

OGGETTO:

Variante al progetto di coltivazione della cava Faniello, Comune di Stazzema

**ai sensi della L.R.35/2014, Disciplina del PIT e L.R.10/2010
in conformità al PABE Scheda 8 – Bacino Monte Macina**



COMMITTENTE:
Versilia Marmi s.r.l.

*Via I. Cocchi
54033 Avenza Carrara (MS)*

PROGETTISTA:

Eurogeologo Vinicio Lorenzoni

TITOLO DELL' ELABORATO:

*Analisi delle caratteristiche geologiche,
geomorfologiche, idrogeologiche e di
stabilità dell'area di intervento.
(Art.17 comma primo lettera a)*



*Data e luogo di
emissione*

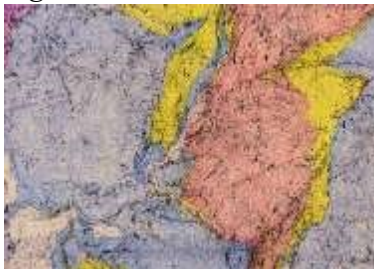
Querceta, Luglio 2026

*Riferimento
Elaborato*

A

Geol. Vinicio Lorenzoni

Studio di geologia tecnica ambientale e mineraria



Indice

Premessa.....	4
1.1 Elenco degli elaborati di progetto.....	4
2 Inquadramento geografico del sito di intervento	5
3 Descrizione dei caratteri geologici dell'area	7
3.1 Inquadramento geologico regionale.....	7
3.2 Tettonica	9
3.3 Assetto strutturale del giacimento	11
3.3.1 Prima fase deformativa D1.....	11
3.3.2 Seconda fase deformativa D2	15
3.3.3 Terza fase deformativa D3	16
3.3.4 Sintesi dell'evoluzione tettonica della Zona di Arni	16
3.3.5 Deformazione fragile.....	18
3.4 Stratigrafia.....	19
3.4.1 Autoctono.....	19
3.4.3 Formazioni della Copertura mesozoico-terziaria	19
3.4.1 3.4.4 Depositi Quaternari	21
4 Caratteristiche tecniche del materiale lapideo	22
5 Geomorfologia	23
5.1.1 Carsismo	24
6 Pericolosità dell'area di estrazione	25
6.1 Pericolosità geomorfologica e sismica	25
6.2 Pericolosità sismica	26
6.3 Pericolosità idraulica	26
6.4 Fattibilità	26
7 Sismicità dell'area.....	27
8 Idrogeologia.....	29
8.1 Vulnerabilità dell'acquifero	31
8.2 circolazione idrica sotterranea	32
9 Classificazione dell'ammasso roccioso	32
9.1 Caratteristiche del materiale roccioso	34
9.2 Classificazione geomeccanica dell'ammasso roccioso RMR Beniaswki 1989	34
9.3 Criterio di Hoek e Brown stima dei parametri geomeccanici	35
9.4 Angolo di attrito e coesione dell'ammasso – criterio di Mohr e Coulomb	37
9.5 Resistenza al taglio	37

10 Analisi cinematica	40
10.1 Cinematismi sui fronti di lavoro esistenti e di progetto.....	42
11 Conclusioni e prescrizioni.....	46

Premessa

Il presente Piano di coltivazione della cava Faniello è stato redatto in conformità al PABE approvato dal Comune di Stazzema per il Bacino Monte Macina della Scheda 8 del PIT/PPR.

Il Piano di coltivazione della validità di 10 anni è composto, oltre che dalla presente relazione dagli elaborati di seguito elencati, a cui si aggiungono lo Studio di Impatto Ambientale e di Incidenza redatti dalla Dott.ssa Fregosi Alessandra. La metodologia di coltivazione non modifica l'impatto derivante dal rumore causato dai mezzi meccanici utilizzati dall'azienda e pertanto viene ripresentata la Valutazione dell'impatto acustico redatto per questa cava dalla società. Il progetto non modifica neppure l'impatto causato dalle polveri diffuse, rimanendo valida l'autorizzazione vigente.

1.1 Elenco degli elaborati di progetto

- Elaborato A - Analisi delle caratteristiche geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche e di stabilità dell'area di intervento, Luglio 2026;
- Elaborato B - Relazione tecnico illustrativa, Luglio 2026;
- Elaborato C – Progetto di coltivazione e progetto di risistemazione del sito estrattivo, Luglio 2026;
- Elaborato D – Documento di gestione dei rifiuti di estrazione ai sensi del D.lgs.117/2008, Luglio 2026;
- Elaborato E- Piano di gestione acque meteoriche dilavanti (cartografie allegate -AMD) , Luglio 2026;
- Elaborato F – Progetto di monitoraggio ambientale (PMA) , Luglio 2026;
- Elaborato H – Documentazione fotografica , Luglio 2026;
- Elaborato I - Perizia di Stima , Luglio 2026;
- Elaborato L – Interventi di risistemazione del sito, Luglio 2026;
- Elaborati M– Relazione paesaggistica, Luglio 2026; Allegato “Simulazione ripristino Faniello”
- Elaborato N – Studio di Impatto Ambientale, Luglio 2026;
- Elaborato N1- Sintesi non tecnica, Luglio 2026;
- Elaborato N2 – Studio di incidenza Luglio 2026;
- Elaborato O – Nomina direttore lavori, Direttore Responsabile e schema DSS, Luglio 2026
- Elaborato P – gestione delle emergenze, Luglio 2026;
- Elaborato Q - Valutazione emissioni di polveri in atmosfera, Luglio 2026;
- VIAC - Valutazione impatto acustico, Luglio 2026;

Tavole di progetto

- Tav.1 - Corografia di inquadramento , luglio 2026;
- Tav.2 - Inquadramento Catastale, luglio 2026;
- Tav.3 - Carta dei Vincoli sovraordinati luglio 2026;
- Tav.4 - Carta dei vincoli del P.I.T., luglio 2026;
- Tav.5a- Carta pericolosità geomorfologica PAI
- Tav.5b- Carta della pericolosità idraulica , luglio 2026;
- Tav.6- Carta geologica e giacimentologica, luglio 2026;
- Tav.7a- Carta geomorfologica, luglio 2026;
- Tav.7b- Carta dei Ravaneti – Parco luglio 2026;
- Tav7c- Carta dei ravaneti da asportare, luglio 2026;

Tav.8 - Carta Idrogeologica, luglio 2026;
Tav.9 – Carta delle fratture, luglio 2026;
Tav.10a - Stato attuale, luglio 2026;
Tav.10b – Stato attuale con sovrapposta ortofoto, luglio 2026;
Tav.10c- Stato attuale con articolazione del PABE, luglio 2026;
Tav.11 – Stato Finale , luglio 2026;
Tav.11b – Stato attuale con sovrapposto autorizzato e progetto, luglio 2026;
Tav.11c – Perimetro di scavo e rinuncia, luglio 2026;
Tav.11d- Stato finale con reticolo in gestione ed aree demaniali. luglio 2026;
Tav.11e- Stato finale con ortofoto ed articolazione del PABE, luglio 2026;
Tav.12- Stato finale, sovrapposto stato autorizzato, luglio 2026;
Tav.13 – Sezioni, luglio 2026;
Tav.14 – Carta del Progetto di ripristino e riqualificazione del sito, luglio 2026;
Tav.15 – Carta delle fratture a grande scala e sezioni strutturali, luglio 2026;
Tav.16 – Carta dei punti di monitoraggio, luglio 2026;
Tav.17- Carta dell'uso del suolo, luglio 2026
Tav.1amd – Ambiti, , luglio 2026;
Tav.2amd – Carta delle superfici scolanti e vasche, luglio 2026;

2 Inquadramento geografico del sito di intervento

La cava denominata Faniello si trova nei comuni di Stazzema e Vagli Sotto in località Faniello, è compresa nel Foglio CTR nr.249110 E 249120 ed indicata con il nr.131 nella “Carta giacimentologica degli agri marmiferi” redatta dal Centro di Geotecnologie dell’Università di Siena per conto della Regione Toscana. La cava è localizzabile con le seguenti coordinate geografiche:

Latitudine: 44°4’30,46’’ N

Longitudine: 10°14’57,40’’E



Fig.1 – Foto aerea della zona di progetto

Le aree destinate all'attività estrattiva sono comprese nelle seguenti mappe catastali:

- Comune di Stazzema: Foglio 1 mappale 261;
- Comune di Vagli Sotto: Foglio 5 mappali 257/p, 258/p e 260/p.

I mappali nel Comune di Stazzema sono di proprietà della società Versilia Marmi s.r.l., quelli nel Comune di Vagli Sotto dalla disponibilità alla società Versilia Marmi s.r.l. per la concessione rilasciata dal comune di Vagli Sotto.

Gli interventi di coltivazione presentati all'interno del presente progetto riguardano solo il Comune di Stazzema.

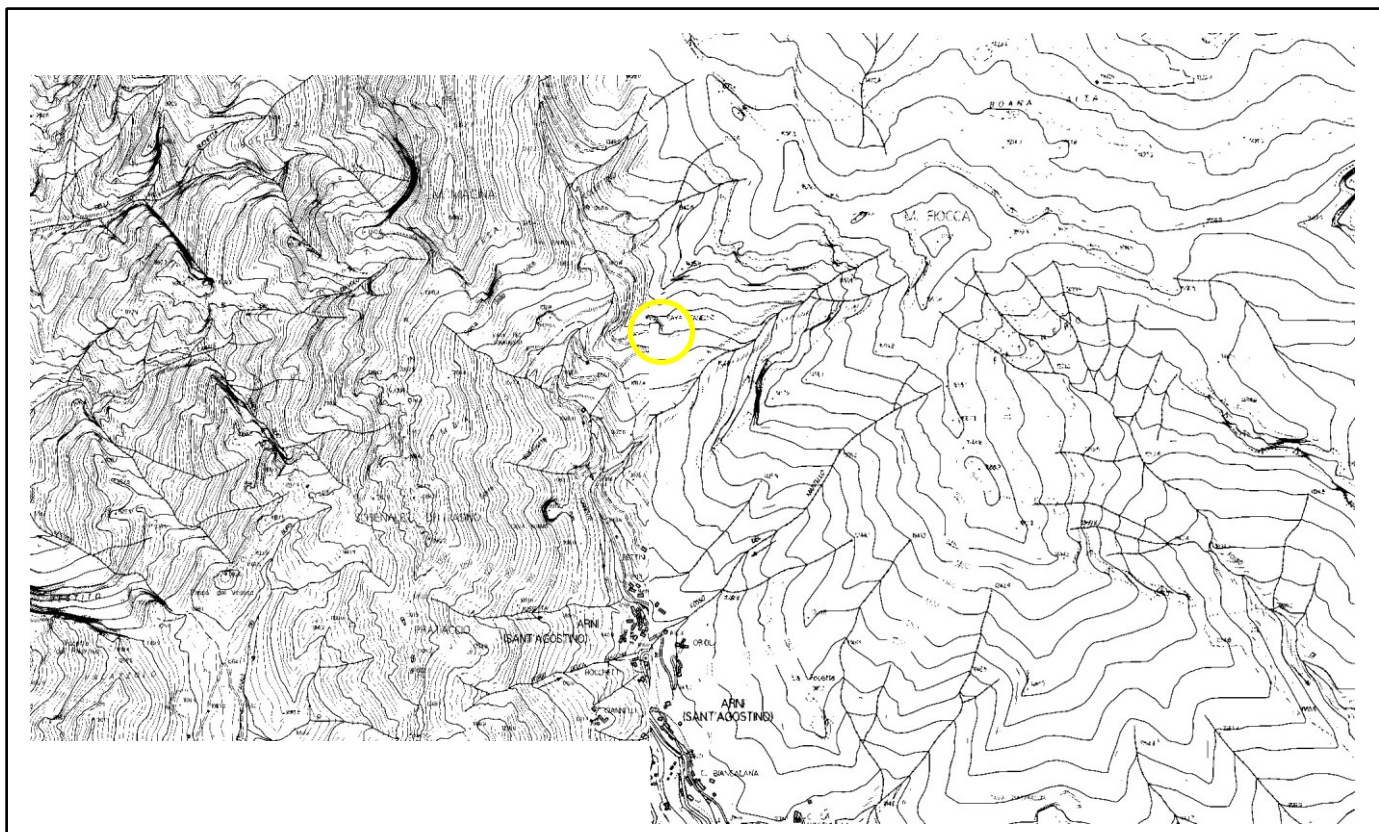


Fig.2 – Corografia del sito di intervento – Estratto CTR 249110/249120

3 Descrizione dei caratteri geologici dell'area

3.1 Inquadramento geologico regionale

L'area estrattiva si trova all'interno del Complesso Metamorfico delle Alpi Apuane, che rappresenta la maggiore culminazione assiale dell'Appennino Settentrionale, dove le formazioni metamorfiche più profonde affiorano in "finestra tettonica" sotto le coltri tettoniche non metamorfiche di copertura. L'appennino Settentrionale viene interpretato come una catena a thrust e pieghe formatesi durante il Terziario in conseguenza dell'accavallamento da W verso E delle unità liguri sui domini esterni toscani e umbro marchigiani, e sottoposto ad un'inversione tettonica regionale negativa (da regime compressivo si passa a regime distensivo), formatosi tra il Cretaceo e l'Eocene, durante la subduzione della crosta oceanica della Tetide sotto la micro placca sardo-corsa (fig.3).

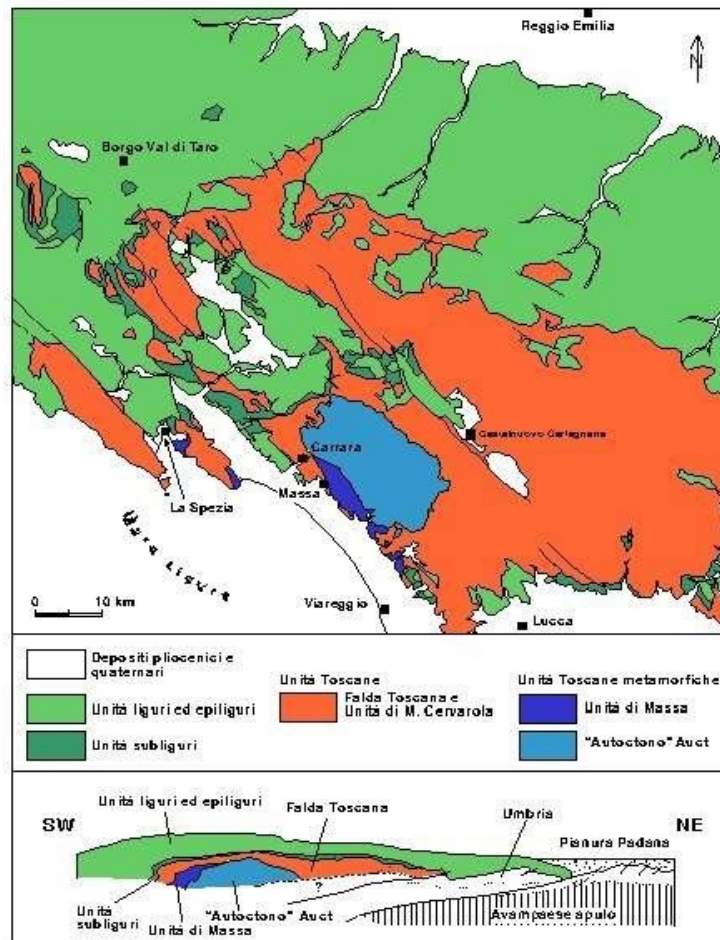


Fig.3 schema tettonico appennino settentrionale

Nell' Eocene Medio Sup. cessata la subduzione, inizia la collisione fra la microplacca sardo-corsa e la microplacca adriatica che coinvolge il Dominio Toscano con lo sviluppo di una fascia di taglio ensialica entro la quale si generano le strutture compressive (Fase D1), che caratterizzano tutto il complesso metamorfico (Carmignani & Kligfield, 1990). In questa fase tettonica si ha un forte raccorciamento crostale ed un generale regime compressivo che, tra l'Oligocene Sup. e il Miocene Inf., porta alla formazione di strutture a duplex compressivi in regime metamorfico di basso grado (zona degli "scisti verdi"), i quali in seguito evolvono in una megastruttura da geometria di tipo *antiformal stack*. Nel Miocene Inferiore cambiano le dinamiche all'interno del nucleo di accrezione ispessito, tanto che nelle zone geometricamente più alte si attivano i primi movimenti distensivi, mentre nelle zone profonde permane il regime compressivo. Nel Miocene Inf. e Medio si attiva l'inversione tettonica (Carmignani et alii 1993, 2002, Decandia et alii 1993) e le strutture del Dominio Toscano iniziano a sollevarsi e a subire deformazioni di tipo estensionale, con lo sviluppo di faglie normali lungo i bordi dell'*antiformal stack*. In questo periodo si sviluppano le così dette serie ridotte, un assetto tettonico che in diverse aree vede il contatto tra le unità liguri a diretto contatto con il calcare cavernoso alla base della Falda Toscana. Questo fenomeno viene attribuito alla formazione di faglie normali a basso angolo (*low angle normal fault*). Successivamente, nel Tortoniano, la prosecuzione della fase distensiva determina lo sviluppo di faglie ad alto angolo, probabilmente associato al rifting di tutto l'Appennino Settentrionale e l'inizio dell'apertura del mar Ligure e del Tirreno. La formazione della faglia ad alto angolo (*high grade normal fault*) determina la creazione dei numerosi graben che contornano il nucleo metamorfico apuano ed in cui si depositano le successioni neogeniche toscane, vedi figura 4.

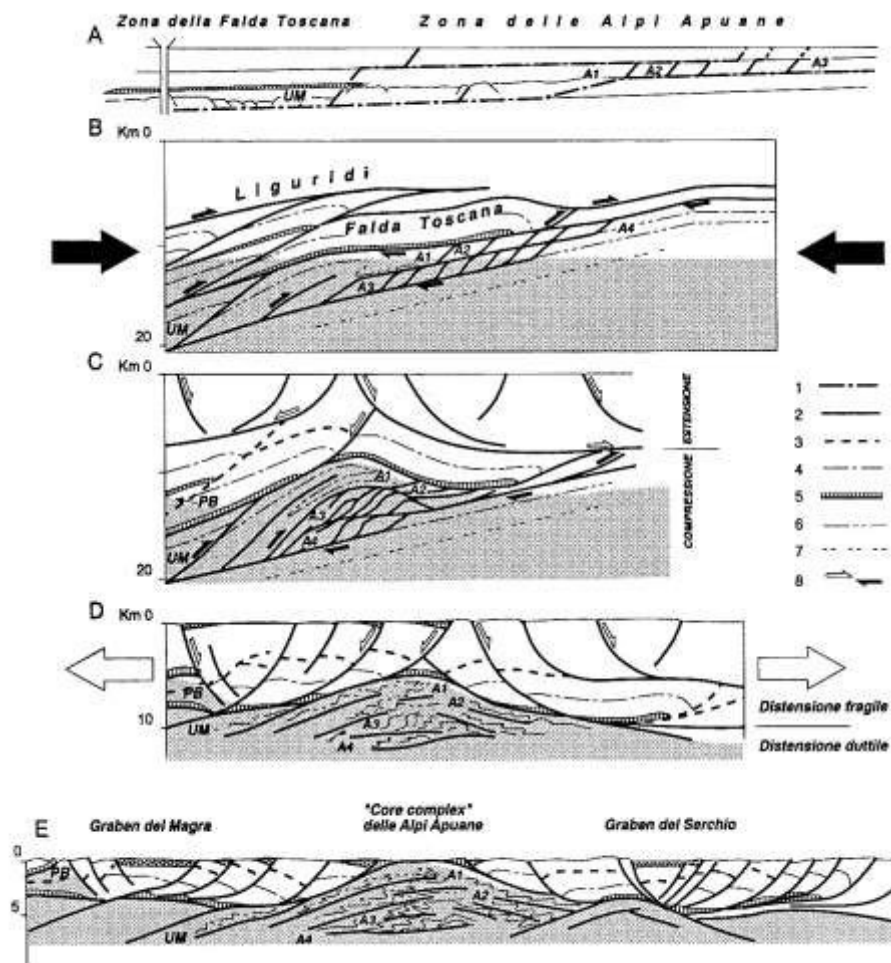


Fig.4 Schema dell'evoluzione tettonica compressionale ed estensionale delle Alpi Apuane (Carmignani et Alii 1994) a- Fase pre-collisionale b- Sviluppo delle strutture *duplex* c- sviluppo dell'*antiformal stack* d- inizio fase distensiva e- esposizione del complesso metamorfico delle Alpi Apuane

3.2 Tettonica

Come visto in precedenza le Alpi Apuane sono il risultato di un'importante fase tettonica compressiva (Fase D1) che in regime metamorfico ha portato allo sviluppo di pieghe isoclinali a tutte le scale, Adriatico vergenti, a basso angolo a cui è associata una scistosità di piano assiale molto penetrativa, che ha quasi completamente obliterato gli originali caratteri sedimentari.

La D1 è caratterizzata da una scistosità di piano assiale S1 a cui è associata una lineazione di estensione L1, orientata circa NE-SW, sviluppata in quasi tutte le formazioni metamorfiche.

La scistosità come detto è di piano assiale alle pieghe isoclinali di prima fase in genere non cilindriche, spesso a guaina, *sheath fold*, i cui assi sono subparalleli alla lineazione di estensione, a causa della forte deformazione in pieghe non cilindriche. La deformazione (strain) è molto pronunciata in tutte le formazioni ad eccezione dei Grezzoni che hanno avuto un comportamento rigido, mantenendo gli originali caratteri sedimentari e compensando la deformazione con "boudinage" alla scala di tutta la formazione.

Il raccorciamento progressivo del nucleo apuano ha portato alla citata formazione dell'*antiformal stack*, con a tetto il contatto tettonico della Falda Toscana che è quindi coinvolta nella deformazione di prima fase, ed a letto un contatto non affiorante che scolla la copertura esterna delle Alpi Apuane dal suo basamento. Si ritiene possibile che a nucleo dell'*antiformal stack* siano impilate delle formazioni di flysch terziari (unità di M.te Cervarola), come indicato alla sezione C della fig. 4. Il sottoscorrimento verso SW e l'impilamento

di queste formazioni, sotto il nucleo apuano, potrebbe aver portato alla distensione della parte superiore del cuneo orogenico già nel Miocene inf.

La scistosità di prima fase D1 dell'unità metamorfica e la stratificazione della Falda Toscana, sovrapposta alla precedente risultano entrambe deformate da un'ulteriore fase tettonica connessa con la distensione crostale. La distensione si realizza mediante zone di taglio duttili inclinate a SW, lungo il fianco sud occidentale del core complex e NE lungo quello nord orientale. A livello regionale determina una estensione orizzontale accompagnata da un assottigliamento crostale. Queste zone di taglio distensive si sovrappongono alle precedenti strutture compressive, il cui sviluppo è controllato dalla scistosità S1 e dagli accavallamenti della antiformal stack, per cui le zone di taglio inclinate a SW si sviluppano principalmente dove la scistosità S1 era inclinata a SW, versante tirrenico del Complesso Metamorfico, mentre il sistema inclinato a NE si sviluppa principalmente nel versante nord orientale ove questa scistosità era inclinata a NE. L'opposto senso di movimento delle zone di taglio sui due versanti del nucleo apuano determina la sovrapposizione di pieghe sin-D2 SW vergenti su pieghe sinD1 NE vergenti lungo il versante sudoccidentale e pieghe sin-D2 su pieghe sin-D1 con stessa vergenza verso NE sul versante orientale.

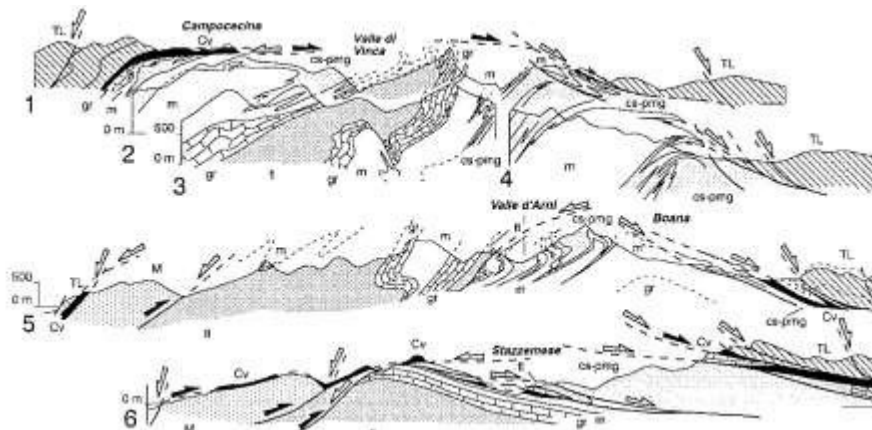
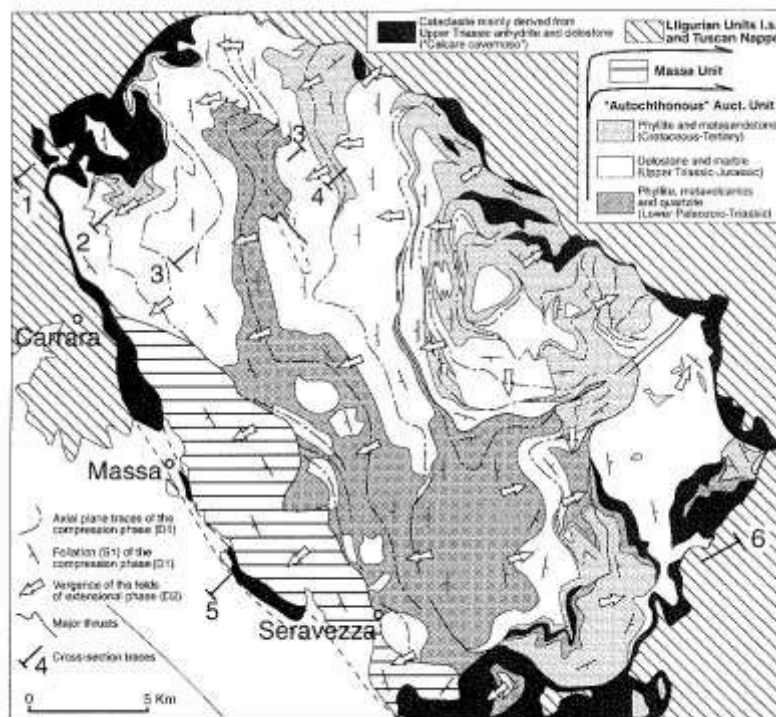


Fig.5 schema tettonico delle Alpi Apuane e vergenza delle pieghe di prima e seconda fase.

3.3 Assetto strutturale del giacimento

La cava Faniello si trova sul fianco rovesciato dell'antiforme del Passo Sella, struttura della prima fase D1, compresa tra la sinclinale del Monte Fiocca ad est e quella di Arni ad ovest. La struttura di prima fase è ripiegata dalla fase tardiva D2 che forma in questa zona una antiforme con senso di rovesciamento delle pieghe verso ovest, formatasi a seguito del sollevamento del duomo tardivo, che ha il suo culmine sul Monte Sumbra. La cava si trova quindi sul fianco rovesciato di una struttura plicativa chilometrica aperta, asimmetrica, con asimmetria rivolta verso W-SW. In queste strutture la scistosità di piano assiale delle pieghe tardive è data dal clivaggio nelle formazioni filladiche e da pieghe di taglio nelle formazioni calcaree, marmi e calcari selciferi. La struttura è completamente compresa sul fianco occidentale del duomo di scistosità di cui costituisce una piega parassita di secondo ordine. Le pieghe di questa fase sono ben evidenti nella adiacente cava Tombaccio

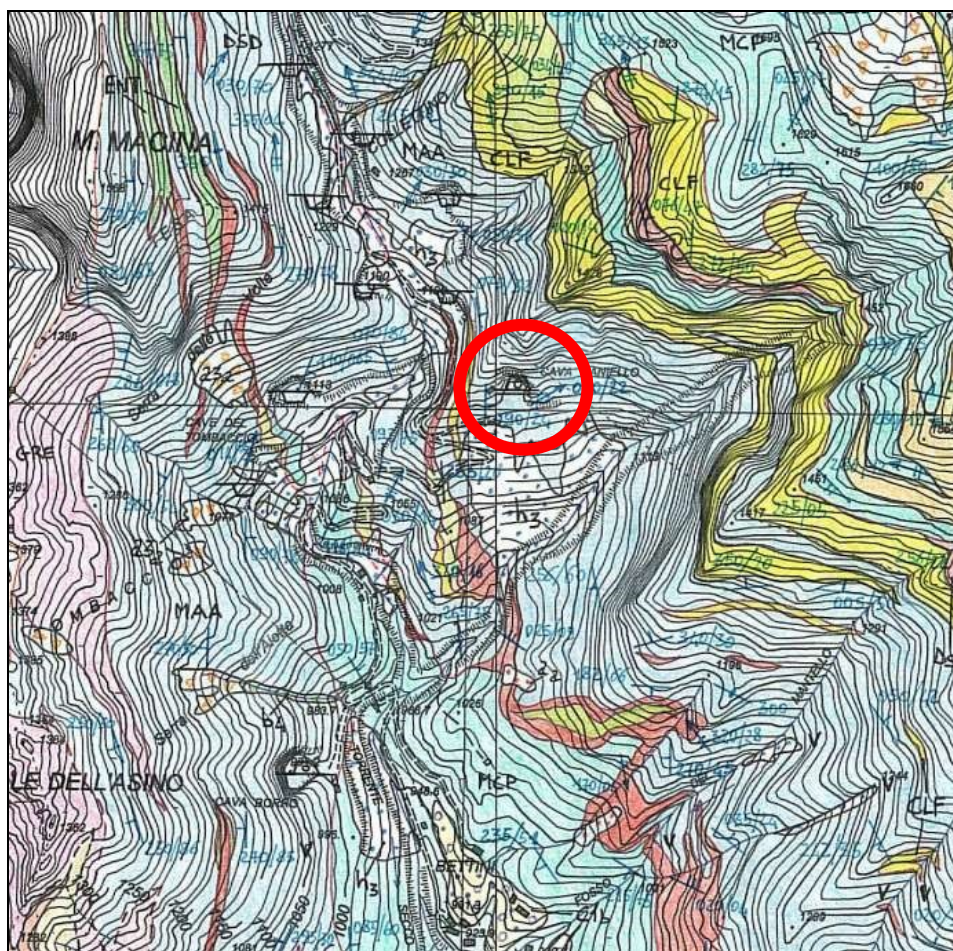


Fig.6 Dettaglio della Carta geologica della sinclinale di Arni

3.3.1 Prima fase deformativa D1

La fase deformativa D1 ha formato alla scala dell'intero massiccio accavallamenti e pieghe isoclinali di dimensioni chilometriche con piani assiali sub orizzontali, a cui è associata una scistosità sin metamorfica (S1) di piano assiale molto penetrativa che ha obliterato quasi completamente l'originaria stratificazione (S0). La superficie di stratificazione forma con la scistosità un forte angolo solo nelle zone di cerniera, dove

le pieghe isoclinali di prima fase sono ispessite, mentre i fianchi risultano stirati e più sottili. Le pieghe di prima fase sono generalmente non cilindriche con assi ruotati in direzione sub parallela alla direzione di estensione (sheath folds). Le pieghe formatesi nella prima fase sono da ovest verso est, l'antiforme del Monte Tambura, la sinclinale di Arni, L'antiforme del Passo Sella e la sinclinale del Monte Fiocca, sono sinclinali a nucleo di macigno metamorfico e anticlinali a nucleo di marmo, che si

richiudono ad anello sull'apice principale delle linee di cresta del duomo di scistosità, sul rilievo compreso tra la valle della Turrte Secca e dell'Edron. La deformazione di prima fase si manifesta con una scistosità penetrativa che traspone quasi completamente l'originaria stratificazione, formando una foliazione penetrativa e pervasiva di tipo slaty cleavage nelle filladi e data dall'appiattimento degli elementi brecciati dei marmi arabescati. La prima fase ha sviluppato una lineazione di estensione L1 bene evidente anche nei marmi, e da lineazione di intersezione A1, particolarmente visibile nelle rocce più filladiche. La giacitura della scistosità di prima fase nella zona della cava Faniello è generalmente orientata tra 170°N e 150°N con una inclinazione variabile da 20 a 35 gradi, mentre le lineazioni L1 variano da direzione appenninica a antiappenninica evidenziando la presenza di pieghe non cilindriche di tipo sheat folds.



Fig.7 scistosità di prima fase, in rosso, con lineazioni A1 di intersezione in giallo



Fig.8 Lineazioni di estensione L1



Fig.9 Pieghe di prima fase, deformata da pieghe tardive

3.3.2 Seconda fase deformativa D2

La successiva fase di deformazione tardiva D2 è evidenziata pieghe con assi poco inclinati e scistosità di piano assiale poco sviluppata o evidenziata da *strain slip scistosity* nei livelli più competenti, divenendo invece nelle Filladi Inferiori l'elemento strutturale più evidente ed importante e caratterizzata da una intensa e pervasivo clivaggio di crenulazione. La foliazione di seconda fase immerge verso ovest, con inclinazioni media di 25 – 30° ed assi di direzione variabile tra 170°N e 30°N in conseguenza della successiva deformazione D3.

Nella figura che segue viene evidenziata la scistosità di seconda fase che si presenta come strain slip cleavage nella porzione marmorea grigia più omogenea e compatta, evidenziata dal successivo riempimento di calcite biancastra. Le pieghe di seconda fase in questa porzione del massiccio apuano sono molto evidenti e caratterizzano la formazione marmorea con pieghe importanti a tutte le scale.



Fig.10 Pieghe di prima fase in rosso ripiegate da strutture di seconda fase in giallo



Fig.10 Passo Sella Scistosità di prima fase in blu ripiegata da strutture di seconda fase in giallo

3.3.3 Terza fase deformativa D3

Successivamente all'evento deformativo D2 si sono sviluppate pieghe ampie a ginocchio legate al collasso della struttura formatasi durante la Fase D1, e legate ad un regime di distensione regionale con pieghe rovesciate dal centro dell'*antiformal stack* verso i fianchi della stessa.

La scistosità associata a queste pieghe S3 e si presenta come un clivaggio di crenulazione molto spaziato, di piano assiale delle pieghe a ginocchio che risultano coassiali con le strutture precedenti, come già ampiamente descritto negli studi di Carmignani e Giglia, 1975. L'andamento di questa scistosità varia da sub-orizzontale a debolmente inclinata verso W-SW. Le pieghe mostrano assi sub orizzontali orientati mediamente verso est-ovest. Le strutture di terza fase hanno fianchi dissimmetrici talvolta rovesciati per alcune decine di metri dando luogo a superfici di discontinuità a franapoggio, che formano dei piani verticali, di scivolamento creando non pochi problemi di stabilità di alcuni fronti cava. Sempre alla terza fase viene attribuita la formazione di kink bands e fratture di taglio, spesso coniugate, che rimaneggiano le superfici precedenti.

3.3.4 Sintesi dell'evoluzione tettonica della Zona di Arni

I dati rilevati nella campagna geologica possono essere inquadrati nel modello proposto da Carmignani e Kligfield (1990) e successivamente raffinato dagli studi di Carmignani et alii (2004). La zona di Arni è ben conosciuta ai geologi soprattutto perché presa ad esempio negli studi di inizio del secolo scorso, per interpretare le Alpi Apuane strutturate in una doppia vergenza centripeta, ben rappresentata nelle sezioni geologiche di Lotti e Zaccagna. La nota di Carmignani e Giglia (1983) "Il problema della doppia vergenza sulle Alpi Apuane e la struttura del Monte Corchia", definisce in chiave moderna la geologia di questa area, in cui la vergenza opposta, delle strutture presenti nella zona di Arni, è dovuta alla deformazione polifasica in particolare alla seconda fase deformativa che crea pieghe ovest vergenti in cascata dal nucleo del duomo di scistosità tardiva che ha il suo culmine nella zona di Monte Sumbra - Monte Croce. Le strutture della prima fase di deformazione hanno una forma frammentaria che dipende dalla distanza tra gli apici delle strutture sui piani di scistosità, in sostanza si hanno pieghe a guaina molto più schiacciate, rispetto a quelle di Monte Altissimo. L'evidenza delle pieghe a guaina è data dalla identica orientazione in direzione NE o SW delle lineazioni di intersezione e delle lineazioni di estensione. *"Tutti gli elementi di prima fase sono ripiegati intorno ad un asse di direzione media N170°. La piega tardiva è una struttura chilometrica aperta asimmetrica, con asimmetria rivolta verso W-SW. Il ribaltamento della scistosità S1 in un breve fianco inverso è molto accentuato nella parte orientale dell'area; a W le superfici S1 si presentano molto più distese"* La cava Faniello e le adiacenti cave del Tombaccio si trovano nella zona in cui la deformazione tardiva formano delle evidenti pieghe aperte in rovesciamento verso W-SW, dando luogo ad antiformi e sinformi in cascata verso occidente. Queste pieghe sono ben evidenziate nella figura 11 relativa al Passo Sella in cui, nella foto panoramica, si vede chiaramente il ripiegamento della scistosità di prima fase. Queste strutture sono state interpretate da altri autori come dovute ad un evento deformativo post D1 di Carmignani e Giglia ma pre -D2 ossia come fase intermedia D1b.

Indipendentemente dalla cronologia nella cava del Faniello la scistosità di prima fase è sempre inclinata verso est con valori variabili da 18 a 32°, immergente quindi debolmente verso E.

Questa situazione è ben visibile in cava e rappresentata nella figura seguente, dove vengono riportate le linee di forma della scistosità in corrispondenza dell'area di cava, e nella sezione geologica tratta da una pubblicazione di Molli e Vaselli.



Fig.11 linee di forma della scistosità di prima fase in rosso e di seconda fase in nero

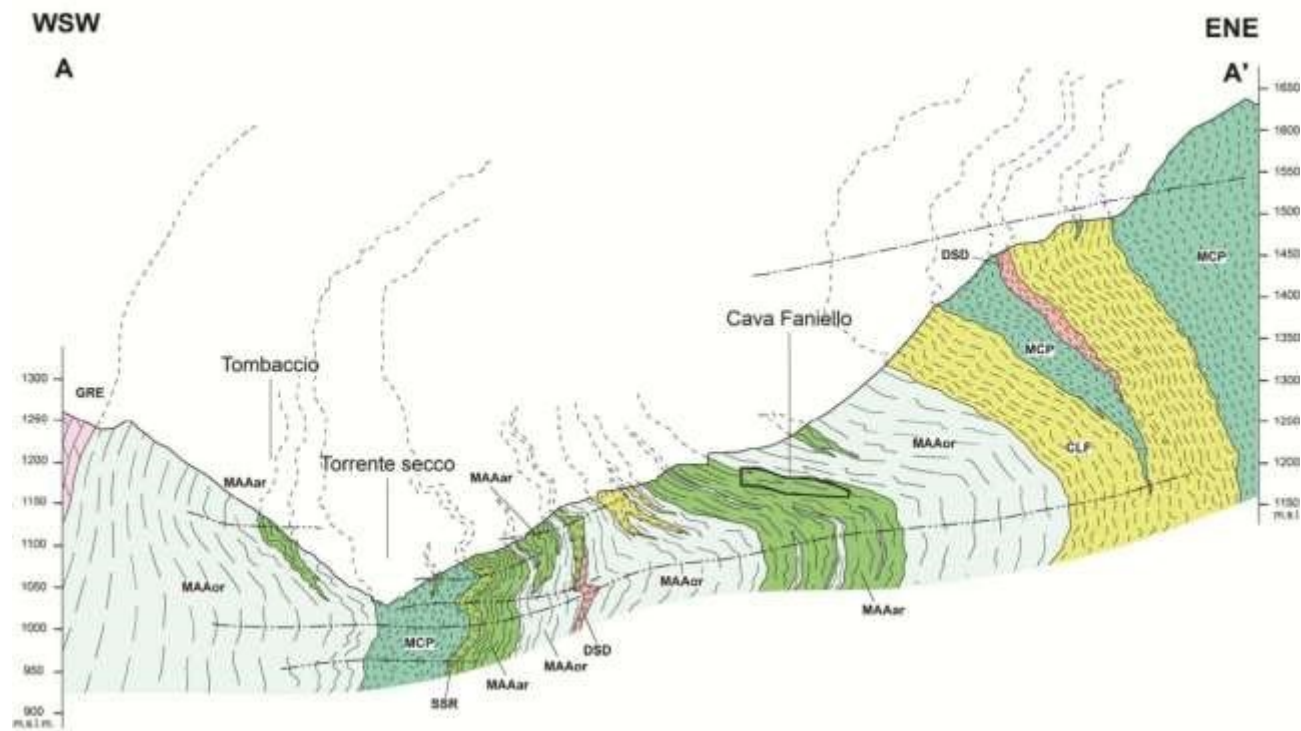


Fig.12 sezione attraverso la valle del torrente secco e Monte Fiocca (Molli e Vaselli), con indicazione della cava Faniello

3.3.5 Deformazione fragile

La fase distensiva si realizza nell'Autoctono prevalentemente mediante zone di taglio duttili in conseguenza del collasso della *Antiformal stack* divenendo, successivamente, di tipo esclusivamente fragile con sviluppo di giunti e fratture. A partire dagli anni '70 le ricerche di tipo geologico-strutturale si sono concentrate principalmente sulla descrizione e comprensione delle strutture sinmetamorfiche (foliazioni, pieghe e sistemi di interferenza) e sulla loro evoluzione spazio-temporale (Carmignani & Giglia, 1975a, 1975b; Boccaletti & Gosso, 1980). Al contrario, le strutture fragili originatesi durante gli stadi più recenti dell'evoluzione geologica delle Alpi Apuane, rappresentano l'aspetto meno studiato. Strutture fragili sono riportate in Coli (1989) e Molli & Meccheri (2000), ma solo negli ultimi anni è stato affrontato organicamente lo studio dei sistemi di faglie ad alto angolo, la cui analisi geometrica e cinematica ha fornito una prima ricostruzione del campo di deformazione fragile nelle Alpi Apuane (Ottria & Molli, 2000).

La definizione del campo di deformazione e della possibile orientazione dell'ellissoide dello stress a cui le strutture possono essere associate può rivestire un ruolo fondamentale nella pianificazione e nell'operatività delle attività estrattive, in particolare per quello che riguarda la comprensione dello stato tensionale residuo degli ammassi marmorei.

In generale la deformazione "naturale" fragile di un volume di roccia, interessato da un campo di stress, si manifesta in modo discontinuo secondo sistemi di fratturazione. L'analisi di questi sistemi può consentire, attraverso metodi grafici o numerici conosciuti come metodi d'inversione (Angelier, 1990), di ottenere il tensore dello stress a cui le strutture possono essere collegate. Questo tipo di analisi (conosciuta con il nome di analisi dinamica) è basato su diverse assunzioni, di seguito riportate:

- ✓ lo scivolamento sulle faglie analizzate avviene secondo direzioni parallele allo sforzo di taglio massimo sul piano di movimento (criterio di Wallace-Bott). Questo assunto richiede come corollario che, al fine di definire il carattere del paleostress, siano presenti in una certa area strutture con orientazione variabile;
- ✓ le strutture analizzate devono essere state attivate in risposta ad uno stesso campo di stress, cioè, in altre parole, il campo di stress regionale deve esser rimasto invariato durante lo sviluppo delle strutture;
- ✓ l'attività di una certa struttura analizzata deve risultare libera ed indipendente rispetto alla deformazione in strutture adiacenti.

Nel quadro geologico dell'Appennino Settentrionale, le Alpi Apuane rappresentano per storia di deformazione fragile un domino omogeneo di bassa deformazione relativa, delimitato ad ovest e ad est da faglie principali (border faults), che separano le stesse Apuane dalle antistanti depressioni tettoniche della bassa Lunigiana/Versilia e della Garfagnana (Ottria & Molli, 2000).

Questo quadro strutturale è classicamente accettato [Federici, 1973; Raggi, 1985] e recentemente ben documentato da:

- ✓ dati termocronometrici (tracce di fissione su Zr, Ap, HeZr e HeAp) omogenei alla scala di tutte le Alpi Apuane (Abbate *et alii*, 1994, Fellin *et alii*, 2004; Molli, 2006; Molli & Vaselli, 2006);
- ✓ organizzazione poco evoluta dei sistemi di faglie all'interno del massiccio che mostra un grado di interconnessione molto basso tra le singole strutture;
- ✓ rigetto limitato (da metrico a pluridecamentrico) delle singole strutture (ragione per la quale nella maggioranza delle carte geologiche pubblicate le strutture fragili sono trascurate o non cartografate). In queste condizioni regionali di contorno, i criteri d'impiego dei metodi d'inversione, rivolti a definire il campo di stress associabile ad un campo di deformazione fragile (campo di deformazione finita), risultano appropriati, in particolare, per stabilire se esista oppure no una relazione tra il campo di deformazione fragile e lo stato di stress in situ.

In un ammasso roccioso, lo stato di stress in situ è il risultato di varie componenti collegabili a:

- ✓ forze di gravità;
- ✓ stress termoelastici e residuali;

- ✓ stress d'origine tettonica.

Gli stress residuali e quelli d'origine tettonica sono associabili a fattori intrinseci del volume di roccia investigato (tipo di roccia analizzato e caratteristiche microstrutturali), che agli assetti deformativi fragili (entità e distribuzione della fratturazione); da qui deriva la necessità di effettuare uno studio geologico strutturale del campo di deformazione fragile, il quale analizzi geometria, distribuzione spaziale e cinematica delle discontinuità. La deformazione fragile verrà ampiamente illustrata nella parte dedicata all'analisi geomeccanica del giacimento a cui si rimanda.

3.4 Stratigrafia

L'unità metamorfica delle Alpi Apuane appartiene al Dominio Toscano esterno "Autoctono" ed è strutturalmente compresa tra l'Unità di Massa ed il substrato di un dominio più esterno non affiorante (Unità Monte Cervarola? Dominio Ligure?).

3.4.1 Autoctono

L' Autoctono viene suddiviso in:

- Basamento ercinico composto da formazioni paleozoiche interessate anche da metamorfismo e deformazione erciniche;
- Copertura alpina mesozoico- terziaria discordante sulle precedenti formazioni paleozoiche.

Nell'area estrattiva affiorano solo le formazioni della copertura mesozoica terziaria, di cui descriveremo le caratteristiche più salienti, delle sole formazioni affioranti nell' immediato intorno dell'area di progetto, rimandando alla copiosa letteratura per il dettaglio delle caratteristiche delle formazioni apuane.

3.4.3 Formazioni della Copertura mesozoico-terziaria

Le formazioni della copertura sono ben rappresentate nella zona del Passo Sella, come riportate nelle note illustrative del Foglio geologico Massa e evidenziate nella figura seguente.



Fig.13 ripresa da "Note Illustrative Foglio nr.249 Massa

✓ Grezzoni – età Norico

I Grezzoni affiorano a sud ovest del Monte Macina dove formano una piega parassita di prima fase con piano assiale N170°, sottostante l'anticlinale del Monte Tambura. Si tratta di dolomie grigio chiare o grigio scure in cui sono preservati gli originari caratteri stratigrafici, compatte o grossolanamente stratificate con patine di alterazione cineree. Nella parte bassa della formazione sono presenti delle brecce monogeniche con cemento dolomitico di colore grigio scuro e sottili livelli di peliti che si intercalano in banchi di dolomia compatta, di colore grigio chiaro o biancastro. La formazione risulta fortemente deformata e ridotta formando una sheath fold che si apre verso NW con piano assiale immergente verso questa direzione.

✓ Marmi s.s.- età Lias inf.

La formazione dei marmi è composita e oggetto di continue revisioni soprattutto per la definizione delle varietà merceologiche in essa contenute. Verranno quindi descritte le varietà merceologiche più rappresentative dell'area di progetto, tralasciando l'interpretazione, spesso controversa e non ancora risolta della attribuzione della varietà "Marmo Fantastico" a volte associata ai marmi altre volte a formazioni più giovani, fino a farle rientrare tra quelle dei Calcari Selciferi ad Entrochi. Nell'area in oggetto abbiamo le seguenti varietà merceologiche:

- Marmi bianchi

Marmi saccaroidi di colore bianco o leggermente grigio con venature grigie sottili, granoblastici con dimensione minute dei cristalli di calcite. Le varietà *marmo bianco* sono ridotte a livelli metrici ed in genere passano a varietà in cui le venature di colore dal grigio chiaro allo scuro hanno uno spessore superiore al cm, o a varietà tendenti al grigio chiaro, classificabili come bardiglietti.

- Bardigli

I Bardigli sono marmi di colore grigio scuro in livelli di spessore metrico, al massimo decametrico, in alternanza ai livelli di arabescato o marmo bianco. Non hanno quindi una collocazione stratigrafica precisa e ben definibile. La grana è simile a quella dei marmi bianchi con struttura granoblastica.

- Arabescati

I marmi arabescati sono particolarmente abbondanti nella zona della cava Faniello e nelle cave del Tombaccio. Sono costituiti da brecce monogeniche eterometriche di colore bianco o leggermente avorio con matrice sottile di colore grigio chiaro, talvolta verdastra, formata in prevalenza da carbonato di calcio con subordinate livelli filladici formati da muscovite e clorite. Gli elementi delle brecce denotano una forte deformazione con notevole allungamento dei clasti e perdita della continuità della matrice che risulta in diversi tagli di cava discontinua e sfrangiata attorno agli clasti marmorei.

- Calacatta

Questa varietà prevale nelle piccole cave a nord ovest della cava Faniello, come nella cava Serra delle Volte in cui gli arabescati sono associati ad una varietà non brecciata di colore bianco avorio o leggermente giallognola con venature di colore verde chiaro o grigie simili come colore alla varietà del Calacatta Carrara, ma diversa per venatura e struttura.

✓ Metacalcari con selce, età- Lias med- inf.

Metacalcilutiti grigio scure con liste e noduli di selce e livelli di metacalcareniti in strati e potenze variabili. Le liste di selce sono abbondanti con spessore variabile da pochi mm a alcuni centimetri. Localmente sono presenti delle brecce debritiche, come si osserva lungo la strada per la cava Borella. Sono alternate nella parte superiore alla formazione dei calcescisti, che nell'area non ha spessori cartografabili.

✓ Metaradiolariti – (Diaspri) - età Malm

Metaradiolariti rosse o violacee talvolta verdastre o grigio chiare, sottilmente stratificate, con intercalazioni di filladi quarzitiche di colore rosso violaceo. Nella parte superiore sono costituite da calcarei silicei metamorfici e filladi carbonatiche.

✓ Calcari selciferi ad Entrochi – età Titonico sup.- Cretaceo Inf.

Calcari selciferi metamorfici, formati da calcilutiti grigio chiare o color avorio ben stratificate e con liste e noduli di selce spesse, 2-3 cm, di colore bianco avorio. La parte superiore della formazione è formata da metacalcareniti grigie con strati di selci potenti con spessori di diversi centimetri.

✓ Scisti sericiti – età Cretaceo inf.- Oligocene

Metapeliti verdi o violacee con intercalazioni di metacalcareniti di colore verde scuro. Nella valle di Arni alla base della formazione sono presenti delle metabrecce calcaree policrome contenenti blocchi di marmo di colore biancastro e metacalcilutiti di colore rossastro e metacalcari di colore rossastro o giallognolo con abbondanti resti di crinoidi. La matrice delle breccie è costituita da metapeliti e marnoscisti di colore violaceo o rossiccio. A valle della zona di progetto sono abbondanti le metacalcareniti torbiditiche verdastre con venature di calcite biancastra, note come Cipollino che costituiscono un membro della formazione degli scisti sericitici. Questo membro è caratterizzato da alternanze di calcareniti e livelli pelitici di colore verde o grigio chiaro.

✓ Pseudomacigno – età Oligocene sup.- Miocene inf.

Si tratta di metarenarie feldspatiche a grana medio grossa, in banchi da metrici a decametrici poco mature di colore grigio plumbeo, che nella parte superiore della formazione diventano meno spessi e alternati a livelli di metapeliti e metasiltiti di colore nero antracite che prendono il nome di Ardesie Apuane.

3.4.1 3.4.4 Depositi Quaternari

✓ Detriti eluvio colluviali- età Quaternario

Questi lembi detritici derivano dai processi di alterazione e disgregazione delle rocce della copertura mesozoica terziaria con spessori ed estensioni molto variabili che si sono accumulati lungo i versanti dei rilievi o incanalati negli impluvi naturali.

Le coperture più importanti sono costituite da un'abbondante matrice prevalentemente pelitica di colore grigio scura, formando delle spesse coltri su cui si è sviluppato un suolo prevalentemente argilloso con clasti filladici. Gli accumuli maggiori sono presenti negli intorni dell'abitato di Arni, dove in passato sono stati terrazzati ed utilizzati a fini agricolo. Questo accumuli non hanno alcuna diretta influenza con il sito di estrazione.

✓ Detriti di falda età Quaternario – Attuale

Sono accumuli di materiale prevalentemente calcareo di colore grigio scuro al piede dei rilievi principali, originato dalla frantumazione delle pareti rocciose e privo praticamente di matrice. Questi accumuli naturali, costituiti prevalentemente in era post glaciale, ma alimentati anche in epoca recente, hanno assunto nel tempo un angolo di riposo che li rende stabili ed una colorazione grigia scura, indipendentemente dalla roccia madre di origine.

✓ Detriti antropici (ravaneto) età recente

Sono costituiti dall'accumulo di materiali di scarto provenienti dalla passata escavazione delle cave. I detriti sono stati accumulati a valle della cava Faniello, lungo il versante naturale dove sono stati oggetto di opere di contenimento e di arginatura. Non hanno alcuna diretta relazione con il sito estrattivo trovandosi a circa 200 metri di distanza, le attività di estrazione non interesseranno questo deposito.

4 Caratteristiche tecniche del materiale lapideo

Le caratteristiche tecniche del marmo Arabescato Faniello sono contenute nel volume “The Tuscan Marble Identities” edito dalla Regione Toscana, di cui si riporta la scheda di sintesi.

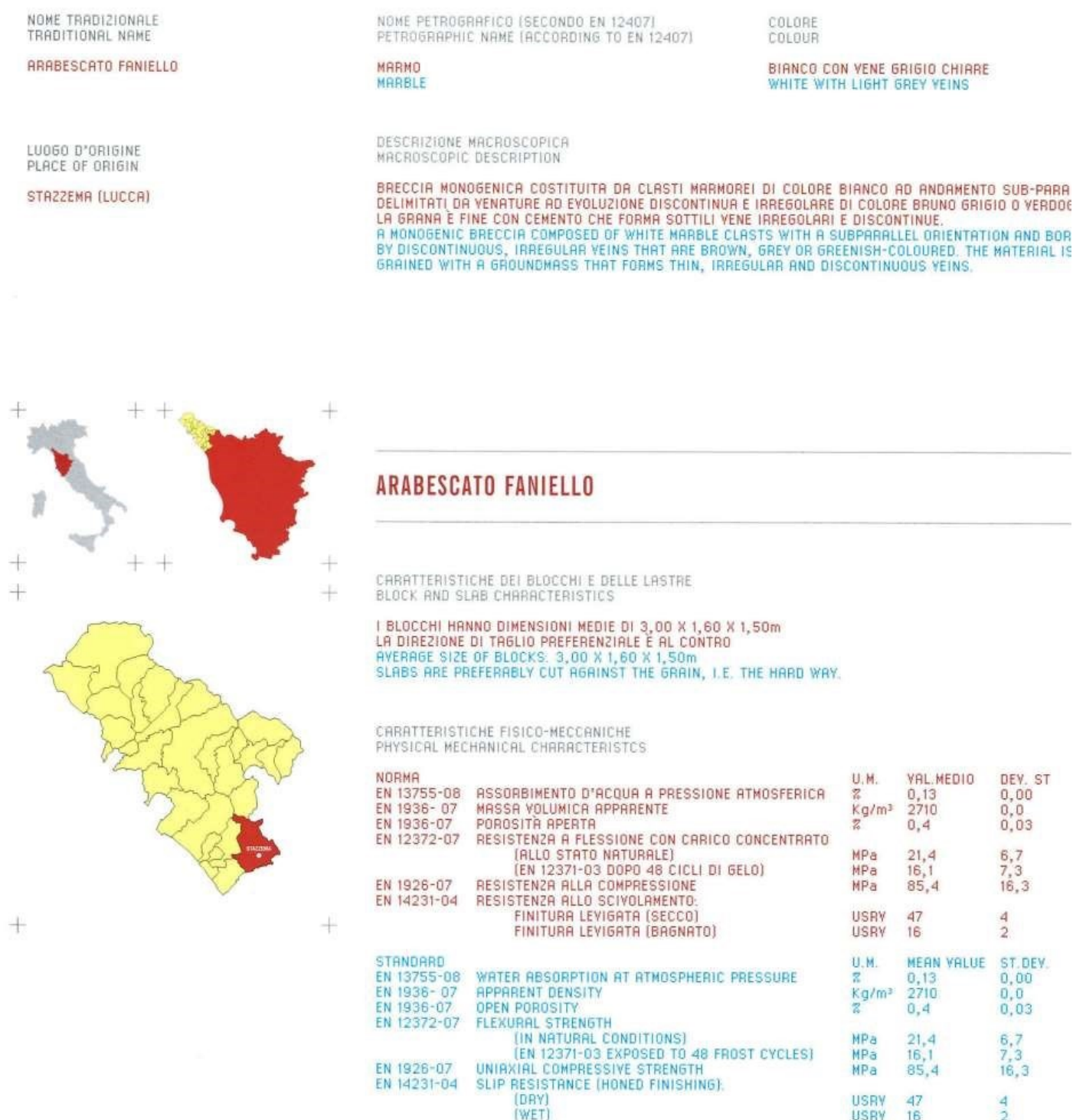


Fig.14- caratteristiche meccaniche del marmo Arabescato Faniello (Catalogo The Tuscan marble identities)

Dalle analisi riportate risulta che il l'Arabescato Faniello ha ottime caratteristiche in termini di compressione, con valore di 85,40 MPa e di flessione 21,4 MPa, ma possiede una considerevole riduzione della flessione dopo cicli di gelività forte, questo significa che l'utilizzo in ambienti esterni freddi, potrebbe portare a rotture del materiale.

5 Geomorfologia

L'area estrattiva del Bacino Monte Macina è localizzata lungo il Canale Secco ad una quota altimetrica tra 1230 e 1000 m, la Cava Tombaccio è 1085 m, la cava Serra delle Volte lungo le pendici sud orientali del Monte Macina si trova in prossimità o poco al di sotto della quota 1200 m, mentre la cava Faniello si sviluppa a cielo aperto tra le quote 1065 e 1094 m. La morfologia dell'area è caratterizzata da versanti acclivi con pareti rocciose aspre e strapiombanti quasi del tutto prive di vegetazione o ricoperte da una rada vegetazione prevalentemente erbacea. Le pendenze dei versanti e dei torrenti è molto elevata tendenti in molti tratti alla verticalità. Le aste torrentizie sono molto ripide sul versante orientale dove sono presenti gole e forre molto strette con pendenze elevate.

Dalle cartografie è ben evidente la forma glaciale della valle da cui nasce la Turrice Secca con asse nord sud e dalla tipica forma a goccia racchiusa tra il Monte Sella a nord, il Monte Macina ad ovest ed il Monte Fiocca ad est con ghiacciai minori nel Canale di Nicola e del Fosso del Burrone e Fosso del Mantello sul lato orientale. La valle della Turrice Secca ha una forma dissimmetrica con canali molto ripidi e pronunciati sul lato orientale che suddividono lo spartiacque del Monte Fiocca-Sella in valli profonde e strette, e canali meno pronunciati ed una morfologia più regolare e continua sul lato opposto dello spartiacque M. Macina-Schienale dell'Asino.

La presenza dei ghiacciai è ben documentata dagli spessi affioramenti di morena che orlano tutta la valle su cui sorge l'abitato di Arni, dove terminava il ghiacciaio del monte Sella. La forma ed estensione dei ghiacciai è indicata nella "Ricostruzione degli antichi ghiacciai sulle Alpi Apuane" "S. Braschi et alii, 1987", che viene riportata nella figura seguente.

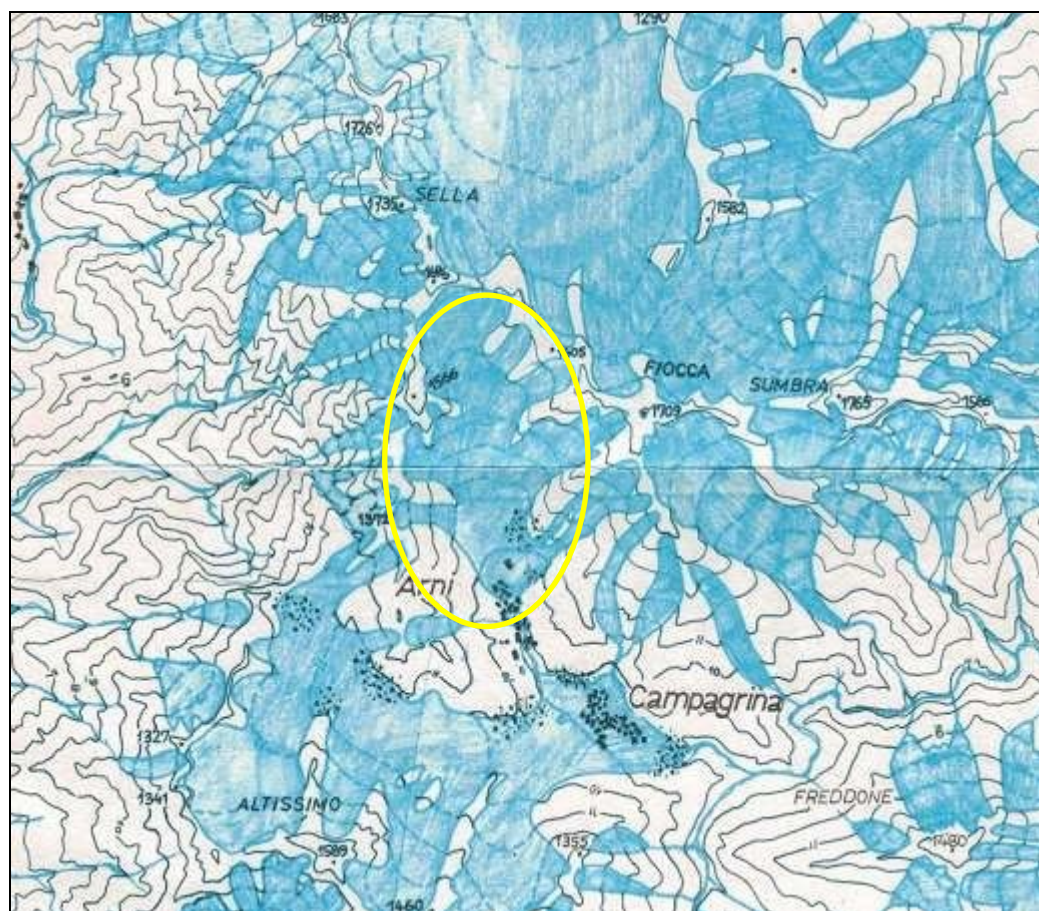


Fig.15 – Carta dei ghiacciai delle Alpi Apuane (Braschi et Alii) evidenziato il ghiacciaio di Arni

La morfologia glaciale è in parte stata erosa da quella fluviale conseguente al cambiamento climatico ed al progressivo sollevamento della catena montuosa, dovuto al riassetto litostatico che ha caratterizzato la fase tardiva della deformazione tettonica.

La valle del Canale Secco in cui si trova la cava Faniello ha subito importanti cambiamenti in conseguenza della apertura di diversi cantieri estrattivi, tra cui quello in oggetto, che oltre a modificare l'aspetto generale hanno lasciato importanti accumuli di materiali inerti sia nella valle principale che in quelle laterali. Buona parte di questi ravaneti sono stati rimossi con interventi di recupero che però non si sono conclusi in ripristini adeguati avendo lasciato in molti punti accumuli di materiale detritico fine, e non provvedendo in alcun caso alla riprofilatura dei vecchi fronti, che in molti casi presentano pareti strapiombanti instabili e pericolose. Nella parte bassa del Canale in prossimità del centro abitato sono ancora presenti spessi accumuli di materiali detritico fine, che con l'alta energia torrentizia, tipica di questi versanti, possono dar luogo a colate di tipo debris flow.

Nella Tavola QG8.9 – geomorfologia della scheda 8 Bacino Monte Macina è riportata la carta geomorfologica dell'area di bacino, in cui vengono riportati i perimetri dei ravaneti con una suddivisione per classi granulometriche. I perimetri dei ravaneti per la cava Faniello sono evidentemente non corretti in quanto comprendono anche estese porzioni di roccia affiorante come a valle del piazzale più basso della cava verso il paese di Arni. L'errore è da attribuirsi al colore delle rocce che risulta bianco e quindi ad una chiara confusione dovuta all'utilizzo della foto aerea, da cui non sono facilmente distinguibili i depositi di ravaneto recente dai marmi. Oltre ai ravaneti in questa carta geomorfologica vengono indicate le pareti di cava e le aree di gestione dei derivati lapidei di estrazione. Viene inoltre indicata un'area di caduta rocce corrispondente alle pendici del rilievo roccioso sovrastante la cava Faniello. Questa area di caduta massi è stata indicata più per la acclività del versante che per l'effettiva caduta di rocce nota o riconoscibile da evidenti nicchie di distacco.

La cava si trova a S del crinale secondario del Monte Fiocca essendo compresa tra questo spartiacque e quello principale che formano una stretta valle separate da una profonda incisione di direzione NE-SW in cui si trova il torrente del *Fosso del Burrone*, ramo di secondo ordine del Torrente Turrite Secca che ha invece direzione prevalentemente appenninica. Il Torrente *Fosso del Burrone* ha scorrimento discontinuo essendo alimentato solo dalle piogge, che data la ripidità dei versanti e la presenza di rocce carsiche defluiscono rapidamente lungo il corso del torrente se molto intense o vengono assorbite dai percorsi carsici superficiali, non arrivando ad alimentare il ramo principale. Il torrente Fosso del Burrone è lontano dall'area di cava quindi non vi è alcuna interferenza tra questo ambito e quello di estrazione, come ben evidenziato nella Tavola nr.11- Stato finale.

5.1.1 Carsismo

La Valle del Torrente Secco è prevalentemente ricavata in rocce carbonatiche, prevalendo gli affioramenti di marmo nella parte sommitale per passare poi ai Cipollini poco sotto la cava Tombaccio, quindi formata in rocce permeabili per fessurazione e carsismo. Tuttavia il carsismo, tenuto conto anche delle acclività non è così sviluppato come nel versante opposto della Valle di Arnetola e del tutto assente quando affiorano i cipollini e più a sud lo Pseudomacigno. Il carsismo dell'area è testimoniato più che da grotte ed abissi da campi carreggiati e piccole doline nelle zone meno acclivi, le cavità rilevate ed esplorate sono solo due con estensione e sviluppo verticale modesto, se paragonate alle grotte della zona di Vagli. Nel catasto regionale sono riportate solo le cavità Collettino e Lilliput che non si trovano nelle vicinanze delle cave oggetto del progetto. La cavità Collettino si trova a monte dell'area Serra delle Volte ad una quota 1555 m e sul versante opposto del canale, mentre La Buca Lilliput è ubicata a quota di 1300 m, in uno dei canali laterali che si aprono nello spartiacque principale risultando molto lontana dalla zona di estrazione. La grotta Buca del Collettino si sviluppa in un unico pozzo verticale con un modesto sviluppo in pianta seguendo la scistosità di prima fase che in questa zona è sub-verticale. La Grotta Lilliput ha uno sviluppo più complesso con rami laterali paralleli ed uno sviluppo spaziale di circa 450 m, che ne fanno una cavità più articolata, ma comunque modesta. Entrambe le cavità terminano a quote molto superiori a quella della cava Faniello ed i loro ingressi sono molto lontani dalla zona di scavo prevista nel presente progetto.

N° Catastale	Nome	Località	Morfologia	Geologia	Idrog.	Profondità
826	Buca del Collettino	Turrite Secca	Pozzo vert.	Marmi s.s.	Assorb.	130
1033	Grotta Lilliput	Canale di Nicola	Pozzo vert.	Marmi s.s.	Assorb.	135

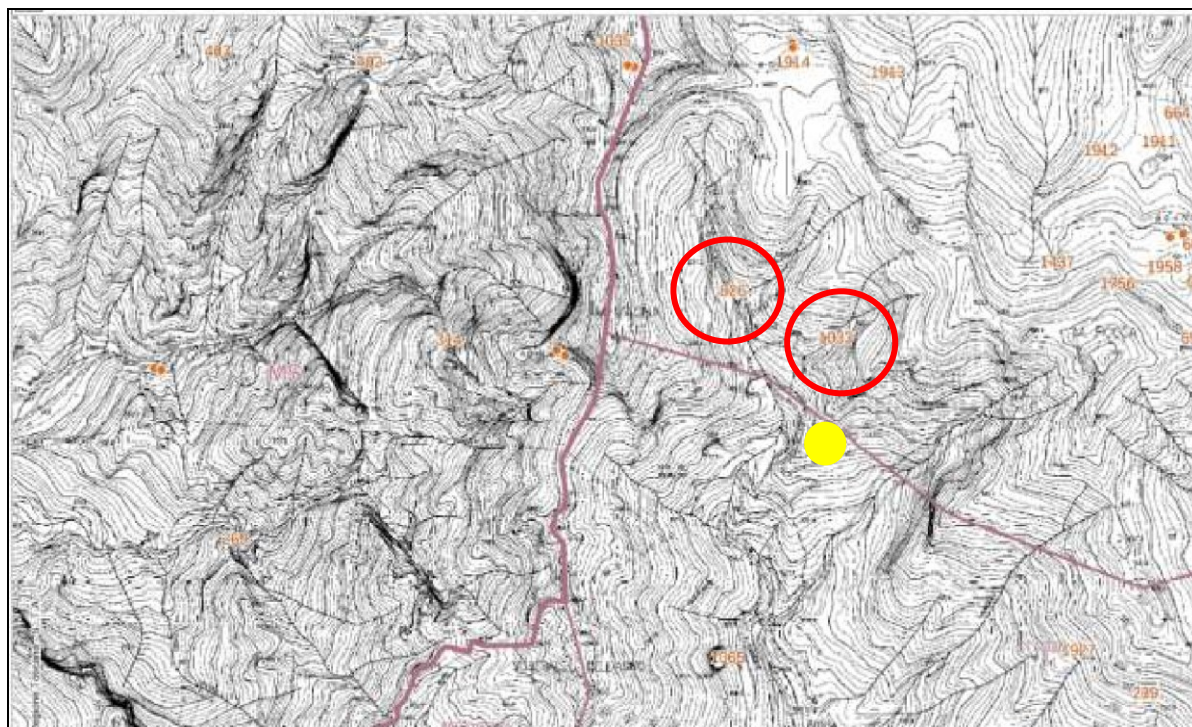


Fig. 16– localizzazione delle grotte rilevate da Catasto Federazione speleologica Toscana in rosso , posizione della cava in giallo

6 Pericolosità dell'area di estrazione

La pericolosità dell'area di progetto è stata valuta sia nel PABE del Comune di Vagli Sotto che in quello di Stazzema essendo il Bacino Monte Macina e la cava stessa a cavallo tra i due comuni. Il progetto di coltivazione si sviluppa quasi esclusivamente nel territorio del Comune di Stazzema, analizzando solo la pericolosità geomorfologica del PAI dell'Autorità di Bacino Appennino Settentrionale.

6.1 Pericolosità geomorfologica e sismica

Gli elaborati del Piano di Bacino della Scheda 8 Monte Macina, contrariamente a quanto richiesto dalla Regione Toscana, non riportano alcuna verifica della pericolosità della zona compresa nel Bacino estrattivo, limitandosi a riportare su un ingrandimento di scala i limiti delle aree di pericolosità in scala 1: 10.000 presenti nelle cartografie del Piano Strutturale comunale. Nella carta QG8.11 Carta della pericolosità geomorfologica e sismica di bacino, tutta l'area della cava Faniello coperta da ravaneto si trova nella classe di pericolosità G3S3 ad elevata pericolosità, mentre dove è presente roccia affiorante viene inserita in classe G2S2 media pericolosità. I perimetri riportati nella tavola del PABE non tengono conto che una estesa porzione di giacimento non è più ricoperta da detrito, a seguito di un progetto di asportazione dei detriti eseguito diversi anni fa e quindi non tiene in nessun conto le modifiche apportate dall'asportazione dei detriti che ha comportato il cambiamento della classe di pericolosità di alcune porzioni dell'area destinata alla coltivazione. La zona di progetto dovrebbe quindi essere inserita completamente nella classe G2S2 essendo costituita da roccia affiorante ed in posto in cui non sono evidenti segni di instabilità. La cartografia del PABE differisce da quella del PAI dell'Autorità di Bacino

Appennino Settentrionale per cui nelle cartografie di progetto si è tenuto conto solo della classificazione dell'Autorità di Bacino, trascurando quella del PABE che risulta molto più schematica e meno precisa. Da cui risulta che il progetto è quasi completamente in area priva di pericolosità, con accumuli di ravaneto indicati in classe di pericolosità elevata P3a di tipo a.

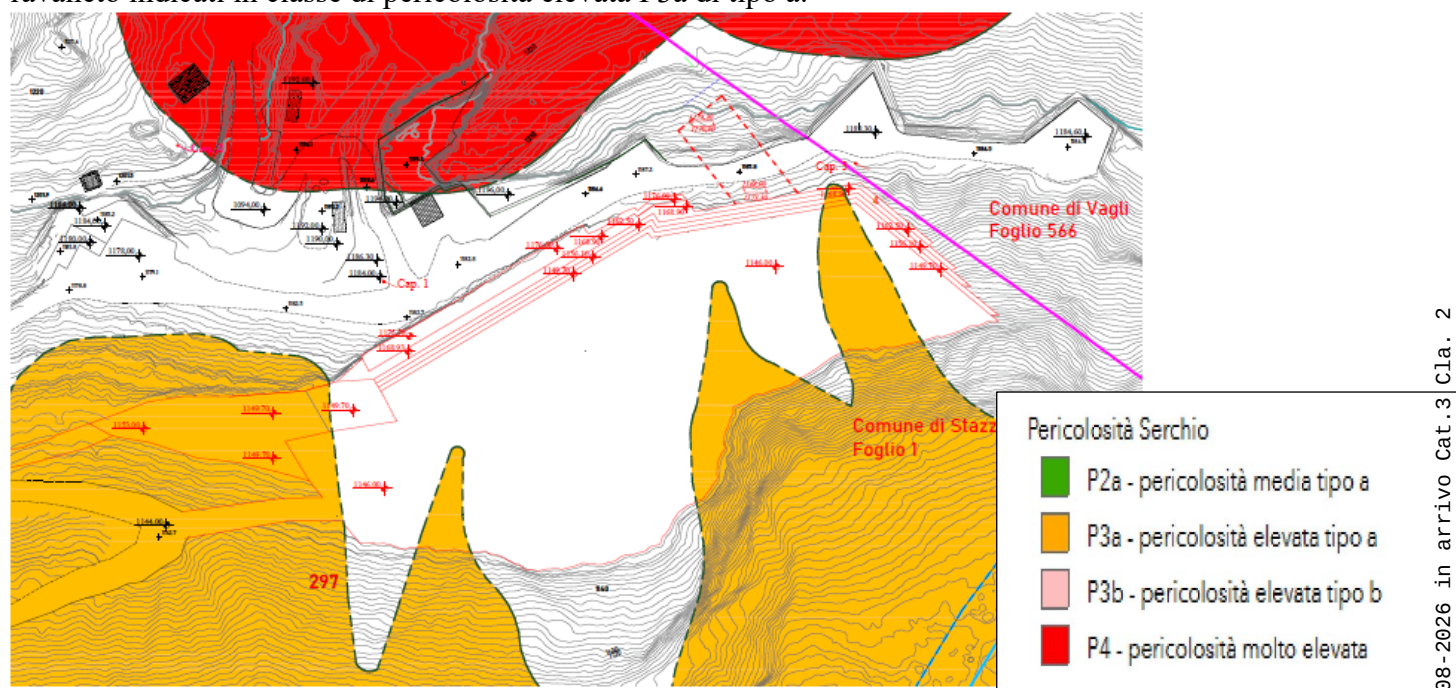


Fig.17 -Estratto da Tav.5a - Carta della pericolosità geomorfologica

Per l'inquadramento della pericolosità dell'area di progetto si rimanda alla Tav.5a - Pericolosità geomorfologica, dove le classi di pericolosità del PABE e dell'Autorità di Bacino, sono state sovrapposte allo stato finale del progetto.

6.2 Pericolosità sismica

La pericolosità sismica viene riportata nella tavola del PABE *QG8.11- Carta della pericolosità geomorfologica e sismica* e corrisponde per l'area di progetto alla classe del PAI S3 - Elevata Pericolosità.

6.3 Pericolosità idraulica

L'area è priva di pericolosità idraulica quindi inquadrabile nella classe I1, si rimanda comunque alla Tavola 5b- Carta della pericolosità geomorfologica per il corretto inquadramento dell'area di progetto.

6.4 Fattibilità

In base alle classi di pericolosità dell'area ed alla tipologia degli interventi è possibile definire le condizioni di Fattibilità utilizzando gli abachi presenti nel PABE, redatti dalla Regione Toscana.

La fattibilità di tutti gli interventi previsti verrà dettagliata nell'allegato fuori testo riportato a fine relazione. Di seguito si indicano gli interventi principali previsti nel progetto di coltivazione.

PERICOLOSITA'		Pericolosità geologica			Pericolosità idraulica (tra parentesi le pericolosità del Distretto Appennino Settentrionale)				Pericolosità sismica (desunta da Carta degli elementi generali con rilevanza sismica)			
Tipologia interventi		G2	G3	G4	I1	I2 (I1) Tr >500	I3 (I2) Tr 200	I4 (I3) r 30	S1	S2	S3	S4
1) piazzali di cava		FG3	FG3	FG4	FI1	FI1	FI2	FI2	FS1	FS1	FS1	FS1
2) nuovi fronti di coltivazione a cielo aperto e scarpate naturali connesse		FG3	FG3	FG4	FI1	FI1	FI2	FI2	FS1	FS2	FS3	FS3
3) nuovi ingressi in galleria		FG3	FG3	FG4	FI1	FI1	FI2	FI2	FS1	FS2	FS3	FS3
4) escavazione in sotterraneo		FG3	FG3	FG4	FI1	FI1	FI2	FI2	FS1	FS2	FS3	FS3
5) area di stoccaggio temporaneo di materiali da taglio per uso ornamentale ¹ , come definiti dall'art.2, comma 1, lett. c, punto 2.1 della LR 35/2015)		FG2	FG3	FG4	FI1	FI1	FI3	FI4	FS1	FS1	FS1	FS1
6) area di stoccaggio temporaneo di derivati del materiale da taglio per uso ornamentale ² , come definiti all'art.2, comma 1, lett. c, punto 2.2 della LR 35/2015.		FG2	FG3	FG4	FI1	FI1	FI3	FI4	FS1	FS1	FS1	FS1
7) area di stoccaggio temporaneo di materiale secondario di lavorazione utilizzabili in altri cicli produttivi, ovvero "sottoprodotti" ³ da destinare al mercato, dichiarati tali nelle autorizzazioni rilasciate ai sensi della LR 78/98		FG2	FG3	FG4	FI1	FI1	FI3	FI4	FS1	FS1	FS1	FS1

Fig.18 Tabella delle condizioni di Fattibilità degli interventi

7 Sismicità dell'area

Il Comune di Stazzema risulta inserito in zona sismica 3, ovvero a bassa sismicità, della classificazione sismica nazionale di cui all' OPCM 3274/03, ed alla Delibera G.R.T del 19.06.2006 nr 431, che recependo la PRCM 3519/06, ha riclassificato i comuni a maggior rischio sismico, a cui corrisponde una PGA= 0,150g. Nella cartografie del PABE, che riprende senza alcuna modifica la classificazione del PAI, la zona di progetto è stata interamente inquadrata tra le aree con pericolosità sismica elevata Classe S3. Per quanto riguarda l'aspetto legato all'amplificazione dei terreni in relazione all'azione sismica, le caratteristiche litologiche del suolo nell'area di intervento, substrato roccioso continuo subaffiorante consentono di classificare il terreno di fondazione nella categoria "A" *Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi*, trattandosi nelle ree di scavo, di ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s (vd. Classificazione dei suoli secondo D.M. NTC 2018).

Tenendo conto delle caratteristiche morfologiche dei rilievi con inclinazione media >30°, l'area di progetto ricade nella categoria T4 (vd. Tab.1), potendosi a ragione considerare la morfologia prevalentemente bidimensionale.

Tabella 1

Categoria	Caratteristica della superficie topografica (tab.1)
T1	Superfici pianeggianti, pendii e rilievi isolati con inclinazioni media $i < 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $> 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ > i > 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Inoltre per tener conto delle condizioni topografiche ed in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente topografico ST , riportati nella tabella 2, in funzione delle categorie topografiche indicate nella tabella precedente e dell'ubicazione dell'opera di progetto.

Tabella 2

Categoria	Ubicazione dell'opera di progetto (tab.2)	ST
T1	—	1.0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1.2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1.2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1.4

La variazione spaziale del coefficiente di amplificazione topografica è definita da un decremento lineare con l'altezza del pendio, dalla sommità fino alla base dove ST assume valore unitario. Il fattore di correzione per l'area di progetto è quindi **1.4**. Con l'entrata in vigore del D.M 14.01.2008 e dell'aggiornamento NTC 2018, la stima della pericolosità sismica deve essere valutata mediante un approccio definito "sito indipendente", attraverso la definizione dei parametri e coefficienti sismici propri dell'area di intervento. Come definito nell' Allegato A del suddetto decreto si riportano nella Tabella 3 i parametri e coefficienti sismici utili per ricostruire lo spettro di risposta elastico ed eseguire le verifiche SLU e SLE in condizioni sismiche, ovvero SLV, SLC e SLO e SLD. Questi parametri dovranno essere utilizzati per il calcolo e le verifiche degli eventuali interventi di stabilizzazione dei fronti o dei rilevati previsti nel sito di estrazione. Non è prevista la costruzione di alcuna fondazione in quanto si utilizzeranno solo strutture provvisorie per le necessità correnti di cantiere

Tabella 3 - coefficienti sismici dell'area di progetto

Stati limite

Classe Edificio

I. Presenza occasionale di persone, edifici agricoli

Vita Normale

50

Interpolazione

Media ponderata

CU = 0.7

Stato Limite	T _r [anni]	A _g [g]	F _o	T ₀ ⁺ [s]
Operatività (SLO)	30	0.050	2.460	0.240
Danno (SLD)	35	0.054	2.454	0.245
Salvaguardia vita (SLV)	332	0.141	2.405	0.232
Prevenzione collasso (SLC)	682	0.163	2.393	0.220
Periodo di riferimento per l'azione sismica	35			

Coefficienti sismici

Tipo

Stabilità dei pendii e fondazioni

Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti

1 (III)

0.1

Cat. Sottosuolo

A

Cat. Topografica

T4

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1.00	1.00	1.00	1.00
CC Coeff. funz. categoria	1.00	1.00	1.00	1.00
ST Amplificazione topografica	1.40	1.40	1.40	1.40

Acc.ne massima attesa al sito [m/s²]

0.6

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
k _h	0.014	0.015	0.053	0.069
k _v	0.007	0.008	0.027	0.035
A _{max} [m/s ²]	0.693	0.743	1.936	2.506
Beta	0.200	0.200	0.270	0.270

Fig.19 coefficienti sismici dell'area di progetto

8 Idrogeologia

Il bacino idrogeologico del Canale della Turrite Secca, analogamente a tanti altri bacini delle Alpi Apuane, è formato da formazioni calcaree, prevalentemente marmi, con un'alta permeabilità per fratturazione e carsismo, la presenza di rocce impermeabili proprio sullo spartiacque favorisce lo scorrimento delle acque nel bacino, che data l'acclività dello stesso, hanno un'alta velocità di scorrimento durante gli eventi maggiori.

Lo schema idrogeologico è stato studiato da molti Autori che hanno rilevato l'importanza della risorsa idrica contenuta e della fragilità idraulica, Civita et al. (1990), Forti P. et al. (1993), Piccini et al. (1997), Pranzini (1999). Più recentemente è stato eseguito nel 2007 dal Centro di Geotecnologie dell'Università di Siena lo *"Studio idrogeologico prototipale del corpo idrico sotterraneo significativo dell'acquifero carbonatico delle Alpi Apuane, Monti d'oltre Serchio e Santa Maria del Giudice"*.

Le litofacies carbonatiche sono caratterizzate da un'alta permeabilità per fratturazione e carsismo quindi da un elevato coefficiente d'infiltrazione. La circolazione profonda, avviene lungo condotti carsici e fratture allargate dalla dissoluzione dei carbonati. Le acque meteoriche si infiltrano sino ad incontrare la zona satura in corrispondenza della sorgente di Renara (Piccini et al. 1989). Le acque che invece non si infiltrano e scorrono in superficie alimentano in parte la sorgente che si trova nei pressi della diga di Isola Santa in parte quella della Polla sul lato opposto di monte Altissimo.

Le sorgenti sono assenti nella parte alta del bacino o con portate inferiori a 5 l/s divenendo più significative ed importanti dove aumentano gli spessori sia dei depositi fluvio - morenici che lo spessore dei Cipollini, che essendo meno permeabili raccolgono e concentrano le acque piovane nei sistemi di frattura per poi fuoriuscire con sorgenti alle quote più basse fuoriuscendo dalle fratture maggiori, si tratta comunque di sorgenti con portate inferiori a 10 l/s.

Nella figura 20- Carta idrogeologica vengono indicate le linee di deflusso superficiale ed i vari litotipi caratterizzati da diversa permeabilità, nella zona di cava sono presenti i seguenti litotipi:

- a- Litotipi ad alta permeabilità (classe V): sono costituiti dai marmi. che sono rocce permeabili per fratturazione e carsismo.
- b- Litotipi a media permeabilità (classe III): per fratturazione e carsismo, risultano meno permeabili dei marmi e sono costituiti da rocce carbonatiche con abbondanti livelli scistosi (calcescisti), formazione dei Cipollini con intercalazioni di livelli propriamente scistosi, occupano tutta la parte centrale della valle di Arni e nella zona di cava affiorano su entrambi i lati della valle, dove hanno però uno spessore ridotto (10/15 m).
- c- Litotipi a permeabilità bassa (classe I e II): Sono costituite dagli Scisti Sericiti ed i Diaspri che affiorano a nucleo delle sinclinali. Sono affioramenti ridotti stirati e discontinui che marcano ed evidenziano la presenza di pieghe multiple di prima fase

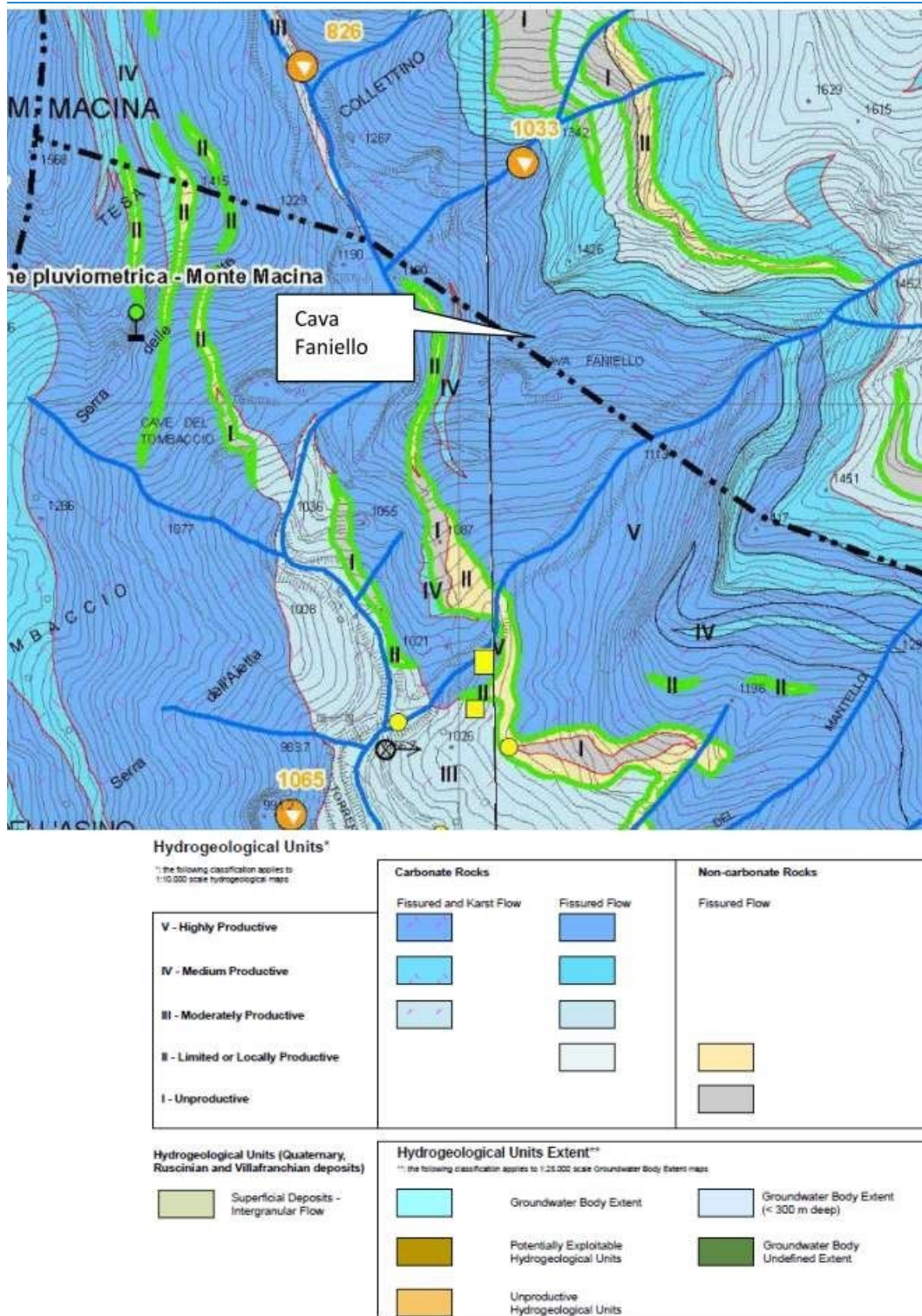


Fig.20 Carta idrogeologica e classi di permeabilità

Nella pubblicazione “Le risorse idriche dei complesso carbonatici del comprensorio apuo-versiliese” L.Piccini, G.Pranzini, L.Tredici e P. Forti (1999) viene riportato il bilancio annuo dei sistemi idrogeologici tra cui quello della Pollaccia in cui ricade l’area in esame (vd. Tabella seguente) e per il quale gli Autori non escludono interferenze anche con il lago di Vagli, data la complessità della situazione geologico strutturale, quindi un bacino molto ampio ed importante secondo solo a quello del Frigido.

Tabella 3. Bilancio annuo dei sistemi idrogeologici. S = superficie, H = quota media, P = precipitazione media, T = temperatura media, E = evapotraspirazione media, Cie = coefficiente d'infiltrazione efficace, I = infiltrazione media, RID = risorsa idrica dinamica, RIC = risorsa idrica captata, RS = risorsa idrica ulteriormente sfruttabile, QS = portata complessiva delle sorgenti (da misure inedite e dati bibliografici).

Sistema idrogeologico	Formaz. affioranti	S km ²	H xm	P mm	T °C	E mm	P-E mm	Cie %	I mm	RID l/s	RIC l/s	RS l/s	QS l/s
Torano	m, gr	4,50	546	1711	11,9	639	1072	75	804	115	40	75	105
Carrara	m, gr	19,06	742	1794	10,7	598	1196	75	897	542	220	322	545
Cartaro	m, gr	9,43	838	1924	10,2	581	1343	75	1007	301	160	141	400
Frigido	m, gr	34,48	1146	2886	8,3	528	2358	60	1415	1547	15	1532	1550
Bergiola	br	4,25	400	1400	12,8	652	748	65	486	66	40	26	40
Renara	m, gr	7,62	1010	3064	9,1	557	2507	65	1629	394	0	394	200
Altissimo	m, gr	3,20	1104	2827	8,5	536	2291	60	1375	139	5	134	90
Antona	gr	1,14	650	2298	11,3	632	1666	60	999	36	0	36	9
Focoraccia	m, gr	0,74	850	2547	10,1	589	1958	60	1175	28	0	28	5
Madielle	m, gr	2,47	731	2142	10,8	610	1532	70	1072	84	0	84	60
Pollaccia	m, gr	25,82	1108	3081	8,5	537	2544	55	1399	1146	0	1146	800
Corchia	m, gr	8,31	938	2650	9,6	570	2080	55	1144	301	2	299	150
Panie	m, gr	10,50	1054	2877	8,9	547	2330	60	1398	465	10	455	250
Porta	br	2,25	130	1311	14,5	701	610	65	397	28	35	-7	70
Costa	m	1,82	250	1420	13,7	687	733	70	513	30	2	28	7
Fontane	gr	1,50	660	1867	11,2	619	1248	70	873	42	10	32	30
Sant'Anna	br	2,75	700	1920	11,0	612	1308	65	850	74	15	59	50
Camaiore	br, cma	26,25	580	2075	11,7	644	1431	50	715	595	500	95	220
Stiava	cR, cm	11,68	650	2100	11,3	628	1472	50	736	273	90	183	125
Monte Quiesa	cma	8,02	277	1368	13,6	675	693	50	346	88	50	38	220

Data l'importanza del bacino le attività estrattive dovranno essere condotte avendo particolare cura nella gestione delle acque di lavorazione, per evitare dispersioni nel sistema idrogeologico profondo.

8.1 Vulnerabilità dell'acquifero

La presenza di un'estesa copertura carbonatica ed uno sviluppato carsismo superficiale e profondo rendono le Alpi Apuane, ad alta vulnerabilità degli acquiferi, per possibili infiltrazioni degli inquinanti di varia natura che si utilizzano nelle cave di marmo. L'area della cava Faniello nella "Carta della vulnerabilità degli acquiferi delle Alpi Apuane" (Civita et Alii, 1991) viene classificata ad elevata – alta vulnerabilità (50-70 valori sintacs) degli acquiferi, (vd. Fig.20 Vulnerabilità acquiferi). È necessario quindi adottare un adeguato sistema di regimazione delle acque di lavorazione e specifiche precauzioni per limitare e ridurre il rischio di inquinamento delle falde acquifere profonde.

Si rileva comunque che nelle vicinanze dell'area estrattiva non sono presenti cavità carsiche e quelle più prossime hanno uno sviluppo modesto o trascurabile e comunque ubicate in pozione altimetrica molto superiore a quella dell'area di progetto. Per tenere conto della potenziale vulnerabilità dell'acquifero nella cava verranno prese le seguenti misure di prevenzione, controllo e monitoraggio:

- Le acque di lavorazione saranno distribuite, raccolte e trattate con un sistema a circuito chiuso che prevede la separazione dei fanghi di lavorazione e successivo smaltimento come rifiuti. Il ciclo delle acque viene definito nell'allegato documento "Gestione delle AMD";
- Si impiegheranno oli biodegradabili nei tagli con catena diamantata;
- I carburanti ed oli lubrificanti dei mezzi meccanici saranno conservati all'interno del magazzino e distribuiti tramite un impianto di erogazione;
- Le manutenzioni avverranno su una piazzola in roccia su cui viene steso un telo impermeabile;
- I materiali esausti saranno conservati in contenitori idonei ed all'interno del magazzino; - I residui ferrosi saranno sistemati in cassoni scarrabili;
- Saranno presenti in magazzino materiali oleoassorbenti e contenitori per il loro stoccaggio dopo l'impiego;

- Si eseguiranno controlli periodici almeno una volta all'anno sulle acque delle sorgenti a valle della zona di estrazione.

Oltre alle misure indicate per la gestione delle acque e della potenziale infiltrazione nelle fessure, dovranno essere adottate anche le misure seguenti nel caso vengano intercettate delle cavità nel corso dell'attività estrattiva:

- Segnalazione del rinvenimento della cavità al Parco delle Alpi Apuane;
- Interruzione delle attività nella zona in cui è stata rinvenuta la cavità;
- Affidamento dell'incarico a personale esperto per valutare le effettive caratteristiche della cavità sia dal punto di vista speleologico che idrogeologico;
- Definizione in base allo studio condotto dall'esperto delle misure di salvaguardia della cavità;
- Eventuale modifica del piano di coltivazione.

8.2 circolazione idrica sotterranea

Per definire la circolazione idrica sotterranea ci si deve avvalere dei risultati della circolazione idrica dedotta dalle immissioni di traccianti eseguiti dalla Federazione speleologica Toscana e della analisi della fratturazione a grande scala dell'ammasso roccioso, poiché il movimento dell'acqua dipende dall'apertura, dalla densità e dal grado di connessione delle fratture. In sistemi carsici la circolazione dipende dalla presenza di cavità o condotti ampi creati dalla dissoluzione della roccia. In generale nelle Alpi apuane la formazione di cavità carsiche avviene lungo sistemi di fratturazione a grande scala e poi guidati dalla scistosità di prima fase che ha comportato una riorganizzazione strutturale della roccia obliterando l'originaria stratificazione. La scistosità della roccia porta ad uno sviluppo di rami secondati, interruzione e deviazione dei pozzi principali che risultano verticali aperti lungo le fratture di maggiore importanza. Dall'analisi dei traccianti immessi nelle cavità carsiche presenti a nord della cava Faniello risulta che le acque confluiscono verso la sorgente del Frigido e quindi le cavità presenti a nord della cava, Lilliput e Collettino non risulterebbero connesse ideologicamente con la cava Faniello, trovandosi inoltre a quote superiori degli scavi previsti in questa cava non vi sarà nessuna interferenza tra le acque, eventualmente disperse lungo le fratture della cava con le cavità note. Dall'analisi della *Tav.15_Carta delle fratture a grande scala*, risulta che le fratture di maggiore estensione sono dirette tra 30° e 60°N con inclinazione verso sudest, e quindi le acque di infiltrazione dovrebbero dirigersi verso il bacino idrografico della sorgente Pollaccia. L'immissione di spore eseguite dal Dott. Dazzi negli anni tra il 2016 e 2019 hanno sempre dato esito negativo alla sorgente Rondonaio che alimentava l'acquedotto del paese di Arni, oggi non più utilizzate e sostituita dalla sorgente Rondonaio 2 che si trova oltre a est del Fosso del Burrone e che quindi non può essere interessata da acque che potrebbero infiltrarsi nelle fratture dell'ammasso roccioso di cava Faniello. Le acque che si possono infiltrare nella cava Faniello potrebbero quindi raggiungere il canale del Burrone che per tale motivo viene monitorato con prelievi ed analisi semestrali.

9 Classificazione dell'ammasso roccioso

La cava è attiva da oltre settanta anni inizialmente a cielo aperto e progressivamente in galleria, sviluppando rami di coltivazione anche molto complesse su più livelli. Nel corso degli anni sono stati eseguiti numerose indagini di carattere geomeccanico e quindi le caratteristiche dell'ammasso roccioso sono note sia per la parte adiacente la zona di progetto, che per le gallerie esistenti.

Nel corso dei sopralluoghi sono state rilevate le discontinuità principali presenti nella zona esterna della cava e verificata su foto aeree le direzioni delle discontinuità a grande scala. I dati raccolti sono stati confrontati con il materiale disponibile verificando che, con modeste differenze di orientazione e inclinazione vi è congruenza tra i dati contenuti nelle relazioni dei geol. Forfori (2017) e Sirgiovanni/Vaselli (2020). I dati raccolti sono inoltre congruenti con quelli rilevati dallo scrivente per la porzione di ammasso

roccioso sovrastante la cava Tombaccio, nel settore tra la strada di accesso al Passo Sella e il crinale che divide la cava Faniello dal versante in cui scorre al Turrite Secca.

Comparando i rilievi, trascurando i codici identificativi dati da ciascuno per le stesse famiglie, è possibile definire i sistemi di fratturazione principali che interessano l'ammasso, tenendo presente che per quanto riguarda la scistosità verrà considerata solo quella rilevata nella zona di progetto, potendo questa superficie variare fortemente nei diversi punti dell'ammasso. Le famiglie principali che interessano l'ammasso sono le seguenti:

Famiglia	Dip/ Dip direction
K1	77/144
K1a	75/320
K2	78/235
K2a	80/79
K3	55/274
S1(K4)	34/100

Le fratture K1 interessano estese porzioni di ammasso, hanno una persistenza pluridecimetrica e sono ben riconoscibili anche da foto aerea, formando dei corridoi di fratturazione di larghezza metrica il più importante dei quali è localizzato a monte della zona di apertura della nuova galleria presentato dal Ing. Pandolfi, ma ben visibile in tutto l'ammasso come lungo la strada per Passo Sella o sul crinale ad ovest della cava Faniello. Queste fratture hanno una estensione notevole alla scala dell'affioramento risultando predominante all'interno delle gallerie esistenti, costituendo ad ampia scala delle trascorrenti destre lungo cui si sono impostati il canali maggiori, come il Fosso del Buro e del Burrone e quello del Mantello.



Fig.22 Aspetto delle K1 lungo una fascia di finimento lungo la strada per Passo Sella

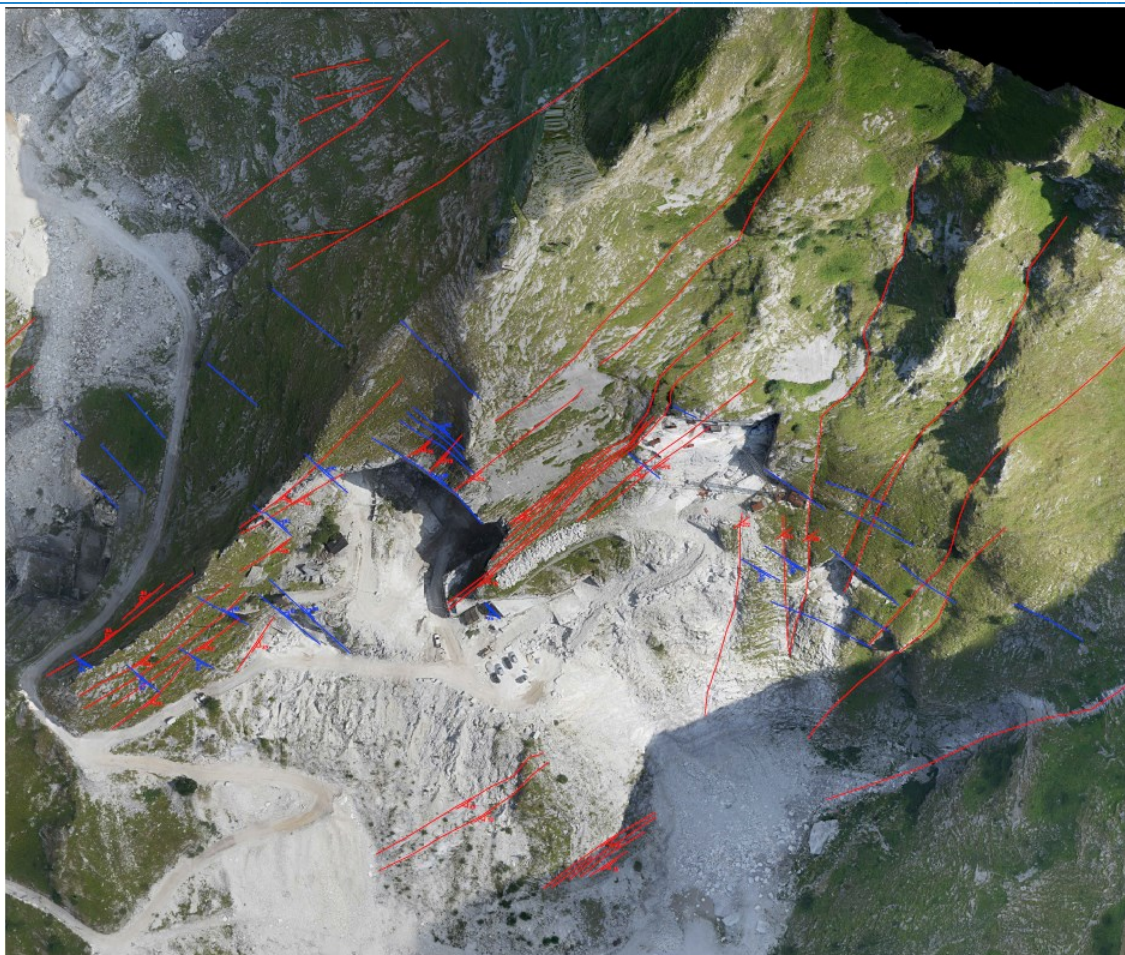


Fig.23 traccia delle K1 in rosso, a grande scala

Oltre questo sistema sono importanti in termini di persistenza e prevalenza le fratture dovute alla scistosità di prima fase, premettendo che costituiscono delle superfici di discontinuità netta e continua in presenza di materiale filladico, non risultando tali negli arabescati con poca matrice e o nei marmi grigi, in cui danno luogo a discontinuità solo al passaggio tra diverse litologie (interstrati).

9.1 Caratteristiche del materiale roccioso

I dati della roccia intatta sono contenuti nella scheda riepilogativa delle prove eseguite dalla Regione Toscana per la redazione del libro “The Tuscan Marble Identities” da cui risulta che la roccia ha le seguenti caratteristiche fisico meccaniche:

- Resistenza a compressione uniassiale: 85,40 Mpa (in condizione massima imbibizione)
- Resistenza a flessione: 21,40 Mpa (in condizione massima imbibizione)
- Peso specifico: 2,710 Kg/mc
- Assorbimento d’acqua: 0,13 %

9.2 Classificazione geomeccanica dell’ammasso roccioso RMR Beniaswki 1989

Per la classificazione geomeccanica dell’ammasso si fa riferimento agli ultimi lavori presentati dall’azienda e messi a disposizione dalla stessa e redatti da diversi tecnici, prendendo i valori ricavati dalla “Analisi numerica 3D delle condizioni di stabilità della cava Faniello a Vagli Sotto, nelle condizioni attuali, a firma P. Oreste (marzo 2020).

In questa relazione viene indicato un valore di RMR_{89} con valore medio pari a 75 ed un valore cautelativo dell'angolo di attrito $\Phi=30^\circ$, $JSC=60$ Mpa e $JRC =12$.

Utilizzando il valore di RMR_{89} viene calcolato il valore di GSI medio =75

Da cui deriva un RMR_b medio 75 che ci permette di classificare l'ammasso roccioso nella classe II buono nella classificazione di Bieniawski

Conoscendo il valore di RMR_b è possibile calcolare l'angolo di attrito, la coesione ed il modulo di deformazione, utilizzando le formule seguenti: coesione c (kPa) = 5 RMR_b , angolo di attrito $\phi = 0,5 RMR_b +5$, modulo di deformazione E (GPa)= 2 RMR_b-100 , valori che vengono riportati nella seguente tabella:

RMR _b	Angolo di attrito residuo	Modulo deformazione E/(GPa)	Coesione(kPa)
75	42	50,0	375

9.3 Criterio di Hoek e Brown stima dei parametri geomeccanici

Il valore di GSI si utilizza per calcolare i parametri m ed s da introdurre nella legge modificata di Hoek Brown:

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_{ci} (m_b \times \sigma_3 / \sigma_{ci} + s)^a$$

dove σ_1 e σ_3 rappresentano le tensioni massime e minime e per valori di $GSI > 1$ $m_b = m_i$; $e = (GSI-100)/(28-14D)$; $S = e^{GSI-100/9-3D}$; $a = 0,5 + 1/6(e^{-GSI/15} - e^{-20/3})$; (da Hoek e Brown).

D è un fattore di disturbo che tiene conto del disturbo subito dall'ammasso variabile da 0 a 1.

Utilizzando il programma RocLab I della Rocscience e impiegando i valori definiti nel programma con m_i pari a 9 ed s che vale 0,02 per rocce intatte, con GSI pari a 75 e con valore di σ_{ci} uguale a 85,40 MPa, si ottiene, per i fronti cava attuali e quelli di progetto con altezze di 6,4 metri i seguenti valori:

- Cava Faniello fronti di progetto altezza 6,4 m
Cava Faniello $m_b = 3,685$; $s = 0,0622$; $a = 0,501$;

Angolo di attrito: 56°

Coesione: 3,148 MPa

Valore $(\sigma_{lim} - \sigma_3) = 26,68 \text{ MPa}$

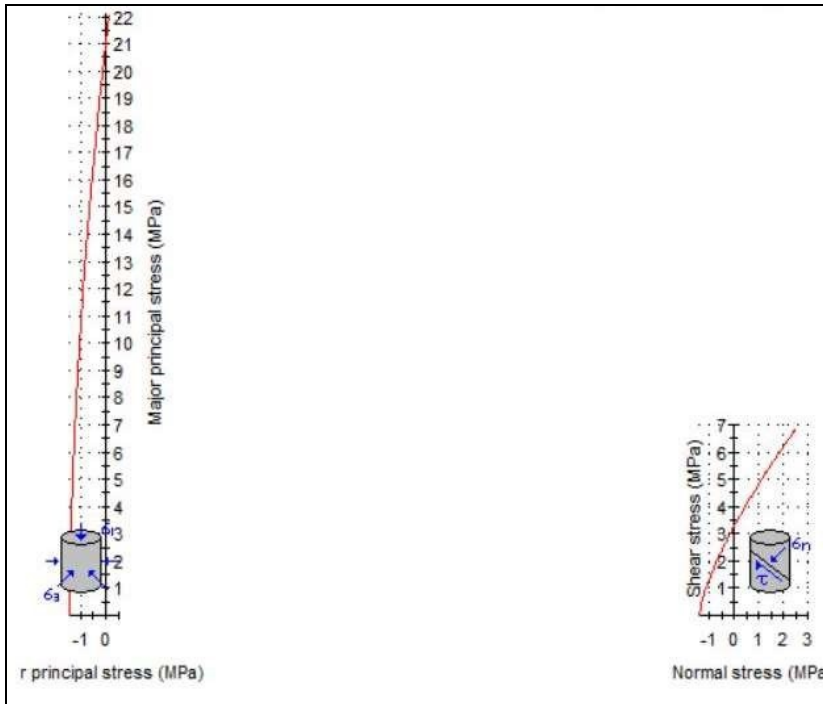


Fig.24 - inviluppi di rottura dell'ammasso roccioso e valori di σ_{tm} e σ_{cm} (Roclab)

Possiamo inoltre ricavare il valore della resistenza globale dell'ammasso a compressione, attraverso la ricostruzione della curva intrinseca e di inviluppo di Mohr –Coulomb equivalente a:

$$\tau = A \sigma_{ci} (\sigma_n - \sigma_{tm} / \sigma_{ci})^B$$

A e B sono costanti determinate dalla regressione e dipendenti dalla roccia, σ_{tm} è la resistenza a trazione dell' ammasso roccioso data dalla formula:

$$\sigma_{tm} = \sigma_{ci} / 2 (m_b - \sqrt{m_b^2 + 4s}) = -1,434 \text{ MPa}$$

determinando i valori di ϕ e c si ricava il valore di σ_{cm} (valore della compressione uniassiale), che risulta:

$$\sigma_{cm0} = 21,14 \text{ MPa}$$

Riepilogando per la cava Piastranera con GSI = 75 avremo i seguenti parametri caratteristici dell'ammasso:

- Resistenza a compressione uniassiale σ_{cm} : 21,141MPa
- Resistenza globale : 26,683 MPa
- Resistenza a trazione : -1,5434MPa
- Modulo di deformazione : 38878 MPa

9.4 Angolo di attrito e coesione dell'ammasso – criterio di Mohr e Coulomb

Per la definizione di questi due parametri abbiamo utilizzato il programma Roc.Lab, già visto in precedenza valutandolo per diverse altezze dei fronti di taglio, 7 m che vengono riepilogati nella seguente tabella

Altezza del fronte m	Angolo di attrito °	Coesione MPa
6,40	58	3,148

9.5 Resistenza al taglio

Nel paragrafo precedente abbiamo definito le caratteristiche di resistenza della roccia intatta e dell'ammasso roccioso, ma negli ammassi naturali la resistenza è controllata da una o più discontinuità e dalle loro caratteristiche di resistenza, pertanto è necessario definire quest'ultime per applicarle ai casi reali.

Per la definizione della resistenza al taglio utilizziamo la formula di Barton e Bandis (1973):

$$\zeta = \sigma \tan \theta_p,$$

calcolando l'angolo di picco alla rottura : $\theta_p = (\theta_r + JRC \log JSC/\sigma)$

Per cui la resistenza al taglio può essere espressa nel modo seguente:

$$\zeta = \sigma_{\tan} [(\theta_r + JRC \log (JSC/\sigma_n))]$$

in cui :

θ_r = angolo di attrito residuo

Dove $\theta_r = (\theta_{b-20^\circ}) + 20 r/R$

JRC = valore della rugosità a piccola scala

JSC = valore della resistenza delle pareti delle discontinuità

σ = carico agente sulla parete

Il valore di θ_b è stato ricavato dai dati disponibili (Sirgiovanni e Vaselli,2020) , mentre i valori di JSC sono stati ottenuti utilizzando uno schelometro per rocce marca DCR, misurando per ogni superfice 10 rimbalzi e scartando i due valori estremi. Eseguita la media e corretto il valore in funzione dell'angolo tra il martello e la superfice misurata come prescritto, definendo la resistenza media dei giunti esaminati. I dati delle misure schelometriche eseguite sulle superfici delle fratture più significative e in condizioni generalmente asciutte sono riepilogati nelle tabelle seguenti:

Tabelle misure schelometriche

Resistenza a compressione roccia intatta, martello di Schmidt st 1															
Litologia	Giunto	Pos. Mar*	Valore del Rimbalzo												
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	M	corr	M corretta
Marmo	K1	2	55	62	58	66	60	58	54	54	60	52	56,40	-0,6	57,02
Marmo	K1	2	44	58	60	54	52	58	56	48	50	52	59,40	-0,6	52,90
Marmo	K1	2	54	50	50	48	54	60	44	48	48	58	53,60	-0,6	50,65
Marmo	K3	2	52	42	58	56	56	48	60	50	54	52	54,40	-0,6	52,65
Marmo	K3	1	42	44	48	58	52	52	54	56	54	52	55,00	0	51,25
Marmo	K3	1	54	48	50	56	56	58	58	58	56	68	53,00	0	55,75
Marmo	K3	1	60	62	58	60	62	60	62	60	60	60	53,80	0	60,25
Marmo	K2	2	62	58	60	48	60	58	56	58	54	54	57,25	-0,6	56,25
Marmo	K2	4	54	60	62	62	50	58	54	54	56	58	57,00	-0,6	56,40
Valore medio corretto JCS															54,74

Posizione martello 

Per i giunti di cui non è stato possibile misurare il JSC si utilizzeranno i dati delle prove eseguite sulle altre discontinuità utilizzando i valori più bassi e quindi cautelativi.

Per la stima del JRC sono stati impiegati dei profilometri da 10 cm rilevando il profilo dei giunti lungo la direzione di scivolamento. I profili sono poi stati confrontati con i profili di scabrezza standard di Barton per ottenere il range caratteristico delle singole fratture, assumendo come valore caratteristico il valore medio di ciascuna famiglia di discontinuità. I Valori di JRC ricavati con il pettine sono stati corretti secondo la tabella proposta da Barton, rapportandoli ad una rugosità a grande scala utilizzando il valore medio della tabella.

Nella tabella seguente si riportano alcuni profili di rugosità con JRC stimato dal confronto con i profili standard di Barton.

Tabella profili caratteristici

RILIEVO GEOMECCANICO JRC FANIELLO 2020		
CATEGORIA	PROFILO	FRATTURA
10-12		K ₁
16-18		K ₁
12-14		K ₃
8-10		K ₂
12-14		K ₂
18-20		K ₃
12-14		K ₄
10-12		K ₂
18-20		K ₂
16-18		K ₄
8-10		K ₁
10-12		K ₃
10-12		K ₄

Fig.25 JRC rappresentativi delle fratture misurate

Noti questi dati è possibile calcolare l'angolo di attrito di picco che deriva dalla seguente formula:

$$\phi_p = \phi_b + JRC \log JSC/\sigma$$

Utilizzando i valori di JRC e JSC rilevati in sito e considerando fronti con altezza di 7 metri si ottengono con la formula precedente i seguenti valori di ϕ_p , da cui si ottiene il valore di ζ con la formula di Barton e Bandis con cui è possibile ricavare il valore della coesione con la formula di Mohr- Coulomb:

$$c = \zeta - \sigma \tan \theta$$

Per semplificare i calcoli si utilizza un foglio di calcolo in cui si inseriscono i valori di JR, JSC, tensione, espressa come peso litostatico delle colonna di roccia e angolo di attrito di base. Dall'elaborazione dei dati si ottengono i risultati riportati nella seguente tabella:

famiglia fratture	JRC Min/m ax	JSC med	Θ_b Min max	Altezza fronte m	Θ_p		Cp kPa		ϕ_k	C _k
					min	max	min	max	carat.	caratt.
K1	8-10	60	30 -40	7	46,40	60,0	29,90	78,30	37,12	62,64
K2	10-12	60	30 -40	7	50,30	63,30	42,30	144,50	40,24	33,84
K3	10-12	60	30 -40	7	50,30	63,30	42,30	144,50	40,24	33,84
K4	12-14	60	30 -40	7	54,0	6,20	67,10	298,10	43,20	55,91
Valori medi					50,25		45,40			

I valori caratteristici dell'ammasso sono stati considerati uguali ai valori minimi essendo più cautelativi.

10 Analisi cinematica

Alla luce dei dati raccolti è possibile ricostruire i cinematismi che possono verificarsi nel versante a causa dell'azione, o dell'interazione, dei vari sistemi di discontinuità con i fronti di scavo. Una necessaria considerazione deve essere fatta circa la valenza dei risultati dell'analisi cinematica la quale verifica la stabilità di un fronte solo rispetto alle condizioni geometriche senza includere nel calcolo le forze in gioco. L'analisi di stabilità cinematica dei fronti in esame è stata realizzata mediante proiezioni stereografiche utilizzando il reticolo equiangolare di Wulff.

I cinematismi dell'area di lavorazione sono stati valutati secondo le tre principali modalità di cedimento (scivolamento su piano, cuneo e ribaltamento).

L'analisi viene eseguita per tutte le orientazioni dei fronti previsti nel progetto, indipendentemente dalla loro lunghezza e per quelli già esistenti. I fronti di coltivazione hanno un'altezza massima di 7 metri, mentre quelli finali potranno avere anche altezza superiore.

Inizialmente si eseguirà l'analisi probabilistica utilizzando il test di Markland che definisce i cinematismi possibili che si innescano tra il sistema di fratturazione e i fronti di coltivazione, poi si eseguirà un'analisi deterministica per valutare il fattore di sicurezza dei cunei o piani in scivolamento sui fronti cava, utilizzando specifici software che tengono conto delle caratteristiche fisiche dei giunti, coesione ed angolo di attrito, della sismicità specifica del sito e delle condizioni idrauliche dei giunti. Per le valutazioni deterministiche abbiamo preso in esame i volumi massimi dei prismi che sono stati individuati nel corso del rilievo sui fronti esistenti, per i fronti di escavazione di progetto, viene invece preso in esame il cuneo massimo che si origina dall'incrocio dei sistemi con i fronti di taglio, che seppure meno realistico del precedente ci permette di valutare le dimensioni dei cunei che si formeranno nel proseguo delle attività. In applicazione delle Norme tecniche delle Costruzioni (NTC 2018) vigenti la definizione del fattore di sicurezza viene eseguita con sistema semi-probabilistico. Tale norma recepisce i criteri di progettazione contenuta negli Eurocodici e si basa sull'applicazione del concetto di "Stato limite", quindi le verifiche verranno eseguite allo Stato Limite Ultimo, (SLU) secondo l'approccio A2.

Le equazioni corrispondenti a questa metodologia sono le seguenti:

$$E_d \leq R_d$$

dove le azioni E sono definite da

$$E_d = E (\gamma_F \cdot F_k ; X_k / \gamma_m ; a_d)$$

dove $\gamma_F \cdot F_k ; X_k / \gamma_m$; sono parametri di progetto mentre a_d è un coefficiente che definisce la geometria di progetto.

Analogamente per le resistenze R

$$R_d = 1/\gamma_R R(\gamma_F \cdot F_k; X_k/\gamma_R; a_d) \text{ In}$$

cui γ_R è un coefficiente di riduzione del parametro

Il suddetto metodo detto anche dei “coefficienti parziali” i cui indici sono riportati nelle tabelle seguenti, i cui indici sono riduttivi o maggiorativi a seconda dell’azione presa in considerazione.

I coefficienti servono per tenere conto delle incertezze del modello e dei dati sperimentali a favore di sicurezza.

Tabella coefficienti parziali azioni:

	Effetto	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_Q)	EQU	(A1)	(A2)
Carichi permanenti G_1	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti $G_2^{(1)}$	Favorevole	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevole	γ_Q	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

(1) Per i carichi permanenti G_2 si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.1. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti γ_{c1}

Tabella coefficienti parziali resistenze

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	γ_c	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ_V	γ_γ	1,0	1,0

Pertanto dopo aver corretto le azioni ed i parametri di resistenza delle equazioni precedenti il fattore di Sicurezza F_s dovrà essere espresso da:

$$F_s \geq 1$$

I parametri che andremo ad utilizzare nei calcoli saranno i seguenti:

Tabella dei coefficienti geomeccanici applicabili al modello secondo il metodo dei coefficienti parziali ed in condizioni di Stato Limite Ultimo.

Parametro geotecnico	Dato ottenuto con i sistemi di classificazione dell'ammasso	Coeff. Correttivo	Valore con il metodo SLU
Coesione c	0,454	1.25	0,36
Angolo di attrito	50,25°	1.25	40°

I suddetti parametri saranno utilizzati in tutte le verifiche sia probabilistiche che deterministiche ed in condizioni sismiche.

Orientazione fronti esistenti e di progetto :

Fronte	Direzione	Immersione
F1	N59°	85SE
F2	N80°	85 S
F3	N130°	85 SW

Di seguito vengono analizzati tutti possibili cinematismi che possono verificarsi tra le famiglie di discontinuità ed i fronti di taglio residui e di progetto.

Tabella di riepilogo direzione dei fronti di taglio e sistemi di frattura principali.

Fronte dip/dip direction	sistemi	giaciture prevalenti	angolo di attrito
F1 149/85	K1	77/144	40°
F2 170/85	K1a	74/320	
F3 220/85	K2	78/235	
	K2a	80/79	
	K3	55/274	
	K4	34/100	

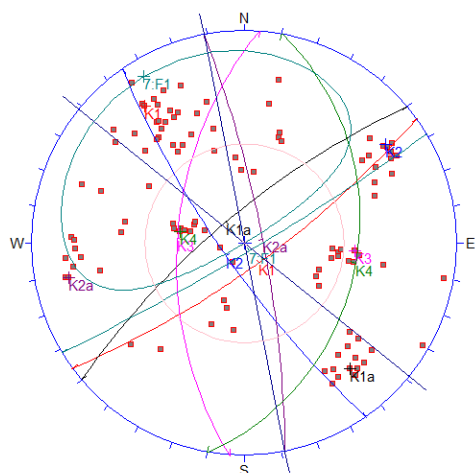
10.1 Cinematismi sui fronti di lavoro esistenti e di progetto

Il seguente approccio ha carattere solamente probabilistico e di previsione dei possibili cinematismi che possono innescarsi sui fronti di coltivazione con le fratture riscontrate nella zona di progetto a condizione che non vi siano ponti di roccia, ossia che i piani di discontinuità si estendano indefinitamente.

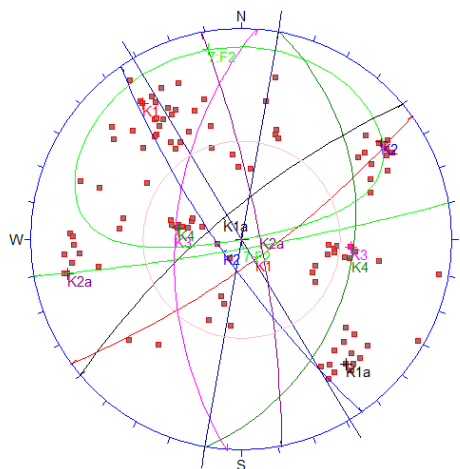
Il direttore responsabile deve comunque valutare prima di ogni taglio la situazione specifica delle discontinuità e i meccanismi che possono innescarsi durante e dopo la fase di taglio, redigendo una scheda ad ogni avanzamento. Le seguenti descrizioni ed analisi hanno quindi carattere di previsione e debbono essere rivalutate dal Direttore Responsabile ad ogni nuovo avanzamento, intervenendo quando necessario con disaggi o chiodature.

a- Scivolamenti planari

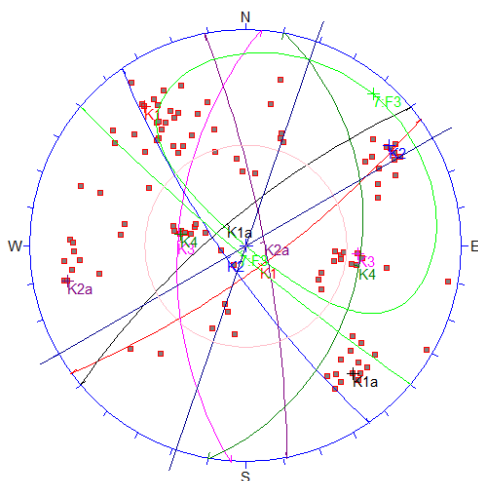
Fronte F1



Fronte F2



Fronte F3



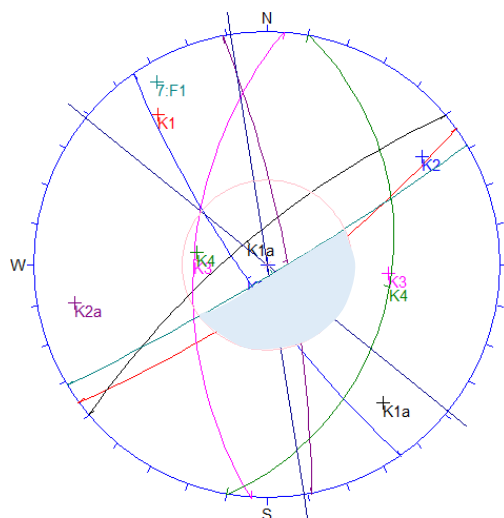
Sul Fronte F1 si possono avere scivolamenti planari lungo il sistema K1;

Sul fronte F2 si possono avere scivolamenti planari lungo il sistema K1;

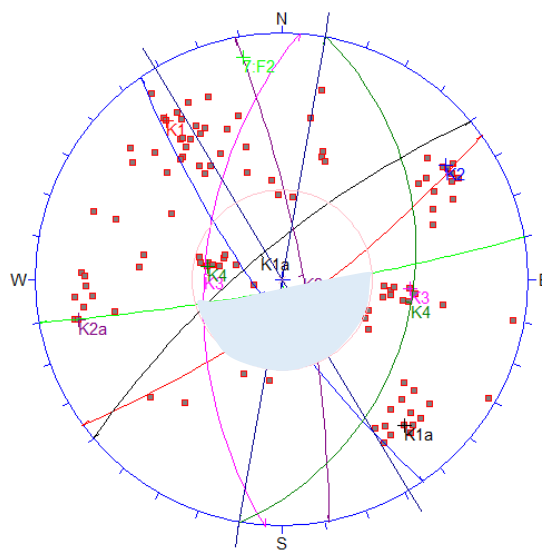
Sul Fronte F3 si possono avere scivolamenti planari lungo il sistema K2;

b- Cunei in scivolamento

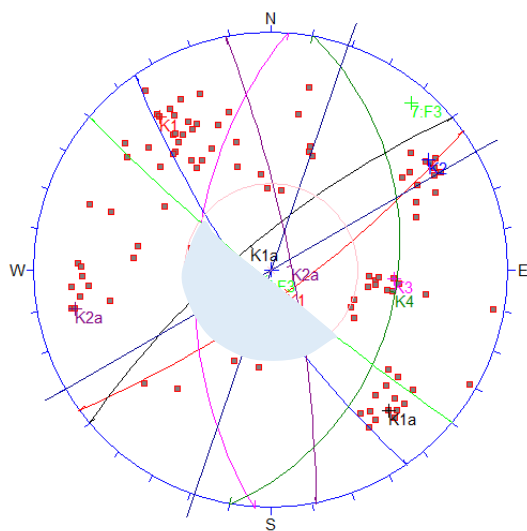
Fronte F1



Fronte F2



Fronte F3



I cinematismi che si possono creare per scivolamento per cunei sono i seguenti;

Fronte F1 - scivolamento per cuneo tra : K2 e K4; K2a e K2

Fronte F2 - scivolamento per cuneo tra : K2 e K4; K2a e K2

Fronte F3 – scivolamento per cuneo tra: K1 e K3 ; K1 e K1a

L'analisi probabilistica ci serve per definire anche visivamente tutti i cinematismi che si innescano sui fronti residui e di lavorazione e ci permette di individuare in campagna i cunei che potrebbero risultare

instabili, non tenendo conto di eventuali ponti di roccia, ma analizzando l'ammasso come discontinuo. Bisogna inoltre rimarcare che i metodi di classificazione adottati tendono a essere cautelativi dando parametri dell'ammasso generalmente bassi. Fatta questa premessa analizzeremo con software della Rocscience Swedge e Rocplane, tutte le situazioni che portano a condizioni di instabilità, considerando il volume massimo dei blocchi rilevati anche in campagna, dopo l'analisi probabilistica.

I cinematismi individuati per ogni settore e fronte di lavorazione vengono riepilogati nella tabella seguente:

Tabella riepilogativa cinematismi

Fronte cava	Tipo di scivolamento	Piano / linea d scivolamento	Orientazione inclinzione	Caratteristiche parametri	
Dip dir-dip			Dip dir- dip	θ°	C (MPa)
F1 N 59° /83 SE	Cuneo	K2/K4	78/235-347100	40	0,36
	Cuneo	K2a/K2	78/235-80/79	40	0,36
	Scivolamento	K1	77/144	40	0,36
F2 N80°/85 S	Cuneo	K2/K4	78/235-347100	40	0,36
	Cuneo	K2a/K2	78/235-80/79	40	0,36
	Scivolamento	K1	77/144		
F3 N130°/85 SW	Cuneo	K1/K3	77/134-55/274	40	0,36
	Cuneo	K1/K1a	77/144-74/320	40	0,36
	Scivolamento	K2	78/235	40	0,36
Classe della zona		2			
Vita nominale opera		50 anni			
Categoria sottosuolo		A			
categoria topografica T4		T4			
Ss 1	Cc 1	St 1,4	Kh 0,014	Amax 0,693	Beta 0,200

Definiti i cinematismi possibili si andranno ad analizzare i valori di Fs per ogni singola tipologia, con i software della società Rocscience, basati sull' equilibrio limite, ma che tengano conto delle componenti sisma, angolo di attrito e coesioni caratteristiche. Le analisi sono state condotte in condizioni peggiorative assumendo una pressione di acqua nei giunti, anche se questi sono privi o quasi di riempimento e prevalentemente asciutti, ma non esenti da circolazione idrica, durante gli eventi meteorici. Nella tabella seguente si riportano i valori di Fs ottenuti per ogni singolo blocco considerato e in allegato sono riportati gli output dei programmi di calcolo in cui sono specificate le condizioni di calcolo ed i parametri utilizzati.

Tabella riepilogo Fs singoli blocchi

Fronte cava	Tipo di scivolamento	Piano / linea di scivolamento	Orientazione inclinazione	Fs	Con Supporti
Dip dir-dip			Dip dir- dip		
F1 N 59° /83 SE	Cuneo	K2/K4	78/235-347100	5.34	
	Cuneo	K2a/K2	78/235-80/79	6.42	
	Scivolamento	K1	77/144	<1	7.58
F2 N80°/85 S	Cuneo	K2/K4	78/235-347100	14,85	
	Cuneo	K2a/K2	78/235-80/79	6,3	
	Scivolamento	K1	77/144	<1	7.58
F3 N130°/85 SW	Cuneo	K1/K3	77/134-55/274	3,26	
	Cuneo	K1/K1a	77/144-74/320	123	
	Scivolamento	K2	78/235	<1	8,66

Lo scivolamento sul fronte F1 ed F2 delle fratture K1 si stabilizzano con nr. 1 supporto con capacità 20 tonnellate da 6 m, analogamente alla fratture K2 che si possono avere sul fronte F3.

I programmi utilizzati consentono di scalare le dimensioni dei prismi adattandoli al caso reale, per cui quando si dispone dei dati dei prismi massimi si utilizzeranno questi valori, in caso contrario si eseguirà l'analisi sul volume massimo ottenuto dalla semplice intersezione dei piani.

11 Conclusioni e prescrizioni

Le indagini hanno permesso di definire le condizioni dell'ammasso roccioso e dei cinematismi che agiscono su di esso. Dalla valutazione con software che tengono conto delle caratteristiche geometriche e fisiche dei giunti, in condizioni sismiche e applicando i valori di riduzione imposti dalle NTC 2018, non riscontrando situazioni di instabilità per cuneo, mentre si hanno situazioni di instabilità planari che possono essere arrestate usando dei tiranti da 6 m. Le immersioni dei giunti possono cambiare portando a situazioni locali di instabilità, che dovranno essere valutate nel corso delle attività di lavorazione.

I nuovi fronti di lavoro saranno tutti a cielo aperto e con altezze non superiori a 6,4 metri lasciando dei gradoni tra un ribasso e l'altro, il Direttore Responsabile dovrà valutare prima di ogni nuovo taglio le situazioni del singolo avanzamento definendo, se necessarie le opere di stabilizzazione anche temporanee dei cunei o piani in scivolamento, dando al sorvegliante le necessarie indicazioni ad evitare condizioni di pericolo per le maestranze.

Querceta Luglio 2026

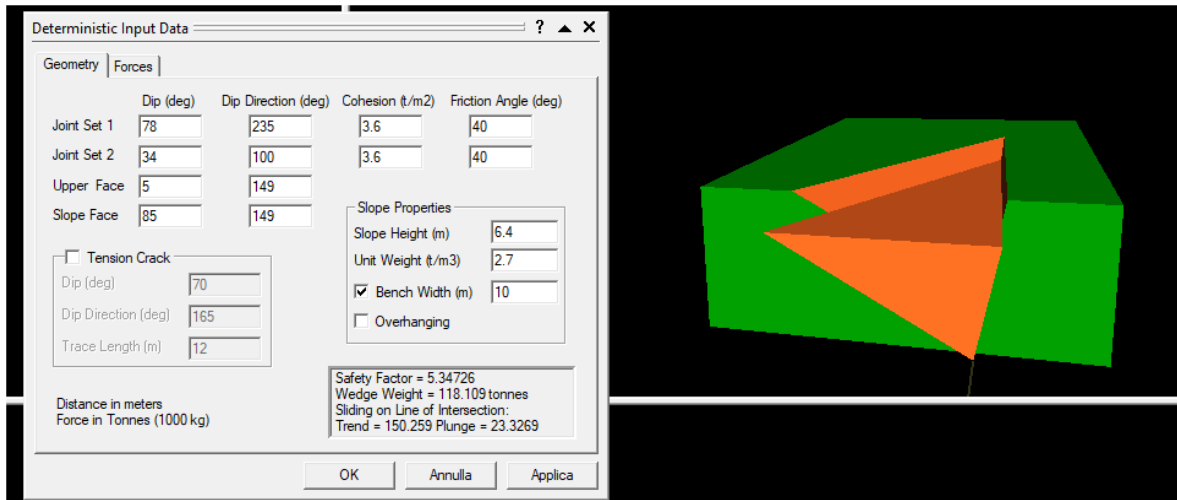
Dott. Geologo Vinicio Lorenzoni



ALLEGATI – Report Analisi cinematiche - Abaco di fattibilità

A- Analisi cinematiche

Fronte F1 – K2/K4



Swedge Analysis Information

Document Name:
Swedge1

Job Title:
cava Faniello 2026

Analysis Results:

Analysis type=Deterministic
Safety Factor=5.34726
Wedge height(on slope)=3.55965 m
Wedge width(on upper face)=10 m
Wedge volume=43.7441 m3
Wedge weight=118.109 tonnes
Wedge area (joint1)=18.0318 m2
Wedge area (joint2)=41.691 m2
Wedge area (slope)=13.3257 m2
Wedge area (upper face)=37.2929 m2
Normal force (joint1)=47.385 tonnes
Normal force (joint2)=107.322 tonnes
Driving force=84.4848 tonnes
Resisting force=344.817 tonnes

Water Pressures/Forces:
Average pressure on fissures=0.0199404 tonnes/m
Water force on joint1=0.359561 tonnes
Water force on joint2=0.831336 tonnes

Seismic Force:
Seismic force=17.7164 tonnes

Failure Mode:
Sliding on intersection line (joints 1&2)

Joint Sets 1&2 line of Intersection:
plunge=23.3269 deg, trend=150.259 deg
length=11.1906 m

Trace Lengths:
Joint1 on slope face=3.6484 m
Joint2 on slope face=7.61262 m
Joint1 on upper face=10.013 m
Joint2 on upper face=12.1766 m

Maximum Persistence:
Joint1=11.1906 m
Joint2=12.1766 m

Intersection Angles:
J1&J2 on slope face = 73.6551 deg
J1&Crest on slope face = 78.3505 deg
J1&Crest on upper face = 87.0753 deg
J2&Crest on slope face = 27.9943 deg
J2&Crest on upper face = 55.2096 deg
J1&2 on upper face = 37.7151 deg

Joint Set 1 Data:

dip=78 deg, dip direction=235 deg
cohesion=3.6 tonnes/m2, friction angle=40 deg

Joint Set 2 Data:

dip=34 deg, dip direction=100 deg
cohesion=3.6 tonnes/m2, friction angle=40 deg

Slope Data:

dip=85 deg, dip direction=149 deg
slope height=6.4 meters
bench width=10 meters
rock unit weight=2.7 tonnes/m3
Water pressures in the slope=YES
Overhanging slope face=NO
Externally applied force=NO
Tension crack=NO

Upper Face Data:

dip=5 deg, dip direction=149 deg

Water Pressure Data:

Water unit weight=1 tonnes/m3
Pressure definition method=Percent Filled Fissur
Percent Filled=30 %

Seismic Data:

Seismic coefficient=0.15
Direction=line of intersection J1&J2
trend=150.259 deg, plunge=23.3269 deg

Wedge Vertices:

Coordinates in Easting,Northing,Up Format
1=Joint1, 2=Joint2, 3=Upper Face, 4=Slope
Point 124: 0, 0, 0
Point 134: 0.471, 0.646, 3.56
Point 234: -5.92, -3.2, 3.56
Point 123: -5.1, 8.92, 4.43

K2/K2a

Deterministic Input Data ? ▲ X

Geometry | Forces

	Dip (deg)	Dip Direction (deg)	Cohesion (t/m2)	Friction Angle (deg)
Joint Set 1	78	235	3.6	40
Joint Set 2	80	79	3.6	40
Upper Face	5	149		
Slope Face	85	149		

☐ Tension Crack

Dip (deg) 70
Dip Direction (deg) 165
Trace Length (m) 12

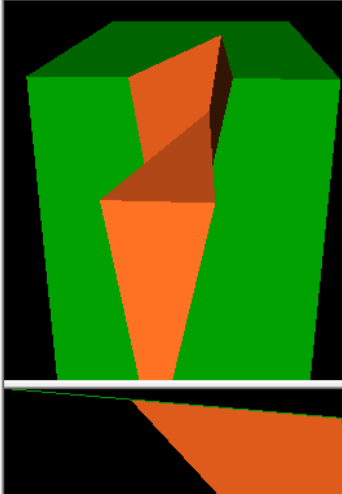
Slope Properties

Slope Height (m) 6.4
Unit Weight (t/m3) 2.7
☒ Bench Width (m) 10
☐ Overhanging

Safety Factor = 6.42082
Wedge Weight = 38.6235 tonnes
Sliding on Line of Intersection:
Trend = 158.134 Plunge = 46.9118

Distance in meters
Force in Tonnes (1000 kg)

OK Annulla Applica



Swedge Analysis Information

Document Name:
Swedge1

Job Title:
cava Faniello 2026

Analysis Results:

Analysis type=Deterministic
Safety Factor=6.42082
Wedge height(on slope)=6.4 m
Wedge width(on upper face)=5.84326 m
Wedge volume=14.305 m3
Wedge weight=38.6235 tonnes
Wedge area (joint1)=18.9438 m2
Wedge area (joint2)=19.9745 m2
Wedge area (slope)=7.45766 m2
Wedge area (upper face)=6.783 m2
Normal force (joint1)=46.9751 tonnes
Normal force (joint2)=46.2254 tonnes
Driving force=34.0004 tonnes
Resisting force=218.31 tonnes

Water Pressures/Forces:
Average pressure on fissures=0.0310917
Water force on joint1=0.588996 tonnes
Water force on joint2=0.621041 tonnes

Seismic Force:
Seismic force=5.79353 tonnes

Failure Mode:
Sliding on intersection line (joints 1&2)

Joint Sets 1&2 line of Intersection:
plunge=46.9118 deg, trend=158.134 deg
length=9.48083 m

Trace Lengths:
Joint1 on slope face=6.55957 m
Joint2 on slope face=6.50137 m
Joint1 on upper face=5.85088 m
Joint2 on upper face=6.18358 m

Maximum Persistence:
Joint1=9.48083 m
Joint2=9.48083 m

Intersection Angles:
J1&J2 on slope face = 20.4718 deg
J1&Crest on slope face = 78.3505 deg
J1&Crest on upper face = 87.0753 deg
J2&Crest on slope face = 81.1777 deg
J2&Crest on upper face = 70.9026 deg
J1&2 on upper face = 22.0221 deg

Joint Set 1 Data:

dip=78 deg, dip direction=235 deg
cohesion=3.6 tonnes/m2, friction angle=40 deg

Joint Set 2 Data:

dip=80 deg, dip direction=79 deg
cohesion=3.6 tonnes/m2, friction angle=40 deg

Slope Data:

dip=85 deg, dip direction=149 deg
slope height=6.4 meters
bench width=10 meters
rock unit weight=2.7 tonnes/m3
Water pressures in the slope=YES
Overhanging slope face=NO
Externally applied force=NO
Tension crack=NO

Upper Face Data:

dip=5 deg, dip direction=149 deg

Water Pressure Data:

Water unit weight=1 tonnes/m3
Pressure definition method=Percent Filled Fissures
Percent Filled=30 %

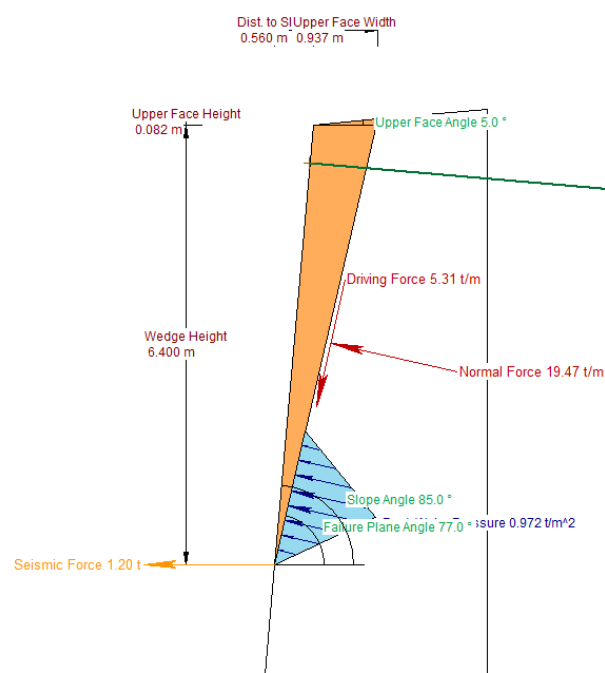
Seismic Data:

Seismic coefficient=0.15
Direction=line of intersection J1&J2
trend=158.134 deg, plunge=46.9118 deg

Wedge Vertices:

Coordinates in Easting,Northing,Up Format
1=Joint1, 2=Joint2, 3=Upper Face, 4=Slope
Point 124: 0, 0, 0
Point 134: 0.847, 1.16, 6.4
Point 234: -1.14, -0.0336, 6.4
Point 123: -2.41, 6, 6.91

Scivolamento planare K1 fronti F1 e F2



Factor of Safety	7.58
Driving Force	5.31t/m
Resisting Force	40.28t/m
Wedge Weight	8.03t/m
Wedge Volume	2.97m ³ /m
Shear Strength	40.28t/m ²
Normal Force	19.47t/m
Seismic Force	1.20t
Plane Waviness	0.0°
Active Bolt Force	20.00t
Active Bolt Angle	355.0°
Passive Bolt Force	0.00t
Passive Bolt Angle	0.0°
Water Force on Failure Plane	0.97t/m

RocPlane Analysis Information

Document Name:
RocPlane1

Job Title:
Cava Faniello

Analysis Results:

Analysis type = Deterministic
Normal Force = 19.4679 t/m
Resisting Force = 40.2843 t/m
Driving Force = 5.3115 t/m
Factor of Safety = 7.58435

Geometry:

Slope Height = 6.4 m
Wedge Weight = 8.02982 t/m
Wedge Volume = 2.97401 m³/m
Rock Unit Weight = 2.7 t/m³
Slope Angle = 85°
Failure Plane Angle = 77°
Upper Face Angle = 5°
Bench Width = 3 m
Wedge Height = 6.4 m
Waviness = 0°
Intersection Point (B) of slope and upper face = (0.559927 , 6.4)
Intersection point (C) of failure plane and upper face = (1.49647 , 6.48194)
Upper face length (B -> C) = 0.940123 m
Failure plane length (Origin -> C) = 6.55244 m
Wedge Slope length (Origin -> B) = 6.42445 m
Tension Crack : Not Present

Strength:

Shear Strength Model : Mohr-Coulomb
Friction Angle = 40°
Cohesion = 3.6 t/m²
Shear Strength: 40.2843 t/m²

Water Pressure:

Water Unit Weight = 1 t/m³
Pressure Distribution Model : Peak Pressure - Mid Height
Percent Filled : 30 %
Water Force on Failure Plane = 0.970216 t/m

Seismic Force:

Direction : Horizontal
Seismic Coefficient : 0.15
Seismic Force = 1.20447 t/m

External Forces : Not Present

Bolt Force

Resultant Active Bolt Force = 20 t/m
Active Bolt Angle = 5°
Resultant Passive Bolt Force = 0 t/m
#1 Bolt Capacity = 20 tonnes, Angle = 5°, length = 6.4 m, Anchored Length = 5.57502 m, Active type

Fronte F2 - K2/K2a

Deterministic Input Data ? ▲ X

Geometry | Forces

	Dip (deg)	Dip Direction (deg)	Cohesion (t/m ²)	Friction Angle (deg)
Joint Set 1	78	235	3.6	40
Joint Set 2	80	79	3.6	40
Upper Face	5	170		
Slope Face	85	170		

☐ Tension Crack

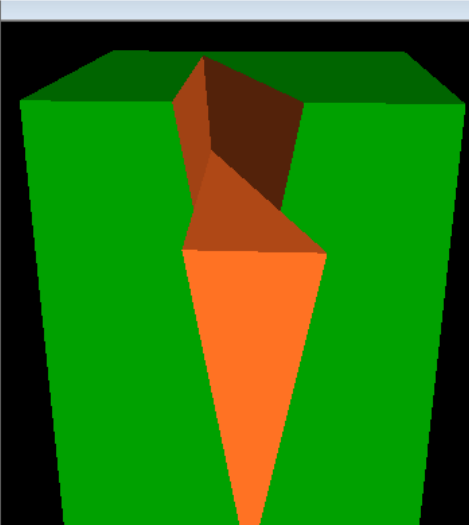
Dip (deg) 70
Dip Direction (deg) 165
Trace Length (m) 12

Slope Properties
Slope Height (m) 6.4
Unit Weight (t/m³) 2.7
☒ Bench Width (m) 10
☐ Overhanging

Safety Factor = 6.39575
Wedge Weight = 39.1517 tonnes
Sliding on Line of Intersection:
Trend = 158.134 Plunge = 46.9118

Distance in meters
Force in Tonnes (1000 kg)

OK Annulla Applica



Swedge Analysis Information

Document Name:
Swedge1

Job Title:
cava Faniello 2026

Analysis Results:

Analysis type=Deterministic
Safety Factor=6.39575
Wedge height(on slope)=6.4 m
Wedge width(on upper face)=5.782 m
Wedge volume=14.5006 m³
Wedge weight=39.1517 tonnes
Wedge area (joint1)=20.6327 m²
Wedge area (joint2)=18.5759 m²
Wedge area (slope)=7.83974 m²
Wedge area (upper face)=6.87577 m²
Normal force (joint1)=47.5736 tonnes
Normal force (joint2)=46.91 tonnes
Driving force=34.4854 tonnes
Resisting force=220.432 tonnes

Water Pressures/Forces:
Average pressure on fissures=0.0310677 tonnes/m²
Water force on joint1=0.64101 tonnes
Water force on joint2=0.577111 tonnes

Seismic Force:
Seismic force=5.87276 tonnes

Failure Mode:
Sliding on intersection line (joints 1&2)

Joint Sets 1&2 line of Intersection:
plunge=46.9118 deg, trend=158.134 deg
length=9.45352 m

Trace Lengths:
Joint1 on slope face=6.543 m
Joint2 on slope face=6.52454 m
Joint1 on upper face=6.32652 m
Joint2 on upper face=5.78511 m

Maximum Persistence:
Joint1=9.45352 m
Joint2=9.45352 m

Intersection Angles:
J1&J2 on slope face = 20.9723 deg
J1&Crest on slope face = 79.0764 deg
J1&Crest on upper face = 88.0543 deg
J2&Crest on slope face = 79.9513 deg
J2&Crest on upper face = 91.8763 deg
J1&2 on upper face = 22.0894 deg

Joint Set 1 Data:

dip=78 deg, dip direction=235 deg
cohesion=3.6 tonnes/m², friction angle=40 deg

Joint Set 2 Data:

dip=80 deg, dip direction=79 deg
cohesion=3.6 tonnes/m², friction angle=40 deg

Slope Data:

dip=85 deg, dip direction=170 deg
slope height=6.4 meters
bench width=10 meters
rock unit weight=2.7 tonnes/m³
Water pressures in the slope=YES
Overhanging slope face=NO
Externally applied force=NO
Tension crack=NO

Upper Face Data:

dip=5 deg, dip direction=170 deg

Water Pressure Data:

Water unit weight=1 tonnes/m³
Pressure definition method=Percent Filled Fissures
Percent Filled=30 %

Seismic Data:

Seismic coefficient=0.15
Direction=line of intersection J1&J2
trend=158.134 deg, plunge=46.9118 deg

Wedge Vertices:

Coordinates in Easting,Northing,Up Format
1=Joint1, 2=Joint2, 3=Upper Face, 4=Slope
Point 124: 0, 0, 0
Point 134: 1.12, 0.767, 6.4
Point 234: -1.22, 0.354, 6.4
Point 123: -2.41, 5.99, 6.9

K2/K4

Deterministic Input Data

Geometry

Forces

	Dip (deg)	Dip Direction (deg)	Cohesion (t/m2)	Friction Angle (deg)
Joint Set 1	34	100	3.6	40
Joint Set 2	80	79	3.6	40
Upper Face	5	170		
Slope Face	85	170		

☐ Tension Crack

Dip (deg) 70
Dip Direction (deg) 165
Trace Length (m) 12

Slope Properties

Slope Height (m) 6.4
Unit Weight (t/m3) 2.7
☒ Bench Width (m) 10
☐ Overhanging

Safety Factor = 14.8582
Wedge Weight = 21.6188 tonnes
Sliding on Line of Intersection:
Trend = 166.255 Plunge = 15.1951

OK
Annulla
Applica

Swedge Analysis Information

Document Name:
Swedge1

Job Title:
cava Faniello 2026

Analysis Results:

Analysis type=Deterministic
Safety Factor=14.8582
Wedge height(on slope)=1.8848 m
Wedge width(on upper face)=10 m
Wedge volume=8.00897 m3
Wedge weight=21.6188 tonnes
Wedge area (joint1)=17.7294 m2
Wedge area (joint2)=9.46144 m2
Wedge area (slope)=2.43915 m2
Wedge area (upper face)=12.8919 m2
Normal force (joint1)=27.0363 tonnes
Normal force (joint2)=14.0654 tonnes
Driving force=8.90925 tonnes
Resisting force=132.376 tonnes

Water Pressures/Forces:
Average pressure on fissures=0.0124038 tonnes/m2
Water force on joint1=0.219909 tonnes
Water force on joint2=0.117356 tonnes

Seismic Force:
Seismic force=3.24282 tonnes

Failure Mode:
Sliding on intersection line (joints 1&2)

Joint Sets 1&2 line of Intersection:
plunge=15.1951 deg, trend=166.255 deg
length=10.5162 m

Trace Lengths:
Joint1 on slope face=3.47405 m
Joint2 on slope face=1.92148 m
Joint1 on upper face=10.2502 m
Joint2 on upper face=10.0054 m

Maximum Persistence:
Joint1=10.5162 m
Joint2=10.5162 m

Intersection Angles:
J1&J2 on slope face = 48.9533 deg
J1&Crest on slope face = 32.998 deg
J1&Crest on upper face = 77.3153 deg
J2&Crest on slope face = 100.049 deg
J2&Crest on upper face = 88.1237 deg
J1&2 on upper face = 14.561 deg

Joint Set 1 Data:

dip=34 deg, dip direction=100 deg
cohesion=3.6 tonnes/m2, friction angle=40 deg

Joint Set 2 Data:

dip=80 deg, dip direction=79 deg
cohesion=3.6 tonnes/m2, friction angle=40 deg

Slope Data:

dip=85 deg, dip direction=170 deg
slope height=6.4 meters
bench width=10 meters
rock unit weight=2.7 tonnes/m3
Water pressures in the slope=YES
Overhanging slope face=NO
Externally applied force=NO
Tension crack=NO

Upper Face Data:

dip=5 deg, dip direction=170 deg

Water Pressure Data:

Water unit weight=1 tonnes/m3
Pressure definition method=Percent Filled Fissures
Percent Filled=30 %

Seismic Data:

Seismic coefficient=0.15
Direction=line of intersection J1&J2
trend=166.255 deg, plunge=15.1951 deg

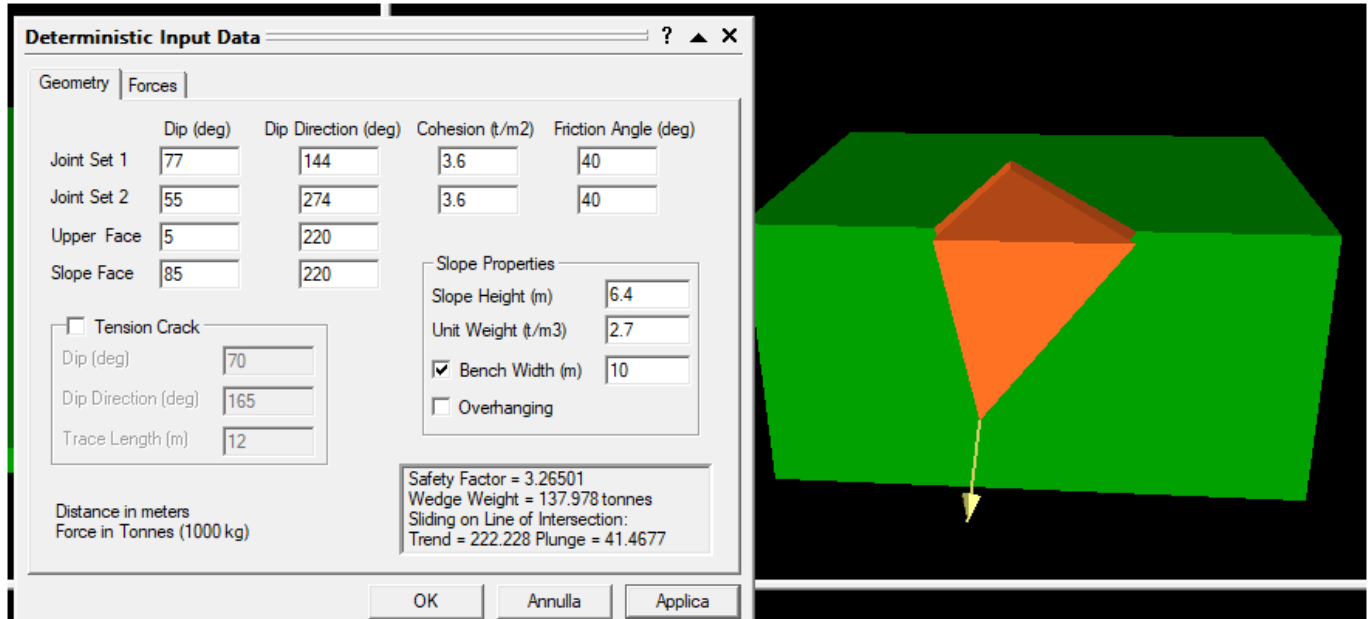
Wedge Vertices:

Coordinates in Easting,Northing,Up Format
1=Joint1, 2=Joint2, 3=Upper Face, 4=Slope
Point 124: 0, 0, 0
Point 134: -2.9, -0.344, 1.88
Point 234: -0.359, 0.104, 1.88
Point 123: -2.41, 9.86, 2.76

Geol. Vinicio Lorenzoni Studio di geologia ambientale e mineraria
Via Piave,285 – 55047 Querceta (LU)

Pag52 Parco Regionale Alpi Apuane, Prot. 0003671 del 27-08-2026 in arrivo Cat.3 Cla. 2

Fronte F3 –
K1/K3



Swedge Analysis Information

Document Name:
Swedge1

Job Title:
cava Faniello 2026

Analysis Results:

Analysis type=Deterministic
Safety Factor=3.26501
Wedge height(on slope)=6.4 m
Wedge width(on upper face)=7.43802 m
Wedge volume=51.1031 m³
Wedge weight=137.978 tonnes
Wedge area (joint1)=24.8878 m²
Wedge area (joint2)=35.5052 m²
Wedge area (slope)=20.9296 m²
Wedge area (upper face)=24.2316 m²
Normal force (joint1)=71.2669 tonnes
Normal force (joint2)=105.686 tonnes
Driving force=112.066 tonnes
Resisting force=365.896 tonnes

Water Pressures/Forces:
Average pressure on fissures=0.0317172 tonnes/r
Water force on joint1=0.789371 tonnes
Water force on joint2=1.12613 tonnes

Seismic Force:
Seismic force=20.6968 tonnes

Failure Mode:
Sliding on intersection line (joints 1&2)

Joint Sets 1&2 line of Intersection:
plunge=41.4677 deg, trend=222.228 deg
length=10.6437 m

Trace Lengths:
Joint1 on slope face=6.57166 m
Joint2 on slope face=8.22285 m
Joint1 on upper face=7.62831 m
Joint2 on upper face=8.88451 m

Maximum Persistence:
Joint1=10.6437 m
Joint2=10.6437 m

Intersection Angles:
J1&J2 on slope face = 50.7713 deg
J1&Crest on slope face = 77.8497 deg
J1&Crest on upper face = 77.1756 deg
J2&Crest on slope face = 51.3791 deg
J2&Crest on upper face = 57.0429 deg
J1&2 on upper face = 45.7815 deg

Joint Set 1 Data:

dip=77 deg, dip direction=144 deg
cohesion=3.6 tonnes/m², friction angle=40 deg

Joint Set 2 Data:

dip=55 deg, dip direction=274 deg
cohesion=3.6 tonnes/m², friction angle=40 deg

Slope Data:

dip=85 deg, dip direction=220 deg
slope height=6.4 meters
bench width=10 meters
rock unit weight=2.7 tonnes/m³
Water pressures in the slope=YES
Overhanging slope face=NO
Externally applied force=NO
Tension crack=NO

Upper Face Data:

dip=5 deg, dip direction=220 deg

Water Pressure Data:

Water unit weight=1 tonnes/m³
Pressure definition method=Percent Filled Fissures
Percent Filled=30 %

Seismic Data:

Seismic coefficient=0.15
Direction=line of intersection J1&J2
trend=222.228 deg, plunge=41.4677 deg

Wedge Vertices:

Coordinates in Easting,Northing,Up Format
1=Joint1, 2=Joint2, 3=Upper Face, 4=Slope
Point 124: 0, 0, 0
Point 134: -0.7, 1.32, 6.4
Point 234: 4.29, -2.87, 6.4
Point 123: 5.36, 5.91, 7.05

K1/K1a

Deterministic Input Data

Geometry

Forces

	Dip (deg)	Dip Direction (deg)	Cohesion (t/m2)	Friction Angle (deg)
Joint Set 1	77	144	3.6	40
Joint Set 2	74	320	3.6	40
Upper Face	5	220		
Slope Face	85	220		

☐ Tension Crack

Dip (deg) 70
Dip Direction (deg) 165
Trace Length (m) 12

Slope Properties

Slope Height (m) 6.4
Unit Weight (t/m3) 2.7
☒ Bench Width (m) 10
☐ Overhanging

Safety Factor = 123.483
Wedge Weight = 0.602559 tonnes
Sliding on Line of Intersection:
Trend = 232.216 Plunge = 7.67982

Distance in meters
Force in Tonnes (1000 kg)

OK

Annulla

Applica

Swedge Analysis Information

Document Name:
Swedge1

Job Title:
cava Faniello 2026

Analysis Results:

Analysis type=Deterministic
Safety Factor=123.483
Wedge height(on slope)=0.509045 m
Wedge width(on upper face)=10 m
Wedge volume=0.22317 m3
Wedge weight=0.602559 tonnes
Wedge area (joint1)=2.66137 m2
Wedge area (joint2)=2.65791 m2
Wedge area (slope)=0.0679839 m2
Wedge area (upper face)=1.33044 m2
Normal force (joint1)=1.15689 tonnes
Normal force (joint2)=1.17302 tonnes
Driving force=0.170908 tonnes
Resisting force=21.1043 tonnes

Water Pressures/Forces:
Average pressure on fissures=0.00621271 tonnes/m2
Water force on joint1=0.0165343 tonnes
Water force on joint2=0.0165128 tonnes

Seismic Force:
Seismic force=0.0903839 tonnes

Failure Mode:
Sliding on intersection line (joints 1&2)

Joint Sets 1&2 line of Intersection:
plunge=7.67982 deg, trend=232.216 deg
length=10.331 m

Trace Lengths:
Joint1 on slope face=0.522699 m
Joint2 on slope face=0.534293 m
Joint1 on upper face=10.2558 m
Joint2 on upper face=10.2001 m

Maximum Persistence:
Joint1=10.331 m
Joint2=10.331 m

Intersection Angles:
J1&J2 on slope face = 29.1345 deg
J1&Crest on slope face = 77.8497 deg
J1&Crest on upper face = 77.1756 deg
J2&Crest on slope face = 73.0158 deg
J2&Crest on upper face = 101.367 deg
J1&2 on upper face = 1.45754 deg

Joint Set 1 Data:

dip=77 deg, dip direction=144 deg
cohesion=3.6 tonnes/m2, friction angle=40 deg

Joint Set 2 Data:

dip=74 deg, dip direction=320 deg
cohesion=3.6 tonnes/m2, friction angle=40 deg

Slope Data:

dip=85 deg, dip direction=220 deg
slope height=6.4 meters
bench width=10 meters
rock unit weight=2.7 tonnes/m3
Water pressures in the slope=YES
Overhanging slope face=NO
Externally applied force=NO
Tension crack=NO

Upper Face Data:

dip=5 deg, dip direction=220 deg

Water Pressure Data:

Water unit weight=1 tonnes/m3
Pressure definition method=Percent Filled Fissures
Percent Filled=30 %

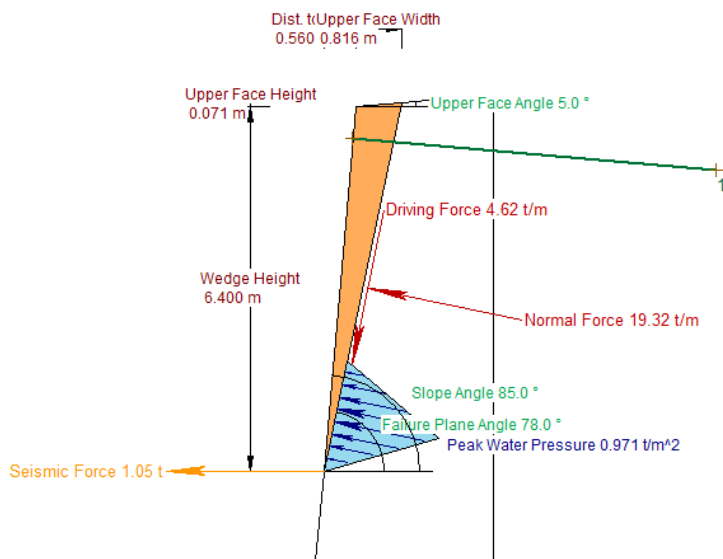
Seismic Data:

Seismic coefficient=0.15
Direction=line of intersection J1&J2
trend=232.216 deg, plunge=7.67982 deg

Wedge Vertices:

Coordinates in Easting,Northing,Up Format
1=Joint1, 2=Joint2, 3=Upper Face, 4=Slope
Point 124: 0, 0, 0
Point 134: -0.0557, 0.105, 0.509
Point 234: 0.148, -0.0662, 0.509
Point 123: 8.09, 6.27, 1.38

Scivolamento planare lungo K2



Factor of Safety	8.66
Driving Force	4.62t/m
Resisting Force	40.02t/m
Wedge Weight	6.99t/m
Wedge Volume	2.59m³/m
Shear Strength	40.02t/m²
Normal Force	19.32t/m
Seismic Force	1.05t
Plane Waviness	0.0°
Active Bolt Force	20.00t
Active Bolt Angle	355.0°
Passive Bolt Force	0.00t
Passive Bolt Angle	0.0°
Water Force on Failure Plane	0.96t/m

RocPlane Analysis Information

Document Name:
cava Faniello plane.pln

Job Title:
Cava Faniello

Analysis Results:

Analysis type = Deterministic
Normal Force = 19.3155 t/m
Resisting Force = 40.025 t/m
Driving Force = 4.62075 t/m
Factor of Safety = 8.66201

Geometry:

Slope Height = 6.4 m
Wedge Weight = 6.99286 t/m
Wedge Volume = 2.58995 m³/m
Rock Unit Weight = 2.7 t/m³
Slope Angle = 85°
Failure Plane Angle = 78°
Upper Face Angle = 5°
Bench Width = 3 m
Wedge Height = 6.4 m
Waviness = 0°
Intersection Point (B) of slope and upper face = (0.559927 , 6.4)
Intersection point (C) of failure plane and upper face = (1.37553 , 6.47136)
Upper face length (B → C) = 0.818717 m
Failure plane length (Origin → C) = 6.61593 m
Wedge Slope length (Origin → B) = 6.42445 m

Tension Crack : Not Present

Strength:

Shear Strength Model : Mohr-Coulomb
Friction Angle = 40°
Cohesion = 3.6 t/m²
Shear Strength: 40.025 t/m²

Water Pressure:

Water Unit Weight = 1 t/m³
Pressure Distribution Model : Peak Pressure - Mid Height
Percent Filled : 30 %
Water Force on Failure Plane = 0.963316 t/m

External Forces : Not Present

Bolt Force

Resultant Active Bolt Force = 20 t/m
Active Bolt Angle = 5°
Resultant Passive Bolt Force = 0 t/m
#1 Bolt Capacity = 20 tonnes, Angle = 5°, length = 6.4 m, Anchored Length = 5.57502 m, Active type

Seismic Force:

Direction : Horizontal
Seismic Coefficient : 0.15
Seismic Force : 1.04893 t/m

B- Abaco di Fattibilità

PERICOLOSITA'		Pericolosità geologica			Pericolosità idraulica (tra parentesi le pericolosità del Distretto Appennino Settentrionale)				Pericolosità sismica (desunta da Carta degli elementi generali con rilevanza sismica)			
Tipologia interventi	Fattibilità	G2	G3	G4	I1	I2 (I1) Tr >500	I3 (I2) Tr 200	I4 (I3) r 30	S1	S2	S3	S4
1) piazzali di cava		FG3	FG3	FG4	FI1	FI1	FI2	FI2	FS1	FS1	FS1	FS1
2) nuovi fronti di coltivazione a cielo aperto e scarpate naturali connesse		FG3	FG3	FG4	FI1	FI1	FI2	FI2	FS1	FS2	FS3	FS3
3) nuovi ingressi in galleria		FG3	FG3	FG4	FI1	FI1	FI2	FI2	FS1	FS2	FS3	FS3
4) escavazione in sotterraneo		FG3	FG3	FG4	FI1	FI1	FI2	FI2	FS1	FS2	FS3	FS3
5) area di stoccaggio temporaneo di materiali da taglio per uso ornamentale ¹ , come definiti dall'art.2, comma 1, lett. c, punto 2.1 della LR 35/2015)		FG2	FG3	FG4	FI1	FI1	FI3	FI4	FS1	FS1	FS1	FS1
6) area di stoccaggio temporaneo di derivati del materiale da taglio per uso ornamentale ² , come definiti all'art.2, comma 1, lett. c, punto 2.2 della LR 35/2015.		FG2	FG3	FG4	FI1	FI1	FI3	FI4	FS1	FS1	FS1	FS1
7) area di stoccaggio temporaneo di materiale secondario di lavorazione utilizzabili in altri cicli produttivi, ovvero "sottoprodotti" ³ da destinare al mercato, dichiarati tali nelle autorizzazioni rilasciate ai sensi della LR 78/98		FG2	FG3	FG4	FI1	FI1	FI3	FI4	FS1	FS1	FS1	FS1

PERICOLOSITA'		Pericolosità geologica			Pericolosità idraulica (tra parentesi le pericolosità del Distretto Appennino Settentrionale)				Pericolosità sismica (desunta da Carta degli elementi generali con rilevanza sismica)			
Tipologia interventi		G2	G3	G4	I1	I2 (I1) Tr >500	I3 (I2) Tr 200	I4 (I3) Tr 30	S1	S2	S3	S4
8) aree di stoccaggio temporaneo di rifiuti/scarti di lavorazione di cava per uso ornamentale utilizzati temporaneamente in cava (D.Lgs.117/2008)		FG2	FG3	FG4	FI1	FI1	FI3	FI4	FS1	FS2	FS3	FS3
9) aree di stoccaggio temporaneo di rifiuti di lavorazione di cave per uso ornamentale da inviare ad impianti di recupero o smaltimento (D.Lgs.152/2006)		FG2	FG3	FG4	FI1	FI1	FI3	FI4	FS1	FS2	FS3	FS3
10) aree per installazione strutture mobili di servizio all'attività estrattiva		FG2	FG2	FG4	FI1	FI1	FI3	FI4	FS1	FS1	FS1	FS2
12) aree da destinarsi a bacini raccolta acque		FG2	FG3	FG4	FI1	FI1			FS1	FS1	FS1	FS2
13) manutenzione straordinaria e/o nuova viabilità di arroccamento su roccia		FG2	FG3	FG3/FG4	FI1	FI1	FI2	FI3	FS1	FS2	FS3	FS3

14) manutenzione straordinaria e/o nuova viabilità o di arroccamento su detriti di escavazione o su coperture eluvio-colluviali

FG2	FG 3	FG 3/FG4	FI1	FI1	FI2	FI3	FS1	FS2	FS3	FS3
-----	------	----------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

PERICOLOSITA'		Pericolosità geologica			Pericolosità idraulica (tra parentesi le pericolosità del Distretto Appennino Settentrionale)				Pericolosità sismica (desunta da Carta degli elementi generali con rilevanza sismica)			
Tipologia interventi		G2	G3	G4	I1	I2 (I1) Tr >500	I3 (I2) Tr 200	I4 (I3) Tr 30	S1	S2	S3	S4
15) sistemazione vie di arroccamento in disuso		FG 2	FG 2	FG 3	FI1	FI1	FI1	FI1	FS1	FS1	FS1	FS1
16) aree per rinverdimento “naturale”		FG 1	FG 2	FG 2	FI1	FI1	FI1	FI1	FS1	FS1	FS1	FS1
17) messa in sicurezza pareti rocciose “residuali” (tecchie)		FG 1	FG 3	FG 3	FI1	FI1	FI1	FI1	FS1	FS1	FS1	FS1
18) bonifica e messa in sicurezza dei depositi detritici di escavazione (ravaneti)		FG 2	FG 3	FG 3	FI1	FI1	FI3	FI3	FS1	FS1	FS1	FS1
19) modellazioni morfologiche di risistemazione in roccia e/o detrito		FG 2	FG 2	FG 3	FI1	FI1	FI3	FI3	FS1	FS1	FS1	FS1
20) manutenzione straordinaria di edifici a servizio		FG 2	FG 3	FG3/FG4	FI1	FI1	FI3	FI3	FS1	FS1	FS1	FS1

21) ristrutturazione di edifici a servizio		FG2	FG3	FG4	FI1	FI1	FI2	FI3	FS1	FS2	FS2	FS2
22) impianti di derivazione idrica		FG2	FG2	FG3	FI1	FI1	FI3	FI3	FS1	FS1	FS1	FS1

*Geol. Vinicio Lorenzoni Studio di geologia ambientale e mineraria
Via Piave,285 – 55047 Querceta (LU)*

8-2019 – Piano di coltivazione cava Piastranera
Documento: Analisi delle caratteristiche geologiche, idrogeologiche e di stabilità

NOTE

- 1.materiali ornamentali destinati alla produzione di blocchi, lastre e affini;
- 2.(materiali sciolti in pezzatura varia da piccoli blocchi a frammenti centimetrici in cicli produttivi (es. granulati) e destinati alla commercializzazione in base al progetto di coltivazione);
3. materiali sciolti provenienti da cave per uso ornamentale, utilizzabili in altri cicli produttivi, tecnicamente molto simili ai derivati da taglio ma provenienti da cave con autorizzazione ai sensi della previgente LR 78/98; 4.“Rifiuti di estrazione” la cui gestione deve essere descritta nel Piano di Gestione dei Rifiuti di Estrazione approvato contestualmente al Progetto di coltivazione ai sensi della LR 35/15. Si tratta dunque di materiali non vendibili e non utilizzabili in altri cicli produttivi, utilizzati temporaneamente all'interno delle cave per la realizzazione delle piste interne al sito e come cuscino di inerti nelle fasi di abbattimento delle bancate;
- 5.sono ricompresi: “marmettola”, rifiuti speciali pericolosi (oli usati, stracci imbevuti, filtri oli, batterie, ecc.) e non pericolosi (rottami metallici, filtri aria, plastiche, indumenti da lavoro, ecc.).

