l.m.m., circa 0,3 m più elevato del retrostante piano stradale. La larghezza al coronamento era pari a 3,5 m. Le acque meteoriche, in questo tratto in cui è presente tale dislivello, venivano pertanto raccolte in pozzetti grigliati, e smaltiti attraverso condotte fognarie.

La banchina era del tipo assorbente avendo profilo esterno a giorno su scogliera; la trave di coronamento era compresa fra le quote +0,60 e +1,10 m s.m.m., mentre la soletta era da quota +0,86 a quota +1,10, in modo da non avere sottopressioni; la cella era munita di una feritoia di sfiato d'aria da +0,7 a +0,86 che non interferiva con la superficie stradale.

Il tratto di raccordo alla banchina esistente (lungo circa 30 m) era previsto mediante l'infissione di palancole in acciaio laminato S 240 GP (equivalente Fe 360) modulo di resistenza minimo $W = 1800 \text{ cm}^3/\text{m}$ e momento d'inerzia minimo $J = 34200 \text{ cm}^4/\text{m}$, fino alla profondità di 6 m

s.m.m, la cui struttura di ancoraggio era costituita da una serie di pali speciali di piccolo diametro e di elevata capacità (micropali) della lunghezza di 14 m ed inclinati di 45° aventi interasse di 2,52 m.

Il palancoato, realizzato per una lunghezza di circa 18 m, presentava una trave di coronamento avente larghezza di 1,4 la cui quota di sommità è pari a +0.8 m s.m.m, ad eccezione di un tratto di 10 m, inclinato con pendenza del 3%, necessario per raccordare la trave di coronamento del palancoato alla banchina parzialmente assorbente lungo il quale è pari a +1,10 m s.m.

La trave di coronamento del palancoato proseguiva ammorsandosi nella banchina esistente con una trave rettangolare di dimensioni 1.40x0.50 m² per un tratto di circa 5,7 m, previa opportuna demolizione eseguita sulla banchina.

Durante l'esame del progetto definitivo da parte del C.S. dei LL. PP. è stato rilevato che la tipologia costruttiva proposta per la realizzazione del primo tratto di banchina, seppur tecnicamente valida, risultava molto complessa e di difficile esecuzione. Pertanto nei considerata del voto veniva richiesto di sostituirla con una tipologia di più semplice concezione costruttiva ce però garantisca gli stessi obiettivi prestazionali (primo fra tutti un sufficiente grado di assorbimento dell'energia del moto ondoso residuo). Tra le possibili soluzioni veniva inoltre indicata quella tradizionale con cassoncini antiriflettenti che peraltro era già prevista per la realizzazione delle banchine della stazione di rifornimento carburanti prevista lungo il lato interno del molo di sottoflutto.

Inoltre nel decreto di pronuncia di compatibilità ambientale del Ministeri dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, per l'intervento in oggetto, viene prescritto che nello sviluppo del progetto esecutivo siano rispettate le indicazioni per la separazione del traffico veicolare e pedonale previste nel progetto definitivo.

Pertanto nel presente progetto esecutivo per la realizzazione del primo tratto della nuova banchina la soluzione costruttiva prevista nel progetto definitivo è stata sostituita con una a cassoncini ad unica cella con parete lato mare forata imbasati a quota -2.50 m s.m. su uno scanno di pietrame scapolo impostato a qota -3.00 m s.m. sul fondale dragato del bacino portuale, lasciando invariate le soluzioni tecniche previste per la realizzazione degli altri tratti di banchina.

Infine, come peraltro già previsto nel progetto definitivo, per la separazione del traffico veicolare da quello pedonale, lungo il tratto di intervento, la quota di banchina è stata mantenuta circa 30 cm superiore di quella del retrostante piano viario e lungo il limite interno del piano di banchina è stata prevista la posa in opera di una ringhiera di acciaio inox.

Nel progetto è inoltre previsto il dragaggio a quota -3.00 m s.m. dei fondali prospicienti il lato interno del molo di sottoflutto e la porzione di banchina interna prevista in progetto per un volume complessivo di circa 2.620,00 m³. I materiali provenienti dal dragaggio dei fondali verranno in parte utilizzati all'interno dei lavori mentre la porzione eccedente e/o di caratteristiche

incompatibili con il suo utilizzo verrà conferita nella vasca di contenimento esistente all'esterno del porto di Livorno e/o a discarica autorizzata.

Per maggiori dettagli si rimanda ai disegni ed alle relazioni tecniche di progetto.

3.4 Prolungamento pennello esistente (intervento D)

Fra gli interventi previsti nel progetto definitivo approvato figura il prolungamento dell'attuale molo destinato alle imbarcazioni del diving e dei pescatori, ubicato in prossimità dello scalo d'alaggio. Il prolungamento è conformato planimetricamente a T ed è costituito da due elementi rettangolari delle dimensioni rispettivamente di 10x3,5 m e 9,2x3,5 m.

La tipologia costruttiva prevista nel progetto definitivo era quella di un impalcato di 0,26 m di spessore poggiante su pali incastrati inferiormente a travi rovesce di fondazione. Il piano di imposta delle travi rovesce era fissato a -4,5 m s.m.m. su uno scanno di imbasamento in pietrame scapolo di 0,5 m di spessore eseguito sul fondale esistente.

Le travi rovesce di fondazione erano in numero di 3 per l'elemento di dimensioni 10x3,5 m, ed in numero di 4 per l'altro elemento. Alle travi rovesce della lunghezza di 3,5 m erano collegati 3 pali di diametro 0,4 m ed altezza 3,60 m, con armature sporgenti in sommità per almeno 1 m per i getti di ripresa. La soletta di spessore 0,26 m, veniva eseguita utilizzando una cassaforma in c.a. tralicciata di spessore 4 cm. Il sostegno delle casseforme durante la fase dei getti in opera era assicurato mediante collari metallici fissati sui pali e travi di collegamento in profili UNP 100 in acciaio Fe 360, da rimuovere alla maturazione del calcestruzzo.

I due elementi rettangolari del pontile erano distaccati di 5 cm per evitare la trasmissione delle sollecitazioni tra gli elementi stessi in seguito all'urto di una nave.

Inoltre sulla testata del molo esistente, che presenta cedimenti e spostamenti relativi tra i massi che lo costituiscono, era previsto un intervento di consolidamento mediante la realizzazione di una serie di 12 micropali di lunghezza 14 m, disposti su una maglia di 0,5x1,25 m.

Analogamente all'intervento C, durante l'esame del progetto definitivo da parte del C.S. dei LL. PP., è stato rilevato che la tipologia costruttiva proposta per la realizzazione del pontile lasciava alcune perplessità in termini di funzionamento d'insieme, anche in relazione a possibili irregolarità del piano di posa e/o a potenziali fenomeni di cedimenti differenziali in fondazione che avrebbero potuto comportare l'insorgere di sollecitazioni nella soletta superiore non previste. Pertanto anche in questo caso nel voto di approvazione di sostituire la soluzione tecnica di progetto con una di più semplice concezione costruttiva con un comportamento statico meno condizionato dai suddetti fenomeni.

Nel decreto di pronuncia di compatibilità ambientale del Ministeri dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, per l'intervento in oggetto, non è riportata alcuna prescrizione.

Pertanto nel progetto esecutivo la soluzione costruttiva prevista nel progetto definitivo è stata sostituita con una che prevede l'impiego di cassoncini antiriflettenti, con caratteristiche geometriche analoghe a quelli impiegati negli altri interventi, imbasati a quota -4.00 m s.m. su uno scanno di pietrame scapolo di spessore pari a 50 cm.

Rispetto al progetto definitivo è stato previsto che il tratto di molo in progetto venga pavimentato con pietra locale.

4. ARREDI, SERVIZI, PAVIMENTAZIONI E RETE DI DRENAGGIO DELLE ACQUE METEORICHE

Per consentire l'ormeggio dei traghetti al nuovo attracco lungo la banchina ed il dente di attracco è stata prevista la posa in opera di n°6 bitte da 80 t mentre lungo il fronte di accosto è stata prevista la posa in opera di n°17 parabordi cilindrici tipo Pirelli con diametro esterno pari a 0.50 m e lunghezza pari a 1.00 m. In corrispondenza del dente di attracco, analogamente all'attuale struttura utilizzata dai traghetti, è stata inoltre prevista la posa in opera di n°4 parabordi cilindrici di diametro pari a 0.70m lunghi 1.00 m.

Lungo la banchina del nuovo attracco per traghetti è stata inoltre prevista la posa in opera di n°6 anelloni di ormeggio di acciaio inox per l'ormeggio delle imbarcazioni di servizio e di n°3 scalette alla marinara.

La banchina interna del molo di sottoflutto, lungo la quale è previsto l'ormeggio delle imbarcazioni da diporto, le banchine a servizio del bunkeraggio e la banchina interna lungo il tratto terminale di Via Assunzione sono state attrezzate con bitte da 5 t e scalette ala marinara.

Come prescritto dal Decreto di Pronuncia di Compatibilità Ambientale del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, tutte le pavimentazioni previste in progetto, ad eccezione di quella stradale nell'allargamento di Via Assunzione che, analogamente all'esistente, sarà di tipo bituminoso, saranno in pietra locale. In particolare per il piazzale a servizio dell'attracco per traghetti è stata prevista una pavimentazione rigida costituita da lastre di c.a. rivestite con lastre di pietra locale. Si tratta di una soluzione tecnica sicuramente adeguata a resistere alle azioni tipiche di un piazzale di servizio di un attracco per traghetti (passaggio di macchine e di mezzi pesanti) che al contempo garantisce un perfetto inserimento dell'opera nel paesaggio di pregio circostante. Per il prolungamento del moletto esistente (intervento D) e per il percorso pedonale della nuova banchina interna del porto in corrispondenza del tratto terminale di via Assunzione (intervento C) è stato previsto il rivestimento della sovrastruttura dei cassoncini con lastre di pietra locale, mentre per l'allargamento del molo di sottoflutto (intervento B) è stata prevista una pavimentazione in cubetti di porfido con caratteristiche cromatiche analoghe alla formazione rocciosa che caratterizza l'isola di Capraia. Per tutte i piani orizzontali delle strutture di c.a. è stato inoltre previsto un trattamento superficiale con elementi lapidei (pietra locale).

Relativamente al drenaggio delle acque meteoriche del piazzale e del tratto terminale di via Assunzione è stata prevista la sagomatura superficiale del terrapieno con pendenze verso il centro del nuovo piazzale nel primo caso e verso l'attuale limite lato mare della strada nel secondo. Le acque verranno raccolte da canalette grigliate. Le acque raccolte dalla rete di drenaggio, prima di

essere scaricate a mare, come previsto dalla normativa attualmente vigente in materia, passeranno attraverso un impianto di trattamento delle acque di prima pioggia costituito da un pozzetto deviatore, un pozzetto separatore fanghi protetto internamente da uno strato resistente ai liquidi leggeri ed un pozzetto separatore oli a coalescenza protetto internamente da uno strato resistente ai liquidi leggeri dotato di chiusura automatica e filtro coalescenze.

5. CARATTERIZZAZIONE METEOMARINA DEL PARAGGIO E DIMENSIONAMENTO DELLE OPERE DI DIFESA A SCOGLIERA

Per la caratterizzazione meteomarina del paraggio dove sorgono le opere in progetto è stato redatto uno studio meteomarini.

Lo studio ha riguardato la determinazione dei parametri meteomarini necessari per il dimensionamento delle opere e per la verifica degli effetti indotti dalla loro realizzazione (ad esempio riduzione dell'agitazione interna portuale, condizioni di riparo offerte al nuovo attracco dei traghetti ecc.).

In particolare il moto ondoso al largo della rada di Capraia è stato ricostruito a partire dai dati di velocità del vento misurati nella stazione ITAV di Pianosa con il metodo SMB.

La serie delle altezze d'onda ricavata nel suddetto studio meteomarino è stata poi utilizzata per lo sviluppo dello studio propagazione del moto ondoso da largo a riva (rifrazione inversa spettrale) necessario per la definizione delle condizioni di moto ondoso in prossimità delle nuove opere.

Lo studio (v. Elaborato R/03 "Studio Meteomarino") ha messo in evidenza una generale attenuazione delle altezze d'onda significative dovuta sia alla particolare posizione della rada, aperta ad un piccolo settore di traversia 120-345°N e sia per la presenza dei promontori Punta del Vecchione e Punta del Fanale. Più in particolare per il punto di inversa i i maggiori valori del coefficiente k ($k = k_r \cdot k_s$ con k_r coefficiente di rifrazione e k_s coefficiente di shoaling) si verificano in corrispondenza delle direzioni comprese tra i 50°N e gli 80°N a seconda del periodo dello spettro considerato.

Per quanto riguarda le direzioni medie di propagazione si osserva che:

- gli eventi che subiscono le maggiori rotazioni sono quelli provenienti da Nord-Est variando dai 20° ai 40° in senso orario nell'avvicinamento verso riva (le rotazioni più consistenti corrispondono alle componenti spettrali aventi periodo maggiore);
- gli eventi provenienti da Est Sud-Est si orientano tutti secondo la direzione di circa 70°N (rotazione di circa 25°).

In definitiva il settore di traversia si stringe per gli eventi di moto ondoso estremo a 30°-75°N, ottenendo le seguenti caratteristiche dell'onda di progetto:

Tr (anni)	Altezza significativa al largo H_{so} (m)	Periodo di picco T_p (m)	Coefficiente di rifrazione k_{max}	Altezza significativa a riva $H_{s,r}$ (m)	Direzione a riva (°N)
50	4.95	10.0	0.879	4.3	67

La profondità di frangimento del moto ondoso di progetto è di 7.5 m, pertanto essendo i fondali al piede dell'opera compresi tra -5.00 e -7.50 m s.m. ne deriva che le onde frangono a ridosso delle opere.

Il dimensionamento della mantellata del molo di sottoflutto è stato eseguito utilizzando un semplice metodo di calcolo deterministico.

Per maggiori dettagli si rimanda all'apposito elaborato allegato al progetto.

6. VERIFICHE DI STABILITÀ

Nel corso del presente progetto oltre alle verifiche di stabilità dell'opera di difesa a parete verticale previste dalla normativa vigente in materia (muro di banchina a cassoni – verifiche di stabilità al ribaltamento, allo scorrimento e della fondazione) sono state effettuate le usuali verifiche geotecniche delle opere (verifiche di stabilità di insieme).

In particolare la stabilità dei nuovi banchinamenti è stata verificata nei confronti di possibili scivolamenti generali secondo superfici di scorrimento circolari.

La valutazione dei fattori di sicurezza alla stabilità d'insieme dell'opera è stata condotta utilizzando un programma di calcolo denominato "SLOPE CAD" .

Le verifiche di stabilità svolte hanno riguardato sia il tratto dove il muro di banchina verrà realizzato con cassoni cellulari imbasati a quota -8.00 su uno scanno di pietrame scapolo, sia per il tratto iniziale realizzato con diaframmi di micropali e jet-grouting.

In entrambi i casi si è fatto riferimento ad una quota dei fondali pari a -8.00 m s.m. Nelle verifiche è stata inoltre considerata la presenza sul terrapieno a tergo dei muri di banchina di un sovraccarico uniformemente ripartito di intensità pari a 30 kN/m².

La stabilità dell'opera è stata verificata analizzando sia superfici passanti all'interno dello scanno di imbasamento dei cassoni sia superfici passanti al disotto e che quindi interessano il terreno detrico sabbioso naturale. Relativamente alla tratto di muro di banchina realizzato con micropali e jet-grouting sono state analizzate superfici passanti al disotto della quota alla quota si intestano i micropali e le colonne di terreno consolidato (-14.00 m s.m.).

Dalle verifiche effettuate si ricava che per le due sezioni trasversali la stabilità dell'opera è assicurata con ampi margini di sicurezza. Infatti i coefficienti di stabilità dell'opera (v. tabella allegata), calcolati in condizioni iniziali e di esercizio, risultano sempre superiori al limite 1.30 prescritto dalla normativa vigente in materia per opere di sostegno delle terre (D.M. 11.03.1988, punto D.4.5.).

Banchina a cassoni	1.327
Banchina con micropali e jet-grouting	2.937

Per maggiori dettagli si rimanda all'apposito elaborato allegato al presente progetto.

7. PREZZI UNITARI E COMPUTO METRICO ESTIMATIVO

L'individuazione del costo delle opere non ha posto particolari problemi, in quanto in generale si è prevista l'utilizzazione di materiali e di modalità esecutive di routine nei lavori marittimi.

Per i prezzi elementari della mano d'opera, dei noli e dei materiali utilizzati nelle analisi, si è fatto riferimento al PREZZARIO UFFICIALE DI RIFERIMENTO per le opere di competenza delle Amministrazioni dello Stato e degli Enti Pubblici Nazionali nel territorio regionale della Toscana.

Per i prezzi non previsti in suddetto in suddetto Prezzario si è fatto riferimento al PREZZARIO REGIONALE per le opere di competenza delle Amministrazioni dello Stato e degli Enti Pubblici Nazionali nel territorio regionale della Liguria ed al prezzario della Regione Lazio.

Per i prezzi non previsti in nessuno dei due prezzari di riferimento sono state eseguite le analisi.

Così come previsto nel PREZZARIO UFFICIALE DI RIFERIMENTO per le opere di competenza delle Amministrazioni dello Stato e degli Enti Pubblici Nazionali nel territorio regionale della Toscana, aggiornato al mese di gennaio del 2002, ai suddetti prezzi unitari è stata applicata una maggiorazione del 30% per tener conto che i lavori dovranno essere realizzati sull'isola di Capraia, che si trova a circa 37 miglia dal porto di Livorno, e quindi delle particolari condizioni di disagio nelle quali si svolgeranno e dei maggiori costi di approvvigionamento dei materiali.

Per quanto riguarda gli scavi subacquei da eseguire all'interno del bacino portuale esistente, che riguarderanno prevalentemente sedime e materiali vari scaricati nel tempo, nel progetto è stato previsto che vengano eseguiti con mezzi terrestri e che i materiali di risulta vengano trasportati con camion in continente e portati a discarica autorizzata. Pertanto ai prezzi unitari per gli scavi è stato sommato il sovrapprezzo per il trasporto in continente e per gli oneri di discarica.

Per quanto riguarda i dragaggi necessari per la realizzazione del nuovo attracco per traghetti, che riguarderanno prevalentemente la formazione in situ di ghiaia e blocchi e quindi materiali non inquinati, è stato previsto che vengano realizzati con mezzi marittimi e che i quantitativi di materiale che non potranno essere riutilizzati nell'ambito dei lavori vengano scaricati all'interno della vasca di contenimento del porto di Livorno al cui interno possono essere depositati materiali con contenuti di specie inquinanti fino ai limiti della colonna B della tabella 1 della legge 471 del 1976 del 10%. Pertanto agli oneri di dragaggio è stato sommato solo il sovrapprezzo per il trasporto via mare da Capraia a Livorno.

Relativamente alle modalità di valutazione dei lavori è stato previsto che tutte le singole

opere previste nel presente progetto verranno compensate a corpo ad eccezione delle mantellate in massi naturali del mulo di sottoflutto e di alcune lavorazioni secondarie relative agli interventi C e D per le quali è più agevole un accurato controllo durante le fasi esecutive da parte della Direzione Lavori, che verranno compensate a misura.

8. Tempo di esecuzione e costo delle opere

Il costo totale delle opere previste è di **Euro 7,417,883.64** di cui **Euro 5,580,729.00** per lavori compensati a corpo ed **Euro 1,837,154.64** per lavori compensati a misura, mentre l'importo degli oneri per la sicurezza ammonta a **Euro 222,536.51**

Nello studio delle fasi esecutive delle opere previste nel presente progetto particolare attenzione è stata prestata alla necessità di assicurare per tutta la durata dei lavori la continuità dei collegamenti dell'isola con la terraferma.

Chiaramente tutti i lavori previsti per la messa in sicurezza e per la razionalizzazione degli attracchi del porto turistico, ad eccezione delle opere previste per l'allargamento di via Assunzione, non presentano alcuna interferenza con le strutture di attracco dei traghetti e pertanto la loro programmazione temporale non presenta alcun problema. Peraltro anche i lavori connessi all'allargamento di via Assunzione possono svolgersi senza provocare alcuna riduzione delle condizioni di accessibilità alle attuali aree di imbarco.

Anche la realizzazione del nuovo attracco per i traghetti, interessando solo marginalmente le attuali strutture di attracco, potrà svolgersi senza interferire con l'operatività dell'attuale attracco.

Per quanto riguarda i tempi necessari per l'esecuzione delle opere in oggetto, tenendo conto dei tempi di approvvigionamento dei materiali e di impianto di cantiere e della necessità che durante il periodo estivo (luglio-settembre) i lavori dovranno essere interrotti, si ritiene che il tempo necessario per l'esecuzione dei lavori previsti nel presente progetto (banchina, dente di attracco e terrapieno a tergo), compresi i lavori per la messa in sicurezza e la razionalizzazione degli attracchi del porto turistico, sia pari a circa 18 mesi.