



Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti

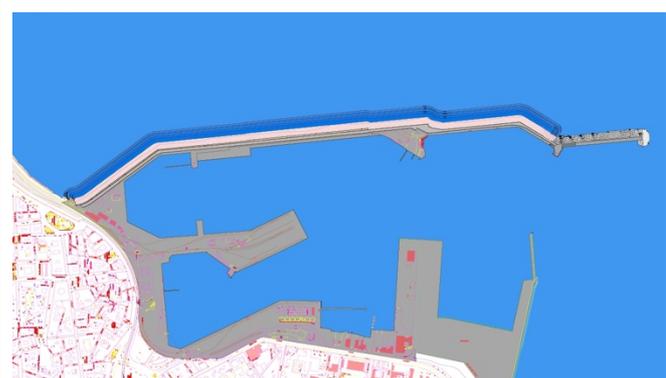
Provveditorato Interregionale Opere Pubbliche

Sicilia-Calabria

UFFICIO 3 - OPERE MARITTIME SICILIA

PALERMO

OPERE PER CONTO DELL'AUTORITA' PORTUALE DI CATANIA



PORTO DI CATANIA

(2[^] CAT. - 1[^] CLASSE)

**PROGETTO DEI LAVORI DI CONSOLIDAMENTO
E RICARICA DELLA MANTELLATA DELLA DIGA
FORANEA, RAFFORZAMENTO E
POTENZIAMENTO DELLA TESTATA**

PROGETTO ESECUTIVO Redatto ai sensi dell'art. 33 comma 1 del D.P.R. 207/2010 e art. 23 comma 8 del D.L. n° 50/2016 adeguato alle prescrizioni di cui al Voto n° 1461 del C.T.A. ed alle disposizioni del R.U.P. di cui alla nota n° 4901 in data 13/10/2017

Tavola:

A.1
Rev.2

RELAZIONE GENERALE

n° 23/A del 26 Settembre 2014

Revisione del _____

UFFICIO DI PROGETTAZIONE:

Ing. Salvatore Gemma

Geom. Ignazio Cuccia

VISTO: IL DIRIGENTE
Dott. Ing. Giovanni COPPOLA

VISTO: IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO *sino al 17.10.2017*
Dott. Ing. Riccardo Lentini

IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO *dal 18.10.2017*
Dott. Ing. Carlo Guglielmi

1. PREMESSE.....	2
1.1. ATTIVITA' PORTUALI.....	4
1.2. PIANO REGOLATORE PORTUALE - BANCHINE E FONDALI.....	5
1.3. DIGA FORANEA ESISTENTE – STATO ATTUALE	11
2. RILIEVI – STUDI – INDAGINI – VERIFICHE E SIMULAZIONI SU MODELLO DI SUPPORTO ALLA FASE DI PROGETTAZIONE	14
2.1. RILIEVI TOPO BATIMETRICI - STATO DELLA DIGA	15
2.2. CARATTERISTICHE GEOLOGICHE E MECCANICHE.....	21
2.3. STUDIO IDRAULICO - MARITTIMO - ONDA DI PROGETTO	23
3. INTERVENTO PROPOSTO	41
3.1. DESCRIZIONE DELLE OPERE DI CONSOLIDAMENTO PROPOSTE.....	44
4. ASPETTI ECONOMICI E CONTRATTUALI.....	50
B) SOMME A DISPOSIZIONE AMMINISTRAZIONE	50

1. PREMESSE

Il porto di Catania, situato lungo la costa orientale della Sicilia, è classificato fra quelli commerciali di interesse nazionale (2[^] Categoria - 1[^] Classe), dispone di una superficie complessiva operativa a terra di circa 268.000 mq ed è costituito da tre distinti bacini:

- Bacino di ponente (porto vecchio) compreso tra il molo di Mezzogiorno, il molo Crispi, la banchina Capitaneria ed il molo Sporgente Centrale lato ovest;
- Bacino di levante (porto nuovo) compreso tra il molo Sporgente Centrale lato est, la banchina interna in radice al molo foraneo ed il molo di Levante;
- Nuova darsena commerciale polifunzionale posta a sud del molo di mezzogiorno, quasi ultimata, comprendente allargamento molo di mezzogiorno, nuova banchina di riva e molo di sottoflutti con banchine e piazzali operativi con arredi ed impianti.

Allo stato attuale, lo scalo marittimo risulta protetto dalla diga foranea di levante, estesa fino alla progressiva 2.250,00 m e dal nuovo molo di sottoflutto, inserito nel contesto dei lavori di costruzione della nuova darsena commerciale a servizio del traffico Ro-Ro e container, che protegge e ripara lo specchio acqueo interno dai marosi provenienti dal 1[^] e 2[^] quadrante e, solo parzialmente, da quelli provenienti dal 3[^] quadrante.

L'imboccatura portuale, risulta esposta alle mareggiate provenienti da mezzogiorno, responsabili della risacca interna.

Negli anni 2000 sono stati ultimati i lavori di prolungamento della diga foranea, in attuazione del vigente piano regolatore portuale, oltre la vecchia testata, localizzata intorno alla progr. 1.950,00 m, per una lunghezza di 300,00 m di nuova opera a gettata a sagoma costante ed un tratto di 70,00 m di raccordo con la diga esistente.

La sezione di progetto dell'opera a gettata, nel tratto compreso tra la progr. 1.950,00 m e la progr. 2.250,00 m è stata ottimizzata, in termini dimensionali e strutturali, sulla scorta delle apposite verifiche di stabilità idraulico – marittime e geotecniche, redatte in relazione alle caratteristiche massime dell'onda incidente (tempo di ritorno 100 anni) ed ai parametri geotecnici del fondale d'imbasamento.

In particolare, il prolungamento della diga foranea è stato realizzato nel rispetto della seguente sezione tipica di progetto:

- Nucleo centrale in pietrame lavico e scogli di 1^a categoria fino alla quota di (-4.90) m, s.l.m., con larghezza in testa di 20,00 m, con scarpata esterna 2/1 ed interna 1/1;
- Primo strato di transizione in scogli lavici di 2^a categoria, dello spessore di 2.40 m e medesime scarpate interna ed esterna;
- Secondo strato di transizione in scogli lavici di 3^a categoria, dello spessore di 3.00 m e medesime scarpate interna ed esterna;
- Mantellata interna in scogli lavici di 4^a categoria, dello spessore di 3.50 m, posti in opera con la medesima scarpata del 1/1 fino alla quota di (-3.50) m s.l.m.;
- Mantellata esterna in massi speciali “Antifer” in c.l.s. da 24 m³, in doppio strato dello spessore di 6.00 m, posti in opera con la medesima scarpata del 2/1 ed avente berma superficiale a quota di (+7.00) m s.l.m. della larghezza di 11.00 m;
- Massiccio di sovraccarico in conglomerato cementizio (classe Rck 250 Kg/cm²) della larghezza di 12.00 m ed altezza 2.50 m che raggiunge la quota di m. (+3.50), con dente di ammorsamento sulla sottostante scogliera della larghezza di 3.00 m ed altezza di 1.00 m. Sovrastante muro paraonde, in similare cls, di sezione trapezia, che raggiunge la quota di (+ 8.00) m dal l.m.m., avente larghezza di 2.50 m in testa e di 4.00 alla base;
- Berma di contenimento al piede dell’opera, della larghezza di 12.00 m alla quota di (-8.00) m, s.l.m., costituita da uno strato superficiale in scogli lavici di 4^a categoria dello spessore di 4.30 m, scarpa esterna del 2/1 ed interna di 1/1, sovrastante ad uno strato di transizione in scogli lavici di 3^a categoria dello spessore di 3.00 m, avente maggiore larghezza di 5.00 m e medesime scarpate interna ed esterna, nonché strato di base in pietrame lavico e scogli di 1^a categoria fino alla quota di (-15.30) m, s.l.m., posti con le medesime scarpate;
- In previsione dell’ulteriore prolungamento della diga foranea (altri 200 m) previsto dal vigente PRP, la testata della diga foranea è stata realizzata a carattere provvisorio, al solo scopo di ottenere una protezione limitata nel tempo, fino al completamento dell’opera. In tal modo la scarpa della mantellata esterna e dei sottostanti strati dell’opera a gettata è stata realizzata del 3/2;
- Raccordo in radice dell’opera di prolungamento, ove al fine di assicurare la viabilità,

è stata realizzata una rampa di raccordo in cls;

- Cunicolo dei servizi, realizzato mediante l’inserimento nel getto del massiccio di sovraccarico, di una tubazione in conglomerato cementizio rotocompresso del diametro $\phi = 300$ mm e relativi pozzetti d’ispezione con copertura in calcestruzzo armato;
- Impianto di segnalamento luminoso, posizionato in apposito manufatto in c.a. a faccia vista posto in testata, alimentato mediante autonoma linea elettrica dall’esistente cabina di trasformazione, eseguito a norme CEI ed in conformità alle caratteristiche indicate dal Comando Zona Fari di Messina.

1.1. ATTIVITA' PORTUALI

Lo scalo marittimo di Catania ha grande rilevanza sia nei riguardi della navigazione turistica e crocieristica sia del traffico commerciale e passeggeri e rappresenta il naturale porto di riferimento per i collegamenti con il Nord - Africa e per i collegamenti ed i traffici marittimi nel mediterraneo.

Ad oggi, il porto è interessato da traffici commerciali di merci varie sfuse (legname e pannelli in fibra di legno, prodotti siderurgici, rottami di ferro, cereali, fertilizzanti, concimi e fosfati, prodotti agricoli, carta in rotoli, merci varie e prodotti dell’artigianato) per complessive circa 5.847.702 t annue (con circa n. 3.296 navi approdate) e messe in container in collegamento con i porti mediterranei (Gioia Tauro, Malta, Ravenna).

In termini di sviluppo dei traffici commerciali marittimi e delle attività connesse col mare,rispetto all'anno 2012, si sono registrati incrementi rispettivamente di oltre il 20,82% delle merci varie, del 21,18% riferito a rotabili da navi Ro-Ro n. 193.000 (escluso auto), del 20,82% di container e del 21,27 % riferito al traffico passeggeri, con un numero di transiti stimato in circa 398.457 unità, e di navi da crociera pari a 103 unità, con una riduzione del 18,90% rispetto all’anno 2012.

A fronte del raggiungimento di traguardi di traffico insperati fino a qualche anno fa e di una domanda in continua espansione, lo scalo marittimo di Catania, malgrado goda di una serie di privilegi legati alla sua posizione geografica, alle potenzialità dell’entroterra ed al livello di efficienza raggiunto dagli operatori del settore, presenta insostenibili carenze (di

banchine e piazzali attrezzati per i moderni traffici commerciali, di infrastrutture adeguate per fronteggiare la forte domanda proveniente dal settore passeggeri, dalla cantieristica e dal settore turistico della nautica da diporto) che, ne bloccano di fatto la crescita e le legittime aspettative degli operatori del settore.

La strategia di sviluppo delle potenzialità del porto di Catania, individuata dalla locale Autorità Portuale, nell'intensificazione della vocazione "polifunzionale", puntando nello specifico su uno sviluppo equilibrato dei principali settori, (commerciale, crocieristico, cantieristico, peschereccio e diportistico), e su un'azione efficace di integrazione delle infrastrutture a supporto dell'intermodalità, non può prescindere da un intervento di messa in sicurezza della diga foranea di levante mediante un intervento di consolidamento e ricarica della mantellata esterna. Infatti, è soltanto dopo avere garantito la protezione e la salvaguardia dello specchio acqueo operativo interno che si può passare alle rimanenti infrastrutturazioni, necessarie per assecondare lo sviluppo del porto.

1.2. PIANO REGOLATORE PORTUALE - BANCHINE E FONDALI

Il vigente Piano Regolatore del Porto di Catania è stato approvato con D.M. n. 594 del 16 Febbraio 1978 e, con alcune modificazioni, ha costituito sino ad oggi il supporto programmatico sulla base del quale indirizzare la realizzazione delle opere di completamento delle infrastrutture portuali dello scalo etneo. Esso prevede una configurazione delle opere foranee che comprende una diga foranea di levante estesa complessivamente 2.395,00 m ed opere di sottoflutto a sud che sottendono un nuovo specchio liquido destinato alla nautica minore (per la pesca e da diporto).

Tra il porto turistico e l'attuale molo di Mezzogiorno, il piano regolatore portuale, compresa la variante al P.R.P. di destinazione d'uso, approvata dal Comitato Portuale con delibera n. 3/98 del 26.02.1998, e, sulla quale si è espresso favorevolmente il Consiglio Superiore dei LL.PP., prevede la realizzazione di una darsena commerciale e polifunzionale.

Con Voto del n. 221 del 25.06.1998, è stata approvata la realizzazione di tale darsena polifunzionale con banchine operative imbasate su fondali di (-14.00) m per l'accosto di navi Ro-Ro e porta container. Con la medesima variante, alla banchina del molo di levante è stata assegnata la caratteristica "polifunzionale" con destinazione d'uso primaria al traffico

crocieristico, e, la possibilità di utilizzo differenziato per sopperire a momentanee diverse esigenze del porto, con tutte le funzioni compatibili.

Lo strumento urbanistico originario, con gli adeguamenti tecnico - funzionali approvati, già prevedeva, quindi, la realizzazione di una darsena commerciale polifunzionale a servizio della zona industriale e del traffico container ed un porto peschereccio ancora più a sud con valenza anche diportistica. L'area in cui andava a collocarsi la darsena commerciale ad uso traffico traghetti e container, si trova situata nella zona a sud dell'attuale molo di sottoflutto del porto di Catania, denominato molo di mezzogiorno.

In data 26.10.2001 è stata adottata dal Comitato dell'Autorità Portuale di Catania e una ulteriore proposta di adeguamento tecnico-funzionale, sulla quale si è espresso favorevolmente il Consiglio Superiore dei LL.PP. con Voto del n. 451 del 15.01.2003. Con tale ulteriore adeguamento tecnico - funzionale, in buona sostanza, sono state apportate modifiche alle infrastrutture ed alla destinazione d'uso di alcuni ambiti del porto, variazioni definite "non sostanziali" dal Consiglio Superiore. Ciò con la finalità di ottimizzare le funzioni assegnate agli spazi, adeguare la conformazione interna della darsena alle odierne necessità dello scalo e, per quanto possibile, alle ipotesi di sviluppo previste per i traffici marittimi, intensificando ed avvalorando quella che già era la vocazione "polifunzionale" dello scalo catanese. Nei riguardi della darsena commerciale polifunzionale le variazioni hanno riguardato aspetti geometrici per ottimizzare lo sviluppo delle banchine e gli spazi dei piazzali operativi.

In tal modo è stato possibile realizzare:

- un accosto nord di circa 280,00 m, dove agevolmente potranno ormeggiare le navi portacontainer destinate alle operazioni di carico e scarico in un piazzale retrostante più largo e funzionale (la larghezza del molo è pari a circa 165,00 m);
- un accosto in testata del molo di mezzogiorno della lunghezza di 165,00 m;
- due accosti sud per traghetti, il primo di circa 190 m ed il secondo di oltre 200,00 m, con la possibilità di utilizzo delle rampe delle navi sia poppiere che inclinate a 45°;
- una banchina di riva che potrà consentire l'ormeggio di poppa ad altre due navi traghetto e l'eventuale collocazione di un pontile a giorno;
- un riordino dei piazzali di servizio destinati ai container e per la funzione Ro-Ro.

Questi ultimi sono stati ottimizzati funzionalmente in posizione retrostante rispetto

alle rampe di carico delle navi, consentendo così tempi minori per la movimentazione dei carichi, una più organica disposizione dei mezzi in ingresso ed uscita dalle stive, un aumento della produttività delle operazioni portuali ed un migliore controllo delle stesse;

- una dislocazione più funzionale dell’edilizia portuale, senza alcun incremento di superfici e/o volumi edificati, che tenga presente tutte le funzioni ed i servizi, sia pubblici che privati, da attivare a sostegno delle attività del bacino (dogana e controlli amministrativi vari, varco di accesso, officine, uffici, bagni, attività commerciali varie etc...).

L’adeguamento, di fatto, si è sostanzialmente tradotto in una rimodulazione più funzionale del molo di sottoflutto e dei piazzali a terra della darsena, e non ha comportato alcuna ripercussione né sulle infrastrutture esistenti, né sulla imboccatura portuale, né ha inciso sugli indirizzi principali del P.R.P., le cui indicazioni e previsioni vengono in toto rispettate.

In aggiunta alle nuove banchine della darsena commerciale polifunzionale (n. 6 accosti con sviluppo di banchina di circa 1.100,00 m e con 100.000,00 m² di piazzale operativo), le rimanenti darsene portuali dispongono complessivamente di uno sviluppo di circa 5.000,00 m di banchine, di cui soltanto 3.000,00 m attualmente utilizzabili per l’accosto e l’attracco delle navi per le varie ed usuali operazioni commerciali, per i collegamenti che garantiscono il traffico passeggeri e per le navi da crociera. Tali banchine possono essere distinte come segue:

Molo di Mezzogiorno

Lunghezza complessiva di banchina di circa 335,00 m su fondali operativi di circa (-10,00) m con ampio piazzale a tergo di circa 35.000,00 m²; dispone di n. 3 accosti per i normali traffici commerciali.

Aree portuali tra il Molo di Mezzogiorno e la banchina Crispi

A seguire il molo di mezzogiorno, le aree portuali sono utilizzate in parte per la “cantieristica”, costruzione e riparazione di piccole unità pescherecce o da diporto, e, per un limitato porto peschereccio in cui trovano ormeggio circa trenta imbarcazioni da pesca.

Banchina Crispi

La banchina Crispi presenta una lunghezza complessiva di 650,00 m e comprende n. 4 accosti variamente destinati alle navi che trasportano granaglie alla rinfusa che, trovano diretto stoccaggio nei retrostanti silos (1° accosto di 170,00 m con fondali operativi di 8,50 m circa), rinfuse secche – pallettizzate – pacchettate e merci varie, servite da una gru su rotaie (Reggiane) della portata di 36 t (2° e 3° accosto dello sviluppo complessivo di 310,00 m su fondali operativi di 8,00 m circa) ed alle navi Ro-Ro, destinate al trasporto di rotabili (4° accosto di 170,00 m su fondali operativi di 6,50 m circa).

La banchina del 1° accosto è stata di recente consolidata, mentre le rimanenti del 2° e 3° accosto, in pile di massi artificiali in cls, si presentano in precarie condizioni di stabilità e di operatività, e, necessitano di radicali interventi di consolidamento statico e di adeguamento a maggiori fondali, per consentire l'accosto alle navi ed ai traghetti di più elevata stazza e pescaggio.

Banchina Capitaneria

La banchina Capitaneria, realizzata anch'essa in pile di massi artificiali, è situata in radice del porto vecchio e presenta uno sviluppo di circa 310,00 m con fondali operativi variabili da (-3,00) m. a (-6,00) m. E' utilizzata per l'ormeggio delle imbarcazioni di servizio del porto (motovedette Autorità Marittima) e per unità da diporto e pescherecce; si compone, altresì, di n. 2 pontili galleggianti, per lo più utilizzati dalle imbarcazioni e dai natanti asserviti al Comando della locale Capitaneria di porto, per il pattugliamento e la perlustrazione del litorale catanese.

Sono stati altresì realizzati di recente, interventi di manutenzione straordinaria riguardanti la collocazione di parabordi e bitte di ormeggio e di sistemazione degli arredi esistenti sul praticabile della banchina, per rendere più fruibile e funzionale l'attracco dei mezzi navali della Guardia Costiera.

Banchine Sporgente Centrale

Lungo il lato ovest dello sporgente centrale (piazzale di circa 30.000,00 m²), insiste il tratto di raccordo con la banchina "Capitaneria", costituito da pile di massi imbasati su fondali operativi variabili da pochi metri a (-5,00) m sul livello del mare.

La banchina in questione, è utilizzata, anch'essa, per l'ormeggio delle imbarcazioni di

servizio del porto (motovedette forze di polizia e carabinieri, vigili del fuoco, piloti, ormeggiatori) e per unità da diporto.

Seguono gli accosti n. 10 e n. 11, per uno sviluppo di banchina di circa 310,00 m, consolidata ed adeguata con fondali operativi di (-9,00) m. Gli accosti sono destinati, altresì, alle navi da crociera. La banchina di testata, prospiciente l'ingresso del porto (122,00 m), e quella di levante per una estesa di 180,00 m (accosto 13), originariamente costituite da pile di massi in conglomerato cementizio sovrapposti, imbasati su scanno in pietra a quota (-9,50) m e sormontati da una trave di coronamento in conglomerato cementizio, negli anni 90 sono state consolidate ed adeguate a (-12,00) m sul l.m.m., mediante la realizzazione di una paratia di pali accostati del diametro \varnothing 800 mm spinti fino alla quota di (-22,00) m, eseguiti ad una distanza di 2,50 m dal filo del muro di sponda, previo consolidamento realizzato mediante l'esecuzione di micropali del diametro medio di \varnothing 300 mm., armati con tubi di acciaio del peso di circa 15 kg/m e successivo getto di miscela cementizia. La paratia di pali accostati ed i micropali di consolidamento, sono stati altresì idoneamente assicurati ad una trave in c.a. di collegamento, della larghezza di 7,40 m ed altezza 2,50 m. Le banchine dello Sporgente Centrale, chiudono ad est con l'accosto n. 14, esteso circa 180,00 m su fondali operativi di circa (-8,00) m, utilizzato per le navi Ro-Ro e per quelle con mercanzia generale. In caso di necessità, anche gli accosti 13 e 14 sono utilizzati per le navi da crociera, nonché il pennello comprendente gli accosti n. 15 e 16, con banchine operative imbasate su fondali di circa (-8,20) m sul l.m.m., utilizzato per l'appoggio dei portelloni poppieri delle navi ormeggiate agli accosti nn. 14 e 17.

Banchine Interne Porto Nuovo

Le banchine interne del porto nuovo, anch'esse in pile di massi artificiali in c.l.s., si estendono per uno sviluppo complessivo di circa 630,00 m con fondali operativi di (-6,00÷-6,50) m e comprendono gli accosti n. 17 – 18 – 19 – 20 – 21 destinati all'ormeggio di navi traghetto e navi con merci generali con limitato pescaggio. Gli accosti n. 20 e 21 non sono operativi da diverso tempo per carenze strutturali.

Banchine Molo Foraneo di Levante

Le banchine a ridosso del molo foraneo di levante presentano uno sviluppo di circa 1.000,00 m con fondali variabili da pochi metri ad un massimo di (-8,00) ÷ (-9,00) m.

L'operatività è stata incrementata a seguito di lavori di allargamento delle banchine interne al molo foraneo (anni 2000), che hanno determinato un primo tratto di allargamento della banchina di 30,00 m – tra le progressive 428,00 ÷ 630,00 m, mediante impiego di palancoato metallico tirantato ed antiriflettente. Tra le paratie in palancoato, insistono delle celle antirisacca di dimensioni 4,50x2,60x2,50, al cui interno sono stati sistemati appositi scogli naturali, allo scopo di smorzare il moto ondoso. Il secondo tratto, in cui l'allargamento di banchina si riduce a 10,00 m – tra le progr.ve 630,00 ÷ 1.123,50 m, è stato realizzato anch'esso con caratteristiche antiriflettenti (tratti discontinui di impalcato in c.a.p. poggiante su cassoni cellulari in c.a.).

Il P.R.P. è uno strumento urbanistico atipico, indispensabile per programmare ed attuare uno sviluppo ordinato e sostenibile del porto e della città di Catania. È un'occasione da non perdere tenuto conto che dopo la realizzazione della Darsena Polifunzionale nessun'altra opera di potenziamento del porto potrà essere realizzata in assenza del nuovo PRP.

L'attuale proposta di modifica del vigente PRP, redatto dall'Autorità Portuale ed adottato dal Comitato Portuale nell'anno 2005, non ha ricevuto ancora per l'intesa con il Comune di Catania. Stante il tempo trascorso e l'ormai avvenuta realizzazione della darsena commerciale polifunzionale a sud che, a breve verrà data all'esercizio con nuovi n. 6 ormeggi per 1.100,00 m di banchine e circa 100.000,00 m² di piazzali operativi per le attività commerciali (container - marci varie - traghetti RO-RO ecc.), si ritiene che la proposta di variante del P.R.P. del 2005 possa essere considerata superata e da rivedere in relazione alle effettive attuali potenzialità di sviluppo del porto e del territorio, inquadrato in un contesto di area vasta e quindi d'intesa con il porto di Augusta e con i rimanenti porti della Sicilia Sud - orientale di Siracusa e Pozzallo. È plausibile ipotizzare di circoscrivere le attività portuali sulle aree in atto già utilizzate a tale scopo, mirando ad una maggiore integrazione del porto storico con la città retrostante (liberando nel tempo quante più aree possibili dalle attività commerciali che in atto vi si svolgono, confinando il crocieristico esclusivamente sullo sporgente centrale, in modo da poter ridurre al minimo le aree doganali e della sicurezza), attraverso un opportuno nuovo studio del waterfront che possa consentire di riqualificare anche i quartieri degradati confinanti, mettendoli fisicamente in collegamento con il porto e con le attività che vi si svolgono.

In ogni caso non si ravvisa più la necessità di prolungare ulteriormente la diga foranea

dei previsti 200 m secondo il vigente PRP. La proposta di variante del 2005, ancora non esitata dal Comune, e l'eventuale sua revisione in riduzione d'ingombro delle aree portuali, infatti, prescindono dal previsto prolungamento, stante che l'attuale configurazione delle opere foranee (sopraflutto realizzato fino alla progressiva 2.250,00 m e sottoflutto completato con la darsena commerciale) e la tipologia "antiflettente" con cui sono state realizzate le nuove banchine (allargamento del molo di mezzogiorno e banchina di riva) sono in grado di garantire condizioni di agitazione interna del tutto compatibili con le operazioni di ingresso, ormeggio e disormeggio delle navi e con le attività di banchina, in qualsiasi condizione di moto ondoso al largo. Quanto sopra è stato opportunamente confermato dai recenti studi su modello matematico e su modello fisico condotti dall'Università degli Studi di Catania in occasione della realizzazione della darsena.

1.3. DIGA FORANEA ESISTENTE – STATO ATTUALE

La diga foranea di levante presenta allo stato attuale uno sviluppo di 2.250,00 m. La sua realizzazione, per il tratto in radice dalla progr. 0,00 m alla progr. 1.950,00 m, cioè fino alla vecchia testata, risale ad inizio del secolo scorso, dapprima costruita a parete verticale per poi essere protetta e guarnita da una mantellata foranea esterna. A partire dalla fine degli anni settanta l'opera foranea in questione è stata oggetto di vari interventi di rifiorimento della mantellata foranea con massi artificiali parallelepipedali del peso singolo di 60 t.

Il prolungamento di 300,00 m fino alla progressiva 2.250,00 m, oltre il raccordo con il tratto precedente e la testata provvisoria (nelle more dell'ulteriore prolungamento) è stata realizzata negli anni 2000 (progetto n. 98 dell'11 dicembre 2000).

A seguito del verificarsi di mareggiate di eccezionale violenza che hanno interessato il paraggio di Catania, la locale Autorità Portuale, con nota n. 425 del 21.01.2009, ha chiesto all'Ufficio 4° Opere Marittime Sicilia di effettuare un sopralluogo tecnico al fine di verificare le condizioni di stabilità della testata provvisoria della diga foranea prolungata e le attuali condizioni della mantellata lungo la restante diga, segnatamente nel tratto compreso tra la progr. ml. 0,00 m e la progr. ml. 1.950,00 m. Quanto sopra, per verificare lo stato di sicurezza dell'opera alla luce dei danneggiamenti verificatesi, e, dell'entità notevole della portata di tracimazione che arreca problemi consistenti all'operatività delle retrostanti

banchine.

Dalle risultanze del sopralluogo eseguito è emerso che le violente mareggiate abbattutesi sul litorale jonico, l'ultima delle quali verificatasi la notte tra il 10 e l'11 Marzo 2012, generata dal ciclone "Athos" che ha interessato anche il porto di Catania, hanno apportato notevoli e ragguardevoli danni alle strutture foranee del porto. Infatti, la furia del moto ondoso di notevole intensità, associata a raffiche di vento di considerevole velocità, ha causato rilevanti e considerevoli danni alle strutture ed agli impianti di degassifica presenti nel piazzale triangolare (tratto compreso tra la progr. 1.250,00 m e la progr. 1.400,00 m). In questa area del porto, notevoli sono stati i danni arrecati alle apparecchiature ed alle suppellettili dell'impianto di degassifica, addirittura traslati dal loro sito per diversi metri, con evidenti segni di rottura e notevolmente compromessi.

La tracimazione indotta dall'ultima forte mareggiata, ha altresì provocato lo sfondamento e la rottura dei pannelli, nonché lo scoperchiamento delle coperture dei prefabbricati che fanno capo a concessionari di vario tipo (circoli nautici, cantieri navali, imprese di costruzioni, pontili galleggianti per ormeggio natanti da diporto, ecc.), situati nelle aree retrostanti la diga foranea. Inoltre, la marcata diretta azione del moto ondoso, abbattutosi con violenza sul corpo della diga, la conseguente tracimazione dal muro paraonde di quota insufficiente (+7,00 m) con conseguente riversamento delle onde all'interno delle banchine, segnatamente sul praticabile e nei piazzali a tergo delle banchine medesime, hanno provocato grosse e vistose buche, con rinvenimento del sottostante materiale di riempimento, originate dall'azione diretta della portata tracimante, verosimilmente accompagnata da concomitanti sifonamenti della diga foranea. Il susseguirsi di mareggiate nel corso del tempo, anche di minore violenza, hanno causato un ulteriore accentuato e ragguardevole degrado della sagoma della mantellata, associata ad evidenti cedimenti del corpo della stessa, sia nel tratto fuori acqua sia nel tratto corrente al di sotto del livello medio del mare. La mantellata denota, altresì, una forte riduzione volumetrica con evidenti segni di assottigliamento e restringimento della sezione. Il tratto di diga compreso tra le progr. ml. 1.325,00 ml. e 1.400,00 m presenta i danni più vistosi, in quanto più sollecitato dall'azione del moto ondoso incidente.

La testata provvisoria del prolungamento della diga si presenta, altresì, alquanto danneggiata, mentre si registra la sostanziale tenuta statico volumetrico del corpo della gettata

del prolungamento, non risultando visibili danneggiamenti di sorta. La sagoma della mantellata si presenta in buono stato di conservazione, con sezione quasi inalterata che lascia presupporre l'ottimo comportamento idraulico della struttura.

Previa estensione di precedente Convenzione con il Provveditorato Interregionale OO.PP. Sicilia - Calabria * Ufficio Opere Marittime per la Sicilia, l'Autorità Portuale ha richiesto di ripristinare le condizioni di sicurezza operative della diga foranea e quindi di redigere la progettazione esecutiva delle opere necessarie di consolidamento e ricarica della mantellata della diga foranea, rafforzamento e potenziamento della testata per renderla definitiva.

2. RILIEVI – STUDI – INDAGINI – VERIFICHE E SIMULAZIONI SU MODELLO DI SUPPORTO ALLA FASE DI PROGETTAZIONE

Le indagini e gli studi specialistici di approfondimento a supporto della presente progettazione esecutiva hanno riguardato i seguenti aspetti:

Rilievi topo - batimetrici:

- rilievo plano-altimetrico e topografico dell'esistente berma (praticabile), tra l'attuale muro paraonde e la mantellata fuori acqua;
- rilievo batimetrico (multibeam) della mantellata esistente entro acqua e del fondale antistante;

Studio idraulico-marittimo:

- determinazione del moto ondoso e degli estremi al largo per assegnato tempo di ritorno, trasferimento sottocosta, determinazione degli estremi sull'opera, scelta delle onde di progetto;
- run-up e overtopping (stato attuale e di progetto);
- dimensionamento idraulico e statico volumetrico della mantellata consolidata;

Studi di verifica strutturale

- verifiche di stabilità del sovrizzo del muro paraonde;
- verifiche geotecniche delle mantellate consolidate;
- calcolo delle strutture in c.a. del sovrizzo del muro paraonde;

Le valutazioni sulle condizioni di stabilità hanno tenuto conto:

- delle azioni del moto ondoso caratteristiche del sito;
- delle caratteristiche geotecniche dei terreni interessati;
- della geometria dei fondali di imposta delle opere di rafforzamento della mantellata della diga foranea;
- della sismicità dell'area;

Le attività state svolte hanno riguardato:

a) indagini sul campo;

- indagini geognostiche
- rilievo topografico e batimetrico

b) studi di supporto alle indagini nei seguenti ambiti:

- idraulica marittima,
- geologia e geologia tecnica
- geotecnica
- progettazione di opere marittime

Individuazione della tipologia strutturale del rafforzamento della diga

- a) individuazione delle tipologie strutturali di consolidamento del corpo della diga foranea e della testata definitiva, ricadenti su fondali diversi o comunque soggette a condizioni e sollecitazioni diverse;
- b) confronto (da eseguirsi con l'impiego, oltre che delle usuali formulazioni teoriche, di opportuni modelli matematici e programmi di calcolo) tra le alternative migliori mediante approfondimenti sui seguenti aspetti:
 - dimensionamento "idraulico" delle mantellate (per opere a scogliera),
 - valutazione delle azioni del moto ondoso (pareti verticali, sovrastrutture),
 - valutazione della risalita dell'onda, della tracimazione ondosa, della quota di sommità da adottare per la sicurezza delle attività retrostanti l'opera di difesa;
- c) verifiche di stabilità geotecnica del complesso struttura/terreno in condizioni statiche e dinamiche (sismiche) della soluzione individuata per il consolidamento della mantellata foranea e per il sovrizzo del muro paraonde, con impiego di apposita modellistica;

I risultati delle indagini e degli studi effettuati sono stati riportati in apposite relazioni tecniche, che fanno parte integrante del presente progetto esecutivo.

2.1. RILIEVI TOPO BATIMETRICI - STATO DELLA DIGA

Preliminarmente, al fine di conoscere le condizioni dello stato attuale della diga e dei fondali antistanti, essendo già agli atti le cartografie ed i rilievi effettuati in precedenza, questo Ufficio ha provveduto ad eseguire ulteriori rilievi plano-altimetrici, topografici e batimetrici a mezzo di idonea stazione totale laser ed ecoscandaglio di tipo multi-beam, lungo l'intero sviluppo della diga foranea, compresa la zona di prolungamento della diga foranea medesima ed in corrispondenza della testata provvisoria, localizzata intorno alla progr. 2.250,00 m.

Il rilievo plano-altimetrico e topografico, condotto al fine di rilevare le quote del corpo della mantellata fuori acqua (coltellazione), è stato eseguito con l'impiego di stazione totale laser serie GPT-7000, della casa costruttrice "Topcon", che permette di rilevare misure della distanza fino a 3.000,00 m avvalendosi di raggio laser invisibile.

Il rilievo batimetrico, eseguito con l'ausilio di ecoscandaglio di tipo multi-beam, è stato condotto su un'area estesa dalla testata della diga foranea fino alla radice del molo, a ridosso del piede del muro della ferrovia, per una larghezza complessiva di 130,00 m circa.

Questo tipo di ecoscandaglio, a differenza del single-beam, irradia una superficie molto ampia di fondale. Con un singolo impulso è stato possibile infatti campionare il fondale, perpendicolarmente alla direzione di avanzamento dell'imbarcazione, in 240 punti (240 beams) su di un corridoio ampio circa 3,4 volte la profondità dell'acqua. In tal modo, con l'impiego di questa strumentazione è stato possibile ottenere la copertura totale dell'area da investigare, con un elevato numero di punti campionati per unità di superficie.

La tecnica del rilievo batimetrico Multi-beam ha consentito di valutare in modo estremamente accurato le caratteristiche del fondale restituendo una rappresentazione ad alta risoluzione della morfologia del fondale stesso unito ai dati batimetrici reali senza estrapolazioni.

I dati acquisiti sono stati elaborati e restituiti in un modello tridimensionale costituito dall'unione di punti tutti geo-referenziati. Tale restituzione consente di effettuare precise valutazioni sulla morfologia del fondale e di calcolare precisi volumi di scavo e/o di riempimento. Dal modello digitale del fondale (DTM, Digital Terrain Models) è stato possibile ricavare: piani quotati, piani a curve di livello, sezioni, calcolo dei volumi, utilizzando il dato reale (quota del fondale) senza nessuna interpolazione.

Un'importante applicazione nel campo del monitoraggio delle opere marittime vede il Multi-beam uno strumento capace di rilevare ad alta definizione e restituire in modelli tridimensionali opere marittime quali: banchine, palificazioni, strutture di contenimento, moli foranei.

Lo strumento Multi-Beam SONIC 2024, con il quale è stata condotta l'indagine batimetrica, ha le seguenti caratteristiche:



- Funzionamento a banda larga 200-400 kHz
- 1° fisso di apertura longitudinale
- 0,5° di apertura focalizzati in senso trasversale
- Capacità di immersione da 200 a 3000mt
- processing del segnale a banda larga 60kHz
- Copertura swath sopra ai 160°
- 1-500m di raggio di azione

Descrizione del Sistema:

Nella quinta generazione di tecnologia Multi-Beam, i moduli di rete sono stati incorporati all'interno della testa sonar; il processore/controller i processori e le interfacce ingombranti di vecchia generazione sono stati eliminati. L'innovativo segnale a banda larga (60 kHz) consente la risoluzione due volte maggiore rispetto a quella di qualunque altro sonar sia per quanto riguarda l'immagine sia quanto riguarda la precisione dei dati forniti.

Il sonar è costituito da un proiettore fuori bordo con moduli di ricezione e da un modulo di interfaccia sonar entro bordo (Sonar Interface Module). Sensori ausiliari (GPS e SVP) sono collegati al modulo di interfaccia sonar. I dati del sonar sono associati con il tempo del GPS.

L'operatività del sonar è controllata da una interfaccia grafica per user su laptop

generalmente attrezzato per la navigazione e per la raccolta e l'elaborazione dei dati.

L'operatore ha la possibilità di stabilire i parametri del sonar nella finestra di controllo, mentre le profondità, le immagini ed i dati di altri sensori vengono rilevati e visualizzati dai software applicativi.

I comandi sono trasmessi attraverso un'interfaccia Ethernet alla SIM (Sonar Interface Module). La SIM fornisce la potenza alle testine del sonar, sincronizza testine multiple, i dati del sensore e delle tag di tempo e ritrasmette dati alle applicazioni workstation ed i comandi alle teste sonar.

La testa del ricevitore decodifica i comandi del sonar, avvia l'impulso di trasmissione riceve amplifica, forma i beam (beamfoms), scopre il fondale, impacchetta e trasmette i dati attraverso la SIM (Sonar Interface Module) via Ethernet al PC di controllo.

Il formato standard dei dati in uscita è compatibile SeaBat 8125 per un interfacciamento semplice nei sistemi esistenti.

Situazione attuale mantellata diga foranea e fondali

Dai rilievi batimetrici eseguiti, è emerso che i fondali prospicienti il corpo della mantellata della diga foranea, dalla progr. ml. 0,00 alla progr. ml. 1.914,00, si mantengono pressoché costanti longitudinalmente e trasversalmente variabili in direzione terra-mare, da una profondità di (-6,00) m nel perimetro di contatto acqua-sagoma mantellata, ad una quota massima di (-19,80) m circa in analogia a quanto riportato nella planimetria e nelle sezioni di dettaglio allegati.

In corrispondenza del collegamento tra il muro di delimitazione e di sostegno della ferrovia ed il massiccio di sovraccarico a quota (+7,00) m s.l.m., e cioè, dalla progr. 0,00 ml. alla progr. 150,00 ml., la berma sottostante, della larghezza di circa 3,50 m, è caratterizzata dalla presenza di massi artificiali disposti ad una fila, spinti fino alla quota del cordolo in conglomerato cementizio di delimitazione della (berma) strada in sommità all'attuale muro paraonde (+7,00) m. Il corpo della mantellata nel tratto anzidetto si presenta sguarnito e scarico, denotando un accentuato scivolamento dei massi artificiali verso la scarpa.

Il tratto di molo compreso tra la progr. 150,00 ml. e la progr. 340,00 ml. circa, risulta privo della fila di massi artificiali a quota con il cordolo in cls. di delimitazione della (berma), strada corrente in quota del muro paraonde. La struttura della mantellata nel suo complesso si

presenta compatta ed uniforme, non presenta vuoti o depauperamenti, ma denota una diminuzione ed un abbassamento della sagoma della mantellata medesima rispetto all'originaria configurazione.

La parte di diga foranea compresa tra la progr. 250,00 ml. e la progr. 625,00 ml. circa, è contraddistinta dalla presenza di massi artificiali allineati alla quota del cordolo in cls di delimitazione della carreggiata del praticabile (berma), in sommità al muro paraonde (+7,00) m, e mostra un cedimento ed un degrado verso l'esterno, con evidente presenza di numerosi ed accentuati vuoti nel corpo della mantellata.

Il tratto compreso tra la progr. 625,00 ml. e la progr. 800,00 ml., palesa la carenza e la mancanza di massi artificiali parallelepipedi in cls tra la fila dei massi disposti sulla sottostante berma orizzontale.

La zona della diga foranea compresa tra le progr. 820,00 ml. e 1.000,00 ml. è caratterizzata dall'assenza sulla berma orizzontale di massi artificiali disposti ad una fila, nonché da una contrazione ed una riduzione del corpo della mantellata.

La parte della diga foranea compresa tra la progr. 1.000,00 ml. e la progr. 1.325,00 ml. fino al piazzale triangolare, evidenzia la presenza di massi artificiali in cls allineati sulla berma orizzontale esterna, fin quasi al raccordo con il prolungamento della diga realizzato negli anni 2000. Si rileva, altresì, la presenza di modesti vuoti ed una forte riduzione della pendenza della scarpata, con notevole assottigliamento e contrazione del nucleo della mantellata.

Il tratto compreso tra la progr. 1.325,00 ml. e la progr. 1.450,00 ml. ed oltre, è stato interessato dalle mareggiate del gennaio e del dicembre 2009 e del 10 ed 11 Marzo 2012 che, hanno causato notevoli danni alle strutture ubicate in prossimità delle banchine interne della diga foranea ed in corrispondenza del piazzale triangolare. Si notano, l'assenza di idonea berma esterna a quota (+7,00) m sul l.m.m., una accentuata inclinazione della sagoma della mantellata associata a modesti cedimenti ed abbassamenti nel corpo della mantellata medesima fuori acqua, e, notevoli depauperamenti nel tratto al di sotto del livello medio del mare.

Infine, il tratto compreso tra la progr. 1.450,00 ml. e la progr. 1.914,00 ml. non presenta particolari criticità nella parte emersa della mantellata, a meno di modesti abbassamenti e moderati depauperamenti del nucleo che, divengono più accentuati e marcati

Autorità di Sistema Portuale del Mare di Sicilia Orientale - Catania Via Dusmet – LAVORI DI CONSOLIDAMENTO E RICARICA DELLA MANTELLATA DELLA DIGA FORANEA, RAFFORZAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA TESTATA – PROGETTO ESECUTIVO – RELAZIONE ILLUSTRATIVA GENERALE – Adeguata alle prescrizioni del voto del C.T.A. n°1461 del 15/02/2017

File: Relazione illustrativa definitiva Rev.2

Data emissione: Dicembre 2017

Note: EMISSIONE 1

Pag. 20

via via che si procede verso la parte in acqua della mantellata.

2.2. CARATTERISTICHE GEOLOGICHE E MECCANICHE

Durante le fasi preliminari della stesura dei progetti che hanno riguardato l'allargamento delle banchine interne al molo foraneo ed i lavori di prolungamento della diga foranea degli anni 2000, è stata condotta una campagna conoscitiva delle caratteristiche geomeccaniche dei terreni interessati, oltre studi ed indagini a supporto, che hanno previsto l'esecuzione di perforazioni di sondaggi, di prove e rilievi in sito, prelievo di campioni dal sottosuolo ed esecuzione di prove meccaniche di laboratorio.

L'indagine ha riguardato tutto lo specchio acqueo interessato dal prolungamento della diga foranea, investigata mediante l'esecuzione di n. 6 sondaggi meccanici a rotazione con prelievo continuo di carote, di campioni indisturbati ed a disturbo limitato e le relative analisi e prove geotecniche di laboratorio (Università di Palermo).

Le indagini in sito hanno consentito di individuare la stratigrafia dei terreni del sottosuolo, costituiti da sabbia, principalmente fina da ($0.02 < d < 0.2$ mm), con presenza di limo o limosa, che presenta una sostanziale omogeneità granulometrica. Non sono stati rinvenuti piani di stratificazione o superfici di discontinuità in genere.

Per le stratigrafie di dettaglio dei sondaggi, la loro ubicazione e la caratterizzazione geologica si rimanda all'allegata "relazione geologica".

Per la caratterizzazione fisica dei campioni sono state eseguite usuali prove di identificazione dei terreni, consistenti nella determinazione del contenuto naturale d'acqua, del peso per unità di volume, della composizione granulometrica, del peso specifico dei grani, della porosità e sono stati determinati i limiti di consistenza.

Per la caratterizzazione meccanica sono state eseguite prove di compressione edometrica con più cicli di carico e scarico, nonché prove di penetrazione con penetrometro tascabile:

I dati acquisiti mediante l'esecuzione delle indagini in sito e in laboratorio, hanno consentito una caratterizzazione geotecnica dei terreni dell'area esplorata (elevata frazione sabbiosa e parametri di resistenza a taglio medio-alti determinati) configurabile in unica classe, nonché l'attribuzione dei seguenti parametri:

E: Modulo di compressione edometrica = $0.3 \div 60 \times 10^3$ ton/m²;

K: Coefficiente di permeabilità = $0.5 \div 20 \times 10^{-5}$ cm/sec;

C_v : Coefficiente di consolidazione primaria = $0.4 \div 100 \text{ cm}^2/\text{sec}$;

C_c : Indice di comprimibilità = $0.127 \div 0.258$

σ_f : Pressione di rottura = $0.5 \div 1.75 \text{ Kg/cm}^2$;

C_u : Coesione non drenata = $0.25 \div 0.85 \text{ Kg/cm}^2$;

ϕ' : angolo di resistenza a taglio = 30° ;

γ' : peso di volume = 2.00 t/mc .

2.3. STUDIO IDRAULICO - MARITTIMO - ONDA DI PROGETTO

Lo studio idraulico - marittimo è stato finalizzato alla determinazione delle caratteristiche del moto ondoso incidente in prossimità dei punti rappresentativi della diga foranea del porto di Catania, riportati nella seguente figura (Figura 2.1), in modo da potere effettuare le verifiche idraulico-marittime (dimensionamento, run-up ed overtopping) dell'intervento proposto di rifiorimento e rafforzamento della mantellata foranea fortemente danneggiata dalle mareggiate.

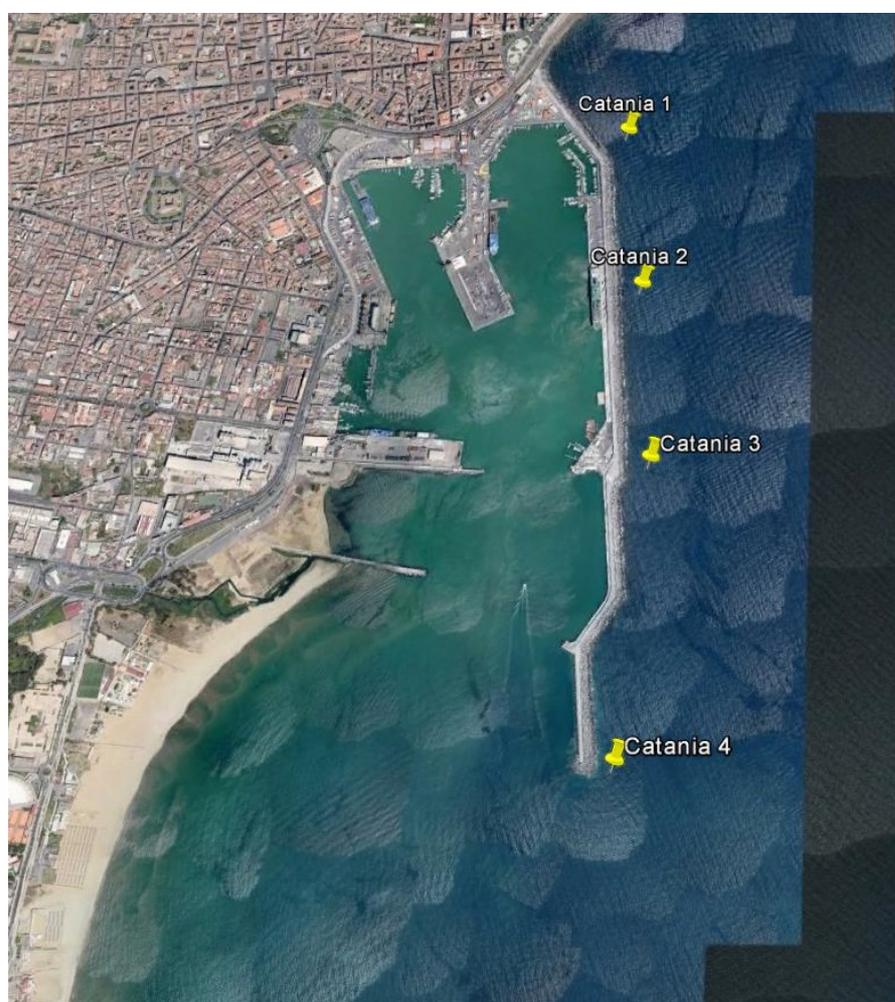


Figura 2.1 - Diga foranea del porto di Catania - Punti di calcolo del moto ondoso.

Preliminarmente sono state analizzate le condizioni geografiche del sito in esame, i dati batimetrici e ondametrici disponibili e l'inquadramento del paraggio costiero. Successivamente si è passati alla caratterizzazione del clima meteomarinario.

La caratterizzazione del clima ondoso al largo è stata condotta utilizzando un approccio di tipo statistico, sulla base dei numerosi dati acquisiti. Sono state valutate le caratteristiche dell'onda al largo (altezza, periodo e direzione) ed è stata eseguita l'analisi degli eventi estremi al largo.

Per quanto concerne lo studio delle maree, si sono determinati i sovralti massimi dovuti alle maree astronomiche e alle maree meteorologiche.

Lo studio della propagazione del moto ondoso dal largo a sotto costa, su profondità finita, è stato svolto mediante l'utilizzo del modello matematico MIKE21 del Danish Hydraulics Institute (DHI). Le mareggiate individuate con una soglia minima di $H=1,50\text{m}$, unitamente agli estremi calcolati a largo (utilizzando il modulo EVA - Extreme Values Analysis del DHI), sono state propagate dal largo verso costa in modo da ottenere la caratterizzazione meteomarina locale delle mareggiate nei pressi del porto ed estrarre gli estremi in prossimità dei punti della diga foranea oggetto delle verifiche.

Per quanto riguarda la caratterizzazione batimetrica dell'area di studio, si è fatto riferimento al database CM-93 di C-MAP per le aree al largo. CM-93 è un database globale di cartografia nautica digitale realizzato e costantemente aggiornato dalla società norvegese C-MAP. Per la zona più prossima al bacino portuale, i dati delle carte nautiche digitali sono stati integrati con un rilievo di dettaglio.

Per quanto attiene ai dati anemometrici impiegati per la definizione del regime dei venti, si è fatto riferimento ai dati anemometrici rilevati presso l'Osservatorio di Catania-Fontanarossa gestito dall'ENAV nel periodo 1961–1990 ed a vari altri dati anemometrici UKMO.

Per quanto riguarda i dati meteomarini, sono stati utilizzati i dati forniti dalla Rete Mareografica Nazionale dell'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA) relativi ai livelli di marea rilevati dalla stazione di Catania e i dati della Rete Ondametrica Nazionale (RON) della stessa ISPRA relativi alla boa di Catania, posta nel punto di coordinate $37^{\circ}26'24.0''\text{N} - 15^{\circ}8'48.01''\text{E}$, nel periodo 01/07/1989÷05/10/2006.

I dati della boa sono stati confrontati con i dati provenienti dal modello Euro Waves e forniti dal UK Meteorological Office (di seguito dati UKMO), come elaborati con un apposito modello d'onda di larga scala a partire dai predetti dati UKMO, nonché con i dati della pubblicazione MedAtlas.

In particolare i dati meteomarini di largo di confronto sono stati estratti dal modello d'onda di larga scala realizzato da DHI Italia per il settore di mare che interessa il tratto di costa della Sicilia sud-orientale. Tale modello, realizzato a partire da dati ondametrici e anemometrici del modello globale Met-Office (UKMO), calibrato sulle misurazioni ondametriche della boa di Catania della Rete Ondametrica Nazionale per il periodo di registrazioni compreso tra il 01/11/88 ed il 30/10/08, rappresenta un vero e proprio database storico di dati ondametrici, utile alla predisposizione di qualsiasi tipo di studio meteomarino per il tratto di costa compreso indicativamente tra Licata (AG) e Aci Castello (CT).

Per il dettaglio degli studi condotti si rimanda alla apposita relazione, mentre di seguito si riportano i risultati significativi ottenuti.

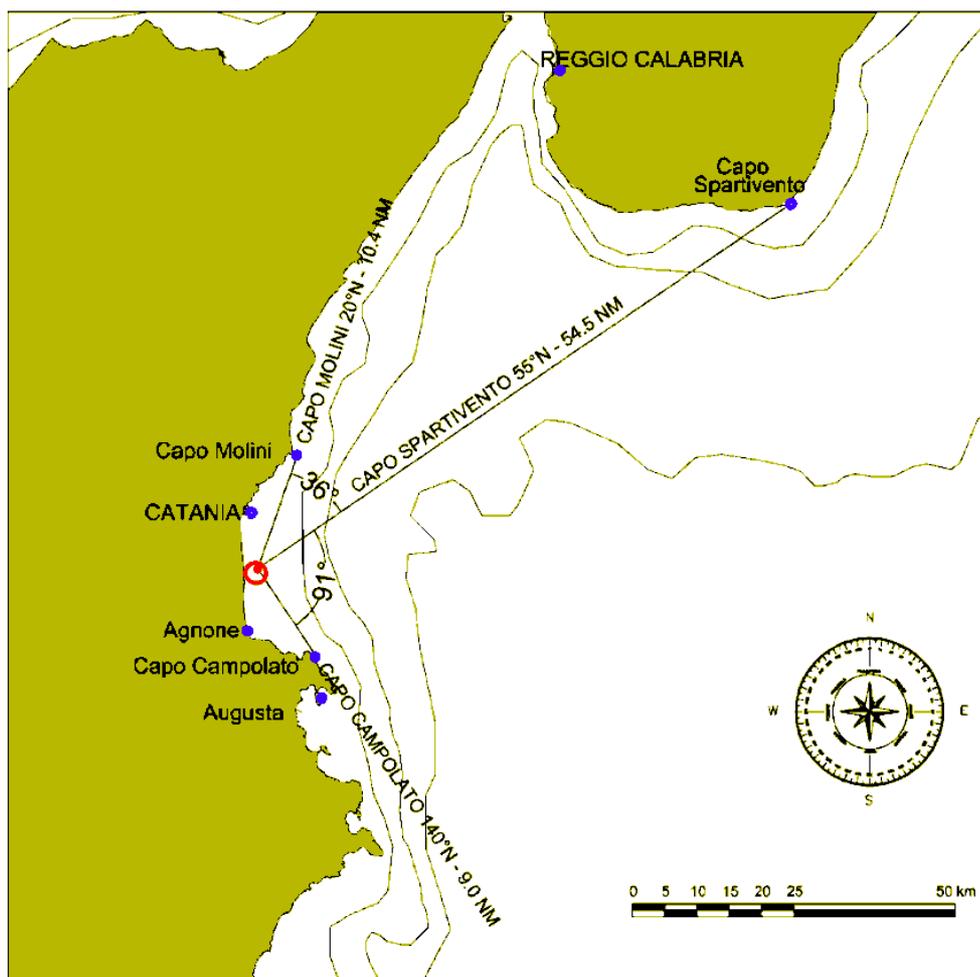


Figura 2.2 - Settori di traversia significativi per il paraggio di Catania.

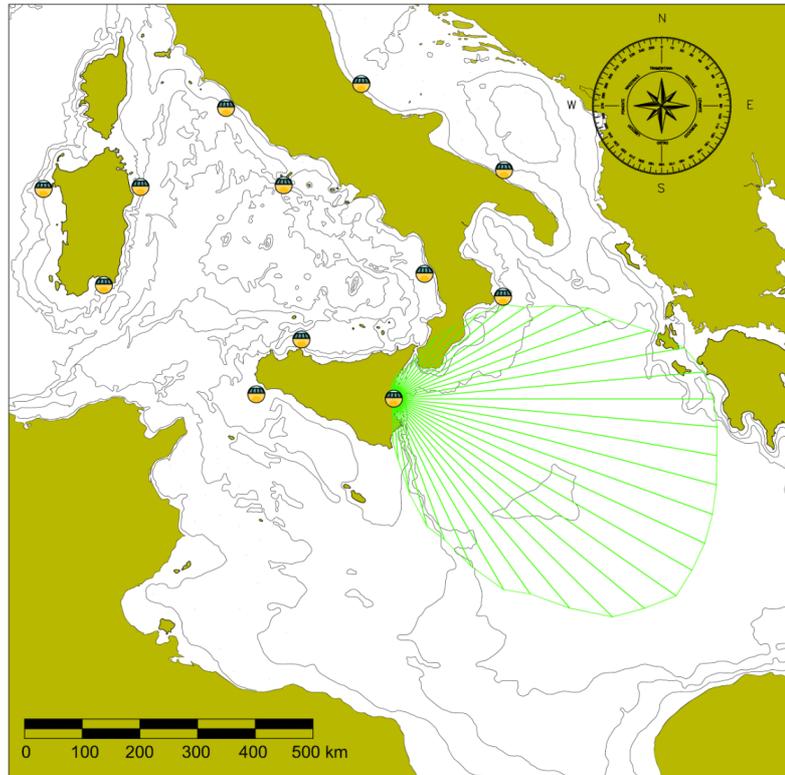


Figura 2.3 - Diagramma del fetch efficace calcolato con il metodo suggerito dallo Shore Protection Manual (1984).

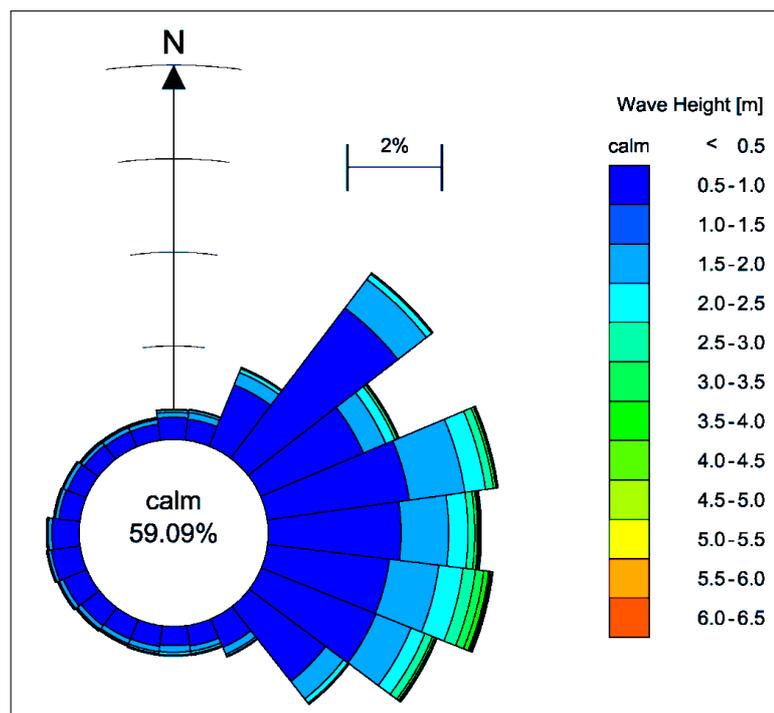


Figura 2.4 - Rosa delle onde rilevate dall'ondametro RON di Catania (dal 1-7-1989 al 5-10-2006).

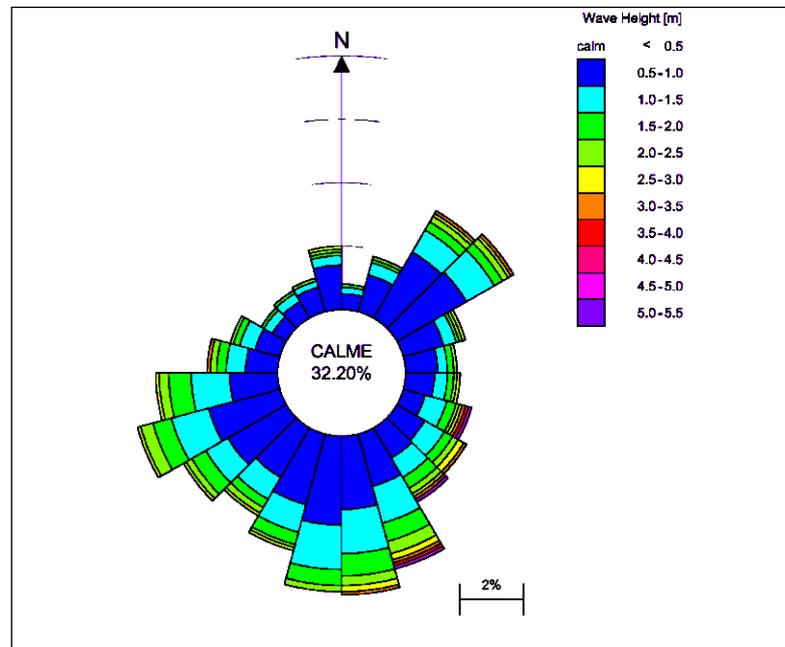


Figura 2.5 - Rosa delle onde relative al punto MEDATLAS (37°N e 16°E) riferite al periodo dal 1991 al 2001.

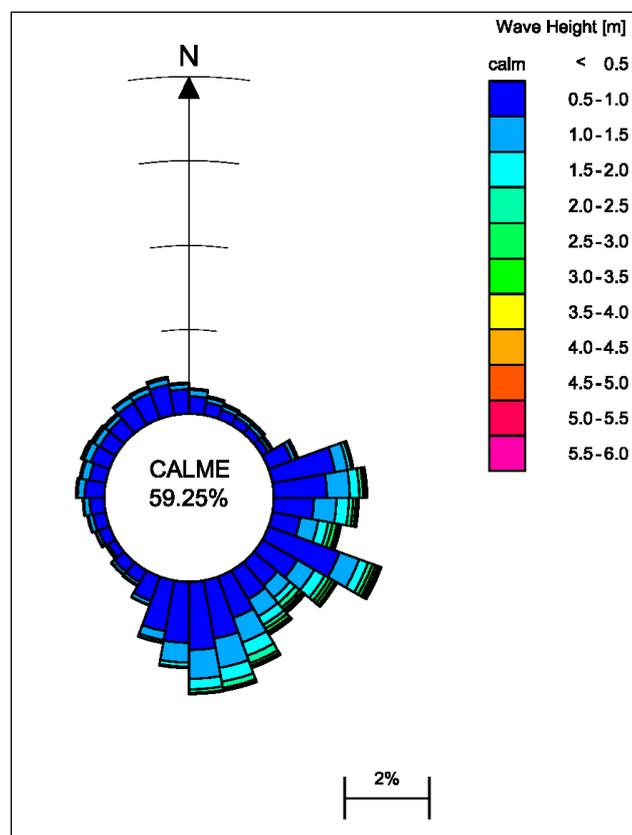


Figura 2.6 - Rosa delle onde relative al punto UKMO (37.5°N e 15.54°E) (dal 1988 al 2008).

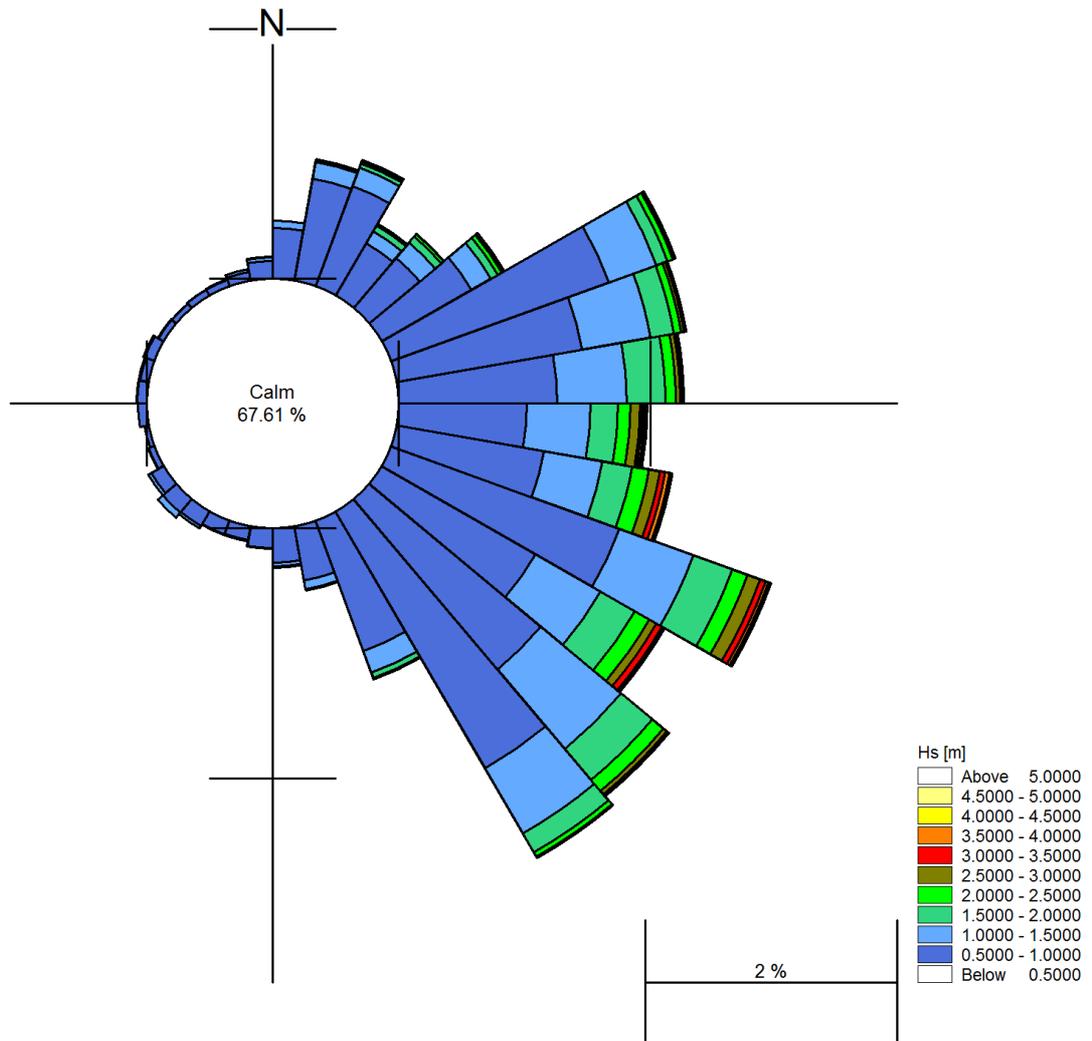


Figura 2.7 - Modello d'onda di larga scala Sicilia Sud-Orientale Rosa del clima ondoso al largo di Catania.

Tabella 2.I - Analisi statistica degli eventi estremi: Valori di altezza d'onda significativa (Hs) e deviazione standard (ST.D) in funzione del periodo di ritorno T. OMNIDIREZIONALE (DATI BOA).

Settore	Tr	Hs	ST.DV
	[anni]	[m]	[m]
Omni	1	4.06	0.15
	2	4.62	0.21
	5	5.35	0.30
	10	5.90	0.38
	20	6.45	0.45

	50	7.17	0.56
	100	7.72	0.63
	200	8.26	0.71

Tabella 2.II - Analisi statistica degli eventi estremi: Valori di altezza d'onda significativa (Hs) e deviazione standard (ST.D) in funzione del periodo di ritorno T. DIREZIONALE (DATI BOA).

Settore	T	Hs	Dv.ST
	[anni]	[m]	[m]
30-60	1	2.223	0.075
	2	2.522	0.107
	5	2.92	0.15
	10	3.22	0.19
	20	3.52	0.23
	50	3.91	0.28
	100	4.21	0.31
	200	4.51	0.35

Settore	T	Hs	Dv.ST
	[anni]	[m]	[m]
60-90	1	2.747	0.088
	2	3.342	0.154
	5	3.94	0.24
	10	4.34	0.32
	20	4.71	0.42
	50	5.17	0.55
	100	5.50	0.67
	200	5.81	0.78

Settore	T	Hs	Dv.ST
	[anni]	[m]	[m]
90-120	1	3.72	0.17
	2	4.38	0.23
	5	5.25	0.33
	10	5.91	0.41
	20	6.79	0.51
	50	7.45	0.59
	100	8.11	0.66
	200	8.77	0.74

Settore	T	Hs	Dv.ST
	[anni]	[m]	[m]
120-150	1	2.66	0.11
	2	3.12	0.16
	5	3.71	0.23
	10	4.17	0.28
	20	4.76	0.35
	50	5.21	0.40
	100	5.67	0.46
	200	6.12	0.51

La trasposizione del clima ondoso da largo verso riva è stato svolto mediante l'ausilio del modello matematico denominato MIKE 21 edito da DHI_{Water.Environment.Health}. MIKE 21 è un programma modulare contenente diversi codici per la simulazione di corpi idrici per i quali sia possibile adottare l'approssimazione idrodinamica bidimensionale, piana, per fluidi verticalmente omogenei. Infatti, il numero "21" che contraddistingue il codice, indica proprio la bidimensionalità nel piano ("2") e la mono dimensionalità lungo la verticale ("1").

Il sistema modellistico è stato sviluppato per applicazioni complesse in aree costiere, mare aperto e in corrispondenza di estuari. Tuttavia, essendo un codice di calcolo per la simulazione delle correnti a pelo libero, può essere anche applicato per la simulazione di fenomeni correlati all'idraulica in fiumi, laghi o invasi.

MIKE 21 SW è utilizzato per la valutazione del clima ondoso off-shore ed in aree costiere, per scopi previsionali e analisi storiche. Una tipica applicazione di SW è il supporto alla progettazione di un'opera costiera o portuale, partendo dalla disponibilità di dati meteo-marini off-shore (boe ondometriche o modelli a larga scala) individuando il clima ondoso ordinario sotto costa o le condizioni estreme di progetto.

Il modello di moto ondoso è stato implementato su un dominio di calcolo molto esteso, indicativamente da Capo Molini a Capo Campolato, ed è delimitato da una condizione al contorno aperta. Le informazioni batimetriche utilizzate, in questa fase, sono solo quelle provenienti dalle carte nautiche digitalizzate.

L'estensione del modello e le isobate da carta nautica sono illustrate in Figura 2.8.

La Figura illustra invece la batimetria (*mesh*) utilizzata per il modello di moto ondoso a larga scala. La risoluzione del modello, intesa come lunghezza media dei triangoli della *mesh*, varia dai 200m al largo a 25m nella zona di interesse.

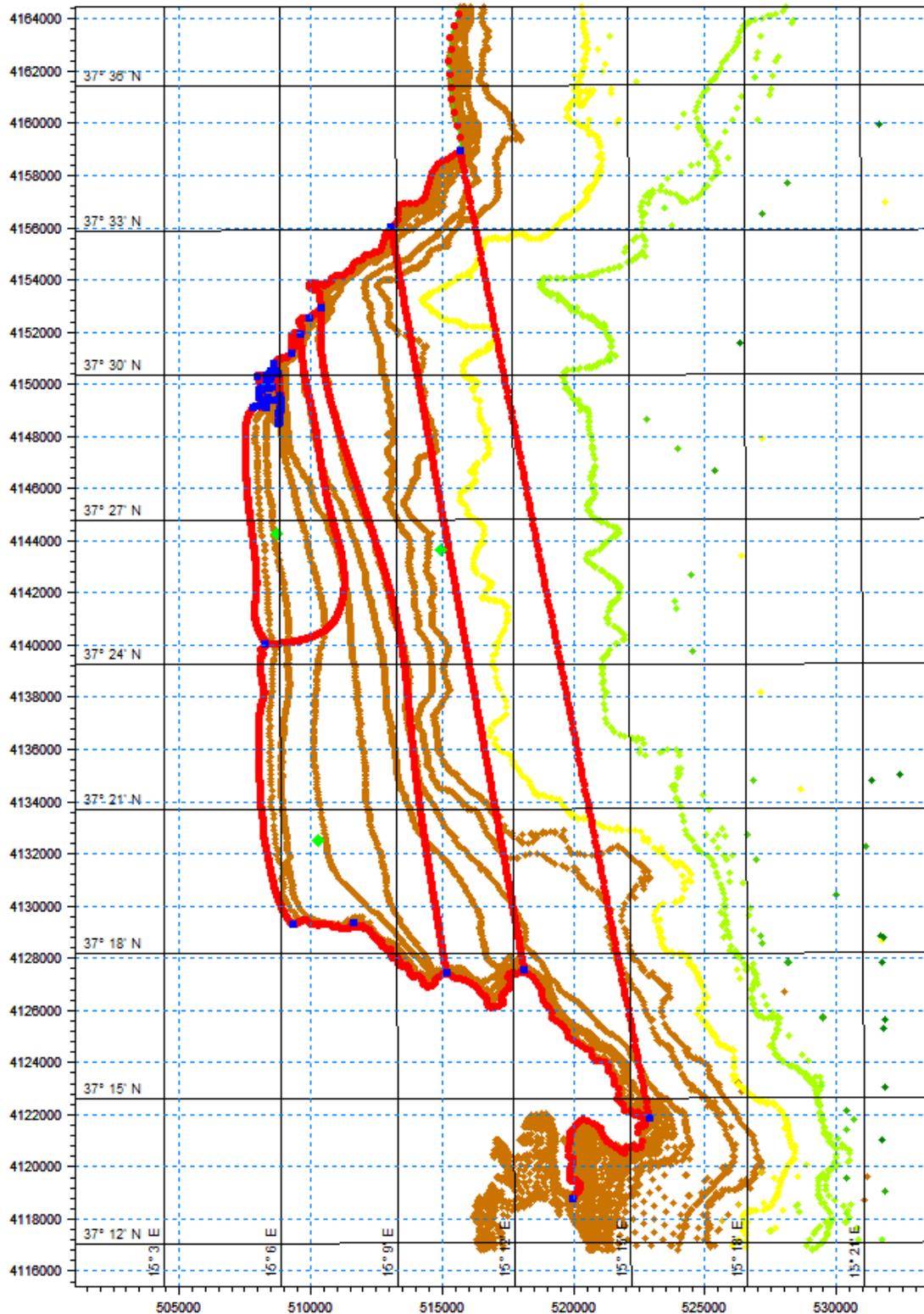


Figura 2.8 - Estensione del dominio di calcolo, localizzazione delle condizioni al contorno ed illustrazione

Autorità di Sistema Portuale del Mare di Sicilia Orientale - Catania Via Dusmet – LAVORI DI CONSOLIDAMENTO E RICARICA DELLA MANTELLATA DELLA DIGA FORANEA, RAFFORZAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA TESTATA – PROGETTO ESECUTIVO – RELAZIONE ILLUSTRATIVA GENERALE – Adeguata alle prescrizioni del voto del C.T.A. n°1461 del 15/02/2017

File: Relazione illustrativa definitiva Rev.2

Data emissione: Dicembre 2017

Note: EMISSIONE 1

Pag. 32

delle isobate presenti nella carte nautiche digitalizzate utilizzate.

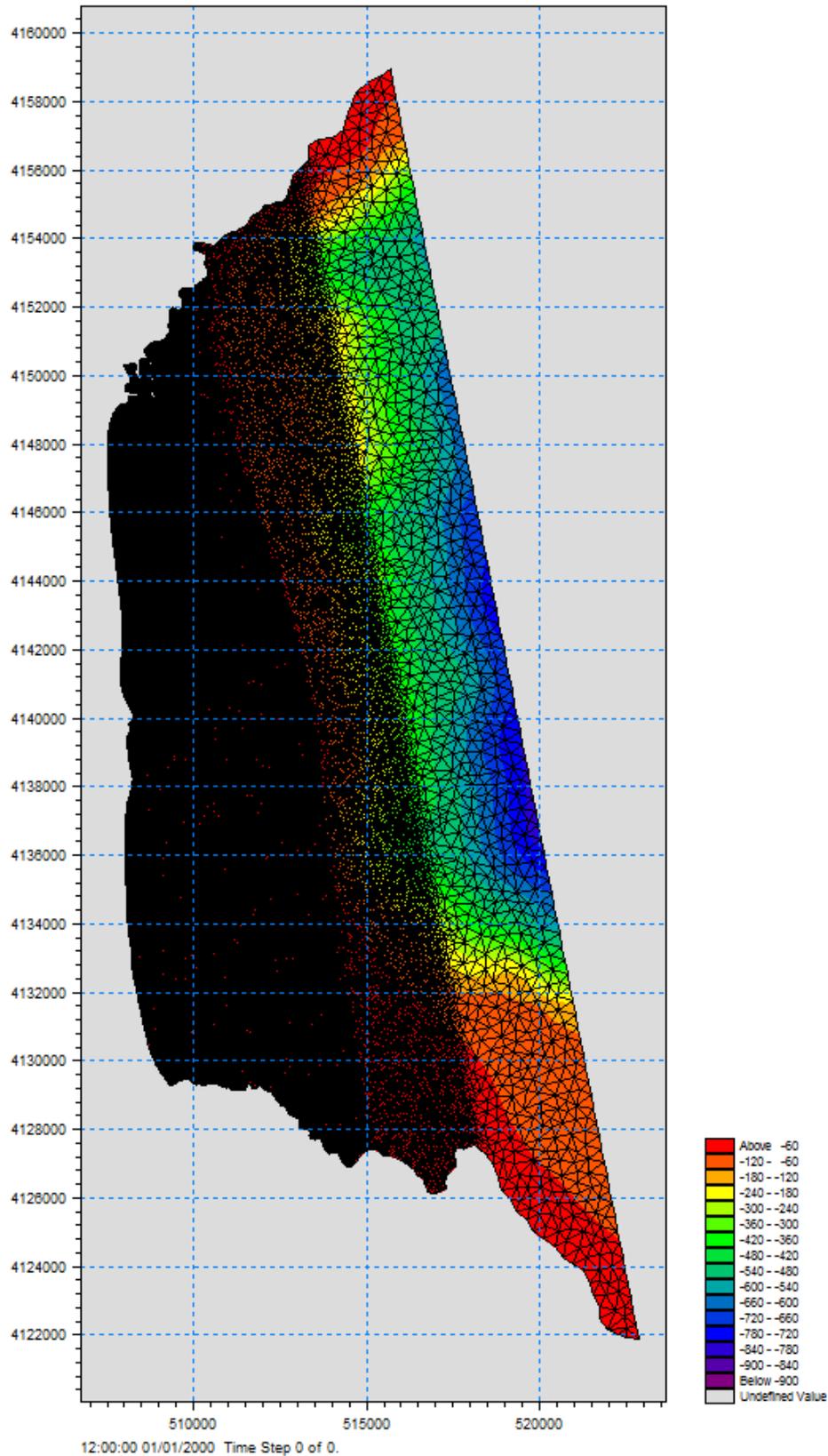


Figura 2.9 - Mesh di calcolo.

Le simulazioni sono state condotte al fine di caratterizzare sottocosta gli eventi estremi per assegnato tempo di ritorno. In particolare sono stati individuati n. 2 “tipologie” di simulazioni (descritte in Tabella 2.III): quelle relative agli eventi di mareggiata e quelli relativi agli eventi estremi calcolati a largo.

Tabella 2.III-Simulazioni direzionali effettuate

Eventi di Mareggiata sopra soglia (dati MetOffice)	325 eventi di mareggiata statisticamente indipendenti caratterizzati da altezza d’onda superiore ad una soglia prefissata (in questo caso pari a 1.5m).
Eventi di Mareggiata sopra soglia (dati Boa)	467 eventi di mareggiata statisticamente indipendenti caratterizzati da altezza d’onda superiore ad una soglia prefissata (in questo caso pari a 1.5m).
Eventi Estremi per assegnato tempo di ritorno (dati MetOffice)	32 eventi estremi associati ad un determinato periodo di ritorno (da 5 a 200 anni) per 4 settori direzionali.
Eventi Estremi per assegnato tempo di ritorno (dati Boa)	32 eventi estremi associati ad un determinato periodo di ritorno (da 5 a 200 anni) per 4 settori direzionali.

Le simulazioni effettuate con il modello di propagazione del moto ondoso MIKE 21 SW, in riferimento agli eventi di mareggiata sopra soglia ed agli eventi estremi per assegnato periodo di ritorno, hanno permesso di ottenere la distribuzione delle principali grandezze di moto ondoso (altezza d’onda significativa, periodo di picco e direzione media di propagazione) in tutti i punti del dominio di calcolo.

I risultati mostrano una soddisfacente rappresentazione della distribuzione dell’altezza d’onda significativa in tutto il dominio di calcolo, con particolare attenzione alla zona di interesse. L’osservazione dei risultati del modello risulta di notevole interesse nella valutazione dei processi di rifrazione, shoaling e attrito col fondo dovuti alle variazioni batimetriche. Le immagini seguenti (Figura 2.10 e Figura 2.11) illustrano, a titolo di esempio, la distribuzione dell’altezza d’onda significativa in tutto il dominio di calcolo, sia con i dati Met-Office sia con i dati della Boa.

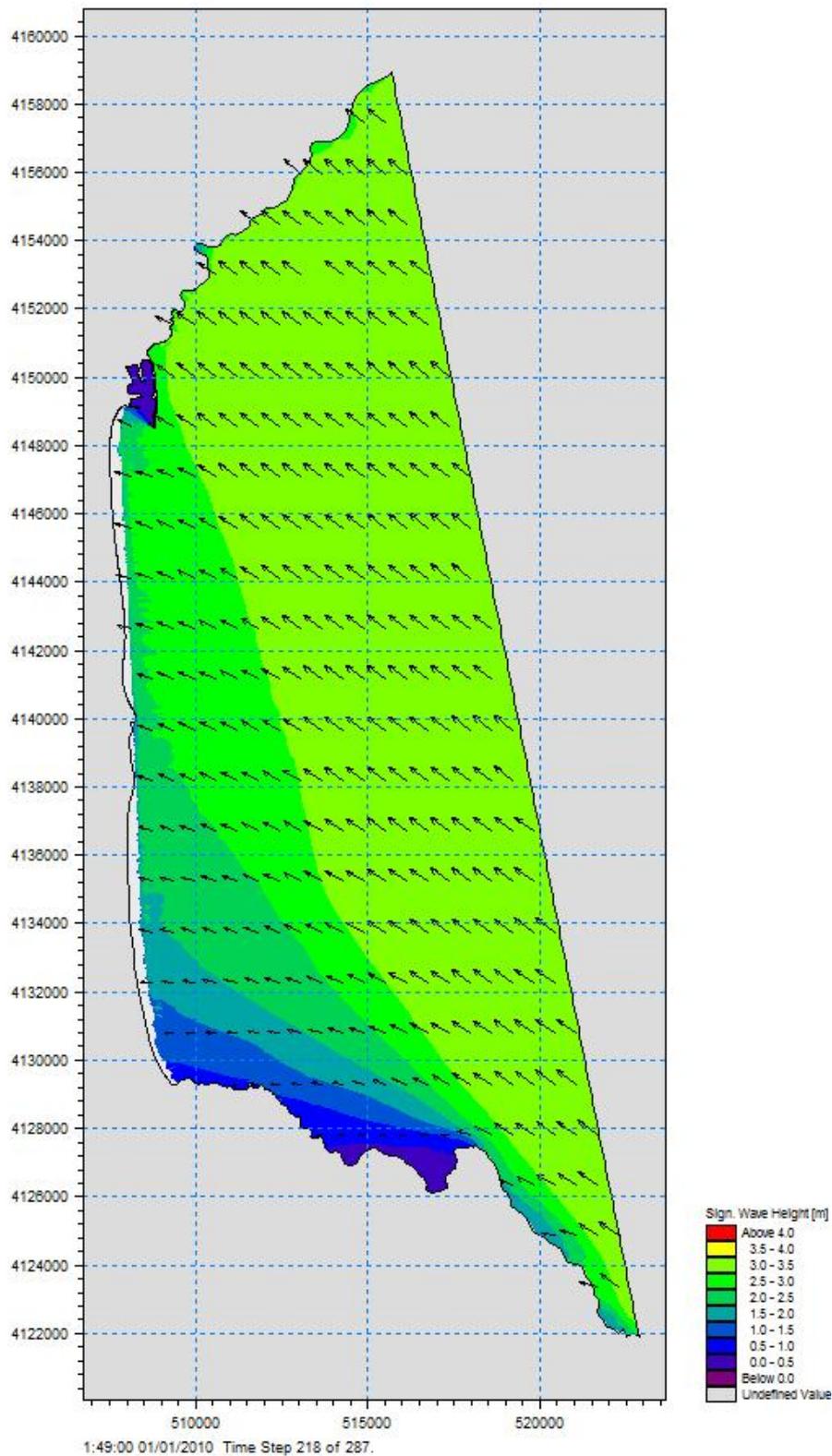


Figura 2.10 - Distribuzione dell'altezza d'onda significativa e direzione di provenienza Mareggiata dati Metoffice (Caratteristiche d'onda al largo $H_s=3.51m$; $T_p=8.60s$; $MWD=128^\circ N$).

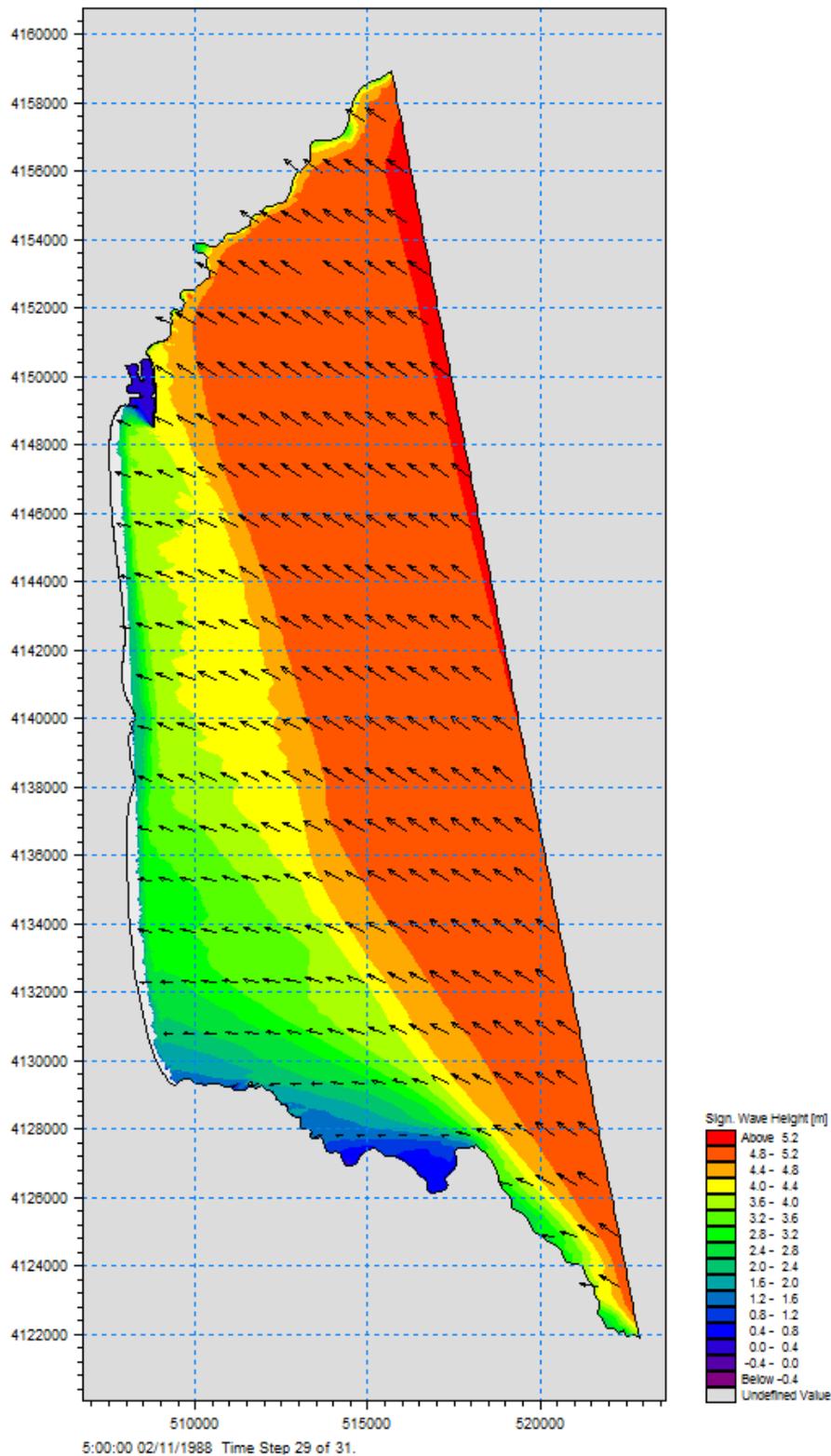


Figura 2.11 - Distribuzione dell'altezza d'onda significativa e direzione di provenienza Evento estremo dati Boa (Caratteristiche d'onda al largo $H_s=5.21m$; $T_p=9.73s$; $MWD=125^\circ N$, $Tr=50$ anni).

Le caratteristiche delle onde incidenti sulle opere sono state considerate quelle riportate nel capitolo n. 7 dello Studio Idraulico Marittimo. In particolare, è stata fatta la scelta di considerare, per le verifiche idrauliche marittime e dimensionali, i valori massimi per assegnato tempo di ritorno dei valori estremi del moto ondoso calcolati con i dati Met-Office (UKMO) e con i dati di BOA e con i due approcci (A - trasferendo nei punti significativi i valori estremi calcolati a largo; B - effettuando il trasferimento delle mareggiate sopra soglia e poi calcolando gli estremi per assegnato tempo di ritorno).

In tal modo si sono ottenuti i seguenti valori massimi:

Tabella 2.IV - Diga foranea del porto di Catania – Estremi punto 1

DATI UKMO Radice Diga Punto 1 Coord.: 4150447N - 508835E				
Ap-Tr	Hs	Tp	Dir	Settore
A - 1	3.16	8.12	98.77	90-120
A - 2	3.61	8.67	98.00	90-120
A - 5	4.20	9.33	97.29	90-120
A - 10	4.64	9.78	96.71	90-120
A - 20	5.06	10.22	96.17	90-120
B - 50	5.69	10.81	95.45	90-120
B - 100	6.19	11.34	94.93	90-120
B - 200	6.69	11.52	94.45	90-120

DATI BOA CATANIA Radice Diga Punto 1 Coord.: 4150447N - 508835E				
Ap-Tr	Hs	Tp	Dir	Settore
A - 1	3.17	8.13	98.75	90-120
A - 2	3.72	8.80	97.82	90-120
A - 5	4.45	9.59	96.76	90-120
A - 10	4.99	10.15	96.06	90-120
A - 20	5.67	10.84	95.25	90-120
A - 50	6.13	11.33	94.74	90-120
A - 100	6.54	11.79	94.29	90-120
B - 200	7.05	12.40	93.80	90-120

Tabella 2.V - Diga foranea del porto di Catania – Estremi punto 2

DATI UKMO Radice Diga Punto 2 Coord.: 4149927N - 508876E				
Ap-Tr	Hs	Tp	Dir	Settore
A - 1	3.27	8.11	100.74	90-120
A - 2	3.75	8.66	100.02	90-120
A - 5	4.37	9.32	99.39	90-120
A - 10	4.81	9.77	98.85	90-120
B - 20	5.28	10.29	98.24	90-120
B - 50	5.99	10.94	97.58	90-120
B - 100	6.53	11.63	96.78	90-120
B - 200	7.07	12.33	96.04	90-120

DATI BOA CATANIA Radice Diga Punto 2 Coord.: 4149927N - 508876E				
Ap-Tr	Hs	Tp	Dir	Settore
A - 1	3.29	8.13	100.72	90-120
A - 2	3.87	8.79	99.85	90-120
A - 5	4.62	9.59	98.85	90-120
A - 10	5.16	10.14	98.19	90-120
A - 20	5.80	10.83	97.42	90-120
A - 50	6.22	11.31	96.91	90-120
B - 100	6.81	11.97	96.25	90-120
B - 200	7.34	12.68	95.77	90-120

Tabella 2.VI - Diga foranea del porto di Catania – Estremi punto 3

DATI UKMO				
Radice Diga Punto 3				
Coord.: 4149403N - 508932E				
Ap -Tr	Hs	Tp	Dir	Settore
A - 1	3.27	8.13	102.59	90-120
A - 2	3.74	8.69	101.94	90-120
A - 5	4.36	9.35	101.34	90-120
A - 10	4.83	9.80	100.82	90-120
A - 20	5.31	10.24	100.34	90-120
A - 50	5.94	10.78	99.76	90-120
A - 100	6.41	11.17	99.37	90-120
B - 200	6.88	11.56	98.89	90-120

DATI BOA CATANIA				
Radice Diga Punto 3				
Coord.: 4149403N - 508932E				
Ap -Tr	Hs	Tp	Dir	Settore
A - 1	3.29	8.15	102.57	90-120
A - 2	3.86	8.82	101.78	90-120
A - 5	4.63	9.62	100.84	90-120
A - 10	5.23	10.17	100.21	90-120
A - 20	6.03	10.87	99.48	90-120
A - 50	6.62	11.35	99.00	90-120
A - 100	7.17	11.81	98.58	90-120
A - 200	7.69	12.26	98.19	90-120

Tabella 2.VII - Diga foranea del porto di Catania – Estremi punto 4

DATI UKMO				
Radice Diga Punto 4				
Coord.: 4148559N - 508874E				
Ap -Tr	Hs	Tp	Dir	Settore
A - 1	3.34	8.10	101.57	90-120
A - 2	3.83	8.65	100.82	90-120
A - 5	4.49	9.30	100.15	90-120
A - 10	4.97	9.74	99.56	90-120
A - 20	5.43	10.17	99.01	90-120
B - 50	6.12	11.30	97.70	90-120
B - 100	6.66	11.35	97.53	90-120
B - 200	7.21	11.52	97.33	90-120

DATI BOA CATANIA				
Radice Diga Punto 4				
Coord.: 4148559N - 508874E				
Ap -Tr	Hs	Tp	Dir	Settore
A - 1	3.36	8.12	101.55	90-120
A - 2	3.96	8.77	100.64	90-120
A - 5	4.76	9.56	99.56	90-120
A - 10	5.35	10.11	98.84	90-120
A - 20	6.09	10.78	98.01	90-120
A - 50	6.58	11.26	97.48	90-120
A - 100	7.02	11.71	97.07	90-120
B - 200	7.47	12.25	96.50	90-120

L'

analisi dei risultati ottenuti consente di affermare che i valori estremi sull'opera per assegnati tempi ritorno risultano pressoché simili con le due metodologie indagate, con una leggera prevalenza per i valori massimi ottenuti elaborando e trasferendo a costa le mareggiate estratte dalla Boa Ondametrica di Catania.

Il moto ondoso di progetto ai fini dei dimensionamenti statico-volumetrici, per ciascuna sezione, è stato quindi assunto pari all'onda significativa incidente (R = 100 anni), come segue.

Tabella 2.VIII - Moto ondoso di progetto – R = 100 anni

Criterio	R = 100 anni	Tp [s]	Hs [m]			
	Dir. sottocosta		Punto 1	Punto2	Punto3	Punto4
A	94,29°	11,79	6,54			
B	96,52°	11,97		6,81		
A	99,58°	11,81			7,17	
A	97,07°	11,71				7,02

Considerato che i valori differiscono di poco per tutte le sezioni d'indagine del corpo della diga foranea (punti 1 - 2 - 3) si è assunta l'onda di progetto maggiore corrispondente al punto d'indagine n. 3, mantenendo per la testata i valori del punto 4.

Tabella 2.IX - Moto ondoso di progetto per il corpo della diga – R = 100 anni

R = 100 anni Dir. sottocosta	Tp (s)	Hs [m]
99°	11.8	7,17

Lo studio è proseguito con la stima dei livelli di affioramento e risalita (Run-up) e della tracimazione (Overtopping – superamento dell'opera da parte delle onde), dapprima nella condizione di stato attuale per di valutare preventivamente l'attuale quota sommitale del muro paraonde nei confronti del superamento dell'opera da parte delle onde con i vari tempi di ritorno.

In particolare per la sezione tipica d'indagine (Punto 3 - più gravoso) e per la condizioni di stato attuale e di progetto, è stata calcolata la portata media di tracimazione associata alle relative onde di progetto con i relativi tempi di ritorno precedentemente determinate e riportate nella tabella seguente.

Tabella 2.X - Valori degli estremi per il calcolo del Run-up e dell'Overtopping.

DATI BOA CATANIA Radice Diga Punto 3 Coord.: 4149403N - 508932E				
Tr	Hs	Tp	Dir	Settore
1	3.29	8.15	102.57	90-120
5	4.63	9.62	100.84	90-120
10	5.23	10.17	100.21	90-120
50	6.62	11.35	99.00	90-120
100	7.17	11.81	98.58	90-120

I risultati sono sintetizzati in **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** e in

Autorità di Sistema Portuale del Mare di Sicilia Orientale - Catania Via Dusmet – LAVORI DI CONSOLIDAMENTO E RICARICA DELLA MANTELLATA DELLA DIGA FORANEA, RAFFORZAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA TESTATA – PROGETTO ESECUTIVO – RELAZIONE ILLUSTRATIVA GENERALE – Adeguata alle prescrizioni del voto del C.T.A. n°1461 del 15/02/2017			
File: Relazione illustrativa definitiva Rev.2	Data emissione: Dicembre 2017	Note: EMISSIONE 1	Pag. 40

Tabella 3.I, rispettivamente, per il Run-up e per l'Overtopping nella configurazione di stato attuale della diga di sopraflutto.

Tabella 2.XI - Run up sulla struttura a gettata della diga di sopraflutto - Stato Attuale.

		Hs	T _p	T _{m-1,0}	tan α	ξ _{m-1,0}	R _{u2%}
		[m]	[s]	[s]	[-]	[-]	[m]
R	1 anno	3.3	8.2	7.4	1.000	5.08	10.59
	5 anni	4.6	9.6	8.7	1.000	5.08	13.63
	10 anni	5.2	10.2	9.2	1.000	5.05	15.37
	50 anni	6.6	11.4	10.3	1.000	5.01	19.40
	100 anni	7.2	11.8	10.7	1.000	5.01	21.01

Tabella 2.XII - Portate massime di sormonto sulle strutture a gettata di sopraflutto - Stato Attuale.

		Hs	T _p	T _{m-1,0}	R _c	q
		[m]	[s]	[s]	[m]	[l/(s m)]
R	1 anno	3.3	8.2	7.4	6.50	6.47
	5 anni	4.6	9.6	8.7	6.50	51.85
	10 anni	5.2	10.2	9.2	6.50	122.61
	50 anni	6.6	11.4	10.3	6.50	423.61
	100 anni	7.2	11.8	10.7	6.50	611.55

E' possibile osservare come nello stato attuale la diga foranea viene sormontata dalle onde con percentuale pari al 2% per tempi di ritorno pari o superiori a meno di 1 anno, essendo la sommità dell'opera, nello stato attuale, posta a quota di (+ 7,00) m rispetto al livello medio mare.

Risulta opportuno sottolineare che nella condizione di stato attuale i valori di massima portata tracimabile sono del tutto insostenibili anche con tempi di ritorno bassi; ad 1 anno si ha un valore di tracimazione di 6.47 l/(sm), mentre i massimi valori, associati a tempi di ritorno di 100 anni, si attestano su oltre 600 l/(sm), pregiudizievoli per la stabilità della struttura e per l'operatività in sicurezza del bacino portuale.

3. INTERVENTO PROPOSTO

In considerazione dell'attuale stato di precarietà della mantellata della diga foranea, pregiudizievole per la stabilità propria e per la sicurezza delle operazioni portuali che si svolgono nelle banchine e negli specchi acquei interni, si è ritenuto, d'intesa con l'Autorità Portuale, soprattutto a seguito delle recenti violente mareggiate, di procedere alla progettazione esecutiva del presente intervento di manutenzione straordinaria, ricarica e rafforzamento della diga foranea riferito al corpo della diga, segnatamente nel tratto compreso tra la progressiva 0,00 ml. e la progressiva 1.914,00 ml. L'intervento comprende inoltre, il completamento statico volumetrico della testata della diga, posta alla progressiva 2.250.00 ml. La Figura 3.1 seguente riporta la planimetria generale dell'intervento.

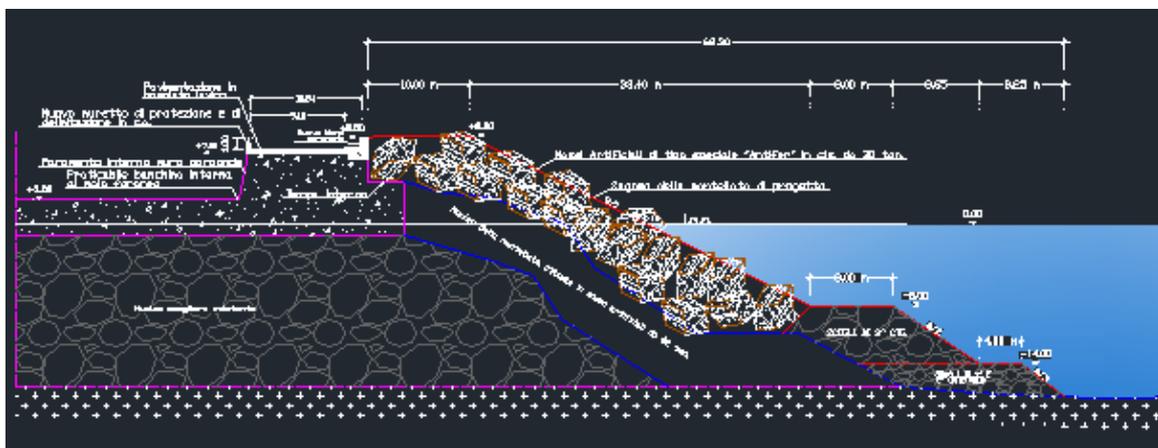


Figura 3.1 - Diga foranea del porto di Catania – Planimetria Generale Intervento

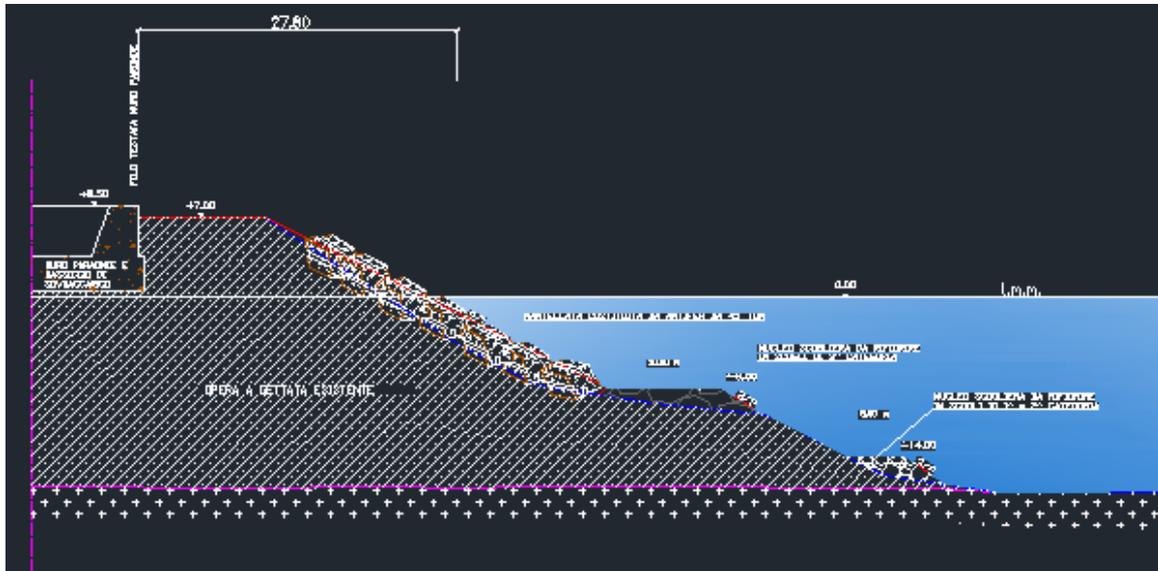
L'intervento di manutenzione straordinaria, ricarica e rafforzamento della diga foranea si riferisce al corpo della diga con una sezione tipo (sez. tipo n. 1) uniforme, stante la pressoché uniformità dei fondali variabili da circa (-8,00) m (in radice) a poco oltre (-18,00) m con prevalenza verso i valori più elevati di fondale. L'intervento è esteso alla testata della stessa diga (sez. tipo n. 2), in precedenza (anni 2000) realizzata in via provvisoria in previsione di ulteriori prolungamenti che oggi non sono più previsti nella pianificazione e programmazione dell'Autorità Portuale.

Nelle Figure 2.2 e 2.3 seguenti sono riportate le sezioni tipo dell'intervento.

In particolare, è stato scelto l'utilizzo nella mantellata foranea (fino a fondali di (-8,00 m s.l.m.) di massi artificiali speciali di tipo "Antifer" di massa maggiore di 30 tonnellate, con berma superficiale della larghezza di 10,00 m, a quota di (+8,80) m, s.l.m., disposti con scarpa del 2/1. Al piede dell'opera, tra la quota di (-8,00) m e (-14,00) m, s.l.m., è stata prevista un'adeguata berma al piede in scogli lavici della pezzatura di 3^a categoria (massa maggiore di 3 t), della larghezza di 8,00 m disposti con scarpa del 3/2. Tra la quota di (-14,00) m, s.l.m. e la quota effettiva del fondale (variabile da circa -17,00 a -20,00 m, s.l.m.) è prevista una ulteriore berma in scogli di 1^a e 2^a categoria, della larghezza di 4,00 m e scarpa del 3/2. In testata i massi "Antifer" sono stati dimensionati di massa maggiore di 45 t, disposti con medesima scarpa del 2/1 e sono state previste n. 2 distinte berme: la prima tra le quote (-8,00) m e (-14,00) m, s.l.m., in scogli di 3^a categoria della larghezza di 10 m disposti alla scarpa del 3/2 e la seconda tra la quote (-14,00) fino al fondale esistente, della larghezza di 5 m in scogli di 1^a e 2^a categoria.



*Figura 3.2 - Diga foranea del porto di Catania – Punti 1 – 2 - 3
Intervento di rifiorimento e rafforzamento – Sez. Tipo 1*



*Figura 3.3 - Testata Diga foranea del porto di Catania – Punto n. 4
Intervento di rifiorimento e rafforzamento – Sez. Tipo 2*

Le sezioni tipo sono state dimensionate in ottemperanza ai criteri contenuti nelle Raccomandazioni Tecniche per la progettazione delle dighe frangiflutti del Ministero dei Lavori Pubblici.

Le verifiche idrauliche del Run-up e dell’Overtopping per la soluzione di progetto hanno mostrato l’ottimale comportamento, come mostrato nelle tabelle seguenti.

Tabella 3.I - Run up sulla struttura a gettata della diga di sopraflutto - Stato di Progetto.

		Hs	T _p	T _{m-1,0}	tan α	ξ _{m-1,0}	R _{u2%}
		[m]	[s]	[s]	[-]	[-]	[m]
R	1 anno	3.3	8.2	7.4	0.500	2.55	5.63
	5 anni	4.6	9.6	8.7	0.500	2.54	7.90
	10 anni	5.2	10.2	9.2	0.500	2.53	8.90
	50 anni	6.6	11.4	10.3	0.500	2.51	11.23
	100 anni	7.2	11.8	10.7	0.500	2.51	12.16

Tabella 3.II - Portate massime di sormonto sulle strutture a gettata di sopraflutto - Stato di Progetto.

		Hs	T _p	T _{m-1,0}	R _c	q
		[m]	[s]	[s]	[m]	[l/(s m)]
R	1 anno	3.3	8.2	7.4	8.00	0.0008
	5 anni	4.6	9.6	8.7	8.00	0.159
	10 anni	5.2	10.2	9.2	8.00	0.731
	50 anni	6.6	11.4	10.3	8.00	9.15
	100 anni	7.2	11.8	10.7	8.00	19.32

Per il caso di progetto la quota del muro paraonde viene sopraelevata a (+8,50) m, s.l.m. ed il sormonto avviene per tempi di ritorno superiori a 10 anni.

Dai risultati dell'overlapping ottenuti, nella situazione di progetto, si evidenzia invece che il limite di 50 l/(s m) non viene mai raggiunto, nemmeno per eventi con tempo di ritorno di 100 anni. Il valore massimo della portata tracimabile, associata a tempi di ritorno di 100 anni, si riduce a meno di 20 l/(s m), mentre con tempo di ritorno di 50 anni si mantiene inferiore a 10 l/(s m); ciò garantisce la durabilità della infrastruttura dal punto di vista idraulico.

Per quanto riguarda la massima portata di tracimazione corrispondente a eventi con tempo di ritorno di 1 anno, si è ottenuto un valore di 0,0008 l/(s m), di gran lunga al limite di 0,01 l/(s m); di conseguenza non sono presenti limitazioni legate all'utilizzo delle banchine per tale condizione estrema.

In corrispondenza di eventi con tempo di ritorno di 5 anni i risultati ottenuti sono compatibili con l'utilizzo della banchina retrostante la diga da parte di personale addestrato e a piedi: $q < 0,2$ l/(s m). Allo stesso modo il valore della portata di tracimazione associata al tempo di ritorno di 10 anni - $\cong 0,7$ l/(s m) - consente l'utilizzo in regime di sicurezza.

3.1. DESCRIZIONE DELLE OPERE DI CONSOLIDAMENTO PROPOSTE

La sezione tipo di progetto del corpo della diga foranea e della testata definitiva comprende le seguenti caratteristiche tecnico - strutturali:

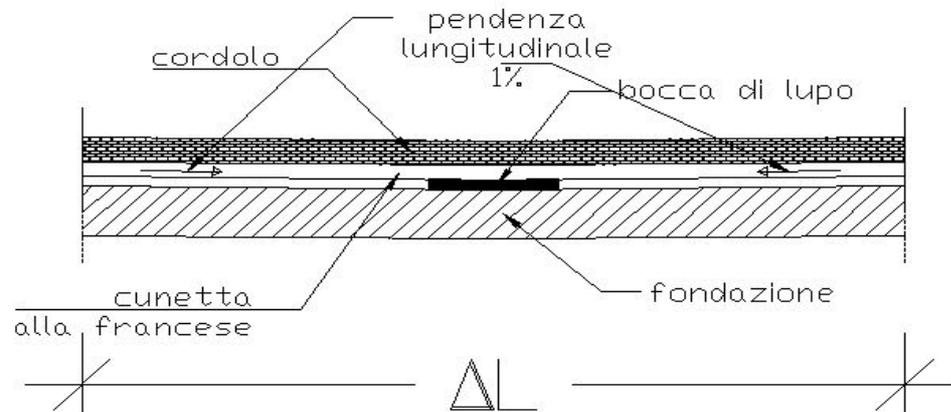
- Mantellata foranea in massi artificiali di tipo speciale Antifer in conglomerato cementizio da 30 t, con berma superficiale orizzontale della larghezza di 10,00 m a quota (+8,80) m sul l.m.m. con scarpata esterna del 2/1 fino alla quota di (-8,00) m;
- 1^ Berma di contenimento al piede della larghezza di 8,00 m a quota (-8,00) m, caratterizzata da una scarpata interna dell'1/1 ed esterna del 3/2 in scogli lavici di 3^ categoria, dello spessore di 6,00 m, fino alla quota di (-14,00) m;
- 2^ Berma al piede dell'opera della larghezza di 4,00 m a quota (-14,00) m, contraddistinta da una scarpata interna dell'1/1 ed esterna del 4/3, in scogli lavici di 1^ e

2[^] categoria fino alla quota di imposta del fondale, dello spessore variabile compreso tra 3,00 m e 5,00 m;

- In corrispondenza della testata della diga foranea in prossimità della progr. 2.250,00 m è stato previsto un rafforzamento ed un potenziamento della mantellata esterna, mediante la collocazione di massi artificiali di tipo speciale Antifer da 45 t, opportunamente posti in opera per tenere conto dell'azione trasversale dell'onda incidente in corrispondenza della testata;
- Sempre in corrispondenza della testata definitiva (progr. 2.250,00 m), sono state previste similari berme al piede, la prima in scogli di 3[^] categoria della larghezza di 10 m, con scarpa del 2/1 fino alla quota di (-14,00 m), la seconda in scogli di 1[^] e 2[^] categoria della larghezza di 5,00 m con medesima scarpa fino al fondale;
- Sovralzo del muro paraonde esistente nel corpo della diga, mediante modulo prefabbricato in conglomerato cementizio vibro compresso in c.a. spiccato fino a quota m.(+8,50) sul l.m.m., delle dimensioni in pianta di 3,70x2,00 m ed una sezione del massiccio di 2,00x0,70 m e del muro paraonde di 0,70x2,00 m, ammorsato ad una quota di (-0,60) m a partire dall'attuale quota del praticabile (+7,00) m. ciascun modulo è poggiato su idoneo massetto in cls magro di livellamento e sottofondazione, previo scavo del sedime e demolizione del cordolo in cls. di delimitazione laterale;
- Armatura di ripartizione di ciascun modulo realizzata con calcestruzzo Rck 45 N/mm² in ambiente fortemente aggressivo classe d'esposizione XA3, XD3, XS2, XS3, (UNI 11104) classe di consistenza S4 oppure S5;
- Perforazioni a rotazione verticale del diametro di 100 mm e di 50 mm di ancoraggio e solidarizzazione del modulo prefabbricato al sottostante praticabile, eseguite nel corpo dell'esistente massiccio in cls per consentirne la sopraelevazione a partire dalla quota d'imposta del modulo stesso;
- Collocazione, mediante inghisaggio con malta fluida espansiva di tipo speciale per ancoraggi Mapefil, di complessive n. 12 barre Dywidag Gewi per il modulo di tipo "A" delle quali n. 4 del diametro di ϕ 50 in foro ϕ 100 L=400 cm, a partire dalla sommità del muro paraonde, e di n. 8 del diametro di ϕ 25 in foro ϕ 50 L=150 cm in corrispondenza della parte superiore del massiccio. Per i restanti moduli, essendo quest'ultimi diversi dal modulo principale di tipo "A", il numero delle barre Dywidag Gewi si evince dagli

elaborati grafici progettuali;

- Pavimentazione dell'esistente praticabile in conglomerato bituminoso confezionato a caldo per la realizzazione del cassonetto di tipo stradale per strato di base, per strato di collegamento (binder) e per strato di usura, degli spessori di cui agli elaborati grafici C.23-C.24-C.25-C.26, nel tratto compreso tra la cunetta alla francese ed il nuovo muro in c.a. di delimitazione e protezione interno, segnatamente fra la radice della diga progr. ml. 0,00 e la progr. ml.1.950,00 (vecchia testata diga foranea, questa compresa), previa formazione di idoneo massetto di 0,46 m a partire dall'attuale quota del praticabile di (+7,00) m, mediante realizzazione di fondazione in tout-venant di cava dello spessore di 0,15 m, massetto in conglomerato cementizio di livellamento del praticabile dell'altezza di 0,11 m, con applicazione di interposta rete di acciaio elettrosaldato ϕ 8 mm a maglia 10x10 cm del peso di 7,98 kg/m²;
- Pavimentazione in basolato lavico mediante la posa in opera di basole di pietra lavica dello spessore di cm 8, da realizzare tra la cunetta alla francese ed il piede del nuovo muro paraonde, nel tratto compreso tra la radice della diga foranea progr. ml. 0,00 fino alla progr. ml.1.924,20, nelle immediate adiacenze della vecchia testata della diga foranea;
- Oratura in pietra lavica in elementi di formato 15x10 cm, della lunghezza di 60 cm a correre, lavorate a puntillo grosso nelle facce viste e con spigolo smussato, da realizzare in corrispondenza dei lati della pavimentazione in basolato lavico, nel tratto compreso tra la radice della diga foranea progr. ml. 0,00 fino alla progr. ml.1.924,20, nelle immediate adiacenze della vecchia testata della diga foranea, e, tale da fungere da interruzione oltre che di delimitazione e contorno della sopra citata pavimentazione in basolato;
- Cunetta alla francese per il convogliamento e l'allontanamento delle acque meteoriche e da overtopping dalla sede stradale, da realizzare a ridosso della pavimentazione in basolato lavico, a partire dalla radice della diga progr. ml. 0,00 fino alla progr.ml.1.924,20, aventi caratteristiche geometriche della lunghezza di cm 250, larghezza cm 75 ed altezza pari a cm 40, spessore alla base cm 25,



al fine di incanalare le acque meteoriche e per smaltire quelle generate dall'overtopping (tracimazione), tale da potere convogliare le acque direttamente sul corpo della mantellata, attraverso dei dispersori praticati ogni 10,00 m sulla cunetta medesima, aventi forma a "bocca di lupo", delle dimensioni di cm 100 circa ed altezza pari a cm 10, e, con pendenza longitudinale pari all'1%, in grado di smaltire una portata di 10,00 l/s;

- Cunicolo per sottoservizi in cls per l'alloggiamento di tubazioni in PRFV ϕ 300 completo di telai e chiusini posti ad interasse di 25,00 m, da realizzare a ridosso della cunetta alla francese, nel tratto compreso tra la radice della diga foranea progr. ml. 0,00 e la progr. ml. 1.924,20;
- Realizzazione, previa demolizione dell'attuale muro paraonde in c.a. dalla radice progr.ml.0,00 fino alla progr. 1.200,00 ml. circa e dell'esistente cordolo laterale in cls a partire dalla progr.ml. 1.200,00 fino alla vecchia testata e nel piazzale di quest'ultima (progr. 1.950,00 ml.), di nuovo muro in c.a. di delimitazione e protezione laterale interno, delle dimensioni di 0,80 m di altezza e di 0,30 m di larghezza, imbasato su idoneo massetto in cls. magro dello spessore di 10 cm che funge da sottofondazione, nel tratto compreso tra la radice della diga foranea progr. ml. 0,00 e la progr. ml. 1.924,20;
- Ancoraggio e solidarizzazione del nuovo muro in c.a. di delimitazione e protezione interno, da assicurare al sottostante massiccio in conglomerato cementizio esistente, previa esecuzione di perforazioni mediante apposito martello perforatore con corona del diametro ϕ 35 o 40 mm secondo necessità, colaggio di idonea malta cementizia epossidica bicomponente fluida, leggermente tixotropica, e, successivo inghisaggio di barre d'armatura in acciaio ϕ 26 mm lunghezza 1,60 m in foro ϕ 50 mm del peso di 4,168 kg/m

ogni 1,50 m;

- Ringhiera di sormonto in elementi tubolari di acciaio INOX tipo AISI 316 ϕ esterno 76,10 mm spessore 4 mm, peso 7,24 kg/m e lunghezza ml. 2,00, e, montanti in barre piatte di acciaio INOX lato mm 100, spessore mm 12 peso 9,42 kg/m, lunghezza cm.75;
- Rivestimento murale e coprimuro in elementi di pietra lavica dell'Etna lavorati a puntillo delle dimensioni rispettivamente di 20x40 cm, e 100x40 cm dello spessore di 8 cm;
- Pannelli modulari verticali in grigliato elettrofuso composti da elementi in acciaio Fe 360 B (UNI 7070/82) zincati a caldo secondo la norma UNI EN ISO 1461:2009 delle dimensioni di 25x3 mm, per la recinzione dell'impianto di rilevazione VTS (Vessel Traffic System) per il monitoraggio del traffico navale, il controllo e l'efficienza del trasporto marittimo, in uso alla Capitaneria di porto ed ubicato sul piazzale della vecchia testata della diga foranea.

Il muro paraonde è stato opportunamente dimensionato con calcoli delle strutture in c.a. approntati in relazione alle norme vigenti, tenendo conto della sismicità della zona. Per il dettaglio si rimanda all'elaborato di progetto.

Sono state condotte, infine, le verifiche di stabilità globale sul complesso rilevato - fondazione secondo due metodi di calcolo in funzione delle condizioni di carico adottate: il metodo di Bishop per l'analisi in condizioni statiche e sotto l'azione del moto ondoso; il metodo di Bell per l'analisi in condizioni sismiche.

Le cave di prestito, la loro distanza dal sito d'impiego ed i percorsi stradali da utilizzare per arrecare meno disservizi possibili durante la fase esecutiva e tutte le indagini effettuate sulla qualità e provenienza del materiale lapideo da impiegare per la realizzazione dell'opera, sono state opportunamente indagate e riportate in apposito elaborato progettuale (P.4 - [REV.1](#)), a cui si rimanda.

Com'è stato evidenziato nella descrizione delle opere di consolidamento proposte, l'originaria pavimentazione in basolato lavico del praticabile a tergo del nuovo muro paraonde, (attuale berma a quota +7,00 sul l.m.m), prevista nel progetto originario, viene sostituita da una nuova tipologia di pavimentazione in conglomerato bituminoso confezionato a caldo, in ottemperanza di quanto disposto dal R.U.P. della progettazione di che trattasi, nonché Responsabile dell'Area Tecnica dell'Autorità di Sistema Portuale del Mare di Sicilia Orientale – Catania Via Dusmet, con la nota n°1737 del 03/4/2017 e la nota n°4901 del

13/10/2017, agli atti di questo Ufficio.

Infatti, con la sopra riferita nota n°1737 del 03/4/2017, l’Autorità di Sistema Portuale del Mare di Sicilia Orientale – Catania Via Dusmet, ha invitato l’Ufficio 3 Tecnico ed Opere Marittime per la Sicilia ad ottemperare, oltre alla predisposizione delle modifiche ed integrazioni al progetto in conformità alle prescrizioni espresse con i “considerato” di cui al voto n°1461 del 15/02/2017 del C.T.A., di sostituire, altresì, l’originaria pavimentazione in basolato lavico, con una più funzionale e compatibile con l’uso urbano, previsto nel progetto di rifunzionalizzazione del praticabile della diga foranea, per la realizzazione di una passeggiata, chiedendo di fornire alcune tipologie alternative di pavimentazione da vagliare, a cura del R.U.P.

Pertanto, con nota n°21831 in data 27/9/2017, lo scrivente Ufficio ha trasmesso n°2 copie dello studio sulla scelta delle soluzioni tecniche alternative alla pavimentazione in basolato lavico, da porre al vaglio dell’Autorità di Sistema Portuale di Catania, che possano essere compatibili con una più razionale ed adattabile con l’uso urbano, alla base delle previsioni progettuali di futura programmazione.

Con nota n°4901 del 13/10/2017, il R.U.P. dell’Autorità di Sistema Portuale del Mare di Sicilia Orientale – Catania Via Dusmet, ha ritenuto che fosse più idonea tra le soluzioni prospettate per la pavimentazione del praticabile, la soluzione in conglomerato bituminoso, mediante la realizzazione di un cassonetto del tipo stradale che, a giudizio del R.U.P., appare in termini di efficienza ed economicità più aderente e funzionale con le eventuali modifiche da adottare in previsione della stesura del progetto di riqualificazione urbana, allo studio della locale Autorità di Sistema Portuale di Catania.

Ciò posto, in ossequio di quanto espressamente manifestato dal R.U.P. con le note sopra richiamate, nelle more dell’adeguamento del progetto alle prescrizioni contenute nel voto n°1461 del 15/02/2017 del C.T.A., è stata altresì disposta la sostituzione dell’originaria pavimentazione in basolato lavico con quella in conglomerato bituminoso, segnatamente per quanto attiene alla pavimentazione del praticabile a tergo del nuovo muro paraonde, mantenendo il basolato lavico solo nel tratto compreso tra il piede del paramento interno del nuovo muro paraonde e la cunetta alla francese.

In quest’ultimo tratto, è stata altresì prevista la realizzazione di una orlatura in pietra lavica in elementi di formato 15x10 cm, della lunghezza di 60 cm a correre, in

corrispondenza dei lati della pavimentazione in basolato lavico, tale da fungere da interruzione oltre che di delimitazione e contorno della sopra citata pavimentazione in basolato.

ASPETTI ECONOMICI E CONTRATTUALI

Il progetto esecutivo di che trattasi prevede la realizzazione delle opere interamente a corpo.

L'importo complessivo del progetto esecutivo di che trattasi è risultato di **€ 47.500.000,00** così ripartiti:

QUADRO ECONOMICO

1. IMPORTO LAVORI	INCIDENZA	€	47.500.000,00
A) SOMMANO I LAVORI A CORPO		€	42.646.407,66
A1.1 Lavori a corpo da sottoporre a ribasso d'asta		€	42.646.407,66
A1.2 Oneri per la sicurezza non soggetti a ribasso d'asta	1,75% di A1.1	€	744.921,19
IMPORTO DEI LAVORI COMPRESO ONERI DI SICUREZZA	(€ 42.646.407,66+ +€ 744.921,19)	€	43.391.328,85
B) SOMME A DISPOSIZIONE AMMINISTRAZIONE			
B1) Allacciamenti ai pubblici servizi, rilievi piano altimetrici topografici e batimetrici ed oneri vari			
1. - allaci idrici, elettrici, rilievi piano altimetrici topografici e batimetrici, ecc.		€	100.000,00
2. - oneri per conferimento a discarica materiali di risulta		€	100.000,00
3. - security e segnaletica		€	100.000,00
Sommano			€ 300.000,00
B2) Spese tecniche - Progettazione Esecutiva, Direzione Lavori e Collaudo Collaborazione esterna con Provveditorato Interregionale OO.PP. Sicilia - Calabria			
1. - Incentivo - 2.00 % di (A1.1 + A1.2) al lordo		€	867.826,58
2. - Spese accessorie per produzione del progetto e gestione dei lavori - 0,50 % di (A1.1 + A1.2)		€	216.956,64
3. - Spese per noleggio mezzi di trasporto, soggiorno e pernottamento nella			
□ località di esecuzione dei lavori ecc. - 0,25 % di (A1.1 + A1.2)		€	108.478,32
Sommano			€ 1.193.261,54
B3) Per INPDAP a carico Amministrazione il 24,20% delle spese tecniche		€	210.014,03
B4) Per IRAP a carico Amministrazione l'8,50% delle spese tecniche		€	73.765,26
B5) Spese di funzionamento Ufficio e di acquisto attrezzature informatiche e Strumentali compreso I.V.A.		€	40.000,00

B6) Attività di consulenza e di supporto al RUP		
1.- Definizione progetto e avvio gara d'appalto	€	40.000,00
2.- Verifica progetto esecutivo	€	200.000,00
3.- Supervisione e coordinamento alla Direzione Lavori	€	60.000,00
Sommano	€	300.000,00
B7) Spese per commissioni giudicatrici, Autorità di Vigilanza ed eventuali procedure V.I.A. compreso I.V.A.	€	200.000,00
B8) Spese per pubblicità ed altri oneri gara d'appalto compreso I.V.A.	€	50.000,00
B9) Accertamenti di laboratorio, sondaggi geognostici integrativi, studi ed indagini ambientali, verifiche tecniche di capitolato, collaudo tecnico - amministrativo e statico □		
1. - collaudo statico - prove di accettazione e di carico, studi ed indagini geognostiche	€	200.000,00
2. - accertamenti di laboratorio a carico dell'Amministrazione	€	200.000,00
□Sommano	€	400.000,00
B10) Attività di monitoraggio ante, durante e post operam	€	500.000,00
B11) Spese per assicurazione dipendenti (Fase di progettazione e D.L.)	€	50.000,00
B12) Imprevisti ed arrotondamenti	€	527.630,32
B13) I.V.A. relativa a (B1+B9+B10) (300.000,00+400.000,00+500.000,00)x22%	€	264.000,00
TOTALE SOMME A DISPOSIZIONE DELL'AMM.NE	€	4.108.671,15
IMPORTO COMPLESSIVO PROGETTO (A+B)	€	47.500.000,00

Gli importi delle singole categorie di lavori da compensare a corpo con le relative percentuali rispetto all'importo complessivo, hanno assunto la seguente consistenza:

A)	MACROCATEGORIE DI LAVORI	€	IMPORTO	%
	A) - LAVORI A CORPO	€	42.646.407,66	100,00
	M1 - SCAVI - DEMOLIZIONI - RIMOZIONI - TRASPORTI	€	1.095.691,66	2,57%
	M2 - CONSOLIDAMENTO E RIFIORIMENTO MANTELLATA DIGA FORANEA - RAFFORZAMENTO E POTENZIAMENTO TESTATA	€	33.676.972,16	78,97%
	M3 - NUOVO MURO PARAONDE E RELATIVA FONDAZIONE A TERGO DELLA MANTELLATA	€	3.579.388,00	8,39%
	M4 - PARAPETTO INTERNO DI DELIMITAZIONE - PAVIMENTAZIONE PRATICABILE – RIVESTIMENTO MURALE	€	4.294.355,84	10,07%
	TOTALE LAVORI A CORPO	€	42.646.407,66	% 100,00
	B) – COSTO ONERI DELLA SICUREZZA	€	744.921,19	1,746%

I prezzi unitari delle varie categorie di lavori a misura sono stati tratti dall'apposito "Nuovo Prezziario Unico Regionale per i Lavori Pubblici nella Regione Siciliana" (approvato

con Decreto dell'Assessorato delle Infrastrutture e Mobilità. 27/02/2013 ai sensi dell'art.74 della L.R. 10/93) in atto vigente nella Regione Siciliana per lavori marittimi (Cap. 17 - Opere Marittime ed altri capitoli).

Al citato prezzario regionale che uniforma sull'intera Sicilia i prezzi delle opere pubbliche, si ritiene che possa essere attribuita valenza generale e che, conseguenzialmente, i prezzi normalizzati possano essere estesi anche ai lavori del presente progetto da effettuare per conto dello Stato.

La durata dei lavori è stata determinata in 24 mesi naturali e continui decorrenti dalla data della consegna, sulla scorta dell'apposito cronoprogramma approntato ed allegato al presente progetto esecutivo e tiene conto di una produzione ottimale mensile di lavori di circa €1.800.000,00 perfettamente consona alle potenzialità delle Imprese specializzate nel settore, nonché di un periodo di possibili avverse condizioni meteomarine nella misura di giorni 120 (condizioni sfavorevoli).

Gli aspetti giuridico - amministrativi, le pattuizioni con l'Impresa esecutrice dei lavori e le relative condizioni d'appalto sono stati previsti nell'apposito Capitolato Speciale d'Appalto redatto in ossequio alla normativa vigente (Decreto Legislativo n° 50 del 18 aprile 2016).

Non si fa ricorso al prezzo chiuso, di cui all'art.133 del D.L. 12/4/2006 n.163, in quanto ai sensi dell'art.217 punto e) del Decreto Legislativo 18 Aprile 2016, n.50 (Nuovo Codice degli Appalti), il sopra richiamato decreto legislativo 12 Aprile 2006 n.163, risulta abrogato a decorrere dalla data di entrata in vigore del nuovo Decreto Legislativo n.50/2016.

Non è stata computata l'I.V.A. sui lavori, giusta quanto prescritto dall'art.9 comma 6 del DPR 26.10.1972 n. 633 ed art.3 comma 13, del D.L. 27 Aprile 1990, n.90, convertito con modificazioni, nella legge 26 Giugno 1990, n.165 e successive modificazioni, considerato che l'intervento di che trattasi è compreso tra quelli esenti, stante che si tratta di completamento di un'opera portuale esistente.

Fra le somme a disposizione dell'Amministrazione sono state previste le spese tecniche che tengono conto della multidisciplinarietà del progetto, nonché delle difficoltà operative connesse alla complessità degli accertamenti ed indagini per la definizione del progetto e di quelle dipendenti dalla necessità di assicurare direzione ed assistenza continua in fase esecutiva.

Sono state altresì previste le somme necessarie per l'esecuzione di ulteriori rilievi plano-altimetrici, topografici e batimetrici, nonché prove di laboratorio (Art. 15 Comma 7 Cap. Gen. Appalto), e anche per compensare le consulenze integrative di carattere geologico, geotecnico, idraulico – marittimo e statico, gli oneri per il conferimento a pubbliche discariche delle materie provenienti dagli scavi, demolizioni e rimozioni, l'esecuzione di sondaggi geognostici integrativi, prove in situ, studi ed indagini ambientali, consulenze di supporto al progetto esecutivo, gli oneri per le procedure di V.I.A. (Art.27 Legge n.136/99), le spese di pubblicità e pubblicazione del bando e della gara d'appalto e le somme per gli imprevisti, le somme per l'imposta dell'IRAP e INPS a carico dell'Amministrazione, come riportato nella Pec n°53334 del 20/11/2017, della Direzione Generale del personale e degli aa.gg. Divisione III, del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, assunta al prot. n°26873 del 20/11/2017 di questo Ufficio 3 Tecnico ed Opere Marittime per la Sicilia, ed agli atti dello scrivente.

Il presente progetto esecutivo comprende gli elaborati di cui al seguente prospetto dove, con la sigla “**Rev.1**” sono contrassegnati gli elaborati oggetto di revisione e rivisitazione, a seguito delle prescrizioni contenute nel Voto n° 1461 del 15/02/2017 dell'adunanza del C.T.A. ed alle disposizioni impartite dal R.U.P. con la nota n°4901 del 13/10/2017.

Fra le somme a disposizione dell'Amministrazione sono state previste le poste per interventi specialistici (security e segnaletica), per allacci ed oneri vari, per le opere edili ed attrezzature a servizio della cantieristica, per le spese tecniche e le attività di studio e consulenze compreso monitoraggio delle opere, per ulteriori studi di impatto ambientale, per accertamenti di laboratorio e verifiche tecniche, per eventuali incrementi dei costi, per le attività di appalto, per imprevisti e per dotare l'infrastruttura portuale di un'opera d'arte.

ELENCO DEGLI ALLEGATI

ELABORATI AMMINISTRATIVI

- A)** A.1- **REV.2** RELAZIONE GENERALE;

B) B.1) RELAZIONE GEOLOGICA;

B.2) RELAZIONE GEOTECNICA;

B.3) RELAZIONE DI COMPATIBILITA' AMBIENTALE;

B.4) STUDIO IDRAULICO MARITTIMO;

C) ELABORATI GRAFICI

C.1) COROGRAFIA CON CARTA NAUTICA SCALA 1:100.000;

C.2) PIANO REGOLATORE PORTUALE VIGENTE SCALA 1:4.000;

C.3) PLANIMETRIA GENERALE STATO DI FATTO SCALA 1:4.000;

C.4) PLANIMETRIA QUOTATA E DI DETTAGLIO SCALA 1:4.000;

C.5) PLANIMETRIA DI PROGETTO SCALA 1:2.000;

C.6) PLANIMETRIA GENERALE DEL PORTO CON RAPPRESENTAZIONE FOTOGRAFICA SCALA 1:4.000;

C.7) PLANIMETRIA GENERALE DEL PORTO – STATO DI PROGETTO SCALA 1:2.000;

C.8) PLANIMETRIA GENERALE ZONA DI INTERVENTO CON LINEE BATIMETRICHE SCALA 1:2000;

C.9 - REV.1) STRALCIO PLANIMETRICO COMPUTO AREE PAVIMENTAZIONE SCALA 1:1000;

C.10 - REV.1) STRALCIO PLANIMETRICO POSIZIONAMENTO ANCORAGGIO MODULI PREFABBRICATI IN C.A. SCALA 1:1000;

C.11- REV.1) QUADERNO DELLE SEZIONI DI DETTAGLIO DALLA SEZ.N°1 ALLA SEZ.N°21 SCALA 1:500;

C.12 - REV.1) QUADERNO DELLE SEZIONI DI DETTAGLIO DALLA SEZ.N°22 ALLA SEZ.N°42 SCALA 1:500;

C.13) QUADERNO DELLE SEZIONI DI DETTAGLIO SEZIONI DI TESTATA SCALA 1:500;

C.14 – REV.1) SEZIONI TIPO SCALA 1:500;

C.15) PARTICOLARI COSTRUTTIVI: RAPPRESENTAZIONE TRIDIMENSIONALE DEI MODULI PREFABBRICATI DALLA RADICE DELLA DIGA FORANEA ALLA PROGR. ML.100,00 SCALE VARIE;

C.16) PARTICOLARI COSTRUTTIVI: RAPPRESENTAZIONE TRIDIMENSIONALE DEI MODULI PREFABBRICATI DALLA PROGR. ML.100,00 ALLA PROGR.ML.250,00 SCALE VARIE;

C.17) PARTICOLARI COSTRUTTIVI: RAPPRESENTAZIONE TRIDIMENSIONALE DEI MODULI PREFABBRICATI DALLA PROGR. ML.250,00 ALLA PROGR.ML. 700,00 SCALE VARIE;

C.18) PARTICOLARI COSTRUTTIVI: RAPPRESENTAZIONE TRIDIMENSIONALE DEI MODULI PREFABBRICATI DALLA PROGR. ML.700,00 ALLA PROGR.ML. 1.150,00 SCALE VARIE;

C.19) PARTICOLARI COSTRUTTIVI: RAPPRESENTAZIONE TRIDIMENSIONALE DEI MODULI PREFABBRICATI DALLA PROGR. ML.1.150,00 ALLA PROGR.ML. 1.420,00 SCALE VARIE;

C.20) PARTICOLARI COSTRUTTIVI: RAPPRESENTAZIONE TRIDIMENSIONALE DEI MODULI PREFABBRICATI DALLA PROGR. ML.1.420,00 ALLA PROGR.ML. 1.650,00 SCALE VARIE;

C.21) PARTICOLARI COSTRUTTIVI: RAPPRESENTAZIONE TRIDIMENSIONALE DEI MODULI PREFABBRICATI DALLA PROGR. ML.1.650,00 ALLA PROGR.ML. 1.950,00 SCALE VARIE;

C.22 – REV.1) SEZIONI TRASVERSALI STATO DI FATTO SCALA 1:50;

C.23 – REV.1) SEZIONI TRASVERSALI: PARTICOLARE NUOVO MURO PARAONDE IN C.A. ED INGHISAGGIO BARRE D'ARMATURA DALLA PROGR.ML.0,00 ALLA PROGR.ML.350,00;

C.24 - REV.1) SEZIONI TRASVERSALI: PARTICOLARE NUOVO MURO PARAONDE IN C.A. ED INGHISAGGIO BARRE D'ARMATURA DALLA PROGR.ML.350,00 ALLA PROGR.ML.1.150,00;

C.25 – REV.1) SEZIONI TRASVERSALI: PARTICOLARE NUOVO MURO PARAONDE IN C.A. ED INGHISAGGIO BARRE D'ARMATURA DALLA PROGR.ML.1.150,00 ALLA PROGR.ML.1.550,00;

C.26 – REV.1) SEZIONI TRASVERSALI: PARTICOLARE NUOVO MURO PARAONDE IN C.A. ED INGHISAGGIO BARRE D'ARMATURA DALLA PROGR.ML.1.550,00 FINO ALLA VECCHIA TESTATA PROGR.ML.1.950,00 – MURO DI CHIUSURA IN C.A. CON RINGHIERA IN GRIGLIATO ELETTROFUSO;

C.27 - REV.1) PARTICOLARI TECNICI COSTRUTTIVI: SEZIONE LONGITUDINALE E TRASVERSALE DEL PRATICABILE PER ALLONTANAMENTO ACQUE METEORICHE E DA OVERTOPPING SCALA 1:100 – MASSO IN CLS. TIPO ANTIFER SCALA 1:50;

C.28) CARPENTERIA MODULI PREFABBRICATI NUOVO MURO PARAONDE IN C.A. SCALA 1:25;

C.29) VISTE TRIDIMENSIONALI;

C.30) QUADERNO DEI MODULI PREFABBRICATI DEL NUOVO MURO PARAONDE SCALA 1:50.

ELENCO DEGLI ALLEGATI

REstanti ELABORATI AMMINISTRATIVI

D.1) CALCOLI STRUTTURALI;

E.1) PIANO DI MONITORAGGIO ATMOSFERA;

E.2) PIANO DI MONITORAGGIO ACQUE;

- E.3) PIANO DI MONITORAGGIO RUMORE;
- F.1-A) PIANO DI MANUTENZIONE DELL'OPERA – MANUALE D'USO;
- F.1-B) PIANO DI MANUTENZIONE DELL'OPERA – MANUALE DI MANUTENZIONE;
- G.1) PIANO DI SICUREZZA E DI COORDINAMENTO;
- G.2) COMPUTO METRICO ESTIMATIVO SICUREZZA;
- G.3) LAYOUT DI CANTIERE DELLA SICUREZZA;
- H.1 - **REV.1**) QUADRO INCIDENZA DELLA MANODOPERA;
- I.1 – **REV.1**) COMPUTO METRICO E STIMA MACROCATEGORIE;
- I.2 – **REV.1**) COMPUTO QUANTITA' MODULO PREFABBRICATO IN C.A. NUOVO MURO PARAONDE E FONDAZIONE;
- I.3) COMPUTO QUANTITA' CONSOLIDAMENTO E RIFIORIMENTO MANTELLATA DIGA FORANEA RAFFORZAMENTO E POTENZIAMENTO TESTATA;
- I.4 – **REV.1**) COMPUTO QUANTITA' PAVIMENTAZIONE PRATICABILE E NUOVO MURO DI DELIMITAZIONE E PROTEZIONE IN C.A.;
- L.1 – **REV.2**) QUADRO ECONOMICO;
- M.1 – **REV.1**) CRONOPROGRAMMA;
- N.1 – **REV.1**) ELENCO PREZZI MACROCATEGORIE;
- O.1 – **REV.1**) ANALISI DEI PREZZI;
- P.1 – **REV.1**) SCHEMA DI CONTRATTO;
- P.2 – **REV.1**) CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO;
- P.3 – **REV.1**) DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI TECNICI;
- P.4 – **REV.1**) RELAZIONE SULLA QUALITA' E PROVENIENZA DEL MATERIALE LAPIDEO DA IMPIEGARE;
- Q.1) VERBALE DI ACCERTAMENTO DANNI;
- Q.2) DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA.