



**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)

EVENTO DI DISSESTO DELLA PARETE NORD DEL FRONTE DI CAVA
ADEMPIMENTO: PROVVEDIMENTO DI SICUREZZA ART. 674 DEL D.P.R. 128/59
PROT. N. 6835/2022 DEL 22.06.2022
DIFFIDA PROT. 8130 DEL 22/07/2022 ART. 671 DEL D.P.R. 128/59 –
VERBALE ACCERTAMENTO E PRESCRIZIONE PROT. 129/A1906A DEL 09/01/2023
SETTORE POLIZIA MINERARIA, CAVE E MINIERE DELLA REGIONE PIEMONTE

**STATO AVANZAMENTO INDAGINI
DEL FRONTE NORD DI CAVA
RISULTATI E PROPOSTA DI INTERVENTO**

dott. geol. Claudio GAGLIARDI

Sede Legale: 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



Luglio 2023

1. RELAZIONE TECNICA

1.1. PREMESSA

A conclusione del piano di attività svolto in collaborazione con le società di consulenza esterna Ellegi s.r.l. LiSALab, per il monitoraggio interferometrico ed EG4RISK s.r.l., per lo studio di modellazione dell'instabilità e delle analisi numeriche agli elementi finiti in campo non lineare, si redige il presente stato di aggiornamento in merito alle indagini e valutazioni delle condizioni della parete del fronte Nord della cava Bort in Comune di Formazza e della conseguente proposta di intervento.

1.2. RIEPILOGO INDAGINI E CONSIDERAZIONI PRELIMINARI

Il precedente rapporto tecnico, dopo la conclusione dei lavori di scopertura della porzione sommitale del fronte, aveva permesso di elaborare il modello strutturale del versante Nord con particolare riferimento al settore Ovest e centrale della parete di cava nella configurazione residua post evento di dissesto.

Le informazioni desunte dall'elaborazione dei modelli topografici, ottenuti dalle nuvole dense di punti dei rilievi aerofotogrammetrici eseguiti con drone, hanno permesso di caratterizzare la giacitura dei tre piani di discontinuità principali, tre piani di faglia disposti a franapoggio con inclinazione variabile da 55° a 60° (immersione variabile da N165 a N175) le cui tracce sono riconoscibili anche sui fronti laterali Est ed Ovest.

Le indagini dirette, svolte mediante la realizzazione di fori esplorativi ispezionati con telecamera, hanno confermato anche in profondità la presenza di fratture, talvolta aperte e con circolazione di acqua; tuttavia, come riscontrabile dai profili trasversali (C-C, D-D, E-E) già trasmessi a maggio u.s., i dati rilevati in foro confermano un trend non perfettamente planare dei principali piani di discontinuità, che sono caratterizzati come faglie "listriche".

Sulla base dei dati ottenuti e soprattutto, per l'incertezza sul reale andamento e sulla continuità spaziale dei giunti in profondità, già con il precedente rapporto tecnico si sono raffigurati due scenari diametralmente opposti, entrambi finalizzati ad una definitiva risoluzione in merito alla valutazione della stabilità del fronte che potesse permettere la ripresa delle lavorazioni sul piazzale e una progettazione di sviluppo futuro.

Si descrivono di seguito le condizioni e le motivazioni sulla base delle quali sono stati individuate due diverse ipotesi di intervento.

Ipotesi di intervento n. 1

Nelle precedenti conclusioni preliminari era stata individuata come configurazione di definitiva stabilità una parete coincidente con il piano di faglia più profondo (giacitura variabile da Ovest – 165/49- ad Est – 169/74), con superficie di inviluppo ondulata disposta con giacitura a franapoggio, mediamente inclinata di 60° circa o, in alternativa, quantomeno il raggiungimento della

faglia intermedia (176/54), quella che costituisce la base (“letto”) della porzione di roccia parzialmente strapiombante presente sul lato Ovest del fronte residuo (“tetto” principale).

In entrambi i casi si era ipotizzato, per l'eliminazione della porzione potenzialmente instabile, un intervento di abbattimento con metodo misto esplosivo e filo diamantato (per il taglio laterale parallelo al fronte Ovest) di un consistente volume di roccia (da 15.000÷20.000 nel caso più profondo 8.000÷10.000 mc circa nel caso intermedio), stimato sulla base delle proiezioni geometriche in profondità dell'andamento delle faglie rispetto alla superficie topografica, quest'ultima misurata invece in modo rigoroso dopo l'ultimo rilievo fotogrammetrico eseguito al termine della completa scopertura dell'ammasso roccioso.

In questa fase preliminare era stata esclusa l'eventualità di eseguire solo la profilatura della porzione aggettante più superficiale per la seguente motivazione:

non appare invece praticabile una soluzione di intervento più “leggero” ovvero limitato alla profilatura superficiale del versante, cioè alla porzione superiore del tetto strapiombante, che è limitata alla base dalla faglia più superficiale con volumetria variabile da 2.000÷3.000 mc circa.

In questo caso, l'intervento di asportazione dello strato superficiale potrebbe certamente alleggerire la porzione strapiombante ma, a causa dell'andamento non planare delle faglie e della possibile intersezione tra giunti con giacitura variabile, potrebbe compromettere l'attuale condizione di apparente “stabilità complessiva” (dopo l'evento non si sono più registrati distacchi neppure delle lastre e dei cunei di minori dimensioni) liberando, per intersezione sfavorevole alla base del ciglio di frana, la porzione di ammasso retrostante, in qualche misura già isolato o quantomeno delimitato dalla faglia più profonda.

Appare evidente che l'insorgere di ulteriori fenomeni di cinematiso o un peggioramento delle condizioni di stabilità del settore di versante potrebbe creare una situazione di grande rischio e di estrema difficoltà di gestione delle eventuali operazioni di messa in sicurezza.

Ipotesi di intervento n. 2

Considerando le incertezze circa le modalità e l'entità di un intervento di “bonifica” realizzabile mediante uno o più abbattimenti con mine di profilatura della parete nord, soprattutto in relazione alla necessità di non perturbare inutilmente un eventuale condizione di equilibrio apparentemente raggiunta dopo il secondo crollo, avvenuto ad aprile del 2022, o addirittura di compromettere la fattibilità di un intervento di definitiva messa in sicurezza, si è deciso di implementare le indagini per acquisire ulteriori elementi di valutazione: sia sull'assetto strutturale della parete sia soprattutto per eseguire una analisi numerica delle condizioni di stabilità/instabilità della configurazione attuale, avendo la possibilità di parametrizzare l'ammasso roccioso analizzando a ritroso l'evento di dissesto avvenuto.

Al riguardo è stato predisposto e presentato, con il rapporto tecnico datato maggio 2023, un piano di attività finalizzato alla valutazione delle condizioni di stabilità attuali e dei possibili scenari di distacco e di intervento mediante modellazione numerica a elementi finiti del versante oggetto di dissesto, supportato dall'acquisizione di nuovi dati mediante monitoraggio Ground-Based Radar (sistema GBInSAR LiSALab) per valutare l'eventuale deformazione dell'ammasso roccioso.

Domo Graniti si è pertanto avvalsa della consulenza specialistica della società EG4RISK, spin-off dell'Università degli Studi di Milano Bicocca (prof. Giovanni Crosta, Ordinario di geologia applicata e prof. Paolo Frattini, Ordinario di geologia applicata) per una analisi di stabilità agli elementi finiti e con il contributo della società Ellegi s.r.l. per la componente relativa al monitoraggio interferometrico dell'intera parete Nord di cava.

Sono state inoltre nuovamente acquisite le ispezioni dei fori esplorativi mediante telecamera per un ulteriore controllo circa l'effettiva apertura e profondità delle fratture principali valutando, a distanza di alcuni mesi, la presenza di acqua.

Sarà infine definitivamente posizionato il sistema di monitoraggio estensimetrico costituito da:

- unità di acquisizione e trasmissione dati, alimentata da pannello solare e batteria tampone, con possibilità di impostare soglie di allarme ed invio di SMS di allerta;
- 3/5 fessurimetri con trasduttore potenziometrico, per il controllo di eventuale apertura delle fratture più significative.

1.3. RISULTATI DEL PIANO DI ATTIVITÀ

Il monitoraggio radar, installato per 11 giorni, dal 3 al 12 maggio u.s., non ha registrato alcun movimento della parete e costituisce la misura di Zero che sarà replicata almeno una volta durante il periodo estivo e successivamente a distanza di un anno, nella prossima primavera, per un confronto con un ciclo stagionale completo in rapporto alle massime oscillazioni delle temperature e dei potenziali effetti del gelo-disgelo.

Dopo la prima misura, l'assenza di deformazione della parete ha tuttavia confermato quanto riscontrato dai ripetuti controlli visivi circa la condizione di stabilità raggiunta dopo il secondo evento di crollo, verificatosi in data 24 aprile 2022.

Infatti, come già segnalato in precedenza, nonostante l'apparente criticità di alcune porzioni di roccia presenti in parete, non sono stati riscontrati distacchi o ulteriori crolli, di placche e cunei isolati e disarticolati tuttora visibili sul fronte, neppure durante le operazioni di scarico della coltre detritica e glaciale (2.500 mc circa) eseguita a monte del ciglio di cava per la completa scoperta dell'ammasso roccioso.

I risultati e le specifiche tecniche e metodologiche di dettaglio del monitoraggio sono riportati nello studio specialistico che si allega integralmente alla presente.

Dopo aver acquisito il dato di monitoraggio interferometrico si è quindi passati allo studio di modellazione dell'instabilità di versante mediante analisi numeriche agli elementi finiti in campo non lineare della parete medesima.

Anche in questo caso per l'esame e la valutazione dei risultati e dei metodi applicati si allega lo studio completo redatto dalla società EG4RISK s.r.l. spin-out dell'Università di Milano Bicocca.

In breve, si evidenzia che lo studio, potendo disporre dei modelli topografici 3D, ottenuti dalle nuvole di punti delle riprese fotogrammetriche da drone, riferiti al fronte di cava nelle configurazioni ante e post eventi di dissesto ha elaborato l'analisi di stabilità partendo dalla configurazione ante crollo, assunta come condizione di equilibrio limite, per ottenere con analisi a ritroso i parametri di resistenza dell'ammasso applicabili alla configurazione attuale.

L'elaborazione dei modelli tridimensionali ha permesso di valutare in modo preciso i volumi di crollo, quelli della scopertura della coltre detritico-morenica ed infine i volumi dei tre "blocchi" o porzioni di ammasso che formano la parte Ovest del fronte e sono apparentemente isolati dalle tre faglie disposte a franapoggio, pertanto potenzialmente instabili e soggetti a nuovi ulteriori distacchi.

Sotto il profilo volumetrico la misura di precisione eseguita mediante il confronto tra i modelli 3D del versante conferma l'ordine di grandezza del volume massimo potenzialmente instabile e/o da eliminare per raggiungere la superficie di faglia più profonda che risulta pari a 18.000 mc di roccia, così suddivisi:

blocco superficiale	1.500 mc
blocco intermedio	4.500 mc
blocco profondo	12.000 mc

Nell'elaborazione numerica i piani di discontinuità che delimitano i tre blocchi sono stati tracciati con giacitura costante e dunque secondo le ricostruzioni geometriche tridimensionali elaborate dai modelli 3D, ovvero misurando le giaciture in parete mediante campionamento manuale dei punti direttamente dalla nuvola densa con raggio di selezione variabile ("best-fit plane" – metodo dei minimi quadrati) e proiettando in profondità il piano medio così ottenuto.

I dati diretti rilevati dalle ispezioni dei fori esplorativi sono stati utili per valutare/definire la presenza e l'andamento delle tre faglie principali e per confermarne l'effettiva persistenza rispetto all'intera porzione o blocco analizzato.

Non sono state invece ipotizzate superfici con andamento ondulato, ottenute per correlazione tra i diversi fori esplorativi, a causa del grado di incertezza determinato dall'assenza di una maglia sistematica di perforazioni che permettesse di collegare con precisione i dati misurati nei singoli sondaggi.

Si precisa che se i dati in foro hanno confermato la presenza in profondità ed un trend ondulato della giacitura dei tre piani principali di frattura, invece l'assunzione di tre livelli discontinui, perfettamente planari e completamente persistenti rappresenta una condizione maggiormente cautelativa per l'analisi di stabilità eseguita mediante la tecnica della *Shear Strength Reduction*: tale fase di modellazione prevede la riduzione dei parametri meccanici dell'ammasso roccioso (in particolare, della sola superficie di scorrimento), fino al raggiungimento della condizione di rottura.

Rimandando alla specifica relazione specialistica si anticipa che il risultato dell'analisi di stabilità agli elementi finiti indica che i volumi dei blocchi suddetti, ovvero che la configurazione del fronte attuale risulta stabile e pertanto, almeno nel breve medio termine, non si rende necessario alcun intervento di profilatura, rimandando l'eventuale risagomatura del fronte nell'ambito di un

piano di coltivazione autorizzato che preveda la ripresa dei lavori dall'alto con la formazione di un gradone di ciglio in avanzamento da Est, zona esterna alla parete oggetto di dissesto, verso Ovest.

L'intervento di profilatura, oggetto di specifica progettazione nell'ambito del prossimo piano di coltivazione, sarà comunque subordinato all'esito del monitoraggio della parete stessa e soprattutto, grazie alla possibilità di poter impostare i lavori di coltivazione sul lato esterno, verrà verificata in corso d'opera l'effettiva fattibilità e le modalità operative dell'eventuale profilatura.

1.4. PROPOSTA DI INTERVENTO

Il risultato che emerge dall'esito del piano di attività permette di considerare una duplice possibilità per la ripresa dei lavori di coltivazione e più in generale dell'utilizzo dell'area di cava, ovvero:

1. una prima fase che prevede l'immediata ripresa dell'attività sul piazzale principale limitata al recupero parziale del materiale crollato e della bancata già staccata presente sul lato Ovest dello stesso mediante una autorizzazione temporanea per la lavorazione dei massi giacenti su piazzale;
2. una seconda fase che prevede la ripresa dell'attività estrattiva ordinaria sulla base di una variante al precedente piano di coltivazione che sarà oggetto di nuova istanza di autorizzazione.

Il conseguimento di un risultato positivo in relazione alla condizione di stabilità della configurazione attuale della parete residua del fronte Nord di cava, immutata dopo il dissesto verificatosi in data 13 e 24 aprile 2022, è stato ottenuto mediante l'assunzione di condizioni prudenziali, anche grazie alla possibilità di dedurre i parametri di resistenza dell'ammasso roccioso con analisi a ritroso partendo dalla configurazione ante crollo.

Sulla base delle evidenze e dei riscontri diretti che a distanza di oltre un anno non hanno mostrato alcuna ulteriore evoluzione del dissesto, neppure durante le operazioni di scopertura e delle successive perforazioni esplorative, nonché del favorevole esito della prima campagna di monitoraggio e delle analisi di stabilità agli elementi finiti Domo Graniti intende proporre il seguente programma di interventi per procedere alla graduale e definitiva ripresa dell'attività estrattiva nella cava Bort.

Il programma di interventi si articolerà sostanzialmente nelle seguenti fasi:

- 1) ripetizione programmata del monitoraggio radar nel periodo estivo e a distanza di un anno dalla misura di Zero;
- 2) installazione di un monitoraggio con trasduttori di spostamento (estensimetri) posizionati in corrispondenza delle fratture più significative rilevate topograficamente con antenna GPS oltre il ciglio di cava che corrispondono verosimilmente alle emergenze dei piani di scivolamento principali. Il sistema è dotato di Datalogger per l'acquisizione delle misure con possibilità di scarico dei dati da remoto e di sistema di allarme con sirena per l'area di cava;

- 3) installazione in prossimità del ciglio del “blocco n. 1”, ovvero della porzione più superficiale aggettante di un sismografo per la misura delle vibrazioni indotte dalla ripresa dell'attività estrattiva in cava;
- 4) intervento di pulizia mediante disgaggio manuale eseguito da “rocciatori abilitati” dell'intera parete del fronte nord di cava per l'eliminazione di placche e cunei di roccia disarticolati e verosimilmente instabili;
- 5) richiesta di rilascio della specifica attestazione ai sensi dell'art. 296 del D.P.R. 128/59 per il quantitativo di esplosivo necessario per l'immediato recupero del materiale crollato “giacente sul piazzale di cava alla base del fronte Nord” per un periodo di circa 8 mesi dal rilascio dell'autorizzazione, considerando la quantità di materiale presente, la sospensione per le festività di fine anno e il prossimo periodo invernale. Per una precisa indicazione dell'area di intervento per il recupero del materiale crollato e di quello già staccato dal fronte si fa riferimento ai settori indicati nell'estratto del rilievo fotogrammetrico di seguito allegato;
- 6) elaborazione, redazione e deposito per la prevista istruttoria tecnica di una variante al precedente piano di coltivazione, per il quale era stata inoltrata istanza di rinnovo prima della scadenza. Il nuovo progetto prevederà la ripresa della coltivazione sull'intera area di cava con adeguamento della configurazione finale di scavo ed in particolare del profilo finale del fronte Nord in funzione dell'evento di dissesto, delle risultanze delle analisi di stabilità agli elementi finiti e degli ulteriori dati che saranno ottenuti dai monitoraggi in programma. Nella progettazione saranno valutati e dimensionati anche eventuali interventi di profilatura del fronte nord e naturalmente tutti gli eventuali presidi di sicurezza ritenuti necessari.

Si allegano alla presente:

1. relazione di calcolo dei modelli numerici FEM (EG4RISK s.r.l.);
2. report - servizio di monitoraggio di tipo “periodical check” per il controllo delle deformazioni della cava Bort utilizzando il sistema GBInSAR LiSALab (Ellegi s.r.l.)

Trontano (VB), 26 luglio 2023

dott. geol. Claudio Gagliardi



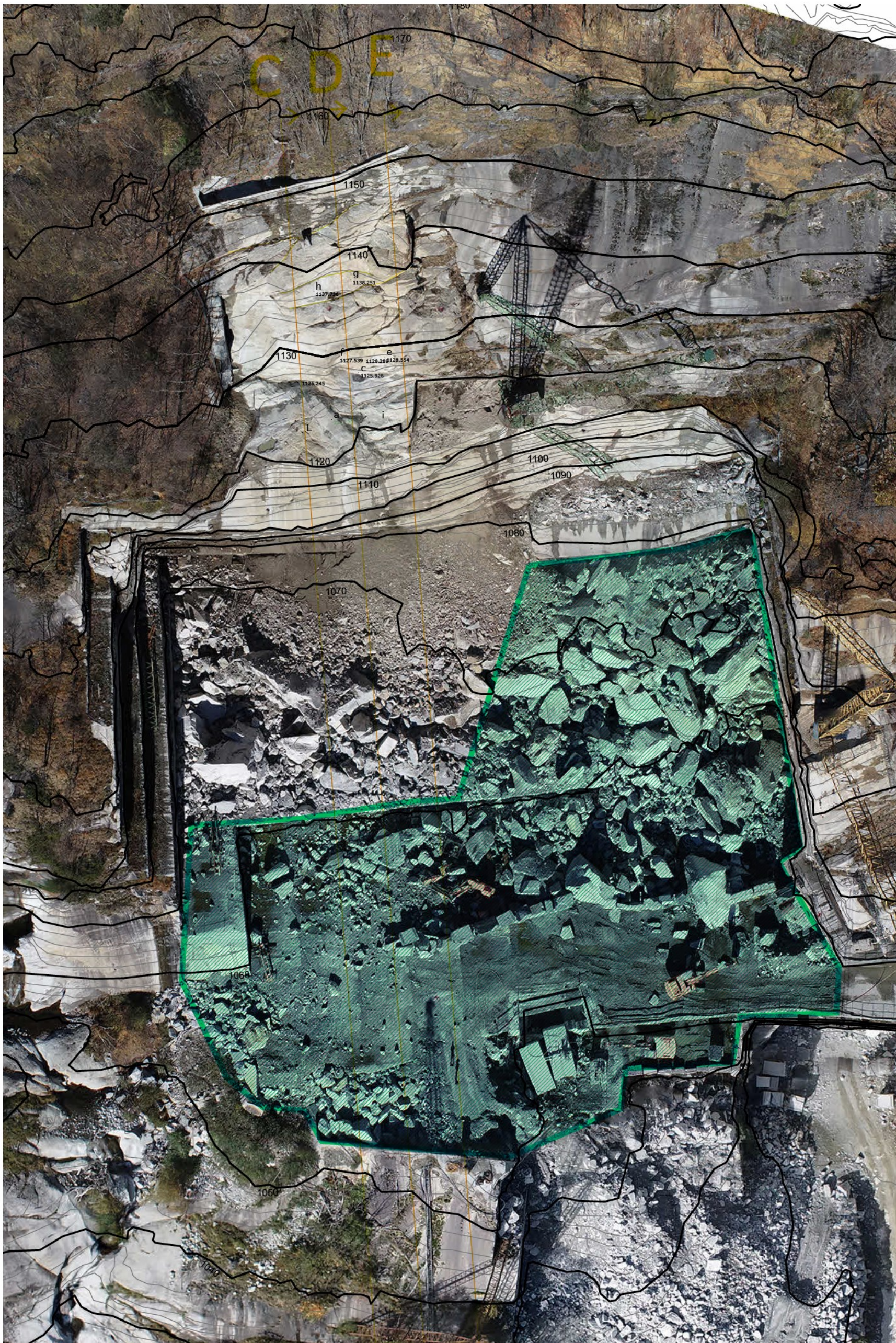


IMMAGINE ESTRATTA DAL RILIEVO AEROFOTOGRAMMETRICO DATATO NOVEMBRE 2022 SU CUI SI EVIDENZIA L'AREA DI PIAZZALE PER IL RECUPERO DEL MATERIALE CROLLATO E DELLA BANCATA STACCATA PRESENTE NEL SETTORE OVEST (SINISTRA).

Sommario

1. RELAZIONE TECNICA	2
1.1. PREMessa.....	2
1.2. RIEPILOGO INDAGINI E CONSIDERAZIONI PRELIMINARI	2
1.3. RISULTATI DEL PIANO DI ATTIVITÀ.....	4
1.4. PROPOSTA DI INTERVENTO	6