



**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**  
**MONITORAGGIO ESTENSIMETRICO**

**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*



Settembre 2023

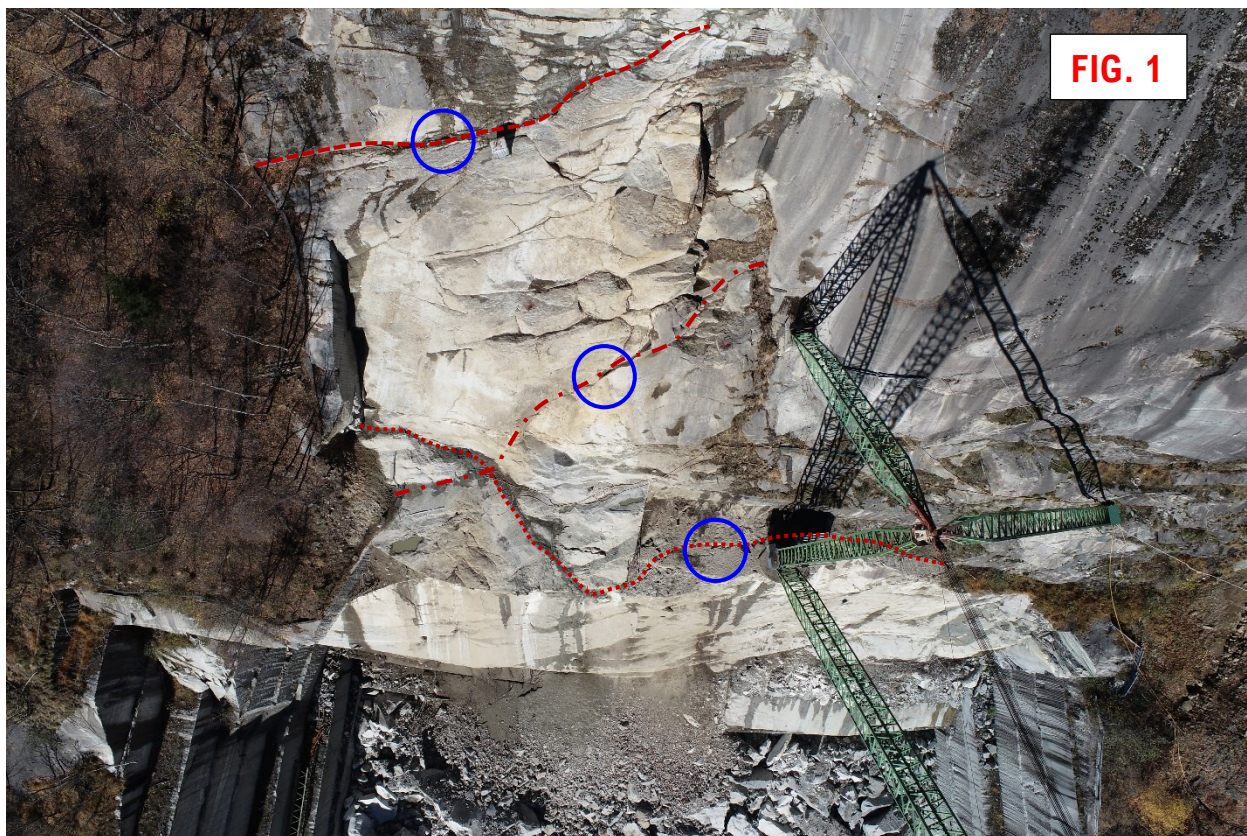
## 1. NOTA TECNICA

A completamento del programma inerente alle indagini geognostiche e alle valutazioni sulle condizioni di stabilità della parete del fronte Nord della Cava Bort si trasmette una ulteriore precisazione tecnica relativa all'installazione di un sistema di monitoraggio di tipo estensimetrico per il controllo in continuo delle principali fratture rilevate, eventualmente implementabile.

Si precisa inoltre che sarà preventivamente eseguita una ispezione in parete da parte di rocciatori abilitati per il controllo e l'eventuale disaggio manuale di piccole porzioni o placche di roccia instabili. L'intervento riguarderà tutta la superficie della parete ponendo particolare attenzione ad una placca di roccia disarticolata, presente al centro del fronte, che rappresenta l'unico punto 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.

## 2. MONITORAGGIO – INDICAZIONI OPERATIVE

Il sistema di monitoraggio estensimetrico, già utilizzato da Domo Graniti in un'altra cava di proprietà (località Balmoreglio in Comune di Trasquera), prevede al momento la possibilità di installare tre fessurimetri elettrici a cavallo delle tre fratture principali riscontrate nella posizione sommitale del fronte che sono emerse a seguito dell'asportazione della coltre di copertura naturale presente.

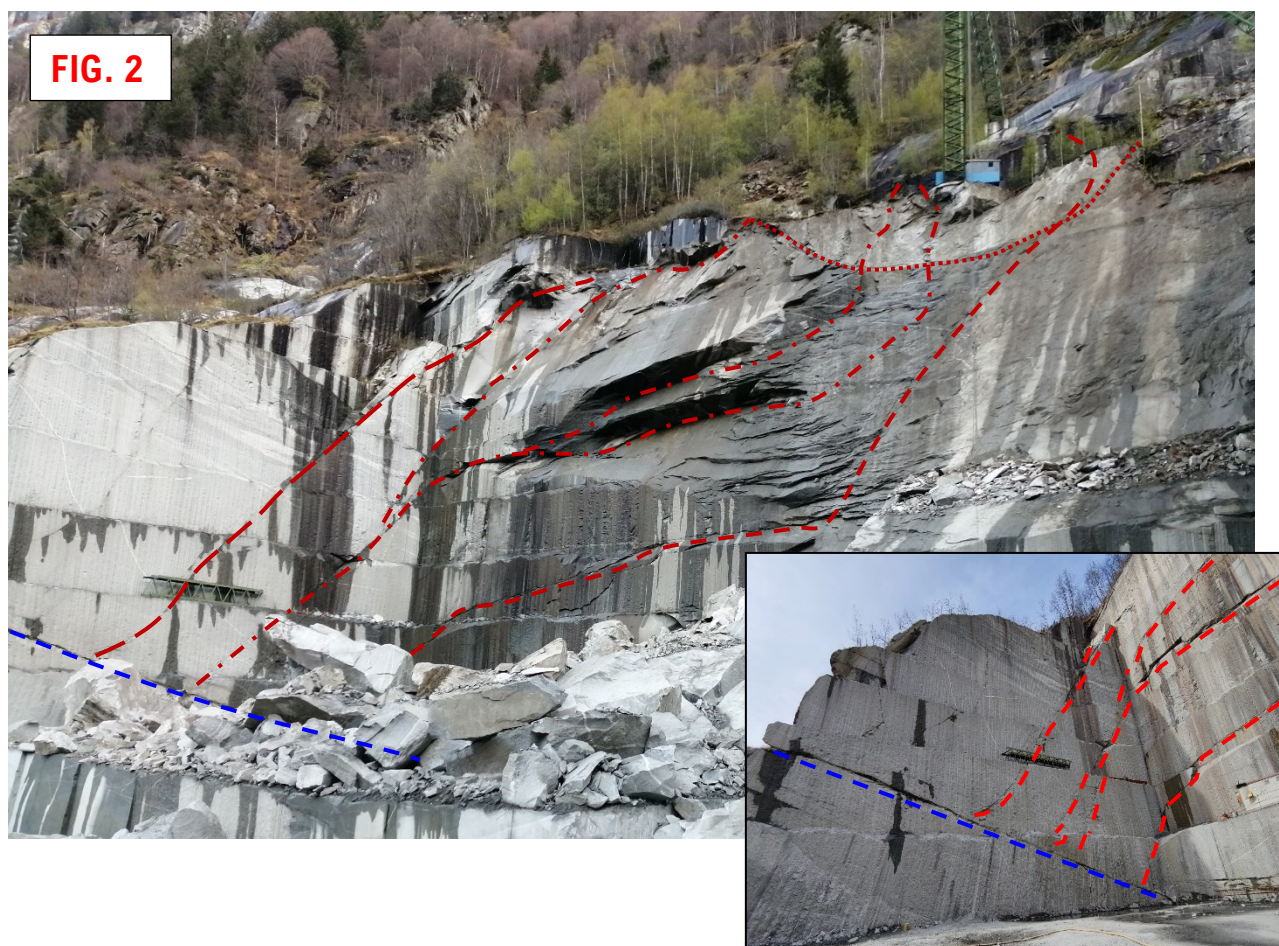




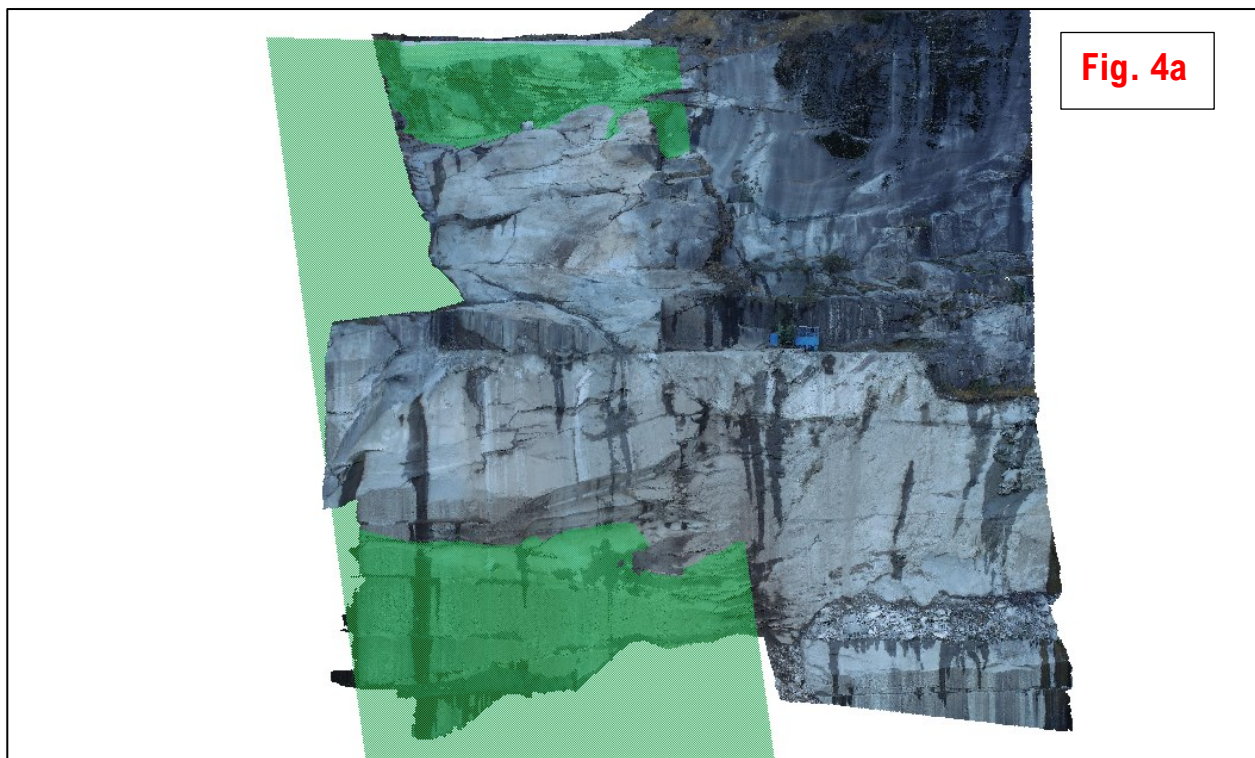
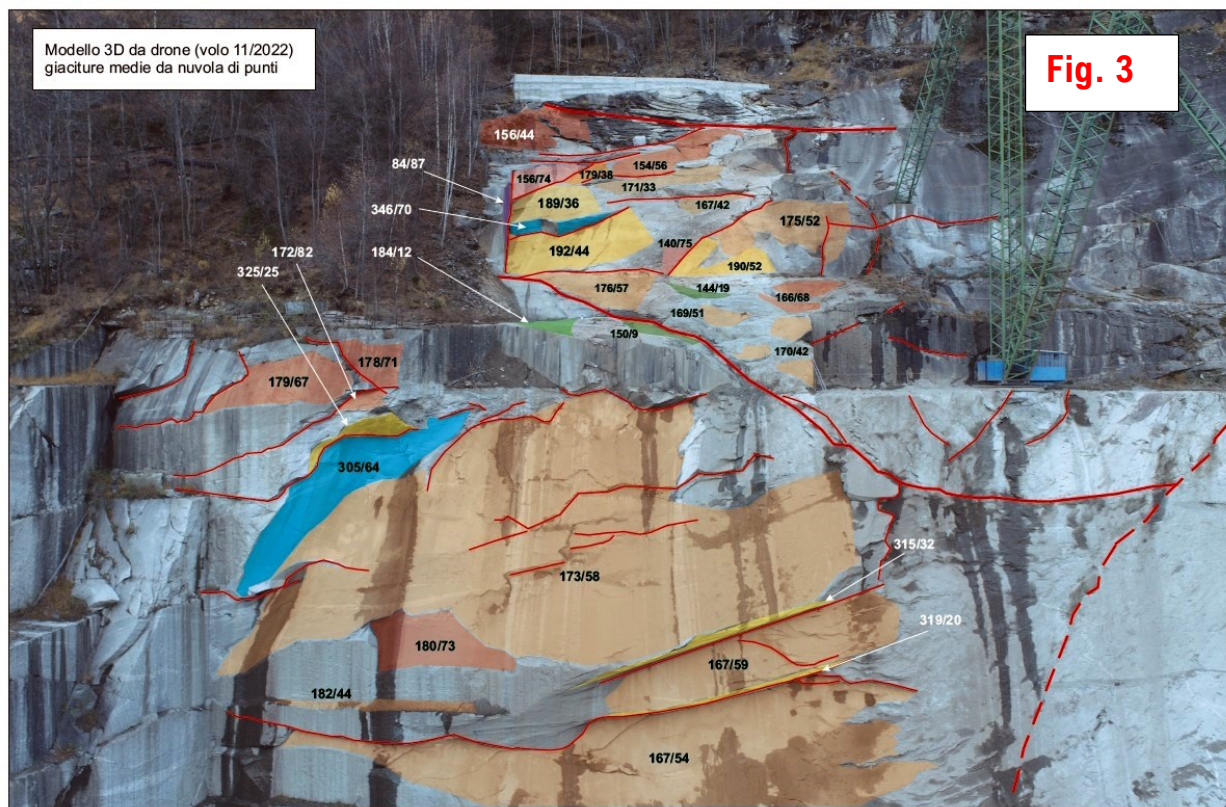
Nella Fig. 1 si riporta, sulla ripresa da drone del versante oggetto di scopertura, l'andamento delle fratture principali e l'indicazione di massima del punto di posizionamento degli fessurimetri/trasduttori elettrici. Dopo l'installazione sul terreno sarà eseguita una misura topografica di precisione per individuare correttamente la posizione degli strumenti.

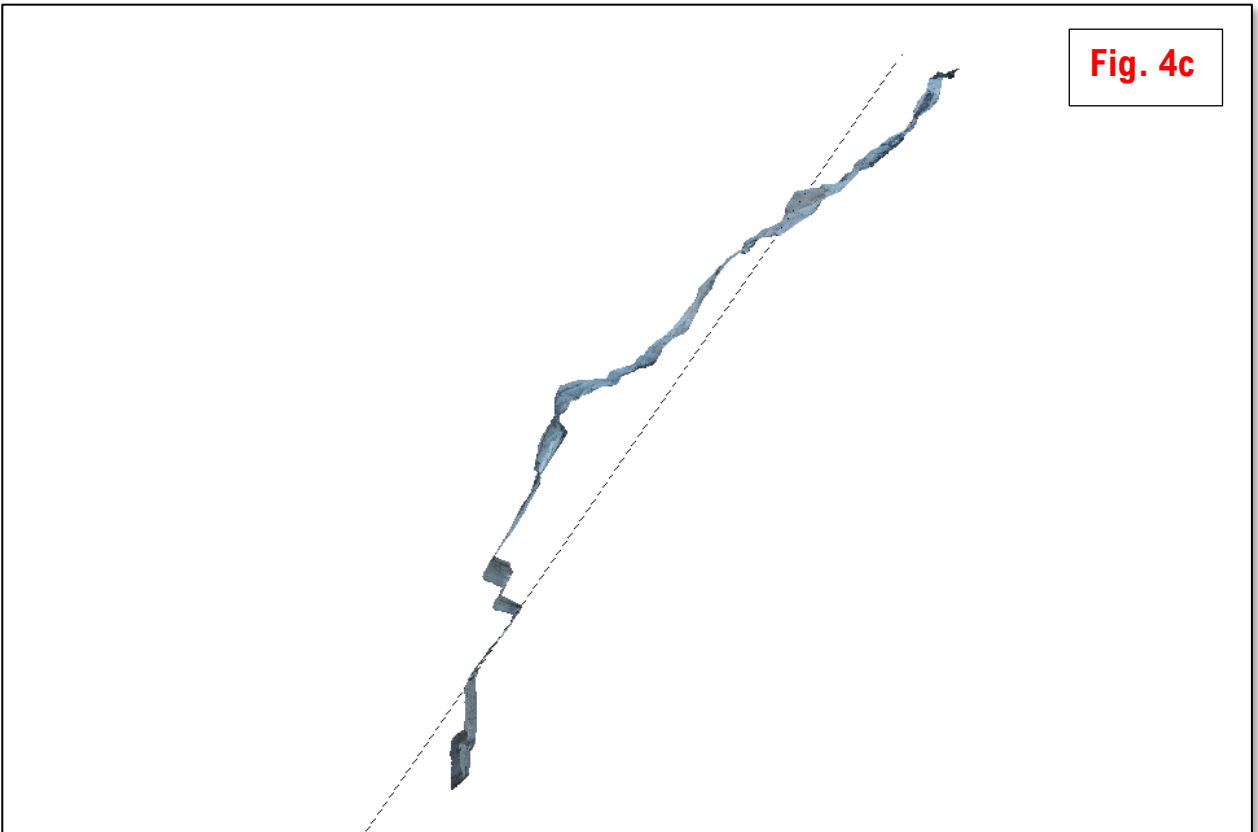
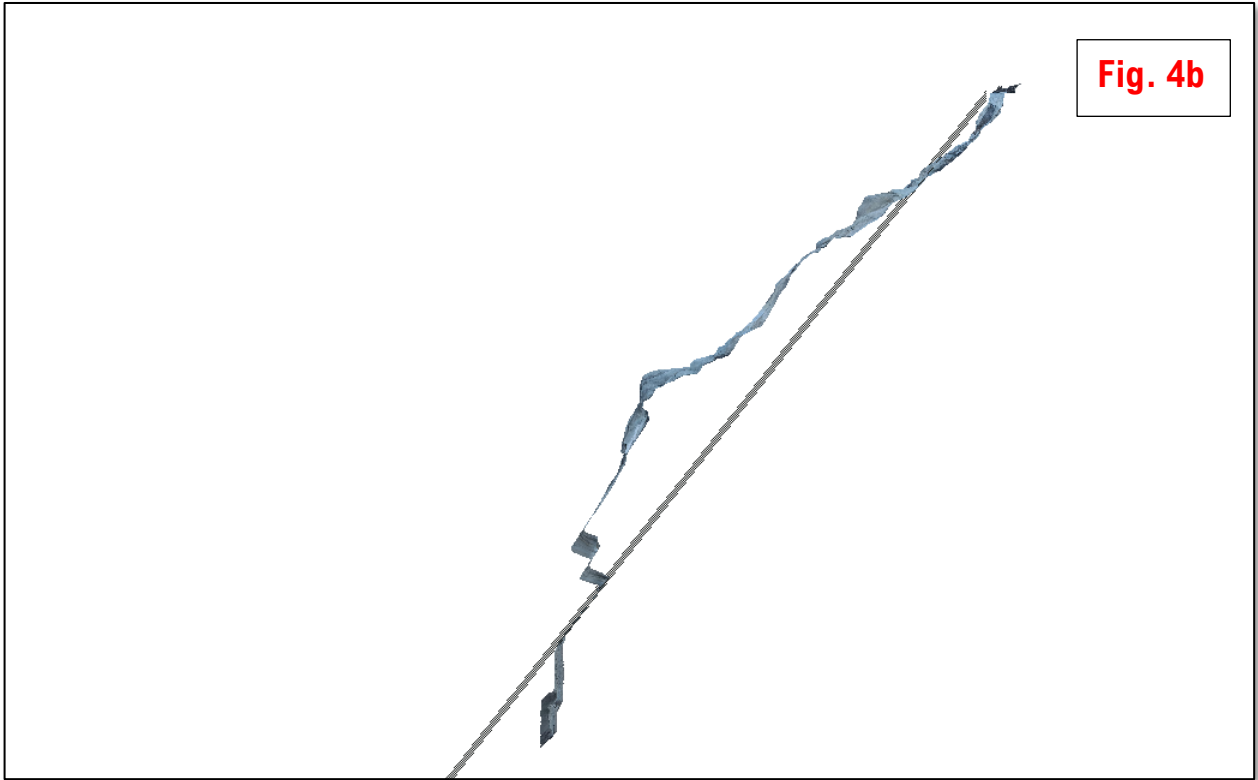
Le tracce dei giunti individuate corrispondono a quelle dei piani di frattura riprodotti nelle ricostruzioni 3D dei modelli topografici del versante, ottenuti dalla nuvola densa di punti delle riprese aerofotogrammetriche da drone, grazie alle quali è stato possibile misurare le giaciture medie dei giunti stessi e confrontarle con quelle delle fratture/faglie visibili sulle pareti laterali (vedi Fig. 2 – Ante e post evento di dissesto). L'andamento e l'estensione in profondità dei tre piani di discontinuità sono stati parzialmente confermati anche dai dati ottenuti dalle perforazioni esplorative ispezionate con telecamera. In questo caso, rispetto alla ricostruzione perfettamente geometrica planare dei giunti la correlazione è parziale in quanto il reale andamento dei giunti è verosimilmente ondulato in quanto si tratta di faglie listriche.

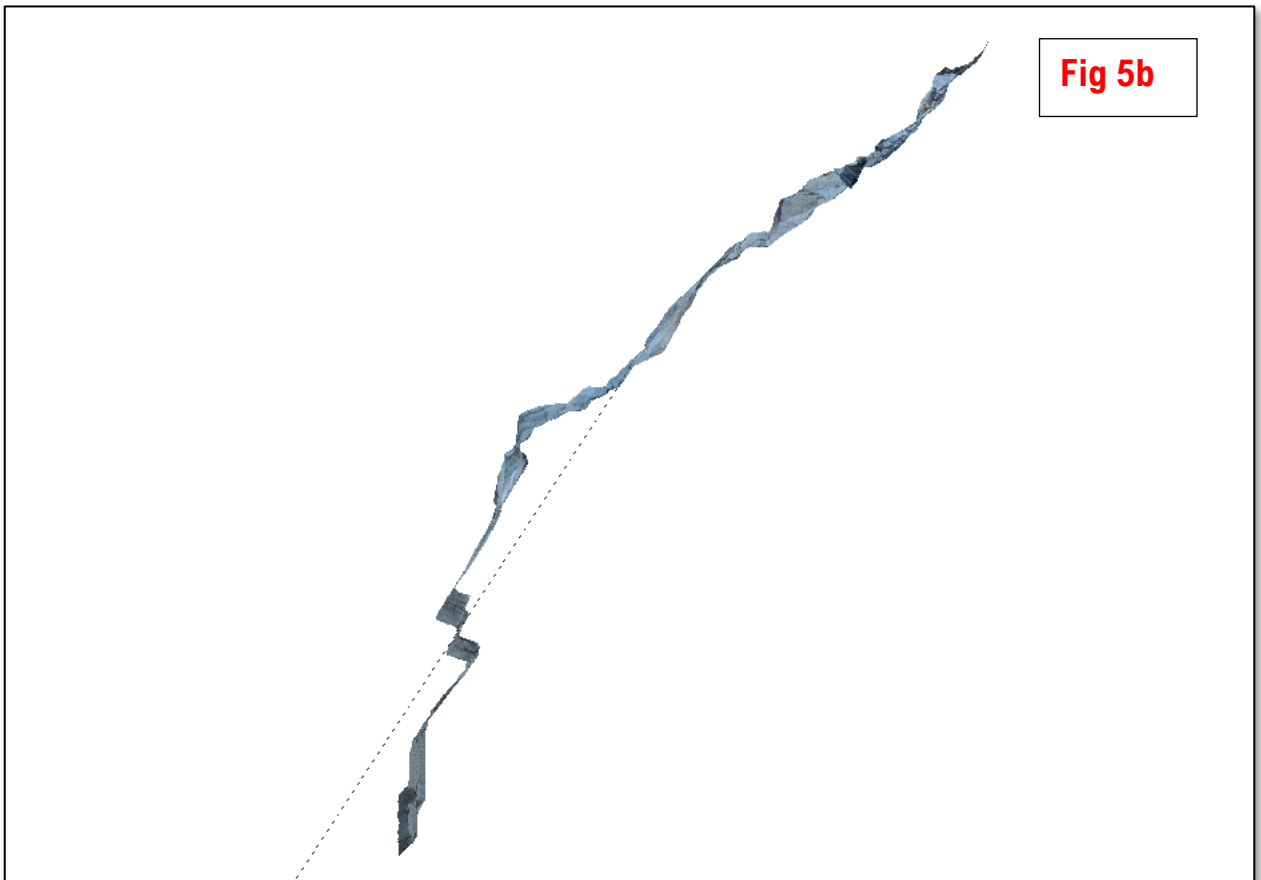
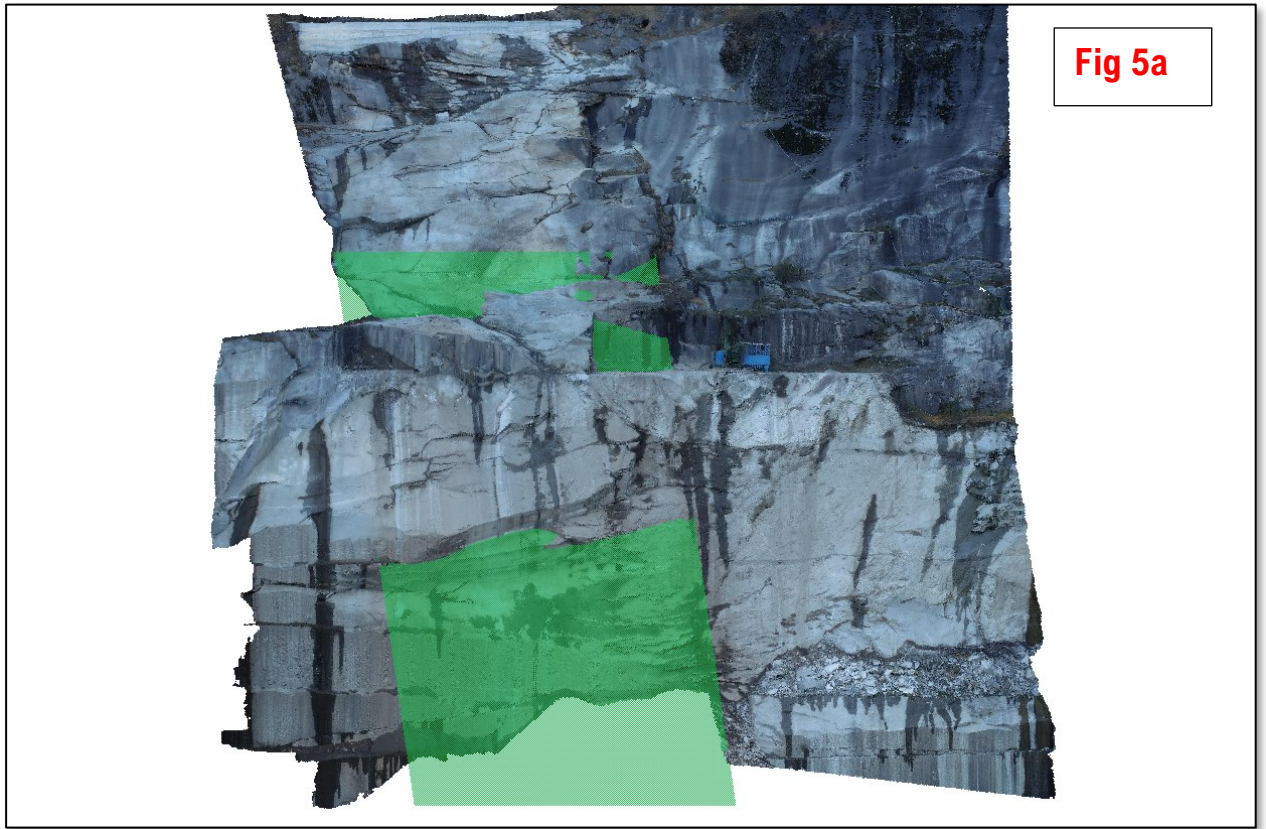
Si riportano per completezza dei dati anche le immagini salienti dell'elaborazioni 3D, già trasmesse in precedenza, rispetto alle quali sono inoltre stati definiti i limiti in profondità dei tre blocchi (Fig. 7), potenzialmente instabili, ottenuti dalla modellazione del versante roccioso rispetto ai quali sono state elaborate le analisi numeriche agli elementi finiti in campo non lineare per le verifiche di stabilità della configurazione post evento della parete, che hanno dato risultati favorevoli (Fig. 3 – 4 a/b/c – 5 a/b – 6 a/b) rispetto ai dati ottenuti, con il medesimo approccio, mediante back-analysis del modello 3D della configurazione ante crollo, considerata in condizioni di equilibrio limite con fattore di sicurezza unitario (incipiente collasso).





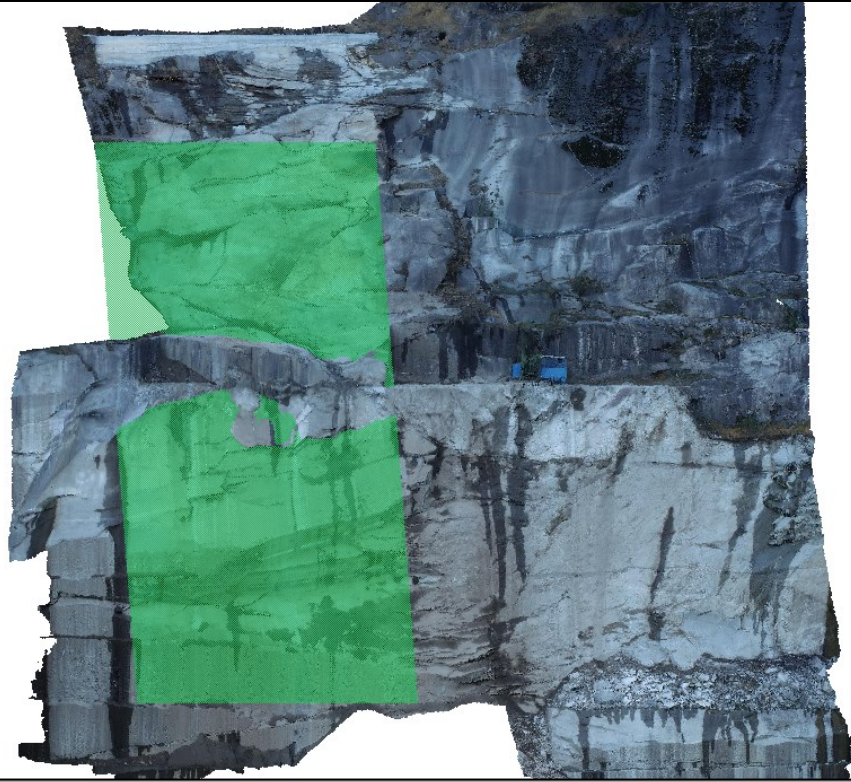




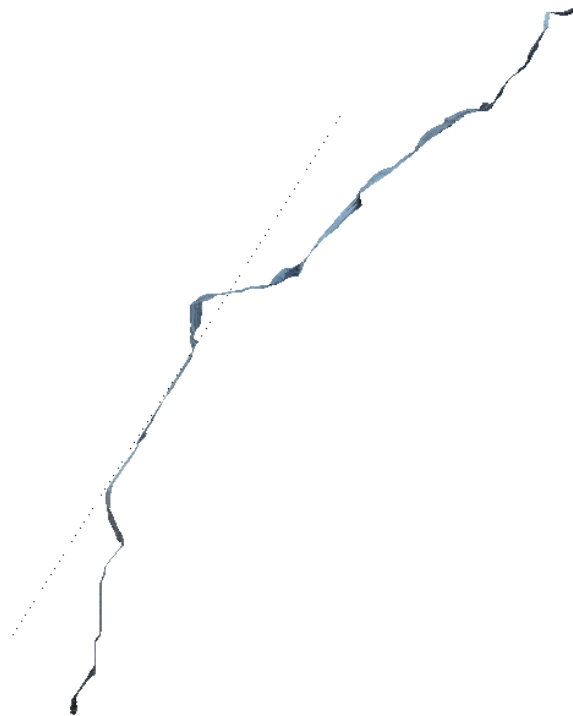


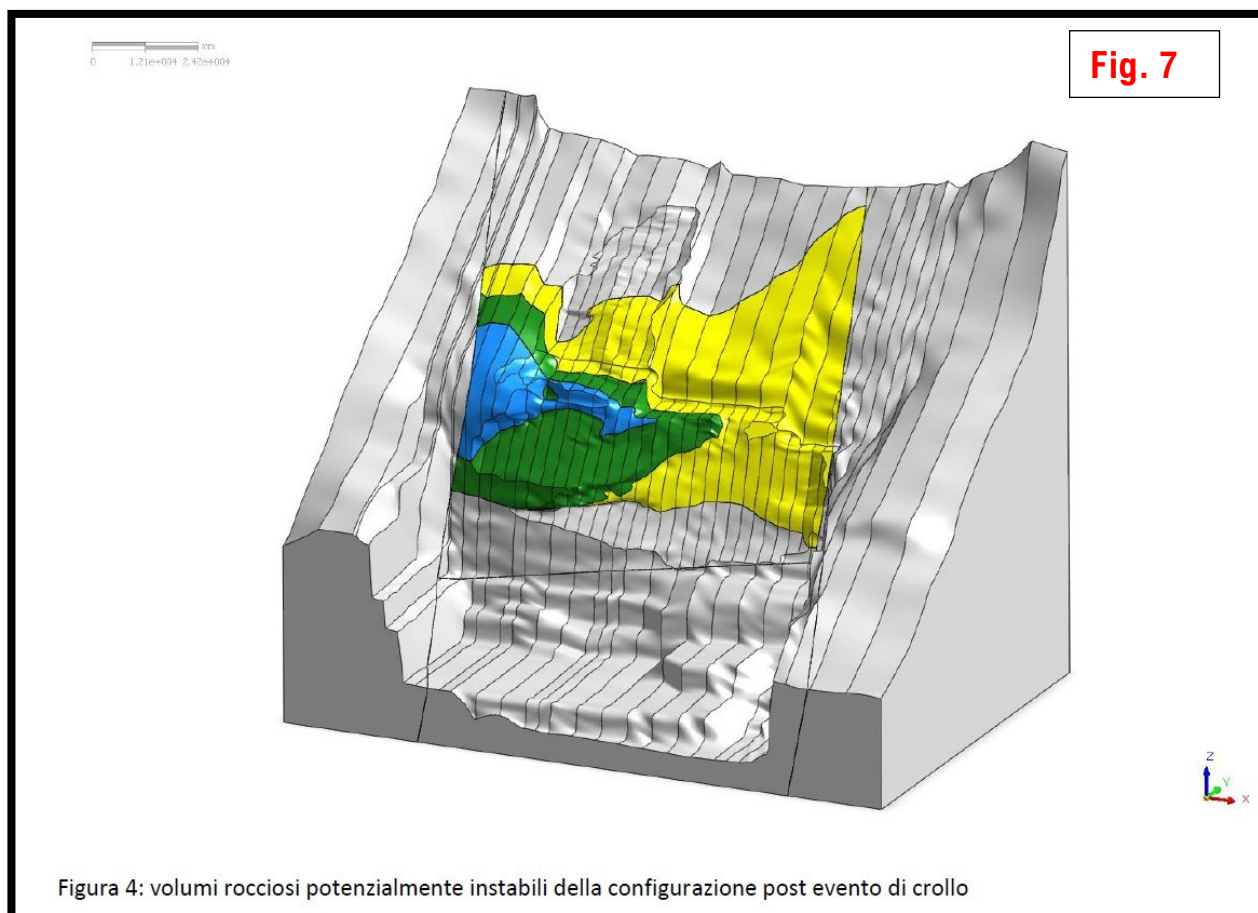


**Fig 6a**



**Fig 6b**





I tre fessurimetri/trasduttori elettrici saranno quindi collocati in corrispondenza delle fratture più significative che individuano la base dei tre blocchi principali che sono stati definiti dai dati di terreno e dalla modellazione tridimensionale del versante, verificati con analisi numeriche agli elementi finiti.

Il sistema di monitoraggio è composto da:

- **fessurimetri elettrici** che sono costituiti da un contenitore cilindrico reso stagno, per l'alloggiamento del trasduttore di spostamento, all'estremità dello strumento sono posizionati i due ancoraggi per il fissaggio ai lati della frattura o del giunto. I fessurimetri sono di tipo elettrico con trasduttore potenziometrico, con differenti campi di misura per soddisfare qualsiasi esigenza. La resistenza elettrica del trasduttore, relativamente bassa, permette una buona insensibilità a disturbi e rumori elettrici esterni anche su medie distanze. Lo strumento è dotato di un convertitore 4-20 mA con morsetti e minibox. L'uscita dati in mm può essere misurata tramite una centralina portatile manuale oppure tramite datalogger.
- **datalogger** per l'acquisizione dati corredato dalla seguente documentazione: Modulo Telefonico GPRS o 3G, Pannello solare 20W, Strumentazione mV/4-20 mA, Convertitori 4-20 mA



Nella fattispecie la disponibilità di corrente elettrica presso il quadro della gru-derrick presente al ciglio di cava permette di alimentare direttamente il sistema senza il pannello solare.

Lo scarico dei dati viene eseguito via modem con frequenza giornaliera, la gestione dei dati viene eseguita mediante software di programmazione.

Il sistema è inoltre munito di apposito avvisatore acustico (sirena) per allertare il cantiere nel caso di movimento registrato da uno o più fessurimetri con superamento dei valori soglia prestabiliti.

In particolare, si precisa che per la definizione di un valore soglia realisticamente indicativo di apertura delle fratture, ovvero di innesco di un fenomeno di cinematismo, sarà necessario prevedere un periodo di misurazione non inferiore a tre mesi per acquisire una prima serie di dati che definiscano un “fondo” condizionato prevalentemente da fenomeni di dilatazione termica.

Tuttavia, avendo constatato mediante il monitoraggio radar che da maggio ad agosto in realtà non sono stati registrati scostamenti significativi dal confronto tra le scansioni dell'intera parete rocciosa, nonostante la netta escursione termica estiva, si ritiene, in assenza di uno storico di misure, di impostare prudenzialmente sin dall'avvio del monitoraggio una soglia limite di 2 mm di apertura delle fratture prima di allertare il sistema.

L'effettivo valore di tale soglia potrà essere valutato ed eventualmente ridefinito nel tempo in funzione del reale comportamento dell'ammasso roccioso ed in particolare della risposta all'escursione termica.

Si conferma inoltre che, come già anticipato nel report precedente, in prossimità del ciglio della parete sarà posizionato n. 1 sismografo (tipo SMX4), dotato di certificato di calibrazione e connessione a modem per la trasmissione in remoto dei dati. Lo strumento sarà attivato in occasione degli spari delle mine di riquadratura che verranno eseguiti sul piazzale sottostante nella fase preliminare di lavorazione del materiale crollato per un preventivo controllo delle eventuali vibrazioni indotte. Si propone di attivare la registrazione sismica per i primi tre mesi di attività per l'acquisizione di un dato significativo sia rispetto all'effettiva vibrazione indotta sia rispetto alle misure di monitoraggio.

Dopo tale periodo, in funzione degli effettivi dati acquisiti, sarà possibile valutare se proseguire o sospendere tale misurazione.

Trontano (VB), 15 settembre 2023



dott. geol. Claudio Gagliardi