Firmato digitalmente da:
GOSSA PAOLO
Firmato il 2024/12/09 10:55
Seriale Certificato: 2024476
Valido dal 20/12/2022 al 20/12/2025
InfoCamere Qualified Electronic Signature CA

3i INGEGNERIA

3i Ingegneria s.r.l.s.
P.IVA 03952190043

Lungogesso Corso Giovanni XXIII, 26
12100 Cuneo

0171 60 30 59
info@3i-ingegneria.com

REGIONE LIGURIA

PROVINCIA DI SAVONA

COMUNE DI PALLARE

COMPLETAMENTO DELLE OPERE DI DIFESA SPONDALE E RIPRISTINO SEZIONI IDRAULICHE A PROTEZIONE DELL'AREA INDUSTRIALE.
CUP: D56I24000000002

Oggetto

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA

Relazione tecnica illustrativa

Il committente

COMUNE DI PALLARE
Piazza San Marco, 20
17043 Pallare (SV)

Il gruppo di progettazione

Dott. Ing. Andrea Demaria
demaria@3i-ingegneria.com

Dott. Ing. Paolo Gossa
gossa@3i-ingegneria.com

ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI CUNEO
A1964 Dott. Ing. Paolo Gossa

N° Relazione	Scala disegno	Fase	Codice elaborato
001	-:--	PFTE	C240120PFTEAR2001

REVISIONE	DATA EMISSIONE	DESCRIZIONE	REDAZIONE	CONTROLLO	APPROVAZIONE
00	LUGLIO 2024	Prima emissione	Demaria/Gossa	Gossa	Demaria

PREMESSA 2
1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO 3
2 OGGETTO, SCOPI E DEFINIZIONI D'INTERVENTO 4
3 DESCRIZIONE DELLO STATO DI FATTO 6
3.1.1 Vincoli individuati dalla Provincia di Savona 8
3.1.2 Piano assetto idrogeologico 8
3.1.3 S.I.C. E Z.S.C. 9
4 DESCRIZIONE DELLO STATO DI PROGETTO 10
4.1 DETTAGLI TECNICI E COSTRUTTIVI 13
4.2 DIMENSIONAMENTO DEI MASSI COSTITUENTI LE SCOGLIERE 13
4.2.1 Le condizioni critiche di moto incipiente 13
4.2.2 Calcolo delle condizioni critiche di moto incipiente 15
4.2.3 Calcolo della tensione di trascinamento critica 15
4.2.4 Definizione del peso dei massi da impiegarsi 16
4.2.5 Caratteristiche della difesa spondale 16
4.3 VERIFICA DI STABILITÀ DELLA SCOGLIERA 17
4.3.1 Cenni teorici 18
4.3.2 Risultati verifiche di stabilità 23
4.4 IDROLOGIA DI PIENA E SUO DEFLUSSO 25
4.5 ESTENSIONE DELLE AREE INTERESSATE 25
4.6 AREA DEMANIALE 25
4.7 CANTIERE E RELATIVI ACCESSI 26
4.8 GESTIONE DELLE TERRE 26
4.8.1 Computo dei movimenti terra 26
4.9 INTERFERENZE 28
4.10 PRESCRIZIONE PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI 28
4.11 QUANTIFICAZIONE DELLE LAVORAZIONI 28
4.12 COSTO DELL'INTERVENTO 29
5 FATTIBILITÀ AMBIENTALE 30
5.1 COMPONENTI AMBIENTALI PER ENTRAMBI I LOTTI FUNZIONALI 30
5.1.1 Atmosfera 30
5.1.2 Ambiente idrico 30
5.1.3 Suolo e sottosuolo 30
5.1.4 Vegetazione e flora 30
5.1.5 Paesaggio 30
5.1.6 Rumore e vibrazioni 30
5.1.7 Radiazioni ionizzanti e non ionizzanti 30
5.2 INTERVENTI DI MITIGAZIONE 31
6 AUTORIZZAZIONI 32
7 TEMPO UTILE PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI 33
8 CONCLUSIONI 34

3i INGEGNERIA
3i Ingegneria s.r.l.s.
P.IVA 03952190043
Lungogesso Corso Giovanni XXIII, 26
12100 Cuneo
0171 60 30 59
info@3i-ingegneria.com

PREMESSA

La presente relazione generale è redatta a corredo del progetto di fattibilità tecnica ed economica per il "*COMPLETAMENTO DELLE OPERE DI DIFESA SPONDALE E RIPRISTINO SEZIONI IDRAULICHE A PROTEZIONE DELL'AREA INDUSTRIALE*" sul Torrente Bormida in Comune di Pallare (SV).
Il promotore dell'iniziativa è il Comune di Pallare, con sede in Piazza San Marco 20 – 17043 Pallare (SV), P.IVA 00266020098.
Con Determinazione n.243 in data 05/07/2024 del Comune di Pallare ha incaricato la società Tre i Ingegneria srls nella figura dei tecnici scriventi: l'ing. Andrea Demaria iscritto all'albo degli ingegneri della provincia di Cuneo con numero A1945, l'ing. Paolo Gossa, iscritto all'albo degli ingegneri della provincia di Cuneo con numero A1964, il Progetto di Fattibilità Tecnico Economica dei lavori per il "*COMPLETAMENTO DELLE OPERE DI DIFESA SPONDALE E RIPRISTINO SEZIONI IDRAULICHE A PROTEZIONE DELL'AREA INDUSTRIALE*".
Per quanto riguarda la localizzazione delle opere si rimanda alla seguente foto aerea di Google Earth.



Figura 1: Localizzazione dell'intervento su ortofoto.

Nella presente relazione, dopo aver presentato il contesto normativo in cui si inseriscono le opere, analizzandone le motivazioni strategiche e le finalità, si intende descrivere in maniera accurata le opere in progetto e il contesto in cui esse si vanno a collocare.

3i Ingegneria s.r.l.s.
P.IVA 03952190043
Lungogesso Corso Giovanni XXIII, 26
12100 Cuneo
0171 60 30 59
info@3i-ingegneria.com

1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Si riportano nel seguito i principali riferimenti normativi in materia di manutenzione idraulica, di cui si è tenuto conto nell'elaborazione del progetto.

- Regio decreto 523/1904 - Testo unico sulle opere idrauliche;
- Decreto legislativo 42/2004 - Codice dei beni culturali e del paesaggio, ai sensi dell'articolo 10 della legge 6 luglio 2002, n. 137:
- Decreto legislativo 152/2006 - Norme in materia Ambientale;
- Decreto legislativo 150/2016 - Codice dei contratti pubblici;
- Piano di assetto idrogeologico - Norme di attuazione del PAI.
- R.R. 14 luglio 2011 n. 3 – Indirizzi tecnici per la redazione di studi idraulici

3i INGEGNERIA
3i Ingegneria s.r.l.s.
P.IVA 03952190043
Lungogesso Corso Giovanni XXIII, 26
12100 Cuneo
0171 60 30 59
info@3i-ingegneria.com

2 OGGETTO, SCOPI E DEFINIZIONI D'INTERVENTO

L'intervento di cui a presente progetto riguarda un intervento, anche strutturale, per la riduzione del rischio nelle aree colpite dagli eventi calamitosi, strettamente connesso all'evento e finalizzati prioritariamente alla tutela della pubblica e privata incolumità, in coerenza con gli strumenti di programmazione e pianificazione esistenti, del territorio di Pallare. Tale intervento si rende necessario a seguito di fenomeni alluvionali del Fiume Bormida di Pallare.

L'area d'intervento è localizzata lungo l'asta del Fiume Bormida in corrispondenza della dell'area industriale a valle del centro abitato (nei pressi del confine con il comune di Carcare).

L'intervento progettuale è stato definito analizzando gli aspetti di: sicurezza idraulica, salvaguardia della vegetazione e limitazione dell'interferenza con la proprietà privata, nel rispetto della normativa regionale, nazionale e comunitaria.

Appare necessario, nel progetto in esame, oltre alla movimentazione del materiale litoide la realizzazione di una scogliera in massi di cava (caratterizzati da avere forme più spigolate dei massi di fiume). La pendenza della scogliera sarà pari a 3:2 (circa 56°). I vuoti tra i blocchi della scogliera saranno intasati con calcestruzzo a prestazioni note al fine di rendere l'opera più resistente allo sforzo tangenziale generato dalla corrente ivi transitante.

La porzione di terreno a tergo della scogliera sarà invece imbottita con materiale a granulometria eterogenea (in parte proveniente dalle precedenti operazioni di scavo) per la realizzazione della nuova circonvallazione stradale che collegherà la zona industriale del centro abitato con la vicina strada provinciale (SP15). Contestualmente alla realizzazione delle opere sopra descritte, il progetto prevede altresì la disposizione di n.3 scatolari in cls per il passaggio delle tubature di proprietà IRETI spa.

Al fine di garantire la sicurezza del tratto di monte della stessa zona industriale, il progetto prevede infine un'operazione di rialzo, effettuato con massi cementati, della struttura di sostegno arginale attualmente esistente (dalle sezioni da C1 a C8). Anche in questo caso, l'entità dell'innalzamento varierà da sezione in sezione in modo tale da garantire un franco idraulico di sicurezza di almeno 1,00 m rispetto al livello del pelo libero riscontrato per la portata duecentennale ivi transitante.



Figura 2: Tratto di sponda sinistra da proteggere con difesa spondale – vista dal piazzale verso monte.

3i INGEGNERIA
3i Ingegneria s.r.l.s.
P.IVA 03952190043
Lungogesso Corso Giovanni XXIII, 26
12100 Cuneo
0171 60 30 59
info@3i-ingegneria.com



Figura 3. Tratto di sponda sinistra da proteggere con difesa spondale – vista dal piazzale verso valle.



Figura 4. Particolare scogliera in massi attualmente esistente. Vista verso monte.

3i INGEGNERIA
3i Ingegneria s.r.l.s.
P.IVA 03952190043
Lungogesso Corso Giovanni XXIII, 26
12100 Cuneo
0171 60 30 59
info@3i-ingegneria.com

3 DESCRIZIONE DELLO STATO DI FATTO

Il comune di Pallare è situato nell'alta val Bormida, nella vallata bagnata dal ramo della Bormida di Spigno: la Bormida di Pallare. Il monte più alto è la cima la Palina (1108 m s.l.m.) sul versante del Ronco di Maglio che è posto al confine con i comuni di Bormida e Osiglia.



Figura 5: Localizzazione dell'intervento su ortofoto.

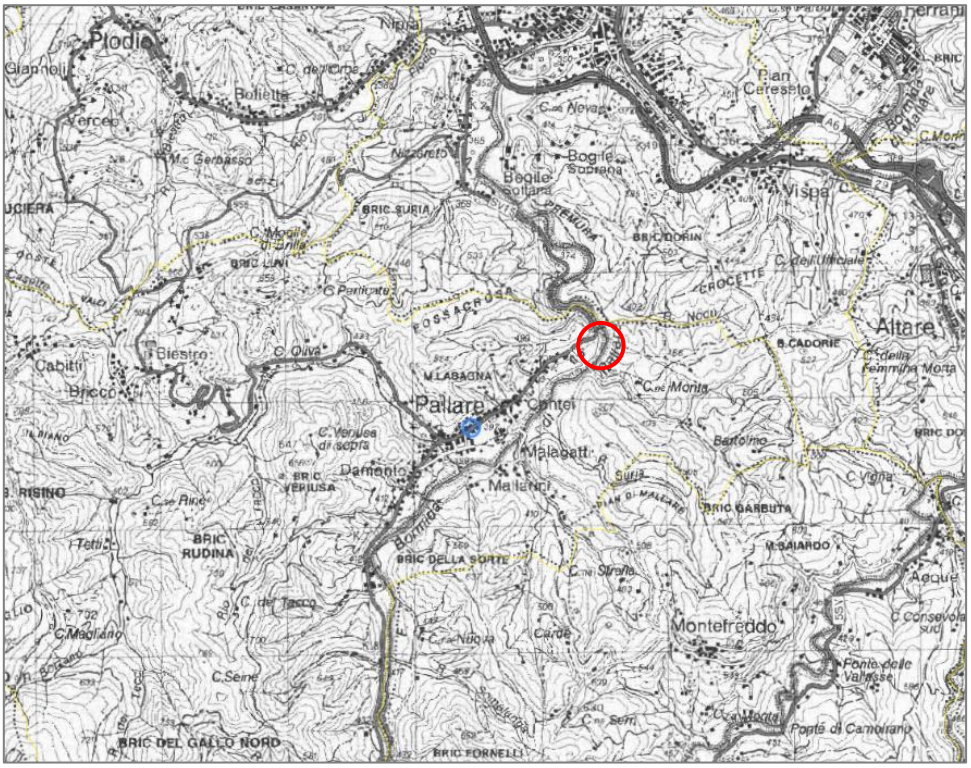


Figura 6: Localizzazione dell'intervento su Carta Tecnica Regionale.

3i INGEGNERIA
3i Ingegneria s.r.l.s.
P.IVA 03952190043
Lungogesso Corso Giovanni XXIII, 26
12100 Cuneo
0171 60 30 59
info@3i-ingegneria.com

L'area d'intervento è localizzata lungo l'asta del Fiume Bormida in corrispondenza della dell'area industriale a valle del centro abitato (nei pressi del confine con il comune di Carcare). La zona oggetto di intervento presenta una lunghezza di circa 119 m, lungo l'asta principale del Fiume Bormida di Pallare e si estende in modo principale lungo la sponda sinistra idrografica.



Figura 7: Localizzazione dell'intervento su ortofoto.

Il Bormida nel tratto d'intervento presenta un andamento piuttosto rettilineo, con una leggera curva verso sinistra nel tratto finale indagato.
L'area d'intervento, essendo in zona incassata (fondo e sponda dell'alveo) ed essendo posto sulla sponda sinistra risulta non visibile dalla strada provinciale o dall'area industriale. L'unico punto dal quale si potrà scorgere la nuova struttura sarà dal guado sul Bormida che conduce a Loc. Bartolino.
Il corso del Bormida di Pallare risulta caratterizzato da sezioni di modesta ampiezza, abbastanza incise e limitrofe a poche aree di espansione. In sponda sinistra idrografica si evidenzia la presenza della zona artigianale industriale possibilità di esondazione lungo la strada di confine inferiore ed i pianori in prossimità del Fiume Bormida con l'interessamento dei capannoni esistenti.
L'alveo d'interesse è di tipo monocursale ed il percorso si snoda in direzione S-N. La sezione d'alveo è mediamente incisa all'interno delle sponde, con una profondità media del Thalweg di 2,2 m rispetto alla sponda sinistra (livello dpi depresso della strada esistente) idrografica e di 2 m rispetto alla sponda destra idrografica.

LE SPONDE

La sponda destra è coperta di specie arboree, ha un fondo prevalente in roccia e presenta una pendenza piuttosto marcata; solamente nel tratto finale la sponda del Bormida presenta un'area golenale dove si localizza il campo pozzi della società Ireti spa.
La sponda sinistra è protetta dalla difesa spondale esistente; nel tratto terminale dell'area indagata l'argine va a degradare fino a scomparire in un'area golenale presente tra l'area industriale ed il Fiume Bormida.

IL FONDO

Il fondo del corso d'acqua interessato dagli interventi è caratterizzato da fenomeni di deposito di materiale litoide di piccole e medie dimensioni trascritto dagli eventi alluvionali.

3i INGEGNERIA
3i Ingegneria s.r.l.s.
P.IVA 03952190043
Lungogesso Corso Giovanni XXIII, 26
12100 Cuneo
0171 60 30 59
info@3i-ingegneria.com

3.1.1 Vincoli individuati dalla Provincia di Savona

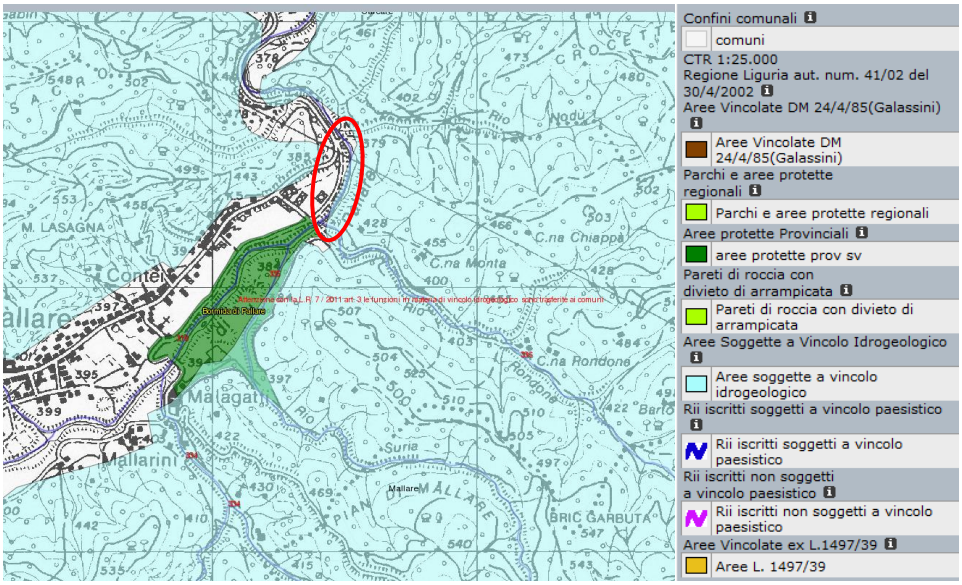


Figura 8: Vincoli individuati sul portale della Provincia di Savona.

La Provincia di Savona individua un vincolo paesaggistico per l'area d'intervento – rii iscritti a vincolo paesaggistico.
In prossimità a confine con l'area d'intervento si individua: vincolo idrogeologico per la sponda destra (non oggetto d'intervento), e area protetta n. 33-BM-Pa BORMIDA DI PALLARE a monte del guado dal quale inizia l'intervento di difesa spondale (area non oggetto d'intervento).

3.1.2 Piano assetto idrogeologico

Il Piano per l'Assetto Idrogeologico (PAI), approvato con decreto del presidente del Consiglio dei ministri del 24 maggio 2001, ha la finalità di ridurre il rischio idrogeologico entro valori compatibili con gli usi del suolo in atto, in modo tale da salvaguardare l'incolumità delle persone e ridurre al minimo i danni ai beni esposti. L'area di intervento si trova in un'area interessata da pericolosità per rischio idraulico.

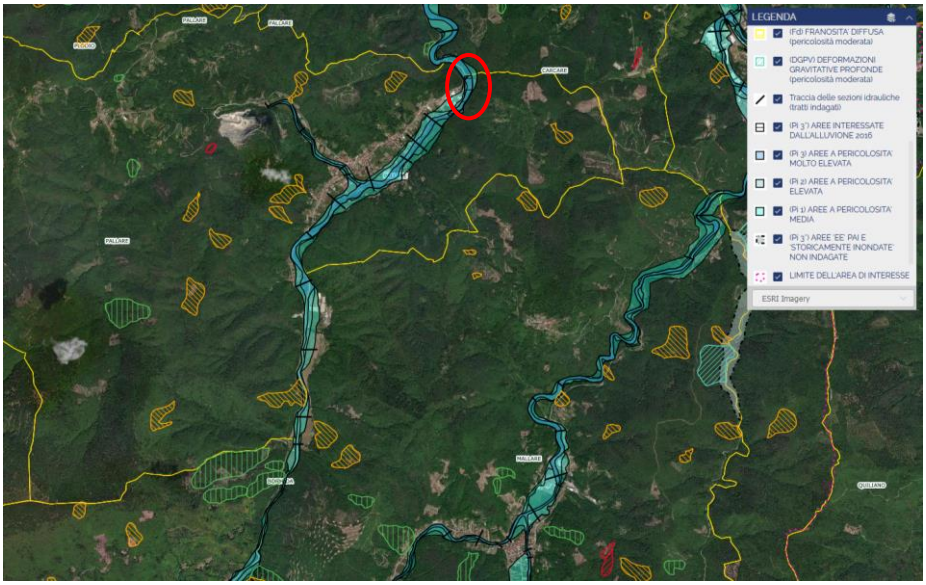


Figura 9: Estratto da Geoportale- carta delle aree in dissesto.

3i Ingegneria s.r.l.s.
P.IVA 03952190043
Lungogesso Corso Giovanni XXIII, 26
12100 Cuneo
0171 60 30 59
info@3i-ingegneria.com

3.1.3 S.I.C. E Z.S.C.

La presenza di un SIC o di una ZPS, contrariamente a quanto avviene nei parchi e in altre aree protette, non fa scattare divieti o norme di salvaguardia ben definite quali ad esempio il "divieto di caccia" o il "divieto ad edificare", ma obbliga al buon mantenimento degli habitat e delle specie per cui il sito è stato individuato. È per questo che, prima dell'approvazione di un piano o di un progetto che interessa l'area di un SIC o di una ZPS, è necessario svolgere indagini conoscitive preliminari, che dovranno mostrare eventuali effetti sulle specie e sugli habitat che il sito tutela. Tale studio sarà oggetto della valutazione di incidenza che, in Liguria, è regolamentata da una procedura individuata dalla DGR 328 del 07/04/2006.
Tra i territori comunali di Pallare, Osiglia, Bormida e Mallare è presente e preservato un sito di interesse comunitario, proposto dalla rete Natura 2000 della Liguria, per il suo particolare interesse naturale, faunistico e geologico. Il sito è collocato nell'area boschiva del Ronco di Maglio e zone adiacenti in cui insistono faggete (Fagus sylvatica) e boschi misti. Oltre ad alcune specie di orchidee, sono segnalate in questa area il giglio martagone (Lilium martagon) e la campanula toscana (Campanula medium). Tra gli uccelli il picchio muratore (Sitta europaea) e il falco pecchiaiolo (Pernis apivorus); tra gli invertebrati il Carabus solieri liguranus, Philorhizus liguricus e Haptoderus apenninus.
L'area d'intervento è ESTERNA al SIC su indicato.

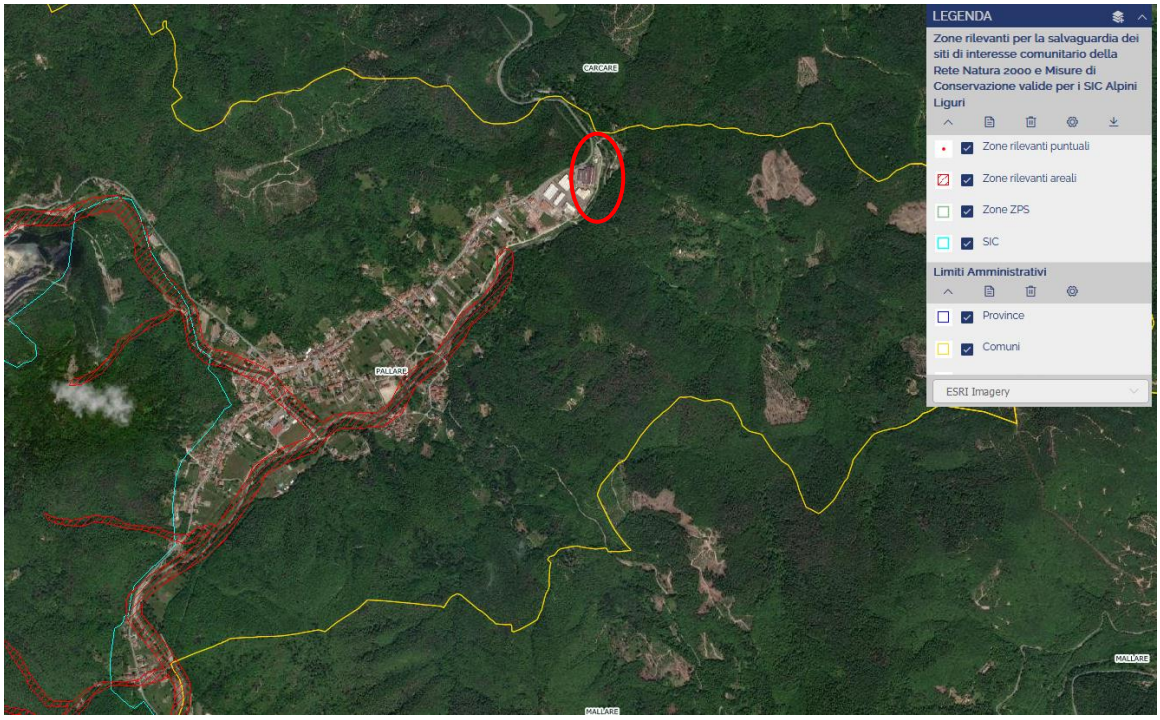


Figura 10: S.I.C e Z.S.C.

3i Ingegneria s.r.l.s.
P.IVA 03952190043
Lungogesso Corso Giovanni XXIII, 26
12100 Cuneo
0171 60 30 59
info@3i-ingegneria.com

4 DESCRIZIONE DELLO STATO DI PROGETTO

A seguito si descrivono le opere in progetto.
In esecuzione a quanto previsto dalla Determinazione n.243 in data 05/07/2024 del Comune di Pallare si è progettato un intervento strutturale finalizzato alla riduzione del rischio nelle aree colpite dagli eventi calamitosi in coerenza con gli strumenti di programmazione e pianificazione esistenti del territorio di Pallare. Tali interventi si rendono necessari a seguito di fenomeni alluvionali del Fiume Bormida di Pallare. L'area d'intervento è localizzata lungo l'asta del Fiume Bormida in corrispondenza del tratto settentrionale della zona industriale (nei pressi del confine con il comune di Carcare). Nel progetto in esame si è quindi prevista la realizzazione di una scogliera in massi di cava (caratterizzati da avere forme più spigolate dei massi di fiume) cementati. La scogliera in massi risulta essere quella di più vasta applicazione, soprattutto in ambiente alpino, dove l'attività torrentizia è caratterizzata da elevate capacità di trasporto solido in pulsazioni rapide, determinate da ridotti tempi di corrivazione. Elevata portata ed elevata capacità di trasporto di massa solida in passato hanno determinato, nella maggioranza dei casi, scelte progettuali volte a un consolidamento rigido delle sponde fluviali e torrentizie. La tendenza progettuale si è quindi orientata alla realizzazione di difese spondali in massi di cava e/o d'alveo cementati. Gradualmente, a seguito delle prescrizioni autorizzative regionali, richiedenti una maggior e attenzione alla necessità di rinaturalizzazione delle sponde, si sono raggiunte configurazioni più adeguate al contesto ambientale e più funzionali al reinserimento paesaggistico di tali strutture, nonché alla ricostruzione e salvaguardia della fascia di vegetazione ripariale naturale. La scogliera presenterà un paramento esterno con pendenza pari a 3:2 (circa 56°), sarà costituita da massi di cava opportunamente dimensionati e verrà intasata con calcestruzzo a prestazioni note per tutta la sua altezza. L'altezza della struttura varierà di sezione in sezione in modo da garantire un franco di sicurezza idraulico comunque non inferiore a 1,00 m rispetto al livello della piena con tempo di ritorno duecentennale (TR 200 anni). La porzione di terreno a tergo della scogliera sarà invece imbottita con materiale a granulometria eterogenea (in parte proveniente dalle precedenti operazioni di scavo) per la realizzazione della nuova circonvallazione stradale che collegherà la zona industriale del centro abitato con la vicina strada provinciale (SP15). A tal proposito si sottolinea come il terreno di rinterro a tergo della scogliera verrà disposto ad una quota di 0,4 m inferiore rispetto a quanto stabilito nel progetto per la realizzazione del summenzionato segmento stradale garantendo quindi lo spazio necessario per la disposizione del pacchetto stradale (fondazione e strato di usura) previsto. Contestualmente alla realizzazione delle opere sopra descritte, il progetto prevede altresì la disposizione di n.3 scatolari in cls per il passaggio delle tubature di proprietà IRETI spa. Questi, con sezione quadrata e dimensioni interne 0,7 x 0,7 m e lunghezza totale pari a 10 m cadauno, verranno parzialmente inglobati nella base della scogliera precedentemente descritta in corrispondenza delle sezioni D1 e D2. Al fine di garantire la sicurezza del tratto di monte della stessa zona industriale, il progetto prevede infine un'operazione di rialzo, effettuato con massi cementati, della struttura di sostegno arginale attualmente esistente (dalle sezioni da C1 a C8). Anche in questo caso, l'entità dell'innalzamento varierà da sezione in sezione in modo tale da garantire un franco idraulico di sicurezza di almeno 1,00 m rispetto al livello del pelo libero riscontrato per la portata duecentennale ivi transitante.
Si procede quindi con la descrizione delle macro caratteristiche delle sezioni tipo della scogliera cementata in progetto:

- la parte di fondazione della scogliera è molto approfondita, il fondo posizionato ad una profondità di circa 2,30 m dal fondo alveo;
- La scogliera verrà realizzata in massi di cava di adeguata pezzatura (massi di seconda categoria) e di forma irregolare;
- i vani presenti tra i massi in elevazione verranno intasati con calcestruzzo a prestazioni note;
- altezza dal fondo alveo di circa 5,00 metri.

La realizzazione di queste opere è preferibile nei periodi che non interferiscono con la stagione riproduttiva della fauna ittica. Al termine dei lavori di protezione spondale saranno eliminate le piste le rampe create per la realizzazione dell'opera e sarà utilizzato parte del materiale litoide per colpare depressioni di fondo e imbottiture di sponda nell'area d'intervento e nelle aree limitrofe. Inoltre pare opportuno ricordare che la realizzazione di queste opere è preferibile nei periodi che non

3i INGEGNERIA
3i Ingegneria s.r.l.s.
P.IVA 03952190043
Lungogesso Corso Giovanni XXIII, 26
12100 Cuneo
0171 60 30 59
info@3i-ingegneria.com

interferiscono con la stagione riproduttiva della fauna ittica. La terra ottenuta dalle operazioni di scavo verrà ricollocata presso la strada sterrata esistete a posteriormente alla nuova scogliera per un suo livellamento.

In sintesi, l'intervento prevede le seguenti operazioni:

- creazione della pista di cantiere in alveo;
- decespugliamento;
- scotico laddove necessario;
- installazione del cantiere (baraccamenti, WC, cancelli, recinzioni);
- scavo della sponda e del fondo alveo laddove è prevista la realizzazione della scogliera, cavidotti, scatolari e movimentazione del materiale litoide nell'area al fine di aumentare la sezione di deflusso del Fiume Bormida circa m^3 5.227;
- realizzazione della scogliera in massi intasati con calcestruzzo (sia al piede che in elevazione) e contestuale rinterro a tergo dell'opera di lunghezza complessiva di circa 119 m;
- posa corrugati per sottoservizi;
- posa scatolare per tubazioni IRETI;
- riposizionamento del materiale di scotico, eliminazione della rampa di accesso all'alveo ed e eliminazione della pista di cantiere;
- innalzamento dell'opera di difesa esistente nella porzione di monte della zona industriale attraverso una scogliera cementata;
- smontaggio del cantiere e pulizia dell'area;
- smontaggio e smaltimento tralicci Enel media tensione.

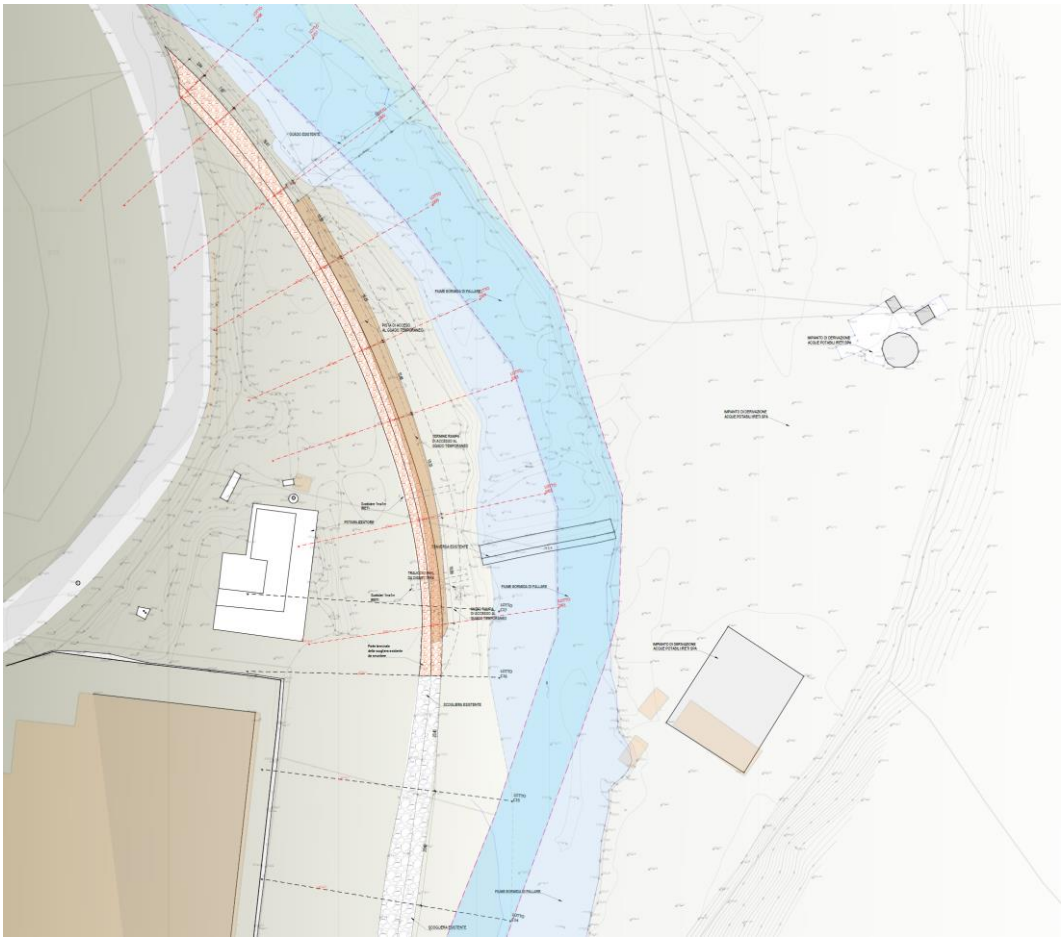


Figura 11. Planimetria di progetto – Nuova scogliera cementata

3i INGEGNERIA
3i Ingegneria s.r.l.s.
P.IVA 03952190043
Lungogesso Corso Giovanni XXIII, 26
12100 Cuneo
0171 60 30 59
info@3i-ingegneria.com

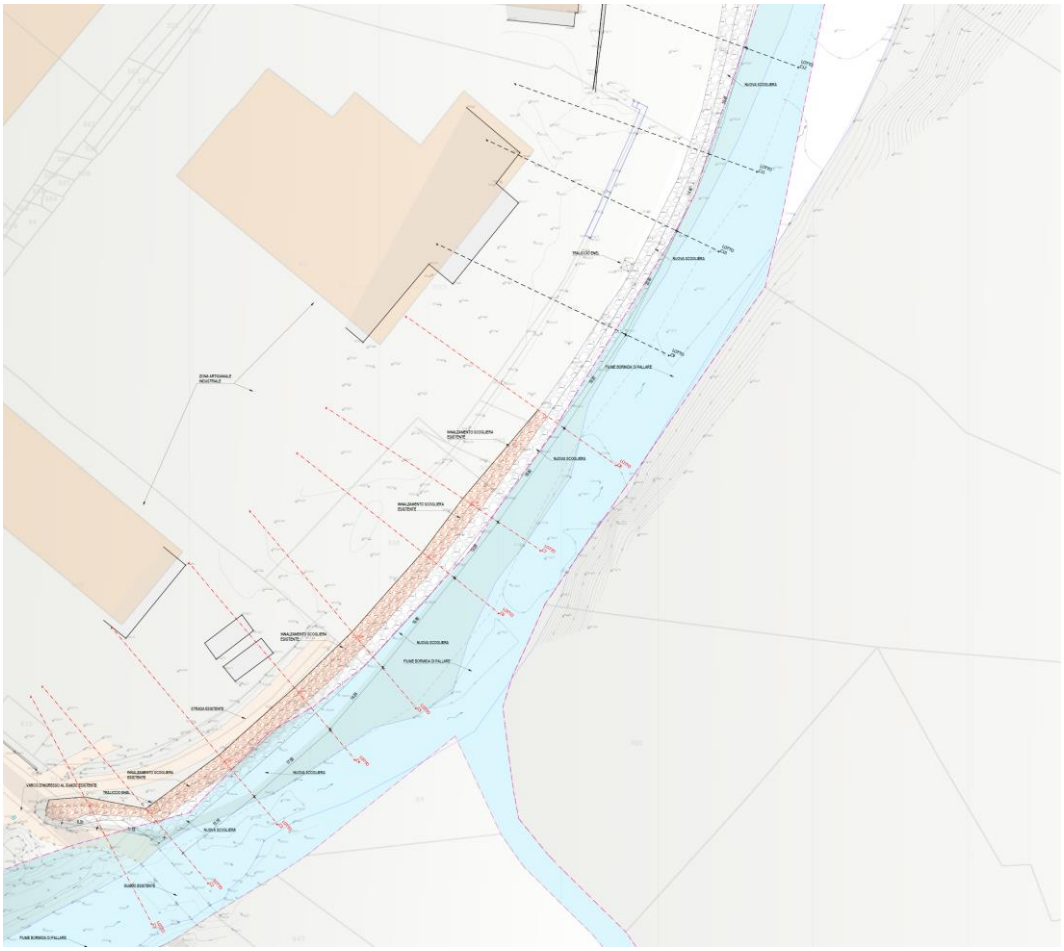


Figura 12. Planimetria di progetto – Innalzamento scogliera esistente.

L'accesso all'area di cantiere sarà effettuato in sponda sinistra idrografica attraverso la strada sterrata che costeggia l'opera di difesa spondale esistente. Per accedere all'intera area, anche nella zona di valle, verrà realizzata una pista di cantiere in alveo in materiali sciolti, che poi verrà rimossa a fine dei lavori la quale discende dalla struttura arginale. L'area di cantiere verrà segnalata ed opportunamente protetta con apposita recinzione di cantiere. L'accesso consentito esclusivamente agli addetti ai lavori, avverrà tramite un cancello di ingresso posto sulla sponda sinistra in corrispondenza dell'impianto delle acque potabili (potabilizzatore).

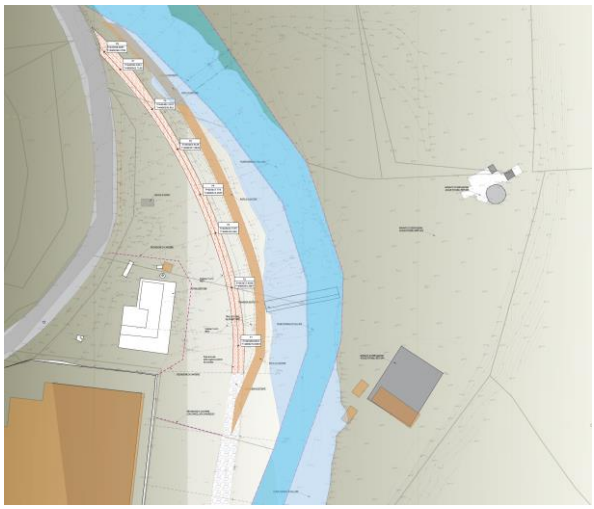


Figura 13. Planimetria di cantiere.

3i Ingegneria s.r.l.s.
P.IVA 03952190043
Lungogesso Corso Giovanni XXIII, 26
12100 Cuneo
0171 60 30 59
info@3i-ingegneria.com

4.1 Dettagli tecnici e costruttivi

Il materiale lapideo scelto per la realizzazione della scogliera deve essere costituito da massi in pietra naturale con forma spiccatamente irregolare al fine di permettere un elevato incastro ed un buon attrito tra massi adiacenti. Il volume non deve essere inferiore a 0,41m^3, corrispondente a un peso superiore a 10 quintali.
Nelle difese spondali, prima dell'inizio dei lavori, devono prevedersi opere di aggottamento (creazione di canale fugatore) del corso d'acqua interessato, in modo da poter lavorare senza la presenza di acqua nell'area di intervento.
Successivamente si deve procedere con lo scavo di fondazione della scogliera. In assenza di substrato roccioso la struttura deve essere comunque approfondita ad almeno 2,30 m sotto la quota di fondo alveo.
La scogliera, costituita da massi del peso di circa 1000 kg ciascuno dovrà essere realizzata intasando i vuoti tra i blocchi (sia in fondazione che in elevazione) con calcestruzzo a prestazioni note al fine di garantire un incremento delle caratteristiche di resistenza dell'intera struttura nei confronti dello sforzo di trascinamento esercitato dalla corrente transitante. I massi necessari per la realizzazione della struttura verranno in parte forniti in cantiere da ditte specializzate ed in parte reperiti in luogo dallo smantellamento dell'opera di protezione spondale originariamente esistente. Dei circa 700 m^3 reperiti in loco si stima che solamente il 70% (490 m^3) possieda le caratteristiche adeguate alla realizzazione dell'opera. I rimanenti 210 m^3 verranno quindi allontanati dal sito e smaltiti in apposito centro di raccolta.



Figura 14. Comune di Oulx (TO), località Beaulard - Difesa spondale realizzata con massi di cava rivegetata (estratto da "Interventi di sistemazione del territorio con tecniche di ingegneria naturalistica" della Regione Piemonte).

4.2 Dimensionamento dei massi costituenti le scogliere

L'analisi della stabilità del materiale utilizzato per le opere di difesa idraulica previste in condizioni di progetto è svolta secondo la seguente procedura:

- definizione dei parametri idraulici di interesse;
- caratterizzazione del materiale e verifica della sua stabilità nella situazione di progetto.

4.2.1 Le condizioni critiche di moto incipiente

Differenti formule di calcolo sono disponibili in letteratura per la valutazione della stabilità di materiali di assegnata granulometria soggetti all'azione di trascinamento della corrente.
Questi procedimenti si basano sulla determinazione dei valori critici (in generale desunti da dati sperimentali) delle velocità o delle tensioni tangenziali (intesi come valori che corrispondono alle condizioni di moto incipiente per il materiale considerato) e sul confronto con i valori reali di tali grandezze.
L'analisi delle condizioni critiche di moto incipiente è effettuata mediante l'utilizzo di formule basate sul confronto delle tensioni di trascinamento.
Tale criterio si basa sulla definizione dello sforzo tangenziale esercitato dalla corrente sul materiale costituente il letto fluviale, secondo la formula:

$$\tau_0 = \gamma \cdot R \cdot i$$

3i INGEGNERIA
3i Ingegneria s.r.l.s.
P.IVA 03952190043
Lungogesso Corso Giovanni XXIII, 26
12100 Cuneo
0171 60 30 59
info@3i-ingegneria.com

dove:

- γ (N/m^3) è il peso specifico dell'acqua;
- R (m) è il raggio idraulico della sezione;
- I (m/m) è la pendenza del fondo.

La condizione di stabilità del fondo risulta quando $\tau_{cr} \geq \tau_0$, ossia quando la tensione tangenziale critica è maggiore o uguale a quella di moto incipiente esercitata dalla corrente.
La seguente analisi di stabilità è riferita alla teoria della tensione tangenziale critica (Shields - 1936 - la cui formula base è stata ricavata da esperimenti su letti a granulometria uniforme di forte scabrezza), attraverso la valutazione della forza che determina il moto incipiente dei granuli, esprimibile in termini generali con la seguente relazione che esprime una condizione di equilibrio:

$$\frac{\tau_{cr}}{(\gamma_s - \gamma) \cdot d} = \Phi(Re^*)$$

dove:

- τ_{cr} : tensione tangenziale critica (N/m^2);
- γ_s : peso specifico materiale d'alveo (N/m^3);
- γ : peso specifico dell'acqua (N/m^3);
- d : diametro del granulo (m);
- F : parametro adimensionale dipendente dalle caratteristiche dei granuli, del letto fluviale e dal numero di Reynolds (Re*) relativo alla velocità di attrito ($u^* = \sqrt{\tau_{cr}/\rho}$).

Per la traduzione della condizione di equilibrio suddetta in termini empirici ed ingegneristici sono state proposte varie formulazioni, derivanti da osservazioni sperimentali, ciascuna caratterizzata da limiti e campi di applicabilità specifici che ne condizionano l'utilizzo alla preventiva definizione della tipologia dei substrati naturali o artificiali e del comportamento idraulico dell'alveo.
In particolare alcuni autori hanno individuato valori empirici specifici del parametro di Shields:

- $F = 0{,}058 \div 0{,}060$ nell' espressione originale di Shields, valida in moto turbolento Re*>1000 e con diametro medio del materiale molto inferiore del tirante idrico;
- $F = 0{,}116$ nell' espressione di Kalinske, che considera un fattore di compattezza del materiale rappresentante l'effetto di mutuo incastro delle particelle;

$$F = 0{,}06\left[1 + 0{,}67 \cdot \left(\frac{d}{h}\right)^{0{,}5}\right]$$

- nella formulazione di Armanini, valida per diametri comparabili con il tirante idrico h.

Per le verifiche di stabilità dei massi costituenti le opere di difesa in progetto verrà fatto riferimento, nel caso specifico, all'espressione di Shields nella formulazione di Armanini.
Per le verifiche di stabilità del paramento inclinato, la condizione di moto incipiente va espressa considerando le componenti attive del peso e della spinta idrodinamica in relazione alla pendenza (a) della sponda rispetto all'orizzontale. A tal scopo è normalmente utilizzata la seguente espressione (E.Lane, 1953):

$$\tau_{cr}(\alpha) = \tau_{cr}(0)\left[\cos(\alpha)\sqrt{1 - \frac{tg^2(\alpha)}{tg^2(\varphi)}}\right]$$

dove

- $\tau_{cr}(_0)$= tensione critica sul fondo,
- φ = angolo d'attrito interno del materiale.

3i INGEGNERIA
3i Ingegneria s.r.l.s.
P.IVA 03952190043
Lungogesso Corso Giovanni XXIII, 26
12100 Cuneo
0171 60 30 59
info@3i-ingegneria.com

Dal confronto fra le tensioni tangenziali esercitate dalla corrente sul fondo e la corrispondente tensione tangenziale critica legata alla pezzatura del materiale utilizzato per il rivestimento, è possibile verificarne la stabilità in alveo identificando le dimensioni dei massi impiegati attraverso il diametro medio di calcolo D50.
Volendo esprimere l'ordine di grandezza dei massi tramite il loro peso, si consideri che, in generale, il volume di elementi di forma abbastanza regolare è compreso tra quello di un cubo di lato pari alla dimensione caratteristica calcolata D50 e quello di una sfera di tale diametro. Il rapporto tra questi due volumi è 0,52, mentre il volume del masso caratteristico sarà circa pari a 0,8 volte il volume del cubo. Quindi, per calcolare il volume del masso caratteristico si può utilizzare la seguente semplice formula V=0,80·(D50)3. Il volume per il peso specifico del materiale utilizzato fornisce il peso corrispondente del materiale impiegato.
Di seguito si descrivono i calcoli eseguiti per la verifica delle opere in progetto, per la quale si sono adottati i parametri idraulici calcolati nella configurazione di progetto TR200 anni.

4.2.2 Calcolo delle condizioni critiche di moto incipiente

La tensione tangenziale τ_0 agente sul fondo (piede della difesa nel caso specifico) è stata calcolata con riferimento all'espressione:

$$\tau_0 = \gamma \cdot R \cdot i$$

assumendo:

- γ : 1000 kg/m^3 peso specifico dell'acqua;
- R : raggio idraulico nella sezione d'alveo a monte della scogliera,
- i : pendenza media del carico totale.

Per il calcolo si usano i valori ricavati mediante il software HEC-RAS.
Per la tensione tangenziale presente sulle sponde si può considerare il 75% di quella sul fondo.
Trasposta sulla sponda, la tensione tangenziale, risulta:

$$\tau_{0s} = 0{,}75 \cdot \tau_0$$

Tabella 1. Tensioni tangenziali al fondo e sulla sponda per il deflusso della piena con TR 200 anni; tensioni al fondo ottenute dal software HEC-RAS per la zona d'intervento.

Sezione	Raggio idraulico	Tensione tangenziale al fondo	Tensione tangenziale sulla sponda
	[m]	[N/m2]	[N/m2]
542	1,29	59,93	44,95
515	1,19	53,06	39,79
487	1,97	121,40	91,05
472	2,01	110,48	82,86
442	1,18	46,86	35,14
417	0,87	68,38	51,29
397	1,1	259,78	194,84

4.2.3 Calcolo della tensione di trascinamento critica

Di seguito sono riportati i risultati ottenuti applicando le formulazioni il fondo alveo. La formula utilizzata è quella di Armanini.
Dal confronto fra le tensioni tangenziali esercitate dalla corrente sul fondo e la corrispondente tensione tangenziale critica legata alla pezzatura del materiale utilizzato per il rivestimento, è possibile verificarne la stabilità in alveo identificando le dimensioni dei massi impiegati attraverso il diametro medio di calcolo D_{50}.
Assumendo un diametro di riferimento D_{50} pari a 0.80m e un peso specifico dei massi pari a circa 2400kg/m^3 (massi di seconda categoria) si applica la tensione critica al fondo con la formula di Armanini.

3i Ingegneria s.r.l.s.
P.IVA 03952190043
Lungogesso Corso Giovanni XXIII, 26
12100 Cuneo
0171 60 30 59
info@3i-ingegneria.com

$$\frac{\tau_{cr}}{(\gamma_s-\gamma)\cdot d} = \Phi(Re^*)$$

Trasponendo tali valori sulla sponda (paramento inclinato della difesa) ed assumendo un angolo della scarpata pari A 56° (paramento inclinato di 3/2 laddove creata con massi di cava) ed un angolo di attrito del materiale pari a 65°(scogliera creata con massi di cava) si ottiene una tensione critica di

$$\tau_{cr}(\alpha) = \tau_{cr}(0)\left[\cos(\alpha)\sqrt{1-\frac{tg^2(\alpha)}{tg^2(\varphi)}}\right]$$

I calcoli sono stati effettuati considerando tutte le sezioni idrauliche del progetto e calcolando per ciascuna la profondità della corrente, la tensione critica al fondo e la trasposizione della medesima sulla sponda. Le azioni di trascinamento, le condizioni critiche ed il fattore di sicurezza sono poi state valutate per le condizioni al fondo e per le sponde e si è verificato che per ciascuna sezione il fattore di sicurezza fosse adeguatamente superiore all'unità. Il fattore di sicurezza è ampliamente superiore all'unità, pertanto l'opera può definirsi sicura all'effetto di trascinamento della piena.

Tabella 2. Calcolo dei coefficienti di sicurezza per le condizioni al fondo e per le condizioni in sponda.

Sezione	Inclinazione paramento	Angolo attrito dei massi	T_0	$T_{CR\ Fondo}$	Fattore di Sicurezza Fondo	T_S	$T_{CR\ Sponda}$	Fattori di Sicurezza Sponde
	[°]	[°]	[N/m^2]	[N/m^2]	[-]	[N/m^2]	[N/m^2]	[-]
542	56	65	59,93	658,58	15,38	44,95	266,09	8,29
515	56	65	53,06	678,34	17,90	39,79	274,08	9,64
487	56	65	121,40	656,54	7,57	91,05	265,27	4,08
472	56	65	110,48	651,16	8,25	82,86	263,09	4,45
442	56	65	46,86	651,90	19,48	35,14	263,39	10,49
417	56	65	68,38	650,43	13,32	51,29	262,80	7,17
397	56	65	259,78	682,38	3,68	194,84	275,71	1,98

4.2.4 Definizione del peso dei massi da impiegarsi

Con riferimento a quanto precedentemente descritto, il **diametro teorico di 0,80 m** comporta:

- un volume teorico di un masso sferico pari a:

$$V = 0.8 \cdot d^3 = \mathbf{0{,}41\ m^3}$$

- a cui corrisponde un peso del masso di seconda categoria di circa

$$W = \mathbf{984\ kg}$$

In via cautelativa si prescrivono massi con peso minimo di 1000 Kg.

4.2.5 Caratteristiche della difesa spondale

La scogliera dovrà avere le seguenti caratteristiche costruttive:

- essere realizzata con massi di cava a spigoli vivi di pietra non geliva (seconda categoria) di pezzatura minima di 0,8m di diametro;
- diametro caratteristico non inferiore ad 0,8 m – volume minimo di 0,41 m^3 e peso non inferiore a 1000 Kg
- inclinazione rispetto all'orizzontale del paramento esterno 3/2 (56°);
- spessore alla sommità 1,50 m;

3i INGEGNERIA
3i Ingegneria s.r.l.s.
P.IVA 03952190043
Lungogesso Corso Giovanni XXIII, 26
12100 Cuneo
0171 60 30 59
info@3i-ingegneria.com

- quota inferiore della fondazione 2,3 m sotto il fondo alveo in progetto (a meno di non riscontrare uno strato roccioso di appoggio ad approfondimenti inferiori);
- spessore (in verticale) della fondazione 1,50 m, con 0,80 m di ricoprimento.
- Intasamento della struttura con calcestruzzo.



Figura 15. Esempio di scogliera realizzata con massi da cava intasati con cls.

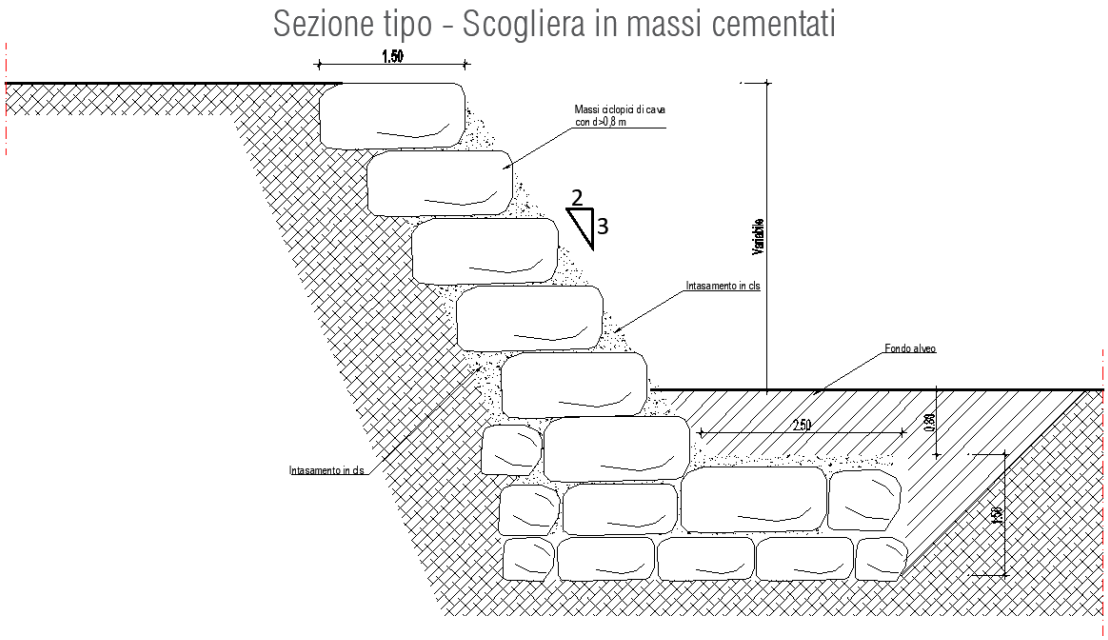


Figura 16. Sezione costruttiva realizzato in masi di cava.

4.3 Verifica di stabilità della scogliera

Come evidenziato nei paragrafi precedenti il progetto prevede la realizzazione di una scogliera in massi ciclopici cementati per la protezione della zona industriale del centro abitato di Pallare (SV). Il presente capitolo è dunque dedicato alla verifica di stabilità della scogliera in progetto. Se in un primo momento l'attenzione è dedicata alla descrizione teorica delle summenzionate verifiche, nella seconda si presentano i risultati di calcolo ottenuti tramite modellazione geotecnica del complesso terreno-struttura.

3i INGEGNERIA
3i Ingegneria s.r.l.s.
P.IVA 03952190043
Lungogesso Corso Giovanni XXIII, 26
12100 Cuneo
0171 60 30 59
info@3i-ingegneria.com

4.3.1 Cenni teorici

Per quanto riguarda le verifiche di stabilità di un'opera di sostegno rigida, le azioni da considerare sono fornite dalla spinta del terrapieno a monte, dalle forze permanenti di natura gravitazionale, dalle azioni inerziali dovute all'effetto del sisma, associate alle masse del muro, del terreno e di eventuali carichi e sovraccarichi agenti. Per muri con fondazioni superficiali si considerano usualmente le verifiche di stabilità di tipo geotecnico, con riferimento alle seguenti condizioni di equilibrio limite:

- Ribaltamento.
- Scorrimento.
- Capacità portante.
- Stabilità globale.

Nel caso specifico di opere di sostegno in c.a., sono previste inoltre verifiche di tipo strutturale in corrispondenza delle sezioni maggiormente sollecitate. Le resistenze di progetto dei materiali strutturali devono essere calcolate in conformità a quanto previsto dalle norme vigenti, per le verifiche agli stati limite delle sezioni in c.a. Per indicazioni più approfondite riguardo le verifiche di resistenza strutturale, si rimanda all'Appendice D. In questa sede ci soffermeremo, invece, solamente sulle verifiche geotecniche da effettuare; tali verifiche dovranno essere soddisfatte, ovviamente, in tutte le fasi temporali del muro di sostegno, dalla costruzione alla fine della vita utile del manufatto. Poiché nel terreno, a causa dei fenomeni di dissipazione delle sovrapressioni neutre, la variabile temporale non può di certo essere trascurata, occorre conoscere l'evoluzione della storia di consolidazione nel terreno a seguito della realizzazione del muro.
Normalmente di ciò se ne dovrà tenere conto effettuando le verifiche a breve e a lungo termine (ovvero a inizio e fine consolidazione), con opportuni valori dei parametri resistenti: si adopereranno, dunque, i parametri in condizione non drenata (cu e $\varphi u = 0$), facendo riferimento alle tensioni totali, per le verifiche a breve termine, mentre si adopereranno i parametri di resistenza in condizione drenata (c' e φ'), facendo riferimento alle tensioni efficaci, per le verifiche a lungo termine.

Condizioni di stato limite per opere di sostegno

I criteri di progettazione delle opere di sostegno di basano essenzialmente su due tipi di verifiche:

- Verifica della sicurezza del sistema rispetto alle condizioni di equilibrio limite per scorrimento, ribaltamento, capacità portante e stabilità globale.
- Verifica dell'ammissibilità dei valori delle grandezze che identificano la prestazione dell'opera in esercizio (spostamenti).

Le verifiche di equilibrio limite sono comunemente condotte mediante analisi pseudostatiche, che presuppongono la valutazione convenzionale di forze statiche equivalenti alle azioni dinamiche indotte dal sisma, mediante opportuni coefficienti moltiplicativi dei pesi delle masse in gioco. Le verifiche di ammissibilità della prestazione dell'opera, presuppongono, invece, la valutazione degli spostamenti, indotti dalle azioni sollecitanti l'opera, mediante analisi dinamiche semplificate e complete. Per le opere di sostegno, sulla base di quanto prescritto dalle recenti normative, sia in ambito nazionale che europeo, è possibile identificare le seguenti condizioni di stato limite, con riferimento ai suddetti criteri di verifica:

1. Rottura per carico limite dell'insieme fondazione-terreno
2. Rottura per scorrimento lungo il piano di posa della fondazione
3. Ribaltamento dell'opera intorno al piede o alla sommità
4. Rottura dell'insieme struttura-terrapieno-terreno di fondazione
5. Spostamento limite per scorrimento lungo il piano di posa della fondazione
6. Spostamento limite per rotazione dell'opera intorno al piede o alla sommità
7. Rottura dell'elemento strutturale

3i INGEGNERIA
3i Ingegneria s.r.l.s.
P.IVA 03952190043
Lungogesso Corso Giovanni XXIII, 26
12100 Cuneo
0171 60 30 59
info@3i-ingegneria.com

Le condizioni limite da 1 a 6 si possono verificare con i metodi propri delle verifiche di stabilità dell'ingegneria geotecnica sismica, come illustrato più avanti al capitolo di pertinenza; mentre lo stato limite 7, una volta determinate le azioni agenti sul manufatto, richiede una verifica con i metodi propri dell'ingegneria strutturale.
Si rende opportuno precisare che, a rigore, le condizioni da 1 a 4 e 7 rappresentano degli stati limite ultimi, mentre le condizioni 5 e 6 possono essere viste come stati limite di esercizio.
Gli stati limite ultimi per le opere di sostegno si riferiscono, infatti, allo sviluppo di tutti quei meccanismi di collasso determinati dalla mobilitazione della resistenza del terreno, e dal raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali, che compongono le opere stesse.
Le verifiche di esercizio, invece, devono essere condotte con l'intento di verificare la compatibilità degli spostamenti dell'opera e del terreno circostante, con la funzionalità dell'opera stessa e con la sicurezza e la funzionalità dei manufatti adiacenti.
Secondo quanto stabilito dalle recenti NTC, approvate con D.M.14/01/2008, per le verifiche allo scorrimento e per quella al carico limite dell'insieme fondazione-terreno bisognerà scegliere uno dei due seguenti Approcci, a cui corrispondono le rispettive combinazioni di seguito riportate:

Approccio 1

- Combinazione 1: (A1+M1+R1)
- Combinazione 2: (A2+M2+R2)

Approccio 2

- (A1+M1+R3)

I coefficienti da applicare tanto alle azioni (A1 ed A2), quanto ai parametri di resistenza del terreno (M1 ed M2), sono stati definiti al paragrafo 2.5.2, mentre per i coefficienti γR, corrispondenti ai gruppi R1, R2, R3, che agiscono direttamente sulle resistenze, bisogna fare riferimento alla tabella 6.5.I delle NTC, di seguito riportata, in funzione del tipo di verifica da effettuarsi.

Tabella 3. Coefficienti parziali NTC 2018.

Verifica	Coefficienti parziali γ_R		
	R1	R2	R3
Capacità portante della fondazione	1,0	1,0	1,4
Scorrimento	1,0	1,0	1,1
Resistenza del terreno a valle	1,0	1,0	1,4

Lo stato limite di ribaltamento, invece, non prevedendo la mobilitazione della resistenza del terreno di fondazione, deve essere trattato come uno stato di equilibrio di corpo rigido, e devono essere utilizzati, per questo specifico caso, i coefficienti parziali sulle azioni del gruppo EQU, ed i coefficienti sulle resistenze, quelle del gruppo M2.
Infine, per quanto riguarda la verifica alla stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno, deve essere effettuata con riferimento all'Approccio1, per la sola combinazione 2 (A2+M2+R2), con γR, specifico per le verifiche di sicurezza delle opere in materiali sciolti e fronti di scavo, ovvero posto pari a 1,1.

Verifica allo scorrimento

La verifica allo scorrimento sul piano di posa della fondazione del muro di sostegno consiste nell'imporre l'equilibrio alla traslazione orizzontale tra tutte le forze instabilizzanti e resistenti che intervengono nel problema, richiedendo che l'equilibrio sia soddisfatto con un opportuno fattore di sicurezza alla traslazione, imposto dalle norme.
Il piano, su cui scorre l'opera di sostegno, è rappresentato dalla base della fondazione. Esaminiamo il caso generale in cui quest'ultima risulti inclinata rispetto all'orizzontale. Definendo *s* il piano di scorrimento ed *n* la normale ad *s*. Scomponiamo la risultante di tutte le forze verticali *V* e la risultante di tutte le forze orizzontali *H* lungo *s* ed *n*, ottenendo quindi le componenti

3i Ingegneria s.r.l.s.
P.IVA 03952190043
Lungogesso Corso Giovanni XXIII, 26
12100 Cuneo
0171 60 30 59
info@3i-ingegneria.com

Vs, Vn, Hs, Hn. In generale, le forze resistenti sono rappresentate dalla reazione che, per attrito, si desta all'interfaccia tra la base del muro e il terreno di fondazione, dalla reazione fornita dal terreno di fondazione e da quella fornita dal terreno antistante il muro, che si oppone alla traslazione.
La resistenza allo scorrimento è data dalla relazione:

$$R = (V_n + H_n) * tg\varphi' + V_s + F_P * S_P + F_c * A * C$$

avendo indicato con:

- φ' l'angolo d'attrito interno terreno-fondazione;
- Sp la componente lungo s della spinta passiva, che si mobilita nel terreno di valle;
- C l'aderenza fondazione-terreno;
- A l'area della base della fondazione;
- FP, FC fattori riduttivi compresi tra 0 ed 1.

È opportuno precisare che le ultime NTC impongono che "*ai fini della verifica alla traslazione, sul piano di posa di muri di sostegno con fondazioni superficiali, non si terrà conto, in generale, del contributo di resistenza del terreno antistante il muro. In casi particolari, da giustificare con considerazioni relative alle caratteristiche meccaniche dei terreni e alle modalità costruttive, la presa in conto di un'aliquota di tale resistenza sarà subordinata all'assunzione di effettiva permanenza di tale contributo, nonché alla verifica che gli spostamenti necessari alla mobilitazione di tale aliquota siano compatibili con le prestazioni attese dell'opera*".

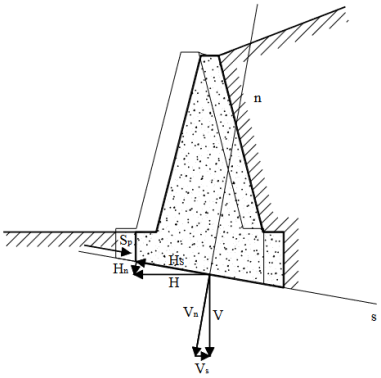


Figura 17. Verifica allo scorrimento.

A tal proposito, il vecchio D.M. 11/03/1988, dettava analoghe prescrizioni, per quanto riguarda il contributo resistente nei confronti dello scorrimento, dettato dal terreno antistante il muro, imponendo di poterne tenere conto, solo in casi particolari e con dei valori non superiori al 50 per cento della resistenza passiva. Tali prescrizioni evidenziano un esplicito spirito cautelativo che caratterizza le norme vigenti. Difatti, alcuni risultati sperimentali mostrano che la presenza di un riempimento di valle, seppure di altezza molto limitata, rispetto all'altezza totale del muro, costituisce un vincolo efficace alla traslazione e migliora anche il comportamento al ribaltamento dell'opera, come si vedrà al prossimo paragrafo.
Le azioni instabilizzanti previste sono, invece, quelle dovute al terreno, all'acqua e agli eventuali sovraccarichi, nonché, per estensione al caso sismico, le azioni derivanti dall'inerzia del terrapieno e dall'inerzia del muro.
Con riferimento alla figura quindi, l'azione sollecitante è rappresentata dalla componente lungo s delle forze orizzontali suddette:

$$S = X_S$$

La verifica, effettuata con il metodo degli stati limite, è soddisfatta se, riferendoci ai valori di calcolo, risulta:

$$R_d \geq S_d$$

3i Ingegneria s.r.l.s.
P.IVA 03952190043
Lungogesso Corso Giovanni XXIII, 26
12100 Cuneo
0171 60 30 59
info@3i-ingegneria.com

Con il metodo del coefficiente di sicurezza globale (D.M. 11/03/1988), ci si riferiva, invece, ai valori caratteristici, e la verifica era soddisfatta se:

$$\frac{R_K}{S_K} \geq 1{,}3$$

Verifica al ribaltamento

La Verifica al Ribaltamento consiste nell'imporre la verifica alla rotazione intorno al punto più a valle dell'opera di sostegno, valutando le azioni ribaltanti e quelle stabilizzanti. Si ipotizza che un eventuale ribaltamento dell'opera di contenimento, possa avvenire per rotazione attorno al punto O esterno inferiore della fondazione. Per alcune tipologie di muro, quali a gravità in pietrame, con riseghe e/o gradoni, è buona norma prevedere altri punti attorno a cui potrebbe avvenire il ribaltamento (O1, O2, O3,...). Inoltre, con riferimento alla possibilità di considerare o meno una aliquota della spinta passiva del terreno antistante il muro di sostegno, l'evidenza sperimentale ha dimostrato che la presenza di tale riempimento fa sì che un eventuale meccanismo di rottura, in condizioni dinamiche, si inneschi per rotazione, intorno ad un punto posto ad una quota superiore rispetto alla base del muro (punto O' in figura). In generale la spinta complessiva che il terrapieno esercita sul muro è una forza ribaltante F, mentre la forza stabilizzante W è rappresentata dal peso del muro ed eventualmente dal peso del terreno sovrastante la fondazione di monte.

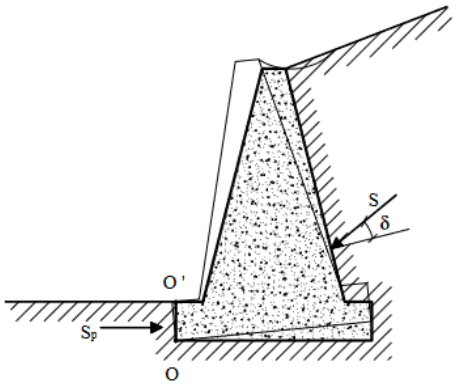


Figura 18. Verifica al ribaltamento.

Chiamando b_F il braccio della forza ribaltante rispetto ad *O* e b *W* il braccio della forza stabilizzante, sempre rispetto ad *O*, definiamo il momento resistente *R* ed il momento sollecitante *S*.

$$R = W * b_W$$

$$S = F * b_F = F_X * b_{F_X} - F_Y * b_{F_Y}$$

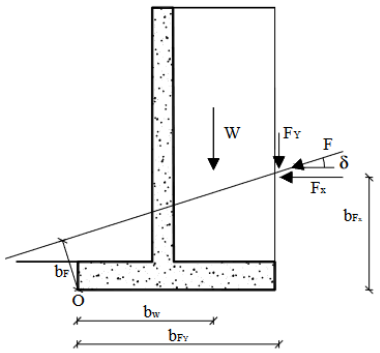


Figura 19. Effetto delle azioni ribaltanti e stabilizzanti.

3i Ingegneria s.r.l.s.
P.IVA 03952190043
Lungogesso Corso Giovanni XXIII, 26
12100 Cuneo
0171 60 30 59
info@3i-ingegneria.com

È opportuno precisare che quando la F è inclinata, a causa dell'attrito terra muro, il momento sollecitante S (che in generale è ribaltante) deve essere calcolato come differenza tra il momento generato dalla componente orizzontale di F (FX) e il momento generato dalla componente verticale di F (FY).
Per particolari geometrie può risultare addirittura che il momento della forza F sia stabilizzante (questo capita quando l'angolo di attrito terra-muro assume valori elevati e/o la fondazione ha una base molto grande); questa circostanza fa sì che il fattore di sicurezza, dato dal rapporto R/S, tende all'infinito, per il fatto che il denominatore della precedente frazione è identicamente nullo.
La verifica, effettuata con il metodo degli stati limite, è soddisfatta se risulta:

$$R_d \geq S_d$$

Verifica della capacità portante

La verifica della capacità portante del complesso fondazione-terreno è finalizzata a garantire che le azioni, trasmesse dall'opera di sostegno al terreno di fondazione, non superino il carico limite che lo stesso può tollerare.
Il carico limite del complesso terreno-struttura, viene determinato mediante l'espressione trinomia di Terzaghi, modificata da Brinch-Hansen. La predetta formula di Terzaghi determina il valore del carico massimo, che comporta un collasso del terreno, di una fondazione superficiale nastriforme, applicando la teoria dell'equilibrio limite al terreno, considerando una superficie di rottura avente andamento in parte lineare ed in parte a spirale logaritmica, e risulta essere funzione, esclusivamente, della dimensione della base della fondazione e delle proprietà meccaniche del terreno su cui poggia la fondazione stessa. La formula di Brinch-Hansen generalizza il risultato di Terzaghi, considerando anche l'inclinazione e l'eccentricità del carico di fondazione, la profondità della fondazione rispetto al piano di campagna, l'inclinazione della base della fondazione e del piano di campagna e la forma della fondazione.
Il carico limite viene calcolato con la tradizionale formula:

$$q_{lim} = q * N_q * \ \alpha_q + c' * N_C * \alpha_C + \frac{1}{2} * B' * \gamma * N_\gamma * \alpha_\gamma$$

Essa viene correlata da vari coefficienti correttivi αq, αc , αγ, che tengono conto dell'inclinazione e profondità del piano di posa, dell'inclinazione del piano di fondazione e della inclinazione terreno e dell'effetto del punzonamento. Per le opere di fondazione in zona sismica, le Norme vigenti prescrivono di tenere conto degli effetti delle forze di inerzia, che si manifestano nel terreno di fondazione e di quelle indotte dalla sovrastruttura, mediante l'introduzione di opportuni coefficienti correttivi da applicare ai termini della formula trinomia.
La verifica, effettuata con il metodo degli stati limite, è soddisfatta se, riferendoci ai valori di calcolo, risulta:

$$q_{lim} \geq \sigma_{max}$$

Per determinare le pressioni che agiscono sul terreno, e quindi confrontarle con quella limite, si possono utilizzare diversi metodi, che tengano conto dell'interazione terreno- struttura.

Verifica di stabilità globale

Tale verifica, prescritta da tutte le normative, è di grande importanza, specialmente se i terreni interessati sono instabili, oppure se il sovraccarico agente sul terrapieno è molto elevato. Infatti, con tale verifica, si determina il grado di sicurezza sia del manufatto, sia del terreno, nei confronti di possibili scorrimenti lungo superfici di rottura passanti al di sotto del piano di appoggio del muro. La verifica, effettuata ricorrendo ai metodi di calcolo della stabilità dei pendii, consiste nel ricercare, tra le possibili superfici di rottura, quella che presenta il minor coefficiente di sicurezza e nel confrontare, quindi, le resistenze e le azioni sollecitanti lungo tale superficie. Secondo questi metodi è necessario ipotizzare una superficie di scorrimento del terreno di forma qualsiasi, passante al di sotto del muro e valutare, rispetto al generico polo, i momenti instabilizzanti, generati dalle forze peso, ed i momenti resistenti, generati dalle reazioni del terreno. In letteratura sono presenti vari metodi

3i INGEGNERIA
3i Ingegneria s.r.l.s.
P.IVA 03952190043
Lungogesso Corso Giovanni XXIII, 26
12100 Cuneo
0171 60 30 59
info@3i-ingegneria.com

(Fellenius, Bishop, Bell, Jambu, Morgenstern- Price, etc). Si riporta, di seguito, il metodo di Fellenius, più semplice come formulazione rispetto ad altri metodi, in quanto ipotizza superfici di rottura circolari.

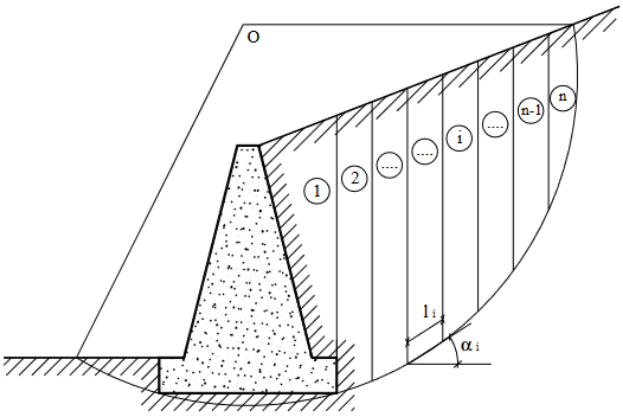


Figura 20. Verifica di stabilità globale. Metodo all'equilibrio limite.

Suddividendo il pendio in n conci, questo metodo prevede il calcolo del coefficiente di sicurezza globale, tramite la seguente espressione:

$$F_S = \frac{\sum c'_i * l_i + (W_i * cos\alpha_i - u_i * l_i) * tg\varphi'_i}{\sum W_i * sen\,\alpha_i}$$

avendo indicato, per l'i-esimo concio, con:

- c'_i la coesione del terreno;
- W_i il peso del concio, comprensivo di eventuali sovraccarichi;
- u_i la pressione idrostatica alla base del concio;
- φ'_i l'angolo di resistenza al taglio del terreno; li lunghezza del concio;
- α_i angolo formato dalla secante al cerchio critico, in corrispondenza del concio, rispetto all'orizzontale.

Eseguendo questa verifica con il metodo degli stati limite, ponendo il numeratore della espressione (7.17) pari alla resistenza al taglio e il denominatore pari al taglio sollecitante lungo la linea di scorrimento ipotizzata, per cui si ha:

$$R = \sum c'_i * \; l_i + (W_i * cos\alpha_i - u_i * l_i)^* \; tg\varphi'_i$$

$$S = \sum W_i * sen\alpha_i$$

La verifica viene quindi soddisfatta se, riferendoci ai valori di calcolo, risulta:

$$R_d \geq S_d$$

4.3.2 Risultati verifiche di stabilità

Nel presente capitolo sono state riportate le verifiche di sicurezza allo stato limite ultimo Geotecnico (GEO), con riferimento alle NTC 2018, paragrafo 6.4.2.1.:

- collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno;
- collasso per scorrimento sul piano di posa;
- ribaltamento dell'opera sul piano di posa.

3i Ingegneria s.r.l.s.
P.IVA 03952190043
Lungogesso Corso Giovanni XXIII, 26
12100 Cuneo
0171 60 30 59
info@3i-ingegneria.com

Le verifiche devono essere effettuate applicando la combinazione (A1+M1+R3) di coefficienti parziali prevista dall'Approccio 2.

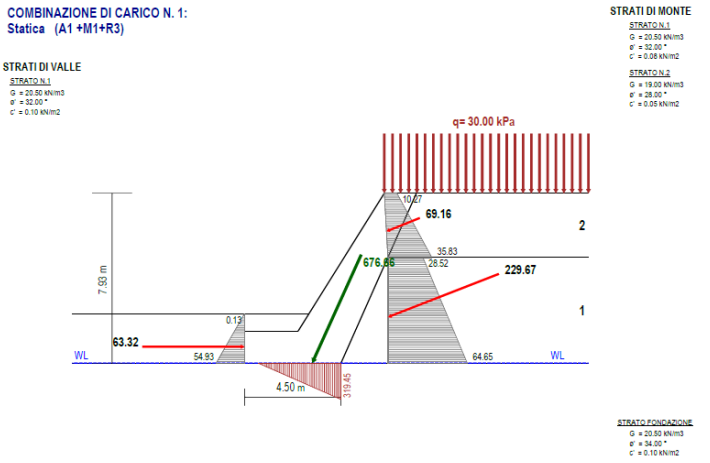
Nel caso di fondazioni posizionate su o in prossimità di pendii naturali o artificiali deve essere effettuata la verifica anche con riferimento alle condizioni di stabilità globale del pendio includendo nelle verifiche le azioni trasmesse dalle fondazioni.

Si considera una scogliera con peso di volume pari a 2400 Kg/m^3.

Facendo riferimento ai parametri derivanti dalle indagini geologiche eseguite in sito le caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione possono essere così riassunte:

Tabella 4. Tabella riassuntiva dei parametri geotecnici del terreno

STRATI DI VALLE		
Strato n.1		
Peso per unità di volume	Angolo di attrito	Coesione
20,5 kN/m3	32,00 °	0,10 kN/m2
STRATI DI MONTE		
Strato n.1		
Peso per unità di volume	Angolo di attrito	Coesione
20,5 kN/m3	32,00 °	0,08 kN/m2
Strato n.2		
Peso per unità di volume	Angolo di attrito	Coesione
19,00 kN/m3	28,00 °	0,05 kN/m2
STRATI DI FONDAZIONE		
Strato n.1		
Peso per unità di volume	Angolo di attrito	Coesione
20,50 kN/m3	34,00 °	0,10 kN/m2



RISULTATI DEL CALCOLO e VERIFICHE

VERIFICA A SCORRIMENTO:

Azione Orizzontale:	Hed	278.10	kN
Carico verticale:	Ned	616.87	kN
Resistenza attrito:	Ra = Ned*tg(φa)	257.76	kN
Base Fondazione:	B	4.50	m
Resistenza coesione:	Rc = ca * B	0.30	kN
Resistenza Passiva Massima:	Rp_max	177.30	kN
Aliquota Res.Passiva Disponibile:	f_RP	0.50	
Resistenza Passiva disponibile:	Rpd= Rp_max*f_RP	88.65	kN
Coeff. parziale resist. terreno:	G_RP	1.40	
Resistenza Passiva di Calcolo:	Rp=Rpd/G_RP	63.32	kN
Res.Passiva Mobilitata:	RpM=Hed-[Ra+Rc]<=Rpd	43.49	kN
Verifica Resist. passiva:	Rpd/RpM	2.04	---> ok!
Resistenza Totale:	Rtot = Ra+Rc+Rp	321.39	kN
Coeffic. parziale:	G_R	1.10	
Resistenza di Calcolo:	Rrd = Rtot/G_R	292.17	kN
Verifica:	Rrd/Hed	1.05	---> ok!

VERIFICA A RIBALTAMENTO:

Momento Stabilizzante:	Mstab	2072.58	kNm
Momento Aggiuntivo (Res.Passiva):	MR,p	48.66	kNm
Resistenza a Ribaltamento:	Mstab= Mstab+MR,p	2121.24	kNm
Coeffic. parziale:	G_R	1.15	
Resistenza a Ribaltamento:	Mrd = Mstab/G_R	1844.56	kNm
Momento Ribaltante:	Med	124.23	kNm
Verifica:	Mrd/Med	14.85	---> ok!

VERIFICA CAPACITA' PORTANTE FONDAZIONE:

Azione verticale	Ned	616.87	kN
Azione orizzontale	Hed	278.10	kN
Res.Passiva Mobilit.	Rp_Mobil = Hed-(Ra+Rc) <= Rp	43.49	kN
Azione orizz. Netta	Hed = Hed - Rp_Mobil	234.60	kN
Mom.Passivo Mobilit.	Mp_Mobil =	33.42	kNM
Mom.Stab. Totale	MStab= Mstab + Mp_Mobil =	2106.00	kN
Sovraccarico laterale	q	47.15	kPa
Eccentricita'	e = B/2-(Mstab-Mrib)/Hed	-0.91	m
Base efficace	Beff = B-2|e|	2.68	m
Fattore cap. port.	Nq=exp(Pi*tgφ)*tg2(Pi/4+φ/2)	29.44	
Fattore cap. port.	Nc=(Nq-1)*cotφ	42.16	
Fattore cap. port.	Ng=2*(Nq+1)*tgφ	41.06	
coeff.inclin.carico	ig=[1-Hed/(Ned+Beff*c*cotφ)]^3	0.17	
coeff.inclin.carico	iq=[1-Hed/(Ned+Beff*c*cotφ)]^2	0.30	
coeff.inclin.carico	ic=iq-[(1-iq)/(Nc*tgφ)]	0.28	
Inclin. P.C.(>=0)			
coeff.inclin. p.c.	gq	1.00	
coeff.inclin. p.c.	gg	1.00	
coeff.inclin. p.c.	gc	1.00	
coeff. sismico	khn=Ss*St*ag/g	0.00	
coeff. sismico	zc=1-0.32*kh	1.00	
coeff. sismico	zq=(1-kh/tgφ)^0.35	1.00	
coeff. sismico	zg=zq	1.00	
pressione limite (1)	qlim1=0.5*G'*Beff*Ng*ig*gg*zg	95.96	kN/m2
pressione limite (2)	qlim2=c*Nc*ic*gc*zc	1.17	kN/m2
pressione limite (3)	qlim3=q*Nq*iq*gq*zq	419.09	kN/m2
pressione lim. Tot.	qlim = qlim1 + qlim2 + qlim3	516.22	kN/m2
Resistenza totale	Qlim = qlim * Beff	1385.07	kN
Coeffic. parziale	G_R	1.40	
Resistenza Calcolo	Rrd = Qlim / G_R	989.34	kN
Verifica	Rrd/Ned	1.99	---> ok!

3i INGEGNERIA
3i Ingegneria s.r.l.s.
P.IVA 03952190043
Lungogesso Corso Giovanni XXIII, 26
12100 Cuneo
0171 60 30 59
info@3i-ingegneria.com

4.4 Idrologia di piena e suo deflusso

Come documentato nella relazione idraulica facente parte degli elaborati progettuali, la zona oggetto d'intervento è caratterizzata da una portata con tempo di ritorno 200 anni definita dallo studio delle fasce fluviali dei sottobacini del fiume Bormida di Spigno e del Fiume Bormida di Millesimo condotto da Hydrodata datato 2002.

La portata Tr200 di progetto adottata per la simulazione idraulica risulta quella descritta nella sezione BP018 e pari a 255 m^3/s, sezione più prossima alla zona d'intervento.

La portata di piena è in parte contenuta nell'alveo inciso del corpo idrico ed in parte defluirà esondando le aree limitrofe, come verificato con modello idraulico monodimensionale (HEC-RAS).
La realizzazione dell'intervento in progetto non andrà a modificare in modo sensibile il deflusso della piena: i peli liberi della corrente rimarranno i medesimi, le aree di laminazione non si modificheranno, ma al tempo stesso le sponde del coso d'acqua saranno più robuste e decisamente meno soggette a fenomeni erosivi.

4.5 Estensione delle aree interessate

Si riportano all'interno di questo sotto-capitolo l'estensione del tratto interessato.

Tabella 5. Tratto interessato dagli interventi manutentivi.

Corpo idrico	Estensione indicativa dell'intervento [m]	Tipo intervento
Fiume Bormida di Pallare	119	Difesa spondale in sponda sinistra e movimentazione materiale litoide

4.6 Area demaniale

Gli interventi saranno realizzati per la quasi totalità in aree private.
L'Art.822 del codice civile recita quanto segue.
Appartengono allo Stato e fanno parte del demanio pubblico il lido del mare, la spiaggia, le rade e i porti; i fiumi, i torrenti, i laghi e le altre acque definite pubbliche dalle leggi in materia; le opere destinate alla difesa nazionale.
Fanno parimenti parte del demanio pubblico, se appartengono allo Stato, le strade, le autostrade e le strade ferrate; gli aerodromi; gli acquedotti; gli immobili riconosciuti di interesse storico, archeologico e artistico a norma delle leggi in materia; le raccolte dei musei, delle pinacoteche, degli archivi, delle biblioteche; e infine gli altri beni che sono dalla legge assoggettati al regime proprio del demanio pubblico.
Storicamente il primo riferimento per la delimitazione del demanio fluviale, è stato il R.D. 523/904, derivato a sua volta dalla Legge sui Lavori Pubblici del 20 marzo 1865, n. 2248 allegato F.
La proprietà demaniale viene fatta quindi coincidere con gli alvei fluviali (quali sedi ordinarie del deflusso), nel quale defluiscono le acque pubbliche. Dato che l'entità del territorio sommerso è continuamente variabile in funzione del livello delle acque, il riferimento all'alveo costituisce un importante elemento indicativo. Inoltre, l'alveo (cioè per quanto detto la proprietà demaniale) viene assunto coincidente con lo spazio compreso tra le sponde fisse cioè con l'alveo morfologicamente evidente denominato alveo inciso.
Per quanto in parola, risulta di interesse anche l'art. 94, che recita "Nel caso di alvei a sponde variabili od incerte, la linea, o le linee, fino alle quali dovrà intendersi estesa la proibizione di che nell'articolo precedente, saranno determinate anche in caso di contestazione dal prefetto, sentiti gli interessati". Pertanto la definizione dell'alveo inciso compete alla Pubblica Amministrazione in caso di incertezza, ma dovrebbe sempre risultare precisamente identificato in quanto elemento di primario interesse.
Catastalmente le opere andranno ad interessare aree che sono allo stato attuale censite come aree private, ma dal rilievo risultano effettivamente "alveo inciso", pertanto area trasferita al demanio.
Per le aree in cui potrebbe essere equivoco l'identificazione dell'alveo inciso oppure laddove è sicuro l'interessamento dell'area privata sarà il committente a dover sottoscrivere accordi con i proprietari dei terreni interessati e/o a procedere con attività di esproprio.

3i INGEGNERIA
3i Ingegneria s.r.l.s.
P.IVA 03952190043
Lungogesso Corso Giovanni XXIII, 26
12100 Cuneo
0171 60 30 59
info@3i-ingegneria.com

Si allega a seguito il paino particellare per le opere in progetto con l'identificazione delle aree interessate.

Si sottolinea che Il comune si sta impegnando nella ricerca di accordi bonari con i proprietari interessati dalle occupazioni.

Tabella 6. Piano particellare delle opere in progetto.

N	DATI DITTA PROPRIETARIA*	quote di	DATI CATASTALI IDENTIFICATIVI						OCCUPAZIONE DEFINITIVA		OCCUPAZIONE TEMPORANEA	
			COMUNE	FOGLIO	MAPPALE	CLASSE catastale	NATURA DEL TERRENO	SUP. CATASTALE	SUPERICIE OCCUPATA GIA' IN AREA DA CONSIDERARSI DEMANIO	ESPROPRIO / PASSAGGIO DI PROPRIETA'	SUPERICIE OCCUPATA GIA' IN AREA DA CONSIDERARSI DEMANIO	SUPERFICIE DI OCCUPAZIONE TEMPORANEA
									mq	mq	mq	mq
1	Consorzio Idrico Fontanazzo (CF. 92010780093)	1/1	PALLARE	10	653		ENTE URBANO	2951	0	184	0	989
2	IRETI S.p.a (CF. 01791490343)	1/1	PALLARE	10	571	1	BOSCO CEDUO	2510	0	511	0	1.217
3	IRETI S.p.a (CF. 01791490343)	1/1	PALLARE	10	468	1	BOSCO CEDUO	590	0	240	0	184

4.7 Cantiere e relativi accessi

L'intervento sarà realizzato completamente dall'interno dell'alveo; verrà creata una pista all'interno del Fiume Bormida di Pallare di larghezza pari a circa 3 m la quale consentirà il transito dei mezzi adibiti al trasporto dei massi e consentirà di eseguire le lavorazioni con l'escavatore.
A fianco della pista, sarà consentito il deflusso della portata.
L'accesso all'area di cantiere sarà effettuato in sponda sinistra idrografica attraverso la strada sterrate a monte della difesa spondale esistente.
La pista in alveo, discendete dalla struttura esistente, dovrà avere il minor ingombro possibile (compatibilmente con le caratteristiche dei mezzi utilizzati) e dovranno essere realizzate il più possibile in aderenza alla sponda. Al termine dei lavori dovranno essere prontamente rimosse al fine di ripristinare la situazione morfologica della sponda allo stato ante opera.
Durante l'esecuzione dei lavori:

- non dovranno essere realizzati accumuli di terreno o massi,
- non dovranno essere lasciati mezzi all'interno dell'alveo e tutte le sere questi dovranno essere portati in area sicura,
- le lavorazioni dovranno proseguire in modo continuativo per tratti di 20m per volta, o altra lunghezza in grado di essere terminata nella fine della giornata lavorativa.

Lo scarico dei massi ciclopici potrà avvenire nelle aree in piano in prossimità della zona industriale esistente.

4.8 Gestione delle terre

L'intervento prevede la realizzazione di scavi di terreno in parte in area privata ed in parte in area demaniale. Il terreno scavato sarà utilizzato per colmare le depressioni in sinistra idrografica per la realizzazione della nuova circonvallazione stradale; il materiale in esubero verrà trasportato presso apposito centro per lo smaltimento. Sarà necessaria l'esecuzione delle analisi poche settimane prima dell'inizio dei lavori di scavo al fine di verificare le caratteristiche chimiche del terreno. Sarà cura dell'impresa esecutrice seguire tutti gli adempimenti richiesti dalla normativa per l'esecuzione di scavi e il riutilizzo del materiale (anche solo in parte) nell'ambito del cantiere.

4.8.1 Computo dei movimenti terra

Si riportano all'interno di questo sotto-capitolo le quantità relative ai movimenti terra. Il calcolo è stato effettuato analizzando sezione per sezione e valutando per ciascuna il tipo di attività da eseguirsi in funzione del materiale presente allo stato attuale, in funzione della quota di coronamento della difesa spondale ed in funzione della tipologia di massi utilizzati. Per

3i INGEGNERIA
3i Ingegneria s.r.l.s.
P.IVA 03952190043
Lungogesso Corso Giovanni XXIII, 26
12100 Cuneo
0171 60 30 59
info@3i-ingegneria.com

ciascuna sezione trasversale di progetto è stata calcolata l'area di scavo, reinterro e realizzazione di scogliera; questo valore, moltiplicato per la lunghezza di riferimento per quella sezione fornisce il volume.
Il materiale scavato sarà utilizzato per:

- Rinterro a tergo della scogliera per realizzazione nuova circonvallazione,
- Rinterro al piede della scogliera;
- realizzazione pista di accesso al guado;
- Rinterro a tergo scogliera per ricoprimento scatolari IRETI;
- Rinterro a piede scogliera per ricoprimento scatolari IRETI;
- Rinterro ricoprimento corrugati.

Tabella 7. Computo movimenti terra per realizzazione opere in progetto

Sezione Sponda sinistra	Realizzazione scavo scogliera	Rinterro piede scogliera	Rinterro tergo scogliera	Realizzazione pista accesso al guado
	[m^3]	[m^3]	[m^3]	[m^3]
C16-D1	225,56	42,30	138,37	/
D1-D2	712,53	90,91	327,98	213,02
D2-D3	866,00	88,90	965,35	206,67
D3-D4	646,62	65,28	767,69	121,41
D4-D5	804,86	78,81	630,83	132,60
D5-D6	661,18	74,43	295,18	48,13
D6-D7	425,27	79,67	163,51	/
D7-D8	229,13	47,76	59,52	/
D8-SP15	85,12	15,09	/	/
TOT	4.656,27	583,15	3.348,33	721,83

Tabella 8. Computo movimenti terra scatolare IRETI

Sezione Sponda sinistra	Scavo scatolare tergo scogliera	Scavo scatolare piede scogliera	Rinterro scatolare tergo scogliera	Rinterro scatolare piede scogliera
	[m^3]	[m^3]	[m^3]	[m^3]
D1	188,52	4,60	159,90	3,60
D2	87,09	2,30	72,02	1,80
TOT	275,61	6,90	231,92	5,4

Tabella 9. Computo movimenti terra corrugati

Scavo posa corrugati	Rinterro sopra corrugati
[m^3]	[m^3]
288	273,60

Tabella 10. Movimenti terra. Scavi e riporti

Scavi				Rinterri					
Realizzazione scavo scogliera	Scavo scatolare tergo scogliera	Scavo scatolare piede scogliera	Scavo posa corrugati	Rinterro piede scogliera	Rinterro tergo scogliera	Rinterro scatolare tergo scogliera	Rinterro scatolare piede scogliera	Realizzazione pista accesso al guado	Rinterro sopra corrugati
[m^3]	[m^3]	[m^3]	[m^3]	[m^3]	[m^3]	[m^3]	[m^3]	[m^3]	[m^3]
4.656,27	275,61	6,90	288	583,15	3.348,23	231,92	5,4	721,83	273,60
TOT				TOT					
5.226,78				5164,33					
DIFFERENZA									
62,45									

3i INGEGNERIA
3i Ingegneria s.r.l.s.
P.IVA 03952190043
Lungogesso Corso Giovanni XXIII, 26
12100 Cuneo
0171 60 30 59
info@3i-ingegneria.com

Come si evince dalla tabella riportata in precedenza, il volume di materiale scavato per la realizzazione delle misure in oggetto risulta di 62,45 m^3 maggiore rispetto a quello necessario per le operazioni di rinterro. A tale quantità va inoltre sommato un volume in massi da scogliera di 210 m^3 reperiti in sito ma di caratteristiche non adeguate alla realizzazione dell'opera di difesa spondale in progetto. Il materiale in esubero, pari dunque a 272,45 m^3 (di cui 62,45 m^3 in materiali sciolti e 210 m^3 in blocchi da scogliera) verrà quindi allontanato con appositi mezzi alla discarica per inerti di Rio Sgorreto (IM) di proprietà Cerutti SPA dove verrà opportunamente smaltito.

4.9 Interferenze

Si precisa altresì che nelle zone interessate dai lavori sono presenti possibili interferenze che potrebbero ostacolare le lavorazioni, per questi andrà posta la massima attenzione durante le lavorazioni.
Attenzione andrà posta a:

A. strada di servizio sterrata presso la zona artigianale ed industriale;
B. linea di media tensione Enel esistente;
C. appezzamenti di terreno privato;
D. opere di presa della società IRETI S.P.A. e suo guado.

Per il punto (D) dovranno essere analizzate attentamente le caratteristiche costruttive e di funzionamento delle strutture di presa della società Ireti s.p.a. per garantirne l'utilizzo incondizionato rispetto alle lavorazioni da effettuare.
Per il punto (C) dovranno essere opportunatamente segnalato l'inizio lavori e, nel caso sia ritenuto necessario, dovrà essere chiesto alla proprietà l'accesso ai fondi. Il comune di Pallare ha in ultimazione gli accordi bonari per l'accesso alle proprietà private.
Per il punto (B) andrà posta la massima attenzione alla presenza dei cavi in tensione dell'elettrodotto fino alla loro dismissione da parte di Enel.
Per il punto (A) andrà posta la massima attenzione all'uscita degli automezzi ed al transito degli operai. Il cantiere dovrà essere recintato in modo stabile con la rete di cantiere al fine evitare le possibili interferenze tra persone/mezzi del cantiere e l'esterno.

4.10 Prescrizione per l'esecuzione dei lavori

I lavori dovranno essere condotti, seguendo oltre le specifiche indicazioni impartite della direzione dei lavori, anche le seguenti generali prescrizioni:

- le lavorazioni andranno concordate con il Comune di Pallare;
- non dovranno essere realizzati accumuli di terreno o massi all'interno dell'alveo del corso d'acqua,
- il legname derivato dai tagli spondali dovrà essere accatastato al di fuori dell'alveo,
- non dovranno essere lasciati mezzi all'interno dell'alveo e tutte le sere questi dovranno essere portati in area sicura,
- andranno seguite quotidianamente i bollettini meteo emessi dall'ARPA Liguria al fine di conoscere preventivamente l'evoluzione metereologica e in caso di fenomeni intensi andrà completato il tratto di sponda sul quale si sta intervenendo e stoppati i lavori eliminando dall'alveo tutti i materiali che possano ostacolare anche solo parzialmente l'alveo,
- le lavorazioni dovranno proseguire in modo continuativo per tratti di 20m per volta, o altra lunghezza in grado di essere terminata nella fine della giornata lavorativa; eventuali aumenti di tratta dovranno essere concordati con la direzione dei lavori,
- tutte le lavorazioni andranno eseguite dagli operatori al di fuori dello scavo di fondazione.

4.11 Quantificazione delle lavorazioni

I lavori da eseguirsi sono stati così raggruppati e conteggiati:

- Difesa spondale su sponda sinistra per un'estensione di circa 119 m e movimentazione materiale litoide;

3i INGEGNERIA
3i Ingegneria s.r.l.s.
P.IVA 03952190043
Lungogesso Corso Giovanni XXIII, 26
12100 Cuneo
0171 60 30 59
info@3i-ingegneria.com

4.12 Costo dell'intervento

I prezzi unitari delle varie categorie di lavori sono quelli previsti dal Prezziario Regionale Liguria aggiornato al 2024. Il computo delle opere è riportato nel documento *"Computo metrico"* allegato alla documentazione progettuale.
A seguito si riporta il quadro economico del progetto.

Tabella 11. Quadro economico dei lavori.

QUADRO ECONOMICO			
A)	LAVORI: COMPLETAMENTO DELLE OPERE DI DIFESA SPONDALE E RIPRISTINO SEZIONE IDRAULICHE A PROTEZIONE DELL'AREA INDUSTRIALE		
A3	A1+A2 Importo di lavori a computo		€ 490.330,78
A4	Oneri della sicurezza		€ 3.148,35
A5	A3-A4 Importo soggetto a ribasso d'asta		€ 490.330,78
A7	Oneri per l'attuazione dei piani di sicurezza		
A8	A4+A7 Totale oneri per la sicurezza		€ 3.148,35
A9	A5+A8 TOTALE LAVORI		€ 493.479,13
B)	SOMME A DISPOSIZIONE DELL' AMMINISTRAZIONE:		
B 1	Lavori in economia e forniture esclusi dall'appalto		
B 2	Rilievi, accertamenti ed indagini:		
B 2.1	Indagini geologiche		
B 2.2	Relazione geologica/geotecnica		
B 2.3	Accertamenti/Rilievi	€ 1.000,00	
	totale indagini	€ 1.000,00	€ 1.000,00
B 3	Allacciamenti ai pubblici servizi		
B 3.1	Enel	€ 30.000,00	
B 3.2	Telecom		
B 3.3	Italgas		
B 3.4	Acquedotto		
B 3.5	Fognatura		
	totale allacciamenti		€ 30.000,00
B 4	Imprevisti o arrotondamenti		€ 25.289,80
B 5	Acquisizione aree o immobili e pertinenti indennizzi		
B.5.1	Indennizzi servitù ed occupazione aree private	€ 4.588,00	
B.5.2	Indennizzi di servitù ed occupazione FFSS		
	totale servitù ed occupazioni	€ 4.588,00	€ 4.588,00
B 6	Spese tecniche:		
B 6.1	Spese tecniche di progettazione, coordinamento della sicurezza in fase di progettazione d'esecuzione, Direzione lavori compresa CNPAIA	€ 41.600,00	
B 6.2	Spese per funzioni tecniche D.Lgs 50/2016 s.m.i.		
	totale spese tecniche	€ 41.600,00	€ 41.600,00
B.7	Spese per attività tecnico/amministrativa, di supporto al RUP e per verifica/validazione progetto		
B 7.1	attività tecnico/amministrativa	€ 7.895,67	
B 7.2	attività di verifica di progetto		
	totale spese	€ 7.895,67	€ 7.895,67
B8	Spese per commissioni giudicatrici		
B9	Spese per pubblicità e, ove previsto, per opere artistiche	€ 500.00	€ 500.00
B10	Spese per accertamenti di laboratorio, verifiche, collaudi (statico, tecnico/amministrativo, specialistici)		
	totale IVA		124.647.41
B12	TOTALE SOMME A DISPOSIZIONE		€ 235.520,87
	T O T A L E P R O G E T T O (A+B)		€ 729,000.00

3i INGEGNERIA
3i Ingegneria s.r.l.s.
P.IVA 03952190043
Lungogesso Corso Giovanni XXIII, 26
12100 Cuneo
0171 60 30 59
info@3i-ingegneria.com

5 FATTIBILITÀ AMBIENTALE

Per quanto concerne i contenuti dello Studio di Fattibilità Ambientale, l'art. 27 del D.P.R. n. 207/2010 recita: "Lo studio di fattibilità ambientale, tenendo conto delle elaborazioni a base del progetto definitivo, approfondisce e verifica le analisi sviluppate nella fase di redazione del progetto preliminare, ed analizza e determina le misure atte a ridurre o compensare gli effetti dell'intervento sull'ambiente e sulla salute, ed a riqualificare e migliorare la qualità ambientale e paesaggistica del contesto territoriale avuto riguardo agli esiti delle indagini tecniche, alle caratteristiche dell'ambiente interessato dall'intervento in fase di cantiere e di esercizio, alla natura delle attività e lavorazioni necessarie all'esecuzione dell'intervento, e all'esistenza di vincoli sulle aree interessate. Esso contiene tutte le informazioni necessarie al rilascio delle prescritte autorizzazioni e approvazioni in materia ambientale".

5.1 Componenti ambientali per entrambi i lotti funzionali

La fase progettuale è stata avviata tenendo conto di tutte le componenti ambientali cui fa riferimento il quadro normativo:

5.1.1 Atmosfera

La compatibilità ambientale non è modificata perché i lavori per realizzare le opere non sono interessati da emissioni pericolose di specie gassose; può essere prevedibile un lieve aumento locale della polverosità dell'aria, ma questo fenomeno terminerà non appena terminata la lavorazione.

5.1.2 Ambiente idrico

Non sono prevedibili modificazioni chimiche e biologiche che possono influire sull'ambiente idrico; e non sono previsti interventi che possono determinare mutamenti di rilevanti permanenti di masse d'acqua con particolare riferimento ai regimi fluviali che portano alla deviazione di eventuali corsi d'acqua o ne generano dei nuovi. Le aree di stoccaggio di inerti di rifiuti e di attrezzature necessarie alle diverse lavorazioni dovranno essere collocate a distanza ed in posizione tali da non causare la ricaduta in alveo con conseguente trasposto di solidi sospesi. Per ridurre al minimo gli impatti legati al rischio di sversamenti accidentali di carburante in alveo, i mezzi meccanici che potrebbero determinare la dispersione nel suolo di sostanze pericolose (oli minerali, liquidi di raffreddamento e carburanti) saranno preferibili le operazioni dall'esterno dell'alveo.

5.1.3 Suolo e sottosuolo

Gli interventi consistono solo in operazioni di scavo a sezione ristretta e di sbancamento di modesta profondità, nonché opere di finitura, non può quindi causare evoluzione di processi nel sottosuolo di compatibilità negativa.

5.1.4 Vegetazione e flora

Il progetto è stato eseguito tenendo conto della situazione esistente e con l'obiettivo di salvaguardare le componenti di pregio qualora presenti. Viene effettuato il minor intervento possibile sulla flora (nel taglio di alberi), eliminando solo la vegetazione laddove andrà costruita l'opera.

5.1.5 Paesaggio

Non sono prevedibili sensibili variazioni al paesaggio essendo l'intervento localizzato nel solo alveo inciso.

5.1.6 Rumore e vibrazioni

La mappa di rumorosità secondo le modalità precisate nelle Norme I.S.O. 1966/1 e 1966/2 sono state verificate e non esistono parametri che contrastino con esse.

5.1.7 Radiazioni ionizzanti e non ionizzanti

Non esistono forma di inquinamento da radiazioni di nessun genere.

3i INGEGNERIA
3i Ingegneria s.r.l.s.
P.IVA 03952190043
Lungogesso Corso Giovanni XXIII, 26
12100 Cuneo
0171 60 30 59
info@3i-ingegneria.com

5.2 Interventi di mitigazione

Gli interventi di mitigazione per la componente atmosfera saranno:

- pulizia delle ruote dei veicoli di cantiere;
- copertura dei mezzi utilizzati per la movimentazione di inerti (qualora utilizzati nell'ambito della movimentazione di materiale litoide);

Per il rumore e le vibrazioni sarà indispensabile l'uso di macchinari con basse emissioni e in buono stato manutentivo.

3i Ingegneria s.r.l.s.
P.IVA 03952190043
Lungogesso Corso Giovanni XXIII, 26
12100 Cuneo
0171 60 30 59
info@3i-ingegneria.com

6 AUTORIZZAZIONI

Trattandosi di interventi di realizzazione di opera idraulica, il quadro autorizzativo previsto e il seguente:

Tabella 12. Quadro autorizzativo previsto.

ENTE	OGGETTO
REGIONE Liguria	Verifica di assoggettabilità alla VIA - Screening
REGIONE Liguria	Rilascio di autorizzazione idraulica - R.D. n. 523 del 25.07.1904
COMUNE DI PALLARE	Autorizzazione paesaggistica (procedura semplificata) vista la realizzazione di opere all'interno delle fasce di 150m dal corso d'acqua
COMUNE DI PALLARE	Approvazione progetto definitivo/esecutivo
CORPO FORESTALE DELLO STATO	Recupero fauna ittica
CORPO FORESTALE DELLO STATO	Taglio vegetazionale

3i INGEGNERIA
3i Ingegneria s.r.l.s.
P.IVA 03952190043
Lungogesso Corso Giovanni XXIII, 26
12100 Cuneo
0171 60 30 59
info@3i-ingegneria.com

7 TEMPO UTILE PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI

Per l'esecuzione dei lavori vengono concessi all'impresa n° 13 settimane pari a 91 giorni naturali consecutivi a decorrere dalla data della consegna lavori stessi. Il calcolo è stato effettuato in base ai volumi di scogliera conteggiati nel computo metrico ed in base ai tempi stimati per realizzare un metro cubo di scogliera (tempi unitari).

Tabella 13. Tempi unitari per realizzare la scogliera in massi e conteggio di terra.

Difesa spondale in massi di cava		
Parametri di analisi per 1 m^3 di costruzione	Unità di misura	Quantità
Operaio qualificato	ora	0,12
Esecuzione scogliera in massi	m^3	1
Escavatore 13-20t	ora	0,12
Terra agraria	m^3	0,3

Ipotizzando ora che la ditta appaltatrice intervenga con una squadra di una persona ed uno scavatore, al fine di eseguire circa 2.861,34 m^3 di scogliera il tempo stimato per l'esecuzione del manufatto è di circa 6,6 settimane.

$$T_{scogliere} = \frac{2.198{,}17\ mc}{\frac{\left(\frac{1}{0{,}12}\right) mc}{ora}} = 264\ ore = 6{,}6\ settimane\ approssimato\ a\ 7$$

Al precedente andranno aggiunte le seguenti tempistiche:

- 4 settimane (circa lo stesso tempo per realizzare la scogliera) per lo scavo ed il rinterro;
- 1 settimana per tracciamenti ed installazione del cantiere;
- 1 settimana per la rimozione del cantiere e per l'esecuzione delle opere di ripristino.

Complessivamente si rendono necessarie, perciò, 13 settimane per l'esecuzione dei lavori in oggetto (corrispondenti a circa 91 giorni).

3i INGEGNERIA
3i Ingegneria s.r.l.s.
P.IVA 03952190043
Lungogesso Corso Giovanni XXIII, 26
12100 Cuneo
0171 60 30 59
info@3i-ingegneria.com

8 CONCLUSIONI

La realizzazione delle opere a progetto permetterà di:

- contenere il flusso delle piene ordinarie Fiume Bormida entro la sezione dell'alveo;
- diminuire la quantità di vegetazione spondale che in caso di piena può cadere in alveo e costituire pericolo per il deflusso della portata;
- aumentare la resilienza del territorio evitando la formazione di erosioni spondali.
- Permettere la realizzazione della nuova circonvallazione della zona industriale del comune di Pallare limitando i possibili pericoli stradali ora esistenti.

Vista l'utilizzo prevalente di materiali naturali (massi) e vista la non significativa modifica morfologica dell'alveo e del terreno circostante, non si prospettano alterazioni significative sulle componenti idrauliche, chimico-fisiche, faunistiche del corso d'acqua nonché sulle componenti vegetazionali e sul paesaggio circostante.

3i INGEGNERIA
3i Ingegneria s.r.l.s.
P.IVA 03952190043
Lungogesso Corso Giovanni XXIII, 26
12100 Cuneo
0171 60 30 59
info@3i-ingegneria.com