



Regione Piemonte
Provincia del Verbano Cusio Ossola
Comune di Formazza
Cava di serizzo BORT Sopra Foppiano

DOMO GRANITI s.r.l.

Via Leonardo da Vinci, 36 – 28859 Trontano (VB)

**PROGETTO DI VARIANTE DEL PIANO DI COLTIVAZIONE
PER LA RIPRESA DELL'ATTIVITA' ESTRATTIVA**
(Autorizzazione D.D. N. 77 del 03.12.2014 proroga
D.D. N. 1279 del 02/12/2019 scaduta in data 22.06.2022)

FASE DI VALUTAZIONE DELLA PROCEDURA DI V.I.A.

D. Lgs 152/2006 e s.m.i. - Allegato A Cat. A.s2 della L.R.13/2023

ISTANZA DI AUTORIZZAZIONE

L.R. 23/2016 – L.R. 45/89 – D. Lgs 42/2004 – D. Lgs 152/2006 e s.m.i.

RELAZIONE TECNICO MINERARIA
RELAZIONE GEOLOGICO TECNICA
INTEGRAZIONE SPONTANEA

Verbale seconda seduta Conferenza di Servizi del 22/07/2025

Progettazione ed elaborazione grafica:

dott. geol. Claudio GAGLIARDI

Domicilio fiscale: Via Attilio Binda, 175 - 28845 Domodossola (VB)

Studio: c/o Domo Graniti srl

Via Leonardo da Vinci 36 – 28859 Trontano (VB)

Tel. 0324.249096 - 334/6219434

E-mail: cgagliardi.geologo@gmail.com



Agr. dott. Nat. Stefano CROSETTO

Via Puccini, 5 - 10036 Settimo Torinese (TO)

Tel. 347/0908182

E-mail: stefano.crosetto@gmail.com



Settembre 2025

1. PROGETTO DI COLTIVAZIONE – INTEGRAZIONE SPONTANEA

1.1. PREMESSA

A seguito di quanto emerso nel corso del sopralluogo istruttorio effettuato in data 17 luglio u.s. e successiva Conferenza di Servizi del 22/07/2025, si produce, come integrazione spontanea, la seguente relazione a supporto della proposta di variante al piano di coltivazione, precedentemente depositato, per la ripresa dell'attività estrattiva della cava in località Bort sopra Foppiano del Comune di Formazza.

La variante riguarda essenzialmente il settore Est dell'area di cava rispetto al quale si riduce in modo significativo l'entità dello scavo in roccia, rinunciando ad un volume complessivo pari a 85.000 mc potenzialmente estraibili, al fine di limitare l'arretramento del fronte Nord principale.

Nel seguito, in funzione della suddetta variante in riduzione, si descrive preliminarmente il nuovo intervento di coltivazione e si riportano di seguito, in elenco per i vari enti istruttori, le precedenti risposte per le integrazioni o modifiche necessarie.

1.2. ASPETTI PROGETTUALI

1.2.1. AGGIORNAMENTO ELENCO TAVOLE DI PROGETTO

La proposta di variante in riduzione ha comportato la revisione di quasi tutte le tavole di progetto che vengono pertanto elencate secondo la nuova numerazione nella seguente tabella (si eliminano le fasi evolutive iniziali che rappresentavano la coltivazione del settore Est e le relative sezioni).

Tav N.	Data	Titolo	Scala
1	Ago. 2024	Vincoli e Infrastrutture	1:10000
2	Ago. 2024	Carta uso del suolo	1:10000
3	Ago. 2024	Carta della vegetazione	1:5000
4_INT	Mag. 2025	Carta geologica-strutturale area di cava	1:500
4a_INT_BIS	Set. 2025	Sezioni C-C / F-F assetto geostrutturale fronte Nord	1:1000
4b_INT_BIS	Set. 2025	Sezioni 3-3 / 4-4 assetto geostrutturale fronti Est e Ovest	1:1000
4c_INT	Mag. 2025	Carta geomorfologica area cava e conoide Rio Pianezze	1:2000
5_INT_BIS	Set. 2025	Agg. aerofotogrammetrico – ortofoto luglio 2025	1:1000
6_INT_BIS	Set. 2025	Planimetria Catastale	1:1000
7_INT_BIS	Set. 2025	Planimetria stato attuale agg. topografico 01/07/2025	1:1000
8a_INT	Apr. 2025	Sistemazione accesso pedonale DPR 128/59	1:500
8b_INT_BIS	Set. 2025	Plan. sistemaz. crollo-accesso pedonale DPR 128/59-Fase 1	1:1000
8c_INT_BIS	Set. 2025	Sez. sistemaz. Crollo-accesso pedonale DPR 128/59- Fase 1	1:1000
9_INT	Mag. 2025	Piano di coltivazione – Planimetria – Fase 2	1:1000
10_INT	Mag. 2025	Piano di coltivazione – Planimetria – Fase 3	1:1000
11_INT_BIS	Set. 2025	Piano di coltivazione – Planimetria - Fase 2 (ex 4)	1:1000
12_INT	Mag. 2025	Piano di coltivazione – Planimetria – Fase 4_a	1:1000

13_INT	Mag. 2025	Piano di coltivazione - Planimetria - Fase 4_b	1:1000
14_INT	Mag. 2025	Piano di coltivazione - Planimetria - Fase 5	1:1000
15_INT_BIS	Set. 2025	Planimetria Configurazione scavo finale 5 anni	1:1000
16_INT_BIS	Set. 2025	Planimetria Configurazione riempimento finale 5 anni	1:1000
17_INT_BIS	Set. 2025	Recupero Ambientale - Planimetria finale 5 anni	1:1000
18_INT_BIS	Set. 2025	Recupero ambientale - Sezioni tipo finale 5 anni	1:1000
19_INT_BIS	Set. 2025	Planimetria Configurazione scavo finale 10 anni	1:1000
20_INT_BIS	Set. 2025	Planimetria Configurazione intermedia 10 anni	1:1000
21_INT_BIS	Set. 2025	Planimetria Configurazione riempimento finale 10 anni	1:1000
22_INT_BIS	Set. 2025	Recupero Ambientale - Planimetria finale 10 anni	1:1000
23_INT_BIS	Set. 2025	Recupero ambientale - Sezioni tipo finale 10 anni	1:1000
24_INT_BIS	Set. 2025	Planimetria configurazione scavo finale 15 anni	1:1000
25_INT_BIS	Set. 2025	Planimetria Configurazione intermedia 15 anni	1:1000
26_INT_BIS	Set. 2025	Planimetria Configurazione riempimento finale 15 anni	1:1000
27_INT_BIS	Set. 2025	Recupero ambientale - Planimetria finale 15 anni	1:1000
28_INT_BIS	Set. 2025	Recupero ambientale - Sezioni tipo finale 15 anni	1:1000
29_INT_BIS	Set. 2025	Sezioni di progetto C-C profilo attuale/5/10/15 anni	1:1000
30_INT_BIS	Set. 2025	Sezioni di progetto D-D profilo attuale/5/10/15 anni	1:1000
31_INT_BIS	Set. 2025	Sezioni di progetto E-E profilo attuale/5/10/15 anni	1:1000
32_INT_BIS	Set. 2025	Sezioni di progetto F-F profilo attuale/5/10/15 anni	1:1000
33_INT	Mag. 2025	Sezioni di progetto G-G profilo attuale/5/10/15 anni	1:1000
34_INT	Mag. 2025	Sezioni di progetto 1-1 profilo attuale/5/10/15 anni	1:1000
35_INT	Mag. 2025	Sezioni di progetto 2-2 profilo attuale/5/10/15 anni	1:1000
36_INT_BIS	Set. 2025	Sezioni di progetto 3-3 profilo attuale/5/10/15 anni	1:1000
37_INT_BIS	Set. 2025	Sezioni di progetto 4-4 profilo attuale/5/10/15 anni	1:1000
38_INT_BIS	Set. 2025	Sezioni di progetto 6-6 profilo attuale/5/10/15 anni	1:1000
39_INT_BIS	Set. 2025	Sezioni di progetto 8-8 profilo attuale/5/10/15 anni	1:1000
40_INT	Mag. 2025	Sezioni di progetto 9-9 profilo attuale/5/10/15 anni	1:1000
41_INT_BIS	Set. 2025	Computo volumi scavo finale 5 anni	1:2000
42_INT_BIS	Set. 2025	Computo volumi riempimento finale 5 anni	1:2000
43_INT_BIS	Set. 2025	Computo volumi scavo finale 10 anni	1:2000
44_INT_BIS	Set. 2025	Computo volumi riempimento finale 10 anni	1:2000
45_INT_BIS	Set. 2025	Computo volumi scavo finale 15 anni	1:2000
46_INT_BIS	Set. 2025	Computo volumi riempimento finale 15 anni	1:2000
47_INT_BIS	Set. 2025	Sezioni per verifiche stabilità riporti e coltre di copertura	1:1000
48_INT_BIS	Set. 2025	Planimetrie e particolari opere diffida n. 310	varie
49_INT_BIS	Set. 2025	Planimetrie raffronto limiti areali	1:1000
50_INT_BIS	Set. 2025	Regimazione acque - Scavo finale 5 - 10 -15 anni	1:1000
51_INT_BIS	Set. 2025	Regimazione acque - Riempimento finale 5 - 10 -15 anni	1:1000
52_INT_BIS	Set. 2025	Regimazione acque - Fasi evolutive iniziali	1:1000
53_INT_BIS	Set. 2025	Regimazione idraulica - particolari	varie
54_INT_BIS	Set. 2025	Sistema abbattimento polveri fasi evolutive	1:1000
55_INT_BIS	Set. 2025	Sistema abbattimento polveri configurazioni finali	1:1000
56_INT_BIS	Set. 2025	Plan. catastale - Occupazione aree demaniali Rio Pianezze	1:1000
57_INT_BIS	Set. 2025	Sezioni stabilità fronti in roccia	1:1000

1.2.2. MODIFICHE PROGETTUALI

La modifica sostanziale che viene proposta riguarda la riduzione del piano di coltivazione nel settore Est, ancora parzialmente intonso, per evitare di intercettare con l'avanzamento degli scavi in roccia potenziali giunti ad elevata persistenza ed in continuità con quelli che hanno prodotto il crollo dell'adiacente parete Nord. Le nuove tavole di progetto propongono un adeguamento delle configurazioni di scavo secondo le varie fasi quinquennali e iniziali dei fronti residui e conseguentemente della rete di canalizzazione e raccolta delle acque superficiali.

La revisione del piano di coltivazione nel settore Est suddetto prevede pertanto di attestare il massimo arretramento della porzione sommitale a ridosso della prima frattura ad elevata persistenza che si rileva sul fronte Est esistente immediatamente a tergo della piazzola su cui è posizionata attualmente la gru-derrick centrale.

Si tratta di un giunto appartenente al sistema K1 (167/50) che si interrompe, verso il basso, nell'intersezione con il piano di taglio principale (25/14) che con giacitura a reggipoggio attraversa l'intera area di cava separando, sotto il profilo geomeccanico, il settore A (superiore) maggiormente fratturato dal sottostante settore B, più compatto.

Tale accorgimento permette di eliminare la parte superficiale più fratturata dell'ammasso roccioso del settore A senza intaccare di fatto il versante ancora intonso per evitare di intersecare con i nuovi fronti eventuali piani di faglia disposti a franapoggio, paralleli a quelli che hanno provocato il crollo. Lo scavo, come detto, si attesta a ridosso della prima frattura significativa e produce un arretramento, della porzione di ammasso a monte del "piano di taglio", di circa 10÷15 m di spessore, liberando il sottostante giacimento più sano e compatto per il successivo sfruttamento che viene eseguito con ribassi successivi a gradoni con alzata subverticale (85°).

In questo settore si adegua inoltre l'orientamento del fronte Est, limitatamente al settore più esterno (limite orientale della cava in prossimità dell'alveo del Rio Pianezze), alla giacitura del piano medio rappresentativo del sistema K2 (237/78) per eliminare la potenziale formazione di cinematismi per scivolamento planare. Tale soluzione non viene invece adottata nella coltivazione del fronte Est centrale che si approfondisce in continuità con quello esistente (giacitura 252/85) già esistente alla base della gru-derrick centrale.

La scelta consente di eliminare potenziali cinematismi di tipo planare sul margine orientale della cava, caratterizzato da un ammasso più fratturato e coperto dall'adiacente versante intonso. Nella porzione centrale invece l'approfondimento della coltivazione, per salvaguardare il giacimento, segue l'orientamento del fronte esistente in quanto è possibile ispezionare l'ammasso a monte, che risulta completamente scoperto sia sul lato Est sia su quello Nord ove, per altro, non sono evidenti situazioni critiche.

In particolare, si evidenzia che l'attività di coltivazione nel settore Est superiore permetterà di monitorare costantemente l'assetto strutturale dell'ammasso roccioso mediante l'esecuzione di periodici rilievi geostutturali per controlli e verifiche in corso d'opera. Si riporta nell'immagine seguente una indicazione grafica della sequenza di operazioni previste per la coltivazione del settore est superiore (A) e del successivo approfondimento nella porzione inferiore più massiva e compatta (B).



Fig. n. 1 – Si rappresenta sul fronte Est attuale (settore superiore del giacimento a monte del piano di taglio indicato con linea tratto-punto di colore nero) la sequenza e l'impostazione dei tagli delle bancate del settore Est superiore e del successivo approfondimento nel sottostante settore B, operando dall'alto verso il basso su superfici piane. Nella parte superiore il fronte Nord coincide con la superficie della prima frattura (K1) indicata sulla parete Est attuale con linea rossa tratteggiata.

Oltre alla riduzione del piano di coltivazione, con osservanza alle indicazioni e richieste, emerse nel corso del sopralluogo istruttorio del 17/07/2025 e successiva Conferenza di Servizi del 22/07/2025 la presente integrazione spontanea tiene conto dei seguenti interventi:

- a) la sagomatura della scarpata dell'accumulo di frana residuo, presente al piede della parete del fronte Nord, con formazione di una sorta di vallo paramassi realizzato con un muro in blocchi di cava sul lato esterno e riporto di materiale detritico sul lato interno per formare un avvallamento utile per trattenere eventuali porzioni o massi di dimensioni metriche e sub-metriche. Si evidenzia (come rappresentato sulle tavole di progetto ed in particolare sulla sezione E-E) che nell'angolo NE del piazzale di q. 1056 il gradone di q. 1064 era già stato arretrato prima del crollo dell'aprile 2022 e quindi la scarpata dell'accumulo di crollo si prolunga fino al piazzale (1056) e, per questo breve tratto, il vallo viene sostituito da un muro in blocchi senza riporto di materiale a tergo;
- b) la formazione del vallo paramassi comporta l'ulteriore riduzione dello spessore del taglio di profilatura dell'ampio gradone di q. 1064, da 4 m a 2 m, previsto per l'eliminazione delle porzioni fratturate dall'impatto del crollo, visibili sull'alzata e sullo spigolo del gradone, prima di eseguire il ribasso del sottostante piazzale di q. 1056 m ca. in quanto potrebbero generare potenziali solidi instabili.
- c) l'intervento di sistemazione e consolidamento con formazione di palificata (con barre metalliche e tronchi) della scarpata della coltre di copertura naturale, presente nel settore Est sommitale, interessata da dilavamento e franamento nel corso dell'evento meteo di carattere eccezionale del 17 aprile u.s.;
- d) ulteriori opere di regimazione del Rio Pianezze con specifico riguardo alla:
 - realizzazione di una barriera spondale in destra idrografica (lato cava tra q. 1050 e q. 1070 m circa) al fine di impedire eventuali interferenze delle portate di piena con l'area estrattiva adiacente;
 - formazione di una vasca di laminazione a valle (q. 1004,00 m) immediatamente a monte del punto di deviazione dell'alveo demaniale verso il Rio Crorello (o di Foppiano);
 - rettifica dell'andamento del nuovo tratto del canale di scarico per ampliare il più possibile il raggio di curvatura del nuovo alveo (realizzato in massi di cava riquadrati) che circonda alla base l'area di stoccaggio degli sfridi di coltivazione.

1.2.3. VARIANTE AL PIANO DI COLTIVAZIONE

Si descrive in modo sintetico la variante al piano di coltivazione con riferimento alle principali tavole grafiche.

Con la tavola n. 5 e 7_INT_BIS (aggiornamento fotogrammetrico – luglio 2025) si produce l'aggiornamento del rilievo topografico dell'area di cava e dei settori pertinenziali, con particolare riferimento al parziale franamento della coltre di copertura a monte del settore Est, oggetto di intervento di sistemazione e consolidamento e l'estensione fino al fondovalle per rappresentare il settore occupato dal conoide del Rio Pianezze, già prodotto con il rilievo febbraio 2025.

Seguono due tavole (N. 8b_INT_BIS e 8c_INT_BIS) che aggiornano la configurazione dei lavori in corso nell'ambito dell'intervento, autorizzato ai sensi dell'art. 674 del D.P.R. 128/59, per ottenere prima della ripresa della coltivazione produttiva la sistemazione e messa in sicurezza dell'accumulo di crollo. Nella sistemazione sono recepite le indicazioni descritte al capitolo precedente con la rappresentazione del vallo paramassi e la sistemazione della scarpata di frana della coltre di copertura presente a monte del settore Est

La tavola 8b_INT_BIS rappresenta la Fase n. 1 del nuovo progetto per la ripresa della coltivazione ordinaria ai sensi della L.R. 23/2016.

Sotto il profilo progettuale si ribadisce che il criterio più rilevante, sul quale era già impostata la precedente variante, consiste nella suddivisione in due settori, superiore e inferiore (A e B), del giacimento disponibile che sono fisicamente separati da un persistente piano di taglio che attraversa l'intera area di cava con giacitura quasi coincidente con il piano di scistosità primaria, ovvero con immersione a reggipoggio.

Con la nuova variante, proposta nel corso dell'istruttoria tecnica, il settore Est viene pressoché interamente preservato dalla coltivazione che si limita all'asportazione della porzione superiore dell'ammasso (tra la piazzola di q. 1064 m ca. e la piazzola del derrick centrale 1087 m ca.) delimitata da una persistente frattura orientata secondo il sistema K1 (settore A) con giacitura media 167/50, ovvero a franapoggio rispetto al pendio e al fronte Nord.

Questo intervento consente di eliminare, dopo lo spostamento del derrick centrale sul margine orientale, la porzione rocciosa esterna e più alterata e fratturata dell'ammasso, con un arretramento in corrispondenza della base di questo settore (gradone di q. 1064 m) pari a 10÷15 m ca, ovvero facendo coincidere il fronte Nord con la superficie della prima frattura (K1) suddetta salvaguardando la stabilità dell'ammasso superiore e recuperando una consistente volumetria estraibile a valle (settore B) secondo una classica gradonatura con alzate subverticali.

Nelle tavole progettuali, dalla Fase N. 1 (Tav 8_INT_BIS) alla Fase N. 2 (ex 4 – Tav 11_INT_BIS) si rappresentano tutti gli interventi sopra descritti che permettono di sistemare la parte superiore del versante di cava con avvio del primo ribasso produttivo nel piazzale principale (q. 1056 m) nel ribasso operando nelle fasi successive sostanzialmente solo in ribasso dell'ampio piazzale di cava che raggiunge che si approfondisce in modo uniforme:

- ✓ da q. 1056 m a q. 1034 m al termine del primo quinquennio (tre ribassi modulari);
- ✓ da q. 1034 m a q. 1014 m al termine del secondo quinquennio (tre ribassi modulari);
- ✓ da q. 1016 m a q. 1000 m al termine del terzo quinquennio (due ribassi modulari).

1.2.4. PISTA DI ACCESSO AL PIAZZALE DI COLTIVAZIONE (Q. 1042 M – Q 1056 M) - VOLUMI SCAVO RIPORTO E APPROVVIGIONAMENTO

Nella tavola 11_INT_BIS si rappresenta anche l'avvio della coltivazione produttiva che riprende con l'iniziale ribasso del gradone più esterno presente nel settore centrale cava (da q. 1048 m a q. 1042 m) in corrispondenza del canale di apertura appena tracciato visibile in corrispondenza dello sbarco dell'attuale accesso pedonale.

L'approfondimento del suddetto canale permette di ampliare in modo adeguato il gradone più esterno di q. 1048 m formando un ripiano o piazzale inferiore idoneo ad impostare, sempre partendo dall'esterno un successivo ulteriore ribasso a q. 1042 m ca. che permette di ridurre ulteriormente il dislivello con il sottostante accumulo di sfridi sul quale risulta possibile, con un adeguato riporto di materiale, realizzare la pista di collegamento carrabile tra il piazzale di base (dove termina attualmente la strada di accesso veicolare (piazzola di quota 1017 – 1018 m ca., attuale zona di carico degli autocarri per il trasporto dei blocchi che sono calati con gru-derrick).

Sempre nella stessa tavola di progetto si rappresenta il profilo longitudinale della pista che presenta una pendenza media uniforme del 14% e può essere utilizzata dai mezzi d'opera (escavatori cingolati e pale gommate) e dai mezzi di servizio a trazione integrale per il trasporto degli addetti. Invece, per gli autocarri adibiti al trasporto dei blocchi produttivi si procederà ancora in questa fase al caricamento con calata dei blocchi mediante gru-derrick dal piazzale superiore alla piazzola di carico che viene sopraelevata a q. 1026 m circa.

Sotto il profilo volumetrico la formazione della pista di arroccamento al piazzale superiore, dopo il ribasso a q. 1042 m, richiede il riporto di circa 15.700 mc che possono essere solo parzialmente recuperati dal livellamento dell'accumulo presente a valle nel settore Est della cava inferiore.

Nella tabella seguente si riepilogano i volumi di scavo riporto ottenuti dal raffronto tra stato di fatto e di progetto:

Volume di riporto	15.730 mc
Volume di scavo presente in sito	4.600 mc
Volume necessario	11.130 mc

Rispetto alla precedente previsione, riportata nella relazione "documento unico riepilogativo" redatta in ottemperanza al provvedimento di sicurezza (art. 674 del DPR 128/59) prot. 5157/2024 del 24/04/2024 che riportava i seguenti volumi:

Volume riporto	16.450 mc
Volume scavo	4.600 mc
Volume sfridi recupero massi crollo	5.800 mc
Differenza	6.050 mc

si riscontra che il recupero di sfridi in pezzatura ridotta è stato minore del previsto (circa 700 mc) in quanto la riquadratura dell'accumulo di crollo ha prodotto soprattutto massi per scogliera che sono stati più volte scaricati sul sottostante accumulo e allontanati per conferimenti esterni.

Con la nuova variante progettuale si ottiene una configurazione idonea al tracciamento della pista di arroccamento con pendenza del 14% (contro una pendenza del 17% prevista nel provvedimento di sicurezza che non prevedeva la possibilità di coltivare e abbassare il punto di arrivo) solo al termine della fase 2 (ex 4) che prevede il ribasso della piazzola di q. 1048 m ca. e di una parte del piazzale di q. 1056 m per ridurre il dislivello attuale tra la piazzola inferiore (zona di caricamento autocarri) e lo sbarco sul primo gradone in roccia (1042 m) e di conseguenza creare lo spazio sufficiente per ospitare la rampa di collegamento con il piazzale di q. 1056 m.

Nella tavola 11_INT_BIS si rappresenta infatti nel profilo longitudinale il primo tratto realizzato sull'accumulo di sfridi e il secondo tratto realizzato sul piazzale in roccia.

Il computo volumetrico sopra esposto riguarda solo il primo tratto che di fatto costituisce l'effettivo collegamento carrabile con l'area di estrazione.

La tavola 11_BIS_INT pur rappresentando solo una fase indicativa e non vincolante dell'evoluzione iniziale dei lavori alla ripresa del piano di coltivazione, prevede l'asportazione di un volume di roccia complessivo pari a 38.350 mc ca. che indicano una produzione a regime pari ad un periodo di tre anni circa (considerando che dai dati dei rilievi eseguiti per il calcolo degli oneri di estrazione si ottiene per l'ultimo triennio produttivo, 2019-2021, un volume estratto complessivo pari a 42.720 mc). Se si considera

che l'intervento prevede la coltivazione della porzione esterna dell'ammasso superiore presente nel settore Est (quasi completamente improduttiva) è realistico stimare una produzione di sfridi pari al 30% del volume estratto, ovvero pari a 11.500 mc circa che rappresenta il fabbisogno necessario per completare la pista di arroccamento fino allo sbarco sul piazzale a q. 1042 m.

1.2.4.1. APPROVVIGIONAMENTO MATERIALI

Ne consegue che la realizzazione della pista di arroccamento sarà completata non prima di tre anni dalla ripresa della coltivazione. Tuttavia nel caso si renda necessario realizzare il collegamento in tempi più brevi, comunque almeno entro un anno dalla ripresa per la necessità di dover comunque coltivare e ribassare la piazzola di accesso superiore, la società esercente potrà reperire materiale idoneo, già previsto e autorizzato come prodotto utile per usi esterni (reinterri, riempimenti e rilevati) per un volume superiore a 70.000 mc circa, dalla vicina cava Al Passo, di proprietà della ditta stessa, o se del caso potrà recuperare, il volume necessario (11.500 mc ca.) da sfridi di altre cave e/o materiali (terre e rocce da scavo), con adeguate caratteristiche geotecniche, tra quelli ammessi dal Regolamento regionale n. 3/R del 29/03/2022 inerente agli indirizzi per il riempimento dei vuoti di cava in attuazione dell'art. 30 della L.R. 23/2016 e s.m.i.

1.2.5. SISTEMAZIONE E CONSOLIDAMENTO SCARPATA IN FRANA COLTRE DI COPERTURA GLACIALE E DETRITICA SETTORE EST

Tra gli interventi preliminari compresi nella Tav 11_INT_BIS è compreso anche quello relativo alla sistemazione e consolidamento della scarpata in frana, prodotta a seguito dell'evento alluvionale di carattere eccezionale del 15-17 aprile u.s.

Si riporta un estratto della relazione depositata ai sensi dell'art. 674 del DPR 128/59 (provvedimento n. 6557/2025 del 30/05/2025 emanato a seguito della segnalazione del direttore dei lavori).

1.2.5.1. EVENTO DI DISSESTO - RAPPORTO METEO ARPA PIEMONTE

Il settore Est della cava Bort, interessato dall'evento di dissesto, rientra nel perimetro già precedentemente autorizzato ma non ancora oggetto di coltivazione che, con la variante in oggetto, sarà solo parzialmente interessato dal piano di coltivazione per il quale si produce la presente integrazione spontanea per la conclusione dell'iter di approvazione ai sensi della L.R. 23/2016 e s.m.i.

Nello specifico si tratta di un lembo di coltre di copertura naturale di origine glaciale, costituito da matrice sabbioso limosa piuttosto addensata con imballati clasti e massi in pezzatura da centimetrica a submetrica, che è stato parzialmente asportato per

le operazioni preliminari di scopertura dell'ammasso roccioso eseguite nel 2004 con l'avvio della coltivazione oltre il ciglio della sottostante cava storica.

La scarpata residua, impostata a q. 1102 m circa con andamento in direzione Est-Ovest, era già stata oggetto di parziale consolidamento, mediante la costruzione di un muro in c.a. autorizzato con provvedimento di sicurezza (2004) ma solo nel settore più esterno (margine orientale della cava in prossimità dell'area ancora boscata) in corrispondenza di un tratto risultato maggiormente instabile in relazione alla notevole inclinazione del sottostante substrato roccioso.

Nella porzione più interna, sia per lo spessore ridotto della coltre di copertura sia per una minore inclinazione del substrato, all'epoca non venne eseguito alcun intervento di consolidamento anche in previsione dell'ulteriore e definitiva scopertura in progetto, per coltivare anche questo settore del giacimento, che tuttavia rimase sospesa in previsione dello spostamento della sottostante gru-derrick.

Con il progredire della coltivazione nell'adiacente settore centrale ed Ovest questa parte dell'area, benché autorizzata, è pertanto rimasta sostanzialmente inattiva ed intonsa, almeno oltre il ciglio della scarpata in oggetto.

Successivamente con l'evento di crollo del fronte principale Nord (aprile 2022) e la sopravvenuta scadenza dell'autorizzazione (giugno 2022), in attesa di poter riprendere i lavori, questo settore è rimasto inattivo ed in occasione del recente evento meteo del 15-17 aprile 2025 a causa della forte intensità e della notevole durata delle piogge si è verificato un franamento del tratto non protetto della scarpata residua con arretramento medio di circa 4÷5 m che ha causato lo scivolamento del materiale glaciale verso la sottostante piazzola di q. 1062 m circa senza tuttavia provocare danni a persone o attrezzature. La frana ha ulteriormente accentuato la pendenza della scarpata generando una vera nicchia di distacco di altezza media di 4÷5 m che risulta evidentemente instabile e necessita di essere consolidata.

La morfologia è stata oggetto di apposito aggiornamento fotogrammetrico e topografico eseguito in data 1 luglio 2025, come riportato nella tavola 07_INT_BIS allegata.

Si precisa che nonostante la notevole inclinazione della roccia ($\geq 35^\circ$ circa), per altro levigata dall'esarazione glaciale, il deposito, rimasto per oltre 20 anni in condizioni di equilibrio precario con una scarpata di raccordo con inclinazione $\geq 45^\circ$, è franato solo in concomitanza di un evento meteo particolarmente intenso che per i dati ottenuti dal pluviometri di Domodossola ha registrato massimi di 194 mm in 12 ore e 327 mm in 24 ore che corrispondono rispettivamente a tempi di ritorno superiori a 50 e 200 anni (Rapporto evento 15-17 aprile 2025, ARPA Piemonte - *Dipartimento Rischi Naturali e Ambientali* del 28/04/2025, di cui si riporta uno stralcio nelle seguenti immagini).

In Figura 10 si riportano le mappe delle precipitazioni nelle singole giornate dell'evento insieme alla rappresentazione dei bacini idrografici. Le precipitazioni sono iniziate nel pomeriggio del 15 aprile ed hanno interessato principalmente i bacini del Toce, della Stura di Lanzo e Orco. Nella giornata seguente le precipitazioni hanno interessato l'intera regione ma con maggiore significatività i bacini del Toce, Sesia e Orco con valori areali medi superiori ai 140 mm. Anche nella giornata del 17 aprile i valori medi areali di precipitazione maggiori sono stati registrati sui bacini di Toce, Sesia e Orco ma con valori inferiori rispetto alla giornata precedente e compresi tra gli 85 e 115 mm. Per quanto riguarda il Piemonte meridionale le precipitazioni più significative sono state registrate sul bacino della Bormida con valori medi areali prossimi ai 60 mm per entrambe le giornate del 16 e 17 aprile.

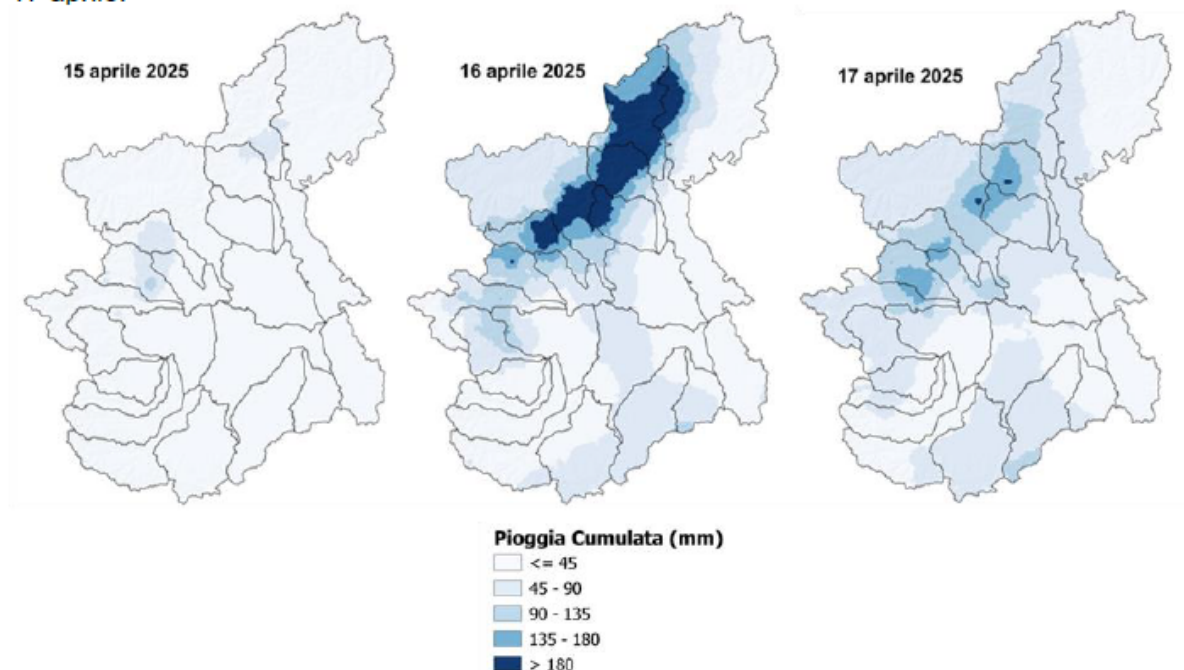


Figura 10 - Precipitazioni giornaliere nei giorni 15, 16 e 17 aprile e rappresentazione dei bacini idrografici.

Tabella 3 - Totali di pioggia, espressi in millimetri, registrati tra il 15 e il 17 aprile 2025 dalle stazioni più significative, ordinate per area di allerta. Sono evidenziati in blu i valori più rilevanti.

Area di allerta	Bacino	Comune	Prov.	Stazione	Precipitazioni (mm)			
					15/04/2025	16/04/2025	17/04/2025	Totale
A	Ticino	Valstrona	VB	Sambughetto	82,4	293	86,8	462,2
A	Ticino	Montecrestese	VB	Larecchio	44,7	327,8	85,9	458,4
A	Ticino	Domodossola	VB	Domodossola	29,6	317,7	92,8	440,1
A	Ticino	Pieve Vergonte	VB	Fomarco	28,7	274,9	104,8	408,4
A	Ticino	Antrona Schieranco	VB	Alpe Cheggio	41,8	223	114,6	379,4
A	Ticino	Toceno	VB	Arvogno	28,5	260,3	74,5	363,3

Per le aree montane e pedemontane del Verbano, Vercellese, Biellese e Torinese sono stati registrati massimi sulle 12 e 24 ore con tempi ritorno superiori ai 20 anni. In particolare, nel Verbano si segnala la stazione di Domodossola che ha registrato massimi di 194 mm in 12 ore e 327 mm in 24 ore, che corrispondono rispettivamente a tempi di ritorno superiori a 50 e 200 anni. Nel Vercellese, la stazione di Boccioleto ha registrato massimi sulle 12 ore e 24 ore con tempi di ritorno pari o superiore ai 200 anni.

1.2.5.2. INTERVENTO DI CONSOLIDAMENTO IN PROGETTO

Il settore Est dell'area di cava, come già anticipato in premessa, era già stato autorizzato nel corso della precedente gestione ed è stato nuovamente inserito nel recente piano di ripresa della coltivazione, attualmente in corso di istruttoria per l'ottenimento dell'autorizzazione ai sensi della legge regionale di settore (L.R. 23/2016).

In particolare, al fine di evitare la formazione di un eccessivo dislivello, già attualmente significativo, tra la dorsale Est (q. 1110 m – 1120 m circa) pressoché intonsa ed il piazzale intermedio (settore centrale ed ovest, q. 1056 m – 1062 m circa) il nuovo piano di coltivazione prevede la scopertura progressiva dall'alto (sommità della dorsale Est a q. 1130 m circa) dell'intero settore orientale. Tale intervento comporta ovviamente il preliminare spostamento sul limite orientale del sito (piazzola di q. 1082 m circa) del derrick centrale.

L'intervento di scopertura consente inoltre di *“mettere in sicurezza la coltre naturale presente realizzando un rilevato di materiale detritico, contenuto a valle da una adeguata opera muraria, opportunamente ancorata al substrato roccioso”*, come rappresentato nelle Tavola N. 9_INT Fase 2 e 10_INT Fase 3 del progetto di coltivazione in itinere, di cui si allega uno stralcio non in scala nella seguente immagine. Tale soluzione permette di operare in progressione il ribasso mantenendo sul lato esterno (valle) un piazzale in materiale detritico che amplia la superficie di manovra e deposito temporaneo per eseguire la coltivazione per ribassi modulari progressivi.

Invece, la proposta di sistemazione per il consolidamento dell'attuale configurazione riguarda solo la profilatura e stabilizzazione della nicchia di frana per la messa in sicurezza dell'area di cava sottostante. Si prevede quindi un intervento di profilatura e consolidamento localizzato che si configura come opera preliminare al prossimo sviluppo dell'attività ordinaria.

La profilatura della scarpata dell'attuale nicchia di frana sarà eseguita operando dall'alto con un escavatore di piccole dimensioni per ottenere un pendio con inclinazione media di 35°÷37° circa.

Il contenimento del materiale al piede viene realizzato mediante la costruzione di una palificata in ferro e legname direttamente ancorata al substrato roccioso che si realizza prima della profilatura per arrestare il materiale e formare un pendio con pendenza regolare.

Per operare in sicurezza, prima di eseguire la costruzione della palificata, si prevede la stesa sulla scarpata stessa, di una rete da gabbioni a maglia esagonale che viene temporaneamente fissata a monte e alla base come opera provvisoria a protezione delle maestranze che operano per costruire la palificata su roccia. La rete sarà rimossa per

la profilatura e verrà definitivamente riposizionata al termine dei lavori sul pendio ricostituito con funzione di trattenuta superficiale anti-erosiva e fissata al terreno con barre in acciaio. Sul lato di monte della palificata, prima dello scarico di materiale, sarà inoltre fissata una rete secondaria per il contenimento del materiale detritico e ciottolame.

L'intervento viene rappresentato nelle tavole grafiche allegate e prevede in sequenza le seguenti operazioni:

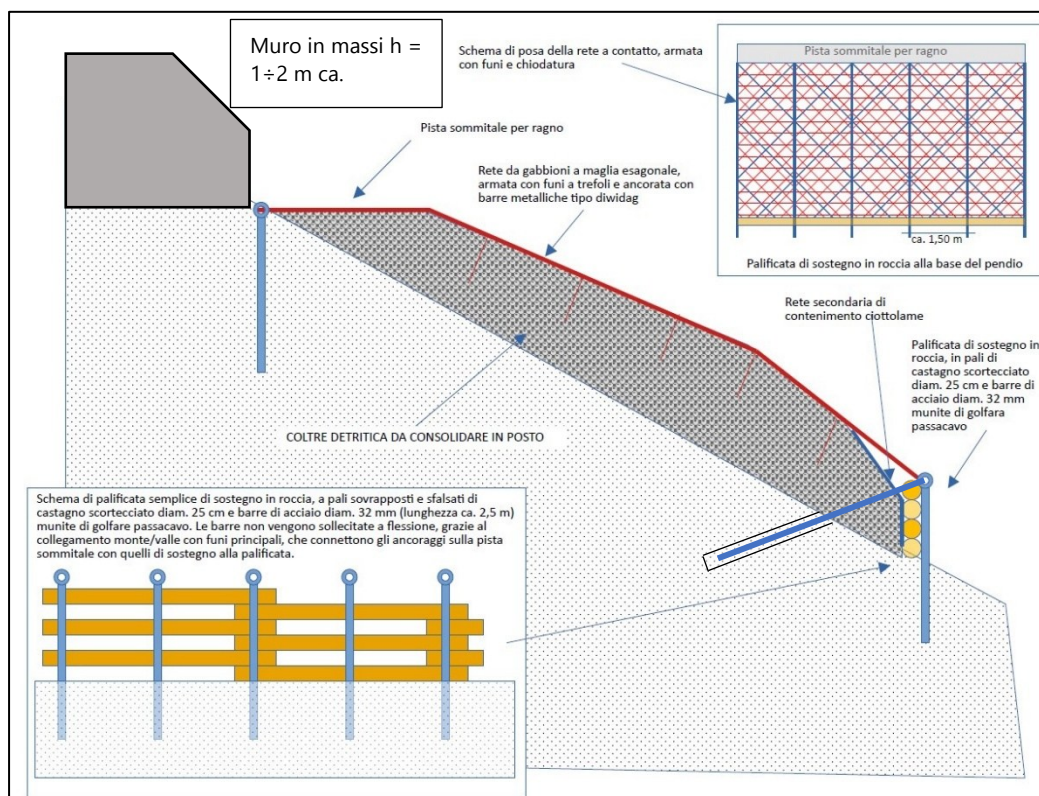
- a) taglio raso della vegetazione arboreo arbustiva presente a monte del ciglio di frana per una fascia di circa 20 m di ampiezza per tutto il coronamento della nicchia di distacco;
- b) posa provvisoria di una rete da gabbioni a maglia esagonale, fissata a monte della scarpata con barre metalliche infisse nella coltre di copertura, in modo da ricoprire l'intera nicchia di frana. Una volta srotolata la rete viene fissata con chiodi in roccia al piede della scarpata per formare una sacca di protezione nel caso di locali distacchi di materiale sciolto e massi;
- c) costruzione di una palificata semplice di sostegno, con pali sovrapposti e sfalsati di castagno scortecciato (diametro $\varnothing = 20 \div 25$ cm) sostenuta con barre in acciaio (diametro $\varnothing = 32$ mm – lunghezza $L = 3$ m circa) munite di golfare passacavo con spaziatura di 1,5 m circa e altezza fuori terra pari a 1,2 m circa direttamente infisse e cementate in roccia. Le barre, per ridurre al minimo la sollecitazione a flessione, saranno ancorate con tiranti passivi alla roccia realizzati con chiodature in roccia (barra dywidag $\varnothing = 32$ mm)
- d) posa, a tergo della palificata, di una rete secondaria per il trattenimento del ciottolame;
- e) rimozione della rete a maglia esagonale per poter procedere alla profilatura della scarpata;
- f) l'intervento di profilatura prevede di posizionare sul ripiano in roccia presente a q. 1112 m circa (angolo tra fronte Nord e fronte Est) con l'ausilio del derrick un escavatore di medio piccole dimensioni (modello tipo Kubota U56-5 da 5 t, profondità di scavo 3.6 m e forza braccio/benna 26.4/42.3 kN, già in dotazione). Dalla piazzola in roccia si traccia una pista in quota (1111 m circa) trasversale al pendio a monte del coronamento della nicchia scaricando verso valle il materiale di scavo in modo da ricostituire un pendio inferiore con pendenza uniforme prossima a $35^\circ \div 37^\circ$ circa. A monte della pista, recuperando i numerosi massi disseminati in superficie si realizza un muro di altezza variabile da 1 \div 2 m circa per il contenimento della scarpata di scavo al monte che viene anch'essa profilata con pendenza all'incirca analoga;
- g) al termine dell'intervento della profilatura la rete esagonale viene definitivamente stesa lungo il pendio ricostituito e fissata a valle ai golfari delle barre di sostegno

della palificata e a monte con barre infisse nella coltre, al bordo interno della pista. La rete assume esclusivamente funzione di trattenuta superficiale anti-erosiva per migliorare il consolidamento del detrito riportato.

L'intervento di scavo/riporto per la sistemazione della nicchia di frana e formazione di una scarpata regolarizzata comporta una movimentazione complessiva pari a 300 mc circa di materiale che viene essenzialmente ricavato con lo scavo della pista come evidenziato negli elaborati grafici di cui si riporta nella seguente tabella il computo eseguito per sezioni ragguagliate.

VOLUMI SCAVO /RIPORTO						
SCAVO				RIPORTO		
	Area (m ²)	Dist. (m)	Vol. (m ³)	Area (m ²)	Dist. (m)	Vol. (m ³)
Sezione K-K	9,7	0	0	4,45	6	13,35
		3	34,2		2,7	15,9975
Sezione X-X	13,1			7,4		
		4,5	78,975		4,1	50,635
Sezione W-W	22			17,3		
		3,5	86,45		3,2	63,36
Sezione Z-Z	27,4	6	82,2	22,3	5	111,5
			281,8			254,8

Si riporta infine nella successiva immagine uno schema indicativo dei principali elementi dell'opera di consolidamento.



1.2.5.3. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DELLA COLTRE DI COPERTURA GLACIALE E DETRITICA

Per eseguire la verifica di stabilità dell'intervento si ricorre alla caratterizzazione geotecnica già precedentemente prodotta per gli accumuli di sfridi di coltivazione che viene utilizzata anche per la coltre di copertura naturale.

In questo caso il deposito di natura glaciale presenta un forte grado di addensamento della matrice fine di natura sabbioso-limosa (come evidenziato nella seguente ripresa fotografica) presente soprattutto nella zona inferiore in prossimità del contatto con il sottostante substrato roccioso. Nella parte superiore del deposito l'azione degli apparati radicali delle piante, l'effetto delle acque di corrivazione rende il deposito meno addensato, tuttavia, la presenza di numerosi blocchi submetrici imballati (detrito di falda prodotto dalle pareti soprastanti) accresce il valore dell'angolo di attrito interno. In sostanza si utilizzano gli stessi parametri geotecnici adottati per gli accumuli di sfridi trascurando prudenzialmente il grado di addensamento della matrice sabbioso-limosa e quindi si mantiene nullo l'eventuale contributo della coesione che viene meno in presenza di saturazione come avvenuto nel corso del recente evento alluvionale.

Si adottano pertanto i seguenti parametri geotecnici:

angolo di resistenza al taglio	$\phi_{\text{caratteristico}} = 41^\circ$
coesione	$C = 0 \text{ kN/m}^2$
peso di volume	$\gamma = 18,5 \text{ kN/m}^3$

Si riporta per completezza la caratterizzazione già precedentemente adottata per le opere di sistemazione e messa in sicurezza degli accumuli di sfridi.

Al riguardo si utilizzano alcuni riferimenti bibliografici semplicemente finalizzati all'individuazione dei range di variazione del valore dell'angolo di attrito di materiali granulari per stabilire, una volta ottenuti i rispettivi parametri caratteristici, il comportamento geotecnico di una miscela di massi e matrice senza tenere conto del grado di addensamento o di pseudo-coesione della frazione fine limosa.

Nello specifico da una pubblicazione della Princeton University Library ("Direct Shear Testing of Rockfill Material" del 08/11/2015, Xinbao Yu', Shunying Ji and Kerop D. Janoyan) si ottengono indicazioni probanti di alcuni parametri di riferimento relativi a prove dirette sulla resistenza al taglio di materiali granulari e successivamente si utilizza la formula proposta da Medley per caratterizzare il comportamento di materiali costituiti da miscele eterogenee di blocchi immersi in una matrice fine.

Si fa pertanto riferimento ai BIMSoils per la tipologia ed in particolare per la granulometria del materiale che viene caratterizzato applicando la formula di Medley per

determinare il contributo alla resistenza di taglio della frazione in blocchi e di quella della matrice fine limosa.

Come già anticipato non si fa, prudenzialmente, riferimento al grado di addensamento della matrice fine che è tipico di un deposito glaciale o di uno specifico melange sedimentario.

Dalla pubblicazione della Princeton University si deduce, dalle prove di laboratorio, che la resistenza al taglio dei materiali granulari deriva principalmente dall'attrito radente delle particelle e dalla resistenza derivante dal riorientamento e dalla dilatanza del campione.

In particolare, dalle prove emerge che la dilatanza del campione viene osservata durante il taglio per tutti i campioni e l'angolo di attrito interno aumenta con l'aumento della dimensione delle particelle e della velocità di taglio; la resistenza al taglio raggiunge il picco con un rapporto in peso della miscela di sabbia e ghiaia pari a 0,6; la presenza di umidità invece riduce la resistenza al taglio.

Nello studio della Princeton University, viene realizzata una scatola di taglio personalizzata e utilizzata per eseguire prove di taglio diretto su ghiaie di grande diametro. Vengono studiati gli effetti della dimensione delle particelle, della gradazione, della velocità di taglio e dell'umidità sulla resistenza al taglio. La dilatanza del campione viene osservata durante il taglio per tutti i campioni. L'angolo di attrito interno aumenta con l'aumento della dimensione delle particelle e della velocità di taglio; la resistenza al taglio raggiunge il picco con un rapporto in peso della miscela di sabbia e ghiaia pari a 0,6; la presenza di umidità riduce la resistenza al taglio.

Durante questo studio sono stati utilizzati tre gruppi di campioni di ghiaia di prova: Gruppo 1 con diametri delle particelle da 6,3 mm a 9,4 mm; Gruppo 2 con diametri delle particelle da 4,8 mm a 6,3 mm; e Gruppo 3 con diametri delle particelle da 2,0 mm a 4,8 mm. Il Gruppo 1 è stato sottoposto a taglio a due velocità (veloce e lenta, rispettivamente a 1 mm/min e 3,0 mm/min) con carico normale da 20 N (2 kPa) a 6000 N (600 kPa). I gruppi 2 e 3 sono stati sottoposti a taglio a 1 mm/min con carico normale di 200 N (20 kPa), 1000 N (100 kPa) e 3000 N (300 kPa). Il gruppo 3 è stato testato anche con sabbia fine o acqua a 1 mm/min con carico di 1000 N (100 kPa).

Gli angoli di attrito interno delle ghiaie in diverse condizioni sono stati calcolati dalla pendenza della retta di interpolazione lineare. L'angolo interno calcolato è mostrato nella Tabella 1. Nella tabella, "57,1/49,5" rappresenta l'attrito interno derivato per 2,0 kPa e 9,0 kPa è pari a 57,1°, mentre l'angolo di attrito interno derivato per 10,0 kPa, 20,0 kPa, 50,0 kPa, 100,0 kPa, 300,0 kPa, 600,0 kPa è pari a 49,5°. Si riporta di seguito la tabella n. 1 relativa al riepilogo dei valori di angolo di attrito ottenuti per le diverse miscele nel corso delle prove suddette.

Table 1. Summary of performed tests

Soil sample	Preset normal stress (kPa)	Normal stress at peak shear stress (kPa)	Maximum shear stress(kPa)	Shearing rate (mm/min)	Internal friction Angle(°)
1A:(6.3~9.4 2 mm)	2.0,9.0/10.0, 20.0,50.0,100.0,3 00.0, 600.0	5.0,12.0/13.0,24. 0,5.0,122.0,325.8 , 625.0	12.9,23.7/23.5,44.0, 89.8,165.8,439.8,73 4.9	1	57.1/ 49.5
1B:(6.3~9.4 2mm)	2.0,9.0/20.0,100. 0,300.0	5.0,12.0/23.0,12 7.0,331.0	12.0,25.8/48.5,197.1 ,435.3	3.8/3	63.1/ 51.2
2:(4.76~ 6.30 mm)	20.0,100.0, 300.0	23.0,115.4, 319.1	39.1,166.3, 381.5	1	48.7
3:(2.00~ 4.76 mm)	20.0,100.0, 300.0	24,107.7, 308.5	31.3,121.3, 302.4	1	43.3
Gravel with sand or water	100.0	N.A.	90.2,119.6,152.7,12 4.8,121.3,113.66	1	N.A.

Si precisa inoltre che un BIMsoils si riferisce ad un materiale naturale o rimaneggiato costituito da blocchi di dimensione metriche o submetriche (rocce o materiali lapidei di varia natura) che formano la struttura portante del materiale, e da una matrice fine (sabbia, limo, argilla) che riempie gli spazi tra i blocchi e conferisce coesione al sistema. Questa miscela eterogenea può non essere addensata, consolidata o sovraconsolidata come un BIMsoils che tende al BIMrock (BIMsoils cementato). Un BIMsoils possiede un comportamento meccanico influenzato dalla percentuale e dalla distribuzione di blocchi e matrice, e può essere di origine naturale (depositi detritici, coltri di versante o depositi glaciali) ma anche derivato da scarti di cava. Questo materiale è spesso utilizzato in ingegneria geotecnica e civile per riempimenti, sottofondazioni, rilevati e opere di sostegno.

In relazione a quanto sopra nella seguente trattazione si adottano quindi parametri maggiormente prudenziali rispetto alla precedente caratterizzazione riducendo i valori degli angoli di attrito sia della matrice sia dei blocchi, si utilizza infine, come detto, la formula di Medley per determinare l'angolo di attrito di un materiale assimilabile per caratteristiche granulometriche ad un bimsoils (suolo bimodale) che, come già anticipato, può essere stimato utilizzando la formula empirica proposta da Medley (1994) o tramite altre relazioni che tengono conto del contributo della matrice fine e dei blocchi.

Nel caso specifico si adotta quindi la formula di Medley.

1.2.5.4. TRATTAMENTO STATISTICO DEI VALORI NOMINALI

Materiali limosi

Per quanto concerne i materiali limosi si ricorre sia a correlazioni con dati reperibili dalla letteratura esistente sia a prove di laboratorio effettuate su limi di lavaggio di inerti per definirne il comportamento geotecnico. Utilizzando le correlazioni con i dati bibliografici si esegue una caratterizzazione assimilando i materiali fini e finissimi ad

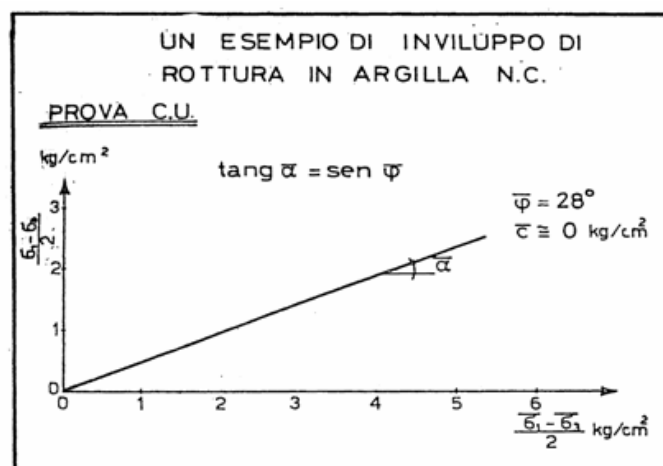
argille i cui parametri di resistenza a taglio sono definiti dall'angolo di attrito interno e dal valore della coesione non drenata (C_u), come nel caso di limi argillosi normalconsolidati. Si ricorda che i parametri di resistenza al taglio dei terreni coesivi vengono generalmente determinati per mezzo di prove di laboratorio (Bishop ed Enkel, 1962 – Ladd 1971) quali:

- prove non consolidate – non drenate
- prove consolidate – non drenate
- prove consolidate – drenate

Le diverse definizioni tendono ad evidenziare le differenze di modalità esecutive adottate nella prima parte della prova, nel corso della quale il provino è solitamente riconsolidato sotto un prescelto sistema tensionale e la seconda fase nel corso della quale si porta il provino a rottura. Scopo delle varie prove è quello di ricercare l'involuppo di rottura in termini di sforzi efficaci, per la determinazione di parametri ϕ e C_u che lo caratterizzano. I risultati di tali prove convenzionali, nel caso di terreni coesivi normalconsolidati, così come per i limi in oggetto ad essi assimilabili, possono essere schematizzati nel modo seguente:

- ✓ l'involuppo di rottura riferito alle tensioni efficaci è rettilineo e passa generalmente per l'origine degli assi indicando $\phi \geq 0$ e $C_u = 0$;
- ✓ in prossimità ed oltre la rottura il comportamento di questi materiali è pertanto quello di un mezzo perfettamente plastico (vedi ad esempio grafico allegato).

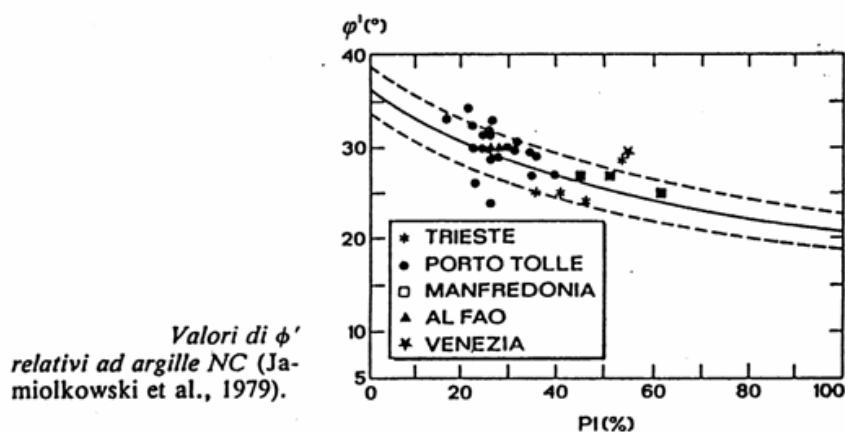
Per la caratterizzazione viene preso come riferimento il comportamento di materiali argillosi di cui si riporta nella seguente pagina il grafico relativo all'involuppo di rottura ottenuto da prove di taglio (da 7° Ciclo Annuale di Conferenze – Meccanica dei terreni e ingegneria delle fondazioni – Stabilità dei pendii naturali e artificiali, POLITECNICO di TORINO Istituto Scienza delle Costruzioni).



L'angolo di resistenza al taglio espresso in termini di sforzi efficaci dipende dalle caratteristiche mineralogiche, petrografiche e granulometriche del materiale ed in prima approssimazione è correlabile empiricamente con l'indice di plasticità (IP) del materiale stesso attraverso la relazione:

$$\phi = 40^\circ - 2.07^\circ \times (IP)^{0.49} \pm 2^\circ$$

dove IP = indice di plasticità in % (vedi fig. allegata ϕ - IP)



Dai risultati delle analisi di laboratorio si ottiene un valore dell'Indice di Plasticità (IP = 10,9%) che in relazione alle suddette correlazioni permette di ottenere un valore di angolo di resistenza a taglio superiore a 35°.

Tuttavia, al fine di ottenere un valore maggiormente affidabile e cautelativo si ricorre sia alla Classificazione USCS (Unified Soil Classification System) utilizzando per la comparazione dei dati sia la Carta di Plasticità di Casagrande sia la Norma Svizzera che esprime una caratterizzazione geotecnica dei limi basata su esperienze di laboratorio. Dai grafici che correlano i risultati delle prove si ottengono i valori dei parametri di resistenza a taglio, con particolare riferimento all'angolo di attrito interno del materiale. Per analogia si fa riferimento ai limi di lavaggio degli inerti per i quali, da prove di laboratorio che classificano il materiale secondo al Norma USCS (figura pagina seguente), risulta che in funzione dell'effettivo fuso granulometrico il litotipo è identificato correttamente dalla sigla ML, ovvero come "limi inorganici, limi argillosi di bassa plasticità". La classificazione è confermata dalla correlazione tra l'indice di plasticità $IP \leq 40\%$ ($IP = 10,9\%$) e il Limite liquido ($W_L = 35\%$) ottenibile dalla la Carta di Plasticità di Casagrande di cui alla seguente figura.

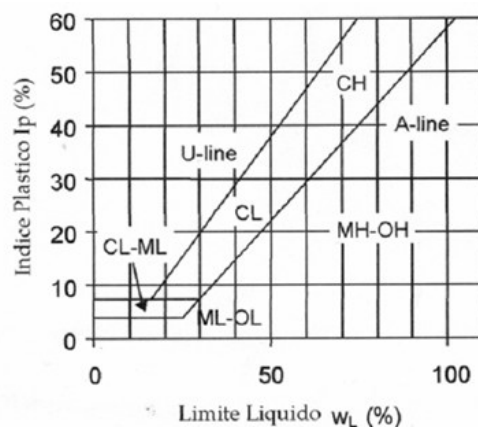


Figura 1 – Carta di plasticità di Casagrande

TERRENI A GRANA GROSSA						
Trattenuto al setaccio n.200 > 50%						
% Ghiaia > % Sabbia Trattenuto al setaccio n.4 > 50%	pass. 200 < 5%	Cu ≥ 4 e 1 < Ce < 3		GW	Ghiaie pulite con granulometria ben assortita miscele di ghiaia e sabbia	
		Cu ≥ 4 e/o Ce > 3		GP	Ghiaie pulite con granulometria poco assortita miscele di ghiaia e sabbia	
		5% < pass. 200 < 12%	Cu ≥ 4 e/o 1 < Ce < 3	% fine ML o MI	GW-GM	Ghiaia limosa ben assortita
				% fine CL o CH	GW-GC	Ghiaia argillosa ben assortita
			Cu < 4 e/o Ce > 3	% fine ML o MH	GP-GM	Ghiaia limosa poco assortita
				% fine CL o CH	GP-GC	Ghiaia argillosa poco assortita
	pass. 200 > 12%		% fine ML o MH	GM	Ghiaia limosa, miscele di ghiaia sabbia e limo	
			% fine M e C	GC-GM	Ghiaia limosa e argillosa	
			% fine CL o CH	GC	Ghiaie argillose, miscele di ghiaia, sabbia e argilla	
			Sabbie pulite con granulometria ben assortita sabbie ghiaiose			
		Sabbie pulite con granulometria poco assortita miscele di ghiaia e sabbia				
% Sabbia % Ghiaia Passante al setaccio n. 4 > 50%	pass. 200 < 5%	Cu ≥ 6 e 1 < Ce < 3		SW	Sabbie pulite con granulometria ben assortita sabbie ghiaiose	
		Cu < 6 e/o Ce > 3		SP	Sabbie pulite con granulometria poco assortita miscele di ghiaia e sabbia	
		5% < pass. 200 < 12%	Cu ≥ 6 e 1 < Ce < 3	% fine ML o MH	SW-SM	Sabbia limosa ben assortita
				% fine CL o CH	SW-SC	Sabbia argillosa ben assortita
			Cu < 6 e/o Ce > 3	% fine ML o WI	SP-SM	Sabbia limosa poco assortita
				% fine CL o CH	SP-SC	Sabbia argillosa poco assortita
	pass. 200 > 12%		% fine ML o MH	SM	Sabbie limose miscele di sabbia e limo	
			% fine M e C	SC-SM	Sabbie limose e argillose	
			% fine CL o CH	SC	Sabbia argillose miscele di sabbia e argilla	
			Argille inorganiche di medio-bassa plasticità			
		Argilla limosa o limo argilloso di bassa plasticità				
TERRENI A GRANA FINE						
Passante al setaccio n.200 > 50 %						
w _L < 50 %	Inorganico	Ip > 7 sopra Linea A		CL	Argille inorganiche di medio-bassa plasticità	
		4 < Ip < 7 sopra Linea A		CL-ML	Argilla limosa o limo argilloso di bassa plasticità	
		Ip < 4 sotto Linea A		ML	Limi inorganici, limi argillosi di bassa plasticità	
				OH	Argille organiche di medio alta plasticità, limi organici	
				CH	Argille inorganiche di elevata plasticità	
				MH	Limi inorganici	
w _L ≥ 50 %	Inorganico	sopra Linea A				
	Organico w _L (essiccato)/ w _L (naturale)	sotto Linea A				
			OL	Limi organici argille limose organiche di bassa plasticità		

Tabella 5 — Classifica Unified Soil Classification Sistem U.S.C.S.

Un ulteriore dato per caratterizzare questi materiali fini viene dedotto dai diagrammi della Norma Svizzera si evince che per questo il materiale in esame la curva granulometrica più somigliante è quella dei limi ML con $W_L \leq 30\%$ per il quale il valore dell'angolo di attrito $\Phi = 35^\circ \pm 5^\circ$ (deviazione standard).

Nel caso specifico essendo $W_L = 35\%$ il litotipo esaminato si colloca al passaggio tra i limi suddetti e quelli caratterizzati da $W_L \geq 30\%$, per i quali $\Phi = 28,8^\circ \pm 5,2^\circ$ (deviazione standard).

Pertanto, proprio in relazione alla variazione standard del valore dell'angolo di attrito e del range del valore del Limite liquido si ritiene che i limi in oggetto si possano realisticamente posizionare in prossimità del passaggio tra il valore minimo di Φ per $W_L \leq 30\%$, pari a 30° , e il valore massimo di Φ per $W_L \geq 30\%$, pari a 34° .

Tuttavia, possono prudenzialmente essere caratterizzati utilizzando i valori più bassi sopra esposti ($W_L \geq 30\%$, per i quali $\Phi = 28,8^\circ \pm 5,2^\circ$) dai seguenti parametri geotecnici:

angolo di resistenza al taglio $\phi_{\min} = 28^\circ$

$\phi_{\max} = 34^\circ$

$\phi_{\text{probabile}} = 31^\circ$

Coesione $C = 0 \text{ kN/m}^2$

peso di volume $\gamma = 18 \div 19 \text{ kN/m}^3$

Si riportano nella pagina seguente i grafici della suddetta Norma Svizzera.



Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute
Union des professionnels suisses de la route
Unione dei professionisti svizzeri della strada
Association of Swiss Road and Traffic Engineers

Schweizer Norm
Norme Suisse
Norma Svizzera
Swiss Standard



670 010b

EINGETRAGENE NORM DER SCHWEIZERISCHEN NORMEN-VEREINIGUNG SNV NORME ENREGISTREE DE L'ASSOCIATION SUISSE DE NORMALISATION

Bodenkennziffern

Coefficients caractéristiques des sols

INHALTSVERZEICHNIS

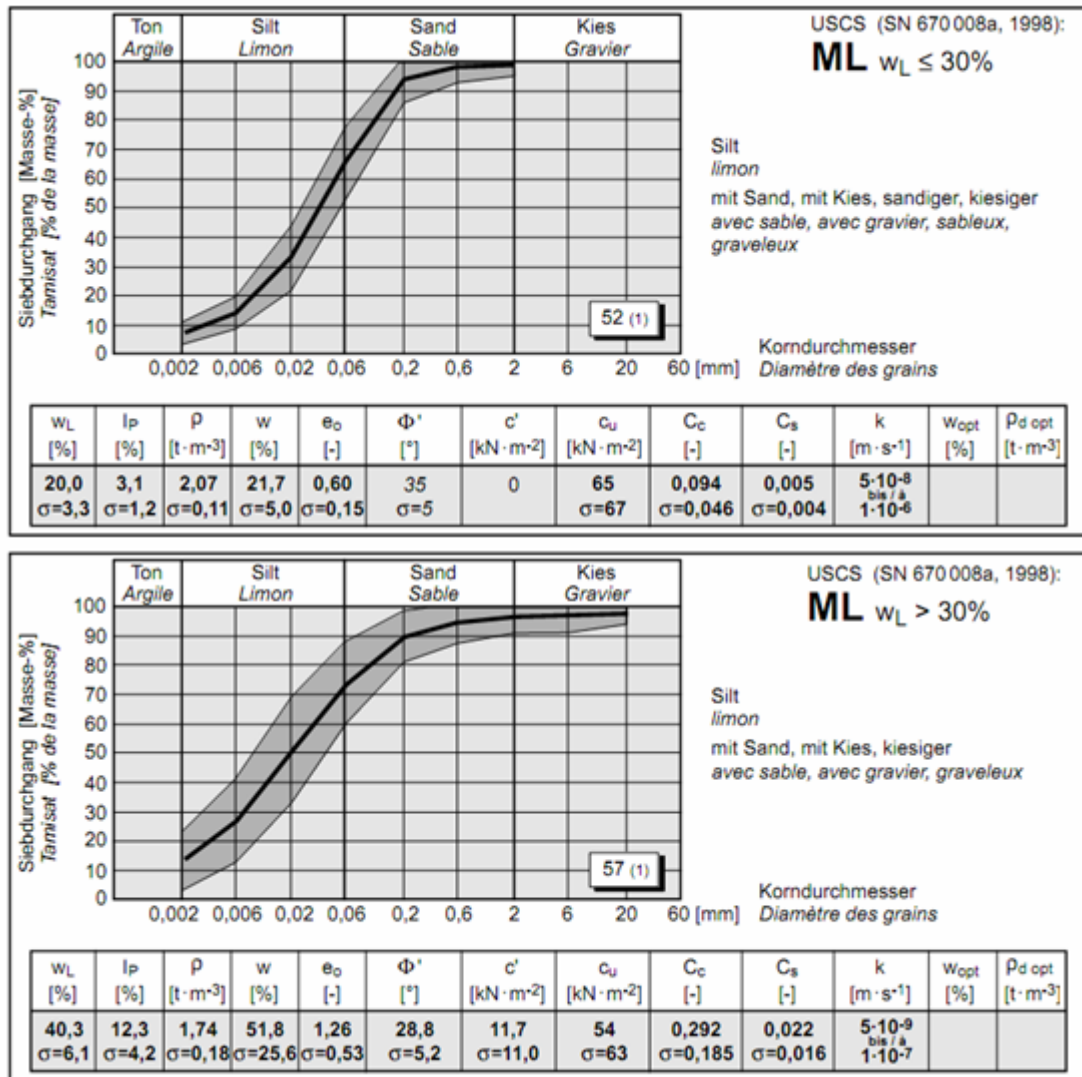
Seite

TABLE DES MATIERES

Page

1. Anwendungsbereich	1
2. Gegenstand	2
3. Begriffe	2
4. Grundlagen	2
5. Verzeichnis der Tabellen	3
6. Literaturverzeichnis	3
Tabellen:	
Kiese: GW, GP, GM	4
Kiese: GW-GM, GP-GM, GC, GW-GC, GP-GC	5
Kiese: GC-GM	6
Sande: SW, SP, SM	7
Sande: SW-SM, SP-SM, SC, SW-SC, SP-SC	8
Sande: SC-SM	9
Feinkörnige Böden: ML	10
Feinkörnige Böden: CL-ML, CL, CM	11
Feinkörnige Böden: CH, OL, OH	12
Feinkörnige Böden: MH	13

1. Domaine d'application	1
2. Objet	2
3. Définitions	2
4. Bases	2
5. Index des tableaux	3
6. Bibliographie	3
Tableaux:	
Graviers: GW, GP, GM	4
Graviers: GW-GM, GP-GM, GC, GW-GC, GP-GC	5
Graviers: GC-GM	6
Sables: SW, SP, SM	7
Sables: SW-SM, SP-SM, SC, SW-SC, SP-SC	8
Sables: SC-SM	9
Sols fins: ML	10
Sols fins: CL-ML, CL, CM	11
Sols fins: CH, OL, OH	12
Sols fins: MH	13



Applicando le relazioni utilizzate per la definizione dei parametri caratteristici (valore quinto percentile) si ottiene pertanto:

$$\mu(x) \cong \frac{a + 4b + c}{6} = \frac{\tan 28^\circ + 4 \tan 31^\circ + \tan 34^\circ}{6} \quad (8)$$

$$C.O.V. \cong \frac{c - a}{a + 4b + c} = \frac{\tan 34^\circ - \tan 28^\circ}{\tan 28^\circ + 4 \tan 31^\circ + \tan 34^\circ} \quad (9)$$

Da cui è ora possibile stimare il valore di angolo d'attrito caratteristico del terreno, ovvero il valore corrispondente al quinto percentile della popolazione per valori di angolo d'attrito $28^\circ \leq \phi \leq 34^\circ$ mediante la seguente relazione:

$$\tan \varphi_k = \mu(\varphi)[1 - 1.645 C.O.V.] = 0.64[1 - 1.645 \times 0.039] = 0.56 \cong 29^\circ \quad (10)$$

Il dato ottenuto è confermato anche dall'elaborazione dei medesimi dati di ingresso, ottenuto mediante apposito foglio di calcolo (kappaGEO della società di software Program Geo): in questo caso il risultato esprime un valore dell'angolo di attrito caratteristico $\phi \geq 31^\circ$ come da figura riportata alla pagina seguente.

Sulla base della suddetta elaborazione statistica si caratterizza il terreno oggetto dell'intervento con i seguenti parametri geotecnici rappresentativi:

angolo di resistenza al taglio

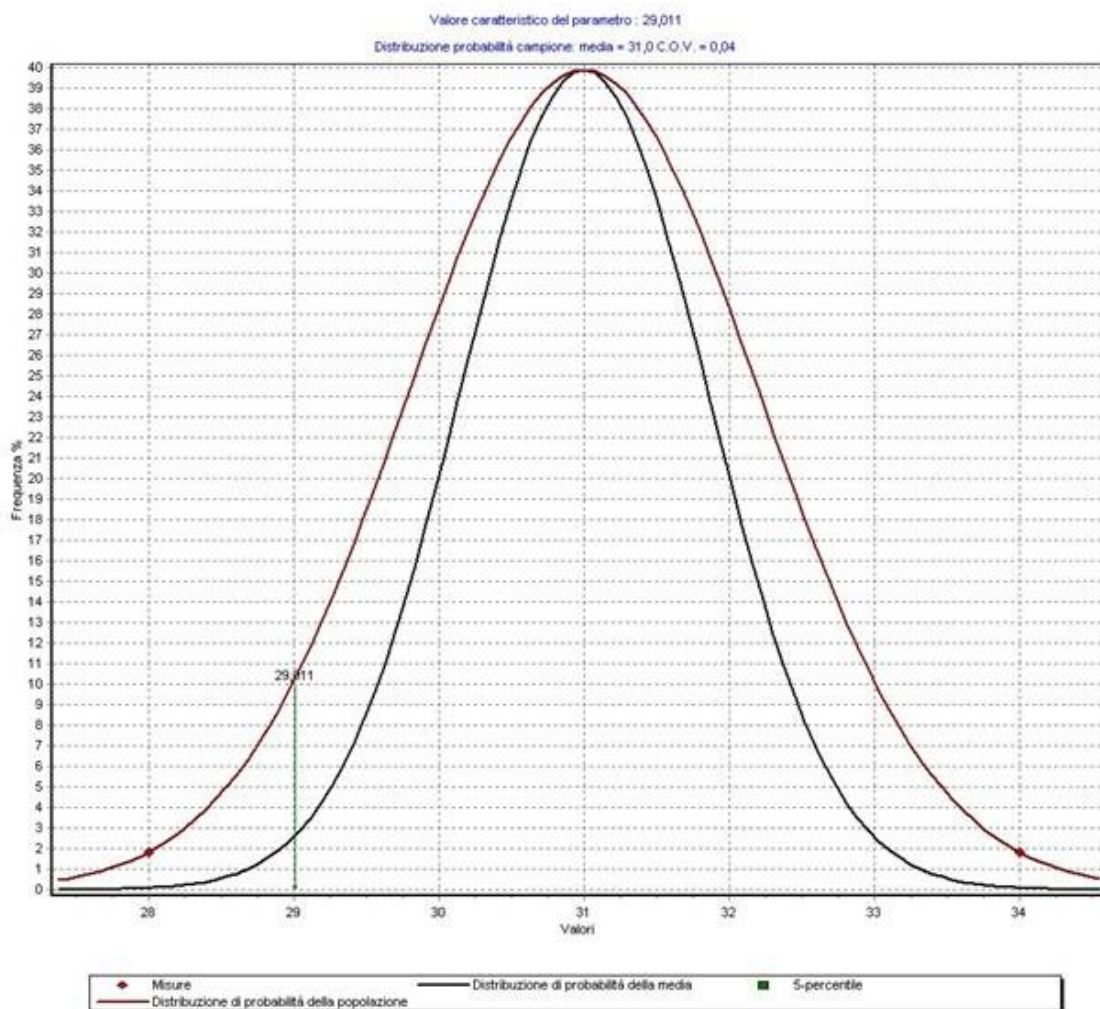
$\phi_{\text{caratteristico}} = 29^\circ$

coesione

$C = 0 \text{ kN/m}^2$

peso di volume

$\gamma = 18 \text{ kN/m}^3 \text{ (1835 kg/m}^3\text{)}$



Si riporta infine, da dati in possesso allo scrivente, un certificato di prova di laboratorio accreditato relativo alla caratterizzazione geotecnica di limi di lavaggio di inerti provenienti da un impianto ubicato nel territorio provinciale a supporto dei dati ottenuti dalla suddetta caratterizzazione.

SETTORE	GEOTECNICA - PROVE DI LABORATORIO SUI TERRENI		
CANTIERE			
IMPRESA ESECUTRICE	-		
ENTE APPALTANTE	-		
DIRETTORE DEI LAVORI	-		
DESCRIZIONE MATERIALE	N. 1 campione di materiale limoso-sabbioso		DATA ARRIVO AL LABORATORIO
	Campione:	limo di frantumazione ag.	28/03/2011
	Contrassegno:	1 prof. (m): -	
		Provenienza:	impianto
	Data prelievo:	-	Consegnato dal Committente
PROVE ESEGUITE	Prova di taglio diretto		NORMA DI RIFERIMENTO
			Raccomandazioni A.G.I.

IDENTIFICAZIONE DEL CAMPIONE			
Campione:	limo di frantumazione ag.	Provenienza:	impianto
Contrassegno:	1	prof. (m):	-
Tipo campionatore:	-	Data prelievo:	-
Descrizione macroscopica:	limo sabbioso		

CARATTERISTICHE DEI PROVINI			
Provinci ricavati mediante rifustellamento di campione indisturbato	PROVINO 1	PROVINO 2	PROVINO 3
Diametro (mm)	63,50	63,50	63,50
Sezione (cm ²)	31,669	31,67	31,67
Volume iniziale V _i (cm ³)	95,008	95,008	95,008
Altezza iniziale (mm)	30,00	30,00	30,00
Altezza finale (mm)	29,37	29,13	28,90
Massa tara (g)	79,43	78,73	76,35
Massa tara + massa umida iniziale (g)	258,16	255,21	253,54
Massa provino umido finale (g)	189,23	188,87	189,01
Massa provino secco (g)	151,23	149,29	149,87
Massa dell'unità di volume g' (g/cm ³)	1,881	1,858	1,865
Massa secca dell'unità di volume g _d (g/cm ³)	1,592	1,571	1,577
Massa specifica del terreno g _s (g/cm ³)	2,698	2,698	2,698
Grado di saturazione iniziale S _i	0,71	0,69	0,69
Grado di saturazione finale S _f	0,98	1,00	0,99
Contenuto d'acqua iniziale w _n (%)	18,18	18,21	18,23
Contenuto d'acqua finale w _f (%)	25,13	26,51	26,12

IDENTIFICAZIONE DEL CAMPIONE

Campione:	limo di frantumazione ag.	Provenienza:	impianto
Contrassegno:	1	prof. (m):	-
Tipo campionario:	-	Data prelievo:	-

DATI DI PROVA

provino 1				provino 2				provino 3			
Sv (mm)	Sh (mm)	Load (N)	t (kPa)	Sv (mm)	Sh (mm)	Load (N)	t (kPa)	Sv (mm)	Sh (mm)	Load (N)	t (kPa)
0.000	0.000	0	0	0.000	0.000	0	0	0.000	0.000	0	0
0.007	0.038	18	18	0.000	0.037	71	22	-0.015	0.010	7	2
-0.043	0.104	46	22	-0.013	0.128	126	40	-0.022	0.015	18	6
-0.043	0.210	86	27	-0.011	0.213	156	50	-0.025	0.017	31	10
-0.038	0.318	86	31	0.006	0.307	167	62	-0.027	0.069	88	28
-0.022	0.420	113	36	0.012	0.402	226	71	-0.025	0.102	143	45
-0.027	0.531	122	39	0.016	0.503	252	79	-0.027	0.165	215	68
-0.022	0.642	132	42	0.023	0.611	273	88	-0.012	0.238	268	85
-0.022	0.754	144	45	0.028	0.723	289	91	0.005	0.316	312	99
-0.025	0.852	151	48	0.028	0.821	300	95	0.025	0.406	359	110
-0.027	0.960	159	50	0.030	0.926	315	100	0.030	0.506	361	114
-0.013	1.069	167	53	0.030	1.027	327	103	0.048	0.595	396	125
-0.034	1.177	175	55	0.025	1.142	338	107	0.046	0.687	424	134
-0.025	1.277	187	58	0.021	1.240	351	111	0.048	0.785	451	142
-0.043	1.385	198	62	0.021	1.355	364	115	0.050	0.875	475	150
-0.043	1.487	208	66	0.018	1.466	387	122	0.063	0.984	503	159
-0.036	1.591	219	69	0.019	1.571	396	125	0.066	1.057	529	167
-0.043	1.702	223	71	0.016	1.689	409	129	0.071	1.154	550	174
-0.043	1.805	231	73	0.012	1.787	424	134	0.089	1.246	569	180
-0.045	1.914	237	75	0.005	1.895	438	138	0.093	1.343	594	187
-0.050	2.020	242	76	0.000	1.997	447	141	0.098	1.441	613	194
-0.057	2.131	244	77	-0.011	2.106	458	145	0.101	1.540	631	199
-0.054	2.244	248	79	-0.020	2.213	476	150	0.103	1.637	648	205
-0.058	2.358	251	79	-0.030	2.324	487	154	0.106	1.732	666	210
-0.075	2.468	255	81	-0.037	2.412	486	157	0.106	1.839	681	215
-0.082	2.579	257	81	-0.043	2.510	509	161	0.108	1.941	697	220
-0.089	2.688	259	82	-0.043	2.615	516	163	0.108	2.048	710	224
-0.088	2.794	262	83	-0.046	2.709	518	163	0.111	2.140	721	228
-0.105	2.902	264	83	-0.050	2.811	511	161	0.114	2.242	732	231
-0.112	3.014	265	84	-0.053	2.912	511	161	0.116	2.352	741	234
-0.119	3.118	269	85	-0.057	3.014	500	158	0.119	2.456	752	237
-0.128	3.230	271	86	-0.070	3.118	483	158	0.116	2.559	763	241
-0.135	3.335	273	86	-0.090	3.220	489	154	0.119	2.663	772	244
-0.142	3.443	274	86	-0.106	3.318	483	156	0.119	2.785	783	247
-0.153	3.551	273	86	-0.118	3.429	489	154	0.119	2.887	791	250
-0.160	3.662	273	86	-0.122	3.527	489	157	0.118	2.983	800	253
-0.171	3.769	273	86	-0.129	3.642	489	157	0.119	3.088	809	255
-0.176	3.879	274	86	-0.131	3.743	493	157	0.119	3.197	813	257
-0.183	3.983	275	87	-0.138	3.848	489	154	0.119	3.306	813	257
-0.185	4.085	276	87	-0.145	3.949	489	152	0.119	3.418	820	255
-0.190	4.184	276	87	-0.157	4.047	476	150	0.121	3.530	811	254
-0.197	4.280	276	87	-0.164	4.162	476	150	0.119	3.630	809	255
-0.201	4.387	278	88	-0.171	4.257	469	148	0.116	3.744	802	253
-0.208	4.508	278	88	-0.175	4.361	467	147	0.111	3.851	802	253
-0.213	4.611	277	87	-0.180	4.463	464	147	0.109	3.965	798	252
-0.215	4.720	274	86	-0.180	4.571	464	147	0.108	4.074	798	252
-0.222	4.823	268	85	-0.185	4.669	460	145	0.108	4.181	800	253
-0.222	4.928	263	83	-0.182	4.777	455	144	0.108	4.283	793	250
-0.222	5.046	256	81	-0.189	4.882	467	147	0.108	4.402	791	250
-0.222	5.152	252	80	-0.194	4.983	469	148	0.108	4.507	787	249
-0.222	5.260	250	79	-0.192	5.085	453	143	0.108	4.609	782	247
-0.219	5.373	249	79	-0.192	5.186	449	142	0.111	4.732	780	246
-0.217	5.477	246	78	-0.189	5.287	444	140	0.111	4.836	779	245
-0.217	5.585	242	76	-0.189	5.405	440	139	0.114	4.949	773	244
-0.215	5.701	237	75	-0.189	5.510	436	138	0.114	5.053	768	243
-0.213	5.805	233	74	-0.189	5.608	438	139	0.118	5.162	764	241
-0.213	5.912	233	74	-0.187	5.709	438	139	0.124	5.274	756	239
-0.213	6.016	232	73	-0.187	5.814	438	139	0.124	5.393	756	239
-0.213	6.122	231	73	-0.187	5.916	433	137	0.126	5.503	748	238

IDENTIFICAZIONE DEL CAMPIONE

Campione:	limo di frantumazione ag.	Provenienza:	impianto
Contrassegno:	1	prof. (m):	-
Tipo campionatore:	-	Data prelievo:	-
Descrizione macroscopica:	limo sabbioso		

RISULTATI DI PROVA

Provini ricavati mediante rifustellamento di campione indisturbato

Le prove sono state effettuate mediante scatola di taglio di Casagrande a base circolare di diametro 63,50 mm

Sezione provini: 31,669 cm² Velocità di deformazione: 0,005 mm/min

provino	dati a rottura				
	s'_v [kPa]	t_{max} [kPa]	s_h [mm]	e_h [%]	s_v [mm]
1	100	88	4,397	6,93	-0,201
2	200	163	2,615	4,12	-0,043
3	400	257	3,197	5,03	0,119

Legenda

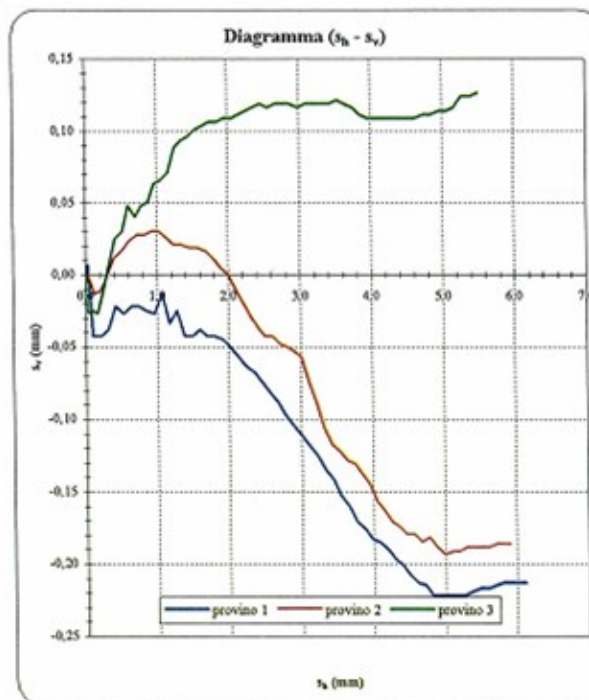
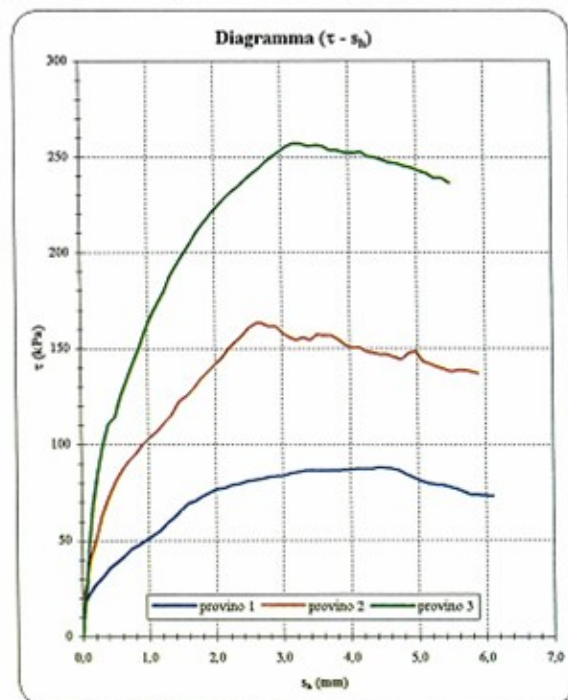
s'_v = tensione verticale efficace

t_{max} = sforzo di taglio

s_h = spostamento orizzontale

e_h = deformazione orizzontale

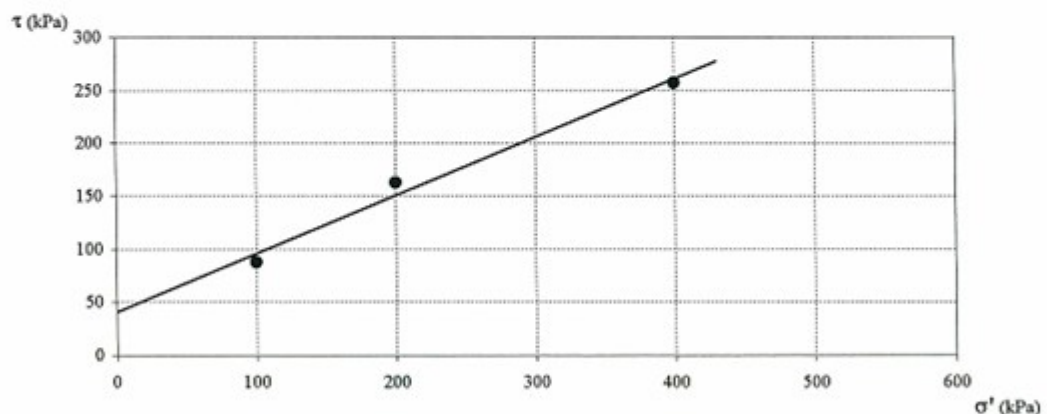
s_v = spostamento verticale



IDENTIFICAZIONE DEL CAMPIONE

Campione:	limo di frantumazione ag.	Provenienza:	impianto
Contrassegno:	1	prof. (m):	-
Tipo campionatore:	-	Data prelievo:	-
Descrizione macroscopica:	limo sabbioso		

Involuppo di rottura $\sigma' - \tau$ (tensioni efficaci)



ANGOLO DI RESISTENZA AL TAGLIO
COESIONE EFFICACE

$f' = 29^\circ$
 $c' = 40,8 \text{ kPa}$

1.2.5.5. CARATTERIZZAZIONE DEI BLOCCHI

Per quanto riguarda i blocchi che compongono il BIMsoils, si può ricavare un range dell'angolo d'attrito dalla bibliografia, essendo blocchi metrici/submetrici e di conseguenza di difficile analisi in laboratorio. A tal fine si è fatto riferimento al testo "Direct Shear Testing of Rockfill Material" (Xinbao Yu, Shunying Ji and Kerop D. Janoyan) in cui caratterizzano un materiale granulare tramite test di taglio diretto e test triassiali, sottolineando che la rottura delle particelle è strettamente legata all'angolo d'attrito interno.

Lo studio ha evidenziato che all'aumentare della dimensione dei campioni aumentava anche l'angolo d'attrito interno, ottenendo valori compresi tra i 43° e i 63° , come riportato nella seguente tabella.

Table 1. Summary of performed tests

Soil sample	Preset normal stress (kPa)	Normal stress at peak shear stress (kPa)	Maximum shear stress(kPa)	Shearing rate (mm/min)	Internal friction Angle(°)
1A:(6.3~9.4 2 mm)	2.0,9.0/10.0, 20.0,50.0,100.0,3 00.0, 600.0	5.0,12.0/13.0,24. 0,5.0,122.0,325.8 , 625.0	12.9,23.7/23.5,44.0, 89.8,165.8,439.8,73 4.9	1	57.1/ 49.5
1B:(6.3~9.4 2mm)	2.0,9.0/20.0,100. 0,300.0	5.0,12.0/23.0,12 7.0,331.0	12.0,25.8/48.5,197.1 ,435.3	3.8/3	63.1/ 51.2
2:(4.76~ 6.30 mm)	20.0,100.0, 300.0	23.0,115.4, 319.1	39.1,166.3, 381.5	1	48.7
3:(2.00~ 4.76 mm)	20.0,100.0, 300.0	24,107.7, 308.5	31.3,121.3, 302.4	1	43.3
Gravel with sand or water	100.0	N.A.	90.2,119.6,152.7,12 4.8,121.3,113.66	1	N.A.

Dai risultati degli angoli di attrito interno, era chiaro che un tasso di taglio più elevato determinava un angolo di attrito interno più elevato.

Inoltre, hanno notato che la ghiaia con miscela di sabbia con rapporto di peso sabbia/ghiaia di 0,6 ha sviluppato la massima resistenza al taglio, mentre il comportamento al taglio della miscela di sabbia e ghiaia con rapporto di 0,2 era quasi esattamente lo stesso delle ghiaie pure. Aggiungendo lo stesso peso di sabbia non ha cambiato molto la massima resistenza al taglio delle ghiaie, questa miscela ha raggiunto il picco prima e aveva una bassa resistenza residua al taglio. Quindi, nella miscela di sabbia/ghiaia, il rapporto di 0,6 ha prodotto una resistenza al taglio molto più elevata. Questo spiega anche come il legame blocco – matrice nei BIMsoils è così importante, migliorandone la caratterizzazione complessiva del materiale.

Queste analisi di laboratorio presentate tramite bibliografia ci permettono di caratterizzare i nostri blocchi in serizzo, rimanendo cautelativi, in tale modo:

angolo di resistenza al taglio dei blocchi	$\phi_{\min} = 41^{\circ}$
	$\phi_{\max} = 49^{\circ}$
	$\phi_{\text{probabile}} = 45^{\circ}$
coesione	$C = 0 \text{ kN/m}^2$
peso di volume	$\gamma = 26 \text{ kN/m}^3$

Dovendo affrontare un approccio statistico per determinare il valore dei parametri caratteristici si precisa che in un terreno eterogeneo, come nel caso in esame, è necessario individuare quel valore dell'angolo di attrito, rappresentativo del deposito in esame, che ha solo una probabilità inferiore al 5% di essere statisticamente minore del parametro caratteristico stesso che è stato determinato.

Per un terreno omogeneo i possibili valori di ϕ assumono una distribuzione normale (o gaussiana) in cui la media, la moda e la mediana coincidono.

Si ricorda che la media corrisponde alla media aritmetica, mentre la moda rappresenta il punto di massima elevazione della curva di distribuzione gaussiana ed infine si definisce mediana il valore al quale è associata una probabilità di 0,5 (ovvero pari al 50% delle probabilità).

Per ottenere il quinto percentile occorre quindi conoscere il valore medio e la deviazione standard, che rappresenta la dispersione dei parametri del terreno intorno al valore medio scrivendo l'espressione della curva $p(z)$ della distribuzione normale nel seguente modo:

$$p(z) = 1/\sqrt{2\pi} \exp(-1/2Z^2) \quad (1)$$

dove:

$$Z = \frac{x - \mu(x)}{\sigma(x)} \quad (2)$$

Nella equazione (2):

x = parametro cercato;

$\mu(x)$ = valore medio;

$\sigma(x)$ = deviazione standard intorno al valore medio.

Essendo pertanto $p(z)$ la probabilità che il parametro x sia quello rappresentativo, Z può essere tabellata in funzione della probabilità P . La grandezza Z varia anch'essa (come la probabilità) nell'intervallo da $+\infty$ a $-\infty$ e assume valori compresi all'interno del range $-3,5 / +3,5$ per probabilità P comprese tra lo 0,023% e il 99,977%.

Fissato quindi a priori il valore di P si può ricavare il corrispondente valore di Z . Nella fattispecie poiché si deve ottenere il valore corrispondente alla probabilità di 0,05 (5%) Z corrisponde a $-1,645$ e diventa una costante per cui l'equazione (2) può essere riscritta così:

$$x = \mu(x) - 1,645\sigma(x) \quad (3)$$

Pertanto, nota la media e la deviazione standard della popolazione di misure relative ai parametri di un determinato litotipo la formula (3) ci consente di calcolare il corrispondente valore limite x dopo avere fissato una probabilità di non superamento, nel nostro caso pari a 0,05 (5%).

Nel caso specifico, in cui in assenza di un significativo numero "n" di dati ottenuti da misure in sito, si ricorre a valori desunti dalla letteratura e confermati da precedenti indagini in aree limitrofe sugli stessi materiali, è necessario introdurre un ulteriore coefficiente correttivo per essere certi di avere individuato il parametro caratteristico rappresentativo. In tali casi l'applicazione della successiva formula vale sia per resistenze non compensate da misure estrapolate sia per resistenze compensate o non compensate dedotte da misure dirette.

Si introduce quindi il concetto di Coefficiente di Variazione che corrisponde al rapporto $\sigma(x) / \mu(x)$ (detto C.O.V.) e pertanto l'equazione (3) diventa:

$$x = \mu(x)[1 + ZC.O.V.] \quad (4)$$

Nel caso specifico quindi, in base alla teoria del calcolo probabilistico sopra sinteticamente esposto, per ottenere il parametro caratteristico dei materiali che compongono il terreno si adotta la suddetta equazione, che può essere espressa come:

$$x_{medio}[1 - 1,645C.O.V.]_{min} \quad (5)$$

Per la stima dei valori di $\mu(x)$ e del C.O.V. si può fare ricorso alle seguenti relazioni (Cherubini e Orr, 1999):

$$\mu(x) \cong \frac{a+4b+c}{6} \quad (6)$$

$$C.O.V. \cong \frac{c-a}{a+4b+c} \quad (7)$$

dove:

a = valore minimo stimato del parametro x

b = valore più probabile stimato del parametro x

c = valore massimo stimato del parametro x

Si evidenziano infine, per quanto concerne la distribuzione di probabilità dei principali parametri geotecnici, le indicazioni della letteratura sul fatto che:

- l'angolo di resistenza al taglio ϕ non segue la distribuzione normale come invece il valore della tangente dell'angolo stesso; pertanto, la variabile da inserire nelle formule di calcolo statistico non è " ϕ " ma " $\tan(\phi)$ ", per cui $x =$

$\tan(\phi)$, ed i risultati devono quindi essere riconvertiti secondo la relazione $\phi_k = \arctan(x_k)$;

- il valore della coesione C_u segue invece la distribuzione *log-normale*, pertanto, la variabile da utilizzare per le stime del parametro caratteristico non è direttamente C_u ma il suo logaritmo naturale, per cui in questo caso $x = \ln(C_u)$, ed i risultati devono quindi essere riconvertiti secondo la relazione $C_{uk} = e^{x_k}$.

I valori di ϕ e C_u caratteristici si otterranno calcolando rispettivamente l'arcotangente e l'esponenziale della variabile x_k ottenuta come risultato, come desumibile dai successivi calcoli.

Sulla base della caratterizzazione precedentemente descritta sono stati attribuiti i seguenti valori di ϕ ai blocchi:

$$\phi_{\min} = 41^\circ$$

$$\phi_{\max} = 49^\circ$$

$$\phi_{\text{probabile}} = 45^\circ$$

Applicando le relazioni suddette ai blocchi si ottiene pertanto:

$$\mu(x) \cong \frac{a+4b+c}{6} = \frac{\tan 41^\circ + 4 \tan 45^\circ + \tan 49^\circ}{6} \quad (8)$$

$$C.O.V. \cong \frac{c-a}{a+4b+c} = \frac{\tan 49^\circ - \tan 41^\circ}{\tan 41^\circ + 4 \tan 45^\circ + \tan 49^\circ} \quad (9)$$

Da cui è ora possibile stimare il valore di angolo d'attrito caratteristico del terreno, ovvero il valore corrispondente al quinto percentile della popolazione per valori di angolo d'attrito $41^\circ \leq \phi \leq 49^\circ$ mediante la seguente relazione:

$$\tan \phi_k = \mu(\phi)[1 - 1.645 C.O.V.] = 1[1 - 1.645 \times 0.047] = 0.92 \cong 43^\circ \quad (10)$$

Sulla base delle conoscenze attuali e dei dati disponibili in relazione alla suddetta elaborazione statistica si caratterizzano i blocchi del terreno oggetto dell'intervento con i seguenti parametri geotecnici rappresentativi:

angolo di resistenza al taglio

$$\phi_{\text{caratteristico}} = 43^\circ$$

coesione

$$C = 0 \text{ kN/m}^2$$

peso di volume

$$\gamma = 26 \text{ kN/m}^3$$

1.2.5.6. CARATTERIZZAZIONE DEL DEPOSITO GLACIALE MEDIANTE LA FORMULA DI MEDLEY

Il versante in esame è stato ricondotto per la composizione granulometrica ad un BIMsoils costituito da una matrice fine di sabbia limosa e da blocchi spigolosi di serizzo di dimensioni metriche/submetriche con una Volume Block Proportion (VBP) del 60%.

Nella precedente relazione era stato presentato un grafico riferito ad un BIMrock (melange di San Francisco) che presentava caratteristiche di composizione e cementazione molto differenti rispetto al caso in esame, con il solo scopo (utilizzato anche nella letteratura) di mostrare come il VPB influenza l'angolo d'attrito interno del materiale BIM, senza distinzioni tra soils e rock (visto che in letteratura anche in ambito di BIMsoils si faceva riferimento a tale grafico), sorvolando sulle caratteristiche di composizione.

L'angolo d'attrito di un BIMsoils può essere stimato con l'equazione di Medley:

$$\varphi'_{bim} = \varphi'_{matrice} + (\varphi'_{blocchi} - \varphi'_{matrice}) \cdot VBP^{0.3} \quad [1]$$

Dove:

- φ'_{bim} è l'angolo d'attrito del BIMsoils;
- $\varphi'_{matrice}$ è l'angolo d'attrito della matrice fine;
- $\varphi'_{blocchi}$ è l'angolo d'attrito interno dei blocchi;
- VBP è la proporzione volumetrica dei blocchi espressa in percentuale o in frazione (0 – 1).

Grazie ai calcoli precedentemente eseguiti gli angoli d'attrito della matrice e dei blocchi saranno rispettivamente di 29° e 43°.

Quindi la formula [1] diventa:

$$\varphi'_{bim} = 29 + (43 - 29) \cdot 0.6^{0.3} = 41.01^\circ$$

L'angolo stimato del BIMsoils, ovvero della miscela blocchi – suolo, è di 41° ed essa può variare in base alla forma, alla distribuzione dei blocchi ed all'effettiva compattazione della matrice fine.

Il calcolo eseguito in precedenza ha trascurato la coesione e ha considerato solamente l'angolo d'attrito interno (φ') del bimsoils. Questo perché nel caso di sabbie limose, la coesione effettiva è generalmente molto bassa o nulla ($c' \approx 0$), quindi la resistenza al taglio è determinata dal valore dell'angolo di attrito. Analoga considerazione vale a maggior ragione per i blocchi di serizzo, immersi in una matrice sciolta, per i quali il muto incastro esprime un valore di dilatanza che influenza la resistenza a taglio solo in termini di angolo d'attrito, senza un contributo esplicito alla coesione.

Dunque, la relazione di Medley (1994) utilizzata per il calcolo dell'angolo d'attrito equivalente considera solo φ' , senza un termine di coesione c' .

1.2.5.7. AZIONE SISMICA

Per il Comune di Formazza che è classificato in Zona sismica 3 ovvero nelle aree con livello di rischio basso, si propone la seguente caratterizzazione sismica del terreno ai sensi della classificazione del territorio nazionale di cui all'Ordinanza P.C.M. n. 3274/2003 con specifico riferimento alla suddetta DGR relativa all'aggiornamento della classificazione sismica prodotto dalla Regione Piemonte.

Si ricorda che la suddetta Ordinanza ha portato alla suddivisione del territorio in 4 "zone sismiche" contraddistinte da un diverso valore del parametro a_g , definito come "accelerazione orizzontale massima convenzionale su suolo di categoria A" ed espresso come frazione dell'accelerazione di gravità "g" che per i Comuni in Zona 3 vale 0.15 g.

Sulla base delle ultime direttive anche in questo caso la progettazione di nuove strutture dovrà essere condotta secondo i criteri previsti dalla specifica normativa inizialmente proposta negli allegati tecnici della stessa OPCM 3274/2003 e s.m.i. (a sua volta riferita alla Normativa Europea EN 1998, Eurocodice 8, per la progettazione in zona sismica) poi ripresi nelle "NTC 2008" ora sostituite dal recente D.M. D.M. 17/01/2018. Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione. Essa costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche. La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A quale definita al paragrafo seguente), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$. In alternativa è ammesso l'uso di accelerogrammi, purché correttamente commisurati alla pericolosità sismica del sito.

Ai fini della presente normativa le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- a_g accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_o valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T^*_c periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Nei paragrafi seguenti, sono forniti i valori di a_g , F_o e T^*_c necessari per la determinazione delle azioni sismiche. La normativa definisce le differenti categorie (Tabella 3.2.II delle NTC/2018) di depositi in funzione della stima della velocità media delle onde sismiche di taglio (V_s) degli strati di terreno dei primi 30 metri di sottosuolo ($V_{S,30}$).

Tab. 3.2.II – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

Per le caratteristiche geomorfologiche dell'area, in relazione ai dati ottenuti dai rilievi geologici di terreno e da dati bibliografici è corretto attribuire il terreno di copertura alla categoria di suolo sismico E ed alla categoria A per la caratterizzazione sismica dei fronti in roccia.

La descrizione del moto sismico sul piano di fondazione può avvenire attraverso lo spettro di risposta elastico (o, in alternativa, mediante accelerogrammi) riferito alle tre componenti ortogonali in cui si può decomporre il moto: due orizzontali, eguali ed indipendenti, ed una verticale.

Anche i valori dei parametri che definiscono la forma dello spettro derivano da indagini di risposta sismica locale; in mancanza di dati oggettivi si può far riferimento ai valori proposti nelle Norme Tecniche e riportati nelle seguenti tabelle:

Categorie di suolo	S	TB(s)	TC(s)	TD(s)
A	1,00	0.15	0.4	2,0
B, C, E	1,25	0.15	0.5	2,0
D	1,35	0.20	0.8	2,0

Tabella n.2 - Valori dei parametri S, TB, TC, TD per le espressioni dello spettro di risposta elastico delle componenti orizzontali.

Categorie di suolo	S	TB(s)	TC(s)	TD(s)
A, B, C, D, E	1,00	0.05	0.15	1,0

Tabella n.3 - Valori dei parametri S, TB, TC, TD per le espressioni dello spettro di risposta elastico della componente verticale.

L'azione sismica di progetto da assumere nelle analisi di stabilità deve essere determinata in accordo ai criteri esposti nel § 3.2.3. del D.M. 14.01.2008 – D.M. 17/01/2018.

Nel caso di pendii con inclinazione maggiore di 15° e altezza maggiore di 30 m, l'azione sismica di progetto deve essere opportunamente incrementata o attraverso un coefficiente di amplificazione topografica o in base ai risultati di una specifica analisi bidimensionale della risposta sismica locale, con la quale si valutano anche gli effetti di amplificazione stratigrafica. Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale.

Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione (Tab. 3.2.III):

Tab. 3.2.III – Categorie topografiche

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Le sopra esposte categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m.

In generale l'amplificazione tende a decrescere sotto la superficie del pendio. Pertanto, gli effetti topografici tendono a essere massimi lungo le creste di dorsali e rilievi, ma si riducono sensibilmente in frane con superfici di scorrimento profonde. In tali situazioni, nelle analisi pseudo-statiche gli effetti di amplificazione topografica possono essere trascurati ($ST = 1$).

Per tener conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente topografico ST riportati nella Tab. 3.2.V, in funzione delle categorie topografiche definite in § 3.2.2 e dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento.

Tab. 3.2.V – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1,4

Nel caso in esame trattandosi di un'area di versante si adotta per il sito una Categoria topografica T2.

L'analisi delle condizioni di stabilità dei pendii in condizioni sismiche può essere eseguita mediante metodi pseudostatici, metodi degli spostamenti e metodi di analisi dinamica. Nelle analisi, si deve tenere conto dei comportamenti di tipo fragile, che si manifestano nei terreni a grana fina sovraconsolidati e nei terreni a grana grossa addensati con una riduzione della resistenza al taglio al crescere delle deformazioni. Inoltre, si deve tener conto dei possibili incrementi di pressione interstiziale indotti in condizioni sismiche nei terreni saturi. Nei metodi pseudostatici l'azione sismica è rappresentata da un'azione statica equivalente, costante nello spazio e nel tempo, proporzionale al peso W del volume di terreno potenzialmente instabile. Tale forza dipende dalle caratteristiche del moto sismico atteso nel volume di terreno potenzialmente instabile e dalla capacità di tale volume di subire spostamenti senza significative riduzioni di resistenza. Nelle verifiche allo stato limite ultimo, in mancanza di studi specifici, le componenti orizzontale e verticale di tale forza possono esprimersi come $F_h = k_h W$ ed $F_v = k_v W$, con k_h e k_v rispettivamente pari ai coefficienti sismici orizzontale e verticale:

$$k_h = \beta_s \cdot \frac{a_{\max}}{g} \quad [7.11.3]$$

$$k_v = \pm 0,5 \cdot k_h \quad [7.11.4]$$

dove:

β_s = coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;

a_{\max} = accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

g = accelerazione di gravità.

In assenza di analisi specifiche della risposta sismica locale, l'accelerazione massima attesa al sito può essere valutata con la relazione:

$$a_{\max} = S \cdot a_g = (S_S \cdot S_T) \cdot a_g \quad [7.11.5]$$

dove:

S = coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica (S_S) e dell'amplificazione topografica (S_T), di cui al § 3.2.3.2;

a_g = accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

I valori di β_s sono riportati nella Tab. 7.11.I. del D.M. 14/2018, di seguito riportata.

Tab. 7.11.I – *Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito*

	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	β_s	β_s
$0,2 < a_g (g) \leq 0,4$	0,30	0,28
$0,1 < a_g (g) \leq 0,2$	0,27	0,24
$a_g (g) \leq 0,1$	0,20	0,20

Il comportamento in condizioni sismiche dei fronti di scavo e dei rilevati può essere analizzato con gli stessi metodi impiegati per i pendii naturali; specificamente mediante metodi pseudostatici, metodi degli spostamenti e metodi avanzati di analisi dinamica.

Nei metodi pseudostatici l'azione sismica è rappresentata da un'azione statica equivalente, costante nello spazio e nel tempo, proporzionale al peso W del volume di terreno potenzialmente instabile. Le componenti orizzontale e verticale di tale forza devono essere ricavate in funzione delle proprietà del moto atteso nel volume di terreno potenzialmente instabile e della capacità di tale volume di subire spostamenti senza significative riduzioni di resistenza.

In mancanza di studi specifici, le componenti orizzontale e verticale della forza statica equivalente possono esprimersi come $F_h = k_h W$ ed $F_v = k_v W$, con k_h e k_v rispettivamente pari ai coefficienti sismici orizzontale e verticale definiti nel § 7.11.3.5.2 e adottando i seguenti valori del coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito:

$\beta_s = 0.38$ nelle verifiche dello stato limite ultimo (SLV)

$\beta_s = 0.47$ nelle verifiche dello stato limite di esercizio (SLD).

Per un puntuale controllo delle effettive risposte alle sollecitazioni sismiche del terreno si utilizza un foglio elettronico di calcolo (software free Versione 2.01) che fornisce, note le coordinate geografiche (lat. e long.), per tutti i Comuni del territorio nazionale, la possibilità di ricavare gli spettri di risposta dell'accelerazione sismica nelle componenti orizzontale e verticale in funzione delle categorie di suolo e delle condizioni di input introdotte in osservanza dell'aggiornamento alle NTC di cui al D.M. 17/01/2018 e Circolare n. 7 C.S.LL.PP. del 21.01.2019.

Categoria sismica di suolo E

PARAMETRI SISMICI DEL SITO

LATITUDINE

46,3362900

LONGITUDINE

8,4023200

Tipologia di costruzione

2 – Opere ordinarie

Classe d'uso della struttura

Classe II

Fattore di Struttura "q"

q

2,8

Categoria di Sottosuolo

Tab. 3.2 II

E

Categoria topografica

Tab. 3.2 III

T2

Stato limite	a_g/g	F_0	T_c^*	a_g
Operatività (SLO)	0,0241 (g)	2,471	0,180 s	0,236 m/s ²
Danno (SLD)	0,0303 (g)	2,469	0,198 s	0,297 m/s ²
Salvaguardia vita (SLV)	0,0907 (g)	2,432	0,280 s	0,890 m/s ²
Collasso (SLC)	0,1240 (g)	2,416	0,290 s	1,217 m/s ²

	SLO	SLD	SLV	SLC
S_s Amp. Stratigrafica	1,6000	1,600	1,600	1,600
C_c Coef. Funz. Categoria	2,2810	2,199	1,914	1,887
S_T Amp. Topografica	1,2000	1,200	1,200	1,200
S Amp. Sito $S=S_s \cdot S_T$	1,9200	1,9200	1,9200	1,9200

§3.2 DM 17/01/2018 Azione Sismica: Per i valori di a_g , F_0 e T_c^* , necessari per la determinazione delle azioni sismiche, si fa riferimento agli Allegati A e B al Decreto del Ministro delle Infrastrutture 14 gennaio 2008, pubblicato nel S.O. alla Gazzetta Ufficiale del 4 febbraio 2008, n.29, ed eventuali successivi aggiornamenti.

Definizione dei valori di S, TB, TC e TD dello spettro di risposta SLV

S	1,92			C _c	1,91367	
T _b	0,179		T _c	0,536	T _d	1,963

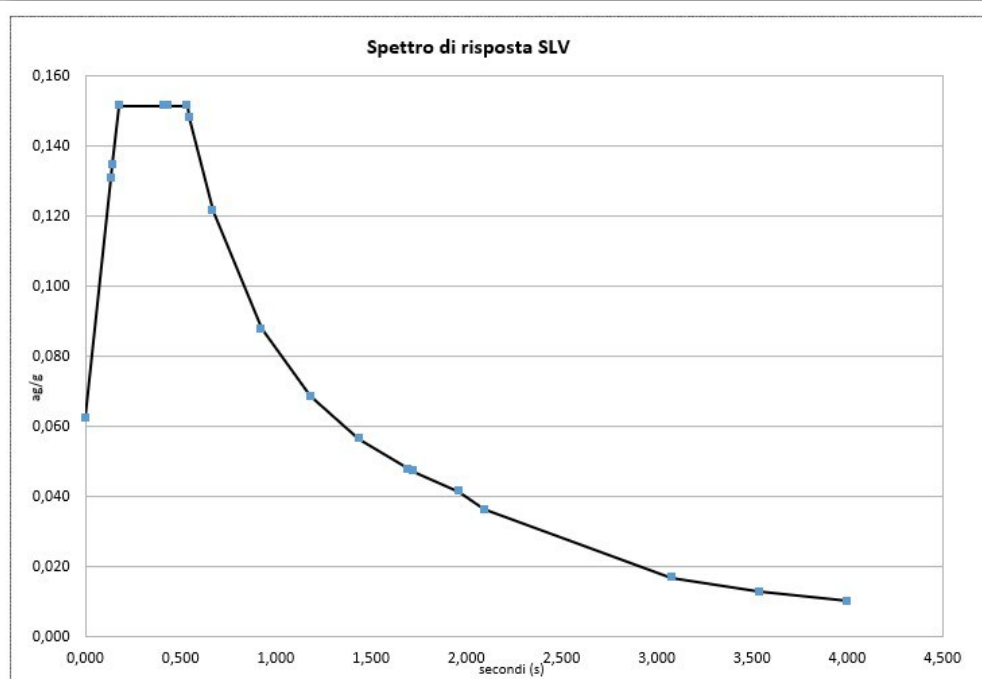
Dati spett	Fattore di struttura	2,80
Secondi	Ordinata elast.	Ordinata SLU
0,000	0,174	0,062
0,137	0,366	0,131
0,145	0,377	0,135
0,179	0,424	0,151
0,182	0,424	0,151
0,412	0,424	0,151
0,435	0,424	0,151
0,536	0,424	0,151
0,547	0,415	0,148
0,669	0,339	0,121
0,926	0,245	0,088
1,182	0,192	0,069
1,439	0,158	0,056
1,696	0,134	0,048
1,721	0,132	0,047
1,963	0,116	0,041
2,096	0,101	0,036
3,079	0,047	0,017
3,539	0,036	0,013
4,000	0,028	0,010



Inizio tratto orizzontale SLV (T_b)

Fine tratto orizzontale SLV (T_c)

Inizio ultimo tratto SLV (T_d)



Nel caso in esame, in presenza di terreni ricadenti nella categoria di **suolo E**, per l'area esame in condizioni di esercizio si ottengono i seguenti parametri:

Categoria di suolo E	Parametri			
	S	T _b (s)	T _c (s)	T _d (s)
Spettro di risposta elastico orizzontale	1,92	0,179	0,536	1,963
Spettro di risposta elastico verticale	1,00	0,05	0,150	1,00

Il valore dell'accelerazione orizzontale massima sul suolo che si ottiene in questo caso vale $a_g = 0,0907$ g. L'accelerazione massima attesa al sito valutata con la relazione:

$$a_{\max} = S \cdot a_g = S_S \cdot S_T \cdot a_g$$

risulta pertanto pari a:

$$a_{\max} = S \times a_g = 0,174$$

essendo

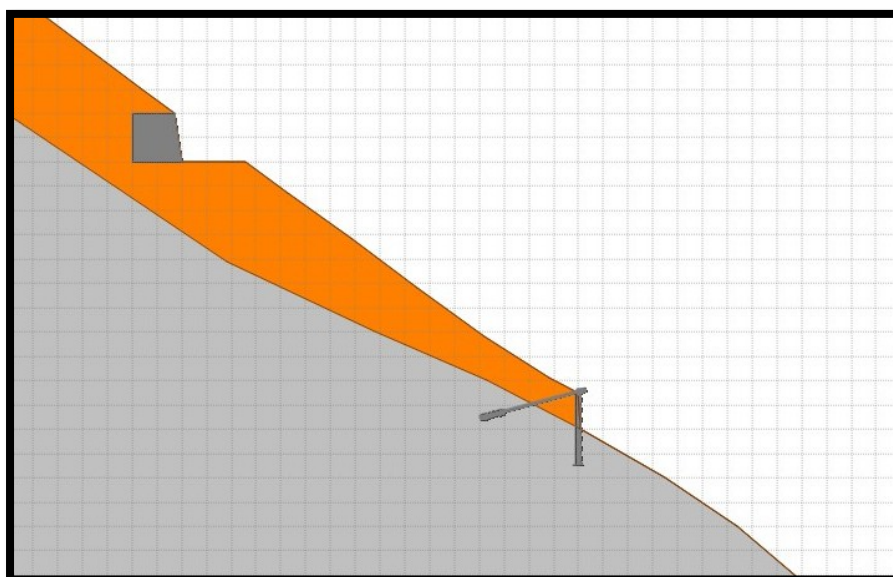
$$S_S = 1,6$$

$$S_T = 1,2$$

$$a_g = 0,0907$$

1.2.5.8. VERIFICA DI STABILITÀ

La tipologia di intervento prevede la costruzione di una palificata semplice con pali di sostegno sostituiti da barre in acciaio ($\varnothing = 32$ mm) con spaziatura ravvicinata (1,5 m) che sono infisse e cementate in roccia. Al fine di eliminare la sollecitazione a flessione si ancora ogni barra con un tirante passivo alla roccia secondo lo schema indicato nella seguente figura.



Dato che ogni barra agisce come un palo singolo ancorato alla roccia si propone il seguente dimensionamento e calcolo di verifica che evidenzia come la struttura di sostegno risulta verificata rispetto alla spinta del terreno.

Si introducono i seguenti parametri:

dati per ogni singola barra:

- Diametro barra $\varnothing = 32 \text{ mm} = 0.032 \text{ m}$
- Lunghezza infissa in roccia = 1.5 m
- Lunghezza fuori terra = 1.5 m
- Inclinazione tirante passivo = -15° (dalla testa della barra)
- Spaziatura tra le barre: 1.5 m

dati del terreno (deposito glaciale):

- Peso specifico $\gamma = 1.85 \text{ t/mc} = 18.15 \text{ kN/mc}$
- Angolo di attrito $\phi: 41^\circ$
- Coesione $c = 0$

Poiché il tirante passivo fornisce una forza di ancoraggio che contribuisce alla stabilità della barra la sua capacità portante dipende principalmente dall'interazione tra l'acciaio e la roccia in quanto la parte infissa in roccia della barra agisce come un palo soggetto a un carico laterale (dalla spinta del terreno) e a un carico assiale (dall'ancoraggio del tirante).

La resistenza che la parte infissa della barra può sviluppare per attrito laterale nella roccia è data da:

$$R_{lat} = T_{\tau} \times D \times L_{infissa} \times \tau_{lim}$$

Dove τ_{lim} è la tensione tangenziale limite tra la barra e la roccia. Questo valore dipende fortemente dal tipo di roccia e dalla qualità dell'infissione. Considerando che gli ortogneiss in questione è possibile stimare un τ_{lim} di 500-1000 kPa si adotta comunque un valore prudenziale di $\tau_{lim} = 200 \text{ kPa}$ (0.2 MPa) per roccia con caratteristiche non eccellenti ma comunque idonea per un ancoraggio e si ottiene:

$$R_{lat} = T_{\tau} \times 0.032 \text{ m} \times 1.5 \text{ m} \times 200 \text{ kPa} = 30.16 \text{ kN}$$

Considerando che la spinta attiva del terreno, appoggiato sulla roccia inclinata, dalla formula di Rankine, vale $K_a = 0,296$ e che la pressione della spinta attiva (P_a) ad una profondità z è data da:

$$P_a = K_a \times \gamma \times z$$

Si ottiene che la spinta totale (S_a), funzione dell'altezza dello strato di terreno (H), vale:

$$S_a = \frac{1}{2} K_a \times \gamma \times H^2$$

K_a = unità di misura adimensionale

γ = peso di volume kN/mc o t/mc

z = profondità in m

H = altezza in m

Nel caso specifico si ottiene:

$$P_a = 0.296 \times 1.8 \text{ t/m}^3 \times 1 \text{ m} = 0.5328 \text{ t/m}^2$$

Considerando una altezza $H = 1,5 \text{ m}$ (altezza della palificata semplice in roccia) la spinta totale del terreno sarà:

$$S_a = \frac{1}{2} \cdot 0.296 \cdot 1.8 \text{ t/m}^3 \cdot (1,5 \text{ m})^2 = 0.5994 \text{ t/m} = 5.994 \text{ kN/m}$$

Considerando che la sollecitazione a flessione è annullata dall'effetto dei tiranti passivi si ottiene che la resistenza di ogni singola barra (30,16 kN) infissa in roccia come palo di sostegno è prudenzialmente sovradimensionata rispetto alla spinta esercitata dal terreno.

Tale risultato si ottiene anche con il software di calcolo utilizzato per le verifiche di seguito riportate che evidenziano, per le superfici di scivolamento interferenti con la palificata, un sovradimensionamento dell'opera e non esprimono un valore del fattore di sicurezza pur individuando la superficie potenzialmente critica (vedi immagini pagina seguente).

Si rimanda all'allegato N. 3 (analisi di stabilità dei pendii in materiale detritico) per le verifiche di stabilità della scarpata riprofilata per la porzione di pendio a monte della palificata di sostegno, valutate in condizione fondamentale e sismica ai sensi delle NTC 2018. Nello stesso allegato si riportano infine le verifiche dell'opera muraria e del complesso muro + pendio che si realizza a monte della pista di accesso alla nicchia di frana per la sistemazione e consolidamento del versante superiore.

1.2.6. SISTEMAZIONE IDRAULICA ALVEO RIO PIANEZZE

Per le specifiche richieste dei diversi enti istruttori si rimanda agli specifici paragrafi riportati nel seguito.

Si precisa che la nuova variante in riduzione del piano di coltivazione non comporta alcuna sostanziale modifica al sistema di deflusso delle acque di cava e alle opere di regimazione del Rio Pianezze. Negli elaborati di progetto, in particolare per quelli specifici della regimazione acque, si rappresenta l'adeguamento della rete di raccolta alle nuove configurazioni di coltivazione nelle varie configurazioni previste.

Sotto il profilo strettamente idraulico l'attuale deflusso dell'intera area di cava e del bacino imbrifero che insiste a monte confluisce già, attraverso la regimazione esistente e il Rio Pianezze stesso, interamente nell'alveo del Rio Crorello (o Rio di Foppiano) immediatamente a valle della cava inferiore.

Si ripropone pertanto nell'allegato N. 4 (Relazione idrologica/idraulica – Integrazioni) lo studio idraulico comprensivo anche del bacino del Rio Crorello (o di Foppiano) per fornire un inquadramento completo sull'attuale deflusso di questo settore di versante.

Si rimanda allo specifico contributo per le integrazioni richieste dal Settore Tecnico Regionale – Novara e Verbania e dal Settore Tecnico Piemonte Nord il precedente riepilogo tecnico-amministrativo inerente alle Autorizzazioni idrauliche e Concessioni demaniali esistenti.

Sotto l'aspetto idraulico l'intervento in riduzione della coltivazione non comporta alcuna interferenza o modifica; tuttavia, a seguito delle indicazioni ricevute in corso di istruttoria si eseguono i seguenti tre interventi migliorativi del regime idraulico:

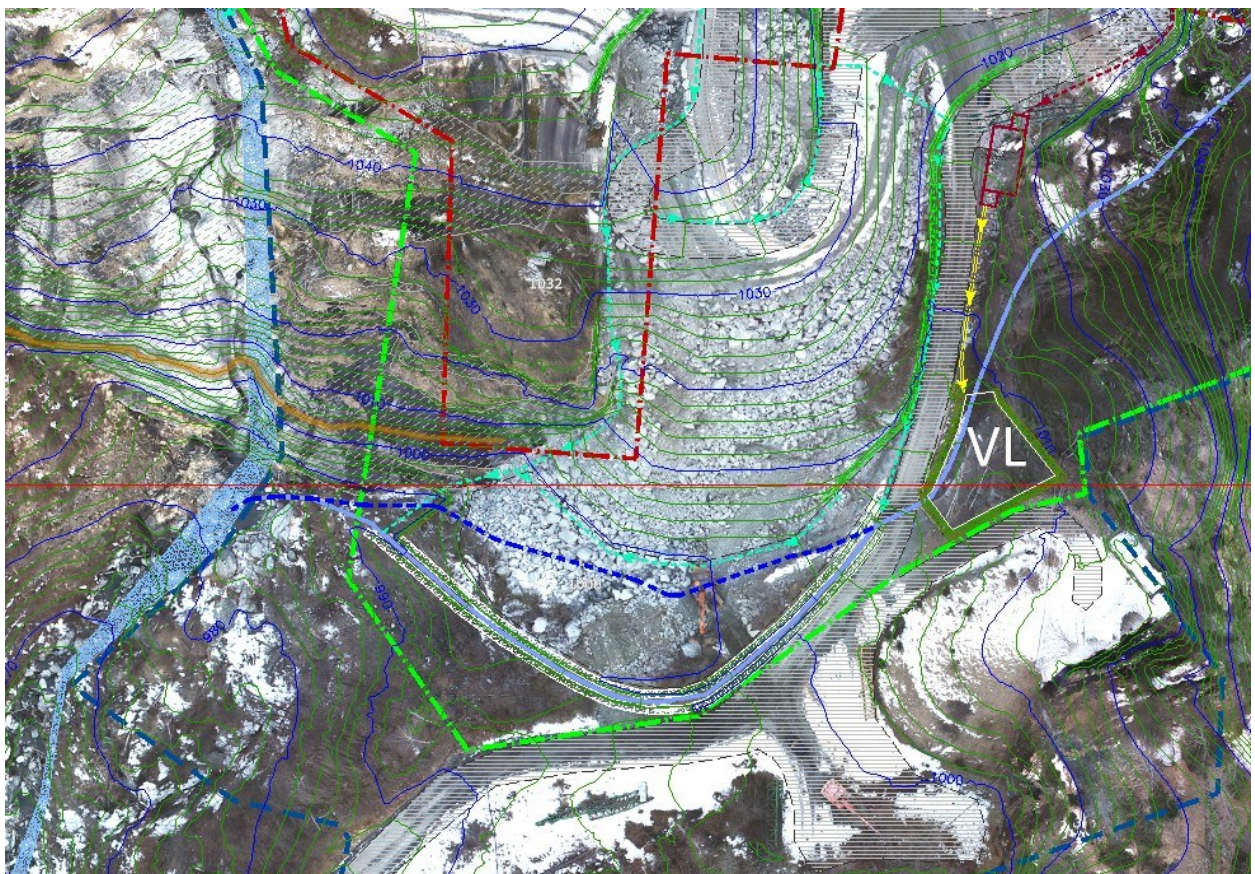
- viene prevista la realizzazione di una barriera in sponda destra dell'alveo, in prossimità del vertice SE del piazzale superiore tra q. 1050 m e q. 1070 m circa (zona di accesso del vecchio sentiero pedonale definitivamente dismesso e transennato) a protezione di eventuali esondazioni verso l'area estrattiva in corrispondenza di un tratto dell'alveo roccioso e scarsamente inciso che scorre a poco più di 10 m dal limite dell'area autorizzata;
- viene prevista a valle dell'area di cava, immediatamente prima dell'attraversamento della pista di accesso (guado attrezzato con tubo di sottopasso) a q. 996 m ca. la formazione di una vasca di laminazione per eventuali fenomeni di trasporto solido a protezione del versante inferiore, ormai recuperato ed estraneo rispetto al deflusso del Rio stesso. In via prudenziale si utilizza la naturale conca, di circa 220 mq di superficie, formata tra la pendice del versante, la pista di accesso alla cava e la pista di accesso al portale della galleria del metanodotto SNAM, già rivestita in massi di

cava sul lato della pista di accesso. Questa fossa, di forma planimetria trapezia, viene ripulita e rivestita in massi per un'altezza media di 2÷3 m circa anche sugli altri lati formando una vasca di laminazione di capacità pari ad oltre 600 mc;

- viene infine rettificato, ampliando il raggio di curvatura, il tratto conclusivo dell'alveo del Rio Pianezze che circonda alla base l'area di deposito degli sfridi immettendosi nel Rio Crorello, senza modificare l'attuale punto di confluenza, ormai stabilizzato e consolidato alla base dell'affioramento roccioso. Il nuovo tratto come rappresentato negli elaborati grafici è interamente rivestito (sponde e fondo alveo) in massi di cava per migliorare il deflusso ed eliminare fenomeni di erosione dell'accumulo di sfridi.

Gli interventi suddetti sono riportati sulle planimetrie di progetto a partire dalla Fase 2 (Tav. 11_INT_BIS) e sono evidenziate nella tavola dei particolari delle opere di regimazione idraulica (Tav. 53_INT_BIS).

Nell'immagine seguente si riporta una sovrapposizione tra la ortofoto di febbraio 2025 e la situazione di progetto (stralcio tavola 11_INT_BIS).



1.2.7. MANUTENZIONE E GESTIONE MURO SOMMITALE IN C.A. POST RECUPERO AMBIENTALE

Nel caso di definitivo abbandono dell'attività estrattiva, ovvero della realizzazione degli interventi recupero ambientale, si precisa che sarà smantellata la rete paramassi posizionata a protezione delle maestranze allo sbocco del canale di deforestazione che insiste sul lato Ovest della cava.

Viene invece mantenuto il muro in c.a. che agisce comunque da parziale protezione del versante inferiore ed in merito alla gestione post recupero ambientale dello stesso si precisa che sarà sostituito il tubo di scarico, posizionato a monte del muro di sbarramento dell'impluvio senza nome (o canale di deforestazione), con una canaletta in metallo per formare una linea di deflusso più naturale e autopulente.

Saranno inoltre praticati alcuni fori di diametro $\varnothing = 0,20$ m (analogo al diametro della tubazione in PVC esistente) sul lato sud del muro che resta invece a protezione dell'eventuale rotolamento di materiale detritico. I fori realizzati a diverse altezze (da 0,20 a 0,50 m dalla base del muro) avranno funzione di scarichi di troppo pieno nel caso di eventi molto intensi o eccezionali e/o di intasamento della canaletta o dei fori più bassi per presenza di materiale sedimentato.

Il deflusso a valle del muro, lungo il versante roccioso, seguirà quindi l'incisione rocciosa già presente sul margine Ovest della parete del fronte. Per evitare fenomeni di erosione accelerata sul sottostante gradone in detrito si realizza, con gli interventi di recupero ambientale, un cumulo di blocchi per scogliera con funzione di rompi tratta.

L'acqua che scorre lungo la parete riduce la propria energia attraverso l'accumulo stesso e defluisce nella canaletta perimetrale che viene mantenuta anche con il recupero ambientale.

Quest'ultimo aspetto è rappresentato nelle planimetrie di recupero ambientale dei diversi quinquenni.

1.3. SETTORE CAVE E MINIERE - REGIONE PIEMONTE

In relazione alla variante in riduzione del piano di coltivazione si adeguano le risposte alle precedenti richieste di integrazione, di cui al verbale della Conferenza di Servizi del 30/01/2025, di seguito elencate:

- con la tavola 07_INT_BIS *“Planimetria di rilievo stato di fatto – aggiornamento plano-altimetrico 1 luglio 2025”* si aggiorna all’attualità la situazione della cava, compresa la scarpata in dissesto della coltre di copertura del Settore Est. La stessa morfologia è evidenziata nella tavola 05_INT_BIS *“Aggiornamento rilievo area cava 01/07/2025 – ORTOFOTO”*
- nel paragrafo 1.6. Settore geologico si riportano i risultati del rilievo geostrutturale che caratterizza il settore B (inferiore) rispetto al quale con la variante in riduzione si sviluppano, operando dall’alto verso il basso, i nuovi fronti in progetto;
- la variante in riduzione dell’area di coltivazione, concordata in corso di istruttoria con gli enti, rappresenta l’alternativa progettuale richiesta ed è descritta nei paragrafi precedenti e rappresentata graficamente nelle tavole che individuano:
 - ✓ una configurazione iniziale (tavola 08b_INT_BIS) corrispondente al completamento degli interventi di messa in sicurezza di cui ai vari provvedimenti art. 674 del DPR 128/59 compresa la formazione di un muro/vallo paramassi al piede della scarpata dell’accumulo residuo di crollo e il consolidamento della scarpata di frana della coltre di copertura a monte del settore Est;
 - ✓ una fase evolutiva (tavola 11_INT_BIS) che oltre alla ripresa dell’attività produttiva comprende tutti gli interventi al contorno, ovvero opere di regimazione del rio Pianezze, il posizionamento della rete paramassi sul muro in c.a. realizzato allo sbocco del canale di deforestazione che insiste sull’area di cava (q. 1152 m ca), spostamento della gru- derrick centrale sul margine orientale della cava, realizzazione della pista di arroccamento al piazzale di lavorazione (da q. 1016 a q. 1042 m), formazione di una rampa interna di collegamento tra il piazzale inferiore e quello superiore, eliminazione delle gru-derrick non più utilizzate e funzionanti ubicate ai lati della cava inferiore e del derrick sommitale posizionato sul ciglio della frana di crollo (q. 1117 m);
 - ✓ per quanto concerne la viabilità interna in relazione alle modalità operative che prevedono la formazione di un piazzale che viene sistematicamente

ribassato sull'intera superficie autorizzata non si prevede una viabilità interna. Sono previste solo rampe provvisorie, come quella rappresentata nella Tav 11_INT_BIS o quella esistente rappresentata nella tavola 08b_INT_BIS, che collegano i due livelli di coltivazione (parte superiore e inferiore del gradone di alzata variabile da 6 a 7 m circa). La viabilità di arroccamento viene progressivamente modificata con l'avanzamento della coltivazione soprattutto in funzione del ribasso del punto di sbarco sul piazzale in roccia. Sono rappresentate a questo proposito le strade in progetto sia nelle fasi finali di scavo sia in quelle di riempimento dei vuoti di coltivazione;

- ✓ in corso d'opera, con particolare riferimento alla coltivazione della porzione superiore dell'ammasso roccioso presente nel settore Est, è previsto il periodico aggiornamento strutturale per il controllo della stabilità della configurazione raggiunta e la compatibilità dell'avanzamento dei lavori con il progetto;
- ✓ le verifiche di stabilità delle scarpate detritiche/rilevati e dei muri di sostegno sono riportate nell'Allegato N. 3 *"Analisi di stabilità dei pendii in materiale detritico"*;
- ✓ la parete Nord, interessata dal fenomeno di dissesto per crollo nell'aprile 2022, è controllata da un doppio sistema di monitoraggio delle principali fratture, disposte a franapoggio, che hanno generato l'evento suddetto. In particolare, è installato e funzionante un sistema di monitoraggio estensimetrico con fesurimetri elettrici (alimentati dalla cabina elettrica della cava) ed un sistema di monitoraggio di tipo accelerometrico che consente di misurare vibrazioni e micromovimenti dovuti alla rottura dei ponti di roccia, questi strumenti sono alimentati con pannello solare e la centralina di acquisizione è invece alimentata dalla rete elettrica della cava. Entrambi i sistemi sono dotati di sirena e semaforo con soglia di allerta oltre alla connessione in remoto con l'installatore, il direttore dei lavori, il sorvegliante di cava e l'ufficio della società esercente;
- ✓ il progetto viene comunque suddiviso in tre fasi finali di durata quinquennale la cui configurazione finale è vincolante e prevede un al termine un recupero morfologico e ambientale. Al riguardo si precisa che contestualmente ai lavori l'unico settore che sarà recuperato è costituito dalla scarpata riprofilata dell'accumulo di crollo al piede del fronte Nord;
- ✓ si allega infine nella pagina seguente una tabella riepilogativa dei volumi estratti, degli sfridi prodotti che sono utilizzati per la formazione dei rilevati. Si ribadisce quanto descritto in dettaglio al precedente paragrafo 1.2.5. e

1.2.5.4. che per la formazione della pista di arroccamento il materiale detritico (sfridi di coltivazione) sarà prodotto in un periodo di tempo di almeno tre anni e non sarà comunque possibile realizzare la pista prima di un anno in quanto è necessario abbassare di un gradone (6 m circa) l'attuale piazzola di sbarco. Il materiale necessario ammonta a circa 11.500 mc che potranno eventualmente essere reperiti, con osservanza ai disposti del Regolamento 3/R della L.R. 23/2016 sia dalla vicina cava Al Passo, di proprietà della ditta stessa, nel cui progetto sono previsti e autorizzati oltre 70.000 mc di sfridi da conferire per usi esterni come materiali idonei per rilevati e riempimenti o come terre e rocce da scavo, di idonee caratteristiche geotecniche, provenienti da cantieri limitrofi a seguito di apposito piano di utilizzo ai sensi del DPR 120/2017.

	VOLUME SCOPERTURA SETTORE EST	SFRIDI RECUPERO CROLLO PER RILEVATO BASE PARETE NORD	VOLUME ROCCIA ESTRAIBILE	SFRIDI DI COLTIVAZIONE (25% VOLUME ESTRAIBILE)	RILEVATO BASE PARETE FRONTE NORD	VOLUME SFRIDI ESISTENTI STOCCATI NELLA CAVA INFERIORE AL NETTO DELLA SCOGLIERA (10% = 11.280 mc circa)
0/5 ANNI	2.000,00 mc	12.400 mc (80% DELLO SCARTO)	124.500 mc	31.125 mc INCREMENTO DI VOLUME PER RIGONFIAMENTO 30% = 40.460 mc	14.400 mc (12.400 +2.000)	101.560 mc
				QUOTA PARTE SFRIDI DI COLTIVAZIONE (25% VOLUME ESTRAIBILE) NECESSARI PER SISTEMAZIONE CAVA INFERIORE CON FORMAZIONE PISTA DI ACCESSO PIAZZALE FINALE A Q. 1034 m = 28.690 mc		VOLUME SFRIDI MISURATO DA ELABORATI GRAFICI AL TERMINE DELLA SISTEMAZIONE DELLA CAVA INFERIORE CON FORMAZIONE PISTA DI ACCESSO PIAZZALE FINALE A Q. 1034 m = 130.520 mc
Il volume degli sfridi cumulo base parete è stato misurato dopo ultimo rilievo topografico				QUOTA PARTE SFRIDI DI COLTIVAZIONE (25% VOLUME ESTRAIBILE) E MATERIALE MOVIMENTATO PER COLTIVAZIONE UTILIZZABILI PER MODELLAMENTO PIAZZALE FINALE (h = 2,0 m ca.) = 11.770 mc		VOLUME SFRIDI MISURATO DA ELABORATI GRAFICI AL TERMINE DELLA SISTEMAZIONE DEL PIAZZALE FINALE A Q. 1036 m = 11.930 mc
Volume misurato sfridi esistenti cava inferiore 112.850 mc						QUOTA PARTE SFRIDI DI COLTIVAZIONE DA CONFERIRE COME MATERIALI IDONEI PER RIEMPIMENTI, REINTERRI E RILEVATI PER CANTIERI ESTERNI ALLA CAVA 1034 m = 0 mc
5/10 ANNI			87.400 mc	21.850 mc INCREMENTO DI VOLUME PER RIGONFIAMENTO 30% = 28.405 mc		101.560 mc
				QUOTA PARTE SFRIDI DI COLTIVAZIONE (25% VOLUME ESTRAIBILE) 1° E 2° QUINQUENNIO IMPIEGATI PER RIEMPIMENTO PIAZZALE E MODELLAMENTO FINALE 11.930 mc + 28.405 mc = 40.335 mc		VOLUME SFRIDI MISURATO DA ELABORATI GRAFICI PER LA MOVIMENTAZIONE INTERNA ALLA CAVA INFERIORE PER IL RIBASSO DEL PIAZZALE DI COLTIVAZIONE DA 1034 m A 1014 m = 27.700 mc
				QUOTA PARTE SFRIDI DI COLTIVAZIONE (25% VOLUME ESTRAIBILE) E MATERIALE MOVIMENTATO PER COLTIVAZIONE UTILIZZABILI PER MODELLAMENTO FINALE 40.335 mc + 27.700 mc = 68.035 mc		VOLUME SFRIDI MISURATO DA ELABORATI GRAFICI AL TERMINE DELLA SISTEMAZIONE DELLA CAVA PER SISTEMAZIONE FINALE A Q. 1022 m 62.800 mc
						QUOTA PARTE SFRIDI DI COLTIVAZIONE DA CONFERIRE COME MATERIALI IDONEI PER RIEMPIMENTI, REINTERRI E RILEVATI PER CANTIERI ESTERNI ALLA CAVA 1034 m = 5.200 mc circa
10/15 ANNI			68.650 mc	17.160 mc CON INCREMENTO DI VOLUME PER RIGONFIAMENTO 30% 22.308 mc		101.560 mc
				QUOTA PARTE SFRIDI DI COLTIVAZIONE (25% VOLUME ESTRAIBILE) 1°-2°-3° QUINQUENNIO IMPIEGATI PER RIEMPIMENTO PIAZZALE E MODELLAMENTO FINALE 11.930 mc + 28.405 mc + 22.308 = 62.643 mc		VOLUME SFRIDI MISURATO DA ELABORATI GRAFICI PER LA MOVIMENTAZIONE INTERNA ALLA CAVA INFERIORE PER IL RIBASSO DEL PIAZZALE DI COLTIVAZIONE DA 1014 m A 1000 m = 101.520 mc
				QUOTA PARTE SFRIDI DI COLTIVAZIONE (25% VOLUME ESTRAIBILE) E MATERIALE MOVIMENTATO PER COLTIVAZIONE UTILIZZABILI PER MODELLAMENTO FINALE 62.643 mc + 101.560 mc = 164.203 mc		VOLUME SFRIDI MISURATO DA ELABORATI GRAFICI AL TERMINE DELLA SISTEMAZIONE DELLA CAVA PER SISTEMAZIONE FINALE A Q. 1017 m 159.120 mc
						QUOTA PARTE SFRIDI DI COLTIVAZIONE DA CONFERIRE COME MATERIALI IDONEI PER RIEMPIMENTI, REINTERRI E RILEVATI PER CANTIERI ESTERNI ALLA CAVA 1034 m = 5.080 mc circa

TABELLA VOLUMI SCAVO RIPORTO E BILANCIO DELLE TERRE

1.4. SERVIZIO CAVE COMPATIBILITÀ AMBIENTALE – PROVINCIA VCO

Si aggiornano in adeguamento alla variante in riduzione le seguenti cartografie che si riallegano:

- planimetria Catastale (Tavola N. 6_INT_BIS) con evidenziati i limiti tra i Fogli Catastali, le strade e i piazzali esistenti e la sovrapposizione tra perimetri autorizzati e quelli richiesti in variante;
- tavola N. 48_INT con aree/opere oggetto dell'atto di Diffida n. 310/2023 del 10/01/2023;
- aggiornamento delle tavole di recupero ambientale e relativi costi comprendenti le superfici delle scarpate laterali oggetto di diffida.

Nella tavola relativa agli interventi oggetto di diffida si evidenzia anche la scarpata residua (36 mq circa di superficie), presente sul lato Ovest, realizzata nel materiale di copertura naturale (deposito misto detritico/glaciale, vedi foto seguente) a seguito dell'intervento di scopertura dell'ammasso roccioso per le indagini geognostiche.

Dal rilievo fotogrammetrico si ricava inoltre la superficie dell'accumulo asportato pari a circa 420 mq e la superficie di intervento oltre l'area a suo tempo autorizzata, pari a 900 mq circa, che comprende anche il muro in c.a. realizzato a monte allo sbocco del canale di deforestazione per la realizzazione dei previsti presidi di sicurezza (rete paramassi e trasporto solido).

Si evidenzia che la suddetta scarpata (36 mq) oggetto di diffida ed inserita tra gli interventi di recupero ambientale rientra comunque nell'area precedentemente autorizzata.

Viene integrata la documentazione degli interventi di recupero ambientale sia a livello cartografico sia per l'aggiornamento dei costi di recupero; sono scomputati i costi delle ulteriori scarpate per la riduzione degli scavi nel settore Est.

Si rimanda per le modalità di intervento e la quantificazione dei costi alla specifica relazione di recupero.

1.5. SETTORE TECNICO PIEMONTE NORD – REGIONE PIEMONTE

1.5.1 SITUAZIONE AMMINISTRATIVA

Come già descritto nella relazione di progetto il Settore Decentrato OO.PP. e Difesa Assetto Idrogeologico della Regione Piemonte con Determinazione N. 873 del 26/03/2010 ha autorizzato sotto il profilo idraulico ai sensi del R.D. 523/1904 (Norme di polizia idraulica) e ai sensi della D.P.G.R. 06/12/2004 n. 14/R:

- mantenimento della deviazione del Rio Pianezze verso il Rio Crorello;
- mantenimento di n. 1 attraversamento dell'alveo deviato del Rio Pianezze con la pista di accesso al piazzale inferiore della cava;
- occupazione dell'alveo del Rio Pianezze all'interno del perimetro di cava richiesto in autorizzazione per complessivi 618,50 m² e occupazione dell'alveo dismesso per complessivi 100,00 m² esternamente al perimetro di cava.

L'autorizzazione idraulica sostituiva la precedente N. 2929/3878 del 09.06.1987 con la quale era stata autorizzata la deviazione nel Rio Crorello mediante la costruzione di un tunnel a sezione rettangolare realizzato con massi di cava che è stato successivamente modificato, ripristinando un canale a cielo aperto, con il rinnovo dell'autorizzazione ottenuta all'inizio degli anni 2000, quando è stata abbandonata la coltivazione della cava storica e avviato l'ampliamento a monte che costituisce l'attuale area estrattiva.

La prima deviazione era conseguente al progressivo riempimento dell'alveo originario del Rio Pianezze, in gran parte occupato dalla "discarica mineraria" prodotta nei primi decenni di attività (anni '70/'80) della cava Bort.

Questa porzione di versante, compreso tra quota 980 m e q. 944 m circa è stata successivamente interessata da intervento di recupero ambientale e di fatto stralciata dall'area di cava attiva. L'intervento è stato realizzato mediante il terrazzamento con muri di contenimento in blocchi per il consolidamento del pendio e successivamente riporto di terreno agrario con semine e piantumazioni arboree.

L'area estrattiva è stata inoltre parzialmente interessata anche dal passaggio del metanodotto SNAM che transita a valle della cava storica nella fascia di terreni compresi tra q. 1000 m e q. 990 m circa, ovvero a monte della vecchia discarica mineraria di cui sopra, ormai definitivamente recuperata.

Si tratta dell'impianto che dai giacimenti del Mare del Nord, trasporta il gas e raggiunge l'Italia attraverso il Passo Gries in alta Val Formazza, dove si trova il punto di interconnessione con la rete nazionale di Transitgas, gasdotto che trasporta il gas proveniente da Norvegia e Olanda.

Nei terreni suddetti SNAM ha inoltre realizzato con gli interventi di ripristino un cono di materiale prodotto dallo "smarino" della galleria (detriti di perforazione) in roccia

che termina proprio all'ingresso dell'area di cava; questo accumulo, realizzato immediatamente a monte della vecchia discarica mineraria ha ulteriormente colmato e sbarrato l'impluvio inferiore del Rio Pianezze il cui alveo originario è ormai esistente solo a valle presso l'abitato di Foppiano come meglio descritto nel capitolo specifico e nella cartografia geomorfologica appositamente redatta.

Di fatto il Rio Pianezze defluisce ormai da circa 40 anni nel Rio Crorello.

1.5.2. STATO DI FATTO

Si produce una carta geomorfologica comprensiva dell'intero bacino imbrifero e del conoide del Rio Pianezze.

Si produce inoltre, sulla base dei risultati della precedente caratterizzazione idraulica, una ulteriore verifica idraulica del tratto conclusivo condotta con il software Hec-Ras tenendo conto anche di un ulteriore contributo del 20% della portata calcolata con $T_r = 200$ anni per l'eventuale trasporto solido.

Si produce soprattutto uno studio di dettaglio del bacino e dei principali elementi morfologici che caratterizzano l'area per evidenziare sia la corretta ubicazione dell'apice del conoide sia la morfologia dello stesso.

Tra l'apice del conoide, che si individua in realtà alla base del versante (q. 930 m s.l.m.) e l'attuale canale di scarico del rio, già modificato dalla pregressa attività e dal metanodotto, si rileva un dislivello di circa 50 m ed una distanza di circa 150 m.

Lo sbarramento prodotto dalla pregressa discarica di cava (anni '70/'80) all'interno dell'originario alveo ed il successivo sbarramento prodotto dagli interventi di SNAM escludono potenziali interferenze tra l'attività del corso d'acqua e l'abitato sottostante.

La morfologia descritta devia di fatto lo scarico verso Sud-Ovest, ovvero verso l'impluvio del limitrofo Rio Crorello.

Lo studio geomorfologico di seguito esposto non evidenzia una effettiva propensione al trasporto solido da parte del corso d'acqua, che per altro è caratterizzato da un modesto regime idraulico, tuttavia, si evidenzia che non solo la morfologia prodotta dal suddetto sbarramento agisce da protezione per l'abitato sottostante ma la stessa area di cava agirebbe da cassa di espansione nel caso di eventi di dissesto idraulico con scarico di materiale solido. Con la nuova variante viene inoltre prevista una vasca di laminazione alla base dell'area di cava (600 mc circa di capacità).

Il tratto d'alveo che transita all'interno dell'area estrattiva, con particolare riferimento al settore compreso tra q. 1080 m e q. 1060 m, che scorre lateralmente al piazzale superiore, in caso di trasporto solido in massa scaricherebbe all'interno della sottostante cava inferiore e lungo la stessa viabilità di accesso che di fatto per l'andamento piano altimetrico devierebbe il flusso verso l'alveo del Rio Crorello.

Occorre comunque tenere presente che:

- non sono segnalati fenomeni storici recenti di riattivazione del conoide in epoca antecedente l'apertura della cava;
- nel successivo periodo di oltre 50 anni di attività della stessa non si sono registrati fenomeni interferenti con l'area estrattiva;
- la regimazione idraulica esistente, per la quale si prevede una migliora del tratto finale, è autorizzata dal 1987 ed è stata oggetto di numerosi rinnovi e controlli nel corso degli ultimi 35 anni circa.

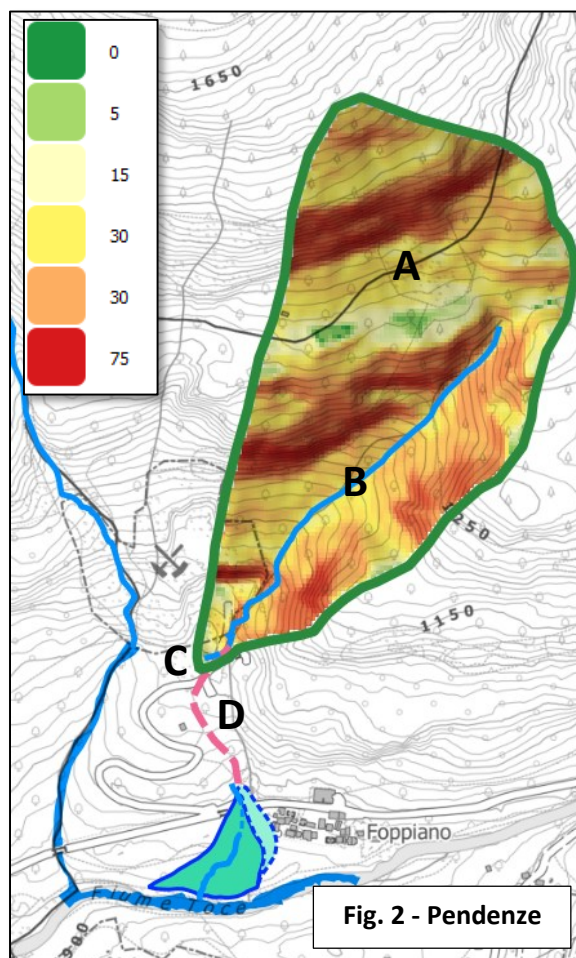
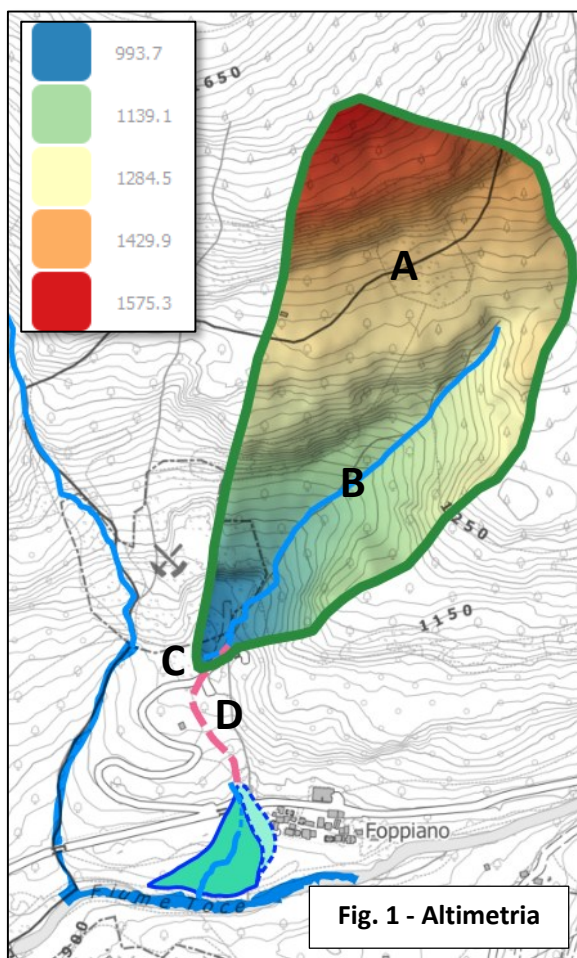
Si riporta di seguito (**ALLEGATO N. 1**) lo studio geomorfologico redatto in collaborazione dallo scrivente con il collega dott. geol. Marco Balestro.

ALLEGATO N. 1 STUDIO GEOMORFOLOGICO BACINO E CONOIDE RIO PIANEZZE

Morfometria

Il bacino, considerando come sezione di chiusura la fine del primo tratto che attraversa l'area della cava (993.8 m *s.l.m.*), ha una superficie planimetrica di 174587 m² = 0.175 km², e una quota massima di 1575.3 m *s.l.m.* La pendenza media calcolata dal DTM ICE della Regione Piemonte è di circa 40°, ma si nota che sono presenti alcune fasce di affioramenti ad elevata acclività alternate a pendii meno ripidi e, in destra idrografica, anche da una zona a bassa acclività (ripiano di origine glaciale).

Il conoide perimetrato ha una superficie di circa 6952 m², cui si aggiungono 1632 m² del lembo in sinistra idrografica di dubbia interpretazione in quanto completamente antropizzato.

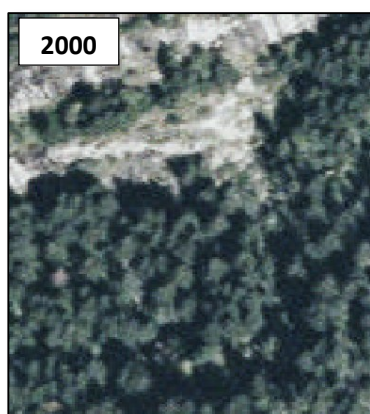
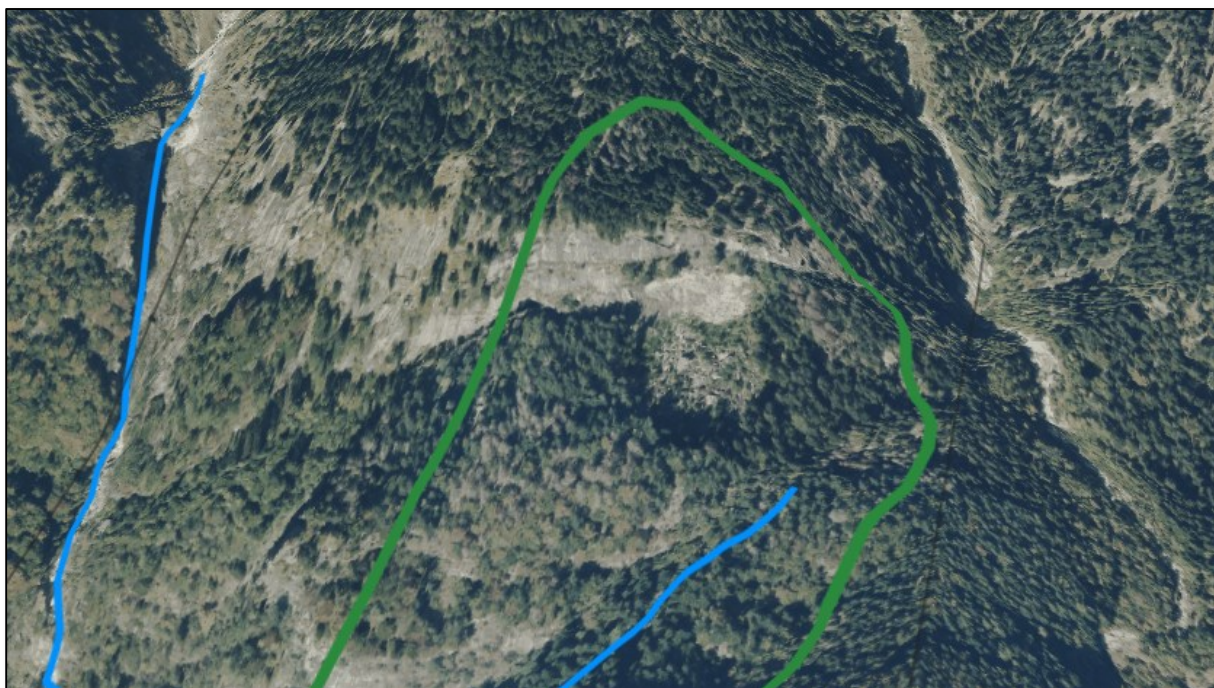


Descrizione bacino

Il bacino e il corso d'acqua possono essere descritti facendo riferimento ai 4 settori individuati dalle lettere da "A" a "D" evidenziate nelle figure precedenti; per ulteriori dettagli vedasi la "Carta geologico geomorfologica".

SETTORE A

Nella parte medio - alta del bacino è asimmetrico poiché in destra idrografica si estende a comprendere una parte del versante costituito da due evidenti balze rocciose separate da una fascia a bassa acclività con ambiti sub-pianeggianti che sotto il profilo geomorfologico rappresentano una spalla glaciale preservata sul versante destro della valle principale. Lungo la fascia di affioramenti superiore si osserva una frana di crollo il cui accumulo di grossi blocchi termina sul ripiano glaciale; dall'esame di ortofoto di varia epoca si desume che il dissesto si è verificato poco prima del 2010, e comunque dopo il 2000; dalle immagini più recenti non si osservano riattivazioni significative (l'accumulo è in fase di colonizzazione da parte della vegetazione).



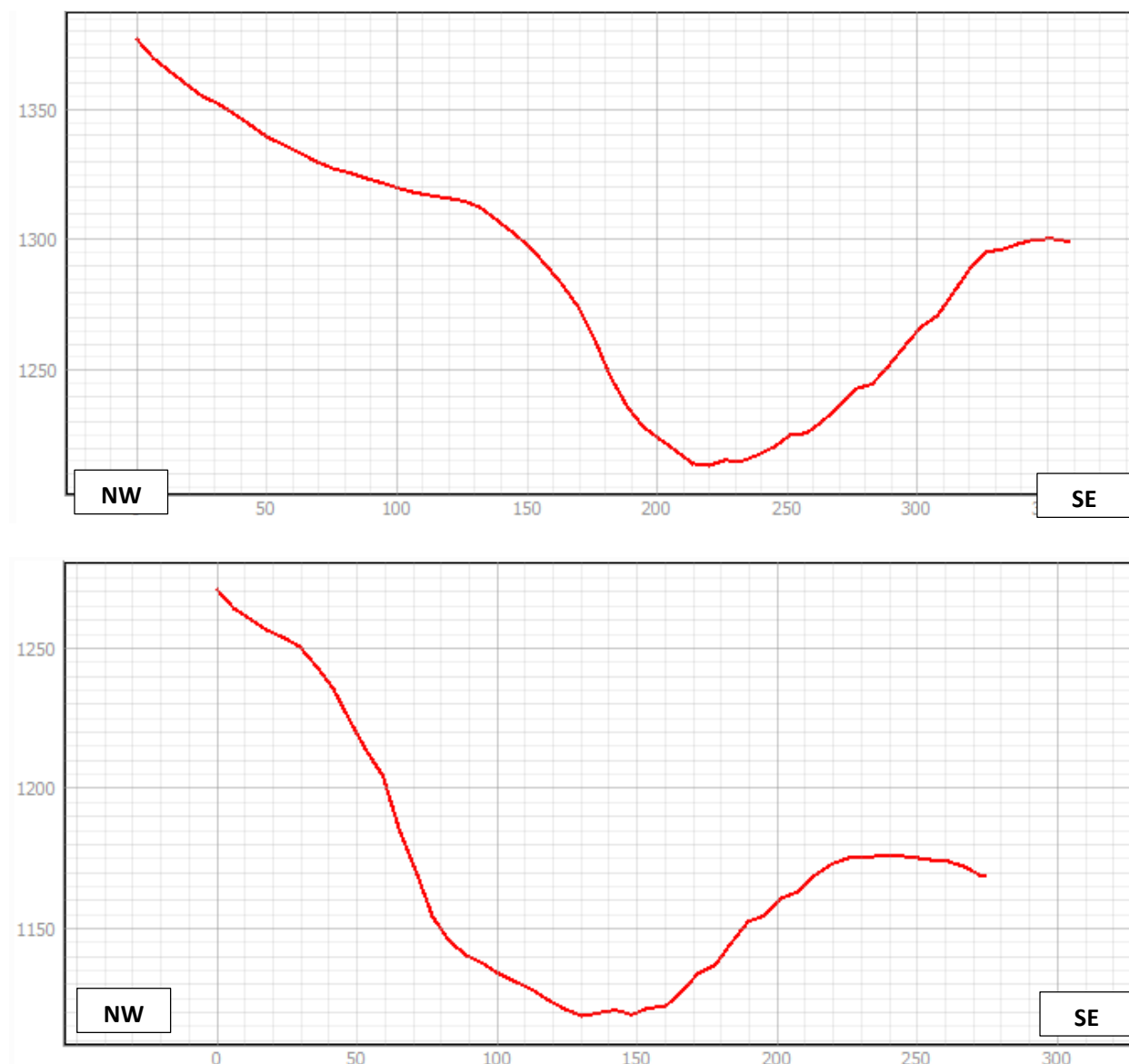
La testata del rio corrisponde ad un colletto, anch'esso di origine glaciale; nel primo tratto l'impluvio non presenta una linea d'acqua attiva, né evidenze di fenomeni erosivi e/o di trasporto solido.

Un po' più a valle si osserva una linea d'acqua che incide appena la cotica erbosa e scorre localmente fra grossi blocchi della coltre detritica.
A quanto risulta il rio è normalmente alimentato da uno scarico delle acque provenienti da una galleria di derivazione ENEL.



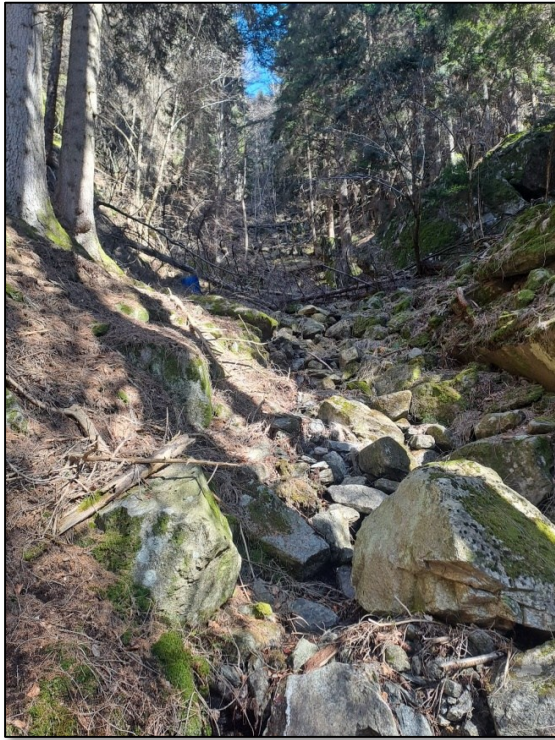
SETTORE B

In questo settore il Rio Pianezze è impostato in una vallecola molto incisa, con il fondo relativamente ampio e ripidi fianchi rocciosi (vedasi le sottostanti sezioni orientate NW-SE e tracciate rispettivamente nella parte medio-alta e in quella medio-bassa della vallecola).



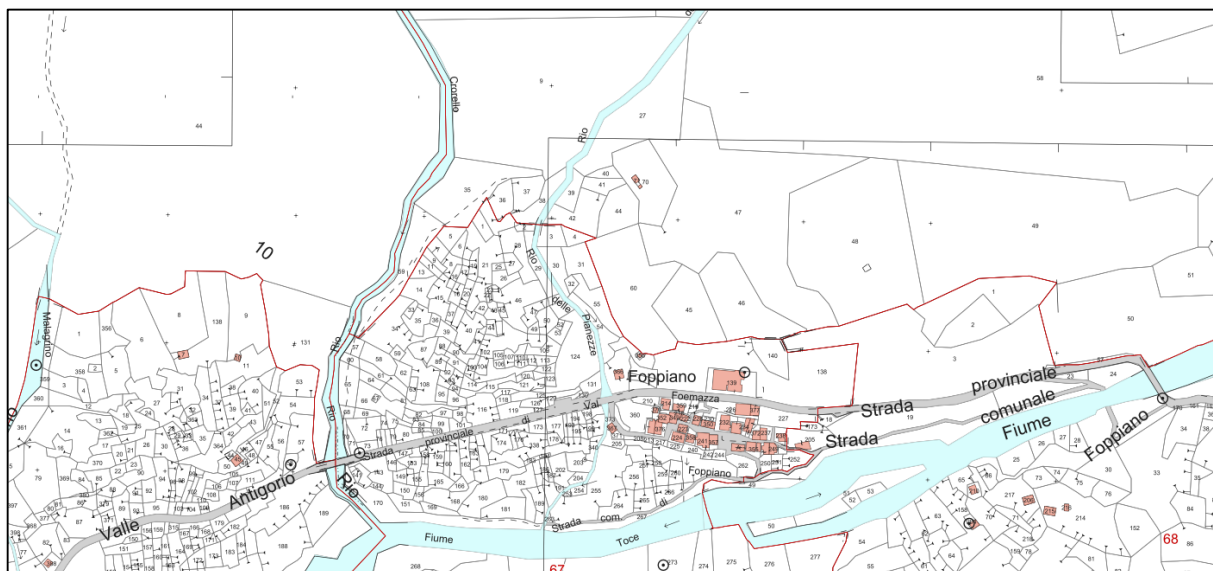
In questo settore il rio alterna tratti dove scorre in roccia a tratti con depositi detritici di versante costituiti sia da grandi blocchi che da ciottoli spigolosi decimetrici con scarsa matrice ghiaioso – sabbiosa. I blocchi in particolare non mostrano evidenze di trasporto e mobilitazione recente e sono prevalentemente ricoperti da muschio e licheni. Si osservano invece evidenze di trasporto della frazione ghiaiosa e di legname.

In generale non si osservano fenomeni erosivi o deposizionali significativi. Normalmente la portata è estremamente ridotta, e non è in grado di mobilitare sedimenti salvo forse un graduale trasporto della frazione fine; in occasione di eventi di piena, considerate anche le portate calcolate, il corso d'acqua sembra più che altro rimuovere la frazione ghiaiosa con mobilitazione di ciottoli, lasciando in posto uno "scheletro" di blocchi e grandi massi.



SETTORE C

L'attività estrattiva in passato ha intercettato la vallecola del Rio Pianezze, pertanto, attualmente è difficile ricostruire la morfologia nella zona di sbocco; come si vede dalla tavoletta IGM, sembra che nella parte terminale vi fosse un salto roccioso, a valle del quale il rio piegava verso Sud in direzione di Foppiano (come risulta dal tracciato catastale, riportato anche nella "Carta geologico – geomorfologica").



Negli anni '70/'80, con il progredire dell'attività estrattiva, il corso d'acqua è stato deviato verso Ovest verso il Rio di Foppiano. Attualmente le scarse portate provenienti dal bacino sono regimate lungo il fianco orientale della cava, e in parte scorrono su detrito a blocchi e salti rocciosi di affioramenti e fronti di scavo.

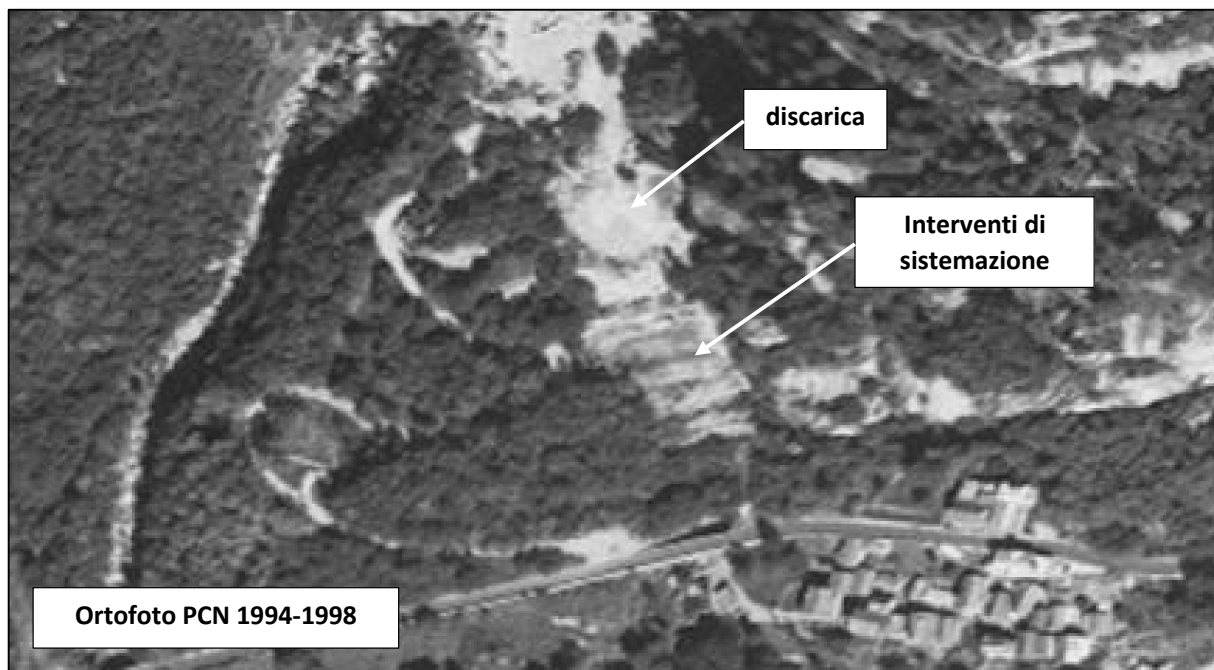
Le acque raggiungono poi il piazzale inferiore dove sono canalizzate ed indirizzate verso Ovest dove filtrano fra i blocchi della discarica per poi riemergere più in basso, alla base di un affioramento, e di qui confluire nel Rio di Foppiano.





SETTORE D

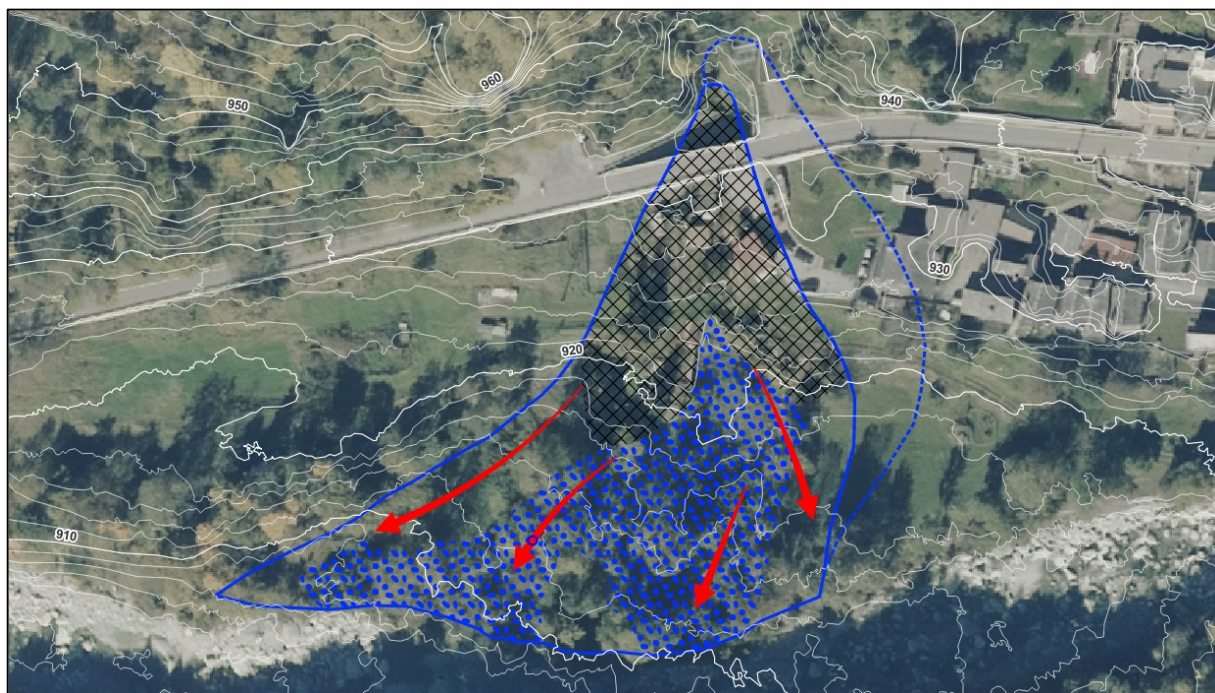
In questo settore il corso d'acqua non è più presente e la morfologia originaria è stata oblitterata da vari accumuli di riporto fra i quali il materiale di smarino della galleria SNAM, e la vecchia discarica della cava (con relativi interventi di sistemazione / stabilizzazione, fra i quali terrazzamenti e muri di blocchi).



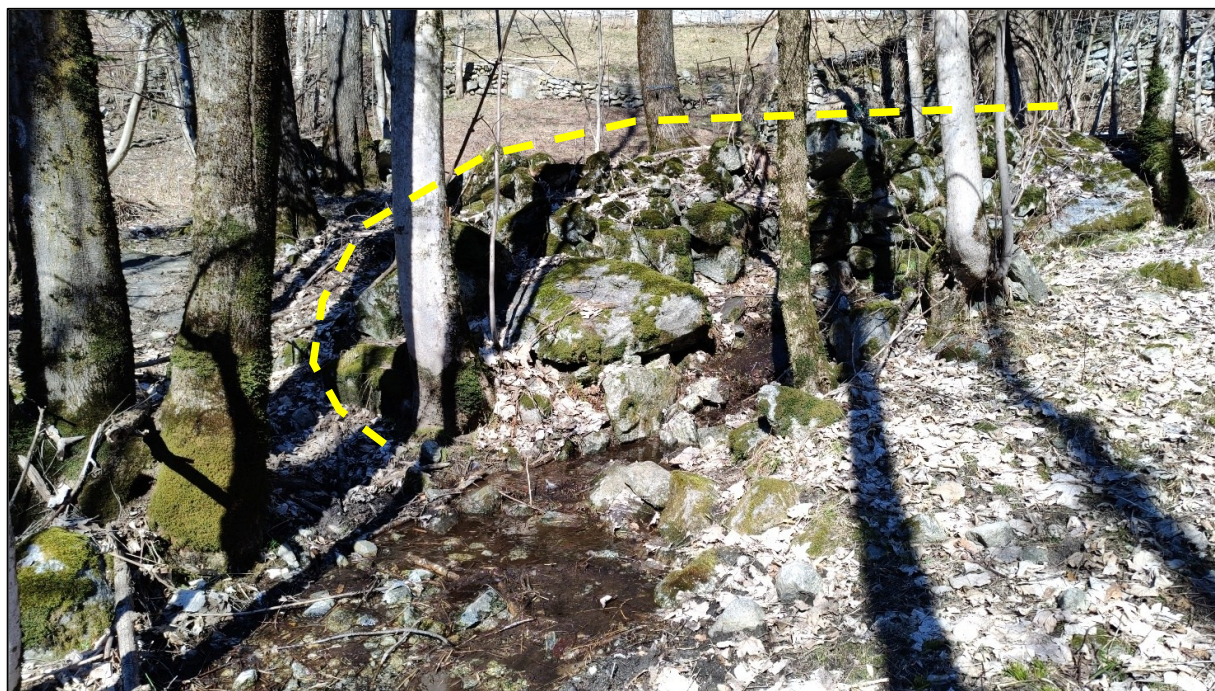


Conoide

L'apice del conoide è ben identificabile nel settore immediatamente a monte della strada comunale e a valle del muro di blocchi (vedasi l'immagine soprastante); le modeste portate osservabili sono quelle che derivano dallo scarico della galleria SNAM. Più a valle il conoide risulta essere molto antropizzato e la morfologia originaria è quasi completamente obliterata dal rilevato della S.S. (n. 659), dalla strada comunale e dalla presenza di fabbricati e terrazzamenti. In sinistra idrografica in particolare è stato perimetrato un settore la cui attribuzione al conoide originario è di dubbia interpretazione.



Nella porzione mediana e distale parte del conoide è caratterizzato da alcune depressioni allungate (evidenziate in rosso nella figura soprastante), e da accumuli di grossi blocchi che, per morfologia e tessitura, sembrano connessi ad antichi fenomeni di trasporto in massa (debris-flow); i blocchi sono ricoperti da muschi e licheni, non vi sono evidenze di fenomeni recenti. Nella parte più distale alcuni “cordoni di accumulo” sono paralleli al F. Toce, pertanto, potrebbero anche essere connessi alla dinamica torrentizia della valle principale.



Lateralmente il conoide di raccorda con superfici terrazzate e scarpate del fondovalle principale



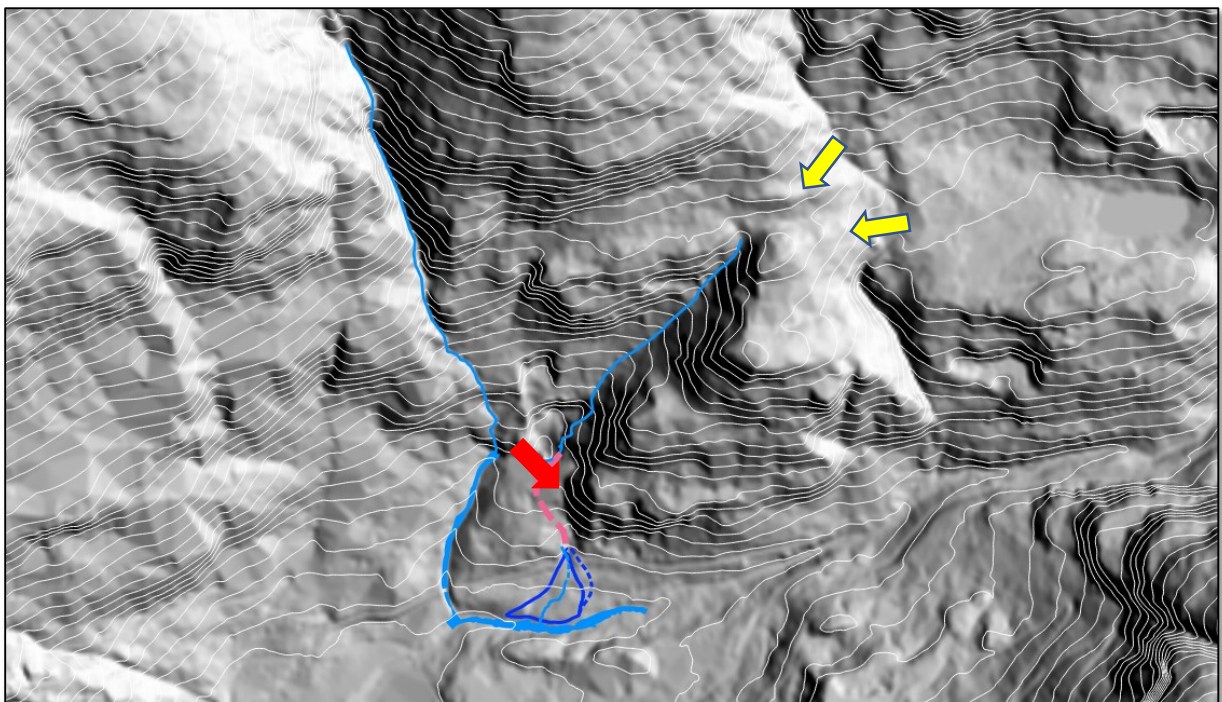
Considerazioni conclusive

Dall'analisi del bacino e del conoide è possibile effettuare le seguenti considerazioni:

- la vallecola/bacino a monte della cava appare evidentemente sovradimensionata rispetto al corso d'acqua;
- la morfologia stessa della vallecola evidenzia una genesi connessa anche a processi di erosione glaciale, probabilmente con condizionamento strutturale (andamento pseudo-rettilineo del rio e dell'asse della vallecola);
- il conoide sembra anch'esso sovradimensionato rispetto al corso d'acqua, anche per confronto con il vicino Rio di Foppiano (o Crorello) che, pur avendo un bacino molto più grande, non presenta allo sbocco un vero e proprio conoide;
- sul conoide sono comunque presenti depositi connessi a trasporto di massa/debris-flow.

In funzione degli elementi suddetti in prima analisi è possibile anche ipotizzare che il conoide si sia originato durante una fase post-glaciale, quando l'assetto morfologico e l'andamento del reticolo idrografico era significativamente differente da quello attuale.

In particolare, è possibile che vi siano state fasi durante le quali nella vallecola confluivano acque provenienti dal fianco destro della valle principale e/o del Rio Antillone (freccie gialle); oppure che vi sia stata una fase nella quale il Rio di Foppiano proseguiva verso SE rispetto al percorso attuale (freccia rossa).



1.6. SETTORE GEOLOGICO – REGIONE PIEMONTE

La variante in riduzione limita di fatto lo scavo dell'ammasso roccioso nel settore Est solo alla porzione superficiale delimitata dalla prima frattura visibile (sistema K1) sul fronte Est attuale a monte della piazzola del derrick centrale. Questo settore del fronte è pertanto coincidente con la superficie di frattura disposta con giacitura 167/50.

I nuovi fronti di coltivazione si sviluppano pertanto in approfondimento (scavo dall'alto verso il basso) nella porzione sottostante il piano di taglio e quindi nel settore più sano e compatto in cui sono tracciati e parzialmente visibili i fronti della cava inferiore.

Le verifiche di stabilità sono pertanto elaborate inserendo i parametri geostretturali e geomeccanici caratteristici del settore B dell'ammasso. Per i dati strutturali si fa riferimento anche ai precedenti rilievi, eseguiti dallo scrivente, nell'ambito dello studio eseguito sui fronti della cava inferiore nel 2004, prima che fosse avviata la coltivazione del settore superiore. I dati del rilievo strutturale dell'epoca, integrati con misure recenti, sono riportati nell'apposita tabella dell'Allegato N. 2 "Analisi di stabilità dei fronti di cava".

Per l'elaborazione delle verifiche di stabilità complessive dei fronti, sviluppate con il software Brock3 della società ProgramGeo che elabora le possibili superfici critiche di rottura nell'ammasso roccioso orientate secondo i giunti potenzialmente predisponenti instabilità si tiene conto delle diverse caratteristiche strutturali e geomeccaniche suddividendo e caratterizzando il pendio secondo i due settori, A e B, suddivisi dal piano di taglio principale.

Si modifica l'orientamento del fronte Est, per farlo coincidere esattamente con il sistema di giunti K2 (237/78), solo nel margine orientale in corrispondenza di un settore potenzialmente esterno e quindi maggiormente fratturato.

Come già descritto al paragrafo iniziale tale soluzione non viene invece adottata nella coltivazione del fronte Est centrale che si approfondisce in continuità con quello esistente (giacitura 252/85) già esistente alla base della gru-derrick centrale.

Questo settore del fronte Est, già evoluto alla base (h media = 40 m circa), non evidenzia al momento situazioni critiche connesse a potenziali cinatismi planari per intersezione con giunti K2 ed inoltre l'evoluzione dei lavori sul retrostante fronte Nord del settore Est amplia la possibilità di indagine e ispezione preventiva. Sarà quindi possibile eseguire periodici aggiornamenti del rilievo strutturale ma soprattutto la sistematica ispezione del sorvegliante prima e dopo ogni stacco di bancate.

Sono recepite le indicazioni di carattere idraulico per quanto riguarda gli interventi di regimazione del Rio Pianezze, con specifico riferimento alla barriera di protezione spondale nel vertice SE del piazzale superiore di cava (q. 1050 -107 m ca.), la formazione di una vasca di laminazione a valle della cava (q. 996 m ca.) e la rettifica parziale del tratto

conclusivo, che circoscrive l'area di deposito degli sfridi, verso il punto di immissione nel Rio Crorello che resta invariato.

Per quanto riguarda lo studio geomorfologico del bacino del Rio Pianezze si rimanda al paragrafo precedente corredato di apposita carta geomorfologica del bacino e del conoide.

Si allega inoltre l'integrazione dell'indagine geostrutturale con l'aggiornamento della carta geologica, dei test di Markland e delle conseguenti verifiche di stabilità di solidi di roccia. Sulle tavole n. 4°_INT_BIS e 4b_INT_BIS si riportano sulle sezioni di progetto le indicazioni strutturali più significative con i profili di scavo degli stati finali previsti. Sulla sezione C si riportano inoltre le indicazioni più rilevanti ottenute dalle indagini eseguite, dopo la scoperta del ciglio di cava, nell'ambito del provvedimento di sicurezza (art. 674 del D.P.R. 128/59) in merito all'andamento delle principali fratture disposte a franapoggio.

Viene infine eseguita una caratterizzazione degli sfridi di coltivazione costituiti da una miscela di materiali detritici: prevalentemente massi e frammenti spigolosi in pezzatura da submetrica a centimetrica con una subordinata frazione (circa 30%) di matrice fine prodotta dalla perforazione.

Sulla base della caratterizzazione si producono le verifiche di stabilità delle scarpate in progetto lungo le sezioni maggiormente critiche appositamente individuate sulla tavola n. 47_INT_BIS riferite sia alle fasi evolutive sia alle diverse configurazioni finali previste.

Rispetto alla configurazione prevista lungo la sezione R-R di progetto che presenta una scarpata di altezza pari a 23 m circa contenuta alla base da un muro in blocchi di 4 m di altezza si esegue una verifica con sovraccarico sulla pista dovuto al passaggio di un mezzo d'opera.

Il lavoro si completa con le verifiche di stabilità dei muri di contenimento/sostegno realizzati in massi di cava riquadrati nelle varie configurazioni previste.

Si riportano in allegato a parte i seguenti contributi che formano parte fondamentale delle integrazioni di carattere geologico tecnico e minerario:

ALLEGATO N. 2_ANALISI DI STABILITÀ DEI FRONTI DI CAVA

ALLEGATO N. 3_ANALISI DI STABILITÀ DEI PENDII IN MATERIALE DETRITICO

ALLEGATO N. 4_RELAZIONE IDROLOGICA/IDRAULICA - INTEGRAZIONI

1.7. ENTE DI GESTIONE DELLE AREE PROTETTE DELL'OSSOLA – REGIONE PIEMONTE

In funzione della variante in riduzione viene rielaborata la tavola n. 49_INT_BIS sulla quale si producono alcune planimetrie riportanti:

- il raffronto tra la zonizzazione del PRGC di Formazza vigente al 17/10/2007 e l'attuale perimetrazione richiesta in Variante al PRGC stesso;
- il raffronto tra le perimetrazioni della precedente autorizzazione alla coltivazione (D.D. n. 77 del 03/12/2014) e le nuove perimetrazioni richieste.

Dal confronto tra le perimetrazioni suddette si evince che l'area di cava attualmente richiesta in autorizzazione coincide con quella precedentemente autorizzata.

L'area di effettivo scavo in roccia a seguito degli accertamenti geologici eseguiti e del fenomeno di dissesto verificatosi nell'aprile 2022 è stata ridotta, privilegiando l'approfondimento nella zona inferiore dell'ammasso roccioso, già area di cava ed in particolare è stato ulteriormente ridotto il limite dell'intervento di scavo in roccia sul settore Est ancora parzialmente intonso. Non si modifica tuttavia il limite richiesto in autorizzazione per il taglio della vegetazione e l'esecuzione degli interventi di consolidamento della coltre di copertura glaciale presente alla sommità

L'area di ampliamento al monte, oggetto di diffida e di richiesta di accertamento di compatibilità paesaggistica, si configura esclusivamente come area di pertinenza per gli interventi di scopertura, già eseguiti, al fine di proseguire con il monitoraggio e la realizzazione degli altri presidi di sicurezza previsti (rete paramassi).

Restano confermate le considerazioni in merito alla valutazione degli impatti sull'avifauna e alle indicazioni per gli interventi di recupero ambientale riportati nelle integrazioni precedenti delle specifiche relazioni specialistiche.

1.8. SERVIZIO AMBIENTE SCARICHI RIFIUTI BONIFICHE - PROVINCIA VCO

La variante in riduzione di fatto non modifica l'impostazione del progetto di regimazione acque ma comporta la rielaborazione di tutte le tavole di progetto per adeguare, nelle varie fasi di coltivazione previste, la rete di canalette del sistema di regimazione delle acque superficiali e di cava con particolare riferimento all'andamento planimetrico nel settore Est che viene sostanzialmente preservato.

Non si modifica invece, come detto, l'impostazione che prevede una canalizzazione alla base dei fronti Nord e Ovest per raccogliere le acque di laminazione e corrivazione

portate dalle pareti di roccia prima che entrino in cava convogliandole direttamente verso l'alveo del Rio Crorello.

Sono confermate, con gli opportuni adeguamenti morfologici, le canalette lungo le rampe degli accumuli di sfridi che drenano le acque superficiali convogliandole sempre verso il Rio Crorello.

Si confermano anche le modalità di gestione e trattamento delle acque di lavorazione (taglio con filo diamantato) o di dilavamento delle aree di lavorazione che sono intercettate dalla apposita rete di canalette interne e convogliate verso la vasca di sedimentazione e chiarificazione da una canalizzazione definita centrale. In questo caso, trattandosi di superfici rocciose le canalette secondarie sono realizzate a ridosso delle pareti con cordoli di contenimento in detrito fine. Trattandosi comunque di superfici impermeabili l'eventuale dispersione confluisce comunque nella canaletta centrale, realizzata alla base della parte della cava inferiore che raccoglie l'intero contributo proveniente dell'area di lavorazione soprastante.

Le dimensioni della canaletta perimetrale (acque superficiali) e della canaletta centrale (acque di lavorazione) sono uguali e sono riportate nella tavola 53_INT_BIS: canaletta in terra di sezione trapezia, (0,7 m x 0,5 m) di profondità pari a 0,6 m circa.

Per quanto riguarda la separazione delle acque di lavorazione è stata rivista la posizione dei cordoli in detrito fine limitandone l'impiego in quanto in linea di principio la revisione della regimazione prevede la formazione di una canaletta centrale, trasversale all'intera area di cava (diretta circa Est-Ovest), realizzata in corrispondenza del passaggio tra il piazzale in roccia e l'accumulo detritico antistante/sottostante.

Nella fase iniziale (tavola 11_INT_BIS) la canaletta centrale si trova infatti alla base della parete che separa l'area di lavorazione dalla zona inferiore, nelle fasi finali viene invece realizzata sul piazzale stesso in prossimità del passaggio tra roccia e detrito.

Resta confermata anche la sostituzione della canaletta di scarico della vasca con una tubazione in PVC ($\varnothing=0,20$ m) per l'immissione delle acque trattate nell'alveo del Rio Pianezze che rappresenta un corso d'acqua minore, tuttavia, caratterizzato da un regime di portata perenne, anche nella stagione estiva.

Al riguardo si rimanda all'ulteriore integrazione riportata nell'Allegato N. 4 *"Relazione idrologica/idraulica-Integrazioni"* che viene riproposto e integrato per la definizione del regime di portata media annua in rapporto alla portata massimo di scarico dell'impianto di trattamento acque reflue di cava.

Analogamente resta confermato il metodo di abbattimento delle polveri, ovvero la rete di adduzione e distribuzione dell'acqua per il taglio con filo diamantato ed il borrhaggio dei fori da mina sarà utilizzata anche per alimentare all'occorrenza gli irrigatori manuali che permettono la regolare bagnatura delle aree di lavorazione. Si adeguano

semplicemente le varie superfici oggetto di periodica bagnatura con cisterna trasportata dalla pala gommata per le piste e piazzali di manovra in terra o dagli irrigatori manuali per le aree di cantiere estrattivo. Sono quindi state rielaborate le tavole n. 54_INT_BIS e 55_INT_BIS.

1.9. ARPA PIEMONTE

1.9.1. ASPETTI PROGETTUALI

Con la tavola n. 07_INT_BIS si aggiorna il rilievo dello stato di fatto (luglio 2025) riportando oltre alla posizione dell'attuale vasca di raccolta e chiarificazione delle acque di cava e tutte le gru-derrick attualmente presenti anche l'aggiornamento della coltre di copertura presente nel settore Est, interessata da parziale franamento a seguito dell'evento meteorico di carattere eccezionale del 15-17 aprile u.s..

Si ribadisce che con l'avanzamento del piano di coltivazione le gru-derrick saranno rimosse, ad esclusione di quella centrale che viene riposizionata sul margine orientale del sito, nella piazzola in roccia presenta a q. 1080 m circa.

In merito si precisa che le due gru-derrick presenti ai lati della cava storica non sono più in esercizio e saranno smantellate quando l'avanzamento il riempimento dei vuoti di coltivazione ne consente un accesso agevole ed in sicurezza.

Analogamente la gru sommitale (gradone q. 1117 m) interessata dal crollo sarà smantellata nel corso delle fasi iniziali del nuovo piano di coltivazione.

Si riporta inoltre l'attuale vasca di sedimentazione, alla base della parete della cava inferiore che scarica mediante una tubazione nella canaletta lato pista di accesso e da qui nel Rio Pianezze.

Con la variante in riduzione sono eliminate le prime fasi del progetto, che riguardavano essenzialmente l'evoluzione degli scavi nel settore Est fino alla completa sistemazione del rilevato previsto alla base del fronte.

Con la nuova soluzione si riducono le fasi evolutive alla Fase 1 che rappresenta la conclusione dei lavori di messa in sicurezza previsti in osservanza dei numerosi provvedimenti emanati ai sensi dell'art. 674 del DPR 128/59 e la successiva Fase 2 (ex 4) che comprende l'avvio delle operazioni di coltivazione con tutte le opere accessorie previste e descritte nel paragrafo iniziale.

Con la riduzione dei volumi estraibili viene riproposta la tabella degli scavi/riporti (riportata al paragrafo 1.3 e le relative tabelle delle stime di recupero e dei trasporti che sono di seguito aggiornate).

Restano valide e confermate le considerazioni in merito ai massi per scogliera e ad eventuali accumuli invenduti per i quali si ribadisce che attualmente la richiesta è

maggiore dell'offerta, sia per il mercato italiano sia per quello estero che vista la collocazione geografica riguarda essenzialmente la vicina Svizzera. Si conferma che anche con la variante in riduzione le stime progettuali, soprattutto per il primo quinquennio, superano volutamente l'effettiva potenzialità estrattiva al fine di garantire uno sfruttamento migliore del giacimento senza dover estendere l'attività a nuove aree circostanti in funzione della possibilità di estrarre roccia di buone caratteristiche commerciali.

In relazione a tale criterio il piano di coltivazione resta nettamente sbilanciato tra il primo quinquennio e quelli successivi proprio per evitare limitazioni alla migliore fruizione del giacimento e quindi dell'attività estrattiva all'interno dell'area di cava che sarà autorizzata e riguarda di fatto un settore già attivo di caratteristiche note.

Si tratta pertanto di stime indicative che trovano giustificazione grafica tra le fasi di scavo/riempimento e sono quindi progettualmente corrette e sostenibili; tuttavia, superano il reale fabbisogno produttivo e pertanto rispetto agli impatti sono certamente sovrastimate. Nella seguente tabella si riportano pertanto i computi con le percentuali di recupero basate sui valori medi delle cave della zona:

V_T = Volume complessivo movimentato	282.550 mc		
V₁ = Volume coltre detritica settore NE	2.000 mc circa		
V₂ = Volume accumulo crollo	12.760 mc circa		
<i>Recupero produttivo crollo (circa 30% V₂)</i>	<i>3.860 mc</i>		
<i>Sfridi e massi crollo (circa 70% V₂)</i>	<i>8.900 mc</i>	<i>7.120 mc massi (80%)</i>	<i>1.780 mc sfridi (20%)</i>
V_P = volume progetto 15 anni (V _T -V _D)	280.550 mc		
Piano di coltivazione	0 – 5 anni	5 – 10 anni	10 – 15 anni
V_E = Volume estraibile	124.500 mc	87.400 mc	68.500 mc
V_{EP} = Prodotto utile (75% V _E)	93.375 mc	65.550 mc	51.487 mc
<i>Blocchi da telaio (circa 25% V_{EP})</i>	<i>23.345 mc</i>	<i>16.388 mc</i>	<i>12.872 mc</i>
<i>Fresa e taglia-blocchi (circa 30% V_{EP})</i>	<i>28.012 mc</i>	<i>19.665 mc</i>	<i>15.446 mc</i>
<i>Blocchi per cordoli (circa 30% V_{EP})</i>	<i>28.012 mc</i>	<i>19.665 mc</i>	<i>15.446 mc</i>
<i>Massi per scogliera (circa 15% V_{EP})</i>	<i>14.006 mc</i>	<i>9.832 mc</i>	<i>7.723 mc</i>
<i>Sfridi di coltivazione – massi (circa 25% V_E)</i>	<i>31.125 mc</i>	<i>21.850 mc</i>	<i>17.162 mc</i>
TABELLA – N. 1			

Il volume dei massi per scogliera tiene conto anche del quantitativo che viene recuperato sia dalla sistemazione del materiale di crollo sia dalla sistemazione degli sfridi presenti nella cava inferiore nella movimentazione che si esegue per la realizzazione della pista di accesso carrabile nel corso del primo quinquennio, ovvero:

0-5 anni – 7.120 mc + 14.006 mc + 11.280 mc = 32.406 mc

5-10 anni – 9.832 mc

10 -15 anni – 7.723 mc

Nella tabella seguente si riportano i viaggi stimati in funzione dei volumi di progetto:

Tabella 2						
<i>Prodotto utile</i>	Configurazione	mc	0,3	n. viaggi	n. viaggi/anno	n. viaggi/d
	0-5 anni	93375	-----	6225	1245	5,7
	5-10 anni	65550	-----	4370	874	4,0
	10-15 anni	48304	-----	3220	644	2,9
<i>Massi scogliera</i>	Configurazione	mc	0,3	n. viaggi	n. viaggi/anno	n. viaggi/d
	0-5 anni	21174	27526	2294	456	2,1
	5-10 anni	15670	20370	1698	340	1,5
	10-15 anni	8524	11080	924	185	0,8
<i>Sfridi coltivazione e massi per scogliera in pezzatura ridotta</i>	Configurazione	mc	0,3	n. viaggi	n. viaggi/anno	n. viaggi/d
	0-5 anni	32406	42128	3511	702	3,2
	5-10 anni	9832	12782	1065	213	1,0
	10-15 anni	7723	10040	837	167	0,8

Nei computi dei volumi del piano di movimentazione degli sfridi si considera un incremento pari al 30% del valore iniziale, ottenuto in percentuale dal volume di roccia in posto, che viene misurato per confronto tra i vari elaborati di progetto.

In tutti gli altri passaggi relativi alla quantificazione dei movimenti terra si mantengono i volumi ottenuti direttamente dalla misura grafica in quanto relativi a cumuli di materiale sciolto a differenza del dato iniziale che invece è ricavato in percentuale (25%) dal volume di roccia estratta.

Analogamente non si incrementa ulteriormente il volume degli sfridi per il computo dei viaggi (tabella N. 2) essendo già considerato in cumulo, invece, nella tabella stessa, si applica un incremento del 30% al volume dei massi per scogliera ottenuto in misura percentuale dal volume di roccia o dai cumuli esistenti.

Per la gestione delle acque superficiali e di lavorazione si rimanda a quanto riportato al punto precedente (1.8.).

Si conferma che per l'abbattimento delle polveri si utilizza la cisterna con irrigatori trasportata con pala gommata per la viabilità e piazzali in terra; gli irrigatori manuali collegati alla rete di distribuzione utilizzata anche per le altre lavorazioni.

In merito alla gestione post recupero ambientale si precisa che sarà sostituito il tubo di scarico posizionato a monte del muro di sbarramento dell'impluvio senza nome con una canaletta in metallo per formare una linea di deflusso più naturale e autopulente.

Saranno inoltre praticati alcuni fori di diametro $\varnothing = 0,20$ m (analogo al diametro della tubazione in PVC esistente) sul lato sud del muro che resta invece a protezione dell'eventuale rotolamento di materiale detritico. I fori realizzati a diverse altezze (da 0,20 a 0,50 m dalla base del muro) avranno funzione di scarichi di troppo pieno nel caso di eventi molto intensi o eccezionali e/o di intasamento della canaletta o dei fori più bassi per presenza di materiale sedimentato.

Il deflusso a valle del muro, lungo il versante roccioso, seguirà quindi l'incisione già presente sul margine Ovest della parete del fronte. Per evitare fenomeni di erosione accelerata sul sottostante gradone in detrito si realizza, con gli interventi di recupero ambientale, un cumulo di blocchi per scogliera con funzione di rompi tratta.

L'acqua che scorre lungo la parete riduce la propria energia attraverso l'accumulo stesso e defluisce nella canaletta perimetrale che viene mantenuta anche con il recupero ambientale.

Per quanto riguarda gli interventi di recupero ambientale si rimanda alla relazione specialistica e alle tavole (n. 17_INT_BIS, 18_INT_BIS, 22_INT_BIS, 23_INT_BIS, 27_INT_BIS e 28_INT_BIS) nelle quali sono recepite le richieste con particolare riguardo alla densità e alla collocazione anche in scarpata degli impianti arborei.

Si allega l'integrazione della relazione previsionale di impatto acustico con una misura a cava attiva (operazioni di recupero massi e messa in sicurezza dell'accumulo di frana di cui al provvedimento art. 674 del D.P.R. 128/59) eseguita presso il recettore dell'abitato di Chioso come richiesto.

1.10. A.S.L. - V.C.O.

In merito alle osservazioni di cui alla nota prot. 6310 del 28/01/2025 si conferma che:

- sono state integrate le misure del rumore rispetto ai recettori sensibili (abitato di Chioso);
- per la diffusione delle polveri è prevista la bagnatura periodica delle aree di lavorazione e della viabilità sterrata che è limitata all'area estrattiva in quanto la pista di accesso è asfaltata;
- per gli impatti legati al traffico si riporta quanto già precisato nel paragrafo precedente ovvero che le stime del numero di viaggi per i trasporti è sovradimensionata in quanto subordinata alla previsione progettuale di volumi estraibili di gran lunga superiori al reale fabbisogno produttivo (con

particolare riguardo al primo quinquennio) al fine di poter gestire lo sfruttamento dell'intero giacimento disponibile in funzione delle richieste di mercato. L'incidenza dei trasporti a pieno regime resterà pertanto simile a quella della pregressa attività;

- per quanto riguarda gli aspetti agronomici e forestali si rimanda alla relazione specialistica che è stata appositamente integrata.

In merito alla propagazione dell'onda d'urto e ai rischi di proiezione del materiale abbattuto con esplosivo si precisa che nell'ambito dell'attività della pietra ornamentale l'impiego delle sostanze esplosive è normato del D.P.R. 128/59.

Il personale addetto è munito di apposito patentino da fochino e deve osservare le procedure indicate dall'art. 305 "Ordine di servizio per l'uso degli esplosivi":

"Le norme di cui al presente titolo sono riportate in ordine di servizio del direttore unitamente alle modalità con le quali sono condotte le singole operazioni. Tale ordine di servizio è sottoposto all'approvazione dell'ingegnere capo.

Trattandosi di una procedura operativa, intrinseca all'attività estrattiva della pietra ornamentale stessa, è stata standardizzata.

I quantitativi ordinari/giornalieri di esplosivo sono controllati e rilasciati a seguito di apposita licenza d'uso mediante attestazione ai sensi dell'art. 296 del D.P.R. 128/59 in funzione della tipologia di cava e di necessità produttiva.

1.11. SETTORE TECNICO REGIONALE – NOVARA E VERBANIA

Con riferimento alle richieste di integrazione di cui al parere del Settore Tecnico regionale per le Province di Novara e Verbania è stata predisposta una apposita planimetria catastale sulla quale sono indicate con campiture diverse le superfici demaniali del Rio Pianezze occupate (piste di cava e guado) e/o interne all'area autorizzata.

Nella legenda della tavola n. 56_INT_BIS sono riportate le seguenti aree e superfici:

- ✓ Area alveo attivo occupata e/o interna al perimetro di cava - Superficie 804 mq
- ✓ Area alveo dismesso occupata da pertinenze di cava (pista accesso) - Superficie 197 mq
- ✓ Area alveo attivo occupata da pertinenze di cava (guado pista accesso) - Superficie 29 mq
- ✓ Area alveo dismesso recuperata e esterna area di cava attiva - Superficie 578 mq

Si allegano inoltre a parte:

- ✓ istanza in bollo di rilascio della concessione demaniale ai sensi del D.P.G.R. 16/12/2022 n. 10/R
- ✓ ricevuta di versamento delle spese di istruttoria;
- ✓ autodichiarazione di assolvimento imposta di bollo.

La documentazione tecnica, di carattere idraulico e cartografico/progettuale, richiesta a corredo dell'istanza è già prodotta all'interno degli elaborati (relazioni e tavole grafiche) costituenti il progetto di coltivazione.

Domodossola (VB), 06 ottobre 2025

dott. geol. Claudio Gagliardi



SOMMARIO

1. PROGETTO DI COLTIVAZIONE – INTEGRAZIONE SPONTANEA.....	2
1.1. PREMessa.....	2
1.2. ASPETTI PROGETTUALI.....	2
1.2.1. AGGIORNAMENTO ELENCO TAVOLE DI PROGETTO	2
1.2.2. MODIFICHE PROGETTUALI.....	4
1.2.3. VARIANTE AL PIANO DI COLTIVAZIONE.....	7
1.2.4. PISTA DI ACCESSO AL PIAZZALE DI COLTIVAZIONE (Q. 1042 M – Q 1056 M) - VOLUMI SCAVO RIPOSTO E APPROVVIGIONAMENTO	8
1.2.5. SISTEMAZIONE E CONSOLIDAMENTO SCARPATA IN FRANA COLTRE DI COPERTURA GLACIALE E DETRITICA SETTORE EST	10
1.2.6. SISTEMAZIONE IDRAULICA ALVEO RIO PIANEZZE	44
1.2.7. MANUTENZIONE E GESTIONE MURO SOMMITALE IN C.A. POST RECUPERO AMBIENTALE.....	46
1.3. SETTORE CAVE E MINIERE - REGIONE PIEMONTE	47
1.4. SERVIZIO CAVE COMPATIBILITÀ AMBIENTALE – PROVINCIA VCO	51
1.5. SETTORE TECNICO PIEMONTE NORD – REGIONE PIEMONTE.....	52
1.5.1 SITUAZIONE AMMINISTRATIVA.....	52
1.5.2. STATO DI FATTO	53
ALLEGATO N. 1_STUDIO GEOMORFOLOGICO BACINO E CONOIDE RIO PIANEZZE	55
1.6. SETTORE GEOLOGICO – REGIONE PIEMONTE.....	68
ALLEGATO N. 2_ANALISI DI STABILITÀ DEI FRONTI DI CAVA.....	69
ALLEGATO N. 3_ANALISI DI STABILITÀ DEI PENDII IN MATERIALE DETRITICO	69
ALLEGATO N. 4_RELAZIONE IDROLOGICA/IDRAULICA - INTEGRAZIONI.....	69
1.7. ENTE DI GESTIONE DELLE AREE PROTETTE DELL’OSSOLA – REGIONE PIEMONTE	70
1.8. SERVIZIO AMBIENTE SCARICHI RIFIUTI BONIFICHE - PROVINCIA VCO	70
1.9. ARPA PIEMONTE.....	72
1.9.1. ASPETTI PROGETTUALI.....	72
1.10. A.S.L. - V.C.O.	75
1.11. SETTORE TECNICO REGIONALE – NOVARA E VERBANIA	77