

**STUDIO DI GEOLOGIA**  
**Dott. Brunello FORFORI**  
Via VII Luglio, 34  
54033 – Carrara (MS)  
Tel. 393/9592397  
E-Mail: [studio.forfori@gmail.com](mailto:studio.forfori@gmail.com)  
PEC: [brunelloforfori@epap.sicurezzapostale.it](mailto:brunelloforfori@epap.sicurezzapostale.it)

## **PROGETTO DI COLTIVAZIONE DELLA CAVA SUSPIGLIONICA COMUNE DI VAGLI SOTTO (LU)**

### **ANALISI DETERMINISTICA DEL FRONTE E DEFINIZIONE DEGLI INTERVENTI INIZIALI PROPEDEUTICI ALLO SVILUPPO DEL PIANO**

Relazione Tecnica integrativa

#### **COMMITTENTE:**

**TURBA CAVA ROMANA Srl** – Via Fosse del Frigido, 9 – 54100 MASSA (MS)

#### **IL TECNICO**

Dott. Geol. Brunello FORFORI



**- Novembre 2020 -**

## Sommario

<b>1.0 - PREMESSA</b> .....	3
<b>2.0 - METODOLOGIA DI INDAGINE E VERIFICA</b> .....	3
<b>3.0 – INDICAZIONE DEGLI INTERVENTI PRINCIPALI PREVISTI IN CORRISPONDENZA DELLA ZONA 1 E DELLA ZONA 2</b> .....	5
<b>3.1 – Interventi previsti nella Zona 1</b> .....	5
<b>3.2 – Interventi previsti nella Zona 2</b> .....	8

## 1.0 - PREMESSA

La presente relazione è stata redatta per rispondere alla richiesta formulata dal servizio ASL TOSCANA NORD OVEST relativamente all'analisi deterministica del fronte residuo oggetto di ripresa alla coltivazione con il nuovo progetto; la risposta al primo dei punti oggetto di richiesta (*verifica e dimensionamento preliminare dei vuoti sotterranei*) è stata redatta separatamente e viene allegata unitamente alla presente.

I dati necessari per la stesura della presente analisi, sono stati condotti con l'ausilio del personale della Vertical Services Srl in data 17/11/2020, con ricostruzioni 3D realizzate attraverso rilievo topografico con uso di drone impiegato anche per la stesura del progetto.

L'area di studio, così da individuare le verifiche preliminari e gli interventi necessari alla realizzazione di quanto descritto nel progetto presentato, è stata riportata nella Figura 1 seguente, ripresa dal modello 3D.

La finalità dello studio, come richiesto, è stata quella di verificare la presenza di volumetrie da rimuovere prima degli interventi o da stabilizzare per procedere con gli interventi successivi in sicurezza, anche nel caso di una loro successiva rimozione con l'attestazione dei fronti di progetto. E' stato poi indicato anche un intervento più generale, da effettuarsi al termine degli interventi di preparazione del cielo aperto, con la messa in posto di reti fascianti armate sull'intero coronamento del ciglio e sul fronte che si realizzerà per lo sviluppo del sottterraneo.

Per gli inquadramenti geologico-strutturali generali ed alcune verifiche preliminari si rimanda alle relazioni tecniche ed alle tavole grafiche già allegate al piano di lavoro con riferimento a:

- *Analisi delle Caratteristiche Geologiche, Geotecniche, Geomorfologiche, Geominerarie, Idrogeologiche, Vegetazionali, di Stabilità e Sicurezza del Sito e Paesaggistiche di Supporto al Progetto Definitivo della Cava "Suspigionica" nel Bacino Di M. Te Pallerina – Comune di Vagli Sotto (LU)*, redatta dal Geol. Brunello FORFORI;
- *Relazione Geomeccanica ed Analisi di Stabilità Previsionale di Supporto al progetto di Coltivazione della Cava "Suspigionica" sita nel Bacino di M. Te Pallerina - Comune Di Vagli Sotto (LU)*, redatta dal Geol. Brunello FORFORI;
- *Progetto preliminare per apertura cantiere in sottterraneo - Dimensionamento delle Strutture della Coltivazione a Camere e Pilastrif. cava Suspigionica – comune di Vagli Sotto (LU)*, redatta dall'Ing. Alessandra Bianchi e dal Geol. Brunello Forfori;

oltre alle tavole di inquadramento e di progetto con particolare riferimento alla Tavola – 9 "*Carta della Fratturazione*" e Tavola 9B "*Sezioni geostrutturali*" in scala 1:500, dove sono individuati gli elementi strutturali principali rilevati in corrispondenza delle aree di intervento ed in un intorno significativo, utilizzati per attestare la configurazione finale degli scavi.

## 2.0 - METODOLOGIA DI INDAGINE E VERIFICA

Per la realizzazione di un'analisi di tipo deterministico, con individuazione in dettaglio delle principali strutture da verificare e su cui intervenire, si è proceduto nel seguente modo:

- analisi della documentazione disponibile, con riferimento alle strutture principali rilevate nelle campagne di indagine;
- primo sopralluogo ed inquadramento *a tavolino* con uso di riprese fotografiche e rilievo 3D delle aree di verifica/studio, suddividendole per settori di intervento;
- sopralluogo in parete da parte degli operatori della *Vertical Services srl* con verifica dello stato delle stesse, riprese fotografiche di dettaglio e stima in parete delle dimensioni delle strutture

individuare e dei potenziali cinematismi;

- stesura della presente relazione tecnica con individuazione ed indicazione degli interventi da attuare preliminari e propedeutici alla riattivazione della cava.

Si evidenzia che nella stesura del progetto si sono spinti i tagli in arretramento dell'attuale fronte anche oltre le strutture che costituiscono l'attuale superficie del vecchio fronte residuo; si ritiene peraltro che l'esecuzione degli interventi descritti nei paragrafi a seguire sia propedeutica ad effettuare tali interventi in completa sicurezza, questo anche nel caso che questi possano essere rimossi perché inglobati nelle fasi di arretramento massimo del fronte di scavo come previsto nelle tavole progettuali.

L'area complessiva di intervento è quella riportata nella figura a seguire (Foto 1), corrispondente alla porzione SE del sito di cava, in corrispondenza dei fronti residui attuali; questa è stata suddivisa in due zone sulla base delle differenti modalità di intervento:

- la Zona 1, in cui sono previsti interventi di disaggio, chiodature puntuali, legature e posa di reti fascianti armate (al termine degli interventi di arretramento del fronte);
- la Zona 2, in cui sono previsti tagli di pulizia al fine di rimuovere il materiale più superficiale attestando l'ammasso roccioso sottostante su strutture stabili e per cui successivamente si procederà ad una revisione dei fronti residui per l'esecuzione di interventi puntuali ed a completamento la messa in opera di una rete fasciante armata di collegamento con quella della Zona 1.

Il fronte principale presente è stato organizzato in passato ripulendo in parte una delle discontinuità principali del sistema K1; gli interventi previsti sono da realizzare principalmente in corrispondenza dell'interazione tra questo, le discontinuità principali ascritte al sistema K1 parallele le une alle altre orientate circa come il "secondo" (rispetto alla macchia) e le discontinuità meno pervasive ascrivibili al sistema del "contro" K7; i piani del "verso" sono invece individuati dal sistema K3 con immersione a NE. Nell'area occidentale, visti gli interventi previsti con riduzione morfologica e realizzazione di un piazzale a q.ta 1070.7m s.l.m., di fatto le strutture eventualmente presenti verranno completamente asportate senza necessità di interventi preparatori.

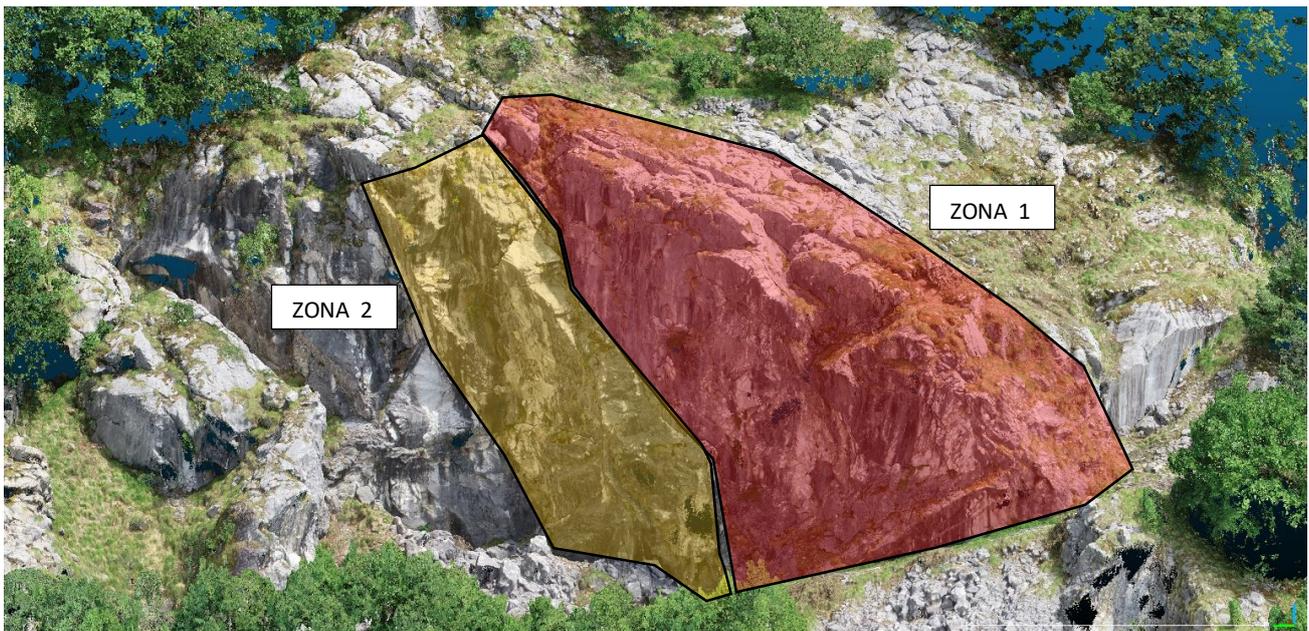


Foto 1: panoramica della cava con indicazione delle principali zone di intervento preventive a quelli di coltivazione.-

### 3.0 – INDICAZIONE DEGLI INTERVENTI PRINCIPALI PREVISTI IN CORRISPONDENZA DELLA ZONA 1 E DELLA ZONA 2

#### 3.1 – Interventi previsti nella Zona 1

Fermo restando quanto anticipato al paragrafo precedente, le verifiche condotte hanno messo in evidenza la necessità di effettuare i seguenti interventi principali, prima dell'inizio di qualunque altra tipologia di operazioni nell'area, compresi i tagli di pulizia che sono stati indicati per la Zona 2. Le strutture sono state indicate con una lettera dalla A alla F nella Foto 2 seguente e di seguito meglio dettagliate:

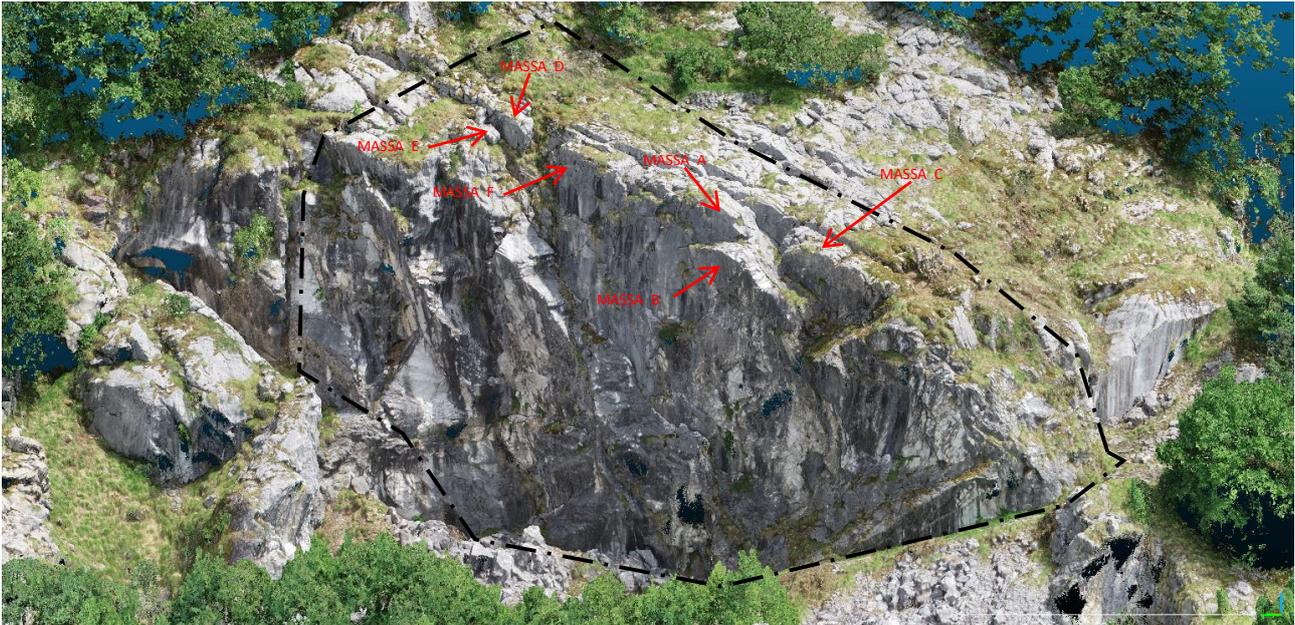


Foto 2: panoramica della cava con indicazione dell'area di disaggio manuale con uso di paletto o di martinetti/cuscini idraulici (perimetro tratto-punto) e la posizione delle strutture principali rilevate su cui intervenire.-

- disaggio complessivo della superficie del fronte per rimuovere il materiale accumulato e reso instabile dall'azione degli agenti atmosferici (Foto 2), compresa la rimozione di alcune ciocche che potrebbero rivegetare e che con l'azione delle radici e del vento contribuiscono ad instabilizzare masse superficiali. Il disaggio sarà condotto sia con l'utilizzo classico del paletto che con l'impiego di cuscini e martinetti idraulici per spostare il materiale più grossolano. L'intervento copre anche l'area indicata come Zona 2, specie nella porzione più occidentale di questa;
- in corrispondenza della **Massa A** di dimensioni circa 4m x 1,5m x 1,0m, struttura appoggiata su discontinuità suborizzontale, con scarico del peso in direzione opposta al fronte (E-NE), intervento di legatura con cavo in acciaio da 12mm disposto ortogonalmente all'allungamento principale della massa in n°2 sezioni. I golfari di aggancio saranno fissati su barre di acciaio tipo dywidag da 26.5mm infissi nell'ammasso per almeno 2m ed inghisati con resina tipo Minova;
- la **Massa B** individuata, è una struttura allungata in direzione del fronte principale, con sviluppo massimo di circa 6,5m in lunghezza, spessore da zero a massimo 80cm/100cm ed altezza media di circa 1,8m. Come la Massa A, risulta appoggiata su una frattura suborizzontale e distaccata nella parte retrostante da una frattura del sistema K1 che tende a chiudere verso il basso. La Massa è in condizioni statiche, ma potrebbe subire movimenti

e diventare potenzialmente instabile con la progressiva azione del ghiaccio o del carico idraulico delle piogge. Al fine di evitare variazioni nella staticità della stessa, è stata ipotizzata una chiodatura con barre di acciaio da 32mm tipo dywidag e lunghezza da 6m, anche se per lo spessore in gioco basterebbe una lunghezza inferiore, che contrasti alla spinta dovuta alle azioni sopra e possa innescare un potenziale cinematismo per ribaltamento. Sono stati ipotizzati, visto lo sviluppo lineare della stessa massa, l'apposizione di n°5 chiodi, intervento sovradimensionato rispetto al volume in gioco ma di fatto necessario a seguito della forma e struttura della massa divisa in volumi minori;

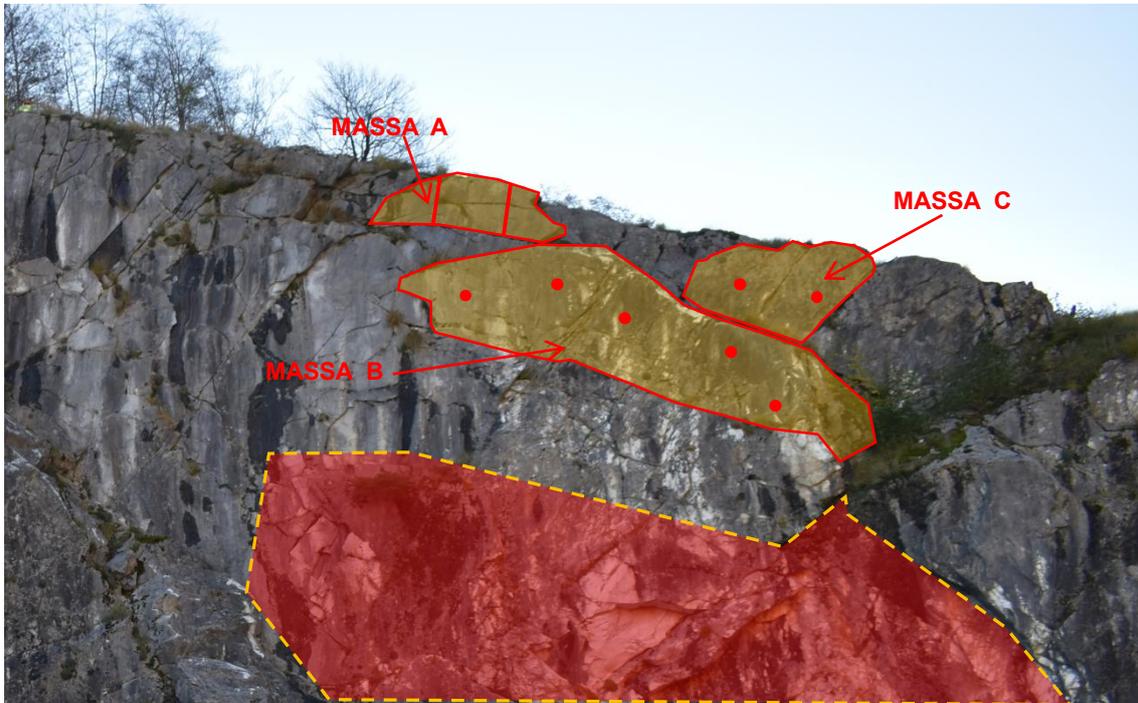


Foto 3: panoramica con individuazione delle volumetrie indicate nella foto precedente e degli interventi previsti (chiodature con barre da 32mm – pallino rosso) e legature (massa A); nel limite indicato dalla linea gialla tratteggiata area con volumetrie da disaggiare dopo stabilizzazione aree soprastanti.-

- la **Massa C** è localizzata in posizione limitrofa alla A ed alla B, risulta peraltro al limite dell'intervento di arretramento del futuro fronte sudoccidentale dove è prevista la prima uscita di sicurezza (vedi sviluppo Prima Fase – Tavola 13). Presenta dimensioni di circa 2,5m x 1,8m x 1m, e risulta in appoggio su di una discontinuità suborizzontale ascrivibile al sistema K7. La massa in esame fa parte di una struttura maggiore rappresentata da una combinazione tra una discontinuità del “verso” K3 che la contiene a valle, una discontinuità del “contro” K7 su cui peraltro appoggia sul lato settentrionale, ed è separata almeno nella parte superiore (tende a chiudere verso il basso) da una discontinuità del “secondo” K1 sul lato orientale. La massa risulta impossibilitata allo scivolamento, ed onde evitare un progressivo allentamento specie nella parte retrostante a seguito dell'azione degli agenti esterni (ghiaccio soprattutto), è stata ipotizzato un consolidamento preventivo con l'apposizione di n°2 chiodi da 32mm con profondità di 6m ed inghisaggio con resina tipo Minova diretti ortogonalmente alla superficie esterna del fronte. La profondità consente di superare altre discontinuità adiacenti del K1 ed ancorarsi in corrispondenza dell'ammasso roccioso più massivo in posizione retrostante;
- la **Massa D** è localizzata in corrispondenza della porzione apicale della struttura di cava ed è costituita da una massa principale con volumetria complessiva di circa 4m x 2m x 1m di

spessore, suddivisa in volumi più piccoli da una serie di discontinuità random. Allo stato attuale non è consigliata la sua rimozione, i volumi da verifica si presentano come mutuamente incastrati, con la rimozione dell'intera massa bisognerebbe rimuovere anche il materiale presente nella porzione retrostante questa struttura con un effetto domino. Si ritiene di stabilizzare la stessa con l'apposizione di un pannello di rete in fune con maglia da 250mm x 250mm tipo HEA della Maccaferri o similare, ancorato lateralmente con golfari e cavi da 12mm. I golfari su barre da 26.5mm tipo dywidag infisse per almeno 2m all'interno dell'ammasso, inghisati con cartucce di resina tipo Minova, il cui punto di inserimento verrà localizzato in corrispondenza di aree a minore fratturazione, con almeno 4 punti di ancoraggio complessivi;

- **la Massa E** è localizzata sul limite occidentale della massa D, è costituita da un volume di circa 2,5mc complessivi con piano di scivolamento lungo frattura del "contro" (circa 40°), non muoveva con il paletto, ma visto che rimane isolata sui lati, si preferisce disgiugarla impiegando cuscino o martinetto idraulico;
- **la Massa F** è localizzata a valle della massa D precedente, è caratterizzata da una struttura prismoide a prevalente sviluppo verticale con latezza di circa 4,5m, larghezza di circa 3m e con un o spessore massimo di circa 2m. La massa sul lato frontale e retrostante è isolata da due discontinuità del sistema K1, al momento risulta stabile in quanto incastrata al piede. Sarà comunque oggetto di consolidamento preventivo per evitare che l'azione progressiva di ghiaccio ed acqua determinino spinte nella parte retrostante che progressivamente arrivino a disarticolare l'incastro; l'intervento sarà condotto con due barre da 6m di lunghezza diametro 32mm della dywidagg, inghisate con cartucce di resina tipo Minova. La lunghezza si impone così da attraversare le principali strutture definite dalle fratture del K1 andando a bloccare la chiodatura in corrispondenza della porzione di ammasso più solida;

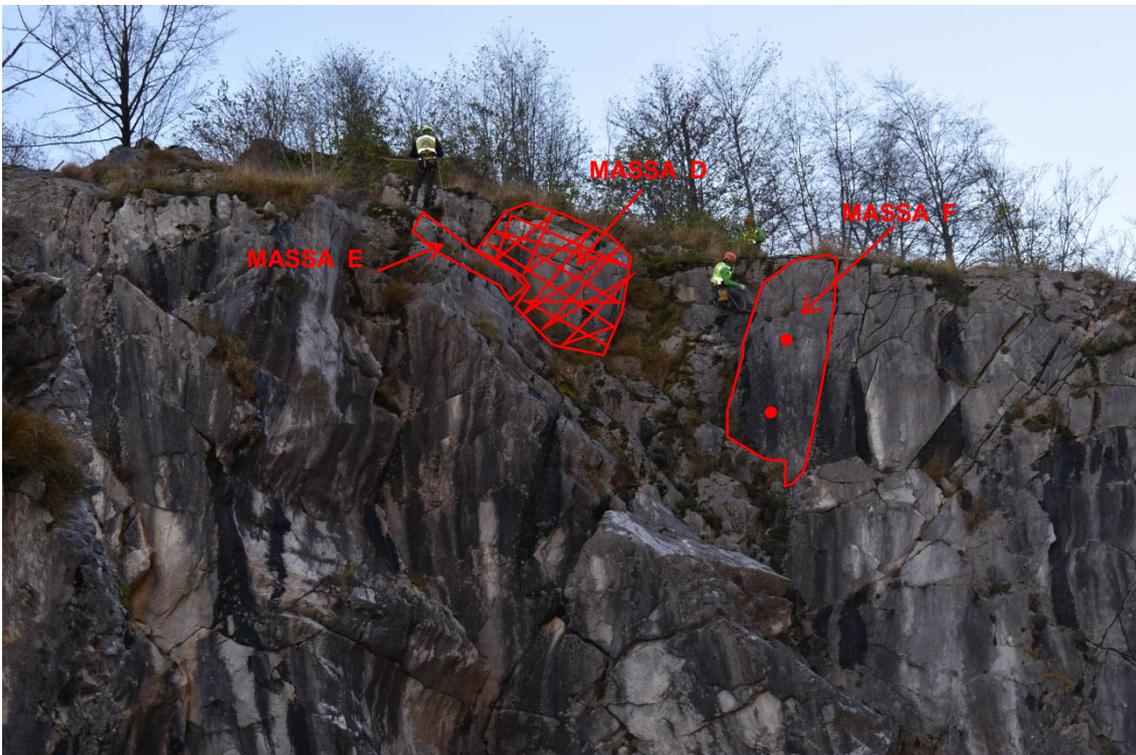


Foto 4: panoramica con individuazione delle volumetrie indicate nella foto precedente e degli interventi previsti (chiodature con barre da 32mm – pallino rosso) e posizionamento pannello di rete in fune legature (massa D).-

- **sul ciglio residuo** degli interventi di arretramento previsti e dopo esecuzione delle chiodature di cui sopra, salvo che le stesse masse non siano state progressivamente interessate dall'intervento di arretramento dello stesso fronte, posizionamento di rete di rinforzo corticale armata con cavi in acciaio. La rete sarà del tipo a doppia torsione in pannelli di 25m x 2m di altezza, con filo da 2,7mm e dimensione aperture di 80mm x 100mm, che fascierà tutto il ciglio nel tratto a cavallo tra il fronte ed il versante retrostante ciglio in completa aderenza al fine di contenere in posto impedendone il movimento, di eventuali volumi che possano con il tempo rendersi instabili per agenti esogeni come ghiaccio ed acqua. L'armatura perimetrale verrà effettuata in cavi metallici da 14mm e quella interna con cavi da 12mm. I cavi perimetrali e di armatura, verranno bloccati a golfari collocati su barre di acciaio tipo dywidagg da 26.5mm, con profondità di infissione da 1,5 a 2m ed inghisati con resina tipo Minova. Nella Foto 5 lo schema operativo generale dell'intervento, che verrà definito con maggior dettaglio per la posizione dei cavi di armatura, dei golfari e del perimetro, solo una volta completate le operazioni di arretramento ed attestazione del fronte finale. Inoltre anche sul limite NW del fronte, dove verranno effettuati i tagli di pulizia inclinati, il limite della rete potrà essere definita solo al termine di queste operazioni.



Foto 5: schema delle reti di rinforzo corticale finale, al termine delle fasi di arretramento-pulizia del fronte e dopo esecuzione dei tagli inclinati sul limite NW, i cerchi indicano posizione golfari

### 3.2 – Interventi previsti nella Zona 2

Preliminarmente a qualunque operazione, si dovrà effettuare il disaggancio generale del vecchio fronte residuo, così come già descritto al punto precedente, anche per questa zona.

Va da se che l'operazione sarà condotta dopo aver ripulite le porzioni soprastanti analizzate nel paragrafo precedente. In particolare per quest'area di lavoro, le masse indicate in precedenza come D ed E, rimangono al limite tra le due aree e saranno come gli altri interventi, realizzati prima di ogni altra attività di escavazione nell'area.

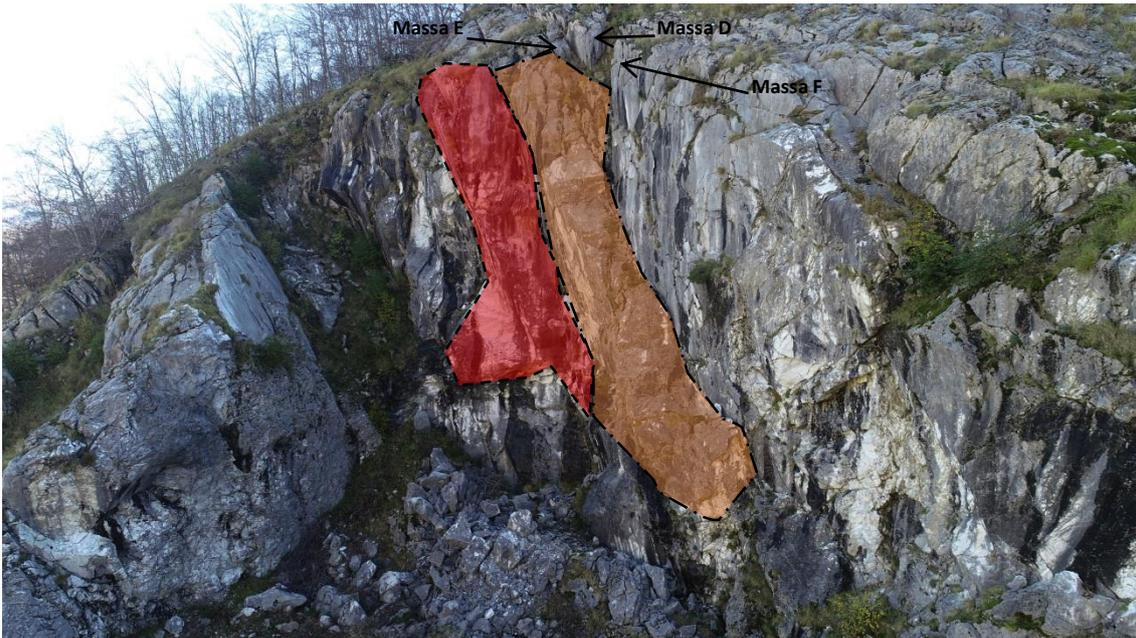


Foto 6: indicazione delle volumetrie che verranno rimosse con l'impiego di tagli inclinati a filo diamantato previa messa in sicurezza del ciglio e del fronte soprastante. -

Nella Zona 2, che nella descrizione indichiamo come limite NW del fronte futuro, visibile nella Foto 1 di inquadramento e in dettaglio nella Foto 6 sopra, è prevista l'esecuzione di una serie di tagli inclinati a filo diamantato con la finalità di rimuovere le strutture aggettanti presenti ed il materiale fratturato superficiale.

Si prevede di effettuare almeno 4 tagli principali per rimuovere le volumetrie oggetto di aggetto e riportare una condizione finale di stabilità, intervento che verrà effettuato preliminarmente alla fase di rimozione del materiale presente alla base del fronte stesso che consentirà poi di procedere con le operazioni necessarie a realizzare il fronte per il primo tracciamento in direzione SE di ingresso.

Gli interventi di taglio saranno condotti sfruttando in parte le fratture presenti e saranno dati in appoggio in modo da migliorare la stabilità finale del fronte, con immersione da NW a SE.

Considerando la tipologia dell'intervento e la fratturazione principale presente nell'area, combinazione del K1 e del K7 (contro), si procederà sui tagli di pulizia ad effettuare se necessario consolidamenti ortogonalmente alle discontinuità del "contro" che sebbene presentino persistenze contenute, risultano essere disposte a franapoggio rispetto alla direzione dei tagli stessi; l'inclinazione finale dei tagli (non verticali) garantirà di fatto un miglioramento anche per potenziali scivolamenti di questo sistema.

In conclusione, per quest'area, si ritiene che gli interventi di consolidamento finali potranno essere dettagliati solo al termine dell'operazione di modifica morfologica condotta con i taglia filo.

A questo stadio di valutazione si ritiene che gli interventi preventivi all'attività riguardino di fatto il completo disgiungimento dell'area soprastante e limitrofa (vedi Massa E) e l'esecuzione della posa del pannello in rete di funi in corrispondenza della Massa D, oltre al consolidamento della Massa F laterale.

Le reti fascianti armate previste per l'area di ciglio e che si spingeranno verso il basso fino al tetto

di ingresso del futuro sotterraneo, saranno estese e collegate anche in direzione di questa porzione di fronte.

Si rimane disponibili per chiarimenti od integrazioni alla presente.

Carrara, 23.11.2020

Il Tecnico  
Dott. Brunello FORFORI

