



Autorità di Sistema Portuale
dei Mari Tirreno Meridionale
e Ionio

**REALIZZAZIONE DELLA PROSECUZIONE DEL MOLO FORANEO
DEL PORTO VECCHIO DI CROTONE PER MIGLIORARE IL
RIDOSSO IN PRESENZA DI CONDIZIONI METEO AVVERSE
CIG: 945919784C - CUP: F11J18000050005**

PROGETTO DEFINITIVO

GRUPPO DI PROGETTAZIONE INDICATO

Mandataria:



Mandanti:



Ing. Arturo VELTRI

Progettazione:

HYSOMAR - Ing. Alberto BORSANI (Coordinatore e responsabile delle Integrazioni Specialistiche)
HYSOMAR - (Progettazione generale e marittima)
HYPRO - (Progettazione strutturale, impiantistica, paesaggistica ed ambientale)
Ing. Arturo VELTRI - (Modelli specialistici)

Geologia:

HYPRO - Dott. Giuseppe CERCHIARO

Coordinatore della Sicurezza in fase di Progettazione:

HYSOMAR - Ing. Antonella PASTORE (Coordinamento sicurezza in fase di progettazione)

Gruppo di lavoro:

Ing. Gianluigi FILIPPO (HYSOMAR)
Geom. Alfredo VOMMARO (HYSOMAR)
Ing. Maurizio CARUSO (HYPRO)
Ing. Raffaele CIARDULLO (HYPRO)
Ing. Vincenzo SECRETI (HYPRO)



Appaltatore:

FRANCO GIUSEPPE s.r.l



Elaborato:

RELAZIONE GENERALE E TECNICA

CODIFICA

Al 12 - 2022

CODICE DOCUMENTO

1 0,1 GN RG 0,1

REV.

0

SCALA

ELABORATO

01.GN.R01

Rev.	Data	Descrizione	Redatto	Controllato	Approvato
0	Giugno 2023	1° EMISSIONE	G. FILIPPO	A. PASTORE	A. BORSANI

Visto:

Il Responsabile Unico del Procedimento

Ing. Maria Carmela DE MARIA

SOMMARIO

PREMESSA	2
1. INQUADRAMENTO GENERALE E STATO DEI LUOGHI.....	3
1.1. Ubicazione territoriale del Porto Vecchio di Crotona	3
1.2. Inquadramento del paraggio di Crotona	3
1.3. Caratteristiche morfologiche del tratto di costa.....	7
2. ANALISI DEI VINCOLI.....	8
2.1. Piano Assetto Idrogeologico.....	8
2.2. Piano di Gestione del Rischio Alluvioni	10
2.3. Vincolo Idrologico	11
2.4. Piano Stralcio Erosione Costiera.....	13
2.5. Vincoli paesaggistici	16
3. ATTIVITÀ CONOSCITIVE DI RILIEVO, INDAGINE E STUDI SPECIALISTICI A SUPPORTO DELLA PROGETTAZIONE	18
3.1. Rilievo topo-batimetrico e morfologia costiera e dei fondali	18
3.2. Inquadramento geologico	19
3.3. Definizione del clima meteomarinico a largo e sottocosta	21
3.4. Sintesi dello studio di Agitazione Interna al Porto.....	25
3.4.1. Selezione scenari di verifica	27
3.4.2. Sensibilità al periodo di picco T_p	28
3.4.3. Considerazioni finali sullo studio di agitazione interna al porto	33
3.5. Sintesi dello studio Morfodinamico	34

“REALIZZAZIONE DELLA PROSECUZIONE DEL MOLO FORANEO DEL PORTO VECCHIO DI CROTONE PER MIGLIORARE IL RIDOSSO IN PRESENZA DI CONDIZIONI METEO AVVERSE”

01.GN.R01 – RELAZIONE GENERALE E TECNICA

3.5.1.	Aspetti generali sul trasporto solido litoraneo	34
3.5.2.	Simulazioni dell'evoluzione futura della linea di riva	36
3.5.3.	Considerazioni finali sullo studio morfodinamico	40
4.	DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI DI PROGETTO	42
4.1.	L'iter progettuale.....	42
4.2.	Descrizione generale del Porto Vecchio di Crotona	42
4.3.	Descrizione tecnica della Diga Foranea di progetto	43
4.3.1.	Descrizione delle opere a gettata in massi e/o scogli naturali (sezione di progetto in testata)	46
4.3.2.	Descrizione delle opere a gettata in massi e/o scogli naturali (sezione di progetto in mezzeria)	47
4.3.3.	Descrizione delle modalità costruttive della Diga Foranea di progetto.....	49
4.4.	Descrizione tecnica del rimodellamento dei fondali del canale d'ingresso al Porto 54	
4.4.1.	Rimodellamento subacqueo con mezzi marittimi.....	55
4.5.	Descrizione tecnica opere impiantistiche	56
5.	CRITERI DI COMPUTO E COSTI DELLE OPERE MARITTIME	58
5.1.	Descrizione dei criteri generali di computo delle opere	58
5.1.1.	Parametri base di progettazione	58
5.1.2.	Lavorazioni e/o forniture necessarie	60
5.1.3.	Computo delle quantità	62
5.2.	Costo complessivo delle opere.....	62
5.2.1.	Elenco prezzi utilizzato ed analisi dei prezzi	62
5.2.2.	Costo complessivo delle opere	63

“REALIZZAZIONE DELLA PROSECUZIONE DEL MOLO FORANEO DEL PORTO VECCHIO DI CROTONE PER MIGLIORARE IL RIDOSSO IN PRESENZA DI CONDIZIONI METEO AVVERSE”

01.GN.R01 – RELAZIONE GENERALE E TECNICA

PREMESSA

Il presente elaborato fornisce le informazioni circa le metodologie e i criteri costruttivi utilizzati per la progettazione del prolungamento del molo foraneo esistente del Porto Vecchio di Crotona.

L'opera, dal titolo "REALIZZAZIONE DELLA PROSECUZIONE DEL MOLO FORANEO DEL PORTO VECCHIO DI CROTONE PER MIGLIORARE IL RIDOSSO IN PRESENZA DI CONDIZIONI METEO AVVERSE", è stata aggiudicata definitivamente per la progettazione esecutiva e per i lavori di realizzazione all'impresa Franco Giuseppe s.r.l. con DECRETO N° 265/2022/ADSP-MTMI.

L'opera si rende necessaria per la protezione del bacino "vecchio" del porto di Crotona; essa non prevede nuove banchine a tergo del molo ed ha il solo scopo di garantire una maggiore sicurezza alle attività che già ora si svolgono nello specchio acqueo.

L'intervento proposto non varia sostanzialmente le modalità di esercizio attuali e/o future già assentite per il porto vecchio di Crotona e non comporta significativi aumenti e/o modifiche del traffico dei natanti e dei mezzi a terra rispetto a quello attuale.

Il presente progetto definitivo supera la precedente soluzione progettuale dell'anno 2011 che prevedeva ulteriori opere e ripropone unicamente il prolungamento del molo foraneo che è stato progettato nel rispetto del progetto definitivo posto a base di gara e degli elementi geometrici e costruttivi migliorativi offerti dall'appaltatore, oltre che sulla base dei rilievi topografici aggiornati.

La presente relazione tecnica descrive l'insieme generale degli interventi.

1. INQUADRAMENTO GENERALE E STATO DEI LUOGHI

1.1. Ubicazione territoriale del Porto Vecchio di Crotona

L'area portuale ricade nel territorio costiero di Crotona, comune calabrese che si affaccia sul mar Ionio.



Figura 1.1 - Inquadramento territoriale Porto Vecchio di Crotona

Il territorio di Crotona è caratterizzato da un paesaggio costiero, interessato da coste rocciose e da insenature di sabbia tra le quali quella occupata dall'area interessata al progetto di prolungamento della diga foranea di sopraflutto.

1.2. Inquadramento del paraggio di Crotona

L'inquadramento di un paraggio permette di conoscere il clima ondoso che caratterizza la costa, attraverso la ripartizione in frequenza, su classi di direzioni ed altezza d'onda, dei singoli stati di mare, caratterizzati dall'altezza H_s e dal periodo T_p dell'onda significativa e dalla direzione θ_m di provenienza, rilevati in un periodo pluriennale. Scopo fondamentale di

“REALIZZAZIONE DELLA PROSECUZIONE DEL MOLO FORANEO DEL PORTO VECCHIO DI CROTONE PER MIGLIORARE IL RIDOSSO IN PRESENZA DI CONDIZIONI METEO AVVERSE”

01.GN.R01 – RELAZIONE GENERALE E TECNICA

tali elaborazioni è quello di rappresentare il corpo della distribuzione di frequenza di accadimento delle onde a diverse scale temporali (stagionale, annuale etc).

Negli ultimi anni la tecnologia ha messo a disposizione nuove soluzioni basate su modelli numerici su scala regionale in grado di assimilare i processi fisici che descrivono i fenomeni meteomarinari per ottenere delle elaborazioni puntuali che si estendono su un arco temporale ben più ampio dell'estensione attuale della maggior parte degli strumenti di misura diretta. Con la tecnica dell'hindcasting, infatti, servizi come ERA5 di ECMWF o NOAA sono in grado di ricostruire le serie temporali per estensioni che possono superare i cinquant'anni.

La caratterizzazione del moto ondoso al largo di Crotona è stata effettuata a partire dall'analisi delle serie storiche registrate dagli ondometri del Tirreno Centro Meridionale della Rete Ondometrica Nazionale (RON) del Sistema Idrografico e Mareografico Nazionale, aventi una sufficiente serie storica di dati e un'esposizione del paraggio simile a quella di Crotona, oggetto del presente studio. In particolare, è stato preso in esame l'ondometro ormeggiato al largo di Crotona.

Lo scopo dell'analisi delle serie storiche dell'ondometro è rivolta a effettuare una modellazione del clima ondoso con una serie di dati più ampia possibile. La boa di Crotona è del tipo Datawell Directional Waverider MKII e registra i dati di moto ondoso a partire dal febbraio del 1999 (**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**). Essa è posizionata nel punto di coordinate geografiche pari a: Latitudine 39° 29' 28" e Longitudine 15° 52' 16". Allo stato attuale, le registrazioni a disposizione della boa di Crotona coprono il periodo luglio 1989 – dicembre 2014, che risulta la serie storica attualmente disponibile e, allo stesso tempo, sufficiente per la definizione di un clima meteomarinario e per un successivo studio di dinamica costiera di un paraggio. L'unica limitazione nel considerare gli eventi ondosi provenienti da Crotona è legata alla discontinuità temporale degli anni di misurazione, infatti, vi sono diversi buchi nella serie temporale. Pertanto, nell'analisi degli eventi estremi a prefissato periodo di ritorno, occorre essere cauti nella valutazione delle altezze d'onda significative, H_s , con elevati tempi di ritorno, T .

“REALIZZAZIONE DELLA PROSECUZIONE DEL MOLO FORANEO DEL PORTO VECCHIO DI CROTONE PER MIGLIORARE IL RIDOSSO IN PRESENZA DI CONDIZIONI METEO AVVERSE”

01.GN.R01 – RELAZIONE GENERALE E TECNICA



Figura 1.2 - Boa Datawell Directional Waverider (ondametro di Crotona)

Per la definizione del clima ondoso al largo di Crotona, sono state effettuate le elaborazioni dei dati a partire dalle serie storiche degli ondometri RON che riportano, con cadenza temporale trioraria, altezza d'onda significativa, periodo di picco dello spettro, periodo medio, direzione media di propagazione, temperatura dell'acqua, densità spettrale, direzione media spettrale di propagazione, curtosi, skewness e spread. I dati meteorologici della boa in esame sono stati acquisiti presso il sito www.idromare.it, previa opportuna registrazione.

Gli stessi risultati ottenuti dai dati di boa di Crotona sono riportati attraverso un istogramma (Fig. 1.3), in cui le calme ($H_s < 0.25$ m) sono state separate dagli eventi di moto ondoso ($H_s > 0.25$ m).

**“REALIZZAZIONE DELLA PROSECUZIONE DEL MOLO FORANEO DEL PORTO VECCHIO DI CROTONE
PER MIGLIORARE IL RIDOSSO IN PRESENZA DI CONDIZIONI METEO AVVERSE”**

01.GN.R01 – RELAZIONE GENERALE E TECNICA

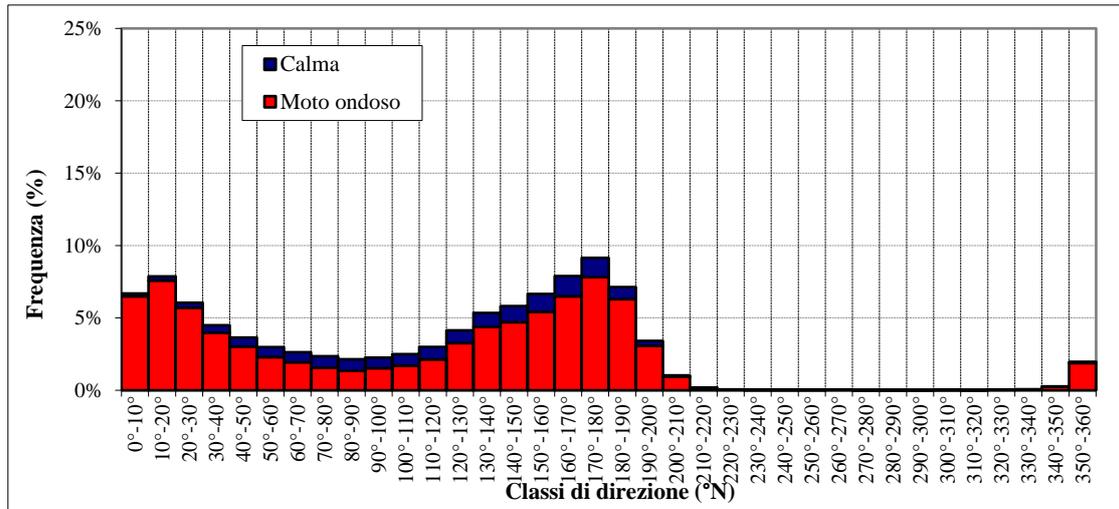


Figura 1.3 - Percentuali di apparizione del moto ondoso al largo di Crotone

In Fig. 1.4 sono state riportate, sotto forma di diagramma polare, le frequenze di apparizione delle classi di altezza d'onda significativa suddivise in questo caso, per maggiore accuratezza, in settori direzionali di 10°. Gli eventi ondosi aventi $H_s > 4$ m sono stati raggruppati in una stessa classe in modo da avere una visualizzazione grafica più chiara.

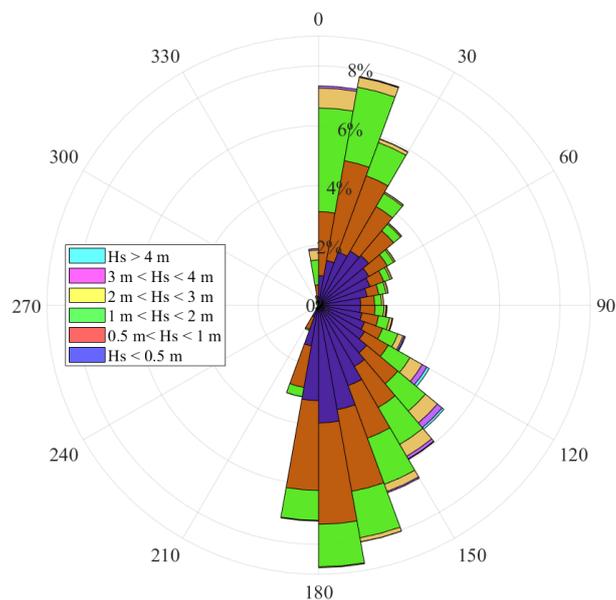


Figura 1.4 - Diagramma polare delle frequenze di apparizione degli eventi di moto ondoso al largo di Crotone

1.3. Caratteristiche morfologiche del tratto di costa

Il sito oggetto del presente progetto è caratterizzato da una morfologia di tipo costiera e la quota altimetrica media è compresa tra il livello del mare e la quota di 5m s.l.m.. Le caratteristiche morfologiche dell'area sono derivanti dalla natura dei terreni che vi affiorano e dal loro assetto stratigrafico in relazione alle forti e persistenti attività morfodinamiche evolutive esercitate dal mare.

I gradienti clivometrici sono caratterizzati da valori generalmente bassi e da morfologie blande e piuttosto regolari in continuo stato di riequilibrio e rimodellamento. Localmente, l'area oggetto di studio comprende zone prospicienti alla linea di costa o nei pressi di essa, anche se attualmente risulta difficile definire l'esatta morfogenesi delle suddette aree ed il loro stato evolutivo, a seguito dell'intensa attività antropica presente nei luoghi, le quali ne hanno completamente mascherato l'aspetto originario e alterato gli effetti degli agenti morfodinamici.

Per quanto riguarda la linea di costa si può affermare che, nell'area oggetto di studio, si riscontra un litorale ad andamento tendenzialmente lineare, con una leggera curvatura arcuata nella zona posta a Nord di Crotone, ed una interruzione di tale andamento, in corrispondenza della città.

Tale interruzione si esplica attraverso un prospiciente promontorio che si protrae verso il mare per alcune decine di metri. A Sud l'andamento del litorale riprende in modo regolare, poco o tendenzialmente arcuato. Quindi in definitiva si ha un litorale nel complesso ben livellato, stretto e quasi del tutto privo di irregolarità morfologiche.

2. ANALISI DEI VINCOLI

2.1. Piano Assetto Idrogeologico

Il concetto di Piano Stralcio viene introdotto dal legislatore con la Legge 493/93 anche al fine di arginare il notevole ritardo che le Autorità di Bacino e le Regioni avevano accumulato nella stesura dei Piani di Bacino. L'art. 12 della citata legge prevede, infatti, la possibilità di redigere piano stralcio relativi a settori funzionali i cui contenuti devono essere in stretta relazione con quelli dei Piani di Bacino. I Piani di Assetto idrogeologico sono quindi il risultato dell'elaborazione relativa allo specifico settore funzionale e si inseriscono in maniera assolutamente congruente all'interno dei più generali Piani di Bacino. A seguito degli eventi di Sarno e dell'emanazione della Legge 267/98, in considerazione dell'estremo ritardo rispetto alle disposizioni della Legge 183/89 nella redazione dei Piani di Bacino, con il D.P.C.M. 29 settembre 1998, lo Stato fissa come termine ultimo per la redazione dei Piani Stralcio sull'Assetto Idrogeologico il 30 giugno 1999, mentre sono fissate rispettivamente le scadenze del 30 giugno 2001 e del 30 giugno 2002 per l'adozione e l'approvazione. Detti Piani contengono in particolare l'individuazione e la perimetrazione delle aree a rischio idrogeologico e l'adozione di idonee misure di salvaguardia delle persone e delle infrastrutture presenti.

Nella redazione del Piano Stralcio, oltre alle disposizioni della Legge 183/89 e della Legge 267/98 l'Autorità di Bacino si è tenuto conto anche di tutte le già richiamate disposizioni di coordinamento emanate ai sensi della stessa Legge 183/89 (D.P.C.M. 23 marzo 1990, D.P.R. 7 gennaio 1992, D.P.R. 18 luglio 1995). Si sottolinea che, dato il carattere emergenziale sia del D.Lgs. 180/98 sia del successivo atto di indirizzo e coordinamento, i risultati di tutte le attività conseguenti e successive a queste disposizioni normative sono da considerarsi suscettibili di revisione e modifica, previa la consultazione con tutti i soggetti coinvolti.

A tale proposito già la Legge 365/2000 stabiliva la necessità della convocazione, da parte delle Regioni, di una conferenza programmatica che ha lo scopo di assicurare la “necessaria

**“REALIZZAZIONE DELLA PROSECUZIONE DEL MOLO FORANEO DEL PORTO VECCHIO DI CROTONE
PER MIGLIORARE IL RIDOSSO IN PRESENZA DI CONDIZIONI METEO AVVERSE”**

01.GN.R01 – RELAZIONE GENERALE E TECNICA

coerenza tra la pianificazione territoriale e la pianificazione di bacino”. A tale conferenza partecipano rappresentanti delle Province, dei Comuni interessati e dell’Autorità di Bacino. Tali rappresentanti sono chiamati ad esprimere un parere sul progetto di piano, con particolare attenzione all’individuazione delle integrazioni necessarie dei contenuti del Piano a scala provinciale e comunale. L’individuazione e la perimetrazione delle aree a rischio idrogeologico e l’adozione delle misure di salvaguardia sono state suddivise in tre fasi sia per quanto riguarda le aree a rischio idraulico che per quelle a rischio frana o valanga.

- FASE 1: individuazione delle aree a rischio attraverso l’acquisizione delle informazioni disponibili sul dissesto;
- FASE 2: perimetrazione delle aree, valutazione dei livelli di rischio e definizione delle misure di salvaguardia;
- FASE 3: programmazione degli interventi per la mitigazione del rischio.

Si deve sottolineare che nel Piano sono inseriti come misure per la riduzione del rischio non solo interventi di tipo strutturale ma anche una serie di prescrizioni e vincoli all’uso del territorio ed eventuali delocalizzazioni degli insediamenti.

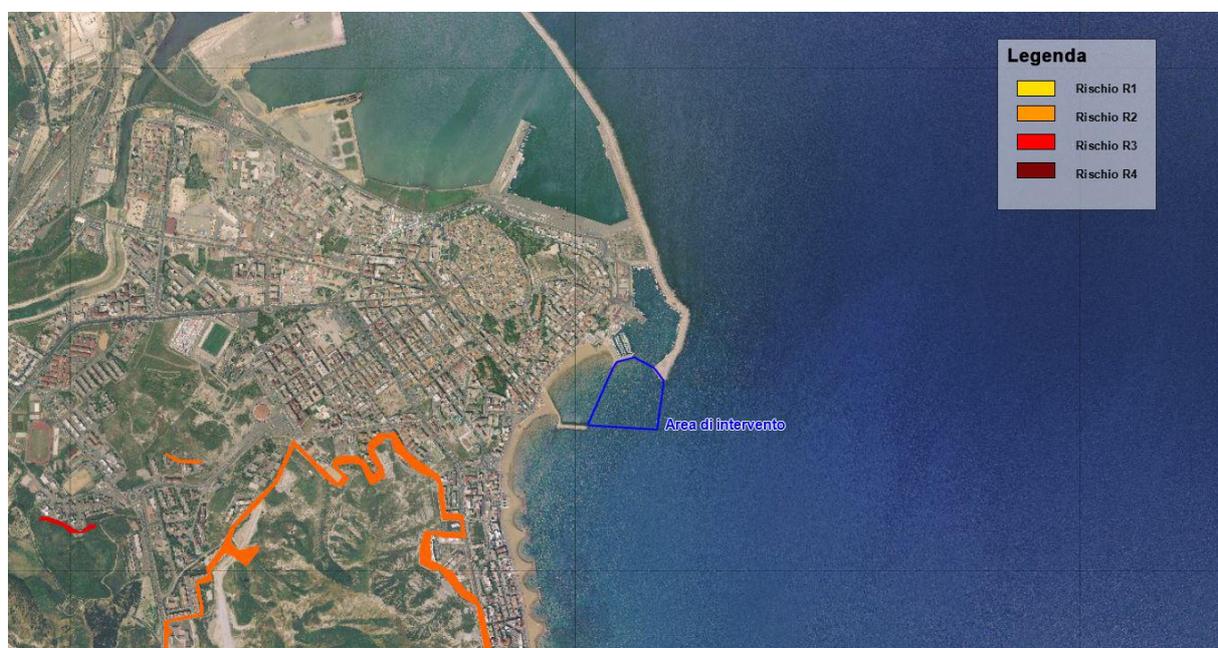


Figura 2.1 - Stralcio PAI su base ortofoto (WebGis Nazionale)

Dall'immagine precedente si definisce che l'area soggetta ad intervento non ricade in aree a rischio idrogeologico, secondo quanto stabilito dal Piano di Assetto Idrologico visibile dal WebGis Nazionale.

2.2. Piano di Gestione del Rischio Alluvioni

Il Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA) è un Piano introdotto dalla Direttiva Comunitaria 2007/60 (cd. 'Direttiva Alluvioni') con la finalità di costruire un quadro omogeneo a livello distrettuale per la valutazione e la gestione dei rischi da fenomeni alluvionali, al fine di ridurre le conseguenze negative nei confronti della vita e salute umana, dell'ambiente, del patrimonio culturale, delle attività economiche e delle infrastrutture strategiche.

Il PGRA, recepisce i contenuti dei Piani di Assetto Idrogeologico (PAI), dei loro aggiornamenti ed ha valore di piano sovraordinato rispetto alla pianificazione territoriale e urbanistica. Il PGRA agisce in sinergia con i PAI vigenti. Il processo di pianificazione a ciclo sessennale è suddiviso in fasi successive e tra loro strettamente concatenate, in particolare il primo ciclo di attuazione si è concluso nel 2016 quando sono stati definitivamente approvati i PGRA per tutti i distretti idrografici. Il secondo ciclo è in corso di completamento con le attività che porteranno, nel dicembre 2021, all'approvazione del PGRA Il ciclo, articolato, come da normativa, nelle seguenti fasi di cui alcune già svolte:

- Fase 1: valutazione preliminare del rischio di alluvioni;
- Fase 2: I riesame delle mappe della pericolosità e del rischio di alluvione;
- Fase 3: realizzazione del Progetto di Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni attualmente in fase di consultazione;
- Fase 4: realizzazione del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni.



Figura 2.2 - Stralcio PGRA su base ortofoto (WebGis Nazionale)

Dall'immagine precedente si definisce che l'area soggetta ad intervento non ricade in aree a rischio alluvioni, secondo quanto stabilito dal Piano di Gestione Rischio Alluvioni visibile dal WebGis Nazionale.

2.3. Vincolo Idrologico

Il Regio Decreto Legge n. 3267/1923 "Riordinamento e riforma in materia di boschi e terreni montani", tuttora in vigore, sottopone a "vincolo per scopi idrogeologici i terreni di qualsiasi natura e destinazione che, per effetto di forme di utilizzazione contrastanti con le norme di cui agli artt. 7, 8 e 9 (dissodamenti, cambiamenti di coltura ed esercizio del pascolo), possono, con danno pubblico, subire denudazioni, perdere la stabilità o turbare il regime delle acque" (art. 1). Lo scopo principale del vincolo idrogeologico è quello di preservare l'ambiente fisico e quindi di garantire che tutti gli interventi che vanno ad interagire con il territorio non compromettano la stabilità dello stesso, né inneschino fenomeni erosivi, ecc., con possibilità di danno pubblico, specialmente nelle aree collinari e montane. Il vincolo

**“REALIZZAZIONE DELLA PROSECUZIONE DEL MOLO FORANEO DEL PORTO VECCHIO DI CROTONE
PER MIGLIORARE IL RIDOSSO IN PRESENZA DI CONDIZIONI METEO AVVERSE”**

01.GN.R01 – RELAZIONE GENERALE E TECNICA

idrogeologico dunque concerne terreni di qualunque natura e destinazione, ma è localizzato principalmente nelle zone montane e collinari e può riguardare aree boscate o non boscate.

Occorre evidenziare al riguardo che il vincolo idrogeologico non coincide con quello boschivo o forestale, sempre disciplinato in origine dal R.D.L. n.3267/1923. Il vincolo idrogeologico in generale non preclude la possibilità di intervenire sul territorio, ma subordina gli interventi in queste aree all'ottenimento di una specifica autorizzazione (articolo 7 del R.D.L. n. 3267/1923). La Regione Calabria, in virtù della competenza attribuita dall'art. 61, comma 5 del D.lgs. 152/2006, disciplina, con legge n.45 del 12/10/2012 “Gestione, tutela e valorizzazione del patrimonio forestale regionale” e successivo regolamento attuativo del 09/04/2020, le competenze riguardanti il rilascio delle autorizzazioni per gli interventi da eseguire nelle zone soggette a vincolo idrogeologico.

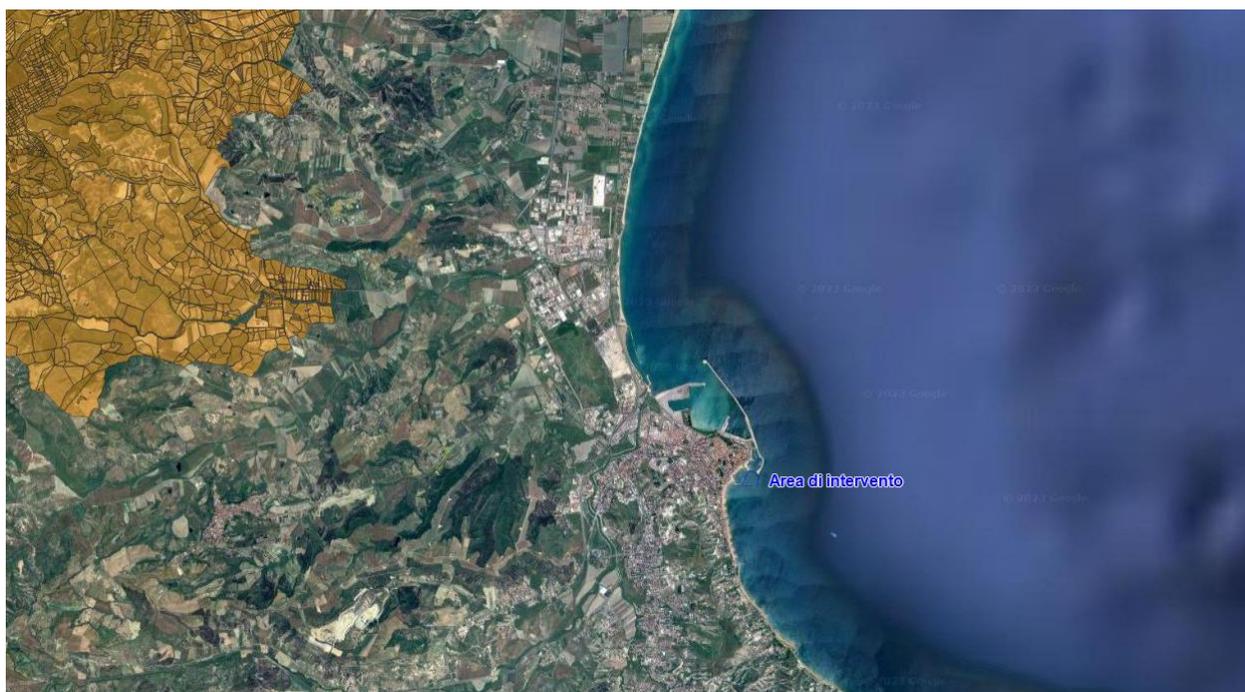


Figura 2.3 – Individuazione del vincolo idrologico rispetto all’area di interesse

Dalla Figura 2.3 si evidenzia che l’area di intervento non ricade in vincolo idrologico.

2.4. Piano Stralcio Erosione Costiera

Con Delibera n.2 del 22/07/2014 il Comitato Istituzionale dell’Autorità di Bacino ha adottato l’aggiornamento del “Piano di Bacino Stralcio di Erosione costiera” che sostituisce i contenuti delle Norme del PAI (artt.: 9 comma c, 12, 27 e 28) riguardanti la disciplina delle aree soggette ad erosione costiera (NAMS PAI aggiornate con Delibera del Comitato Istituzionale dell’ABR n° 27 del 02-08-2011 e pubblicate sul BURC del 01-12-2011 - Parti I e II - n. 22). Le perimetrazioni del PAI (2001) relative al rischio/pericolo di erosione costiera vengono sostituite con le nuove perimetrazioni di pericolo e rischio di erosione costiera del Piano Stralcio per la Difesa delle Coste.

La procedura utilizzata per la perimetrazione delle aree soggette a pericolosità e rischio da erosione costiera è stata articolata in tre fasi:

I fase - Individuazione classi di pericolosità da erosione costiera

E' stata fatta un'analisi multi-temporale della linea di costa che ha permesso di individuare le tendenze evolutive del litorale ed in particolare la velocità di avanzamento/arretramento della linea di riva.

II fase - Individuazione aree soggette a pericolosità da erosione costiera

Al termine delle attività sopra descritte, è stata quindi determinata la pericolosità da erosione costiera per ogni transetto; definizione della pericolosità areale cui applicare i diversi livelli di pericolosità individuata (da P1 minima a P3 massima), la cui ampiezza è stata determinata sempre sulla base della velocità di retrocessione della linea di riva in aggiunta all'ampiezza della spiaggia. In questa fase sono state, quindi, definite le aree a diversa pericolosità individuate procedendo dalla battigia verso l'interno:

a) la spiaggia, cioè l'area compresa tra la linea di riva ultima (2012-2013) e la linea di retrospiaggia è stata perimetrata come area ad alta pericolosità (P3);

**“REALIZZAZIONE DELLA PROSECUZIONE DEL MOLO FORANEO DEL PORTO VECCHIO DI CROTONE
PER MIGLIORARE IL RIDOSSO IN PRESENZA DI CONDIZIONI METEO AVVERSE”**

01.GN.R01 – RELAZIONE GENERALE E TECNICA

b) all'interno della linea di retro spiaggia vengono perimetrare diverse fasce in funzione della classe di pericolosità del transetto e precisamente:

- P1 (classe di pericolosità bassa): è presente una sola fascia di ampiezza pari a LFP individuata come P1;
- P2 (classe di pericolosità media): sono presenti due fasce la prima di ampiezza pari a LFP individuata come P2 e la seconda pari a LFP/2 individuata come P1 ;
- P3 (classe di pericolosità alta): sono presenti tre fasce la prima di ampiezza pari a LFP individuata come P3, la seconda di ampiezza pari a LFP/2 individuata come P2 e la terza di ampiezza pari a LFP/2 individuata come P1.

La presenza delle fasce di pericolosità è riassunta nella tabella seguente:

CLASSE	I FASCIA	II FASCIA	III FASCIA
P3	LFP	LFP x 0.5	LFP x 0.5
P2	LFP	LFP x 0.5	NO
P1	LFP	NO	NO

Al momento LFP è stato valutato sulla base dell'ampiezza della spiaggia con la seguente relazione: $LFP = C_1 \times LS$ dove C_1 = fattore correttivo ed LS = ampiezza spiaggia.

Il valore di C_1 è ricavabile dalla seguente tabella:

Velocità massima arretramento linea di riva	Fattore correttivo (C_1)
$V_{max} < 2$	1
$2 < V_{max} < 4$	0.75
$4 < V_{max}$	0.5

Se dalle valutazioni sopra elencate LFP risulta minore di 30 m viene posto pari a 30 m.

III fase - Individuazione del rischio da erosione costiera

Le aree a diversa pericolosità da erosione costiera sono state, quindi, sovrapposte agli elementi vulnerabili estratti dalla Carta dell'Uso del Territorio della Regione Calabria ed dalla banca dati della Cartografia Tecnica Regionale, in modo da individuare le aree soggette ai vari livelli di rischio (da R1 minimo a R4 massimo) oltre che ad elementi più specifici quali la

**“REALIZZAZIONE DELLA PROSECUZIONE DEL MOLO FORANEO DEL PORTO VECCHIO DI CROTONE
PER MIGLIORARE IL RIDOSSO IN PRESENZA DI CONDIZIONI METEO AVVERSE”**

01.GN.R01 – RELAZIONE GENERALE E TECNICA

superficie di strade e ferrovie ed il numero di edifici ricadenti nelle aree soggette a rischio. In questa fase è stata utilizzata la carta dell'Uso dei Suoli della Regione Calabria, codificata in funzione degli elementi vulnerabili presenti e già adottata in precedenza per la redazione della Cartografia del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA).

Anche per l'individuazione delle classi di rischio è stata utilizzata la stessa corrispondenza già adottata nella redazione del PGRA riportata nella tabella seguente:

CLASSI DI RISCHIO		CLASSI DI PERICOLOSITA'		
		P3	P2	P1
CLASSI DI DANNO	D4	R4	R4	R2
	D3	R4	R3	R2
	D2	R3	R2	R1
	D1	R2	R1	R1

Figura 2.4 - Tabella sulle classi di rischio e di pericolosità PSEC



Figura 2.5 - Area di pericolosità dell'area di interesse PSEC

Dall'immagine precedente si definisce che l'area soggetta ad intervento non ricade in aree a rischio di pericolosità PSEC.

2.5. Vincoli paesaggistici

Il Decreto Legislativo 22/1/2004, N. 42 Codice dei beni culturali e del paesaggio all'art. 142 Aree tutelate per legge (articolo così sostituito dall'art. 12 del d.lgs. n. 157 del 2006, poi modificato dall'art. 2 del d.lgs. n. 63 del 2008):

- a) i territori costieri compresi in una fascia della profondità di 300 metri dalla linea di battigia, anche per i terreni elevati sul mare;
- b) i territori contermini ai laghi compresi in una fascia della profondità di 300 metri dalla linea di battigia, anche per i territori elevati sui laghi;
- c) i fiumi, i torrenti, i corsi d'acqua iscritti negli elenchi previsti dal testo unico delle disposizioni di legge sulle acque ed impianti elettrici, approvato con regio decreto 11 dicembre 1933, n. 1775, e le relative sponde o piedi degli argini per una fascia di 150 metri ciascuna;
- d) le montagne per la parte eccedente 1.600 metri sul livello del mare per la catena alpina e 1.200 metri sul livello del mare per la catena appenninica e per le isole;
- e) i ghiacciai e i circhi glaciali;
- f) i parchi e le riserve nazionali o regionali, nonché i territori di protezione esterna dei parchi;
- g) i territori coperti da foreste e da boschi, ancorché percorsi o danneggiati dal fuoco, e quelli sottoposti a vincolo di rimboschimento, come definiti dall'articolo 2, commi 2 e 6, del decreto legislativo 18 maggio 2001, n. 227 (norma abrogata, ora il riferimento è agli articoli 3 e 4 del decreto legislativo n. 34 del 2018);
- h) le aree assegnate alle università agrarie e le zone gravate da usi civici;
- i) le zone umide incluse nell'elenco previsto dal d.P.R. 13 marzo 1976, n. 448;
- j) i vulcani;
- k) le zone di interesse archeologico.

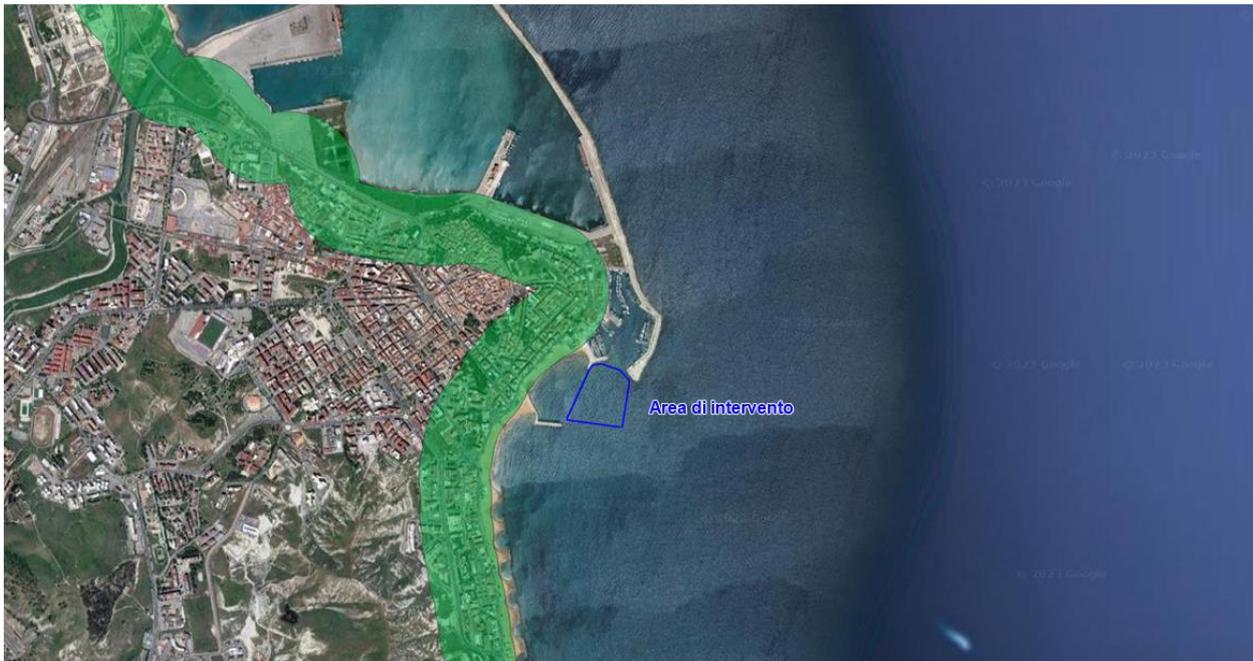


Figura 2.6 - Vincolo paesaggistico territorio costiero

Nell'area oggetto del presente progetto, dalle analisi condotte, non è presente il vincolo paesaggistico legato alla presenza di territorio costiero.

3. ATTIVITÀ CONOSCITIVE DI RILIEVO, INDAGINE E STUDI SPECIALISTICI A SUPPORTO DELLA PROGETTAZIONE

Nel capitolo che segue verrà riportata una sintesi delle indagini e degli studi specialistici effettuati. Per una più approfondita lettura si rimanda agli elaborati specifici.

3.1. Rilievo topo-batimetrico e morfologia costiera e dei fondali

Le attività di rilievo hanno previsto le seguenti fasi:

- Predisposizione del piano di navigazione;
- Installazione di una rete di capisaldi;
- Rilievo topografico della struttura portuale esistente, della spiaggia emersa (ove necessario);
- Rilievo batimetrico dei fondali dalla profondità di -0.5 m s.l.m. fino alla profondità di -8.5 m s.l.m..

La restituzione del lavoro ha previsto la redazione dei seguenti elaborati:

- Relazione di rilievo topo-batimetrico, corredata da documentazione fotografica, in cui vengono descritte la strumentazione utilizzata, le modalità di rilievo e di elaborazione dei dati;
- Tavole plano-batimetriche che riportano la linea di riva aggiornata alla data del rilievo, i transetti topo-batimetrici, il quadro delle rotte di navigazione (strisciate punti battuti) e il modello del terreno (DTM), la rappresentazione batimetrica in scala cromatica con indagine dei fondali;
- Allegati alle tavole plano-batimetriche: profili trasversali delle sezioni.

Il rilievo batimetrico è stato esteso per un'area di circa 270.000 m², per un fronte mare di circa 400 m, fino alla profondità di -8,50 m s.l.m..

La tabella a seguire è indicativa dei vertici di poligonale che racchiudono l'area da investigare.

COORDINATE VERTICI SUPERFICIE RILIEVO BATIMETRICO		
Num. Vertice	Piane UTM – WGS84	
	EST (m)	NORD (m)
1	4227361.4432	684508.5336
2	4327640.6849	684772.2746
3	4327809.7448	684866.0227
4	4327696.9075	684935.8510
5	4327596.1134	684845.7597
6	4327573.1599	684913.3973

I punti di rilievo batimetrici sono stati allineati lungo n.20 transetti sub-ortogonale e n.1 transetto sub parallelo all'allineamento medio della linea di riva, paralleli fra loro ad un interasse di 20 metri per le aree esterne e di 10 metri per le aree centrali, che hanno determinato le rotte di rilievo.

Il rilievo è stato effettuato con mare calmo e sono stati acquisiti n.1017 punti tra batimetria e topografia. I rilievi sono stati corredati di cronogramma orario delle attività, in modo che i punti batimetrici battuti e riferiti ai su citati capisaldi vengano essere successivamente riferiti al livello medio mare.

Al solo fine illustrativo il rilievo topo-batimetrico è stato integrato da un rilievo fotogrammetrico eseguito con dispositivo drone, utile alla individuazione di alcuni particolari tecnici relativi alle opere foranee esistenti, difficilmente riscontrabili in modo diverso.

3.2. Inquadramento geologico

Il riconoscimento delle caratteristiche geologiche permette di definire l'assetto stratigrafico dei terreni presenti nell'area investigata in termini di individuazione delle singole unità

**“REALIZZAZIONE DELLA PROSECUZIONE DEL MOLO FORANEO DEL PORTO VECCHIO DI CROTONE
PER MIGLIORARE IL RIDOSSO IN PRESENZA DI CONDIZIONI METEO AVVERSE”**

01.GN.R01 – RELAZIONE GENERALE E TECNICA

litologiche, modalità ed età della loro messa in posta, caratteri evolutivi reciproci rapporti geometrici, definizione e caratteri delle acque di scorrimento superficiali e profonde.

Nel sito oggetto di studio e per un'area sufficientemente ampia affiorano terreni di origine sedimentaria che si sono depositati in un intervallo di tempo compreso tra 3,4 milioni di anni fa e l'attuale. In particolare si tratta di una potente formazione argilloso marnosa di colore grigio azzurro ricoperta, attraverso uno spessore variabile, ma in genere ridotto, di sabbia mi e medio fini a tratti limose e talora localmente di a ghiaiose. Le argille si presentano, generalmente laminate e con una consistenza variabile da media ad alta.

Verso la linea di costa, in corrispondenza della zona tidale ed interdida, la formazione argillosa viene ricoperta da sedimenti granulari di età olocenica. Si tratta di sabbie medio-fini generalmente a granulometria uniforme, prive di matrice fine o localmente, nella zona posta a Nord ossia nel “Porto Nuovo” poco limose.

Tale deposito presenta uno spessore piuttosto ridotto nella zona a Sud del promontorio di Crotona, mentre si approfondisce fino a 25-30 m nella zona posta nei pressi del “Molo Giunti” situato nel Porto Nuovo, per poi assottigliarsi nuovamente nella restante porzione dello stesso porto.

Per maggiori dettagli, circa il modello geologico dell'area, si rimanda, comunque, alle apposite sezioni geologiche, alla carta geologica ed alle stratigrafie di riferimento dei sondaggi geognostici realizzati nel luogo.

Diversi fronti di scavo presenti nelle aree vicinali permettono una conoscenza diretta della litologia affiorante mentre, per i depositi più profondi si fa riferimento alla bibliografia geologica disponibile e ai sondaggi meccanici effettuati.

Dai rilievi di campagna, dalla consultazione della Carta Geologica della Calabria, dall'esame aerofotogrammetrico e dallo studio di campagna non sono stati riscontrati elementi strutturali tali da creare problemi all'intervento previsto in progetto.

Inoltre, dal punto di vista strutturale l'area si presenta stabile; il rilievo geologico non ha, infatti, evidenziato faglie o movimenti tettonici attivi o quiescenti e stratigraficamente l'area in esame presenta uno schema abbastanza semplice.

3.3. Definizione del clima meteomarinico a largo e sottocosta

Di seguito sintesi dell'analisi condotta per la determinazione delle condizioni meteomarine a cui è esposto il paraggio di Crotona. Il report completo è disponibile all'interno della relazione “02.SP.R03 – Studio Meteomarinico al Largo e Sottocosta”.

La caratterizzazione del moto ondoso al largo di Crotona è stata effettuata a partire dall'analisi delle serie storiche registrate dagli ondometri del Tirreno Centro Meridionale della Rete Ondametrica Nazionale (RON) del Sistema Idrografico e Mareografico Nazionale, aventi una sufficiente serie storica di dati e un'esposizione del paraggio simile a quella di Crotona, oggetto del presente studio. In particolare, è stato preso in esame l'ondometro ormeggiato al largo di Crotona.

Successivamente si è condotto lo studio di propagazione del clima ondoso da largo verso riva in corrispondenza del paraggio di Crotona che è stata effettuata con il modello numerico SWAN, acronimo di Simulating WAVes Nearshore, la cui implementazione è stata sviluppata dal Dipartimento di Meccanica dei Fluidi del Politecnico di Delft (Olanda). Lo SWAN permette di ottenere stime reali dei parametri d'onda in aree costiere, laghi ed estuari una volta note le condizioni del fondo, del vento e delle correnti. In particolare, il modello simula lo sviluppo degli spettri d'onda che viaggiano da acque profonde verso acque poco profonde, come nel caso del moto ondoso che si propaga verso riva.

Il primo passo nello studio di propagazione del clima ondoso da largo verso riva con il modello SWAN ha riguardato la preparazione di una griglia di calcolo innestata sulla batimetria in corrispondenza del paraggio di Crotona. La modellazione del fondale marino è stata realizzata sulla base dei rilievi batimetrici della cartografia GEBCO e da rilievi di dettaglio fatti recentemente sotto costa nella zona della spiaggia attiva (emersa e sommersa) del tratto di costa del comune di Crotona interessato dall'intervento, effettuando

**“REALIZZAZIONE DELLA PROSECUZIONE DEL MOLO FORANEO DEL PORTO VECCHIO DI CROTONE
PER MIGLIORARE IL RIDOSSO IN PRESENZA DI CONDIZIONI METEO AVVERSE”**

01.GN.R01 – RELAZIONE GENERALE E TECNICA

in seguito un'interpolazione per triangolazione sulle batimetriche rilevate per avere tutti i valori di tutte le profondità nella griglia di calcolo considerata. Al fine di coprire in maniera significativa tutta l'area interessata allo studio meteomarinario, è stata utilizzata una prima serie di simulazioni utilizzando una griglia di calcolo rettangolare avente dimensioni 6500 m in lunghezza e di 6900 m in larghezza, avente un numero pari rispettivamente a 260 maglie e 276 maglie, aventi ciascuna dimensioni 25 m x 25 m, che si estendono a partire da profondità di circa 200 m, nella condizione di acque profonde ($d/L > 0.5$) per tutti gli attacchi ondosi, fino a terra.

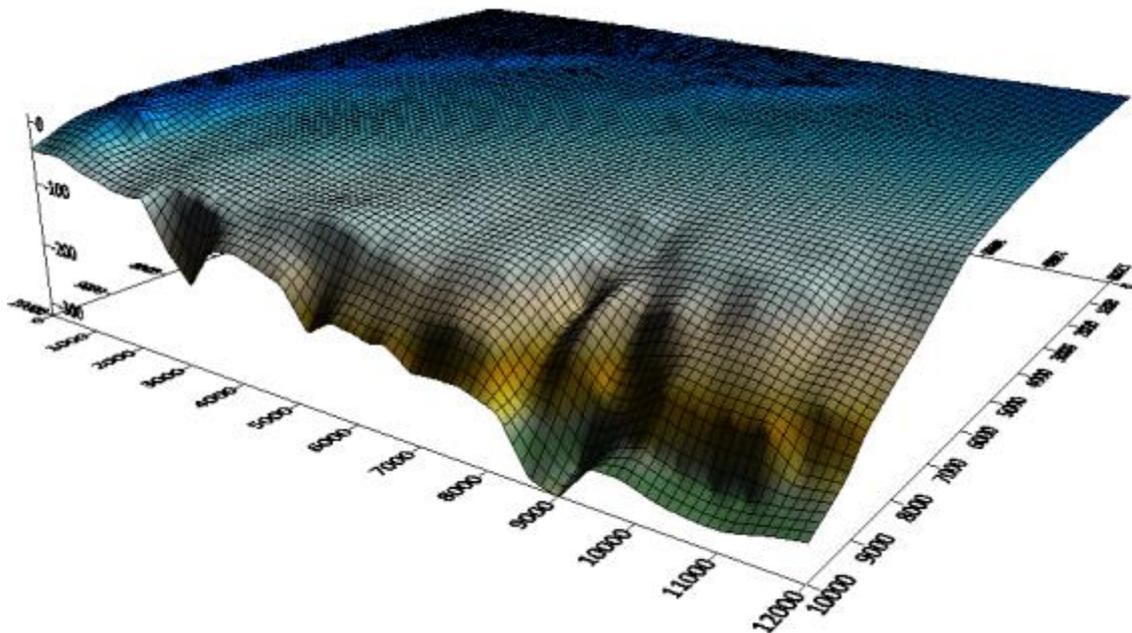


Figura 3.3 - Visualizzazione 3D della batimetria all'interno della griglia generale, con evidenziazione delle mesh adottate (vista da Nord)

È stato selezionato l'evento ondoso estremo del settore direzionale più significativo, con T (tempo di ritorno) = 50 anni, che risulta un tipico periodo per la progettazione di difese costiere quali barriere frangiflutto e pennelli. Esso è caratterizzato al largo, nella condizione

“REALIZZAZIONE DELLA PROSECUZIONE DEL MOLO FORANEO DEL PORTO VECCHIO DI CROTONE PER MIGLIORARE IL RIDOSSO IN PRESENZA DI CONDIZIONI METEO AVVERSE”

01.GN.R01 – RELAZIONE GENERALE E TECNICA

indisturbata di acque profonde ($d/L > 0.5$), dai seguenti valori (vedi paragrafo relativo alla determinazione degli eventi estremi):

- $H_s = 5.61$ m, $T_p = 11.28$ s e $Dir = 125^\circ N$.

Per i periodi di ritorno più significativi, relativi a $T = 1, 5, 10, 20, 50$ e 100 anni e per i settori direzionali afferenti al settore di traversia di Crotona, in tabella sono mostrati, rispettivamente, i valori di H_s a prefissato tempo di ritorno e i rispettivi valori di periodo medio, T_m e di periodo di picco, T_p , ottenuti sulla base delle correlazioni altezze - periodi precedentemente determinati. I valori maggiori delle onde estreme sono relativi al settore angolare omnidirezionale.

T (anni)	Settore 110°-140°			Settore 140°-170°			Omnidirezionale		
	Hs (m)	Tm (s)	Tp (s)	Hs (m)	Tm (s)	Tp (s)	Hs (m)	Tm (s)	Tp (s)
1	2.03	5.99	7.66	2.46	6.41	8.24	4.58	8.00	10.44
5	3.94	7.58	9.86	3.62	7.36	9.55	5.61	8.59	11.28
10	4.56	7.98	10.42	4.00	7.62	9.91	6.01	8.81	11.58
25	5.20	8.36	10.96	4.38	7.88	10.27	6.51	9.06	11.94
50	5.61	8.59	11.28	4.63	8.03	10.49	6.87	9.24	12.19
100	5.97	8.79	11.55	4.86	8.17	10.68	7.22	9.40	12.42

Tabella 3.3.1: Eventi estremi direzionali a prefissato tempo di ritorno al largo del paraggio di Crotona

Oltre alla propagazione del clima ondoso da largo verso riva, comprendente le diverse classi di altezza d'onda significativa suddivise per differenti settori direzionali, è stata effettuata attraverso il modello SWAN la propagazione da largo a sottocosta, fino al punto sottocosta rappresentativo posto alla batimetrica -10 m, degli eventi estremi di moto ondoso associati ai periodi di ritorno più significativi ($T = 25$ e 50 anni). Ciò risulta indispensabile per il

**“REALIZZAZIONE DELLA PROSECUZIONE DEL MOLO FORANEO DEL PORTO VECCHIO DI CROTONE
PER MIGLIORARE IL RIDOSSO IN PRESENZA DI CONDIZIONI METEO AVVERSE”**

01.GN.R01 – RELAZIONE GENERALE E TECNICA

dimensionamento e nella verifica delle strutture di difesa costiera dall'erosione, in cui sono necessari i valori delle onde di progetto che possono direttamente incidere su di esse.

La tabella illustra i risultati della propagazione effettuata con il modello numerico SWAN per gli eventi estremi direzionali di moto ondoso associati ai periodi di ritorno più significativi a livello di progettazione delle opere di difesa costiera dall'erosione (T = 25 e 50 anni).

T (anni)	Hs (m)	Tm (s)	Tp (s)	DIR (°N)	$\Delta\alpha$ (°)	DIR (°N)	Hs (m)	Tm (s)	Tp (s)	ΔH_s (%)
25	5.20	8.36	10.96	125	-27.96	97.04	3.68	8.04	10.96	29.31
50	5.61	8.59	11.28	125	-28.73	96.27	3.93	8.32	11.28	29.98
25	4.38	7.88	10.27	155	-52.72	102.28	1.39	9.05	10.27	68.34
50	4.63	8.03	10.49	155	-53.37	101.63	1.50	9.31	10.49	67.56
25	6.51	9.06	11.94	110	-21.09	88.91	4.95	9.49	11.94	23.97
50	6.87	9.24	12.19	110	-21.68	88.32	5.11	9.90	12.19	25.58

Tabella 3.3.2: Eventi estremi direzionali di moto ondoso sottocosta con T = 25 e 50 anni (-10 m)

Dall'analisi dei risultati di tale tabella, si osserva un progressivo abbattimento del gradiente delle altezze d'onda significative estreme da largo verso riva all'aumentare del tempo di ritorno. Le rotazioni delle direzioni di propagazione tendono a essere più accentuate per il settore direzionale 140°-170°N con valori inferiori di H_s per i tempi di ritorno di riferimento.

L'onda di progetto utilizzata per le verifiche idraulico marittime ha le seguenti caratteristiche:

Tr (anni)	DIR (°N)	Hs (m)	Tm (s)	Tp (s)
50	88.32	5.11	9.90	12.19

Tabella 3.3.3 : Caratteristiche dell'onda di progetto considerata

3.4. Sintesi dello studio di Agitazione Interna al Porto

Lo studio di agitazione ondosa riporta l'analisi condotta per la verifica delle condizioni all'interno della darsena e in corrispondenza dell'imboccatura del Porto vecchio di Crotona.

Lo studio dell'agitazione ondosa in un bacino consente di ottenere informazioni circa la configurazione planimetrica interna e le caratteristiche dimensionali delle opere di difesa considerate. A partire dalle caratteristiche meteomarine dell'area è possibile determinare le azioni ondose che possono interessare la parte esterna come la zona interna del porto, ovvero i parametri dimensionanti per le strutture di protezione e il grado di sicurezza rispetto allo stazionamento dei natanti e alle attività da svolgere all'interno delle aree dislocate lungo le banchine interne.

Per la modellazione dei processi di propagazione e dissipazione del moto ondoso nel porto sono necessari i dati relativi alle caratteristiche delle opere presenti, ovvero:

- le dimensioni, l'orientamento e la conformazione delle strutture portuali a protezione della darsena interna;
- la geometria delle opere da realizzare nello stato di progetto;
- le caratteristiche di riflessione delle banchine, scogliere, spiagge, mantellate esterne, etc;
- la destinazione d'uso all'interno del perimetro portuale.

L'obiettivo è definire le condizioni a cui saranno esposti i natanti ormeggiati o in transito nelle aree oggetto d'intervento, verificando le condizioni di sicurezza rispetto a soglie normalmente ammesse e indicate da raccomandazioni tecniche o standard in uso nella progettazione di porti turistici.

Il layout del porto vecchio di Crotona è mostrato in **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** Rispetto alla configurazione esistente nello stato di progetto si realizzerà un prolungamento del muro paraonde esistente, l'estensione del molo sopraflutto e lavori di rimodulazione del fondale.

**“REALIZZAZIONE DELLA PROSECUZIONE DEL MOLO FORANEO DEL PORTO VECCHIO DI CROTONE
PER MIGLIORARE IL RIDOSSO IN PRESENZA DI CONDIZIONI METEO AVVERSE”**

01.GN.R01 – RELAZIONE GENERALE E TECNICA

In particolare, l'estensione del molo sopraflutto sarà coerente con l'attuale direzione del molo esistente, ovvero ne costituirà un naturale prolungamento. Il prolungamento della diga di sopraflutto a protezione del porto, di lunghezza complessiva di circa 130 m a partire dal tronco radicato al molo esistente, è sviluppato in direzione SW. Il molo è costituito da una scogliera esterna di protezione con mantellata in massi artificiali Antifer (elementi da 5.0 m³), postati in doppio strato in modalità “random” con pendenza 2:1. Lo stesso sarà posato su uno strato filtro costituito da scogli naturali in 1^a categoria (500-1000 kg) con pendenza 2:1 e su una berma al piede costituita da massi naturali di 3^a categoria (3-7 t) con pendenza 2:1. Il molo è dotato di muro paraonde che sovrasta la struttura fino ad una quota massima di + 5,60 m slmm. La parte interna è costituita da una scogliera con mantellata in scogli naturali di 3^a categoria (3-7 t) e con pendenza 3:2. Lo stesso poggia su uno strato filtro costituito da scogli naturali in 1^a categoria (500-1000 kg) con pendenza 3:2 e su una berma al piede costituita da massi naturali di 2^a categoria (1-3 t) con pendenza 3:2. Le scogliere di protezione e lo strato filtro sono poggiati su un nucleo in Tout Venant. Il piano di posa dei piedi interni ed esterni sarà costituito da uno scanno di imbasamento in pietrame (100-500 kg) di spessore 70 cm, protetto al fondo da uno strato di geotessuto 400g/mq.

“REALIZZAZIONE DELLA PROSECUZIONE DEL MOLO FORANEO DEL PORTO VECCHIO DI CROTONE PER MIGLIORARE IL RIDOSSO IN PRESENZA DI CONDIZIONI METEO AVVERSE”

01.GN.R01 – RELAZIONE GENERALE E TECNICA

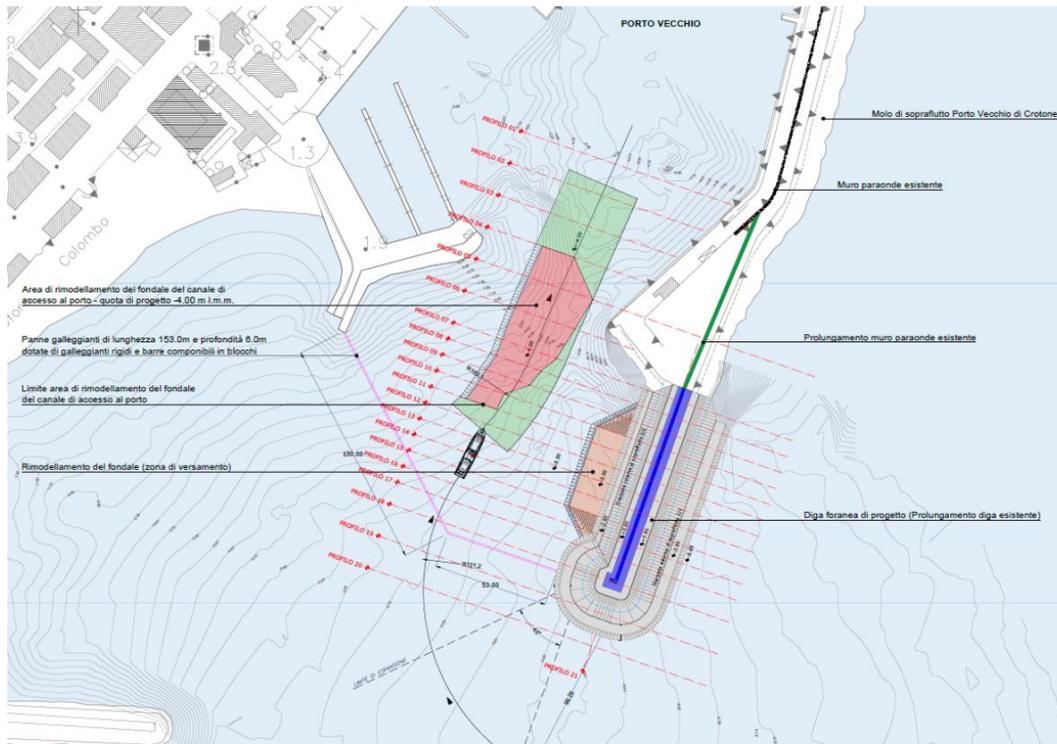


Figura 3.4 – Layout di Progetto

3.4.1. Selezione scenari di verifica

La definizione delle onde di riferimento per le simulazioni è stata condotta nell’ottica di verificare, ricorrendo alla modellazione numerica, la rispondenza della soluzione progettuale alle indicazioni fornite dal PIANC-AIPCN, Associazione Internazionale di Navigazione, che si riferiscono alla verifica dell’agitazione ondosa negli specchi acquei protetti a servizio della nautica da diporto. In particolare, si raccomanda di verificare le seguenti condizioni:

- condizione di “comfort” (particolarmente importante nel caso di porti in cui si prevede la presenza prolungata di persone a bordo delle imbarcazioni); tali verifiche si riferiscono ad eventi con frequenza di accadimento di 5 giorni l’anno e un’altezza d’onda significativa in grado di determinare, all’interno del porto, valori di $H_s = 0.15$ m;

“REALIZZAZIONE DELLA PROSECUZIONE DEL MOLO FORANEO DEL PORTO VECCHIO DI CROTONE PER MIGLIORARE IL RIDOSSO IN PRESENZA DI CONDIZIONI METEO AVVERSE”

01.GN.R01 – RELAZIONE GENERALE E TECNICA

- condizione di “sicurezza” per eventi con periodo di ritorno indicativamente non inferiore a 5 anni e un’altezza d’onda significativa in grado di determinare, all’interno del porto, valori di $H_s = 0.30$ m;
- condizione “limite”, per eventi con periodo di ritorno indicativamente non inferiore a 50 anni e un’altezza d’onda significativa in grado di determinare, all’interno del porto, valori di $H_s = 0.50$ m.

Tutte le verifiche sono state condotte simulando le onde provenienti dai 2 settori principali che caratterizzano il moto ondoso per il paraggio, i settori 110-140°N e 140-170°N, ovvero gli eventi estremi calcolati e riportati al cap. 2.1. Le simulazioni si riferiscono alla verifica delle suddette condizioni per lo stato di fatto (SdF) e per lo stato di progetto (SdP).

Le onde selezionate per lo studio sono riferite alle condizioni estratte a largo del paraggio. **In Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** si riportano le condizioni simulate e la verifica da soddisfare, in cui la direzione indicata rappresenta la direzione di provenienza media del moto ondoso. I risultati della modellazione sono analizzati considerando le condizioni di utilizzo delle diverse aree all’interno del bacino e le diverse opere presenti (banchine, ormeggi, zone di manovra e transito, imboccatura). La condizione simulata è ritenuta verificata se mediamente soddisfatta nella porzione di porto specificata, oltre che produrre un effetto di mitigazione rispetto alla configurazione attuale del porto.

DIR (°N)	TR (anni)	Hs (m)	Tp (s)	condizione	verifica
110	5 gg/anno	0.9	4.6	comfort	$H_s \leq 0.15$ m
	5	3.9	9.9	sicurezza	$H_s \leq 0.30$ m
	50	5.6	11.3	limite	$H_s \leq 0.50$ m
125	5 gg/anno	0.9	4.6	comfort	$H_s \leq 0.15$ m
	5	3.9	9.9	sicurezza	$H_s \leq 0.30$ m
	50	5.6	11.3	limite	$H_s \leq 0.50$ m
140	5 gg/anno	1.4	6.3	comfort	$H_s \leq 0.15$ m
	5	3.9	9.9	sicurezza	$H_s \leq 0.30$ m
	50	5.6	11.3	limite	$H_s \leq 0.50$ m
155	5 gg/anno	1.4	6.3	comfort	$H_s \leq 0.15$ m
	5	3.6	9.6	sicurezza	$H_s \leq 0.30$ m
	50	4.6	10.5	limite	$H_s \leq 0.50$ m

“REALIZZAZIONE DELLA PROSECUZIONE DEL MOLO FORANEO DEL PORTO VECCHIO DI CROTONE PER MIGLIORARE IL RIDOSSO IN PRESENZA DI CONDIZIONI METEO AVVERSE”

01.GN.R01 – RELAZIONE GENERALE E TECNICA

170	5 gg/anno	1.4	6.3	comfort	Hs ≤ 0.15 m
	5	3.6	9.6	sicurezza	Hs ≤ 0.30 m
	50	4.6	10.5	limite	Hs ≤ 0.50 m

Tabella 3.4.1 : Condizioni ondose selezionate per la verifica dell’agitazione interna al porto**3.4.2. Sensitività al periodo di picco Tp**

I risultati esposti confermano una condizione di generale soddisfacimento dei valori limite dell’agitazione nelle aree interne al porto con riferimento ai limiti suggeriti dalle raccomandazioni PIANC. La caratterizzazione dell’agitazione residua nel porto è stata integrata dalla verifica di sensitività al periodo d’onda, uno dei parametri che maggiormente influisce nella penetrazione del moto ondoso in un bacino portuale. Il set di simulazioni condotte è riportato in **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** e consiste nelle stesse onde verificate nei risultati del paragrafo 3.4 per lo stato di progetto, a cui sono stati associati diversi periodi di picco in modo da coprire un range significativo da testare.

DIR (°N)	T _R (anni)	H _s (m)	T _{p1} (s)	T _{p2} (s)	T _{p3} (s)	condizione	verifica
110	5 gg/anno	0.9	3	5	7	comfort	Hs ≤ 0.15 m
	5	3.9	8	10	12	sicurezza	Hs ≤ 0.30 m
	50	5.6	9	11	13	limite	Hs ≤ 0.50 m
125	5 gg/anno	0.9	3	5	7	comfort	Hs ≤ 0.15 m
	5	3.9	8	10	12	sicurezza	Hs ≤ 0.30 m
	50	5.6	9	11	13	limite	Hs ≤ 0.50 m
140	5 gg/anno	1.4	4	6	8	comfort	Hs ≤ 0.15 m
	5	3.6	8	10	12	sicurezza	Hs ≤ 0.30 m
	50	4.6	8	10	12	limite	Hs ≤ 0.50 m
155	5 gg/anno	1.4	4	6	8	comfort	Hs ≤ 0.15 m
	5	3.6	8	10	12	sicurezza	Hs ≤ 0.30 m
	50	4.6	8	10	12	limite	Hs ≤ 0.50 m
170	5 gg/anno	1.4	4	6	8	comfort	Hs ≤ 0.15 m
	5	3.6	8	10	12	sicurezza	Hs ≤ 0.30 m
	50	4.6	8	10	12	limite	Hs ≤ 0.50 m

Tabella 3.4.2 : Condizioni ondose selezionate per la verifica di sensitività al periodo d’onda per lo stato di progetto

**“REALIZZAZIONE DELLA PROSECUZIONE DEL MOLO FORANEO DEL PORTO VECCHIO DI CROTONE
PER MIGLIORARE IL RIDOSSO IN PRESENZA DI CONDIZIONI METEO AVVERSE”**

01.GN.R01 – RELAZIONE GENERALE E TECNICA

I risultati sono stati analizzati per ottenere l'agitazione media residua in aree ben definite del porto per lo stato di progetto, la cui suddivisione è stata operata considerando sia lo sviluppo delle opere lungo il perimetro portuale sia l'uso previsto per le diverse strutture. La delimitazione delle 4 aree è riportata in **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**, in cui per chiarezza riportano su base ortofoto GoogleEarth e rispetto alla configurazione nello stato di progetto per cui sono state eseguite le suddette verifiche. In particolare:

- area 1, che delimita la zona all'imboccatura del porto;
- area 2, che delimita le aree di ormeggio delle banchine a ovest dell'imboccatura
- area 3, che delimita la porzione centrale del porto e le banchine interne del molo sopraflutto esistente
- area 4, che delimita la darsena più interna del bacino portuale.

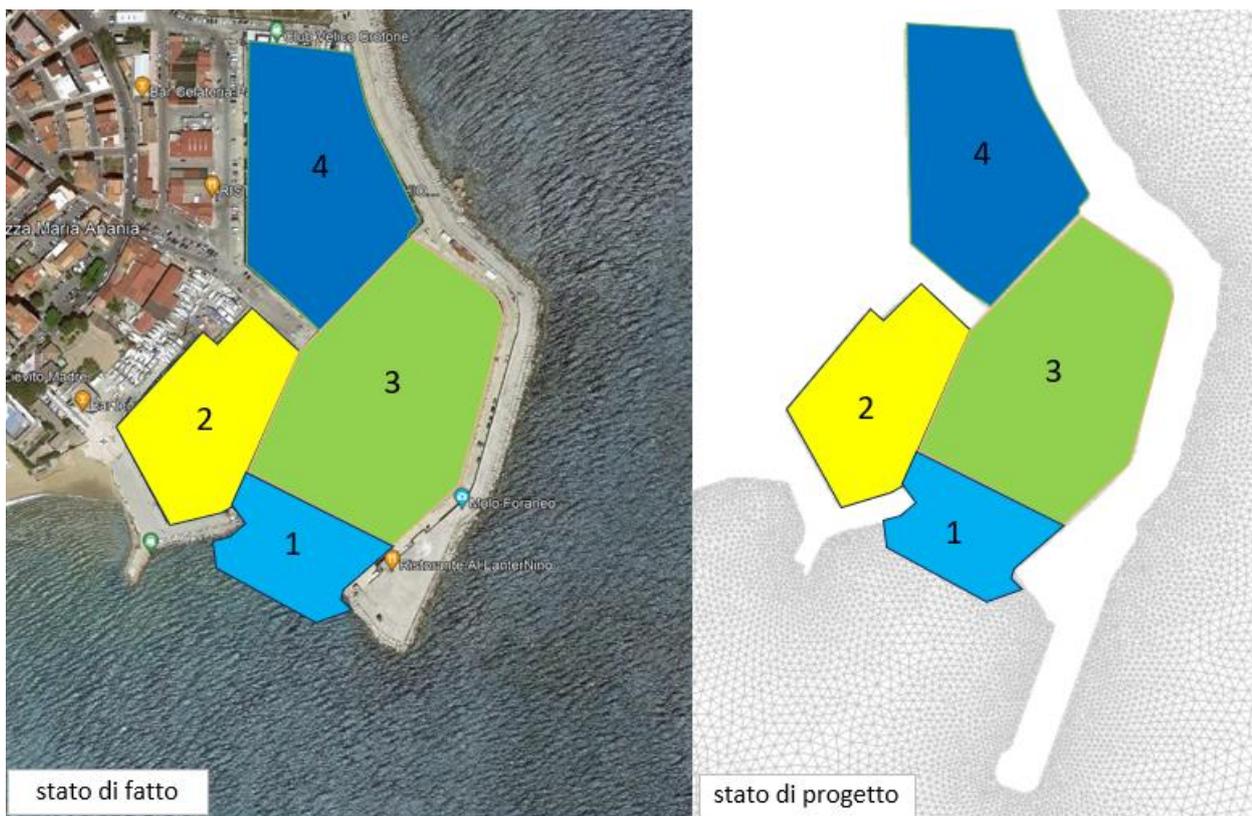


Figura 3.5 – Suddivisione aree interne al porto, le simulazioni si riferiscono allo stato di progetto

**“REALIZZAZIONE DELLA PROSECUZIONE DEL MOLO FORANEO DEL PORTO VECCHIO DI CROTONE
PER MIGLIORARE IL RIDOSSO IN PRESENZA DI CONDIZIONI METEO AVVERSE”**

01.GN.R01 – RELAZIONE GENERALE E TECNICA

I risultati delle simulazioni sono riportati di seguito per lo stato di progetto in forma tabellare attraverso la verifica delle condizioni medie di comfort, sicurezza e limite per ognuna delle zone definite e per i 5 settori considerati, ovvero 110°N, 125°N, 140°N, 155°N e 170°N.

In generale anche al variare del periodo di picco dell'onda la penetrazione del moto ondoso nel porto è ben smorzata dalla presenza delle strutture di progetto e migliorata dalla presenza dell'estensione del molo sopraflutto e le condizioni di agitazione interna risultano compatibili con l'uso e gli ormeggi previsti, oltre che con le condizioni limite di transito delle imbarcazioni attraverso l'imboccatura al porto. Inoltre:

- le onde dai settori 140°N e 170°N non inducono effetti significativi in nessuna delle aree interne al porto;
- l'agitazione interna al porto nelle aree destinate all'ormeggio delle imbarcazioni risulta nei limiti delle raccomandazioni PIANC;
- l'area 1 (imboccatura) risulta esposta ad una parte del moto ondoso residuo per le ondate da 110-140°N, in particolare la sensibilità al T_p consente di definire non soddisfacente la condizione di comfort per uno stazionamento prolungato di natanti per tale area (circostanza peraltro esclusa dato che l'area è adibita al solo transito delle imbarcazioni);

Nel complesso si confermano i risultati del cap 3.4 e si suggerisce, per le banchine lungo l'area 1, un utilizzo limitato al solo transito e non all'ormeggio/stazionamento prolungato dei natanti.

DIR (°N)	TR (anni)	Hs (m)	Tp (s)	zona 1	zona 2	zona 3
110	5 gg/anno	0.9	3	verificata	verificata	verificata
			5	verificata	verificata	verificata
			7	verificata	verificata	verificata
	5	3.9	8	verificata	non verificata	verificata
			10	verificata	non verificata	verificata
			12	verificata	non verificata	verificata
	50	5.6	9	verificata	verificata	verificata
			11	verificata	verificata	verificata

**“REALIZZAZIONE DELLA PROSECUZIONE DEL MOLO FORANEO DEL PORTO VECCHIO DI CROTONE
PER MIGLIORARE IL RIDOSSO IN PRESENZA DI CONDIZIONI METEO AVVERSE”**

01.GN.R01 – RELAZIONE GENERALE E TECNICA

			13	verificata	verificata	verificata
--	--	--	----	------------	------------	------------

Tabella 3.4.3 : Verifica di sensitività al Tp per le onde dal settore di provenienza 110°N

DIR (°N)	TR (anni)	Hs (m)	Tp (s)	zona 1	zona 2	zona 3
125	5 gg/anno	0.9	3	verificata	verificata	verificata
			5	verificata	verificata	verificata
			7	verificata	verificata	verificata
	5	3.9	8	verificata	non verificata	verificata
			10	verificata	non verificata	verificata
			12	verificata	non verificata	verificata
	50	5.6	9	verificata	verificata	verificata
			11	verificata	verificata	verificata
			13	verificata	verificata	verificata

Tabella 3.4.4 : Verifica di sensitività al Tp per le onde dal settore di provenienza 125°N

DIR (°N)	TR (anni)	Hs (m)	Tp (s)	zona 1	zona 2	zona 3
140	5 gg/anno	1.4	4	verificata	verificata	verificata
			6	verificata	verificata	verificata
			8	verificata	verificata	verificata
	5	3.6	8	verificata	verificata	verificata
			10	verificata	verificata	verificata
			12	verificata	verificata	verificata
	50	4.6	8	verificata	verificata	verificata
			10	verificata	verificata	verificata
			12	verificata	verificata	verificata

Tabella 3.4.5 : Verifica di sensitività al Tp per le onde dal settore di provenienza 140°N

DIR (°N)	TR (anni)	Hs (m)	Tp (s)	zona 1	zona 2	zona 3
155	5 gg/anno	1.4	4	verificata	verificata	verificata
			6	verificata	verificata	verificata
			8	verificata	verificata	verificata
	5	3.6	8	verificata	verificata	verificata
			10	verificata	verificata	verificata
			12	verificata	verificata	verificata
	50	4.6	8	verificata	verificata	verificata
			10	verificata	verificata	verificata
			12	verificata	verificata	verificata

“REALIZZAZIONE DELLA PROSECUZIONE DEL MOLO FORANEO DEL PORTO VECCHIO DI CROTONE PER MIGLIORARE IL RIDOSSO IN PRESENZA DI CONDIZIONI METEO AVVERSE”

01.GN.R01 – RELAZIONE GENERALE E TECNICA

Tabella 3.4.6 : Verifica di sensitività al Tp per le onde dal settore di provenienza 155°N

DIR (°N)	TR (anni)	Hs (m)	Tp (s)	zona 1	zona 2	zona 3
170	5 gg/anno	1.4	4	verificata	verificata	verificata
			6	verificata	verificata	verificata
			8	verificata	verificata	verificata
	5	3.6	8	verificata	verificata	verificata
			10	verificata	verificata	verificata
			12	verificata	verificata	verificata
	50	4.6	8	verificata	verificata	verificata
			10	verificata	verificata	verificata
			12	verificata	verificata	verificata

Tabella 3.4.7 : Verifica di sensitività al Tp per le onde dal settore di provenienza 170°N**3.4.3. Considerazioni finali sullo studio di agitazione interna al porto**

La struttura del molo sopraflutto del porto vecchio di Crotona sarà estesa per migliorare la protezione del bacino interno della marina. Il presente studio riporta l'analisi condotta per la caratterizzazione delle condizioni di agitazione interna previste lungo le darsene interne e all'imboccatura, confrontando lo stato attuale dei luoghi (stato di fatto) con quello di progetto. Gli input alla modellazione numerica, volta a definire le condizioni di agitazione ondosa interna al porto, sono stati estratti dallo studio meteomarinario che comprende l'analisi degli eventi estremi a largo per il paragone in esame. Il grado di penetrazione delle onde e la verifica della configurazione di progetto sono stati verificati rispetto ai limiti suggeriti dalle raccomandazioni PIANC per il comfort nei porti turistici. Dallo studio si evince quanto segue:

- l'analisi degli eventi estremi condotta per sub-settori che interessano direttamente il porto ha riguardato la caratterizzazione delle onde per assegnati tempi di ritorno, da cui sono state estratte le onde da utilizzare per lo studio di agitazione. Esse sono state selezionate per tener conto delle onde che potenzialmente possono indurre effetti sull'agitazione interna al porto, ovvero sono state considerate 5 direzioni di provenienza del moto ondoso nel settore 110-170°N;

- lo studio di agitazione ondosa è stato condotto con riferimento alle raccomandazioni PIANC, che definiscono le onde da utilizzare per verificare la condizione di “comfort”, “sicurezza” e “limite” all’interno del bacino. L’analisi è stata condotta utilizzando le onde calcolate attraverso l’analisi statistica integrando le simulazioni con un ulteriore set di onde per esplorare la sensitività al periodo di picco dell’onda. I risultati hanno mostrato generalmente il soddisfacimento delle verifiche delle condizioni per le aree definite all’interno del bacino e per la zona dell’imboccatura, salvo che per le onde con periodo di ritorno pari a 5 anni per le direzioni 110 e 125°N, con riferimento all’imboccatura per la verifica di “sicurezza $H_s < 0.3$ m” tale verifica non pregiudica le attività di manovra e transito delle imbarcazioni all’imboccatura, ma è espressamente riferita alle imbarcazioni ormeggiate;
- l’agitazione interna al bacino, per lo stato di progetto, risulta sempre soddisfatta, ovvero le condizioni di sicurezza per i natanti ormeggiati nel porto rimane soddisfatta;
- lo stato di progetto determina un generale miglioramento dell’agitazione interna, mitigando degli effetti che invece si osservano dai risultati delle simulazioni per il porto nella configurazione attuale;
- in corrispondenza dell’imboccatura sono sempre mediamente verificate le condizioni limite per il transito delle imbarcazioni.

3.5. Sintesi dello studio Morfodinamico

Lo studio mostra l’evoluzione della linea di battigia considerando il prolungamento della diga foranea.

3.5.1. Aspetti generali sul trasporto solido litoraneo

L’aspetto preminente nella dinamica di un litorale è l’insieme dei fenomeni che determinano il movimento dei sedimenti nella parte attiva della spiaggia. Tali movimenti sono imputabili all’azione del vento e delle maree nella spiaggia emersa; la dinamica della spiaggia sommersa è legata, invece, all’azione del moto ondoso (prima e dopo il

frangimento) e delle correnti generate dalla trasformazione del processo di moto da oscillatorio a traslatorio.

Il moto ondoso determina l'inizio del movimento e la messa in sospensione delle particelle di sabbia, mentre le correnti ne costituiscono il veicolo di trasporto. Queste ultime sono principalmente quelle associate alle onde frangenti, mentre quelle di circolazione generale, di vento e di marea o di densità, hanno scarsa importanza nei riguardi del trasporto solido litoraneo, come visto precedentemente.

Il trasporto dei sedimenti avviene per movimento sia di fondo sia in sospensione e ha componenti trasversali e longitudinali alla linea di riva; si parla così, rispettivamente, di trasporto cross-shore e trasporto long-shore. Queste due componenti, pur influenzandosi a vicenda, non possono essere studiate contemporaneamente perché si è in grado di caratterizzare il flusso d'energia, al quale sono legate, esclusivamente in maniera ortogonale al fronte d'onda.

Il trasporto long-shore è quello che si verifica in direzione parallela alla linea di riva. Il meccanismo delle correnti long-shore è influenzato direttamente dalla batimetria della spiaggia. Esse sono generate dalle componenti del moto ondoso che raggiungono obliquamente la costa e il valore della velocità con cui scorrono parallelamente alla linea di riva dipende principalmente dall'angolo che il fronte d'onda (al frangimento) forma con la linea di riva. L'entità del flusso della corrente così come l'entità del trasporto long-shore dipende, poi, dall'altezza del frangente. Le alterazioni che la linea di riva subisce a causa di questo tipo di trasporto sono visibili esclusivamente nel lungo periodo.

Il trasporto cross-shore interferisce, invece, più rapidamente con i cambiamenti della linea di riva e del profilo di spiaggia. I movimenti trasversali della linea di riva sono all'origine delle caratteristiche tipiche delle spiagge nelle diverse stagioni.

La morfologia della costa è comunque sempre il risultato di due azioni concomitanti: l'apporto di sedimenti dall'entroterra e la loro redistribuzione a opera del moto ondoso.

I modelli matematici costituiscono un valido strumento per l'analisi e la previsione dell'evoluzione della morfologia costiera, a condizione che si abbiano sufficienti e attendibili dati su campo che servano per la taratura. Il principale vantaggio consiste nella possibilità

di studiare in tempi ragionevolmente brevi diverse soluzioni progettuali. Il modello matematico utilizzato per questo studio è il GenCade, prodotto dall'US Corps of Engineers (U.S.A).

Il software è reperibile sul sito <https://cirp.usace.army.mil/products/gencade.php>, assieme a un'ampia documentazione, che si può trovare anche online al sito <https://cirpwiki.info/wiki/GenCade>

3.5.2. Simulazioni dell'evoluzione futura della linea di riva

L'applicazione del modello GenCade ha avuto per obiettivo la simulazione numerica dell'evoluzione futura della linea di riva in uno scenario di previsione a 10 anni (dal 2023 attuale al 2033).

Nel complesso, per la simulazione numerica è stato considerato:

1. lo scenario che tiene conto della situazione ante operam.
2. lo scenario che tiene conto della situazione post operam, ovvero la presenza del prolungamento della diga foranea (figura 10).

Simulazioni in condizioni ANTE-OPERAM

Il presente scenario evolutivo fa riferimento allo stato ante operam. In particolare si è proceduto alla simulazione dell'evoluzione della linea di riva considerando lo stato attuale del porto. La Figura 11 mostra la variazione della linea di riva, y (m), dal 2023 al 2033.

**“REALIZZAZIONE DELLA PROSECUZIONE DEL MOLO FORANEO DEL PORTO VECCHIO DI CROTONE
PER MIGLIORARE IL RIDOSSO IN PRESENZA DI CONDIZIONI METEO AVVERSE”**

01.GN.R01 – RELAZIONE GENERALE E TECNICA

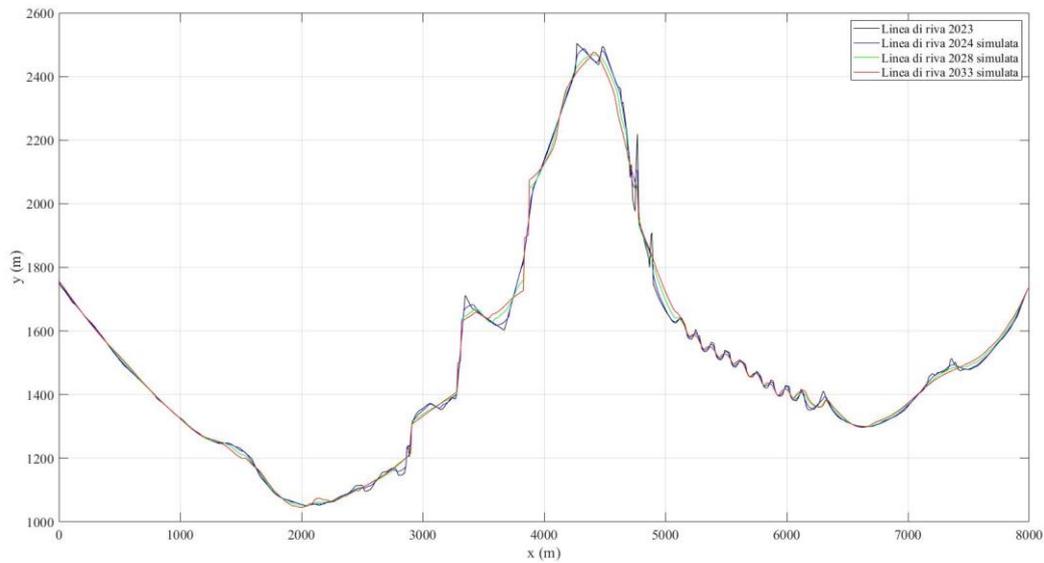


Figura 3.6 – Evoluzione della linea di riva tramite il modello GenCade nella condizione ante operam

La figura 12 mostra la sovrapposizione della linea di battigia simulata a 5 anni (linea rossa) con la Carta Tecnica Regionale. Si evince che agli interventi realizzati in passato.



Figura 3.7 – Sovrapposizione della simulazione a 5 anni con la CTR

La figura 13 mostra, invece, la sovrapposizione della linea di battigia simulata a 10 anni (linea rossa) con la Carta Tecnica Regionale.



Figura 3.8 – Sovrapposizione della simulazione a 10 anni con la CTR

La simulazione dello stato ante operam mostra un litorale che risulta oramai stabile e non soggetto a modifiche. Infatti negli 8 km analizzati sono presenti opere radenti (che bloccano la linea di riva), barriere frangiflutto e pennelli.

Simulazioni in condizioni POST-OPERAM

Il presente scenario evolutivo fa riferimento alla realizzazione del prolungamento della diga foranea per come mostrato in figura 10. In Figura 15 viene mostrata la variazione della linea di riva, y (m), dal 2023 al 2033.

**“REALIZZAZIONE DELLA PROSECUZIONE DEL MOLO FORANEO DEL PORTO VECCHIO DI CROTONE
PER MIGLIORARE IL RIDOSSO IN PRESENZA DI CONDIZIONI METEO AVVERSE”**

01.GN.R01 – RELAZIONE GENERALE E TECNICA

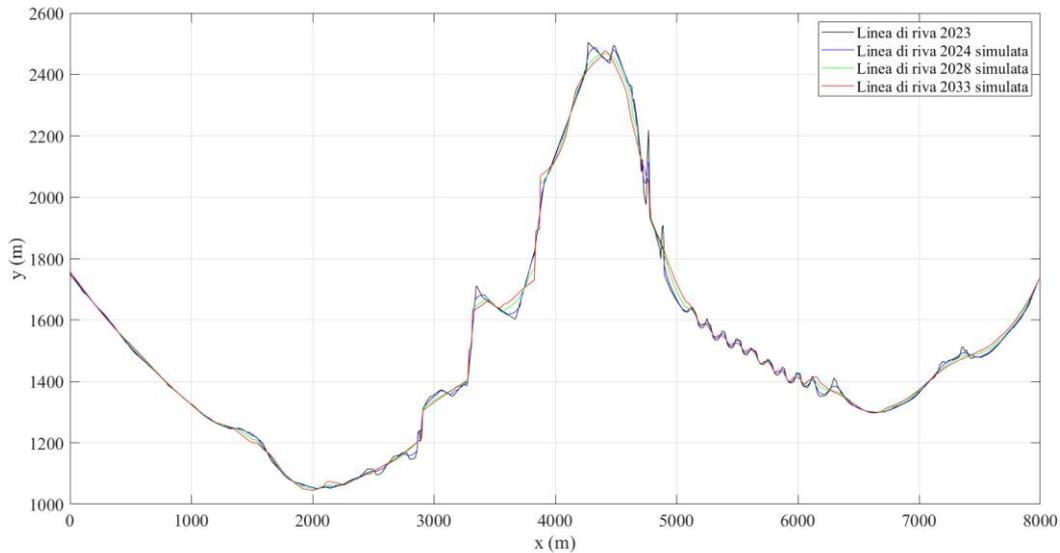


Figura 3.9 – Evoluzione della linea di riva tramite il modello GenCade in presenza del prolungamento della diga foranea

La figura 16 mostra la sovrapposizione della linea di battigia simulata a 5 anni (linea rossa) con la Carta Tecnica Regionale.



Figura 3.10 – Sovrapposizione della simulazione a 5 anni con la CTR

La figura 17 mostra, invece, la sovrapposizione della linea di battigia simulata a 10 anni (linea rossa) con la Carta Tecnica Regionale.

**Figura 3.11 – Sovrapposizione della simulazione a 10 anni con la CTR**

Si evince che il prolungamento della diga foranea non modifica l’andamento della dinamica costiera attuale, che ribadiamo essere stabile anche grazie agli interventi realizzati in passato.

3.5.3. Considerazioni finali sullo studio morfodinamico

Le simulazioni dell’evoluzione della linea di costa è stata condotta considerando:

1. Il clima meteomarinico medio determinato sottocosta;
2. La condizione ante operam (ovvero considerando il porto senza il prolungamento della diga foranea);
3. La condizione post operam (ovvero considerando il prolungamento della diga foranea).

**“REALIZZAZIONE DELLA PROSECUZIONE DEL MOLO FORANEO DEL PORTO VECCHIO DI CROTONE
PER MIGLIORARE IL RIDOSSO IN PRESENZA DI CONDIZIONI METEO AVVERSE”**

01.GN.R01 – RELAZIONE GENERALE E TECNICA

Lungo tutto il dominio non si apprezzano modifiche sostanziali tra la simulazione ante e post operam.

Le simulazioni condotte hanno dimostrato come il prolungamento della diga foranea non comporta problematiche per l'evoluzione della linea di riva a 5 e 10 anni nelle condizioni ante e post operam presentano una perfetta sovrapposizione dei risultati.

Si può concludere affermando che le opere di progetto sono compatibili sotto il profilo morfodinamico al mantenimento dell'equilibrio costiero delle zone in sopraflutto e sottoflutto.

4. DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI DI PROGETTO

4.1. L'iter progettuale

La soluzione progettuale a cui si è pervenuti è frutto di un rigoroso percorso tecnico-scientifico che si può così sintetizzare:

- I) I risultati complessivi dei rilievi, delle indagini e degli studi hanno confermato il quadro conoscitivo generale rilevato nel progetto definitivo ed hanno permesso di avere un quadro aggiornato dello stato dei luoghi ed in particolare, delle dinamiche idraulico-marittime del litorale;
- II) È stato quindi verificato il funzionamento della soluzione del progetto definitivo individuando anche le debolezze/criticità e le possibilità/risorse a disposizione. La verifica ha portato alla decisione di confermare la soluzione progettuale del progetto definitivo integrandolo delle proposte migliorative offerte in sede di gara;
- III) Si è proceduto quindi ad ottimizzare la soluzione progettuale proposta a partire dalle indagini ed analisi di dettaglio realizzate nella presente fase;
- IV) È stato a questo punto verificato il funzionamento generale della soluzione del progetto definitivo ricercando ulteriori miglioramenti dei risultati;
- V) È stato, infine, dedicato l'ultimo sforzo agli aspetti di carattere funzionale interno che hanno permesso di progettare il prolungamento della diga foranea, il muro paraonde e gli spazi di manovra;
- VI) La redazione finale del progetto esecutivo ha permesso poi di completare la progettazione delle opere impiantistiche.

4.2. Descrizione generale del Porto Vecchio di Crotona

Il Porto Vecchio di Crotona è una delle principali infrastrutture portuali presenti sulla costa Ionica della Regione Calabria. Esso è classificato nella tipologia turistica/peschereccia.

Il porto di Crotona, da Masterplan Regione Calabria, è costituito da due bacini distinti, non comunicanti tra di loro. Il minore, situato nella zona est/sud-est della città, è più antico ed è denominato Porto Vecchio.

Il Porto Vecchio, per i suoi bassi fondali (circa cinque metri) e l'entrata difficoltosa, accoglie prevalentemente unità da diporto e pescherecci della locale marineria da pesca. Nell'ambito del porto è inoltre in esercizio un cantiere navale attrezzato per la costruzione di piccole unità di legno e per la riparazione e manutenzione di imbarcazioni da diporto.

Il Porto Vecchio nella zona E-SE della città è protetto da una larga scogliera banchinata internamente. Tutte le banchine sono munite di bitte da ormeggio. È iscritto nella 1° classe della 2° categoria dei porti marittimi nazionali, come da D.M. 04.12.1976 n° 4115.

Il Porto Vecchio presenta uno specchio acqueo di circa 66.000 m² che è racchiuso da circa 1.200 metri di banchina, ricavata lungo le calate interne e la scogliera. Esso presenta fondali variabili da tre a cinque metri ed offre ormeggio ad unità di piccolo tonnellaggio.

Nel bacino, per effetto della rifrazione sui fondali, si riscontrano scarse condizioni di ormeggio in presenza dei moti ondosi provenienti da Sud – Est che sono caratterizzati da elevata occorrenza e da ridotta altezza.

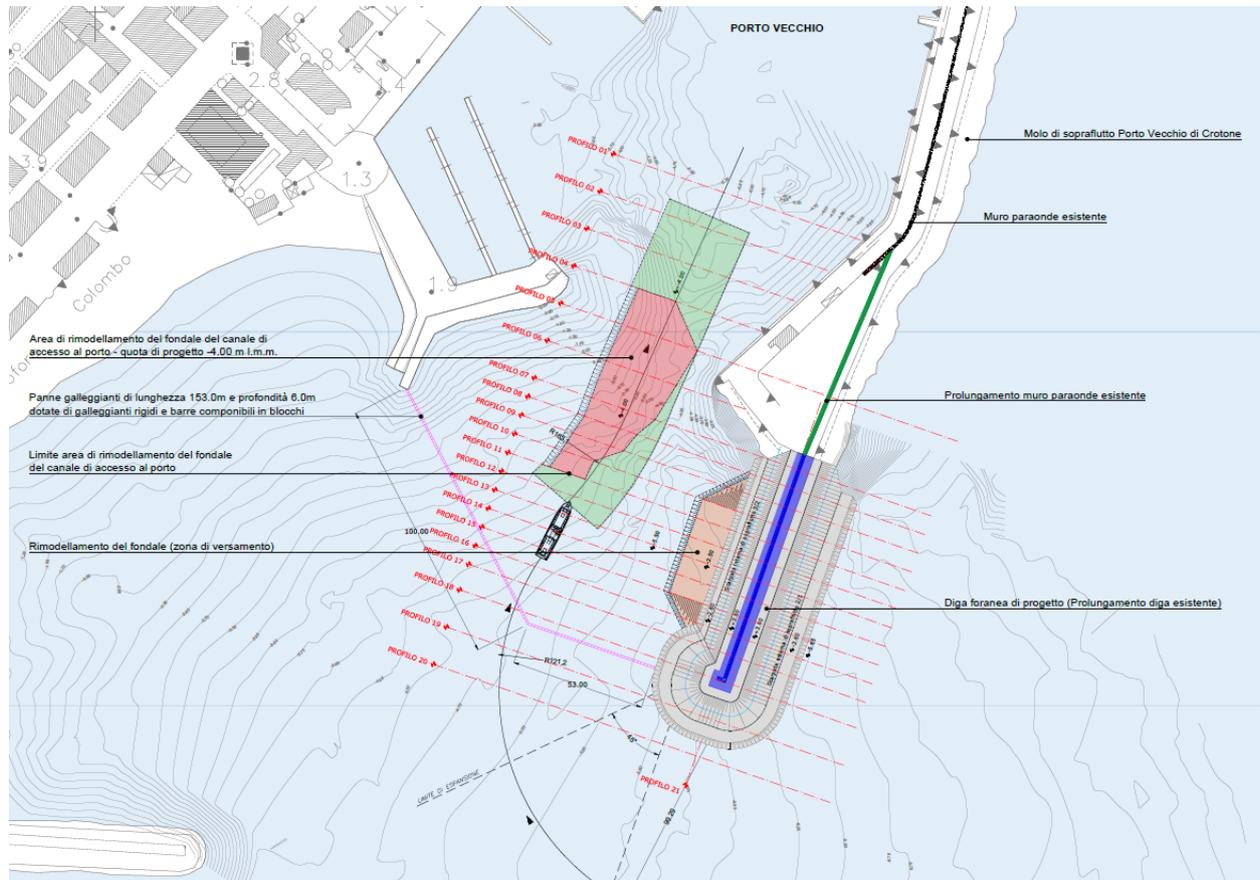
A causa di questi moti ondosi, sono frequenti i depositi nell'imboccatura dell'area portuale, provocando un innalzamento del fondale sabbioso mettendo a rischio le condizioni di navigabilità e l'accesso al porto.

4.3. Descrizione tecnica della Diga Foranea di progetto

La configurazione del prolungamento del molo foraneo di sopraflutto del Porto Vecchio di Crotona è caratterizzata da un naturale proseguimento del molo foraneo esistente. Il layout di progetto del prolungamento del molo foraneo di sopraflutto del Porto Vecchio di Crotona è mostrato in Figura.

“REALIZZAZIONE DELLA PROSECUZIONE DEL MOLO FORANEO DEL PORTO VECCHIO DI CROTONE PER MIGLIORARE IL RIDOSSO IN PRESENZA DI CONDIZIONI METEO AVVERSE”

01.GN.R01 – RELAZIONE GENERALE E TECNICA

**Figura 4.1 - Layout portuale di progetto**

L'opera di progetto consiste nei seguenti elementi principali:

- Il prolungamento della diga di sopraflutto a protezione del porto, di lunghezza complessiva di circa 130 m a partire dal tronco radicato al molo esistente, si sviluppa in direzione SW. Il molo è costituito da una scogliera esterna di protezione con mantellata in massi artificiali Antifer (elementi da 5.0 m³), postati in doppio strato in modalità “*random*” con pendenza 2:1. Lo stesso poggia su uno strato filtro costituito da scogli naturali in 1^a categoria (500-1000 kg) con pendenza 2:1 e su una berma al piede costituita da massi naturali di 3^a categoria (3-7 t) con pendenza 2:1. Il molo è dotato di muro paraonde che sovrasta la struttura fino ad una quota massima di + 5,60 m s.l.m.m. La parte interna è costituita da una scogliera con mantellata in scogli naturali di 3^a categoria (3-7 t) e con pendenza 3:2. Lo stesso

“REALIZZAZIONE DELLA PROSECUZIONE DEL MOLO FORANEO DEL PORTO VECCHIO DI CROTONE PER MIGLIORARE IL RIDOSSO IN PRESENZA DI CONDIZIONI METEO AVVERSE”

01.GN.R01 – RELAZIONE GENERALE E TECNICA

poggia su uno strato filtro costituito da scogli naturali in 1^a categoria (500-1000 kg) con pendenza 3:2 e su una berma al piede costituita da massi naturali di 2^a categoria (1-3 t) con pendenza 3:2. Le scogliere di protezione e lo strato filtro sono poggiati su un nucleo in Tout Venant. Il piano di posa dei piedi interni ed esterni è costituito da uno scanno di imbasamento in pietrame (100-500 kg) di spessore 70 cm, protetto al fondo da uno strato di geotessuto 400g/mq.

Si fornisce di seguito una descrizione dettagliata di tutte le componenti e le parti di opera di carattere strettamente marittimo, che rappresentano la parte predominante dei lavori. In particolare, sarà data una descrizione tecnica dettagliata del prolungamento del molo analizzate per singola sezione di opera, delle tecnologie costruttive e dei materiali impiegati.

Sarà inoltre fornita la descrizione tecnica del muro paraonde, delle caratteristiche della agibilità imboccatura portuale, del sistema di manovrabilità interno al bacino, del sistema di segnalazione d'ingresso dal porto.

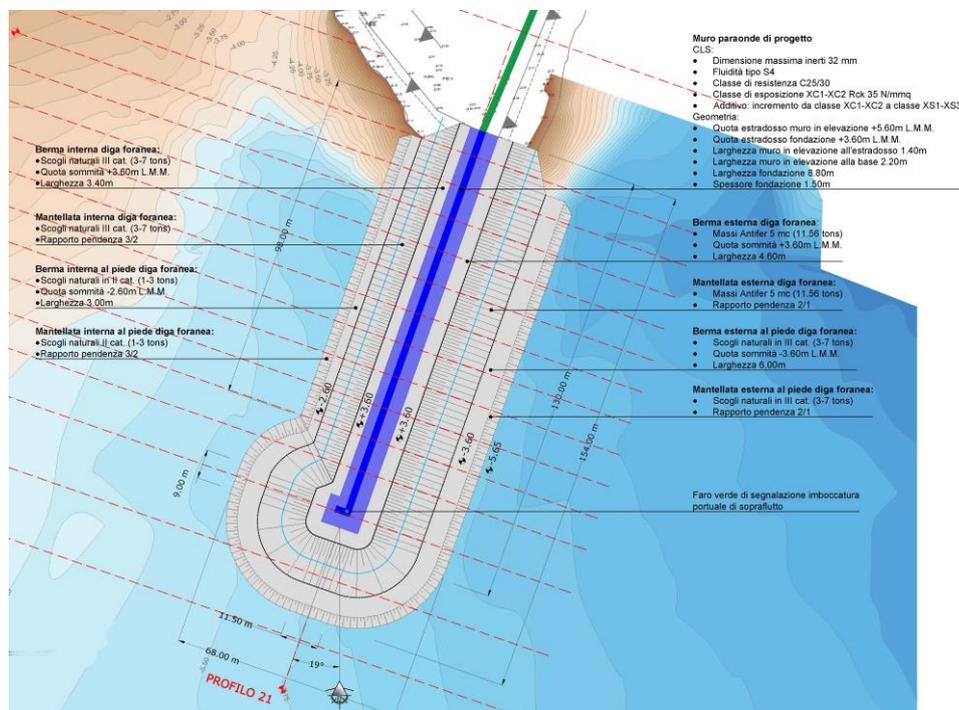


Figura 4.2 - Prolungamento della diga foranea di sopraflutto

4.3.1. Descrizione delle opere a gettata in massi e/o scogli naturali (sezione di progetto in testata)

La testata di sopraflutto è la porzione finale della diga foranea. Questa presenta una conformazione a prisma a base cilindrica protetta dal muro paraonde sia sul fronte mare che sul fronte terra. Il muro paraonde si sviluppa lungo il naturale andamento della testata della diga.

La testata è costituita da un muro paraonde in cls avente le seguenti caratteristiche:

- quota all'estradosso pari a +5,60 m s.l.m.m.;
- larghezza all'estradosso pari a 1,40 m ed alla base pari a 2,20 m;
- spessore fondazione pari a 1,50 m;
- profondità complessiva della fondazione pari a 8,80 m.

Il muro paraonde si sviluppa, planimetricamente, con il proseguo naturale della testata della diga foranea. La forma ad “L” in prossimità della testata garantisce il paramento del moto ondoso proveniente da S-E e proveniente da S-W.

Il muro paraonde è protetto da una diga foranea di impronta trasversale complessiva circa pari a 68,8 metri, poggiata su un fondale sabbioso, avente le seguenti caratteristiche:

- nucleo, a sezione trapezoidale, costituito da Tout Venant con quota di sommità fissata a +0,50 m s.l.m.m.,
- piede interno, costituito in scogli naturali di 2^a categoria (1000-3000 kg), con pendenza 2:1 con quota alla sommità di -3,60 m s.l.m.m., poggiante su scanno di imbasamento in pietrame (100-500 kg) di spessore 70 cm e strato in geotessuto (400 g/m²);
- piede esterno, costituito in scogli naturali di 3^a categoria (3000-7000 kg), con pendenza 2:1 con quota alla sommità di -3,60 m s.l.m.m., poggiante su scanno di imbasamento in pietrame (100-500 kg) di spessore 70 cm e strato in geotessuto (400 g/m²);

- strato filtro dello spessore di 2,00 m, costituito in scogli di 1^a categoria (500-1000 kg), con quota di sommità fissata a +2,10 m l.m.m., scarpa interna con pendenza 2:1 e scarpa esterna con pendenza 2:1;
- mantellata esterna dello spessore di 3,40 metri, costituita da massi artificiali di tipo Antifer da 5,00 mc (peso 11,56 t), disposti su due file in modalità “random”, con quota di sommità fissata a +3,60 m s.l.m.m. e larghezza pari a 4,60 metri, scarpa esterna con pendenza 2:1 con larghezza pari a 14,40 m;
- mantellata interna dello spessore di 3,13 metri, costituita da scogli naturali di 3^a categoria (3-7 t), con quota di sommità fissata a +3,60 m s.l.m.m. e larghezza pari a 3,40 metri, scarpa esterna con pendenza 3:2 con larghezza pari a 9,30 m.

Sul muro paraonde sarà riposizionato il faro di segnalazione a luce verde per l'accesso all'imboccatura portuale, che sarà dislocato dalla posizione originale.

4.3.2. Descrizione delle opere a gettata in massi e/o scogli naturali (sezione di progetto in mezzeria)

La sezione in mezzeria è descrittiva del tronco di diga foranea che precede la testata di sopraflutto.

La diga è costituita da un muro paraonde in cls avente le seguenti caratteristiche:

- quota all'estradosso pari a +5,60 m s.l.m.m.;
- larghezza all'estradosso pari a 1,40 m ed alla base pari a 2,20 m;
- spessore fondazione pari a 1,50 m;
- profondità complessiva della fondazione pari a 8,80 m.

Il muro paraonde è protetto da una diga foranea di impronta trasversale complessiva circa pari a 60 metri (la larghezza complessiva varia sezione per sezione) poggiata su un fondale sabbioso, avente le seguenti caratteristiche:

- nucleo, a sezione trapezoidale, costituito da Tout Venant con quota di sommità fissata a +0,50 m s.l.m.m.,

“REALIZZAZIONE DELLA PROSECUZIONE DEL MOLO FORANEO DEL PORTO VECCHIO DI CROTONE PER MIGLIORARE IL RIDOSSO IN PRESENZA DI CONDIZIONI METEO AVVERSE”

01.GN.R01 – RELAZIONE GENERALE E TECNICA

- piede interno, costituito in scogli naturali di 2^a categoria (1000-3000 kg), con pendenza 3:2 con quota alla sommità di -2,60 m s.l.m.m., poggiante su scanno di imbasamento in pietrame (100-500 kg) di spessore 70 cm e strato in geotessuto (400 g/m²);
- piede esterno, costituito in scogli naturali di 3^a categoria (3000-7000 kg), con pendenza 2:1 con quota alla sommità di -3,60 m s.l.m.m., poggiante su scanno di imbasamento in pietrame (100-500 kg) di spessore 70 cm e strato in geotessuto (400 g/m²);
- strato filtro dello spessore di 1,30 m dal lato interno e spessore 2,00 m dal lato esterno, costituito in scogli di 1^a categoria (500-1000 kg), con quota di sommità fissata a +2,10 m l.m.m., scarpa interna con pendenza 3:2 e scarpa esterna con pendenza 2:1;
- mantellata esterna dello spessore di 3,40 metri, costituita da massi artificiali di tipo Antifer da 5,00 mc (peso 11,56 t), disposti su due file in modalità “random”, con quota di sommità fissata a +3,60 m s.l.m.m. e larghezza pari a 4,60 metri, scarpa esterna con pendenza 2:1 con larghezza pari a 14,40 m;
- mantellata interna dello spessore di 3,13 metri, costituita da scogli naturali di 3^a categoria (3-7 t), con quota di sommità fissata a +3,60 m s.l.m.m. e larghezza pari a 3,40 metri, scarpa esterna con pendenza 3:2 con larghezza pari a 9,30 m.

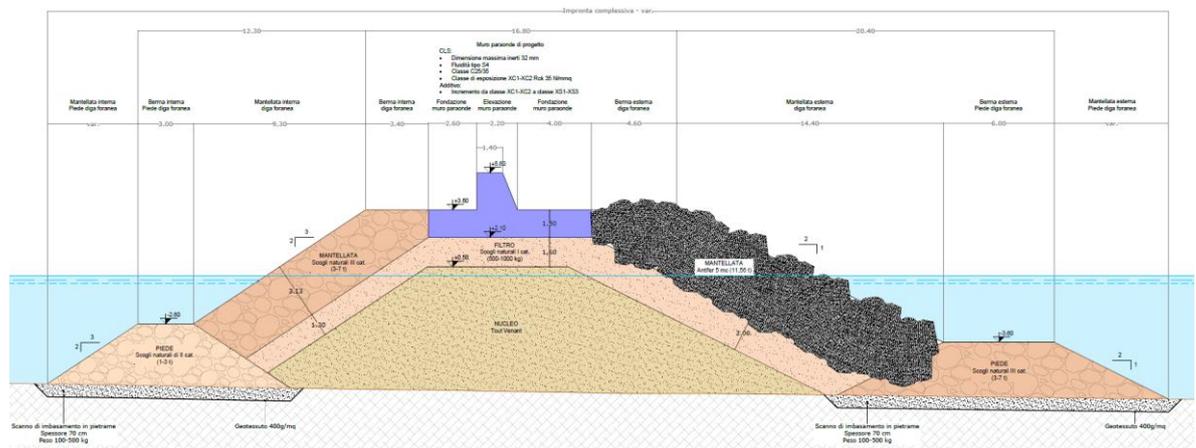


Figura 4.3 - Sezione tipo della diga foranea di Soprattutto

4.3.3. Descrizione delle modalità costruttive della Diga Foranea di progetto

Nel presente paragrafo saranno descritte le modalità e le fasi costruttive da adottare per il prolungamento della diga foranea. L’inizio effettivo delle lavorazioni è preceduto dalle attività propedeutiche:

- Preparazione campo massi: è corrispondente alla zona in cui stazioneranno i mezzi, saranno predisposti gli uffici per la Direzione Lavori e box metallici al servizio del cantiere, per la produzione e la stagionatura dei massi Antifer da porre in opera. La superficie individuata verrà bonificata e pavimentata al fine di poterla rendere fruibile anche dopo il termine dei lavori.
- Inquadramento topografico area di lavoro: sarà necessaria una livellazione geometrica partendo dalle quote di riferimento del medio mare per l’altimetria e capisaldi materializzati all’interno dell’area per l’inquadramento planimetrico. I rilievi di inquadramento e posizionamento della struttura saranno eseguiti con sistemi satellitari GNSS integrate con misurazioni a mezzo di Stazioni Totali di precisione angolare (maggiore o uguale 3”).

Le fasi costruttive sono in totale n.7 e sono:

- 1) **Formazione nucleo:** La lavorazione prevede la posa e formazione del nucleo in Tout Venant. Contestualmente, nel campo massi, si prosegue con la produzione dei massi Antifer.

“REALIZZAZIONE DELLA PROSECUZIONE DEL MOLO FORANEO DEL PORTO VECCHIO DI CROTONE PER MIGLIORARE IL RIDOSSO IN PRESENZA DI CONDIZIONI METEO AVVERSE”

01.GN.R01 – RELAZIONE GENERALE E TECNICA

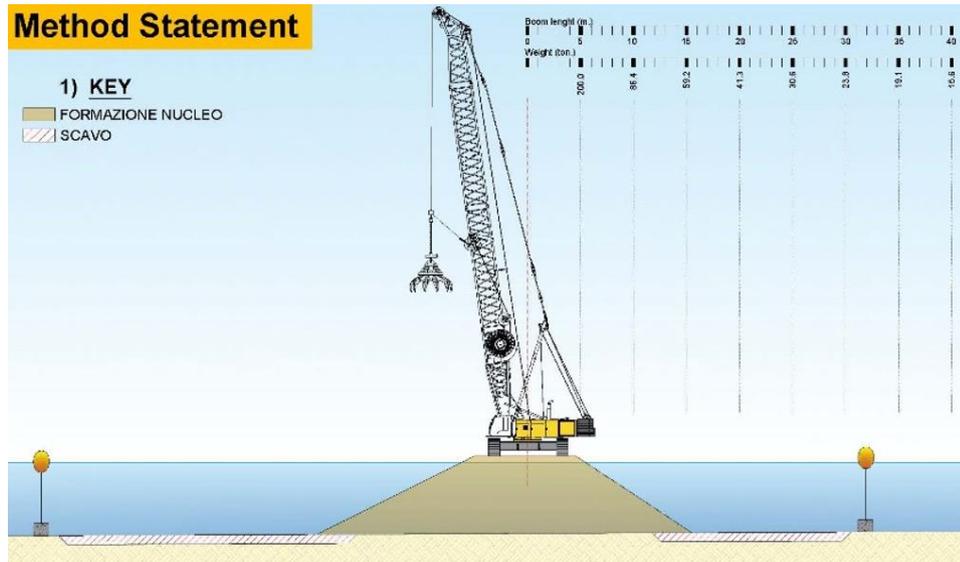


Figura 4.4 - Fase 1: formazione nucleo e inizio scanno di imbasamento

- 2) **Scanni di imbasamento e strato filtro:** La seconda fase di lavoro prevede la formazione degli scanni d'imbasamento e con inizio posa di parte dello strato filtro a protezione del materiale fine che lo costituisce. Lo scanno di imbasamento dei piedi esterno ed interno è realizzato previo stendimento del geotessile di sottofondazione. Durante le operazioni di formazione dello scanno d'imbasamento gli scavi subacquei necessari prevedranno lo spostamento del materiale escavato in area limitrofa, senza l'estrazione dello stesso dal pelo libero.

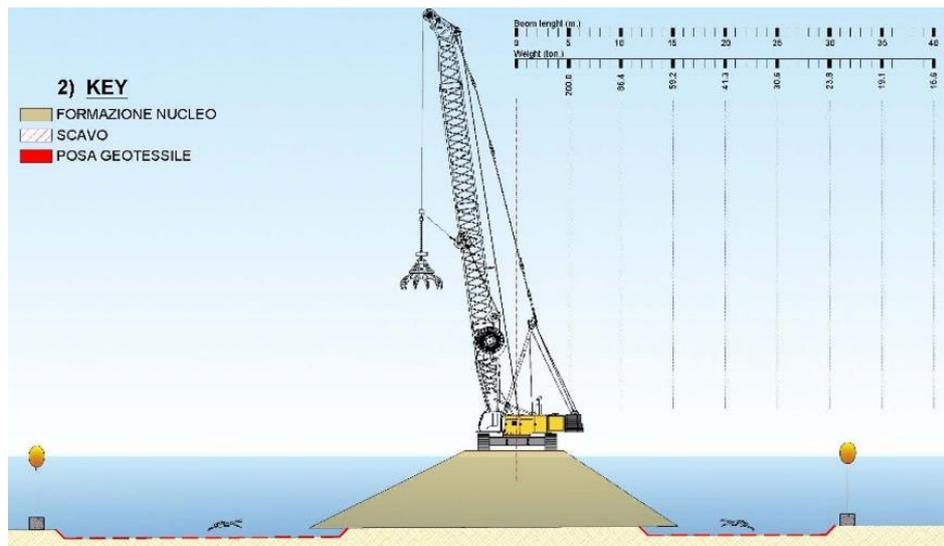


Figura 4.5 - Fase 2: formazione nucleo e posa geotessile

“REALIZZAZIONE DELLA PROSECUZIONE DEL MOLO FORANEO DEL PORTO VECCHIO DI CROTONE PER MIGLIORARE IL RIDOSSO IN PRESENZA DI CONDIZIONI METEO AVVERSE”

01.GN.R01 – RELAZIONE GENERALE E TECNICA

- 3) **Ultimazione nucleo e riempimento scanno di imbasamento:** La fase successiva consiste nell'ultimazione delle parti centrali del molo, ovvero il nucleo che verrà costipato e rullato secondo le misure progettuali ed il riempimento dello scanno di imbasamento. In questa fase si prevede, inoltre, la posa dello strato filtro (realizzato con massi di I categoria 100-500 kg) a protezione del nucleo da possibili mareggiate.

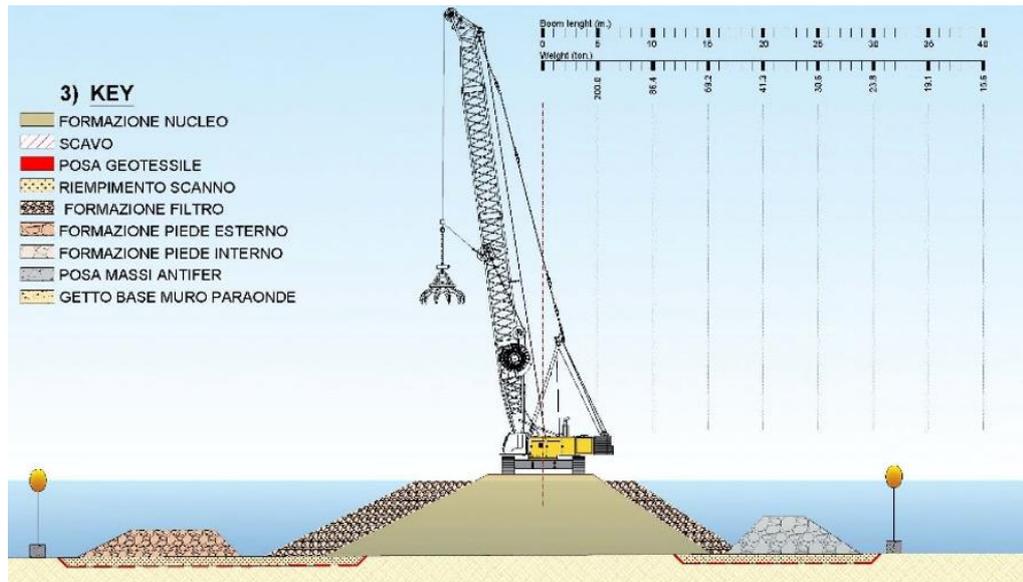


Figura 4.6 - Fase 3: ultimazione nucleo e riempimento scanno di imbasamento

- 4) **Completamento dello strato filtro e inizio posa mantellata interna:** Una volta ultimate le parti iniziali si passa alla posa definitiva dello strato filtro e la formazione sia del piede interno che del piede esterno del molo in progetto. In questa fase si prevede l'inizio della mantellata interna al molo (realizzata con massi di III categoria 1-3 ton.).

“REALIZZAZIONE DELLA PROSECUZIONE DEL MOLO FORANEO DEL PORTO VECCHIO DI CROTONE PER MIGLIORARE IL RIDOSSO IN PRESENZA DI CONDIZIONI METEO AVVERSE”

01.GN.R01 – RELAZIONE GENERALE E TECNICA

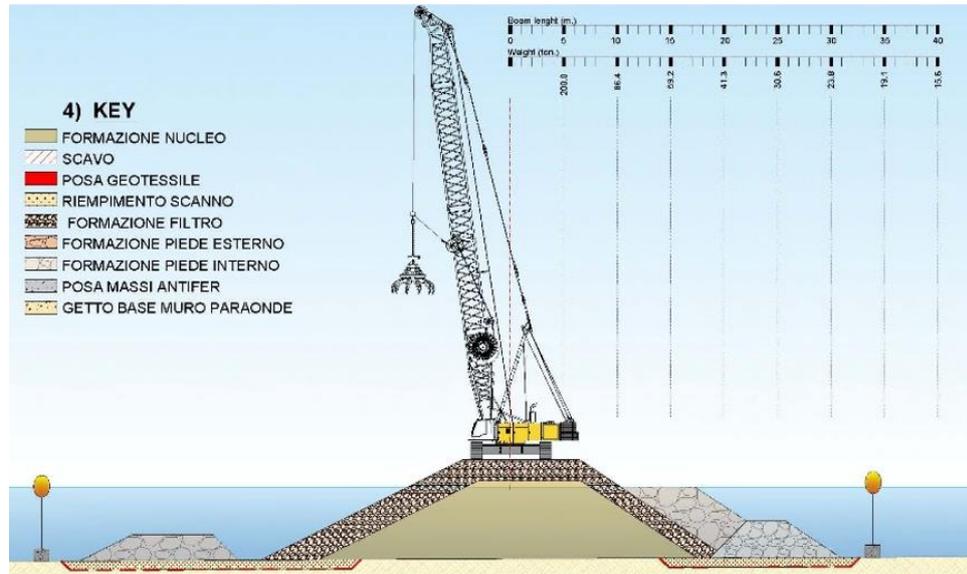


Figura 4.7 - Fase 4: completamento dello strato filtro e inizio posa mantellata interna

- 5) **Posa massi Antifer e completamento mantellata interna:** Ultimato lo strato filtro a protezione del nucleo in Tout Venant, nel rispetto delle pendenze previste, si inizia con la posa dei massi Antifer a protezione del paramento esterno del molo. Contestualmente si procede con l'ultimazione della mantellata interna al con massi di III categoria.

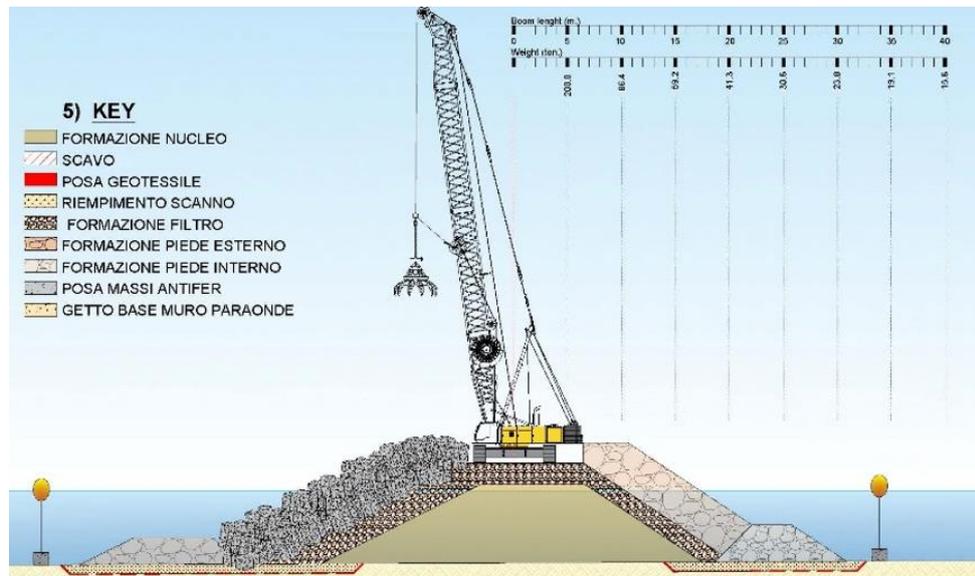


Figura 4.8 - Fase 5: posa massi Antifer e completamento mantellata interna

“REALIZZAZIONE DELLA PROSECUZIONE DEL MOLO FORANEO DEL PORTO VECCHIO DI CROTONE PER MIGLIORARE IL RIDOSSO IN PRESENZA DI CONDIZIONI METEO AVVERSE”

01.GN.R01 – RELAZIONE GENERALE E TECNICA

- 6) **Realizzazione fondazione muro paraonde:** La sesta fase di lavoro prevede la realizzazione della fondazione del muro paraonde e la predisposizione dei richiami di armatura per il muro stesso. In questa fase verrà ultimata la posa dei massi Antifer.

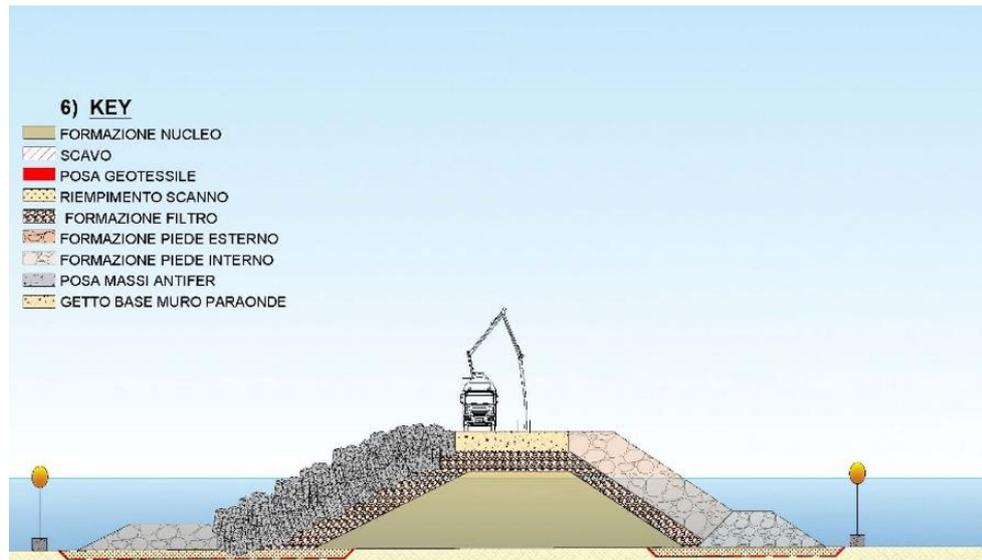


Figura 4.9 - Fase 6: realizzazione fondazione muro paraonde

- 7) **Realizzazione elemento in elevazione del muro paraonde:** L'ultima fase lavorativa consiste nella realizzazione del muro paraonde.

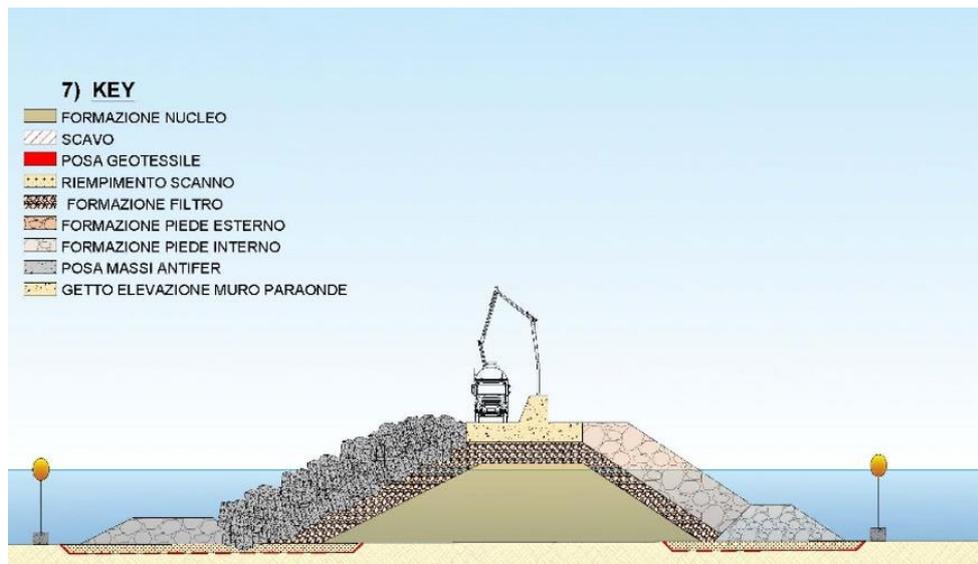


Figura 4.10 - Fase 6: realizzazione fondazione muro paraonde

4.4. Descrizione tecnica del rimodellamento dei fondali del canale d'ingresso al Porto

Il progetto prevede il rimodellamento dei fondali della fascia di ingresso al Porto Vecchio, di larghezza pari a 40.0 m e con profondità di progetto fissata a -4.0 m l.m.m..

Il rilievo batimetrico, realizzato nella fase d'indagine conoscitiva per presente progetto esecutivo, ha permesso di localizzare con precisione le aree nell'intorno dell'imboccatura caratterizzate da fondali con scarsa profondità. E' stato rilevato, infatti, che per alcune zone il fondale attuale raggiunge profondità pari a -2.85 m l.m.m.. Fortunatamente, dal rilievo batimetrico, si è riscontrato che tale criticità è localizzata esclusivamente tra la testata dell'attuale diga di sopraflutto e quella di sottoflutto (molo Sanità).

Diversamente a quanto previsto dal progetto definitivo, che prevedeva il dragaggio dei fondali, si è optato di intervenire con un semplice rimodellamento degli stessi in attuazione dell'art. 109 del D.lgs 152/2006 è stato emanato il Decreto del Ministero dell'Ambiente n. 173 del 15 luglio 2016 "Regolamento recante modalità e criteri tecnici per l'autorizzazione all'immersione in mare dei materiali di escavo di fondali marini".

L'art. 2 comma 1, lettera f) del D.M. 173/2016 definisce lo "spostamento in ambito portuale" come la "movimentazione dei sedimenti all'interno di strutture portuali per le attività di rimodellamento dei fondali al fine di garantire l'agibilità degli ormeggi, la sicurezza delle operazioni di accosto ovvero per il ripristino della navigabilità, con modalità che evitino una dispersione dei sedimenti al di fuori del sito di intervento".

Il D.M. 173/2016 all'art. 1 comma 2, lettera a) specifica, altresì, che tale Regolamento non si applica agli "spostamenti in ambito portuale" così come definito all'art. 2 comma 1, lettera f).

Tale procedura è decisamente più snella dal punto di vista burocratico in quanto non prevede, quindi, l'ottenimento dell'autorizzazione di cui all'art. 109 del D.Lgs. 152/2006, pur essendo ugualmente efficace in termini tecnici e di obiettivo.

“REALIZZAZIONE DELLA PROSECUZIONE DEL MOLO FORANEO DEL PORTO VECCHIO DI CROTONE PER MIGLIORARE IL RIDOSSO IN PRESENZA DI CONDIZIONI METEO AVVERSE”

01.GN.R01 – RELAZIONE GENERALE E TECNICA

Tale decisione è stata assunta in condivisione con la stazione appaltante e con il RUP durante la riunione del 22/3/2023 presso la sede dell'autorità di sistema.

Si procede con la descrizione tecnica dell'intervento.

4.4.1. Rimodellamento subacqueo con mezzi marittimi

La sezione di rimodellamento subacqueo consiste nel prelievo del materiale sabbioso al di sotto del livello medio mare e lo sversamento in apposta area di destinazione nell'ambito del cantiere.

Il volume di escavo si calcola, mediante utilizzo di software grafico, sulla base delle sezioni trasversali al canale d'ingresso e stimando, di volta in volta, l'area di escavo moltiplicata per la relativa lunghezza di influenza. L'intervento consiste dello spostamento di circa 2600 m³ di materiale sabbioso dal canale di accesso al porto ad area limitrofa al piede della realizzanda diga foranea.

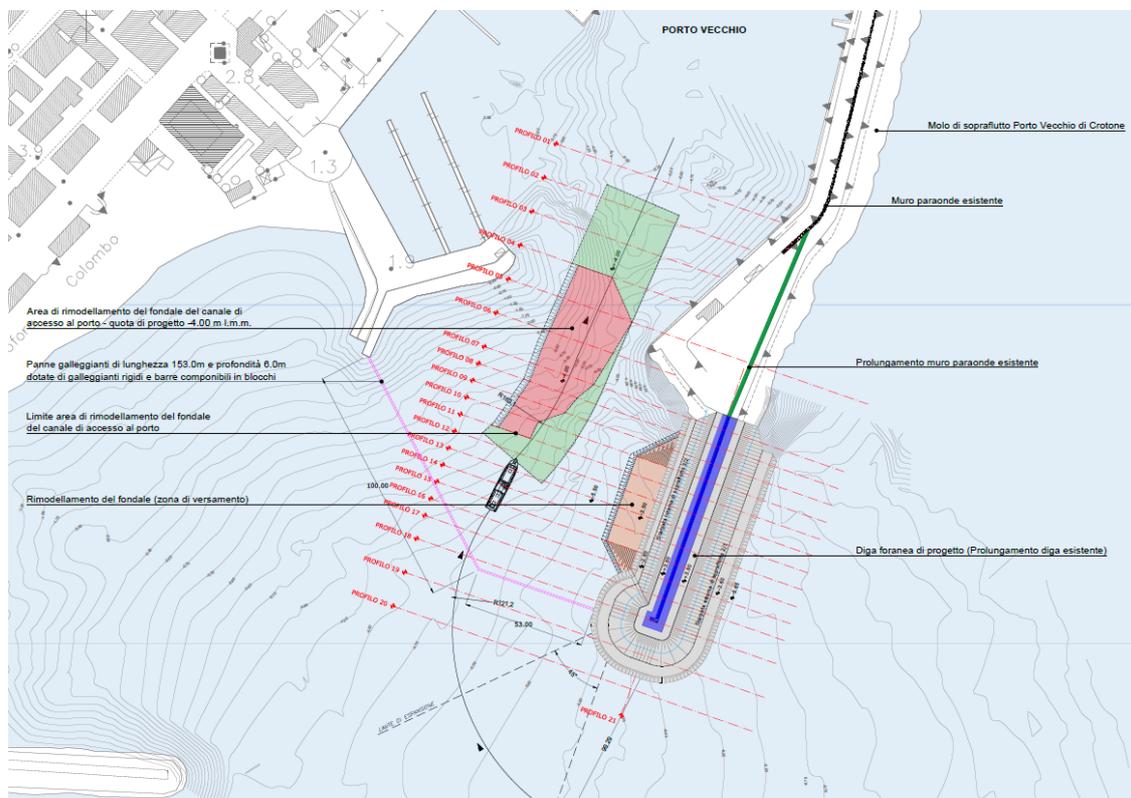


Figura 4.11 – Planimetria di progetto di rimodellamento dei fondali

Le sezioni interessate dalla procedura di rimodellamento (escavo) sono dalla n.4 alla n.11. Le sezioni interessate dalla procedura di versamento sono dalla n.10 alla n.15.

Per la mitigazione degli effetti sull'ambiente costiero, al fine di ridurre al minimo l'alterazione delle acque dovuta alle sabbie riversate, le operazioni di rimodellamento, all'occorrenza, saranno eseguite con l'impiego di idonee panne (o barriere) galleggianti anti – torbidità. Le caratteristiche tecniche delle panne galleggianti sono idonee al tipo di progettazione proposta. In particolare, le panne hanno una lunghezza di circa 153 m e di profondità pari a 6 m. Sono munite di galleggianti rigidi e barre componibili in blocchi di varia lunghezza, con attacchi per collegare alla catena di collegamento. Le panne hanno le caratteristiche per sopportare una velocità di rimorchiamo pari a 1 Kn/h, velocità del vento pari a 10 Kn/h e della corrente pari a 2 Kn/h. Le panne supportano un'altezza d'onda pari a 0.5 m.

4.5. Descrizione tecnica opere impiantistiche

Il prolungamento della diga foranea di sopraflutto, porta con sé tutte le necessità propedeutiche alla corretta caratterizzazione della testata del molo di sopraflutto. In particolare, l'allungamento della testata provoca il necessario segnalamento della stessa ai fini della sicurezza nautica.

Pertanto, si rende necessario lo spostamento di uno dei fanali (Verde) del porto così da segnalare la nuova predisposizione della testata del molo di sopraflutto, nonché l'imboccatura al porto e facilitare quindi le manovre di ingresso e uscita. Lo spostamento fisico della sola torretta di segnalazione verde porta quindi con sé tutte le lavorazioni necessarie alla realizzazione di tale spostamento, ovvero estensione della linea elettrica, aggiornamento quadro elettrico ecc.

L'elenco delle opere relative all'impianto elettrico sarà:

- Smontaggio del faro/lanterna di segnalazione esistente.
- Demolizione del blocco basamento esistente.
- Spostamento del faro/lanterna nella nuova posizione.

- Installazione e fissaggio del faro/lanterna nella nuova posizione.
- Inserimento cunicolo portacavi prefabbricato per la posa del nuovo cavo.
- Infilaggio del cavo elettrico attraverso il nuovo cunicolo.
- Installazione del box di protezione del quadro elettrico a ridosso del muro paraonde
- Montaggio del quadro elettrico
- Cablaggio e alimentazione del faro/lanterna.
- Installazione della messa a terra.

Lo spostamento del “fanale”, descritto nei paragrafi precedenti e visibile anche nella figura 3.2, comporta la creazione di una nuova rete atta a collegare il vecchio impianto elettrico al nuovo.

Per la realizzazione di questo nuovo “collegamento”, si è optato per l’inserimento all’interno della base del nuovo muro paraonde, di un elemento prefabbricato in calcestruzzo che permetta il minor ingombro possibile. Questo elemento: il cunicolo portacavi, avrà due gole di dimensioni diverse, la più piccola atta ad accogliere i cavi elettrici oggetto di questo progetto, la più grande sarà a disposizione di eventuali ampliamenti o installazioni future

Ovviamente il cunicolo partirà dalla posizione attuale della Torretta e arriverà in prossimità della nuova posizione, sempre in affiancamento al muro paraonde.

Per rendere l’opera più funzionale, si è optato per lo spostamento del quadro elettrico in prossimità del fanale, posizionandolo nell’angolo creato dal muro ad L sulla punta del prolungamento del molo. Oltre che per finalità logistiche la scelta è stata effettuata per garantire una maggiore protezione al quadro elettrico. Per garantire una ulteriore protezione dovrà essere predisposto un box a tenuta stagna per l’alloggio del quadro.

Si rimanda alla “06.OI.R01 – Relazione Tecnica Opere Impiantistiche” per i dettagli costruttivi e tecnici dell’impianto elettrico.

5. CRITERI DI COMPUTO E COSTI DELLE OPERE MARITTIME

5.1. Descrizione dei criteri generali di computo delle opere

Il computo delle opere del prolungamento della diga foranea del Porto Vecchio di Crotona è stato molto laborioso per la grande complessità delle opere.

Per tale motivo è stato inizialmente necessario fissare dei criteri generali di computo che potessero schematizzare e semplificare il processo che risulta così definito:

- Individuazione dei parametri base di progettazione;
- Individuazione delle principali lavorazioni e/o fornitura di materiali da prevedersi suddivise per aree di intervento (foranea di sopraflutto, foranea di sottoflutto, banchina di riva e pontili)
- Stima delle quantità coinvolte per ogni lavorazione e/o fornitura di materiale prevista;
- Computo delle quantità.

La schematizzazione di questo processo è descritta più approfonditamente all'interno della relazione “04.OM.R07 – Quaderno delle quantità”.

5.1.1. Parametri base di progettazione

La progettazione delle opere marittime si basa sull'assunzione di alcuni parametri utili al dimensionamento delle parti d'opera necessarie.

Per coerenza con quanto già in atti, nell'ambito della presente progettazione esecutiva è stato impiegato il metodo di quantificazione delle quantità di materiali già utilizzato nel corso della progettazione definitiva posta a base di gara.

I parametri fissati per la progettazione delle opere marittime del prolungamento del molo foraneo del porto vecchio di Crotona sono:

- Peso specifico del materiale lapideo: 2600 kg/m³;

- Indice dei vuoti per il Tout Venant: 1. Attraverso l'esperienza progettuale e realizzativa delle opere marittime, si è fissato un indice dei vuoti, per il Tout Venant, pari a 1. Ciò è rappresentativo del fatto che le piccole dimensioni del pietrame utilizzato garantiscono una migliore compattazione dello strato;
- Indice dei vuoti per gli scogli naturali in 1^a categoria: 0.75. Attraverso l'esperienza progettuale e realizzativa delle opere marittime, si è fissato un indice dei vuoti, per gli scogli naturali in 1^a categoria, pari a 0.75. Ciò è rappresentativo del fatto che le dimensioni degli scogli in 1^a categoria garantiscono una capacità di compattazione dello strato minore del Tout Venant e uguale a quella degli scogli in 2^a e 3^a categoria;
- Indice dei vuoti per gli scogli naturali in 2^a categoria: 0.75. Attraverso l'esperienza progettuale e realizzativa delle opere marittime, si è fissato un indice dei vuoti, per gli scogli naturali in 2^a categoria, pari a 0.75. Ciò è rappresentativo del fatto che le dimensioni degli scogli in 2^a categoria garantiscono una capacità di compattazione dello strato minore del Tout Venant e uguale a quella degli scogli in 1^a e 3^a categoria;
- Indice dei vuoti per gli scogli naturali in 3^a categoria: 0.75. Attraverso l'esperienza progettuale e realizzativa delle opere marittime, si è fissato un indice dei vuoti, per gli scogli naturali in 3^a categoria, pari a 0.7. Ciò è rappresentativo del fatto che le dimensioni degli scogli in 3^a categoria garantiscono una capacità di compattazione dello strato minore del Tout Venant e uguale a quella degli scogli in 1^a e 2^a categoria;
- Indice dei vuoti per i massi Antifer: 0.58. Attraverso l'esperienza progettuale e realizzativa delle opere marittime, si è fissato un indice dei vuoti, per i massi Antifer, pari a 0.58. Ciò è rappresentativo del fatto che le dimensioni dei massi Antifer garantiscono una capacità di compattazione minore del materiale lapideo naturale impiegato nella sezione di progetto;

Coefficiente di compenetrazione ed assestamento: 1.06. Per le parti d'opera che verranno compattate dal passaggio dei mezzi pesanti, saranno da calcolarsi delle

“REALIZZAZIONE DELLA PROSECUZIONE DEL MOLO FORANEO DEL PORTO VECCHIO DI CROTONE PER MIGLIORARE IL RIDOSSO IN PRESENZA DI CONDIZIONI METEO AVVERSE”

01.GN.R01 – RELAZIONE GENERALE E TECNICA

quantità di materiali pari al 6% in più per il raggiungimento della sezione di progetto. Per tale motivo alcune parti, come evidenziato nei casi specifici, si aumenterà il risultato ottenuto di un 6%.

Riassumendo i parametri base della progettazione sono:

TABELLA PARAMETRI DI COMPUTO	
<i>Peso Specifico del materiale lapideo [kg/m³]</i>	2,6
<i>Indice dei vuoti Tout Venant</i>	1
<i>Indice dei vuoti scogli naturali in 1^a cat</i>	0,75
<i>Indice dei vuoti scogli naturali in 2^a cat</i>	0,75
<i>Indice dei vuoti scogli naturali in 3^a cat</i>	0,75
<i>Indice dei vuoti massi Antifer</i>	0,58
<i>Coefficiente di compenetrazione ed assestamento</i>	1,06

Tabella 8.1 - Parametri di computo

5.1.2. Lavorazioni e/o forniture necessarie

L'individuazione e stima delle principali lavorazioni e/o fornitura di materiali da prevedersi sono state suddivise per aree di intervento. Si riporta l'estratto dei risultati ottenuti per ognuna di queste aree rimandando alla relazione specifica per le modalità di calcolo.

FORANEA DI SOPRAFLUTTO			
<i>Parte di opera</i>	<i>Lavorazione e/o materiale</i>	<i>U.M.</i>	<i>Quantità</i>
<i>Diga Foranea</i>	Volume di escavo subacqueo (Imbasamento)	[m ³]	3426.87
	Area Geotessile	[m ²]	4895.53
	Scanno di imbasamento (Fondazione al piede)	[t]	7083.34
	Tout Venant (Nucleo)	[m ³]	14351.65
	Scogli di 1 ^a categoria (Strato filtro)	[t]	18116.70
	Scogli di 2 ^a categoria (Piede interno)	[t]	4920.80
	Scogli di 3 ^a categoria (Piede esterno)	[t]	15364.86
	Scogli di 3 ^a categoria (Mantellata interna)	[t]	8091.66
	Volume Antifer (Mantellata esterna)	[m ³]	6596.65
	Volume di sollevamento e posa Antifer	[m ³]	6596.65
	Additivo CLS (Antifer)	[€/mc]	6596.65
<i>Muro Paraonde su nuova Diga Foranea</i>	Volume CLS Strutturale in Fondazione	[m ³]	1700.69
	Volume CLS Strutturale in Elevazione	[m ³]	448.88
	Superficie Casseri Fondazione	[m ²]	492.12
	Superficie Casseri Elevazione	[m ²]	640.29
	Additivo CLS	[€/mc]	2149.57

“REALIZZAZIONE DELLA PROSECUZIONE DEL MOLO FORANEO DEL PORTO VECCHIO DI CROTONE PER MIGLIORARE IL RIDOSSO IN PRESENZA DI CONDIZIONI METEO AVVERSE”

01.GN.R01 – RELAZIONE GENERALE E TECNICA

	Acciaio di armatura	[kg]	42991.40
<i>Muro Paraonde su diga foranea esistente</i>	Volume CLS Strutturale in Elevazione	[m ³]	400.57
	Superficie Casseri Elevazione	[m ²]	554.17
	Additivo CLS	[€/mc]	400.57
	Inghisaggio	[cad]	555
	Trasporto e conferimento (Demolizione)	[m ³]	57.60

Tabella 8.2 – Lavorazioni e forniture Foranea di sopraflutto

TABELLA DI COMPUTO DEL RIMODELLAMENTO DEL FONDALE						
	Computo degli scavi			Computo dei riempimenti		
Sezione di riferimento	Area di escavo	Lunghezza di influenza	Volume di escavo	Area di versamento	Lunghezza di influenza	Volume di versamento
	[m ²]	[m]	[m ³]	[m ²]	[m]	[m ³]
Sezione 4	21,26	20	425,2			
Sezione 5	36,82	20	736,4			
Sezione 6	34,78	20	695,6			
Sezione 7	27	15	405			
Sezione 8	17,76	10	177,6			
Sezione 9	11,37	10	113,7			
Sezione 10	5,15	10	51,5	51,1	10	511
Sezione 11	5,11	10	51,1	49,67	10	496,7
Sezione 12				47,43	10	474,3
Sezione 13				44,99	10	449,9
Sezione 14				43,11	10	431,1
Sezione 15				42,24	7	295,7
Sezione 16						
Sezione 17						
Sezione 18						
Sezione 19						
TOT			2656,1			2658,7

Tabella 8.2 – Lavorazioni e forniture rimodellamento del fondale

5.1.3. Computo delle quantità

Il computo delle quantità delle opere marittime comprende le seguenti Super Categorie corrispondenti alle macro aree di intervento riportate nei paragrafi precedenti:

1. Diga Foranea;
2. Muro paraonde;
3. Rimodellamento fondali;
4. Impiantistica.

Nelle categorie sono state poi riportate l'elenco delle lavorazioni e/o materiali necessari per la realizzazione dell'opera. All'interno della relazione “04.OM.R07 – Quaderno delle quantità” è descritto il criterio di computo della specifica quantità.

Le categorie relative alle opere marittime sono:

1. Scavi e rinterri
2. Materiali aridi
3. Scogli naturali
4. Massi artificiali
5. Geotessili
6. Calcestruzzi
7. Casserature
8. Inghisaggi
9. Trasporti e conferimenti
10. Acciai d'armatura
11. Demolizioni
12. Componenti elettrici

5.2. Costo complessivo delle opere

5.2.1. Elenco prezzi utilizzato ed analisi dei prezzi

L'elenco prezzi è stato redatto ed integrato nel rispetto di quello contenuto nel progetto definitivo posto a base di gara, determinato dal “Prezzario dei Lavori Pubblici della Calabria anno 2022” aggiornato ai sensi del c.2 art. 26 D.L. n.50 del 17/05/2022 e

approvato con Con D.G.R. n.344 del 25/07/2022 dal Dipartimento Infrastrutture e Lavori Pubblici della Regione Calabria.

Per alcuni prezzi di lavorazioni e/o materiali specifici, non contemplati dal suddetto prezzo, è stato necessario ricorrere all’“Aggiornamento e revisione della Tariffa dei prezzi, Edizione Luglio 2022, per le opere pubbliche edili ed impiantistiche del Lazio” approvato con Deliberazione della Giunta Regionale del 26/07/2022 n.640.

Per altre voci specifiche, non presenti all’interno dei prezzi pubblici, è stata necessaria l’elaborazione di specifiche analisi del prezzo determinate dalla applicazione dei prezzi elementari del “Prezzario dei Lavori Pubblici della Calabria anno 2022” ove possibile o sulla base di specifiche indagini di mercato.

5.2.2. Costo complessivo delle opere

Il **costo totale delle opere marittime**, classificate ai sensi dell’Allegato A del D.P.R. del 5 ottobre 2010, n. 207 in OG7 – Opere marittime, è di **€ 6.505.209,82** ed è così suddiviso nella macro aree di intervento:

1. Diga Foranea – € 5.583.689,99 per il 85,834 %;
2. Muro paraonde – € 788.442,82 per il 12,12 %;
3. Rimodellamento fondali – € 98.327,36 per il 1,512%;
4. Impiantistica – € 34.749,65 per il 0,534 %.

Il costo della mano d’opera è pari ad € 1.051.568,82