



**AUTORITA' PORTUALE LIVORNO**

**PORTO DI CAPRAIA ISOLA**

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

## **Relazione Tecnica**



**Allegato alla richiesta di autorizzazione ai  
sensi L.R.T. 19/03 alla Provincia di Livorno**

**Giugno 2007**

**Dirigente Tecnico  
( ing. Umberto Campana )**

# PORTO DI CAPRAIA

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

### PROGETTO ESECUTIVO

#### *RELAZIONE GENERALE*

#### INDICE

1. PREMESSE	3
2. CARATTERISTICHE STRATIGRAFICHE E GEOTECNICHE DEI TERRENI	4
3. DESCRIZIONE DELLE OPERE	5
3.1 Completamento attracco traghetti (intervento A)	5
3.2 Completamento del molo di sottoflutto (intervento B)	7
3.3 Risagomatura della banchina delimitante il porto a nord (intervento C)	8
3.4 Prolungamento pennello esistente (intervento D)	9
4. ARREDI, SERVIZI, PAVIMENTAZIONI	10
5. CARATTERIZZAZIONE METEOMARINA DEL PARAGGIO E DIMENSIONAMENTO DELLE OPERE DI DIFESA A SCOGLIERA	11
6. PROVENIENZA DEI MATERIALI DI CAVA, ANALISI DEI SEDIMENTI MARINI	12
7. TEMPO DI ESECUZIONE DELLE OPERE	13

## 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 esecutivo è stato sviluppato sulla base delle osservazioni e prescrizioni riportate nel voto n. 202 del 23.07.03 di approvazione del progetto da parte della III° Sezione del Consiglio Superiore LL.PP. (All. n.6) e del Decreto di Compatibilità Ambientale (V.I.A.) prot. DEC/DSA/2005/00585 del 08.08.2005 del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio di concerto con il Ministero per i Beni e le Attività Culturali (All. n.7).

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

- 1 il completamento dell'attracco per traghetti, consistente attualmente in un semplice "dente" per l'ormeggio poppiario 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).

**Si fa presente che tutti gli interventi per la realizzazione del nuovo attracco per traghetti e per la messa in sicurezza dell'approdo turistico dell'isola di Capraia, oggetto della presente relazione, saranno eseguiti su specchi acquei e su aree demaniali marittime, nella giurisdizione e competenze di questa Autorità Portuale, ai sensi della legge 84/94 (All. n.8)**

**Inoltre, il suddetto progetto rientra tra le opere previste nel Piano Operativo Triennale vigente, ex art. 9 della legge 84/94.**

## 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 (All. n.12).

**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 ondosso, 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, separando il traffico veicolare da quello pedonale.**

La banchina verrà realizzata, nella parte più orientale, per mezzo di due cassoni cellulari, di cemento armato, 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 (All. n.14). **I cassoni saranno riempiti con materiale proveniente dal dragaggio dei fondali per un quantitativo stimato in circa 2200 mc.** 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 sulla sommità con un getto di calcestruzzo che assicura una quota della sommità della banchina pari a +1,75 m s.m.m (All. n.16).

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 27.000 m<sup>3</sup> (All. n.13 e n.18). **I materiali provenienti dal dragaggio dei fondali verranno in parte riutilizzati nei lavori mentre la porzione eccedente verrà conferita nella vasca di contenimento esistente all'esterno del porto di Livorno.** Il dragaggio sarà realizzato con pontone munito di gru a benna con l'ausilio di motobetta di adeguata portata.

**Il terrapieno retrostante i cassoni sarà realizzato con materiale provenienti dal dragaggio per un quantitativo stimato in 5500 mc.,** 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 in terraferma che l'impresa appaltatrice dovrà procurarsi a sua cura e spese, trasportati in galleggiamento a Capraia ed ivi affondati inizialmente, 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 diam. 101,6 mm 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 (All. n. 17).

Fra le due pareti foranee viene eseguito un trattamento colonnare di consolidamento con il metodo denominato jet-grouting continuo a ridosso dalle pareti più esterne, 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, 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 cm, 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 5 e 200 kg, per un volume stimato in 200 mc**, 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 dai dragaggi, come sopra riportato.

L'esecuzione dei micropali e dei trattamenti colonnari (jet-grouting) **avverrà da un terrapieno provvisorio, realizzato con circa 3400 mc di tout-venant di cava, il quale, una volta completa l'opera**

dovrà essere in parte 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 rinfiacco a tergo e/o per la realizzazione della porzione superiore, fuori acqua, del rinfiacco 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 di cls contenuto e confinato da idonee cassaforme (All. n.15).

Ovviamente la banchina ed il terrapieno verranno completati con la pavimentazione e gli arredi (bitte, parabordi, anelloni, scalette, etc.).

### ***3.2 Completamento del molo di sottoflutto (intervento B)***

Nel progetto esecutivo 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 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" (All. n.19).

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 (All. n.20).

Nel tronco che precede la testata è presente un nucleo di tout venant di cava e/o materiale proveniente dal dragaggio, 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.

**Per il prolungamento del molo di sottoflutto, si prevede di utilizzare tout-venant di cava (circa 3.000 mc) e materiali provenienti da dragaggio (circa 5.200 mc) per un quantitativo complessivo stimato in circa 8.200 mc; massi naturali di I° cat. (500-1.250 Kg) per un quantitativo stimato in circa 10.000 ton; massi naturali di II° cat. (1-3 ton) per un quantitativo stimati in circa 2.000 ton; massi naturali di III° cat. (3-7 ton) per un quantitativo stimato in circa 25.000 ton; massi naturali IV° cat. (5-**

**10 ton) per un quantitativo stimato in circa 10.000 tons.**

La testata dell'attuale molo di sottoflutto, per una lunghezza di circa 20 m, sarà ricostruita, nella parte verso il porto, con una banchina di tipo antiriflettente costituita da una serie di cassoncini prefabbricati in c.a. con camere di smorzamento e fessure verticali, destinata a ricevere le apparecchiature per il rifornimento del carburante, collegate a terra da apposita tubazione (All n.21).

E' previsto l'allargamento del molo esistente utilizzando una banchina imbasata alla quota -2,00 e realizzata mediante un getto di calcestruzzo contenuto all'interno di casseforme metalliche 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.

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.

### ***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 (All. n.24).

Il primo tratto della nuova banchina, a partire dal molo di sopraflutto, per una lunghezza di circa 53 m sarà realizzato con cassoncini prefabbricati in c.a. ad unica cella con parete lato mare forata imbasata a quota -2,50 m s.m.m. su uno scanno di pietrame scapolo impostato a quota -3,00 m s.m.m. sul fondale dragato del bacino portuale (All. 23).

La quota al coronamento è 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 è pari a 3,5 m. Le acque meteoriche, in questo tratto in cui è presente tale dislivello, vengono pertanto raccolte in pozzetti grigliati, e smaltiti attraverso condotte fognarie.

Il tratto di raccordo alla banchina esistente (lungo circa 30 m) sarà relizzato mediante l'infissione di palancole in acciaio laminato fino alla profondità di 6 m sotto s.m.m., la cui struttura di ancoraggio è 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 (All. n.23).

Il palancoolato, realizzato per una lunghezza di circa 18 m, presenta 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 palancoolato alla banchina parzialmente assorbente lungo il quale è pari a +1,10 m s.m.

La trave di coronamento del palancoolato prosegue ammorsandosi nella banchina esistente con una trave rettangolare di dimensioni 1.40x0.50 m<sup>2</sup> per un tratto di circa 5,7 m, previa opportuna demolizione eseguita sulla banchina.

Infine, 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 3.000 m<sup>3</sup>. I materiali provenienti dal dragaggio dei fondali verranno conferiti nella vasca di contenimento esistente all'esterno del porto di Livorno (All. n.22).**

### ***3.4 Prolungamento pennello esistente (intervento D)***

Fra gli interventi previsti nel progetto 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 (All. n. 25).

La tipologia costruttiva prevista è quella di utilizzare cassoncini prefabbricati in c.a. antiriflettenti, imbasati a quota - 4,00 m s.m.m., **previo dragaggio del fondale per un quantitativi stimato in circa 600 mc, che saranno conferiti nella vasca di contenimento del porto di Livorno,** e realizzazione di uno scanno di pietrame dello spessore di 0,5 m.

I due elementi rettangolari del pontile risultano 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, è 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 (All. n.26 – n.27).

#### **4. ARREDI, SERVIZI, PAVIMENTAZIONI**

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).

## 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 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  $120-345^{\circ}N$  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  $50^{\circ}N$  e gli  $80^{\circ}N$  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  $20^{\circ}$  ai  $40^{\circ}$  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  $70^{\circ}N$  (rotazione di circa  $25^{\circ}$ ).

In definitiva il settore di traversia si stringe per gli eventi di moto ondoso estremo a  $30^{\circ}75^{\circ}N$ , ottenendo le seguenti caratteristiche dell'onda di progetto:

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

La profondità di frangivento del moto ondoso di progetto è di 7.5 m, pertanto essendo i fondali a 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. PROVENIENZA DEI MATERIALI DI CAVA, ANALISI DEI SEDIMENTI MARINI E MANUFATTI COLLOCATI IN MARE**

Ai fini delle autorizzazioni di cui alla L.R.T. 19/2003, è allegata alla richiesta autorizzativa la documentazione riguardante il materiale di cava da sversare in mare, proveniente dalla cava di Monte Valerio di Campiglia Marittima di proprietà della Soc. Sales s.p.a.

La suddetta documentazione comprende le analisi di laboratorio del materiale lapideo della suddetta cava (All. 10), eseguite dalla Soc. Istituto Analitico Toscanese s.r.l. di Tuscanica (VT), e l'attestazione della Sales relativa ai materiali prodotti dalla cava di Monte Valerio (All. 11).

Per la realizzazione del nuovo attracco per traghetti e messa in sicurezza dell'approdo turistico dell'isola di Capraia è previsto lo sversamento a mare delle seguenti quantità di materiali lapidei:

- Massi naturali I° Categoria (500-1.250 Kg) (Intervento B)	ton. 10.000
-Massi naturali II° Categoria (1-3 ton) (Intervento B)	ton. 2.000.
-Massi naturali III° Categoria (3-7 ton) (Intervento B)	ton. 25.000
-Massi naturali IV° Categoria (5-10 ton) (Intervento B)	ton. 10.000
-Pietrame scapolo 5-50 Kg (scanno di imbasamento cassoni)(Int.A/B/C/D)	mc. 1.600
-Pietrame 5-200 Kg (Intervento A)	mc. 200
-Materiale arido (tout-venant) (Intervento A/B)	mc. 6.400

**I suddetti materiali saranno trasportati in Capraia con pontone armato di gru, che provvederà anche alla loro collocazione in opera per la realizzazione delle opere di progetto.**

In accordo con quanto previsto al punto b) delle prescrizioni del Decreto di pronuncia di compatibilità ambientale DEC/DSA/05/00858 del 08.08.2005 (pag 35 dell'all. n. 7), il progetto prevede la possibilità di riutilizzare i materiali provenienti dal dragaggio dei fondali delle aree del porto interessati dagli interventi, previa caratterizzazione chimico-fisica dei sedimenti.

A tale scopo, questa Autorità Portuale ha affidato al Centro Interuniversitario di Biologia Marina "G. Bacci" di Livorno la caratterizzazione dei sedimenti dei fondali interni ed esterni del porto di Capraia secondo un piano di campionamento e di analisi concordato con ARPAT di Livorno e con la Provincia di Livorno.

Tale caratterizzazione è stata eseguita nel mese di Maggio 2007 (All. n. 9).

Il progetto prevede un dragaggio dei fondali esterni antistati il nuovo molo a quota -8 m s.m.m. per un quantitativo di materiale stimato in circa 27.000 mc (intervento A) e il dragaggio a quota -3 m s.m.m. dei fondali prospicienti il lato interno del molo di sottoflutto e la porzione di banchina interna interessata

dall'intervento per un quantitativo stimato di circa 3.600 mc (interventi C e D), quest'ultimi saranno conferiti nella vasca di contenimento di Livorno.

Di questi 30.600 mc circa di materiale proveniente dai suddetti dragaggi, ne saranno riutilizzati circa 2.200 mc per riempimento cassoni (intervento A), circa 5.500 mc a rinfianco cassoni (intervento A) e circa 5.200 mc per il nucleo della scogliera di prolungamento del molo di sottoflutto. Il materiale di dragaggio in esubero, stimato in circa 17.700 mc, sarà conferito nella vasca di contenimento del porto di Livorno, per mezzo di motobetta da Capraia a Livorno e con camion da banchina alla vasca.

**Oltre a quanto sopra riportato, verrà conferito in mare il seguente materiale:**

- n. 2 cassoni cellulari in cemento armato delle dimensioni di 25,00x8,70x8,75 m
- n. 20 cassoncini prefabbricati in cemento armato delle dimensioni 3,00x5,00x2,80 m
- n. 18 elementi prefabbricati in cemento armato a doppio T di dimensioni 3,40x2,40 m sp. 0,3 m
- ml 18 di muro di banchina realizzato con palandole in acciaio di lunghezza pari a circa 7 m
- circa 75 ml di muro di banchina realizzato con n. 300 micropali di diametro 250 mm.

## **7. Tempo di esecuzione delle opere**

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, il tempo necessario per l'esecuzione dei lavori previsti nel presente progetto è pari a 18 mesi, escluse le interruzioni previste nei mesi di Luglio, Agosto e Settembre. **Si prevede l'inizio delle lavorazioni nel mese di Settembre.**