



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)

Piano di coltivazione autorizzato con
Determinazione N. 1279 del 02/12/2019

Proroga Determinazione N. 77 del 03/12/2014

EVENTO DI DISSESTO DELLA PARETE NORD DEL FRONTE DI CAVA
(ADEMPIMENTO: VERBALE DI SOPRALLUOGO DEL 03/05/2022 DEL
SETTORE POLIZIA MINERARIA, CAVE E MINIERE DELLA REGIONE PIEMONTE)

PROGRAMMA PRELIMINARE DI VERIFICA DELLO STATO
DEL VERSANTE A MONTE DEL CIGLIO DI CAVA
RELAZIONE TECNICA

dott. geol. Claudio GAGLIARDI

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

Tel. 334/6219434

E-mail: cgagliardi.geologo@gmail.com



Maggio 2022

1. RELAZIONE TECNICA

1.1. PREMESSA

Con osservanza a quanto richiesto nel Verbale di sopralluogo del 3 maggio u.s., da parte del Settore Polizia Mineraria della Regione Piemonte, si produce con la presente il rilievo topografico aggiornato corredato da una preliminare ricostruzione dell'assetto geostrutturale della nicchia di distacco della parete Nord del fronte della cava Bort che è stata interessata da un fenomeno di frana di crollo, per cinematismo planare, in due successivi eventi (13 e 24 aprile u.s.).

L'elaborazione topografica sarà ulteriormente implementata con sezioni bidimensionali per la rappresentazione delle porzioni in aggetto che saranno prodotte appena pronte.

In esito alle indagini e considerazioni preliminari si produce inoltre un programma di interventi propedeutici finalizzati ad una più approfondita ispezione dello stato dei luoghi e alla successiva verifica delle condizioni di stabilità della porzione di versante presente a monte del ciglio di frana.

Dai sopralluoghi periodici eseguiti nei giorni seguenti al secondo evento di distacco (24 aprile 2022) al momento non sono stati riscontrati ulteriori crolli, neppure delle numerose porzioni e placche di piccole/medie dimensioni (da decimetriche a metriche) che sono riconoscibili in parete.

1.2. RILIEVO TOPOGRAFICO AGGIORNATO

E' stato elaborato un rilievo topografico con tecnica fotogrammetrica di dettaglio della cava, con particolare riferimento alla nicchia di distacco, mediante elaborazione di un modello tridimensionale. Il rilievo è georeferenziato nel sistema UTM32/WGS84.

La nuvola di punti elaborata è stata acquisita da riprese fotogrammetriche eseguite con Drone Phantom 4RTK con fotocamera integrata 20 Mpx.

L'appoggio a terra dei marker di riferimento (Ground Control Point) e dei punti di ancoraggio esterni (rete P.A.E.P.) è stato realizzato con ANTENNA GPS RTK GNSS 10 REACH RS2 (Base + Rover).

Le quote dei punti notevoli (spigoli, cigli di roccia, basamento derrick), sono ottenute dal modello tridimensionale.

Il rilievo è stato elaborato quindi mediante apposito software fotogrammetrico (Agisoft Metashape Pro) ottenendo il modello topografico di dettaglio rappresentato con curve di livello con equidistanza di 2 m.

Dal confronto tra il rilievo topografico aggiornato e quello precedentemente eseguito con la stessa metodologia nel mese di gennaio 2022, per l'elaborazione dello stato annuale di avanzamento dei lavori, sono state ottenute le sezioni della parete con i profili ante e post dissesto.

Dall'analisi e confronto tra le due nuvole di punti dei modelli ante e post evento, elaborati con il software CloudCompare, sono stati determinati i volumi di roccia oggetto di distacco che sono pari a circa 8000 mc, dato confermato anche dalla misura eseguita con il metodo delle "fette

orizzontali” ottenute dalla sovrapposizione delle planimetrie a curve di livello con equidistanza di 2 m.

1.3. INTERPRETAZIONE STRUTTURALE

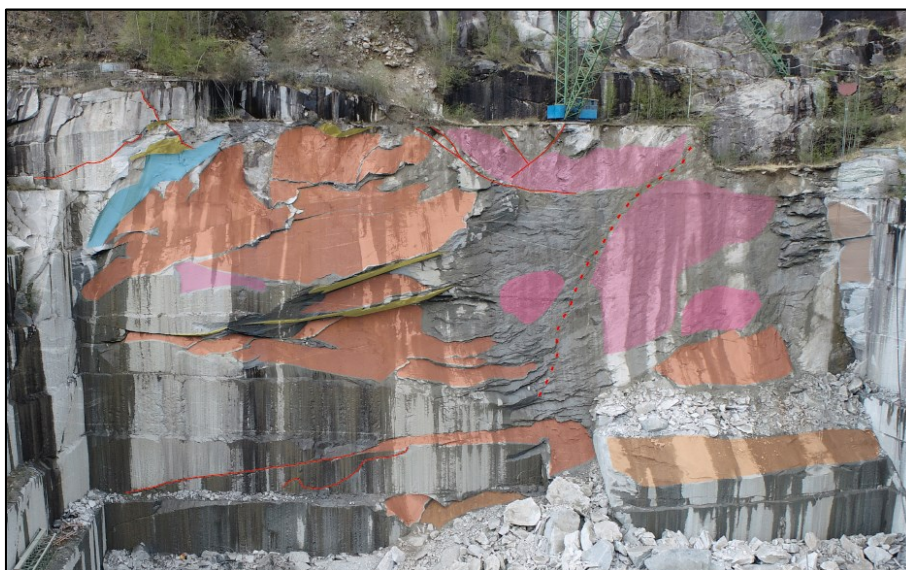
Utilizzando la nuvola di punti fotogrammetrica elaborata dalle immagini del drone è stata ricostruita mediante interpolazione la giacitura media dei piani di discontinuità riconoscibili in parete. La giacitura di ogni piano è stata ottenuta come media aritmetica di un campione rappresentativo di punti misurati su ogni singolo piano.

Si allegano:

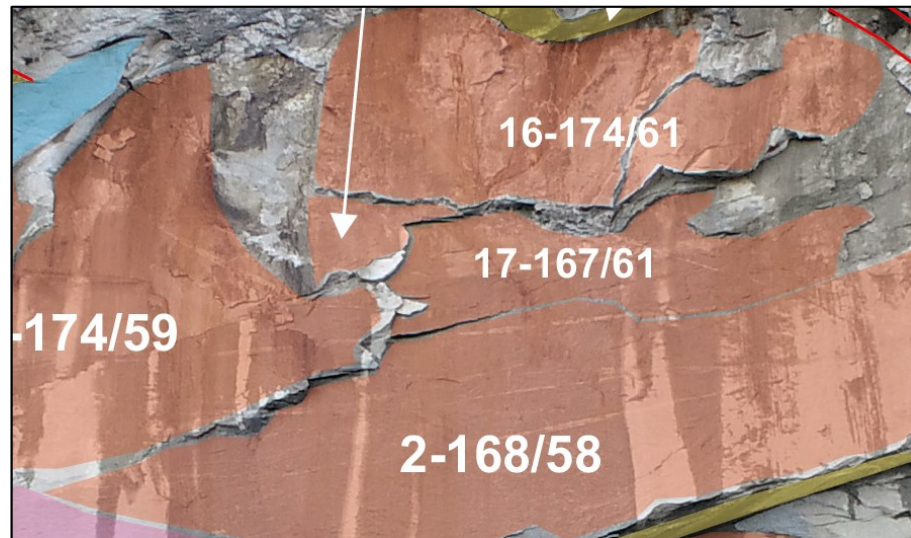
- una sintesi del precedente studio geostrutturale eseguito prima del crollo per la predisposizione della documentazione tecnica finalizzata alla redazione del progetto di coltivazione per il rinnovo della vigente autorizzazione;
- la rappresentazione bidimensionale su base fotografica della parete che evidenzia l’elaborazione del rilievo strutturale con la giacitura media dei vari giunti di discontinuità riconoscibili e misurabili;
- la rappresentazione tridimensionale del modello topografico della parete su cui si evidenziano alcuni dei giunti, ritenuti maggiormente significativi, mediante la proiezione nello spazio di un piano con giacitura coincidente con il singolo giunto.

Per la ricostruzione dell’assetto strutturale del fronte a seguito dei crolli si è fatto riferimento alla ricostruzione fotogrammetrica della nuvola densa e del modello 3D elaborati dal rilievo con drone. Nello specifico si è proceduto come segue:

- individuazione preliminare dei piani principali dall’esame delle riprese fotografiche e del modello 3D (escludendo i piani che corrispondono ai fronti artificiali di coltivazione);



- le giaciture sono state stimate campionando manualmente i punti sulla nuvola densa con raggio di selezione variabile ("best-fit plane" – metodo dei minimi quadrati);
- per ogni piano è stato poi calcolato il valore medio delle misure effettuate;



- i dati ottenuti, confrontati anche con quanto emerso dai rilievi strutturali effettuati prima dei crolli, sono stati plottati su diagrammi di Schmidt.

Per i piani più significativi è stata effettuata anche un'analisi sul modello 3D al fine di valutarne l'intersezione col versante (estensione laterale e verso monte del piano medio).

La rappresentazione dei giunti più significativi con proiezione 3d del piano permette infatti di individuare con una discreta precisione l'andamento all'interno del versante e l'eventuale zona di emergenza sulla superficie topografica del giunto stesso.

Si tratta di una ricostruzione teorica che parte dall'assunzione che la giacitura media dei giunti resti invariata ma tuttavia fornisce un'indicazione chiara dell'assetto geostrutturale che, ove visibile, può essere anche verificata sul terreno.

In via prudenziale sulle sezioni bidimensionali ancora in fase di elaborazione, tracciate perpendicolarmente al fronte, si possibile introdurre un range di variazione della giacitura che tiene conto di una possibile maggiore inclinazione (+5°) al fine di rappresentare la situazione maggiormente sfavorevole nel caso in cui le giaciture presentino variazioni di inclinazione.

Il dato più evidente che emerge dall'elaborazione indica sostanzialmente la presenza di due settori:

- il lato Est del fronte è caratterizzato dai giunti N. 12(169/74), 13(176/836), 19(160/85) disposti con giacitura a franapoggio ad elevata inclinazione, lungo i quali si è verificato il cinematismo planare. Sulla parete residua non si evidenziano in via preliminare situazioni particolarmente critiche in quanto l'inclinazione dei giunti, quasi completamente aperti, ha favorito il distacco dell'intera massa fratturata;
- il lato Ovest è invece caratterizzato dai giunti N. 1(174/59), 2(168/58), 4(166/58), 5(166/53), 17(167/61) e 16(174/61) disposti con giacitura a franapoggio a media

inclinazione ($50^{\circ} \div 60^{\circ}$), anch'essi responsabili del cinematismo planare. La presenza di almeno 3 giunti dello stesso sistema con spaziatura metrica determina la formazione di due tetti strapiombanti (con giacitura circa coincidente con la scistosità che ha agito da giunto di trazione liberando a monte il solido crollato) che originano una configurazione di parete potenzialmente instabile per ulteriore sviluppo del cinematismo planare;

- lateralmente su entrambe le pareti Ovest ed Est del fronte di cava sono riconoscibili le zone di rottura della roccia sana (ponti di roccia).

L'elaborazione tridimensionale consente inoltre di ipotizzare che se il piano N. 12(169/74) dovesse proseguire verso Ovest potrebbe intersecare o interrompere a tergo i piani a media inclinazione isolando un volume significativo di roccia instabile appoggiato su un piano subverticale.

Analoga condizione di instabilità si verificherebbe anche nel caso in cui i giunti a media inclinazione del settore Ovest dovessero presentare una maggiore inclinazione verso l'alto.

Tali aspetti, seppure estremamente sfavorevoli, non possono essere esclusi a priori e pertanto si ritiene necessario, come di seguito descritto, procedere alla scopertura dell'ammasso roccioso oltre il ciglio Ovest della nicchia di distacco per ispezionare e valutare concretamente la situazione rispetto alla potenziale emergenza dei giunti a media/alta inclinazione.

1.4. PROGRAMMA INTERVENTI PRELIMINARI

Sulla base delle elaborazioni geostrutturali sopra descritte si prevede il seguente programma di interventi preliminari per approfondire lo stato di conoscenza del settore Ovest della parete di cava, ove sono riconoscibili porzioni di roccia ancora aggettanti e potenzialmente instabili.

Al riguardo si precisa che è stata installata da rocciatori abilitati a lavori con funi una linea vita realizzata con cavetto di acciaio fissato con tasselli metallici alla parete soprastante il ciglio per l'accesso in sicurezza al versante che ha permesso di eseguire una preventiva ispezione visiva dello stato dei luoghi.

La situazione, come già evidenziato dalle riprese fotografiche da Drone, è parzialmente mascherata dalla presenza di un modesto cono di materiale detritico presente nel settore Est del ciglio della parete.

Il deposito si trova alla base di una incisione rocciosa che si delinea monte della cava con direzione circa N-S. Lungo l'incisione rocciosa, nella porzione soprastante, si osserva, anche in questo periodo relativamente secco, la presenza di una modesta colatura di acqua che lamina sul substrato roccioso e si infila sotto la coltre detritica.

Allo stato attuale è ipotizzabile e verosimile prevedere che alcuni dei giunti principali che scompaiono in direzione della coltre detritica suddetta siano parzialmente aperti e beanti in quanto veicolano acqua lungo la parete sottostante che evidentemente proviene dalla coltre soprastante.

Per ispezionare con un maggiore grado di certezza l'eventuale propagazione dei giunti visibili in parete oltre il ciglio di distacco risulta pertanto necessario procedere alla scopertura dell'ammasso mediante asportazione e scarico della modesta coltre detritica.

Una volta eseguita la scopertura dell'ammasso roccioso ed individuati gli eventuali piani di discontinuità che si collegano con quelli visibili in parete sarà possibile eseguire una stima più realistica dei volumi di roccia ancora potenzialmente instabili al fine di procedere alla messa in sicurezza della cava sottostante.

A seguito delle risultanze dell'intervento di scopertura si potrà pertanto procedere alla:

- valutazione teorica delle condizioni di stabilità dei volumi riscontrati mediante verifiche di calcolo secondo i criteri di caratterizzazione degli ammassi rocciosi;
- progettazione di un piano di tiro con mine a distruzione e/o profilatura per l'abbattimento controllato delle porzioni rocciose visibilmente e potenzialmente instabili;
- eventuale installazione di un sistema di monitoraggio che, in considerazione della situazione descritta, con particolare riferimento alla presenza della coltre di copertura, allo stato attuale non si ritiene attuabile ma potrà invece essere considerato per il controllo del ciglio di cava sia dopo la scopertura sia per il controllo di eventuali giunti ancora presenti al ciglio di cava dopo l'eventuale bonifica delle porzioni più instabili.

Si tratta di valutazioni che potranno evidentemente essere approfondite e definite solo a seguito delle risultanze dei lavori di scopertura.

1.4.1. SEQUENZA OPERATIVA

Per attuare l'intervento di scopertura si prevede il seguente programma di interventi propedeutici:

- taglio della vegetazione arboreo arbustiva presente sul cono detritico da asportare;
- posizionamento mediante trasbordo con elicottero sulla parte apicale del modesto cono detritico di un mini-escavatore che viene assicurato con fune di ancoraggio alla parete retrostante;
- realizzazione con mini escavatore di due piazzole di manovra di dimensioni 5 m x 3 m circa, rispettivamente in corrispondenza dell'apice del conoide e lateralmente allo stesso, sul lato Ovest, esternamente al ciglio della nicchia di distacco per il posizionamento dei macchinari di perforazione;
- trasbordo con elicottero del mini escavatore e posizionamento con elicottero di escavatore-ragno (tipo Kaiser S2 da 75 q) sulla piazzola sommitale per l'avvio delle operazioni di scopertura. Anche il ragno sarà opportunamente ancorato con il proprio verricello alla parete rocciosa retrostante.

Durante la scopertura, che prevede lo scarico del materiale detritico ed il progressivo ribasso della piazzola iniziale, si potrà valutare la necessità di asportare l'intera coltre o solo la parte medio superiore in funzione di quanto emergerà dalla zona già ripulita.

Il proseguimento delle operazioni di messa in sicurezza sarà definito proprio in relazione all'esito dei lavori di scopertura dell'ammasso roccioso.

Nelle prime fasi della scopertura sarà inoltre verificata la possibilità di posizionare, a monte della piazzola sommitale, una barriera paramassi in corrispondenza dello sbocco del canalino di scarico che ha originato il deposito detritico stesso. Oltre l'apice del cono detritico infatti si riscontra la presenza di uno scalino naturale di roccia sub-affiorante che potrà costituire la base di appoggio di un cordolo in c.a. per deviare l'acqua di ruscellamento verso Ovest, esternamente alla cava sottostante.

Il cordolo agirà anche come barriera per il rotolamento di frammenti lapidei e terriccio e da fondazione per gli ancoraggi dei pali della rete paramassi.

Al riguardo si prevede di elaborare, in funzione delle risultanze in corso d'opera dei lavori di scopertura, una specifica relazione progettuale per il corretto posizionamento e relativo dimensionamento del cordolo e della rete paramassi stessa.

Si allegano di seguito le immagini dell'elaborazione geostrutturale tridimensionale della parete di cava.

Si allega a parte il rilievo plano-altimetrico aggiornato in scala 1:500 con relativa ortofoto.

Le sezioni riportanti i profili ante e post dissesto con la traccia dei principali giunti ottenuti dal modello topografico sono ancora in fase di elaborazione a causa della difficoltà di rappresentare in modo corretto le porzioni strapiombanti e saranno prodotte successivamente, appena completata l'elaborazione.

Trontano (VB), 16 maggio 2022

dott. geol. Claudio Gagliardi



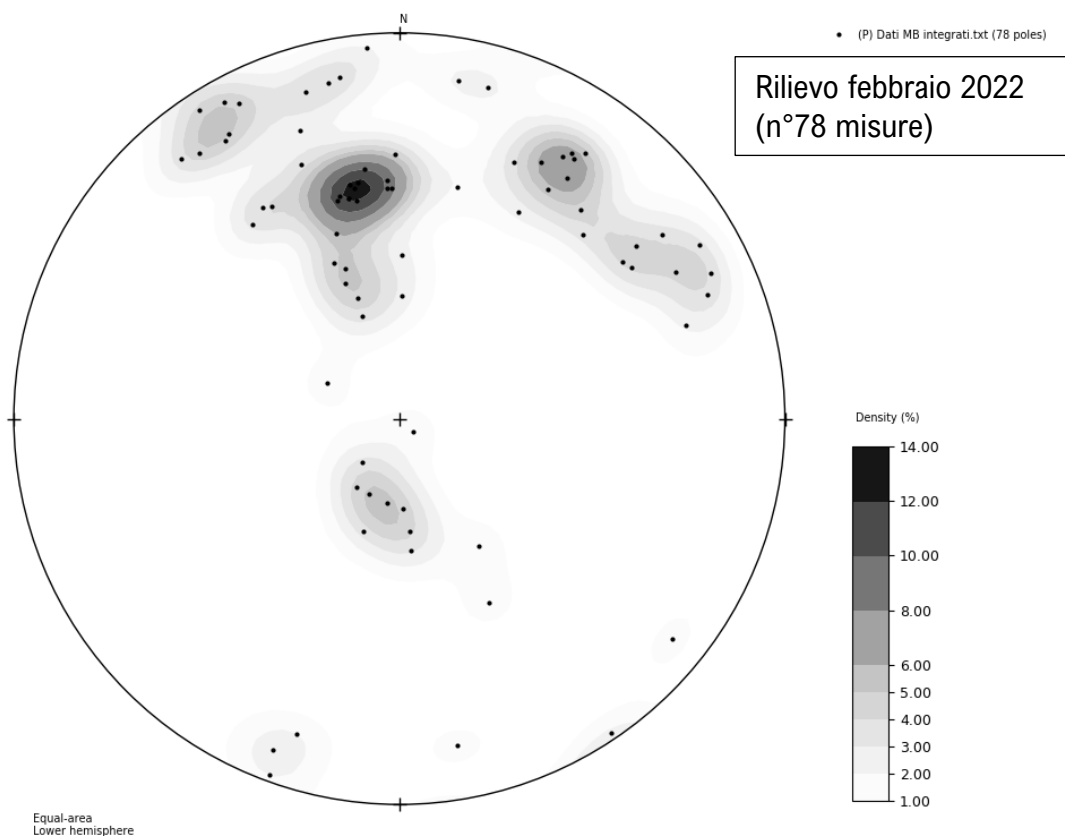
ALLEGATO N. 1 – CARATTERIZZAZIONE STRUTTURALE DELL'AMMASSO ROCCIOSO ANTE DISSESTO

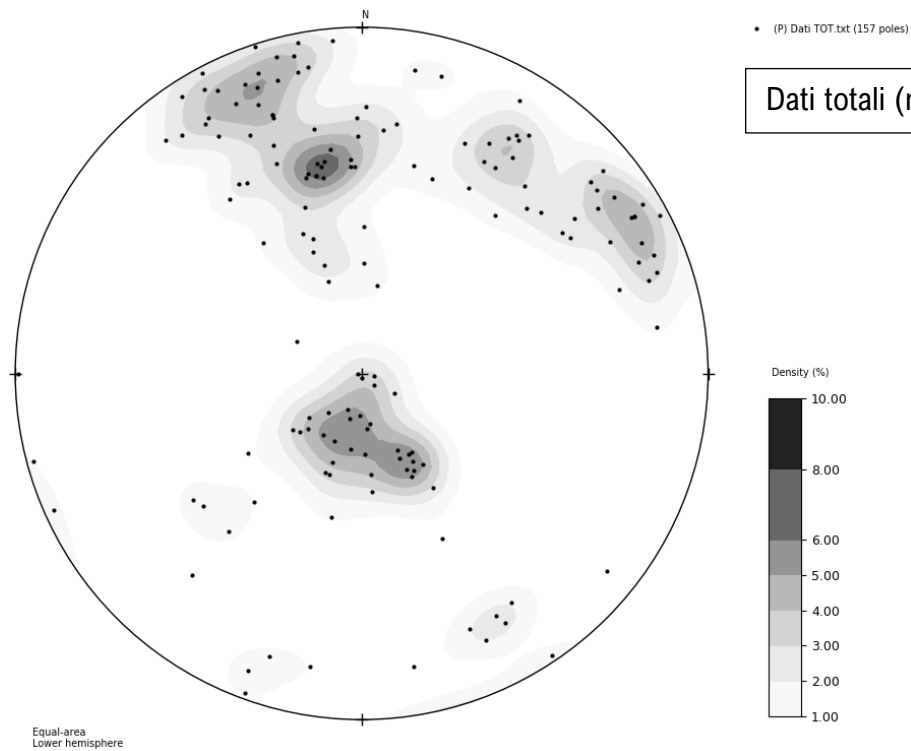
La caratterizzazione è stata eseguita sulla base dei rilievi strutturali eseguiti in questa sede (**Allegato 1**), dove è riportata la tabella riassuntiva delle misure effettuate con stima dei parametri utili per la caratterizzazione dell'ammasso roccioso; per l'interpretazione complessiva dei sistemi che caratterizzano l'ammasso si è tenuto conto anche dei dati pregressi (relativi anche alle aree esterne ai fronti attuali o a fratture attualmente non visibili o non misurabili).

Sistemi di discontinuità

Di seguito si riportano le proiezioni stereografiche con diagramma di frequenza delle misure effettuate (rilievo 2022) e dei dati totali (integrati con rilievi 2002-2018).

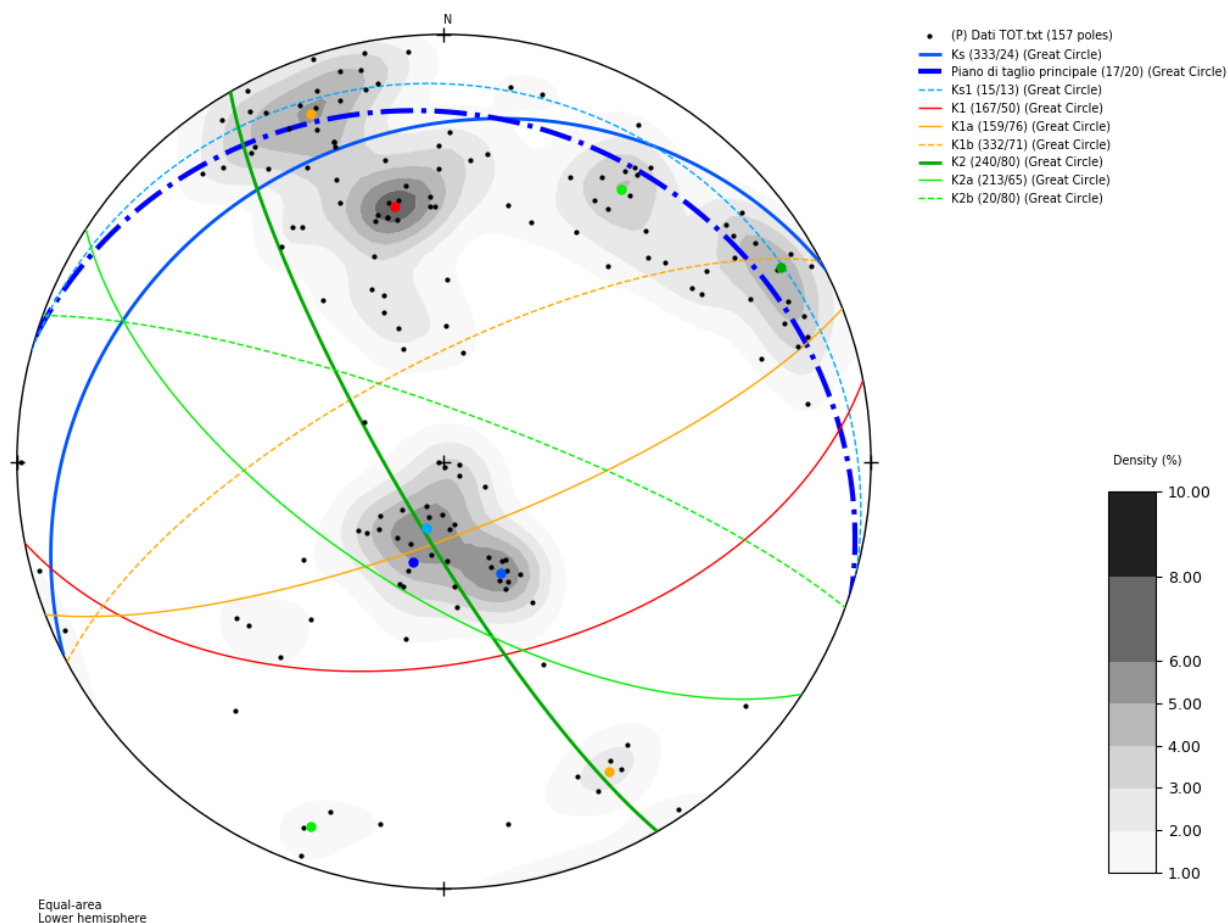
La proiezione dei poli dei piani e i diagrammi di isofrequenza evidenziano una parziale dispersione dei dati, soprattutto per piani che immergono verso SE e SW; risultano comunque evidenti alcuni massimi principali riferibili ai sistemi la cui giacitura media è indicata di seguito nella tabella e nelle proiezioni stereografiche.





SISTEMA	Imm.°/Incl.°
Ks	333/24
Ks1	15/13
K1	167/50
K1a	159/76
K1b	332/71
K2	240/80
K2a	213/65
K2b	20/80

Piani medi



Le caratteristiche dei principali sistemi individuati sono:

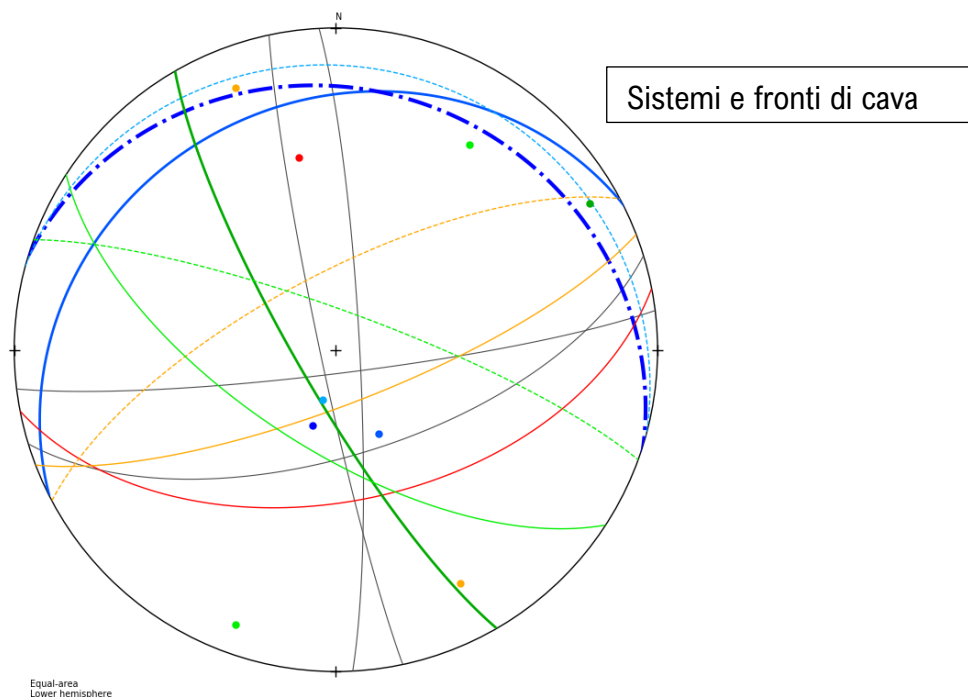
SISTEMA Ks: scistosità regionale; i giunti corrispondenti sono pochi, hanno bassa persistenza e grande spaziatura, prevalentemente chiusi e rugosi con terminazioni generalmente non visibili; l'immersione è verso NNW con l'inclinazione intorno a 15-25 gradi. Nel diagramma è individuata anche una foliazione **Ks1** che immerge verso NNE e che è visibile solo in corrispondenza del piano di taglio principale (dove si ha un effetto trascinamento con locale ri-orientazione della scistosità).

SISTEMA K1: corrisponde a superfici di faglia con immersione verso SSE e inclinazione intorno ai 50°. Le discontinuità presentano spaziatura da metrica a decametrica, persistenza decametrica, rugosità medio bassa, sono aperte e talora con riempimento e patine di ricristallizzazione; un po' ovunque si osserva la presenza di circolazioni d'acqua. Sono individuati anche i sistemi **K1a**, analogo al precedente ma con inclinazione più elevata (76° medio), e il coniugato **K1b**, meno frequente con immersione verso NNW.

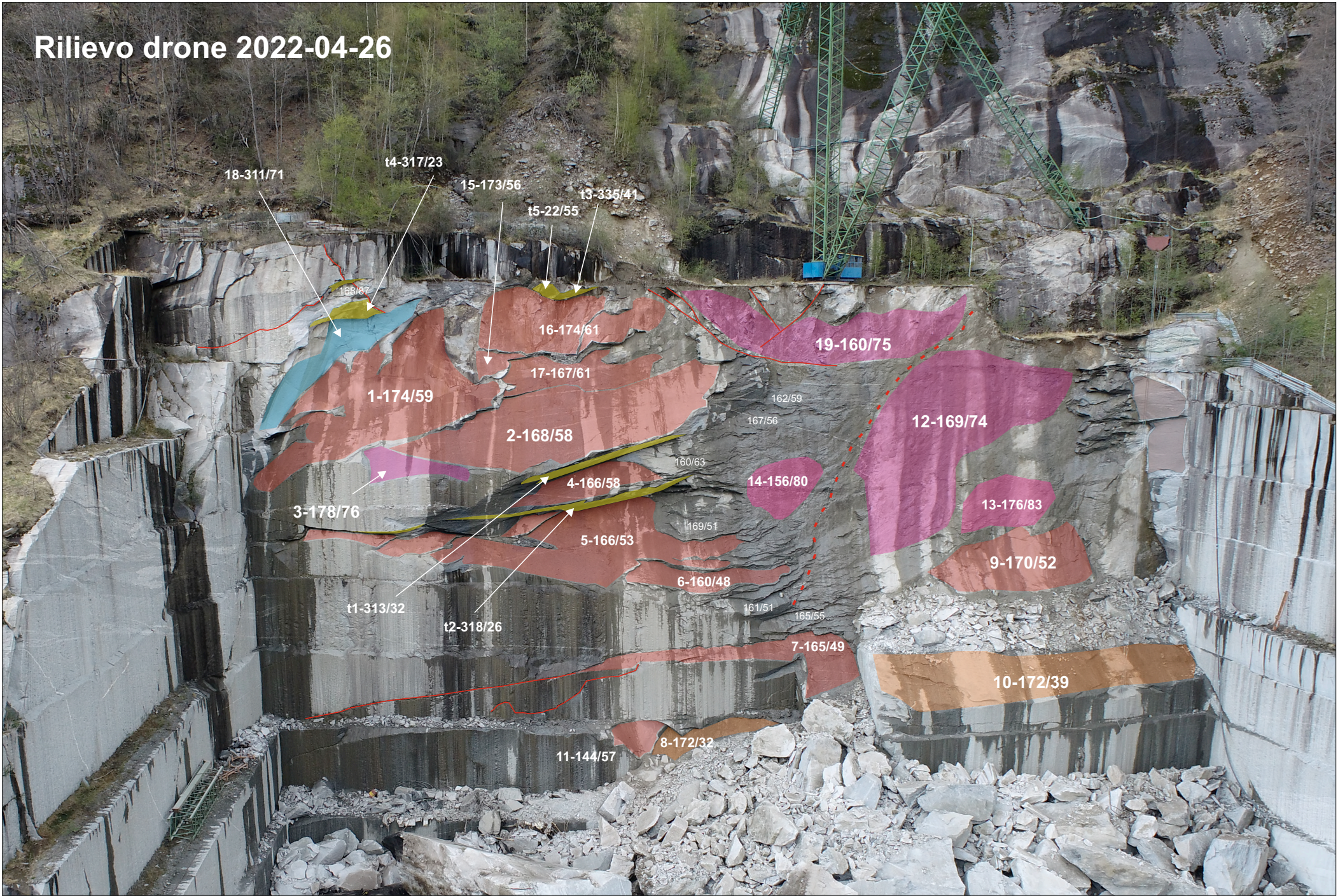
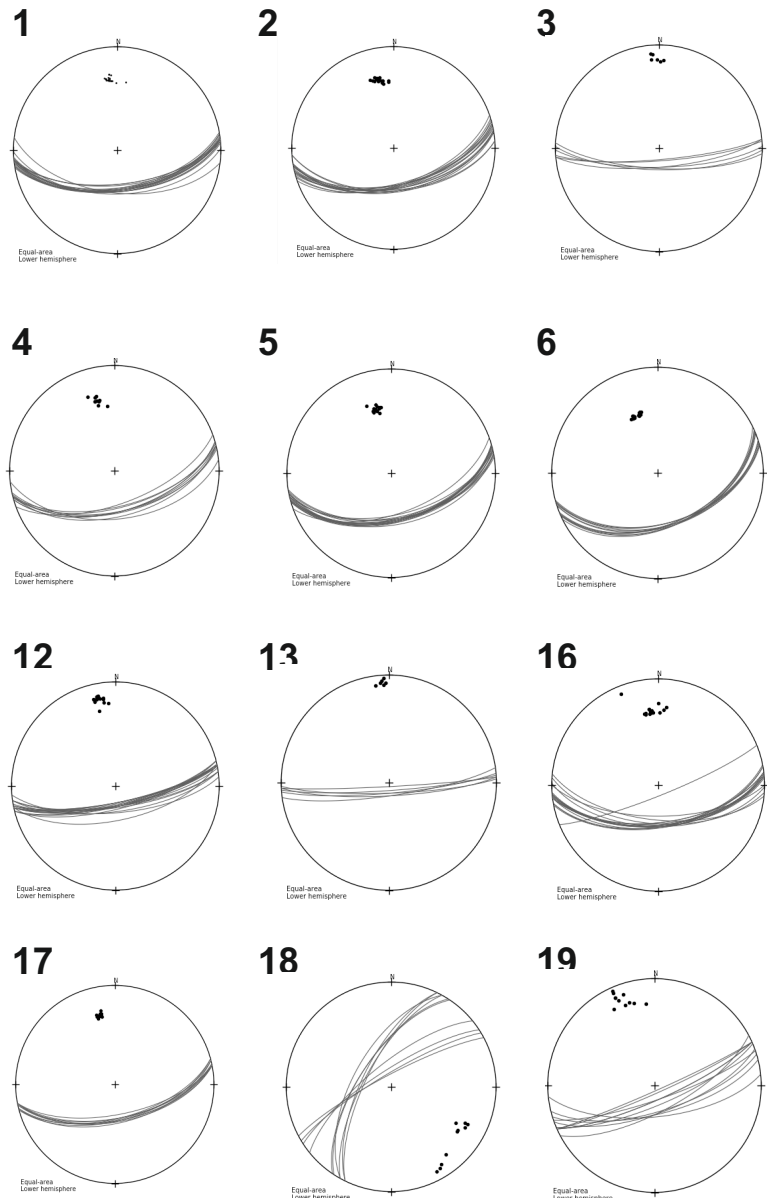
SISTEMA K2: sistema ad alto angolo immergente verso SW, in parti corrispondenti a superfici di faglia; La spaziatura è da metrica a decametrica, la persistenza metrica e le superfici sono mediamente rugose. Sono individuati anche il sistema **K2a** (analogo a K2 ma con immersione ruotata leggermente più a SSE ed inclinazione mediamente inferiore), e il coniugato **K2b** (molto meno frequente).

Complessivamente, le discontinuità più importanti (rappresentate nella carta geologico-strutturale) sono: le faglie e alle fratture che immergono verso SSE-SE (K1), a franapoggio rispetto al versante e al fronte principale (N1, Fig. 5.1.1); le faglie e le fratture del sistema K2, osservabili soprattutto nel fronte “N2” (Fig. 5.1.1) e in misura minore nel settore soprastante

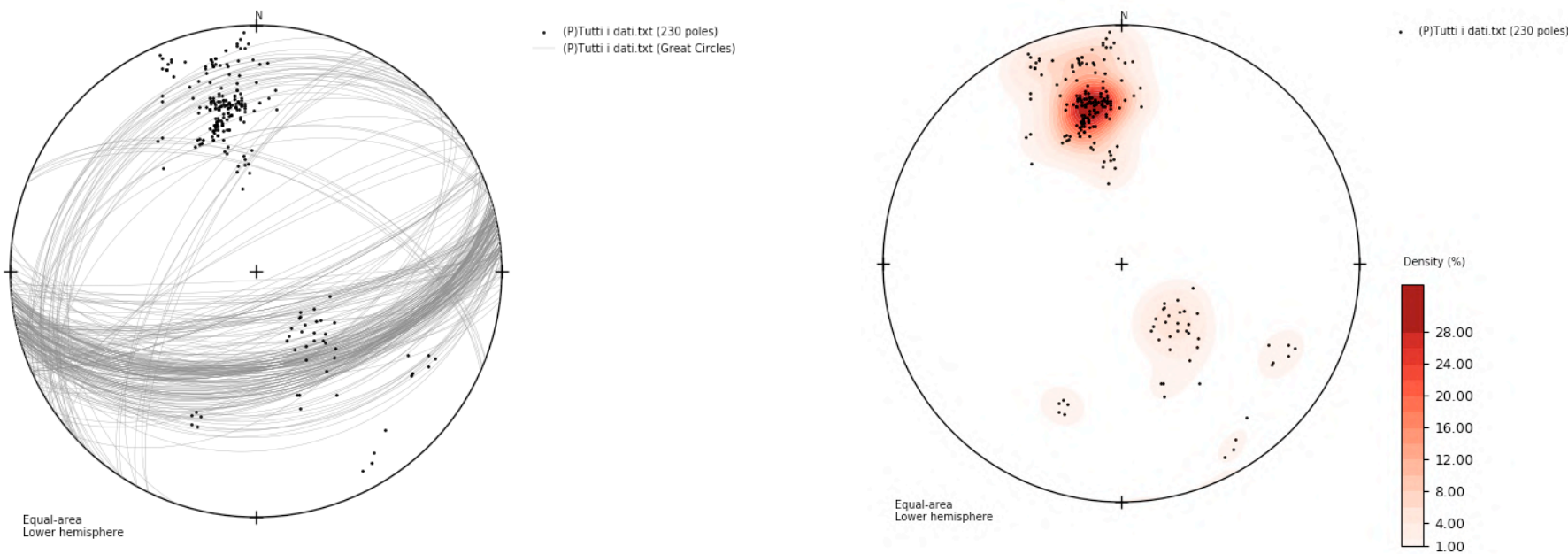
Nella proiezione stereografica che segue sono evidenziati i sistemi principali rispetto ai fronti di coltivazione (Fig. 5.1.1) con giaciture medie stimate dalla nuvola densa dei dati fotogrammetrici.



Piani principali



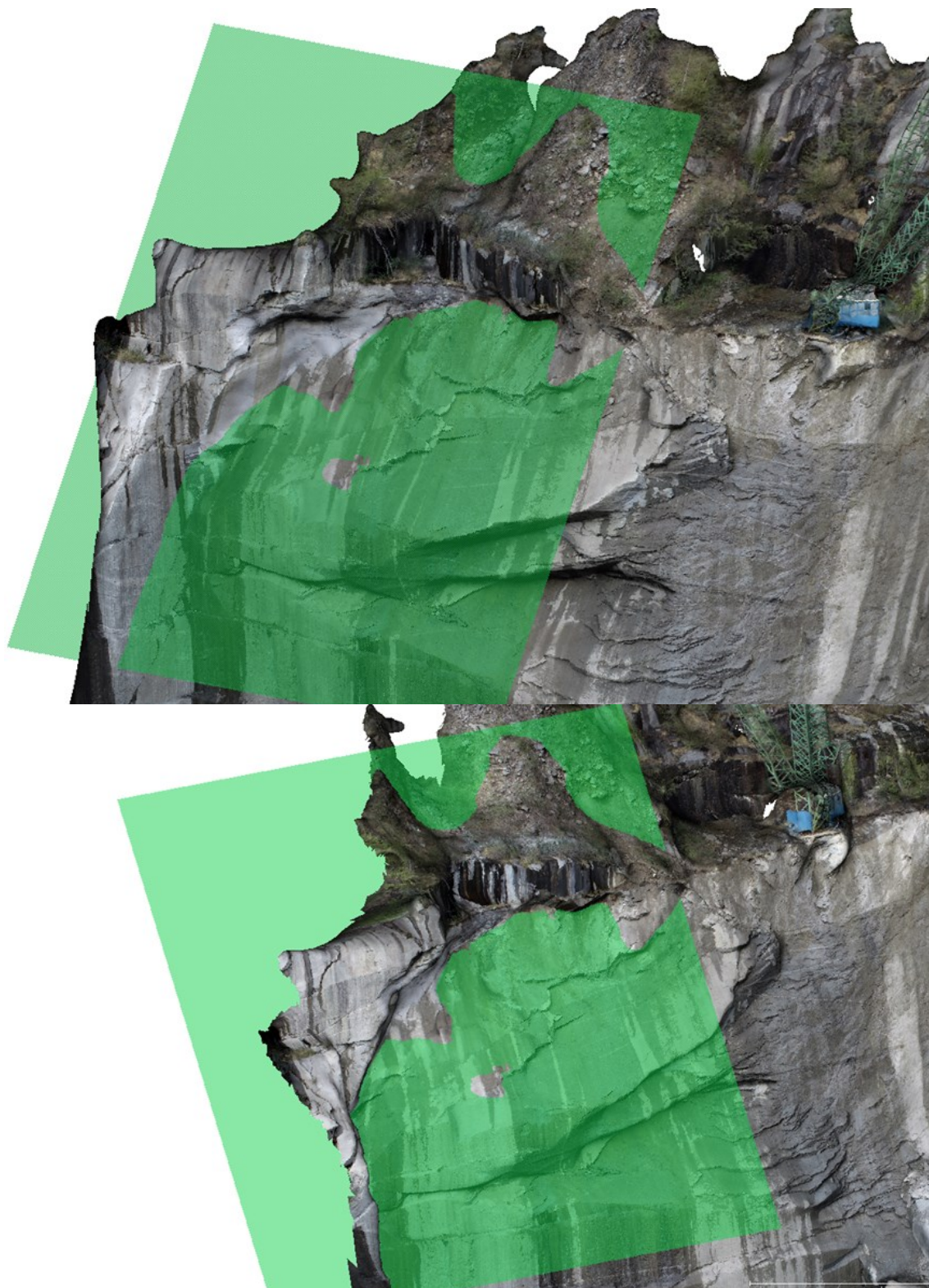
Tutti i dati



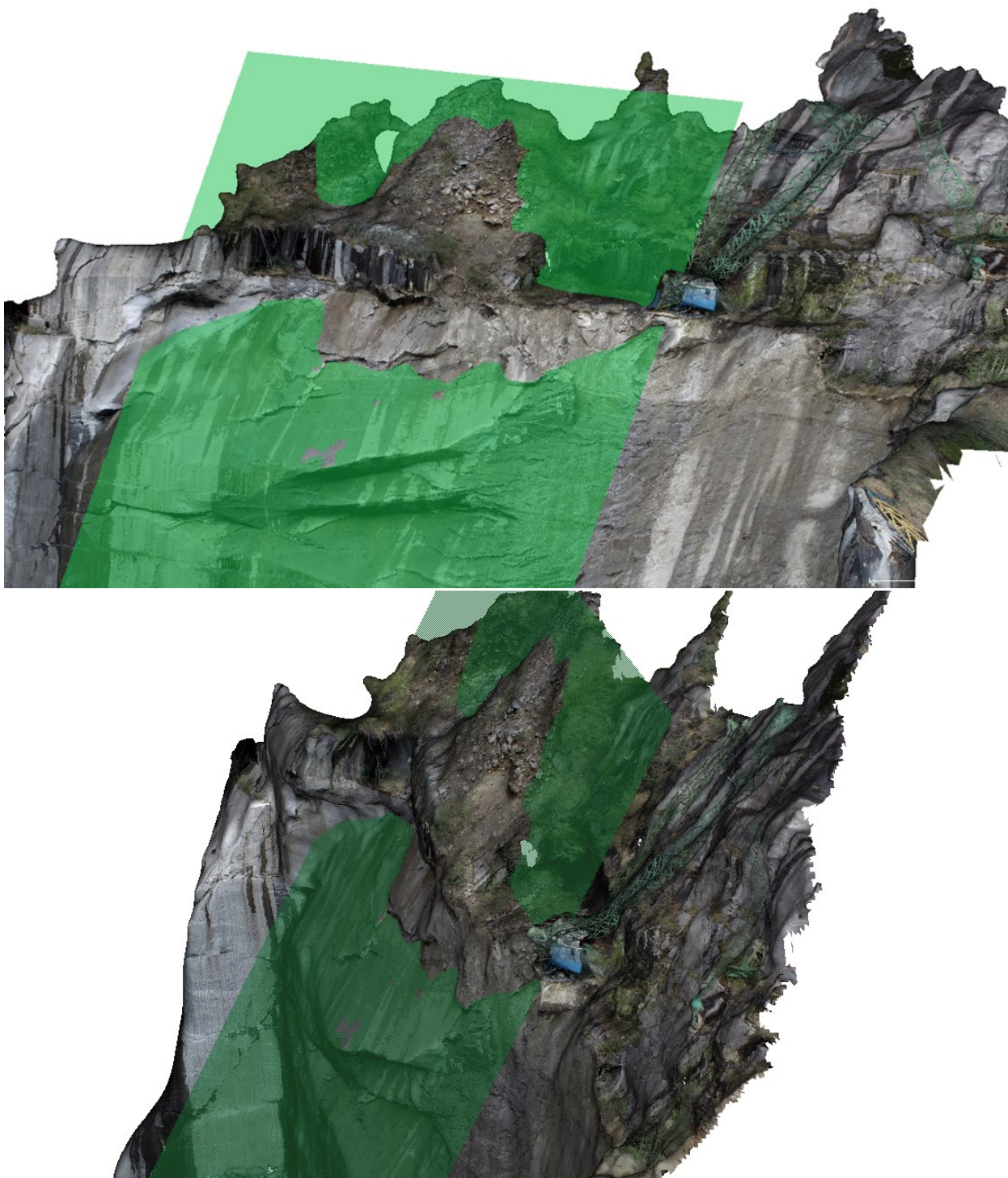
NB:
i dati dei piani sono stati acquisiti mediante interpolazione sulla nuvola di punti fotogrammetrica elaborata dalle immagini del drone.

ALLEGATO N. 2 – ELABORAZIONE 3D DEL RILIEVO STRUTTURALE DOPO EVENTO DI DISSESTO

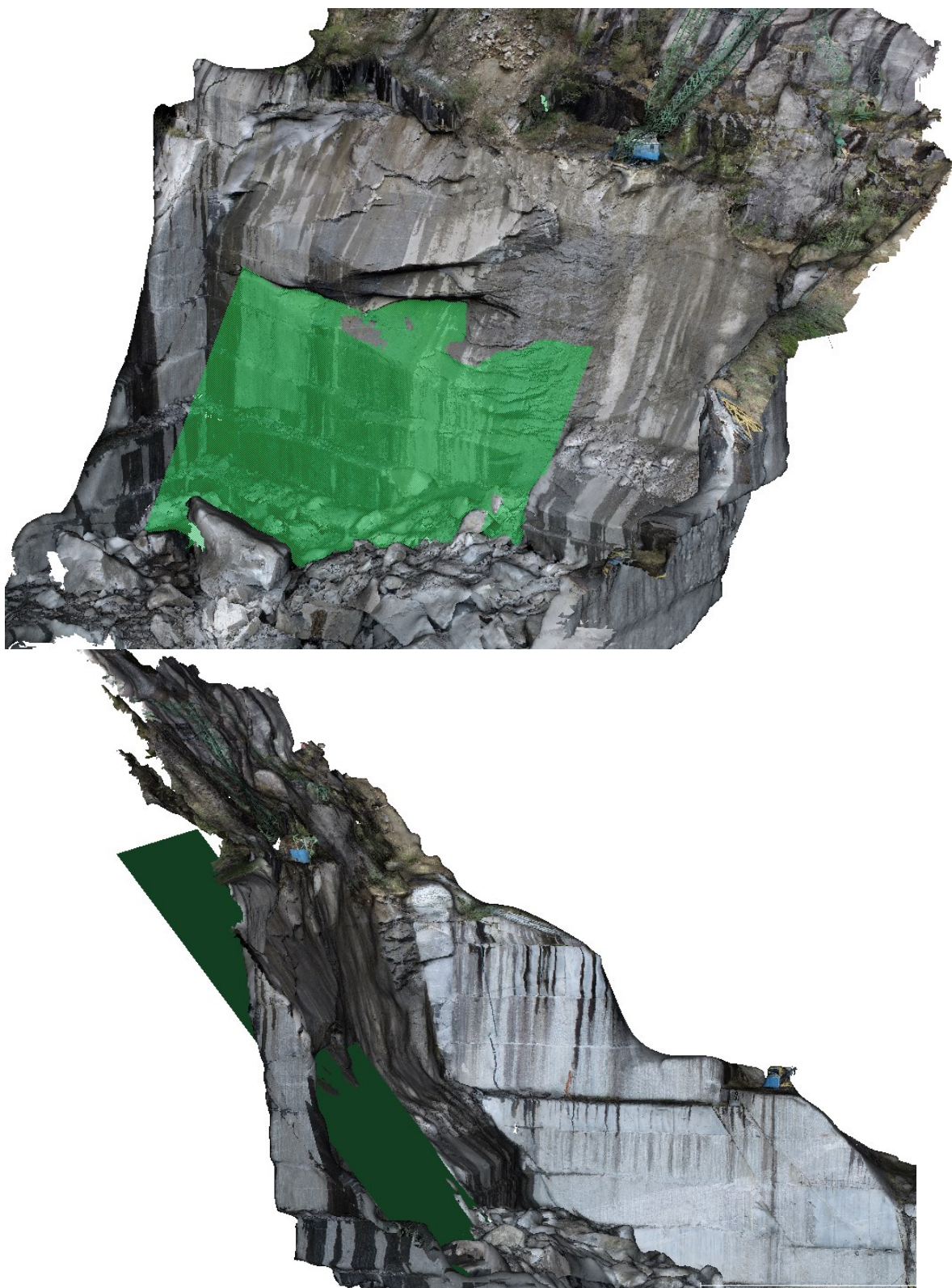
Proiezione 3D del piano corrispondente al giunto di discontinuità N. 1 – (174/59)



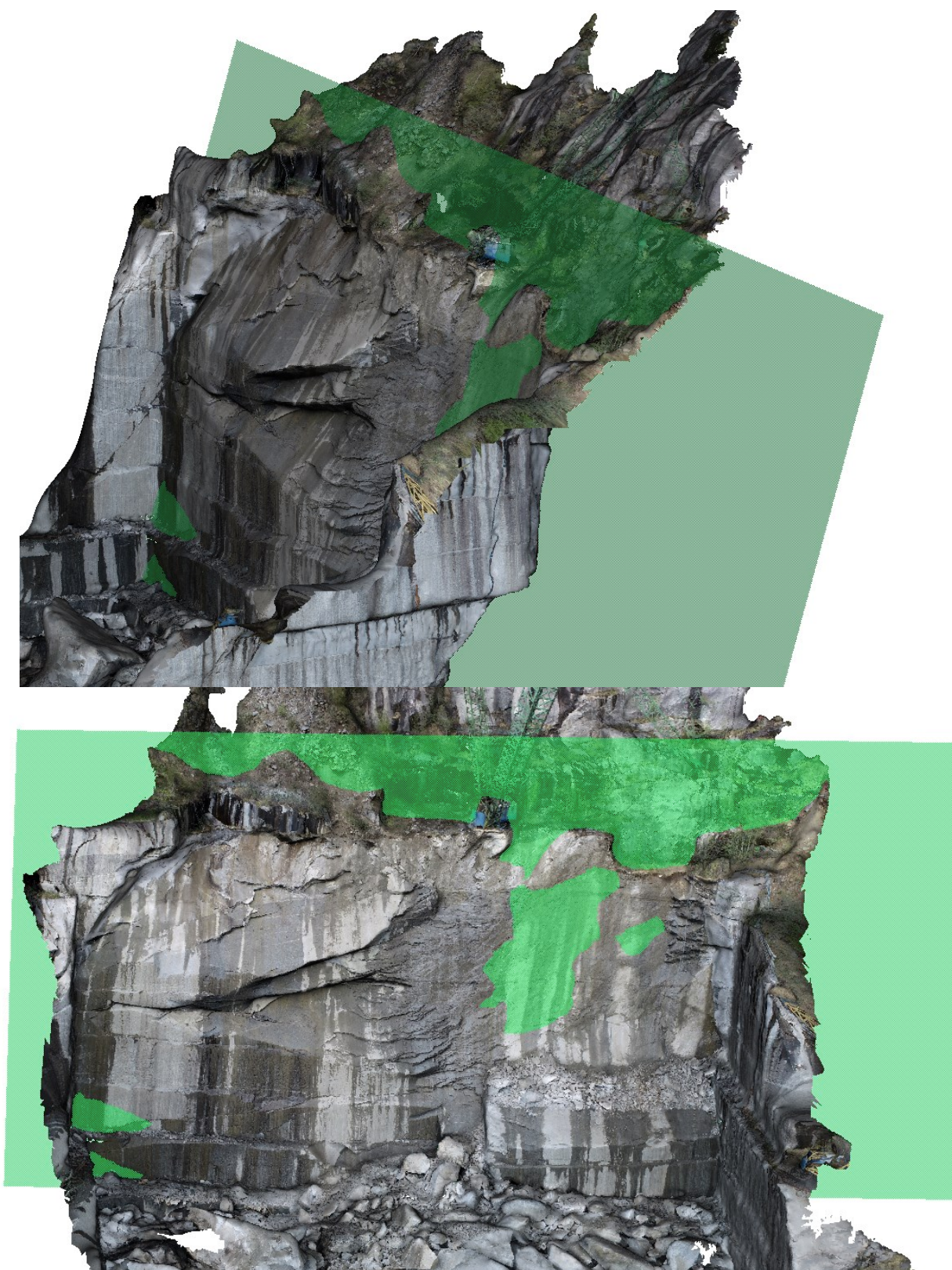
Proiezione 3D del piano corrispondente al giunto di discontinuità N. 2 – (168/58)



Proiezione 3D del piano corrispondente al giunto di discontinuità N. 5 – (166/53)



Proiezione 3D del piano corrispondente al giunto di discontinuità N. 12 – (169/74)





Ripresa frontale, in data 10.05.2022, della parete Nord del fronte di cava. Dopo le piogge di breve durata verificatesi nei giorni 7-8 maggio la parete risulta completamente asciutta ad esclusione dei punti in cui i giunti di discontinuità veicolano acqua di infiltrazione proveniente dalla coltre di copertura in prossimità del ciglio di cava. In dettaglio si evidenzia la venuta inferiore che fuoriesce dal giunto N. 5 (166/53) che forma il tetto più basso residuo dell'ultimo crollo. Si evidenzia inoltre la venuta d'acqua centrale (sotto il derrick) in corrispondenza di un giunto a media inclinazione non rappresentabile nel modello 3D in quanto appena emergente dalla parete ma evidenziata nell'ingrandimento in basso, ripreso dal ciglio della parete Est del fronte di cava



SOMMARIO

1. RELAZIONE TECNICA	2
1.1. PREMESSA	2
1.2. RILIEVO TOPOGRAFICO AGGIORNATO	2
1.3. INTERPRETAZIONE STRUTTURALE	3
1.4. PROGRAMMA INTERVENTI PRELIMINARI	5
1.4.1. SEQUENZA OPERATIVA	6
ALLEGATO N. 1 – CARATTERIZZAZIONE STRUTTURALE DELL’AMMASSO ROCCIOSO ANTE DISSESTO	8
ALLEGATO N. 2 – ELABORAZIONE 3D DEL RILIEVO STRUTTURALE DOPO EVENTO DI DISSESTO	12
ALLEGATO N. 3 – RIPRESA FOTOGRAFICA AGGIORNATA AL 10 MAGGIO 2022	16