



**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 - 2**

**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*



Dicembre 2023

## 1. NOTA TECNICA – PROPOSTA DI INTERVENTO 2

### 1.1. PREMESSA

Con la presente si produce un nuovo stato di avanzamento dei lavori inerenti al piano di indagini geologiche e geostrutturali condotte per la verifica delle condizioni di stabilità della parete del fronte Nord della Cava Bort.

In particolare, a seguito dei risultati delle indagini e dei monitoraggi sino ad ora ottenuti si descrivono di seguito sia gli interventi conclusivi per la “bonifica” della parete suddetta sia gli interventi di sistemazione del sottostante accumulo che risultano propedeutici alla successiva attività di prelievo e recupero di una consistente parte dei massi e blocchi giacenti sul piazzale, che formano l'accumulo di crollo sul quale è stata scaricata la coltre di copertura detritica presente al ciglio di cava per poter ispezionare direttamente lo stato dell'ammasso roccioso.

Si allegano inoltre alcune tavole grafiche (planimetrie e sezioni) riportanti le configurazioni della cava ante e post evento di dissesto con una proposta di sistemazione del piazzale finalizzata al recupero produttivo del materiale crollato operando in condizioni di sicurezza.

### 1.2. RIEPILOGO INDAGINI, MONITORAGGI E RISULTATI

Si riporta, dai precedenti rapporti tecnici, una sintesi delle indagini sino ad ora eseguite:

*.....dopo la conclusione dei lavori di scopertura della porzione sommitale del fronte, è stato possibile elaborare un 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  $55^{\circ}$  a  $60^{\circ}$  (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.*

*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.*

*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 scopertura dell'ammasso roccioso.*

*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:*

<i>blocco superficiale</i>	<i>1.500 mc</i>
<i>blocco intermedio</i>	<i>4.500 mc</i>
<i>blocco profondo</i>	<i>12.000 mc</i>

*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.*

*Nel mese di agosto 2023 è stata eseguita la seconda campagna di monitoraggio interferometrico per il controllo delle condizioni di stabilità della parete del fronte Nord*

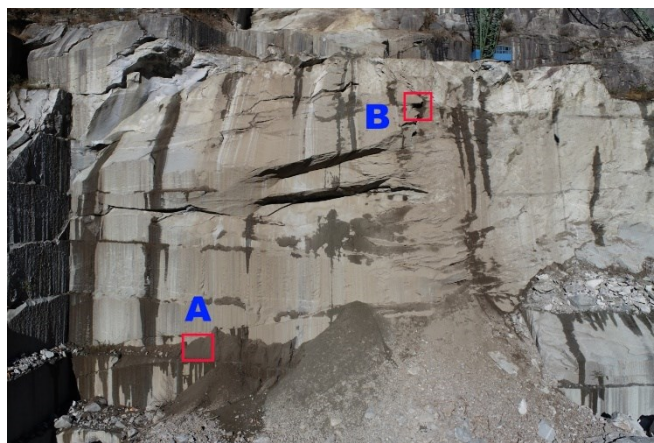
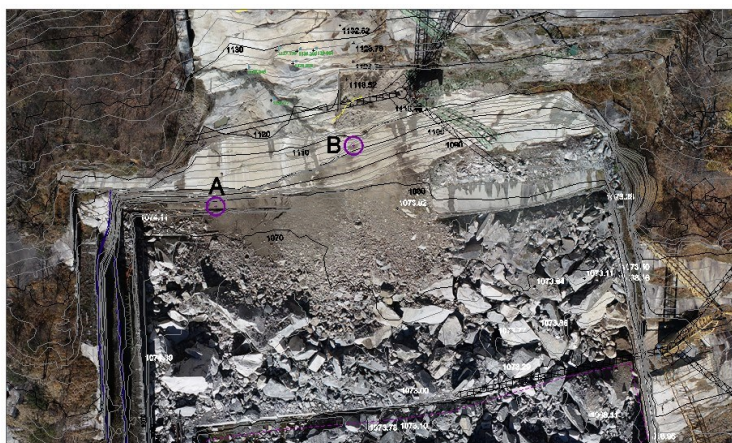
*Come dettagliatamente descritto nella relazione tecnica specialistica il risultato della seconda campagna di monitoraggio conferma la completa stabilità della parete del fronte Nord sia rispetto al periodo di misura sia soprattutto dal confronto con il risultato della prima campagna di monitoraggio svolta a maggio 2023.*

*In particolare, con la presente si allegano due immagini che chiariscono direttamente sulla ripresa fotografica del fronte la posizione dei due punti (A e B), descritti nel report suddetto, rispetto ai quali si è registrato un minimo spostamento in avvicinamento (-1,5 mm), superando la precisione strumentale.*

*Si propone uno stralcio del rilievo topografico sul quale sono stati posizionati in modo rigoroso i punti A e B mediante le coordinate riportate nel report di monitoraggio ed una seconda immagine, indicativa ma corretta, corrispondente ad una ripresa frontale da drone da cui si evince in modo chiaro che i movimenti registrati corrispondono:*

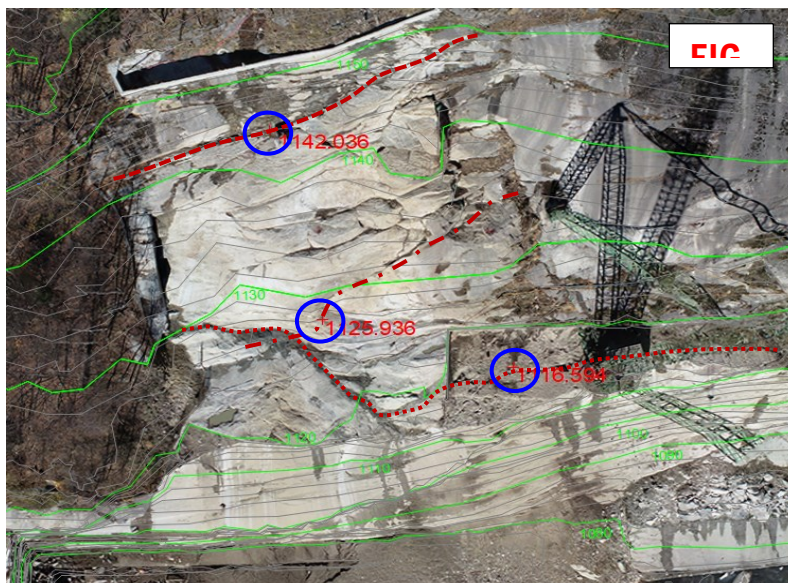
- *punto A cumulo di terra depositato alla base della parete evidentemente dilavato dallo scorrimento di acque superficiali;*
- *punto B placca di roccia disarticolata appoggiata in parete che sarà oggetto di adeguato intervento di disaggio manuale da parte di rocciatori abilitati, attualmente in fase di predisposizione, per la pulizia superficiale dell'intera parete del fronte preliminare alla ripresa delle lavorazioni sul piazzale sottostante.*

*L'aggiornamento conferma le condizioni di stabilità della parete e si resta pertanto in attesa di riscontro da parte del competente Servizio di Polizia Mineraria per il proseguimento delle attività proposte nel programma dei lavori depositato nel mese di luglio u.s.*





*Nel mese di ottobre u.s. è stato infine attivato il sistema di monitoraggio estensimetrico in continuo sulle tre fratture principali emergenti oltre il ciglio di cava a seguito dell'asportazione della coltre di copertura naturale presente.*



*Il sistema, in questa prima fase in assenza di uno storico, esegue una misura ogni 30 min. I valori fino ad ora ottenuti confermano la stabilità della porzione di ammasso roccioso delimitata dalle fratture suddette che definiscono i tre “blocchi” individuati e verificati in condizioni di stabilità con le analisi agli elementi finiti.*

*Si registra un comportamento delle fratture di tipo geologico, ovvero una normale deformazione in risposta dell'andamento della temperatura che determina un trend di apertura/chiusura dei giunti con spostamenti dell'ordine di 0,5÷2 decimi di millimetro.*

*In particolare, tale comportamento è riconoscibile soprattutto nei primi 15 giorni del mese di ottobre, caratterizzati da temperature diurne oltre le medie stagionali, considerando che il versante è esposto in modo favorevole.*

*Dal 20 ottobre in poi con l'abbassamento delle temperature si registrano invece oscillazioni minime con un normale trend in apertura delle fratture per contrazione dell'ammasso roccioso, dell'ordine di 2,0÷5,0 decimi di millimetro.*

### **1.3. FASE OPERATIVA**

#### **1.3.1. ISPEZIONE PARETE E DISGAGGI MANUALI E CON PICCOLE CARICHE DI ESPLOSIVO**

Nel mese di novembre è stato infine possibile eseguire una prima ispezione in parete da parte di rocciatori abilitati per il controllo e l'eventuale disgaggio manuale di piccole porzioni o placche di roccia instabili. L'intervento che si estende a tutta la superficie della parete si è inizialmente concentrato con particolare attenzione alla placca di roccia disarticolata, presente al centro del fronte (punto B dell'immagine a pag. 5), che rappresenta l'unico elemento critico in cui è stato registrato un minimo movimento (circa 1,5 mm) con il monitoraggio interferometrico radar,

riscontrato mediante il confronto dei risultati delle due campagne di misura eseguite a maggio e ad agosto 2023. La placca di dimensioni metriche è stata disgiunta manualmente dai rocciatori.

Nel corso dell'indagine diretta è invece emersa la potenziale instabilità di una massa di roccia presente nell'angolo Est della parete, che non evidenzia alcun movimento rispetto ai dati di monitoraggio, ma da un controllo ravvicinato appare, in parte staccata dalla parete principale e nel complesso disarticolata e attraversata da numerose fratture con giacitura a franapoggio.



RIPRESA FOTOGRAFICA (PRECEDENTE ALL'INTERVENTO DEI ROCCIA TORI): SI EVIDENZIA IN COLORE ROSSO LA PORZIONE DISARTICOLATA PRESENTE NELL'ANGOLO EST DEL FRONTE CHE DEVE ESSERE DISGAGGIATA E CON COLORE AZZURRO LA PLACCA INSTABILE CHE È STATA DISGAGGIATA MANUALMENTE.



RIPRESA FOTOGRAFICA (SUCCESSIVA AL PRIMO INTERVENTO DEI ROCCIA TORI): SI EVIDENZIA IN COLORE ROSSO LA PORZIONE DISARTICOLATA PRESENTE NELL'ANGOLO EST DEL FRONTE CHE DEVE ESSERE DISGAGGIATA E CON COLORE AZZURRO LA POSIZIONE DELLA PLACCA INSTABILE CHE È STATA DISGAGGIATA MANUALMENTE.

Si è pertanto valutato di eseguirne la completa asportazione mediante l'impiego di piccole cariche di esplosivo.

Dalle misure eseguite dalla nuvola di punti del modello topografico tridimensionale si ottiene una volumetria complessiva pari a 65÷70 mc circa.

L'intervento, che sarà eseguito dalla ditta specializzata PERFOR s.r.l., prevede la perforazione manuale a partire dalla porzione sommitale con caricamento di cartucce di dinamite ( $\varnothing = 25$  mm) in fori collegati con miccia detonante ed innesco con detonatori elettrici.

In funzione dell'esito del primo sparo si procederà eventualmente al posizionamento di ulteriori piccole cariche fino ad ottenere il completo disgaggio della porzione fratturata.

Si predispone pertanto la specifica richiesta per il rilascio dell'attestazione ai sensi dell'art. 296 del D.P.R. 128/59 per l'utilizzo per un periodo di tempo variabile da 3 a 5 giorni per un quantitativo complessivo di esplosivo stimato pari a:

seconda categoria (dinamite in cartucce di diametro $\varnothing = 25$ mm)	100 kg
miccia detonante (12 g/m)	500 m
detonatori elettrici	n. 200

La richiesta viene fatta per il quantitativo complessivo che potrà essere suddiviso in funzione della suddetta previsione in un quantitativo giornaliero che consideri un impiego per un periodo variabile da 3 a 5 giornate.

### **1.3.2. SISTEMAZIONE MORFOLOGICA DELL'ACCUMULO CON ESCAVATORE RAGNO**

In successione temporale, dopo aver completato l'intervento di bonifica della parete, si prevede di intervenire sul sottostante accumulo per procedere mediante l'impiego di un escavatore-ragno all'esecuzione dei seguenti interventi preliminari:

1. formazione di una piazzola sul cumulo di materiale detritico più fine, costituito dalla coltre di copertura scaricata dal ciglio di cava per la pulizia dell'ammasso roccioso, sulla quale sarà successivamente posizionato un escavatore cingolato di medie dimensioni per la sistemazione dell'accumulo stesso;
2. completa pulizia con il ragno del gradone in roccia di quota 1076 m ca. che risulta coperto da un accumulo di detrito in pezzatura medio fine, in posizione sovrastante l'accumulo di massi oggetto di successivo recupero. L'intervento consente di mettere in sicurezza da eventuali rotolamenti di materiale l'area sottostante.

Dopo aver eseguito i due interventi suddetti sarà posizionato sulla piazzola centrale, realizzata dal ragno, un escavatore cingolato per eseguire la sistemazione del materiale detritico in pezzatura medio fine. L'intervento (come evidenziato nelle tavole di progetto allegate alla presente) prevede di spianare e livellare il materiale alla base della parete in modo da eliminare la possibilità



di rotolamento e franamento del materiale stesso andando a costituire un gradone in terra di larghezza variabile da 5÷10 m ca. alla base della parete principale.

Parte del materiale detritico sarà inoltre utilizzato per formare una breve rampa che permetta di accedere alla sommità della porzione laterale Est dell'accumulo di frana (quella sottostante il gradone di roccia che viene preliminarmente ripulito con il ragno).

Si realizza in questo modo un accesso dall'alto al cumulo di frana che permetterà nel prosieguo dei lavori di operare dall'alto durante il recupero produttivo dei massi di maggiori dimensioni.

La movimentazione dei macchinari (escavatore-ragno e cingolato) e dei blocchi che saranno successivamente recuperati viene eseguita con la gru-derrick posizionata nel settore Est (derrick di colore giallo) non interessato da alcun tipo di dissesto che è stata recentemente revisionata.

### ***1.3.3. INTERVENTO DI LAVORAZIONE MASSI GIACENTI SUL PIAZZALE***

Al termine delle suddette fasi preliminari, in funzione dell'esito delle stesse, si procederà infine all'attività di recupero e lavorazione dei massi presenti sul piazzale.

Al riguardo sarà predisposta apposita istanza di attestazione ai sensi dell'art. 296 del D.P.R. 128/59 per i quantitativi di esplosivo giornalieri necessari definendo inoltre la tempistica dell'intervento, che si prevede di durata annuale, in relazione al quantitativo presente e alla complessità delle operazioni di recupero dei massi accumulati.

Le operazioni di recupero prevedono infatti di operare dal piazzale principale (q. 1056 m ca) per il prelievo dei massi sparsi presenti fino al piede dell'accumulo principale che si trova nell'angolo Est del piazzale stesso.

La fase successiva prevede invece di operare dall'alto, dalla piazzola realizzata nella sistemazione preliminare, per recuperare i massi liberando progressivamente quelli sepolti che, in una eventuale fase successiva, potranno essere recuperati anche operando dal basso una volta messi in sicurezza.

Si tratta di operazioni che saranno valutate in progressione e costantemente monitorate e verificate in corso d'opera.

## 1.4. CONCLUSIONI

Si allegano in conclusione i risultati del monitoraggio estensimetrico in continuo che confermano un assetto stabile della parete di cava e permette quindi di sviluppare nell'immediato il programma dei lavori sopra descritto.

I dati (esattamente due mesi di registrazioni con frequenza di 30 min) confermano un leggero trend in apertura delle fratture di tipo geologico ovvero connesso al progressivo calo delle temperature; in particolare si registra il maggiore scarto rispetto alla frattura più profonda e verosimilmente più estesa pari a 0,56 mm e circa 0,2 mm per le altre due fratture.

Si precisa che nel mese di gennaio in concomitanza con il periodo di freddo più intenso (fatto salvo eventuale innevamento) sarà completato il ciclo delle misure di monitoraggio radar estese all'intera parete di cava per confronto con le misure precedenti (maggio-agosto).

Si precisa infine che sulla base dell'esito dei lavori di bonifica della parete e del ciclo completo dei risultati del monitoraggio radar sarà predisposta la configurazione finale del nuovo piano di coltivazione finalizzato alla ripresa dell'attività produttiva regolare sull'intera area di cava.

Trontano (VB), 05 dicembre 2023



dott. geol. Claudio Gagliardi

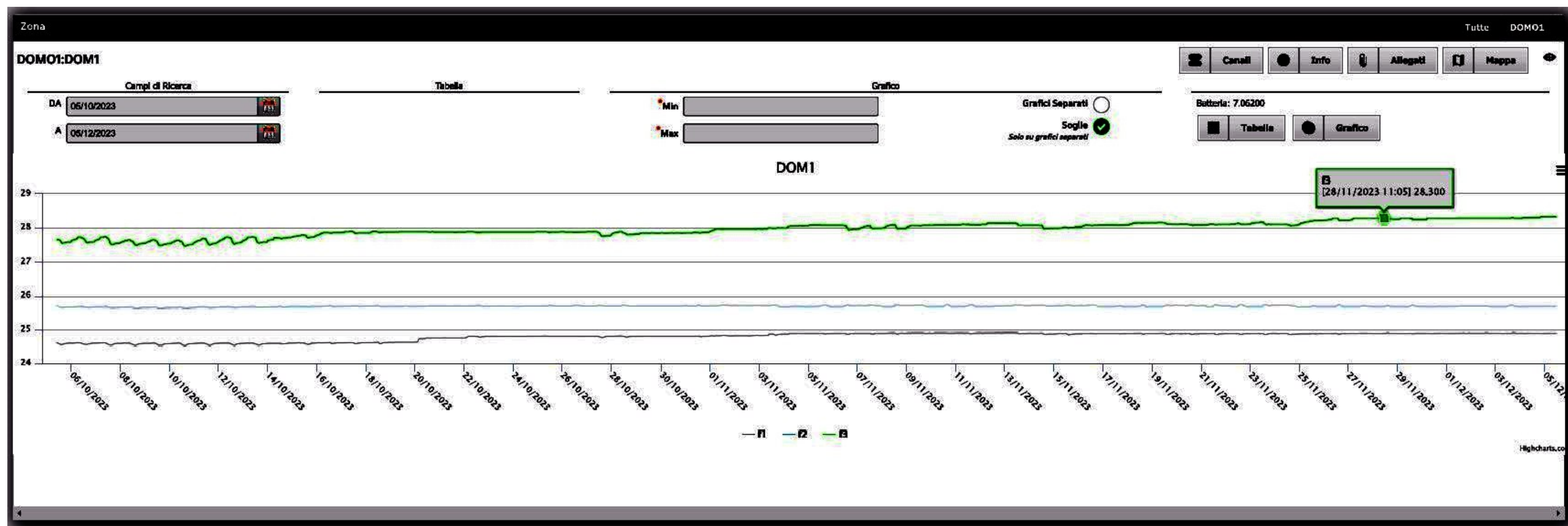


IMMAGINE ESTRATTA DAL RILIEVO AEROFOTOGRAMMETRICO DATATO NOVEMBRE 2022 SU CUI SI EVIDENZIA L'AREA DI PIAZZALE PER IL RECUPERO DEL MATERIALE CROLLATO E DELLA BANCATA STACCATO PRESENTE NEL SETTORE OVEST (SINISTRA).

## Sommario

<b>1. NOTA TECNICA – PROPOSTA DI INTERVENTO 2.....</b>	<b>2</b>
<b>1.1. PREMESSA.....</b>	<b>2</b>
<b>1.2. RIEPILOGO INDAGINI, MONITORAGGI E RISULTATI.....</b>	<b>2</b>
<b>1.3. FASE OPERATIVA .....</b>	<b>6</b>
1.3.1. ISPEZIONE PARETE E DISGAGGI MANUALI E CON PICCOLE CARICHE DI ESPLOSIVO .....	6
1.3.2. SISTEMAZIONE MORFOLOGICA DELL'ACCUMULO CON ESCAVATORE RAGNO .....	8
1.3.3. INTERVENTO DI LAVORAZIONE MASSI GIACENTI SUL PIAZZALE .....	9
<b>1.4. CONCLUSIONI.....</b>	<b>10</b>