COMUNE DI CIPRESSA

(Capofila dei Comuni di Cipressa, Costarainera e San Lorenzo al mare)

C.A.P. 18017 PROVINCIA DI IMPERIA Tel.0183 98005

Via Matteotti, 41 e-mail: Ufficio Tecnico - Comune di Cipressa <ufficiotecnico@comune.cipressa.im.it>

PROGETTO ESECUTIVO DI:

"Completamento e riqualificazione paesaggistico-strutturale del percorso ciclo-pedonale sul mare, parallelo alla galleria Cipressa-Costarainera, all'interno della quale corre la Pista Ciclabile del Parco del Ponente Ligure - Tirrenica"- intervento di:

1. *Ripristino delle condizioni di sicurezza al piede del muro frangiflutti su area demaniale, Località Marmi;*
2. *Ripristino in scogliera nelle aree oggetto di dissesto e saturazione di brecce alla base del muro frangiflutti di protezione costiera;*

CUP H46F24000060006

Integrazioni allo "STUDIO AMBIENTALE" di cui alla richiesta di Regione Liguria con nota Prot-2026-0204676 del 28/04/2026:

- *ACQUE:*
  - *relazione con la descrizione accurata delle opere a mare previste e i relativi dimensionamenti di stabilità al moto ondoso incidente;*
  - *approfondimento descrittivo delle modalità operative, comprensivo dell'indicazione dei mezzi d'opera che si intende utilizzare, della tipologia dei materiali impiegati e dei relativi quantitativi;*

TIZIANO DE SILVESTRI
08.05.2026 11:27:55 GMT+01:00

Tecnico incaricato: *De Silvestri Ing. Tiziano*

Sommario

Premesse 3
Relazione delle opere a mare previste 3
Dimensionamenti di stabilità al moto ondoso incidente 6
Descrizione delle modalità operative previste 7
Indicazione dei mezzi d'opera previsti 7
Tipologia dei materiali impiegati e relativi quantitativi 9

Premesse

Con la presente integrazione allo “STUDIO AMBIENTALE” presentato in sede d’istanza iniziale, a seguito di richiesta specifica da parte di Regione Liguria, con nota Prot-2026-0204676 del 28/04/2026 si propone:

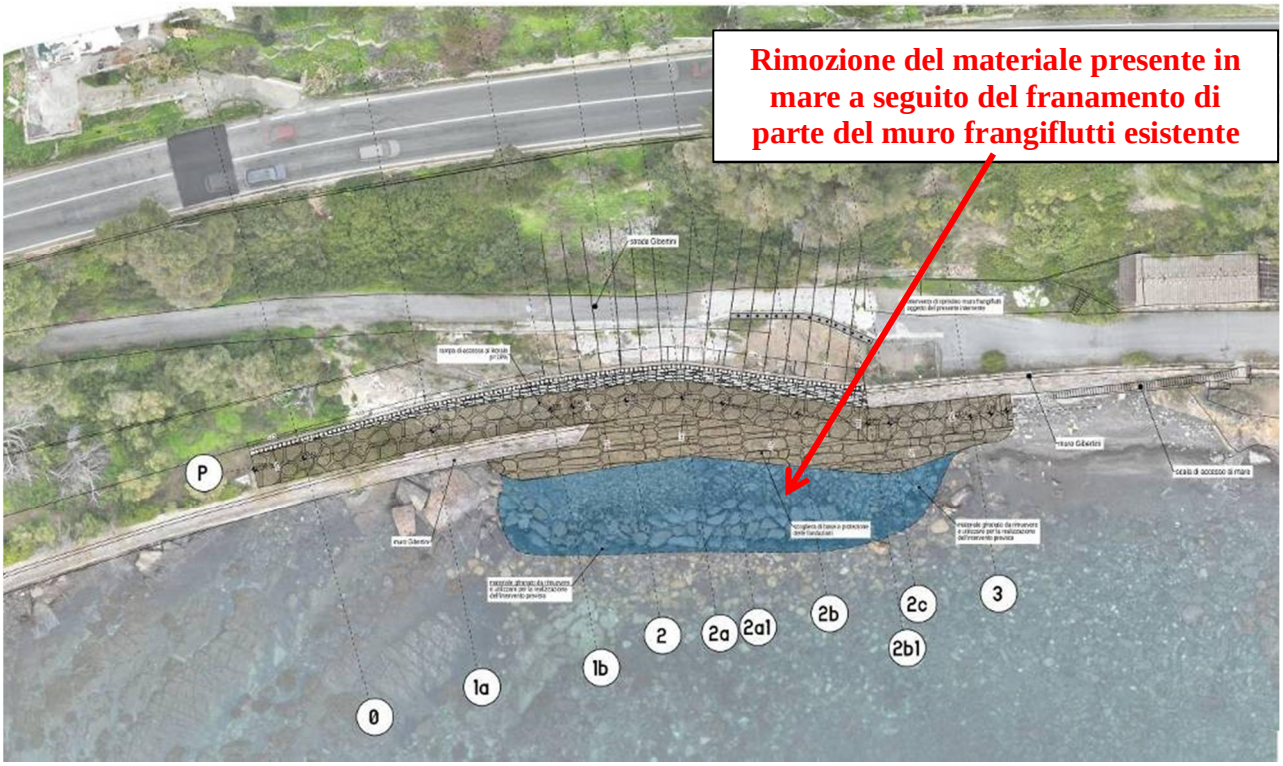
- una relazione con la descrizione accurata delle opere a mare previste e i relativi dimensionamenti di stabilità al moto ondoso incidente;
- un approfondimento descrittivo delle modalità operative, comprensivo dell’indicazione dei mezzi d’opera che si intende utilizzare, della tipologia dei materiali impiegati e dei relativi quantitativi.

Relazione delle opere a mare previste

Si procede con un’analisi dettagliata basata sull’esame della planimetria di progetto, nel seguito riportata, laddove è specificatamente indicato l’intervento di ripristino delle condizioni di sicurezza del versante interessato dal crollo del muro frangiflutti, che prevede la contestuale realizzazione di una rampa di discesa alla battigia, secondo la ricostruzione proposta dal Comune di Cipressa ed esposta nello Studio Ambientale.

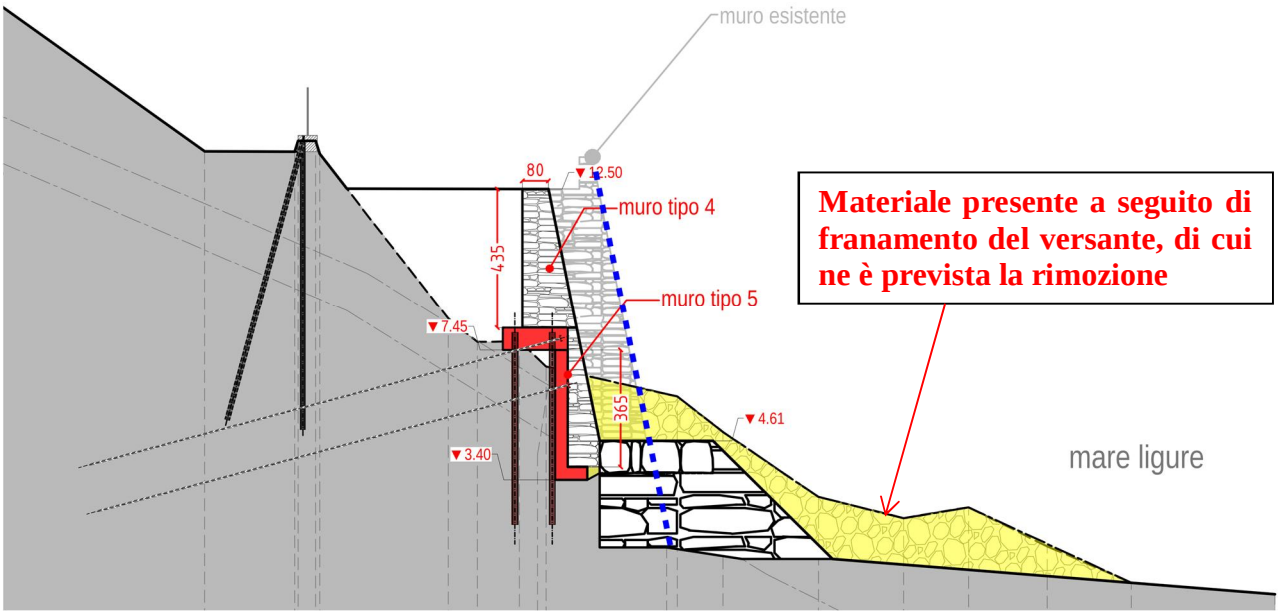
In particolare per quanto concerne le opere a mare è prevista la totale rimozione del materiale trascinato a mare dal crollo del tratto di muro esistente e la realizzazione di una scogliera di base, in linea con la fondazione del muro esistente nel tratto in posto.

Nel seguito è riportata la grafica dell’area interessata alla rimozione suddetta, in colore blue nella planimetria ed evidenziata in colore giallo nella sezione.



Planimetria di progetto

Per meglio chiarire le caratteristiche ed altresì l’entità dell’intervento, viene nel seguito proposta una sezione significativa dalla quale emerge con chiarezza come l’ingombro della rampa di accesso alla battigia venga in parte recuperato con un arretramento del paramento del tratto di muro oggetto di ripristino e venga mantenuta solo quella parte di scogliera in avanzamento, necessaria per consistenza e dimensione dei massi, al raccordo con la parte ritenuta indispensabile per proteggere adeguatamente il piede del muro originario in posto, nel tratto interessato dalla rottura della muratura della parte crollata, come elemento di consolidamento in sicurezza.



Sezione prospettica rappresentativa dell'intervento proposto

In fase di cantiere, come prima attività, verrà realizzata la nuova struttura di contenimento del versante ora franato per ripristinarne la stabilità al piede, in arretramento rispetto al filo della muratura esistente e, successivamente, si procederà via via alla rimozione del suddetto materiale scivolato a mare, collocandolo a monte della nuova muratura ricostruita in arretramento ed in sostituzione di quella franata, a ricostituzione del versante e del piano viabile precedentemente esistente destinato ad ospitare la futura pista ciclo-pedonale di lungomare di previsione del PRUSST.

La rimozione del suddetto materiale, temporaneamente presente alla base, sarà accompagnata dalla contestuale realizzazione della scogliera di base a protezione diretta del moto ondoso che, migliorando a livello puntualmente l'azione riflettente, viene leggermente avanzata rispetto al filo esterno del paramento del muro frangiflutti esistente (*vedi sezione*) al solo fine di poter realizzare un corretto raccordo con il breve tratto di scogliera previsto a consolidamento dei corrispondenti tratti laterali di muratura, non interessati dal crollo ma di cui ne hanno inevitabilmente subito l'effetto indebolitore; tenuto altresì conto che le scogliere sono strutture altamente dissipative (bassa riflettanza); l'acqua penetra tra i massi, riduce il run-up rispetto all'impatto con una muratura e l'onda riflessa è minore.

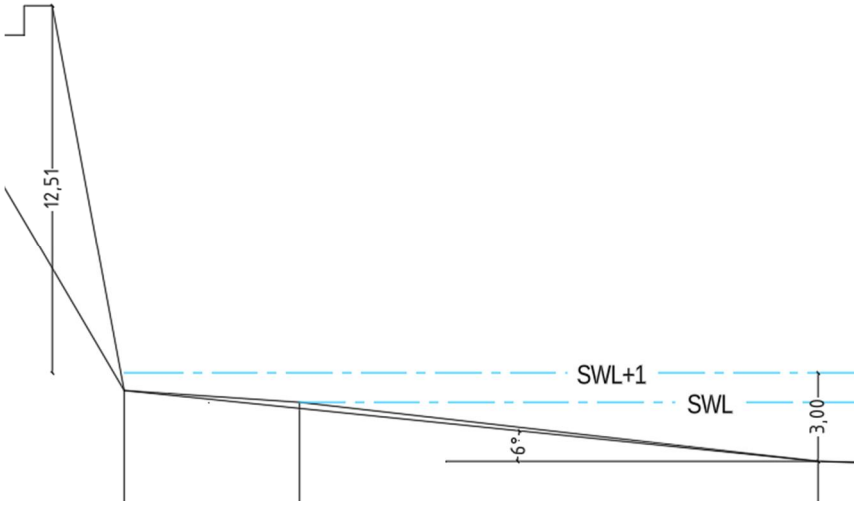
Il breve tratto di scogliera, previsto nelle dimensioni minime ma funzionali, antistante la fondazione dei due tratti di muro laterali non crollati, ha il semplice scopo, senza aumentare significativamente gli effetti negativi della riflessione, di proteggere le fondazioni del muro che non possono essere altrimenti adeguatamente consolidate.

La quota della sommità della scogliera è prevista a 4,60 m. circa sul livello del mare, sempre allo scopo di realizzare una struttura dimensionalmente in grado di resistere all'urto delle onde, secondo l'indicazione emersa da quanto esposto nello Studio Ambientale a seguito delle analisi geologiche con i dimensionamenti strutturali conseguenti le analisi di stabilità del versante e la necessità di realizzare un'adeguata protezione di base dal moto ondoso.

A titolo indicativo e tenuto conto che il run-up di un'onda (o risalita) è un buon indicatore del livello di riflettenza di un'opera a terra, specialmente per strutture costiere: senza poter entrare troppo nello specifico è tuttavia evidente una correlazione fisica diretta tra la quantità di energia che l'onda dissipa risalendo una struttura e quella che viene riflessa indietro. Per cui viene di seguito proposto un confronto, a semplice scopo indicativo, tra il run-up calcolato per la struttura proposta e riportato nello Studio Ambientale e quello corrispondente all'impatto sul paramento del muro frangiflutti esistente.

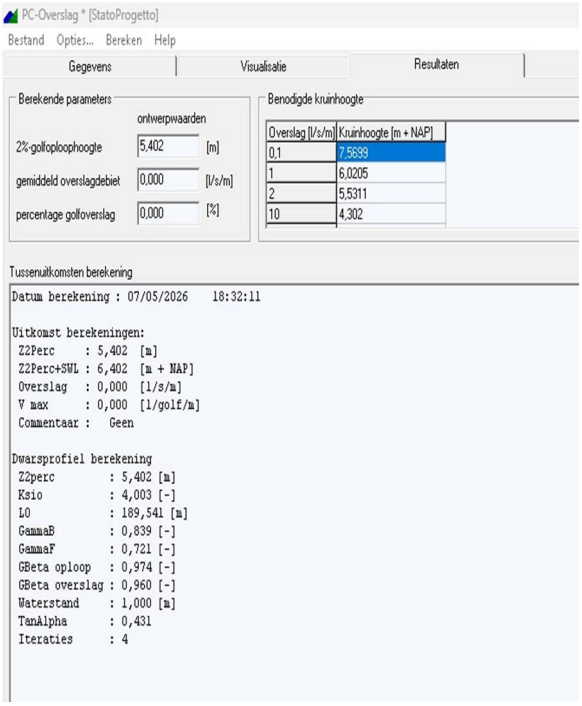
Il riferimento utilizzato è al c.7 del Manuale '*EurOtop Manual on wave overtopping of sea defences and related structures*', che fornisce indicazioni per la valutazione dei processi di tracimazione e post-tracimazione in strutture costiere verticali e con fronte ripido, come frangiflutti a cassoni e blocchi e dighe verticali, incluse anche strutture a parete verticale composita, in cui la parte emergente della struttura è verticale, fronteggiata da una modesta berma o da un tumulo di sostegno (è il caso di progetto qui presentato), e strutture verticali che includono un muro di ritorno delle onde. Le condizioni impulsive si verificano su pareti verticali o ripide quando le onde sono più grandi in relazione alla profondità locale dell'acqua, forse sollevandosi sopra una battigia o il piede della struttura stessa. In queste condizioni, alcune onde si infrangono violentemente contro la parete con forze (di breve durata) che raggiungono valori da 10 a 40 volte maggiori rispetto alle condizioni non impulsive. La portata tracimante in queste condizioni è caratterizzata da un violento getto ascendente di acqua (altamente aerata). Le condizioni di progetto delle onde possono essere date da onde che iniziano a infrangersi (anche a una certa distanza) verso il mare aperto rispetto alla diga: queste onde giungono alla parete come una massa d'acqua aerata dando origine a carichi che mo-

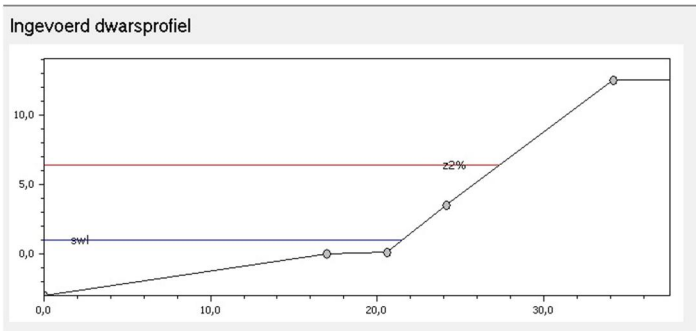
strano il tipo di picco di breve durata osservato in condizioni impulsive (quando il bordo d'attacco della massa d'acqua arriva alla parete), ma di entità inferiore a causa dell'elevato livello di aerazione. Nei casi in cui la profondità alla parete h > 0 m, il superamento può essere valutato utilizzando il metodo per condizioni impulsive. Per le condizioni in cui il piede della parete è emergente (h ≤ 0 m: è il caso in esame, poiché l'opera è posta su fondo roccioso posto in corrispondenza del livello di quiete), questi metodi non possono più essere applicati. Lo schema di riferimento tiene conto di un sopralzo pari a 1m, utilizzato anche per le verifiche di propagazione:



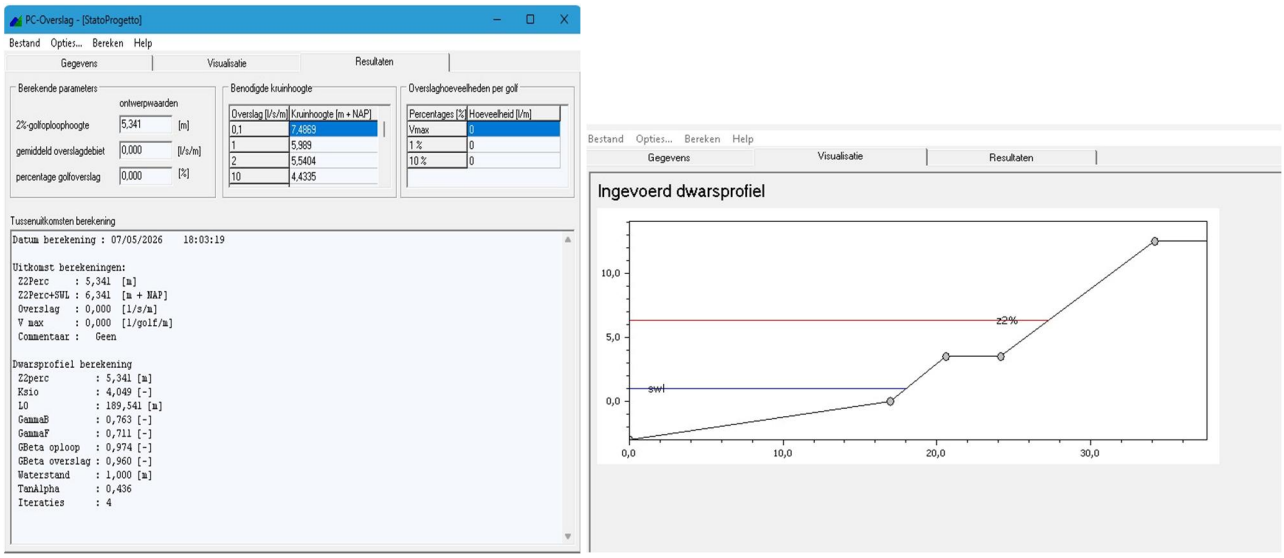
Vista la geometria dell'opera originaria e le sue condizioni di imbasamento, nonché la previsione di progetto con armatura al piede in scolgiera, per la valutazione dei livelli di risalita è stato utilizzato il programma PC-Overtopping, realizzato (in olandese) sulla base dei risultati del rapporto TAW (2002), aggiornato alla versione 2007 di EuroTop e basato principalmente su una struttura di tipo diga: il modello prevede che la struttura debba essere inclinata, sebbene possa essere presa in considerazione una piccola parete verticale sulla sommità della diga, ed è possibile tenere conto della scabrezza/permeabilità del pendio, di differenti pendenze del fondo, con formulazioni di previsione per dighe a pendenza lieve che nella versione 2018 sono relativamente piccole rispetto all'edizione 2007.

Per la situazione stato di fatto al contorno e preesistente il franamento (immagine seguente) si ottiene un livello di risalita 2% sopra SWL (livello medio mare compreso set up) di 6.402 m





Tale condizione resta sostanzialmente immutata nella situazione stato di progetto, valutata con la berma al piede dell'opera, con livello di risalita 2% sopra SWL pari a 6.34 m



Dalle verifiche suddette emerge come l'intervento a progetto non sia peggiorativo sotto l'aspetto della riflettenza, trattandosi ovviamente del contesto esistente in argomento.

Dimensionamenti di stabilità al moto ondoso incidente

Dai rilievi del fondo e dai dati d'indagine di cui al paragrafo "*Analisi del clima ondoso al largo"* dello Studio Ambientale si prende a riferimento una profondità media antistante all'opera prevista pari a -3.0m, un'altezza H= 2~2.3m ed un TP=11.6s per un Tr= 50 anni e dalla formula di Hudson il peso dell'elemento di mantellata è esprimibile come:

Irregular, head-on waves

$$\frac{H}{\Delta D_{n50}} = (K_D \cot\alpha)^{1/3} \quad \text{or} \quad M_{50} = \frac{\rho_s H^3}{K_D \left(\frac{\rho_s}{\rho_w} - 1\right)^3 \cot\alpha} \qquad \text{(VI−5−67)}$$

where
- H Characteristic wave height (H_s or $H_{1/10}$)
- D_{n50} Equivalent cube length of median rock
- M_{50} Medium mass of rocks, $M_{50} = \rho_s D_{n50}^3$
- ρ_s Mass density of rocks
- ρ_w Mass density of water
- Δ $(\rho_s/\rho_w) - 1$
- α Slope angle
- K_D Stability coefficient

K_D-values by SPM 1977, $H = H_s$, for slope angles $1.5 \le \cot\alpha \le 3.0$. (Based entirely on regular wave tests.)

Stone shape	Placement	Damage, D [4]			
		0-5%		5-10%	10-15%
		Breaking waves [1]	Nonbreaking waves [2]	Nonbreaking waves	Nonbreaking waves
Smooth, rounded	Random	2.1	2.4	3.0	3.6
Rough angular	Random	3.5	4.0	4.9	6.6
Rough angular	Special [3]	4.8	5.5		

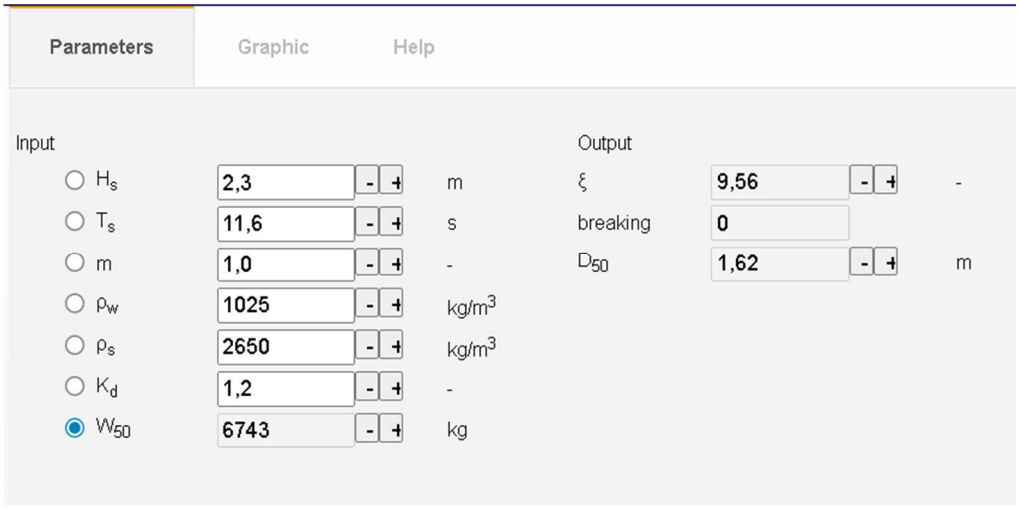
K_D-values by SPM 1984, $H = H_{1/10}$.

Stone shape	Placement	Damage, D [4] = 0-5%	
		Breaking waves [1]	Nonbreaking waves [2]
Smooth rounded	Random	1.2	2.4
Rough angular	Random	2.0	4.0
Rough angular	Special [3]	5.8	7.0

$$M = \frac{\delta_c H^3}{K_D \Delta^3 \cot g\alpha}$$

Con:

δc: densità massi (2.606 t/mc) Δ= δc/ δw-1 δw: densità acqua di mare (1.03t/mc) KD:~1.2 (per onde frangenti)



si ottiene M = ~ 6,70t (pezzatura di 3a categoria, da 3t a 7t).

Poiché si tratta di intervento di rifiorimento in sezione al piede, per le opere a progetto si utilizzeranno massi di III^ (terza) categoria così come previsto.

Descrizione delle modalità operative previste

In riferimento agli elaborati grafici di progetto, le modalità operative previste sono di seguito esposte:

1. la prima attività, come suddetto, è rappresentata dalla messa in sicurezza del versante nel tratto interessato dal muro frangiflutti crollato, attraverso la realizzazione, operando sul materiale franato e senza interferenza alcuna con la battigia, d'un primo piano di lavoro in sicurezza, su cui posizionare la macchina operatrice per la realizzazione dei micropali previsti a fondazione del cordolo di base del nuovo muro di sostegno del piede del versante;
2. la seconda attività è individuata come realizzazione del cordolo di fondazione suddetto ed inserimento della fila superiore prevista di ancoraggi, operando sempre sulla pista di cantiere testé predisposta;
3. la terza attività sarà rappresentata dalla realizzazione di parte scavo del terreno antistante il cordolo e la sommità dei micropali per la realizzazione del nuovo piano di lavoro indispensabile per realizzare in sicurezza il completamento strutturale in c.a. del cordolo dei micropali stessi rivestito con pietrame recuperato in loco con inserimento della seconda fila di ancoraggi: il materiale di risulta sarà provvisoriamente abbancato nell'area a terra del cantiere per essere poi riutilizzato per la ricostruzione del corpo del versante franato e dei piani di calpestio originali;
4. la quarta attività sarà caratterizzata dalla definizione della rampa di cantiere per l'accesso al piano di posa della scogliera di protezione di costa e suo completamento, previa rimozione contestuale e graduale alla realizzazione della scogliera stessa per non far venir meno una protezione dalle onde, del materiale franato a mare fino al ripristino delle condizioni ante movimento franoso[1]; la rampa suddetta risulterà protetta con i massi di III^ categoria, già dimensionalmente individuati, fino alla quota pari a circa 7,00 m. s.l.m. atteso che il livello di risalita è valutato attorno ai 6,4 m. s.l.m.;
5. la quinta ed ultima attività conclusiva prederà il completamento della muratura realizzata in prima attività, in pietra e cls. armato e con faccia vista curata in continuità con quella della muratura esistente, a ricucitura del contenimento del versante, ricostituito secondo le forme originali con la ricollocazione del materiale di scavo su indicato.

Indicazione dei mezzi d'opera previsti

Oltre ai mezzi già indicati come previsti per la realizzazione delle opere a progetto e di seguito per migliore esposizione riproposti:

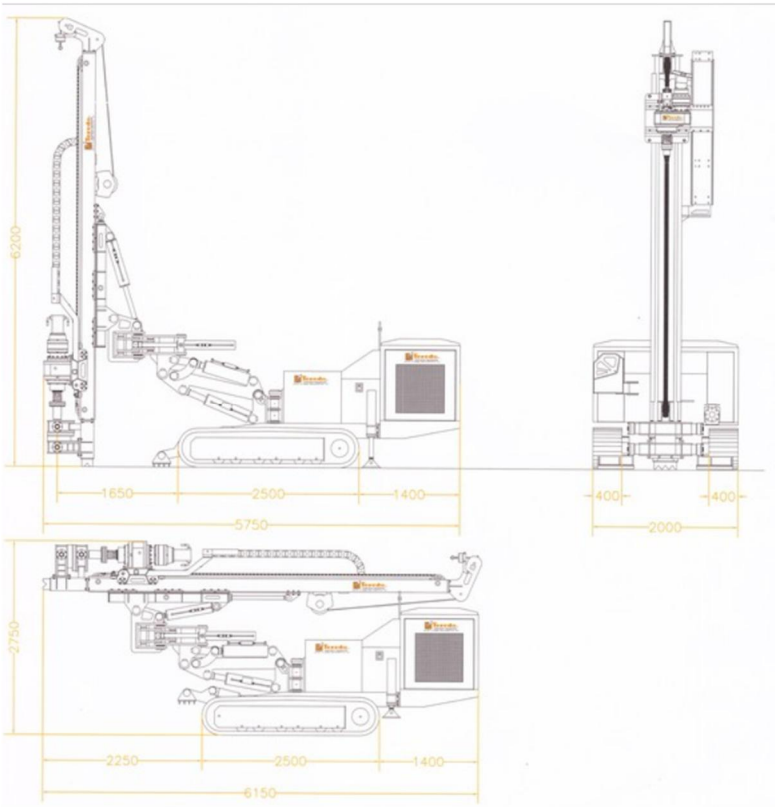
[1] Vista la delicatezza di tale operazione, sarà valutata l'opportunità di utilizzare benne forate per permettere al materiale fine di percolare (cadere) riducendo il più possibile la quantità di sedimento rimosso.





Indicazione mezzi da trasporto massi e cls. presuntivamente utilizzabili

che opereranno prevalentemente su strada e nella viabilità di cantiere a terra, sempre a terra sarà utilizzata per la realizzazione delle opere speciali di consolidamento una macchina del tipo di quella riportata nella figura seguente:

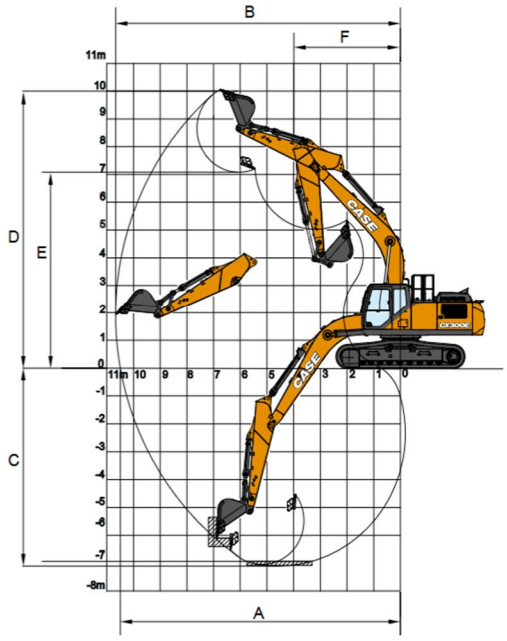


con le seguenti caratteristiche tipo:

SOTTOCARRO	2500 mm	ANTENNA	6200 mm
Lunghezza totale	400 mm	Lunghezza Totale	3500 mm
Larghezza pattini	2000 mm	Corsa testa di rotazione	63 KN
Larghezza totale	2.5 – 5 km/h	Forza di estrazione	0-37 m/min
Doppia Velocità		Velocità di estrazione	300 mm
		Parcheggio laterale	
ARGANO	1600 kg	**TESTA DI ROTAZIONE**	1320 daN m
Capacità di tiro	10mm	Coppia max	140 rpm
diametro fune	42m/min	Velocità mandrino	51mm (2" inc)
Velocità max		Passaggio interno mandrino	51mm (2" inc)
		Testina di adduzione	

Indicazione macchina operatrice per la realizzazione dei micropali e degli ancoraggi, presuntivamente utilizzabile

ed infine, per tutto il movimento terra è ipotizzato l'uso di un escavatore del tipo esposto nell'immagine seguente:



DATI PRESTAZIONI		Bilanciere 3,18 m	Bilanciere 2,65 m	Bilanciere 3,66 m
Lunghezza braccio	mm	6150	6150	6150
Raggio della benna	mm	1570	1570	1570
Movimento articolazione benna		176°	176°	176°
A Portata massima a GRP	mm	10490	10030	10980
B Portata massima	mm	10670	10220	11160
C Profondità di scavo max.	mm	7100	6570	7580
D Altezza di scavo max.	mm	10050	9930	10390
E Altezza di scarico max.	mm	7080	6930	7390
F Raggio di rotazione minore	mm	4030	3980	4080

FORZA DELLO SCAVO (ISO 6015)		Bilanciere 3,18 m	Bilanciere 2,65 m	Bilanciere 3,66 m
Forza di scavo del bilanciere	kN	128,4	147,0	114,3
con Auto power boost	kN	139,6	159,9	124,3
Forza di scavo della benna	kN	175,0	175,0	175,0
con Auto power boost	kN	190,3	190,3	190,3

Indicazione tipologia di escavatore presuntivamente utilizzabile

Tipologia dei materiali impiegati e relativi quantitativi

La tipologia dei materiali previsti impiegati è come di seguito riassumibile:

- massi naturali di prima, seconda e terza categoria della tipologia assolutamente compatibile con quelli già presenti in zona, in parte provenienti da cava ed in parte derivati dal salpamento dei materiali litoidi oggi posti a protezione della battigia;
- acciaio in tubi per la realizzazione dei micropali, in tondino per l'armatura del c.a. costituente la ricostruzione della muratura franata ed in barra filettata per realizzare gli ancoraggi previsti;
- calcestruzzo per la realizzazione della parete strutturale resistente della parte di muratura oggetto di ricostruzione, non essendo più possibile neanche pensare ad una realizzazione in muratura gravità come quella esistente perché la tecnologia moderna e le condizioni operative di oggi non ce la consentono;
- muratura in pietra di rivestimento opportunamente ancorata alla parete in c.a., realizzata in una tipologia faccia vista compatibile con l'aspetto esteriore dell'esistente muratura in situ.

In termini quantitativi, l'intervento richiede pertanto:

- la provvista e posa in opera di massi naturali di prima categoria, da 51 a 1000 kg, posti in opera via terra, pesati su autocarro per una quantità presunta pari a 100 t.;
- la provvista e posa in opera di massi naturali di seconda categoria, da 1001 a 3000 kg, posti in opera via terra, pesati su autocarro per una quantità presunta pari a 150 t.;
- la provvista e posa in opera di massi naturali di terza categoria, da 3001 a 7000 kg, provenienti direttamente da cave liguri, posti in opera via terra, pesati su autocarro, necessari per garantire un corretto piede di appoggio versante, per una quantità presunta pari a circa 600 t.;
- il salpamento, la movimentazione ed il ricollocamento di massi naturali in posto, nel raggio d'azione del mezzo escavatore, per una loro corretta ricollocazione al piede per complessivi circa 1800t.;
- la realizzazione di 86 (in 2 file 43+43) di micropali D_{est}: 168.3mm, spessore:8mm - Lunghezza: 6m (p=31.6Kg/m);
- la realizzazione di 30 (su 2 file 15+15) di ancoraggi in barra tipo Dywidag - Ø32 - p=6.31Kg/m;
- il getto di ~100 mc di calcestruzzo per il cordolo di fondazione dell'opera, comprensivo di taglione di protezione ospitante una fila di ancoraggi;
- la realizzazione di ~270 mc di muratura in pietra e cemento, in continuità con quella esistente, per il definitivo ripristino del consolidamento del versante.

TIZIANO DE SILVESTRI
08.05.2026 11:27:55 GMT+01:00

Tecnico incaricato: De Silvestri Ing. Tiziano