Presidenza del Consiglio dei Ministri
COMMISSARIO DI GOVERNO PER IL CONTRASTO
DEL DISSESTO IDROGEOLOGICO
NELLA REGIONE LIGURIA
(ex art. 10 d.l. 91/2014 e art. 36-ter d.l. 77/2021)\

Comune di Santa Margherita Ligure
(Città metropolitana di Genova)

LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL CANALE SCOLMATORE DEI TORRENTI SAN SIRO E MAGISTRATO IN COMUNE DI SANTA MARGHERITA LIGURE (GE)

COD. RENDIS 07IR011/G3

CIG: 927076092A – CUP: G55B15000010001

PROGETTISTI:

A.T.I.

TECHNITAL S.p.A.
(Capogruppo mandataria)
Il progettista: Ing. Alberto Marchi

Dott. Geol. Gian Paolo Chella
(Mandante)

RESPONSABILE UNICO PROCEDIMENTO:

Arch. Annalisa Ruopolo

DIRETTORE DELL'ESECUZIONE DEL CONTRATTO:

Ing. Andrea Monteverde

RESPONSABILE DELL' INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:

Ing. Alberto Marchi

PROGETTO ESECUTIVO

TITOLO ELABORATO:

PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO

SOCIETÀ:	CODICE ELABORATO:	
TECHNITAL S.p.A.	II180P-E-00-MAT-RT-01-0	

Revisione	Data	Descrizione	Redatto	Verificato	Approvato
REV 0	02/2025	PRIMA EMISSIONE	I.Maci	A.P. Bettinetti	A. Marchi

I DISEGNI E LE INFORMAZIONI IN ESSI CONTENUTE SONO PROPRIETÀ ESCLUSIVA DEL COMUNE DI SANTA MARGHERITA LIGURE E NON POSSONO ESSERE MODIFICATI, RIPRODOTTI, RESI PUBBLICI O UTILIZZATI PER USI DIFFERENTI DA QUELLI PER CUI SONO STATI REDATTI, SALVO AUTORIZZAZIONE SCRITTA.

LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL CANALE SCOLMATORE
DEI TORRENTI SAN SIRO E MAGISTRATO
IN COMUNE DI SANTA MARGHERITA LIGURE (GE)

PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO

Febbraio 2025

INDICE

1. PREMESSA 5

2. INQUADRAMENTO 6

3. ASPETTI GEOLOGICI E IDROGEOLOGICI 7

3.1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE 7
3.2. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO 7
3.3. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO 8

4. DESCRIZIONE DELLE OPERE 10

4.1. OPERE D'ARTE E PARTICOLARI COSTRUTTIVI 10
4.1.1. OPERA DI PRESA DEL TORRENTE SAN SIRO 10
4.1.2. OPERA DI PRESA DEL TORRENTE MAGISTRATO 11
4.1.3. OPERA DI SBOCCO A MARE 12
4.2. GALLERIA NATURALE 13
4.3. SISTEMAZIONI DEI VERSANTI E OPERE ACCESSORIE 17
4.3.4. INTERVENTI DI STABILIZZAZIONE DEL VERSANTE DEL TORRENTE S. SIRO 17
4.3.5. STRADA SAN SIRO 20
4.3.6. INTERVENTI DI STABILIZZAZIONE DEL VERSANTE DELLO SBOCCO A MARE 20

5. CANTIERIZZAZIONE 22

5.1. CANTIERIZZAZIONE 22
5.2. TEMPI DI ESECUZIONE 23

6. CARATTERIZZAZIONE AMBIENTALE DEL SITO 26

7. SITI DI PRODUZIONE DEI MATERIALI DA SCAVO E RELATIVI VOLUMI 29

8. SITI DI DESTINAZIONE DEI MATERIALI DA SCAVO E RELATIVI VOLUMI 30

9. SITI DI DEPOSITO INTERMEDIO 32

10. PIANO DI CARATTERIZZAZIONE 33

10.1. PUNTI DI CAMPIONAMENTO E CAMPIONI 33
10.2. ANALISI SUI CAMPIONI 35
10.2.7. QUALITÀ AMBIENTALE 35
10.2.8. QUALIFICA A RIFIUTO 36

11. OPERAZIONI DI NORMALE PRATICA INDUSTRIALE SUI MATERIALI DI SCAVO 37

12. PERCORSI PREVISTI PER IL TRASPORTO DEI MATERIALI DI SCAVO 38

13. DURATA DEL PIANO 41

ALLEGATI 42

CERTIFICATI DELLE ANALISI AMBIENTALI DEL SONDAGGIO SG2 42
MANIFESTAZIONI DI INTERESSE PER L'UTILIZZO DEI MATERIALI DI SCAVO 42
RIPASCIMENTO STRUTTURALE SANTA MARGHERITA LIGURE 42

INDICE DELLE FIGURE

Figura 2.1 – Schema dello scolmatore e interferenza con i corsi d'acqua e relativi bacini 6
Figura 4-1 – Sezione tipo A0 14
Figura 4-2 – Sezione tipo B0 14
Figura 4-3 – Sezione tipo B0V 15
Figura 4-4 – Sezione tipo B2V 15
Figura 4-5 - Sezione tipo P0 (piazzole temporanee) - Prerivestimento 16
Figura 4-6 – Sezione tipo P0 (piazzole temporanee) – Rivestimento definitivo 16
Figura 4.7 – Sezione tipologica dell'intervento di stabilizzazione del versante e modifica della viabilità 19
Figura 4.8 – Palizzata in legno 20
Figura 4.9 – Zone del versante maggiormente acclivi 21
Figura 4.10 – Dettagli dell'intervento sul versante dello sbocco a mare 21
Figura 12-1 Percorsi per il traporto dei materiali da scavo fino alla zona di ripascimento retroportuale. 39
Figura 12-2 Percorsi per il traporto dei materiali da scavo fino alla Cava di Frisolino (Comune di Ne). 40

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 7-1 – Siti di produzione del materiale di scavo con relative volumetrie 29
Tabella 8-1 – Siti di destinazione del materiale di scavo e volumetrie. 31

1. PREMESSA

Il presente documento costituisce la relazione di Piano di utilizzo delle terre e rocce da scavo relativo al progetto di "Realizzazione del canale scolmatore dei torrenti San Siro e Magistrato in Comune di Santa Margherita Ligure (GE)".

L'abitato di Santa Margherita Ligure è soggetto a un'estesa zona a pericolosità idraulica molto elevata dovuta all'insufficienza delle sezioni idrauliche dei torrenti San Siro e Magistrato che attraversano il centro abitato e che sono in gran parte tombinati, con pregiudizio per la sicurezza delle popolazioni e delle aree urbanizzate.

Lo stato attuale dei luoghi risulta alterato dalla profonda trasformazione urbanistica che ha interessato nel tempo il territorio del comune di cui trattasi, con la realizzazione di estese e diffuse tombinature di corsi d'acqua che non presentano le caratteristiche costruttive e dimensionali volte allo smaltimento delle portate meteoriche con tempi di ritorno conformi alla vigente normativa (portata duecentennale).

Le opere previste a progetto consentono la mitigazione del rischio idraulico, con eliminazione della fascia A nel centro abitato di Santa Margherita Ligure.

La presente Proposta di Piano di utilizzo è stata predisposta, contestualmente al Progetto Esecutivo, in quanto, nell'ambito della progettazione, è emerso che la realizzazione delle opere previste necessita la movimentazione di maggiori volumi di scavo in banco rispetto a quanto previsto nel Progetto Definitivo; insieme a questo, si è proceduto inoltre ad affinare la definizione della tipologia di scavo e a verificare la fattibilità tecnico-economica dei trasporti del materiale verso siti di destinazioni esterni alle aree di cantiere, identificando come modalità maggiormente sostenibile quella che prevede un trasporto esclusivamente su gomma, a differenza di quanto stabilito nel progetto definitivo, approvato nel Decreto VIA, che integrava la stessa con un trasporto via mare.

La redazione del presente piano fa riferimento al Decreto del Presidente della Repubblica, DPR, del 13 giugno 2017, n. 120, dal titolo "Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo, ai sensi dell'articolo 8 del decreto-legge 12 settembre 2014, n. 133, convertito, con modificazioni, dalla legge 11 novembre 2014, n. 164". Il documento sarà redatto in conformità all'art. 9 co.5 DPR n.120/2017. I materiali di scavo saranno utilizzati sia nello stesso sito di produzione ai sensi dell'art.24 del medesimo decreto che come sottoprodotto in siti diversi da quello in cui è stato scavato ai sensi dell'art. 184-bis del D.Lgs. n.152/2006.

In questo modo sarà possibile da un lato ridurre al minimo il quantitativo di materiale da inviare a discarica, dall'altro ridurre al minimo il prelievo di materiale inerte dall'ambiente per la realizzazione di opere civili, intese in senso del tutto generale.

2. INQUADRAMENTO

L'area interessata dal presente studio ricade nel Comune di Santa Margherita Ligure ed è delimitata a Nord dal crinale dove sorge San Lorenzo della Costa, e ad Ovest dal crinale spartiacque che da località Ramezzana (345 metri slm) passando per Portofino Kulm (422 metri slm), si inerpica fino al Monte di Portofino (608 metri slm) per raggiungere il mare presso punta Pedale passando per Monte delle Bocche (505 metri slm) , Monte Croci di Nozarego (392 metri slm), Monte Brano (306 metri slm), località Costa e Madonna della Neve (125 metri slm).

I principali impluvi che interferiscono con la galleria a progetto hanno generalmente direzione ortogonale al tracciato dello scolmatore e sono i seguenti: torrente San Siro (con un bacino idrografico di circa 4,6 km^2), torrente Magistrato e Fosso Santa Barbara (per complessivi 2 km^2 circa), ognuno dotato di un proprio sbocco a mare.

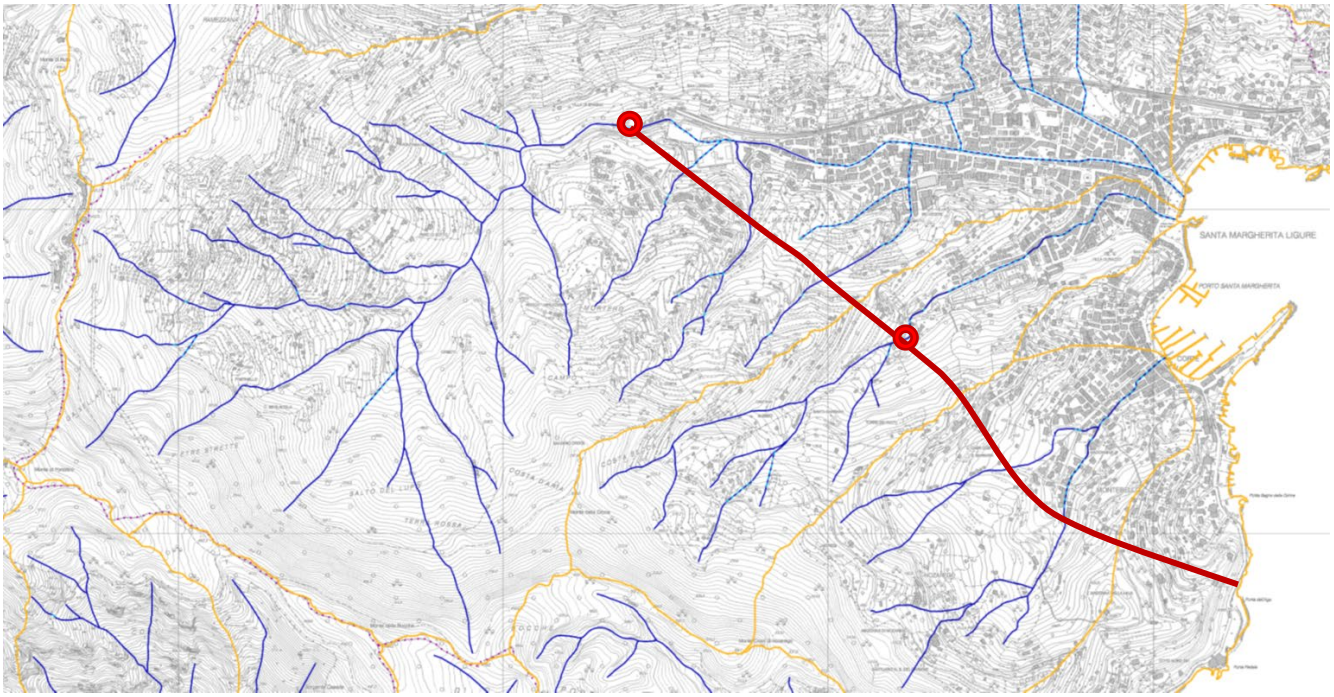


Figura 2.1 – Schema dello scolmatore e interferenza con i corsi d'acqua e relativi bacini

La condotta idraulica avrà un'orientazione grossomodo Nordovest-Sudest ed intercetterà i contributi del Torrente San Siro disposto con andamento Est-Ovest poco più a monte del campo sportivo comunale Broccardi, i contributi del torrente Magistrato disposto con andamento Sudovest-Nordest a monte del Cimitero comunale, mentre attraverserà il bacino di Nozarego senza captare i contributi del Fosso Santa Barbara e del Fosso sopra Via Madonnina. La galleria pertanto intercetterà i contributi provenienti dalla parte alta del bacino del torrente San Siro ad eccezione di alcuni suoi affluenti minori in sponda orografica destra (Fosso di Mortero, Fosso di Cassanello e Fosso di Costa Mezzana), nonché i contributi provenienti dalla porzione posta a quota più elevata del bacino del torrente Magistrato.

3. ASPETTI GEOLOGICI E IDROGEOLOGICI

In questa fase esecutiva è stata posta particolare attenzione allo studio di forme legate a dissesti di versante che possono interferire con gli imbocchi della galleria, ed in particolare sono state approfondite le conoscenze della zona di presa dello scolmatore per la presenza di un Dissesto Gravitativo Profondo (DGPV) in quanto il progetto prevede notevoli modifiche delle quote dei terreni non solo in corrispondenza dell'incile della galleria, ma anche più a monte risalendo lungo l'asta torrentizia al fine di mantenere la viabilità esistente mediante spostamento a quota più elevata.

Tale profonda sistemazione dei terreni operata al piede del versante su un'area classificata come DGPV (Dissesto Gravitativo Profondo) ha richiesto lo sviluppo di una ulteriore campagna d'indagine gegnostica-geotecnica e geofisica al fine di conoscere in modo approfondito il profilo geologico e geotecnico della porzione di versante che è influenzata, direttamente o indirettamente, dalla costruzione delle opere e che influenza le opere stesse.

3.1. Inquadramento geologico generale

L'Unità dell'Antola è costituita da sequenze torbiditiche ascritte al Campaniano - Eocene inferiore (Marroni et al., 1992) ed è l'unità strutturale più elevata dell'Appennino settentrionale che, fatta eccezione per il promontorio di Portofino dove affiora l'omonimo Conglomerato, caratterizza la linea costa della Liguria orientale (da Genova a Chiavari).

Dal punto di vista geologico l'intero tracciato si sviluppa all'interno della formazione dei Calcari Marnosi del Monte Antola caratterizzati da un'alternanza di calcari marnosi, calcari arenacei e marne calcaree. I *Calcari marnosi*: sono il litotipo predominante; si presentano piuttosto compatti, di colore grigio scuro, biancastro-giallastro per alterazione superficiale, con potenze variabili da pluridecimetrico fino a raggiungere lo spessore di alcuni metri (fino a 10÷12). Le *Argilliti*: hanno aspetto lucido, presentano una fitta scistosità e fratturazione prismatica, sono di colore grigio nero. Le potenze variano da alcuni centimetri al metro. I *Calcari arenacei*: sono compatti e duri, di colore grigio scuro, grigio bruno per alterazione superficiale. Le potenze variano da qualche decimetro ad alcuni metri.

La giacitura della stratificazione nella zona interessata dalla condotta idraulica immerge prevalentemente verso sud con inclinazioni variabili da 20° fino a 85°. Dal punto di vista strutturale la geologia della zona a grande scala può essere ricondotta ad una monoclinale immergente verso Sud.

La giacitura di strato può essere modificata da una serie di pieghe, più o meno serrate, o a chevron, a scala metrico-decametrica, caratterizzate generalmente da assi sub-orizzontali diretti circa E-W o ENE-WSW.

Diverse faglie, inoltre, sono state osservate. In corrispondenza delle cerniere delle pieghe possono essere presenti delle faglie: tali faglie presentano una direzione subparallela a quella della stratificazione e di conseguenza risultano generalmente immergenti verso Sud; alcune faglie, tuttavia, non risultano legate alla direzione delle pieghe o della stratificazione.

3.2. Inquadramento geomorfologico

La condotta idraulica andrà ad intercettare i torrenti San Siro e Magistrato, rispettivamente ad una quota di 25 metri slm il primo e 35 metri slm il secondo, ovvero nella porzione bassa e terminale del versante dove le aste torrentizie hanno una debole inclinazione e sono prossime alla pianura alluvionale intensamente urbanizzata, andrà quindi ad inserirsi nella zona che separa l'alto bacino torrentizio ed acclive caratterizzato da erosione e trasporto, dal basso bacino dove prevalgono il trasporto e la sedimentazione.

L'alto bacino presenta rare urbanizzazioni, i versanti collinari sono generalmente terrazzati e adibiti alla coltura dell'ulivo oppure ancora in condizioni naturali e quindi boscati. La parte bassa, meno acclive, risulta intensamente urbanizzata da interventi recenti.

Il Torrente San Siro è disposto grossomodo con andamento Est-Ovest e raccoglie i contributi delle incisioni torrentizie disposte parallelamente ai principali allineamenti strutturali con direzione Ovest/Sudovest- Est/Nordest.

Le coltri di copertura di natura eluvio-colluviale si mantengono generalmente di spessore inferiore ai 3 metri; localmente si possono riscontrare coltri anche di notevole spessore in corrispondenza del Fosso della Madonnetta (fino a 15 metri) e del DGPV poco più a monte dell'incile dello scolmatore (fino a 6,5 metri circa) Si tratta di depositi a granulometria eterometrica, da medio fine a grossolana, con blocchi di dimensioni anche plurimetriche, in abbondante matrice sabbioso - limosa o argillosa, generalmente derivante dal disfacimento superficiale dei calcari dell'Antola, più sviluppata in corrispondenza degli affioramenti di bancate marnose e argillose.

L'interferenza della galleria idraulica con l'assetto geomorfologico è particolarmente importante laddove l'opera interseca la superficie topografica e/o sono associate ridotte coperture e pertanto in corrispondenza della presa sul torrente San Siro, del pozzo che intercetterà il torrente Magistrato e dello sbocco a mare, oltre che della zona in corrispondenza del Fosso della Madonnina dove la condotta attraverserà una frana quiescente di potenza massima misurata fino a 15 metri con una copertura di progetto di circa 18 metri, e pertanto con un ridotto orizzonte di substrato roccioso fra la calotta della galleria e il corpo di frana.

3.3. Inquadramento idrogeologico

Come si evince dai risultati delle diverse campagne d'indagini geognostiche condotte nel 2003, nel 2005, nel 2015 e in quella attuale (2024), la galleria si svilupperà per tutta la sua lunghezza all'interno del substrato roccioso appartenente alla formazione geologica dei Calcari di M. Antola.

L'ampia letteratura scientifica disponibile e, soprattutto, le numerose e specifiche conoscenze dirette e sperimentali dedotte dalle prove in situ, concordano nell'attribuire alla formazione stessa una permeabilità per fratturazione e fessurazione.

La circolazione è fortemente influenzata dal grado di fratturazione, ed è teoricamente destinata a diminuire contestualmente all'aumentare della profondità per il progressivo serraggio dei sistemi di fratture nonché per la presenza di materiale di riempimento nelle fratture stesse, nella realtà la circolazione è soprattutto concentrata al contatto tra la formazione francamente calcarea, prevalente, e i banchi arenatici e calcarenitici.

Le condizioni che possono favorire condizioni di accumulo sono da ricercare nel comportamento meccanico dell'ammasso calcareo e soprattutto nell'attività neotettonica che ha interessato questo settore, inducendo un reticolo idrografico fitto e diffusamente impostato lungo faglie e fratture per la maggior parte con piano sub verticale.

La circolazione idrica delle acque nell'AR avviene pertanto all'interno dei reticoli di frattura e assume maggiore rilevanza laddove i sistemi fessurativi sono comunicanti fra loro (intersezioni).

A queste condizioni generali si aggiunga il comportamento meccanico delle litologie calcaree dominanti (spessori di centinaia di metri) rispetto ai subordinati livelli argillitici: il comportamento rigido dei primi si contrappone a quello duttile e meno resistente dei secondi, caratterizzati da giacitura prevalentemente sub orizzontale. Gli stress deformativi, a causa delle differenti caratteristiche geotecniche delle due litologie, hanno indotto deformazioni duttili di notevole entità nelle argilliti a causa del "softening" generato dall'imbibizione delle stesse al contatto con le prime

acque di percolazione.

Tale processo ha favorito l'intensa decompressione dell'ammasso calcareo sovrastante che, a causa della sua rigidità, si è fratturato ulteriormente. Le argilliti costituiscono dunque il letto impermeabile delle camere di accumulo acquifero generate dal processo di fratturazione. Questa situazione è stata rilevata nella terebrazione di un pozzo, ubicato circa 200 metri a valle dell'imbocco dello scolmatore lungo il Torrente San Siro, che ha individuato una rilevante circolazione d'acqua ad una profondità di circa 90 m dal piano campagna, mentre alle quote superiori la presenza è risultata sempre poco significativa.

Durante l'esecuzione dei sondaggi a carotaggio continuo nelle campagne geognostiche condotte nel 2003, nel 2005 e nel corrente anno (2024) sono state effettuate delle Prove di Permeabilità Lugeon in roccia.

Le classi di permeabilità sono attribuite seguendo le norme AFTES (Association Française des Travaux En Souterrain). Tuttavia, anche se questa classificazione non risulta valida per le rocce carsiche, nel nostro caso possiamo ritenerla abbastanza affidabile in quanto il carsismo all'interno dei Calcari del Monte Antola è estremamente e congenitamente immaturo. La permeabilità come già evidenziato risulta guidata dai sistemi di fratturazione lungo le discontinuità ed è molto spesso anisotropa.

Le prove eseguite in foro sull'AR hanno evidenziato una permeabilità da bassa a media con coefficienti di conducibilità idraulica prevalentemente compresi tra 10^{-6} e 10^{-7} m/sec.

4. DESCRIZIONE DELLE OPERE

Nel presente capitolo si riporta la descrizione delle opere e degli interventi previsti nel progetto. Gli elementi principali sono costituiti da:

- un'opera di presa sul rio San Siro;
- un'opera di presa e immissione intermedia in galleria sul rio Magistrato;
- un'opera di sbocco a mare;
- una galleria naturale di lunghezza pari a 2,5 km.

Completano le opere:

- la sistemazione del versante in corrispondenza dell'opera di presa San Siro (che insiste nelle prossimità di un DGPV) e la modifica locale della viabilità secondaria;
- la sistemazione del versante in corrispondenza dello sbocco a mare.

4.1. Opere d'arte e particolari costruttivi

4.1.1. Opera di Presa del Torrente San Siro

L'opera di presa sul torrente S. Siro è costituita dai seguenti elementi:

- sbarramento di regolazione sul torrente San Siro per il controllo della portata verso valle e il sostegno della quota del pelo libero in corrispondenza dello sfioratore laterale;
- sfioratore laterale in destra, e vasca di gronda per convogliare l'acqua alla galleria idraulica;
- briglia selettiva per la trattenuta dei corpi galleggianti;
- zona di deposito del materiale litoide;
- opere di completamento quali muri di sostegno, scarico di emergenza, rampe di accesso all'alveo per l'espletamento delle attività di manutenzione.

Il dimensionamento della bocca tarata (larghezza-altezza), e dello sfioratore laterale (altezza del coronamento, lunghezza) è stato eseguito con un duplice obbiettivo: in primo luogo al fine di ottenere i valori delle portate di progetto a valle delle opere e in secondo luogo con l'intento di limitare la frequenza di entrata in funzione della galleria ai soli eventi effettivamente necessari. Se dal punto di vista teorico questi due obiettivi possono trovare una soluzione ottimale, dal punto di vista pratico il vincolo imposto dallo stato dei luoghi (e in particolare dalla disponibilità di spazi), nonché dai costi delle opere in progetto è tale da dover ricercare una soluzione che sia il miglior compromesso tra le due diverse problematiche. Sulla base dei risultati di questo processo di ricerca della condizione ottimale è stata scelta la soluzione che prevede una luce libera, posta sul fondo del manufatto limitatore, di 1,2 m di larghezza e 1,0 m di altezza, e uno sfioratore laterale di lunghezza pari a 20,5 m e altezza del coronamento pari a 1,35 m rispetto al fondo alveo.

A valle dello sfioratore è posto uno scivolo di raccordo con la sezione della galleria.

La quota all'imbocco della galleria, pari a 25,50 m s.m.m. è stata individuata in modo da assicurare la disconnessione idraulica tra la soglia di sfioro sul San Siro e la galleria stessa.

Anche se sono state previste a monte dello sfioratore delle opere per l'intercettazione del materiale galleggiante (briglia di ritenuta) e del trasporto solido (zona di deposito) non è possibile escludere

che possa verificarsi una situazione imprevista per la quale la galleria scolmatrice possa essere parzialmente ostruita e non sia in grado di far defluire tutta la portata in arrivo. Per far fronte a tale circostanza è stato inserito, uno sfioro di emergenza posto a quota 32,70 m s.m.m. Attraverso lo sfioro di emergenza possono essere smaltiti circa 45 m³/s con pelo libero a quota 34,00 m s.m.m. (sommità dei muri di sponda).

La necessità di evitare che materiale flottante, movimentabile durante gli eventi di piena, possa intasare l'imbocco della galleria scolmatrice impone la realizzazione, a monte dello sfioratore laterale, di una briglia selettiva appositamente studiata per l'intercettazione e la trattenuta del materiale galleggiante (briglia a paramento inclinato). Il materiale galleggiante che giunge a ridosso della briglia per effetto combinato del galleggiamento e dell'inclinazione del paramento tende a portarsi in alto, lasciando così la parte bassa delle larghe aperture sgombra e quindi efficiente per lo smaltimento sul fondo del materiale lapideo trasportato dalla corrente. Il fondo della briglia è rivestito da massi annegati nel getto per assicurarne la durabilità. Al fine poi di evitare il verificarsi di intensi fenomeni erosivi o di rapido deperimento del rivestimento in calcestruzzo in corrispondenza del salto dell'acqua, si è protetto il fondo alveo per una lunghezza di oltre 5 m con un rivestimento a massi di adeguata pezzatura e peso. Il funzionamento idraulico della briglia è stato verificato per l'ipotesi di portata di piena duecentennale sia nel caso di deflusso libero che nell'ipotesi di completo interrimento del paramento di monte fino alla quota massima di gàveta fissata dalla più elevata delle barre orizzontali.

La ricostruzione dei profili idraulici è riportata in dettaglio nella Relazione OI-R01 a cui si rimanda.

Per far fronte a problemi di deposito di materiale solido in occasione dei maggiori eventi di piena è stata prevista una zona di deposito del materiale solido tra la briglia per la trattenuta del materiale flottante e la briglia selettiva reticolare paratronchi (esistente) posta a monte dell'opera di derivazione.

Per favorire il deposito del materiale trasportato è stata creato un allargamento dell'alveo (fino ad una larghezza al fondo pari a circa 20 m) così da creare una zona di rallentamento della corrente (favorito anche dal rigurgito provocato dalla briglia presente a valle) e quindi il deposito del materiale trasportato dalla corrente.

Parte del materiale depositato durante la piena può venire movimentato successivamente nei periodi di morbida e defluire in maniera naturale verso valle. Per la rimozione del materiale a pezzatura maggiore si dovrà invece procedere a periodiche operazioni di manutenzione: il materiale asportato potrà essere utilizzato per il ripascimento delle spiagge poste in prossimità alla foce del San Siro.

4.1.2. Opera di Presa del Torrente Magistrato

L'opera di presa del Torrente Magistrato è costituita dai seguenti elementi:

- sbarramento di regolazione sul torrente Magistrato per il controllo della portata verso valle e il sostegno della quota del pelo libero in corrispondenza dello sfioratore laterale;
- sfioratore laterale in destra e vasca di gronda per convogliare l'acqua al pozzo di raccordo con la galleria idraulica;
- briglia selettiva per la trattenuta dei corpi galleggianti;
- zona di deposito del materiale litoide;
- opere di completamento quali muri di sostegno, rampe di accesso all'alveo per l'espletamento delle attività di manutenzione.

In maniera analoga a quanto osservato per l'opera di presa sul torrente S. Siro il dimensionamento

della bocca tarata (larghezza-altezza), e dello sfioratore laterale (altezza del coronamento, lunghezza) deve tener conto oltre che dei valori delle portate che si vuole far transitare a valle delle opere, anche dell'obiettivo di limitare la frequenza di entrata in funzione dell'opera ai soli eventi critici, e di rispettare i vincoli imposti dallo stato dei luoghi (e in particolare dalla disponibilità di spazi), nonché dai costi delle opere in progetto. Sulla base delle differenti ipotesi analizzate nella ricerca della condizione di progetto che tenesse conto delle differenti variabili sopra menzionate, è stata scelta la soluzione che prevede una luce libera, posta sul fondo del manufatto limitatore, di 1,00 m di larghezza e 0,50 m di altezza, e uno sfioratore laterale di lunghezza pari a 9,50 m e altezza del coronamento pari a 1,40 m sul fondo alveo.

Attraverso uno scivolo di raccordo le acque scolmate dallo sfioratore laterale sono convogliate verso una vasca dove è posto l'imbocco a calice del tubo d'acciaio verticale di diametro 2,00 m. Tale tubo, in acciaio a saldatura elicoidale, scende in un pozzo posto a lato della galleria fino alla quota di fondo della stessa e prosegue poi con andamento orizzontale fino a collegarsi con la galleria idraulica. Il sistema è stato progettato per minimizzare i fenomeni di rigurgito che potrebbero venire a crearsi in galleria a monte dell'immissione delle acque sfiorate dal Magistrato: la portata si immette in pressione in galleria con un angolo di 40° rispetto all'asse della stessa così da conservare buona parte della quantità di moto. Sul fondo della galleria un gradino sagomato a scivolo, che inizia subito a monte dell'immissione dal tubo, accresce la spinta totale di monte minimizzando ulteriormente gli eventuali sovralzi del pelo libero nel tratto che precede l'immissione della portata derivata dal torrente Magistrato.

Il trasporto flottante, come nel caso dell'opera di presa del torrente S. Siro, è controllato tramite una briglia aperta a paramento inclinato che risulta particolarmente adatta a svolgere tale funzione, presentando nel contempo minori rischi di ostruzione ed interrimento. Il funzionamento idraulico della briglia è stato verificato per l'ipotesi di portata di piena duecentennale sia nel caso di deflusso libero che nell'ipotesi di completo interrimento del paramento di monte fino alla quota massima di gàveta fissata dalla più elevata delle barre orizzontali.

4.1.3. Opera di Sbocco a Mare

Al piede dello sbocco della galleria viene realizzata un'opera di protezione prevalentemente posta sotto il livello del mare. L'opera sporgerà dal medio mare di circa 0.6 metri. Tale opera avrà il duplice obiettivo di proteggere la galleria dai fenomeni di erosione durante le mareggiate e di dissipare l'energia della corrente scolmata dalla galleria.

L'opera è costituita da:

- una platea in calcestruzzo a pianta trapezia di ingombro pari a 30 m² circa con denti sporgenti posti sotto il livello del mare;
- due pennelli laterali in massi naturali di III categoria (3-7 t).

Sulla base dei risultati delle analisi riportate nella relazione idraulica, la corrente in uscita dall'ultimo tratto di galleria sfocia in mare con una velocità di circa 13 m/s e quindi con una forte capacità di erosione e di spinta. L'opera di sbocco a mare prevede la realizzazione di un bacino delimitato a valle da una soglia dentata, al fine di dissipare l'energia della corrente tramite un risalto.

La galleria si trova ad attraversare in corrispondenza dello sbocco a mare la strada provinciale SP 227 di Portofino (Lungomare Rossetti), che costituisce l'unico asse viario per il collegamento tra Santa Margherita Ligure e Paraggi e Portofino.

L'interferenza con il traffico veicolare e ciclopedonale verrà alterato unicamente nel periodo iniziale

del cantiere, nel quale si prevede la realizzazione di un solettone in c.a., sostenuto da due file di micropali, una soluzione tecnica atta a garantire il transito nei due sensi di marcia durante i lavori di scavo e realizzazione della galleria idraulica.

La realizzazione del solettone è prevista in due parti e due macrofasi distinte, prevedendo di intervenire in corrispondenza di una corsia per volta, al fine di consentire anche durante questo primo intervento la transitabilità del tratto viario interessato, seppure in senso alternato. Il marciapiede in questa fase verrà ristretto, per garantire il transito veicolare e le operazioni di cantiere, che includono il ricollocamento dei sottoservizi esistenti.

4.2. Galleria naturale

La galleria scolmatrice ha una lunghezza complessiva pari a 2373.93 m di cui 2344.43 m in naturale ed i restanti 29.5 m caratterizzati dalle dime e dalle tratte in artificiale in corrispondenza dell'imbocco di monte, dell'opera di presa del torrente Magistrato e dello sbocco a mare.

Per quanto riguarda gli imbocchi, quello di monte ed i 2 relativi allo scolmatore del torrente Magistrato vengono realizzati tramite una paratia tipo berlinese in micropali tirantata, mentre in corrispondenza dello sbocco a mare l'attacco della galleria avviene in modo diretto, senza l'ausilio di paratie al fronte.

La copertura litostatica varia tra un minimo di circa 5 m agli imbocchi fino ad un massimo di 96 m; sono presenti anche delle zone con coperture ridotte, anche inferiori ai 15 m, alle progressive 0+210, 1+050 e 1+760 circa. Lo scavo viene realizzato interamente entro ammassi rocciosi di caratteristiche mediocri, costituiti essenzialmente dalla formazione del Flysch di Monte Antola, che risulta subaffiorante anche nelle zone di imbocco, a meno di limitate coperture detritiche. La formazione è costituita da una alternanza di calcari marnosi, calcari arenacei e marne calcaree in strati e bancate di spessore normalmente pluridecimetrico, che possono arrivare localmente a spessori massimi di 10 – 12 metri.

Lo scavo della galleria avverrà a piena sezione. Le problematiche che si potranno verificare in fase di scavo sono correlate:

- entro le formazioni lapidee, alla possibile presenza di tratti in cui si assista ad un incremento del grado di fratturazione, nei quali non sono da escludere possibili instabilità al cavo legate al distacco di blocchi e frammenti rocciosi. Il fronte di scavo si può ritenere generalmente stabile;

- agli imbocchi ed in altre zone a ridotta copertura, alla presenza di materiali detritici di copertura e ad un presumibile incremento dello stato di fratturazione ed alterazione dell'ammasso roccioso superficiale, che potranno comportare fenomeni di instabilità a carico del cavo.

Il progetto della galleria prevede l'adozione di 4 sezioni tipo correnti (A0, B0, B0V e B2V) e una sezione tipo P0 per le piazzole provvisorie che successivamente verranno riempite per garantire la continuità idraulica.

La finalità delle diverse sezioni tipo e la loro specifica applicazione lungo il tracciato è volta a limitare le plasticizzazioni e le convergenze al cavo. Nel dettaglio verrà adottata in maniera prevalente la sezione tipo B0 e, secondariamente, le tipo B0V e A0 entro la Formazione del Flysch di Monte Antola, mentre nei primi 200 m dall'imbocco, in corrispondenza dell'opera di presa del torrente Magistrato e del fosso Madonnetta verrà adottata la sezione tipo B2V.

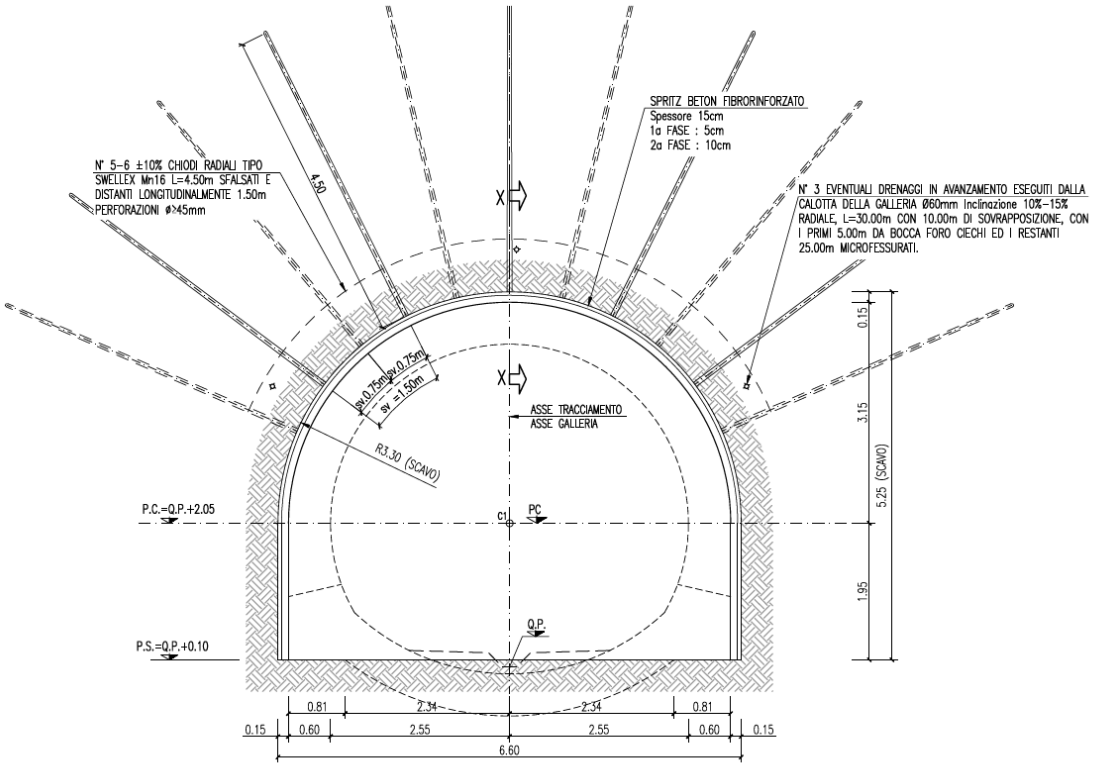


Figura 4-1 – Sezione tipo A0

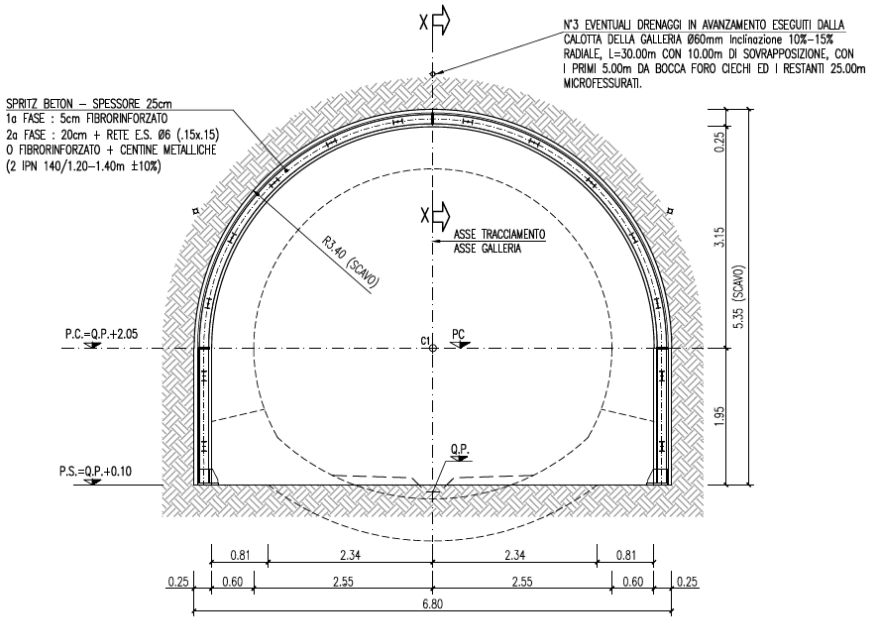


Figura 4-2 – Sezione tipo B0

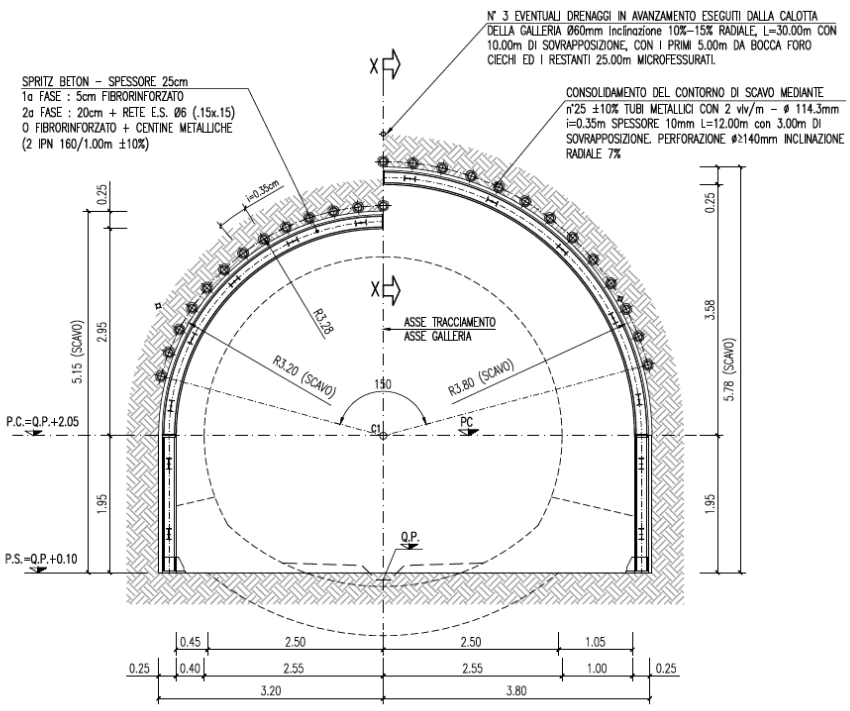


Figura 4-3 – Sezione tipo B0V

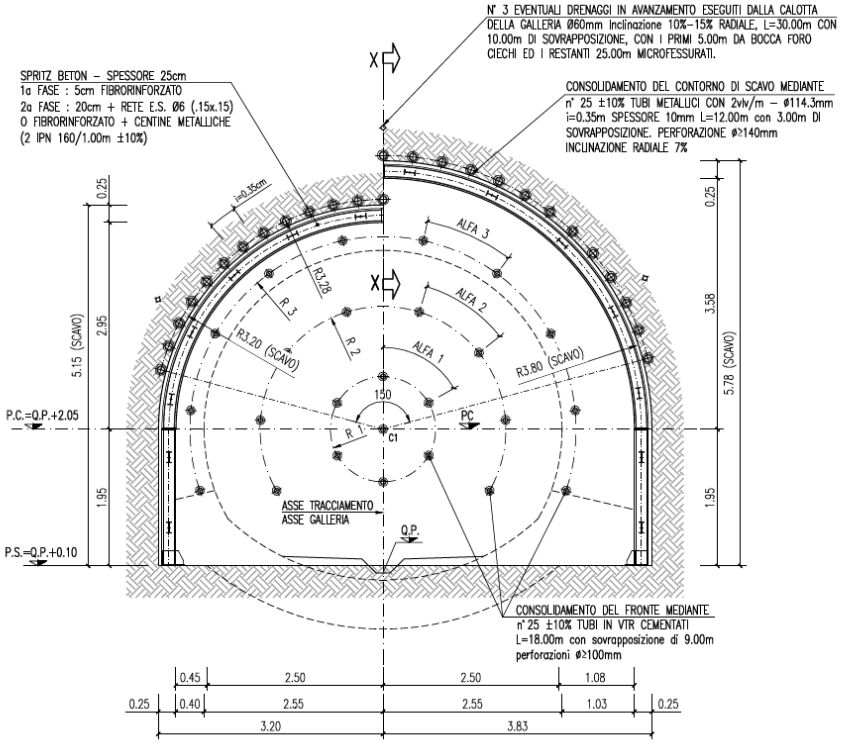


Figura 4-4 – Sezione tipo B2V

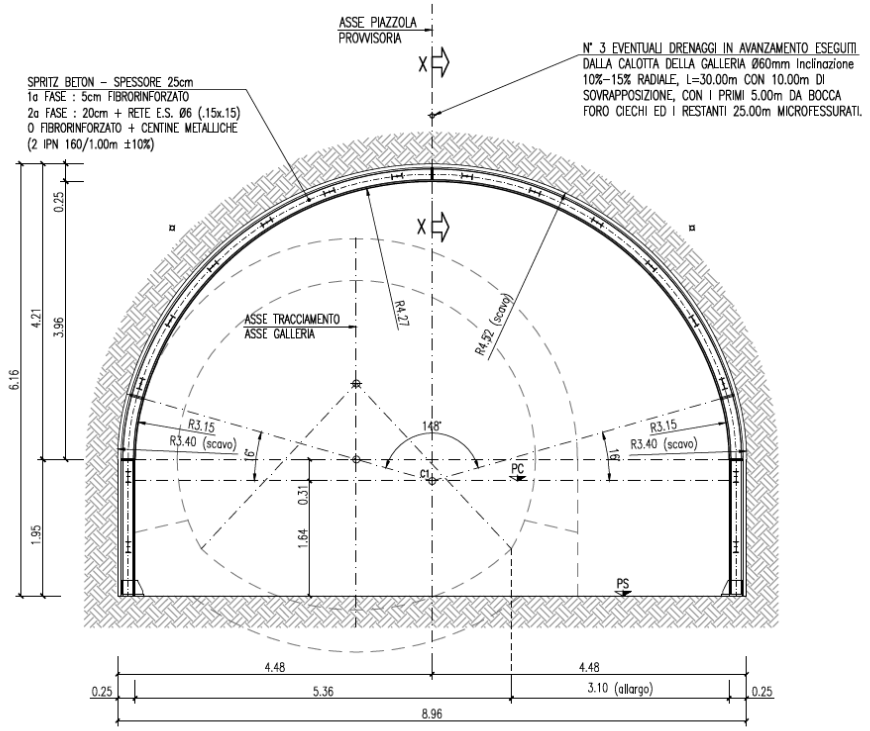


Figura 4-5 - Sezione tipo P0 (piazzole temporanee) - Prerivestimento

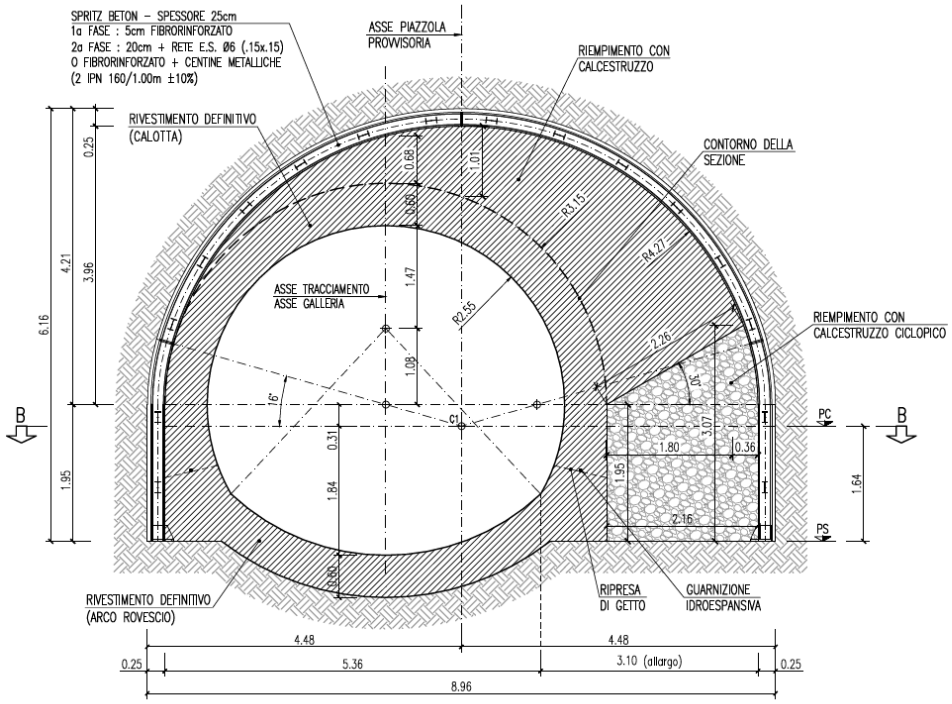


Figura 4-6 – Sezione tipo P0 (piazzole temporanee) – Rivestimento definitivo

4.3. Sistemazioni dei versanti e opere accessorie

4.3.4. Interventi di stabilizzazione del versante del torrente S. Siro

Al fine di mitigare il rischio nei confronti di potenziali cinematismi di rottura che possano interessare le opere a progetto, si prevedono alcuni interventi di stabilizzazione del versante su del torrente San Siro insistente sul tratto di imbocco dello scolmatore, che risulta peraltro interessato una deformazione gravitativa profonda di versante (DGPV), il cui piede interessa parte del tracciato della galleria scolmatrice, per una lunghezza di circa 220 m a partire dall'imbocco.

Gli interventi previsti nell'area di imbocco dello scolmatore soddisfano da una parte il requisito di messa in sicurezza del cantiere durante la realizzazione delle opere di imbocco, dall'altra il requisito di stabilizzazione del tratto di versante insistente sulle stesse e caratterizzato da pronunciata acclività, rispettivamente nel breve e nel lungo termine.

I principali criteri di scelta progettuali adottati hanno riguardato i seguenti aspetti:

- minimizzazione delle attività di scavo per ridurre il rischio di potenziale attivazione del movimento franoso;
- proteggere il versante da potenziale instabilità;
- integrare le opere da un punto di vista di ingegneria naturalistica;
- mantenere pressoché inalterate le condizioni idrogeologiche esistenti in termini di permeabilità del versante.

Gli interventi a progetto riguardano nel dettaglio:

- la realizzazione di una paratia tirantata di micropali;
- realizzazione di palizzate in legno
- la stabilizzazione del versante con un rilevato in terre rinforzate
- raccolta acque superficiali di ruscellamento;
- installazione di strumentazione di monitoraggio geotecnico.

A completamento dell'intervento si prevede l'adeguamento della viabilità esistente al nuovo contesto progettuale, che ha tenuto conto altresì della necessaria fruibilità delle strade di accesso alle abitazioni presenti durante l'esecuzione dei lavori.

La paratia è provvista di più ordini di tiranti attivi avente carattere provvisorio. I micropali sono solidarizzati in testa da un cordolo in conglomerato cementizio armato. Le paratie dovranno essere immorsate nel substrato roccioso ed hanno la funzione di stabilizzazione dello scavo per consentire la realizzazione dei muri d'argine, e di rinforzo del pendio, incrementandone la resistenza a taglio e dunque il grado di sicurezza nei confronti dei potenziali cinematismi di instabilizzazione. Al termine dell'esecuzione dei muri d'argine, si provvederà al riempimento con materiale selezionato proveniente da cava, della zona compresa tra i muri d'argine e la paratia stessa con perdita di funzionalità dei tiranti attivi. La paratia mantiene, invece, a lungo termine la sua funzione di opera di rinforzo del versante in oggetto.

Sulla paratia viene impostato il rilevato in terra rinforzata, sul quale ha sede la viabilità a progetto. Oltre a conseguire l'obiettivo primario di stabilizzazione del pendio, lo sviluppo plano-altimetrico delle terre rinforzate è mirato ad ottimizzare il tracciato della viabilità a progetto.

A tergo delle terre rinforzate si prevede inoltre un raccordo al terreno esistente mediante una pendenza di 2:1 in corrispondenza dello strato detritico e di 1:2 in corrispondenza della roccia

La realizzazione di opere di ingegneria naturalistica, costituite da palizzate in legname, ha lo scopo di stabilizzare la porzione sommitale del pendio oggetto di intervento.

Completano gli interventi un adeguato sistema di raccolta e convogliamento delle acque meteoriche superficiali.

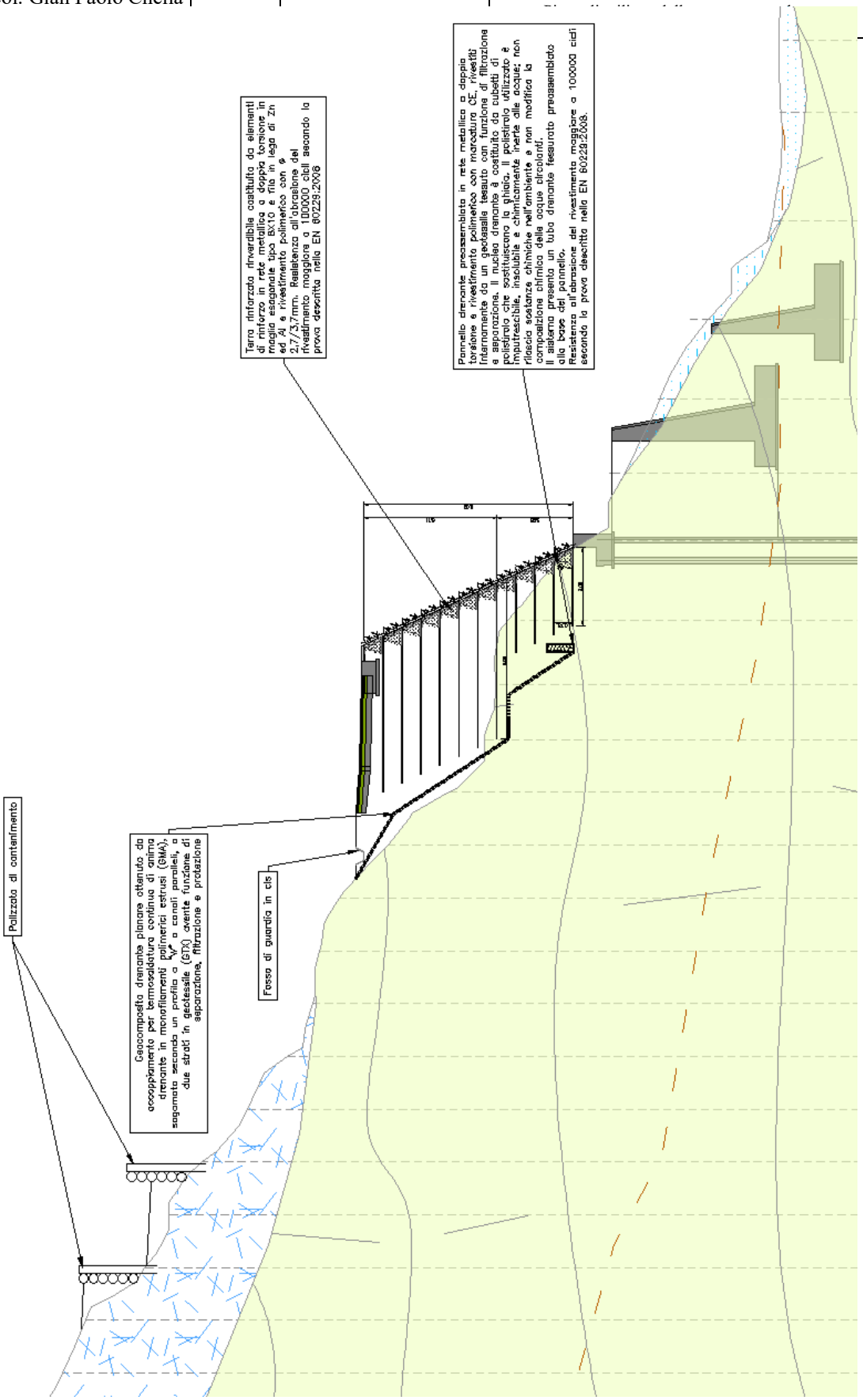


Figura 4.7 – Sezione tipologica dell'intervento di stabilizzazione del versante e modifica della viabilità

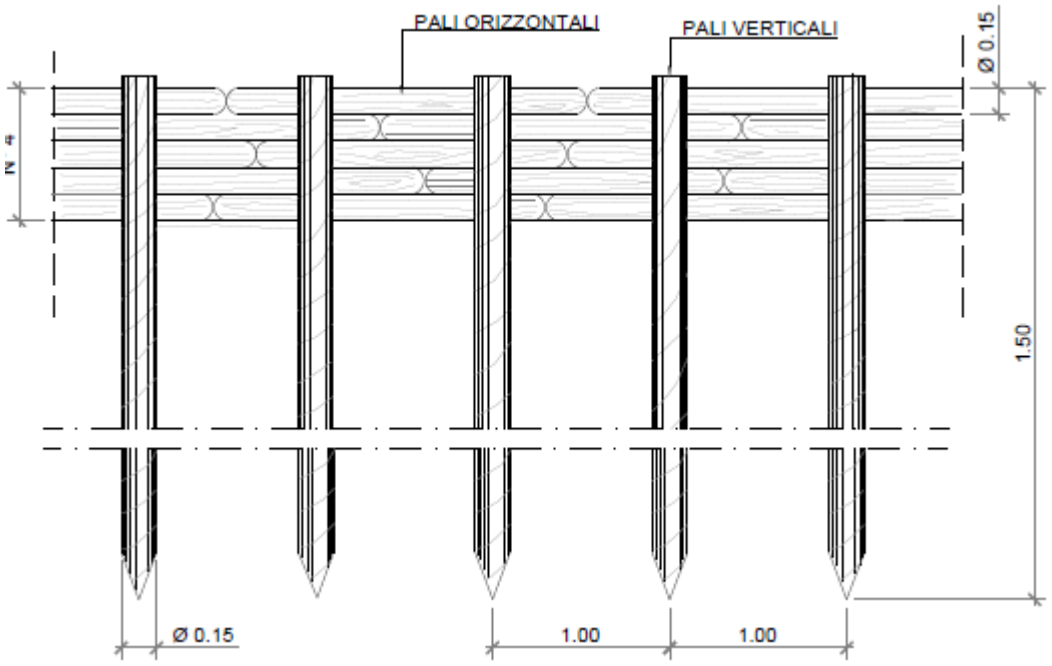


Figura 4.8 – Palizzata in legno

4.3.5. Strada San Siro

La modifica della viabilità locale in corrispondenza dell'opera di presa si rende necessaria per mantenere l'accesso ai fondi e alle abitazioni, per i quali l'attuale strada vicinale rappresenta l'unica via di passaggio.

La viabilità è stata studiata in modo da modificare il meno possibile gli attuali percorsi, anche per garantire un migliore accesso alle opere di progetto.

Il rilevato stradale sarà sostenuto da elementi in terra rinforzata e sarà protetto da una barriera guardavia.

4.3.6. Interventi di stabilizzazione del versante dello sbocco a mare

Lo sbocco a mare verrà realizzato tramite attacco diretto in roccia, previa realizzazione di alcuni interventi di protezione della falesia che costituisce il versante in analogia a quelli che recentemente sono stati posti nelle immediate vicinanze in occasione della realizzazione del depuratore cittadino.

Gli interventi di protezione consistono nel disgaggio dei blocchi instabili e nella posa di chiodi e rete di protezione. Gli interventi saranno preceduti da pulizia e verranno realizzati valutando in corso d'opera la geometria più adatta per conseguire la finalità della protezione della salute pubblica nel rispetto del quadro vegetazionale presente, in particolare relativamente alle piante ad alto fusto.

Successivamente si provvederà alla realizzazione di una palificata lungo l'esistente viabilità, al successivo getto di un solettone in calcestruzzo armato (da realizzarsi in due fasi in modo tale da non compromettere l'uso della strada, che collega Santa Margherita Ligure a Portofino) ed alla realizzazione della dima di attacco.



Figura 4.9 – Zone del versante maggiormente acclivi

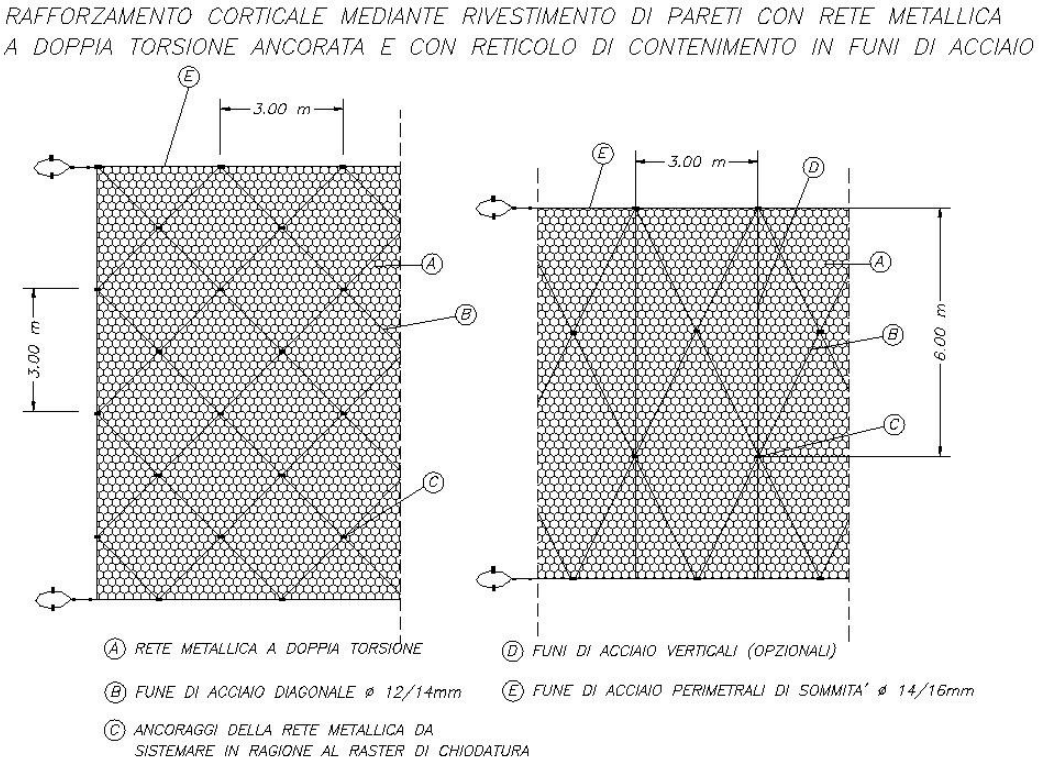


Figura 4.10 – Dettagli dell'intervento sul versante dello sbocco a mare

5. CANTIERIZZAZIONE

5.1. Cantierizzazione

Le aree di cantiere predisposte per ogni opera di progetto saranno composte da una zona dove sarà stoccato il materiale da riutilizzare in situ, laddove necessario, e da una zona utilizzata per il ricovero dei mezzi d'opera.

Nell'area in cui sarà realizzata l'opera dello sbocca mare verrà allestita un'area di cantiere base (SB) e di deposito. In tale area saranno collocati:

- I mezzi d'opera (escavatori);
- I mezzi di trasporto materiale
- I box di cantiere costituiti da ufficio di:
- Direzione lavori;
- Direzione tecnica di cantiere (impresa);
- Servizi igienici e spogliatoi;
- Infermeria;
- Deposito oli e carburanti;
- Deposito attrezzature

Le aree di stoccaggio suddivise tra:

- Area di stoccaggio smarino (pelite);
- Area di stoccaggio materiale per ripascimento;
- Area di stoccaggio materiale da scavo;
- Area di stoccaggio materiali pericolosi;

Presso l'area di cantiere sarà inoltre allestito un impianto di frantumazione e vagliatura per la lavorazione del materiale proveniente dallo scavo delle gallerie ai fini di ottenere la granulometria idonea all'attività di ripascimento stagionale prevista dal progetto.

Per maggiori dettagli si rimanda alla tavola di progetto (El. II180P-03-CAN-PL-02-0 Cantiere SB), della quale si riporta un estratto nella figura seguente.



Figure 5-1 - Planimetria dell'area di cantiere base in prossimità della zona di sbocco

Le aree di lavoro saranno sempre delimitate con rete di cantiere arancione e supporti in acciaio, adeguando il proprio sviluppo all'avanzamento dei lavori. Durante le lavorazioni i cancelli di cantiere saranno mantenuti chiusi per evitare l'accesso ai non addetti ai lavori; in presenza di traffico veicolare l'accesso dovrà essere vigilato. Tutto l'allestimento di cantiere sarà rimosso a fine concessione.

5.2. Tempi di esecuzione

Per l'esecuzione dei lavori si prevede un tempo utile pari a 1.368 gg pari a 45 mesi, comprensivi delle sospensioni estive.

L'esecuzione delle opere sarà preceduta da una serie di attività propedeutiche quali gli espropri e la risoluzione delle interferenze censite.

Il cronoprogramma dei lavori è stato organizzato individuando le seguenti macro-fasi (per ognuna delle quali viene definita la durata stimata)

- Allestimento cantiere (84 gg);
- Chiusura SP227 corsia dir. Portofino e realizzazione solettone (43 gg)
- Chiusura SP227 corsia dir. Santa Margherita L. e realizzazione solettone (43 gg)
- Formazione del cantiere base CB a mare (133 gg)
- Opere di consolidamento versante a mare (84 gg)
- Opera di presa Magistrato (549 gg)

- Opera di presa San Siro (465 gg)
- Opere di consolidamento versante San Siro (98 gg)
- Galleria naturale (1551 gg)

Si riporta di seguito un estratto del cronoprogramma delle attività il cui dettaglio è visibile all'elaborato al quale si rimanda (el. II180P-E-00-CAN-CR-01-0)

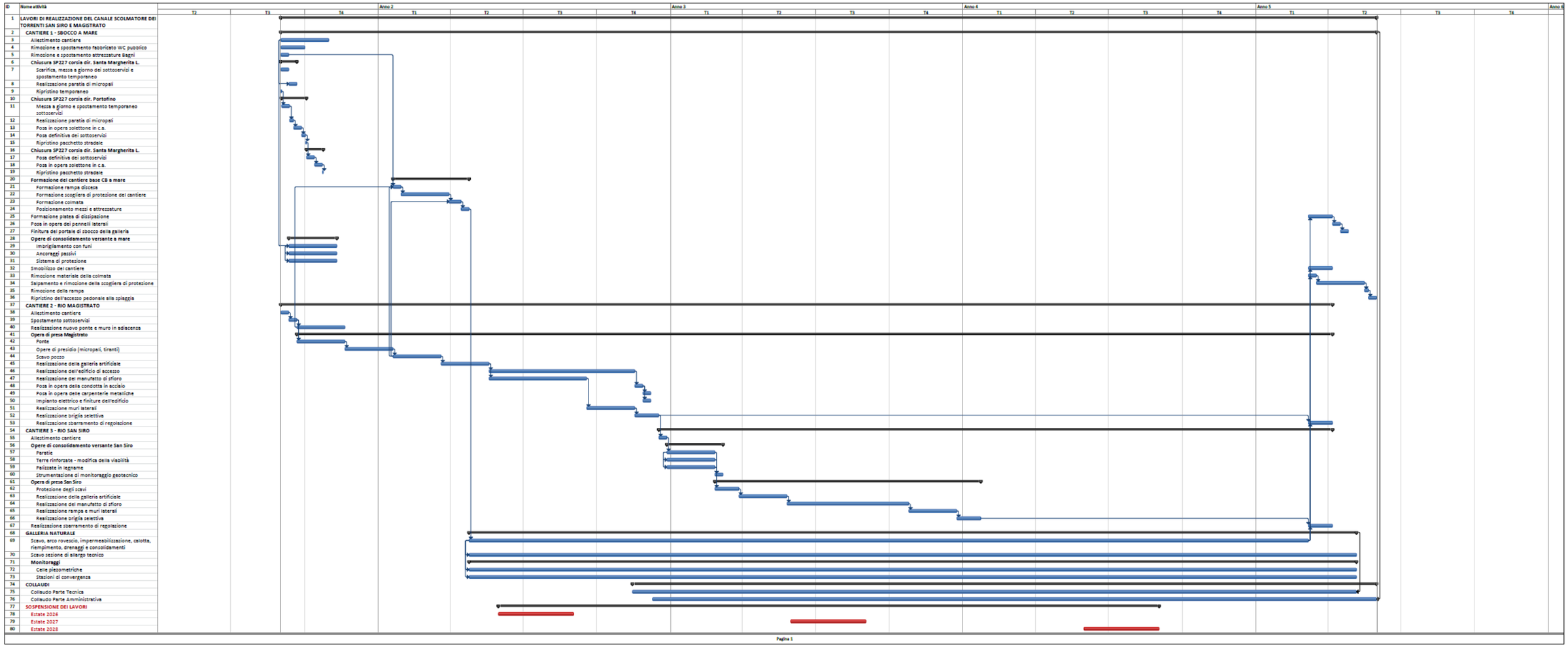


Figure 5-2 - Cronoprogramma delle attività

6. CARATTERIZZAZIONE AMBIENTALE DEL SITO

Nell'ambito della progettazione definitiva, contestualmente alle indagini geognostiche sono state condotte delle indagini ambientali mediante prelievi di campioni del materiale volti a verificare la possibilità di riutilizzo dei materiali scavati durante l'esecuzione dei lavori.

In particolare, sono stati prelevati tre campioni di calcare dal sondaggio SG-2 a tre diverse profondità corrispondenti alla quota di scavo della galleria. L'ubicazione del punto è a monte della galleria naturale in prossimità dell'opera di presa del san Siro.

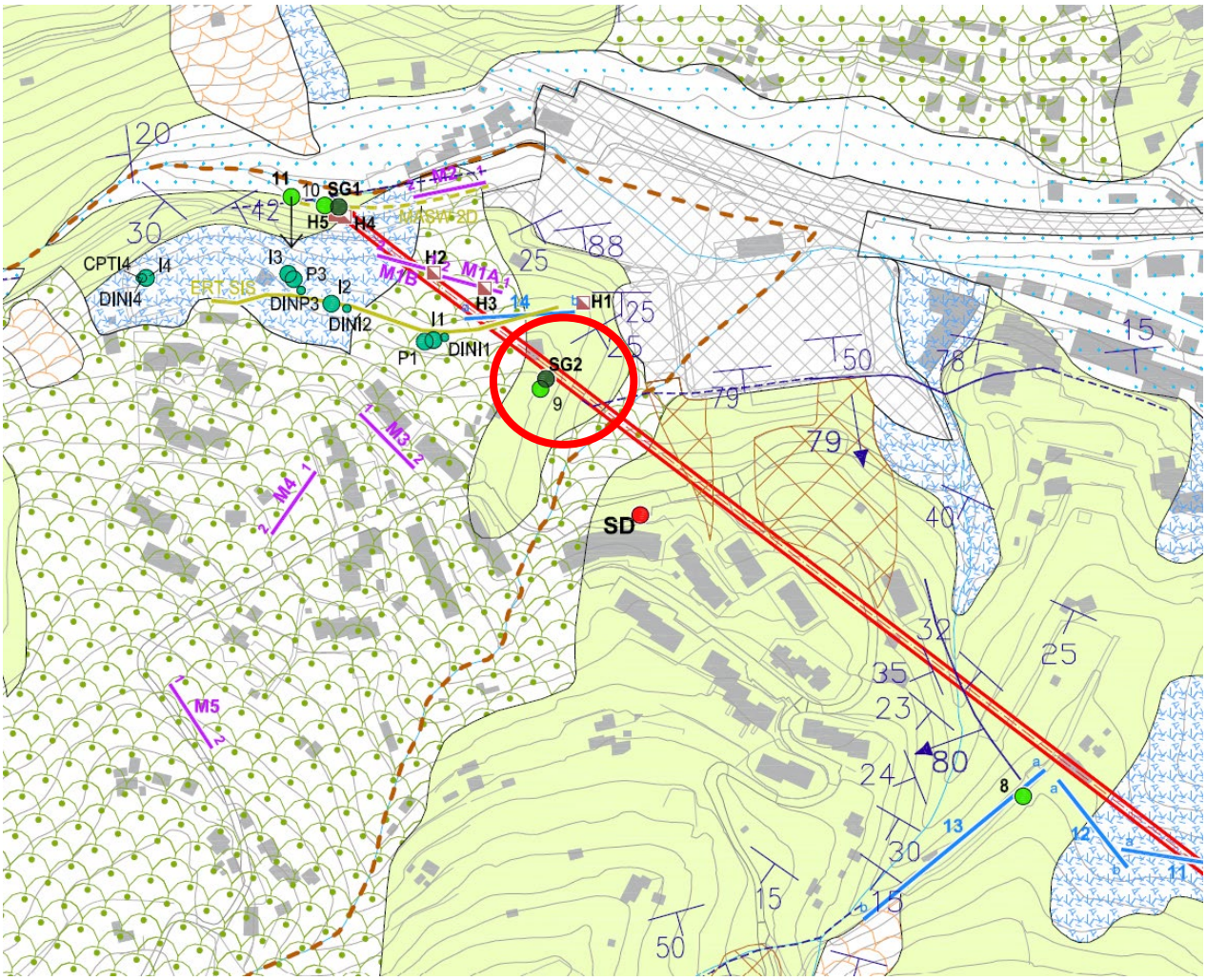
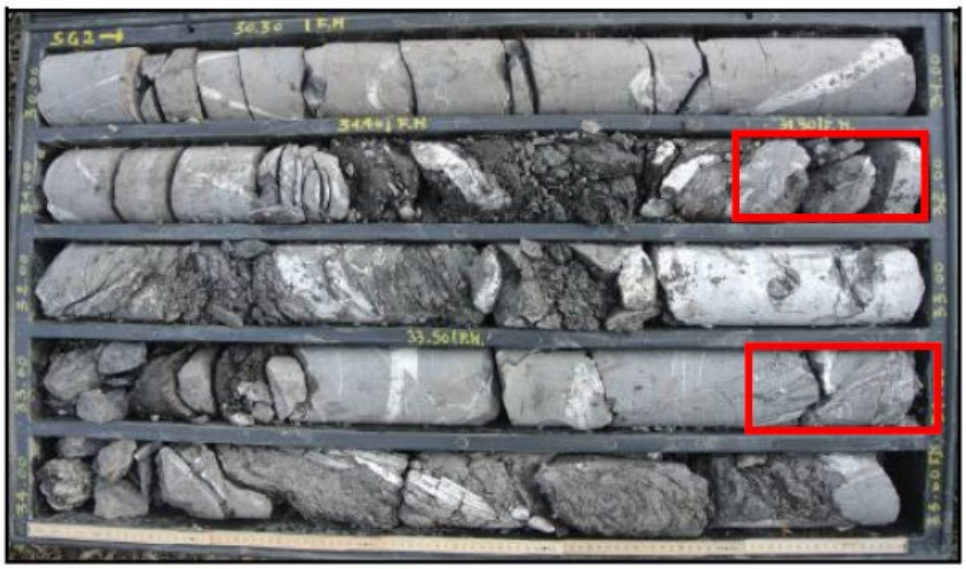


Figure 6-1 - Ubicazione del sondaggio dalla quale sono stati prelevati i campioni oggetto di indagini ambientali

Tali campioni sono stati analizzati in conformità alle prescrizioni del D.Lgs. 10 agosto 2012, n. 161 e DPR 13 giugno 2017 n. 120 "Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo, per determinare la concentrazione di elementi e composti nella matrice rocciosa. Condizione essenziale affinché un materiale naturale possa essere utilizzato nell'ambito di realizzazione di opere e manufatti è che non contenga elementi e composti che derivino da attività passate di natura contaminante, attività di natura antropica, situazioni di inquinamento diffuso, anomalie del fondo naturale con concentrazioni superiori ai valori di CSC (Concentrazione Soglia di Contaminazione) indicati nella Tabella 1, colonne A e B, allegato 5, Titolo IV del Decreto Legislativo n. 152 del 2006, con riferimento alle condizioni di insediamenti residenziali (CSC, colonna A) e siti con destinazioni industriali (CSC, colonna B).

Dal sondaggio SG-2 sono stati selezionati 3 spezzoni di carota alle profondità di 32m – 34m – 37m. Le carote sono state frantumate in un frantoio da laboratorio e poi passate al setaccio di apertura

20mm per eliminare l'oversize. I 3 campioni sono stati consegnati al laboratorio SIGE certificato ACCREDIA per l'esecuzione delle determinazioni (si vedano i certificati riportati in Allegato "Certificati delle analisi ambientali del sondaggio SG2").



SG2_C5 da -30,00 m a -35,00 m



SG2_C6 da -35,00 m a -40,00 m

campioni prelevati per analisi ambientali

Figure 6-2 - Identificazione dei campioni prelevati

Premesso che le litologie del sito di progetto non sono comprese in aree appartenenti alle "rocce verdi", le concentrazioni di tutti gli elementi / composti inorganici ed organici determinati con i metodi di norma risultano minori dei valori CSC di cui alla Tabella1 colonne A e B Allegato 5 parte IV del D.Lsg 152/2006.

In corso d'opera sono previste delle indagini ambientali volte a controllare e ispezionare i materiali derivanti degli scavi come indicato nel Par. 10.

7. SITI DI PRODUZIONE DEI MATERIALI DA SCAVO E RELATIVI VOLUMI

I siti di produzione dei materiali di scavo corrispondono alle aree di progetto descritte nei capitoli precedenti.
I movimenti terra previsti in corso d'opera sono da riferirsi a:

- Opera di presa sul rio San Siro
- Opera di presa Magistrato
- Galleria naturale
- Opera di sbocco a mare
- Scavo del versante in prossimità dell'opera di presa del Rio San Siro al fine della stabilizzazione del versante con un rilevato in terre rinforzate di seguito nella voce "terre rinforzate".

Le ubicazioni di tali siti sono riportate nelle tavole di progetto rappresentanti le planimetrie di scavo indicate di seguito:

- II180P-E-02-STR-DI-01-0
- II180P-E-01-STR-PL-04-0
- II180P-E-04-STR-PI-01-0
- II180P-E-04-STR-PI-03-0
- II180P-E-04-STR-PI-05-0

Nella tabella seguente si riporta il volume del materiale di scavo da ogni sito di produzione.

Tabella 7-1 – Siti di produzione del materiale di scavo con relative volumetrie

Sito di produzione	Volume di scavo terre e rocce
Galleria naturale	116.809
Presa San Siro	12382
Presa Magistrato	5302
Sbocco a mare	1420
Terre rinforzate	7833
Totale	***143746***

Per il volume di materiale di scavo derivante dalla galleria naturale indicato nella precedente tabella, si è tenuto conto del fattore di rigonfiamento del materiale solo per quel che riguarda lo scavo in galleria naturale e quindi si è tenuto conto, per la roccia massiva, di un fattore di maggiorazione volumetria pari a 1,4 rispetto al volume di materiale in banco.

Si specifica che nell'ambito delle valutazioni sullo stoccaggio e trasporto del materiale il fattore di rigonfiamento è stato considerato per tutte le tipologie di materiale da scavo.

8. SITI DI DESTINAZIONE DEI MATERIALI DA SCAVO E RELATIVI VOLUMI

Il materiale scavato sarò gestito in maniera diversa sulla base della tipologia di opera da realizzare e sulla necessità di riutilizzo in sito.

Lo scavo della galleria, con un volume complessivo di 116.809 mc, coinvolgerà geo-materiali in parte riutilizzabili. Nello specifico, circa 43.632 mc saranno impiegati nell'ambito del progetto, principalmente come inerti per la produzione di calcestruzzi. La restante parte è suddivisa sulla base della necessità in ex situ secondo il seguente schema:

- 3.755 mc saranno utilizzati per interventi di stabilizzazione del versante del torrente S. Siro, attraverso opere accessorie al progetto, terre rinforzate, con l'obiettivo di stabilizzazione del pendio e ottimizzazione del tracciato della viabilità a progetto;

le restanti volumetrie saranno riutilizzate nell'ambito di progetti e/o interventi esterni. In allegato sono presenti le manifestazioni di interesse al recepimento del materiale. In particolare, i volumi sono suddivisi come segue:

- Circa 30.000 mc saranno utilizzati per l'attività di ripascimento strutturale del retroporto di Santa Margherita Ligure;
- Saranno utilizzati circa 6.000 mc per ripascimento stagionale di spiagge locali (1500 mc per 4 anni);
- La restante parte, circa 33.000 mc sarà trasferito alla ditta "Cave di Frosolino S.r.l." per riqualificazione ambientale nell'ambito del progetto della Cava di Marmo.

Si precisa che il volume di scavo prodotto dallo scavo della galleria naturale sarà conferito presso il cantiere base nella quale sarà frantumato e vagliato ai fini del riutilizzo in situ ed ex situ.

Per quanto riguarda il materiale scavato per la realizzazione dell'opera di presa sul Rio San Siro sarà in parte recuperato in sito per il tombamento delle opere e come finitura delle pavimentazioni, ai sensi dell'art. 24 del DPR 120/2017, mentre la restante parte di volume di materiale eccedente sarà inviato direttamente ad impianto di recupero e/o smaltimento autorizzato.

Il materiale scavato nell'area in cui sarà realizzata l'opera di presa del Magistrato sarà accatastato in prossimità delle aree di scavo, per il suo successivo ed immediato riutilizzo in sito a copertura delle opere effettuate e per la modellazione morfologica, in modo da garantire il raccordo delle opere con il terreno circostante, a meno di evidenze di contaminazione riutilizzo del materiale in sito. L'area di scavo coincide quindi con l'area di riutilizzo in situ ai sensi dell'art. 24 del DPR 120/2017.
Il materiale eccedente i fabbisogni verrà trasportato in parte ex situ e quindi riutilizzato come sottoprodotto per la costruzione del rilevato del cantiere base (SB) mentre la quota parte restante parte sarà inviata ad impianto di recupero o smaltimento autorizzato

Per quanto riguarda il materiale scavato per la realizzazione delle terre rinforzate sarà pressoché tutto portato ad impianto di recupero o smaltimento.

Infine, per quanto concerne il materiale di scavo derivante dall'opera di sbocco a mare sarà in parte accantonato nell'area di stoccaggio del cantiere base in quanto sarà necessario successivamente per il ripristino dello stato dei luoghi; in particolare verrà utilizzato per la modellazione morfologica una volta che verrà smantellata la rampa d'accesso all'area di cantiere base (SB). Il volume in esubero sarà convogliato ad impianto di recupero o smaltimento autorizzato.

Per esemplificare chiaramente i destini di ogni tipologia di materiale, in Tabella 8-1 è indicato, per ogni intervento, il sito di destinazione e le volumetrie stimate. In considerazione del successivo reimpiego, i volumi riportati nella seguente tabella sono stati corretti, in caso di scavo in roccia, per un fattore di

rigonfiamento (bulk factor) pari a 1,4 al fine di facilitare la leggibilità degli interventi di riutilizzo in situ o come sottoprodotto.

Tabella 8-1 – Siti di destinazione del materiale di scavo e volumetrie.

Sito di produzione	Volume di scavo terre e rocce	Riutilizzo in sito (terre e rocce)	Sito di destinazione (ex situ)	Volumi	Esubero terre
Galleria naturale	116.809	43632	terre rinforzate	3755	0
			Ripascimenti stagionali	6000	
			Ripascimento retroporto	30000	
			cava di Né	33422	
Presa San Siro	12382	7320			5061
Presa Magistrato	5302	2819	Cantiere SB*	1373	1109
Sbocco a mare	1420	132			1288
Terre rinforzate	7833	0			7833
Totale	***143746***	***53904***		***74550***	***15292***

*tale materiale verrà utilizzato per la costruzione del rilevato dell'area di cantiere base SB e a fine lavori sarà inviato ad impianto di recupero e/o smaltimento.

9. SITI DI DEPOSITO INTERMEDIO

Il materiale prodotto dallo scavo della galleria naturale sarà gestito come sottoprodotto ai sensi dell'art. 184-bis del D.Lgs n.152/2006.
Il riutilizzo del materiale di scavo non sarà quindi contestuale alla produzione dello stesso, in quanto si rende necessario attendere il completamento di una serie di attività, come indicato nel cronoprogramma delle fasi attuative, specificatamente la frantumazione del materiale di scavo e la sua vagliatura, come operazioni di normale pratica industriale, ed il trasporto al sito di destinazione.
Sarà quindi approntato un sito di deposito intermedio nell'area di cantiere base ubicato in prossimità dell'opera di sbocco a mare (elaborato II180P-03-CAN-PL-02-0 Cantiere SB).

Nell'area di cantiere come indicato nel Par. 5.1 saranno le aree finalizzate allo stoccaggio e il trattamento del materiale scavato.
Le aree di stoccaggio sono distinte tra:

- Area di stoccaggio del materiale che arriva dallo scavo
- Area di stoccaggio smarino (pelite) derivante dall'attività di vagliatura
- Area di stoccaggio del materiale frantumato

Sono presenti, inoltre, altre aree di stoccaggio per rifiuti ed altro materiale. La superficie di ogni piazzola sarà delimitata con moduli tipo "New Jersey" o simili, con cartelli che indicano la natura ed il destino del materiale.
Si precisa che l'ubicazione potrà subire delle variazioni in ragione dello sviluppo in dettaglio delle attività di cantierizzazione. I siti saranno comunque sempre ubicati all'interno dell'area di cantiere.

10. PIANO DI CARATTERIZZAZIONE

Per accertare la compatibilità del materiale di scavo con il materiale delle spiagge oggetto di ripascimento, è possibile fare riferimento ai criteri di campionamento presenti nei citati "Criteri generali da osservarsi nella progettazione degli interventi stagionali di ripascimento degli arenili" approvati con D.G.R. 1209/2016 e DGR 95/2017.
Nella Parte IV delle linee guida sono descritti il campionamento e le analisi necessarie sulla base delle caratteristiche della spiaggia e della fonte di materiale di apporto, schematicamente sintetizzate nella seguente tabella:

Tipo di fonte	analisi sulla spiaggia da ripascere	analisi sul materiale di apporto
Spiaggia emersa	nessuna	nessuna
Spiaggia sommersa	nessuna	solo in caso di presenza di fonti di contaminazione: tabella 4b
Barra di foce	solo in caso di materiale proveniente da altra U.F.: analisi granulometrica, colore	• solo in caso di presenza di fonti di contaminazione: tabella 4b*; • solo in caso di utilizzo in altra U.F.: tabella 4a, tessitura
Alveo	analisi granulometrica, colore	Tabella 4b, tessitura
Cava terrestre	analisi granulometrica, colore	Tabella 4a, tessitura **
Scavo	analisi granulometrica, colore	Tabella 4b, tessitura

Nei paragrafi seguenti è invece descritta la procedura che sarà eseguita per la caratterizzazione del materiale oggetto di scavo nell'ambito del progetto.

La procedura di caratterizzazione distingue il materiale scavato in funzione del sito di progetto, del processo produttivo e della destinazione finale del materiale. In particolare, si distingue tra:

- Materiale scavato in galleria naturale
- Materiale scavato per opera di sbocco a mare
- Materiale scavato per la realizzazione delle terre rinforzate
- Materiale scavato per la realizzazione delle opere di presa
- Materiale di scarto derivante operazioni di macinazione e vagliatura

10.1. Punti di campionamento e campioni

Galleria naturale

Per quanto riguarda il materiale scavato nella realizzazione delle gallerie naturali, la caratterizzazione delle terre e rocce oggetto di scavo sarà effettuata ai sensi del DPR n.120/2017, con particolare riferimento agli allegati 2 e 4. Inoltre, in considerazione dell'orografia del territorio e dell'elevata profondità delle opere di progetto, si propone di realizzare la caratterizzazione di tale materiale in corso d'opera, facendo quindi riferimento all'All.9 parte A.2 del medesimo DPR n.120/2017.
Ai sensi dell'All.9, la caratterizzazione in corso d'opera si effettua sul materiale scavato sul fronte di avanzamento della galleria. Dalla galleria sarà prelevato un campione all'inizio dello scavo della galleria e successivamente almeno uno ogni 500 metri, ed in ogni caso si prevede un prelievo di campione ogni qualvolta che si verifichino variazioni del processo di produzione o della litologia delle terre e rocce scavate e nei casi in cui si riscontrino evidenze di potenziale contaminazione.
Poiché le lunghezze delle gallerie in progetto sono limitate, si è previsto di effettuare i campionamenti secondo uno schema ragionato sulla base del tipo di opera e sul sistema di scavo dei diversi tracciati.
Sulla base dei dati di progetto, nella tabella seguente è indicata la lunghezza del tracciato della galleria prevista nel progetto, assieme al volume totale scavato e il numero dei campioni da prelevare per il tratto considerato.

Opera	Lunghezza del tracciato [m]	Numero di campioni
Galleria naturale	2500	5

È quindi previsto il prelievo di un campione all'inizio dello scavo e successivamente uno ogni 500 m in modo da caratterizzare compiutamente tutto il materiale di scavo. Come già ricordato sopra, sarà comunque prelevato un campione ogni qualvolta che si verifichino variazioni del processo di produzione o della litologia delle terre e rocce scavate e nei casi in cui si riscontrino evidenze di potenziale contaminazione

Il campione medio è ottenuto dal materiale appena scavato dal fronte di avanzamento attraverso il prelievo di 8 campioni elementari, distribuiti uniformemente sulla superficie di scavo, al fine di ottenere un campione composito che, per quartatura, rappresenta il campione finale da sottoporre ad analisi chimica.

Su tali campioni sarà effettuata l'analisi colorimetrica e di qualità ambientale ai sensi del DPR 120/2017, con riferimento ai parametri descritti di seguito.

Opera di sbocco

Il quantitativo derivante dall'opera di sbocco sarà per lo più inviato ad impianto di recupero e/o smaltimento. Il materiale sarà quindi caricato su camion per l'immediato invio; dai camion saranno prelevati un campione all'incirca ogni 1000 mc prodotti, ed in ogni caso un campione in caso di evidenza di contaminazione o di variazione di litologia o di processo produttivo.
Su tale materiale sarà effettuata l'analisi per la qualifica a rifiuto, dal momento che non si prevede il suo utilizzo nell'ambito del presente progetto o come sottoprodotto.
La quota parte necessaria invece al riutilizzo in sito per la successiva modellazione morfologica sarà accantonato nell'area di stoccaggio prevista all'interno del cantiere base predisposto su cumulo dal quale sarà prelevato un campione ai sensi dell'Allegato 9, Parte A.1, DPR n.120/2017. Salvo evidenze organolettiche per le quali si può disporre un campionamento puntuale, ogni singolo cumulo è caratterizzato in modo da prelevare almeno 8 campioni elementari, di cui 4 in profondità e 4 in superficie, al fine di ottenere un campione composito che, per quartatura, rappresenta il campione finale da sottoporre ad analisi chimica.

Opere di presa

Per la realizzazione delle opere di presa sul rio San Siro e Rio Magistrato si prevede un parziale riutilizzo in situ del materiale scavato per la realizzazione delle medesime opere.
Il materiale scavato sarà accantonato in prossimità degli scavi e sarà stoccata la sola quantità necessaria per il rinfianco e il tombamento delle opere.
Su tale materiale sarà effettuata l'analisi secondo l'Allegato 4 al DPR n.120/2017, come descritto nel Par.10.2.

Il materiale eccedente le necessità del progetto sarà invece caricato su camion per l'invio all'impianto di recupero o smaltimento.
Dai camion saranno prelevati un campione all'incirca ogni 1000 mc prodotti, ed in ogni caso un campione in caso di evidenza di contaminazione o di variazione di litologia o di processo produttivo.
Su tale materiale sarà effettuata l'analisi per la qualifica a rifiuto, dal momento che non si prevede il suo utilizzo nell'ambito del presente progetto o come sottoprodotto.

Terre rinforzate

Il materiale proveniente dallo scavo necessario alla realizzazione delle terre rinforzate sarà inviato direttamente ad impianto di recupero o di smaltimento.

Vista la ristrettezza degli spazi e la necessità di allontanare il prima possibile il materiale prodotto, tali terre saranno caricate immediatamente sui camion. Dai camion saranno prelevati un campione all'incirca ogni 1000 mc prodotti, ed in ogni caso un campione in caso di evidenza di contaminazione o di variazione di litologia o di processo produttivo.

Su tale materiale sarà effettuata l'analisi per la qualifica a rifiuto, dal momento che non si prevede il suo utilizzo nell'ambito del presente progetto o come sottoprodotto.

10.2. Analisi sui campioni

10.2.7. Qualità ambientale

Per quanto riguarda l'attività di scavo in progetto, nel testo dei Criteri (Parte IV, paragrafo 1.4) prevale la normativa delle Terre e Rocce da Scavo, anche se nella tabella riportata sopra si rimanda alla Tabella 4b dei Criteri (Parte IV, paragrafo 4) la quale prevede la ricerca di una lunga lista di parametri, tra i quali granulometria, colore, odore, metalli, microbiologia, PCB, idrocarburi, IPA, composti organoclorurati.

Larga parte di questi parametri non hanno motivo di essere ricercati in materiale proveniente da roccia compatta, e d'altra parte gli stessi Criteri prevedono che "in caso di comprovata evidenza ambientale o tecnico-scientifica, potrà essere presa in considerazione l'eventuale scelta di non analizzare determinati parametri ritenuti non significativi", previa approvazione di Arpal.

L'analisi chimica del materiale sarà perciò eseguita con riferimento alla lista minima di parametri individuata nella Tabella 4.1, Allegato 4 al DPR n.120 del 2017.

Quindi, sui campioni di materiale prelevati dal fronte scavo saranno effettuate le seguenti analisi:

- Colorimetria secondo la scala di Munsell, per il materiale destinato all'invio al cantiere base e reimpiegato per il ripascimento
- Qualità ambientale secondo la Tabella 4.1 dell'All.4 al DPR n.120/2017, secondo i seguenti parametri:
  - Arsenico
  - Cadmio
  - Cobalto
  - Nichel
  - Piombo
  - Rame
  - Zinco
  - Mercurio
  - Cromo totale
  - Cromo VI
  - Amianto
  - Idrocarburi >12

In caso di roccia compatta, non si effettuerà l'analisi degli Idrocarburi >12.

Il colore del materiale sarà confrontato con il colore dei dati di caratterizzazione delle spiagge oggetto di ripascimento.

I risultati delle analisi di qualità ambientale saranno invece confrontati con le Concentrazioni Soglia di Contaminazione (CSC) di cui alla Colonna A (uso residenziale), Tab.1, Parte IV, All.5, D.Lgs. n.152/2006.

10.2.8. Qualifica a rifiuto

Per il materiale da trasportare direttamente ad impianto di recupero e/o smaltimento sarà prelevato un campione composito rappresentativo direttamente dal camion, in corso d'opera, sul quale saranno condotte le determinazioni analitiche previste dalla normativa vigente per la gestione dei materiali di risulta in regime di rifiuto.
Le indagini da svolgere saranno:

- classificazione del materiale come rifiuto (cd. omologa), per la definizione del codice CER/EER e della pericolosità (rif. Parte Quarta del D.Lgs. 152/06 e s.m.i.);
- idoneità al recupero, per definire le potenziali operazioni di recupero e dunque la tipologia di impianto di recupero cui conferire il materiale (rif. DM 186/06 e s.m.i.);

Laddove l'idoneità al recupero dovesse dare risultati negativi, si provvederà ad eseguire anche le analisi volte alla definizione dell'ammissibilità in discarica, ovvero individuare la tipologia di impianto di smaltimento cui conferire il materiale (rif. D.Lgs. 121/20).

Con riferimento alle operazioni di recupero e smaltimento, in sede di progetto, sulla base delle indagini preliminari svolte e della tipologia di materiali prodotti, il codice CER ipotizzato per il materiale di risulta è 17.05.04.
Si precisa che il codice CER dovrà essere confermato in sede di esecuzione del lavoro, ai sensi della normativa vigente (Legge 116/14 e s.m.i., D.Lgs. 152/06 e s.m.i.), infatti, la "responsabilità di assegnazione del competente codice CER" è in capo al produttore del rifiuto.

11. OPERAZIONI DI NORMALE PRATICA INDUSTRIALE SUI MATERIALI DI SCAVO

Con riferimento alle operazioni elencate in Allegato 3 al DPR 120/17 e s.m.i., finalizzate al miglioramento delle caratteristiche merceologiche dei materiali di scavo per renderne l'utilizzo maggiormente produttivo e tecnicamente efficace, nonché alle note esplicative emanate dagli Enti competenti, è prevista la frantumazione e vagliatura di parte del materiale di scavo nell'area dedicata all'interno del cantiere base, con riferimento anche a quanto riportato nelle "linee guida (LG) sull'applicazione della disciplina per l'utilizzo di terre e rocce da scavo (TRS)" n. 22/2019 del Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente.

12. PERCORSI PREVISTI PER IL TRASPORTO DEI MATERIALI DI SCAVO

Il presente Piano di utilizzo preliminare prevede diversi siti di scavo.
I siti di scavo sono rappresentativi delle opere di progetto e sono descritti nel paragrafo 7.

Il materiale scavato nei siti relativi alle opere di presa sarà reimpiegato in parte in sito per il tombamento delle opere e la restante parte sarà inviata ad impianto di recupero o smaltimento. All'interno dell'area di cantiere predisposta per ognuno di detti siti è quindi predisposta un'area di deposito sulla quale sarà posizionato il materiale di scavo ai fini del riutilizzo nello stesso sito di produzione.
Per entrambe le opere di presa non sarà interessa la viabilità pubblica; perciò, il materiale scavato è escluso dalla disciplina dei rifiuti ai sensi dell'art.1, DPR n.120/2017.

Il materiale proveniente dallo scavo delle gallerie sarà trasportato presso l'area di deposito intermedio per le terre e rocce allestita all'interno del cantiere base predisposto in prossimità dell'opera di sbocco.
Qui tali rocce verranno frantumate e vagliate per il successivo riutilizzo nelle attività di ripascimento delle spiagge e inviato presso la Cava di Frisolino nel comune di Ne al fine del ripristino ambientale.
Il materiale scavato nelle gallerie costituisce un sottoprodotto e sarà gestito ai sensi dell'art.4, c.2 DPR n.120/2017, previa verifica del soddisfacimento dei requisiti di qualità ambientale di cui al medesimo DPR.

Il materiale fine derivante dall'attività di frantumazione e vagliatura sarà inviato ad impianti di recupero o smaltimento individuati nell'intorno dell'area di progetto. Si è provveduto quindi ad identificare gli impianti con caratteristiche e capacità adatte ad ospitare il materiale che dovrà essere conferito, con l'ipotesi di classificare il materiale come CER 17.05.04.
Si precisa che il codice CER dovrà essere confermato in sede di esecuzione del lavoro dall'Appaltatore incaricato; ai sensi della normativa vigente (Legge 116/14 e s.m.i., D.Lgs. 152/06 e s.m.i.), infatti, la "responsabilità di assegnazione del competente codice CER" è in capo al produttore del rifiuto.

Nella figura seguente si riporta un'ipotesi dei percorsi effettuati dai mezzi per il traporto del materiale presso i vari siti di destinazione evidenziati nel Par.8.

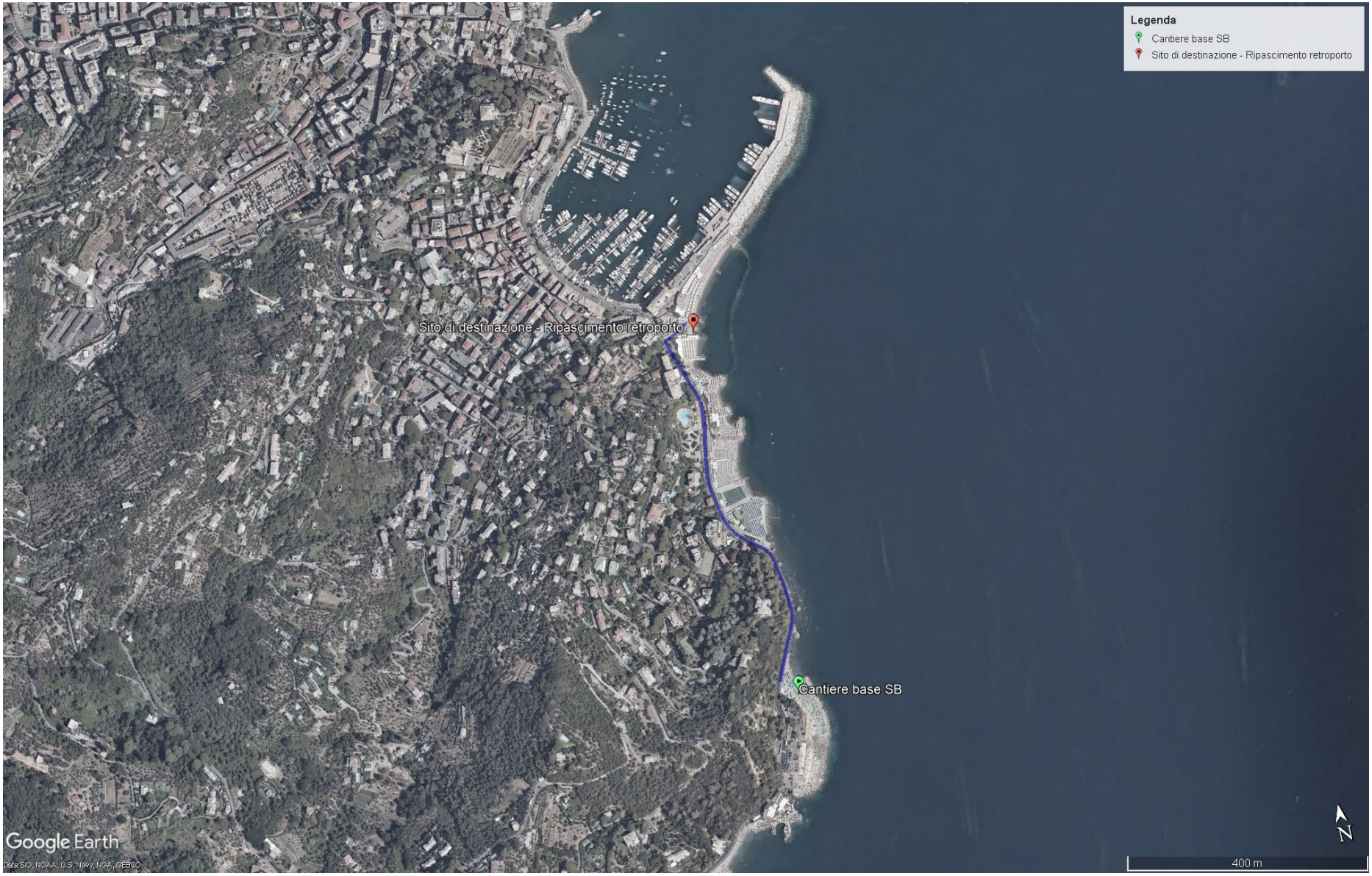


Figura 12-1 Percorsi per il traporto dei materiali da scavo fino alla zona di ripascimento retroportuale.

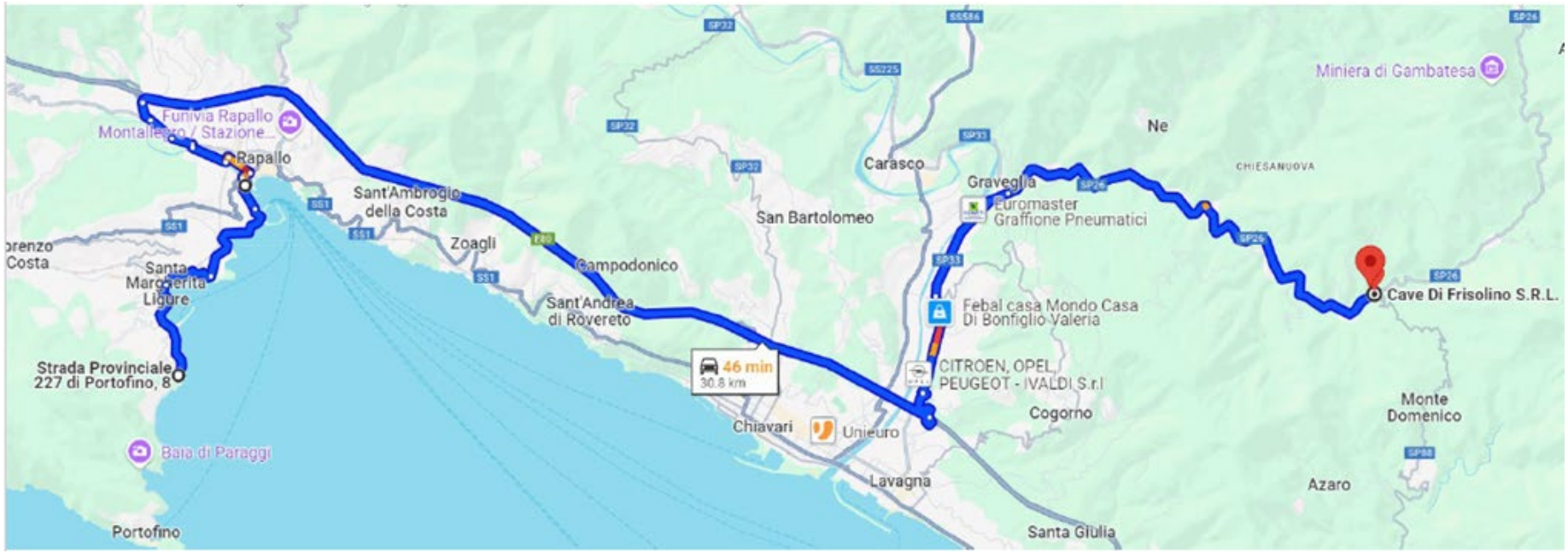


Figura 12-2 Percorsi per il traporto dei materiali da scavo fino alla Cava di Frisolino (Comune di Ne).

Per maggiori di dettagli relativi alla proposta trasportistica si fa riferimento all'Allegato presente all'interno della relazione di Cantierizzazione (El. II180P-E-00-CAN-RG-01-0)

13. DURATA DEL PIANO

Il Piano avrà una durata pari alla durata dei lavori (circa 4 anni), dal momento che una parte del materiale di scavo sarà utilizzato per la realizzazione delle opere che costituiscono di fatto l'ultima tipologia di intervento come da cronoprogramma delle fasi attuative (Paragrafo 5.2).

ALLEGATI

Certificati delle analisi ambientali del sondaggio SG2

Manifestazioni di interesse per l'utilizzo dei materiali di scavo

Ripascimento strutturale Santa Margherita Ligure

Certificati delle analisi ambientali del Sondaggio SG2

SERVIZI INDUSTRIALI GENOVA
SIGE

Amministrazione, uffici, laboratori:
Via Castel Morrone, 15H-16161 Genova
Tel 010 7406583 Fax 010 7406584
E-mail segreteria@sige.ge.it
Sito web : http://www.sige.ge.it

Sede Legale:
Piazza della Vittoria 7/14 - 16121 GENOVA
C.C.I.A.A. Genova n. 289645
Trib. Reg. Soc. n. 43610 - Fascicolo 61795/425
Codice Fiscale e Partita I.V.A.: It 02687740106
Capitale sociale interamente versato Euro 90.000

ACCREDIA
L'ENTE ITALIANO DI ACCREDITAMENTO

LAB N° 1179

Membro degli Accordi di Mutuo Riconoscimento EA, IAF e ILAC

Signatory of EA, IAF and ILAC Mutual Recognition Agreements

Rapporto di Prova n° **17LA00003 del 17/01/2017**

Spett.
G.E.T. Geotechnical and Engineering Testing s.r.l.
Via Corsica 12
Genova (GE) 16128
Italia

Dati relativi al campione

Oggetto della prova: **terreni**
Descrizione:**Campione medio di roccia proveniente da operazioni di scavo identificato SG34**
Data accettazione: **10/01/2017**
Data inizio analisi: **10/01/2017** Data fine analisi: **16/01/2017**
Note al ricevimento: **Comm. 17006**

Dati di campionamento

Data: **10/01/2017**
Campionamento a cura di: **cliente**
Luogo: **Tunnel S.Siro - Santa Margherita Ligure (GE)**

Parametro *Metodo*	U.M.	Risultato	Incertezza	LQ	Limiti
▪ residuo secco a 105°C *DM 13/09/1999 GU SO n° 248 21/10/1999 Met.II.2*	%	**100,0**		0.1	
arsenico *EPA 3051A 2007 + EPA 6010D 2014*	mg/kg	**1,26**	±0,42	1.0	50
cadmio *EPA 3051A 2007 + EPA 6010D 2014*	mg/kg	**0,232**	±0,074	0.2	15
cobalto *EPA 3051A 2007 + EPA 6010D 2014*	mg/kg	**< 2,0**		2.0	250
cromo totale *EPA 3051A 2007 + EPA 6010D 2014*	mg/kg	**10,1**	±2,5	1	800
▪ cromo VI *EPA 3060A 1996 + EPA 7196A 1992*	mg/kg	**< 1**		1	15
▪ mercurio *EPA 3051A 2007 + EPA 6010D 2014*	mg/kg	**< 0,1**		0.1	5
nichel *EPA 3051A 2007 + EPA 6010D 2014*	mg/kg	**6,1**	±1,7	5.0	500
piombo *EPA 3051A 2007 + EPA 6010D 2014*	mg/kg	**< 5,0**		5.0	1000
rame *EPA 3051A 2007 + EPA 6010D 2014*	mg/kg	**7,2**	±2,9	5.0	600

SERVIZI INDUSTRIALI GENOVA
SIGE

Amministrazione, uffici, laboratori:
Via Castel Morrone, 15H-16161 Genova
Tel 010 7406583 Fax 010 7406584
E-mail segreteria@sige.ge.it
Sito web : http://www.sige.ge.it

Sede Legale:
Piazza della Vittoria 7/14 - 16121 GENOVA
C.C.I.A.A. Genova n. 269645
Trib. Reg. Soc. n. 43610 - Fascicolo 61795/425
Codice Fiscale e Partita I.V.A.: It 02687740106
Capitale sociale interamente versato Euro 90.000

ACCREDIA
L'ENTE ITALIANO DI ACCREDITAMENTO

LAB N° 1179

Membro degli Accordi di Mutuo Riconoscimento EA, IAF e ILAC

Signatory of EA, IAF and ILAC Mutual Recognition Agreements

Segue Rapporto di Prova n° 17LA00002/01 del 17/01/2017

*** eluato UNI 10802:2013 e UNI 12457-2:2004**

Parametro *Metodo*	U.M.	Risultato	Incertezza	LQ	Limiti
• nitrati *UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN ISO 10304-1:2009*	mg/l	**0,95**		0.05	50
• solfati *UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN ISO 10304-1:2009*	mg/l	**12,00**		0.05	250
• fluoruri *UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN ISO 10304-1:2009*	mg/l	**0,1**		0.1	1,5
• cianuri totali *UNI EN 12457-2:2004 + EPA 9014 1996*	µg/l	**< 30**		30	50
• cloruri *UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN ISO 10304-1:2009*	mg/l	**1,26**		0.05	100
• amianto *MPI Lab20*	mg/l	**< 1**		1	30

Conformità ai requisiti

In base al metodo di verifica e alle concentrazioni limite di riferimento, di cui all'Allegato 3 del D.M.5 febbraio 1998, come modificato dal D.M. 5 aprile 2006 n. 186, il materiale risulta idoneo al riutilizzo con le modalità indicate dal citato Decreto

Valori limite riferiti a: D.M. 5 febbraio 1998-allegato 3 e s.s. m.m. i.i.

(*) Prova NON accreditata ACCREDIA.
Se non già indicati nel Rapporto di Prova sono disponibili su richiesta i dati di incertezza di misura delle singole prove accreditate. L'incertezza estesa, espressa con la stessa unità di misura del risultato, è stata calcolata con un fattore di copertura K=2 con livello di confidenza del 95%. Eventuali consigli, opinioni e interpretazioni non sono oggetto dell' accreditamento ACCREDIA.

Nel caso di metodi che prevedano fasi di estrazione, preconcentrazione e/o purificazione, ove non espressamente indicato, il recupero ottenuto in fase di validazione è da intendersi compreso tra i valori 80%-120%.
Ove non espressamente indicato i risultati non sono stati rielaborati in funzione della percentuale di recupero.
LQ = Limite di quantificazione
UM = Unità di misura.

Fine del Rapporto di Prova n° 17LA00002

Il Responsabile del laboratorio
Dott.ssa Arianna Podestà
Chimico
Ordine dei Chimici della Liguria
Iscrizione n. 1166

SERVIZI INDUSTRIALI GENOVA
SIGE

Amministrazione, uffici, laboratori:
Via Castel Morrone, 15H-16161 Genova
Tel 010 7406583 Fax 010 7406584
E-mail segreteria@sige.ge.it
Sito web : http://www.sige.ge.it

Sede Legale:
Piazza della Vittoria 7/14 - 16121 GENOVA
C.C.I.A.A. Genova n. 289645
Trib. Reg. Soc. n. 43610 - Fascicolo 61795/425
Codice Fiscale e Partita I.V.A.: It 02687740106
Capitale sociale interamente versato Euro 90.000

ACCREDIA
L'ENTE ITALIANO DI ACCREDITAMENTO

LAB N° 1179

Membro degli Accordi di Mutuo Riconoscimento EA, IAF e ILAC

Signatory of EA, IAF and ILAC Mutual Recognition Agreements

Segue Rapporto di Prova n° **17LA00002/01** del **17/01/2017**

*** eluato UNI 10802:2013 e UNI 12457-2:2004**

Parametro *Metodo*	U.M.	Risultato	Incertezza	LQ	Limiti
* pH *UNI EN 12457-2:2004 + APAT CNR IRSA 2060 Man 29 2003*	unità pH	**9,40**		0.01	5,5÷12.0
* richiesta chimica di ossigeno (COD) *UNI EN 12457-2:2004 + APAT CNR IRSA 5130 Man 29 2003*	mg/l O2	**< 5**		5	30
* arsenico *UNI EN 12457-2:2004 + EPA 6010D 2014*	µg/l	**3**		1.0	50
* bario *UNI EN 12457-2:2004 + EPA 6010D 2014*	mg/l	**0,01**		0.01	1
* berillio *UNI EN 12457-2:2004 + EPA 6010D 2014*	µg/l	**< 1**		1	10
* cadmio *UNI EN 12457-2:2004 + EPA 6010D 2014*	µg/l	**< 0,5**		0.5	5
* cromo totale *UNI EN 12457-2:2004 + EPA 6010D 2014*	µg/l	**< 5**		5	50
* cobalto *UNI EN 12457-2:2004 + EPA 6010D 2014*	µg/l	**< 5**		5	250
* piombo *UNI EN 12457-2:2004 + EPA 6010D 2014*	µg/l	**< 1,5**		1.5	50
* rame *UNI EN 12457-2:2004 + EPA 6010D 2014*	mg/l	**< 0,005**		0.005	0,05
* selenio *UNI EN 12457-2:2004 + EPA 6010D 2014*	µg/l	**< 0,5**		0.5	10
* mercurio *UNI EN 12457-2:2004 + EPA 6010D 2014*	µg/l	**< 0,1**		0.1	1
* nichel *UNI EN 12457-2:2004 + EPA 6010D 2014*	µg/l	**< 1**		1	10
* vanadio *UNI EN 12457-2:2004 + EPA 6010D 2014*	µg/l	**< 5**		5	250
* zinco *UNI EN 12457-2:2004 + EPA 6010D 2014*	mg/l	**< 0,05**		0.05	3

SERVIZI INDUSTRIALI GENOVA
SIGE

Amministrazione, uffici, laboratori:
Via Castel Morrone, 15H-16161 Genova
Tel 010 7406583 Fax 010 7406584
E-mail segreteria@sige.ge.it
Sito web : http://www.sige.ge.it

Sede Legale:
Piazza della Vittoria 7/14 - 16121 GENOVA
C.C.I.A.A. Genova n. 289645
Trib. Reg. Soc. n. 43610 - Fascicolo 61795/425
Codice Fiscale e Partita I.V.A.: It 02687740106
Capitale sociale interamente versato Euro 90.000

ACCREDIA
L'ENTE ITALIANO DI ACCREDITAMENTO

LAB N° 1179

Membro degli Accordi di Mutuo Riconoscimento EA, IAF e ILAC

Signatory of EA, IAF and ILAC Mutual Recognition Agreements

Segue Rapporto di Prova n° **17LA00002** del **17/01/2017**

Parametro *Metodo*	U.M.	Risultato	Incertezza	LQ	Limiti
dibenzo(a,h)pirene [34] *EPA 3545A 2007 + EPA 3630 C 1996 + EPA 8270D 2014*	mg/kg	< **0,018**		0.018	10
dibenzo(a,h)antracene *EPA 3545A 2007 + EPA 3630 C 1996 + EPA 8270D 2014*	mg/kg	< **0,018**		0.018	10
indeno(1,2,3-c,d)pirene *EPA 3545A 2007 + EPA 3630 C 1996 + EPA 8270D 2014*	mg/kg	< **0,018**		0.018	5
pirene *EPA 3545A 2007 + EPA 3630 C 1996 + EPA 8270D 2014*	mg/kg	< **0,028**		0.028	50
* idrocarburi aromatici leggeri (BTEXS) *EPA 5021A 2014 + EPA 8260C 2006*	mg/kg	< **0,1**		0.1	
* sommatoria idrocarburi policiclici *EPA 3545A 2007 + EPA 3630 C 1996 + EPA 8270D 2014*	mg/kg	< **0,1**		0.1	
* idrocarburi pesanti C>12 *ISO 16703:2004*	mg/kg	< **5**		5	750
* amianto *DM 13/09/1999 GU SO n° 248 21/10/1999 Met.II.1+DM 06/09/1994 GU SO n° 220 20/09/1994 All. 1a*	mg/kg	< **1000**		1000	1000

Trattandosi di materiale roccioso, lo stesso è stato frantumato in pezzi a granulometria inferiore a 2 cm e successivamente macinato e omogeneizzato. La frazione inferiore al 2 mm è stata sottoposta ad analisi. I risultati si riferiscono quindi alla totalità del materiale.

Valori limite riferiti a: D. Lgs. 03/04/06 n° 152 parte 4° - all.5 - tab. 1/B

SERVIZI INDUSTRIALI GENOVA
SIGE

Amministrazione, uffici, laboratori:
Via Castel Morrone, 15H-16161 Genova
Tel 010 7406583 Fax 010 7406584
E-mail segreteria@sige.ge.it
Sito web : http://www.sige.ge.it

Sede Legale:
Piazza della Vittoria 7/14 - 16121 GENOVA
C.C.I.A.A. Genova n. 289645
Trib. Reg. Soc. n. 43610 - Fascicolo 61795/425
Codice Fiscale e Partita I.V.A.: It 02687740106
Capitale sociale interamente versato Euro 90.000

ACCREDIA
L'ENTE ITALIANO DI ACCREDITAMENTO

LAB N° 1179

Membro degli Accordi di Mutuo Riconoscimento EA, IAF e ILAC

Signatory of EA, IAF and ILAC Mutual Recognition Agreements

Segue Rapporto di Prova n° **17LA00004/01** del **17/01/2017**

*** eluato UNI 10802:2013 e UNI 12457-2:2004**

Parametro *Metodo*	U.M.	Risultato	Incertezza	LQ	Limiti
* solfati *UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN ISO 10304-1:2009*	mg/l	**2,93**		0.05	250
* fluoruri *UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN ISO 10304-1:2009*	mg/l	**< 0,1**		0.1	1,5
* cianuri totali *UNI EN 12457-2:2004 + EPA 9014 1996*	µg/l	**< 30**		30	50
* cloruri *UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN ISO 10304-1:2009*	mg/l	**< 0,05**		0.05	100
* amianto *MPI Lab20*	mg/l	**< 1**		1	30

Conformità ai requisiti

In base al metodo di verifica e alle concentrazioni limite di riferimento, di cui all'Allegato 3 del D.M.5 febbraio 1998, come modificato dal D.M. 5 aprile 2006 n. 186, il materiale risulta idoneo al riutilizzo con le modalità indicate dal citato Decreto

Valori limite riferiti a: D.M. 5 febbraio 1998-allegato 3 e s.s. m.m. i.i.

(*) Prova NON accreditata ACCREDIA.
Se non già indicati nel Rapporto di Prova sono disponibili su richiesta i dati di incertezza di misura delle singole prove accreditate. L'incertezza estesa, espressa con la stessa unità di misura del risultato, è stata calcolata con un fattore di copertura K=2 con livello di confidenza del 95%. Eventuali consigli, opinioni e interpretazioni non sono oggetto dell' accreditamento ACCREDIA.

Nel caso di metodi che prevedano fasi di estrazione, preconcentrazione e/o purificazione, ove non espressamente indicato, il recupero ottenuto in fase di validazione è da intendersi compreso tra i valori 80%-120%.
Ove non espressamente indicato i risultati non sono stati rielaborati in funzione della percentuale di recupero.
LQ = Limite di quantificazione
UM = Unità di misura.

Fine del Rapporto di Prova n° **17LA00004**

Il Responsabile del laboratorio
Dott.ssa Arianna Podestà
Chimico
Ordine dei Chimici della Liguria
Iscrizione n. 1166

SERVIZI INDUSTRIALI GENOVA
SIGE

Amministrazione, uffici, laboratori:
Via Castel Morrone, 15H-16161 Genova
Tel 010 7406583 Fax 010 7406584
E-mail segreteria@sige.ge.it
Sito web : http://www.sige.ge.it

Sede Legale:
Piazza della Vittoria 7/14 - 16121 GENOVA
C.C.I.A.A. Genova n. 289645
Trib. Reg. Soc. n. 43610 - Fascicolo 61795/425
Codice Fiscale e Partita I.V.A.: It 02687740106
Capitale sociale interamente versato Euro 90.000

ACCREDIA
L'ENTE ITALIANO DI ACCREDITAMENTO

LAB N° 1179

Membro degli Accordi di Mutuo Riconoscimento EA, IAF e ILAC

Signatory of EA, IAF and ILAC Mutual Recognition Agreements

Segue Rapporto di Prova n° 17LA00004/01 del 17/01/2017

*** eluato UNI 10802:2013 e UNI 12457-2:2004**

Parametro *Metodo*	U.M.	Risultato	Incertezza	LQ	Limiti
* pH *UNI EN 12457-2:2004 + APAT CNR IRSA 2060 Man 29 2003*	unità pH	**9,70**		0.01	5,5÷12.0
* richiesta chimica di ossigeno (COD) *UNI EN 12457-2:2004 + APAT CNR IRSA 5130 Man 29 2003*	mg/l O2	**< 5**		5	30
* arsenico *UNI EN 12457-2:2004 + EPA 6010D 2014*	µg/l	**3**		1.0	50
* bario *UNI EN 12457-2:2004 + EPA 6010D 2014*	mg/l	**< 0,01**		0.01	1
* berillio *UNI EN 12457-2:2004 + EPA 6010D 2014*	µg/l	**< 1**		1	10
* cadmio *UNI EN 12457-2:2004 + EPA 6010D 2014*	µg/l	**< 0,5**		0.5	5
* cromo totale *UNI EN 12457-2:2004 + EPA 6010D 2014*	µg/l	**< 5**		5	50
* cobalto *UNI EN 12457-2:2004 + EPA 6010D 2014*	µg/l	**< 5**		5	250
* piombo *UNI EN 12457-2:2004 + EPA 6010D 2014*	µg/l	**< 1,5**		1.5	50
* rame *UNI EN 12457-2:2004 + EPA 6010D 2014*	mg/l	**< 0,005**		0.005	0,05
* selenio *UNI EN 12457-2:2004 + EPA 6010D 2014*	µg/l	**3**		0.5	10
* mercurio *UNI EN 12457-2:2004 + EPA 6010D 2014*	µg/l	**< 0,1**		0.1	1
* nichel *UNI EN 12457-2:2004 + EPA 6010D 2014*	µg/l	**< 1**		1	10
* vanadio *UNI EN 12457-2:2004 + EPA 6010D 2014*	µg/l	**< 5**		5	250
* zinco *UNI EN 12457-2:2004 + EPA 6010D 2014*	mg/l	**< 0,05**		0.05	3
* nitrati *UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN ISO 10304-1:2009*	mg/l	**< 0,05**		0.05	50

SERVIZI INDUSTRIALI GENOVA
SIGE

Amministrazione, uffici, laboratori:
Via Castel Morrone, 15H-16161 Genova
Tel 010 7406583 Fax 010 7406584
E-mail segreteria@sige.ge.it
Sito web : http://www.sige.ge.it

Sede Legale:
Piazza della Vittoria 7/14 - 16121 GENOVA
C.C.I.A.A. Genova n. 289645
Trib. Reg. Soc. n. 43610 - Fascicolo 61795/425
Codice Fiscale e Partita I.V.A.: It 02687740106
Capitale sociale interamente versato Euro 90.000

ACCREDIA
L'ENTE ITALIANO DI ACCREDITAMENTO

LAB N° 1179

Membro degli Accordi di Mutuo Riconoscimento
EA, IAF e ILAC

Signatory of EA, IAF and ILAC
Mutual Recognition Agreements

Segue Rapporto di Prova n° **17LA00004** del **17/01/2017**

Parametro *Metodo*	U.M.	Risultato	Incertezza	LQ	Limiti
dibenzo(a,l)pirene [32] *EPA 3545A 2007 + EPA 3630 C 1996 + EPA 8270D 2014*	mg/kg	< **0,018**		0.018	
indeno(1,2,3-c,d)pirene *EPA 3545A 2007 + EPA 3630 C 1996 + EPA 8270D 2014*	mg/kg	< **0,018**		0.018	
▪ sommatoria idrocarburi policiclici aromatici *EPA 3545A 2007 + EPA 3630 C 1996 + EPA 8270D 2014*	mg/kg	< **0,1**		0.1	
▪ idrocarburi pesanti C>12 *ISO 16703:2004*	mg/kg	< **5**		5	
▪ amianto *DM 13/09/1999 GU SO n° 248 21/10/1999 Met.II.1+DM 06/09/1994 GU SO n° 220 20/09/1994 All. 1a*	mg/kg	< **1000**		1000	

Trattandosi di materiale roccioso, lo stesso è stato frantumato in pezzi a granulometria inferiore a 2 cm e successivamente macinato e omogeneizzato. La frazione inferiore al 2 mm è stata sottoposta ad analisi. I risultati si riferiscono quindi alla totalità del materiale.

SERVIZI INDUSTRIALI GENOVA
SIGE

Amministrazione, uffici, laboratori:
Via Castel Morrone, 15H-16161 Genova
Tel 010 7406583 Fax 010 7406584
E-mail segreteria@sige.ge.it
Sito web : http://www.sige.ge.it

Sede Legale:
Piazza della Vittoria 7/14 - 16121 GENOVA
C.C.I.A.A. Genova n. 289645
Trib. Reg. Soc. n. 43610 - Fascicolo 61795/425
Codice Fiscale e Partita I.V.A.: it 02687740106
Capitale sociale interamente versato Euro 90.000

ACCREDIA
L'ENTE ITALIANO DI ACCREDITAMENTO

LAB N° 1179

Membro degli Accordi di Mutuo Riconoscimento EA, IAF e ILAC

Signatory of EA, IAF and ILAC Mutual Recognition Agreements

Segue Rapporto di Prova n° **17LA00004** del **17/01/2017**

Parametro *Metodo*	U.M.	Risultato	Incertezza	LQ	Limiti
benzene *EPA 5021A 2014 + EPA 8260C 2006*	mg/kg	< 0,01		0.01	
etilbenzene *EPA 5021A 2014 + EPA 8260C 2006*	mg/kg	< 0,01		0.01	
stirene *EPA 5021A 2014 + EPA 8260C 2006*	mg/kg	< 0,01		0.01	
toluene *EPA 5021A 2014 + EPA 8260C 2006*	mg/kg	< 0,01		0.01	
xilene *EPA 5021A 2014 + EPA 8260C 2006*	mg/kg	< 0,01		0.01	
x idrocarburi aromatici leggeri (BTEXS) *EPA 5021A 2014 + EPA 8260C 2006*	mg/kg	< 0,1		0.1	
crisene [30] *EPA 3545A 2007 + EPA 3630 C 1996 + EPA 8270D 2014*	mg/kg	< 0,030		0.030	
pirene *EPA 3545A 2007 + EPA 3630 C 1996 + EPA 8270D 2014*	mg/kg	< 0,028		0.028	
benzo(a)antracene [25] *EPA 3545A 2007 + EPA 3630 C 1996 + EPA 8270D 2014*	mg/kg	< 0,030		0.030	
benzo(a)pirene [26] *EPA 3545A 2007 + EPA 3630 C 1996 + EPA 8270D 2014*	mg/kg	< 0,022		0.022	
benzo(b)fluorantene [27] *EPA 3545A 2007 + EPA 3630 C 1996 + EPA 8270D 2014*	mg/kg	< 0,030		0.030	
benzo(g,h,i)perilene [29] *EPA 3545A 2007 + EPA 3630 C 1996 + EPA 8270D 2014*	mg/kg	< 0,018		0.018	
benzo(k)fluorantene [28] *EPA 3545A 2007 + EPA 3630 C 1996 + EPA 8270D 2014*	mg/kg	< 0,03		0.03	
dibenzo(a,e)pirene [31] *EPA 3545A 2007 + EPA 3630 C 1996 + EPA 8270D 2014*	mg/kg	< 0,018		0.018	
dibenzo(a,h)antracene *EPA 3545A 2007 + EPA 3630 C 1996 + EPA 8270D 2014*	mg/kg	< 0,018		0.018	
dibenzo(a,h)pirene [34] *EPA 3545A 2007 + EPA 3630 C 1996 + EPA 8270D 2014*	mg/kg	< 0,018		0.018	
dibenzo(a,i)pirene [33] *EPA 3545A 2007 + EPA 3630 C 1996 + EPA 8270D 2014*	mg/kg	< 0,018		0.018	

SERVIZI INDUSTRIALI GENOVA
SIGE

Amministrazione, uffici, laboratori:
Via Castel Morrone, 15H-16161 Genova
Tel 010 7406583 Fax 010 7406584
E-mail segreteria@sige.ge.it
Sito web : http://www.sige.ge.it

Sede Legale:
Piazza della Vittoria 7/14 - 16121 GENOVA
C.C.I.A.A. Genova n. 289645
Trib. Reg. Soc. n. 43610 - Fascicolo 61795/425
Codice Fiscale e Partita I.V.A.: It 02687740106
Capitale sociale interamente versato Euro 90.000

ACCREDIA
L'ENTE ITALIANO DI ACCREDITAMENTO

LAB N° 1179

Membro degli Accordi di Mutuo Riconoscimento EA, IAF e ILAC

Signatory of EA, IAF and ILAC Mutual Recognition Agreements

Rapporto di Prova n° 17LA00004 del 17/01/2017

Spett.
G.E.T. Geotechnical and Engineering Testing s.r.l.
Via Corsica 12
Genova (GE) 16128
Italia

Dati relativi al campione

Oggetto della prova: **terreni**
Descrizione:**Campione medio di terra e roccia proveniente da operazioni di scavo identificato SG37**
Data accettazione: **10/01/2017**
Data inizio analisi: **10/01/2017** Data fine analisi: **16/01/2017**
Note al ricevimento: **Comm. 17006**

Dati di campionamento

Data: **10/01/2017**
Campionamento a cura di: **cliente**
Luogo: **Tunnel S.Siro - Santa Margherita Ligure (GE)**

Parametro *Metodo*	U.M.	Risultato	Incertezza	LQ	Limiti
• residuo secco a 105°C *DM 13/09/1999 GU SO n° 248 21/10/1999 Met.II.2*	%	**100,0**		0.1	
arsenico *EPA 3051A 2007 + EPA 6010D 2014*	mg/kg	**1,96**	±0,58	1.0	
cromo totale *EPA 3051A 2007 + EPA 6010D 2014*	mg/kg	**5,8**	±1,4	1	
cadmio *EPA 3051A 2007 + EPA 6010D 2014*	mg/kg	**< 0,2**		0.2	
cobalto *EPA 3051A 2007 + EPA 6010D 2014*	mg/kg	**< 2,0**		2.0	
• cromo VI *EPA 3060A 1996 + EPA 7196A 1992*	mg/kg	**< 1**		1	
• mercurio *EPA 3051A 2007 + EPA 6010D 2014*	mg/kg	**< 0,1**		0.1	
nichel *EPA 3051A 2007 + EPA 6010D 2014*	mg/kg	**11,5**	±2,9	5.0	
piombo *EPA 3051A 2007 + EPA 6010D 2014*	mg/kg	**< 5,0**		5.0	
rame *EPA 3051A 2007 + EPA 6010D 2014*	mg/kg	**10,4**	±3,4	5.0	
zinco *EPA 3051A 2007 + EPA 6010D 2014*	mg/kg	**16,0**	±5,5	10.0	

SERVIZI INDUSTRIALI GENOVA
SIGE

Amministrazione, uffici, laboratori:
Via Castel Morrone, 15H-16161 Genova
Tel 010 7406583 Fax 010 7406584
E-mail segreteria@sige.ge.it
Sito web : http://www.sige.ge.it

Sede Legale:
Piazza della Vittoria 7/14 - 16121 GENOVA
C.C.I.A.A. Genova n. 289645
Trib. Reg. Soc. n. 43610 - Fascicolo 61795/425
Codice Fiscale e Partita I.V.A.: it 02687740106
Capitale sociale interamente versato Euro 90.000

ACCREDIA
L'ENTE ITALIANO DI ACCREDITAMENTO

LAB N° 1179

Membro degli Accordi di Mutuo Riconoscimento EA, IAF e ILAC

Signatory of EA, IAF and ILAC Mutual Recognition Agreements

Segue Rapporto di Prova n° **17LA00003/01** del **17/01/2017**

*** eluato UNI 10802:2013 e UNI 12457-2:2004**

Parametro *Metodo*	U.M.	Risultato	Incertezza	LQ	Limiti
• nitrati *UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN ISO 10304-1:2009*	mg/l	**< 0,05**		0.05	50
• solfati *UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN ISO 10304-1:2009*	mg/l	**0,98**		0.05	250
• fluoruri *UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN ISO 10304-1:2009*	mg/l	**< 0,1**		0.1	1,5
• cianuri totali *UNI EN 12457-2:2004 + EPA 9014 1996*	µg/l	**< 30**		30	50
• cloruri *UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN ISO 10304-1:2009*	mg/l	**0,21**		0.05	100
• amianto *MPI Lab20*	mg/l	**< 1**		1	30

Conformità ai requisiti

In base al metodo di verifica e alle concentrazioni limite di riferimento, di cui all'Allegato 3 del D.M.5 febbraio 1998, come modificato dal D.M. 5 aprile 2006 n. 186, il materiale risulta idoneo al riutilizzo con le modalità indicate dal citato Decreto

Valori limite riferiti a: D.M. 5 febbraio 1998-allegato 3 e s.s. m.m. i.i.

(*) Prova NON accreditata ACCREDIA.
Se non già indicati nel Rapporto di Prova sono disponibili su richiesta i dati di incertezza di misura delle singole prove accreditate. L'incertezza estesa, espressa con la stessa unità di misura del risultato, è stata calcolata con un fattore di copertura K=2 con livello di confidenza del 95%. Eventuali consigli, opinioni e interpretazioni non sono oggetto dell' accreditamento ACCREDIA.

Nel caso di metodi che prevedano fasi di estrazione, preconcentrazione e/o purificazione, ove non espressamente indicato, il recupero ottenuto in fase di validazione è da intendersi compreso tra i valori 80%-120%.
Ove non espressamente indicato i risultati non sono stati rielaborati in funzione della percentuale di recupero.

LQ = Limite di quantificazione
UM = Unità di misura.

Fine del Rapporto di Prova n° **17LA00003**

Il Responsabile del laboratorio
Dott.ssa Arianna Podestà

Chimico
Ordine dei Chimici della Liguria
Iscrizione n. 1166

SERVIZI INDUSTRIALI GENOVA
SIGE

Amministrazione, uffici, laboratori:
Via Castel Morrone, 15H-16161 Genova
Tel 010 7406583 Fax 010 7406584
E-mail segreteria@sige.ge.it
Sito web : http://www.sige.ge.it

Sede Legale:
Piazza della Vittoria 7/14 - 16121 GENOVA
C.C.I.A.A. Genova n. 289645
Trib. Reg. Soc. n. 43610 - Fascicolo 61795/425
Codice Fiscale e Partita I.V.A.: It 02687740106
Capitale sociale interamente versato Euro 90.000

ACCREDIA
L'ENTE ITALIANO DI ACCREDITAMENTO

LAB N° 1179

Membro degli Accordi di Mutuo Riconoscimento EA, IAF e ILAC

Signatory of EA, IAF and ILAC Mutual Recognition Agreements

Segue Rapporto di Prova n° **17LA00003/01** del **17/01/2017**

*** eluato UNI 10802:2013 e UNI 12457-2:2004**

Parametro *Metodo*	U.M.	Risultato	Incertezza	LQ	Limiti
• pH *UNI EN 12457-2:2004 + APAT CNR IRSA 2060 Man 29 2003*	unità pH	**9,80**		0.01	5,5÷12.0
• richiesta chimica di ossigeno (COD) *UNI EN 12457-2:2004 + APAT CNR IRSA 5130 Man 29 2003*	mg/l O2	**< 5**		5	30
• arsenico *UNI EN 12457-2:2004 + EPA 6010D 2014*	µg/l	**3**		1.0	50
• bario *UNI EN 12457-2:2004 + EPA 6010D 2014*	mg/l	**< 0,01**		0.01	1
• berillio *UNI EN 12457-2:2004 + EPA 6010D 2014*	µg/l	**< 1**		1	10
• cadmio *UNI EN 12457-2:2004 + EPA 6010D 2014*	µg/l	**< 0,5**		0.5	5
• cromo totale *UNI EN 12457-2:2004 + EPA 6010D 2014*	µg/l	**< 5**		5	50
• cobalto *UNI EN 12457-2:2004 + EPA 6010D 2014*	µg/l	**< 5**		5	250
• piombo *UNI EN 12457-2:2004 + EPA 6010D 2014*	µg/l	**< 1,5**		1.5	50
• rame *UNI EN 12457-2:2004 + EPA 6010D 2014*	mg/l	**< 0,005**		0.005	0,05
• selenio *UNI EN 12457-2:2004 + EPA 6010D 2014*	µg/l	**6**		0.5	10
• mercurio *UNI EN 12457-2:2004 + EPA 6010D 2014*	µg/l	**< 0,1**		0.1	1
• nichel *UNI EN 12457-2:2004 + EPA 6010D 2014*	µg/l	**< 1**		1	10
• vanadio *UNI EN 12457-2:2004 + EPA 6010D 2014*	µg/l	**< 5**		5	250
• zinco *UNI EN 12457-2:2004 + EPA 6010D 2014*	mg/l	**< 0,05**		0.05	3

SERVIZI INDUSTRIALI GENOVA
SIGE

Amministrazione, uffici, laboratori:
Via Castel Morrone, 15H-16161 Genova
Tel 010 7406583 Fax 010 7406584
E-mail segreteria@sige.ge.it
Sito web : http://www.sige.ge.it

Sede Legale:
Piazza della Vittoria 7/14 - 16121 GENOVA
C.C.I.A.A. Genova n. 289645
Trib. Reg. Soc. n. 43610 - Fascicolo 61795/425
Codice Fiscale e Partita I.V.A.: it 02687740106
Capitale sociale interamente versato Euro 90.000

ACCREDIA
L'ENTE ITALIANO DI ACCREDITAMENTO

LAB N° 1179

Membro degli Accordi di Mutuo Riconoscimento EA, IAF e ILAC

Signatory of EA, IAF and ILAC Mutual Recognition Agreements

Segue Rapporto di Prova n° 17LA00003 del 17/01/2017

Parametro *Metodo*	U.M.	Risultato	Incertezza	LQ	Limiti
dibenzo(a,h)pirene [34] *EPA 3545A 2007 + EPA 3630 C 1996 + EPA 8270D 2014*	mg/kg	< 0,018		0.018	10
dibenzo(a,h)antracene *EPA 3545A 2007 + EPA 3630 C 1996 + EPA 8270D 2014*	mg/kg	< 0,018		0.018	10
indeno(1,2,3-c,d)pirene *EPA 3545A 2007 + EPA 3630 C 1996 + EPA 8270D 2014*	mg/kg	< 0,018		0.018	5
pirene *EPA 3545A 2007 + EPA 3630 C 1996 + EPA 8270D 2014*	mg/kg	< 0,028		0.028	50
• idrocarburi aromatici leggeri (BTEXS) *EPA 5021A 2014 + EPA 8260C 2006*	mg/kg	< 0,1		0.1	
• sommatoria idrocarburi policiclici *EPA 3545A 2007 + EPA 3630 C 1996 + EPA 8270D 2014*	mg/kg	< 0,1		0.1	
• idrocarburi pesanti C>12 *ISO 16703:2004*	mg/kg	5		5	750
• amianto *DM 13/09/1999 GU SO n° 248 21/10/1999 Met.II.1+DM 06/09/1994 GU SO n° 220 20/09/1994 All. 1a*	mg/kg	< 1000		1000	1000

Trattandosi di materiale roccioso, lo stesso è stato frantumato in pezzi a granulometria inferiore a 2 cm e successivamente macinato e omogeneizzato. La frazione inferiore al 2 mm è stata sottoposta ad analisi. I risultati si riferiscono quindi alla totalità del materiale.

Valori limite riferiti a: D. Lgs. 03/04/06 n° 152 parte 4° - all.5 - tab. 1/B

SERVIZI INDUSTRIALI GENOVA
SIGE

Amministrazione, uffici, laboratori:
Via Castel Morrone, 15H-16161 Genova
Tel 010 7406583 Fax 010 7406584
E-mail segreteria@sige.ge.it
Sito web : http://www.sige.ge.it

Sede Legale:
Piazza della Vittoria 7/14 - 16121 GENOVA
C.C.I.A.A. Genova n. 289645
Trib. Reg. Soc. n. 43610 - Fascicolo 61795/425
Codice Fiscale e Partita I.V.A.: It 02687740106
Capitale sociale interamente versato Euro 90.000

ACCREDIA
L'ENTE ITALIANO DI ACCREDITAMENTO

LAB N° 1179

Membro degli Accordi di Mutuo Riconoscimento EA, IAF e ILAC

Signatory of EA, IAF and ILAC Mutual Recognition Agreements

Segue Rapporto di Prova n° 17LA00003 del 17/01/2017

Parametro *Metodo*	U.M.	Risultato	Incertezza	LQ	Limiti
zinco *EPA 3051A 2007 + EPA 6010D 2014*	mg/kg	15,0	±5,3	10.0	1500
benzene *EPA 5021A 2014 + EPA 8260C 2006*	mg/kg	< 0,01		0.01	2
etilbenzene *EPA 5021A 2014 + EPA 8260C 2006*	mg/kg	< 0,01		0.01	50
stirene *EPA 5021A 2014 + EPA 8260C 2006*	mg/kg	< 0,01		0.01	50
toluene *EPA 5021A 2014 + EPA 8260C 2006*	mg/kg	< 0,01		0.01	50
xilene *EPA 5021A 2014 + EPA 8260C 2006*	mg/kg	< 0,01		0.01	50
benzo(a)antracene [25] *EPA 3545A 2007 + EPA 3630 C 1996 + EPA 8270D 2014*	mg/kg	< 0,030		0.030	10
benzo(a)pirene [26] *EPA 3545A 2007 + EPA 3630 C 1996 + EPA 8270D 2014*	mg/kg	< 0,022		0.022	10
benzo(b)fluorantene [27] *EPA 3545A 2007 + EPA 3630 C 1996 + EPA 8270D 2014*	mg/kg	< 0,030		0.030	10
benzo(k)fluorantene [28] *EPA 3545A 2007 + EPA 3630 C 1996 + EPA 8270D 2014*	mg/kg	< 0,03		0.03	10
benzo(g,h,i)perilene [29] *EPA 3545A 2007 + EPA 3630 C 1996 + EPA 8270D 2014*	mg/kg	< 0,018		0.018	10
crisene [30] *EPA 3545A 2007 + EPA 3630 C 1996 + EPA 8270D 2014*	mg/kg	< 0,030		0.030	50
dibenzo(a,e)pirene [31] *EPA 3545A 2007 + EPA 3630 C 1996 + EPA 8270D 2014*	mg/kg	< 0,018		0.018	10
dibenzo(a,l)pirene [32] *EPA 3545A 2007 + EPA 3630 C 1996 + EPA 8270D 2014*	mg/kg	< 0,018		0.018	10
dibenzo(a,i)pirene [33] *EPA 3545A 2007 + EPA 3630 C 1996 + EPA 8270D 2014*	mg/kg	< 0,018		0.018	10

Manifestazioni di interesse per l’utilizzo dei materiali di scavo

Lettera di richiesta ai comuni

COMUNE DI SANTA MARGHERITA LIGURE
Città metropolitana di Genova

tel 0185.205.1 – fax 0185.28.09.82
P.zza Mazzini, 46 – 16038 Santa Margherita Ligure

AREA 4 -TERRITORIO - AMBIENTE
Servizio: Procedimenti Concertativi – Urbanistica – Demanio Marittimo

Prot. n. PEC 15602 **10 maggio 2017**

Spett.li
COMUNE DI RAPALLO
Pec: protocollo@pec.comune.rapallo.ge.it

COMUNE DI ZOAGLI
Pec: comunezoagli@halleycert.it

COMUNE DI CHIAVARI
Pec: comune.chiavari@cert.legalmail.it

COMUNE DI LAVAGNA
Pec:postacertificata@pec.comune.lavagna.ge.it

COMUNE DI SESTRI LEVANTE
Pec: protocollo@pec.comune.sestri-levante.ge.it

e p.c. REGIONE LIGURIA
Settore Valutazione Impatto Ambientale
Pec: protocollo@pec.regione.liguria.it

Oggetto : Richiesta di manifestazione d'interesse per materiale da ripascimento stagionale spiagge.

La Progettazione Definitiva per la realizzazione di un Canale Scolmatore e Sistemazione idraulica dei Torrenti San Siro e Magistrato in Comune di Santa Margherita Ligure è stata sottoposta alla procedura di Valutazione Ambientale, nell'ambito della quale è stato prodotto uno Studio d'Impatto Ambientale ed un piano di utilizzo preliminare delle terre e rocce da scavo.

Dalle numerose indagini geognostiche, svolte durante le varie fasi progettuali, risulta che l'ammasso roccioso, per tutto lo sviluppo dello scolmatore (2390 m), è costituito interamente da Calcari Marnosi del Monte Antola.

frantumazione e vagliatura, lo rendono in termini di assortimento granulometrico, adatto al ripascimento di spiagge; qui di seguito viene riportata una tabella indicativa derivata dai dati raccolti dall'analisi dei dati a nostra disposizione.

Campione	Quantità m3 in mucchio	D60	% ghiaia	% sabbia	% pelite
Tipo	90.000	10÷20 mm	80÷100	5÷20	< 5%

Volume, largamente approssimativo, e caratteristiche indicative del materiale disponibile per il ripascimento

Le prove di caratterizzazione chimica dei campioni prelevati nell'ambito delle indagini dello Scolmatori San Siro/Magistrato non rilevano superi dei valori limite.

Si prevede che il volume di materiale derivato dallo scavo dello Scolmatore del San Siro e dei Torrenti San Siro e Magistrato saranno adatto ad essere utilizzato sarà di circa 90.000 mc.

Alla luce di quanto sopra si chiede una manifestazione d'interesse ad acquisire questo materiale per il suo utilizzo in ambito portuale, sia come materiale da ripascimento sia per opere infrastrutturali.

Distinti saluti

Il Dirigente dell'Area 4
Ing. Giorgio Ottonello

COMUNE DI S. MARGHERITA LIGURE - UFF. TECNICO

Lettera di richiesta alla Autorità di Sistema Portuale di Savona

COMUNE DI SANTA MARGHERITA LIGURE
Città metropolitana di Genova

tel 0185.205.1 – fax 0185.28.09.82
P.zza Mazzini, 46 – 16038 Santa Margherita Ligure

AREA 4 -TERRITORIO - AMBIENTE
Servizio: Procedimenti Concertativi – Urbanistica – Demanio Marittimo

Prot. n. PEC 15611 **10 maggio 2017**

Spett.le
Autorità di Sistema Portuale di Savona
del Mar Ligure Occidentale
Direttore Settore Tecnico Ing. Flavio De Stefanis
Via Gramsci 14
17100 SAVONA
Pec: autoritaportuale@porto.sv.legalmail.it

e p.c. Regione Liguria
Settore Valutazione Impatto Ambientale
Via Gabriele D'Annunzio, 111
16121 Genova
Pec: protocollo@pec.regione.liguria.it

Oggetto: Richiesta di disponibilità di utilizzo di materiale classificato come terre e rocce da scavo - manifestazione d'interesse per materiale da ripascimento stagionale spiagge.

La Progettazione Definitiva per la realizzazione di un Canale Scolmatore e Sistemazione idraulica dei Torrenti San Siro e Magistrato in Comune di Santa Margherita Ligure (GE) è stata sottoposta alla procedura di Valutazione Ambientale, nell'ambito della quale è stato prodotto uno Studio d'Impatto Ambientale ed un piano di utilizzo preliminare delle terre e rocce da scavo.

Dalle numerose indagini geognostiche svolte durante le fasi progettuali risulta che l'ammasso roccioso, per i 2390 m dello sviluppo dello scolmatore, è costituito interamente da Calcari Marnosi del Monte Antola.

Le prove di laboratorio eseguite su questa formazione la definiscono dotata di buone caratteristiche geotecniche che rendono adatto al riutilizzo il materiale derivato dal suo scavo.

Si aggiunge altresì che detta formazione è esattamente la stessa interessata dallo Scolmatore del Torrente Fereggiano, in via di realizzazione.

I risultati delle prove sistematiche sullo smarino, messe a disposizione dal Comune di Genova, indicano che, sottoposto a "Normali pratiche industriali" in questo caso consistenti nella

frantumazione e vagliatura, lo rendono in termini di assortimento granulometrico, adatto al ripascimento di spiagge; qui di seguito viene riportata una tabella indicativa derivata dai dati raccolti dall'analisi dei dati a nostra disposizione.

Campione	Quantità m3 in mucchio	D60	% ghiaia	% sabbia	% pelite
Tipo	90.000	10÷20 mm	80÷100	5÷20	< 5%

Volume, largamente approssimativo, e caratteristiche indicative del materiale disponibile per il ripascimento

Le prove di caratterizzazione chimica dei campioni prelevati nell'ambito delle indagini dello Scolmatori San Siro/Magistrato non rilevano superi dei valori limite.

Si prevede che il volume di materiale derivato dallo scavo dello Scolmatore del San Siro e dei Torrenti San Siro e Magistrato saranno adatto ad essere utilizzato sarà di circa 90.000 mc.

Alla luce di quanto sopra si chiede una manifestazione d'interesse ad acquisire questo materiale per il suo utilizzo in ambito portuale, sia come materiale da ripascimento sia per opere infrastrutturali.

Distinti saluti

Il Dirigente dell'Area 4
Ing. Giorgio Ottonello

COMUNE DI S. MARGHERITA LIGURE - UFF. TECNICO

Lettera di risposta della Autorità di Sistema Portuale di Savona

AUTORITÀ DI SISTEMA PORTUALE DEL MAR LIGURE OCCIDENTALE

PEC 18327 – 1 GIU. 2017 **SEDE DI SAVONA**

Spett.le
Comune di Santa Margherita Ligure
c.a. Dirigente Area 4 Ing. Giorgio Ottonello
PEC: protocollo@pec.comunesml.it

p.c. Regione Liguria
Settore VIA
PEC: protocollo@pec.regione.liguria.it

p.c. RUP Ing. Flavio Destefanis
destefanis@porto.sv.it

Prot. 5101/tec
Savona, 31.05.2017

OGGETTO: Disponibilità di utilizzo presso la Piattaforma multifunzionale di Vado Ligure di terre e rocce da scavo provenienti dai lavori del canale scolmatore e sistemazione idraulica dei torrenti San Siro e Magistrato in Comune di Santa Margherita Ligure.

Si risconta la nota prot. 15611 del 10.05.2017 di codesto Comune di richiesta di disponibilità all'utilizzo del materiale proveniente dai lavori oggetto, per il quale è in corso la progettazione.

In base alle informazioni contenute nella corrispondenza inviata il materiale sembrerebbe idoneo all'impiego presso la Piattaforma di Vado Ligure per riempimenti. Tuttavia per esprimere nulla osta al conferimento, vincolante, occorre fornire alla scrivente stralcio del Piano di utilizzo ex DM 161/12, per quanto riguarda le modalità di caratterizzazione, nonché copia delle analisi effettuate, granulometriche e ambientali, al fine di valutare la compatibilità rispetto al Protocollo di conferimento per il cantiere di cui alle DGR 779/2014, 202/2016 e 215/2017 che si allegano.

Si precisa che presso il cantiere Piattaforma i conferimenti saranno possibili indicativamente fino a tutto il primo semestre 2018.

Si esprime comunque interesse al possibile conferimento presso altri lavori realizzati dall'Amministrazione, previa verifica della compatibilità del materiale e delle tempistiche di cantiere.

Si resta a disposizione per chiarimenti.

Riferimenti: mail pelizza@porto.sv.it – telefono 019-8554222 – cellulare 334-6534492

Distinti saluti.

Ufficio del RUP
ing. Susanna Pelizza

Firmato digitalmente da
Susanna Pelizza

File: 600-TerreRocceSantaMargheritaLigure.docx

Via Gramsci 14 int. 7 – 17100 Savona
Tel. 019 85541 Fax 019 827399 Email: authority@porto.sv.it

Lettera di disponibilità delle Cave di Frisolino S.r.L. al recepimento dei materiali provenienti dalla scavo dell'opera prevista per il recupero o lo smaltimento con gestione diretta .

CAVE DI FRISOLINO S.r.l.
PRODUZIONE E FORNITURA PIETRISCO SABBIA E CONGLOMERATI BITUMINOSI
Via Frisolino - Loc. Rocche - 16040 NE
Tel. 0185 337006 - Fax 0185 337661
Reg. Imp. di Chiavari / C.F. 03121510105
Cap. Soc. € 52.000,00 I.V. - P.I.V.A.00205190994
Fasc. n. 6597 - R.E.A. di GE n. 319153 GE

CE 1372

37645
31/10/2017
FRA

Spett.le
Comune di Santa Margherita Ligure
Area di Linea 4 Servizio Opere
Infrastrutturali – Tutela - Ambiente
Piazza G. Mazzini 46
16038 Santa Margherita Ligure

Alla Cortese att. Ing.Pietro Feriani

Ne, Il 31/10/2017

Oggetto: PROGETTAZIONE DEFINITIVA PER LA REALIZZAZIONE DI UN CANALE SCOLMATORE E SISTEMAZIONE IDRAULICA DEI TORRENTI SAN SIRO E MAGISTRATO. IN COMUNE DI SANTA MARGHERITA LIGURE (GE)
- MATERIALI PROVENIENTI DAGLI SCAVI PREVISTI -

In riferimento ai rapporti intercorsi con Il Dr. Geol. Luciano Minetti, estensore della Studio sul Piano di Utilizzo Delle Terre e Rocce da Scavo, riferito al progetto di cui all'oggetto, il soscritto Signor Alloro Gianpiero in qualità di legale rappresentante della società "Cave di Frisolino S.r.l.", con sede in 16040 Ne (Ge) via Frisolino loc. Rocche p.i. 00205190994 c.f. 03121510105, col la presente

COMUNICA

Che la scrivente Società si rende disponibile al recepimento dei materiali provenienti dalle operazioni di scavo previsti per la realizzazione dell'opera, di cui all'oggetto, nei nostri siti autorizzati in loc. Rocche e loc. Iscioli, presenti sul territorio comunale di Ne (GE) con la seguente ipotesi di gestione:

conferimento del materiale di risulta alla nostra Società con attività di recupero o smaltimento rifiuti non pericolosi con nostra gestione diretta.

Si sottolinea che per le operazioni prospettate di cui sopra la Società scrivente è dotata delle necessarie caratteristiche ed autorizzazioni richieste dalla specifica normativa di settore.

Sarà comunque attivata la comunicazione al Comune di Ne a riguardo della attività previste.

La presente intesa non rappresenta obbligazione tra le parti, comunque si chiede di restare informati sulle successive fasi inerenti l'intervento a progetto per i fini cui si aderisce.

Si coglie l'occasione per porgere i più cordiali saluti.

CAVE DI FRISOLINO Srl
Via Frisolino - Loc. Rocche
16040 NE (GE)
Tel.: 0185.337006 - Fax 0185.337661
C.F.: 03121510105 - P.I.: 00205190994

Lettera di disponibilità delle Cave di Frisolino S.r.L. al recepimento dei materiali provenienti dalla scavo dell'opera prevista per la riqualificazione ambientale di cava.

CAVE di FRISOLINO s.r.l.
PRODUZIONE E FORNITURA PIETRISCO
SABBIA E CONGLOMERATI BITUMINOSI
Via Frisolino - Loc. Rocche - 16040 NE
Tel. 0185 337006 - Fax 0185 337661
Reg. Imp. di Chiavari / C.F. 03121510105
Cap. Soc. € 52.000,00 I.V. - P.I.V.A.00205190994
Fasc. n. 6597 - R.E.A. di GE n. 319153 GE

CE 1372

Spett.le
Comune di Santa Margherita Ligure
Area di Linea 4 Servizio Opere
Infrastrutturali – Tutela - Ambiente
Piazza G. Mazzini 46
16038 Santa Margherita Ligure

Alla Cortese att. Ing.Pietro Feriani

Ne, lì 26/01/2018

Oggetto: PROGETTAZIONE DEFINITIVA PER LA REALIZZAZIONE DI UN CANALE SCOLMATORE E SISTEMAZIONE IDRAULICA DEI TORRENTI SAN SIRO E MAGISTRATO. IN COMUNE DI SANTA MARGHERITA LIGURE (GE)
- MATERIALI PROVENIENTI DAGLI SCAVI PREVISTI -

In riferimento ai rapporti intercorsi con Il Dr. Geol. Luciano Minetti, estensore della Studio sul Piano di Utilizzo Delle Terre e Rocce da Scavo, riferito al progetto di cui all'oggetto, il soscritto Signor Alloro Gianpiero in qualità dl legale rappresentante della società "Cave di Frisolino S.r.l.", con sede in 16040 Ne (Ge) via Frisolino loc. Rocche p.i. 00205190994 c.f. 03121510105, col la presente

COMUNICA

Che la scrivente Società si rende disponibile al recepimento dei materiali provenienti dalle operazioni di scavo previsti per la realizzazione dell'opera, di cui all'oggetto, nei nostri siti autorizzati in loc. Iscioli, presenti sul territorio comunale di Ne (GE) con la seguente ipotesi di gestione:

conferimento materiale derivante dagli scavi come sottoprodotto, alla nostra Società con attività connesse alla riqualificazione ambientale di cava.

Si sottolinea che per le operazioni prospettate di cui sopra la Società scrivente è dotata delle necessarie caratteristiche ed autorizzazioni richieste dalla specifica normativa di settore.

Sarà comunque attivata la comunicazione al Comune dl Ne a riguardo della attività previste.

La presente intesa non rappresenta obbligazione tra le parti, comunque si chiede di restare informati sulle successive fasi inerenti l'intervento a progetto per i fini cui si aderisce.

Si coglie l'occasione per porgere i più cordiali saluti.

CAVE DI FRISOLINO S.r.l.
Via Frisolino - Loc. Rocche
16040 NE (GE)
Tel.: 0185.337006 - Fax: 0185.337661
C.F.: 03121510105 - P.I.: 00205190994

Ripascimento strutturale Santa Margherita Ligure

PROGETTO:	**PROGETTO DEFINITIVO PORTO DI SANTA MARGHERITA LIGURE** **MESSA IN SICUREZZA ED ADEGUAMENTO FUNZIONALE CON RIQUALIFICAZIONE DEGLI ORMEGGI E DEL LITORALE SUD**
SOGGETTO PROMOTORE:	**SANTA BENESSERE & SOCIAL S.p.a.** Santa Benessere & Social S.p.a. Piazza Mazzini, 12 16045 Chiavari (GE) T +39 0185 320868 F +39 0185 323189 E mfelugo@yahoo.it PRESIDENTE: Maurizio Felugo - PROJECT MANAGER: Ing. Pietro Zanoni - ASSISTENZA TECNICA: Arch. Gio Gozzi
ARCHITETTURA:	**OBR** Open Building Research S.r.l. Via Ciovasso, 4 20121 Milano T +39 02 84268200 F +39 02 8268250 E info@obr.eu RESPONSABILE: Arch. Paolo Brescia - COORDINAMENTO: Arch. Andrea Casetto
INGEGNERIA IDRAULICO-MARITTIMA:	**ACQUATECNO** Acquatecno S.r.l. Via Ajaccio, 14 00198 Roma T +39 06 44702081 F +39 06 44704906 E info@acquatecno.it RESPONSABILE: Ing. Paolo Turbolente
INGEGNERIA STRUTTURALE:	**MILAN INGEGNERIA** Milan Ingegneria S.r.l. Via Thaon di Revel, 21 20159 Milano T +39 02 36798890 F +39 02 36798892 E info@buromilan.com RESPONSABILE: Ing. Maurizio Milan
INGEGNERIA IMPIANTISTICA, PREVENZIONE INCENDI E SICUREZZA:	**UNITED CONSULTING** United Consulting Via Thaon di Revel, 21 20152 Milano T + 39 02 45397370 E info@unitedconsulting.it RESPONSABILE: Ing. Luca Giannelli
DOCUMENTI TECNICO-ECONOMICI:	**GAD** Global Assistance Development S.r.l. via Maurizio Quadrio, 12 20154 Milano T +39 02 29005672 F +39 02 65560517 E info@gadstudio.e RESPONSABILE: Geom. Gianpiero Aresi
URBANISTICA:	**ARCH. CARLO BERIO** Arch. Carlo Berio Piazza Marsala, 13 16122 Genova T +39 010 8398483 E carloberio@studioberio.it RESPONSABILE: Arch. Carlo Berio
CONSULENZA LEGALE:	**IADEVAIA** Iadevaia - Studio Legale e Tributario Via Giacomo Leopardi, 21 20123 Milano T +39 02 92801820 F +39 02 92801820 E alberto@iadevaia.it RESPONSABILE: Avv. Alberto Iadevaia
RILIEVO:	**GEO-T.E.C.** GEO-T.E.C. Studio Tecnico Topografico Associato Corso Italia, 9 int.2 16035 Rapallo (GE) T +39 0185 62830 F +39 0185 1831378 E geotec@geotecrapallo.it RESPONSABILE: Geom. Paolo Ghigliotti
GEOLOGIA E AMBIENTE:	**GEOLAMBDA** Geolambda Engineering S.r.l Via A. Diaz, 22 26845 Codogno (LO) T +39 0377 433021 F +39 0377 402035 E segreteria@geolambda.it RESPONSABILE: Geol. Marco Daguati
ARCHEOLOGIA:	**STUDIUM S.A.S. ARCHEOLOGIA** Studium S.a.s. Archeologia Via Marco Polo, 32 bis 10129 Torino T +39 011 855666 F +39 011 855666 E info@studiumarcheologia.com RESPONSABILE: Dott.ssa Frida Occelli
TITOLO ELABORATO:	# Opere Marittime # Relazione intervento di ripascimento

CODICE PROGETTO	LIVELLO PROGETTAZIONE	DISCIPLINA	QUADRANTE	NUMERO ELABORATO	REVISIONE
079	PD	OM	-		-

NOME FILE	SCALA	EMESSO DA	DATA PRIMA EMISSIONE	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO
	-	ACQ	04-12-2017	P.Turbolente	P.Turbolente	P.Turbolente

REVISIONI:

NUMERO REVISIONE	DATA REVISIONE	OGGETTO REVISIONE	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO

Indice

PREMESSA

1. ANALISI IDRAULICO MARITTIMA

1.1 MOTO ONDOSO A LARGO E NEL BACINO PORTUALE

1.2 VARIAZIONI DEL LIVELLO MARINO

1.3 CIRCOLAZIONE COSTIERA, RICAMBIO DELLE ACQUE ALL'INTERNO DEL BACINO PORTUALE E CONSEGUENZE SUL LITORALE DI GHIAIA

1.4 DINAMICA LITORANEA E STABILITÀ DEL RIPASCIMENTO

2. BARRIERA SOFFOLTA PER PROTEZIONE RIPASCIMENTO ARTIFICIALE

2.1 VERIFICA STABILITA' MASSI DI MANTELLATA

2.2 VALUTAZIONE EQUILIBRIO EVOLUTIVO TRASVERSALE SPIAGGIA IN GHIAIA

3. BIBLIOGRAFIA

PREMESSA

La presente relazione di calcolo idraulico marittimo relativa al progetto di messa in sicurezza ed adeguamento funzionale con riqualificazione degli ormeggi e del litorale Sud del porto di Santa Margherita Ligure riporta i calcoli di verifica ingegneristica marittima relativi alla spiaggia artificiale.
In particolare la stabilità della mantellata di protezione della barriera soffolta posta al piede del ripascimento e la stabilità trasversale di una sezione tipo del ripascimento in ghiaia previsto.

1. ANALISI IDRAULICO MARITTIMA

1.1 MOTO ONDOSO A LARGO E NEL BACINO PORTUALE

Per il progetto definitivo porto di Santa Margherita Ligure, è stato calcolato il regime del moto ondoso al largo del sito di interesse.
Queste informazioni sono necessarie per il successivo studio di trasferimento largo-riva dell'onda di progetto e la conseguente agitazione ondosa interna dovuta ad essa.
La consultazione di dati storici della zona di interesse ha evidenziato la mancanza di strumentazioni di misura in prossimità del Porto.
Per far fronte a questa mancanza sono stati utilizzati i dati ondosi registrati dalla boa ondametrica di La Spezia con una copertura temporale di 25 anni, dal 1989 al 2014 e con esposizione del paraggio del tutto analoga a quella di Santa Margherita Ligure.
E' stato individuato un settore di traversia proveniente da Sud - Ovest (205° N - 265° N).
La costruzione del campione statistico ha imposto diverse fasi di calcolo. Il primo passo è stato andare ad individuare le mareggiate indipendenti tra loro.
Il secondo passo è stato quello di identificare le mareggiate omogenee. Questo è stato eseguito innalzando la soglia di troncamento da 1,00 m a 3,00 m. s.l.m.m..
Nella fase finale sono stati presi in considerazione solo i valori massimi delle singole mareggiate precedentemente individuate.
Determinato il campione statistico, è stato effettuato un processo di inferenza statistica che ha permesso di calcolare l'altezza d'onda di progetto in funzione di un determinato tempo di ritorno.
Il calcolo del tempo di ritorno è stato eseguito prendendo in considerazione due fattori principali: l'effetto economico e la perdita di vite umane.
Nel caso in cui, a seguito di una mareggiata, la diga frangiflutti subisse un danno totale, sulla base di questi fattori è stato utilizzato un tempo di ritorno pari a 154 anni.
I parametri per la stima del tempo di ritorno sono stati presi dalla TABELLA 1 e 2 delle Istruzioni Tecniche per la progettazione delle dighe frangiflutti, edite dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici (1996).
Il processo di inferenza statistica ha mostrato che la distribuzione di probabilità che meglio si adatta al campione statistico è quella di Frechet, quindi invertendo questa distribuzione, in funzione del tempo di ritorno, è stato possibile calcolare l'altezza dell'onda di progetto al largo.
Il calcolo del periodo significativo è stato effettuato per mezzo di una correlazione tra altezza d'onda ed il periodo di tutti i dati disponibili, applicando un coefficiente di amplificazione è stato calcolato il periodo di picco per l'onda di progetto.
La tabella sottostante riassume i dati di progetto elaborati:

Tr[anni]	Hs[m]	Ts[s]	Dir[°N]
154	7,47	8,72	205 - 265

Ai fini dell'individuazione dei vari parametri ondosi al largo utili agli studi di agitazione ondosa interna al porto di Santa Margherita Ligure e del calcolo dell'onda di progetto della diga frangiflutti in condizioni di danno incipiente e della barriera soffolta atta a realizzare la difesa al piede della spiaggia, si è anche stimato il modo ondoso avente tempo di ritorno pari a 5,10 e 50 anni.

Tr[anni]	Hs[m]	Ts[s]	Dir[°N]
5	5,31	7,94	205 – 265
10	5,69	8,09	205 – 265
50	6,68	8,45	205 – 265

Le condizioni ondose di largo sono state quindi propagate sotto costa mediante un modello matematico (Mike21)
Lo studio di propagazione delle onde da largo a riva è stato redatto per poter conoscere l'altezza d'onda in prossimità del porto di Santa Margherita Ligure.

Le condizioni ondose in ingresso sono state determinate dallo studio meteomarino.
Da tale studio è state individuate diverse onde rilevanti ai fini della progettazione delle opere di difesa, provenienti da Sud - Ovest (205°N - 265°N).
E' stato utilizzato il modello numerico MIKE 21 SW che è basato sulla risoluzione numerica nel dominio e nel tempo dell'equazione di bilancio dell'azione delle onde per la propagazione dell'onda da largo a riva (in prossimità dell'imboccatura portuale).
Tale modello è in grado di simulare la crescita dell'onda per effetto del vento, l' interazione non lineare tra le onde, la dissipazione dovuta al white capping, la dissipazione dovuta all'attrito con il fondo, il frangimento dell'onda su profondità limitate, la rifrazione e shoaling dovuti alla batimetria, la diffrazione e la riflessione semplice.
Da tale studio si sono potuti individuare i parametri d'onda in prossimità della barriera soffolta posta a protezione della spiaggia artificiale che risultano essere:

Direzione al largo [°N]	H largo [m]	ts largo [s]	H[m] barriera	ts costa[a]	Direzione costa[°N]
180	6.68	8.45	2.66	8.34	139
150	6.68	8.45	**3.13**	8.33	137
120	6.68	8.45	1.60	8.36	136

1.2 VARIAZIONI DEL LIVELLO MARINO

La conoscenza delle massime variazioni quasi-statiche del livello marino, dovute a cause diverse (principalmente la marea astronomica e "meteorologica"), è necessaria per molteplici scopi: per una corretta progettazione delle quote da assegnare alle opere a mare e delle profondità minime richieste all'imboccatura.
Dal punto di vista geologico (lungo termine) la costa in esame si presenta abbastanza stabile; non risultano problemi di eustatismo o subsidenza.
Per quanto riguarda le variazioni a breve termine, periodiche e non, occorre distinguere gli effetti della marea astronomica, dall'azione del vento e della pressione atmosferica ("marea meteorologica"), le variazioni stagionali di densità ed anche il sovralzo d'onda presente sulla battigia durante le mareggiate.
Nel Mar Mediterraneo e soprattutto nel paraggio costiero di S. Margherita Ligure le escursioni del livello del mare sono di fatto molto modeste, anche se eccezionalmente si possono verificare variazioni significative.

Marea astronomica
Le ampiezze ed i tempi di marea giornalieri sono prevedibili con esattezza per un gran numero di località e sono pubblicati annualmente dall'Ufficio Idrografico della Marina Militare di Genova sulle "Tavole di Marea". Per il caso in esame si possono ben utilizzare i dati forniti per il vicino porto di Palermo, i massimi dislivelli positivi raggiungono i valori di $\pm$0.20 m rispetto al livello medio del mare,

Variazioni meteorologiche di livello marino
Dislivello barico
Un poco maggiore risulta invece il massimo contributo che può essere fornito da variazioni della pressione atmosferica. E' noto infatti che un abbassamento barico di 1 mb rispetto al valore normale (1013 mb) produce un innalzamento di circa 1 cm del livello marino e viceversa.
Nell'area di S. Margherita Ligure i valori misurati minimi e massimi della pressione (legati al passaggio dei cicloni ed anticicloni) risultano pari a 978 mb e 1044 mb.

Ne consegue quale effetto "barico" un massimo sovralzo marino di 0,35 m ed un massimo abbassamento del livello di 0,31 m. In condizioni estreme eccezionali tali valori possono aumentare ancora di qualche centimetro.

Sovralzo di vento
Trascurabile, invece, risulta il contributo del vento nella zona di S. Margherita Ligure.
Infatti il sovralzo di vento dovuto all'accumulo d'acqua sottocosta per azione di venti foranei permanenti è contenuto in pochi centimetri data la limitatissima estensione della piattaforma continentale: l'isobata -200 si trova a soli 8 Km dalla costa.
Il calcolo del massimo sovralzo di vento è stato effettuato mediante una nota formulazione analitica implicita: $S = \{K_p L_p U^2/[g (D - d - S)]\} \ln [D/(d + S)]$
dove:
U = velocità del vento persistente (m/s);
D = profondità limite della piattaforma continentale (200 m);
L_p = estensione della piattaforma (distanza tra d e D nella direzione del vento) (m);
d = profondità ove si calcola il sovralzo (m);
g = accelerazione di gravità (9,81 m/s2);
K_p = coefficiente pari a 3 x 10-6
Considerando l'azione di un vento costante diretto verso la costa con velocità di 28 m/s ed un'estensione della piattaforma continentale (fondale -200 m) pari a 8 km, si è ricavato un innalzamento massimo del livello del mare in corrispondenza delle opere progettate pari a 0,03 m.

Valori estremi
Considerando che in generale non si verifica la piena concomitanza per i sovralzi di carattere meteorologico ed astronomico, si può cautelativamente assumere una riduzione del 20% della somma dei termini di sovralzo meteorologico a quelli astronomici.
In definitiva, per i contributi positivi e negativi, si ottengono i seguenti massimi dislivelli rispetto al medio mare:
Sovralzo S_u = +0,20 m + 0,80 (0,35 m +0,03 m) = +0,50 m
Abbassamento S_d = -0,20 m + 0,80 (-0,31 m) = -0,45 m

1.3 CIRCOLAZIONE COSTIERA, RICAMBIO DELLE ACQUE ALL'INTERNO DEL BACINO PORTUALE E CONSEGUENZE SUL LITORALE DI GHIAIA

La morfologia costiera del paraggio e dell'infrastruttura portuale, alquanto aperta (anche alla penetrazione ondosa purtroppo) comporta minori problemi di ricambio idrico portuale, riducendo il rischio di fenomeni eutrofici.
Tale spiaggia artificiale è stata dimensionata a partire dalle condizioni ondose sotto costa ivi determinate e riportate nel precedente paragrafo 3.3.
La spiaggia artificiale progettata è caratterizzata da uno sviluppo longitudinale di circa 210 m e prevede un incremento verso largo dell'attuale linea di riva di circa 35 m.
Il materiale di ripascimento è costituito da ghiaia avente D_{50} = 5 mm ed è protetto al piede ed ai fianchi da una barriera soffolta avente coronamento alla quota -2,00 m s.l.m.m. costituita da una scogliera protetta da una mantellata in massi naturali da 3 a 7 t di pezzatura posta in doppio strato di spessore complessivo pari a 2,50 m su uno strato filtro di massi naturali da 50 – 1.000 kg posti in doppio strato per 1,20 m di spessore complessivo, a loro volta posti sul nucleo in tout venant di cava.
Al fine di impedire la "migrazione/erosione" delle parti più fine del ripascimento verso il largo è stata interposta tra la barriera ed il ripascimento un ulteriore filtro realizzato da uno strato di geotessuto e da un riempimento in massi naturali da 50 – 1.000 kg.
Si rimanda alla relativa relazione di calcolo per approfondimenti.

1.4 DINAMICA LITORANEA E STABILITÀ DEL RIPASCIMENTO

I calcoli di verifica della stabilità del ripascimento, riportati nei paragrafi seguenti, sono stati effettuati mediante il modello di Van der Meer (1988) che considera la stabilità trasversale dell'opera. L'esame dell'equilibrio morfologico longitudinale dell'opera non

sarebbe stato investigabile mediante i modelli ad una linea data la ridotta dimensione longitudinale della spiaggia artificiale (prevale la dinamica trasversale su quella longitudinale)
Le spiagge sono caratterizzate da una risposta dinamica all'azione del moto ondoso mediante la formazione di un profilo di equilibrio diverso a seconda delle caratteristiche del moto ondoso d'attacco.
Per le spiagge non è importante il grado di danneggiamento, inteso come percentuale di materiale movimentato a seguito di una mareggiata, bensì la configurazione del profilo ed altre caratteristiche geometriche che danno informazioni sulla sua stabilità (ad esempio il massimo arretramento della linea di riva, la massima oscillazione planimetrica della battigia oppure la presenza di frazioni di materiale fino in alcuni punti della spiaggia sommersa).
Il modello matematico proposto da Van der Meer (Delft Hydraulics 1988) per la descrizione delle caratteristiche geometriche del profilo trasversale in funzione delle grandezze significative del moto ondoso, è il risultato dell'analisi di numerose prove di laboratorio su modello fisico mediante l'utilizzo di onde irregolari.
Stimati i valori dei parametri di Van der Meer è stato individuato il profilo di equilibrio della spiaggia in funzione di un'onda avente tempo di ritorno 50 anni.
Da tale studio è emerso che il Dn50 a disposizione per riprofilare la spiaggia è stabile alla luce della presenza di una barriera soffolta che ne impedisce la dispersione in mare.

2. BARRIERA SOFFOLTA PER PROTEZIONE RIPASCIMENTO ARTIFICIALE

2.1 VERIFICA STABILITA' MASSI DI MANTELLATA

La mantella della sezione di tronco della barriera soffolta posta a protezione del ripascimento artificiale è stata dimensionata mediante le formule di Van der Meer il cui tabulato di calcolo è riportato di seguito:

Van der Meer (Prog. di scogliere in massi naturali)

Criterio discriminatore per uso Plunging/Surging

$H_{sc} = aT_m^2 =$	2,13	
ove:		
$T_m =$	7,35	s
cotg $\alpha =$	1,3333	
P =	0,4	

Formula base per Plunging (se $H_s > H_{sc}$) presente caso

$$\mathbf{M_{50}(t)} = \rho_r H_s^{2,25} T_m^{1,5} / K_{pl}^{*} \cot g\alpha^{1,5} \Delta^3 =$$

8,46572126	t	no tracimazione	
2,88707619	t	tracimazione	
2,89	**t**	= valore da considerare di M_{50}	

$\rho_r =$	2,6	t/m^3
$\rho_w =$	1,025	t/m^3
$\Delta =$	1,54	
cotg $\alpha =$	1,3333	
$T_m =$	7,35	s
$H_s =$	3,13	m
$K_{pl} =$	14,28	
$K_{pl}^{*} = K_{pl}K_1K_2 =$	41,87	
P =	0,4	
S =	2	
$K_1 =$	1	durata mareggiate
$K_2 =$	1	se no tracimabilità
$K_2 =$	2,93	tracimabilità diga
Rc (elev. Diga) =	-2	m s.l.m.m.

In favore della sicurezza viene quindi adottata una mantellata costituita da un doppio strato di massi naturali da 3 a 7 t (III categoria) posta su di uno strato filtro di massi naturali da 50 a 1.000 kg (I categoria) con pendenze del paramento pari a 3 su 4.
Gli spessori dei doppi strati sono stati valutati mediante l'espressione seguente

$$r = n K_\Delta (P/\gamma_s)^{1/3}$$

ove
n = 2 strati
K_Δ = 1,00 (coefficiente valido per massi naturali)
γ_s = peso specifico massi naturali = 2,6 t/m3
Di conseguenza per massi naturali da 3 a 7 t si ha r = 2,50 m mentre per i massi naturali da 50 a 1.000 kg si ha r = 1,20 m.

2.2 VALUTAZIONE EQUILIBRIO EVOLUTIVO TRASVERSALE SPIAGGIA IN GHIAIA

Le strutture quali le spiagge e le scogliere, vengono definite anche “strutture a stabilità dinamica”, in quanto rispondono con una variazione del profilo, sia longitudinale sia trasversale, all’azione del moto ondoso.
I singoli elementi granulometrici che la compongono sono spostati dall’energia dell’onda fino a quando non si genera una particolare forma per la quale la capacità di trasporto lungo il profilo si azzera.
Per le spiagge, il materiale presente nell’intorno del livello medio mare (swash zone) viene continuamente movimentato ad ogni risalita (run up) e ridiscesa (run down) dell’onda, ma quando il trasporto netto si azzera, il profilo della spiaggia raggiunge una condizione di equilibrio dinamico alla quale corrisponde una geometria costante che dura finché le condizione del modo ondoso rimangono anch’esse costanti.
Le spiagge sono caratterizzate da una risposta dinamica all’azione del moto ondoso mediante la formazione di un profilo di equilibrio diverso a seconda delle caratteristiche del moto ondoso d’attacco.
Per le spiagge non è importante il grado di danneggiamento, inteso come percentuale di materiale movimentato a seguito di una mareggiata, bensì la configurazione del profilo ed altre caratteristiche geometriche che danno informazioni sulla stabilità di essa come ad esempio il massimo arretramento della linea di riva, la massima oscillazione planimetrica della battigia oppure la presenza di frazioni di materiale fino in alcuni punti della spiaggia sommersa.
Per i motivi sopracitati la stabilità dei materiali messi in movimento dal moto ondoso costituisce un argomento molto diffuso da molti anni.
Gli studi di letteratura più recenti includono la stabilità dinamica dei frangiflutti in massi naturali ed uno degli obiettivi principali di tali studi fu quello di individuare i punti mancanti nella conoscenza sulla stabilità statica e dinamica di scarpate rocciose e di spiagge in ghiaia.
I risultati di questi studi sono poi stati utilizzati da Van der Meer per perfezionare un più efficiente modello di analisi (Delft Hydraulics 1988).
Il modello matematico proposto da Van der Meer per la descrizione delle caratteristiche geometriche del profilo trasversale in funzione delle grandezze significative del moto ondoso, è il risultato dell’analisi di numerose prove di laboratorio su modello fisico mediante l’utilizzo di onde irregolari.
Le prove sono state eseguite in modo da descrivere l’intero campo di stabilità dinamica delle spiagge in ghiaia che può essere posto pari a

$$6 < \frac{H_s}{\Delta D_{n50}} < 500.$$

A tal fine sono state utilizzate rappresentazioni con valori del diametro nominale Dn50=0.011-0.026 m adottando un assortimento dei granuli pari a D85/D15 ed altezze d’onda significativa variabili tra 0.13 e 3.0 m con periodi medi Tm= 1.3-3.0s.
La stabilità dinamica può essere descritta da 6 parametri di altezza o lunghezza e due angoli di inclinazione che caratterizzano il profilo sotto l’attacco del moto ondoso.
Le variabili che governano la stabilità dinamica sono:

Diametro nominale	Dn50
Densità relativa del granulo	Δ
Altezza d’onda significativa sulla spiaggia	Hs
Periodo medio	Tm
Durata della mareggiata o numero di onde	N
Profondità al piede della spiaggia	H
Angolo d’attacco	ψ

Descrizione dei parametri e loro influenza

L'altezza d'onda e periodo hanno effetti simili sulla formazione del profilo, questa caratteristica viene espressa mediante la variabile adimensionale combinata altezza d'onda-periodo Ho To descritta da:

$$H_o T_o = \frac{H_s}{\Delta D_{n50}} \sqrt{\frac{g}{D_{n50}}} \cdot T_m$$

Ove:

$H_o = \frac{H_s}{\Delta D_{n50}}$ = parametro adimensionale d'altezza d'onda (=Ns)

$T_o = \sqrt{\frac{g}{D_{n50}}} \cdot T_m$ = parametro adimensionale di periodo d'onda, riferiti al Dn50

La durata della mareggiata ha influenza fino ad un numero elevato di onde, la forma dello spettro non ha influenza sul profilo, usando Tm come periodo dell'onda, per valori del rapporto

$\frac{H_s}{\Delta D_{n50}} < 15 - 20$

il profilo risultante è influenzato dalla pendenza iniziale.

La forma del materiale, spigoloso, allungato e liscio o arrotondato, non ha nessuna influenza sul profilo, esso è influenzato dall'angolo di attacco del moto ondoso ψ. I parametri di altezza e lunghezza vanno ridotti secondo il coseno di ψ.

Il profilo al disotto del livello medio marino diviene più inclinato quando la struttura è situata in acque basse.

Tutti i parametri geometrici del profilo, tranne lt, possono essere espressi nella seguente forma:

$$\frac{par}{D_{n50} N_a} = \left(\frac{H_o T_o}{b}\right)^{\frac{1}{c}}$$

Dove i coefficienti a, b e c variano da un parametro all'altro.

In particolare si ha:

$$l_r = \left(\frac{H_o T_o}{2{,}9}\right)^{1/1{,}3} D_{n50} N^{0{,}05}$$

$$l_c = \left(\frac{H_o T_o}{22}\right)^{1/1{,}2} D_{n50} N^{0{,}12}$$

$$h_c = \left(\frac{H_o T_o}{25}\right)^{1/1{,}5} D_{n50} N^{0{,}15}$$

$$l_s = \left(\frac{H_o T_o}{3{,}8}\right)^{1/1{,}3} D_{n50} N^{0{,}07}$$

$$h_s = \left(\frac{H_o T_o}{16{,}5}\right)^{1/1{,}5} D_{n50} N^{0{,}07}$$

$$h_t = \left(\frac{H_o T_o}{5}\right)^{1/1{,}5} D_{n50} N^{0{,}04}$$

Le curve che rappresentano rispettivamente la parte emersa e quella sommersa della zona di swash (run-up e run-down), sono costituite dalle due funzioni di potenza seguenti:

$y = a_4 x^{0,83}$ per il tratto sotto il livello del mare

$y = a_5(-x)^{1,15}$ per il tratto sopra il livello del mare

Nella quali i valori da attribuire ai coefficienti a4 ed a5 vanno determinati inserendo le coppie di valori hc, lc e di hs, ls rispettivamente nella prima e nella seconda equazione.

Applicazione al presente caso

La prima fase consiste nell'individuare dai profili misurati i parametri geometrici associati alle condizioni d'onda determinate dallo studio di trasferimento ondoso largo-riva, non si sono riscontrate grosse difficoltà nell'individuare i parametri hc, lc ed lr soprattutto per quanto riguarda i profili risultanti da azioni molto intense del moto ondoso, mentre è stato più difficoltoso stimare i parametri ls ed hs inerenti la parte sommersa della spiaggia, la quale è stata realizzata mediante un attento confronto tra profili.

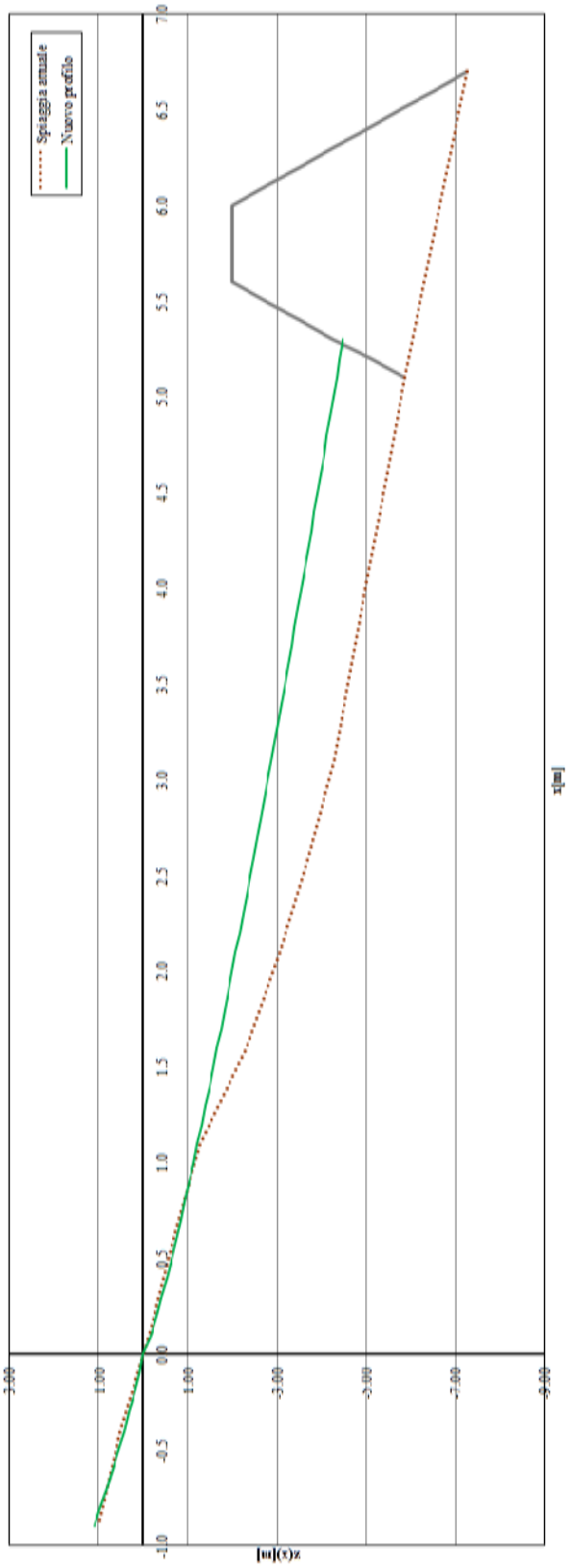
I valori delle grandezze individuate sono riportati nella tabella sottostante.

HoTo	5721375	-	Numero di Van der Meer
lr	44.46	m	limite Run-up
lc	40.09	m	posizione cresta
hc	6.10	m	altezza cresta
ls	43.56	m	posizione scarpata
hs	3.80	m	profondità scarpata
ht	6.37	m	profondità di transizione

Stimati i valori dei parametri di Van der Meer è stato individuato il profilo di equilibrio della spiaggia in funzione di un'onda avente tempo di ritorno 50 anni, da tale studio è emerso che il Dn50 a disposizione per riprofilare la spiaggia è stabile alla luce della presenza di una barriera soffolta che ne impedisce la dispersione in mare.

Nella figura sottostante è riportata la curva del profilo di equilibrio della spiaggia stimata con i parametri di Van der Meer.

γ_w	**10.1**	kN/m^3	Peso specifico dell'acqua di mare
γ_s	**26.0**	kN/m^3	Peso specifico materiale
Δ	1.57	-	$(\rho_s/\rho_w) - 1$
Hs	**3.13**	m	Altezza d'onda di progetto
D_{n50}	**0.4**	mm	Diametro nominale
P	**0.4**	-	Permeabilità
cot(α)	0.00	-	Inclinazione
T_{0m}	**7.35**	s	Periodo medio
L_{0m}	84.3	m	Lunghezza onda
s_m	0.037	-	Ripidità onda
N_z	**0**	-	Numero di onde


Spiaggia attuale
Nuovo profilo
z(m)
[m]

3. BIBLIOGRAFIA

- U.S. CORP OF ENGINEERS – Coastal Engineering Manual - Coastal Engineering Research Center, Washington D.C., 2001.
- U.S. CORP OF ENGINEERS - Shore Protection Manual - Coastal Engineering Research Center, Washington D.C., 1984.
- ISTITUTO IDROGRAFICO DELLA MARINA MILITARE – Portolano dei mari d'Italia, vol. 1A – Genova.
- ISTITUTO IDROGRAFICO DELLA MARINA MILITARE – Tavole di marea 1998 – Genova.
- ISTITUTO IDROGRAFICO DELLA MARINA MILITARE – Carte nautiche n. 908 INT 3300 (scala 1:250.000), n. 2 (scala 1:100.000), n. 107 (scala 1:30.000) - Genova
- J.E. BOWLES – Foundation Analysis and Design – Mc Graw Hill 4th ed.

PROGETTO:	**PROGETTO DEFINITIVO PORTO DI SANTA MARGHERITA LIGURE** **MESSA IN SICUREZZA ED ADEGUAMENTO FUNZIONALE CON RIQUALIFICAZIONE DEGLI ORMEGGI E DEL LITORALE SUD**
SOGGETTO PROMOTORE:	**SANTA BENESSERE & SOCIAL S.p.a.** Santa Benessere & Social S.p.a. Piazza Mazzini, 12 16045 Chiavari (GE) T +39 0185 320868 F +39 0185 323189 E mfelugo@yahoo.it PRESIDENTE: Maurizio Felugo - PROJECT MANAGER: Ing. Pietro Zanoni - ASSISTENZA TECNICA: Arch. Gio Gozzi
ARCHITETTURA:	**OBR** Open Building Research S.r.l. Via Ciovasso, 4 20121 Milano T +39 02 84268200 F +39 02 8268250 E info@obr.eu RESPONSABILE: Arch. Paolo Brescia - COORDINAMENTO: Arch. Andrea Casetto
INGEGNERIA IDRAULICO-MARITTIMA:	**ACQUATECNO** Acquatecno S.r.l. Via Ajaccio, 14 00198 Roma T +39 06 44702081 F +39 06 44704906 E info@acquatecno.it RESPONSABILE: Ing. Paolo Turbolente
INGEGNERIA STRUTTURALE:	**MILAN INGEGNERIA** Milan Ingegneria S.r.l. Via Thaon di Revel, 21 20159 Milano T +39 02 36798890 F +39 02 36798892 E info@buromilan.com RESPONSABILE: Ing. Maurizio Milan
INGEGNERIA IMPIANTISTICA, PREVENZIONE INCENDI E SICUREZZA:	**UNITED CONSULTING** United Consulting Via Thaon di Revel, 21 20152 Milano T + 39 02 45397370 E info@unitedconsulting.it RESPONSABILE: Ing. Luca Giannelli
DOCUMENTI TECNICO-ECONOMICI:	**GAD** Global Assistance Development S.r.l. via Maurizio Quadrio, 12 20154 Milano T +39 02 29005672 F +39 02 65560517 E info@gadstudio.e RESPONSABILE: Geom. Gianpiero Aresi
URBANISTICA:	**ARCH. CARLO BERIO** Arch. Carlo Berio Piazza Marsala, 13 16122 Genova T +39 010 8398483 E carloberio@studioberio.it RESPONSABILE: Arch. Carlo Berio
CONSULENZA LEGALE:	**IADEVAIA** Iadevaia - Studio Legale e Tributario Via Giacomo Leopardi, 21 20123 Milano T +39 02 92801820 F +39 02 92801820 E alberto@iadevaia.it RESPONSABILE: Avv. Alberto Iadevaia
RILIEVO:	**GEO-T.E.C.** GEO-T.E.C. Studio Tecnico Topografico Associato Corso Italia, 9 int.2 16035 Rapallo (GE) T +39 0185 62830 F +39 0185 1831378 E geotec@geotecrapallo.it RESPONSABILE: Geom. Paolo Ghigliotti
GEOLOGIA E AMBIENTE:	**GEOLAMBDA** Geolambda Engineering S.r.l Via A. Diaz, 22 26845 Codogno (LO) T +39 0377 433021 F +39 0377 402035 E segreteria@geolambda.it RESPONSABILE: Geol. Marco Daguati
ARCHEOLOGIA:	**STUDIUM S.A.S. ARCHEOLOGIA** Studium S.a.s. Archeologia Via Marco Polo, 32 bis 10129 Torino T +39 011 855666 F +39 011 855666 E info@studiumarcheologia.com RESPONSABILE: Dott.ssa Frida Occelli
TITOLO ELABORATO:	# Opere Marittime Computo metrico intervento di ripascimento

CODICE PROGETTO	LIVELLO PROGETTAZIONE	DISCIPLINA	QUADRANTE	NUMERO ELABORATO	REVISIONE
079	PD	OM	-		-

NOME FILE	SCALA	EMESSO DA	DATA PRIMA EMISSIONE	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO
	-	ACQ	04-12-2017	P.Turbolente	P.Turbolente	P.Turbolente

REVISIONI:

NUMERO REVISIONE	DATA REVISIONE	OGGETTO REVISIONE	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO

N. ord.	Art.el. prezzi	Descrizione opere	U.m.	parti simili	Area (m^2)	interasse/lunghezza (m)	Quantità totale	Costo unitario	Importo
		Porto di S. Margherita Ligure (GE)							
		SPIAGGIA ARTIFICIALE							
		Ripascimento in ghiaia con mezzi terrestri							
		Sezione di computo SP1			98,00	30,00	2.940,00		
		Sezione di computo SP2			112,07	55,00	6.163,85		
		Sezione di computo SP3			148,56	57,00	8.467,92		
		Sezione di computo SP4			160,00	52,00	8.320,00		
		Sezione di computo SP5			140,00	30,00	4.200,00		
		subtot	m^3				30.091,77		
		Tout Venant di Cava con mezzi marittimi (>150 t)							
		Sezione di computo SP1			0,71	45,00	31,95		
		Sezione di computo SP2			2,03	46,00	93,38		
		Sezione di computo SP3			1,55	43,00	66,65		
		Sezione di computo SP4			6,47	47,00	304,09		
		Sezione di computo SP5			37,20	55,00	2.046,00		
		subtot	m^3				2.542,07		
		Massi naturali 50-1.000 kg (γ=1,8t/m^3) con mezzi marittimi							
		Sezione di computo SP1			21,71	45,00	976,95		
		Sezione di computo SP2			24,90	46,00	1.145,40		
		Sezione di computo SP3			24,45	43,00	1.051,35		
		Sezione di computo SP4			28,72	47,00	1.349,84		
		Sezione di computo SP5			41,55	55,00	2.285,25		
		subtot	m^3				6.808,79		
		subtot	t	1,80			12.255,82		
		Massi naturali 3-7 t (γ=1,8t/m^3) con mezzi marittimi							
		Sezione di computo SP1			32,75	45,00	1.473,75		
		Sezione di computo SP2			35,12	46,00	1.615,52		
		Sezione di computo SP3			34,90	43,00	1.500,70		
		Sezione di computo SP4			43,55	47,00	2.046,85		
		Sezione di computo SP5			70,73	55,00	3.890,15		
		subtot	m^3				10.526,97		
		subtot	t	1,80			18.948,55		

PROGETTO:

PROGETTO DEFINITIVO PORTO DI SANTA MARGHERITA LIGURE

MESSA IN SICUREZZA ED ADEGUAMENTO FUNZIONALE CON RIQUALIFICAZIONE DEGLI ORMEGGI E DEL LITORALE SUD

SOGGETTO PROMOTORE:

SANTA BENESSERE & SOCIAL S.p.a.
Santa Benessere & Social S.p.a.
Piazza Mazzini, 12
16045 Chiavari (GE)
T +39 0185 320868
F +39 0185 323189
E mfelugo@yahoo.it
PRESIDENTE: Maurizio Felugo - PROJECT MANAGER: Ing. Pietro Zanoni - ASSISTENZA TECNICA: Arch. Gio Gozzi

ARCHITETTURA:

OBR
Open Building Research S.r.l.
Via Ciovasso, 4
20121 Milano
T +39 02 84268200
F +39 02 8268250
E info@obr.eu
RESPONSABILE: Arch. Paolo Brescia - COORDINAMENTO: Arch. Andrea Casetto

INGEGNERIA IDRAULICO-MARITTIMA:

ACQUATECNO
Acquatecno S.r.l.
Via Ajaccio, 14
00198 Roma
T +39 06 44702081
F +39 06 44704906
E info@acquatecno.it
RESPONSABILE: Ing. Paolo Turbolente

INGEGNERIA STRUTTURALE:

MILAN INGEGNERIA
Milan Ingegneria S.r.l.
Via Thaon di Revel, 21
20159 Milano
T +39 02 36798890
F +39 02 36798892
E info@buromilan.com
RESPONSABILE: Ing. Maurizio Milan

INGEGNERIA IMPIANTISTICA, PREVENZIONE INCENDI E SICUREZZA:

UNITED CONSULTING
United Consulting
Via Thaon di Revel, 21
20152 Milano
T + 39 02 45397370
E info@unitedconsulting.it
RESPONSABILE: Ing. Luca Giannelli

DOCUMENTI TECNICO-ECONOMICI:

GAD
Global Assistance Development S.r.l.
via Maurizio Quadrio, 12
20154 Milano
T +39 02 29005672
F +39 02 65560517
E info@gadstudio.e
RESPONSABILE: Geom. Gianpiero Aresi

URBANISTICA:

ARCH. CARLO BERIO
Arch. Carlo Berio
Piazza Marsala, 13
16122 Genova
T +39 010 8398483
E carloberio@studioberio.it
RESPONSABILE: Arch. Carlo Berio

CONSULENZA LEGALE:

IADEVAIA
Iadevaia - Studio Legale e Tributario
Via Giacomo Leopardi, 21
20123 Milano
T +39 02 92801820
F +39 02 92801820
E alberto@iadevaia.it
RESPONSABILE: Avv. Alberto Iadevaia

RILIEVO:

GEO-T.E.C.
GEO-T.E.C. Studio Tecnico Topografico Associato
Corso Italia, 9 int.2
16035 Rapallo (GE)
T +39 0185 62830
F +39 0185 1831378
E geotec@geotecrapallo.it
RESPONSABILE: Geom. Paolo Ghigliotti

GEOLOGIA E AMBIENTE:

GEOLAMBDA
Geolambda Engineering S.r.l
Via A. Diaz, 22
26845 Codogno (LO)
T +39 0377 433021
F +39 0377 402035
E segreteria@geolambda.it
RESPONSABILE: Geol. Marco Daguati

ARCHEOLOGIA:

STUDIUM S.A.S. ARCHEOLOGIA
Studium S.a.s. Archeologia
Via Marco Polo, 32 bis
10129 Torino
T +39 011 855666
F +39 011 855666
E info@studiumarcheologia.com
RESPONSABILE: Dott.ssa Frida Occelli

TITOLO ELABORATO:

Opere Marittime
Studio meteomarino di largo

CODICE PROGETTO	LIVELLO PROGETTAZIONE	DISCIPLINA	QUADRANTE	NUMERO ELABORATO	REVISIONE
079	PD	OM	-	0002	-

NOME FILE	SCALA	EMESSO DA	DATA PRIMA EMISSIONE	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO
079_PD_OM_0002_0.dwg	-	ACQ	04-12-2017	P.Turbolente	P.Turbolente	P.Turbolente

REVISIONI:

NUMERO REVISIONE	DATA REVISIONE	OGGETTO REVISIONE	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO

1. PREMESSA 1

2. METODOLOGIA DI STUDIO 2

3. METODO DI TRASPOSIZIONE GEOGRAFICA DELLE MISURE ONDAMETRICHE. 3

3.1. JONSWAP (1973), SPM (1984) 4

3.2. Donelan (1989) 4

3.3. Contini e De Girolamo (1998) 5

4. CARATTERISTICHE GEOGRAFICHE DEL SITO 6

4.1. Calcolo dei fetches geografici 7

4.2. Calcolo dei fetches efficaci 8

5. REGIME D'ONDA AL LARGO 12

5.1. Descrizione delle fonti di dati disponibili 12

5.2. Clima ondoso al largo 13

5.3. Correlazione tra altezza d'onda e periodo 30

6. ANALISI STATISTICA DEGLI EVENTI ESTREMI 31

6.1. Calcolo del tempo di ritorno 32

6.2. Analisi di inferenza statistica 33

6.3. Individuazione del modello probabilistico per i dati selezionati 37

6.4. Adattamento delle distribuzioni di probabilità 38

6.5. Calcolo delle fasce fiduciarie per il campione statistico 48

6.6. Verifica di adattamento delle distribuzioni attraverso l'impiego di test statistici 51

6.7. Parametri dell'onda di progetto 56

6.8. Stima intervallare dell'onda di progetto 58

7. CONCLUSIONI 60

INDICE DELLE FIGURE 62

INDICE DELLE TABELLE 64

1. PREMESSA

Il presente Studio Meteomarino è stato elaborato a supporto delle attività connesse alla stesura del progetto definitivo del porto di Santa Margherita Ligure.

Nell'ambito del presente Studio sono state inizialmente svolte le indagini conoscitive volte al reperimento dei dati necessari e, successivamente, le analisi finalizzate alla definizione sia dei regimi ondosi sia delle caratteristiche degli stati di mare estremi, tipici del paraggio antistante l'imboccatura del porto di Santa Margherita Ligure.

Il presente documento costituisce la relazione finale ad illustrazione dei risultati ottenuti durante lo Studio suddetto. Pertanto, nel seguito si descriveranno sia la metodologia adottata, sia le tecniche d'elaborazione dati, sia i risultati ottenuti dalle analisi.

2. METODOLOGIA DI STUDIO

Al fine di stabilire l'operatività del porto di Santa Margherita Ligure, è necessario calcolare i regimi ondosi. Pertanto, si è dato corso in primo luogo ad un'indagine conoscitiva riguardo la disponibilità di fonti storiche per i dati relativi all'agitazione ondosa e al vento presenti nell'area d'interesse. Tale indagine ha evidenziato la presenza di una stazione di misura ondametrica direzionale, per il calcolo del regime ondoso, al largo di La Spezia facente parte della Rete Ondametrica Nazionale. In ragione delle differenti caratteristiche del punto di misura e di quello d'interesse, i dati della serie storica di La Spezia non sono stati direttamente impiegati nel calcolo del regime ondoso all'esterno del porto di Santa Margherita Ligure.

Introducendo il concetto di boa virtuale, definito come strumento di calcolo puntuale per la rettifica delle serie ondametriche reali in funzione degli effetti prima elencati, si può affermare che il calcolo del regime ondoso all'esterno del porto è passato per la calibrazione di una boa virtuale:

- i dati misurati al largo di La Spezia sono stati trasposti in un punto al largo di Santa Margherita Ligure, valutando la diversa esposizione all'azione delle perturbazioni atmosferiche.

La calibrazione della suddetta boa virtuale ha implicato la determinazione di funzioni di trasferimento, capaci di rettificare i parametri Hmo, Tp e ϑm in funzione della differenza tra le conformazioni delle aree di generazione e della variabilità del fondale. La prima funzione di trasferimento, per la trasposizione delle serie storiche reali in acqua profonda, è stata determinata in conformità alla metodologia proposta da Contini e De Girolamo (1998), denominata trasposizione geografica del moto ondoso.

In sintesi, la metodologia seguita nello svolgimento dello studio meteomarino può essere schematizzata come segue.

- Caratteristiche geografiche del sito
  - Calcolo dei fetches geografici
  - Calcolo dei fetches efficaci
- Regime d'onda al largo
  - Descrizione delle fonti di dati disponibili
  - Clima ondoso al largo
  - Correlazione tra altezza d'onda e periodo della medesima
- Analisi statistica degli eventi estremi
  - Calcolo del tempo di ritorno
  - Analisi di inferenza statistica
  - Parametri dell'onda di progetto

3. METODO DI TRASPOSIZIONE GEOGRAFICA DELLE MISURE ONDAMETRICHE

Nelle applicazioni d'ingegneria costiera e portuale è necessario disporre di affidabili serie storiche di moto ondoso, caratteristiche del paraggio oggetto di studio. In contrapposizione a tale esigenza si pone il principio di parsimonia nello stabilire il numero delle boe ondametriche, che, necessariamente, risultano ubicate in un ridotto numero di punti, generalmente localizzati al largo delle coste.

Accettare l'ipotesi, per la quale le caratteristiche ondose misurate da una boa siano rappresentative degli stati di mare presenti al largo di un paraggio decentrato rispetto al punto di misura, può condurre ad un errato calcolo dei regimi ondosi e degli eventi estremi per il sito oggetto di studio. A tal riguardo, Contini e De Girolamo (1998) hanno elaborato una procedura di calcolo per la trasposizione delle misure ondametriche tra due punti, caratterizzati da un'esposizione simile delle traversie principali.

La metodologia di trasposizione geografica è basata sull'ipotesi che la velocità e la direzione del vento, agente sull'area di generazione del sito d'interesse, siano equivalenti a quelle che hanno determinato lo stato di mare misurato dalla boa. Sotto tale ipotesi, il metodo di trasposizione geografica permette il calcolo delle correlazioni esistenti tra la direzione media di provenienza, l'altezza significativa ed il periodo di picco del moto ondoso misurato e gli stessi parametri relativi al moto ondoso presente nel punto d'interesse.

Nel caso di fetch limitati, le leggi di correlazione cercate possono essere determinate facendo uso delle formule di ricostruzione del moto ondoso a partire dai dati di vento. In particolare, a seconda della teoria utilizzata, si possono ricavare le seguenti relazioni.

3.1. JONSWAP (1973), SPM (1984)

$$\theta_{\text{virtuale}} = \theta_{\text{misurata}} \qquad (eq.\ 1)$$

$$\frac{H_{mo}\big|_{\text{virtuale}}}{H_{mo}\big|_{\text{misurata}}} = \sqrt{\frac{F_{\text{sito}}(\theta_v)}{F_{\text{boa}}(\theta_v)}} \qquad (eq.\ 2)$$

$$\frac{T_p\big|_{\text{virtuale}}}{T_p\big|_{\text{misurata}}} = \sqrt[3]{\frac{F_{\text{sito}}(\theta_v)}{F_{\text{boa}}(\theta_v)}} \qquad (eq.\ 3)$$

Nelle precedenti relazioni, θ_{misurata} è la direzione media di provenienza del moto ondoso alla boa, θ_{virtuale} è quella nel punto di trasposizione, mentre θv è la direzione media di provenienza del vento, in questo caso coincidente con quella del moto ondoso misurato. Infatti, le teorie di ricostruzione a cui le eq. (2) e (3) fanno riferimento non prevedono alcuna deviazione tra la direzione di provenienza del vento e quella del moto ondoso. Il pedice "misurato" si riferisce alle caratteristiche del moto ondoso registrato dalla boa, mentre quello "virtuale" si riferisce alle caratteristiche del moto ondoso trasposto. Infine, con $F_{\text{sito}}(\theta_v)$ e $F_{\text{boa}}(\theta_v)$ si indicano, rispettivamente, le lunghezze del fetch efficace, lungo la direzione θ_v, con centro nel punto di trasposizione e in quello di ubicazione della boa.

3.2. Donelan (1989)

$$\theta_{\text{virtuale}} = \theta_{\text{misurata}} - \Delta\theta_{boa} + \Delta\theta_{sito} \qquad (eq.\ 4)$$

$$\theta_{\text{virtuale}} = \theta_{\text{misurata}} - \Delta\theta_{boa} + \Delta\theta_{sito} \qquad (eq.\ 5)$$

$$\frac{T_p\big|_{\text{virtuale}}}{T_p\big|_{\text{misurata}}} = \left(\frac{F_{\text{sito}}(\theta_{\text{virtuale}})}{F_{\text{boa}}(\theta_{\text{misurata}})}\right)^{0.23} \left(\frac{\cos(\Delta\theta_{\text{sito}})}{\cos(\Delta\theta_{\text{boa}})}\right)^{0.54} \qquad (eq.\ 6)$$

Nelle precedenti equazioni, oltre ai simboli precedentemente richiamati, si è introdotto l'angolo di deviazione ($\Delta\theta = \theta_o - \theta_v$) tra la direzione media del vento (θ_v) e quella del moto ondoso (θ_o), in un determinato punto dello spazio. Tale angolo di deviazione, secondo Donelan, è funzione della distribuzione direzionale delle lunghezze del fetch efficace. In particolare, data una generica direzione di provenienza del vento (θ_v), l'angolo di deviazione del moto ondoso, in un generico punto della traversia, può essere ricavato determinando il massimo della funzione:

$$\Phi(\Delta\theta) = F(\theta_o)^{0.426} \cos(\Delta\theta) \qquad (eq.\ 7)$$

3.3. Contini e De Girolamo (1998)

$$\theta_{\text{virtuale}} = \theta_{\text{misurata}} - \Delta\theta_{boa} + \Delta\theta_{sito} \qquad (eq.\ 8)$$

$$\frac{H_{mo}\big|_{\text{virtuale}}}{H_{mo}\big|_{\text{misurata}}} = \sqrt{\frac{F_{\text{sito}}(\theta_v)}{F_{\text{boa}}(\theta_v)}} \qquad (eq.\ 9)$$

$$\frac{T_p\big|_{\text{virtuale}}}{T_p\big|_{\text{misurata}}} = \sqrt[3]{\frac{F_{\text{sito}}(\theta_v)}{F_{\text{boa}}(\theta_v)}} \qquad (eq.\ 10)$$

Nelle precedenti formulazioni la direzione del vento in boa (θ_v) è calcolata sottraendo alla direzione misurata delle onde il valore dell'angolo di deviazione nel punto boa ($\Delta\theta_{boa}$). In questo caso, l'angolo di deviazione compreso tra la direzione di provenienza del moto ondoso e la direzione di provenienza del vento, in un generico punto della traversia, si ottiene determinando il massimo della funzione:

$$\Phi(\Delta\theta) = F(\theta_o)^{0.28}\cos(\Delta\theta)^{0.44} \qquad (eq.\ 11)$$

4. CARATTERISTICHE GEOGRAFICHE DEL SITO

Al fine di studiare il regime di onda lungo il sito di interesse, è necessario prima conoscere l'esposizione al settore di generazione del moto ondoso mediante calcolo dei Fetches geografici e dei Fetches efficaci .

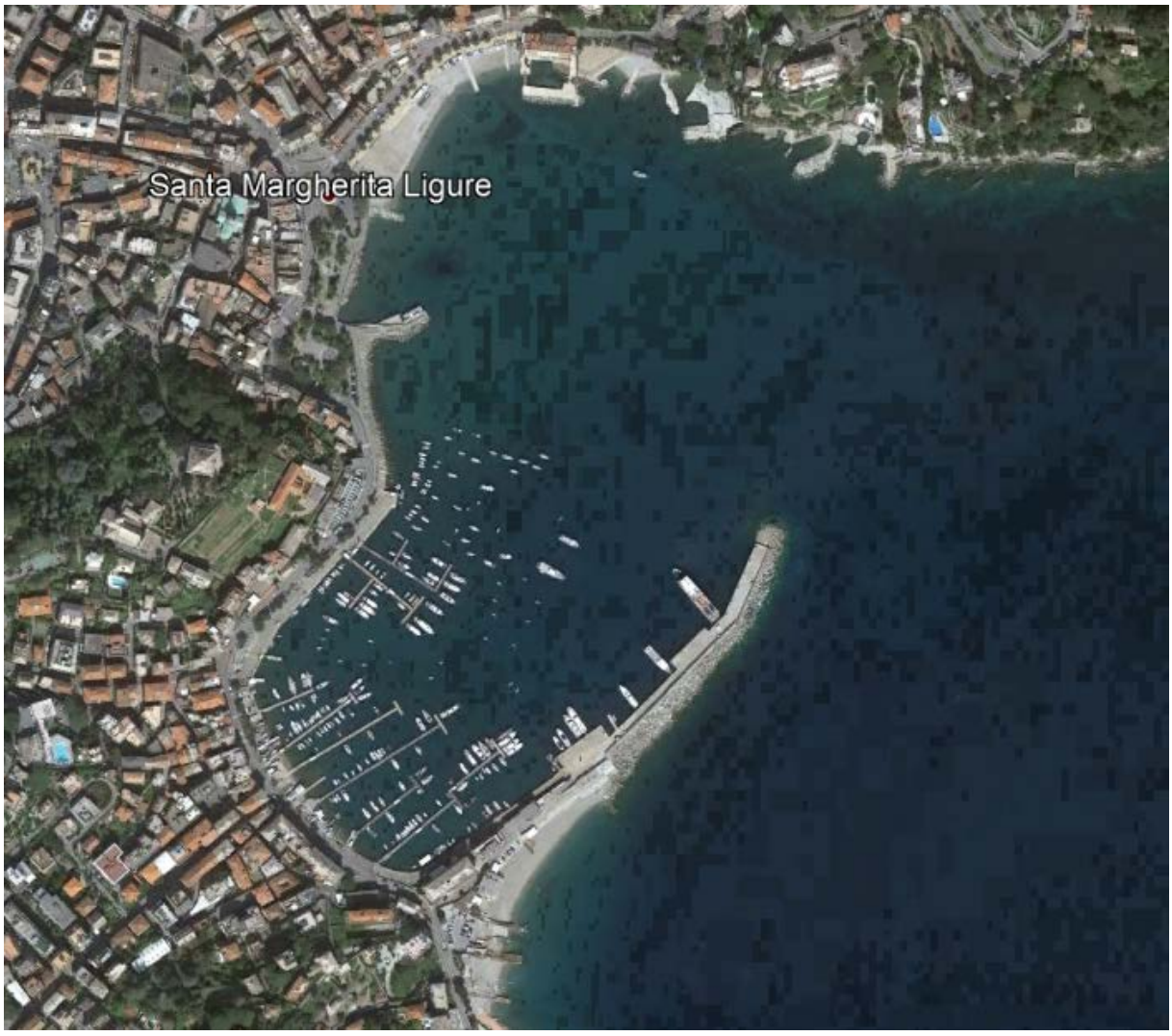


Figura 1. Area di studio (stato attuale)

4.1. Calcolo dei fetches geografici

Si premettono alcune definizioni generali. La traversia geografica è definita come la porzione di mare dalla quale può potenzialmente giungere il moto ondoso. La traversia è abitualmente divisa in due settori (principale e secondario) in funzione delle lunghezze delle aree potenzialmente soggette all'azione diretta del vento. Tali lunghezze sono definite traguardando la costa limitrofa lungo la direzione media di provenienza del vento. Per il Mediterraneo la misura massima del Fetch Geografico è generalmente assunto pari a 500 km.

Considerando un punto situato di fronte alla zona di studio, è possibile misurare l'estensione di mare in ogni direzione, fino a trovare la costa o il limite massimo di perturbazione nel Mediterraneo:

- Lato Est: vi è una zona di mare confinata dalle coste della Liguria che raggiunge una estensione di circa 6 km.
- Lato Sud - Sud Est: vi è una zona di mare confinata dalle coste della Toscana che raggiunge una estensione massima di circa 150 km.
- Lato Sud: vi è una zona di mare confinata dalla coste della Corsica che raggiunge una estensione massima di circa 180 km.
- Lato Sud Ovest : non vi è nessun ostacolo fino alle coste del Nord Africa ad una distanza di circa 900 km.

4.2. Calcolo dei fetches efficaci

Con il termine " Fetch efficace " di solito è rappresentata la lunghezza virtuale della porzione di mare nel punto di analisi su cui l'azione del vento, responsabile della generazione delle onde, è in grado di trasferire efficacemente il suo contributo alla formazione degli stati di mare che arrivano a quel punto.

Va tenuto presente che il processo di generazione del moto ondoso sulla superficie del mare è influenzato anche dalle estensioni geografiche lungo la direzione media del vento (φw) e dalle porzioni di mare circostante.

Per tener conto di questo effetto e della lunghezza effettiva delle porzioni di mare circostanti, con particolare riguardo alle aree geografiche limitate dalle coste vicine, come nel caso in questione, si fa riferimento al " Fetch efficace " .

Per il calcolo del fetch efficace si fa riferimento a due diverse metodologie, entrambe derivate da teorie di ricostruzione delle caratteristiche del moto ondoso da dati di vento. In particolare, tra le tante ipotesi avanzate, vengono qui considerate quella proposta da Donelan et al. (1989) e quella indicata da Sverdrup, Munk e Bretschneider (1947), con successivi aggiornamenti (Saville 1954, Seymour 1977).

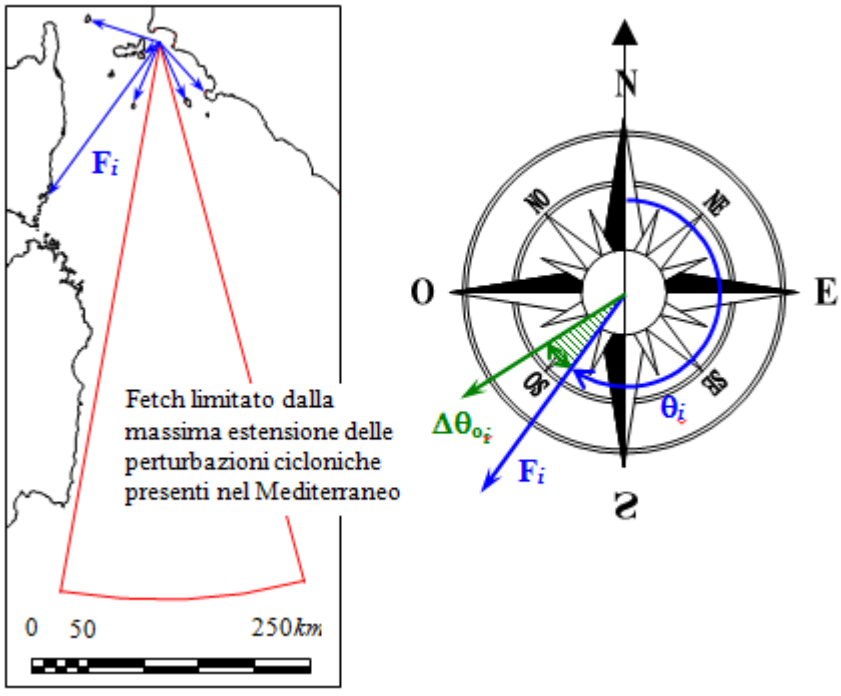


Figura 2. Schema di riferimento, simboli e convenzioni per il calcolo dei fetch efficaci e della legge di correlazione tra le direzioni del vento e delle onde.

ϑ	Fg (km)	Feff (km)
0	0	9
10	9	8
20	9	8
30	8	8
40	8	8
50	9	9
60	10	11
70	11	14
80	12	21
90	18	32
100	23	51
110	32	80
120	96	119
130	113	164
140	165	209
150	500	251
160	500	285
170	500	311
180	172	330
190	203	344
200	500	350
210	500	348
220	500	333
230	500	304
240	500	262
250	96	212
260	85	161
270	67	115
280	61	80
290	51	55
300	43	38
310	22	28
320	9	21
330	8	15
340	9	12
350	10	10

Nel metodo SMB, la lunghezza del fetch efficace (Feff(θj)), da associare alla direzione media del vento (θj), è calcolata come media ponderale delle lunghezze della traversia geografica (Fi), inclusa in un settore angolare, centrato sulla direzione del vento e di ampiezza pari a 90° (metodo di Saville) o a 180° (metodo di Seymour). Nel presente studio, le lunghezze della traversia geografica che contribuiscono alla determinazione del fetch efficace sono state calcolate secondo il metodo di Seymour con un passo radiale di 10°. Pertanto, si è adottata la seguente formulazione , in cui l'esponente n è stato posto pari a 2:

$$F_{eff}(\theta) = \frac{\int_{\theta-90^\circ}^{\theta+90^\circ} F_{geo}(\alpha) cos^{n+1}(\alpha-\theta) d\alpha}{\int_{\theta-90^\circ}^{\theta+90^\circ} cos^{n}(\alpha-\theta) d\alpha} \qquad (eq.\ 12)$$

o dalla seguente versione discretizzata:

$$F_{eff}(\theta) = \frac{\sum_{\alpha=\theta-90^\circ}^{\theta+90^\circ} F_{geo}(\alpha) cos^{n+1}(\alpha-\theta)}{\sum_{\alpha=\theta-90^\circ}^{\theta+90^\circ} cos^{n}(\alpha-\theta)} \qquad (eq.\ 13)$$

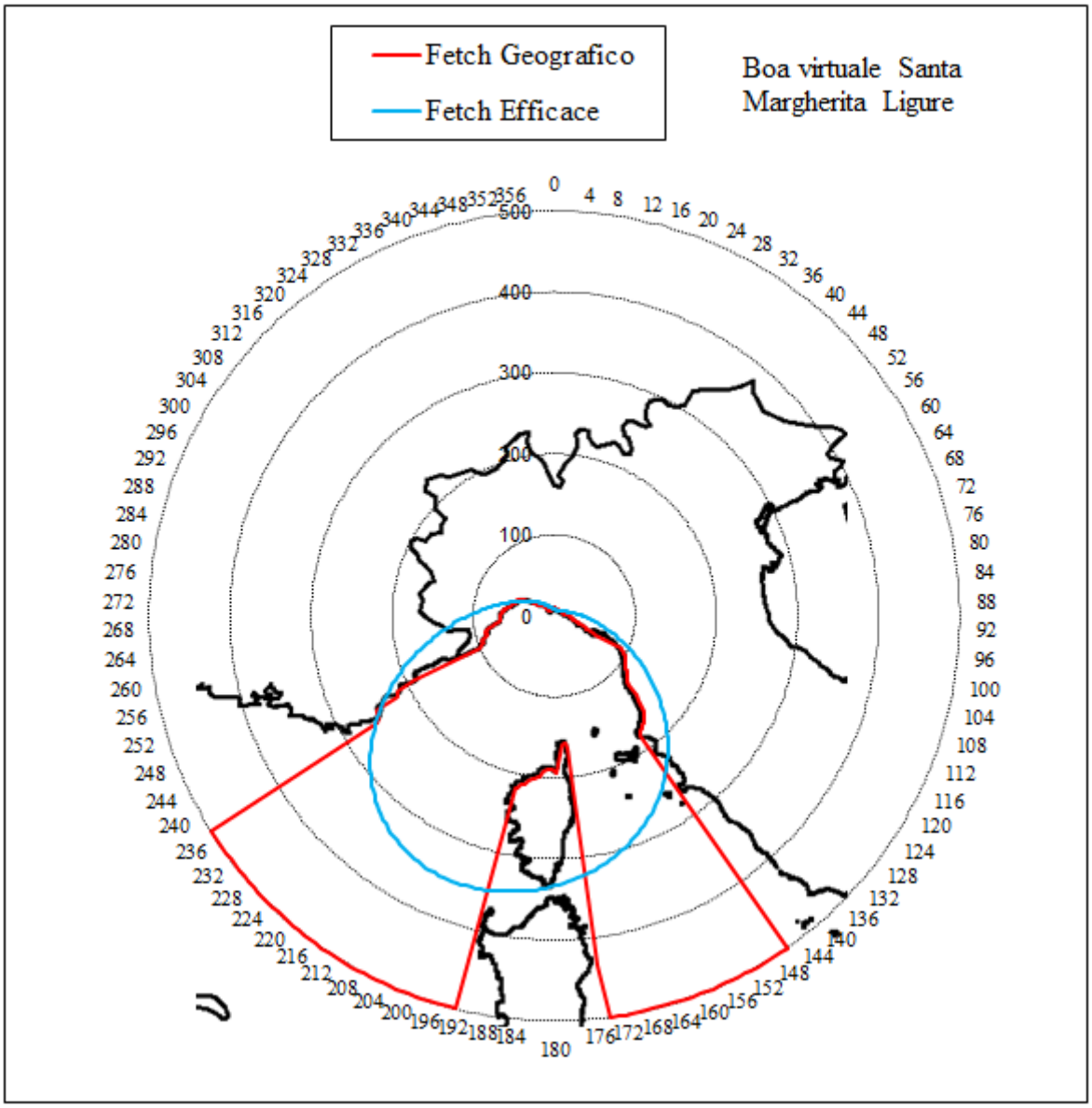


Figura 3. Fetch geografico ed efficace Santa Margherita Ligure

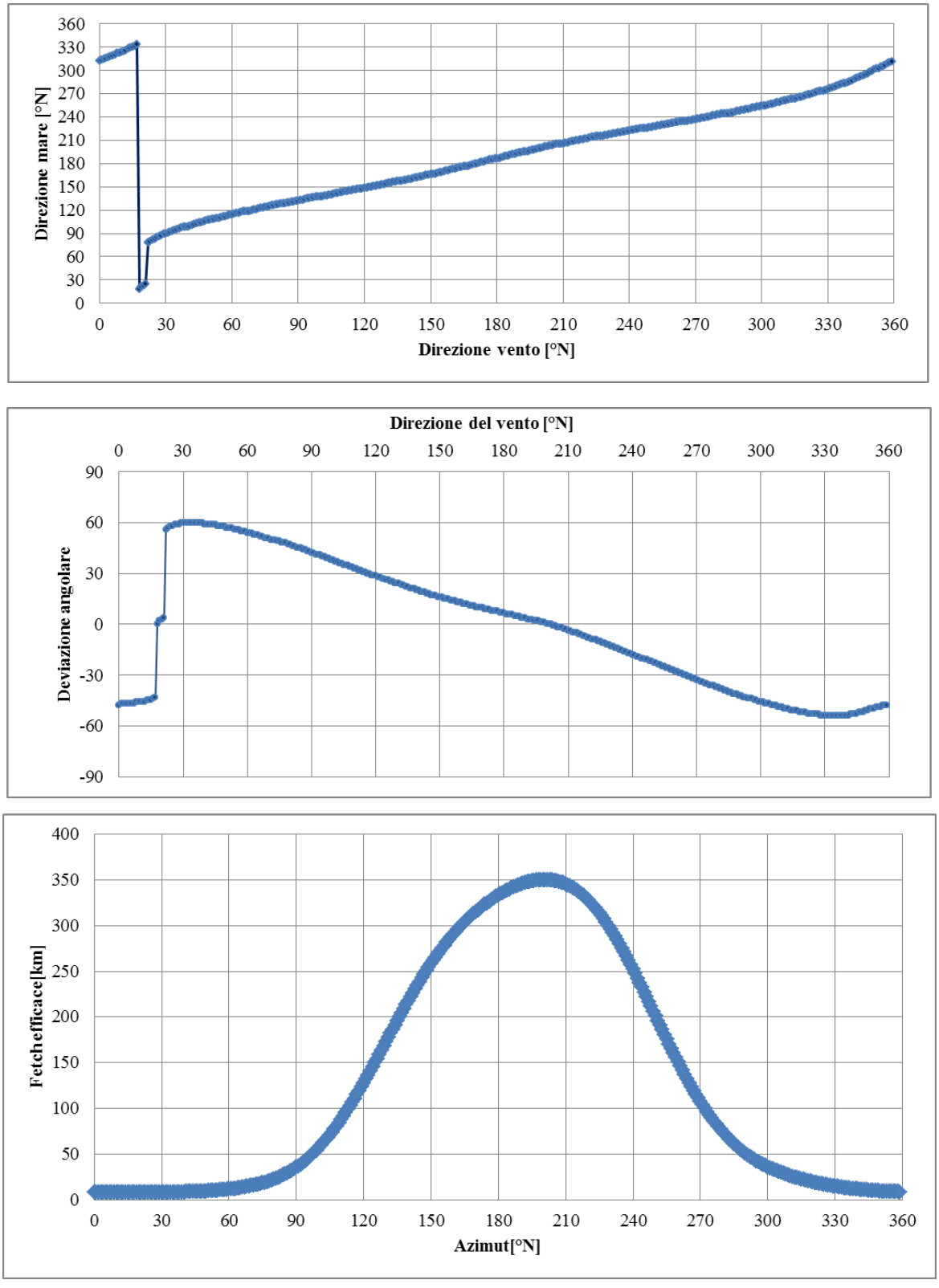


Figura 4. Deviazione vento-mare Santa Margherita Ligure

5. REGIME D'ONDA AL LARGO

5.1. Descrizione delle fonti di dati disponibili

Dal tipo di dati disponibili è determinata la metodologia degli studi e la qualità dei risultati.
I requisiti ideali per i dati ondosi sono:

- Alto contenuto di informazioni e capacità di estrarre tutti i parametri caratteristici;
- Affidabilità e precisione;
- Buona copertura del periodo di rilevazione;
- Rappresentatività per il lungo termine;
- Rappresentazione geografica del sito in questione.

Al fine di stabilire l'operatività del Porto di Santa Margherita Ligure è necessario calcolare i regimi ondosi. Pertanto, si è dato corso in primo luogo ad un'indagine conoscitiva riguardo la disponibilità di fonti storiche per i dati relativi all'agitazione ondosa presenti nell'area d'interesse. Tale indagine ha evidenziato la mancanza di una stazione ondametrica direzionale nei pressi dell'area d'interesse. Dunque, per il calcolo del regime ondoso, si è dovuto reperire una fonte strumentale a distanza dall'area di studio e si sono dovuti opportunamente trattare i dati contenuti nelle serie storiche misurate.
La stazione di misura ondametrica direzionale più vicina all'area d'interesse è stata individuata al largo di La Spezia già parte della Rete Ondametrica Nazionale.

5.2. Clima ondoso al largo

I dati ondosi della boa ondametrica di La Spezia coprono un periodo di 25 anni (1989-2014).

Il punto in cui sono stati estratti i dati si trova ad una distanza dalla costa di circa 15 km ad una profondità di circa -100 m s.l.m.m..

Nella figura 5 è mostrato il clima d'onda dei dati acquisiti che mostra, in un grafico polare, le direzioni di provenienza delle onde e la loro intensità e probabilità di accadimento.

Da questo possiamo identificare un'area di generazione dell'onda proveniente da Sud-Ovest (205° N - 265° N).

Nelle figure successive (fig 6, 7, 8 e 9), lo stesso clima d'onda viene calcolato per i quattro diversi periodi stagionali.

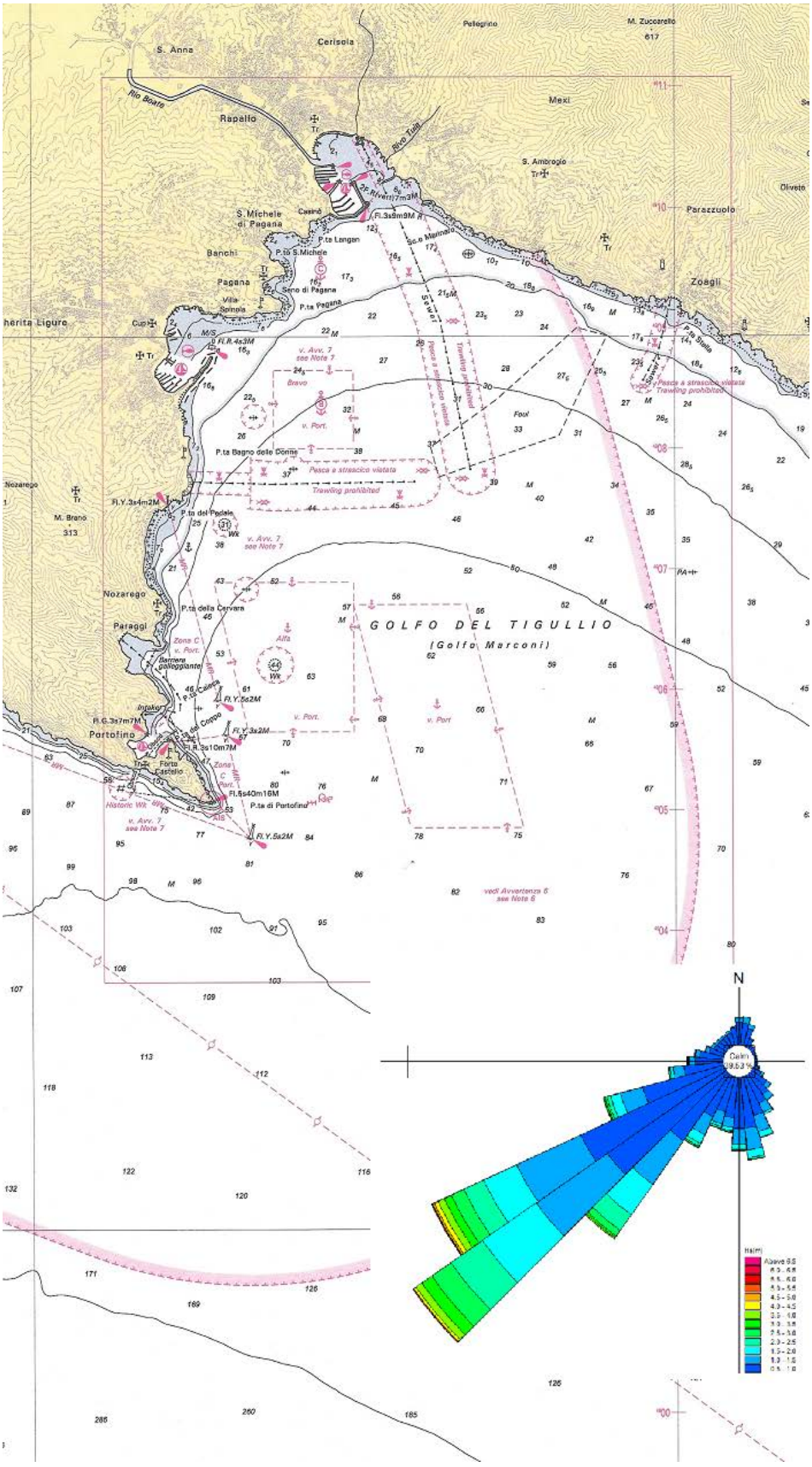


Figura 5. Clima ondoso al largo di Santa Margherita Ligure

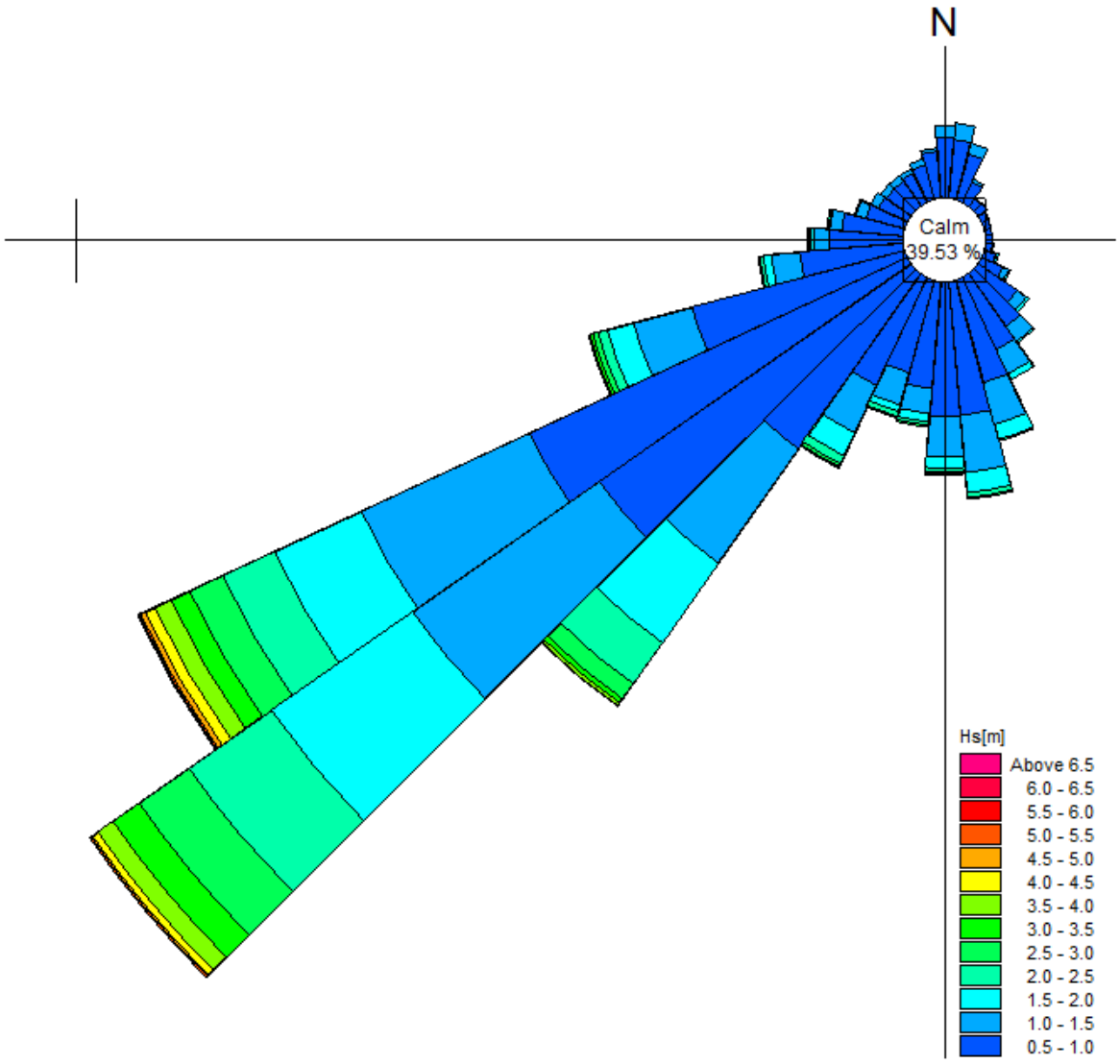


Figura 6. Clima ondoso trasposto al largo di Santa Margherita Ligure

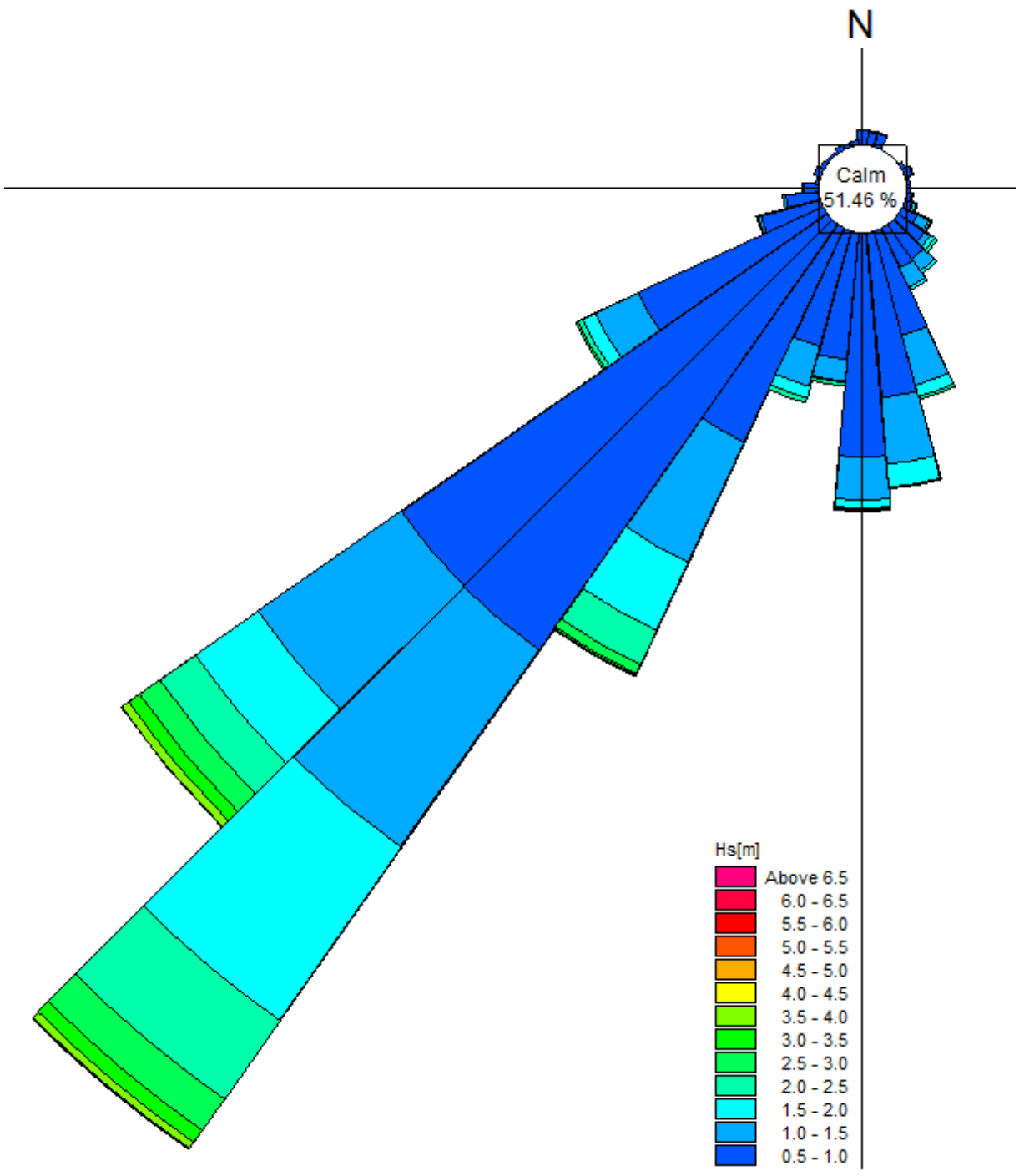


Figura 7. Clima ondoso primavera

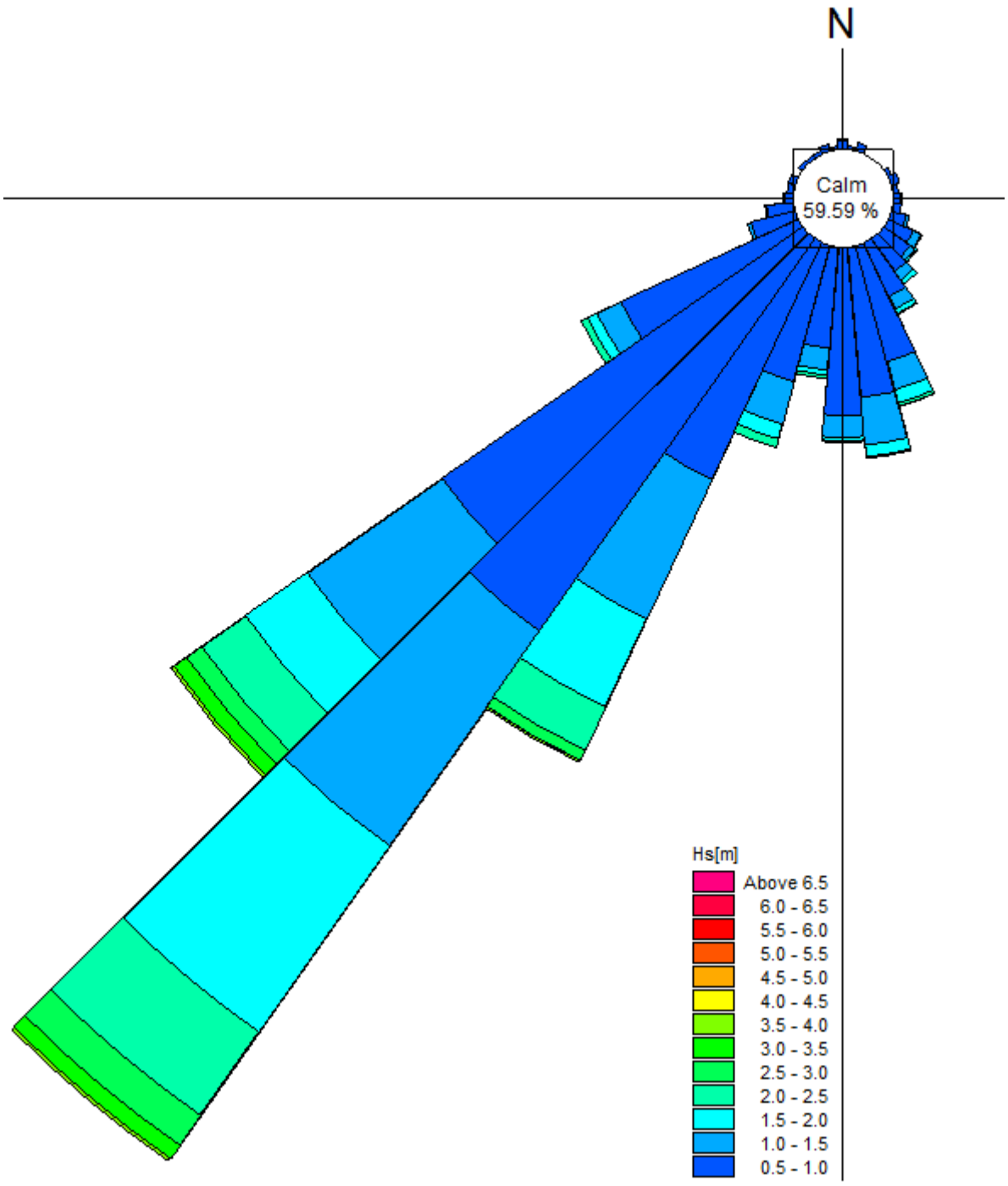


Figura 8. Clima ondoso estate

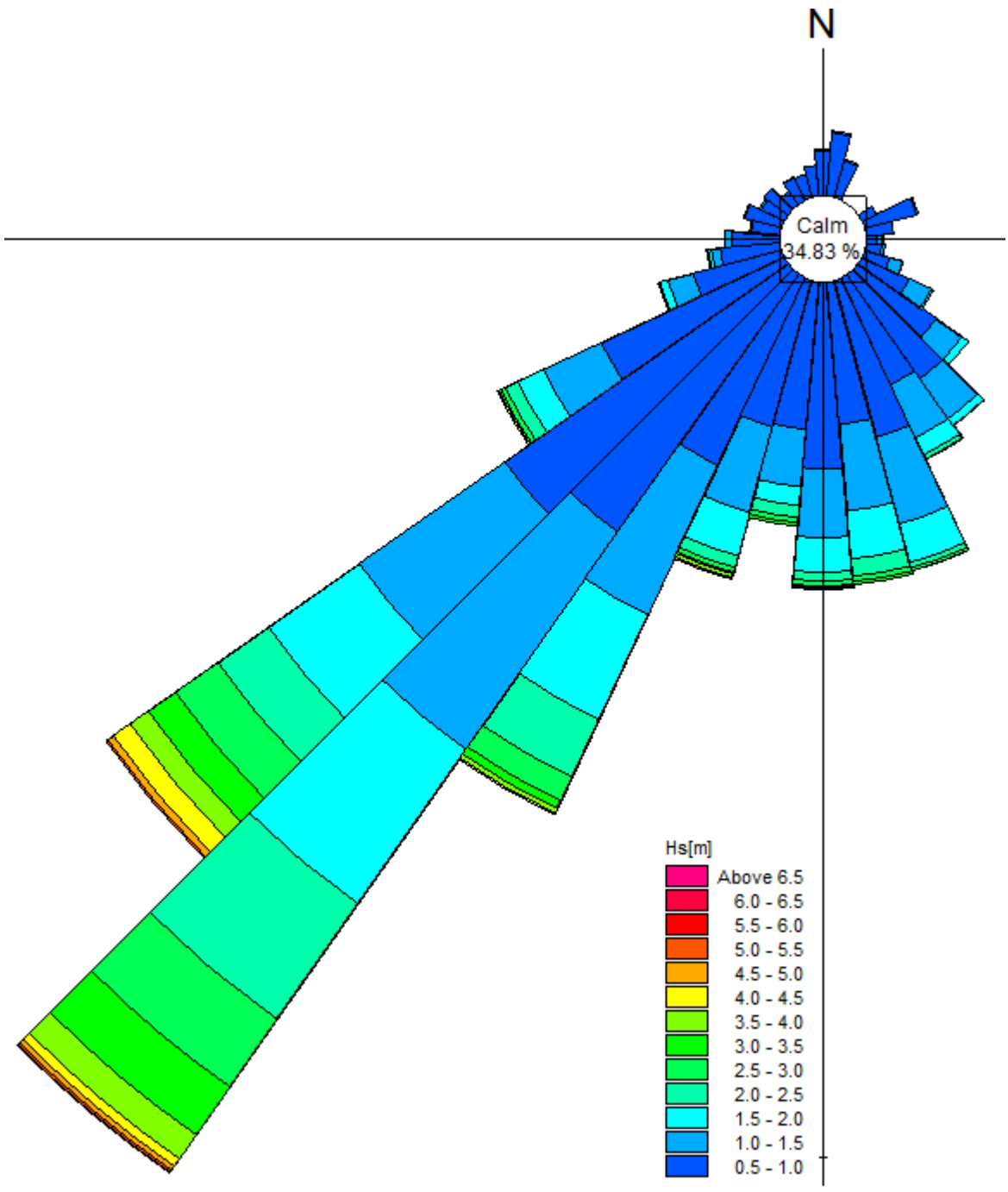


Figura 9. Clima ondoso Autunno

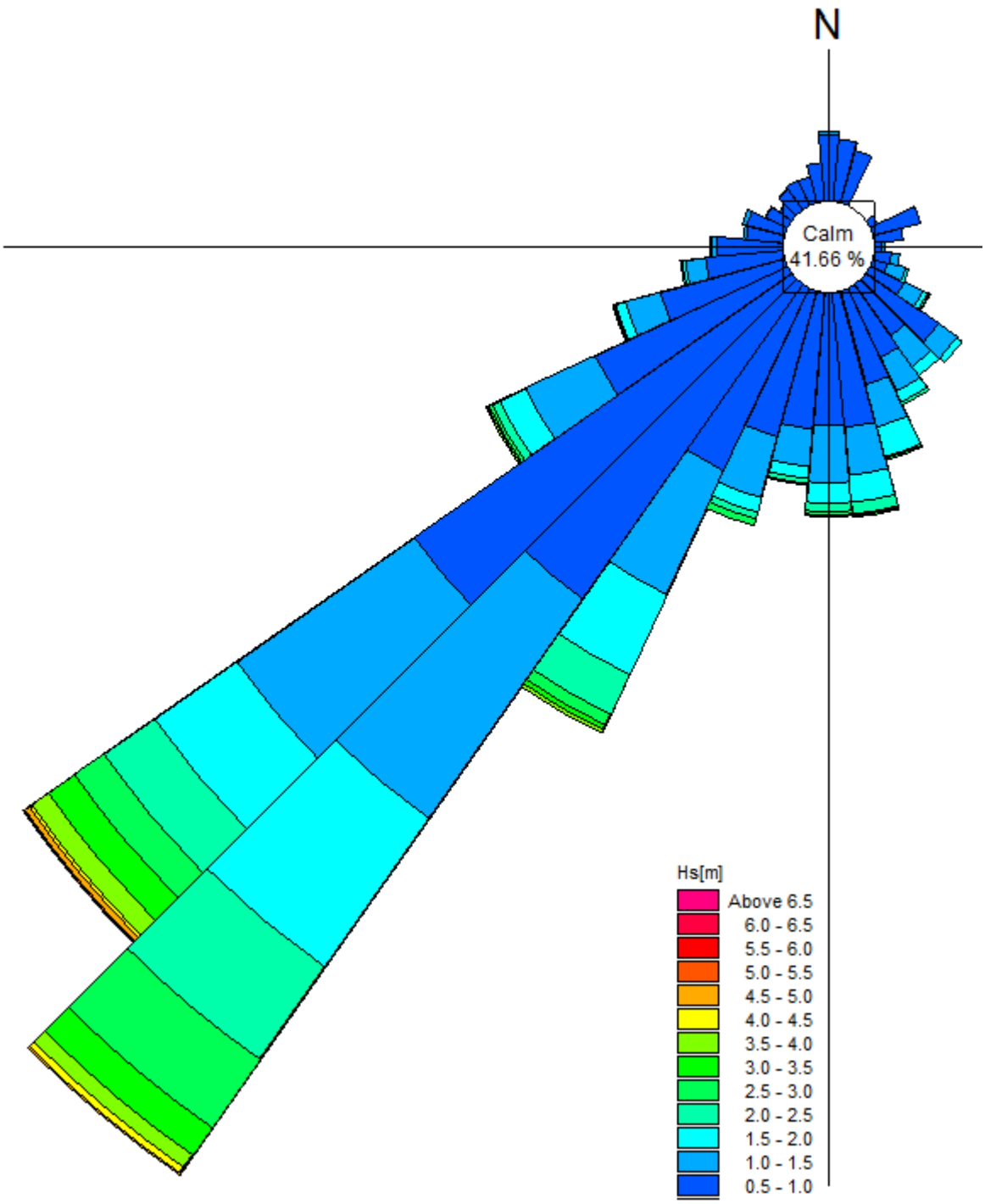


Figura 10. Clima ondoso Inverno

DIR	ALTEZZA D'ONDA SIGNIFICATIVA (m) - DIREZIONE (°N)														
(°N)	0.1-0.6	0.6-1	1-1.5	1.5-2	2-2.5	2.5-3	3-3.5	3.5-4	4-4.5	4.5-5	5-5.5	5.5-6	6-6.5	6.5-7	*TOT.*
10	0.98	0.18	0.01												1.17
20	1.17	0.26	0.02												1.45
30	0.14	0.04	0.00												0.19
40															
50															
60	0.26	0.04													0.30
70	0.73	0.09	0.01												0.83
80	1.12	0.11	0.01												1.24
90	0.45	0.07	0.01	0.00											0.52
100	0.18	0.07	0.03	0.00	0.00										0.29
110	0.16	0.11	0.05	0.01											0.32
120	0.19	0.16	0.14	0.03	0.00										0.53
130	0.65	0.47	0.20	0.04	0.01	0.00									1.38
140	0.79	0.46	0.23	0.08	0.01										1.56
150	0.90	0.57	0.37	0.09	0.02	0.00									1.96
160	1.01	0.73	0.47	0.16	0.02	0.00									2.40
170	1.47	1.08	0.67	0.30	0.07	0.02	0.01								3.60
180	2.10	1.27	0.62	0.24	0.08	0.03	0.01	0.00	0.00		0.00				4.37
190	2.52	1.17	0.41	0.14	0.05	0.02	0.01					0.00			4.31
200	2.48	1.00	0.52	0.11	0.06	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00				4.21
210	2.50	1.24	0.87	0.45	0.18	0.06	0.01	0.02	0.01						5.33
220	4.33	2.51	2.28	1.77	0.96	0.34	0.16	0.06	0.01		0.00				12.41
230	6.93	3.89	3.11	1.86	1.14	0.69	0.39	0.22	0.08	0.04	0.01	0.01			18.35
240	6.77	2.67	1.11	0.51	0.24	0.13	0.09	0.05	0.02	0.01	0.00	0.00			11.61
250	4.17	0.80	0.26	0.08	0.02	0.01									5.35
260	3.00	0.38	0.12	0.04	0.01	0.00									3.55
270	2.17	0.21	0.05	0.01											2.44
280	2.09	0.21	0.03												2.34
290	1.25	0.10	0.01												1.36
300	1.07	0.10	0.01												1.19
310	0.91	0.08	0.00												0.99
320	0.81	0.06	0.00												0.88
330	0.82	0.07	0.01												0.89
340	0.60	0.07													0.67
350	0.80	0.07	0.01												0.88
360	0.96	0.17	0.01	0.00	0.00										1.14
TOT.	56.5	20.5	11.6	5.9	2.9	1.3	0.7	0.4	0.1	0.1	0.0	0.0			100.00
	56.5	77.0	88.6	94.6	97.4	98.8	99.4	99.8	99.9	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	

Tabella 1. Distribuzione percentuale degli eventi ondosi per classi di altezza e direzione di provenienza

	PERIODO SIGNIFICATIVO ts (s)								
Hs (m)	Tp < 4	4 £ Ts < 6	6 £ Ts < 8	8 £ Ts < 10	10 £ Ts < 12	12 £ Ts < 14	Ts > 14	Tot	Tot. cumul.
0.1-0.6		43.80	12.01	0.68	0.01	0.00		56.50	56.50
0.6-1		8.68	10.28	1.53	0.02			20.51	77.01
1-1.5		1.42	8.75	1.42	0.05			11.64	88.65
1.5-2		0.01	4.59	1.30	0.03			5.93	94.58
2-2.5			1.62	1.21	0.04			2.86	97.44
2.5-3			0.49	0.77	0.06			1.32	98.76
3-3.5			0.09	0.54	0.05			0.68	99.44
3.5-4			0.01	0.31	0.04			0.35	99.79
4-4.5				0.10	0.02			0.12	99.92
4.5-5				0.03	0.02			0.05	99.97
5-5.5				0.01	0.01			0.03	99.99
5.5-6				0.01	0.00			0.01	100.00
6-6.5								0.00	100.00
6.5-7								0.00	100.00
7-7.5								0.00	100.00
Tot.		53.91	37.83	7.92	0.34	0.00		100.00	
Tot. cumul.		53.91	91.74	99.66	100.00	100.00	100.00		

Tabella 2. Ripartizione percentuale per classi di altezze d’onda e periodo significativo

DIR	ALTEZZA D'ONDA PRIMAVERA (m) - DIREZIONE (°N)														
(°N)	0.1-0.6	0.6-1	1-1.5	1.5-2	2-2.5	2.5-3	3-3.5	3.5-4	4-4.5	4.5-5	5-5.5	5.5-6	6-6.5	6.5-7	*TOT.*
10	0.67	0.05													0.73
20	0.74	0.11	0.02												0.87
30	0.12	0.02													0.13
40															
50															
60	0.13	0.03													0.16
70	0.49	0.06	0.01												0.56
80	0.49	0.01	0.01												0.51
90	0.18	0.03													0.21
100	0.16	0.03													0.20
110	0.10	0.04	0.01	0.02											0.17
120	0.09	0.09	0.09	0.06	0.01										0.34
130	0.40	0.27	0.11	0.02	0.02										0.83
140	0.56	0.21	0.09	0.05	0.02										0.93
150	0.66	0.38	0.23	0.05											1.31
160	0.73	0.61	0.46	0.05											1.85
170	1.63	1.06	0.71	0.23	0.05										3.69
180	2.61	1.66	0.65	0.19	0.01	0.01									5.12
190	3.12	1.22	0.31	0.07	0.01	0.01									4.74
200	2.72	1.04	0.38	0.04	0.05										4.22
210	2.64	1.14	0.60	0.36	0.13	0.01	0.01	0.01							4.90
220	4.88	3.06	2.30	1.66	0.75	0.25	0.06	0.02							12.98
230	8.77	4.89	3.11	2.02	0.99	0.50	0.27	0.13	0.03	0.01					20.72
240	9.06	3.03	1.17	0.42	0.23	0.11	0.02	0.03							14.08
250	5.28	0.63	0.14	0.02	0.01										6.07
260	3.31	0.27	0.02												3.61
270	2.57	0.11	0.03												2.71
280	2.44	0.03													2.47
290	1.31	0.04													1.35
300	0.84	0.02													0.87
310	0.66	0.02													0.68
320	0.62	0.01													0.63
330	0.52	0.02													0.54
340	0.45	0.02													0.47
350	0.40	0.02													0.42
360	0.89	0.04													0.93
TOT.	60.3	20.3	10.5	5.3	2.3	0.9	0.4	0.2	0.0	0.0					100.00
	60.3	80.5	91.0	96.3	98.5	99.4	99.8	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	

Tabella 3. Distribuzione percentuale degli eventi ondosi per classi di altezza e direzione di provenienza (primavera)

PERIODO SIGNIFICATIVO PRIMAVERA ts (s)									
Hs (m)	Tp < 4	4 ≤ Ts < 6	6 ≤ Ts < 8	8 ≤ Ts < 10	10 ≤ Ts < 12	12 ≤ Ts < 14	Ts > 14	Tot	Tot. cumul.
0.1-0.6		45.88	13.58	0.78	0.02			60.25	60.25
0.6-1		7.64	11.11	1.53	0.01			20.29	80.55
1-1.5		1.16	8.38	0.88	0.03			10.45	91.00
1.5-2		0.01	4.24	1.02				5.26	96.26
2-2.5			1.28	0.98	0.02			2.28	98.54
2.5-3			0.37	0.47	0.05			0.88	99.42
3-3.5			0.03	0.31	0.02			0.36	99.78
3.5-4			0.02	0.16	0.01			0.00	99.78
4-4.5				0.02	0.01			0.00	99.78
4.5-5					0.01			0.00	99.78
5-5.5								0.00	99.78
5.5-6								0.00	99.78
6-6.5								0.00	99.78
6.5-7								0.00	99.78
7-7.5								0.00	99.78
Tot.		54.70	38.99	6.15	0.16	0.00	0.00	100.00	
Tot. cumul.		54.70	93.69	99.84	100.00	100.00	100.00		

Tabella 4. Ripartizione percentuale per classi di altezze d'onda e periodo (primavera)

DIR	ALTEZZA D'ONDA ESTATE (m) - DIREZIONE (°N)														
(°N)	0.1-0.6	0.6-1	1-1.5	1.5-2	2-2.5	2.5-3	3-3.5	3.5-4	4-4.5	4.5-5	5-5.5	5.5-6	6-6.5	6.5-7	*TOT.*
10	0.88	0.01													0.89
20	1.14	0.03													1.17
30	0.15	0.01													0.16
40															
50															
60	0.38	0.01													0.39
70	0.70	0.03													0.72
80	1.22	0.02													1.24
90	0.57	0.03													0.60
100	0.22	0.04	0.02												0.28
110	0.24	0.06	0.01												0.31
120	0.32	0.12	0.05												0.49
130	0.77	0.26	0.09	0.01		0.01									1.14
140	0.95	0.22	0.06	0.04	0.01										1.27
150	1.04	0.26	0.18	0.05	0.01										1.54
160	1.11	0.66	0.22	0.10											2.08
170	1.59	1.00	0.41	0.12	0.03	0.01									3.16
180	2.23	1.16	0.31	0.08	0.01	0.01									3.81
190	2.87	0.88	0.24	0.06	0.02										4.06
200	3.14	0.78	0.29	0.06	0.05										4.31
210	3.17	1.13	0.76	0.35	0.15	0.04	0.01								5.61
220	5.96	2.87	2.26	1.84	0.83	0.19	0.08	0.03							14.07
230	8.84	3.67	2.65	1.79	0.98	0.40	0.18	0.04	0.01						18.56
240	7.90	2.18	0.74	0.30	0.19	0.03	0.06	0.01							11.40
250	5.20	0.43	0.10	0.01	0.01										5.74
260	3.94	0.18	0.03	0.01											4.15
270	2.39	0.06	0.01	0.01											2.47
280	2.50	0.05	0.01												2.56
290	1.60	0.02													1.62
300	1.42														1.42
310	1.01														1.01
320	0.80	0.01													0.81
330	0.77	0.01	0.01												0.78
340	0.48	0.02													0.50
350	0.72	0.03													0.74
360	0.89	0.03	0.01												0.93
TOT.	67.1	16.3	8.4	4.8	2.3	0.7	0.3	0.1	0.0						100.00
	67.1	83.3	91.8	96.6	98.9	99.6	99.9	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	

Tabella 5. Distribuzione percentuale degli eventi ondosi per classi di altezza e direzione di provenienza (estate)

PERIODO SIGNIFICATIVO ESTATE ts (s)									
Hs (m)	Tp < 4	4 ≤ Ts < 6	6 ≤ Ts < 8	8 ≤ Ts < 10	10 ≤ Ts < 12	12 ≤ Ts < 14	Ts > 14	Tot	Tot. cumul.
0.1-0.6		55.93	10.82	0.31	0.01			67.07	67.07
0.6-1		7.09	8.58	0.61				16.28	83.34
1-1.5		0.88	6.83	0.71	0.01			8.43	91.78
1.5-2			3.92	0.87	0.03			4.81	96.59
2-2.5			1.58	0.70	0.03			2.30	98.89
2.5-3			0.35	0.35				0.70	99.59
3-3.5			0.05	0.26	0.01			0.33	99.92
3.5-4			0.01	0.07				0.08	99.99
4-4.5				0.01				0.00	99.99
4.5-5								0.00	99.99
5-5.5								0.00	99.99
5.5-6								0.00	99.99
6-6.5								0.00	99.99
6.5-7								0.00	99.99
7-7.5								0.00	99.99
Tot.		63.90	32.13	3.89	0.08			100.00	
Tot. cumul.		63.90	96.03	99.92	100.00	100.00	100.00		

Tabella 6. Ripartizione percentuale per classi di altezze d'onda e periodo (estate)

DIR	ALTEZZA D'ONDA SIGNIFICATIVA AUTUNNO (m) - DIREZIONE (°N)														
(°N)	0.1-0.6	0.6-1	1-1.5	1.5-2	2-2.5	2.5-3	3-3.5	3.5-4	4-4.5	4.5-5	5-5.5	5.5-6	6-6.5	6.5-7	*TOT.*
10	1.19	0.27	0.02												1.48
20	1.59	0.42	0.03												2.04
30	0.16	0.03	0.01												0.20
40															
50															
60	0.28	0.08													0.36
70	0.95	0.19	0.01												1.15
80	1.55	0.27	0.03												1.85
90	0.55	0.13	0.01	0.02											0.71
100	0.20	0.09	0.05	0.01	0.01										0.36
110	0.15	0.20	0.08												0.42
120	0.20	0.25	0.23	0.02											0.70
130	0.73	0.83	0.36	0.07											1.99
140	0.89	0.86	0.48	0.09	0.01										2.33
150	0.98	1.16	0.61	0.16	0.04	0.01									2.95
160	1.19	1.05	0.91	0.34	0.05										3.53
170	1.25	1.31	0.93	0.49	0.12	0.05	0.02								4.18
180	1.70	1.24	0.97	0.51	0.17	0.07	0.02	0.01	0.01		0.01				4.69
190	1.57	1.63	0.66	0.30	0.12	0.03	0.04					0.01			4.37
200	1.72	1.17	0.80	0.27	0.13	0.09	0.05	0.01	0.01	0.01	0.01				4.26
210	1.67	1.41	1.23	0.71	0.24	0.11	0.02	0.04	0.02						5.46
220	2.46	2.18	2.55	2.02	1.42	0.52	0.34	0.15	0.01		0.01	0.01			11.65
230	3.68	3.23	3.25	1.87	1.28	1.08	0.69	0.41	0.23	0.11	0.04	0.02			15.89
240	3.53	2.55	1.27	0.70	0.34	0.20	0.11	0.11	0.09	0.03		0.01			8.95
250	2.44	1.03	0.40	0.16	0.04	0.02									4.08
260	1.98	0.48	0.20	0.07	0.02	0.01									2.75
270	1.82	0.28	0.07	0.02											2.19
280	1.54	0.35	0.04												1.93
290	1.06	0.15	0.01												1.22
300	1.11	0.23	0.02												1.37
310	1.01	0.17	0.02												1.20
320	1.00	0.12	0.01												1.13
330	1.05	0.08	0.01												1.14
340	0.78	0.13													0.91
350	1.06	0.12	0.01												1.19
360	1.05	0.31	0.01	0.01											1.38
TOT.	44.1	24.0	15.2	7.8	4.0	2.2	1.3	0.7	0.4	0.1	0.1	0.0			100.00
	44.1	68.1	83.4	91.2	95.2	97.4	98.7	99.4	99.8	99.9	100.0	100.0	100.0	100.0	

Tabella 7. Distribuzione percentuale degli eventi ondosi, per classi di altezza e direzione di provenienza (autunno)

PERIODO SIGNIFICATIVO AUTUNNO tS(s)									
Hs (m)	Tp < 4	4 < Ts < 6	6 < Ts < 8	8 < Ts < 10	10 < Ts < 12	12 < Ts < 14	Ts > 14	Tot	Tot. cumul.
0.1-0.6		32.49	10.80	0.83				44.11	44.11
0.6-1		10.15	11.62	2.22	0.02			24.01	68.12
1-1.5		2.09	10.83	2.30	0.03			15.25	83.37
1.5-2		0.02	6.02	1.73	0.07			7.84	91.21
2-2.5			2.31	1.61	0.07			3.99	95.20
2.5-3			0.79	1.33	0.05			2.17	97.38
3-3.5			0.20	1.02	0.06			1.28	98.66
3.5-4				0.66	0.05			0.72	99.38
4-4.5				0.30	0.07			0.37	99.75
4.5-5				0.10	0.05			0.15	99.90
5-5.5				0.03	0.03			0.06	99.96
5.5-6				0.03	0.01			0.04	100.00
6-6.5								0.00	100.00
6.5-7								0.00	100.00
7-7.5								0.00	100.00
Tot.		44.74	42.57	12.17	0.52	0.00	0.00	100.00	
Tot. cumul.		44.74	87.31	99.48	100.00	100.00	100.00		

Tabella 8. Ripartizione percentuale per classi di altezze d’onda e periodo (autunno)

DIR	ALTEZZA D'ONDA SIGNIFICATIVA INVERNO (m) - DIREZIONE (°N)														
(°N)	0.1-0.6	0.6-1	1-1.5	1.5-2	2-2.5	2.5-3	3-3.5	3.5-4	4-4.5	4.5-5	5-5.5	5.5-6	6-6.5	6.5-7	*TOT.*
10	0.01	1.20	0.45	0.01											1.67
20		1.23	0.55	0.02											1.79
30		0.15	0.10												0.25
40															
50															
60		0.21	0.04	0.01											0.26
70		0.77	0.11	0.01											0.88
80		1.20	0.19												1.39
90		0.45	0.09	0.02											0.56
100		0.14	0.10	0.07											0.31
110		0.13	0.14	0.11	0.02										0.40
120		0.15	0.14	0.24	0.04		0.01								0.59
130		0.59	0.62	0.29	0.06	0.02									1.58
140		0.74	0.57	0.31	0.12										1.74
150		0.89	0.53	0.51	0.13	0.03									2.08
160		1.01	0.54	0.40	0.16	0.02	0.02								2.14
170		1.36	0.97	0.63	0.40	0.06	0.01								3.43
180		1.83	1.01	0.58	0.26	0.13	0.03	0.02	0.01	0.01					3.87
190		2.44	0.96	0.42	0.16	0.08	0.03	0.02							4.10
200		2.20	1.04	0.64	0.08	0.03	0.03		0.01						4.04
210		2.38	1.29	0.95	0.39	0.19	0.08	0.01	0.02	0.01					5.30
220		3.35	2.14	2.05	1.57	0.88	0.44	0.16	0.03	0.02					10.63
230		6.07	3.77	3.43	1.87	1.29	0.83	0.49	0.31	0.08	0.04	0.02	0.01		18.20
240		6.23	2.91	1.57	0.67	0.20	0.19	0.17	0.08	0.01	0.02	0.02			12.06
250		3.57	1.16	0.51	0.18	0.04	0.01								5.47
260		2.57	0.67	0.28	0.09	0.02									3.63
270		1.86	0.41	0.12	0.01										2.40
280		1.82	0.46	0.08											2.36
290		0.95	0.22	0.05											1.22
300		0.84	0.19	0.03											1.05
310		0.95	0.13												1.09
320		0.83	0.12												0.95
330		0.95	0.19	0.01											1.15
340		0.72	0.10												0.82
350		1.03	0.19												1.22
360		0.99	0.32	0.03		0.01									1.35
TOT.	0.0	51.8	22.4	13.3	6.2	3.0	1.7	0.9	0.5	0.1	0.1	0.0	0.0		100.00
	0.0	51.8	74.3	87.6	93.8	96.8	98.5	99.3	99.8	99.9	100.0	100.0	100.0	100.0	

Tabella 9. Distribuzione percentuale degli eventi ondosi per classi di altezza e direzione di provenienza (inverno)

CLASSI DI PERIODO SIGNIFICATIVO ts (s)									
Hs (m)	Tp < 4	4 < Ts < 6	6 < Ts < 8	8 < Ts < 10	10 < Ts < 12	12 < Ts < 14	Ts > 14	Tot	Tot. cumul.
0.1-0.6		38.18	12.76	0.87	0.01	0.01		51.83	51.83
0.6-1		10.42	10.01	1.95	0.06			22.43	74.26
1-1.5		1.71	9.55	1.95	0.13			13.34	87.61
1.5-2		0.02	4.41	1.76	0.02			6.21	93.82
2-2.5			1.27	1.67	0.04			2.98	96.80
2.5-3			0.51	1.02	0.13			1.66	98.46
3-3.5			0.12	0.63	0.11			0.86	99.32
3.5-4				0.35	0.11			0.45	99.77
4-4.5				0.11	0.02			0.13	99.90
4.5-5				0.05	0.01			0.06	99.96
5-5.5				0.01	0.03			0.03	99.99
5.5-6					0.01			0.01	100.00
6-6.5								0.00	100.00
6.5-7								0.00	100.00
7-7.5								0.00	100.00
Tot.		50.33	38.64	10.35	0.67	0.01		100.00	
Tot. cumul.		50.33	88.97	99.33	99.99	100.00	100.00		

Tabella 10. Ripartizione percentuale per classi di altezze d’onda e periodo (inverno)

5.3. Correlazione tra altezza d'onda e periodo

Utilizzando tutti i dati disponibili, si è cercata una legge di correlazione tra l'altezza d'onda significativa ed il periodo ad essa associato.

Come mostra la figura seguente, la legge che determina il periodo dell'onda risulta essere una funzione di tipo potenza.

$$T_s = \mathrm{a}H_s^b$$

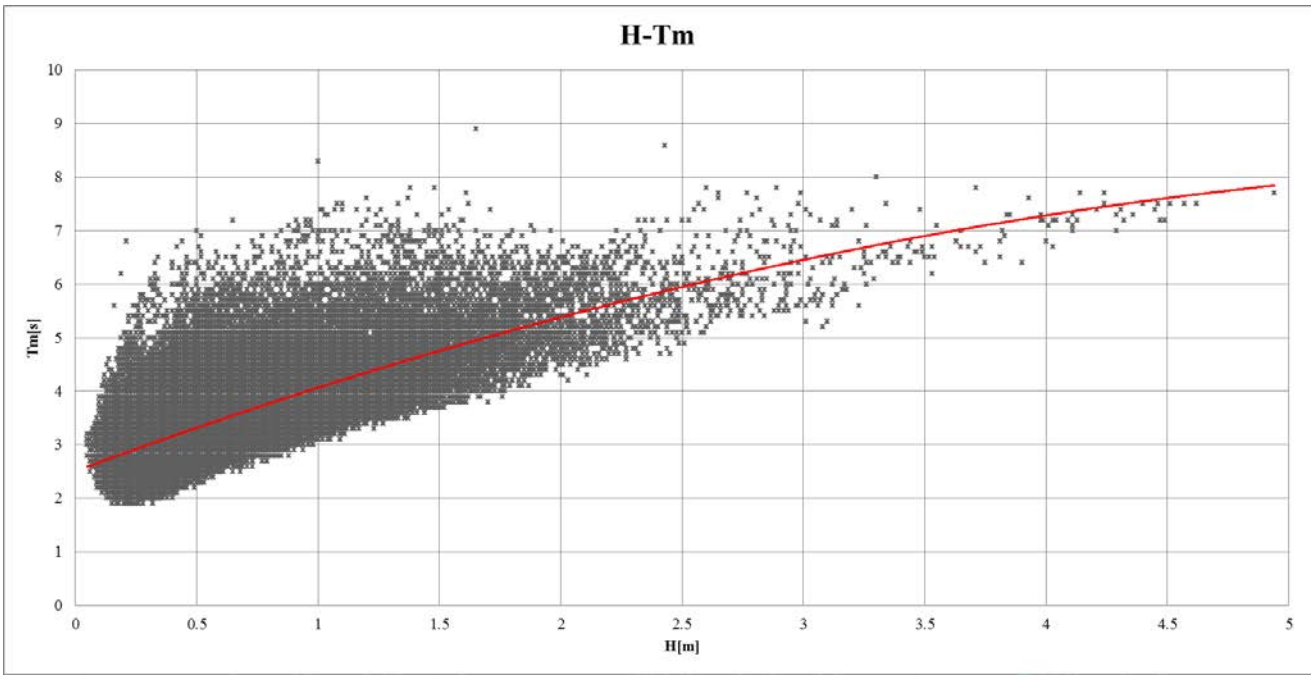


Figura 11. Correlazione tra altezza d'onda e periodo

Per il calcolo del periodo di picco si è utilizzata la seguente relazione:

$$\frac{T_p}{T_s} = 1.15$$

6. ANALISI STATISTICA DEGLI EVENTI ESTREMI

L'onda di progetto deve essere rappresentativa delle condizioni ambientali che possono considerarsi pericolose ai fini della stabilità delle strutture marittime e pertanto deve essere associata al tempo di vita previsto per l'opera stessa.

In generale, l'onda di progetto può essere sia un'onda significativa, rappresentante uno stato di mare, sia un'onda individuale, rappresentante una singola onda random d'altezza massima all'interno di uno stato di mare. In entrambi i casi, l'onda di progetto è definita mediante un'altezza, un periodo e una direzione di provenienza.

Il "rischio" da associare all'onda di progetto si specifica attraverso il periodo di ritorno Tr degli stati di mare che la contengono e con la probabilità che questi si verifichino durante la vita prevista dell'opera.

Le fasi da affrontare in un'analisi volta alla previsione dei massimi valori che l'altezza d'onda può assumere in un determinato arco temporale si possono riassumere come segue:

- selezione dei dati omogenei e indipendenti tra quelli disponibili;
- individuazione del modello probabilistico che meglio rappresenta i dati selezionati;
- determinazione del massimo valore di altezza d'onda atteso in un fissato arco di tempo, in base al modello probabilistico individuato.

6.1. Calcolo del tempo di ritorno

Nel progetto di ogni opera marittima si deve valutare la durata di vita presunta dell'opera stessa, in relazione al progetto in cui è inserita e tenendo conto delle sue caratteristiche funzionali.

Si deve inoltre valutare il livello di rischio o la probabilità di superamento dell'onda di progetto, tenendo conto dei danni che tali onde possono arrecare all'opera e della possibilità di ripristinare la normale funzionalità con operazioni di manutenzione.

Nelle Istruzioni Tecniche per la progettazione delle dighe frangiflutti, edite dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici (1996), si consigliano i valori riportati nelle Tabelle 11 e 12.

Tipo dell'opera	Livello di sicurezza richiesto		
	1	2	3
	Vita di progetto (anni)		
Infrastrutture d'uso generale	25	50	100
Infrastrutture d'uso specifico	15	25	50

Tabella 11. Vita di progetto minima dell'opera

Per infrastrutture di uso generale si intendono opere di difesa di complessi civili o industriali, che non siano destinati ad uno specifico scopo e per i quali non è chiaramente identificabile il termine della vita funzionale dell'opera. Per infrastrutture d'uso specifico si intendono le opere di difesa di singole istallazioni industriali, di porti industriali, di depositi o piattaforme di carico e scarico, di piattaforme petrolifere, ecc.

Danneggiamento incipiente		
Ripercussione economica	Rischio per la vita umana	
	Limitato	Elevato
Bassa	0.50	0.30
Media	0.30	0.20
Alta	0.25	0.15
Distruzione totale		
Ripercussione economica	Rischio per la vita umana	
	Limitato	Limitato
Bassa	0.20	0.15
Media	0.15	0.10
Alta	0.10	0.05

Tabella 12. Massima probabilità di danneggiamento ammissibile nel periodo di vita dell'opera

In questo caso è stato considerato un basso impatto economico ed un rischio limitato alla vita umana .
Il tempo di ritorno è stato calcolato utilizzando la seguente formula:

$$T_{rp} = T_v/\left[-ln\left(1 - P_f\right)\right]$$

Opera	Vita di progetto (anni) T_v	Massimo valore di probabilità di danneggiamento P_f	Tempo di ritorno (anni) T_{rp}
Diga	25	0.50	50
	25	0.15	154
Barriera soffolta	25	0.50	50
	25	0.20	112

6.2. Analisi di inferenza statistica

Le serie temporali sono rappresentative delle condizioni meteomarine locali, osservate con cadenza prefissata. Tale cadenza, chiamata scala di aggregazione della serie, influisce sulla risoluzione con cui si osservano le variazioni della grandezza che è oggetto d'indagine. Maggiore è la scala di aggregazione, minore è il dettaglio con cui è descritta la variabilità della grandezza osservata.
La scala di aggregazione, inoltre, influenza anche l'indipendenza dei dati che formano la serie temporale. Per un fenomeno continuo, lentamente variabile, come quello del moto ondoso, minore è la scala di aggregazione e maggiore è il grado di correlazione tra i dati osservati.
Uno dei passaggi più delicati dell'inferenza statistica è la selezione dei dati da analizzare dalla serie temporale osservata. In particolare, tale cernita deve assicurare l'omogeneità e l'indipendenza dell'insieme del campione fornito. Nasce, pertanto, l'esigenza di definire criteri di selezione in base ai quali estrarre dalla serie temporale quei valori che siano, contemporaneamente, descrittivi del fenomeno fisico e mutuamente indipendenti.
Le popolazioni statistiche estratte dai dati osservati possono essere distinte in due diversi tipi, in relazione al procedimento seguito per la loro formazione: il primo prevede il campionamento regolare della serie osservata e genera una popolazione temporalmente aggregata; l'altro prevede un campionamento ad evento e quindi genera una popolazione temporalmente disaggregata. Il primo procedimento è riconducibile al metodo del campione totale, il secondo è riconducibile al metodo delle durate parziali sopra soglia, o al metodo dei massimi annuali.
Il metodo del campione totale non assicura a priori né l'indipendenza né l'omogeneità dei dati che formano l'insieme campionario. Al contrario, il metodo delle durate parziali sopra soglia, previa la

definizione di opportuni criteri di individuazione degli eventi, permette la cernita di dati sia omogenei che indipendenti.

In particolare, nel caso delle serie ondametriche, se è relativamente semplice garantire l'indipendenza dei dati selezionati, non è altresì agevole garantirne l'omogeneità. Infatti, le osservazioni strumentali raccolte sono relative a stati di mare che hanno avuto diversa genesi e, molto spesso, tale diversità non ha radice stocastica, ma deterministica.

Nel Mediterraneo centrale, per esempio, le limitazioni geografiche delle aree di generazione determinano una risposta del mare alle forzanti meteorologiche che è funzione della direzione di provenienza del vento. Una medesima perturbazione può, dunque, generare onde molto diverse secondo il settore direzionale forzato. Inoltre, anche le caratteristiche delle perturbazioni meteorologiche esercitano un'influenza sulla risposta del mare alle azioni eoliche.

Pertanto, l'inferenza statistica applicata alle serie ondametriche risulta complicata dalla dipendenza direzionale dei dati e dalla loro relazione con il regime anemometrico locale. Inoltre, si deve considerare la forte dipendenza statistica tra i dati osservati in condizioni di tempesta, quando le variazioni temporali dei parametri ondosi sono lente.

La definizione dell'evento "mareggiata" permette di semplificare l'insieme campionario per l'inferenza statistica. La mareggiata si può definire come la successione temporale degli stati di mare caratterizzati da valori d'altezza, periodo e direzione del moto ondoso, variabili in fissati intervalli. E' regola caratterizzare una mareggiata assegnandole i valori d'altezza, periodo e direzione corrispondenti al culmine d'intensità della successione degli stati di mare. In particolare, si considera come mareggiata la successione temporale degli stati di mare caratterizzati da:

- persistenza dell'altezza d'onda sopra la soglia di 1 metro maggiore di 12 ore consecutive
- attenuazione dell'altezza d'onda sotto la soglia di 1 metro per meno di 6 ore consecutive
- appartenenza della direzione di provenienza a un determinato settore angolare (± 30° rispetto alla direzione iniziale)

L'indipendenza campionaria della serie dei colmi è assicurata imponendo un valore di soglia per l'intervallo che intercorre tra due mareggiate successive. Nel caso in esame, tale intervallo è pari a 48 ore.

L'indipendenza dell'insieme formato da mareggiate susseguitesi con cadenza non inferiore a due giorni non ne assicura l'omogeneità. Tale requisito può essere conseguito vagliando ulteriormente il campione indipendente. In particolare, sono utilizzati nelle analisi soltanto i valori superiori ad una seconda soglia d'altezza d'onda, più alta di quella prescelta nella definizione della mareggiata. La definizione della soglia di troncamento per la serie disaggregata, quindi, può essere finalizzata a separare le mareggiate generate da venti di tempesta, ciclonici o anticiclonici, da quelle generate da brezze costiere, anche se intense. Inoltre, nel caso dei nostri mari, in cui le aree di generazione sono

limitate e irregolari, la definizione della seconda soglia può essere sfruttata per distinguere le mareggiate generate da vaste perturbazioni meteorologiche, che si estendono su scale continentali e dalle mareggiate generate da perturbazioni locali, che si estendono su scale regionali. In ogni caso, la scelta della soglia è un'operazione molto delicata, poiché essa condiziona notevolmente le stime dell'altezza d'onda con assegnato tempo di ritorno. Una soglia troppo bassa, infatti, conduce ad avere molti elementi nel campione, la maggior parte dei quali non è rappresentativa di condizioni estreme. Tali circostanze determinano previsioni stabili ma sovrastimate dell'altezza d'onda con assegnato tempo di ritorno. Al contrario, una soglia troppo alta conduce ad avere pochi elementi campionari, anche se tutti rappresentativi di condizioni estreme. Tali circostanze determinano previsioni dell'altezza d'onda variabili con la numerosità campionaria.
Ai fini dell'individuazione dell'altezza d'onda significativa, considerando le caratteristiche locali del moto ondoso, è stata fissata una soglia di 3.0 metri.

Sulla base delle considerazioni di cui sopra, si è individuato un campione statistico avente 92 valori di altezza d'onda, periodo significativo e direzione di propagazione. I valori, selezionati secondo i criteri di indipendenza e omogeneità esposti in precedenza, sono stati poi utilizzati per lo studio statistico al fine di determinare le caratteristiche dell'onda di progetto.

Ai fini del calcolo dell'altezza d'onda di progetto si sono utilizzate le onde provenienti dal settore di traversia compreso tra 205°N e 265°N in quanto risulta essere il settore più penalizzante sia per il dimensionamento del nuovo tratto della diga di sopraflutto e della barriera soffolta e sia per quanto riguarda la penetrazione ondosa all'interno del porto..

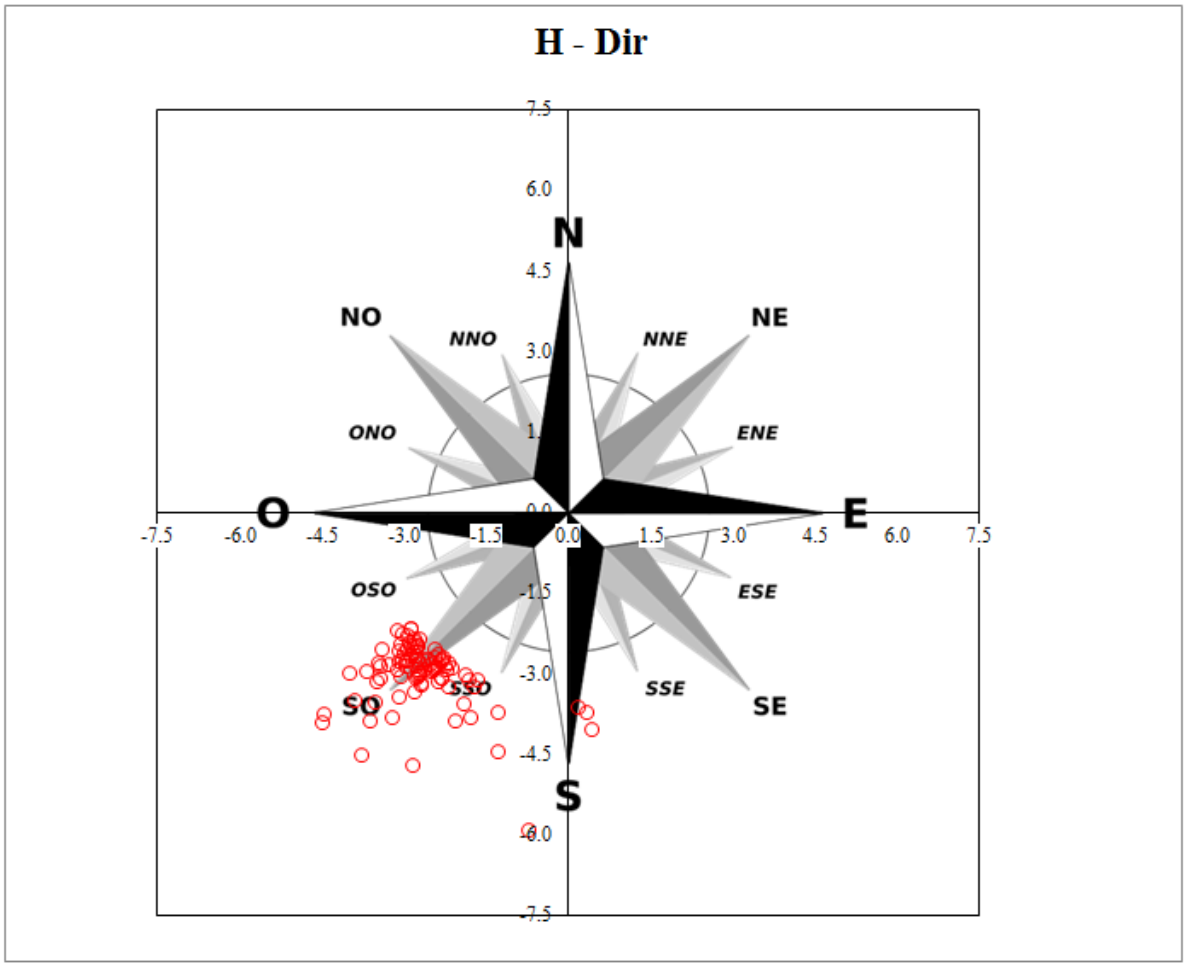


Figura 12. Scatter plot campione statistico

6.3. Individuazione del modello probabilistico per i dati selezionati

La rappresentazione dei picchi di mareggiata mediante un'appropriata legge di distribuzione di probabilità introduce nuove problematiche. Infatti, la distribuzione di probabilità delle altezze d'onda non è nota a priori. In linea di principio, dunque, qualsiasi distribuzione di probabilità può essere verosimile. Nella prassi operativa, tale presupposto obbliga i progettisti a definire alcuni criteri di scelta, volti ad individuare tra le possibili distribuzioni la legge di probabilità che meglio rappresenta alcune caratteristiche statistiche dei dati, per esempio un migliore adattamento della coda della distribuzione ai valori estremi rilevati.

Le distribuzioni utilizzate nello studio in esame sono la Normale, la log-Normale, la Gumbel e la Frechet. Si procederà ora alla stima dei parametri per ciascuna di queste distribuzioni e alla verifica di adattamento attraverso l'impiego di alcuni test statistici.

Tra i comuni metodi d'adattamento statistico si preferisce frequentemente il metodo dei momenti, poiché più semplice e comunque robusto. Il metodo dei momenti consiste nell'attribuire a ciascun momento della popolazione il valore del corrispondente momento del campione estratto da quella popolazione. Poiché gli n parametri della distribuzione possono essere espressi in funzione dei suoi momenti dei primi n ordini, il problema della stima dei parametri può essere ricondotto a quello della stima dei momenti.

Il metodo dei momenti fornisce stimatori corretti, ma in genere poco efficienti: questo perché una stima è tanto migliore quanto minore è la sua varianza. Ma, poiché a parità di grandezza del campione la varianza della stima cresce al crescere dell'ordine del momento da stimare, per campioni di poche decine di elementi è già sconsigliato il ricorso al momento del terzo ordine. Nel caso in esame, tuttavia, pur avendo un campione di limitata numerosità (N=92), sono state considerate solo distribuzioni a due parametri: questo implica che per stimare questi due parametri è necessario far ricorso solo ai momenti del primo e del secondo ordine. L'applicazione del metodo dei momenti al caso che si sta studiando è dunque accettabile.

Innanzitutto si è proceduto al calcolo degli stimatori corretti, ovvero di quegli stimatori il cui valore è dato dal momento campionario corrispondente, ma la cui media è sempre pari al momento teorico.

- Media

$$m = \mu$$

- Varianza

$$s^2 = \frac{N}{N-1}\sigma^2$$

6.4. Adattamento delle distribuzioni di probabilità

Distribuzione Normale

La densità di probabilità della distribuzione normale è data da:

$$p(H) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}s}\exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{H-m}{s}\right)^2\right]$$

dove la variabile è l'altezza d'onda H, ed m e s sono rispettivamente la media e la deviazione standard campionarie.

Poiché si vuole confrontare la densità di probabilità appena ricavata con la frequenza empirica del campione, e sapendo che quest'ultima è una probabilità elementare, data dunque dal prodotto fra una densità di probabilità e un intervallo ΔH:

$$f_k = p_k(H)\Delta H$$

per poter procedere con il confronto fra le due grandezze si deve prima riportare la frequenza empirica a una densità di frequenza empirica:

$$p_k(H) = \frac{f_k}{\Delta H}$$

L'intervallo ΔH è dato da:

$$\Delta H = \frac{H_{max} - H_{min}}{k}$$

dove k è il numero delle classi in cui si è suddiviso il campione per il calcolo della frequenza empirica.

In Figura 13 è riportato il confronto fra la densità di probabilità della distribuzione normale adattata al campione e la densità di frequenza empirica.

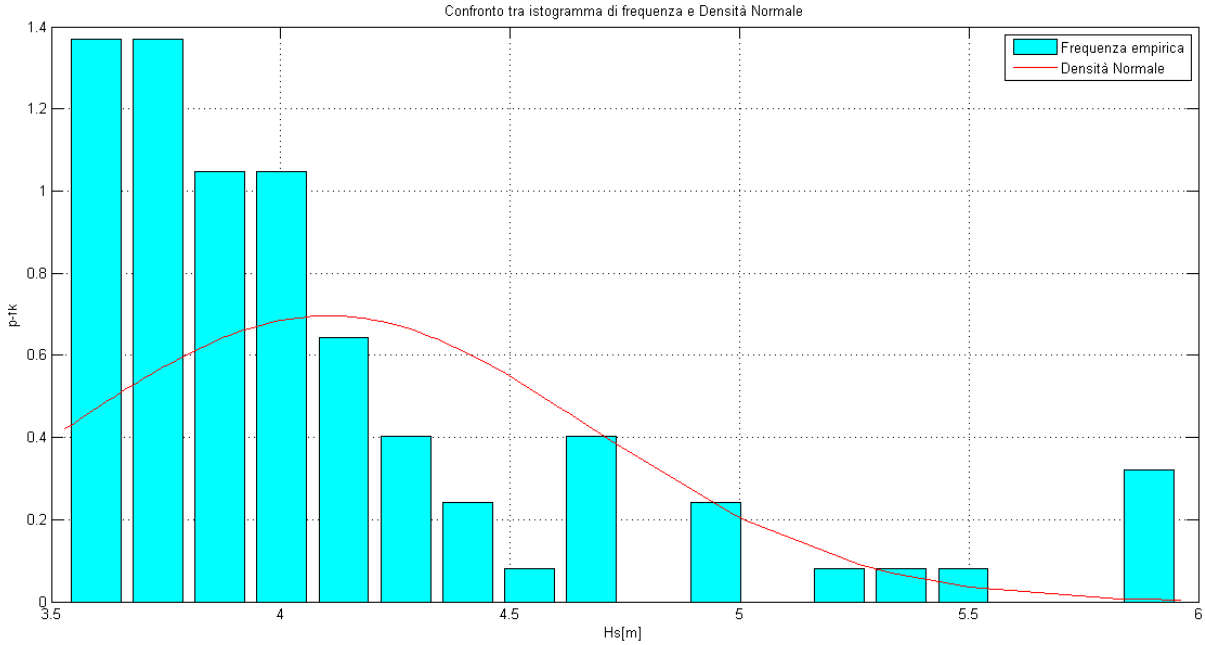


Figura 13. Confronto tra istogramma empirico e densità di probabilità Normale

Si procede ora con il calcolo della probabilità cumulata della distribuzione normale adattata al campione, attraverso la relazione:

$$P(H) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}s}\int_{-\infty}^{H} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{H-m}{s}\right)^2\right] dH$$

e al confronto fra tale probabilità cumulata e la frequenza empirica di non superamento (Figura 14).

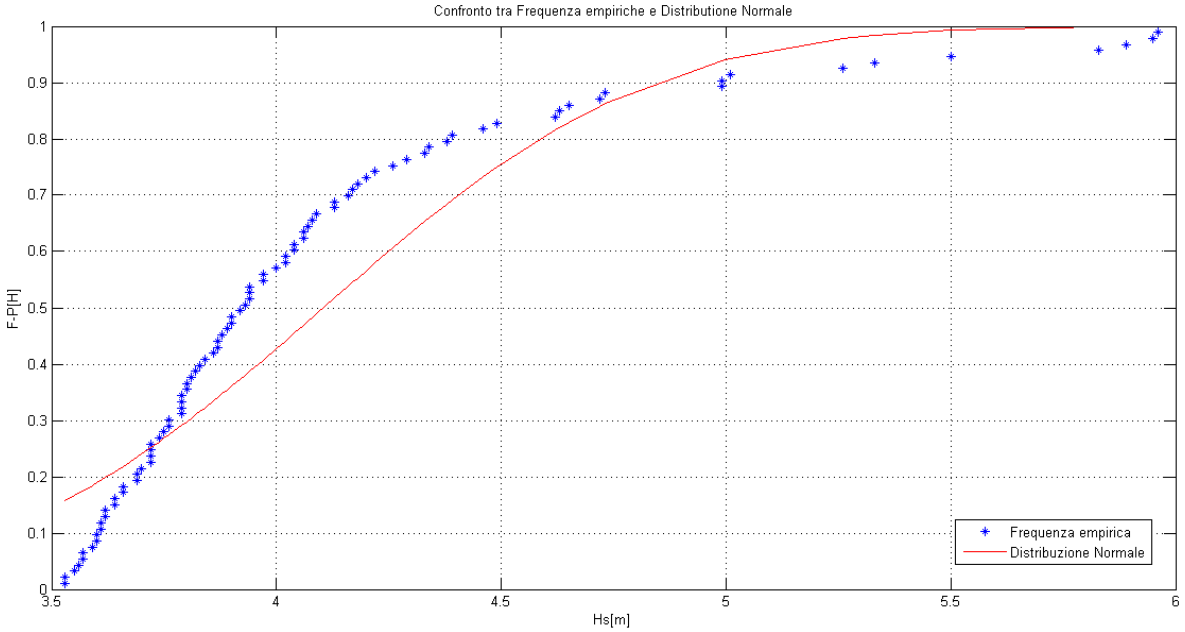


Figura 14. Confronto tra Frequenza di non superamento e Distribuzione Normale

Distribuzione Log-Normale

La Distribuzione Log-Normale a due parametri è caratterizzata dal fatto che a seguire la legge normale non è la variabile originaria H, ma il suo logaritmo:

$$y = \ln(H)$$

La media e la varianza della variabile y sono legati alla media e alla varianza della variabile originaria H dalle relazioni:

$$m(y) = \ln[m(H)] - \frac{1}{2}\ln\left[1 + \frac{s^2(H)}{m^2(H)}\right]$$

$$s^2(y) = \ln\left[1 + \frac{s^2(H)}{m^2(H)}\right]$$

L'espressione della densità di probabilità è:

$$p(H) = \frac{1}{H\sqrt{2\pi}s(y)}\exp\left\{-\frac{1}{2}\left[\frac{\ln(H) - m(y)}{s(y)}\right]^2\right\}$$

Nella Figura 15 si riporta un confronto grafico fra la densità di probabilità della distribuzione log-normale adattata al campione in esame e la densità di frequenza empirica, già precedentemente definita e calcolata.

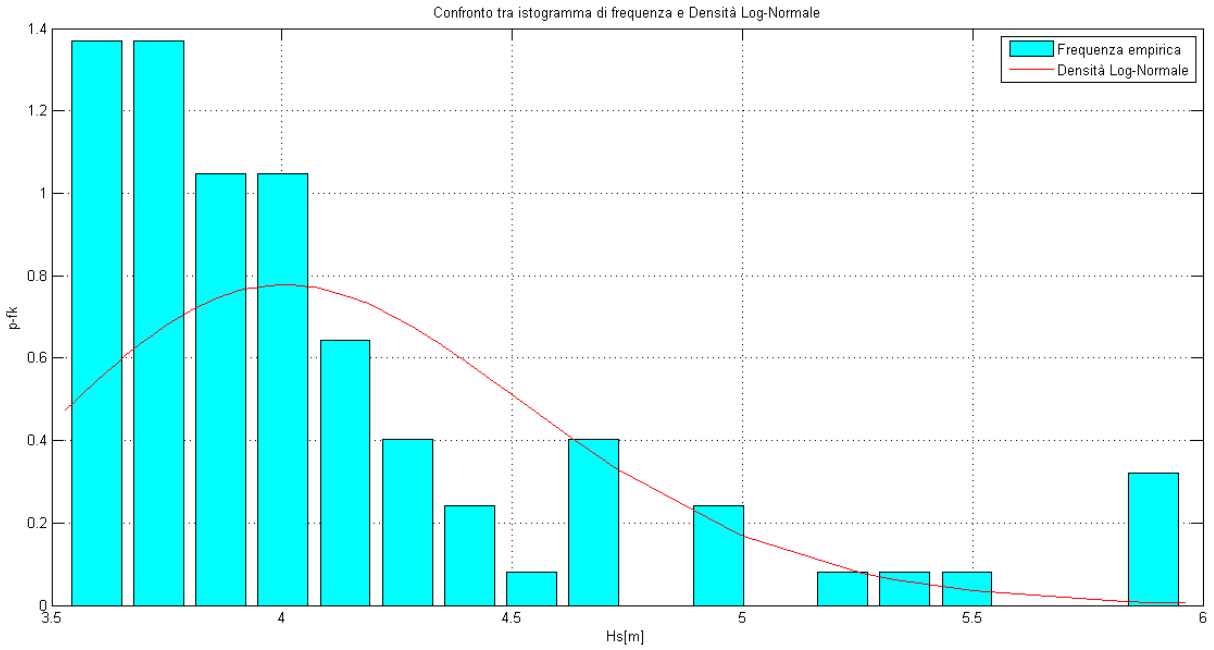


Figura 15. Confronto tra istogramma empirico e densità di probabilità Log-Normale

Si nota come la distribuzione sia limitata inferiormente con limite zero, e come sia asimmetrica con coda sui valori alti.

La probabilità di non superamento della distribuzione log-normale è data dalla relazione:

$$P(H) = \frac{1}{s(y)\sqrt{2\pi}} \int_0^Q \frac{1}{H} \exp\left\{-\frac{1}{2}\left[\frac{\ln(H) - m(y)}{s(y)}\right]^2\right\}$$

Si riporta il confronto grafico tra la probabilità cumulata della distribuzione log-normale e la frequenza empirica cumulata:

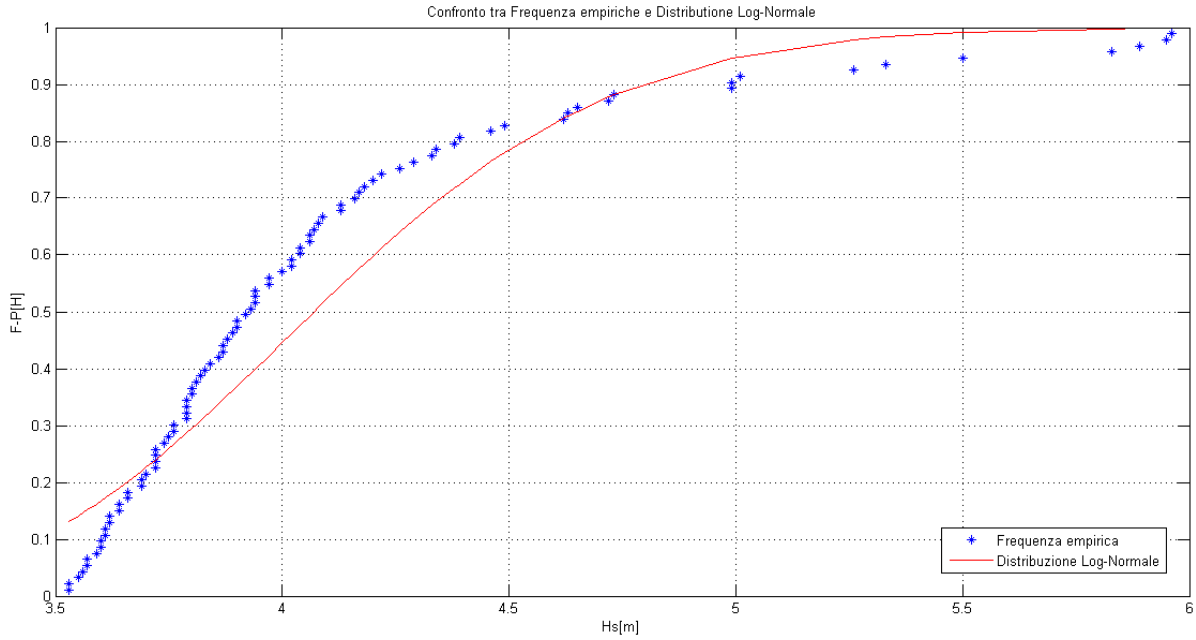


Figura 16. Confronto tra Frequenza di non superamento e Distribuzione Log-Normale

Distribuzione di Gumbel

La Distribuzione di Gumbel, così come la distribuzione di Frechet che verrà analizzata in seguito, sono entrambe distribuzioni asintotiche del massimo valore, rispettivamente del I e del II tipo: queste distribuzioni interpretano le osservazioni dei valori massimi di variabili casuali, come è ad esempio il caso delle altezze d'onda significative. Il tipo della forma asintotica dipende dal modo in cui la funzione di probabilità della distribuzione originaria tende a uno: il I tipo, ovvero la distribuzione di Gumbel, corrisponde a distribuzioni la cui funzione di probabilità, illimitata superiormente, tende a uno in forma esponenziale; il II tipo, ovvero la distribuzione di Frechet, corrisponde a distribuzioni la cui funzione di probabilità, ancora illimitata superiormente, tende a uno secondo la forma della distribuzione di Pareto, ovvero molto più lentamente della forma esponenziale. Per quanto riguarda la distribuzione di Gumbel, la sua caratteristica è che la funzione di probabilità P(x) si può approssimare, per i valori grandi della x, con una curva che tende esponenzialmente ad uno al tendere ad infinito di x.

Dopo aver calcolato i due parametri della distribuzione:

$$\alpha = \frac{1.2825}{s}$$

$$\varepsilon = m - 0.45s$$

è possibile determinare la densità di probabilità della distribuzione di Gumbel, secondo la relazione:

$$p(H) = \alpha e^{-e^{-\alpha(H-\varepsilon)}-\alpha(H-\varepsilon)}$$

e confrontare per via grafica (Figura 17) l'andamento della densità di probabilità con l'andamento della densità di frequenza empirica.

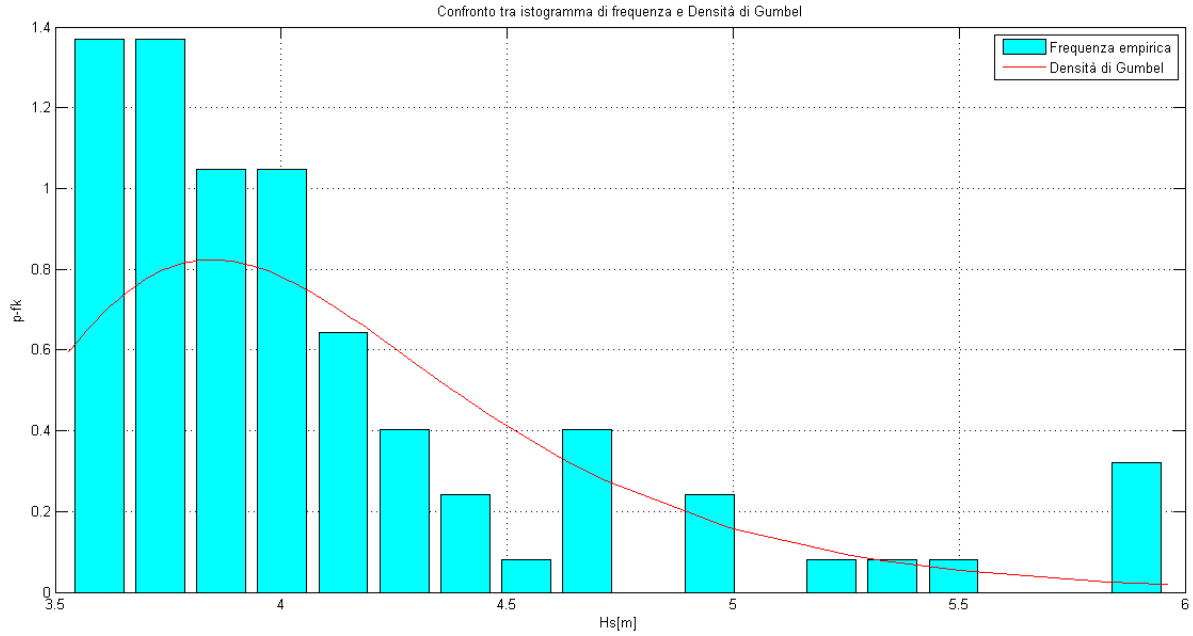


Figura 17. Confronto tra istogramma empirico e densità di probabilità di Gumbel

La probabilità cumulata è data dalla relazione:

$$P(H) = e^{-e^{-a(H-\varepsilon)}}$$

In Figura 18 si riporta il confronto grafico tra la probabilità cumulata della distribuzione di Gumbel e la frequenza empirica cumulata.

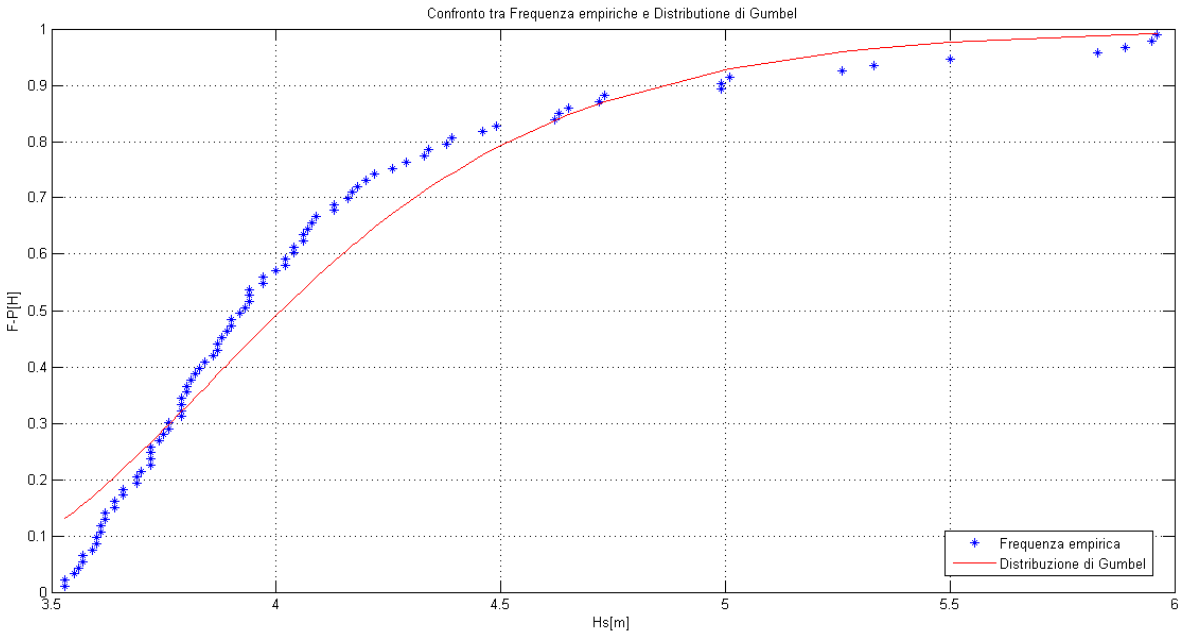


Figura 18. Confronto tra Frequenza di non superamento e Distribuzione di Gumbel

Distribuzione di Frechet

Le Distribuzioni di questa famiglia, per le quali al crescere della variabile x la funzione di probabilità tende a uno molto lentamente, sono del tipo della distribuzione di Pareto, limitata inferiormente con limite in zero.

I due parametri possono essere stimati con il metodo dei momenti:

$$k = \frac{1.2825}{s(y)}$$

$$\varepsilon = \exp[m(y) - 0.45006 * s(y)]$$

dove s(y) e m(y) sono i parametri della distribuzione log-normale, precedentemente calcolati.

La funzione di densità di probabilità è data dalla relazione:

$$p(H) = \exp\left[-\left(\frac{H}{\varepsilon}\right)^{-k}\right]\frac{k}{\varepsilon}\left(\frac{H}{\varepsilon}\right)^{-(k+1)}$$

Si procede con il confrontare l'andamento della densità di probabilità con la densità di frequenza empirica (Figura 19).

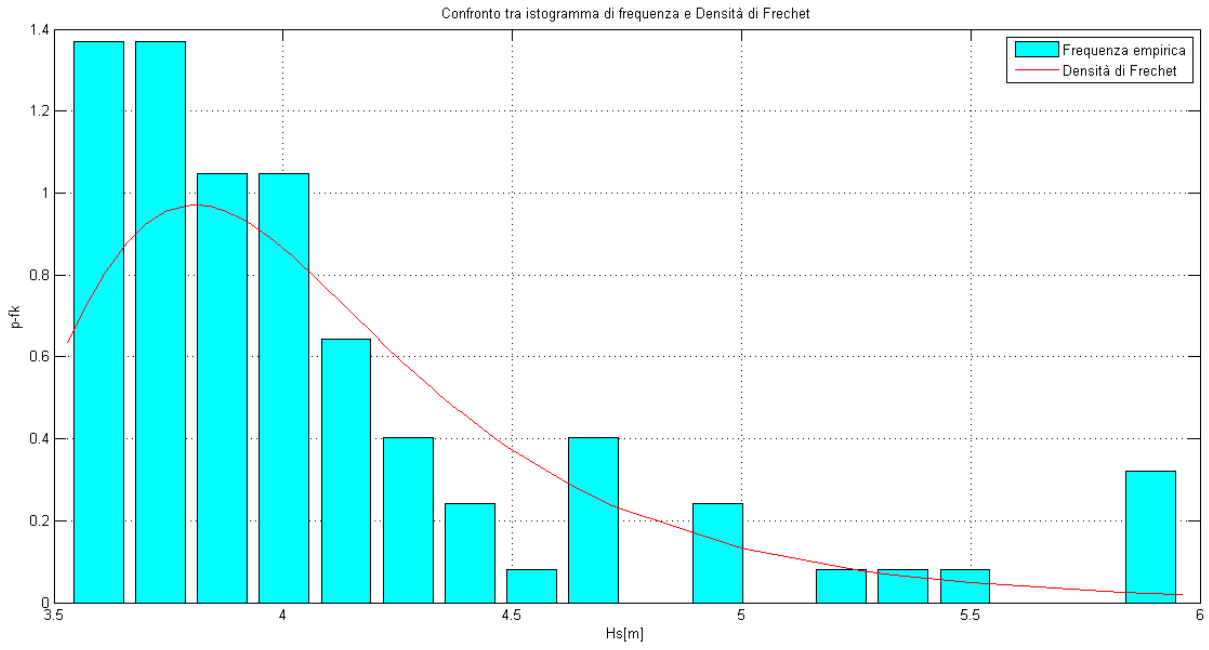


Figura 19. Confronto tra istogramma empirico e densità di probabilità di Frechet

La funzione di probabilità è:

$$P(H) = \exp\left[-\left(\frac{H}{\varepsilon}\right)^{-k}\right]$$

Si riporta il confronto grafico tra la probabilità cumulata della distribuzione di Frechet e la frequenza empirica cumulata (Figura 20).

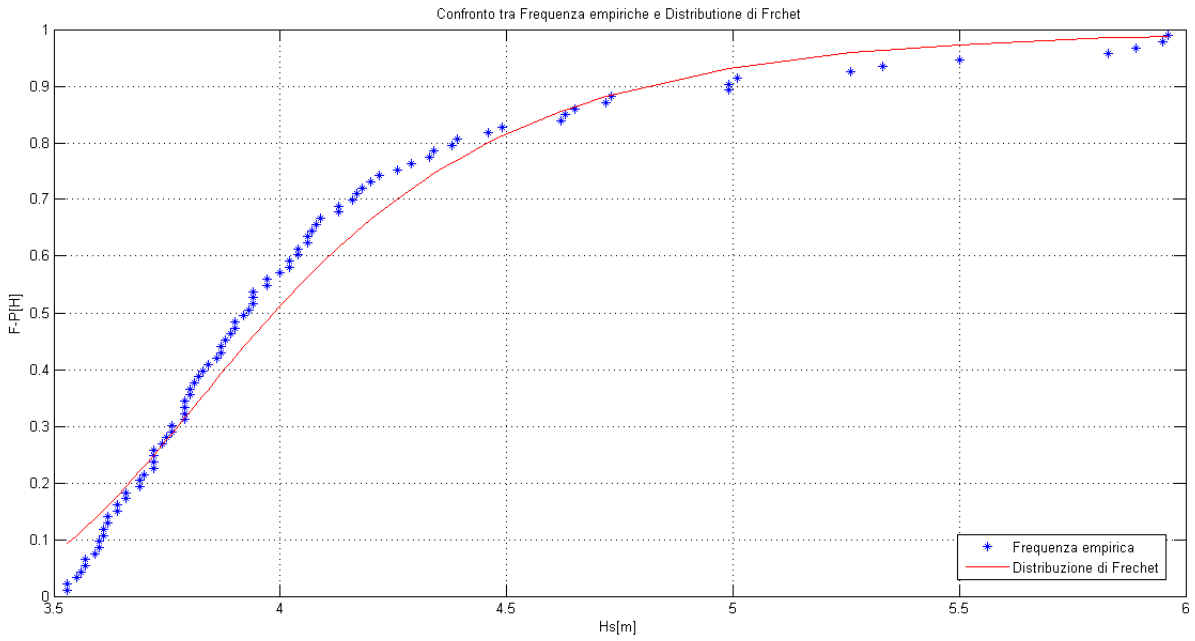


Figura 20. Confronto tra Frequenza di non superamento e Distribuzione di Frechet

Questa distribuzione sembra rappresentare meglio il campione di osservazioni in esame. In effetti, già nel grafico delle densità di probabilità ci si accorgeva che la densità di probabilità della distribuzione di Frechet seguiva con buona approssimazione l'andamento della densità di frequenza empirica.

Confronto delle distribuzioni adattate al campione statistico

Si è voluto riportare un confronto conclusivo fra gli andamenti delle densità di probabilità delle varie distribuzioni adattate al campione e l'istogramma della densità di frequenza empirica.

In tal modo è possibile osservare contemporaneamente tutte le curve, e paragonare il loro comportamento per i valori bassi, alti e di picco.

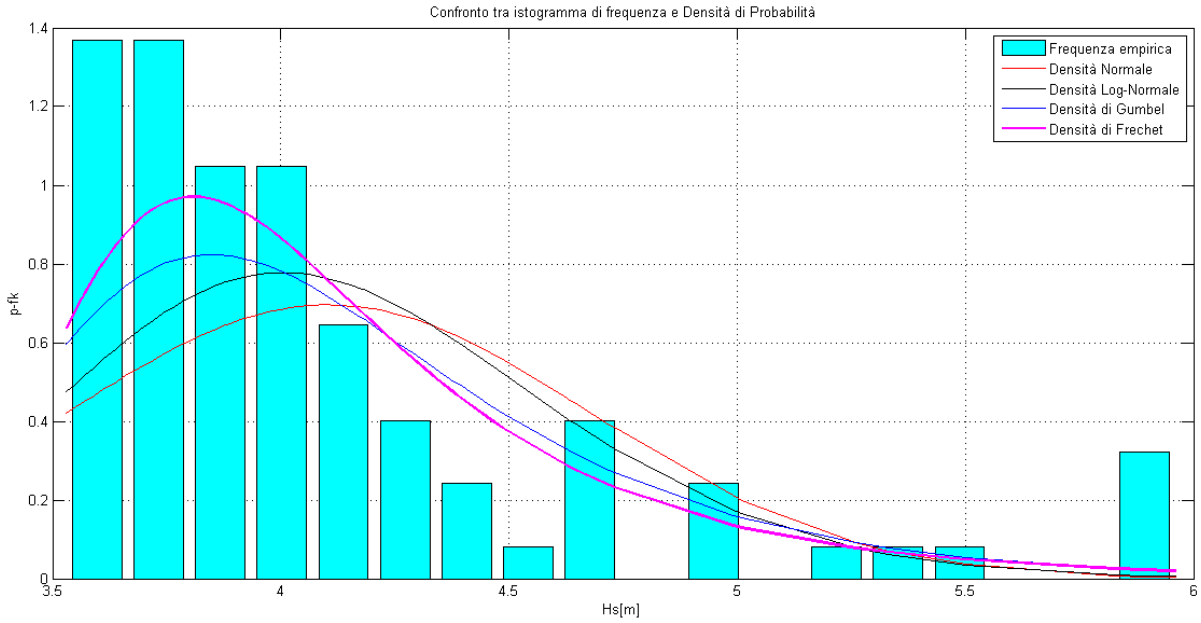


Figura 21. Confronto tra istogramma empirico e densità di probabilità

Per quanto riguarda i valori bassi delle altezze d'onda H, si nota come nessuna delle distribuzioni esaminate li rappresenti in modo adeguato, perché i corrispondenti valori di p(H) sono tutti inferiori ai valori delle densità di frequenza empirica del campione in esame. Tra tutte, la distribuzione di Frechet è quella che si adatta meglio.

Relativamente ai valori di picco, si nota come la distribuzione di Frechet si adatti bene al campione in esame.

L'adattamento migliore ai valori alti è quindi garantito dalla distribuzione di Frechet.

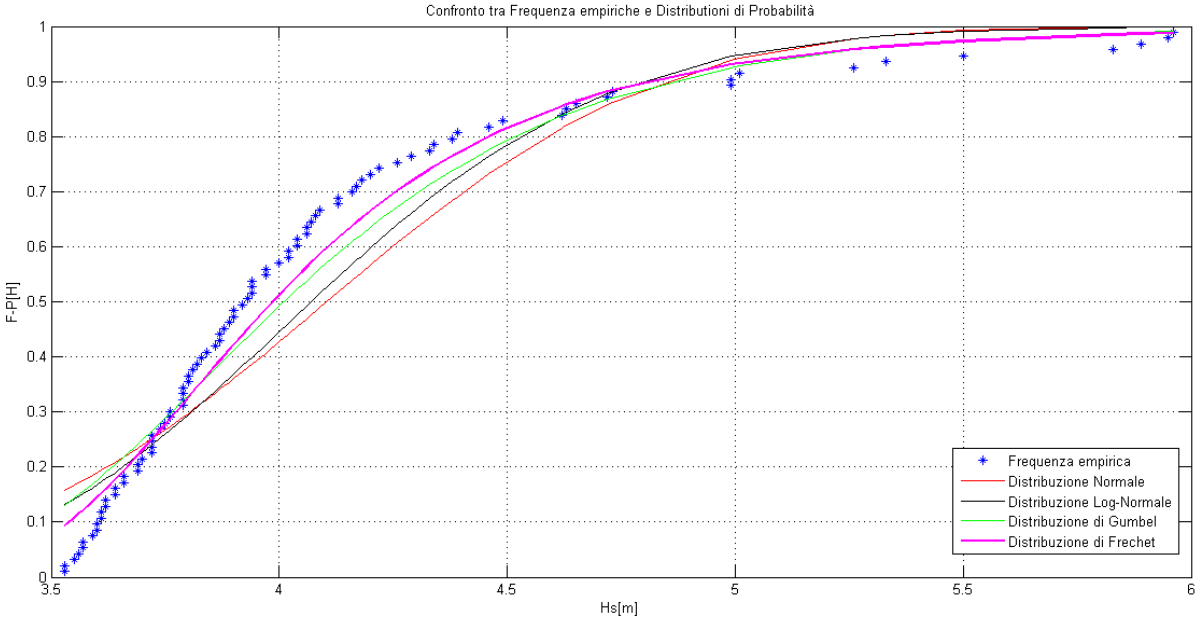


Figura 22. Confronto tra Frequenza di non superamento e distribuzioni di probabilità

Nel confronto delle probabilità cumulate delle varie distribuzioni adattate al campione con le frequenze cumulate del campione stesso, si nota che per valori bassi la distribuzione di Frechet si adatta sufficientemente bene. Tale distribuzione si adatta meglio delle altre ai valori delle frequenze cumulate relativi ai valori centrali della H, e rappresenta anche i valori alti.

6.5. Calcolo delle fasce fiduciarie per il campione statistico

Per determinare le fasce fiduciarie è stato necessario ricorrere al metodo Monte Carlo. Si sono dunque generati 1000 campioni di numerosità fissata pari a 92, distribuiti in maniera uniforme fra 0 e 1. In questo modo si è ottenuta una matrice di N righe e M colonne, con:

$$i = 1 \div N \quad j = 1 \div M$$
$$N = 92 \quad M = 1000$$

A questo punto si è ordinato in senso crescente ogni j-esimo campione e si è assegnata una frequenza empirica Fi a ogni i-esimo valore del j-esimo campione:

$$F_i = \frac{i}{N + 1}$$

Si consideri che ogni riga i della matrice generata ha uno stesso valore di frequenza empirica, per il fatto che la numerosità di ciascun campione è fissata.

Una volta noto il valore della Fi, si sono invertite le funzioni di probabilità delle distribuzioni utilizzate, per tutti gli M campioni generati, in modo da ottenere una riga di M punti, per ogni valore di Fi, più o meno addensati intorno al modello.
La fascia fiduciaria è, per ciascun Fi, l'intervallo che racchiude il 95% in probabilità dei valori trovati. Si è considerata dunque ogni singola riga di punti come un nuovo campione di numerosità 1000; si è proceduto ad ordinare in senso crescente ognuno dei 92 nuovi campioni appena definiti e per ogni valore si è definita una nuova frequenza empirica:

$$F_j = \frac{j}{M + 1}$$

Una volta nota Fj, si è proceduto con lo scartare i valori di coda di ogni singolo campione, individuando i valori di probabilità $\alpha/2$ e $1 - \alpha/2$, corrispondenti rispettivamente al limite inferiore e superiore della fascia fiduciaria. Tutti i valori che ricadono fra quei due estremi costituiscono l'ampiezza della fascia fiduciaria corrispondente alla Fi considerata, per un valore del livello di significatività pari al 5%.

Una volta individuata la fascia fiduciaria della distribuzione considerata, si è andato a verificare che i modelli stimati sul campione di altezze d'onda ricadano nell'intervallo definito dalle fasce. In particolare, si è contato il numero dei valori della frequenza empirica Fk che ricadono all'interno dell'intervallo e si è verificato che siano per lo meno il 95% del totale.

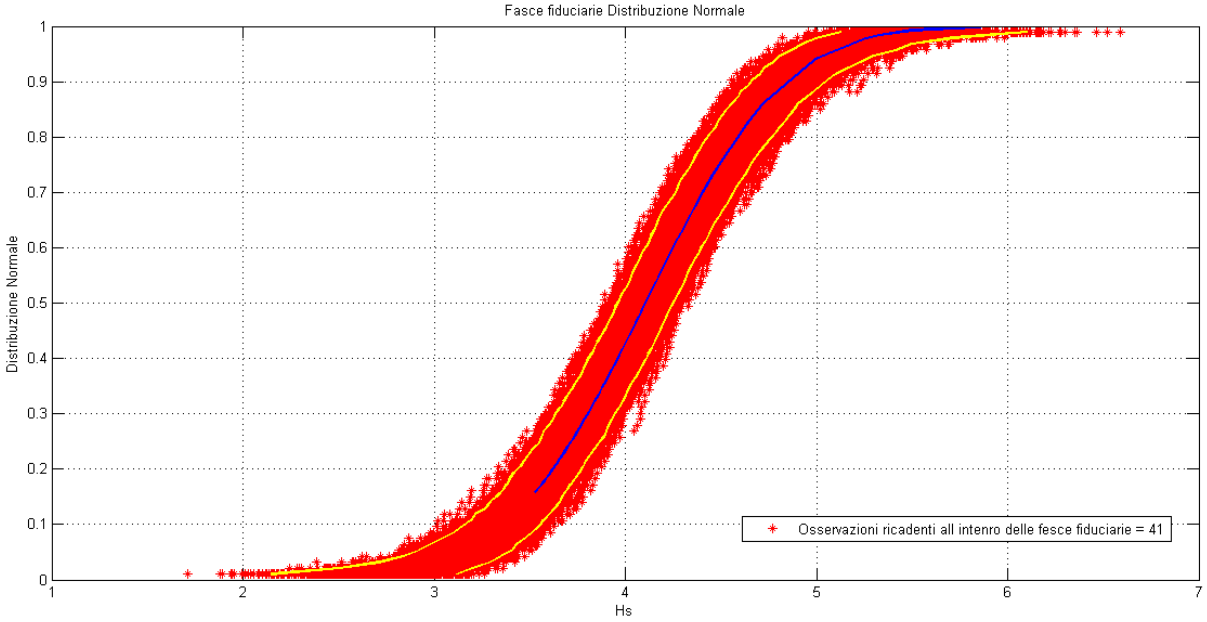


Figura 23. Fasce fiduciarie per la distribuzione Normale

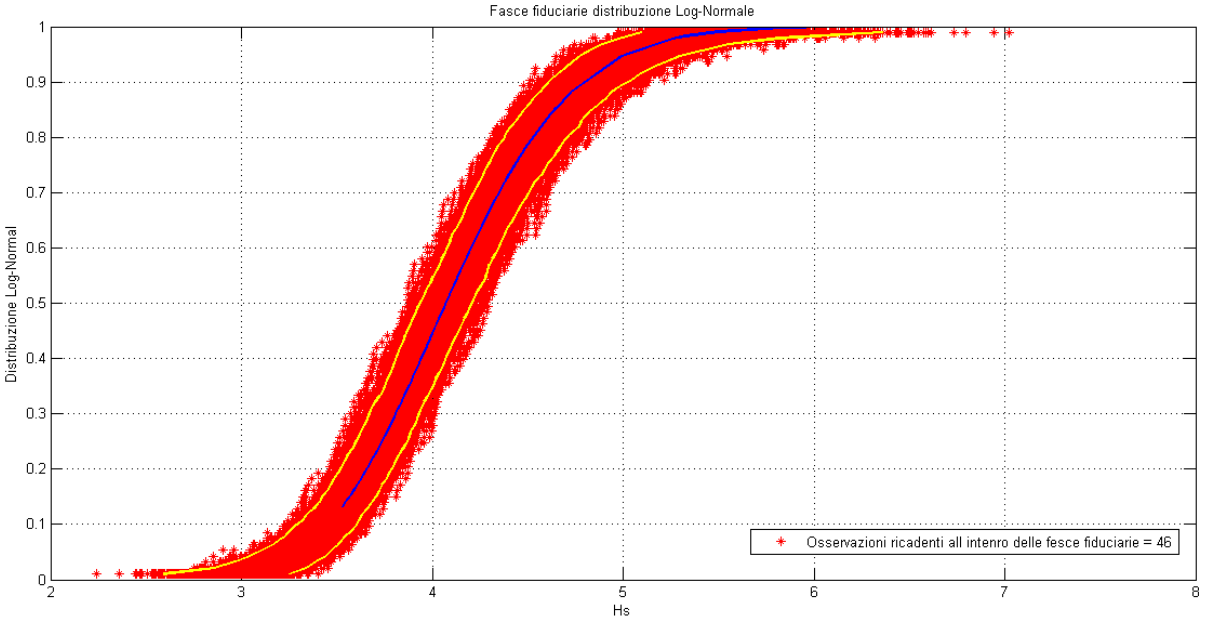


Figura 24. Fasce fiduciarie per la distribuzione Log-Normale

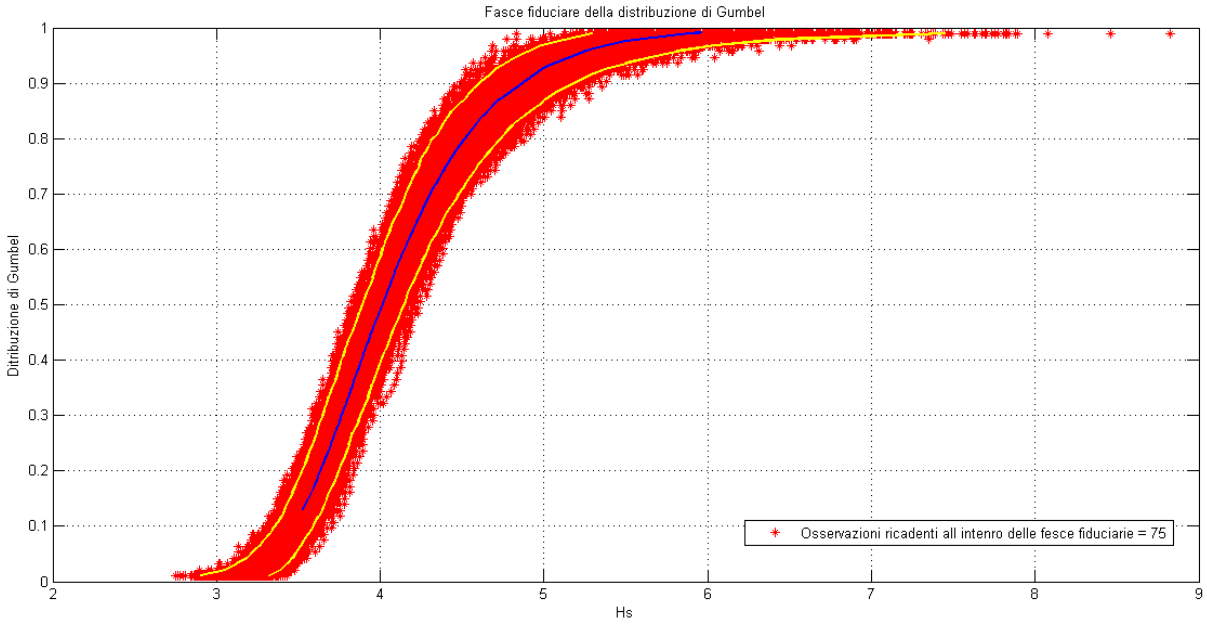


Figura 25. Fasce fiduciarie per la distribuzione di Gumbel

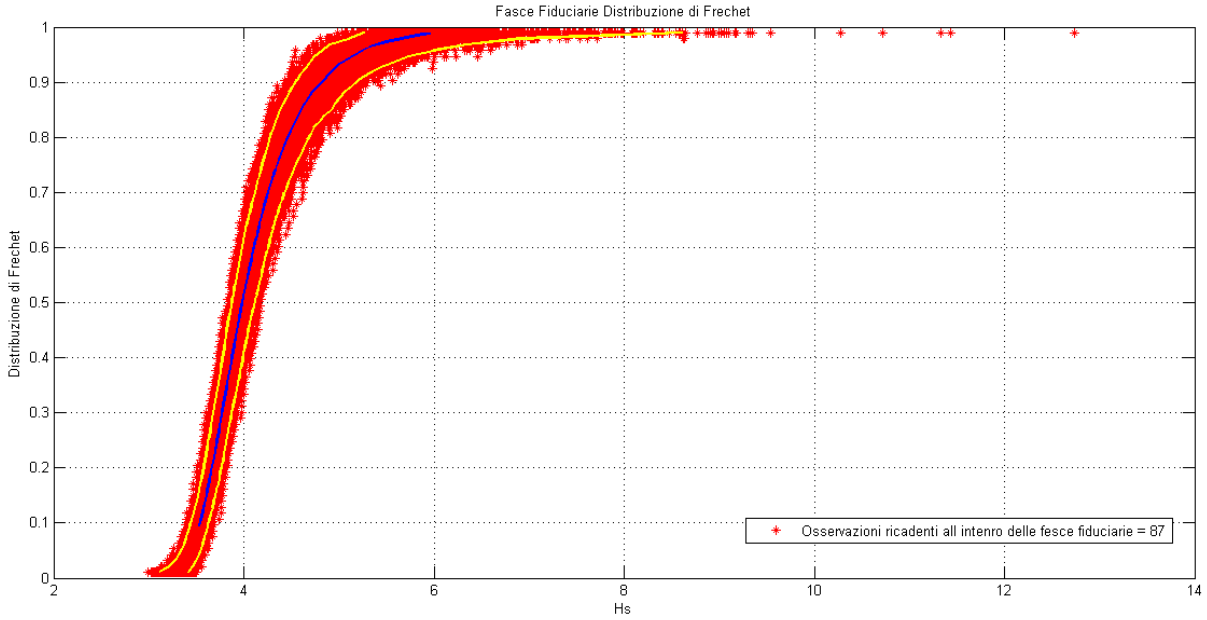


Figura 26. Fasce fiduciarie per la distribuzione di Frechet

Osservando i valori che ricadono all'interno delle Fasce fiduciarie si nota come le distribuzioni di Gumbel e di Frechet si adattino meglio rispetto alla distribuzione Normale e Log-Normale.

6.6. Verifica di adattamento delle distribuzioni attraverso l'impiego di test statistici

Test di Pearson

Il Test di Pearson si adotta per controllare l'ipotesi che la distribuzione dalla quale un dato campione è stato estratto coincida con una distribuzione assegnata.

Per fare ciò, si considera la grandezza statistica:

$$X^2 = \sum_{i=1}^{k} \frac{[N_i - Np_i]^2}{N_i}$$

dove N_i è il numero di osservazioni che ricadono in un medesimo intervallo e:

$$Np_i = Np(x)dx$$

è una probabilità elementare.

La statistica X^2 è una variabile casuale; la sua distribuzione asintotica al crescere del numero di osservazioni N, tuttavia, non è esattamente conosciuta: è compresa tra la distribuzione di un χ^2 con k-1 gradi di libertà, e quella di un χ^2 con k-p-1 gradi di libertà, dove p è il numero di parametri della distribuzione che si vuole verificare. Queste considerazioni sono valide quando la distribuzione che si vuole testare è stata ricavata proprio a partire dal campione in esame e quindi risultano valide per il caso che si sta analizzando. Nel caso in cui la distribuzione che si vuole verificare attraverso il test sia nota a priori, i gradi di libertà del χ^2 sono maggiori, e pari a k-1.

Nell'eseguire il Test di Pearson, si segue la regola dell'equiprobabilità ai fini della suddivisione in classi:

$$p_1 = p_2 = \cdots = p_i$$

nonché la regola empirica di definire le classi in modo da rispettare la disuguaglianza:

$$Np_i \geq 5$$

Si assume dunque il numero delle classi k uguale al più grande numero intero che non superi $N/5$.

Poiché nel caso in questione N = 92, si è assunto un numero di classi pari a:

$$k = \frac{N}{5.1} 21$$

a cui corrisponde:

$$p_i = \frac{5.1}{N} = 0.02 = \text{cost}$$

che rispetta la condizione di equiprobabilità. Pertanto l'ampiezza delle classi risulta variabile; una volta stabilita l'entità di p_i, invertendo la funzione di probabilità della distribuzione di cui si vuole testare l'adattamento, si ricavano le ampiezze delle k classi.
A questo punto si procede individuando il numero N_i di elementi che ricadono in ciascuna classe, e successivamente valutando il valore della statistica X^2.
Questo valore andrà infine confrontato con un valore limite:

$$\chi^2{}_{k-p-1}(1-\alpha) = \chi^2{}_{21-2-1}(1-0.05) = \chi^2{}_{18}(0.95) = 28.9$$

La regione di accettazione così definita abbraccia un intervallo che va da $-\infty$ a 28.9 La sua unilateralità è giustificata dal fatto che i valori sulla coda sinistra sono tutti accettabili. In effetti, tanto più piccolo è lo scarto calcolato dalla statistica, tanto migliore è l'approssimazione della distribuzione in esame.

Se il valore della statistica X^2, calcolato per ogni distribuzione che si vuole testare, risulterà inferiore al valore limite $\chi^2 = 28.9$, la relativa distribuzione avrà superato il test di adattamento di Pearson, ovvero risulterà statisticamente accettabile per rappresentare la distribuzione della variabile in esame.

Verifica delle distribuzioni

Considerando il valore $p_i = 0.2$ precedentemente definito, si è proceduto con l'invertire la funzione di probabilità normale, in modo da individuare gli intervalli relativi a ciascuna classe.
Si è calcolato il numero di elementi n_k del campione in esame che ricadono in ciascuna classe.

Si è individuato il valore della statistica per tutte le distribuzione utilizzando la seguente formula:

$$X^2 = \sum_{i=1}^{k} \frac{[N_i - Np_i]^2}{N_i}$$

Nella tabella 13 sono riportati i risultati del Test di Pearson per tutte le distribuzioni di probabilità utilizzate:

$\chi^2(0.95)$	X^2 Normale	X^2 Log-Normale	X^2 Gumbel	X^2 Frechet
28.9	92.0	48.5	35.2	**18.7**

Tabella 13. Risultati del test di Pearson

L'unica Distribuzione di probabilità che ha superato il Test di Pearson Distribuzione di Frechet in quanto il valore del χ^2 è inferiore al valore limite pari a 28.9.

Test di Kolmogorov – Smirnov

Il test di adattamento di Kolmogorov – Smirnov si basa sul confronto tra le probabilità cumulate, relative alle varie distribuzioni che si vogliono testare, e la frequenza empirica del campione.
In particolare, la statistica di questo test tiene conto dello scarto massimo in valore assoluto fra le i-esime frequenze cumulate e le i-esime probabilità di non superamento, secondo la relazione:

$$D = \max|F_i - P_0(x_i)|$$

Come si può vedere dalla precedente relazione, questo test, a differenza del test di Pearson, non si basa sulla probabilità elementare p_i, ma sulla probabilità cumulata: questo consente di non dover classificare il campione, ma di poter adottare direttamente le funzioni di probabilità già precedentemente definite per ogni distribuzione in esame.
Anche in questo caso, la statistica del test è a sua volta una variabile casuale. L'andamento della sua distribuzione è dato da:

$$\lim_{N\to+\infty} \text{prob}\left[D\sqrt{N} \le z\right] = \frac{\sqrt{2\pi}}{z}\sum_{j=1}^{\infty} \exp\left[\frac{-(2j-1)^2\pi^2}{8z^2}\right]$$

dove z è un generico valore. A causa della difficoltà nell'esplicitare la distribuzione della statistica D, si adotta un valore limite pari a:

$$\alpha = 0.05 \rightarrow D_\alpha = \frac{1.3582}{\sqrt{N}} = 0.14$$

In questo modo, basterà semplicemente valutare la statistica per ogni distribuzione di cui si vuole testare l'adattamento, e verificare la disequazione:

$$D \le D_\alpha$$

Verifica delle distribuzioni

Si è ricavato il valore della statistica:

$$D = \max\left|F_{k_i} - P(Q_i)\right|$$

Nella tabella 14 sono riportati i risultati del test KS per tutte le distribuzioni di probabilità utilizzate

D_α	D Normale	D Log-Normale	D Gumbel	D Frechet
0.14	0.010	0.009	0.002	0.001

Tabella 14. Risultati del test di Pearson

Nel caso del test K-S tutte le Distribuzione di probabilità risultano idonee in quanto i valori del parametro D sono sempre inferiori al valore limite pari a 0.14.

Test di Anderson-Darling

Il Test Anderson - Darling, come quello K-S, confronta la frequenza cumulata con le probabilità cumulate relative alle varie distribuzioni.

Sebbene la statistica di questo test abbia una distribuzione simile alla statistica del Test di Pearson, si riesce a dare un maggior peso ai valori alti e bassi del campione.

La statistica è data dalla relazione:

$$A^2 = \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{[F_i - P_0(x)]^2}{P_0(x)[1 - P_0(x)]} p_0(x)dx$$

ovvero dalla relazione semplificata:

$$A^2 = -N - \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(2i-1)\ln P_0(x_i) + (2N - 2i + 1)\ln\left[1 - P_0(x_i)\right]$$

Questa statistica prende tutti gli scarti fra le frequenze cumulate e le funzioni di probabilità che si vogliono testare, e li normalizza rispetto alla probabilità di superamento e di non superamento.

Affinché una certa distribuzione superi il test di Anderson – Darling, è necessario che sia verificata la disequazione:

$$A^2 \leq {A_\alpha}^2$$

dove $A_\alpha{}^2$ è un valore limite, funzione del livello di significatività α che, nel caso in esame, assume valore:

$$\alpha \rightarrow 0.05 \; A_\alpha{}^2 = 2.492$$

Verifica delle distribuzioni

Nella tabella 15 sono riportati i risultati del test di Anderson-Darling per tutte le distribuzioni di probabilità utilizzate:

$A_\alpha{}^2$	A^2 Normale	A^2 Log-Normale	A^2 Gumbel	A^2 Frechet
2.49	5.89	4.36	2.64	1.48

Tabella 15. Risultati del test di Pearson

Nel caso del Test di Anderson Darling tutte solo la Distribuzione di probabilità di Frechet risulta idonea in quanto il valori del parametro A^2 è inferiore al valore limite pari a 2.49.

Conclusioni sull'applicazione dei test statistici alle distribuzioni

Dopo aver adattato al campione, attraverso il metodo dei momenti per la stima dei parametri, alcune delle distribuzioni di probabilità a due parametri, si è proceduto con il testare l'adattamento di queste distribuzioni.

Per far ciò si è fatto ricorso ad alcuni test statistici, quali il test di Pearson, il test di Kolmogorov – Smirnov e il test di Anderson – Darling.

L'unica distribuzione che risulta sempre accettata è la distribuzione di Frechet. Il risultato dei test conferma quanto precedentemente affermato.

Si è deciso pertanto di adottare la distribuzione di Frechet per la stima dell'altezza d'onda di progetto associata ad un dato tempo di ritorno.

6.7. Parametri dell'onda di progetto

Sulla base dei risultati ottenuti, si procede ora alla stima puntuale dell'altezza d'onda di progetto, per un tempo di ritorno fissato, considerando la distribuzione di Frechet come quella che, fra le 4 stimate, meglio si è adattata al campione in esame.

Applicando la semplice relazione:

$$P_{Tr}(H) = 1 - \frac{1}{T^*_r}$$

si ottiene la probabilità cumulata associata al tempo di ritorno considerato.

A questo punto, per ottenere il valore di altezza d'onda significativa (Hs), è necessario invertire la distribuzione di probabilità di Frechet precedentemente stimata per il valore di probabilità cumulata appena ricavato.

$$Hs = \left(-log(P_{Tr})\right)^{\left(-\frac{1}{k}\right)\varepsilon}$$

Si tenga presente che le formule sopra riportate sono valide nel caso in cui vi sia esatta corrispondenza tra numero di misure e numero di anni di osservazione. Nel caso in esame, in cui tale condizione non è verificata, è necessario correggere il tempo di ritorno per tenere conto della disuguaglianza. In particolare della probabilità corrispondente ad un assegnato tempo di ritorno Tr, va utilizzato il tempo di ritorno corretto T^*_r calcolato mediante la seguente formula:

$$T_r^* = T_r \frac{N}{M}$$

nella quale M è il numero di anni di osservazione ed N il numero di mareggiate considerate. Nel presente caso gli anni si osservazione sono 25, ma tenendo conto di un rendimento della boa ondametrica del 69,59% si è utilizzato un valore di M = 17,4 anni.

In questo modo, si ottiene un'altezza d'onda significativa per un tempo di ritorno di 154 anni (corrispondente ad un tempo di ritorno corretto pari a 816 anni) pari a:

$$H_s = 7.47 \text{ metri}$$

6.8. Stima intervallare dell'onda di progetto

La determinazione degli intervalli di confidenza per i quantili si basa, come nel caso delle fasce fiduciarie, sulla generazione di un numero M=1000 di campioni con numerosità N=32 uniformemente distribuiti fra 0 e 1. Dopo aver ordinato ciascun campione in senso crescente, averne calcolato la frequenza empirica Fi secondo il metodo dell'ordinamento, e averli invertiti rispetto alla distribuzione originariamente stimata sulla serie storica di altezze d'onda, si procede con la stima dei parametri (media e deviazione standard) per ciascuno dei 1000 campioni.

$$m_{x_j} = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(x_{ij}) \qquad s_{x_j}{}^2 = \frac{1}{N-1}\sum_{i=1}^{N}(x_{ij} - m_{x_j})^2$$

In questo modo, dunque, si sono ottenuti due nuovi campioni per ogni distribuzione, ciascuno di numerosità 1000, contenenti rispettivamente le medie e le deviazioni standard precedentemente individuate.

A questo punto, si invertono i valori di frequenza empirica Fi per la distribuzione di cui si sono appena stimati i parametri, ottenendo una nuova matrice di 32 righe e 1000 colonne: ogni j-esima colonna contiene un campione di numerosità pari a 92, i cui elementi sono stati ricavati dopo aver invertito, secondo la distribuzione di Frechet, la Fi al variare delle j-esime coppie di parametri media e deviazione standard.

Se ora si considera ogni i-esima riga della matrice appena definita, se ne possono calcolare i percentili in relazione al livello di significatività richiesto, fissato pari al 5% nel caso in esame: se infatti si ordina in senso crescente ogni i-esima riga corrispondente all'i-esimo valore della Fi, si ottengono 92 campioni ordinati, ciascuno costituito da 1000 elementi. Se a ciascuno di questi si associa una frequenza empirica:

$$F_j = \frac{j}{M+1}$$

si possono facilmente individuare i valori di altezza d'onda corrispondenti a una frequenza di $\alpha/2$ e di $1 - \alpha/2$, che coincidono con il limite inferiore e superiore dell'intervallo di confidenza per un dato valore della Fi.

L'intervallo di confidenza misura la variabilità nella stima del frattile, corrispondente ad un determinato valore di probabilità cumulata; la probabilità cumulata è legata al tempo di ritorno corretto dalla relazione:

$$P[H(Tr)] = 1 - \frac{1}{T_r^*}$$

Considerando un tempo di ritorno di 154 anni, e invertendo gli estremi dell'intervallo di confidenza per il valore di probabilità cumulata associato al tempo di ritorno corretto precedentemente calcolato, si è ottenuta una stima intervallare dell'altezza d'onda corretta:

$$H_s{}^* = \begin{cases} 7.47m + 0.6m \\ 7.47m - 1.3m \end{cases}$$

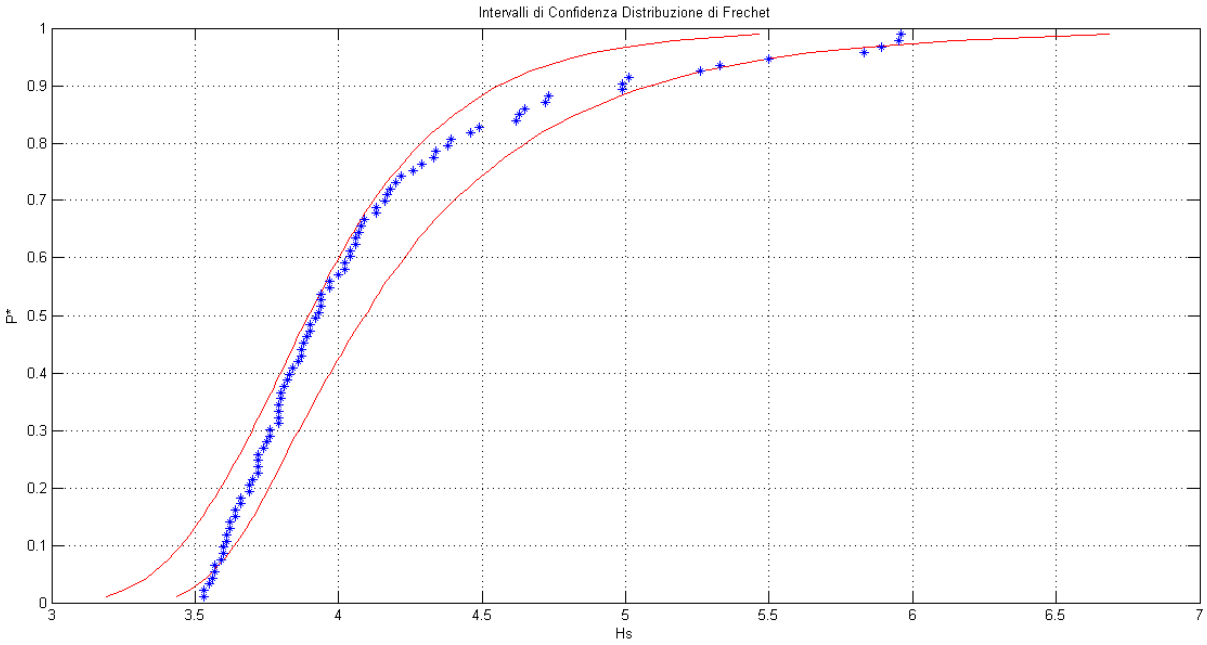


Figura 27. Intervalli di confidenza della distribuzione di Frechet

7. CONCLUSIONI

Per il progetto definitivo porto di Santa Margherita Ligure, è stato calcolato il regime del moto ondoso al largo del sito di interesse. Queste informazioni sono necessarie per il successivo studio di trasferimento largo-riva dell'onda di progetto e la conseguente agitazione ondosa interna dovuta ad essa.

La consultazione di dati storici della zona di interesse ha evidenziato la mancanza di strumentazioni di misura in prossimità del Porto. Per far fronte a questa mancanza sono stati utilizzati i dati ondosi registrati dalla boa ondametrica di La Spezia con una copertura temporale di 25 anni, dal 1989 al 2014 e con esposizione del paraggio del tutto analoga a quella di Santa Margherita Ligure.

E' stato individuato un settore di traversia proveniente da Sud - Ovest (205° N - 265° N).

La costruzione del campione statistico ha imposto diverse fasi di calcolo. Il primo passo è stato andare ad individuare le mareggiate indipendenti tra loro. Questo è stato possibile introducendo una prima soglia di troncamento di 1,00 m s.l.m.m. e misurando un passo temporale che ha permesso di identificare le mareggiate. Tale identificazione è stata possibile imponendo che la soglia di troncamento venisse superata per almeno 48 ore consecutive e si concludesse quando questa soglia non veniva superata per almeno 6 ore consecutive.

Il secondo passo è stato quello di identificare le mareggiate omogenee. Questo è stato eseguito innalzando la soglia di troncamento da 1,00 m a 3,00 m. s.l.m.m.. Nella fase finale sono stati presi in considerazione solo i valori massimi delle singole mareggiate precedentemente individuate.

Determinato il campione statistico, è stato effettuato un processo di inferenza statistica che ha permesso di calcolare l'altezza d'onda di progetto in funzione di un determinato tempo di ritorno. Il calcolo del tempo di ritorno è stato eseguito prendendo in considerazione due fattori principali: l'effetto economico e la perdita di vite umane. Nel caso in cui, a seguito di una mareggiata, la diga frangiflutti subisse un danno totale, sulla base di questi fattori è stato utilizzato un tempo di ritorno pari a 154 anni. I parametri per la stima del tempo di ritorno sono stati presi dalla TABELLA 1 e 2 delle Istruzioni Tecniche per la progettazione delle dighe frangiflutti, edite dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici (1996).

Il processo di inferenza statistica ha mostrato che la distribuzione di probabilità che meglio si adatta al campione statistico è quella di Frechet, quindi invertendo questa distribuzione, in funzione del tempo di ritorno corretto, è stato possibile calcolare l'altezza dell'onda di progetto al largo.

Il calcolo del periodo significativo è stato effettuato per mezzo di una correlazione tra altezza d'onda ed il periodo di tutti i dati disponibili, applicando un coefficiente di amplificazione è stato calcolato il periodo di picco per l'onda di progetto.

La tabella sottostante riassume i dati di progetto elaborati:

Tr[anni]	Hs[m]	ts[s]	Dir[°N]
154	7.47	8.72	205 - 265

Ai fini dell'individuazione dei vari parametri ondosi al largo utili agli studi di agitazione ondosa interna al porto di Santa Margherita Ligure e del calcolo dell'onda di progetto della diga frangiflutti in condizioni di danno incipiente e della barriera soffolta atta a realizzare la difesa al piede della spiaggia, si è anche stimato il modo ondoso avente tempo di ritorno corretto pari a 5,10 e 50 anni.

Tr[anni]	Hs[m]	tp[s]	Dir[°N]
5	5.31	7.94	205 – 265
10	5.69	8.09	205 – 265
50	6.68	8.45	205 – 265

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1. Area di studio (stato attuale) 6

Figura 2. Schema di riferimento, simboli e convenzioni per il calcolo dei fetch efficaci e della legge di correlazione tra le direzioni del vento e delle onde. 8

Figura 3. Fetch geografico ed efficace Santa Margherita Ligure 10

Figura 4. Deviazione vento-mare Santa Margherita Ligure 11

Figura 5. Clima ondoso al largo di Santa Margherita Ligure 14

Figura 6. Clima ondoso trasposto al largo di Santa Margherita Ligure 15

Figura 7. Clima ondoso primavera 16

Figura 8. Clima ondoso estate 17

Figura 9. Clima ondoso Autunno 18

Figura 10. Clima ondoso Inverno 19

Figura 11. Correlazione tra altezza d'onda e periodo 30

Figura 12. Scatter plot campione statistico 36

Figura 13. Confronto tra istogramma empirico e densità di probabilità Normale 39

Figura 14. Confronto tra Frequenza di non superamento e Distribuzione Normale 39

Figura 15. Confronto tra istogramma empirico e densità di probabilità Log-Normale 41

Figura 16. Confronto tra Frequenza di non superamento e Distribuzione Log-Normale 42

Figura 17. Confronto tra istogramma empirico e densità di probabilità di Gumbel 43

Figura 18. Confronto tra Frequenza di non superamento e Distribuzione di Gumbel 43

Figura 19. Confronto tra istogramma empirico e densità di probabilità di Frechet 44

Figura 20. Confronto tra Frequenza di non superamento e Distribuzione di Frechet 45

Figura 21. Confronto tra istogramma empirico e densità di probabilità 46

Figura 22. Confronto tra Frequenza di non superamento e distribuzioni di probabilità 47

Figura 23. Fasce fiduciarie per la distribuzione Normale 49

Figura 24. Fasce fiduciarie per la distribuzione Log-Normale 49

Figura 25. Fasce fiduciarie per la distribuzione di Gumbel 50

Figura 26. Fasce fiduciarie per la distribuzione di Frechet 50

Figura 27. Intervalli di confidenza della distribuzione di Frechet..... 59

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1. Distribuzione percentuale degli eventi ondosi per classi di altezza e direzione di provenienza 20

Tabella 2. Ripartizione percentuale per classi di altezze d'onda e periodo significativo 21

Tabella 3. Distribuzione percentuale degli eventi ondosi per classi di altezza e direzione di provenienza (primavera) 22

Tabella 4. Ripartizione percentuale per classi di altezze d'onda e periodo (primavera) 23

Tabella 5. Distribuzione percentuale degli eventi ondosi per classi di altezza e direzione di provenienza (estate) 24

Tabella 6. Ripartizione percentuale per classi di altezze d'onda e periodo (estate) 25

Tabella 7. Distribuzione percentuale degli eventi ondosi, per classi di altezza e direzione di provenienza (autunno) 26

Tabella 8. Ripartizione percentuale per classi di altezze d'onda e periodo (autunno) 27

Tabella 9. Distribuzione percentuale degli eventi ondosi per classi di altezza e direzione di provenienza (inverno) 28

Tabella 10. Ripartizione percentuale per classi di altezze d'onda e periodo (inverno) 29

Tabella 11. Vita di progetto minima dell'opera 32

Tabella 12. Massima probabilità di danneggiamento ammissibile nel periodo di vita dell'opera . 32

Tabella 13. Risultati del test di Pearson 53

Tabella 14. Risultati del test di Pearson 55

Tabella 15. Risultati del test di Pearson 56

PROGETTO:	**PROGETTO DEFINITIVO PORTO DI SANTA MARGHERITA LIGURE** **MESSA IN SICUREZZA ED ADEGUAMENTO FUNZIONALE CON RIQUALIFICAZIONE DEGLI ORMEGGI E DEL LITORALE SUD**
SOGGETTO PROMOTORE:	**SANTA BENESSERE & SOCIAL S.p.a.** Santa Benessere & Social S.p.a. T +39 0185 320868 Piazza Mazzini, 12 F +39 0185 323189 16045 Chiavari (GE) E mfelugo@yahoo.it PRESIDENTE: Maurizio Felugo - PROJECT MANAGER: Ing. Pietro Zanoni - ASSISTENZA TECNICA: Arch. Gio Gozzi
ARCHITETTURA:	**OBR** Open Building Research S.r.l. T +39 02 84268200 Via Ciovasso, 4 F +39 02 8268250 20121 Milano E info@obr.eu RESPONSABILE: Arch. Paolo Brescia - COORDINAMENTO: Arch. Andrea Casetto
INGEGNERIA IDRAULICO-MARITTIMA:	**ACQUATECNO** Acquatecno S.r.l. T +39 06 44702081 Via Ajaccio, 14 F +39 06 44704906 00198 Roma E info@acquatecno.it RESPONSABILE: Ing. Paolo Turbolente
INGEGNERIA STRUTTURALE:	**MILAN INGEGNERIA** Milan Ingegneria S.r.l. T +39 02 36798890 Via Thaon di Revel, 21 F +39 02 36798892 20159 Milano E info@buromilan.com RESPONSABILE: Ing. Maurizio Milan
INGEGNERIA IMPIANTISTICA, PREVENZIONE INCENDI E SICUREZZA:	**UNITED CONSULTING** United Consulting T + 39 02 45397370 Via Thaon di Revel, 21 E info@unitedconsulting.it 20152 Milano RESPONSABILE: Ing. Luca Giannelli
DOCUMENTI TECNICO-ECONOMICI:	**GAD** Global Assistance Development S.r.l. T +39 02 29005672 via Maurizio Quadrio, 12 F +39 02 65560517 20154 Milano E info@gadstudio.e RESPONSABILE: Geom. Gianpiero Aresi
URBANISTICA:	**ARCH. CARLO BERIO** Arch. Carlo Berio T +39 010 8398483 Piazza Marsala, 13 E carloberio@studioberio.it 16122 Genova RESPONSABILE: Arch. Carlo Berio
CONSULENZA LEGALE:	**IADEVAIA** Iadevaia - Studio Legale e Tributario T +39 02 92801820 Via Giacomo Leopardi, 21 F +39 02 92801820 20123 Milano E alberto@iadevaia.it RESPONSABILE: Avv. Alberto Iadevaia
RILIEVO:	**GEO-T.E.C.** GEO-T.E.C. Studio Tecnico Topografico Associato T +39 0185 62830 Corso Italia, 9 int.2 F +39 0185 1831378 16035 Rapallo (GE) E geotec@geotecrapallo.it RESPONSABILE: Geom. Paolo Ghigliotti
GEOLOGIA E AMBIENTE:	**GEOLAMBDA** Geolambda Engineering S.r.l T +39 0377 433021 Via A. Diaz, 22 F +39 0377 402035 26845 Codogno (LO) E segreteria@geolambda.it RESPONSABILE: Geol. Marco Daguati
ARCHEOLOGIA:	**STUDIUM S.A.S. ARCHEOLOGIA** Studium S.a.s. Archeologia T +39 011 855666 Via Marco Polo, 32 bis F +39 011 855666 10129 Torino E info@studiumarcheologia.com RESPONSABILE: Dott.ssa Frida Occelli
TITOLO ELABORATO:	# Opere Marittime Studio della propagazione del moto ondoso da largo a riva

CODICE PROGETTO	LIVELLO PROGETTAZIONE	DISCIPLINA	QUADRANTE	NUMERO ELABORATO	REVISIONE
079	PD	OM	-	0003	-

NOME FILE	SCALA	EMESSO DA	DATA PRIMA EMISSIONE	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO
079_PD_OM_0003_0.dwg	-	ACQ	04-12-2017	P.Turbolente	P.Turbolente	P.Turbolente

REVISIONI:

NUMERO REVISIONE	DATA REVISIONE	OGGETTO REVISIONE	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO

1. PREMESSA 1

2. CONDIZIONI ONDOSE DI RIFERIMENTO 2

3. MODELLO DI CALCOLO UTILIZZATO 3

3.1. SW (Spectral Wave) 3

3.2. Definizione delle griglie di calcolo (SW) 4

3.3. Periodo di simulazione e passo di integrazione 6

3.4. Risultati delle simulazioni 6

4. CONCLUSIONI 12

INDICE DELLE FIGURE 13

INDICE DELLE TABELLE 14

1. PREMESSA

Nell'ambito della progettazione definitiva del porto si Santa Margherita Ligure (GE), è stato effettuato lo studio di trasferimento largo-riva del moto ondoso in prossimità del porto per verificarne l'operabilità in funzione delle modifiche previste dal progetto definitivo.

Nella figura 1 è riportata l'area di studio.



Figura 1. Vista aerea del porto di Santa Margherita Ligure

Per la simulazione numerica bidimensionale è stato utilizzato il modello matematico MIKE 21, sviluppato dal Danish Hydraulic Institute. Esso è basato sulla risoluzione alle differenze finite su griglia strutturata o flessibile, ed è costituito da differenti moduli che implementano le numerose equazioni che governano gran parte dei fenomeni idraulici riscontrabili in un determinato sistema marino.

Nel caso in esame sono stati utilizzati il modello SW (Spectral Wave), che consente di simulare la penetrazione ondosa all'interno del bacino portuale tenendo conto di vari fenomeni quali shoaling, diffrazione, rifrazione, riflessione semplice e l'amplificazione ondosa indotta dal vento che spira all'interno di esso.

2. CONDIZIONI ONDOSE DI RIFERIMENTO

Per la definizione di moto ondoso (altezza, periodo, direzione di provenienza) in prossimità del porto di Santa Margherita Ligure sono stati utilizzati i dati ricavati dallo studio meteomarino redatto in questa fase progettuale per poter poi propagare tali valori in prossimità dell'imboccatura portuale.

Nella tabella 1 sono riportate le caratteristiche del moto ondoso utilizzato:

Tr[anni]	Hs[m]	ts[s]	Dir[°N]
5	5.31	7.94	180
10	5.69	8.09	180
50	6.68	8.45	180
112	7.23	7.51	180
154	7.47	8.72	180

Tabella 1. Tabella dati ondosi

La scelta di tali dati ondosi è stata fatta per poter analizzare in dettaglio la condizione ondosa in prossimità delle opere di difesa per poter poi individuare l'onda di progetto più gravosa ed il moto ondoso ordinario per il calcolo dell'agitazione ondosa interna al porto.

La propagazione all'interno del dominio di calcolo delle condizioni ondose, individuate precedentemente, viene eseguita dal modello considerando l'intero spettro in termini di direzione e frequenza, utilizzando in particolare onde direzionali irregolari con spettro JONSWAP medio. Nel caso in esame è stata simulata anche la presenza di un innalzamento del livello medio mare di +0.50m dovuto alle maree ed allo storm-surge.

3. MODELLO DI CALCOLO UTILIZZATO

3.1. SW (Spectral Wave)

Il modello Spectral Wave (SW) del codice MIKE 21 viene utilizzato per valutare le trasformazioni del moto ondoso in aree costiere ed off-shore sia per hindcast che per forecast. Il modello è in grado di simulare:

1. crescita dell'onda per effetto del vento
2. interazione non lineare tra le onde
3. dissipazione dovuta al *white capping*
4. dissipazione dovuta all'attrito con il fondo
5. frangimento dell'onda su profondità limitate
6. rifrazione e shoaling dovuti alla morfologia batimetrica
7. diffrazione
8. riflessione semplice

Il modello MIKE 21 SW è basato sulla risoluzione numerica nel dominio e nel tempo dell'equazione di bilancio dell'azione delle onde:

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \nabla_x \cdot \left(c_g A\right) + \nabla_\theta \cdot (c_\theta A) + \nabla_\sigma \cdot \left(c_g A\right) = S$$

Il modello utilizza una formulazione parametrica direzionalmente disaccoppiata ed una formulazione completamente spettrale. La formulazione parametrica direzionalmente disaccoppiata si basa su una parametrizzazione dell'equazione di conservazione dell'azione ondosa. La parametrizzazione viene effettuata nel dominio delle frequenze introducendo lo zeroth, ed il primo momento dello spettro delle onde come variabili dipendenti. La formulazione completamente spettrale si basa sull'equazione di conservazione dell'onda come descritto da Komen et al. (1994) e Young (1999), in cui lo spettro di frequenza direzionale dell'azione dell'onda è la variabile dipendente. Il modulo SW comprende anche due formulazioni per il tempo. Una formulazione quasi stazionaria ed una non stazionaria, in quella quasi stazionaria la variabile tempo viene rimossa come variabile indipendente e viene associata una soluzione stazionaria ad ogni passo temporale. Quando viene utilizzata la soluzione stazionaria non è possibile inserire il vento come forzante. L'immissione delle onde all'interno del dominio di calcolo può essere effettuata utilizzando dei contorni aperti dove poter inserire il moto ondoso di interesse, oppure inserendo dei contorni chiusi ed immettendo la forzante del vento. L'output principale di MIKE 21 SW è il campo d'onda residua all'interno della zona di studio.

3.2. Definizione delle griglie di calcolo (SW)

Per poter avere le giuste condizioni d'onda in prossimità dell'imboccatura portuale si è eseguita una trasposizione ondosa da largo dell' onda di riferimento, e sono stati estratti i valori ondosi in prossimità dell'imboccatura portuale da poter utilizzare come condizioni al contorno per la griglia di calcolo all'interno del porto. Per la propagazione da largo delle onde si è utilizzata una griglia di calcolo flessibile con passo di discretizzazione dx e dy pari a 500 metri al largo e 30 metri in prossimità dell'area portuale. Il contorno aperto dove sono state inserite le onde di progetto si trova lungo la batimetrica -100m s.l.m. per assicurarsi che l'onda non risenta dei fondali.

Le figure 2 e 3 mostrano, rispettivamente, la batimetria e la griglia di calcolo utilizzata al largo di Santa Margherita Ligure.

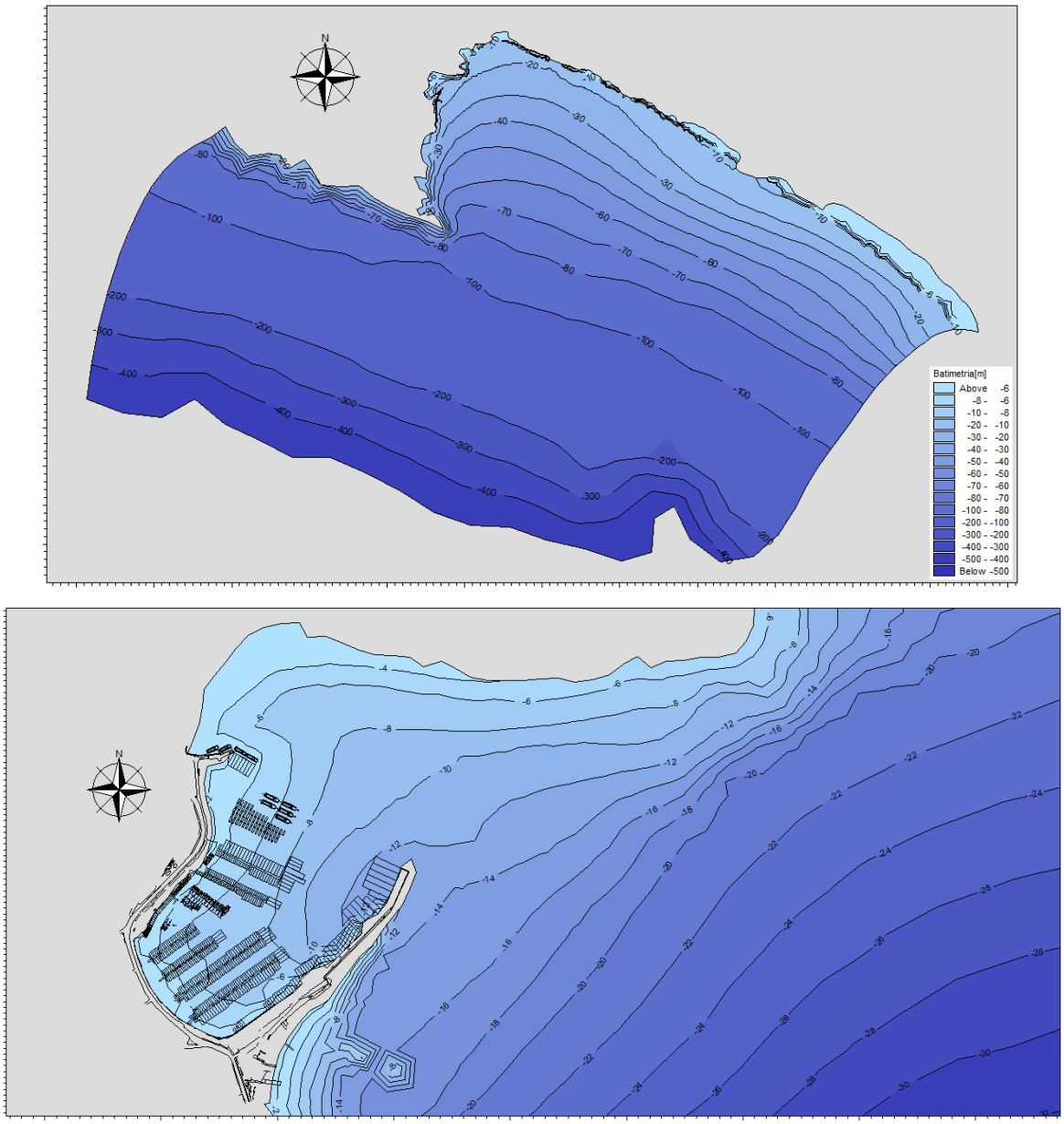


Figura 2. Batimetria

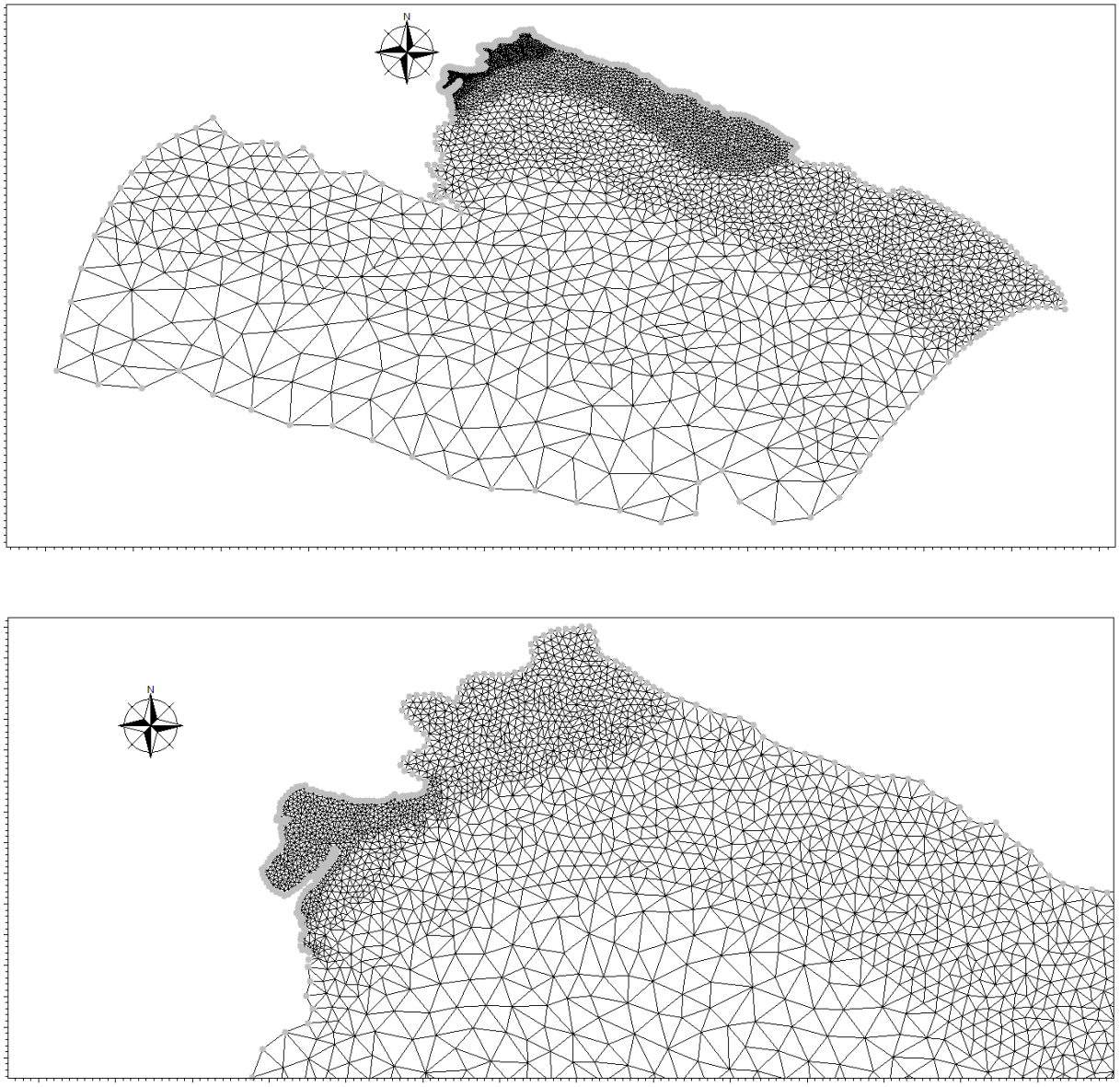


Figura 3. Griglia di calcolo

3.3. Periodo di simulazione e passo di integrazione

Il periodo di simulazione è stato scelto in modo da poter garantire l'intero sviluppo del moto ondoso all'interno dell'area di studio. Questo periodo è strettamente legato alle dimensioni del dominio di calcolo. Nel caso in esame si è scelto un intervallo di tempo pari a 3 ore per la trasposizione ondosa da largo ai pressi dell'imboccatura portuale, questo intervallo risulta sufficiente per lo sviluppo del moto ondoso in tutto il dominio di calcolo.

Il passo successivo è stato impostare un "time step" sufficiente a garantire la stabilità del modello. Nel caso in esame si è scelto un "time step" pari ad un secondo.

3.4. Risultati delle simulazioni

I risultati del modello SW, mostrati nelle figure seguenti, presentano i valori di altezza significativa dell'onda per le onde in ingresso. Questi valori sono quelli relativi all'ultimo time-step della simulazione in quanto sono quelli che presentano la situazione di campo di moto ondoso completamente sviluppato e che quindi non risente delle condizioni iniziali di simulazione.

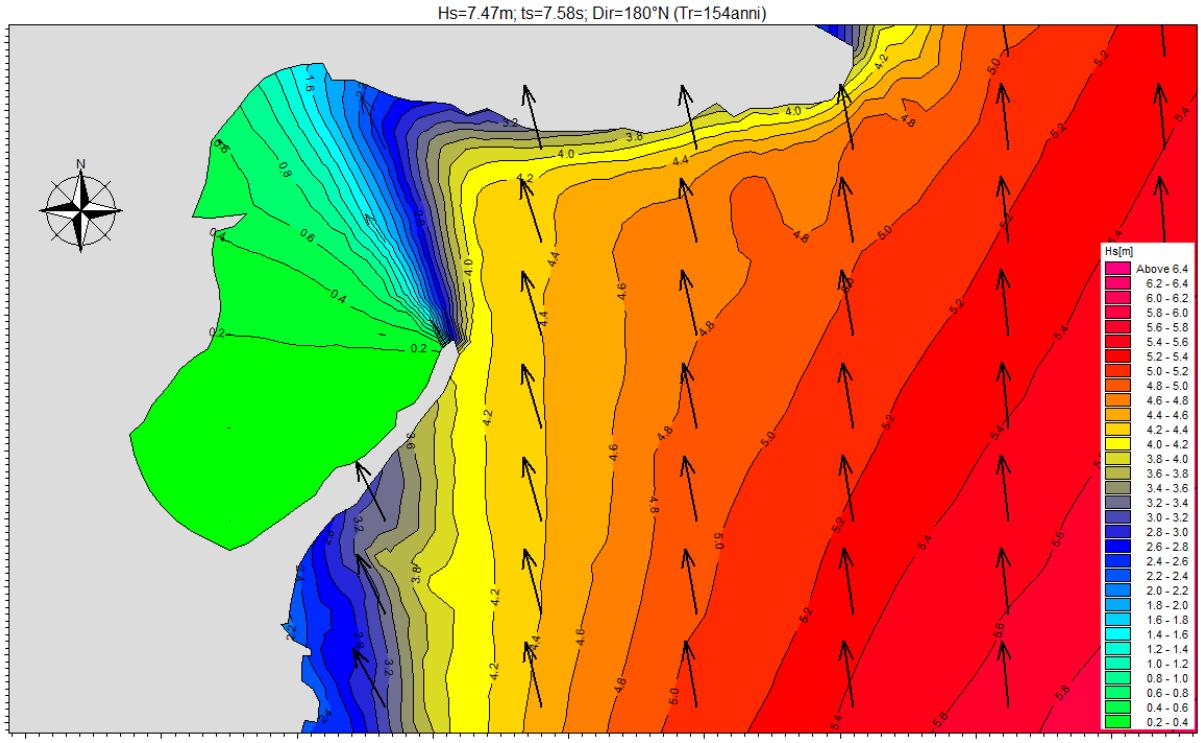


Figura 4. Tr=154 anni

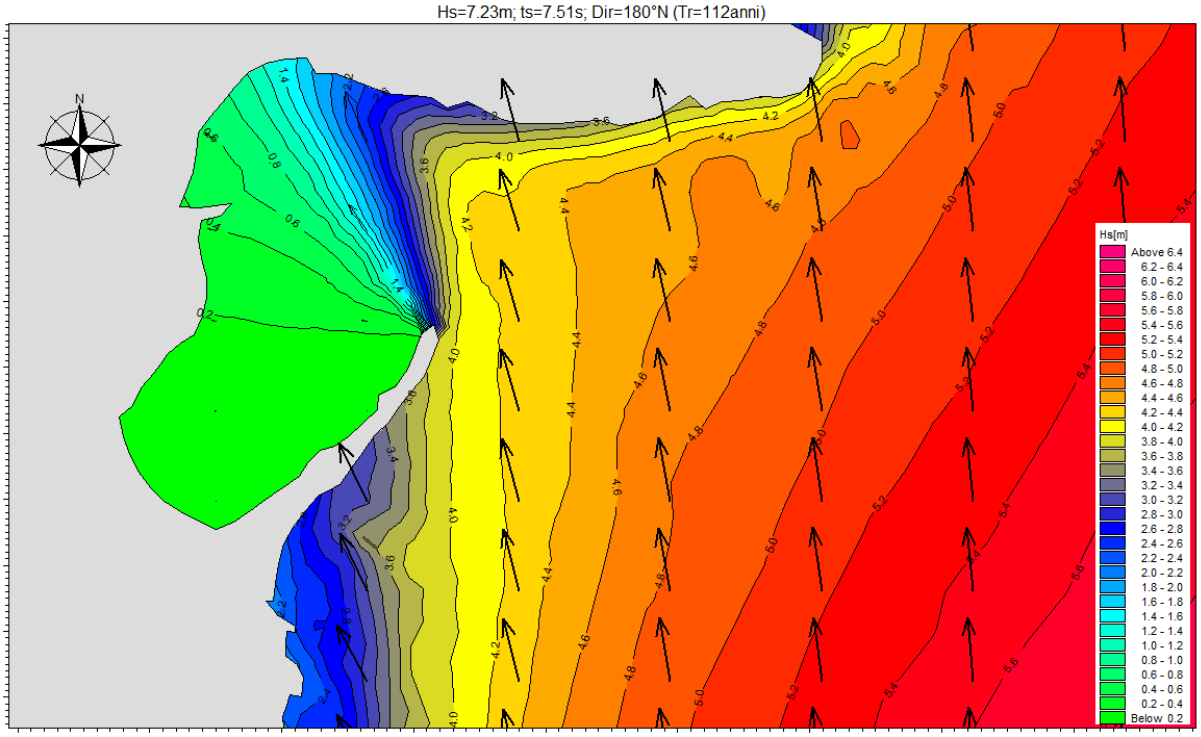


Figura 5. Tr=112 anni

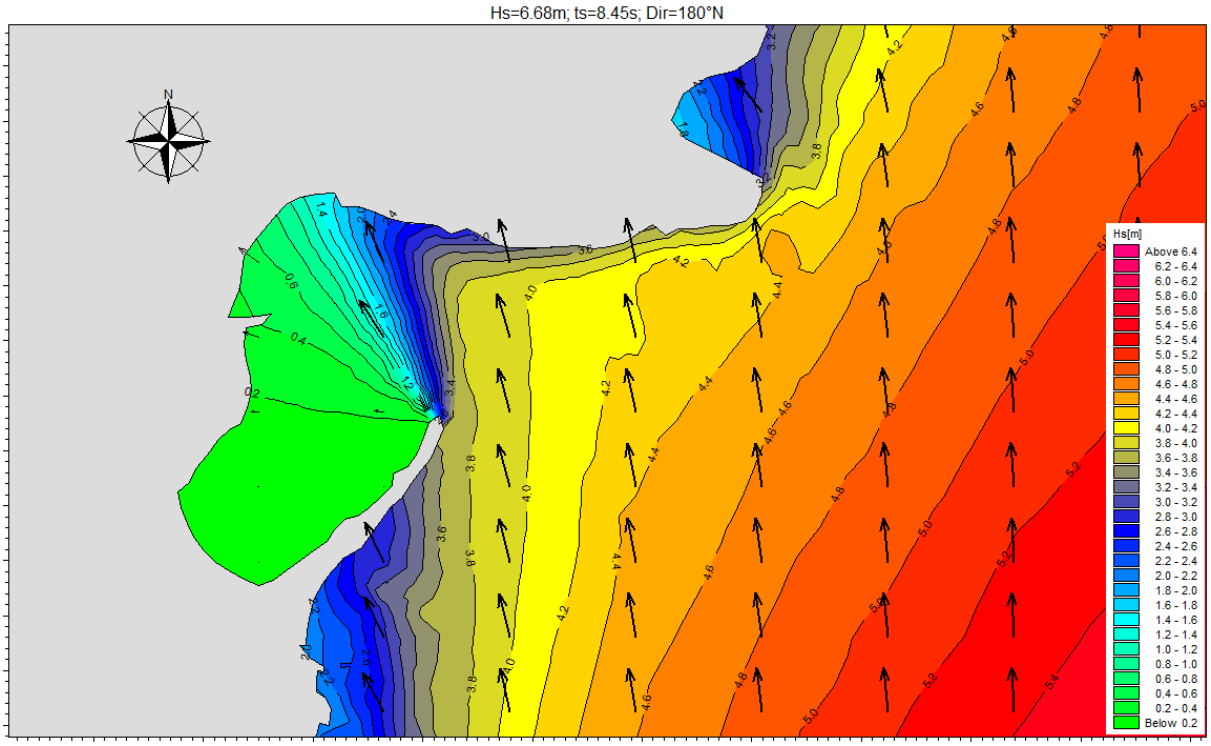


Figura 6. Tr=50 anni

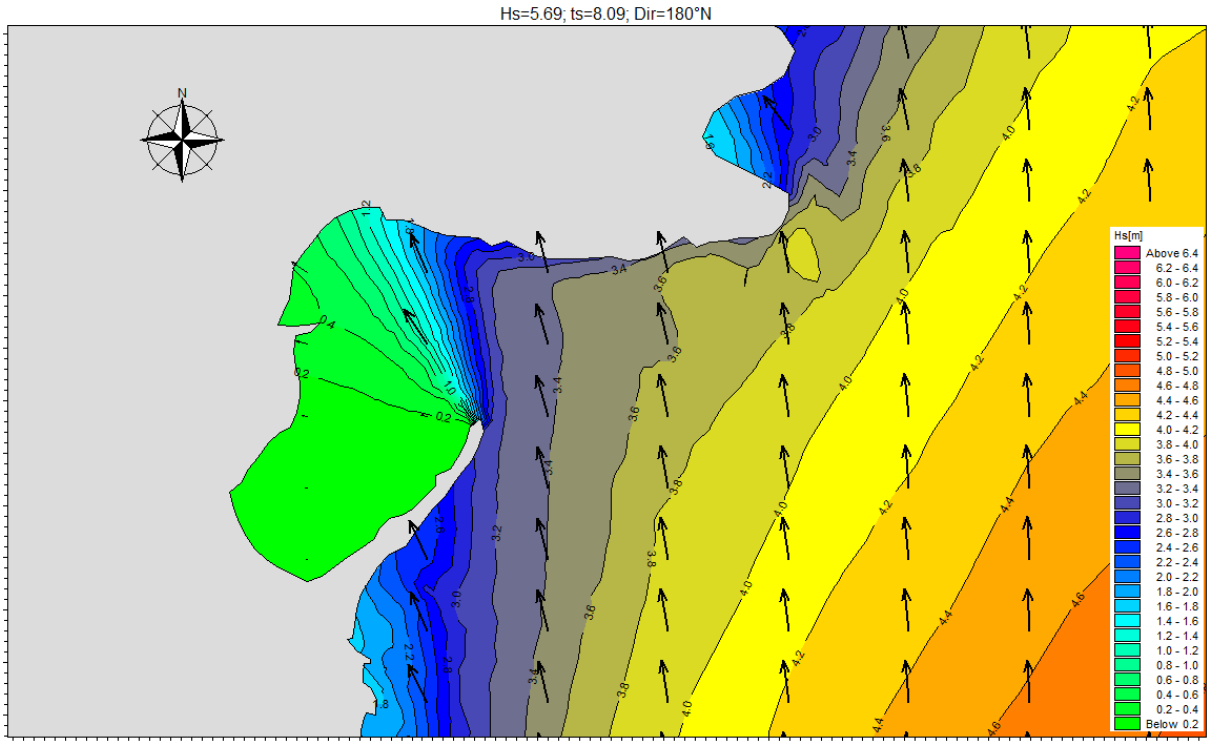


Figura 7. Tr=10 anni

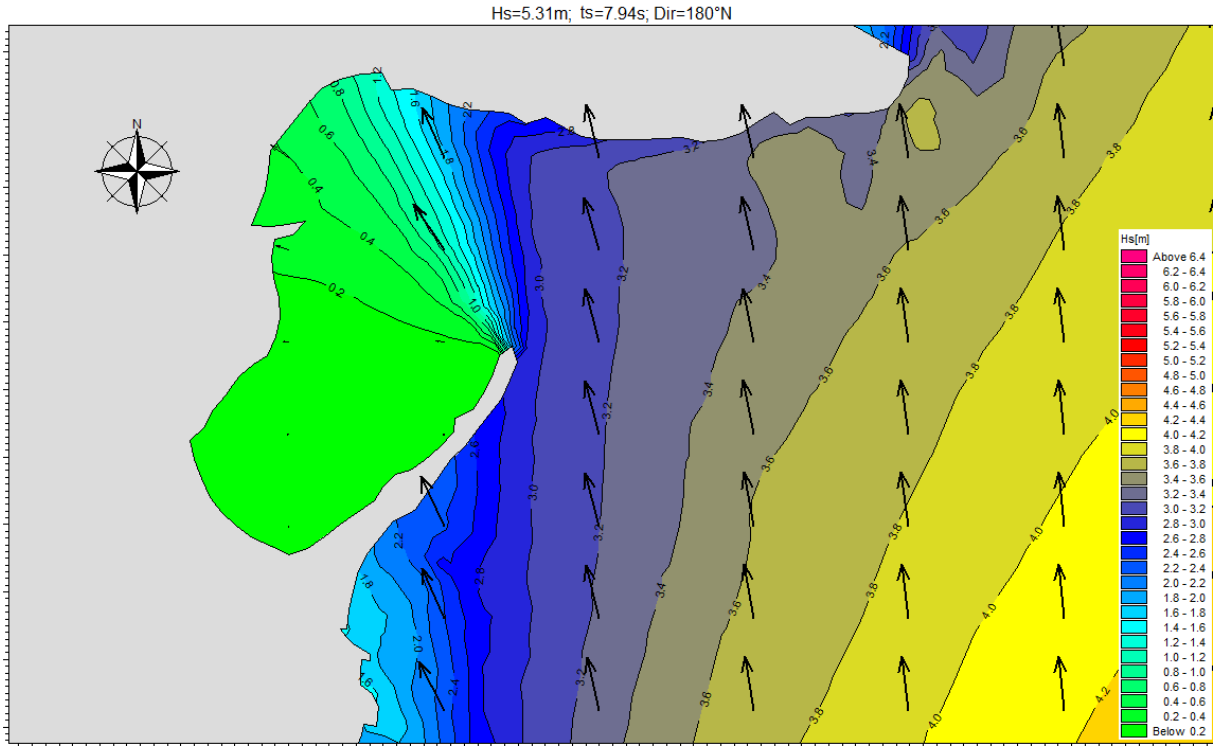


Figura 8. Tr=5 anni

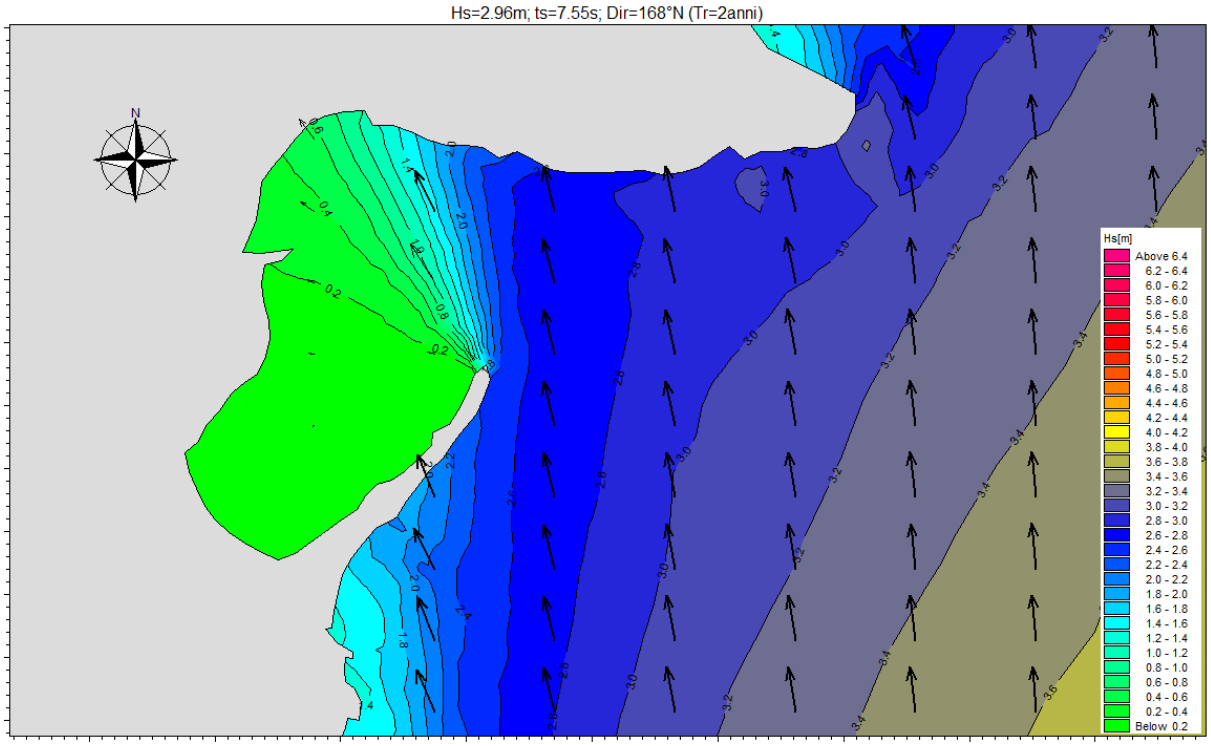


Figura 9. Tr=2anni

Per poter individuare i parametri ondosi utili per il dimensionamento delle opere di difesa sono state calcolate le altezze d'onda in prossimità di esse:

Direzione al largo [°N]	H largo [m]	ts largo [s]	H[m] Testata	H[m] Tronco	ts[s]	Direzione costa[°N]
180	6.68	8.45	3.75	3.55	8.30	160
150	6.68	8.45	3.45	3.50	8.35	158
120	6.68	8.45	2.05	2.05	8.35	150

Tabella 2. Tr=50 anni diga

Direzione al largo [°N]	H largo [m]	ts largo [s]	H[m] Testata	H[m] Tronco	ts[s]	Direzione costa[°N]
180	7.23	8.64	4.00	3.80	8.52	160
150	7.23	8.64	3.60	3.70	8.50	158
120	7.23	8.64	2.10	2.05	8.50	150

Tabella 3. Tr=112 anni diga

Direzione al largo [°N]	H largo [m]	ts largo [s]	H[m] Testata	H[m] Tronco	ts[s]	Direzione costa[°N]
180	7.47	8.72	4.05	3.80	8.60	160
150	7.47	8.72	4.00	3.80	8.60	158
120	7.47	8.72	2.15	2.07	8.60	150

Tabella 4. Tr=154 anni diga

Direzione al largo [°N]	H largo [m]	ts largo [s]	H[m] barriera	ts costa[a]	Direzione costa[°N]
180	6.68	8.45	2.66	8.34	139
150	6.68	8.45	3.13	8.33	137
120	6.68	8.45	1.60	8.36	136

Tabella 5. Tr=50 anni barriera soffolta

Direzione al largo [°N]	H largo [m]	ts largo [s]	H[m] barriera	ts costa[a]	Direzione costa[°N]
180	7.23	8.64	2.90	8.51	138
150	7.23	8.64	3.37	8.51	137
120	7.23	8.64	1.74	8.54	135

Tabella 6. Tr=112 anni barriera soffolta

Direzione al largo [°N]	H largo [m]	ts largo [s]	H[m] barriera	ts costa[a]	Direzione costa[°N]
180	7.47	8.72	3.00	8.59	138
150	7.47	8.72	3.48	8.59	137
120	7.47	8.72	1.80	8.62	135

Tabella 7. Tr=154 anni barriera soffolta

4. CONCLUSIONI

Il presente studio è stato redatto per poter conoscere l'altezza d'onda in prossimità del porto di Santa Margherita Ligure e valutare così l'efficienza delle proposte progettuali.

Le condizioni ondose in ingresso sono state determinate dallo studio meteomarino.

Da tale studio è state individuate diverse onde rilevanti ai fini della progettazione delle opere di difesa, provenienti da Sud - Ovest (205 - 265°N).

E' stato utilizzato il modello numerico MIKE 21 SW che è basato sulla risoluzione numerica nel dominio e nel tempo dell'equazione di bilancio dell'azione delle onde per la propagazione dell'onda da largo a riva (in prossimità dell'imboccatura portuale). Tale modello è in grado di simulare la crescita dell'onda per effetto del vento, l' interazione non lineare tra le onde, la dissipazione dovuta al *white capping*, la dissipazione dovuta all'attrito con il fondo, il frangimento dell'onda su profondità limitate, la rifrazione e shoaling dovuti alla batimetria, la diffrazione e la riflessione semplice. Da tale studio si sono potuti individuare i parametri d'onda in prossimità delle opere di difesa che risultano essere:

Tr[anni]	Hs testata [m]	Ts testata [s]	Dir[°N]
154	4.05	8.60	160

Tr[anni]	Hs tronco [m]	Ts tronco [s]	Dir[°N]
154	3.80	8.60	160

Tr[anni]	Hs barriera [m]	Ts barriera [s]	Dir[°N]
154	3.48	8.59	137

Ai fini dell'individuazione dei vari parametri ondosi in prossimità dell'imboccatura portuale utili agli studi di agitazione ondosa interna al porto di Santa Margherita Ligure si è stimato il modo ondoso avente tempo di ritorno pari a 2, 5,10 e 50 anni.

Tr[anni]	Hs[m]	tp[s]	Dir[°N]
2	2.96	7.55	168
5	3.45	7.90	168
10	3.69	8.01	168
50	4.30	8.40	167

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1. Vista aerea del porto di Santa Margherita Ligure 1

Figura 2. Batimetria 4

Figura 3. Griglia di calcolo 5

Figura 4. Tr=154 anni 6

Figura 5. Tr=112 anni 7

Figura 6. Tr=50 anni 7

Figura 7. Tr=10 anni 8

Figura 8. Tr=5 anni 8

Figura 9. Tr=2anni 9

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1. Tabella dati ondosi 2

Tabella 2. Tr=50 anni diga 10

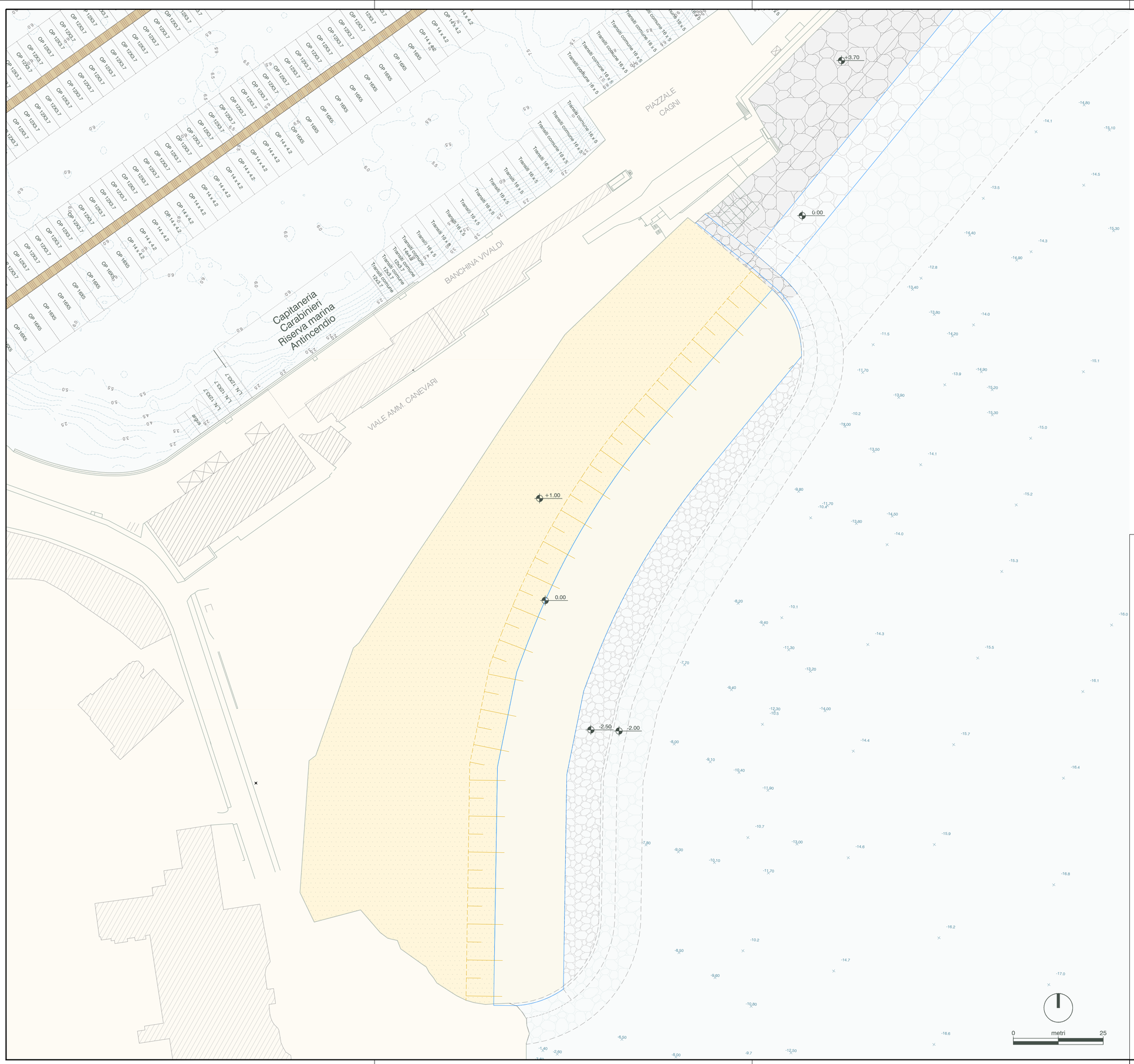
Tabella 3. Tr=112 anni diga 10

Tabella 4. Tr=154 anni diga 10

Tabella 5. Tr=50 anni barriera soffolta..... 11

Tabella 6. Tr=112 anni barriera soffolta..... 11

Tabella 7. Tr=154 anni barriera soffolta..... 11



PROGETTO: PROGETTO DEFINITIVO PORTO DI SANTA MARGHERITA LIGURE
MESSA IN SICUREZZA ED ADEGUAMENTO FUNZIONALE CON RIQUALIFICAZIONE DEGLI ORMEGGI E DEL LITORALE SUD

SOGGETTO PROMOTORE: SANTA BENESSERE & SOCIAL S.p.a.
Santa Benessere & Social S.p.a. T +39 0185 320868
Piazza Mazzini, 12 F +39 0185 323189
16045 Chiavari (GE) E mfelugo@yahoo.it
PRESIDENTE: Maurizio Felugo - PROJECT MANAGER: Ing. Pietro Zanoni - ASSISTENZA TECNICA: Arch. Gio Gozzi

ARCHITETTURA: OBR
Open Building Research S.r.l. T +39 02 84268200
Via Ciovasso, 4 F +39 02 8268250
20121 Milano E info@obr.eu
RESPONSABILE: Arch. Paolo Brescia - COORDINAMENTO: Arch. Andrea Casetto

INGEGNERIA IDRAULICO-MARITTIMA: ACQUATECNO
Acquatecno S.r.l. T +39 06 44702081
Via Ajaccio, 14 F +39 06 44704906
00198 Roma E info@acquatecno.it
RESPONSABILE: Ing. Paolo Turbolente

INGEGNERIA STRUTTURALE: MILAN INGEGNERIA
Milan Ingegneria S.r.l. T +39 02 36798890
Via Thaon di Revel, 21 F +39 02 36798892
20159 Milano E info@buromilan.com
RESPONSABILE: Ing. Maurizio Milan

INGEGNERIA IMPIANTISTICA, PREVENZIONE INCENDI E SICUREZZA: UNITED CONSULTING
United Consulting T + 39 02 45397370
Via Thaon di Revel, 21 E info@unitedconsulting.it
20152 Milano
RESPONSABILE: Ing. Luca Giannelli

DOCUMENTI TECNICO-ECONOMICI: GAD
Global Assistance Development S.r.l. T +39 02 29005672
via Maurizio Quadrio, 12 F +39 02 65560517
20154 Milano E info@gadstudio.e
RESPONSABILE: Geom. Gianpiero Aresi

URBANISTICA: ARCH. CARLO BERIO
Arch. Carlo Berio T +39 010 8398483
Piazza Marsala, 13 E carloberio@studioberio.it
16122 Genova
RESPONSABILE: Arch. Carlo Berio

CONSULENZA LEGALE: IADEVAIA
Iadevaia - Studio Legale e Tributario T +39 02 92801820
Via Giacomo Leopardi, 21 F +39 02 92801820
20123 Milano E alberto@iadevaia.it
RESPONSABILE: Avv. Alberto Iadevaia

RILIEVO: GEO-T.E.C.
GEO-T.E.C. Studio Tecnico Topografico Associato T +39 0185 62830
Corso Italia, 9 int.2 F +39 0185 1831378
16035 Rapallo (GE) E geotec@geotecrapallo.it
RESPONSABILE: Geom. Paolo Ghigliotti

GEOLOGIA E AMBIENTE: GEOLAMBDA
Geolambda Engineering S.r.l T +39 0377 433021
Via A. Diaz, 22 F +39 0377 402035
26845 Codogno (LO) E segreteria@geolambda.it
RESPONSABILE: Geol. Marco Daguati

ARCHEOLOGIA: STUDIUM S.A.S. ARCHEOLOGIA
Studium S.a.s. Archeologia T +39 011 855666
Via Marco Polo, 32 bis F +39 011 855666
10129 Torino E info@studiumarcheologia.com
RESPONSABILE: Dott.ssa Frida Occelli

TITOLO ELABORATO:

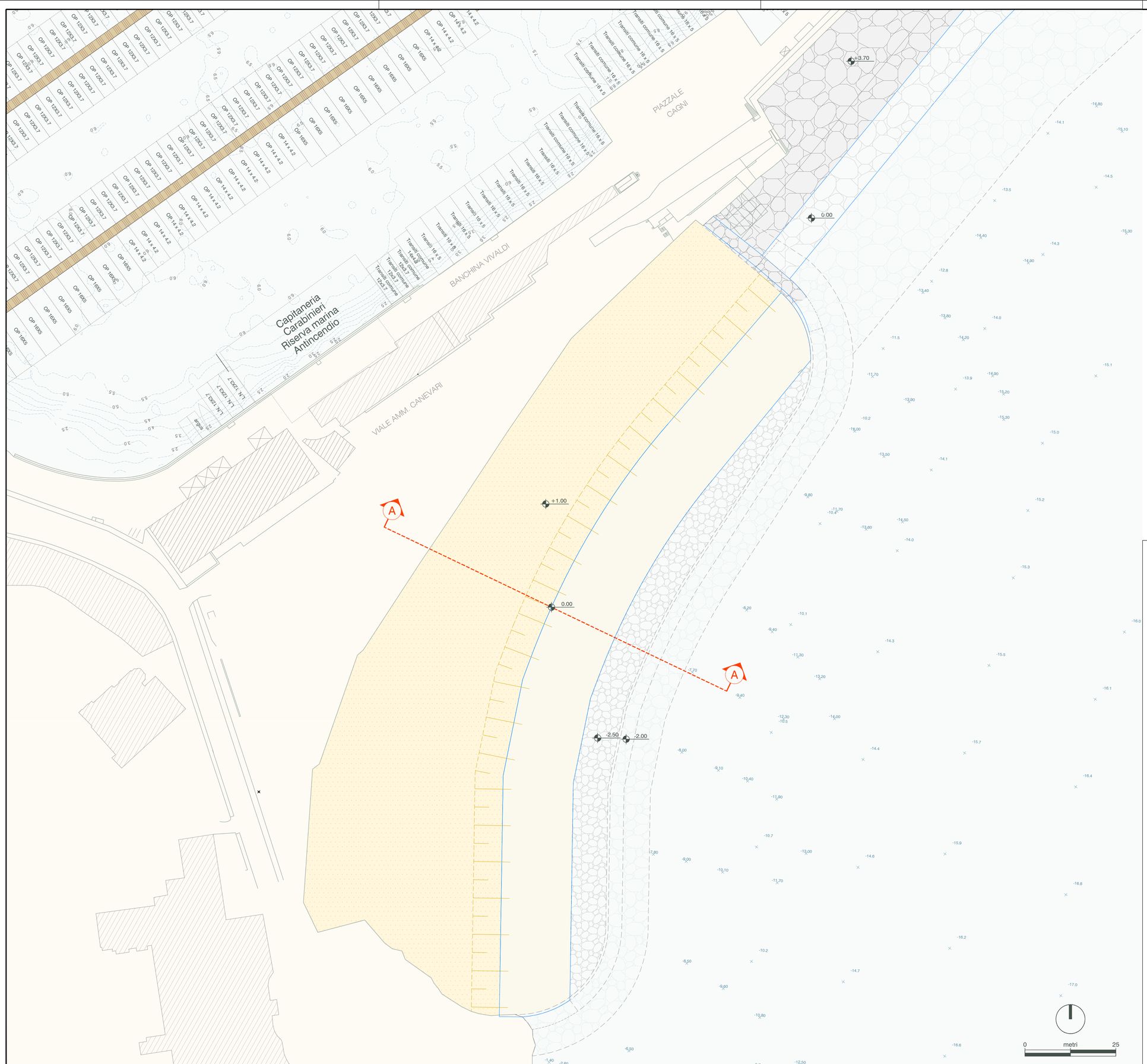
Opere Marittime
Intervento di ripascimento
Planimetria generale

CODICE PROGETTO	LIVELLO PROGETTAZIONE	DISCIPLINA	QUADRANTE	NUMERO ELABORATO	REVISIONE
079	PD	OM	-	2002	-

NOME FILE	SCALA	EMESSO DA	DATA PRIMA EMISSIONE	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO
079_PD_OM_2002.dwg	1:500	ACQ	04-12-2017	P. Turbolente	P.Turbolente	P.Turbolente

REVISIONI:

NUMERO REVISIONE	DATA REVISIONE	OGGETTO REVISIONE	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO



PROGETTO:	**PROGETTO DEFINITIVO PORTO DI SANTA MARGHERITA LIGURE** **MESSA IN SICUREZZA ED ADEGUAMENTO FUNZIONALE CON RIQUALIFICAZIONE DEGLI ORMEGGI E DEL LITORALE SUD**
SOGGETTO PROMOTORE:	**SANTA BENESSERE & SOCIAL S.p.a.** Santa Benessere & Social S.p.a. T +39 0185 320868 Piazza Mazzini, 12 F +39 0185 323189 16045 Chiavari (GE) E mfelugo@yahoo.it PRESIDENTE: Maurizio Felugo - PROJECT.MANAGER: Ing. Pietro Zanoni - ASSISTENZA TECNICA: Arch. Gio Gozzi
ARCHITETTURA:	**OBR** Open Building Research S.r.l. T +39 02 84268200 Via Crivasso, 4 F +39 02 8268250 20121 Milano E info@obr.eu RESPONSABILE: Arch. Paolo Brescia - COORDINAMENTO: Arch. Andrea Casetto
INGEGNERIA IDRAULICO-MARITTIMA:	**ACQUATECNO** Acquatecno S.r.l. T +39 06 44702081 Via Ajaccio, 14 F +39 06 44704906 00198 Roma E info@acquatecno.it RESPONSABILE: Ing. Paolo Turbolente
INGEGNERIA STRUTTURALE:	**MILAN INGEGNERIA** Milan Ingegneria S.r.l. T +39 02 36798890 Via Thaon di Revel, 21 F +39 02 36798892 20159 Milano E info@buromilan.com RESPONSABILE: Ing. Maurizio Milan
INGEGNERIA IMPIANTISTICA, PREVENZIONE INCENDI E SICUREZZA:	**UNITED CONSULTING** United Consulting T + 39 02 45397370 Via Thaon di Revel, 21 E info@unitedconsulting.it 20152 Milano RESPONSABILE: Ing. Luca Giannelli
DOCUMENTI TECNICO-ECONOMICI:	**GAD** Global Assistance Development S.r.l. T +39 02 29005672 via Maurizio Quadrio, 12 F +39 02 65560517 20154 Milano E info@gadstudio.e RESPONSABILE: Geom. Gianpiero Aresi
URBANISTICA:	**ARCH. CARLO BERIO** Arch. Carlo Berio T +39 010 8398483 Piazza Marsala, 13 E carloberio@studioberio.it 16122 Genova RESPONSABILE: Arch. Carlo Berio
CONSULENZA LEGALE:	**IADEVAIA** Iadevaia - Studio Legale e Tributario T +39 02 92801820 Via Giacomo Leopardi, 21 F +39 02 92801820 20123 Milano E alberto@iadevaia.it RESPONSABILE: Avv. Alberto Iadevaia
RILIEVO:	**GEO-T.E.C.** GEO-T.E.C. Studio Tecnico Topografico Associato T +39 0185 62830 Corso Italia, 9 Int.2 F +39 0185 1831378 16035 Rapallo (GE) E geotec@geotecrapallo.it RESPONSABILE: Geom. Paolo Ghiglietti
GEOLOGIA E AMBIENTE:	**GEOLAMBDA** Geolambda Engineering S.r.l T +39 0377 433021 Via A. Diaz, 22 F +39 0377 402035 26845 Codogno (LO) E segreteria@geolambda.it RESPONSABILE: Geol. Marco Daguati
ARCHEOLOGIA:	**STUDIUM S.A.S. ARCHEOLOGIA** Studium S.a.s. Archeologia T +39 011 855666 Via Marco Polo, 32 bis F +39 011 855666 10129 Torino E info@studiumarcheologia.com RESPONSABILE: Dott.ssa Frida Occelli
TITOLO ELABORATO:	Opere Marittime Intervento di ripascimento Planimetria ubicaz. sezione tipo

CODICE PROGETTO	LIVELLO PROGETTAZIONE	DISCIPLINA	QUADRANTE	NUMERO ELABORATO	REVISIONE
079	PD	OM	-	2003	-

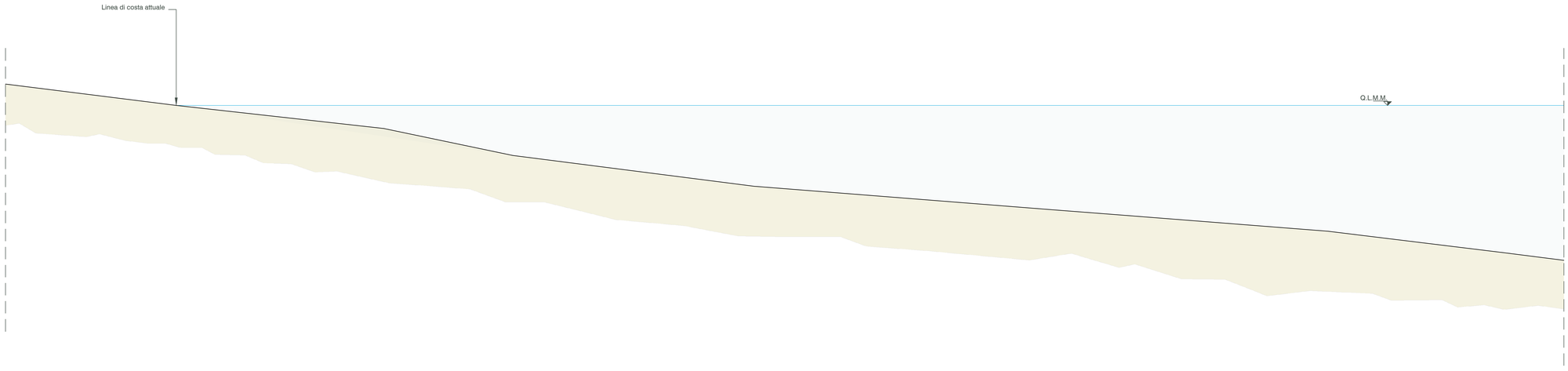
NOME FILE	SCALA	EMESSO DA	DATA PRIMA EMISSIONE	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO
079_PD_OM_2003.dwg	1:500	ACQ	04-12-2017	P. Turbolente	P. Turbolente	P. Turbolente

REVISIONI:

NUMERO REVISIONE	DATA REVISIONE	OGGETTO REVISIONE	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO

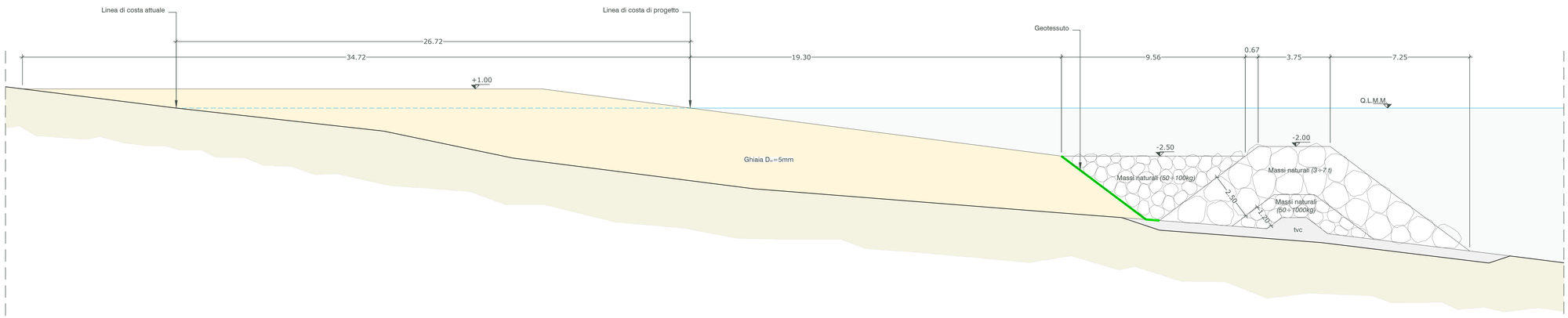
Sezione A-A

Scala 1:100 - Stato Attuale



Sezione A-A

Scala 1:100 - Progetto



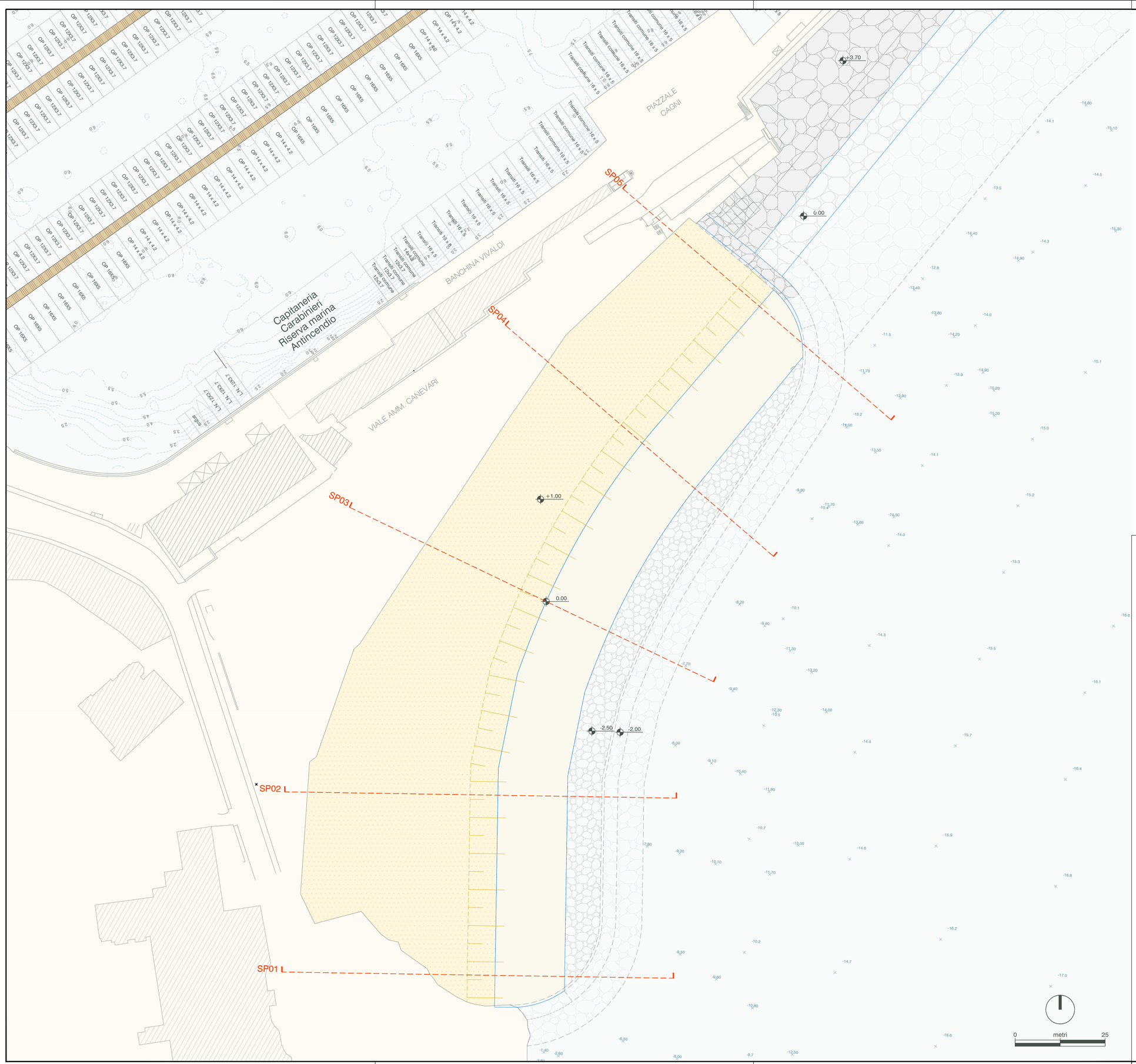
PROGETTO:	**PROGETTO DEFINITIVO PORTO DI SANTA MARGHERITA LIGURE** **MESSA IN SICUREZZA ED ADEGUAMENTO FUNZIONALE CON RIQUALIFICAZIONE DEGLI ORMEGGI E DEL LITORALE SUD**
SOGGETTO PROMOTORE:	**SANTA BENESSERE & SOCIAL S.p.a.** Santa Benessere & Social S.p.a. Piazza Mazzini, 12 16040 Chiavari (GE) T +39 0185 320968 F +39 0185 323189 E mfelugo@yahoo.it PRESIDENTE: Maurizio Felugo - PROJECT MANAGER: Ing. Pietro Zanoni - ASSISTENZA TECNICA: Arch. Gio Gozzi
ARCHITETTURA:	**OBR** Open Building Research S.r.l. Via Clovasso, 4 20121 Milano T +39 02 84268200 F +39 02 8268250 E info@obr.eu RESPONSABILE: Arch. Paolo Brescia - COORDINAMENTO: Arch. Andrea Casetto
INGEGNERIA IDRAULICO-MARITTIMA:	**ACQUATECNO** Acquatecno S.r.l. Via Atanion, 14 00196 Roma T +39 06 44702081 F +39 06 44704906 E info@acquatecno.it RESPONSABILE: Ing. Paolo Turbolente
INGEGNERIA STRUTTURALE:	**MILAN INGEGNERIA** Milan Ingegneria S.r.l. Via Thaon di Revel, 21 20159 Milano T +39 02 36798890 F +39 02 36798892 E info@buromilan.com RESPONSABILE: Ing. Maurizio Milan
INGEGNERIA IMPIANTISTICA, PREVENZIONE INCENDI E SICUREZZA:	**UNITED CONSULTING** United Consulting Via Thaon di Revel, 21 20152 Milano T + 39 02 45397370 E info@unitedconsulting.it RESPONSABILE: Ing. Luca Giannelli
DOCUMENTI TECNICO-ECONOMICI:	**GAD** Global Assistance Development S.r.l. via Maurizio Quadrio, 12 20154 Milano T +39 02 29005672 F +39 02 65560017 E info@gadstudio.e RESPONSABILE: Geom. Gianpiero Aresi
URBANISTICA:	**ARCH. CARLO BERIO** Arch. Carlo Berio Piazza Marsala, 13 16122 Genova T +39 010 8398483 E carloberio@studioberio.it RESPONSABILE: Arch. Carlo Berio
CONSULENZA LEGALE:	**IADEVAIA** Iadevaia - Studio Legale e Tributario Via Giacomo Leopardi, 21 20123 Milano T +39 02 92801820 F +39 02 92801820 E alberto@iadevaia.it RESPONSABILE: Avv. Alberto Iadevaia
RILIEVO:	**GEO.T.E.C.** GEO.T.E.C. Studio Tecnico Topografico Associato Corso Italia, 9 int.2 16035 Rapallo (GE) T +39 0185 62830 F +39 0185 1831378 E geotec@geotecrapallo.it RESPONSABILE: Geom. Paolo Ghiglotti
GEOLOGIA E AMBIENTE:	**GEOLAMBDA** Geolambda Engineering S.r.l Via A. Diaz, 22 26845 Codogno (LO) T +39 0377 433021 F +39 0377 402035 E segreteria@geolambda.it RESPONSABILE: Geol. Marco Daguati
ARCHEOLOGIA:	**STUDIUM S.A.S. ARCHEOLOGIA** Studium S.a.s. Archeologia Via Marco Polo, 32 bis 10129 Torino T +39 011 855666 F +39 011 855666 E info@studiumarcheologia.com RESPONSABILE: Dott.ssa Frida Occelli
TITOLO ELABORATO:	Opere Marittime Intervento di ripascimento Sezione Tipo A-A

CODICE PROGETTO	LIVELLO PROGETTAZIONE	DISCIPLINA	QUADRANTE	NUMERO ELABORATO	REVISIONE
079	PD	OM	-	2004	-

NOME FILE	SCALA	EMESSO DA	DATA PRIMA EMISSIONE	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO
079_PD_OM_2004.dwg	1:100	ACQ	04-12-2017	P.Turbolente	P.Turbolente	P.Turbolente

REVISIONI:

NUMERO REVISIONE	DATA REVISIONE	OGGETTO REVISIONE	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO



PROGETTO:	**PROGETTO DEFINITIVO PORTO DI SANTA MARGHERITA LIGURE** **MESSA IN SICUREZZA ED ADEGUAMENTO FUNZIONALE CON RIQUALIFICAZIONE DEGLI ORMEGGI E DEL LITORALE SUD**
SOGGETTO PROMOTORE:	**SANTA BENESSERE & SOCIAL S.p.a.** Santa Benessere & Social S.p.a. T +39 0185 320868 Piazza Mazzini, 12 F +39 0185 323189 16045 Chiavari (GE) E mfelugo@yahoo.it PRESIDENTE: Maurizio Felugo - PROJECT MANAGER: Ing. Pietro Zanoni - ASSISTENZA TECNICA: Arch. Gio Gozzi
ARCHITETTURA:	**OBR** Open Building Research S.r.l. T +39 02 84268200 Via Cavasso, 4 F +39 02 8268250 20121 Milano E info@obr.eu RESPONSABILE: Arch. Paolo Brescia - COORDINAMENTO: Arch. Andrea Casetto
INGEGNERIA IDRAULICO-MARITTIMA:	**ACQUATECNO** Acquatecno S.r.l. T +39 06 44702081 Via Ajaccio, 14 F +39 06 44704906 00198 Roma E info@acquatecno.it RESPONSABILE: Ing. Paolo Turbolente
INGEGNERIA STRUTTURALE:	**MILAN INGEGNERIA** Milan Ingegneria S.r.l. T +39 02 36798890 Via Thaon di Revel, 21 F +39 02 36798892 20159 Milano E info@buromilan.com RESPONSABILE: Ing. Maurizio Milan
INGEGNERIA IMPIANTISTICA, PREVENZIONE INCENDI E SICUREZZA:	**UNITED CONSULTING** United Consulting T + 39 02 45397370 Via Thaon di Revel, 21 E info@unitedconsulting.it 20152 Milano RESPONSABILE: Ing. Luca Giannelli
DOCUMENTI TECNICO-ECONOMICI:	**GAD** Global Assistance Development S.r.l. T +39 02 29005672 via Maurizio Quadrio, 12 F +39 02 65580517 20154 Milano E info@gadstudio.e RESPONSABILE: Geom. Gianpiero Aresi
URBANISTICA:	**ARCH. CARLO BERIO** Arch. Carlo Berio T +39 010 8398483 Piazza Marsala, 13 E carloberio@studioberio.it 16122 Genova RESPONSABILE: Arch. Carlo Berio
CONSULENZA LEGALE:	**IADEVAIA** Iadevaia - Studio Legale e Tributario T +39 02 92801820 Via Giacomo Leopardi, 21 F +39 02 92801820 20123 Milano E alberto@iadevaia.it RESPONSABILE: Avv. Alberto Iadevaia
RILIEVO:	**GEO-T.E.C.** GEO-T.E.C. Studio Tecnico Topografico Associato T +39 0185 62830 Corso Italia, 9 int.2 F +39 0185 1831378 16035 Rapallo (GE) E geotec@geotecrapallo.it RESPONSABILE: Geom. Paolo Ghigliotti
GEOLOGIA E AMBIENTE:	**GEOLAMBDA** Geolambda Engineering S.r.l T +39 0377 433021 Via A. Diaz, 22 F +39 0377 422035 26845 Codogno (LO) E segreteria@geolambda.it RESPONSABILE: Geol. Marco Daguati
ARCHEOLOGIA:	**STUDIUM S.A.S. ARCHEOLOGIA** Studium S.a.s. Archeologia T +39 011 855666 Via Marco Polo, 32 bis F +39 011 855666 10129 Torino E info@studiumarcheologia.com RESPONSABILE: Dott.ssa Frida Occelli
TITOLO ELABORATO:	Opere Marittime Intervento di ripascimento Planimetria ubicazione sez di computo

CODICE PROGETTO	LIVELLO PROGETTAZIONE	DISCIPLINA	QUADRANTE	NUMERO ELABORATO	REVISIONE
079	PD	OM	-	2005	-

NOME FILE	SCALA	EMESSO DA	DATA PRIMA EMISSIONE	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO
079_PD_OM_2005.dwg	1:500	ACQ	04-12-2017	P.Turbolente	P.Turbolente	P.Turbolente

REVISIONI:

NUMERO REVISIONE	DATA REVISIONE	OGGETTO REVISIONE	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO

TABELLA AREE	
SEZIONE	SP01
Progressiva	m 0.00
Ghiaia D_{50} 5mm	m² 98.00
Massi naturali 50-100 Kg	m² 22.11
Massi naturali 3-7 t	m² 32.75
TVC	m² 0.71

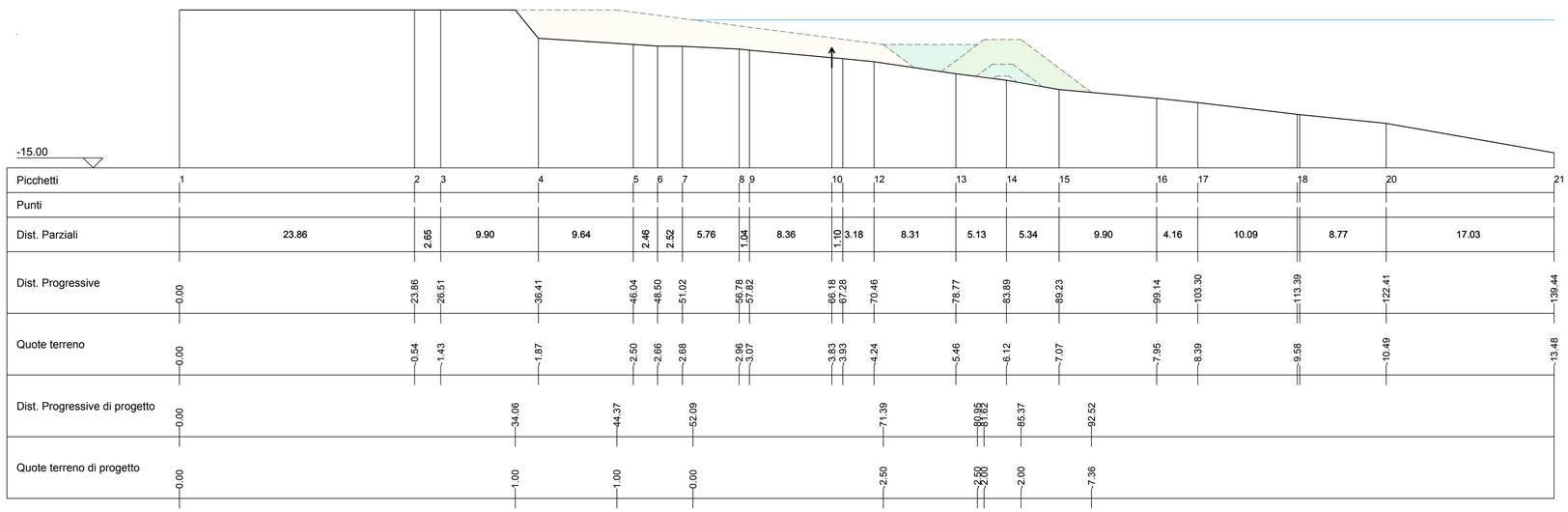
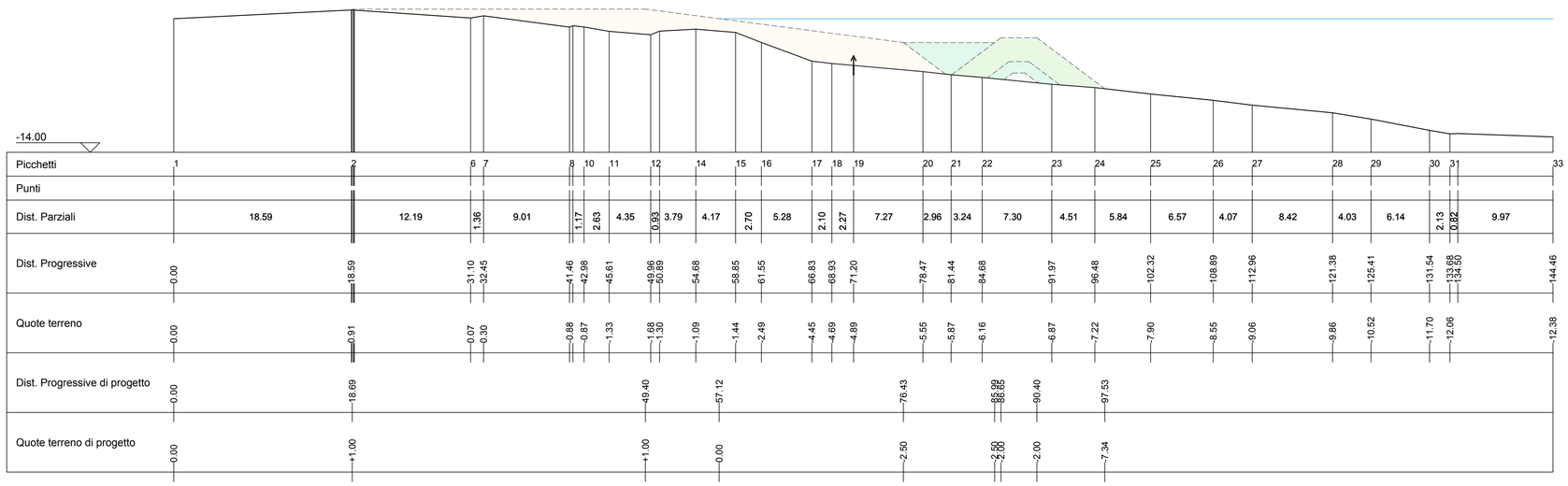


TABELLA AREE	
SEZIONE	SP02
Progressiva	m 50.00
Ghiaia D_{50} 5mm	m² 112.07
Massi naturali 50-100 Kg	m² 24.90
Massi naturali 3-7 t	m² 32.12
TVC	m² 2.03



PROGETTO:	**PROGETTO DEFINITIVO PORTO DI SANTA MARGHERITA LIGURE** **MESSA IN SICUREZZA ED ADEGUAMENTO FUNZIONALE CON RIQUALIFICAZIONE DEGLI ORMEGGI E DEL LITORALE SUD**
SOGGETTO PROMOTORE:	**SANTA BENESSERE & SOCIAL S.p.a.** Santa Benessere & Social S.p.a. T +39 0185 320868 Piazza Mazzini, 12 F +39 0185 323189 16045 Chiavari (GE) E mfelugo@yahoo.it PRESIDENTE: Maurizio Felugo - PROJECT MANAGER: Ing. Pietro Zanoni - ASSISTENZA TECNICA: Arch. Gio Gozzi
ARCHITETTURA:	**QBR** Open Building Research S.r.l. T +39 02 84268200 Via Ciovasso, 4 F +39 02 8268250 20121 Milano E info@obr.eu RESPONSABILE: Arch. Paolo Brescia - COORDINAMENTO: Arch. Andrea Casetto
INGEGNERIA IDRAULICO-MARITTIMA:	**ACQUATECNO** Acquatecno S.r.l. T +39 06 44702081 Via Ajaccio, 14 F +39 06 44704906 00198 Roma E info@acquatecno.it RESPONSABILE: Ing. Paolo Turbolente
INGEGNERIA STRUTTURALE:	**MILAN INGEGNERIA** Milan Ingegneria S.r.l. T +39 02 36798890 Via Thaon di Revel, 21 F +39 02 36798892 20159 Milano E info@buromilan.com RESPONSABILE: Ing. Maurizio Milan
INGEGNERIA IMPIANTISTICA, PREVENZIONE INCENDI E SICUREZZA:	**UNITED CONSULTING** United Consulting T + 39 02 45397370 Via Thaon di Revel, 21 E info@unitedconsulting.it 20152 Milano RESPONSABILE: Ing. Luca Giannelli
DOCUMENTI TECNICO-ECONOMICI:	**GAD** Global Assistance Development S.r.l. T +39 02 29005672 via Maurizio Quadrio, 12 F +39 02 65560517 20154 Milano E info@gadstudio.e RESPONSABILE: Geom. Gianpiero Aresi
URBANISTICA:	**ARCH. CARLO BERIO** Arch. Carlo Berio T +39 010 8398483 Piazza Marsala, 13 E carloberio@studioberio.it 16122 Genova RESPONSABILE: Arch. Carlo Berio
CONSULENZA LEGALE:	**IADEVAIA** Iadevaia - Studio Legale e Tributario T +39 02 92801820 Via Giacomo Leopardi, 21 F +39 02 92801820 20123 Milano E alberto@iadevaia.it RESPONSABILE: Avv. Alberto Iadevaia
RILIEVO:	**GEO-T.E.C.** GEO-T.E.C. Studio Tecnico Topografico Associato T +39 0185 62830 Corso Italia, 9 int.2 F +39 0185 1831378 16035 Rapallo (GE) E geotec@geotecrapallo.it RESPONSABILE: Geom. Paolo Ghiglotti
GEOLOGIA E AMBIENTE:	**GEOLAMBDA** Geolambda Engineering S.r.l T +39 0377 433021 Via A. Diaz, 22 F +39 0377 402035 26845 Codogno (LO) E segreteria@geolambda.it RESPONSABILE: Geol. Marco Daguati
ARCHEOLOGIA:	**STUDIUM S.A.S. ARCHEOLOGIA** Studium S.a.s. Archeologia T +39 011 855666 Via Marco Polo, 32 bis F +39 011 855666 10129 Torino E info@studiumarcheologia.com RESPONSABILE: Dott.ssa Frida Occelli
TITOLO ELABORATO:	Opere Marittime Intervento di ripascimento Sezione di computo SP01 - SP02

CODICE PROGETTO	LIVELLO PROGETTAZIONE	DISCIPLINA	QUADRANTE	NUMERO ELABORATO	REVISIONE
079	PD	OM	-	2006	-

NOME FILE	SCALA	EMESSO DA	DATA PRIMA EMISSIONE	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO
079_PD_OM_2006_0.dwg	1:300	ACQ	04-12-2017	P.Turbolente	P.Turbolente	P.Turbolente

REVISIONI:

NUMERO REVISIONE	DATA REVISIONE	OGGETTO REVISIONE	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO

TABELLA AREE	
SEZIONE	SP03
Progressiva	m 105.4
Ghiaia D_{∞} 5mm	m² 148.56
Massi naturali 50-100 Kg	m² 24.45
Massi naturali 3-7 t	m² 34.90
TVC	m² 1.55

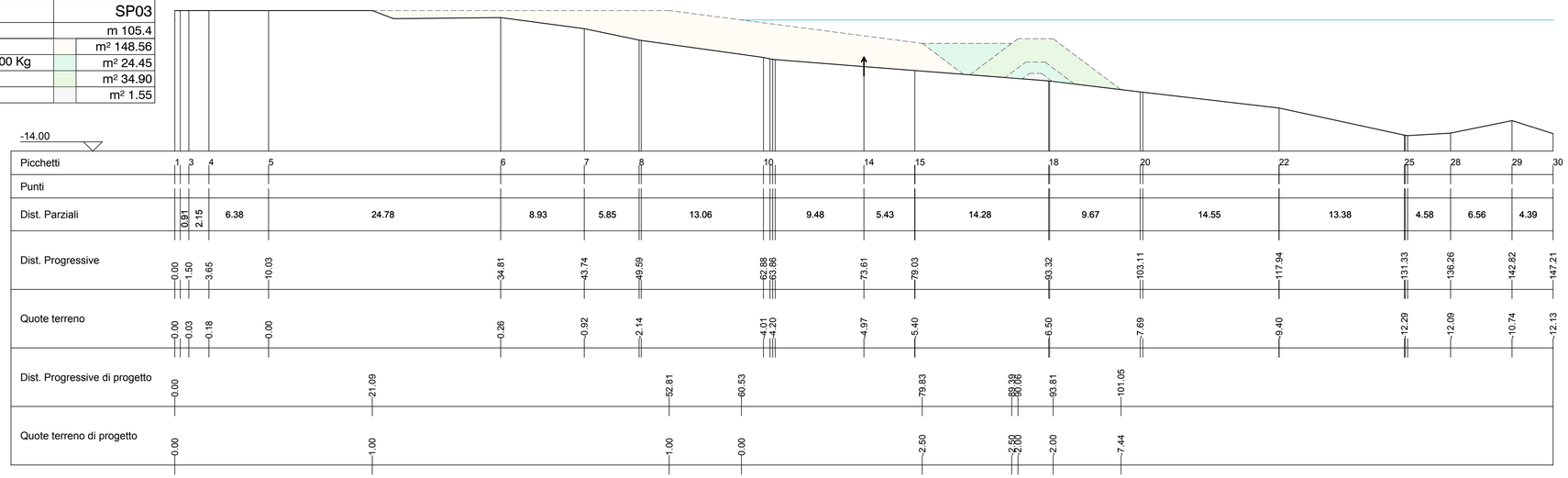


TABELLA AREE	
SEZIONE	SP04
Progressiva	m 156.70
Ghiaia D_{∞} 5mm	m² 160.00
Massi naturali 50-100 Kg	m² 28.72
Massi naturali 3-7 t	m² 43.55
TVC	m² 6.47

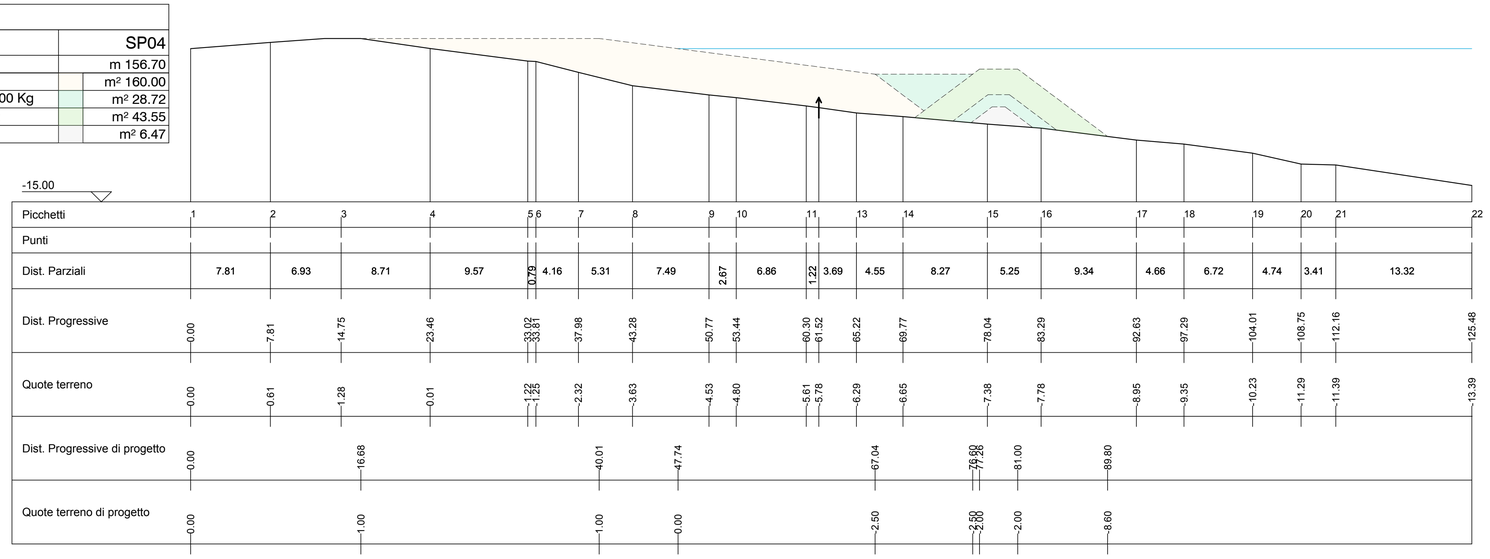
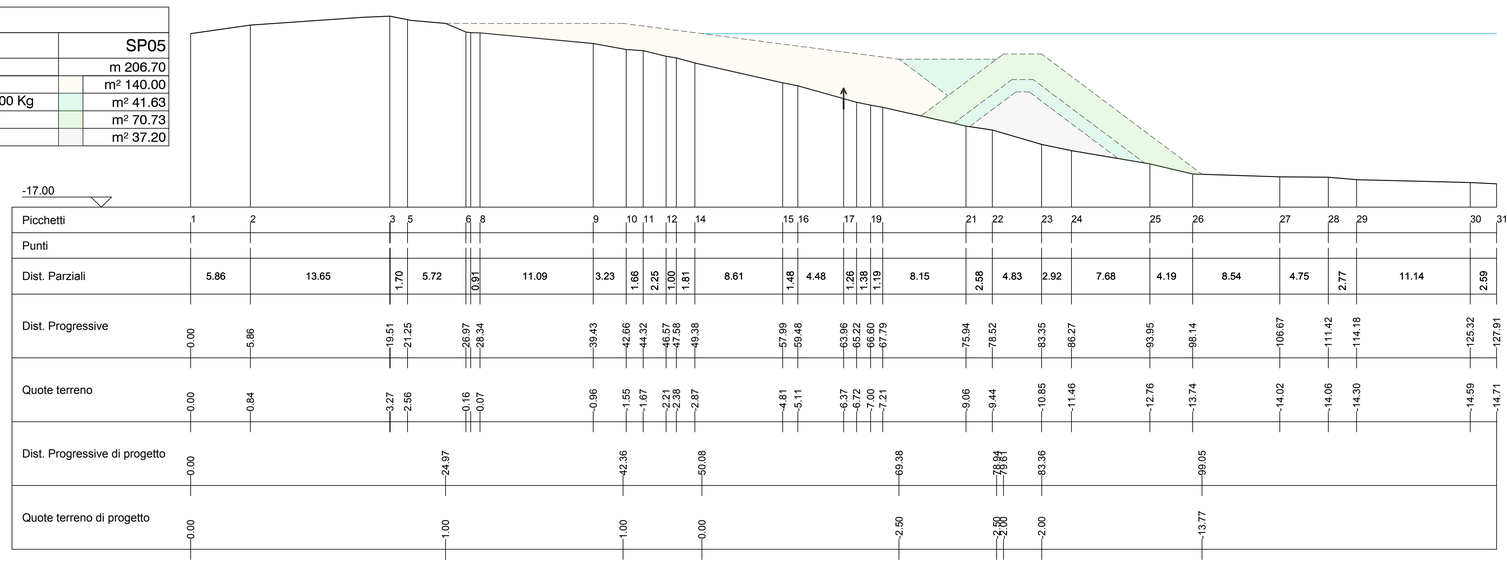


TABELLA AREE	
SEZIONE	SP05
Progressiva	m 206.70
Ghiaia D_{∞} 5mm	m² 140.00
Massi naturali 50-100 Kg	m² 41.63
Massi naturali 3-7 t	m² 70.73
TVC	m² 37.20



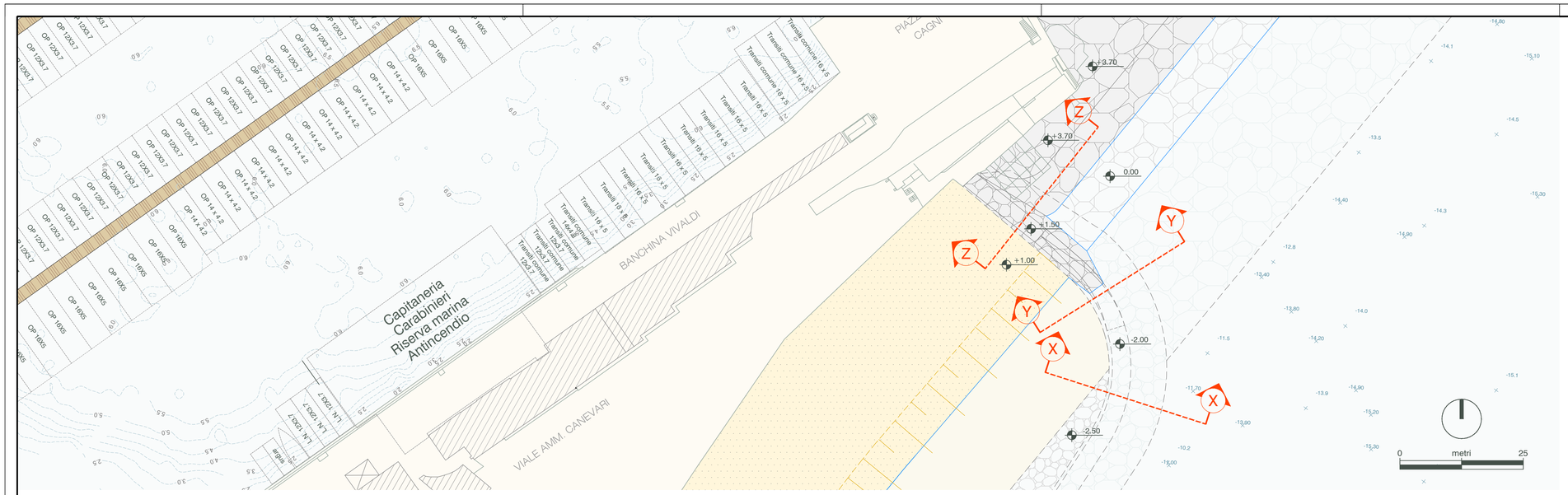
PROGETTO:	**PROGETTO DEFINITIVO PORTO DI SANTA MARGHERITA LIGURE** **MESSA IN SICUREZZA ED ADEGUAMENTO FUNZIONALE CON RIQUALIFICAZIONE DEGLI ORMEGGI E DEL LITORALE SUD**
SOGGETTO PROMOTORE:	**SANTA BENESSERE & SOCIAL S.p.a.** Santa Benessere & Social S.p.a. T +39 0185 320868 Piazza Mazzini, 12 F +39 0185 323189 16045 Chiavari (GE) E mfelugo@yahoo.it PRESIDENTE: Maurizio Felugo - PROJECT MANAGER: Ing. Pietro Zanoni - ASSISTENZA TECNICA: Arch. Gio Gozzi
ARCHITETTURA:	**OBR** Open Building Research S.r.l. T +39 02 84268200 Via Ciovasso, 4 F +39 02 8268250 20121 Milano E info@obr.eu RESPONSABILE: Arch. Paolo Brescia - COORDINAMENTO: Arch. Andrea Casetto
INGEGNERIA IDRAULICO-MARITTIMA:	**ACQUATECNO** Acquatecno S.r.l. T +39 06 44702081 Via Ajaccio, 14 F +39 06 44704906 00198 Roma E info@acquatecno.it RESPONSABILE: Ing. Paolo Turbolente
INGEGNERIA STRUTTURALE:	**MILAN INGEGNERIA** Milan Ingegneria S.r.l. T +39 02 36798890 Via Thaon di Revel, 21 F +39 02 36798892 20159 Milano E info@euromilan.com RESPONSABILE: Ing. Maurizio Milan
INGEGNERIA IMPIANTISTICA, PREVENZIONE INCENDI E SICUREZZA:	**UNITED CONSULTING** United Consulting T + 39 02 45397370 Via Thaon di Revel, 21 E info@unitedconsulting.it 20152 Milano RESPONSABILE: Ing. Luca Giannelli
DOCUMENTI TECNICO-ECONOMICI:	**GAD** Global Assistance Development S.r.l. T +39 02 29005672 via Maurizio Quadrio, 12 F +39 02 65560517 20154 Milano E info@gadstudio.e RESPONSABILE: Geom. Gianpiero Aresi
URBANISTICA:	**ARCH. CARLO BERIO** Arch. Carlo Berio T +39 010 8398483 Piazza Marsala, 13 E carloberio@studioberio.it 16122 Genova RESPONSABILE: Arch. Carlo Berio
CONSULENZA LEGALE:	**IADEVAIA** Iadevaia - Studio Legale e Tributario T +39 02 92801820 Via Giacomo Leopardi, 21 F +39 02 92801820 20123 Milano E alberto@iadevaia.it RESPONSABILE: Avv. Alberto Iadevaia
RILIEVO:	**GEO-T.E.C.** GEO-T.E.C. Studio Tecnico Topografico Associato T +39 0185 62830 Corso Italia, 9 int.2 F +39 0185 1831378 16035 Rapallo (GE) E geotec@geotecrapallo.it RESPONSABILE: Geom. Paolo Ghigliotti
GEOLOGIA E AMBIENTE:	**GEOLAMBDA** Geolambda Engineering S.r.l T +39 0377 433021 Via A. Diaz, 22 F +39 0377 402035 26845 Codogno (LO) E segreteria@geolambda.it RESPONSABILE: Geol. Marco Daguati
ARCHEOLOGIA:	**STUDIUM S.A.S. ARCHEOLOGIA** Studium S.a.s. Archeologia T +39 011 855666 Via Marco Polo, 32 bis F +39 011 855666 10129 Torino E info@studiumarcheologia.com RESPONSABILE: Dott.ssa Frida Occelli
TITOLO ELABORATO:	Opere Marittime Intervento di ripascimento Sezione di computo SP03-SP04-SP05

CODICE PROGETTO	LIVELLO PROGETTAZIONE	DISCIPLINA	QUADRANTE	NUMERO ELABORATO	REVISIONE
079	PD	OM	-	2007	-

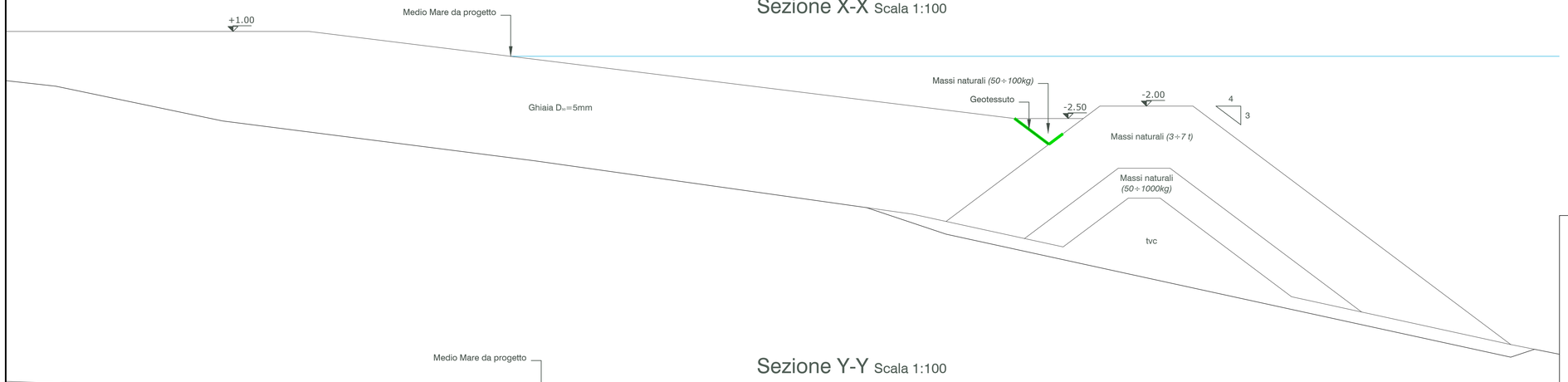
NOME FILE	SCALA	EMESSO DA	DATA PRIMA EMISSIONE	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO
079_PD_OM_2007_0.dwg	1:300	ACQ	04-12-2017	P.Turbolente	P.Turbolente	P.Turbolente

REVISIONI:

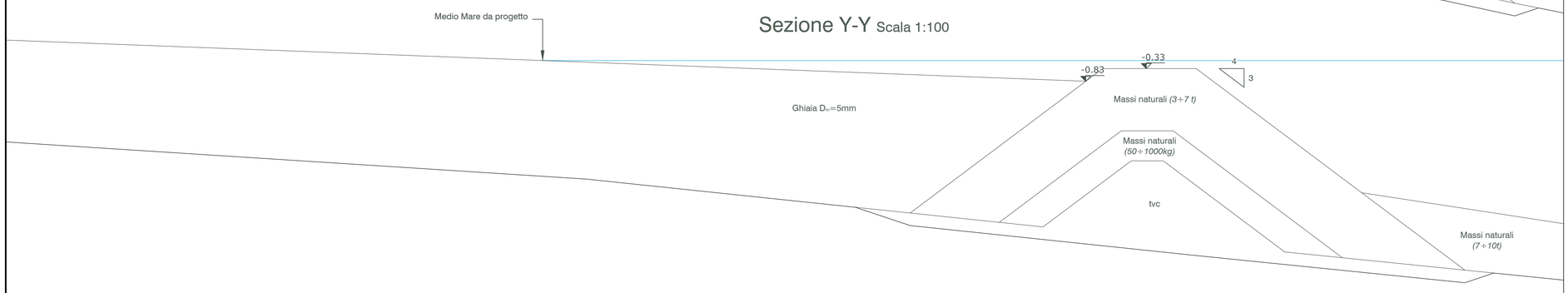
NUMERO REVISIONE	DATA REVISIONE	OGGETTO REVISIONE	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO



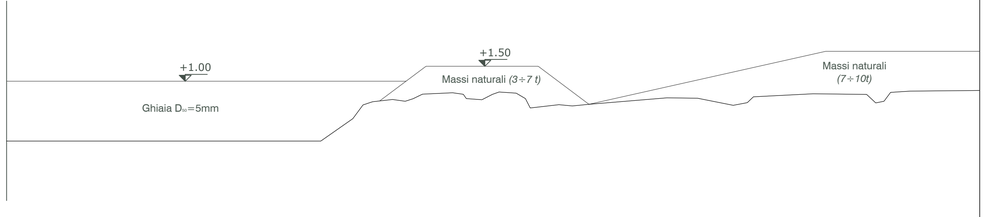
Sezione X-X Scala 1:100



Sezione Y-Y Scala 1:100



Sezione Z-Z Scala 1:100



PROGETTO:	**PROGETTO DEFINITIVO PORTO DI SANTA MARGHERITA LIGURE** **MESSA IN SICUREZZA ED ADEGUAMENTO FUNZIONALE CON RIQUALIFICAZIONE DEGLI ORMEGGI E DEL LITORALE SUD**
SOGGETTO PROMOTORE:	**SANTA BENESSERE & SOCIAL S.p.a.** Santa Benessere & Social S.p.a. Piazza Mazzini, 12 16045 Chiavari (GE) T +39 0185 320868 F +39 0185 323189 E mfelugo@yahoo.it PRESIDENTE: Maurizio Felugo - PROJECT MANAGER: Ing. Pietro Zanoni - ASSISTENZA TECNICA: Arch. Gio Gozzi
ARCHITETTURA:	**OBR** Open Building Research S.r.l. Via Ciovasso, 4 20121 Milano T +39 02 84268200 F +39 02 8268250 E info@obr.eu RESPONSABILE: Arch. Paolo Brescia - COORDINAMENTO: Arch. Andrea Casetto
INGEGNERIA IDRAULICO-MARITTIMA:	**ACQUATECNO** Acquatecno S.r.l. Via Ajaccio, 14 00198 Roma T +39 06 44702081 F +39 06 44704906 E p.turbolente@acquatecno.it RESPONSABILE: Ing. Paolo Turbolente
INGEGNERIA STRUTTURALE:	**MILAN INGEGNERIA** Milan Ingegneria S.r.l. Via Thaon di Revel, 21 20159 Milano T +39 02 36798890 F +39 02 36798892 E info@burcmilan.com RESPONSABILE: Ing. Maurizio Milan
INGEGNERIA IMPIANTISTICA, PREVENZIONE INCENDI E SICUREZZA:	**UNITED CONSULTING** United Consulting Via Thaon di Revel, 21 20152 Milano T + 39 02 45397370 E info@unitedconsulting.it RESPONSABILE: Ing. Luca Giannelli
DOCUMENTI TECNICO-ECONOMICI:	**GAD** Global Assistance Development S.r.l. via Maurizio Quadrio, 12 20154 Milano T +39 02 29005672 F +39 02 65560517 E info@gadstudio.e RESPONSABILE: Geom. Gianpiero Aresi
URBANISTICA:	**ARCH. CARLO BERIO** Arch. Carlo Berio Piazza Marsala, 13 16122 Genova T +39 010 8398483 E carloberio@studioberio.it RESPONSABILE: Arch. Carlo Berio
CONSULENZA LEGALE:	**IADEVAIA** Iadevaia - Studio Legale e Tributario Via Giacomo Leopardi, 21 20123 Milano T +39 02 92801820 F +39 02 92801820 E alberto@iadevaia.it RESPONSABILE: Avv. Alberto Iadevaia
RILIEVO:	**GEO-T.E.C.** GEO-T.E.C. Studio Tecnico Topografico Associato Corso Italia, 9 int.2 16035 Rapallo (GE) T +39 0185 62830 F +39 0185 1831378 E geotec@geotecrapallo.it RESPONSABILE: Geom. Paolo Ghiglietti
GEOLOGIA E AMBIENTE:	**GEOLAMBDA** Geolambda Engineering S.r.l Via A. Diaz. 22 26845 Codogno (LO) T +39 0377 433021 F +39 0377 402035 E segreteria@geolambda.it RESPONSABILE: Geol. Marco Daguati
ARCHEOLOGIA:	**STUDIUM S.A.S. ARCHEOLOGIA** Studium S.a.s. Archeologia Via Marco Polo, 32 bis 10129 Torino T +39 011 855666 F +39 011 855666 E info@studiumarcheologia.com RESPONSABILE: Dott.ssa Frida Occelli

TITOLO ELABORATO:

Opere Marittime
Intervento di ripascimento
Particolari opera difesa al piede

CODICE PROGETTO	LIVELLO PROGETTAZIONE	DISCIPLINA	QUADRANTE	NUMERO ELABORATO	REVISIONE
079	PD	OM	-	2003b	-

NOME FILE	SCALA	EMESSO DA	DATA PRIMA EMISSIONE	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO
079_PD_OM_2003b.dwg	1:500	ACQ	29-12-2017	P.Turbolente	P.Turbolente	P.Turbolente

REVISIONI:

NUMERO REVISIONE	DATA REVISIONE	OGGETTO REVISIONE	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO

ORDINE INGEGNERI ROMA n° 16715