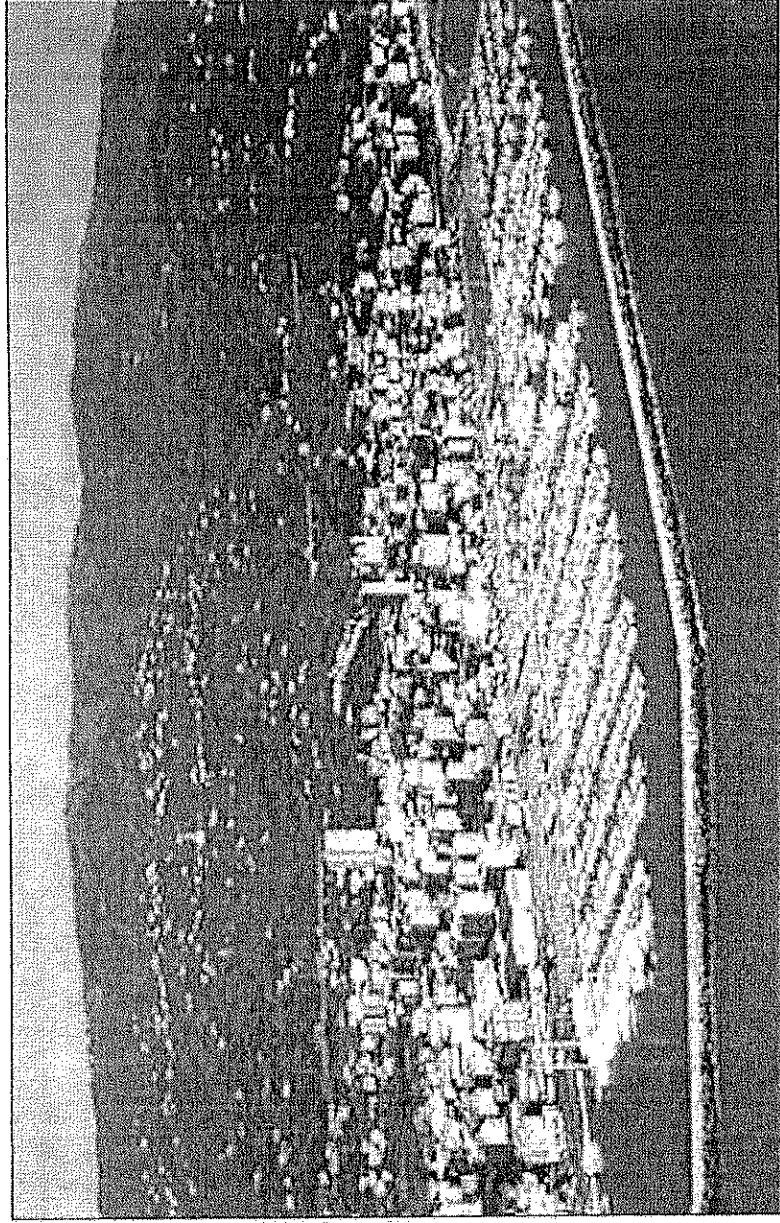


PORTO TURISTICO DI LAVAGNA

Muro paraonde e scogliera di protezione del
molo foraneo

Interventi di sistemazione e riqualificazione
dell'intero complesso

RELAZIONE TECNICO-ILLUSTRATIVA



PROGETTAZIONE

Studio C.P.S. srl
Centro elaborazione dati
Piazza Rossetti, 2/2
16129 Genova

COMMITTENTE

Porto di Lavagna S.p.a.
Porto turistico di Lavagna
Uff. Amm. Viale Monza, 305
20126 Milano

AUGATO u A^u

Committente- Concessionario	PORTO DI LAVAGNA S.p.a. Porto turistico di Lavagna Uff. Amm. Viale Monza, 305 20126 Milano Tel. 0185.364.192 - Fax 0185.376.308 giacava@tiscalinet.it	
Opera	Porto turistico di Lavagna	
Progetto	Muro paraonde e scogliera di protezione del molo foraneo	
Elaborati	<p> <u>Studio N. 0</u> - Il Porto turistico di Lavagna nel suo complesso: possibili interventi di sistemazione e riqualificazione <u>Studio N. 1</u> - Descrizione del progetto: molo foraneo <u>Studio N. 2</u> - Caratterizzazione dei fondali e del paraggio dal punto di vista idrodinamico e sedimentologico. Dati di progetto e verifiche di dimensionamento e stabilità. <u>Studio N. 3</u> - Approvvigionamento del materiale e modalità realizzative delle opere <u>Studio N. 4</u> - Caratterizzazione del paraggio dal punto di vista bionaturalistico (mappatura delle biocenosi di pregio) <u>Studio N. 5</u> - Stima delle possibili alterazioni indotte dalle opere sui regimi e le entità che caratterizzano il paraggio </p>	
Altri dati	Data	Agosto 2001
Studio	Dati generali C.P.S. srl Centro elaborazione dati Piazza Rossetti, 2/2 - 16129 Genova Firma	Timbro
Rifer. Interni	Sigla D:\Lavagna\Elaborati per screening\Relazioni	

STUDIO N. 0

IL PORTO TURISTICO DI LAVAGNA NEL SUO COMPLESSO: POSSIBILI INTERVENTI DI SISTEMAZIONE E RIQUALIFICAZIONE

TITOLO 1 (Studio N. 0) - RELAZIONE TECNICO - ILLUSTRATIVA

CAPITOLO 1 (Titolo 1) - DESCRIZIONE DELLA SITUAZIONE GENERALE DEL PORTO DI LAVAGNA: STATO ATTUALE

Il Porto turistico di Lavagna è stato realizzato nel periodo tra il 1974 ed il 1976, utilizzando una superficie di circa 313.000 m², comprendente lo specchio d'acqua interno e gli spazi a terra. Si sviluppa nella zona antistante l'abitato, tra la foce del fiume Entella e la centrale Piazza Milano, seguendo la linea di demarcazione della zona demaniale parallelamente alla Via dei Devoto, e può ospitare fino a 1600 imbarcazioni.

L'orientamento della diga è in funzione del mare di libeccio, che nella zona rappresenta il maggiore pericolo, in modo tale che l'imboccatura del porto sia completamente protetta. L'accesso avviene tramite un passaggio avente una larghezza netta di circa 60 metri, ed è delimitato da un molo foraneo di circa un chilometro e da un molo di sottoflutto che, partendo perpendicolarmente da Piazza Milano, chiude praticamente lo specchio d'acqua formante il porto. Allo stato attuale la situazione del molo foraneo risulta molto critica e comporta un grado di rischio molto elevato per la stabilità delle opere e, di conseguenza, per il porto nel suo complesso e la pubblica incolumità.

Gli spazi a terra sono stati ottenuti grazie ad un riempimento a quota +1,20 metri sul livello del mare e sono attualmente adibiti a zona commerciale e ad attività complementari e necessarie all'attività portuale (Torre di Controllo, Comando del Porto e personale per la vigilanza, autorimesse, officine per manutenzione imbarcazioni, ecc..).

Dal punto di vista della viabilità ed accessi, il porto è ubicato in modo da poter essere facilmente raggiungibile dall'Autostrada di Chiavari e di Lavagna, ed attualmente l'accesso dalla statale Aurelia avviene mediante due svincoli verso la foce dell'Entella, che consentono la distribuzione del traffico lungo la Via dei Devoto. E' in fase di completamento la realizzazione di un nuovo sottopasso carrabile per sole auto tra Via dei Devoto e la Statale in prossimità del centro città. La zona portuale si trova

tuttavia piuttosto isolata dal resto della città ed è priva di strutture ed attività che possano consentire una maggiore interazione tra le due zone. L'area portuale è diventata una zona 'esclusiva' (nel senso negativo del termine) frequentata solamente durante il periodo estivo dai fruitori del porto e da pochi altri.

Attualmente il Porto turistico di Lavagna si presenta dunque in uno stato di degrado generale, sia per quanto riguarda le opere portuali (molo foraneo, molo soffiutto e relative banchine interne, pontili ecc...), che gli spazi a terra e gli edifici all'interno dell'area in concessione. La maggior parte degli spazi a terra sono praticamente abbandonati perché non sono state create attività che ne consentissero l'utilizzo e, di conseguenza, il mantenimento nel tempo.

CAPITOLO 2 (Titolo 1) - DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI MIGLIORATIVI PREVISTI

Sulla base della situazione attuale, lo Schema di Orientamento del PTC della Costa ha individuato diversi temi che dovrebbero essere sviluppati per migliorare la situazione generale del porto, tra i quali la salvaguardia e la conseguente riqualificazione del litorale a levante del porto fino a Cavi, e la creazione di una maggiore permeabilità fra città e porto, fino ad oggi ostacolata dall'interposizione della linea ferroviaria e della Statale Aurelia, e dalla mancanza di iniziative aggreganti.

Tutto l'approdo necessita di essere rilanciato e rivitalizzato per sviluppare al meglio la realtà portuale e renderla interessante non solo per gli utenti, direttamente coinvolti, ma anche per tutta la città, per i turisti e le persone di passaggio; la strategia dovrebbe essere quella di creare sinergie atte a coinvolgere tutte le parti interessate.

Gli interventi in progetto sono mirati, oltre che al mantenimento ed al potenziamento delle opere portuali da un punto di vista strutturale, anche alla realizzazione di un complesso funzionale ed organico integrato ed interagente con la città, così come suggerito nel PTC della Costa. Il complesso delle opere da realizzare è da intendersi di completamento, ristrutturazione e riqualificazione del Porto turistico di Lavagna, per un adeguato rilancio dello stesso.

Nella progettazione di tali interventi si è cercato di prestare particolare attenzione agli aspetti ambientali, funzionali ed urbanistici a scala locale, predisponendo soluzioni progettuali valide dal punto di vista tecnico e funzionale, ma anche 'attente' alla salvaguardia del litorale e delle emergenze naturalistiche, e all'inserimento nel paesaggio costiero e nel tessuto urbano.

Per quanto riguarda gli interventi strutturali, i più urgenti riguardano la sistemazione del molo foraneo con lo studio di una soluzione che, oltre alla funzione puramente difensiva dello specchio acqueo interno, consenta la fruizione dell'area di banchina in aderenza al molo e renda possibile l'utilizzo dei posti barca lungo la diga, attualmente non agibili (Studio N. 1).

L'integrazione con la città verrà raggiunta con la costruzione di una galleria di prolungamento dell'attuale sottopasso pedonale, che congiunge Piazza della Libertà (di fronte al Comune di Lavagna, nel centro città) a Piazza Milano (in aderenza alla passeggiata a mare che prosegue verso Cavi di Lavagna), fino al molo di sottoflutto. Allo stato attuale sulla banchina interna di quest'ultimo è presente una serie di servizi di vario genere in prossimità della radice, mentre la restante parte non è adibita a nessuna attività particolare, e si presenta piuttosto disadorna ed 'abbandonata'.

Il nuovo tratto sotterraneo della galleria di collegamento arriverà in corrispondenza della radice del molo di sottoflutto e verrà attrezzato con locali commerciali per destare l'attenzione dei cittadini anche non direttamente interessati alle attività portuali. Si prevede di attrezzare anche la banchina del molo di sottoflutto, per creare una serie di attrattive di tipo commerciale o di altra natura (da stabilire anche sulla base dell'osservazione di altri porticcioli turistici) e per realizzare un prolungamento della passeggiata a mare cittadina. Le nuove attività troveranno sistemazione al di sotto della pensilina che si prevede di realizzare lungo il molo di sottoflutto.

Gli interventi in progetto porteranno anche un miglioramento della viabilità interna ed esterna all'area portuale.

Per quanto riguarda gli spazi a terra e gli edifici all'interno dell'area in concessione, attualmente in uno stato di degrado quasi totale, verranno sottoposti ad una ristrutturazione con cambiamento di destinazione d'uso: i piani primo e di copertura degli edifici CP1, CP2 e CP3 "polifunzionali" avranno destinazioni d'uso integrative ed alternative alla nautica, la "Club House" sarà adibita a centro di aggregazione delle attività portuali, i locali esposizione saranno utilizzati per iniziative culturali e sociali (seminari, centro congressi, ecc...), la copertura dell'edificio piastra, in gestione al Comune di Lavagna, verrà ristrutturata in modo da costituire un elemento organico con la passeggiata che va da Cavi di Lavagna fino all'estremità del molo di sottoflutto.

Grazie a tali interventi ci si auspica che il porticciolo di Lavagna diventi un vero e proprio polo di attrazione all'interno dell'abitato, raggiungibile con percorsi pedonali attraenti e dotato di centri di interesse anche per il pubblico non direttamente coinvolto nell'attività diportistica.

TITOLO 2 (Studio N. 0) - ELABORATI GRAFICI

CAPITOLO 1 (Titolo 2) - ELABORATI INERENTI LO STATO ATTUALE

- 2.1.1 Planimetria della città di Lavagna con riportata la zona interessata ed il Porto turistico di Lavagna. Scala 1:15.000. (Studio N. 0 - Tav. N. 01/Sta.Att.).
- 2.1.2 Planimetria generale del Porto turistico di Lavagna comprendente Piazza Milano, stato attuale. Scala 1:3.000. (Studio N. 0 - Tav. N. 02/Sta.Att.).

CAPITOLO 2 (Titolo 2) - ELABORATI INERENTI LO STATO FINALE

- 2.2.1 Planimetria generale del Porto turistico di Lavagna, stato finale. Scala 1:3.000. (Studio N. 0 - Tav. N. 01/Sta.Fin.).
- 2.2.2 Planimetria del molo di sottoflutto, comprendente la galleria di collegamento tra il porto e Piazza Milano, stato finale. Scala 1:1.000. (Studio N. 0 - Tav. N. 02/Sta.Fin.).

TITOLO 3 (Studio N. 0) - DOCUMENTAZIONE ED ELABORATI FOTOGRAFICI

- Foto 1 Situazione attuale di un tratto di scogliera a protezione del muro paraonde.
- Foto 2 Situazione attuale della banchina del molo foraneo in prossimità della zona del faro.
- Foto 3 Situazione attuale della banchina del molo di sottoflutto.
- Foto 4 Particolare dell'arredo esistente sulla copertura dell'edificio piastra.
- Foto 5 Situazione di abbandono degli spazi circostanti la "Club House".
- Foto 6 Stato generale di degrado dell'intera struttura "Club House".
- Foto 7 Particolare delle zone di scogliera più erose dall'azione del moto ondoso e stato di degrado del muro paraonde.

- Foto 8 Mancanza di una scogliera adeguata a protezione del muro paraonde.
- Foto 9 Tratto terminale del molo foraneo in prossimità del faro durante la mareggiata del dicembre 2000.
- Foto 10 Situazione del tratto terminale della banchina interna dell'opera di difesa portuale dopo una mareggiata.
- Foto 11 Ripresa del molo di sottoflutto nel suo complesso.
- Foto 12 Visione generale della banchina interna del molo di sottoflutto.

STUDIO N. 1

DESCRIZIONE DEL PROGETTO: MOLO FORANEO.

TITOLO 1 (Studio N. 1) - RELAZIONE TECNICO - ILLUSTRATIVA

CAPITOLO 1 (Titolo 1) - DESCRIZIONE DELLA SITUAZIONE ATTUALE DEL MOLO FORANEO DEL PORTO DI LAVAGNA, ANCHE IN RAPPORTO ALL'AZIONE DEL MOTO ONDOSO

La "Cala dei Genovesi S.p.A." ha realizzato la scogliera ed il muro paraonde nel periodo dal 1974 al 1976, ma non ha completato la banchina interna al molo, anche per le note vicissitudini ed il successivo fallimento della stessa, nell'aprile 1998. L'opera di difesa portuale si estende per una lunghezza complessiva di un chilometro e duecento metri circa, a partire dalla radice in prossimità della foce del fiume Entella.

Secondo quanto riportato nella relazione illustrativa allegata al progetto delle sistemazioni a terra e dei volumi all'interno della concessione demaniale presentato nel 1973, l'opera consiste "nella costruzione di una diga foranea della sezione a forma trapezia con una base di circa mt. 50 poggiate su un fondale alla quota di mt. 7/7,50 e sporgente dall'acqua per mt. 6,50". La quota della sommità del muro paraonde è "fissata in base ai dati statistici" da cui risulta che "l'onda massima significativa al largo è di mt. 7,00 per cui tenendo conto dell'effetto dissipativo del fondo e della base della diga, l'altezza dell'onda investente il molo foraneo sarà di mt. 5,50 per cui si può ritenere che la diga non venga mai trascinata e quindi le barche ricoverate nel porto saranno protette con qualunque mare, anche mare di libeccio che nella zona rappresenta il maggiore pericolo". Era inoltre previsto l'ormeggio di barche lungo la diga.

Secondo il progetto del 1973, la diga avrebbe dovuto essere formata da "massi di diverso tonnellaggio da 2-3 tonn. a 8-12 tonn." sovrastati da "un coronamento in calcestruzzo armato che forma il muro paraonde e rende la diga praticabile con una carreggiata di circa 11 metri".

La scogliera, purtroppo, non è risultata adeguata per contrastare l'azione del mare e per impedire lo scavalcamento delle onde, anche con moti ondosi meno elevati di quello di progetto, forse anche a causa dei massi impiegati, che hanno un peso mediamente inferiore alle 8 tonnellate, e dell'altezza del muro paraonde, risultata

inadeguata. I volumi d'acqua che sormontano il muro paraonde sono così elevati, da riuscire a trasportare oltre il muro massi, anche del peso di 50 - 60 kg, e pertanto gli spazi ed i posti barca lungo la banchina interna al molo foraneo non sono mai stati utilizzati. Le onde esercitano una notevole azione di disgregamento sulla scogliera e di conseguente scalzamento al piede dei muri paraonde e di banchina. L'asportazione del materiale fine dal nucleo provoca, inoltre, un'irreparabile compromissione della stabilità del molo foraneo.

Qualora l'azione del mare (in condizioni eccezionali) riuscisse ad aprire una o più breccie nel muro paraonde, le onde andrebbero ad agire direttamente sulle opere a mare e su quelle a terra interne al porto, e sulle imbarcazioni all'ormeggio, con conseguenze disastrose e reali rischi per la pubblica incolumità.

Si fa presente che nonostante i continui rifiorimenti effettuati, (di cui l'ultimo nell'estate 1999 dalla Società "Lavagna Sviluppo", pressoché totalmente azzerato dalla mareggiata del dicembre 1999), gli scogli, e particolarmente quelli di minor peso, continuano ad essere trascinati verso mare, tanto che in diversi punti le fondazioni del muro paraonde sono rimaste completamente prive di protezione.

La gravità e la pericolosità della situazione attuale del molo foraneo, soprattutto nel tratto terminale in prossimità del faro, sono evidenti se si osservano gli effetti delle ultime mareggiate (dicembre 1999 e dicembre 2000) sul molo foraneo e sullo specchio acqueo interno al porto. In particolare, in occasione della mareggiata del dicembre 1999, lo scavalcamento delle onde ha provocato, negli ultimi 30 metri della parte interna del molo foraneo verso il faro, in corrispondenza della zona di camminamento, un fossato, spingendo in mare, all'interno del porto, tutto il materiale che vi si trovava per una profondità di oltre 1 metro; tale fossato ha portato a giorno le fondazioni del muro paraonde e si è riempito di acqua, risultando attualmente in comunicazione con il mare aperto.

CAPITOLO 2 (Titolo 1) - DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI DI POTENZIAMENTO E MIGLIORAMENTO DA REALIZZARE SUL MOLO FORANEO

Sulla base delle considerazioni precedenti, si evidenziano la necessità e l'urgenza di un radicale intervento di ripristino e completamento delle opere costituenti l'opera di difesa portuale. Lo studio è stato effettuato riportando le caratteristiche progettuali del tratto di scogliera più esposto all'azione del moto ondoso (Studio N. 1 - Tav. 02/Sta.Fin.), al fine di considerare la situazione con il maggiore

ingombro. Si fa presente che tale sezione verrà realizzata per un tratto di circa 300-400 metri a partire dall'estremità del molo foraneo.

La soluzione progettuale prevede per la scogliera l'impiego di massi del peso da 12 a 15 tonnellate in calcestruzzo e di forma particolare (tetrapodi), atti a smorzare l'effetto del moto ondoso senza essere asportati (Studio N. 2 - Capitolo 5 (Titolo 1)), grazie all'elevata porosità (circa 50%) ed al notevole grado di concatenamento. Si propongono in calcestruzzo, in quanto nelle cave di pietra non sono estraibili massi naturali del peso e per le quantità richieste. Si ritiene inoltre necessario, risagomare e sopraelevare il muro paraonde e realizzare una pensilina interna in aderenza al muro, al fine di evitare che l'acqua possa raggiungere la banchina, anche in occasione di mareggiate eccezionali.

1 (Capitolo 2 - Titolo 1) - Caratteristiche della scogliera e del muro paraonde in progetto

Gli interventi sulla scogliera e sul muro paraonde sono quelli di maggiore urgenza, in quanto i massi a difesa del muro sono stati trascinati verso mare dall'azione del moto ondoso; in diversi punti il muro paraonde ha le fondazioni a vista prive di ogni protezione, ed il protrarsi di tale situazione potrebbe comprometterne la stabilità.

Il dimensionamento dei massi con cui rifiorire la scogliera è stato effettuato sulla base delle osservazioni storiche degli stati di mare cui la struttura è sottoposta (Studio N. 2 - Capitolo 4 (Titolo 1)). I tetrapodi verranno sistemati con una pendenza di 1:2,5 su un adeguato piano d'appoggio; i massi naturali di piccola e media pezzatura che costituiscono l'attuale scogliera dovranno infatti essere sistemati e disposti in maniera tale da ripristinare una pendenza omogenea e costituire parte dello strato filtro, fondamentale per la stabilità dell'intera struttura. Successivamente verranno sistemati dei massi naturali del peso di 2-3 tonnellate, fino a completare lo strato filtro per uno spessore complessivo di 2+2,5 metri. Il progetto prevede anche la realizzazione di una berma al piede per impedire lo scivolamento verso mare della mantellata sotto l'azione delle onde. Le verifiche di stabilità della scogliera sono riportate nello Studio 2 - Capitolo 6 (Titolo 1).

Come evidenziato nelle verifiche, la berma prevista in progetto è sufficiente a garantire la stabilità della scogliera, ma verrà integrata nel tempo, anche in previsione di eventuali cedimenti, con i "tegoli" costituenti l'impalcato dei pontili, che devono essere sostituiti con nuove strutture.

L'opera a gettata verrà realizzata lasciando un canale della larghezza di circa 6 metri tra la sommità della scogliera ed il muro paraonde, allo scopo di dissipare ulteriormente l'energia dell'onda che dovesse riuscire a sormontare i tetrapodi, ed evitare il superamento del muro paraonde e quindi il coinvolgimento della banchina interna.

Per rendere più gradevole l'opera e poter accedere anche alla parte esterna del molo foraneo, verranno realizzate da una a tre piattaforme mediante cassoni cellulari, posizionati all'estremità della parte emersa della scogliera (Studio N. 1 - Tav. 07/Sta.Fin.). Tali zone saranno opportunamente attrezzate ed adibite ad attività di vario genere (bagni, immersioni, punto di partenza per sci nautico, surf, vela...). Le aree saranno accessibili mediante un sovrappasso ed una rampa a gradoni posizionata lungo la scogliera, a partire dalla passeggiata a mare, prevista sulla sommità del muro paraonde. Lungo le rampe verranno realizzate alcune aree arredate con essenze arboree di vario genere, alloggiate in apposite vasche inserite nella parte superiore della scogliera. Verrà anche creato un accesso diretto alle piattaforme, mediante tunnel di collegamento, con imbocco a piano banchina (a quota +1,20 metri s.l.m.), ad uso sia del personale dei locali destinati alla gestione delle piattaforme, sia dei singoli utenti. Sarà possibile accedere al tunnel mediante un passaggio ricavato all'interno dell'attuale muro paraonde, a partire dai locali previsti a piano banchina.

Per quanto riguarda il muro paraonde, è prevista una sopraelevazione dagli attuali 6,50 metri sul livello del mare ad una quota di 7,45 metri, definita sulla base della risalita del getto d'acqua (Studio N. 2 - Punto 5 - Capitolo 6 (Titolo 1)), per impedire all'onda di oltrepassare la sovrastruttura ed arrivare sulla banchina interna. La sommità del muro verrà nel contempo ampliata, per creare uno spazio da adibire a passeggiata a mare e zona pedonale per cittadini e turisti, con accesso regolamentato, lunga oltre un chilometro, accessibile dal piano banchina (quota 1,20 metri s.l.m.) o dalla pensilina intermedia da realizzare a quota 5,05 metri, mediante una serie di scale disposte lungo il molo foraneo (Studio N. 1 - Tav. 09/Sta.Fin.).

La soluzione di adeguamento e sistemazione del muro paraonde e della scogliera ha l'obiettivo di mettere in sicurezza l'intera struttura portuale e di rendere nel contempo utilizzabili (e quindi commerciabili) i posti barca in corrispondenza della diga foranea creando, innanzitutto, una protezione dalle mareggiate, ma anche un insieme di servizi necessari per la fruizione di quell'area.

2 (Capitolo 2 - Titolo 1) - Caratteristiche della pensilina interna e della viabilità lungo il molo foraneo

Successivamente agli interventi urgenti di potenziamento e ripristino da eseguire sulla scogliera e sul muro paraonde, saranno realizzate altre opere e verranno creati ulteriori spazi da adibire ad attività diverse, integrative ed alternative alla nautica.

Per limitare ulteriormente il rischio che il getto d'acqua raggiunga la banchina interna e poter quindi utilizzare tale zona, infatti, si prevede la realizzazione di una pensilina, con piano carrabile all'estradosso a quota 5,05 metri sul livello del mare; questa consentirà di ottenere una serie di spazi coperti da adibire a box per gli utenti dei posti barca lungo il molo foraneo e ad attività varie a servizio della funzione dipartistica. La pensilina consentirà la creazione di nuovi posti auto, ai quali sarà possibile accedere tramite una rampa posta in prossimità della radice del molo.

Lungo l'intero sviluppo del muro paraonde saranno realizzate scale per mettere in comunicazione i tre livelli: piano banchina, pensilina interna e zona pedonale superiore sulla sommità del muro paraonde. Questi accessi hanno il duplice scopo di eliminare le due zone attualmente esistenti, adibite a servizi ed accesso al piano superiore, totalmente degradate, e di creare zone distinte ed immediatamente visibili, opportunamente attrezzate per rendere effettivamente fruibili gli spazi creati. Le scale partiranno da piano banchina e consentiranno di accedere direttamente al canale mediante un passaggio ricavato all'interno dell'attuale muro paraonde, a quota 3,78 metri sul livello del mare. Proseguendo lungo la rampa, si arriverà alla pensilina, a quota 5,05 metri, da cui sarà possibile accedere, mediante una doppia rampa, alla passeggiata a mare sulla sommità del muro paraonde, a quota 7,45 metri (Studio N. 1 - Tav. N. 09/Sta.Fin.). Gli spazi destinati ad attività pubbliche saranno concentrate in prossimità di tali accessi, in modo da creare zone ben visibili e distinte dalle aree destinate a box.

La viabilità lungo lo sviluppo del molo foraneo sarà articolata a partire da una rampa carrabile in prossimità della radice del molo per accedere ai livelli realizzati lungo il molo; sarà inoltre possibile arrivare al canale verso l'esterno del muro paraonde, che verrà in parte plateato in battuto di calcestruzzo ed utilizzato come strada di servizio per i mezzi di cantiere durante i lavori in progetto. Dopo il periodo di assestamento della scogliera, il canale potrebbe anche essere impiegato come strada carrabile alternativa a quella realizzata a livello della pensilina.

All'estremità dell'opera di difesa, in prossimità della testa del molo foraneo, verrà realizzato un raccordo carrabile fra i differenti livelli, presumibilmente a quota 5,05 metri, per essere abbastanza protetto dall'azione del moto ondoso. Tale collegamento dovrà consentire la manovra degli autoveicoli per il ritorno, direzione levante-ponente, verso la radice del molo.

La strada a livello banchina (quota 1,20 metri) verrà realizzata a partire da un ampliamento di circa 1 metro della banchina attuale, in modo tale da permettere l'accesso ai box privati dei proprietari delle barche ormeggiate lungo la diga ed alle barche stesse; tale strada percorrerà la banchina per l'intero sviluppo del molo foraneo con una larghezza di circa 5 metri ed arriverà fino al raccordo carrabile realizzato all'estremità del molo foraneo.

La strada a livello della pensilina (quota 5,05 metri) permetterà l'accesso ai posti auto al di sopra dei locali e si svilupperà anch'essa per l'intera lunghezza del molo foraneo con una larghezza di 5,50 metri, fino al raccordo sulla testa del molo, in quota.

3 (Capitolo 2 - Titolo 1) - Tipo di massi utilizzati per la realizzazione della scogliera

Lo stato attuale dell'opera di difesa del Porto turistico di Lavagna obbliga a prendere delle decisioni per stabilire quale tipo di interventi attuare.

Per ridurre l'elevato livello di rischio, attualmente esistente per la sicurezza dell'approdo e la pubblica incolumità, e nello stesso tempo non continuare ad intervenire con sistemazioni precarie, è necessario procedere con un intervento più radicale e risolutivo. Per questo è indispensabile dimensionare una nuova scogliera, ripristinando e potenziando quella attuale attraverso due possibili alternative: impiego di massi naturali oppure artificiali in calcestruzzo.

I massi naturali da utilizzare per ottenere una scogliera in grado di contrastare stati di mare aventi periodo di ritorno 25 anni dovrebbero avere un peso variabile tra le 18 e le 20 tonnellate, disposti su una pendenza 1:3, con un aggetto verso mare di circa 55 metri rispetto al paramento esterno del muro paraonde.

Il quantitativo di materiale necessario sarebbe quindi molto elevato ed anche di impossibile reperibilità: da un'indagine effettuata sulle cave nell'entroterra del levante ligure, è infatti emerso che non vengono estratti massi di tali dimensioni e soprattutto per le quantità richieste.

Una scogliera con le stesse caratteristiche progettuali, ma realizzata impiegando massi artificiali in calcestruzzo di tipo tetrapodi, ha un peso complessivo inferiore ed una minore quantità di materiale necessario. I tetrapodi, infatti, hanno peso variabile fra le 12 e le 15 tonnellate, sono disposti su una pendenza maggiore (1:2,5), con un oggetto verso mare di circa 45 metri rispetto al paramento esterno del muro paraonde. In tal modo si elimina il problema dell'approvvigionamento del materiale e vengono quindi notevolmente ridotti i costi e si genera un minimo disturbo in fase di esecuzione, anche per il minor tempo necessario per la posa dei massi.

Il calcestruzzo impiegato per la realizzazione dei tetrapodi verrà miscelato con opportuni additivi per fornire ai massi una colorazione simile a quella naturale delle terre. La disposizione dei tetrapodi di vario colore, dei quali sono già stati eseguiti dei campioni, avverrà in maniera casuale fornendo una visione d'insieme abbastanza simile a quella di una scogliera in massi naturali locali, come visibile nella prodotta elaborazione grafica al calcolatore delle opere in progetto.

Per abbellire l'opera e renderla particolarmente piacevole per i fruitori della passeggiata e delle piattaforme a mare, verranno inserite delle zone verdi, simili a piccole oasi, sulla sommità del muro paraonde per l'intero sviluppo e lungo le rampe per l'accesso alle piattaforme a mare, a copertura di circa il 10% + 15% della superficie complessiva del molo foraneo. Le varietà arboree da inserire dovranno essere particolarmente resistenti all'azione del vento ed in grado di vivere a contatto con l'acqua del mare; nelle fioriere, ad esempio, saranno piantumate piante di pfitosforo, tamarixsalsa, jucca o agavi.

Anche lungo la banchina interna e sulla pensilina verranno sistemate diverse essenze arboree, ad esempio olivi, lecci, oleandri o juniperus orizzontalis, per rendere più gradevole la vista dell'opera dal litorale.

Il risultato di tali accorgimenti è stato attentamente studiato in fase progettuale con particolare riferimento alle conseguenze dei nuovi interventi dal punto di vista della visione dal basso, ossia l'alterazione della visione dalla spiaggia e dal mare.

E' stata posta particolare attenzione anche alla visione dell'opera dalla passeggiata a mare superiore e dal canale, accessibile direttamente dal piano banchina mediante un passaggio ricavato all'interno dell'attuale muro paraonde, a quota 3,78 metri sul livello del mare. Dal canale sarà possibile accedere alle piattaforme utilizzando due rampe simmetriche ai lati di quella principale che scende dalla passeggiata superiore.

Oltre alle zone verdi realizzate attorno alle rampe di accesso alle piattaforme a mare, si prevede di posizionare massi naturali di media pezzatura a rivestimento dello strato interno dei tetrapodi verso il canale, per non avere una vista diretta dei massi in calcestruzzo, anche dalla passeggiata a mare realizzata sulla sommità del muro paraonde.

Si osserva che allo stato attuale l'opera di difesa ha un notevole impatto dal punto di vista paesistico, in quanto la scogliera ed il muro paraonde si trovano in uno stato di totale degrado ed abbandono. La realizzazione delle opere in progetto migliorerà la situazione del molo foraneo rispetto allo stato attuale, sia dal punto di vista della visione dalla spiaggia e dal mare, sia da quello degli utenti fruitori della passeggiata a mare che verrà realizzata sulla sommità del muro paraonde. L'utilizzo degli spazi creati, inoltre, garantirà nel tempo la conservazione ed il mantenimento di tutte le aree rese fruibili.

TITOLO 2 (Studio N. 1) - ELABORATI GRAFICI

CAPITOLO 1 (Titolo 2) - ELABORATI INERENTI LO STATO ATTUALE

- 2.1.1 Planimetria del Porto di Lavagna con riportati il molo foraneo, la viabilità in essere, i posti auto e barca, e con indicazione delle quote del fondale rilevate in sito. Scala 1:1.000. (Studio N. 1 - Tav. N. 01/Sta.Att.).
- 2.1.2 Sezione trasversale tipo del molo foraneo, stato attuale. Scala 1:200. (Studio N. 1 - Tav. N. 02/Sta.Att.).

CAPITOLO 2 (Titolo 2) - ELABORATI INERENTI LO STATO FINALE

- 2.2.1 Planimetria generale del Porto di Lavagna con riportati il molo foraneo, la viabilità di progetto, ed i posti auto e barca, stato finale. Scala 1:1.000. (Studio N. 1 - Tav. N. 01/Sta.Fin.).
- 2.2.2 Stralcio di planimetria sovrapposizione dei diversi livelli nella zona di inserimento piattaforme a mare. Scala 1:200. (Studio N. 1 - Tav. N. 02/Sta.Fin.).
- 2.2.3 N. 3 stralci di planimetria alle quote 9,50 - 6,50 - 2,40 metri nella zona di inserimento piattaforme a mare. Scala 1:200. (Studio N. 1 - Tav. N. 03-

- 05/Sta.Fin.).
- 2.2.4 Sezione trasversale corrente (A-A) del molo foraneo, stato finale. Scala 1:200. (Studio N. 1 - Tav. N. 06/Sta.Fin.).
- 2.2.5 Sezione trasversale molo foraneo (B-B e C-C) in corrispondenza delle piattaforme a mare, stato finale. Scala 1:200. (Studio N. 1 - Tav. N. 07-08/Sta.Fin.).
- 2.2.6 Prospetto scale di collegamento diversi livelli (vista da interno porto). Scala 1:100. (Studio N. 1 - Tav. N. 09/Sta.Fin.).
- 2.2.7 Sezione trasversale molo foraneo: linee superiore mantellata esterna: progetto 1974 - situazione attuale - proposta di progetto. Scala 1:200. (Studio N. 1 - Tav. N. 10/Sta.Fin.).

TITOLO 3 (Studio N. 1) - DOCUMENTAZIONE ED ELABORATI FOTOGRAFICI

- Foto 1 Effetti devastanti dell'ultima mareggiata (dicembre 2000) sull'opera di difesa portuale.
- Foto 2 Dimensione dei massi trascinati all'interno del muro paraonde durante le mareggiate.
- Foto 3 Tratto di scogliera più esposto all'azione del moto ondoso (mareggiata del dicembre 1999).
- Foto 4 Situazione della scogliera durante l'ultimo rifiorimento effettuato (estate 1999).
- Foto 5 Tratto in cui il muro paraonde ha le fondazioni visibili.
- Foto 6 Erosione negli ultimi 30 metri della parte interna del molo foraneo con le fondazioni del muro paraonde completamente prive di protezione.
- Figura 7a Sezione trasversale tipo del molo foraneo (stato attuale).
- Figura 7 Sezione trasversale tipo del molo foraneo (stato di progetto).
- Foto 8a Vista da mare dello stato attuale del molo foraneo.
- Foto 8 Elaborazione al calcolatore dello stato di progetto del molo foraneo (vista da mare).
- Foto 9a Vista da terra dello stato attuale del molo foraneo lungo tutto il suo sviluppo.
- Foto 9 Elaborazione al calcolatore dello stato di progetto del molo foraneo nel suo

complesso (vista da terra).

- Foto 10a Visione d'insieme dello stato attuale della sommità del muro paraonde.
Foto 10 Elaborazione al calcolatore dello stato di progetto della vista dalla sommità del muro paraonde.
Figura 11 Sezione trasversale delle piattaforme a mare da realizzare sulla scogliera, con il relativo accesso.
Figura 12 Prospettiva d'insieme della zona in corrispondenza di una piattaforma a mare con il relativo accesso.
Foto 13a Vista dello stato attuale in prossimità del faro dall'interno del porto.
Foto 13 Elaborazione al calcolatore dello stato di progetto della zona in prossimità del faro.
Figura 14 Vista prospettica dell'accesso alla piattaforma a mare dalla passeggiata sulla sommità del muro paraonde.
Foto 15 Vista dello stato attuale di degrado delle zone destinate a servizi per accedere alla sommità del muro paraonde.
Figura 16 Prospetto delle scale in progetto per l'accesso al canale, alla pensilina ed alla sommità del muro paraonde.
Figura 17 Vista prospettica dal canale dell'accesso alla piattaforma a mare.

STUDIO N. 2

CARATTERIZZAZIONE DEI FONDALI E DEL PARAGGIO DAL PUNTO DI VISTA IDRODINAMICO E SEDIMENTOLOGICO. DATI DI PROGETTO E VERIFICHE DI DIMENSIONAMENTO E STABILITÀ.

TITOLO 1 (Studio N. 2) - RELAZIONE TECNICO - ILLUSTRATIVA

CAPITOLO 1 (Titolo 1) - CARATTERIZZAZIONE DEI FONDALI ANTISTANTI IL LITORALE DI LAVAGNA

Il fondale antistante il litorale lavagnese, che si estende dalla foce del fiume Entella fino alla punta di S. Anna, risulta fondamentalmente di natura sabbiosa (dalla batimetrica 0,00 alla batimetrica 10,00-15,00 metri) e, successivamente, in progressione, di natura sabbio-fangosa, fino alla batimetrica dei 50 metri.

Esso, in lieve declivio verso il largo, si presenta ad andamento pressoché pianeggiante, ove lo si percorra parallelamente alla terraferma.

Le batimetriche e le quote del fondale antistante il litorale di Lavagna sono riportate nella corografia del paraggio in scala 1:25.000 (Studio N. 2 - Tav. 03/Sta.Att.); vista l'importanza dell'intervento, è stato comunque effettuato un rilievo della situazione attuale del fondale nel tratto antistante il molo foraneo, essenziale per stabilire in dettaglio la profondità e le condizioni meteomarine al piede della scogliera da potenziare.

I riscontri eseguiti in sito hanno evidenziato la presenza di materiale litoide nello strato sabbioso oltre l'unghia della mantellata esterna. Questa situazione è probabilmente dovuta alla mancanza di una berma ben dimensionata al piede della scogliera e ad una carenza di pezzatura negli scogli della mantellata realizzata nel periodo dal 1974 al 1976; tali fattori hanno determinato un approfondimento del fondale sabbioso al piede della scogliera per effetto dell'onda di ritorno in discesa lungo la scarpata, con connessi fenomeni di sconcatenazione della mantellata e trasporto fuori sagoma di parte del materiale che la costituiva, soprattutto durante le mareggiate.

I continui rifiorimenti effettuati sono risultati del tutto inutili per contrastare il trasporto verso mare dei massi costituenti la scogliera, per cui attualmente nel fondale antistante si trovano numerosi massi dislocati tra loro, privi di qualsiasi funzione

durante le forti mareggiate e conferma il fatto che il regime meteomarinò del paraggio piú gravoso è quello generato dai venti di Libeccio.

Dall'osservazione dell'andamento delle batimetriche nei fondali antistanti il litorale di Lavagna nei confronti del settore di massima traversia, si rileva che la direzione prevalente del moto ondoso al largo è circa perpendicolare alle batimetriche e tale direzione si mantiene inalterata anche in prossimità della mantellata esterna del molo foraneo, collocato parallelamente alle batimetriche. L'angolo formato tra la direzione del moto ondoso e la normale alle batimetriche nella propagazione del moto ondoso dal largo verso la riva risulta quindi sempre pari a:

$$\alpha_0 \cong 0$$

CAPITOLO 3 (Titolo 1) - CARATTERIZZAZIONE DEL PARAGGIO DAL PUNTO DI VISTA SEDIMENTOLOGICO

Il tratto di litorale interessato dall'intervento fa parte dell'unità fisiografica che si estende dalla punta delle Grazie alle Rocche di Sant'Anna, per un tratto di costa di circa 8 km, ora interrotto per oltre due chilometri dai porti di Chiavari e di Lavagna (Studio N. 2 - Tav. 01/Sta.Att.). La storia evolutiva di questo paraggio dal punto di vista della dinamica dei sedimenti è piuttosto complessa ed è fondamentale per descrivere la situazione attuale e valutare gli effetti dei nuovi interventi in progetto sul bilancio sedimentario dell'area. Si fa comunque presente che l'avanzamento dell'intervento in progetto rispetto alla situazione attuale è percentualmente irrilevante (circa 10+15 metri) rispetto all'aggetto complessivo del porto, pari a circa 400 metri (Studio N. 5 - Capitolo 1 e 2 (Titolo 1)), e pertanto lo studio viene riportato esclusivamente per completezza di indagine.

Esaminando la composizione della spiaggia di Lavagna-Cavi, si vede che ciottoli, ghiaie e sabbie sono litologicamente costituiti da rocce che provengono dal bacino del torrente Entella, trasportate verso valle dal fiume nel corso dei secoli, e che poi i mari di Libeccio hanno provveduto a trasferire lungo tutto il litorale del Comune di Lavagna. Gli altri due corsi d'acqua che confluiscono direttamente nella spiaggia di Lavagna-Cavi, a causa sia dei loro modestissimi bacini, sia del loro carattere torrentizio sporadico, portano al mare quantità di materiali litoidei veramente irrilevanti, per cui non possono essere assolutamente considerati alimentatori delle spiagge. I primi segni di erosione del litorale a levante della foce dell'Entella si manifestarono nel

dopoguerra, in seguito agli interventi sul bacino stesso che ne limitarono parzialmente il trasporto solido a mare.

Oggi l'Entella continua a trasportare tali materiali alla sua foce (basta andare a vedere la barra che si forma continuamente alla foce e gli stessi materiali che formano un grande deposito sott'acqua), ma essi non possono essere più trasportati sul litorale di Lavagna per la presenza della massa-ostacolo del porto turistico, che aggettandosi verso l'esterno fino a circa 400 metri dalla linea di costa ed a batimetriche variabili fra 3 e 7-8 metri, impedisce il transito verso levante dei materiali ciottolosi e ghiaiosi, necessari per l'alimentazione della spiaggia. I detriti provenienti dal fiume, infatti, vengono spinti fino alle profondità in cui l'energia dell'onda è troppo debole per riuscire a riportarli verso costa, e di conseguenza vengono abbandonati al largo.

La spiaggia di Lavagna e di Cavi, pertanto, è soggetta ai processi di consunzione naturale, dovuti al moto ondoso ed alle mareggiate, ma non ha più nel suo bilancio corrispondenti alimentazioni naturali, che possano compensare le perdite in modo da mantenerla almeno in equilibrio.

Le ripercussioni della costruzione del Porto di Lavagna sulle spiagge furono ampiamente previste già in sede progettuale, tanto che il progetto programmava un ripascimento sistematico delle spiagge a levante del porto che sarebbero rimaste prive di apporto solido, versamenti che sono stati eseguiti negli anni tra il 1976 ed il 1990, poi sospesi e purtroppo ripresi solo recentemente.

Allo stato attuale, gli effetti della costruzione del porto sull'equilibrio dinamico del tratto costiero antistante il litorale di Lavagna hanno raggiunto un assetto piuttosto stabile; gli ultimi interventi effettuati a ridosso del porto hanno portato alla costruzione di grandi pennelli sufficientemente distanziati e massicci versamenti, che dovrebbero ripristinare parte della spiaggia erosa e mantenerla almeno in equilibrio.

CAPITOLO 4 (Titolo 1) - ALTEZZA D'ONDA DI PROGETTO

Il progetto di opere di difesa foranea deve fare riferimento alla determinazione delle condizioni meteorologiche del paraggio, con valutazione dei valori d'onda al largo, loro prevedibile frequenza di evento e successiva evoluzione sino al piede dell'opera in esame. La determinazione della geometria della sezione ed il dimensionamento delle varie parti che la costituiscono avviene, infatti, a partire dalla conoscenza dell'onda di Progetto.

1 (Capitolo 4 - Titolo 1) - Caratteristiche del moto ondososo al largo del tratto di costa antistante il porto di Lavagna

Lo studio del moto ondososo al largo viene sviluppato per conoscere l'altezza d'onda su profondità infinita H_{m_0} associata ad un periodo di picco e ad una direzione. Utilizzando le correlazioni analitiche e le relative tabelle elaborate da Boccotti per il Mar Ligure, è possibile ottenere l'altezza d'onda spettrale H_{m_0} , e la durata degli stati di mare D a partire dal periodo di ritorno R delle mareggiate scelto per la progettazione dell'opera.

I valori dell'altezza d'onda spettrale e della durata dello stato di mare relativo sono stati quindi calcolati mediante le linee di regressione di Boccotti per il settore di massima traversia che caratterizza il tratto di costa antistante il Porto di Lavagna (Capitolo 2 - Titolo 1) e sono associati ad eventi eccezionali con periodo di ritorno 25 anni. La scelta di questo parametro progettuale deriva da un'analisi di rischio effettuata considerando la frequenza dell'evento ed i relativi danni alla struttura portuale, ed i maggiori costi derivanti dalla realizzazione di una scogliera in grado di resistere a regimi ondososi ancora più eccezionali.

All'altezza d'onda su profondità infinita è legato il periodo spettrale (o periodo di picco) $T_{H_{m_0}}$, a sua volta correlato con il periodo d'onda significativo T_S da associare all'altezza d'onda significativa (Boccotti). Il clima ondososo al largo è completamente descritto determinando anche la lunghezza d'onda di H_{m_0} .

$$\left. \begin{array}{l} R = 25 \text{anni} \\ H_{m_0} (h = \infty) = 7,3 \text{m} \\ D = 5,5 \text{h} \\ T_{H_{m_0}} = 12,2 \text{s} \\ T_S = 11,6 \text{s} \\ L_0 = 209,3 \text{m} \\ \alpha_0 \cong 0 \end{array} \right\}$$

I valori del clima ondososo al largo assunti per la progettazione sono:

2 (Capitolo 4 - Titolo 1) - Caratteristiche del fondale in corrispondenza della sezione tipo del molo foraneo

I dati a disposizione sull'attuale situazione della scogliera derivano da un rilievo di massima effettuato recentemente. Lo scandaglio ha rivelato una pendenza del

fondale pari a circa l'1% in corrispondenza della sezione del molo foraneo, con una profondità media al piede della mantellata nella sezione più esposta pari a circa 6,5 metri, valore che è stato assunto per la progettazione della scogliera. Lo studio delle batimetriche al largo ha portato ad assumere una pendenza media del fondale pari al 2% circa, valore che è stato utilizzato nell'analisi della propagazione del moto ondoso dal largo verso riva.

3 (Capitolo 4 - Titolo 1) - Propagazione del moto ondoso dal largo verso riva

Avvicinandosi alla costa, cioè propagandosi su fondali via via decrescenti, le onde subiscono una serie di trasformazioni geometriche e perdite di energia che alla fine conducono al loro frangimento.

3.1 - Metodo dell'invariante di Resio

Nello studio della propagazione del moto ondoso dal largo verso riva è stato adottato il modello dell'invariante di Resio, determinato sulla base di uno schema di propagazione bidimensionale di onde irregolari, riferito ad un fondo acclive di modesta pendenza. Tale modello prevede che lo spettro di saturazione in frequenza prevalga su quello direzionale di shoaling e rifrazione, cioè tiene conto dei fenomeni dissipativi dei frangimenti superficiali. Si è assunto il periodo significativo T_s come invariante nella propagazione dal largo verso riva.

Il modello di Resio è valido ed applicabile fino ad un valore limite di profondità h^* (sezione di controllo) in corrispondenza della quale sono state determinate la lunghezza d'onda $L(h = h^*)$ e la corrispondente altezza d'onda. E' stato necessario, inoltre, verificare che quest'ultima fosse stabile alla profondità h^* , ossia che non raggiungesse il valore dell'altezza d'onda al frangimento H_f , calcolato con la relazione di Goda.

Per il paraggio oggetto dell'intervento, l'applicazione del modello di Resio ha portato a stabilire che l'onda associata ad un periodo di ritorno pari a 25 anni si propaga fino alla profondità limite h^* (pari a circa 12 metri) senza raggiungere le condizioni di frangimento.

3.2. Modello ad onde regolari

Procedendo verso la costa oltre la sezione di controllo, si sono considerati i processi di shoaling e rifrazione utilizzando la propagazione di un'onda regolare. Le fasi di calcolo sono state le seguenti:

- calcolo del coefficiente di shoaling, che tiene conto delle variazioni delle caratteristiche del moto ondoso durante la propagazione dal largo verso riva per effetto del fondale;
- calcolo del coefficiente di rifrazione, che tiene conto delle variazioni delle caratteristiche del moto ondoso durante la propagazione dal largo verso riva, provocate dall'inclinazione delle ortogonali d'onda rispetto alla direzione normale alla batimetrica nel punto in esame. Nel caso del Porto di Lavagna, poiché l'attacco è frontale, cioè α_0 è nullo (Capitolo 2 - Titolo 1), la direzione di propagazione non si modifica, ma rimane normale alle batimetriche ($K_r = 1$);
- calcolo dell'altezza d'onda sulla sezione di controllo a partire da quella su profondità infinita tenendo conto dei coefficienti di shoaling e rifrazione;
- correzione dell'altezza d'onda su profondità infinita (altezza d'onda fittizia) mediante il confronto dei valori ottenuti sulla sezione di controllo con il modello di Resio e con quello ad onde regolari che non considera le dissipazioni dovute ai frangimenti superficiali;
- calcolo dell'altezza d'onda in corrispondenza della sezione del molo foraneo a partire dai valori di altezza d'onda fittizia al largo appena determinati, mediante il modello ad onde regolari;
- verifica della stabilità dell'onda.

L'altezza d'onda che raggiunge il piede della mantellata alla profondità di 6,5 metri risulta pari a 5,3 metri per un periodo di ritorno di 25 anni. Dal momento che l'altezza d'onda al frangimento sulla stessa profondità calcolata mediante la relazione di Goda è pari a 5,6 metri, l'onda con il periodo di ritorno scelto per la progettazione non frange sul molo foraneo.

4 (Capitolo 4 - Titolo 1) - Calcolo dell'altezza d'onda significativa

Come altezza d'onda media di progetto al piede dell'opera da utilizzare per il dimensionamento è stata considerata l'altezza d'onda significativa, espressa mediante le relazioni di Thompson e Vincent. Il periodo d'onda significativo è stato assunto come invariante nella propagazione con il modello di Resio.

I valori utilizzati per la progettazione sono quindi:

$$\begin{cases} H_s (h = 6,5m) = 5,9m \\ T_s = 11,6s \end{cases}$$

CAPITOLO 5 (Titolo 1) - DIMENSIONAMENTO MOLO FORANEO - SCOGLIERA

Il peso medio dei massi costituenti la mantellata esterna della scogliera è stato determinato mediante la relazione di Hudson, a partire dai valori dell'altezza d'onda di progetto e dell'angolo che il paramento della scogliera forma con l'orizzontale. Si osserva che per quanto riguarda il coefficiente idrodinamico di stabilità K_D , nei calcoli sono stati utilizzati i valori consigliati dallo Shore Protection Manual.

Il dimensionamento è stato dapprima effettuato impiegando massi naturali sistemati su due strati in modo tale da ottenere una scarpata con pendenza circa 1:3; per riuscire a contrastare efficacemente l'onda significativa di progetto con periodo di ritorno 25 anni tali massi dovrebbero avere un peso di circa 20÷21 tonnellate.

Dal momento che in natura non è possibile trovare massi naturali di queste dimensioni e nelle quantità richieste, per la progettazione della scogliera a protezione del molo foraneo del Porto di Lavagna con l'onda avente frequenza 25 anni, è stato necessario utilizzare massi artificiali, che forniscono una maggiore concatenazione tra loro. Per questa soluzione progettuale si sono utilizzati tetrapodi aventi $\rho_r = 2,5 \frac{t}{m^3}$, posti su due strati alla rinfusa e sistemati in maniera tale da formare una scarpata con pendenza circa 1:2,5. L'onda di progetto associata al periodo di ritorno 25 anni ($H_s(h = 6,5m) = 5,9m$) non frange sull'opera e quindi il valore di K_D assunto per queste condizioni è 5,2.

Il dimensionamento dei tetrapodi ha portato ad un peso medio pari a 13÷14 tonnellate.

L'intervento di ripristino e potenziamento della scogliera di protezione del molo foraneo sarà quindi effettuato impiegando massi in calcestruzzo (di forma tetrapodi) con peso variabile da 12 a 15 tonnellate circa.

La progettazione prevede anche lo spessore teorico della mantellata esterna, determinato utilizzando per i massi artificiali un valore del coefficiente di strato pari a 1,04; in questo caso i tetrapodi dovranno essere posti in opera su due strati per formare un rivestimento complessivo di circa 3÷3,5 metri.

CAPITOLO 6 (Titolo 1) - VERIFICHE DI DIMENSIONAMENTO E STABILITA'

1 (Capitolo 6 - Titolo 1) - Calcolo del numero di stabilità

La stabilità statica per le dighe a gettata è data da un particolare parametro, detto numero di stabilità e legato alla formula di Hudson. Per garantire la stabilità dell'opera il numero deve essere compreso fra 1 e 3; quanto più grande è N_s , tanto maggiore è lo stato di mare che la diga può sopportare.

Nel caso della scogliera in massi artificiali in progetto per il Porto di Lavagna il numero di stabilità risulta pari a 2,4; la diga è quindi in condizioni di stabilità statica.

2 (Capitolo 6 - Titolo 1) - Frangimento

Il parametro che caratterizza il tipo di frangimento è il numero di Iribarren, detto surf similarity parameter in quanto indica il comportamento dell'onda nella zona del surf, cioè del frangente.

Il numero di Iribarren per la mantellata esterna in progetto, pari a circa 1,9, indica un frangimento di tipo "plunging", che è il frangimento vero e proprio.

3 (Capitolo 6 - Titolo 1) - Dimensionamento degli strati filtro

Gli strati filtro sono fondamentali per la stabilità della diga, in quanto impediscono che il moto dell'acqua all'interno dei vuoti della scogliera riesca ad asportare il materiale fino del nucleo. Nella relazione di stabilità di Van Der Meer lo spessore ed il peso dello strato filtro sono inseriti tramite il coefficiente di permeabilità P .

Per la scogliera a protezione del molo foraneo di Lavagna è stato assunto un coefficiente di permeabilità P pari a 0,4, che ha portato al dimensionamento di uno strato filtro con massi naturali da 2 a 3 tonnellate posti su uno spessore di circa 2,5 metri. Lo strato filtro verrà realizzato sistemando i massi naturali dell'attuale scogliera in modo tale da disporre i massi più piccoli nello strato più esterno della mantellata, e completando con massi naturali da cava fino a raggiungere lo spessore necessario.

4 (Capitolo 6 - Titolo 1) - Dimensionamento dell'opera al piede

Il calcolo del diametro nominale dei massi naturali dell'opera al piede è stata eseguita utilizzando la relazione di Van Der Meer corrispondente al danno limite per la stabilità della berma al piede della mantellata.

La scogliera in progetto deve essere sostenuta da un'opera al piede avente altezza 2 metri e costituita da massi naturali del peso di 2+3 tonnellate, da realizzarsi con massi di cava con queste caratteristiche.

Si ricorda inoltre che la berma naturale verrà integrata e rafforzata nel corso degli anni con i "tegloli" costituenti l'impalcato dei pontili, che nel tempo dovranno essere sostituiti; questi hanno una larghezza pari a 3,5 metri e verranno posati su tre file con le nervature in basso, al fine di contrastare lo scivolamento della scogliera dovuto all'indebolimento nel tempo della berma di massi naturali.

5 (Capitolo 6 - Titolo 1) - Verifica al run-up

Nel dimensionamento del complesso della diga a gettata a protezione del Porto di Lavagna, è stato anche necessario valutare il sormonto di masse d'acqua per la sicurezza e la stabilità della diga stessa, nonché delle persone e dei mezzi che transiteranno sulla sommità e a tergo. L'elemento geometrico principale che condiziona l'entità della tracimazione è l'altezza della cresta R_c rispetto al livello del mare.

L'onda, dopo il frangimento, risale sull'opera di difesa per trasporto di massa fino ad un'altezza verticale chiamata run-up (R_U), cioè risalita dell'onda. Questa quantità è stata calcolata in maniera empirico-sperimentale per controllare l'eventuale tracimazione (overtopping) delle onde sul coronamento.

Il parametro di riferimento per il calcolo della risalita del getto d'onda sulla scarpata è il numero di Iribarren; in particolare il valore di R_U viene fornito assieme alla sua probabilità di superamento, non essendovi naturalmente una corrispondenza deterministica tra altezza d'onda e run-up, ed essendo le altezze d'onda variabili nell'ambito dello stato di mare caratterizzato da H_s .

Per la scogliera in progetto è stato determinato il valore della risalita significativa, ossia quella correlata ad H_s , avente quindi una probabilità di superamento del 33%. In questo caso il getto d'acqua risale fino a 6,7 metri al di sopra

del livello del mare; l'altezza della cresta dell'opera di difesa R_C è stata pertanto assunta pari a 7 metri sulla sommità della scogliera, con un'ulteriore sopraelevazione fino a circa 7,50 metri del muro paraonde.

6 (Capitolo 6 - Titolo 1) - Calcolo della portata tracimante (overtopping)

Dal momento che nella nuova sistemazione della diga foranea è previsto il transito di persone e mezzi sulla sommità del muro paraonde e a tergo sulla banchina interna ad esso, per la sicurezza ed il comfort degli utenti è di fondamentale importanza conoscere la portata tracimante media e valutarne i limiti di ammissibilità.

Lo stato di mare di riferimento per il calcolo dell'overtopping ha generalmente periodo di ritorno minore di quello utilizzato per il proporzionamento dell'opera di difesa. Sulla base di valutazioni di rischio, è ammissibile avere una tracimazione mediamente una+due volte l'anno, quindi si è fatto riferimento a tempeste con frequenza minore di 1 anno.

In questo caso le linee di regressione di Boccotti per il settore di massima traversia che caratterizza il tratto di costa antistante il Porto di Lavagna hanno fornito i seguenti valori, che determinano le condizioni del clima ondososo al largo:

$$\left. \begin{array}{l} R < 1 \text{ anno} \\ H_{m_0} (h = \infty) = 3,9 \text{ m} \\ D \cong 10h \\ T_{H_{m_0}} = 8,9 \text{ s} \\ T_s = 8,4 \text{ s} \\ L_0 = 122,8 \text{ m} \\ \alpha_0 \cong 0 \end{array} \right\}$$

Con il metodo dell'invariante di Resio per la propagazione del moto ondososo dal largo alla riva (punto 3 (Capitolo 4 - Titolo 1)) è stato possibile giungere fino alla profondità limite di 6,4 metri, cioè fino alla profondità al piede della mantellata, in corrispondenza della quale l'altezza d'onda è pari a 2,5 metri. Tale onda, associata ad un periodo di ritorno minore di 1 anno, si propaga fino al molo foraneo senza raggiungere le condizioni di frangimento.

Come altezza d'onda di progetto al piede dell'opera da utilizzare per il calcolo della portata media tracimante è stata considerata l'altezza d'onda significativa, espressa mediante le relazioni di Thompson e Vincent (punto 4 (Capitolo 4 - Titolo 1)).

La media temporale delle portate tracimanti è stata calcolata mediante la relazione di Bradbury, che correla Q , H_s , R_c , e T_m ; con la sommità della scogliera posta a 7 metri e l'ulteriore sopraelevazione del muro paraonde la quantità d'acqua che riesce a superare il coronamento è veramente irrisoria (dell'ordine di $10^{-3} m^3/s$ a metro di fuga). Tale portata associata ad un evento avente frequenza circa annuale non provoca assolutamente alcun danno a persone e mezzi transitanti o presenti sul coronamento del molo foraneo.

Si ritiene tuttavia doveroso prevedere un sistema di controllo sistematico del transito delle persone sulla passeggiata superiore in sommità al muro paraonde.

CAPITOLO 7 (Titolo 1) - CARATTERIZZAZIONE DEGLI ELEMENTI FONDAZIONALI DELL'OPERA

L'intervento in progetto nella sua globalità, comprendente la nuova scogliera e la sopraelevazione del muro paraonde, è da intendersi un potenziamento dell'attuale struttura di difesa portuale per incrementarne il grado di sicurezza. I tetrapodi di completamento saranno sistemati sopra massi naturali del peso di 2+3 tonnellate, disposti in modo tale da creare uno strato di appoggio con funzione di filtro ed opera al piede ben dimensionata, fondamentale per la stabilità della diga (punto 4 Capitolo 6 - Titolo 1).

Dal punto di vista delle fondazioni, si ritiene che la consistenza del substrato sia tale da sostenere l'intera struttura. Il sottosuolo di fondazione, infatti, è costituito da sabbie, per le quali non dovrebbero esistere problemi di cedimenti nel tempo, perché le pressioni interstiziali si dissipano in tempi brevi, di fatto nel corso dell'esecuzione. Le fasi costruttive della diga a gettata prevedono comunque il miglioramento del nucleo della scogliera esistente, e quindi della base di fondazione. Si rileva inoltre che il terreno di fondazione risulta già assestato sotto il carico che l'attuale scogliera esercita da quasi trent'anni.

TITOLO 2 (Studio N. 2) - ELABORATI GRAFICI

CAPITOLO 1 (Titolo 2) - ELABORATI INERENTI LO STATO ATTUALE

- 2.1.1 Planimetria generale del Tigullio con indicazione dell'unità fisiografica di interesse. Scala 1:100.000. (Studio N. 2 - Tav. N. 01/Sta.Att.).
- 2.1.2 Carta nautica con rappresentazione batimetria del tratto di costa facente parte dell'unità fisiografica di interesse. Scala 1:100.000. (Studio N. 2 - Tav. N. 02/Sta.Att.).
- 2.1.3 Corografia del paraggio dalla foce dell'Entella a Cavi di Lavagna. Scala 1:25.000. (Studio N. 2 - Tav. N. 03/Sta.Att.).
- 2.1.4 Sezioni trasversali (N. 3) del molo foraneo e strisce di mare come sopra, con riportate le quote del fondale e la scogliera: stato attuale. Scala 1:500. (Studio N. 2 - Tav. N. 04/Sta.Att.).
- 2.1.5 Sezioni trasversali tipo (N. 3) del molo foraneo con riportate le opere in essere: stato attuale. Scala 1:200. (Studio N. 2 - Tav. N. da 05 a 07/Sta.Att.).

CAPITOLO 2 (Titolo 2) - ELABORATI INERENTI LO STATO FINALE

- 2.2.1 Sezioni trasversali tipo (N. 3) del molo foraneo con riportate le opere in progetto. Scala 1:200. (Studio N. 2 - Tav. N. da 01 a 03/Sta.Fin.).

TITOLO 3 (Studio N. 2) - DOCUMENTAZIONE ED ELABORATI FOTOGRAFICI

Figura 1 Corografia del paraggio dalla foce dell'Entella a Cavi di Lavagna (scala 1:25.000).

Figura 2 Aumento percentuale di energia per ciascuna ortogonale d'onda, ottenuta da una simulazione in sito con modelli numerici di rifrazione ondosa.

Figura 3 Planimetria con evidenziati i risultati della simulazione e le zone di concentrazione di energia.

STUDIO N. 3

APPROVVIGIONAMENTO DEL MATERIALE E MODALITA' REALIZZATIVE DELLE

OPERE: MOLO FORANEO

TITOLO 1 (Studio N. 3) - RELAZIONE TECNICO - ILLUSTRATIVA

CAPITOLO 1 (Titolo 1) - OPERE DA REALIZZARE, MATERIALI NECESSARI E STIMA DELLE RELATIVE QUANTITA'

Come già sottolineato più volte nei precedenti studi, la scogliera ed il muro paraonde necessitano di interventi urgenti, per eliminare la situazione di grave pericolo in cui si troverebbe l'opera di difesa portuale in caso di mareggiate eccezionali e, di conseguenza, per la messa in sicurezza di tutto l'approdo.

Gli interventi in progetto ed il dimensionamento della scogliera, in particolare, sono già stati descritti nello Studio N. 1 e nello Studio N. 2, rispettivamente; vengono qui di seguito brevemente richiamati, a partire da quelli più urgenti, ossia la scogliera ed il muro paraonde, per descriverne le fasi costruttive ed i materiali impiegati.

1 (Capitolo 1 - Titolo 1) - Scogliera: ripristino e potenziamento

Le fasi costruttive consistono innanzitutto nella sistemazione dei massi di piccola e media pezzatura della scogliera esistente, per realizzare un valido piano d'appoggio con pendenza omogenea per la posa dei nuovi massi.

Successivamente verranno sistemati dei massi naturali del peso di 2+3 tonnellate, fino a completare lo strato filtro per uno spessore complessivo di 2+2,5 metri.

L'ultima fase per il potenziamento della scogliera di protezione prevede la posa di massi artificiali in calcestruzzo (di tipo tetrapodi) di peso variabile da 12 a 15 tonnellate, posti su due strati per uno spessore complessivo di 3+3,5 metri.

2 (Capitolo 1 - Titolo 1) - Piattaforme a mare e relativi accessi

Le piattaforme, descritte nello Studio N. 1 - punto 1 (Capitolo 2 - Titolo 1), saranno realizzate su cassoni cellulari che verranno sistemati su uno scanno di imbasamento, preventivamente costruito asportando parte del materiale di scogliera

esistente. I cassoni saranno eseguiti su apposita piattaforma sita nel Porto di Genova e saranno quindi rimorchiati a destinazione in galleggiamento ed imbasati sullo scanno in pietrame. Una volta posizionati, i cassoni verranno riempiti di materiale inerte; si provvederà infine a realizzare in opera la sovrastruttura in calcestruzzo per creare la piattaforma vera e propria.

Il sovrappasso per l'accesso alle piattaforme sarà prefabbricato in calcestruzzo, mentre la rampa a gradoni lungo la scogliera sarà gettata in opera. Le fasi costruttive per la realizzazione del tunnel di collegamento diretto banchina interna-piattaforma prevedono l'asportazione di parte del materiale costituente l'attuale scogliera e la posa in opera di scatolari prefabbricati (ipotizzati di dimensioni 2,5 metri di larghezza per 2,2 metri di altezza), fino a giungere sulla piattaforma a mare.

Le strutture per l'alloggiamento delle essenze arboree lungo le rampe di accesso saranno gettate in opera nella parte superiore della scogliera.

3 (Capitolo 1 - Titolo 1) - Passeggiata superiore sulla sommità del muro paraonde e pensilina interna

La struttura da posizionare sulla sommità dell'attuale muro paraonde ed anche la pensilina interna saranno prefabbricate con getto in opera delle opere di completamento.

Con analoghe tecnologie di prefabbricazione, si realizzeranno, lungo lo sviluppo del muro paraonde, le scale pedonali di collegamento fra i tre livelli (piano banchina, pensilina e passeggiata sulla sommità del muro paraonde).

4 (Capitolo 1 - Titolo 1) - Realizzazione del canale e sistemazione della banchina interna

Parte del canale sarà plateata con pavimentazione in battuto di calcestruzzo (di spessore 25-30 cm) gettato in opera dalla radice del molo foraneo alla zona del faro, per il transito dei mezzi di cantiere durante le fasi costruttive dell'opera. In corrispondenza degli attraversamenti per arrivare alle piattaforme a mare, inoltre, si dovranno sistemare delle protezioni laterali (tipo guard-rail) e dei marciapiedi per il transito pedonale. Il progetto prevede anche l'ampliamento e la conseguente sistemazione della banchina interna in aderenza al molo foraneo con finitura in calcestruzzo trattato antiusura e antipolvere.

5 (Capitolo 1 - Titolo 1) - Rampe di accesso e raccordi per gli autoveicoli

Per accedere ai tre livelli realizzati lungo il muro paraonde, è prevista la realizzazione di una rampa in prossimità della radice del molo, in una zona ricavata demolendo parte del tratto iniziale del muro paraonde.

In corrispondenza della testa del molo foraneo gli autoveicoli potranno svoltare ed immettersi al livello desiderato grazie ad un raccordo costruito a quota 5,05 metri.

Tutte le rampe di collegamento e il raccordo all'estremità del molo saranno realizzate in calcestruzzo gettato in opera.

6 (Capitolo 1 - Titolo 1) - Riepilogo per tipologia delle opere da realizzare e stima delle quantità necessarie

N° pr.	Tipologia di materiale	Descrizione opere che utilizzano tale tipologia	Unità di misura	Quantità necessarie stimate
1	Massi naturali 2÷3 t.	Scogliera	t.	
2	Prefabbricati realizzati in stabilimento	<ul style="list-style-type: none">• Piattaforme a mare• Sovrappasso• Tunnel di collegamento• Sovruttura muro paraonde• Pensilina interna• Scale di collegamento tre livelli		
3	Calcestruzzi gettati in opera o nell'ambito del cantiere	<ul style="list-style-type: none">• Tetrapodi• Rampe a gradoni• Fioriere• Pavimentazione canale• Rampe di accesso carrabili• Raccordo di collegamento• Ampliamento banchina		

CAPITOLO 2 (Titolo 1) - APPROVVIGIONAMENTO DEI MATERIALI NECESSARI

Con riferimento alle categorie di materiali indicate nelle tabelle dei paragrafi precedenti, viene di seguito indicata per ciascuna la zona di approvvigionamento del materiale o la provenienza dei semilavorati nel caso in cui non vengano realizzati in loco.

- Massi naturali da 2-3 tonnellate: verranno estratti dalle cave site nell'entroterra di Chiavari e Lavagna, a seconda della disponibilità, e trasportati fino al tratto terminale del molo foraneo, da dove saranno posizionati in scogliera, parte da terra, parte mediante pontone.
- Massi in calcestruzzo (tetrapodi): saranno realizzati in loco utilizzando opportune casseforme posizionate lungo la banchina interna del muro paraonde. Dopo la maturazione del calcestruzzo, saranno posti in opera da terra o mediante pontone.
- Struttura sulla sommità del muro paraonde e pensilina interna: questi saranno elementi prefabbricati in stabilimento e verranno poi trasportati via terra per essere messi in opera.
- La strada nel canale e le rampe di accesso ai tre livelli saranno realizzate in calcestruzzo gettato in opera. Per quanto riguarda la miscelazione del calcestruzzo, si prevede la fornitura da un impianto esterno al cantiere per le grandi quantità, e da un impianto di betonaggio in cantiere per i getti meno significativi e le integrazioni.

CAPITOLO 3 (Titolo 1) - ORGANIZZAZIONE DELL'IMPIANTO DI CANTIERE E VIABILITA'

1 (Capitolo 3 - Titolo 1) - Localizzazione dell'impianto cantiere

L'impianto di cantiere con i servizi generali sarà installato in prossimità della radice del molo foraneo, sfruttando anche lo spazio ottenuto dalla demolizione di un tratto del muro paraonde.

Tutta la banchina in aderenza al molo foraneo sarà comunque da considerare area di cantiere, in quanto zona destinata alla realizzazione dei tetrapodi e di transito dei mezzi che trasportano i semilavorati ed i massi naturali di cava.

2 (Capitolo 3 - Titolo 1) - Viabilità esterna ed interna al porto per la fornitura dei materiali

Lo studio della viabilità esterna al Porto è stato fatto a partire dall'uscita del casello autostradale di Lavagna.

Come indicato sulla tavola allegata (Studio N. 3 - Tav. 05/Sta.Att.), i mezzi che forniscono il materiale ed i semilavorati dovranno transitare lungo Via Moggia e Via Fieschi, per immettersi poi in Via Riboli ed arrivare in Piazza Cordeviola; da qui proseguiranno dritto per 100 metri lungo Via Colombo e svolteranno a destra in Corso Genova. In prossimità della foce del fiume Entella i mezzi verranno fatti svoltare a sinistra per immettersi nel sottopasso, attraversare Via dei Devoto ed accedere direttamente al Porto mediante il transito riservato ai mezzi pesanti a servizio delle attività nautiche e cantieristiche. Da tale accesso i mezzi si troveranno direttamente in prossimità della radice del molo foraneo nella zona riservata all'impianto di cantiere.

CAPITOLO 4 (Titolo 1) - MODALITA' COSTRUTTIVE

Le opere verranno realizzate principalmente con mezzi terrestri, ma verranno impiegati anche i mezzi marittimi per il posizionamento del tratto sommerso della mantellata.

Per quanto riguarda la scogliera, il pontone caricherà i massi naturali da una zona predisposta in prossimità del faro ed i tetrapodi direttamente dal luogo di produzione, ossia lungo la banchina interna al molo foraneo. La gru posizionata sul pontone provvederà quindi a sistemare i massi per ripristinare la scogliera. Analoga operazione sarà effettuata da una gru su carro cingolato operante dall'interno del canale previsto fra scogliera e muro paraonde.

Per quanto riguarda tutte le altre opere in progetto, verranno realizzate interamente da terra, dopo la sistemazione della scogliera, utilizzando anche il citato canale per il transito dei mezzi di cantiere.

CAPITOLO 5 (Titolo 1) - TEMPI DI ESECUZIONE

Per la realizzazione di tutte le opere si prevedono da 24 a 36 mesi.

CAPITOLO 6 (Titolo 1) - ALLEGATI

Stralcio piano territoriale delle attività di cava: schede zone di approvvigionamento del materiale. Scala 1:10.000. (Studio N. 3 - Allegato 1).

TITOLO 2 (Studio N. 3) - ELABORATI GRAFICI

CAPITOLO 1 (Titolo 2) - ELABORATI INERENTI LA SITUAZIONE DURANTE I LAVORI

- 2.1.1 Sezione media scogliera tratto L=800 metri, da progressiva 400 a 1200: stato attuale, progetto posa massi 2÷3 tonnellate, progetto posa tetrapodi. Scala 1:200. (Studio N. 3 - Tav. N. da 01 a 03).
- 2.1.2 Planimetria dell'impianto cantiere e della relativa viabilità interna. Scala 1:3.000. (Studio N. 3 - Tav. N. 04).
- 2.1.3 Planimetria generale con indicazione della viabilità esterna. Scala 1:5.000. (Studio N. 3 - Tav. N. 05).

STUDIO N. 4

CARATTERIZZAZIONE DEL PARAGGIO DAL PUNTO DI VISTA BIONATURALISTICO (MAPPATURA DELLE BIOCENOSI DI PREGIO, IN PARTICOLARE DELLE EVENTUALI PRATERIE DI FANEROGAME MARINE).

TITOLO 1 (Studio N. 4) - RELAZIONE TECNICO - ILLUSTRATIVA

CAPITOLO 1 (Titolo 1) - DESCRIZIONE DEL PARAGGIO DAL PUNTO DI VISTA BIONATURALISTICO

L'Atlante delle Fanerogame Marine dell'ENEA del 1995 è l'unica, importante fonte su scala regionale di informazioni riguardo alla comunità biologica: è estremamente significativa perché, come è noto, queste piante sono un valido bioindicatore della qualità dell'ambiente marino e costiero.

Sulla biocenosi delle sabbie era un tempo diffusa una ricca e vasta prateria di Posidonia oceanica nel Golfo del Tigullio ed ancora presente in alcune zone più orientali. In alcuni tratti la prateria di Posidonia è completamente scomparsa: per quanto riguarda la zona oggetto dell'intervento, da Chiavari a Sestri Levante, la Posidonia oceanica è stata soppiantata dalla Cymodocea nodosa, a testimonianza di un'alterazione dei fattori ambientali.

La regressione di tale prateria è da mettersi in relazione ad un progressivo infangamento della zona, che ha portato la prateria in uno stato di degrado irreversibile e pertanto non alterabile dai lavori che si intendono eseguire sulla scogliera.

La Cymodocea nodosa, fanerogama marina ad uno stadio meno evoluto, sviluppa estesi prati in ambienti instabili con caratteristiche idrodinamiche e sedimentologiche (substrati a granulometria più fine, da sabbiosi a limo-argillosi) che non consentono alla Posidonia di attecchire con sufficiente continuità.

Tra gli abitati di Chiavari e Lavagna, la foce del fiume Entella determina un abbondante apporto terrigeno che influenza tutte le biocenosi del Golfo. A tale ingente apporto si deve naturalmente aggiungere quello degli altri corsi d'acqua presenti nel golfo stesso, ad esempio quello del torrente Boate.

Davanti a tutto il litorale di Chiavari, fino alla foce del torrente Entella, si estende un vasto prato di Cymodocea nodosa, folto e continuo che occupa circa 224 ettari tra 10,5 e 14,5 metri di profondità.

Dopo un'interruzione davanti alla foce dell'Entella, causata dall'elevato intorpidimento delle acque anche a basse profondità, il prato di Cymodocea nodosa riprende davanti a Lavagna spingendosi verso est fino a Cavi di Lavagna ed alla spiaggia di Sestri Levante. Esso si estende per 270 ettari come una fascia omogenea e continua tra gli 8 ed i 16,5 metri di profondità sopra ad un fondale composto da sabbie fini ben calibrate (SFBC).

La prima conseguenza degli apporti terrigeni dell'Entella, distribuiti verso levante dalla direzione delle correnti prevalenti, fa sì che nel Golfo del Tigullio la biocenosi delle SFBC presenti sempre una notevole componente a granulometria molto fine che determina l'impianto, su vaste estensioni di fondo, delle praterie a Cymodocea nodosa.

Questa vegetazione può svilupparsi solo laddove la penetrazione dei raggi solari sia sufficiente alla vita delle piante. Nei fondali antistanti le coste liguri l'energia luminosa per la sopravvivenza dei vegetali sottomarini più importanti, le fanerogame marine, appunto, diventa insufficiente sotto i 35 metri di profondità. Davanti alle nostre coste esiste quindi una stretta oasi di vegetazione densa che si incontra essenzialmente da 5 a 30 metri.

Nella mappatura attualmente esistente in scala 1:25.000 e risalente al 1995 (Studio N. 4 - Tav. 01/Sta.Att.) sono chiaramente riportati i limiti inferiori (riferiti alla profondità) delle Cymodocee, mentre quelli superiori sono solo presunti; attualmente si sta ultimando una mappatura in scala 1:10.000 che dovrebbe contenere più informazioni sulla fascia di diffusione della Cymodocea nodosa.

Nel caso particolare di Lavagna, i limiti inferiori delle Cymodocee sono risaliti fino a meno di 20 metri per l'elevata torbidità delle acque che diminuisce la quantità di luce ricevuta dalle piante, mentre i limiti superiori presunti davanti all'opera di difesa portuale sono stati individuati tra gli 8 e i 10,5 metri di profondità.

Da un'indagine subacquea effettuata per verificare lo stato attuale della prateria e mappare con precisione i suoi limiti, si è rilevata la presenza di una fascia di biocenosi di pregio, parallela al molo foraneo, estesa verso il largo per circa 30-50 metri a partire da una distanza di circa 80-100 metri dal paramento esterno del muro paraonde (Studio N. 4 - Tav. 02/Sta.Att.). La mappatura della vegetazione è stata

eseguita realizzando sette scandagliate in direzione perpendicolare al molo foraneo e documentando la situazione mediante alcune riprese fotografiche subacquee. Le fotografie scattate in sito sono state visionate dal Prof. Giulio Relini, dell'Università di Genova, Dipartimento per lo Studio della Terra e delle sue Risorse (DIP.TE.RIS.), referente dei Laboratori di Biologia Marina ed Ecologia Animale, il quale ha dichiarato che la vegetazione fotografata è Cymodocea nodosa, come riportato nella mappatura ENEA.

La zona di sviluppo della prateria di Cymodocea non è comunque certamente interessata dall'estensione della scogliera e si può pertanto escludere qualsiasi impatto diretto dell'opera sulla prateria esistente.

TITOLO 2 (Studio N. 4) - ELABORATI GRAFICI

CAPITOLO 1 (Titolo 2) - ELABORATI INERENTI LO STATO ATTUALE

- 2.1.1 Planimetria della zona di mare antistante l'abitato di Lavagna dalla foce dell'Entella a Cavi di Lavagna, con riportata la mappatura della biocenosi di pregio, rilevata dalla documentazione esistente. Stato Attuale. Scala 1:25.000. (Studio N. 4 - Tav. N. 01/Sta.Att.).
- 2.1.2 Planimetria del tratto di mare antistante il molo foraneo con indicazione dei limiti inferiori della prateria rilevata in sito. Scala 1:3.000. (Studio N. 4 - Tav. N. 02/Sta.Att.).

TITOLO 3 (Studio N. 4) - DOCUMENTAZIONE ED ELABORATI FOTOGRAFICI

- Figura 1 Atlante delle Fanerogame Marine dell'ENEA del 1995 inerente il tratto di costa di interesse.
- Foto 2 Fine della prateria antistante la diga foranea.
- Foto 3 Particolare di una pianta di Cymodocea nodosa in sito.
- Foto 4 Immagine dello stato attuale della prateria.
- Foto 5 Stato della Cymodocea in prossimità del faro.
- Foto 6 Prateria di Cymodocea nodosa rilevata in sito.
- Foto 7 Cymodocea nodosa e fondale antistante il molo foraneo.

STUDIO N. 5

STIMA DELLE POSSIBILI ALTERAZIONI INDOTTE DALLE OPERE SUI REGIMI E

LE ENTITÀ CHE CARATTERIZZANO IL PARAGGIO.

TITOLO 1 (Studio N. 5) - RELAZIONE TECNICO - ILLUSTRATIVA

CAPITOLO 1 (Titolo 1) - STIMA DELLE ALTERAZIONI INDOTTE SUL REGIME IDRODINAMICO DEL PARAGGIO

Nella situazione attuale il Porto turistico di Lavagna si aggetta verso l'esterno fino a circa 400 metri dalla linea di costa, comprendenti lo specchio acqueo interno al porto e la diga foranea fino al piede presunto della scogliera; quest'ultima, in particolare, si estende verso mare fino a circa 30+35 metri dal paramento esterno del muro paraonde. Il porto nel suo complesso costituisce quindi un ostacolo di notevoli dimensioni, che interagisce con le correnti modificando in parte la propagazione del moto ondososo verso riva. I fronti d'onda vengono infatti deviati in prossimità della testa del molo per effetti di rifrazione e questo fenomeno genera zone di concentrazione di energia lungo la costa, che in passato hanno provocato fenomeni di erosione (Studio N. 2 - Capitolo 2 (Titolo 1)).

L'intervento di potenziamento della scogliera a protezione del muro paraonde consiste nell'aggiunta di tetrapodi disposti su due strati al di sopra di un adeguato piano d'appoggio, ottenuto sistemando i massi naturali esistenti per ripristinare una pendenza omogenea circa pari a 1:2,5 (colmando i vuoti lasciati dai massi che sono stati trascinati verso mare) ed aggiungendo dei massi naturali del peso di 2+3 tonnellate. L'impiego dei tetrapodi garantisce un'efficace dissipazione dell'energia associata al moto ondososo anche con una disposizione su pendenze minori e conseguente notevole risparmio di materiale. La soluzione progettuale adottata prevede quindi la realizzazione di una scogliera con pendenza pari a 1:2,5, che si estende verso mare fino a circa 45 metri dal paramento esterno del muro paraonde. Questa scelta rende possibile la realizzazione di un intervento meno invasivo che avanza verso mare di 10+15 metri rispetto al piede della scogliera attuale.

Sulla base delle considerazioni precedenti, si rileva che il maggiore oggetto del porto turistico dalla linea di costa dovuto all'intervento di potenziamento risulta percentualmente irrilevante (3,75%) rispetto alle dimensioni del porto nel suo

complesso e quindi si esclude una alterazione dei fenomeni di rifrazione esistenti che modificano il regime idrodinamico del paraggio.

CAPITOLO 2 (Titolo 1) - STIMA DELLE ALTERAZIONI INDOTTE SUL REGIME SEDIMENTOLOGICO DEL PARAGGIO

L'intervento è stato naturalmente studiato per evitare l'intensificarsi dei fenomeni erosivi in atto sulla spiaggia di Lavagna-Cavi, e tanto meno è escluso l'innescarsi di nuovi fenomeni, così come prescritto nei criteri di valutazione di un intervento riportati nel PTC della Costa per quanto riguarda la salvaguardia dell'equilibrio del litorale.

La descrizione stessa dell'andamento generale del trasporto litoraneo all'interno dell'unità fisiografica di appartenenza, riportata nello Studio N. 2 - Capitolo 3 (Titolo 1), è già sufficiente per escludere qualsiasi tipo di alterazione indotta e per garantire la salvaguardia del litorale, che allo stato attuale ha raggiunto un assetto piuttosto stabile.

Per quanto riguarda la movimentazione dei sedimenti nella zona antistante la diga foranea, si osserva che la nuova mantellata non provoca frangimento dell'onda per condizioni di mare associate ad un periodo di ritorno minore di 25 anni e quindi non genera trasporto solido davanti alla scogliera, pericoloso per l'erosione al piede dell'opera e per l'insabbiamento del fondale.

CAPITOLO 3 (Titolo 1) - STIMA DELLE ALTERAZIONI INDOTTE SULLE ENTITÀ BIONATURALISTICHE DEL PARAGGIO

In fase progettuale sono stati esaminati gli effetti indesiderati che l'intervento può generare sull'ambiente marino, suddividendoli in impatti diretti ed indiretti.

Dagli studi eseguiti dall'ENEA nel 1995 e riportati sulla mappatura in scala 1:25.000 (Studio N. 4 - Capitolo 1 (Titolo 1)), si osserva che nelle zone di Chiavari e Lavagna il limite superiore del confine della prateria di Cymodocea nodosa è individuato tra gli 8 ed i 10,5 metri di profondità; dall'indagine in sito è stata riscontrata presenza di Cymodocea ad una distanza di oltre 80 metri dal paramento esterno del muro paraonade. Considerando che il piede della scogliera in progetto si spinge circa fino alla batimetrica 6,7 metri, ad una distanza di circa 45 metri dal muro paraonade (Capitolo 1 (Titolo 1)), si può affermare con assoluta certezza che l'intervento non interferisce direttamente con la prateria di Cymodocea antistante la diga foranea.

Per quanto riguarda gli impatti indiretti dell'intervento da realizzarsi, ossia intorbidamento delle acque, infangamento dei fondali ed alterazione della dinamica sedimentaria, si ritiene che tali impatti si verifichino solamente durante le fasi esecutive dell'opera, limitatamente alla movimentazione del fondale circostante. I massi artificiali utilizzati, inoltre, proprio perché realizzati in calcestruzzo (tetrapodi), non danno luogo a distacchi di materiale come i massi naturali, e quindi non provocano insabbiamento ed intorbidamento, se non limitatamente alla fase di posa. Sul lungo periodo l'intervento non dovrebbe causare alterazioni dei fondali anche perché la dinamica dei sedimenti non viene modificata nella zona antistante la diga (Capitolo 2 (Titolo 1)).

Si precisa inoltre che lo stato di degrado in cui si trova attualmente la scogliera provoca dilavamento di materiale fine dal nucleo con conseguente aumento della torbidità delle acque nella zona antistante. I massi artificiali in calcestruzzo che verranno impiegati per il potenziamento della scogliera, oltre a frenare l'erosione del nucleo, riducono la quantità di materiale fino provocata dai fenomeni di disgregazione dei massi naturali.