Firmato digitalmente da:
DE FERRARI ROLLERI ARIANNA
Firmato il 17/12/2024 16:47
Seriale Certificato: 2250457
Valido dal 03/03/2023 al 03/03/2026
InfoCamere Qualified Electronic Signature CA

Comune di Savona – Provincia di Savona

Intervento di messa in sicurezza e riempimento della valletta del rio Erxo

Progetto esecutivo

Progettazione

progettazione generale
TecGeo – Ingegneria e Geotecnica
geol. Massimo BOCHIOLO
ing. Enrico MASSA
via Nazario Sauro 4/5A – 17100 Savona
mob. +39 349 65 93 775
e-mail info@tecgeo.net
PEC massimo.bochiolo@pec.epap.it

collaboratori
dr. for. Andrea SAMBADO
via Nazario Sauro 4/5A – 17100 Savona

studi geotecnici
geol. Massimo BOCHIOLO
ing. Enrico MASSA

studi idraulici
geol. Massimo BOCHIOLO
ing. Enrico MASSA



Firmato digitalmente da Massimo Bochiolo
Data: 2024.06.26 01:54:07 +02'00'



Firmato digitalmente da Massa Enrico
Data: 2024.06.26 01:53:21 +02'00'

Committente

VALECO S.r.l.
località Sansobbia, 59/2 – 17044 Stella (SV)
C.F. e P.IVA 01487460097
e-mail comet@vislink.it
PEC valeco-srl@prontopec.com

amministratore unico
sig. Massimo SCOCCA
via Pero, 122/1 – 17019 Varazze (SV)
C.F. SCC MSM 73E20 I480J

codice elaborato								***scala***
commessa	*lotto*	*sogg.*	*fase*	*categoria*	*tipo*	*numero*	*rev.*	
2309	01	S	PE	GEN	TX	01	00	–

rev.	*descrizione*	*data*	*redatto*	*verificato*	*approvato*
4					
3					
2					
1					
0	*emesso ex novo per incarico*	*aprile 2024*	*E.M. – M.B.*	*E.M. – M.B.*	*M. Scocca*

titolo elaborato	***sigla elaborato***
relazione tecnica generale	*R01*
nome file *R01 – relazione tecnica generale (rev00).pdf*	

STRUTTURA DEL DOCUMENTO

1 OGGETTO E FINALITÀ 1
1.1 Oggetto 1
1.2 Finalità 1
1.3 Documentazione di riferimento 1
2 LOCALIZZAZIONE DELLE OPERE E STATO DEI LUOGHI 1
2.1 Localizzazione delle opere 1
2.2 Inquadramento catastale e titolo di disponibilità 1
2.3 Rapporti con gli strumenti di pianificazione territoriale 2
2.4 Stato dei luoghi 3
3 OPERE IN PROGETTO 4
3.1 Abbancamento 4
3.2 Sistemazione idraulica del rio Erxo 6
4 MOTIVAZIONI E OBIETTIVI DELL'OPERA 7
5 SCELTA PROGETTUALE 8
5.1 Condizioni al contorno 8
5.2 Alternative progettuali 9
5.3 Scelta progettuale 9
6 MODALITÀ ESECUTIVE 9
6.1 Fase 1 – Adeguamento del rio Erxo al piede del rilevato e predisposizione viabilità di cantiere 10
6.2 Fase 2 – Scotico 10
6.3 Fase 3 – Preparazione del piano di posa 10
6.4 Fase 4 – Predisposizione del nuovo canale del rio Erxo 10
6.5 Fase 5 – Formazione dei sistemi drenanti 11
6.6 Fase 6 – Stesa del materiale e compattazione 11
6.7 Fase 7 – Opere di regimazione idrica superficiale e di protezione dall'erosione delle scarpate 11
7 PROGRAMMA DI CONTROLLO E MONITORAGGIO DELL'OPERA 11
7.1 Elementi oggetto di osservazione 12
7.2 Programma dei controlli 12
7.2.1 Prove geotecniche 12
7.2.2 Risultati dell'attività di controllo 13
7.3 Programma di monitoraggio 13
7.3.1 Deformazioni massime attese 15
8 ALLEGATI 15

1 OGGETTO E FINALITÀ

1.1 Oggetto

A seguito dell'incarico conferito dal sig. Massimo SCOCCA, amministratore unico della società VALECO S.r.l. con sede a Stella (SV), in località Sansobbia civ. 59 int. 2, i sottoscritti:

- geologo Massimo BOCHIOLO, nato a Finale Ligure (SV) il 26 luglio 1974, C.F. BCH MSM 74L26 D600M, P.IVA 01564020095, residente a Savona in via Nicola Bartoli civ. 9 int. 3, con studio professionale a Savona, in via Nazario Sauro civ. 5 int. 4A, iscritto all'Albo Professionale dell'Ordine Regionale dei Geologi della Liguria con matricola n. 603, tel. +39 (0)19 94 81 165, mob. +39 349 65 93 775, e-mail info@tecgeo.net, PEC massimo.bochiolo@pec.epap.it;
- ingegnere Enrico MASSA, nato a Genova il 9 maggio 1973, C.F. MSS NRC 73E09 D969Q, P.IVA 02832290049, residente a Savona in via Paolo Cappa civ. 6 int. 1, con studio professionale a Savona in via Nazario Sauro civ. 4 int. 5A, iscritto all'Albo Professionale dell'Ordine degli Ingegneri della provincia di Savona con matricola n. 1313, tel. +39 (0)19 83 87 201, mob. +39 349 71 77 856, e-mail info@tecgeo.net, PEC enrico.massa@ingpec.eu;

hanno redatto la presente relazione tecnica generale a corredo del progetto denominato "*Intervento di messa in sicurezza e riempimento della valletta del rio Erxo*", da realizzarsi in località Maschio, in Comune di Savona (SV), su aree del demanio idrico del rio Erxo e sulle unità immobiliari identificate al N.C.T. al foglio 38, mappali 99, 100, 102, 103, 104, 117 e 118 e al N.C.E.U. al foglio 38, mappale 101 (cfr. P01 – planimetria stato attuale).

1.2 Finalità

L'elaborato è finalizzato a illustrare la localizzazione dell'intervento, lo stato dei luoghi delle aree interessate dal progetto, le caratteristiche delle opere, le motivazioni e gli obiettivi della proposta progettuale, le soluzioni alternative e le motivazioni alla base di quella adottata, le modalità esecutive da seguire per la realizzazione dell'intervento e il programma di controllo e monitoraggio in corso d'opera e post-opera delle opere.

1.3 Documentazione di riferimento

L'elaborato è stato redatto con riferimento alla seguente ulteriore documentazione:

- relazione geologica a firma del geol. Francesco Valle.
- R02 – relazione idraulica di aprile 2024 a firma degli scriventi;
- R03 – relazione geotecnica di aprile 2024 a firma degli scriventi.

2 LOCALIZZAZIONE DELLE OPERE E STATO DEI LUOGHI

2.1 Localizzazione delle opere

L'area interessata dalle opere è ubicata in località Maschio, nel tratto terminale del bacino del rio Erxo, affluente di sinistra del Torrente Lavanestro e a sua volta tributario del Torrente Letimbro. L'area di intervento è situata immediatamente a monte della S.P. n. 29 del Colle di Cadibona, presso la progressiva chilometrica 9+500 della suddetta viabilità. Le coordinate baricentriche dell'area di intervento, espresse in coordinate UTM Gauss-Boaga Roma 1940, sono 1 454 345 E e 4 908 211 N (Figura 2.1).

2.2 Inquadramento catastale e titolo di disponibilità

Catastalmente, i fondi in argomento interessano, oltre al demanio idrico del rio Erxo, le unità immobiliari identificate al N.C.T. al foglio 38, mappali 99, 100, 102, 103, 104, 117 e 118 e al N.C.E.U. al foglio 38, mappale 101 (cfr. P01 – planimetria stato attuale) in disponibilità alla sig.ra Marisa Pogliani (C.F. PGL MRS 55C54

D286P).

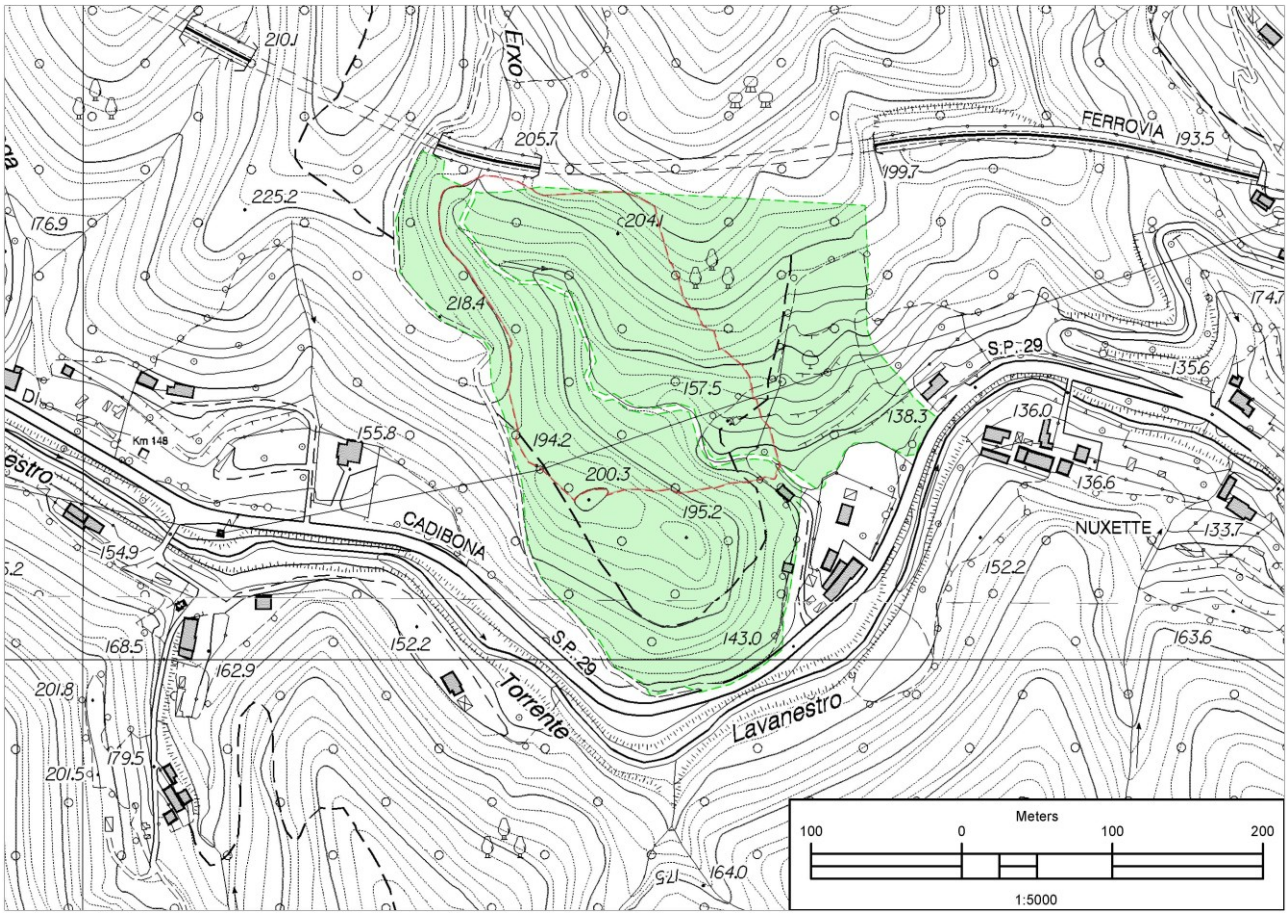


Figura 2.1 – Stralcio carta tecnica regionale scala 1:5000 con indicazione del sedime in disponibilità (retinato in verde) e in rosso i limiti dell'abbancamento in progetto.

2.3 Rapporti con gli strumenti di pianificazione territoriale

In riferimento agli strumenti di pianificazione territoriale, il sedime interessato dall'intervento ricade:

- in zona ANI-MA (ambiti non insediati in regime di mantenimento) dell'assetto insediativo del Piano Territoriale di Coordinamento Paesistico (P.T.C.P.), livello locale, come disciplinata all'art. 52 delle relative norme;
- in area prevalentemente Pg1 (aree a suscettività al dissesto bassa) e in minima parte Pg0 (molto bassa) della "*Carta della suscettività al dissesto dei versanti*" del Piano di Bacino del Letimbro;
- in posizione tale da non interessare o non interferire con le aree ricadenti nel Piano degli Interventi, come delimitate nella "*Carta degli interventi*" del Piano di Bacino del Torrente Letimbro;
- in area non soggetta a vincoli per scopi paesaggistici ai sensi dell'art. 136 del d.lgs. 22 gennaio 2004, n. 42;
- in area assoggettata a vincolo per scopi paesaggistici ai sensi dell'art. 142, comma 1, lett. g) del d.lgs. 22 gennaio 2004, n. 42 (territori ricoperti da foreste e da boschi e quelli sottoposti a vincoli di rimboschimento);
- all'esterno delle Zone Speciali di Conservazione, come individuate e delimitate dalla Regione Liguria e designate dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, per la regione biogeografica mediterranea, con decreto del 7 aprile 2017;
- all'esterno delle aree carsiche di cui alla l.r. 3 aprile 1990, n. 4, vigenti in forma transitoria ai sensi dell'art. 12 della l.r. 6 ottobre 2009, n. 39;

- all'esterno delle aree protette provinciali come individuate nel relativo piano approvato con D.C.P. n. 5 del 23 febbraio 2002;
- in area assoggetta a vincolo per scopi idrogeologici ai sensi del r.d.l. n. 30 dicembre 1923, n. 3267 e disciplinata dalla l.r. 22 gennaio 1999, n. 4;
- all'interno della zona urbanistica Tni (territori non insediati) del Piano Urbanistico Comunale del Comune di Savona;
- in zona Sismica 3 (bassa pericolosità sismica) come classificata dalla D.G.R. n. 962 del 23 novembre 2018.

2.4 Stato dei luoghi

Il rio Erxo è un affluente sinistro del Torrente Lavanestro (a sua volta confluente nel Torrente Letimbro), che confluisce nel recettore in corrispondenza della località Maschio, immediatamente a monte della S.P. n. 29 del Colle di Cadibona, presso la progressiva chilometrica 9+500 della suddetta viabilità.
Il bacino presenta una forma allungata e risulta disposto lungo una direttrice nord-sud. La superficie del bacino imbrifero (valutata alla sezione di chiusura) è pari a circa 0.29 km^2; conseguentemente, il tratto di asta fluviale oggetto di studio appartiene al reticolo idrografico di secondo livello (ovvero ai bacini di superficie compresa tra 0.25 e 1.0 km^2).
Il bacino è caratterizzato dalla quasi completa assenza di insediamenti abitativi (ad esclusione di una antica casa colonica, da tempo abbandonata, posta a quota 265 m s.l.m.) ed è attraversato, in direzione est-ovest, da 3 direttrici di comunicazione: (i) la linea funiviaria Savona Miramare – san Giuseppe (presso il crinale superiore a quota circa 400 m s.l.m.); (ii) la linea ferroviaria Savona – Altare via Maschio (a quota 200 m s.l.m.); (iii) la S.P. n. 29 del Colle di Cadibona (immediatamente ad ovest della confluenza nel Torrente Lavanestro, ad una quota di circa 140 m s.l.m.).
Il corso d'acqua si sviluppa in un contesto collinare, senza apprezzabili antropizzazioni lungo tutto il percorso, ad esclusione del tratto terminale (per una lunghezza di circa 150 m), ove perde la morfologia naturale, essendo prima arginato e poi tombinato, in corrispondenza del sottopasso al piano viario della S.P. 29, con opere di antropizzazione tali da presentare sezioni di deflusso potenzialmente critiche.
Dal punto di vista geolitologico il bacino è impostato interamente in rocce metamorfiche rappresentate da metagranitoidi, paragneiss e micascisti quarzitici, tutti con sovraimpronta metamorfica in facies anfibolitica prealpina, strutturalmente ascritti all'Unità di Calizzano Savona e formazionalmente attribuiti agli Gneiss di Albisola. Tenuto conto della composizione mineralogica, delle caratteristiche e dell'elevata frequenza di distribuzione delle discontinuità, l'ammasso roccioso presenta caratteristiche geomeccaniche generalmente scadenti che favoriscono la formazione e l'accumulo di depositi detritici di spessore plurimetrico, non di rado soggetti a fenomeni di instabilità gravitativa caratterizzati da movimento complesso a prevalente componente rotazionale e traslazionale. Soprattutto in corrispondenza dei margini del bacino si osservano coltri di copertura di tipo colluviale, a granulometria eterogenea, con una significativa componente fine, derivanti dall'alterazione e dalla detrizione delle metamorfiti, arealmente discontinue e con spessore superiore a 3 m.
In corrispondenza del solco vallivo principale si rinvengono inoltre depositi alluvionali plurimetrici caratterizzati da clasti di forma irregolare, poco o per nulla arrotondati, di dimensioni variabili (talvolta sono presenti blocchi di dimensioni superiori a 0.5 m), generalmente riconducibili a colate detritiche o a fenomeni di erosione spondale e di fondo, a loro volta in grado di favorire l'innesco di instabilità di versante e di accelerare i processi erosivi.
Il reticolo idrografico, controllato da fattori litologici (substrato metamorfico permeabile per fratturazione), è impostato lungo allineamenti strutturali originatisi in occasione di fasi geodinamiche differenti (riferibili alla strutturazione generale sin-orogena e a deformazioni fragili post-orogene). L'andamento dell'asta principale è lineare nei settori medio e alto del bacino e debolmente più articolato nel tratto terminale, dove risulta

fortemente antropizzato. Altimetricamente, il profilo longitudinale del corso d'acqua evidenzia contenute variazioni di pendenza (comprese mediamente tra il 6 e il 23 %) con un'importante singolarità idraulica rappresentata dal rilevato a sostegno della linea ferroviaria Torino-Savona, che opera come uno sbarramento trasversale ai deflussi. Dal punto di vista vegetazionale il bacino è caratterizzato da ridotta copertura erbacea per la presenza di bosco fitto nella tipica associazione della macchia mediterranea (dominata dal leccio con arbusti quali ginestra, corbezzolo e lentisco) e sporadica presenza di castagneto ceduo. L'orizzonte arboreo risulta generalmente degradato, con frequenti evidenze di schianti ed eradicazioni, mentre il soprassuolo mostra erosione diffusa per ruscellamento areale con sviluppo di una frangia detritica eterogenea che si unisce e alimenta i depositi alluvionali di fondovalle, talvolta sospesi o ubicati in tratti d'alveo caratterizzati da fenomeni di erosione regressiva sia sul letto che sulle scarpate spondali.

3 OPERE IN PROGETTO

L'ipotesi progettuale (cfr. P02 – planimetria stato di progetto) prevede la realizzazione di un abbancamento all'interno del tratto terminale della valle del rio Erxo con la messa in sicurezza geomorfologica della parte inferiore del bacino e la contestuale sistemazione idraulica di un tratto dell'asta fluviale.
L'abbancamento interessa una superficie di circa 29.950 m², mentre il tratto di corso d'acqua oggetto di reinalveazione per transito sul rilevato ha una lunghezza di circa 350 m.
A corredo delle opere sono previsti interventi di: (a) riqualificazione vegetazionale delle superfici; (b) regimazione delle acque superficiali; (c) drenaggio interno al corpo del rilevato; (d) mitigazione della pericolosità idraulica del tratto terminale del rio Erxo; (e) ipoteticamente, adeguamento della tombinatura di sottopasso alla S.P. n. 29 del Colle di Cadibona.
Per i dettagli esecutivi e la sequenza cronologica delle fasi realizzative si rimanda al Capitolo 5.

3.1 Abbancamento

L'abbancamento costituisce l'elemento principale della proposta progettuale e consiste nella realizzazione di un rilevato con volumetria totale di circa 637 000 m³ (Tabella 3.1), sviluppato tra la quota di sbocco del rio Erxo nella fascia di raccordo coi depositi terrazzati del Torrente Lavanestro (142 m s.l.m. circa) e la quota massima del riempimento (230 m s.l.m.).
L'opera (cfr. P02 – planimetria stato di progetto, P03 – planimetria di raffronto e S01 – sezioni topografiche) presenta caratteristiche geometriche di sostanziale regolarità morfologica e può essere suddivisa in due comparti principali:

- il primo ha un volume di circa 413 000 m³, è collocato tra il piede del rilevato e la quota del piazzale inferiore (200 m s.l.m.), interessa entrambi i versanti dell'impluvio, ha geometria triangolare e andamento irregolare, allungato verso NW e adattato per adeguarsi all'andamento planimetrico del rio Erxo; la scarpata inferiore (cfr. S01, sezione 2-2' e sezione 3-3') presenta un dislivello altimetrico di circa 58 m e inclinazione media di 30.1°, è interrotta da due bancate (entrambe larghe 1.5 m e poste a quota 165 e 180 m s.l.m.) e suddivisa in tre scarpate interne tutte con pendenza 3:5 (inclinazione circa 31°);
- il secondo ha un volume di circa 224 000 m³, si sviluppa tra quota 200 (piazzale inferiore) e 230 m s.l.m. (piazzale superiore), è caratterizzato da morfologia vagamente troncopiramidale ed è adagiato sul versante sinistro dell'impluvio; il rilevato superiore si estende tra la linea ferroviaria e la sommità della scarpata inferiore (quota 200); al suo interno è prevista la realizzazione e il mantenimento di una pista interna che parte dal piede dell'opera (in corrispondenza dell'innesto con la pista di arroccamento) e si sviluppa con due tratti in rettifilo (pendenza del 12%) alternati da altrettante curve (a quota 215 m s.l.m., con funzioni di area di manovra, e a quota 226.5 m s.l.m.); il rilevato superiore ha un'altezza di 30 m, è suddiviso in due scarpate da una bancata (larghezza 1.5 m) posta a quota 215 m s.l.m., ha

inclinazione media di 27.8° (cfr. S01, sezione 4-4' e sezione 5-5') e pendenza delle scarpate 3:5 (inclinazione circa 31°).

Tabella 3.1 – Volumetria dell'abbancamento in funzione delle altezze (intervalli di 5 m).

intervallo [m.s.l.m.]	abbancabile [m³]	residuo [m³]	intervallo [m³]
base – 150	788	636 013	788
150 – 155	6 709	630 092	5 921
155 – 160	17 589	619 212	10 880
160 – 165	35 783	601 018	18 194
165 – 170	63 984	572 817	28 201
170 – 175	101 234	535 567	37 251
175 – 180	144 858	491 943	43 623
180 – 185	195 952	440 849	51 094
185 – 190	257 731	379 070	61 779
190 – 195	331 154	305 647	73 423
195 – 200	412 665	224 136	81 511
200 – 205	470 751	166 050	58 085
205 – 210	522 080	114 721	51 329
210 – 215	565 449	71 352	43 370
215 – 220	597 684	39 117	32 234
220 – 225	621 592	15 209	23 909
225 – 230	636 801	–	15 209

Per la realizzazione dell'abbancamento è previsto l'impiego di terre e rocce da scavo gestite in regime di sottoprodotto ai sensi del d.P.R. 13 giugno 2017, n. 120 e di materie prime seconde (nel seguito "MPS") derivanti da attività di recupero (operazione R5) di rifiuti materiali inerti provenienti da operazioni di costruzione e demolizione. I materiali da impiegare rispettano la legislazione tecnica vigente, sono conformi ai requisiti prestazionali di progetto da raggiungere e perseguire la compatibilità ambientale dell'opera, privilegiando l'utilizzo di materiali a moderato impatto ambientale.
Al fine di consentire il conferimento dei materiali, immediatamente ad est dell'area d'intervento è prevista la realizzazione di una pista di arroccamento (cfr. P04 – planimetria pista di arroccamento) con larghezza pari a 3 m, lunghezza di circa 250 m, pendenze longitudinale e trasversale rispettivamente del 25% (1:4) e del 2% (1:50); la pista, caratterizzata da due tornanti e realizzata a mezza costa con scavi e riporti e la costruzione di opere di contenimento e di sostegno in blocchi da scogliera, sarà sviluppata progressivamente in funzione della quota raggiunta dal rilevato, dotata di eventuale viabilità di raccordo a quota 160 m s.l.m. e di sistemi di regimazione delle acque superficiali (canaletta in terra per la raccolta dei deflussi e sistemi di dispersione per la riduzione dell'azione erosiva in corrispondenza delle zone di rilascio); la viabilità avrà carattere temporaneo e sarà dismessa al termine dei lavori, previo conferimento di materiali al fine di ripristinare, per quanto possibile, la morfologia originaria dei luoghi.
Allo scopo di garantire la funzionalità e la conservazione dei requisiti statici dell'abbancamento in condizioni economicamente compatibili con la destinazione d'uso dell'area, l'intervento prevede l'esecuzione di (cfr. P07 – planimetrie e dettagli dei drenaggi di fondo del rilevato e dei sistemi di regimazione delle acque superficiali):

- opere di drenaggio interno al rilevato costituite da un apparato di trincee drenanti di tipo tradizionale (cfr. P07, dettaglio A), collocate in corrispondenza della superficie di base del rilevato, con organizzazione planimetrica di tipo dendritico, preferibilmente a contatto col livello litoide scarsamente permeabile; le trincee saranno realizzate con l'impiego di ghiaia priva di frazione fine, compattata e

avvolta all'interno di un geosintetico filtrante tessuto non-tessuto. Alla base delle trincee saranno collocate tubazioni corrugate esternamente e lisce internamente, flessibili e microfessurate, del diametro minimo di 400 (per il dreno principale, di fondo) e 300 mm (per i dreni laterali). Il sistema, con punto di rilascio collocato al piede del rilevato, ha la funzione di deprimere l'eventuale falda freatica originatasi per infiltrazione e accumulo entro il corpo del rilevato delle acque del rio Erxo e delle precipitazioni meteoriche;

- opere di regimazione delle acque superficiali rappresentate da canali di gronda perimetrali, al contatto tra rilevato e versante (cfr P07, dettaglio B), e da canalette su bancate e viabilità interna (cfr. P07, dettaglio C), sempre con recapito entro il nuovo canale del rio Erxo. Tutti i fossi di collettamento saranno realizzati in terra e rivestiti con geostuoia sintetica tridimensionale di tipo Trenchmat© o similare, risvoltata (a monte) all'interno della coltre in sito o del rilevato e fissata con picchetti in acciaio. Sul fondo dei canali, al fine di ridurre le velocità di scorrimento e la capacità erosiva delle acque, sarà collocato uno strato di ghiaietto con dimensioni medie di 2÷5 cm;
- opere di rivestimento dell'abbancamento con funzioni di protezione dall'erosione da ruscellamento areale e dilavamento e di rinaturalizzazione del sito costituite dalla posa in opera, su tutte le scarpate e i piazzali, di uno strato di terreno vegetale proveniente (almeno in parte) da operazioni di scotico delle aree oggetto di abbancamento o da materiali di scavo in regime di sottoprodotto. Le scarpate saranno inoltre interessate dalla posa di un rivestimento superficiale formato da residui vegetali derivanti da operazioni di recupero di ramaglia e tronchetti secchi, adeguatamente compattati (bricchettatura), fissati al rilevato mediante picchetti in legno.

In ordine alle valutazioni di carattere geotecnico tese ad accertare il livello di sicurezza dell'opera in relazione allo stato limite ultimi di rottura per superamento della resistenza del terreno (verifiche di stabilità globale) e una stima delle deformazioni dell'abbancamento si fa riferimento all'elaborato R03 – relazione geotecnica.

3.2 Sistemazione idraulica del rio Erxo

Il progetto prevede la modifica plano-altimetrica dell'asta fluviale nel tratto che intercetta l'abbancamento, tra la quota di sbocco della tombinatura di sottopasso alla linea ferroviaria Torino-Savona (201 m s.l.m.) e il piede del rilevato (141.7 m s.l.m.). Al fine di mantenere i deflussi in sezione aperta, il corso d'acqua viene reinalveato mediante sopraelevazione e traslazione per una lunghezza di circa 370 m (cfr. P02 – planimetria stato di progetto).

Nel segmento d'alveo defluente sul rilevato il canale avrà le seguenti caratteristiche:

- nel tratto superiore (tra quota 201 e 195.2 m s.l.m., lunghezza 260 m, pendenza media di 2.2°, fondo in materiali sciolti e sponde rivestite in terra adeguatamente protetta da copertura erbacea), scorrimento su materiali sciolti e, in minima parte, su fondo e sponda destra derivanti da escavazione del versante, andamento da curvilineo a rettilineo, sezione trapezoidale con larghezza di base pari a 3 m, altezza spondale compresa tra 2.6 e 5 m (pendenza delle sponde 3:5, corrispondente a un'inclinazione di 31°);
- nel tratto inferiore (tra quota 195.2 e 141.7 m s.l.m., lunghezza pari a 95.6 m circa, pendenza media di circa 29.2°, fondo in pietrame sistemato entro materassi metallici al fine di ridurre gli effetti erosivi della corrente veloce), deflusso all'interno di un canale di sezione trapezoidale con larghezza di base pari a 3 m, profilo longitudinale caratterizzato da 16 briglie in massi con salto di quota costante (2 m), separate da tratti con fondo su pietrame (pendenza 1:5), sponde con altezza minima pari a 2 m e pendenza 2:1 (coincidente con un'inclinazione di circa 63°) anch'esse realizzate in massi da scogliera.

Al fine di migliore la capacità di deflusso del corso d'acqua, al piede del rilevato, nel tratto di raccordo tra la base dell'abbancamento e il segmento d'alveo esistente, si prevede l'esecuzione delle seguenti attività (cfr. P05 – planimetria del tratto terminale del rio Erxo):

- demolizione di una soletta con spalle in c.a. ed eliminazione della vegetazione arborea in grado di costituire potenziale ostacolo al deflusso;
- realizzazione di una vasca in massi da scogliera atta ad aumentare la sezione di deflusso e a favorire la tendenza al deposito dei materiali alluvionali;
- realizzazione di una briglia selettiva con elementi di trattenuta costituiti da tubolari in acciaio avente la funzione di arrestare il flottante e prevenire il deposito di sedimenti e materiale vegetale in grado di ridurre la sezione di deflusso nel tratto compreso tra la briglia e la tombinatura di sottopasso alla S.P. n. 29 del Colle di Cadibona.

In esito agli studi idraulici eseguiti a corredo del progetto si prevede il possibile adeguamento delle sezioni chiuse che interessano la viabilità pubblica mediante la demolizione dell'opera esistente e la realizzazione di una nuova tombinatura a sezione rettangolare, con sponde e copertura in calcestruzzo armato. Per maggiori dettagli circa la criticità idraulica e l'ipotesi progettuale si rimanda al documento R02 – relazioni idraulica.

4 MOTIVAZIONI E OBIETTIVI DELL'OPERA

Le motivazioni che giustificano la realizzazione dell'opera sono rappresentate da:

- scelta di politica industriale della società che intende proporre ai suoi clienti un sito di destinazione finale di terre e rocce e materie prime seconde in un'area che presenta carenze di siti con caratteristiche idonee, stante l'esaurimento delle capacità volumetriche di recepimento degli ambiti estrattivi presenti e l'assenza di opere pubbliche di riempimento a mare in grado di accogliere ingenti quantitativi di terre e rocce da scavo o materie prime seconde;
- carenza di siti di destinazione idonei a ricevere i materiali di scavo provenienti dai lavori di completamento della variante alla S.S. n. 1 "Via Aurelia" nel tratto tra Savona e Albisola Superiore, movimentabili da una distanza su viabilità pubblica di circa 4 km, percorribili in circa 10 minuti, con riduzione dei costi dell'opera (per diminuzione delle spese di trasporto) e degli impatti sulle principali vie di comunicazione;
- condizioni di moderata pericolosità geomorfologica della valle rio Erxo riconducibili (a) alle caratteristiche geomeccaniche del substrato (interessato da fratturazione diffusa) ed evidenziate dalla (b) presenza di coltri detritiche eluvio-colluviali di spessore plurimetrico distribuite in maniera discontinua all'interno del bacino idrografico e (c) da fenomeni di franosità diffusa per ruscellamento superficiale con mobilizzazione della frazione fine e conseguente incremento del trasporto solido;
- condizioni di elevata pericolosità idraulica per (a) insufficienza allo smaltimento delle portate della tombinatura di sottopasso alla S.P. n. 29 del Colle di Cadibona, (b) condizioni di erosione concentrata del fondo alveo del rio Erxo con evidenze di erosione regressiva e laterale e di erosione spondale con innesco di instabilità di versante e di trasporto in massa di materiale litoide in colate detritiche, (c) presenza di soprassuolo parzialmente degradato nello strato arboreo con schianti ed eradicazione diffusa e frequente mobilizzazione della materia vegetale in grado di ridurre la sezione di deflusso delle acque.

I principali obiettivi dell'opera sono:

- soddisfare esigenze economiche e produttive locali riferite alla necessità di destinare a riutilizzo i materiali di scavo e le materie prime seconde prodotte, in particolare, nel comprensorio di Savona, Vado Ligure e Albissola Marina e, più in generale, in ambito provinciale;
- perseguire l'utile impiego dei materiali di scavo (nella qualità di sottoprodotti), delle materie prime seconde (nella qualità di prodotti) e dei residui vegetali (nella qualità di prodotti) per interventi di mitigazione del rischio geomorfologico e idraulico, minimizzando i conferimenti a discarica, garantendo la realizzazione dell'opera mediante modelli, processi e organizzazioni monitorate e certificate sin dalle fasi di avvio, costruzione e manutenzione;

- rispondere all'esigenza di adottare soluzioni di efficientamento dei processi di trasporto e logistica atte a contenere gli impatti della movimentazione e dello stoccaggio dei materiali di scavo, delle materie prime seconde e dei residui vegetali sul traffico veicolare insistente sulla rete viaria;
- ridurre i costi complessivi del ciclo di vita dei materiali di scavo e delle materie prime seconde e, conseguentemente, il costo delle opere pubbliche e private da realizzare nel circondario;
- ridurre la pericolosità geomorfologica e idraulica mediante opere che riducano la franosità del tratto inferiore del bacino del rio Erxo e la propensione all'erosione regressiva, con mobilizzazione di materiali solidi e materia vegetale in grado di dar luogo a fenomeni esondativi nel tratto di valle del corso d'acqua, più prossimo agli elementi esposti (abitazioni e viabilità pubblica).

5 SCELTA PROGETTUALE

In relazione agli obiettivi generali sopraesposti e a quelli specifici stabiliti dal committente, al fine di individuare la soluzione progettuale più idonea si è tenuto conto dei vincoli normativi (e relativi strumenti di pianificazione urbanistica, paesaggistica, ambientale e in materia di difesa del suolo), dei limiti di disponibilità, delle caratteristiche geotecniche dei materiali che verranno utilizzati, dei livelli prestazionali o prescrittivi da soddisfare (espressi in termini di sicurezza in corso e post-opera in base alla vita nominale dell'opera, le combinazioni di azioni e gli scenari di evento), e dei tempi, degli impatti e dei requisiti gestionali ed economico-finanziari connessi con la realizzazione delle opere.

5.1 Condizioni al contorno

Gli elementi analizzati ai fini di indirizzare la progettazione dell'abbancamento hanno riguardato (a) la normativa vigente, (b) la presenza del rio Erxo e le caratteristiche di franosità e di pericolosità idraulica del bacino interessato dalle opere, (c) i limiti di disponibilità, (d) le caratteristiche di resistenza e rigidezza dei materiali che verranno conferiti, (e) i requisiti di sicurezza statica da raggiungere durante la realizzazione del rilevato e al completamento dello stesso e i franchi idraulica da rispettare in conseguenza della reinalveazione del rio Erxo e dell'esecuzione delle relative opere di mitigazione idraulica.
Il progetto è stato sviluppato sulla base della normativa vigente, con particolare riferimento agli strumenti di pianificazione territoriale e sulla scorta dell'esperienza maturata dal proponente in occasione della predisposizione del progetto denominato "*Recupero ambientale e messa in sicurezza della ex cava 'Crivezzo'*", realizzato da Valeco S.r.l. in Comune di Stella (SV).
L'abbancamento e la reinalveazione del rio Erxo sono stati progettati secondo una logica di continuità esecutiva al fine di perseguire l'aumento della sezione di deflusso, la riduzione dei fenomeni erosivi attualmente in atto e l'eliminazione dei fattori che danno luogo a franosità diffusa nel tratto terminale del rio Erxo.
In ordine alle proprietà meccaniche dei materiali che saranno abbancati, per un primo dimensionamento si è fatto riferimento, per analogia tipologica, agli studi eseguiti, alle prove di laboratorio e alle verifiche in sito effettuate presso l'ex cava Crivezzo, oggetto di un intervento simile.
L'occupazione dell'impronta del rilevato tiene conto dei limiti di disponibilità e/o delle eventuali cessioni di aree, secondo le più opportune forme giuridiche, che potranno formalizzarsi durante l'iter autorizzativo dell'opera.
Per quanto attiene ai requisiti di sicurezza in corso d'opera e post-opera, ferma restando l'impossibilità di prevedere con adeguata affidabilità i tempi di completamento dell'intervento (in quanto dipendenti dalla disponibilità dei materiali e dalle condizioni di mercato), si è tenuto conto della necessità di effettuare gli interventi di riqualificazione ambientale al progressivo innalzamento del rilevato, prevedendo l'eseguibilità di un programmi di manutenzione e di un piano di controllo e monitoraggio geotecnico da eseguirsi durante e al termine della realizzazione dell'abbancamento.

5.2 Alternative progettuali

Sulla base dell'esame degli aspetti normativi, giuridici, funzionali, tecnici e di interrelazione tra i diversi elementi che hanno condizionato la progettazione, comprese considerazioni e valutazioni sulla compatibilità dell'intervento rispetto al contesto territoriale e ambientale, risultava possibile l'esecuzione delle seguenti opere:

- rilevato realizzato con pendenza naturale, senza opere di incremento della resistenza o di contenimento – La soluzione non massimizza la volumetria dell'abbancamento, ma, basandosi sulle proprietà di resistenza, rigidezza e conducibilità idraulica del materiale, rende più semplici e sicuri i controlli da effettuare per conseguire gli obiettivi di progetto; si realizza inoltre una morfologia con pendenze tali da consentire un più semplice attecchimento della vegetazione e, pertanto, una più efficace riqualificazione ambientale e un minore impatto visivo;
- rilevato con opera di contenimento costituita da terre rinforzate con geogriglie – La soluzione presenta ottimizzazioni volumetriche ed economiche poiché, permettendo la realizzazione di un rilevato con pendenze maggiori, consente l'abbancamento di una maggiore quantità di materiali; per contro, l'impiego di terre rinforzate comporta costi ingenti e livelli di manutenzione assidua e impegnativa, poco sostenibile e in assenza della quale può aver luogo il rapido degrado dell'orizzonte erbaceo e delle opere di contenimento (ruscellamento interno e svuotamento delle terre rinforzate);
- rilevato con scarpate sostenute al piede da massi da scogliera o da gabbioni – Permettendo il frazionamento del pendio, con l'inserimento di un tratto a maggiore pendenza (in corrispondenza dell'opera di sostegno) e di uno più abbattuto (all'estradosso), la soluzione rende possibile abbancare maggiori volumetrie e favorire l'attecchimento di essenze vegetali di tipo arbustivo e arborea; tuttavia, l'ipotesi comporta il reperimento di ingenti quantità di blocchi e di massi difficilmente movimentabili (soprattutto alle quote superiori), un maggiore impatto visivo (alternanza di superfici regolari), la concentrazione delle sollecitazioni (potenziali instabilità interne alle opere di sostegno) e difficoltà manutentive (necessità di raggiungere le opere con macchine di movimento di terra di grossa taglia per ripristinare le opere di contenimento).

5.3 Scelta progettuale

Tenuto conto delle considerazioni sopra esposte e dell'esperienza che il proponente ha maturato presso l'ex cava Crivezzo, si è optato per la soluzione a pendenza naturale, senza l'impiego di opere di incremento della resistenza o di contenimento.

La scelta effettuata:

- permette la compattazione dell'intero volume di materiale, compreso il bordo di valle;
- conferisce all'opera un comportamento deformativo più omogeneo potendosi ipotizzare differenze di rigidezza trascurabili tra terre e rocce da scavo (in particolare, se provenienti da scavo meccanizzato in roccia) e da inerti frantumati e riciclati;
- consente di interrompere e riprendere la costruzione del rilevato anche per quantitativi ridotti, senza la necessità di effettuare opere di sostegno per fasi successive;
- rende maggiormente visibili le aree interessate da instabilità, erosione o potenziale dissesto;
- stante la minore pendenza, favorisce il contatto tra il materiale di riempimento, il terreno di coltivo e la bricchettatura, favorendo l'attecchimento della vegetazione.

6 MODALITÀ ESECUTIVE

Il capitolo che segue illustra la sequenza cronologica delle attività da eseguire, ripartita in raggruppamenti funzionali (fasi), al fine di consentire la realizzazione delle opere nel rispetto dei requisiti prestazionali e prescrittivi dettati dalle diverse normative di settore.

6.1 Fase 1 – Adeguamento del rio Erxo al piede del rilevato e predisposizione viabilità di cantiere

La prima fase prevederà l'adeguamento e la sistemazione idraulica del tratto di corso d'acqua posto in corrispondenza del piede del rilevato mediante:

- demolizione delle opere murarie e dei manufatti esistenti all'interno del rio;
- scavo di sbancamento e realizzazione di una vasca di calma e di sedimentazione delimitata da opere di contenimento in blocchi da scogliera;
- allo sbocco della vasca, realizzazione di una briglia selettiva a pettine (elementi di trattenuta costituiti da profilati in acciaio solidarizzati al terreno mediante fondazione in massi da scogliera).

Successivamente sarà possibile procedere alla realizzazione di una pista di arroccamento, a carattere temporaneo, da costruirsi per tratte successive, funzionale a consentire il raggiungimento e l'accesso alle diverse quote di realizzazione del rilevato. Tra la pista di arroccamento e il rilevato potranno essere realizzate delle piste di raccordo a carattere provvisorio.

6.2 Fase 2 – Scotico

La fase prevede la pulizia e lo scotico dell'intera area di appoggio del rilevato, compresa una fascia laterale di ulteriori 5 m, mediante la rimozione di erba, cespugli, radici, piante e alberi, che possono costituire un orizzonte organico a bassa resistenza.
Lo scavo di scotico avverrà anch'esso per fasce successive e si spingerà ad una profondità media di circa 30÷40 cm, con locali approfondimenti in presenza di ceppaie o radici, a profilo continuo o gradonato, in relazione alle pendenze delle aree, e consentirà l'asportazione e la rimozione di suolo e terreno vegetale di qualsiasi consistenza e contenuto d'acqua.
La risulta dello scavo, costituita prevalentemente da terreno vegetale ad elevato contenuto organico, sarà subitamente reimpiegata, tramite posizionamento della stessa sul margine esterno del rilevato al fine di consentire un più rapido rinverdimento delle scarpate (Fase 7) e conseguentemente una migliore rinaturalizzazione del sito.

6.3 Fase 3 – Preparazione del piano di posa

Ove possibile, in funzione delle pendenze delle superfici di appoggio del rilevato, sarà effettuato un livellamento con bonifica a gradoni del piano di posa.

6.4 Fase 4 – Predisposizione del nuovo canale del rio Erxo

L'attività prevede l'asportazione e l'accantonamento del materiale alluvionale presente all'interno dell'alveo del Rio Erxo e dei depositi di frana rinvenuti durante l'innalzamento della quota sommitale del rilevato.
Nei tratti interni al corpo del rilevato si procederà alla realizzazione di un canale di deflusso temporaneo a sezione trapezoidale (larghezza 3 m, altezza 1 m, pendenza delle sponde 60%).
Durante il conferimento e la stesa del materiale, il canale dovrà costantemente essere contenuto all'interno di argini di altezza minima pari a 2 m e dotato di un guado a raso con rampe di ingresso e uscita (pendenza del 20%) per consentire l'attraversamento dell'alveo da parte dei mezzi d'opera. La realizzazione del canale sarà eseguita in progressione, riversando i materiali di abbancamento da monte verso valle, fino al raggiungimento del tratto terminale da realizzarsi secondo la configurazione definitiva.
Nei tratti coincidenti con lo sbocco in scarpata, si provvederà alla realizzazione delle sponde dell'alveo mediante impiego di pietrame ciclopico, delle opere di regimazione (briglie) in blocchi da scogliera e al rivestimento del fondo del canale mediante materassi in rete metallica saturati con pietrame di dimensione compresa tra 100 e 300 mm (eventualmente si potrà utilizzare il materiale proveniente da vagliatura dei depositi alluvionali e detritici precedentemente asportati e accantonati).

6.5 Fase 5 – Formazione dei sistemi drenanti

La porzione basale del rilevato sarà dotata di un'unghia drenante di spessore medio di 3 m, costituita da materiale granulare arido e materia prima seconda, priva da frazione fine, costituita da blocchi o frammenti con dimensioni comprese tra 100 e 300 mm

Per il drenaggio della falda all'interno del corpo del rilevato sarà posata, in corrispondenza delle pendici della valle del Rio Erxo, entro scavo in trincea, una rete di drenaggio realizzata con condotte microfessurate (diametro interno di 400 mm per la dorsale principale e diametro interno di 300 mm per i dreni laterali). Il tratto finale del dreno di fondo attraverserà l'unghia drenante per fuoriuscire all'interno della vasca di calma e di sedimentazione. Tutte le tubazioni drenanti saranno contenute all'interno di un materasso di materiale granulare arido, avvolto entro geotessile filtrante tessuto non tessuto.

6.6 Fase 6 – Stesa del materiale e compattazione

Il rilevato sarà realizzato mediante terre e rocce da scavo sottoposte al regime dei sottoprodotti e da materie prime seconde ottenute da operazioni di recupero in R5 di rifiuti inerti secondo il d.m. MASE n. 152 del 27 settembre 2022.

Il materiale macinato sarà preventivamente areato, se troppo umido, e verrà steso in maniera uniforme e sistematica sulle aree preparate, con modalità e attrezzature atte a evitare segregazione, brusche variazioni granulometriche e del contenuto d'acqua, sempre in strati di spessore compreso tra 40 e 60 cm e successivamente compattato con almeno 6 passate di rullo liscio. Le passate di rullo dovranno essere incrociate e la velocità di transito non dovrà essere superiore a 4 km/h.

Considerata la natura prevalentemente granulare dei materiali che verranno impiegati e l'assenza di falda freatica, si escludono fenomeni di risalita capillare e, conseguentemente, non si prevede il posizionamento di uno strato con funzione anticapillare.

6.7 Fase 7 – Opere di regimazione idrica superficiale e di protezione dall'erosione delle scarpate

in corrispondenza dei gradoni, il rilevato verrà arretrato di 1.5 m e saranno realizzate delle cunette di raccolta e regimazione delle acque meteoriche prima di proseguire con la prosecuzione dei riempimenti.

Le cunette superficiali verranno realizzate in terra e rivestite con geostuoia sintetica tridimensionale tipo Trenchmat© o similare. Le superfici in scarpata saranno invece oggetto di rivestimento con uno strato di terreno vegetale e ricoprimento tramite bricchettatura composta da un insieme di materiali lignei e vegetali di recupero con funzione di prevenzione dell'erosione e miglioramento pedologico del suolo.

7 PROGRAMMA DI CONTROLLO E MONITORAGGIO DELL'OPERA

Il presente capitolo provvede a fornire indicazioni e specifiche tecniche in ordine al programma di controllo e monitoraggio dell'opera. Le attività di controllo in corso d'opera consisteranno in visite ispettive della Direzione Lavori funzionali ad accertare la corretta costruzione dell'opera e a programmare eventuali azioni correttive e/o manutentive.

Tale attività di controllo consentirà altresì, mediante l'esecuzione di specifiche prove di accettazione e collaudo, di accertare sperimentalmente che le grandezze fisiche di resistenza dei materiali posti in opera siano coerenti con i valori di calcolo assunti e prescritti in sede di progettazione.

Le attività di monitoraggio avranno invece lo scopo di verificare che le deformazioni del corpo del rilevato, sia in fase realizzativa e sia al suo completamento, presentino valori comparabili con i valori attesi, in relazione alla vita nominale dell'opera.

Secondo le risultanze della modellazione geotecnica implementata per la verifica di stabilità e di deformabilità del manufatto, gli spostamenti attesi sono prevalentemente di tipo verticale, correlati a cedimenti di assestamento del rilevato che, tuttavia, considerando le caratteristiche drenanti del materiale di stoccaggio,

è verosimile ritenersi esauribili nel breve termine (ovvero già in fase di esecuzione).
La presenza di un sistema di monitoraggio consentirà, da un lato, l'individuazione di indicatori anche indiretti che, nel lungo termine e comunque durante il proseguo del riempimento, possano essere ricondotti a locali instabilità e, dall'altro, l'eventuale messa in atto di azioni ed interventi correttivi.

7.1 Elementi oggetto di osservazione

Gli elementi oggetto di osservazione, sia durante la realizzazione dell'opera che successivamente al suo completamento, sono:

- il profilo delle scarpate del rilevato sulle quali possono evidenziarsi distacchi a scala locale con pericolo di scivolamento a seguito dell'azione di eventi meteorici (sole-gelo e piogge particolarmente copiose e violente);
- le cunette in terra ai piedi delle scarpate, poste su ogni gradone, affinché mantengano pendenze e sezioni di deflusso idonee a garantire la corretta regimazione delle acque superficiali;
- la vasca di sedimentazione realizzata al fondo del canale, provvedendo a periodici svuotamenti dei sedimenti catturati, soprattutto nelle fasi iniziali;
- la tubazione di sbocco del dreno interrato, accertando la presenza di deflusso attivo (indicativo della corretta funzionalità del sistema di drenaggio);
- le protezioni spondali nel rio Erxo, atte al contenimento dell'erosione da parte delle acque collettate dal sistema di canalette superficiali;
- le opere di sistemazione idraulica del rio Erxo.

7.2 Programma dei controlli

L'attività di controllo prevederà l'effettuazione di ispezioni periodiche che avranno per oggetto l'esame visivo e dettagliato delle opere pocanzi elencate e di ciò che con esse è in diretta relazione.
I controlli dovranno essere effettuati ogni 3 mesi in fase di esecuzione del riempimento (ad opera della Direzione lavori) ed ogni 6 mesi dopo fine dei lavori (ad opera di tecnico esperto specificatamente incaricato). La cadenza potrà essere eventualmente incrementata sulla base delle risultanze di ciascuna ispezione nel caso si rilevino singolarità o comunque elementi meritevoli di maggior attenzione.
Scopo delle ispezioni periodiche sarà altresì quello di suggerire e programmare gli interventi di manutenzione necessari.
Il programma di controllo comprenderà inoltre un'attività di validazione delle assunzioni di progetto mediante l'esecuzione di prove geognostiche volte ad accertare i parametri fisico-meccanici del materiale (angolo di attrito, densità relativa del materiale, modulo di deformabilità, ecc.).

7.2.1 Prove geotecniche

Allo scopo di determinare le caratteristiche di resistenza e rigidezza dei materiali, si prevede l'esecuzione di prove penetrometriche superpesanti (DPSH) e prove di carico su piastra nel numero e alle quote indicate in Tabella 7.1.
In accordo coi risultati delle verifiche geotecniche e con le assunzioni di progetto, che evidenziano cinematismi superficiali, con profondità della superficie di potenziale scivolamento mediamente collocata a 15 m di distanza dal fronte dell'abbancamento, le verticali di indagine delle DPSH saranno ubicate ad una distanza compresa tra 10 e 20 dal ciglio sommitale della porzione di rilevato realizzata. Inoltre, allo scopo di accertare che anche il nucleo del rilevato rispetti i valori di resistenza assunti a progetto sarà necessario eseguire un numero di DPSH pari a 1 ogni 2 000 m² di superficie sommitale, ubicando le verticali di indagine ad una distanza di almeno 50 m dal ciglio del volume di rilevato realizzato. Le prove – fatto salvo il rifiuto strumentale all'avanzamento – dovranno spingersi ad una profondità minima di 7 m dal p.c.
Per determinare il grado di costipazione, il modulo di deformabilità dell'abbancamento e accertare che i

materiali presentino caratteristiche di rigidezza (ovvero modulo di elasticità e grado di addensamento) coerenti con quelli assunti a progetto, si eseguiranno prove di carico su piastra, eventualmente anche in condizioni sature, alle quote e nel numero riportato in Tabella 7.1.

Tabella 7.1 – Ubicazione e numero di prove geotecniche di controllo da eseguire durante e al termine della realizzazione dell'abbancamento.

quota	DPSH		prove di carico su piastra		superficie sommitale	volume abbancato
	sul fronte	nel nucleo	sul fronte	nel nucleo	[m²]	[m³]
155	2	1	2	1	1 800	6 709
165	3	2	3	2	4 856	35 783
175	5	4	4	4	8 256	101 234
185	5	5	4	5	11 348	195 952
200	6	8	4	8	15 772	412 665
215	8	4	6	3	7 799	565 449
230	4	1	3	1	2 196	636 801

Per le DPSH andrà accertato che il numero di colpi medio $(N_1)60$, ottenuto mediante analisi statistica e un rapporto di rendimento energetico con la prova standard di N_{SPT}/N_{20} = 1.5, non sia inferiore a 35. Tramite le correlazioni riportate nell'Annesso F alla norma EN 1997-2:2007, i valori $(N_1)_{60}$ medi di ciascuna prova consentiranno di verificare che, in corrispondenza di ogni verticale di indagine, i materiali presentino un valore dell'angolo di resistenza al taglio ϕ'_{cv} (a volume costante) almeno pari a 35°, in accordo con le ipotesi progettuali (cfr. R03 – relazione geotecnica).
Le prove di carico su piastra, eseguite con prova a gradini nell'intervallo di carico compreso tra 50 e 250 kPa, dovranno fornire valori minimi del modulo di deformazione M_d pari a 15 MPa e valori del grado di costipamento, ottenuti dal rapporto M_d/M_d' (dove M_d' è il modulo di deformazione misurato su secondo ciclo di carico), maggiori di 0.6.
Nel caso in cui gli esiti di una qualunque delle prove fornissero valori inferiori ai minimi prescritti occorrerà procedere alla rideterminazione delle caratteristiche fisico-meccaniche dei materiali e alla rivalutazione delle analisi geotecniche eseguite in fase progettuale al fine di individuare le possibili soluzioni correttive atte a garantire il rispetto dei requisiti di sicurezza previsti dalla normativa.

7.2.2 Risultati dell'attività di controllo

I risultati delle osservazioni compiute durante ciascuna visita ispettiva saranno annotati su apposito verbale, ove verranno riportate le condizioni generali dell'area, gli eventuali stati di degrado e la loro localizzazione, la necessità di interventi, la loro tipologia e la loro urgenza.
Gli esiti delle prove di controllo saranno annotati su Rapporti di Prova trasmesse alla Direzione Lavori per l'adozione delle misure e azioni del caso e archiviati e conservati dal titolare delle opere. I Rapporti di Prova conterranno almeno le seguenti informazioni: tipologia di indagine, numero identificativo della prova, data di esecuzione, norma di riferimento della prova, quota e localizzazione del sito di indagine, identità dell'esecutore, attrezzatura impiegata, valori sperimentali misurati e interpretazione dei risultati.

7.3 Programma di monitoraggio geotecnico

Il programma di monitoraggio geotecnico consiste nella misurazione delle deformazioni che il rilevato svilupperà in corso e post-opera. L'obiettivo del monitoraggio è accertare che i valori delle grandezze osservate (spostamenti verticali e orizzontali e relativa direzione azimutale) siano coerenti con quelli derivati dalle ipotesi progettuali e di permettere, nel caso si verificasse il superamento di valori di soglia o si riscontrasse una distribuzione anomala delle deformazioni, la ridefinizione delle caratteristiche geotecniche dei materiali,

l'individuazione dei motivi alla base delle osservazioni anomale e l'individuazione delle possibili azioni correttive.

Il monitoraggio geotecnico sarà effettuato mediante:

- una rete di controllo topografico composta da 5 caposaldi (punti fissi) collocati esternamente al rilevato, in posizione utile a consentire la completa visibilità della costruzione in tutte le sue fasi esecutive, e da un insieme di punti di controllo (punti di monitoraggio) posizionati in corso d'opera sulle porzioni completate dell'opera; la determinazione della posizione plano-altimetrica dei punti di monitoraggio rispetto ai punti fissi è finalizzata a consentire, mediante triangolazione trigonometrica, l'individuazione di modifiche morfologiche del manufatto con dettaglio almeno pari a 5 mm; i caposaldi e i punti di monitoraggio potranno essere materializzati mediante pozzetti prefabbricati con coperchio, interrati e contenenti un chiodo topografico annegato in malta cementizia;
- n. 6 inclinometri biassiali orientati in corrispondenza di sezioni strumentate, coincidenti con le direzioni di massima pendenza e situati in corrispondenza delle bancate e del piazzale superiore del riempimento; gli inclinometri saranno realizzati nel rispetto della posizione e lunghezza indicate nell'elaborato grafico dedicato.

Le letture agli strumenti dovranno essere effettuate da un tecnico esperto ed elaborate con riferimento sia alla misura precedente sia alla misura di zero. La misura di zero a tutti gli strumenti installati sarà effettuata prima dell'inizio delle operazioni di riempimento e dovrà essere eseguita due volte a 24 ore di distanza.

Le misure degli inclinometri potranno essere effettuate con cadenza non superiore a tre mesi e, in ogni caso, all'avvenuto conferimento e sistemazione di una volumetria di materiale non superiore a 50 000 m³. L'attività di controllo post-opera potrà essere effettuata con cadenza semestrale per un periodo di almeno 5 anni.

I tubi inclinometrici saranno del tipo in alluminio a 4 guide. Gli inclinometri dovranno essere messi in opera da subito, non appena completate le operazioni di pulizia del fondo di base dell'abbancamento e successivamente alla messa in opera del sistema drenaggio di fondo in modo tale che vi sia uno spezzone di tubo inclinometrico immorsato in roccia. Essi dovranno essere prolungati col progredire della costruzione, avendo cura di non danneggiare i dispositivi durante le operazioni di conferimento, stesa e compattazione del materiale.

Lo strumento di misura, la sonda inclinometrica, deve essere anch'essa del tipo biassiale.

In caso di informazioni o di segnali indiretti, anche incerti, che possano essere ricondotti a movimenti in atto di entità superiore a quelli attesi per le deformazioni massime, si provvederà ad aggiornare il calendario di misure al fine di raccogliere, nel minore tempo possibile, tutti i dati occorrenti a consentire l'individuazione dei fenomeni in atto e all'adozione delle misure operative e di sicurezza conseguenti.

Tabella 7.2 – Spostamenti massimi attesi (tra parentesi i valori stimati in base all'analisi FEM) (δ_v = spostamento verticale; δ_h = spostamento orizzontale; δ_T = spostamento totale).

quota [m s.l.m.]	inclinometro	δ_v [m]	δ_h [m]	δ_T [m]
165	I1	0.60 (0.49)	0.50 (0.38)	0.80 (0.63)
185	I2	1.90 (1.55)	0.80 (0.64)	1.80 (1.64)
200	I3	1.50 (1.31)	0.40 (0.31)	2.30 (2.11)
215	I4	2.60 (2.48)	1.00 (0.87)	3.00 (2.92)
215	I5	1.70 (1.53)	0.30 (0.19)	2.30 (2.18)
230	I6	1.60 (1.47)	0.40 (0.31)	2.30 (2.10)

Le letture inclinometriche e i risultati del rilievo della rete topografica andranno trascritti in apposite relazioni interpretative delle misure effettuate e trasmesse alla Direzioni Lavori affinché quest'ultima – tramite retroanalisi – verifichi la correttezza delle ipotesi progettuali, accerti l'avvenuta esecuzione della costruzione a regola d'arte o, nel caso in cui le grandezze di misura e il comportamento del rilevato tendano verso soglie di

allerta, individui i provvedimenti correttivi da adottare.

7.3.1 Deformazioni massime attese

In riferimento agli spostamenti massimi attesi, sulla base delle valutazioni riportate nell'elaborato R03 – relazione geotecnica, si individuano i valori limite e quelli stimati elencati in Tabella 7.2.
La misurazione di spostamenti superiori a quelli previsti in progetto non implica necessariamente una riduzione del grado di stabilità e di sicurezza del manufatto. Nell'ipotesi di superamento dei valori massimi attesi, le misure e i dati andranno interpretati in maniera integrale e complementare nell'ambito di un processo di controllo e di rivalutazione generale dell'opera con specifico riferimento alla verifica dei requisiti di sicurezza del manufatto in corso d'opera e post-opera.

8 ALLEGATI

I seguenti elaborati, che si allegano alla presente relazione, costituiscono parte integrante e sostanziale del documento in epigrafe:

- P01 – planimetria stato attuale (scala 1:500);
- P02 – planimetria stato di progetto (scala 1:500);
- P06 – bacino idrografico su carta tecnica regionale (scala 1:5.000);
- S02 – sezioni idrauliche da 60 a 43 (scala 1:100);
- S03 – sezioni idrauliche da 42 a 28.2 (scala 1:100);
- S04 – sezioni idrauliche da 28.1 a 1 (scala 1:100);
- A01 – documentazione fotografica.

Savona, aprile 2024.

I tecnici progettisti,

geol. Massimo BOCHIOLO ing. Enrico MASSA



