STUDIO DI GEOLOGIA
Dott. Zeno GIACOMELLI
Via del Fontana n°8
55012 – CAPANNORI (LU)
Tel. 3287084028
Email: zenogiacomelli@alice.it
Pec: zenogiacomelli@pec.it

STUDIO DI GEOLOGIA
Dott. Brunello FORFORI
Via VII Luglio, 34
54033 - CARRARA (MS)
Cell. 393/9592397
Email: studio.forfori@gmail
Pec: brunelloforfori@epap.sicurezzapostale.it

ANALISI DELLE CARATTERISTICHE FISICHE DELL'AREA DI INTERVENTO – CARATTERISTICHE GEOLOGICHE, GEOTECNICHE, GEOMORFOLOGICHE, GEOMINERARIE, IDROGEOLOGICHE, VEGETAZIONALI, DI STABILITÀ E SICUREZZA DEL SITO E PAESAGGISTICHE DI SUPPORTO AL PROGETTO DI COLTIVAZIONE DELLA CAVA FOSSA DEI TOMEI SITA NEL BACINO DI M.TE PALLERINA – COMUNE DI VAGLI SOTTO (LU)

Relazione tecnica art. 17 comma 1 lett. a) – L.R. n°35/2015 e DPGR n°72/R/2015 Art. 2

COMMITTENTE: ESCAVAZIONE FOSSA TOMEI S.r.l. – Via A. Maggiani 143 – 540330 – Carrara (MS)

IL LEGALE RAPPRESENTANTE

Sig. Mico ALVENTOSA ALEJANDRO

I GEOLOGI

Dott. Brunello FORFORI

Dott. Geol. Zeno GIACOMELLI

- DICEMBRE 2020 -

Indice generale

1.0 - PREMESSA....3
2.0 – LOCALIZZAZIONE E DESTINAZIONE D'USO DELLE AREE 4
3.0 - VINCOLISTICA....4
3.1 Inquadramento generale dei vincoli....5
3.2 P.A.B.E. Pallerina – classi di pericolosità e fattibilità....6
3.3.- Piano Assetto Idrogeologico Autorità Bacino F. Serchio....7
3.4.- P.G.R.A. Autorità di Bacino distrettuale Appennino Settentrionale....8
3.5.- P.G.A. Autorità di Bacino distrettuale Appennino Settentrionale....8
3.6. - Linee guida in materia di "ravaneti", approvate con Determinazione del Direttore del Parco n. 65 del 08.07.2019."....8
3.7. - Analisi delle caratteristiche dei depositi detritici presenti in cava....9
4.0 - CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE GENERALI E LOCALI DELL'AREA....11
4.1 Forme derivanti da attività glaciale e pluvio-fluviale....11
4.2 Forme derivanti da attività carsica....11
4.3 Interazioni fra attività estrattiva e carsismo....12
4.4 Forme derivanti da attività antropica....18
4.5 Caratteri idrogeologici....18
5.0 - CARATTERISTICHE GEOLOGICHE GENERALI E LOCALI DELL'AREA....20
5.1 Inquadramento Tettonico dell'Area....20
5.2 - Inquadramento Geologico - stratigrafico....22
5.3 – Inquadramento geologico - geostrutturale....22
5.3.1 – Rilievo strutturale....22
5.3.2 – Riconoscimento delle discontinuità ed elaborazione dei dati raccolti....23
5.3.3 – Caratteri strutturali di rilievo....26
5.3.4 – Classificazione dell'ammasso roccioso 27
5.3.5 – Stima dei parametri di resistenza dell'ammasso roccioso....30
6.0 – CARATTERISTICHE GIACIMENTOLOGICHE....31
6.1 – Inquadramento generale....31
6.2 – Stima del blocco unitario- Vb 32
6.3 – Stima della resa media del giacimento....33
6.4 - Il Materiale....34
7.0 – CARATTERISTICHE MINERALOGICHE DEL MATERIALE ESTRATTO....35
8.0 - CARATTERI IDROGRAFICI ED IDROGEOLOGICI 35
8.1 – Caratteri generali....35
8.2 – Permeabilità dell'ammasso in esame....37
8.3 – Determinazione delle linee di flusso sotterranee....38
8.4 – Qualità dei corpi idrici e loro vulnerabilità....42

1.0 - PREMESSA

Per incarico della Società Escavazione Fossa Tomei S.r.l., è stato eseguito il presente studio sulle caratteristiche geomorfologiche, geologiche, idrogeologiche e strutturali di compendio al progetto di coltivazione della cava "Fossa dei Tomei" ubicata nel Bacino Pallerina, nel Comune di Vagli Sotto (LU).

Scopo della presente è di ottemperare a quanto previsto dal R.D.L. n. 3267/1923, dal R.D.L. 1497/39 ex Art. 7, dalla L.R. n°65/1997, della L.R. n°65/2014 e s.m.i., dalla L.R. n°35/2015 (ex L.R. 78/98) e dalla L.R. n°10/2010 e successive modifiche.

A tal fine sono state studiate le caratteristiche geomorfologiche, geologiche, giacimentologiche, idrogeologiche, paesaggistiche ed ambientali dell'area in disponibilità.

L'inquadramento geologico-idrogeologico è stato realizzato su stralci aereofotogrammetrici digitali della Carta Tecnica Regionale in scala 1:10.000, sezione 249120 e 249080.

Il rilevamento geologico-geomorfologico di dettaglio è stato effettuato su cartografia in scala 1:2.000 realizzata a supporto del Piano Attuativo del Bacino Estrattivo; lo studio strutturale e giacimentologico è stato condotto su cartografia ottenuta da rilievo strumentale di dettaglio eseguito dal Geom. Luigi Dell'Amico che ha integrato la cartografia suddetta.

In particolare il presente studio si rifà alle seguenti tavole di supporto:

Tavole di inquadramento
Tav. 1 – Corografia dell'area , scala 1:10.000/1:5.000;
Tav. 2 – Carta catastale, scala 1:2.000;
Tav. 3 - Carta Geologica, scala 1:2.000;
Tav. 4 – Sezioni Geologiche, scala 1:2.000;
Tav. 5 – Carta Idrogeologica, – estratto dal P.A.B.E., scala 1:5.000;
Tav. 6 – Sezioni Idrogeologiche, scala 1:2.000;
Tav. 7 – Carta Geomorfologica, – estratto dal P.A.B.E., scala 1:2.000;
Tav. 8 – Carta Merceologica, scala 1:1.000
Tav. 9 – Carta della fratturazione, scala 1:500;
Tav. 9bis – Sezioni Strutturali, scala 1:500;
Tav. 10 – Carta dei vincoli, scala 1:5.000;
Tav. 11 – Carta degli estratti del P.A.I., P.G.A., del P.A.B.E. E della carta dei ravaneti del Parco , scale varie;

Tavole progettuali:
Tav. 12 – Planimetria Stato attuale, scala 1:500;
Tav. 13 – Planimetria con lavori autorizzati rimanenti, scala 1:500;
Tav. 14 – Planimetria Stato alla Prima Fase, scala 1:500;
Tav. 15 – Planimetria Stato alla Seconda Fase (stato a 5 anni), scala 1:500;
Tav. 16 – Planimetria Stato alla Terza Fase, scala 1:500;
Tav. 17 – Planimetria Stato alla Quarta Fase (stato a 10 anni), scala 1:500;
Tav. 18 – Sezioni Topografiche, scala 1:500;
Tav. 19 – Planimetria gestione delle A.M.D. nella Seconda Fase, scala 1:500;
Tav. 20 – Planimetria gestione delle A.M.D. nella Quarta Fase, scala 1:500;
Tav. 21 – Emissioni Polveri nella Seconda Fase, scala 1:500;
Tav. 22 – Emissioni Polveri nella Quarta Fase, scala 1:500;
Tav. 23 – Profili e sezioni stradali, scala 1:500;

Progetto di Ripristino ambientale
Tav. 24 – Planimetria Ripristino Ambientale – Seconda Fase, scala 1:500;
Tav. 25 – Planimetria Ripristino Ambientale – Quarta Fase, scala 1:500;
Tav. 26 – Sezioni Ripristino Ambientale, scala 1:500;

Stati Sovrapposti
Tav. 27 – Planimetria Stato Sovrapposto Attuale/Seconda Fase, scala 1:500;
Tav. 28 – Planimetria Stato Sovrapposto Attuale/Quarta Fase, scala 1:500;

Per la stesura della presente relazione si è fatto riferimento alla seguente documentazione:

- Piano di gestione delle acque nel Distretto Idrografico del Fiume Serchio e cartografia annessa [P.d.G.];
- Piano Assetto Idrogeologico – Bacino Pilota Fiume Serchio – e cartografia annessa [P.A.I];
- Piano di Gestione Rischio Alluvioni (P.G.R.A.) dell'Autorità di Bacino distrettuale Appennino settentrionale;
- "Studio idrogeologico prototipale del corpo idrico sotterraneo significativo (CISS) dell'acquifero carbonatico delle Alpi Apuane, Monti d'Oltre Serchio e Santa Maria del Giudice" – CGT – Centro di GeoTecnologie dell'Università di Siena – 10 settembre 2007, comprensivo di relazioni e cartografie [Studio CISS – CGT];
- Convenzione "Carta Giacimentologica dei Marmi delle Alpi Apuane a scala 1:10.000 e sua informatizzazione"– Università degli Studi di Siena CGT, Regione Toscana, Servizio Geologico, Direzione Generale delle Politiche Territoriali e Ambientali – cartografie annesse;
- PIT della Regione Toscana con valenza di piano paesistico e relativa cartografia in scala 1:10.000 reperibile sul portale della Regione Toscana;
- Piano Attuativo di Bacino Estrattivo redatto ai sensi dell'art.113 della L.R. 65/2014 e del PIT/PPR con riferimento al Bacino Estrattivo Monte Pallerina.

2.0 – LOCALIZZAZIONE E DESTINAZIONE D'USO DELLE AREE

La zona in oggetto è sita nella parte meridionale del bacino estrattivo del Monte Pallerina, nella valle di Arnetola, nel comune di Vagli Sotto. La cava allo stato attuale è attiva, e nel suo intorno è stata interessata in un recente passato da attività di estrazione, e ciò è ben visibile dai vari fronti di cava e dalla presenza di ravaneti.

L'area in disponibilità della società Escavazione Fossa Tomei S.r.l. comprende i seguenti mappali (per dettaglio grafico si veda Tav.2 – Carta Catastale – scala 1:2.000):

- <u>concessione Fossa dei Tomei :</u> mappali n° 5629/p – 5619/p foglio 31 sezione C del Catasto Terreni del Comune di Vagli Sotto;

L'accesso alla cava avviene unicamente dalla viabilità sterrata che entra all'interno della valle di Arnetola e prosegue oltre la biforcazione della via Vandelli. La cava è raggiungibile dal tratto orientale di tale viabilità.

La viabilità sterrata si presenta prevalentemente con fondo pressoché pianeggiante nel primo tratto, e con pendenze moderate nel secondo tratto per accedere al sito estrattivo e comunque tale da poter essere percorsa senza difficoltà anche dai mezzi di cava e d'opera per il trasporto blocchi e detriti.

Il sito si sviluppa mediamente tra le quote di 1000m e 1100m s.l.m. circa.

3.0 - VINCOLISTICA

Il bacino di M.te Pallerina è caratterizzato da vari siti estrattivi in attività e da siti dismessi da anni; l'attività nel bacino si protrae da oltre un secolo, testimonianza sono vecchi fronti di cava, alcuni piuttosto sviluppati (vedi Cooperativa Apuana, la stessa Fossa dei Tomei, la cava Bancaio Alto, etc.). Numerosi sono pure i saggi di cava che si osservano dalla valle sui limitrofi versanti in cui affiorano le formazioni marmifere.

Carattere peculiare delle realtà estrattive apuane sono inoltre i ravaneti (depositi dei detriti di escavazione), di dimensioni limitate in generale se confrontati con altre realtà apuane.

Il P.R.G. del comune di Vagli Sotto destina l'area ad uso estrattivo; in particolare l'area è interna

al territorio del Parco delle Alpi Apuane e inserita dallo stesso ente come A.C.C. - Area Contigua di Cava, definita secondo quanto previsto dalla L.R. n°65/97 e s.m.i..

L'area rimane sottoposta al Vincolo Idrogeologico previsto dal R.D. N°3267/1923, alla L.R. n°39/2000 (legge forestale) ed al Vincolo Paesaggistico previsto dal D.Lgs n°42/2004 e s.m.i., e dalle disposizione del PIT-PPR con valore di Piano Paesaggistico della Regione Toscana.

Tali indicazioni normative sono state recepite ed inserite all'interno del P.A.B.E. del bacino di M.te Pallerina, che riporta e definisce le modalità operative, le norme di salvaguardia, etc. all'interno del bacino consentendo nel contempo la prosecuzione dell'attività di escavazione.

3.1 Inquadramento generale dei vincoli

Per un inquadramento generale è stata realizzata la *Tavola 10 – Carta dei Vincoli Paesaggistici* principali in scala 1:5.000, a cui si rimanda per inquadrare complessivamente l'area di intervento.

In particolare come desumibile dalla Tavola 10 allegata alla presente relazione sono stati perimetrati i limiti dei vincoli presenti nell'area di interesse, limitatamente al territorio in disponibilità,, in particolare:

1) il limite del Vincolo Idrogeologico ex RD n°3267/1923 e LRT n°39/2000 che comprende comunque tutta l'area in esame;
2) le aree soggette a tutela paesaggistica in base all'art.142 comma 1 del D.lgs 42/2004 – Codice del Paesaggio:
3) le aree facenti parte della Rete Natura 2000 ai sensi di quanto previsto dalla direttiva 92/43/CEE - Habitat e secondo quanto previsto dalla direttiva 79/409/CEE e s.m.i.:

- Zone di protezione speciali – SIC - ZPS;
- Zone speciali di conservazione – SIC - ZSC.

Inoltre secondo quanto previsto dal PIT-PPR per le aree estrattive sono state anche inserite nella Tavola 10 i valori paesaggistici riguardanti la struttura idrogeomorfologica con riferimento alle creste principali e secondarie individuate da tale strumento e recepite nel P.A.B.E., agli ingressi delle grotte ed ai geositi.

Considerando quindi la vincolistica sopra elencata si può affermare che l'area in studio:

- ricade in area contigua di cava (ACC ex LR n°65/97 e s.m.i.) in cui è prevista l'attività estrattiva disciplinata comunque da quanto previsto dal PIT-PPR;
- l'area di escavazione e di previsto sviluppo futuro dell'attività è esterna alle perimetrazioni SIC-ZSC o SIC – SIR (l'area ACC confina a Nord Ovest con il sito SIC-ZPS 23 - *Praterie primarie e secondarie delle Alpi Apuane*). In particolare la porzione occidentale dell'area in disponibilità della società ricade nel SIC-ZPS 23 - *Praterie primarie e secondarie delle Alpi Apuane e ZSC M. Tambura – M. Sella* area che come premesso non sarà interessata da alcuna attività;
- nell'area di cava o di un suo intorno significativo non risultano presenti edifici di notevole interesse pubblico o altri fabbricati di interesse storico-culturale;
- l'area di intervento è al di sotto dei 1200m;
- l'area e l'attività non interferisce con i limiti previsti per fiumi o torrenti;
- viene segnalata la presenza di boschi ma da documentazione fotografica e dallo Studio di Impatto Ambientale, si evidenzia che nell'area di prevista espansione dell'attività non e presente una copertura boschiva continua, e che le essenze ad alto fusto sono molto rade e tendono a scomparire in prossimità degli affioramenti dei marmi;
- l'intervento previsto non interferirà con le strutture idro-geomorfologiche principali di interesse paesaggistico quali creste e spartiacque, ma si svilupperà maggiormente in corrispondenza di aree già interessate dalla coltivazione pregressa ;
- sono presenti all'interno della concessione vari ingressi di grotte; Buca di Mamma Ghira (cod. 1269), posta a monte dell'area di intervento, due ingressi sepolti al di sotto dei ravaneti che

caratterizzano l'area antistante l'unità estrattiva e al momento non individuabili, censiti come l'Abisso dei Tarzanelli (cod. 1046) e la Buca del Bancaio (cod. 1299). A monte dell'area di intervento, sulla estremità meridionale, è presente l'Abisso Eunice (cod. 862) con i suoi 5 ingressi. Questo è individuato come "geosito" puntuale e limitrofo a questo è indicato un "geosito areale" rappresentato da un "*campo carreggiato*";

- non risultano inoltre presenti in un intorno significativo dell'area sorgenti e circhi glaciali;

Si evidenzia che le caratteristiche vegetazionali, paesaggistiche come anche eventuali condizioni di limitazione d'uso in riferimento alle risorse naturali e paesaggistiche stesse del territorio, nonché i criteri adottati per la salvaguardia dell'ambiente (mitigazioni, compensazioni, etc.) sono ampiamente descritti nel SIA – Studio di Impatto Ambientale, nella Relazione Paesaggistica e nello Studio di Incidenza, documentazione di supporto al presente progetto

3.2 P.A.B.E. Pallerina – classi di pericolosità e fattibilità

Dall'esame delle normative vigenti in tema di assetto geologico-geotecnico, idrogeologico e idraulico si può rilevare come l'area in esame risulti classificata come di seguito per quanto riguarda il P.A.B.E. Di Pallerina:

Carta della pericolosità geologica e idraulica (fig. 4 – tav. 11):
Classe G3a e G3b - *pericolosità geologica* ***elevata***;
Classe I1 – pericolosità idraulica bassa

Carta della pericolosità sismica (fig. 5 – tav. 11): ***Classe S3a e S3b -*** *pericolosità sismica elevata*;

Carta del reticolo idraulico (L.R. 79/2012 e Del.C.R. 1357/2017); *l'area di intervento è posta ad una distanza superiore ai 10 m rispetto ai corsi d'acqua.*

Dalle cartografie a disposizione del P.A.B.E. non sono presenti in un intorno significativo dell'area in esame e comunque non interferenti con il progetto, altri vincoli e limitazioni, tipo sorgenti e creste di valore paesaggistico.

Per la definizione della fattibilità dell'intervento si fa riferimento alle N.T.G. e relativi abachi di correlazione pericolosità-fattibilità:

Definizione della fattibilità geomorfologica

Forma di intervento – nuovi fronti di coltivazione a cielo aperto e scarpate naturali connesse

F3 (G3) *– Fattibilità geomorfologica condizionata;*

Definizione della fattibilità idraulica

Forma di intervento – nuovi fronti di coltivazione a cielo aperto e scarpate naturali connesse

F1 (I1) *– Fattibilità idraulica senza particolari limitazioni;*

Definizione della fattibilità sismica

Forma di intervento – nuovi fronti di coltivazione a cielo aperto e scarpate naturali connesse

F3 (S3) – *Fattibilità sismica condizionata*

3.3.- Piano Assetto Idrogeologico Autorità Bacino F. Serchio

L'intervento è posto in un contesto montano e pertanto sono state visionate le carte della franosità del Bacino del F.Serchio dalla quale si evidenzia come tutta la zona in oggetto ricade in sole due classi:

- in classe P1 - AREE DI MEDIA STABILITÀ, con sporadici e locali indizi di instabilità e AREE STABILI assenza di frane attive e quiescenti (Norma: art. 15) .
- in classe P3 - AREE CON INSTABILITA' POTENZIALE ELEVATA, per caratteristiche morfologiche (zone con ravaneti) e (Norma: art. 13) .

Si fa presente che la base cartografica su cui è stato realizzato il P.A.I. non è corrispondente alla morfologia attuale della zona, modificata in seguito alla evoluzione negli ultimi anni del sito estrattivo, con il proseguimento delle attività di estrazione a cielo aperto dei marmi e degli stessi depositi detritici che sono utilizzati come area di temporaneo stoccaggio e per la realizzazione della viabilità di supporto alle fasi di escavazione.

Oltretutto la C.T.R. in scala 1:10.000 mostra un dettaglio a tale scala che non risulta indicativo a rappresentare la morfologia reale e complessa della zona.

Una cartografia maggiormente rappresentativa dello sviluppo reale dei ravaneti e della morfologia presente è quella che è stata realizzata per il PABE, in scala 1:2.000, ed utilizzata per la stesura della carta geomorfologica e giacimentologica di supporto al progetto (tav. 7 e 8), nonché le altre carte di progetto allegate alla variante a volume zero approvata nel maggio 2019.

Per meglio mettere in luce le potenziali interferenze del presente progetto con le perimetrazioni del P.A.I. è stata sovrapposta la suddetta cartografia con le vigenti perimetrazioni dello stesso P.A.I. e del P.G.A., inserendo lo stato del progetto a 5 anni (limite temporale per rilascio P.C.A., P.A.U.R. e autorizzazione paesaggistica nelle ACC del Parco Apuane) ed evidenziando le aree di lavorazione distinte tra cielo aperto e sotterraneo.

Si evidenzia come la quasi totalità dell'area di intervento ricade in classe P1 (vedi fig. 7 e 8 di tav. 11); solo il futuro piazzale di lavorazione a quota 990 m s.l.m. e una piccola porzione del futuro piazzale di quota 1020 m s.l.m. ricade in classe P3 per presenza di terreni detritici acclivi, in questo caso rappresentati da ravaneti. Si evidenzia, comunque, che le aree previste di escavazione, incluse quelle sopra evidenziate, si svolgeranno essenzialmente su aree con affioramenti di marmo e/o su piazzali in marmo esistenti e che i ravaneti in genere, compresi quelli evidenziati interni all'area di intervento, rappresentano aree in continua evoluzione, senza evidenziare al momento segni di evoluzione per problematiche di natura gravitativa o idraulica.

<u>Il sottoscritto, in qualità di progettista incaricato alla redazione del presente piano di coltivazione, attesta che non sono previsti interventi edilizi o modifiche a opere edilizie esistenti.</u>

Il presente piano di coltivazione, infatti, prevede esclusivamente attività estrattiva dei marmi e le relative attività accessorie connesse, come la realizzazione o la modifica di rampe mobili necessarie allo sviluppo dei lavori, la realizzazione di bastionature di limitata altezza o rimozione/rimodellamento di materiale detritico in corrispondenza dei depositi detritici esistenti..

Gli interventi eventualmente previsti, accessori alle lavorazioni di estrazione dei marmi, ai sensi della deliberazione della Regione Toscana n°663 del 2019, Allegato B, sono configurabili come interventi "privi di rilevanza" in quanto:

- hanno una altezza inferiore ai 4 m;
- hanno una inclinazione media del terrapieno sull'orizzontale <15°;
- non sono presenti carichi permanenti agenti sul cuneo di spinta;
- l'eventuale collasso non pregiudica il funzionamento di strutture viarie esistenti a monte e a valle.

Dal punto di vista idraulico, l'area, essendo posta in un contesto montano e comunque distante dai corsi d'acqua, rimane esterna alla classificazione della pericolosità idraulica.

3.4.- P.G.R.A. Autorità di Bacino distrettuale Appennino Settentrionale

Essendo la zona in un contesto montano, rimane esterna alle perimetrazioni del Piano di Gestione Rischio Alluvioni dell'Autorità di Bacino distrettuale dell'Appennino settentrionale.

3.5.- P.G.A. Autorità di Bacino distrettuale Appennino Settentrionale

Si attesta che nell'area in oggetto del presente piano di coltivazione non sono stati individuati sorgenti e corsi d'acqua che possano interferire con le lavorazioni previste.

I corsi d'acqua risultano distanti e non interferenti in maniera diretta con l'area di progetto.

Sono previsti comunque una serie di accorgimenti atti a non causare alterazioni dello stato ambientale delle acque superficiali afferenti al Fosso Tambura posto più a Ovest e più a Nord rispetto all'area di intervento; per un maggior dettaglio si rimanda alla relazione di piano allegata al progetto (vedi cap 7.2.) e nei capitoli successivi della presente relazione (vedi cap. 8.4).

Agli stessi capitoli summenzionati, si rimanda anche per quanto riguarda la conservazione dello stato di qualità del corpo idrico sotterraneo, segnalato con stato ecologico buono dalle carte dell'Autorità di Bacino.

In considerazione che l'area ricade all'interno di zone con estesi affioramenti carbonatici, caratterizzate da potenziale sviluppo di carsismo, saranno messi in atto tutta una serie di accorgimenti atti ad evitare il collegamento idraulico tra la ree di lavorazione e il circuito delle acque profonde a non intaccare lo stato ecologico del corpo idrico sotterraneo

Si sottolinea, infine, che il Fosso Tambura è segnalato comunque come un corso d'acqua non a rischio e con stato ecologico buono.

3.6. - Linee guida in materia di "ravaneti", approvate con Determinazione del Direttore del Parco n. 65 del 08.07.2019."

Sono innanzitutto state visionate le cartografie di supporto alla gestione dei ravaneti ossia la carta geomorfologica dei ravaneti e la carta per la pianificazione della gestione dei ravaneti.

Dalla carta geomorfologica dei ravaneti (fig.1 – tav. 11) si evidenzia come all'interno della concessione Fossa dei Tomei sia segnalato un ampio ravaneto con vegetazione pressoché assente e clasti non ossidati nella porzione inferiore e clasti ossidati nella porzione superiore.

Si evidenzia che il ravaneto ricade nella medesima attività estrattiva che ha lavorato con una certa regolarità negli ultimi 20 anni; il ravaneto fa parte della stessa cava ed ha la medesima età sia nella parte inferiore che nella parte superiore, ed oltretutto parte di esso è sempre stato utilizzato come viabilità per accedere ai fronti di lavorazione della parte alta della cava, come anche da vari progetti presentati negli ultimi 15 anni.

Nella carta di gestione dei ravaneti (fig.2 – tav.11), la metà inferiore del ravaneto ricade nella classe di ravaneto potenzialmente asportabile mentre la porzione superiore risulta non asportabile. La porzione superiore del ravaneto, ossia la porzione considerata non asportabile, è stata già oggetto di interventi negli ultimi 10 anni, nell'ultimo è stata interessata dal piano di coltivazione del 2017 e dalla successiva variante al piano di coltivazione del maggio 2019 che concentravano le attività estrattive proprio nella parte superiore della cava.

In estrema sintesi, la legenda della Carta per la pianificazione della gestione fa riferimento a tre categorie di classificazione/raggruppamento dei "ravaneti", qui di seguito esplicitate:

a) "ravaneti" non asportabili;
b) "ravaneti" con asportazione da sottoporre a verifica di dettaglio;
c) "ravaneti" asportabili.

Per prima cosa, i termini "asportabile" e "asportazione" comprende anche le azioni descritte dalle direttive come "prelievo" e "movimentazione", poiché ritenuti nel complesso sinonimi tra di loro o, comunque, contrari all'intangibilità rappresentata dalla prima categoria di classificazione/raggruppamento.

Inoltre, le indicazioni così nette riguardo all'asportabilità dei "ravaneti" – contenute nell'estrema

sintesi espressiva della legenda – hanno in realtà un valore indicativo e relativo sia in senso vincolistico, sia nell'opposta direzione della possibilità di intervenire, tenuto conto della scala media della *Carta per la pianificazione della gestione* e della necessità di un suo controllo nel dettaglio di ogni progetto di coltivazione e relativo studio d'impatto ambientale.

Va sempre considerato che questo tipo di interventi – soprattutto a carico di "ravaneti" di non recente formazione – sottostanno strettamente al principio di precauzione, per cui **non si deve intervenire se non dopo aver dimostrato, da parte del proponente, l'inesistenza o la non rilevanza di eventuali impatti conseguenti sulle componenti ambientali e paesaggistiche**, fatti sempre salvi gli interventi per garantire la stabilità dei depositi e la sicurezza nei luoghi di lavoro.

La *Carta per la pianificazione della gestione* non disegna i limiti di un vincolo assoluto, ma informa sulla sua presumibile esistenza, il cui effettivo accertamento è rimesso ai contenuti dei progetti di coltivazione all'interno del procedimento di pronuncia di compatibilità ambientale, approfondendo le conoscenze ed utilizzando i metodi della *Carta*.

Per quanto riguarda i "ravaneti" non asportabili deve essere prodotta una analisi articolata ed approfondita, da restituire all'interno di uno specifico allegato dello studio d'impatto ambientale, in cui dimostrare in maniera compiuta l'assenza delle condizioni prescrittive individuate nelle direttive emanate dal Consiglio direttivo, oppure la presenza di significative situazioni di dissesto o, comunque, di instabilità nei "ravaneti", non messe in luce dalle *Carte* allegate alle presenti *linee guida*.

3.7. - Analisi delle caratteristiche dei depositi detritici presenti in cava

Si premette che la cartografia redatta per la gestione dei ravaneti non risulta coerente con lo stato di fatto della cava, in quanto redatta su scala 1:20.000 usando il C.T.R. Della Regione Toscana, mentre per il presente piano vi sono cartografie più dettagliate in scala 1:2.000 utilizzata per la redazione del PABE e in scala 1:500 per la realizzazione del presente progetto. La distribuzione del ravaneto in cava è ben visibile nelle tavole allegate al progetto.

Il deposito presente in cava non mostra alcuna differenza tra la porzione inferiore, zona di accesso al sito estrattivo e considerata come asportabile, e la porzione superiore considerata non asportabile sempre in figura 2 della tavola 11, sulla quale è impostata la viabilità di arroccamento per raggiungere i fronti di lavorazione posti a quote maggiori.

Il ravaneto, nel suo complesso, non mostra alcuna differenza data la totale assenza di vegetazione e di clasti ossidati, come peraltro visibile dalle foto A e foto B sotto riportate e della fig.3 di Tav. 11.

Il ravaneto, inoltre, mostra le medesime caratteristiche cromatiche, derivando dalla coltivazione di marmo grigio e ordinario e in misura minore arabescato, e le medesime caratteristiche granulometriche, che nel caso in esame riguarda una pezzatura molto eterogenea e mista.
La indistinguibilità del ravaneto tra la parte superiore e inferiore è dovuta al fatto che:

- la cava ha lavorato con una certa continuità negli ultimi 20-30 anni; **si precisa che la cava nel corso degli ultimi anni è stata ferma solo per brevi periodi;**;
- la cava è stata riattivata nel novembre del 2017 e da allora la coltivazione si è sviluppata nella parte superiore del sito estrattivo interessando anche la porzione di ravaneto considerato non asportabile;
- è stata successivamente, nel 2019, autorizzata una variante a volume zero del piano di coltivazione che ha sviluppato prevalentemente le lavorazioni nella parte superiore della cava;
- sulla porzione di ravaneto considerato non asportabile è inoltre impostata la viabilità di arroccamento per accedere ai fronti di lavorazione posti alle quote più alte che peraltro era in gran parte già presente nel 2017.
- In conclusione dalle analisi condotte, i ravaneti presenti all'interno della concessione, risultano totalmente asportabili in quanto non presentano alcuna caratteristica peculiare per il loro mantenimento quali ossidazione, presenza di vegetazione o presenza di reperti di archeologia industriale (*bastionature, muri a secco, piani inclinati, vie di lizza, sentieri, antichi macchinari, ecc.)*.

Si sottolinea comunque che il progetto si sviluppa esternamente alle perimetrazioni della carta dei ravaneti del Parco.

Foto A: panoramica della cava Fossa dei Tomei, dalla foto si evidenzia la continuità del ravaneto tra la porzione di valle, in basso e la porzione in alto (evidenziata in rosso e considerata non asportabile in fig.2 – tav.11) entrambe prive di vegetazione e con clasti non ossidati date le recenti e/o attuali lavorazioni

Foto B: foto dal piazzale della cava dove di vede la porzione superiore del ravaneto considerato in figura 2 – tav.11, come non asportabile (area in rosso); anche da qui si nota la totale assenza di

vegetazione e i clasti non ossidati

4.0 - CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE GENERALI E LOCALI DELL'AREA

4.1 Forme derivanti da attività glaciale e pluvio-fluviale

Il sito estrattivo è ubicato in destra orografica del Fosso Tambura immissario del Lago di Vagli ed asta idrica principale della Valle di Arnetola, ed in cui vengono recapitati i fossi ed i canali secondari della zona.

Il Fosso Tambura attraversa la valle con direzione circa Nord-Sud mentre i corsi d'acqua minori si dispongono generalmente ortogonalmente con direzione circa Est-Ovest.

La complessità strutturale dell'area, con pieghe isoclinali sovrapposte, fa si che si verifichino forti contrasti morfologici tra le creste e le aree più dolci ed arrotondate caratterizzate da affioramenti di terreni scistoso-arenacei con copertura vegetazionale di tipo mediterraneo.

Le vette più alte della valle di Arnetola sono poste a sud con il Monte Fiocca e Monte Macina ed ad Ovest con il Monte Tambura e Monte Sella e lungo il suo spartiacque; il fianco orientale della vallata risulta avere rilievi di minore entità con il Monte Croce che raggiunge i 1535 m s.l.m. E più a nord il Monte Pallerina con altezza di 1287 m s.l.m..

Le creste secondarie, disposte trasversalmente alla dorsale principale, formano una serie di bacini displuviali in cui confluiscono i ripidi canaloni spesso con andamento piuttosto rettilineo.

Le cime maggiori, a causa della loro natura calcareo-dolomitica presentano una scarsa copertura vegetazionale, con creste affilate delimitate da pendii ripidi e pareti alte fino a 600-700 m.

Tutta l'area è caratterizzata da un'originaria morfologia glaciale, con valli mediamente ampie, a forma di "U", su cui si è impostata una morfologia di tipo pluvio-fluviale, che ha dato luogo nelle rocce carbonatiche a valli secondarie, a "V", con versanti ripidi (inclinazioni superiori a 45-50°), con balze in alcuni punti notevoli e torrioni. Anche nell'area di studio sono ben visibili torrioni e incisioni che interferiscono con le più antiche forme arrotondate derivanti dall'attività glaciale.

Il materiale derivante dall'alterazione criogenica, costituita da depositi conglomeratici o ghiaiosi poco selezionati ricchi di matrice; si è prevalentemente accumulato ai piedi di queste aree ad elevata acclività generando depositi detritici di falda, con evidenti rotture di pendio e diminuzione generale della pendenza.

Alluvioni fluviali organizzate in diversi ordini di terrazzi sono visibili lungo il fondovalle o a mezza costa lungo i rilievi.

4.2 Forme derivanti da attività carsica

Gli ammassi rocciosi carbonatici che costituiscono il comparto garfagnino sono solitamente caratterizzati da numerose forme carsiche, sia epigee come le doline che ipogee come ad esempio inghiottitoi, grotte, ecc..

Proprio per la sua genesi, il carsismo interessa frequentemente i giacimenti marmiferi apuani.

Nell'area di cava, non sono state rilevate forme carsiche importanti o evidenti quali inghiottitoi o fratture fortemente carsificate, ad eccezione delle aree più fratturate dove l'azione dell'acqua è stata più intensa. Limitati segni di questa attività sono riconoscibili in corrispondenza di quelle fratture che presentano segni di spalmature o limitata carsificazione delle pareti (es. concrezioni).

Nella carta idrogeologica e geomorfologica (Tav. 5 e 7) sono state riportate le principali forme carsiche censite in un intorno significativo nell'area studiata.

In particolare all'interno dell'area contigua di cava del Monte Pallerina sono stati individuati

numerosi ingressi di grotte prevalentemente concentrati nella parte meridionale del Bacino Estrattivo.

A titolo di esempio si ricordano come più significativi, l'Abisso Eunice, che è anche un geosito, (id T/LU756) ed i suoi 5 ingressi e poco più a sud l'Abisso Simi (T/LU643).

Internamente alle aree in disponibilità e che saranno oggetto di valutazioni sono state rilevati i seguenti ingressi,da Nord a Sud:

- Buca del Bancaio (cod. 1299), la grotta è stata censita ma allo stato attuale non visibile in quanto posta al di sotto del ravaneto;
- Abisso dei Tarzanelli (cod. 1046), anche questa grotta non è stata rilevata in sito in quanto mascherata dal ravaneto esistente;
- Buca di Mamma Ghira (cod. 1299), questa grotta è posta a circa 1100 m s.l.m., al di sopra delle aree oggetto di intervento nel presente piano;
- Abisso Eunice (cod .862 – ingresso nuovo, 1917 ingresso quinto, 1916 ingresso quarto, 1077 ingresso terzo, 756 abisso Eunice), posta al limite meridionale dell'area in disponibilità; l'abisso Eunice è anche un geosito.

Al confine meridionale delle aree in disponibilità e distante dal fronte di escavazione attuale e futuro sono presenti anche forme carsiche superficiali; in particolare è stato individuato in prossimità degli ingressi dell'abisso Eunice, un campo carreggiato che si allunga con direzione circa Nord-Sud.

4.3 Interazioni fra attività estrattiva e carsismo

Come detto in precedenza in prossimità dell'area interessata dal presente progetto di coltivazione sono presenti vari ingressi di grotte e pertanto, di ciascuno ingresso sono state effettuate approfondite analisi al fine di verificare eventuali interazioni con il presente piano.

4.3.1. - Abisso Eunice

L'Abisso Eunice è il principale ingresso carsico della zona e si sviluppa nella porzione meridionale della concessione ed è caratterizzato da 5 differenti ingressi posti a breve distanza l'uno dall'altro.

L'ingresso principale risulta posto a circa 1130 m s.l.m., attorno ai 75 m di distanza in direzione SW rispetto alle aree di escavazione previste dal presente piano.

La grotta ha una conformazione in parte a cavità discendente ed in parte a pozzo, con un dislivello complessivo di 650 m s.l.m.; la direzione di sviluppo è verso NE e termina, ad alcune centinaia di metri di profondità al di sotto della limitrofa Cava di Campo dell'Indo..

Si sottolinea inoltre che il presente piano rimarrà a una distanza minima di 75 metri dai 5 ingressi carsici dell'Abisso, distanza da ritenersi più che sufficiente affinchè non vi siano interferenze.

Per una dettagliata valutazione delle eventuali interferenze del presente progetto con l'Abisso Eunice, è stato riportato lo sviluppo planimetrico della grotta sulle carte d inquadramento della zona (tav. 5 carta geomorfologica e Tav. 7 carta geomorfologica) oltrechè sulle planimetrie e sezioni di progetto.

Sulle tavole di progetto oltre a inserire lo sviluppo planimetrico della cavità carsica sono state riportate le relative quote assolute, con particolare riferimento alle aree di sviluppo previste per il piano di coltivazione.

Si evince dalle elaborazioni effettuate che per quanto riguarda i primi 5 anni di lavorazione (fase II):

- in planimetria l'Abisso Eunice interseca le aree di progetto in 3 punti;
- in particolare il piazzale di 1078 m s.l.m. (cantiere superiore sud-ovest), quello maggiormente vicino all'Abisso Eunice, rimane a circa 100 m di distanza minima in verticale al di sopra della grotta, posta mediamente attorno ai 925 m s.l.m.;
- il piazzale di quota 1060 m s.l.m. (cantiere superiore), interseca in planimetria il percorso dell'Abisso Eunice che rimane comunque ad oltre 300 m di distanza in verticale (quote dell'Abisso comprese tra (720-520 m s.l.m.);
- lo sviluppo dell'Abisso Eunice interseca anche una piccola porzione del futuro piazzale di quota 1020 m s.l.m., ma anche qui rimane ad una distanza verticale di circa 260 m s.l.m. (quota

abisso 760 m s.l.m.)

- il cantiere sotterraneo rimane esterno allo sviluppo della grotta e distante dalla stessa.

Si sottolinea che gli ingressi dell'abisso sono tutti censiti sul posto con targa e ben evidenti, e il posizionamento presente sul sito della regione toscana (*geoscopio*) e sul sito della Federazione Speleologi Toscana risulta conforme alle evidenze di campagna.

Si sottolinea che l'Abisso Eunice è anche un geosito ma sulla cartografia del Parco Alpi Apuane il suo posizionamento risulta errato, in quanto posto circa 100 metri più a nord di quanto riportato sul sito della Regione Toscana (geoscopio) e sul catasto grotte della FST.

Si riportano, nelle sottostanti figure, per completezza, il posizionamento del geosito da parte del Parco con errata posizione (fig.A) e quello della Federazione Speleologica Toscana, con la posizione corretta (fig. B)

E' presente, nei pressi degli ingressi dell'Abisso Eunice anche un campo carreggiato; anche il campo carreggiato costituisce un geosito di tipo areale e il suo posizionamento risulta più spostato verso sud e collegato agli ingressi dell'abisso Eunice, rispetto a quanto riportato nelle cartografie del Parco, così come meglio evidenziato anche nella Tavola 7.

Si evidenzia che il campo carreggiato cartografato dal parco è posto su un'area di crinale, mentre dal punto di vista morfologico, risulta più corretto il posizionamento individuato in campagna e posto all'interno della vallecola nei pressi dell'Abisso Eunice; i campi carreggiati, infatti, sono forme di corrosione prodotte dall'acqua meteorica sui calcari (in questo caso marmi) che si hanno appunto all'interno di aree di preferenziale deflusso delle acque meteoriche, come ad esempio una vallecola, e non su aree di crinale con deflussi meteorici limitati.

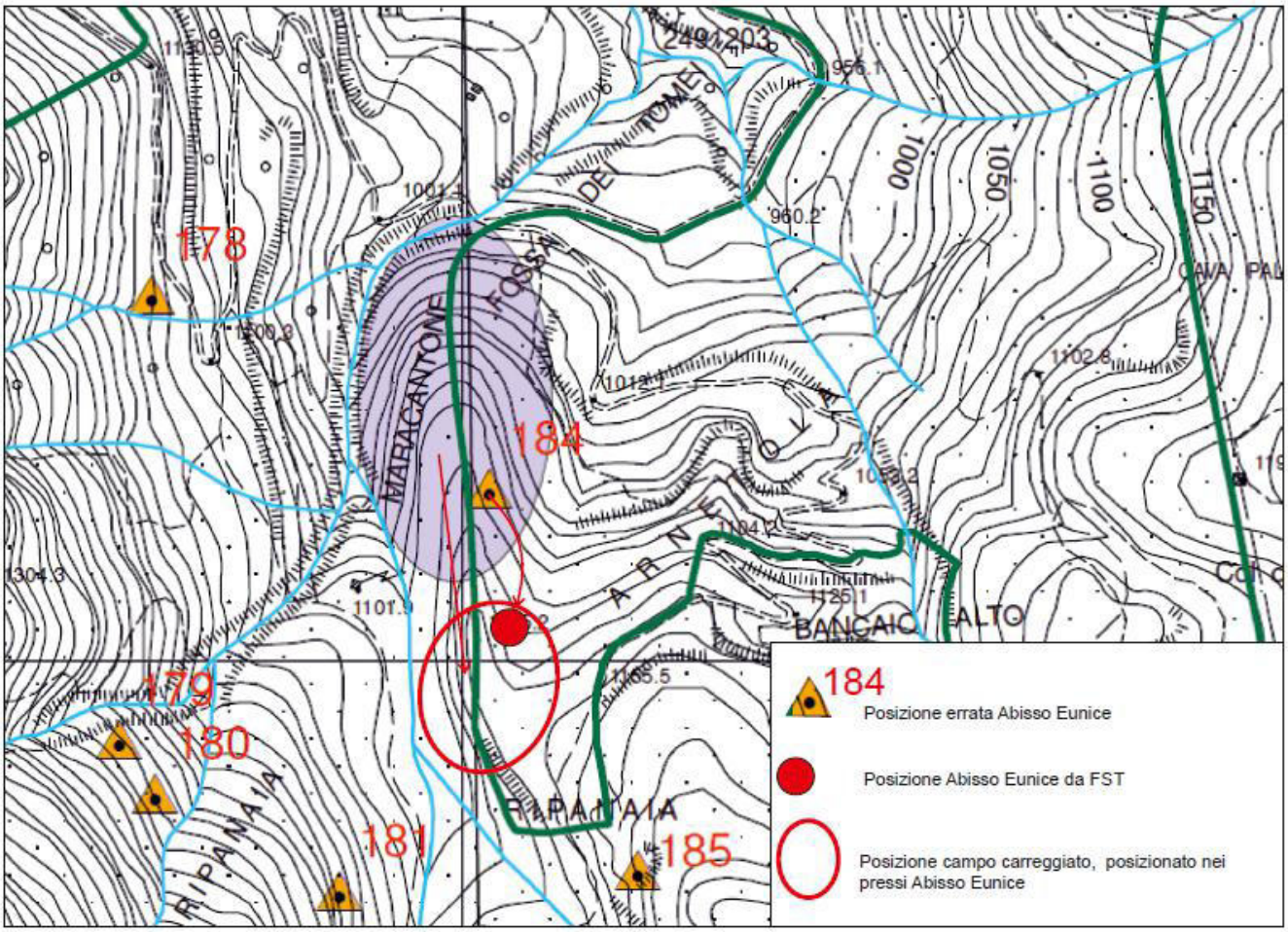


Fig.A – posizionamento geositi estratti da carta del Parco Alpi Apuane e loro posizionamento reale

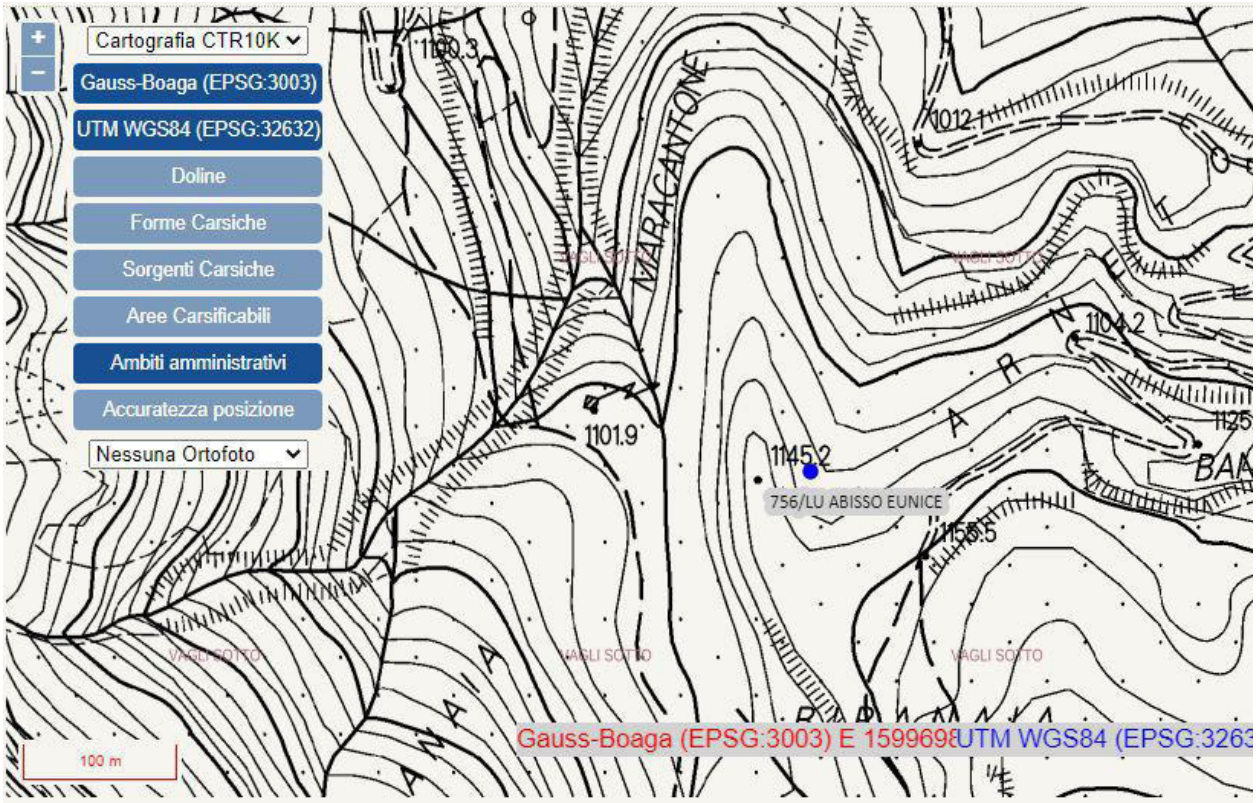


Fig. B – posizionamento dell'Abisso Eunice da parte della Federazione Speleologi Toscana

Foto C – Campo carreggiato nei pressi degli ingressi dell'Abisso Eunice; il campo carreggiato in foto è un geosito

4.3.2. Buca di Mamma Ghira

La Buca di Mamma Ghira è stata posizionata in base al nuovo rilievo e risulta posta ad una quota attorno ai 1100 m s.l.m. tale posizionamento era già stato riportato nella variante a volume zero della cava redatta nel 2018 e autorizzata nel maggio 2019.

La grotta ha una conformazione a cavità discendente, con un dislivello negativo attorno ai 580 m s.l.m. Per una dettagliata valutazione delle eventuali interferenze del presente progetto con la Buca di Mamma Ghira, è stato riportato lo sviluppo planimetrico della grotta sulle carte di inquadramento della zona (tav. 5 carta geomorfologica e Tav. 7 carta geomorfologica) e sulle planimetrie e sezioni di progetto. Dalla osservazione delle carte si evince come la grotta, posizionata a sud e a monte delle aree di intervento, tenda ad allontanarsi dal presente progetto avendo uno sviluppo prevalente verso Sud-Est.

Per come posizionata la Buca, nel suo sviluppo planimetrico non interseca nessuna area di progetto nei primi 5 anni, mentre nei successivi 5 anni (fase IV) interseca in pianta la galleria Sud-Ovest dello sviluppo in sotterraneo, rimanendo comunque distante dal pavimento della galleria, posto a 1054 m s.l.m., di ben 64 metri.

Il progetto, inoltre, è stato strutturato affinché le lavorazioni a cielo aperto ed in sotterraneo rimangano ad una distanza di oltre 20 metri dall'ingresso carsico ed in particolare si ha:

- a cielo aperto, la strada di arroccamento che da piazzale 1078 m s.l.m. Raggiunge il tornante di quota circa 1100 m s.l.m., rimane ad una distanza di poco superiore ai 20 metri, ma si tratta di lavorazioni superficiali,oltretutto poste in direzione opposta allo sviluppo della grotta;
- stesso discorso vale per il piazzale di quota 1078 m s.l.m. (fase II) posto ad oltre 25 metri di distanza dall'ingresso ed anche in questo caso ubicato in direzione opposta allo sviluppo della grotta ed a quote inferiori rispetto all'ingresso;
- infine anche lo sviluppo in sotterraneo nei primi 5 anni è stato strutturato affinchè rimanga ad una distanza minima dall'ingresso di 20 metri.

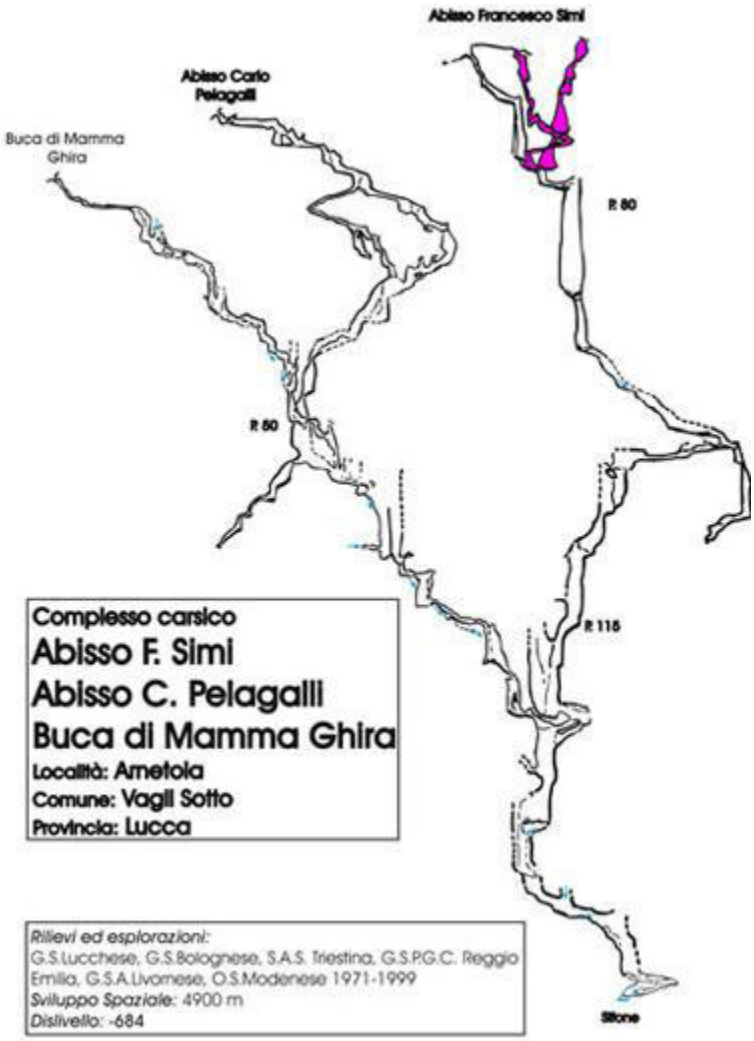


Foto 1 – foto dell'ingresso carsico Buca di Mamma Ghira

4.3.3. - Abisso dei Tarzanelli

Di questo ingresso si riporta l'ubicazione disponibile sul sito della Regione Toscana e sul sito della Federazione Speleologi Toscana, poiché l'ingresso non risulta visibile in quanto sepolto dal ravaneto esistente.

Sul sito della F.S.T. è però disponibile la sezione e lo sviluppo planimetrico dell'ingresso carsico, che è stato pertanto riportato in alcune tavole inquadramento dell'area (tav. 5 carta geomorfologica e Tav. 7 carta geomorfologica) oltrechè sulle planimetrie e sezioni di progetto.

Dai rilievi a disposizione si evince che l'Abisso dei Tarzanelli risulta collegato alla Buca Sotto Strada presente più a sud delle aree in disponibilità; il collegamento tra i due ingressi avviene in profondità ed esternamente ai terreni in concessione.

In base al rilievo disponibile dell'abisso dei Tarzanelli, la grotta ha un iniziale sviluppo in direzione Nord e interseca il piazzale inferiore compreso tra 1006-1000 m s.l.m. ad un quota variabile tra i 948 e i 700 m s.l.m, approfondendosi molto rapidamente in direzione Est, e quindi mantenendo una profondità, rispetto al piazzale esistente compresa tra i circa 54 metri e i 300 metri.

Il presente progetto, nella zona in esame, non andrà ad interferire con l'ingresso carsico, sia perchè lo sviluppo planimetrico dell'Abisso è esterno alla area di coltivazione prevista dal progetto, sia perchè gli sbassi previsti nell'area sono limitati in altezza e di soli 9 metri (area piazzale inferiore – sbasso 990 m s.l.m.); rimane pertanto una distanza verticale minima di oltre 40 metri tra il futuro piazzale di 990 m s.l.m. E lo sviluppo dell'abisso.

Il complesso carsico Abisso dei Tarzanelli-Buca Sottostrada nel suo sviluppo, passa nella porzione meridionale e montana dei terreni in disponibilità della società, dove è previsto lo sviluppo in sotterraneo della coltivazione.

Si possono escludere interferenze con le due grotte in quanto:

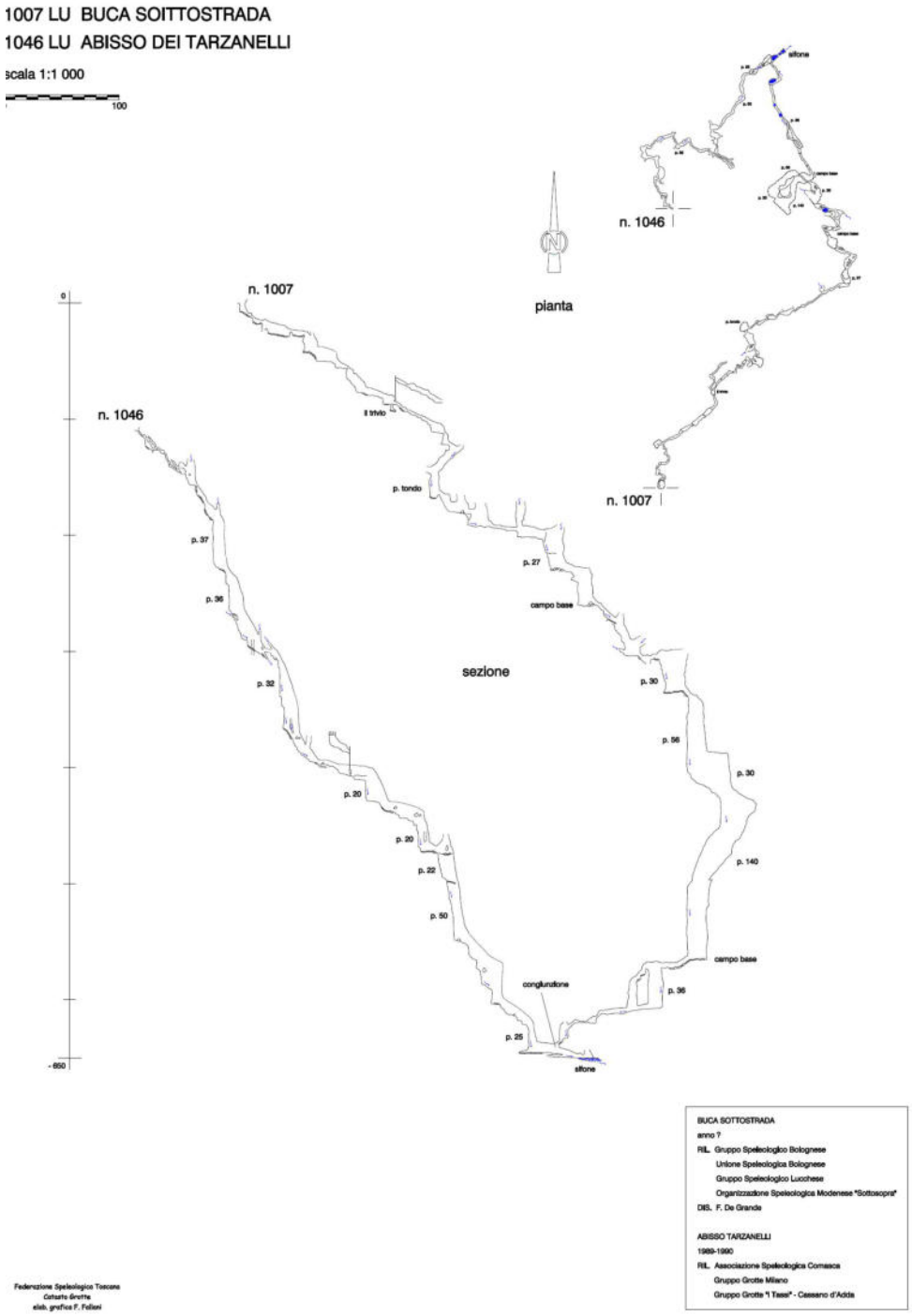
- lo sviluppo del sotterraneo in planimetria non interseca il sistema carsico Abisso Tarzanelli-Buca Sottostrada;
- la quota del pavimento del sotterrano in seconda fase è di 1060 m s.l.m., e nel punto più prossimo allo sviluppo della grotta risulta ben a 40 metri di distanza in verticale;

- l'abisso raggiunge la quota del pavimento della galleria, attorno a 1060 m s.l.m., nei terreni al di fuori della concessione e a circa 30 metri di distanza in linea orizzontale.

4.3.4. - Buca del Bancaio

Di questo ingresso si riporta l'ubicazione disponibile sul sito della Regione Toscana e sul sito della Federazione Speleologi Toscana, poiché l'ingresso non risulta visibile in quanto sepolto dal ravaneto esistente.

Per la Buca del Bancaio non sono disponibili sezioni e planimetrie del suo sviluppo, ma si suppone comunque che la Buca del Bancaio sia connessa all'Abisso dei Tarzanelli posto poco più a monte e il cui sviluppo planimetrico passa proprio in prossimità dell'ubicazione della grotta indicata sul sito della Regione Toscana.



Al fine di escludere potenziali interferenze tra la coltivazione ed elementi carsici anche di ordine minore, saranno comunque previsti una serie di accorgimenti per limitare problemi di collegamento idraulico con questi, così come meglio specificato nei cap. 8.3 e 8.4, tra cui in prima analisi, nel caso di ritrovamento di eventuali fratture beanti o fasce cataclastiche, la loro sigillatura con uso di cemento o resine atossiche .

4.4 Forme derivanti da attività antropica

La presenza di estesi giacimenti marmiferi, praticamente in continuità in tutto il bacino seppur con variazioni merceologiche, ha portato la nascita di numerose realtà estrattive, di cui ad oggi solo una minima parte risulta ancora attiva.

In particolare, nell'area in esame sono presenti due cave adiacenti la Fossa dei Tomei attivatasi di recente, il 13-11-2017, e la cava Campo dell'Indo posta immediatamente ad Est e allo stato attuale dismessa.

Altre cave sono poste immediatamente a nord, a valle della strada comunale, e a sud (cava del Bancaio alto e Cava del Simi), tutte allo stato attuale dismesse ed esterne alle aree estrattive.

Tutti i siti della zona sono stati interessati da una coltivazione a cielo aperto con il metodo del gradone o dei gradoni multipli discendenti.

Lo sviluppo ha interessato tante piccole realtà senza mai raggiungere sviluppi importanti ed in continuità come in altre realtà apuane.

Alle operazioni di taglio che hanno interessato i versanti si associano i depositi degli scarti della lavorazione, che una volta venivano riversati nelle aree limitrofe alla coltivazione.

I depositi artificiali risultano di limitata estensione se raffrontati ad altre realtà dell'area versiliese e garfagnina, anche perché in quest'area l'escavazione non si è mai protratta con continuità.

Al momento, è presente all'interno della concessione, un unico ravaneto derivato dalle precedenti attività estrattive, posizionato nella porzione centrale della area estrattiva ed utilizzato allo stato attuale per la realizzazione di alcuni piazzali necessari per le lavorazioni (aree per baracche, riquadratura blocchi, stoccaggio blocchi e altro) e per le viabilità interne di accesso alle aree di estrazione del materiale lapideo.

La posizione dei principali accumuli detritici di origine antropica derivati dalle precedenti coltivazioni è riportata nelle varie carte di supporto al progetto; si sottolinea, comunque, che sia le strade di arrocco di progetto, sia le nuove volumetrie oggetto del piano si svilupperanno in aree esterne agli accumuli detritici.

4.5 Caratteri idrogeologici

Il substrato roccioso dell'area è di tipo "*a permeabilità elevata per fratturazione e/o carsismo*" essendo l'ossatura dei rilievi della zona costituita da marmi s.s..

L'azione congiunta della fratturazione e dell'azione di dissoluzione del carbonato (*carsismo*) che accentua l'apertura delle stesse, determina un incremento dell'infiltrazione all'interno dell'ammasso roccioso. Tale fenomeno è testimoniato dalla presenza nell'area apuana dai numerosi ingressi di grotte e forme ipogee, in particolar modo in prossimità del contatto tra formazioni anche carbonatiche ma caratterizzate da differente permeabilità relativa.

Di seguito si sono riportate alcune considerazioni circa la condizione idrogeologica dell'area in rapporto all'attività di coltivazione, problematica sempre sentita nelle aree vocazione estrattiva.

Il presente piano di coltivazione è stato redatto al fine di non apportare modifiche alle caratteristiche idrogeologiche dell'area, con particolare riferimento alle potenziali interazioni con circuiti idrici profondi, andando ad interessare aree che dall'analisi documentale e dalle osservazioni in loco risultano non interessate dalla presenza di fenomeni carsici e comunque mantenendo una adeguata distanza da quelle rilevate.

Si evidenzia come in caso di rinvenimento di aree cataclastiche o fratture beanti in corrispondenza delle aree di lavorazione, oltre all'impiego di tecnologie per il taglio a secco compatibili anche con la salute dei lavoratori (es. taglio con catena dentata), si procederà a sigillare con cemento idraulico o resine atossiche le aperture cosi da escludere il collegamento idraulico diretto con la

sottostante falda.

Dalla Carta delle aree di alimentazioni dei sistemi idrogeologici delle Alpi Apuane si evince che l'area di interesse ricade nel bacino idrogeologico del Fiume Frigido; si osserva, infatti, che le prove condotte su l'ingresso della grotta n°643 (*Abisso del Simi*) posto poco a sud dell'area in disponibilità e la grotta n°317 (*Buca della Pompa*) posta nell'area nord dello stesso bacino, convogliano le acque verso le sorgenti del Frigido.

Nel 2018 e 2019, così come previsto nel piano di monitoraggio ambientale, sono state effettuate due prove di tracciamento utilizzando spore inertizzate di *Lycopodium* di colore "rosso", all'interno di due differenti fratture beanti ("garagie") nella parte superiore del cantiere, così come ubicato nella tavola 5 del progetto; entrambe le prove hanno avuto esito negativo.

Documentazione fotografica relativa alla immissione di spore inertizzate di Lycopodium di colore "rosso", all'interno di due differenti fratture beanti. La foto in alto è riferita alla immissione di spore del

novembre 2018, e sotto le foto relative alla operazione di immissione effettuata nel 2019; si evidenzia in rosso il punto di immissione

In particolare nel novembre 2018, la frattura prescelta è stata individuata ad una quota di circa 1038 m s.l.m. all'interno della allora area di coltivazione; la frattura presentava orientazione di circa 280/55 (dir. Imm. e incl.), persistenza decametrica ed apertura variabile, generalmente centimetrica.

All'interno di tale frattura sono state immesse le spore di colore ROSSO in quantità di circa1 Kg, immettendo all'interno della frattura circa 10.000 litri di acqua.

Il monitoraggio si è protratto per 4 mesi, fino al marzo 2019, dando esito negativo ad una eventuale connessione con la Sorgente del Frigido.

Nel Novembre 2019 è stata effettuato un altro monitoraggio ed in questo caso la frattura prescelta è stata individuata ad una quota di circa 1039 m s.l.m. nell'area limitrofa alla area di coltivazione; la frattura presenta orientazione di circa 70/52 (dir. Imm. e incl.), persistenza decametrica ed apertura variabile, generalmente centimetrica fino a decimetrica in alcuni punti.

Il monitoraggio si è protratto per circa 4 mesi, senza evidenziare, anche in questo caso, una eventuale connessione con la Sorgente del Frigido.

Dall'osservazione del materiale prodotto nello studio del corpo idrico significativo delle Alpi Apuane effettuato dall'Univ. di Siena – Prof. Carmignani (stralcio soprastante), emerge che la falda è localizzata ad una profondità prossima o inferiore ai 500 m, mentre l'attività estrattiva si svilupperà a quote comprese tra 1180 e 990m s.l.m..

Nonostante i risultati delle prove, considerato quanto riportato in bibliografia, al fine di escludere comunque potenziali collegamenti idraulici tra le acque tecniche di lavorazione e la fratturazione, in cava saranno messi in opera una serie di accorgimenti nell'attività ai fini di evitare potenziali fenomeni di sversamenti, oltre a quanto sopra riportato in merito alla sigillatura delle fratture e delle aree cataclastiche. Tutto ciò, unitamente ad una gestione appropriata del ciclo delle acque di lavorazione e delle AMD, consentirà di evitare problematiche di intorbidimento/inquinamento della falda profonda (per maggiori dettagli si vedano le tavole 19 e 20 e la relazione sulle AMD, oltrechè quanto contenuto nel successivo paragrafo 8.4) .

5.0 - CARATTERISTICHE GEOLOGICHE GENERALI E LOCALI DELL'AREA

5.1 Inquadramento Tettonico dell'Area

La strutturazione dell'Appennino Settentrionale è la conseguenza della storia deformativa terziaria che ha interessato l'area dell'attuale Mediterraneo Occidentale.

La letteratura distingue due fasi principali in base alle rispettive peculiarità: la prima fase detta D1 a carattere compressivo e la seconda fase, cronologicamente successiva alla D1, detta D2 a carattere distensivo. Tuttavia, studi più recenti, portano piuttosto ad individuare una deformazione progressiva composta da più fasi compressive e distensive.

Durante il Cretaceo-Eocene la collisione tra il margine sud europeo (blocco sardo-corso) e quello africano (microplacca adriatica, con sottoscorrimento e deformazione del margine continentale della microplacca Apula comprendente anche la zona Apuana) e la conseguente chiusura dell'Oceano Ligure, comporta la formazione di un cuneo orogenico che sottopone in un primo momento le Unità Liguri ad una deformazione in condizioni di picco metamorfico e successivamente la loro messa in posto sopra il margine continentale adriatico-apulo (Kligfield, 1979).

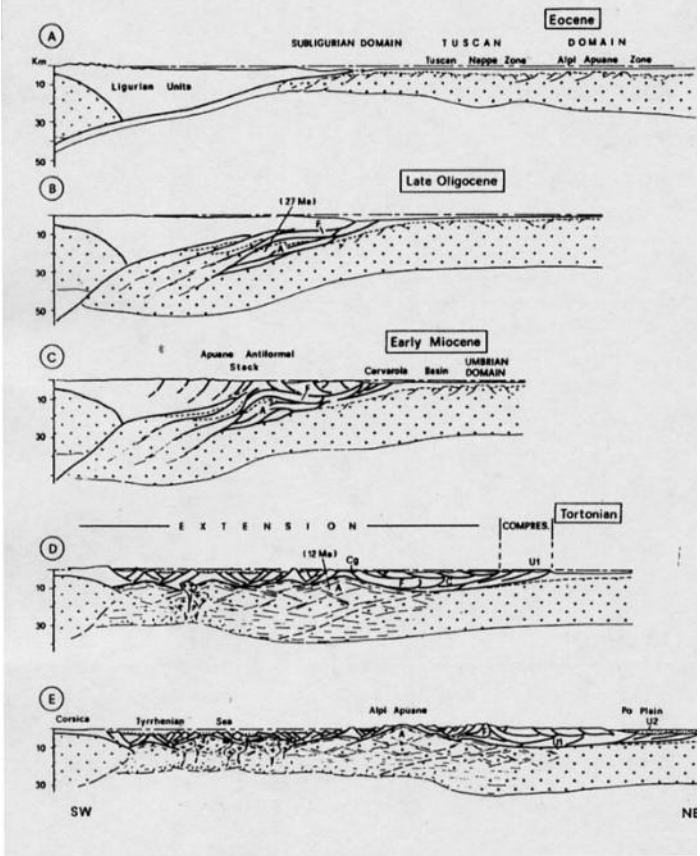


Figura 1: schema evolutivo della tettonica appenninica settentrionale

Alla collisione continentale segue un rapido ispessimento del cuneo orogenico e il coinvolgimento di elementi di crosta continentale nel processo di impilamento delle falde. I primi domini ad essere interessati dalla deformazione intracrostale sono il Dominio Subligure ed il Dominio Toscano di cui fanno parte la Falda Toscana (successioni toscane non metamorfiche) e l'Autoctono – "Autt." (successioni toscane metamorfiche – complesso Alpi Apuane). Il sovrascorrimento delle Unità Liguri e della Falda Toscana sopra la zona apuana ne comporta una deformazione a pieghe isoclinali NE-vergenti, variamente non cilindriche, con lo sviluppo di una foliazione sin-metamorfica pervasiva sub parallela al piano assiale, nota ai cavatori come "verso di macchia".

Lungo la trasversale settentrionale, da W verso E, si susseguono una serie di strutture plicative sinclinali ed anticlinali a scala regionale, tra cui la sinclinale del M. Fiocca, lineamento tettonico che separa i due bacini estrattivi di interesse.

A partire dal Miocene Medio (ca 25 milioni d anni fa), tutti gli elementi strutturali originatisi in un contesto compressivo vengono sottoposti a tettonica distensiva crostale. Tra il Serravalliano ed il Tortoniano si ha l'apertura del Mar Tirreno come bacino di retroarco (Scandone, 1979) mentre la compressione va ad interessare il Dominio Umbro-Marchigiano. Contemporaneamente, nei bacini di avanfossa formatisi al fronte della catena si ha una sedimentazione di depositi sinorogenici (flysch) che ringiovaniscono proprio verso est. A partire dal tardo Tortoniano si verifica dunque la coesistenza dei processi distensivi nell'area tirrenica e compressivi nell'area adriatica, con una progressiva migrazione del sistema bacino estensionale – arco – fossa verso l'attuale avampaese (area Padana-Adriatica-Ionica). In figura 1 si riporta schema grafico di quanto esposto.

Ad oggi i Ricercatori sono in sostanziale accordo circa il quadro regionale entro cui si colloca la finestra tettonica delle Apuane mentre divergenze si riscontrano soprattutto nell'interpretazione di alcune strutture, sui possibili meccanismi di esumazione ed il loro contesto geodinamico.

I processi distensivi sono a loro volta accompagnati da attività magmatica che nello specifico, nonostante il contesto attuale di estensione regionale, portano la Toscana in una fase di *uplift*.

5.2 - Inquadramento Geologico - stratigrafico

Nell'area studiata affiorano le seguenti formazioni litologiche (Tav. 3, Carta Geologica scala 1:2.000 e Tav. 4 Sezioni geologiche scala 1:2.000):

Litotipi riferibili alle Formazioni dell'"Auctotono-Autt.", rappresentati da:

Marmi s.s: meta calcari a grana saccaroide di colore variabile dal bianco al grigio rappresentata da diverse varietà merceologiche che saranno dettagliatamente discusse nel paragrafo "Il materiale" e che comunque sono state distinte nella cartografia di riferimento (Carta merceologica di dettaglio Tavola 7). Età: Lias Inf. e Medio;
Calcari selciferi : metacalcilutiti grigio scure con liste e noduli di selci, rari livelli di calcareniti . Età Lias medio – sup.
Scisti sericitici: filladi muscoviti verdastre, rosso violacee, più raramente grigie, con rari e sottili livelli di filladi carbonatiche, marmi a clorite e meta radiolariti rosse. Cretacito inf. - Paleogene

Litotipi caratteristicamente riferibili al Quaternario sono rappresentati da:

Depositi di versante: accumulo di frammenti litoidi, eterometrici angolosi, talora stratificati in matrice sabbiosa o sabbioso limosa. Età: Olocene
Depositi Detritici Artificiali o "Ravaneti": accumulo degli scarti prodotti durante l'escavazione; gli elementi di marmo bianco hanno spigoli vivi e granulometria variabile. Età: Attuale

La distribuzione areale degli elementi, la loro disposizione geometrica ed una descrizione più approfondita dei rapporti stratigrafici e tettonici sono riportate nella Carta Geologica di Tav. 3, in scala 1:2.000.

I litotipi interessati dalla coltivazione appartengono al livello litostrutturale dei *marmi in s.s.*, che comprende diverse varietà merceologiche distinte sulla base della colorazione del fondo e della venatura, oltre che alla differente distribuzione spaziale di questa.

In Tavola 8 – Carta Merceologica-giacimentologica, scala 1:2.000, si riporta un dettaglio della merceologia dei materiali descritti ai paragrafi successivi.

Si sottolinea che la cava è interamente sviluppata nel livello dei marmi s.s.

5.3 – Inquadramento geologico - geostrutturale

5.3.1 – Rilievo strutturale

La realizzazione del rilievo strutturale, permettendo il riconoscimento dei caratteri fisico-meccanici e geometrici delle singole discontinuità, ha come fine:

- l'individuazione dei sistemi di discontinuità principali presenti nel sito e le loro caratteristiche geometriche e fisico-meccaniche;
- la definizione dei parametri utili per la caratterizzazione geomeccanica dell'ammasso roccioso.

I rilievi strutturali sono stati realizzati in accordo con il metodo normalizzato per la descrizione delle discontinuità elaborato dall'I.S.R.M. (*International Society of Rocks Mechanics*, 1978), ben applicabile alla realtà in esame caratterizzata da un limitato sviluppo della fratturazione. Gli stendimenti sono stati realizzati in corrispondenza dei fronti accessibili, anche se una certa difficoltà è stata incontrata a causa dei notevoli accumuli di detrito che sono stoccati in via temporanea alla base della maggior parte dei fronti.

Di ogni discontinuità individuata sono state rilevate le seguenti caratteristiche:

❒.Geometriche:
- orientazione;
- spaziatura;
- persistenza;

❒.Fisiche:
- scabrezza;
- rugosità;
- alterazione;
- apertura;
- riempimento;
- presenza d'acqua.

A tal fine si è proceduto tra Giugno 2020 e Ottobre 2020 all'esecuzione di una serie di stendimenti strutturali in corrispondenza dei fronti residui e dei tagli morfologici presenti oltre all'esecuzione di misure puntuali nell'intorno dell'area che sarà oggetto di intervento.

I dati strutturali raccolti sono stati elaborati con le usuali tecniche statistiche al fine di determinare le caratteristiche generali delle varie famiglie di discontinuità presenti nel sito.

L'elaborazione è stata condotta nell'ipotesi generale che la distribuzione dei dati sia di tipo normale (curva gaussiana) con l'ausilio del programma DIPS della Rocscience (Toronto-Canada).

Tale indicazione anche se non può essere a priori determinata, rimandando ad un'analisi molto più dettagliata di una ingente mole di dati, trova supporto nelle indicazioni fornite dal Dr. Hoek che nelle sue pubblicazioni evidenzia come "*a meno di avere a disposizione ingenti moli di dati da cui ricavare una differente distribuzione, la distribuzione normale riesce bene ad approssimare la distribuzione statistica dei parametri geomeccanici".*

In particolare lo studio, una volta eseguiti gli stendimenti e raccolti i dati in campagna, ha seguito i seguenti passi:

- proiezione generale di tutti i dati relativi all'orientazione delle discontinuità rilevate;
- ricostruzione delle principali sistemi di discontinuità;
- analisi statistica per la definizione delle caratteristiche geometriche e fisico-meccaniche dei sistemi rilevati al fine di ricavare i parametri per caratterizzare l'ammasso roccioso;
- caratterizzazione dell'ammasso roccioso e definizione dei parametri di resistenza dello stesso.

5.3.2 – Riconoscimento delle discontinuità ed elaborazione dei dati raccolti

L'elaborazione dei dati raccolti è stata eseguita con l'ausilio di programma informatizzato DIPS della Rocscience, che ha permesso anche il trattamento statistico di parte dei dati, utile per la redazione delle tabelle sintetiche che raccolgono le caratteristiche fisico-meccaniche dei vari sistemi riconosciuti.

Allo scopo di evidenziare la giacitura preferenziale delle discontinuità rilevate nel sito sono stati proiettati su reticolo equiangolare di Wulff tutti i poli delle discontinuità rilevate nella cava (Figura 6), sono stati definiti i massimi di frequenza (Figura 7) ed i piani medi dei vari sistemi individuati (Figura 8); i dati dei range dei sistemi ed i relativi piani rappresentativi sono stati riassunti nella seguente Tabella 1.

Sistema	K1a	K1b	K2	K3	K4	K5	K6
Ranges Immersione	215 - 283	048 – 090	259 - 302	304 - 350	007 – 090	103 – 165	305 – 004
Ranges Inclinazione	68 - 89	80 – 89	33 - 62	60 - 85	18 – 75	37 – 66	20 – 55
Piano Rappresentativo	253 - 81	071 - 86	279 - 49	326 - 73	053 – 52	129 - 48	330 - 40

Tabella 1 – sistemi di fratturazione della Cava Fossa dei Tomei

Le proiezioni stereografiche, confermando le osservazioni dei rilievi geologico-strutturali di dettaglio, hanno evidenziato la presenza complessivamente di 6 sistemi di discontinuità presenti nell'intera area di cava, anche se con frequenza diversa a seconda del Dominio Strutturale preso in esame. Essi sono stati indicati convenzionalmente con la lettera K seguita da un indice numerico; sulla base delle intensità dei poli osservate nelle proiezioni stereografiche si è ritenuto opportuno non apportare ulteriori suddivisioni.

Si ricorda che l'importanza di un sistema di discontinuità per la caratterizzazione geomeccanica è funzione sia del parametro frequenza ma anche degli altri parametri geometrici caratteristici quali persistenza, spaziatura, etc.

I dati raccolti sono stati elaborati al fine di redigere la Tabella 7 delle caratteristiche fisico-meccaniche dei sistemi delle discontinuità rilevate; di seguito si rimette una breve descrizione delle loro caratteristiche.

Per ciò che riguarda il parametro "spaziatura" questo è stato rilevato direttamente sui fronti accessibili. Ricordiamo che la cava presenta in generale un basso grado di fratturazione, dimostrato anche dal valore dell'inverso della "*frequenza della fratturazione*", ottenuto come rapporto tra la lunghezza dei singoli stendimenti (L) ed il numero di fratture genericamente incontrate sullo stendimento (n).

Il parametro "apertura" è risultato nell'analisi statistica avere valori relativamente bassi a seguito della condizione generale delle fratture indagate che presentano caratteristicamente la tendenza man mano che la frattura penetra nell'ammasso a ridursi sino ad evidenziare in molti casi un "immarmamento" completo della discontinuità.

A favore della sicurezza, come meglio descriveremo in seguito, vi è la scabrezza a "grande scala" che caratteristicamente ricade nella maggior parte dei casi all'interno della classe "VIII" (rettilinea), con la presenza però di scarti anche di parecchi gradi dal generico piano di riferimento.

Sistema K1a

Il sistema rappresenta l'11.3% dei dati esaminati, ed è caratterizzato da fratture orientate Ovest Sud-Ovest dotate di un'inclinazione media di circa 81°. Le discontinuità mostrano una lunghezza media di circa 7m, e risultano persistenti per il 58.6% dei casi, ricadendo per oltre il 60% classe 10-20 e con un picco secondario del 17.3% nella classe 1-3; la spaziatura media si attesta su circa 1.2m, con il 44.6% dei giunti ascrivibile alla classe 200-600 ed il 24.1% alla classe 6-20. Per quanto concerne la forma a grande scala i dati risultano quasi equamente distribuiti tra le tre categorie II, V e VIII; il valore medio di apertura è di circa 7.3mm, con circa il 76% dei dati ascrivibile alla classe 0-0.5 ed un 3.4% di fratture risultate esposte. Poco meno del 20% delle discontinuità risulta alterata, principalmente sotto forma di superfici carnificate (10.4%); i riempimenti sono assenti, mentre l'acqua è presente per il 3.5% come umidità e per circa il 7% come venute superficiali. Per quanto riguarda invece il JRC oltre il % dei dati ricade nella categoria 4-6, mentre il 31% è ascrivibile alla categoria 2-4.

Sistema K1b

Sistema opposto al precedente e che rappresenta il 6.6% delle misure esaminate, caratterizzato da fratture orientate Est Nord-Est e con inclinazione media di circa 86°. Si tratta di fratture principalmente persistenti (82.3%) e con lunghezza media di circa 9m; il 70% circa dei dati è ascrivibile alla classe 10-20, con un picco secondario del 17.6% ricadente invece nella classe 3-10. La spaziatura media si attesta sui circa 2.6m, con il 40% circa delle discontinuità ricadenti nella classe 200-600 ed un picco secondario del 30% nella classe precedente 60-200; per quanto riguarda la forma a grande scala il 58.8%circa dei giunti ascrivibile alla categoria "VIII" ed il 23.6% alla categoria "V". L'apertura media è di circa 1.6mm, con il 53% circa delle misure ricadenti nella classe 0-0.5 ed un 12% circa di fratture esposte; il 17.6% delle discontinuità presenta tracce di ossidazione ed il 6% circa di carnificazione, mentre il 30% circa dei casi mostra riempimenti formati da terra o da terra e sassi (rispettivamente il 17.6% e l'11.8%). L'acqua è presente solo nel 6% circa dei casi sotto forma di superfici umide; il JRC risulta per il 35.3% ascrivibile alla classe 6-8, mentre per il 58.8% risulta equamente suddiviso tra le classi 3-4 e 4-6.

Sistema K2

Sistema rappresentante il 10.6% dei dati, con piano rappresentativo orientato principalmente verso Ovest ed inclinazione media di circa 49°; si tratta di fratture persistenti nel 59.3% dei casi, con un valore medio di persistenza di circa 6.4m ed il 52% circa dei dati ricadenti nella classe 10-20. La spaziatura media è di circa 2.1m, con il 34.3% ed il 33.6% circa dei giunti ascrivibili rispettivamente alle classi 60-200 e 200-600; la forma a grande scala ricade per il 55.6% nella categoria "V", con un picco secondario del 29.6% nella categoria "VIII". L'apertura media si attesta sui 9mm, con il 55.6% circa delle discontinuità ricadenti nella classe 0-0.5 ed il 22.2% invece esposto; il 18.5% delle superfici esaminate mostra tracce di ossidazione, mentre il meno dell'8% risultano carsificate o miste. I riempimenti sono formati per l'11.1% da terra e per il 7.4% da sassi e terra; l'acqua invece è presente solo nel 3.7% dei casi sotto forma di superfici umide. Per quanto concerne il JRC il 40% dei dati ricade nella categoria 4-6, mentre sono ascrivibile alle categorie 2-4 e 6-8 rispettivamente il 29.6% ed il 18.6% dei giunti.

Sistema K3

Il sistema rappresenta circa il 7.8% dei dati raccolti, e comprende fratture con orientazione verso Nord Ovest dotate di inclinazione media di circa 73°. Si tratta di giunti per il 70% equamente suddivisibile nelle categorie persistenti e sub-persistenti, con un valore di lunghezza medio di circa 4.5m ed il 90% delle misure ricadenti in maniera eguale nelle classi 1-3, 3-10 e 10-20; la spaziatura media è di circa 1.6m, con il 40.1% dei giunti ascrivibili alla classe 6-20 ed i rimanenti ricadenti nelle classi 60-200 e 200-600, rispettivamente del 27.6% e del 32.3%. Per quanto riguarda la forma a grande scala il 60% dei dati circa è ascrivibile alla categoria "VIII" ed il rimanente 40% è equamente suddiviso nelle altre due categorie "V" e "II"; l'apertura media è di 3.6mm, con il 60% dei dati ricadenti in classe 0-0.5 ed un 30% circa invece esposti. Il 10% delle fratture risulta ossidato ed il 5% circa sia ossidato che carsificato, sono praticamente assenti invece i riempimenti (solo il 5%, composti da sassi); l'acqua è presente nel 10% delle fratture sotto forma di superfici umide e nel 5% come venute. Per quanto concerne il JRC circa il 50% dei giunti ricade nella categoria 2-4, con un picco secondario di circa il 35% ascrivibile invece alla categoria 4-6.

Sistema K4

Il sistema principale del sito, rappresentane il 36.7% delle misure raccolte ed analizzate, immergenti in direzione Nord Est e con inclinazione media di circa 52°. Si tratta di fratture a carattere persistente per circa il 57.4% dei casi, con un valore medio di circa 8.2m ed il 44.7% delle fratture ascrivibili alla classe 10-20, con un picco secondario del circa il 15% nella classe 3-10; la spaziatura media si attesta su valori di circa 1.6m, con oltre il 31.6% dei giunti ricadenti nella classe 60-200 ed un picco secondario appartenente alla classe 200-600 di circa il 26%. La forma a grande scala per il 75.5% è quasi equamente suddivisibile tra le categorie "V" e "VIII", l'apertura media si attesta sui circa 2mm, con circa il 56% delle discontinuità ascrivibili però alla classe 0-0.5 ed un 24.5% di fratture esposte. Limitata presenza di superfici ossidate, carnificate o una combinazione di entrambe le alterazioni (rispettivamente il 9.7%, il 4.2% e nuovamente il 4.2% dei dati esaminati). Il 13% circa dei giunti mostra riempimenti formati da terra e/o sassi, mentre l'acqua è stata rilevata sotto forma di patine umide nel 4.2% dei casi e come venute solo nell'1.1%; per quanto riguarda il JRC circa il 74.4% dei dati è equamente suddivisibile tra le categorie 2-4 e 4-6, con un picco secondario del 14.9% nella categoria 6-8.

Sistema K5

Sistema rappresentane il 10.6% dei dati raccolti, immergenti in direzione circa opposta a K3 (Sud Est) e con inclinazione media di circa 48°; sono fratture a carattere persistente nel 63% circa dei casi, con un valore di lunghezza medio di circa 8m ed il 55.6% delle misure esaminate ascrivibili alla classe 10-20, con un picco secondario del 33.3% nella classe 3-10. La spaziatura media è di circa 4.5m, valore più alto registrato nell'area d'indagine, con la maggior parte dei giunti ricadenti nelle classi 60-200, 200-600 e >600 (rispettivamente 39.8%, 29.2% e 27.5%); Per quanto riguarda la forma a grande scala oltre l'80% delle discontinuità è quasi equamente distribuito tra le categorie "V" e "VIII"; l'apertura media è di circa 0.1mm, quasi il 70% dei dati appartiene alla classe 0-0.5 ed il 25.9% risulta invece esposto. L'11% circa delle fratture presenta tracce di ossidazione, il 7.4% di carsismo e circa il 4% un unione delle due alterazioni; i riempimenti, così come l'acqua, risultano invece assenti. Il JRC è ascrivibile per

il 55.6% alla classe 4-6, con un picco secondario del 25.9% nella classe 2-4.

Sistema K6

Sistema con orientazione simile a K3 (immergente verso Nord Ovest), ma dotato di inclinazione media minore (circa 40°) e rappresentativo del 16.4% delle misure raccolte ed analizzate. Le fratture mostrano carattere persistente nel 59.5% dei casi e sub-persistente per il 30.9%, con un valore di lunghezza medio di circa 6.6m ed un 50% dei dati ascrivibile alla classe 10-20; la spaziatura media è di circa 2.1m, con due picchi principali del 24.6% e del 21.8% ricadenti nelle classi 200-600 e 60-200. Quasi il 60% dei giunti presenta una forma a grande scala di tipo "V", mentre i rimanenti ricadono per il 28.6% nella tipologia "VIII" e per il restante 14.3% nella tipologia "II"; l'apertura media è di circa 2.8mm, con il 64.3% delle discontinuità ascrivibili alla classe 0-0.5 ed il 21.4% risultato esposto. Il 15% circa delle superfici esaminate mostra segni di ossidazione e/o carsismo, mentre il 12% circa presenta riempimenti formati da terra o sassi. L'acqua è riscontrabile come patina umida nel 9.5% delle fratture; per quanto concerne il JRC il 57.1% dei dati appartiene alla categoria 2-4, con un picco secondario del 23.8% ascrivibile alla categoria 4-6.

Versi di Macchia

In corrispondenza degli stendimenti si sono effettuate delle misure del "verso di macchia" – S1; i range di variazione del sito di cava sono riportati nella tabella seguente:

Tabella 2

	RANGE IMMERSIONE	RANGE INCLINAZIONE
S1	45 - 90	40 - 65

5.3.3 – Caratteri strutturali di rilievo

Il rilievo geologico-strutturale ha evidenziato, come già precedentemente indicato, la presenza estesa di affioramenti appartenenti alla formazione dei *Marmi s.s.*.

Su base geometrica elemento dominante per la definizione delle "*Zone di omogeneità*" sono stati i parametri "*spaziatura*" e "*persistenza*".

Sulla base di questo sono state distinte 2 classi principali di omogeneità, definiti "*Dominio Strutturale 1: area produttiva o semiproduttiva dell'ammasso*", corrispondente alle aree strutturalmente più compatte dei marmi s.s. e "*Dominio Strutturale 2: cappellaccio-finimento*" corrispondente alle aree di cappellaccio, alle aree più fratturate (finimenti):

- "DOMINIO STRUTTURALE 1 - AREA PRODUTTIVA O SEMIPRODUTTIVA DELL'AMMASSO": esso comprende le aree del giacimento rappresentate dai piazzali e fronti scoperti da pregresse fasi di lavoro o in corso di lavorazione . Si distinguono, in particolare, il piazzale inferiore nel cantiere inferiore calacatta con il pavimento costituito dalla formazione dei *marmi s.s.* a q.ta 999m s.l.m., un piazzale intermedio posto a quota 1026 m s.l.m e l'area in corso di lavorazione nella parte superiore della cava e posta attorno alle quote di 1060/1070 m s.l.m. circa. Lo sviluppo della cava avverrà principalmente in corrispondenza nella parte superiore del cantiere (area cantiere superiore venato SW e area cantiere superiore venato SE) e nella parte superiore del cantiere inferiore calacatta. Lo sviluppo della cava nella fase II, prevede sul cantiere superiore venato SE, l'impostazione di uno futuro cantiere in galleria, tutto ciò in accordo con il mantenimento delle condizioni strutturali dell'ammasso.

- "DOMINIO STRUTTURALE 2 - CAPPELLACCIO-FINIMENTO": la parte corticale (capellaccio) è caratterizzata da un grado di fratturazione più elevato che limitatamente ad alcune fasce di maggior debolezza si sviluppa anche all'interno dell'ammasso produttivo (finimenti). Nella parte di

territorio in cui è ubicato il sito di interesse, l'intensa fatturazione impostata dalle fasi di deformazione fragile è stata acuita dall'azione crioclastica e dal dilavamento delle acque superficiali. L'andamento e lo spessore del cappellaccio e dei finimenti è ben osservabile lungo i fronti di cava residui. Lo spessore del cappellaccio, ove presente, si mantiene su spessori non superiori ai 2m/3m al di sotto del quale l'ammasso risulta avere caratteristiche migliori.

Per quanto riguarda le fasce di finimento principali, queste sono state riportate all'interno della Carta della fratturazione allegata al progetto (Tav. 9), così come gli aggetti rimasti in loco a seguito dell'attività passata.

A completamento di questo paragrafo, si fa riferimento alle scelte progettuali conseguenti alle condizioni strutturali del sito.

Per quanto riguarda il cantiere calacatta inferiore il carattere di maggior rilievo dal punto di vista strutturale è rappresentato dalla presenza di un tratto aggettante derivato dalla scopertura di una serie di fratture ad alta persistenza (>50m) orientate circa NNE-SSW con immersione ad W. Le inclinazioni medie risultano intorno ai 70°-80°, il sistema di riferimento è il K2. La disposizione di queste discontinuità, tutte sub-parallele tra loro, ricorda quella di *un mazzo di carte* inclinato di circa 70° con immersione a W, ed in cui ogni elemento risulta autoportante ed incastrato all'interno dell'ammasso.

In particolare sono individuate tre discontinuità principali (A,B e C in Tav.9) che caratterizzano questa porzione e che attraversano l'area.

Nel rilievo in parete sono state verificate le discontinuità che con immersione a N-NW tagliavano le strutture principali sopra descritte. Tali discontinuità presentavano immersione in direzione N-NW, risultando scrivibili al sistema K3, definendo comunque volumetrie "incastrate" all'interno dell'ammasso in direzione NW e continue in direzione N-S.

In base a quanto rilevato, il fronte attuale viene ripreso dall'alto in maniera tale da eliminare gli aggetti presenti nei primi 5 anni di lavorazione e riprendere l'attuale fronte mediante una coltivazione a cielo aperto a gradoni discendenti.

Per quanto riguarda il cantiere superiore Venato gli elementi strutturali di rilievo di quest'area sono rappresentati da una serie di fratture ad elevata persistenza (>50m) che immergono verso E-NE con inclinazione da 50° a 60°, ben visibili sull'intera tecchia e sulle prosecuzioni all'interno dell'ammasso, ascrivibili ai sistemi K1b e K4.

Una serie di fratture ascrivibili a questi sistemi sono presenti inoltre nella porzione superiore della tecchia, ma con persistenza più limitata.

Le lavorazioni condotte in passato e che hanno determinato la tecchia esistente, hanno di fatto caratterizzato tutto il lato orientale dell'anfiteatro presente, in cui oltre ad una serie di discontinuità sono presenti aree caratterizzate da botte da mina, usate per la realizzazione dei canali atti al passaggio dei montanti per il filo elicoidale.

I canali inoltre sono stati realizzati sia in corrispondenza di fratture ad elevata persistenza che in corrispondenza di aree di finimento.

Anche in questo caso, vista l'altezza dell'attuale tecchia, le lavorazioni di concentreranno nella parte superiore del giacimento mediante una coltivazione prevalentemente a cielo aperto a gradoni discendenti.

Per quanto riguarda gli ingressi del sotterrano che saranno sviluppati entro i primi 5 anni sul cantiere venato superiore, saranno realizzati ad oltre 30 metri di distanza dall'attuale fronte del cantiere ma da una prima analisi, il loro posizionamento non pare interferire con le strutture principali rilevate.

Per un inquadramento strutturale a grande scala si rimanda, oltre che alla Tavola 9, anche alla Carta geologica allegata (Tav. 3).

5.3.4 – Classificazione dell'ammasso roccioso

In questo paragrafo si procede alla caratterizzazione dell'ammasso secondo il metodo di

Bieniawski (1989) ed il GSI (Geological strenght - Index-Hoek&Brown, 2002), sulla base dei dati geostrutturali e delle osservazioni condotte durante la campagna d'indagine nell'area di interesse ed in un interno significativo.

Poiché nel Dominio 1 è stato possibile procedere ad un rilevamento di dettaglio dei dati strutturali, vista la migliore accessibilità e la presenza di fronti aperti, si procederà a determinare le classi di appartenenza di questo per poi declassare il Dominio 2 in funzione delle osservazioni e dei dati generali rilevati durante la campagna di indagine.

CLASSIFICAZIONE DI BIENIAWSKI (Indice RMR, 1989):

Il metodo consiste nell'assegnare un valore (indice RMR) risultante dalla sommatoria di cinque indici stimati in relazione alle caratteristiche dell'ammasso roccioso e delle discontinuità che lo caratterizzano e riferite al peso statistico di ogni sistema. Il valore di base detto anche BRMR (basic RMR) viene poi corretto in funzione dell'orientazione esistente tra fronti principali e sistemi di discontinuità. La sommatoria del BRMR con questo indice finale fornisce l'RMR (Rock Mass Rating) che viene raffrontato a cinque classi di qualità dell'ammasso (Tabella 3 e 4).

Per la determinazione di RQD in mancanza di dati sperimentali relativi a carotaggi si è utilizzata la correlazione che fa uso del numero di giunti a mc, JV, con l'espressione modificata da Palmström (1995):

$$RQD\% = 110 - 2.5Jv$$

con

$$J_V = \frac{1}{S_1} + \frac{1}{S_2} + ... + \frac{1}{S_n} = 3.5$$

dove S1…Sn spaziature dei vari sistemi di discontinuità del sito; da cui RQD=0 per Jv >44 e 100% per Jv <2.5. Questa formula ha fornito:

- nel caso del Dominio Strutturale 1 un valore prossimo al 100%, in considerazione di un Jv stimato in 3,5;
- nel caso del Dominio Strutturale 2 ha fornito un valore di RQD pari al 40%, in considerazione di un Jv stimato in 14.

FOSSA DEI TOMEI - DOMINIO 1 (MARMO)

	PARAMETRO	**Valori riscontrati**	**INDICE RMR**	**Note**
1	*Resistenza roccia*	*80-100MPa*	*9*	*Valore medio relativo ad una resistenza monoassiale di 90MPa*
2	*RQD*	*100%*	*18*	*Valore cautelativo pari a 90% sebbene la stima con Jv fornisca un valore superiore*
3	*Spaziature giunti*	*Valore mediato*	*Vedi Tab. 7*	*Il range è riferito ai valori di spaziatura dei sistemi persistenti*
4	*Condizione dei giunti*	*Lunghezza, Apertura, Rugosità, Riempimento, Alterazione*	*Vedi Tab. 7*	*Il range è riferito ai valori dei sistemi persistenti*
5	*Condizioni idrauliche*		*Vedi Tab. 7*	
		Totale somma voci 3-4-5	*48*	*Risultato elaborazione Tab.7*
	BRMR	***Valore stimato***	***75***	
	Corr. Orient. Giunti		*-8*	*Risultato elaborazione Tab.8*
	RMR	***Valore stimato***	***67***	

Tabella 3: valore di BMR DOMINIO 1: assegnazione dei parametri di Beniawski, 1989.

Dalla tabella 3 si evince che l'area è ascrivibile alla classe "buona" di Bieniawski (1989).

FOSSA DEI TOMEI - DOMINIO 2 (FINIMENTO-CAPPELLACCIO)

	PARAMETRO	***Valori riscontrati***	***INDICE RMR***	***Note***
1	*Resistenza roccia*	*80-100MPa*	*9*	*Valore medio relativo ad una resistenza monoassiale di 90MPa*
2	*RQD*	*40%*	*6*	*Valore cautelativo pari a 25% sebbene la stima con Jv fornisca un valore superiore*
3	*Spaziature giunti*	*Valore mediato*	*Vedi Tab. 7*	*Il range è riferito ai valori di spaziatura dei sistemi persistenti*
4	*Condizione dei giunti*	*Lunghezza, Apertura, Rugosità, Riempimento, Alterazione*	*Vedi Tab. 7*	*Il range è riferito ai valori dei sistemi persistenti*
5	*Condizioni idrauliche*		*Vedi Tab. 7*	
		Totale somma voci 3-4-5	*33*	*Risultato elaborazione Tab.7*
	BRMR	***Valore stimato***	***48***	
	Corr. Orient. Giunti		*-8*	*Risultato elaborazione Tab.8*
	RMR	***Valore stimato***	***40***	

Tabella 4: valore di BMR DOMINIO 2: assegnazione dei parametri di Beniawski, 1989.

Dalla tabella 4 si evince che l'area è ascrivibile alla classe "discreta" di Bieniawski (1989), al limite con la classe "scadente".

CLASSIFICAZIONE DI HOEK-KAISER-BAWDEN (Indice GSI, 1995-2002):

Questa classificazione fornisce un sistema per valutare la riduzione della resistenza dell'ammasso in funzione delle differenti condizioni geologiche in cui si trova lo stesso.

Delle versioni elaborate è stata usata l'ultima, che utilizza la tabella modificata da Sonmez-Ulusay (1999), Tabella 12, che permette di dare un valore numerico ai parametri "condizione strutturale" (SR) e "condizione delle discontinuità" (SCR), in maniera meno soggettiva rispetto alla semplice descrizione basata sulle precedenti tabelle. La stima del parametro SR è basata sul numero di discontinuità per mc di roccia (Jv), mentre l'indice SCR parte dalla stessa base relativa alla valutazione delle condizioni delle discontinuità per la stima dell'indice RMR di Bieniawski.

Per il DOMINIO 1 sono stati stimati dei valori di Jv (joints/mc) di 3.5 corrispondenti ad un SR = 72; con un valore di SCR pari a 12.4, Tabella 11. Entrando con tali valori all'interno della tabella 12 sopra richiamata si è stimato un valore di GSI uguale a 60.

Si ricorda inoltre che una stima del valore di GSI si può ottenere anche dal valore di BRMR, con la seguente espressione:

GSI = BMR89 – 5 = 75 – 5 = 70

che fornisce un valore di GSI = 70**;** in considerazione del valore stimato per via diretta con le tabelle degli autori e del valore ricavato dal BMR si ritiene che sia utilizzabile un valore cautelativo di **GSI=60**

Questo corrisponde ad un ammasso con struttura "fratturata- a blocchi" e con condizioni delle discontinuità "discrete".

Per il DOMINIO 2 sono stati stimati dei valori di Jv (joints/mc) di 14 corrispondenti ad un SR = 40; con un valore di SCR pari a 8,7,. Entrando con tali valori all'interno della tabella 12 sopra richiamata si è stimato un valore di GSI uguale a 35.

Si ricorda inoltre che una stima del valore di GSI si può ottenere anche dal valore di BRMR, con la seguente espressione:

GSI = BMR89 – 5 = 48 – 5 = 43

che fornisce un valore di GSI = 43**.** In considerazione del valore stimato per via diretta con le tabelle degli autori confrontato con il valore ricavato dal BMR e considerato quanto visibile in affioramento, si ritiene che sia più prudenziale un valore di **GSI=35**

Questo corrisponde ad un ammasso con struttura "ammasso disturbato tettonicamente" e con condizioni delle discontinuità "scadenti/discrete".

5.3.5 – Stima dei parametri di resistenza dell'ammasso roccioso

Per la definizione della legge di comportamento dell'ammasso roccioso si fa riferimento al criterio di rottura di HOEK-BROWN.

A partire dall'inviluppo di resistenza curvilineo (piano σ-τ) è possibile definire, un angolo di attrito interno ed una coesione equivalenti, rappresentativi di un ipotetico inviluppo di Mohr-Coulomb, ottenuto con una retta tangente all'inviluppo curvilineo.

L'elaborazione dell'inviluppo di Hoek e Brown e del relativo inviluppo di Mohr-Coulomb per l'ammasso sono state effettuate utilizzando il programma di calcolo ROCKLAB 1.0 (versione 2002) della Rocscience Inc.(Toronto).-

L'elaborazione dei dati si differenzia da quella precedente (anno 1997) sostanzialmente per l'introduzione di un nuovo parametro, chiamato "fattore disturbo - D" che tiene conto delle caratteristiche di disturbo indotte dalle operazioni di scavo. In particolare il parametro D varia da un minimo di zero, caso di ammassi non disturbati o con disturbo minimo, ad un massimo di 1 (caso di massimo disturbo, per esempio uso massiccio di esplosivo). Per l'assegnazione del valore di tale parametro si deve inoltre considerare la finalità dell'opera a cui si sta lavorando: se per esempio si tratta di una galleria, o dello studio di stabilità di una parete rocciosa.

Premesso ciò, i parametri utili per la definizione delle caratteristiche di resistenza dell'ammasso necessari per poter operare con il criterio di Hoek&Brown sono rappresentati da:

- valore di σci (sigci) resistenza a compressione uniassiale della roccia intatta: 100 MPa;
- valore di **GSI** (Geological Strenght Index, prima definito);
- parametro adimensionale "**mi**" tabellato in funzione del tipo di roccia oggetto di indagine, per il marmo 9±3: valore adoperato 9;
- fattore disturbo "D", posto uguale a 0.0 (scavo completamente mecanizzato).

Si riporta di seguito l'espressione matematica della legge di comportamento di Hoek&Brown, utilizzata dal programma RocLab per la valutazione dei parametri di resistenza:

$$\sigma 1 = \sigma 3 + \sigma ci(m (\sigma 3/\sigma ci)+s)^{a} \quad (1)$$

con:

- $\sigma 1$ tensione principale massima;
- $\sigma 3$ tensione principale minima;
- $m = mi\ e^{(GSI - 100)/(28-14D)}$ ed mi tabellato in funzione del tipo di roccia, nel caso del "marmo" si assumerà mi=9;
- $s = e^{(GSI - 100)/(9-3D)}$
- $a = ½ + 1/6\ (e^{(-GSI/15)} - e^{(-20/3)})$

mentre nella (1) *σci* la resistenza a compressione semplice della matrice rocciosa, posta pari a 100MPa.

Sostituendo nelle espressioni sopra i valori di GSI si ottengono i valori per m e per s che sono utilizzati per derivare la **resistenza a compressione semplice dell'ammasso**; imponendo quindi *σ3* = 0 (confinamento nullo) l'espressione assume la forma:

$$\sigma cm = \sigma ci(s)^a = \sigma ci \sqrt{s}$$

con il valore di *a* che può essere approssimato a 1/2.

Per **la resistenza a trazione** il criterio utilizza la seguente espressione:

$$\sigma tm = (s\ \sigma ci) / m$$

Per **il modulo di deformabilità** l'espressione usata dal programma è la seguente:

$$E\ (GPa) = (1-D/2)\ 10^{((GSI-10)/40)} \text{ per } \sigma ci \geq 100MPa$$

Quindi imponendo nel programma citato (o semplicemente sostituendo nelle espressioni sopra) i valori stimati si possono ottenere al variare di questi in funzione dei differenti domini strutturali, i relativi parametri di resistenza richiesti.

Tabella 5 - Dominio 1 Marmo, GSI= 60

PARAMETRO AMMASSO	VALORE STIMATO
Resistenza a compressione σ_{cm}	9.631MPa
Resistenza globale	18.770MPa
Resistenza a trazione σ_{tm}	-0.490MPa
Modulo di deformazione E	16870.24MPa

Tabella 6 - Dominio 2, GSI= 35

PARAMETRO AMMASSO	VALORE STIMATO
Resistenza a compressione σ_{cm}	2.167MPa
Resistenza globale	10.607MPa
Resistenza a trazione σ_{tm}	-0.074MPa
Modulo di deformazione E	4000.56MPa

Nelle figure 9-10 sono riportati gli inviluppi delle curve di resistenza e delle rette tangenti ottenute come inviluppo alle curve di Hoek&Brown utilizzando il criterio di rottura di Mohr-Coulomb; l'andamento della retta determina angolo di attrito e coesione secondo la legge di comportamento di Mohr-Coulomb in termini di angolo di attrito e coesione caratteristici dell'ammasso.

6.0 – CARATTERISTICHE GIACIMENTOLOGICHE

6.1 – Inquadramento generale

Per il giacimento in studio l'elemento strutturale più importante è l'anticlinale del M. Pallerina a nucleo di marmo che, all'ingresso della valle di Arnetola, si immerge a "*tête plongeante*" verso NNE sotto le formazioni sovrastanti. In questa zona il marmo raggiunge il suo massimo spessore, probabilmente anche per sovrapposizioni successive, mente verso Sud, in direzione delle cave Campo Fiorito, Pallerina fino a Borella il livello di marmo comincia a ridursi.

Il fianco diritto dell'anticlinale è laminato e il marmo viene a diretto contatto con gli Scisti sericitici, che delimitano unitamente alla formazione dei Diaspri, il giacimento marmifero in posizione orientale.
Dal punto di vista strutturale la forma chiusa di questi affioramenti marmiferi corrisponde a culminazioni di anticlinali di *sheath folds* e l'interferenza di queste pieghe con la deformazione tardiva produce strutture di difficile interpretazione e rappresentazione.

La scistosità di prima fase immerge generalmente verso NE in tutti gli affioramenti marmiferi del bacino con valori variabili riscontrati nella campagna di indagine condotta da 35° fino oltre i 70°. Gli assi delle pieghe rilevati in loco presentano immersioni nel quadrante nordoccidentale.

Vista comunque l'estensione dei *marmi s.s.* che coprono pressoché tutta l'area di interesse, e lo sviluppo del presente progetto, si ritiene che il giacimento possa avere una vita residua di oltre un ventennio anche dopo il completamento delle attività previste in questo piano, che per limiti volumetrici imposti dal PABE, prevede uno sviluppo contenuto e finalizzato soprattutto ad esplorare al meglio l'area disponibile.

La fratturazione del giacimento, come riportato anche nel paragrafo specifico 5.3 "*Inquadramento geologico-geostrutturale*" e limitatamente all'affioramento dei marmi s.s., sulla base dei rilievi condotti sia sugli affioramenti presenti che in corrispondenza di vecchi saggi, si prevede sia tale da consentire la produzione di blocchi e informi commercializzabili. Infatti, si è osservato dagli studi strutturali che i valori di *spaziatura media* dei vari sistemi sono tutte ampiamente superiori al metro con valori che arrivano in certi casi a superare i 2m. Queste condizioni, ovviamente, dovranno essere oggetto di ulteriore e più specifica verifica dopo le fasi di apertura e scopertura parziale del giacimento che porteranno allo sviluppo dei cantieri come da progetto.

L'osservazione delle tabelle sulle caratteristiche fisico-meccaniche e geometriche delle discontinuità rilevate permette di asserire, visto i valori di spaziatura medi dei vari sistemi, che nei cantieri della cava (intesa come area omogenea "estrattiva") si possono escavare blocchi di discrete/buone dimensioni. Ciò è confermato anche dal valore di SR (Structure Rating) stimato per il cantiere produttivo pari a 70. Questo parametro trae infatti origine dalla combinazione delle spaziature dei sistemi rilevati ed è un indicatore del potenziale volume medio del blocco.

La qualità merceologica del materiale riscontrato in loco (ordinari grigio chiaro fino a venatini, passate di arabescato e nella porzione NW affioramento di marmi calacatoidi) permette inoltre, per certe varietà, di commercializzare anche volumetrie più limitate o con difettosità tali da poter essere resinate per mantenere la struttura del blocco, condizione che potrà portare ad un incremento generale della resa.

Ritornando sulla potenzialità del giacimento, questo potrà essere sfruttato con una tempistica ben superiore a quanto previsto dal presente progetto (10 anni) così come evidenziato dalle sezioni geologiche, dalle quali emerge chiaramente la potenza del livello marmoreo ricompreso nell'area in disponibilità.

6.2 – Stima del blocco unitario- Vb

L'analisi dei valori di spaziatura dei sistemi rilevati, seppur con le limitazioni indicate in precedenza, ha permesso di compiere una stima del blocco medio unitario, parametro che in via generale può essere ricondotto alla condizione di escavabilità del sito ai fini ornamentali (*n.b. condizione solo geometrica e non estetica*).

Per questa stima si ricorda che in letteratura sono indicate varie formule, le quali partono o dai valori di spaziatura dei vari sistemi di discontinuità o dal blocco medio, entrambi ricavati con il rilievo strutturale in sito.

Una delle espressioni più note e utilizzate per la sua semplicità è la seguente, che viene preferita in questa fase in conseguenza dei limiti della campagna di indagine come sopra descritta:

$$V_b = S_a^{\ 3}$$

dove Sa è il valore medio di spaziatura dei sistemi rilevati nel sito in metri e Vb il volume in metri cubi.
Queste valutazioni della potenzialità del giacimento si riferiscono all'ammasso produttivo e non possono ovviamente essere applicate alle aree di finimento o alle aree di cappellaccio causa l'intensa fratturazione ed alterazione. Sono quindi un possibile riferimento da applicarsi alla condizione di

giacimento in via di sfruttamento.

Il valore di spaziatura media è ottenuto come descritto in vari testi di geomeccanica semplicemente come la media aritmetica delle spaziature (in questo caso *spaziature medie*):

$$S_a = (S_1 + S_2 + ... + S_n)/n$$

In prima ipotesi, così da avere un dato di riferimento che necessariamente andrà tarato sulla casistica reale una volta aperto ed iniziato lo sfruttamento del giacimento, applicando la formula sopra che assegna lo stesso peso alle spaziature dei sistemi rilevati nello studio condotto (limite del metodo), si è stimato un valore di S_a pari a 2,26m ed un valore medio per *blocco* di circa 11,5m^3 (30-31Tons).

A questo approccio teorico, segue quello più diretto, derivante dal confronto in cava dei volumi medi delle produzioni ottenute, che in parte confermano le risultanze sopra, ad eccezione dell'ultimo periodo che ha visto la Società impegnata negli interventi di sviluppo della viabilità di progetto e nella apertura del giacimento nella parte soprastante il sito (cantiere superiore). Queste fasi sono state sviluppate in corrispondenza delle porzioni più superficiali del giacimento, caratteristicamente più difettose, e pertanto hanno evidenziato volumetrie in generale commerciabili ma ascrivibili prevalentemente alla varietà degli informi e semiblocchi con netta evidente riduzione rispetto al valore sopra, con medie tra i 3,5 ed 5mc. Al momento della stesura della presente relazione, l'attività di allargamento ha iniziato a fornire volumetrie superiori, in conseguenza del fatto che l'escavazione sta spostandosi verso l'interno dell'ammasso, in aree a minor fratturazione.

6.3 – Stima della resa media del giacimento

La valutazione della percentuale di resa al monte (materiale commerciabile su escavato totale) nel giacimento deve tenere conto di più fattori che concorrono alla sua determinazione:

- in considerazione che la cava risulta attiva, una prima indicazione potrà venire dai dati pregressi che indicano per il sito valori di resa media da oltre il 25 al 30 % sull'escavato;

- lo stato di fratturazione e la spaziatura dei vari sistemi, sintetizzata in parte nella stima del blocco unitario, che come visto al paragrafo precedente presenta valori buoni;

- la necessità di sviluppare il giacimento anche in aree non oggetto di pregresso sfruttamento, e quindi con necessità di rimuovere aree parzialmente improduttive per la condizione di fratturazione (livello cappellaccio – comunque limitato) e per il tipo di alcuni interventi (tracciamento viabilità);

- la condizione logistica che consente di operare senza confinamenti laterali o con presenza di tecchie eccessive soprastanti i fronti di scavo e con accesso già esistente;

- la scelta operativa di una escavazione in galleria che consentirà anche con varianti al progetto di condottare l'escavazione verso aree di miglior valenza merceologica, seppur con le limitazioni di una escavazione di questo tipo.

In considerazione degli interventi previsti dal seguente progetto, suddiviso per fasi, tra cui la prima e la seconda che coprono i primi 5 anni di intervento, mentre la terza e la quarta i secondi cinque anni, si presume di ottenere, in funzione dei lavori da sviluppare e comprensiva del 5% di lavori improduttivi complessivi nei 10 anni, una resa media complessiva per gli interventi a cielo aperto e in sotterraneo superiore al 26% per i primi 5 anni e di circa il 30% per i successivi.

Considerato che la cava ha riaperto nel 2017, tali valori presunti per il progetto sono in linea con quanto ottenuto nel periodo 2018, resa del 27%, e 2019, resa del 30%. Si assisterà nell'anno in corso a rese inferiori, in conseguenza dell'attività di realizzazione della viabilità di accesso ai cantieri superiori, condotta prevalentemente sulle aree di cappellaccio.

Questi rimangono valori indicativi, sebbene si abbia in parte il conforto delle annualità precedenti,

che verranno tarati con la valutazione/verifica annuale dei lavori da effettuare a fine anno come previsto dalla LR n°35/2015 art. 25, e che comunque devono essere riferibili a periodi pari a un quinquennio dove potranno essere man mano riassorbiti gli interventi parzialmente improduttivi o con rese inferiori iniziali dovute alle fasi di strutturazione ed impostazione della coltivazione, come già sta accadendo per il progetto di variante in esecuzione.

6.4 - Il Materiale

Il materiale oggetto di escavazione, come già ricordato ai paragrafi precedenti, è rappresentato dalla formazione dei *marmi s.s.*.

Il sito oggetto di studio rispecchia quanto descritto al paragrafo 6.1: la progressione delle fasi deformative sinmetamorfiche ha portato alla sovrapposizione, talvolta con laminazione, delle varie tipologie cromatiche all'interno dei marmi che definiscono la classe merceologica del materiale stesso, così da creare orizzonti diversi all'interno di uno stesso sito estrattivo e delle stessa formazione.

Nell'area esaminata si rilevano le seguenti varietà marmoree per la cui definizione e stata utilizzata la terminologia tratta dalla CARTA GIACIMENTOLOGICA DEI MARMI DELLE ALPI APUANE (C.G.T., 2007); si riportano i materiali individuati nell'area in oggetto:

MARMO ORDINARIO:

Marmi venati e omogenei tipo C, C/D e D: *Marmi a grana fine o mediogrossa, di colore bianco perlaceo fino a grigio-chiaro, in genere piuttosto omogenei o variamente punteggiati da macchie grigie più o meno ampie e sfumate dovute e presenza di pirite microcristallina. Raramente si osservano irregolari trame di vene di colore grigio chiaro o scuro.*; marmo di buon pregio commerciale, affiora nella maggior parte dell'area in concessione ed all'estremita occidentale della stessa, a contatto con i Calcari Selciferi.

Marmi grigi e Bardigliacei: *Marmi di colore da grigio chiaro a grigio scuro attraversati da vene grigie più chiare o più scure. Il colore scuro più o meno uniforme dell'insieme è dato da pirite microcristallina e/o pigmento carbonioso. Non di rado sono presenti masse e/o strati dolomitici più o meno regolari continui e livelli ocracei con pirite*; localmente, quando la componente piritica diventa dominante, il marmo assume la colorazione grigio scura del Bardiglio caratterizzato da micropigmentazione carboniosa: marmo di buon pregio commerciale, affiora ad est dell'area di concessione.

Marmo arabescato - Metabrecce e clasti eterometrici di marmo immersi in una matrice a composizione prevalentemente calcarea di colore dal grigio piu o meno scuro al verde scuro. La matrice e in genere nettamente subordinata alla frazione clastica ed e cartterizzata da locali arricchimenti in pirite microcristallina, fillosilicati, dolomite, quarzo, et..., sempre in quantita accessorie rispetto alla calcite. E' presente nella parte centro-occidentale della concessione, in adiacenza ai marmi calacattoidi, oltreche in limitate lenti sul fronte di escavazione attuale.

Marmi "calacatoidi" – metabrecce a clasti marmorei bianco-giallastri o bianchi, immersi in una matrice di composizione prevalentemente calcarea con una colorazione giallo-ocra; tali marmi erano stati individuati come brecce rosse nella carta giacimentologica dei marmi delle alpi apuane. Questa merceologia e presente in prossimità del contatto con i Calcari Selciferi nella parte occidentale dell'area in concessione.

In allegato si riportano le Tabelle A e B con le caratteristiche Fisico meccaniche e con le caratteristiche chimico-mineralogiche delle due varietà principali.

Per quanto riguarda la percentuale di materiale non commerciabile, si riferisce che il materiale che non viene ceduto come blocchi, semiblocchi ed informi da trasformare negli opifici locali o dell'area Apuo-versiliese, è inquadrato nel presente progetto ai sensi della L.R. n°35/2015 come "derivato dei materiali da taglio".

La ripartizione come quantitativi, in via del tutto presuntiva, tra derivati dei materiali da taglio da inviare alla trasformazione (frantoi, riempimenti, inerti per calcestruzzi, etc.) e dei derivati che rimarranno in posto per gli interventi di ripristino ambientale, sono illustrate nella relazione tecnica

esplicativa del piano di lavoro a cui si rimanda per maggiori dettagli, riprendendo dal paragrafo precedente le rese generali stimate con i dati attuali in disponibilità e quelli stimati per il presente progetto.

7.0 – CARATTERISTICHE MINERALOGICHE DEL MATERIALE ESTRATTO

La composizione mineralogica del materiale che verrà escavato nella cava Fossa dei Tomei, come riportato nelle Tabelle A e B allegate, esclude la presenza di minerali che possano comportare rischi per la salute pubblica e dei lavoratori. La composizione media del materiale estratto, da dati di bibliografia, è rappresentata per oltre il 90% da carbonato di calcio ($CaCO_3$).

Inoltre anche i processi di estrazione che si attuano in cava sono del tutto meccanici e non comportano uso di prodotti chimici o procedimenti di natura fisico-meccanica necessari per poter estrarre il minerale o per lavorazioni particolari.

8.0 - CARATTERI IDROGRAFICI ED IDROGEOLOGICI

8.1 – Caratteri generali

L'area in oggetto è soggetta a vincolo Idrogeologico (R.D.L. n° 3267 del 1923).

La rete idrografica nell'area non è molto sviluppata, benchè la zona sia una delle più piovose d'Italia e questo a causa della prevalente natura calcarea delle rocce presenti sui versanti della valle.

Il fondovalle è attraversato dal torrente Tambura che ha una portata di una certa consistenza solo in corrispondenza dei periodi più piovosi, mentre negli altri periodi l'acqua viene assorbita dai depositi morenici e alluvionali presenti sul fondovalle.

I versanti della valle sono pressoché privi d'acqua, soprattutto il versante in sinistra idrografica, salvo qualche piccola sorgente con portata limitata e irregolare; sul versante in destra idrografica e la parte meridionale della vallata, grazie alla presenza di rocce scistose e di una buona copertura vegetale sono invece presenti alcune sorgenti sempre di portata limitata ma piuttosto continue nell'arco dell'anno.

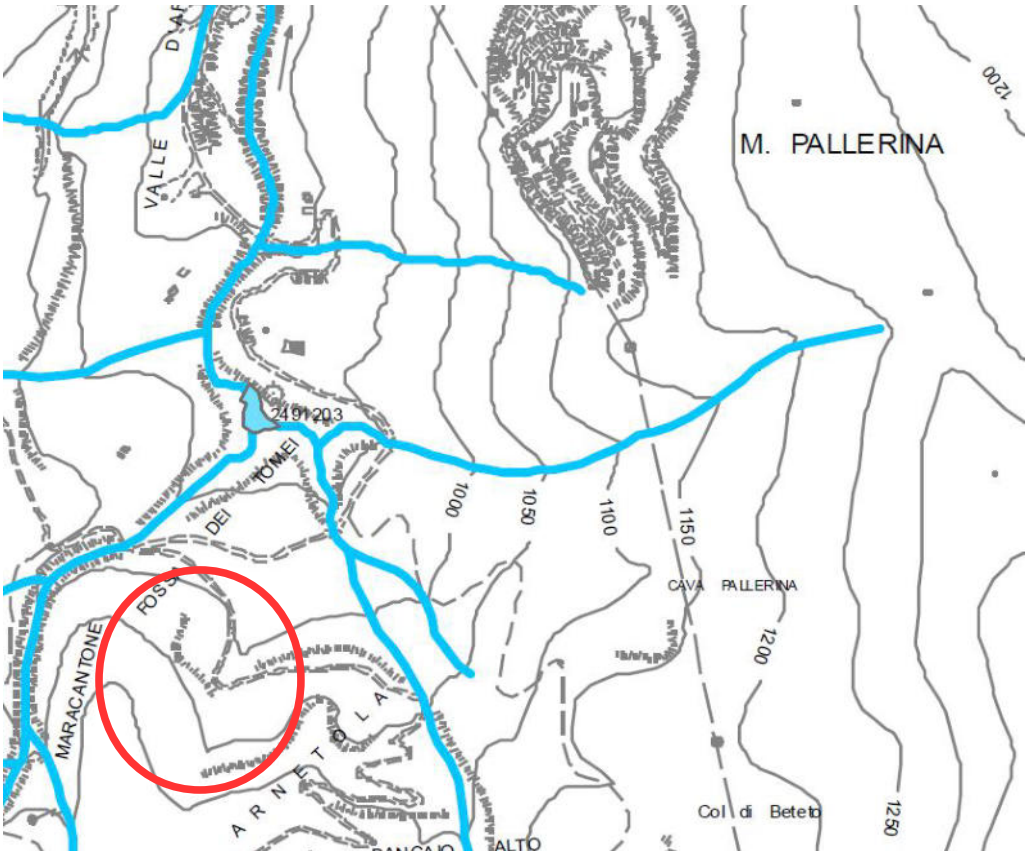


Figura 2: Stralcio della Carta reticolo idraulico e idrografico dell'Autorità di Bacino del Fiume Serchio Tavola 9.04, scala 1:25 000.

Come già affermato, l'area essendo posta in un contesto montano, per quanto riguarda le carte dell'Autorità di Bacino pilota del Fiume Serchio, non ricade nelle aree a pericolosità idraulica elevata.

Si rileva, inoltre, che in prossimità della Cava Fossa dei Tomei, non è presente alcun corso d'acqua; i corsi d'acqua sono posti ad una distanza tale da non interferire con il presente progetto.

Dal punto di vista idrogeologico, l'area rispecchia la permeabilità e la struttura delle formazioni presenti; queste sulla base del tipo e grado di permeabilità sono state distinte in Tavola 5, Carta Idrogeologica, scala 1:5000 e Tavola 6, Sezioni Idrogeologiche, scala 1:2000.

I litotipi rappresentati possono essere suddivisi sotto l'aspetto idrogeologico in:

Litotipi permeabili per porosità: questa porosità detta anche "primaria" è caratteristica dei litotipi incoerenti, in cui esistono dei vuoti fra i granuli. Tra le formazioni presenti permeabili per porosità si ricordano:

Depositi detritici / ravaneti: questi accumuli detritici, sia artificiali che di versante, sono permeabili per porosità, in quanto incoerenti e costituiti da elementi a spigoli vivi, con ampia variazione granulometrica. Nei ravaneti non si riscontra la presenza di falda idrica, perché le acque meteoriche infiltratesi ed ivi circolanti vengono assorbite direttamente dal substrato calcareo, permeabile per fratturazione e carsismo. La velocità di infiltrazione all'interno del substrato dipende dalla quantità di materiale fine presente nel corpo detritico.

Litotipi permeabili per fratturazione e carsismo: la permeabilità per fratturazione è legata alla presenza negli ammassi rocciosi di fessure. Il sistema più o meno continuo che esse formano determina il grado di permeabilità per fessurazione, proprietà acquisita e legata per lo più a fratture generate da sforzi tettonici. Dove la composizione dell'ammasso è favorevole, queste fratture possono essere allargate da fenomeni chimico-fisici che portano a processi di dissoluzione con formazioni di cavità beanti. In particolare, il processo carsico, si verifica quando l'acqua circolante all'interno delle discontinuità si trova in condizioni di pressione e temperature idonee alla dissoluzione della roccia.

Tra le formazioni presenti si riconoscono i seguenti gradi di permeabilità, come indicato nell'allegato 7a del CISS – CGT, e riportato in dettaglio nella carta idrogeologica, Tavola 6:

Rocce ad alta permeabilità – classe V: rientrano in tale classe le formazioni dei marmi s.s., la cui composizione carbonatica prevalente consente ai fluidi di passaggio di esercitare processi chimici tipici determinandone localmente un rilevante sviluppo;

Rocce a medio-alta permeabilità – classe IV: rientrano in questa classe i calcari selciferi, nei quali alcuni livelli (siliceii) risultano non aggredibili come i calcari puri dalle acque circolanti, pertanto la loro permeabilità risulta ridotta rispetto ai precedenti, anche se presentano un grado medio legato sia a fratturazione che a fenomeni carsici;

Rocce a medio-bassa permeabilità – classe II: rientra in questa classe la formazione dei Diaspri. Queste formazioni presentano una limitata permeabilità derivante essenzialmente dallo stato di fratturazione; in queste formazioni non si sviluppa il fenomeno del carsismo ed inoltre il materiale di alterazione sovente di tipo impermeabile tende ad ostruire le fratture;

Rocce a bassa – molto bassa permeabilità – classe I : rientrano in questa classe le formazioni degli Scisti Sericitici può essere considerata come un livello impermeabile.

8.2 – Permeabilità dell'ammasso in esame

La permeabilità di un ammasso roccioso è in funzione della intensità e delle caratteristiche di fratturazione presenti, oltre che, per gli ammassi di natura calcarea, del carsismo.

Come è ovvio, la permeabilità risulterà maggiore in corrispondenza delle fratture che presentano maggior apertura e delle aree caratterizzate da una concentrazione della fratturazione (aree di finimento) o da evidente sviluppo del carsismo, condizione quest'ultima non contemplata nell'area studiata.

La presente stima è stata effettuata quindi partendo dalle caratteristiche geomeccaniche dell'ammasso (vedi paragrafi seguenti).

In particolare è stata impiegata la seguente formula:

$$Ki = ge^3/12vb$$

Ki= permeabilità del sistema iesimo considerato;
g = accelerazione di gravità (981 cm/sec^2);
e = apertura media del sistema in cm;
v = viscosità cinematica dell'acqua alla Temp. di 20°C pari a 0.0101 cm^2/sec;
b = spaziatura media del sistema in cm;

che permette di stimare la permeabilità del sistema in oggetto.

La stima del valore di permeabilità medio dell'ammasso studiato, sarà data dalla sommatoria dei valori calcolati per i singoli sistemi:

$$Km = \sum Ki$$

Utilizzando i dati fisico-meccanici riportati nelle tabelle allegate e riferite ad ogni sistema, si ottengono i seguenti valori di permeabilità media dell'ammasso in esame:

SISTEMA	PERMEABILITA' K in cm/sec
K1	0,04
K2	0,03
K3	0,02
K4	0,00045
K5	0,00000001
K6	0,0008
Ktmedio Ammasso	**0,02**

Sebbene l'esecuzione di queste stime abbia solo scopo d'indicatore generale, le valutazioni eseguite sono confrontabili.

Si può senz'altro asserire che l'ammasso mediamente presenta un valore di permeabilità di grado medio-basso, con valori più alti nelle aree superficiali più intensamente fratturate (*finimenti e cappellaccio*) e valori minimi (o nulli) in corrispondenza delle aree più massive e meno fratturate.

Grado di permeabilità	Alto	Medio	Basso	Molto basso	Impermeabile
Valore di K [m/s]	$> 10^{-3}$	10^{-3}-10^{-5}	10^{-5}-10^{-7}	10^{-7}-10^{-9}	$<10^{-9}$

Si ricorda che i valori stimati non tengono in considerazione quelli locali del JRC, poiché all'aumentare delle asperità aumentano anche le difficoltà dell'acqua a scorrere nella frattura, con ovvia riduzione e ridimensionamento dei valori sopra.

Si riportano di seguito alcune considerazioni di tipo qualitativo che tendono a ridurre ulteriormente il fenomeno dell'infiltrazione e quindi i valori di stima sopra riportati:

- le caratteristiche di apertura e spaziatura rilevate sono riferite ai fronti residui di coltivazione dove è presente un rilascio della roccia (detensionamento) progressivo, quindi, all'interno dell'ammasso roccioso, dove non è presente questo fenomeno, la stessa frattura potrebbe risultare meno aperta (confinamento laterale) ed il parametro spaziatura presenta valori maggiori;
- i valori di apertura inseriti sono quelli medi rilevati in campagna in corrispondenza del punto di campionamento: l'apertura reale risulta sicuramente inferiore a causa della rugosità stessa delle discontinuità che si oppone allo scivolamento dell'acqua (JRC) e della stessa forma a grande scala di molte delle discontinuità (ondulata – V), che ne rallenta la velocità.

D'altro canto si ricorda che i valori stimati non tengono conto delle possibili variazioni dell'apertura nelle parti non visibili della frattura che in considerazione della tipologia delle formazioni affioranti potrebbero avere aperture o beanze create dagli effetti del carsismo, e quindi aree in cui la velocità di infiltrazione è ben superiore alla stima effettuata.

8.3 – Determinazione delle linee di flusso sotterranee

Le caratteristiche idrogeologiche generali dell'area, rappresentata da rocce a composizione prevalentemente carbonatica, spiegano come nella valle di Arnetola, pur essendo un bacino raccoglitore degli impluvi dei versanti che la delimitano (M.te. Tambura, M.te Fiocca, M.te Croce etc...), non siano praticamente presenti aree a ristagno di acqua ed i canali/fossi abbiano prevalente comportamento stagionale.

La prevalenza di substrato carbonatico nell'area favorisce la percolazione delle acque nell'ammasso e i luoghi caratterizzati da coperture detritiche, costituite prevalentemente da granulometrie medie-grossolane, avendo una porosità elevata, favoriscono l'infiltrazione in profondità.

Tutta l'area di cava e quelle limitrofe sono costituite prevalentemente da depositi carbonatici (marmi s.s) con una permeabilità secondaria da media ad alta per *fratturazione e carsismo*, sebbene quest'ultimo fenomeno nella zona di studio non risulti sviluppato.

Nonostante le rilevanti estensioni dei litotipi carbonatici nel Bacino idrografico del Monte Pallerina, non è presente alcuna sorgente carsica di portata rilevante, tale condizione è probabilmente da imputare al fatto che le acque meteoriche vengono assorbite e convogliate per via sotterranea oltre i confini del bacino idrografico stesso ed a quote molto inferiori.

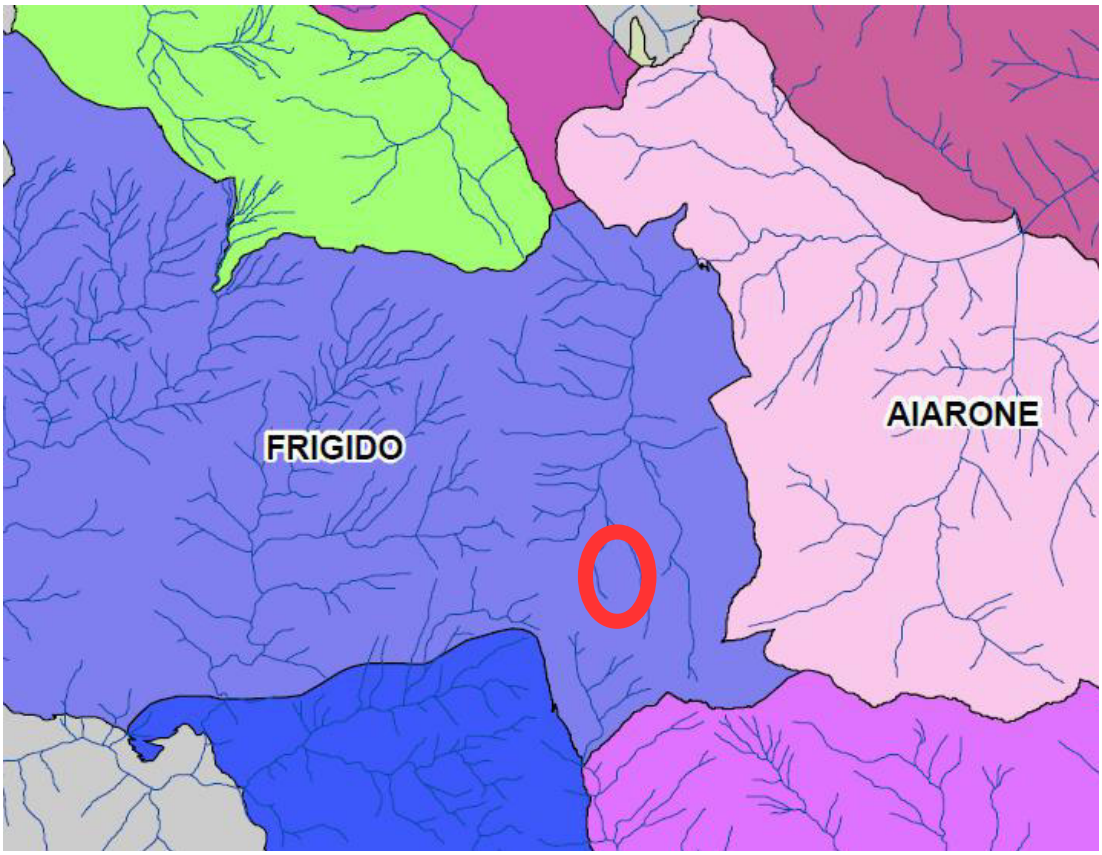


Figura 3 : stralcio carta "Aree di alimentazione dei sistemi idrogeologici del CISS delle Alpi Apuane" – Addendum – Allegato 9c – scala 1:100.000.

In particolare l'area di alimentazione del sistema idrogeologico della Valle di Arnetola (figura 3 e 4) è limitato ad Est dal complesso degli Scisti Sericitici/Marmi Cipollini/Pseudomacigno e a nord dai Diaspri e dal contatto con la Successione Toscana non metamorfica, mentre a sud il limite dell'area di alimentazione risulta non ben definito a causa della complessità strutturale della zona.

La Valle di Arnetola comunque ricade interamente all'interno del bacino di alimentazione della sorgente del Frigido sebbene sia spazialmente più vicina alla sorgente Aiarone; probabili condizioni stratigrafico-strutturali condizionano la veicolazione delle acque in tale direzione, vista la notevole distanza rispetto alla sorgente vaglina.

Per quanto riguarda le sorgenti, all'interno della valle di Arnetola non si registra la presenza di emergenze di portata significativa, soprattutto nella sinistra idrografica della valle.

Sono presenti alcune sorgenti di limitata portata, prevalentemente nella porzione meridionale e orientale della valle, in corrispondenza dell'affioramento di formazioni poco permeabili come gli Scisti sericitici e Pseudomacigno.

Alcune di queste sorgenti in tempi passati sono state captate e utilizzate nel ciclo di lavoro per l'estrazione dei marmi come ad esempio le sorgenti che alimentano il Fosso del Veladro la cui principale sorgente è quella di Colle Veladro; altre sorgenti minori presenti nella parte alta della valle di Arnetola sono quelle della Borella e di Romecchio.

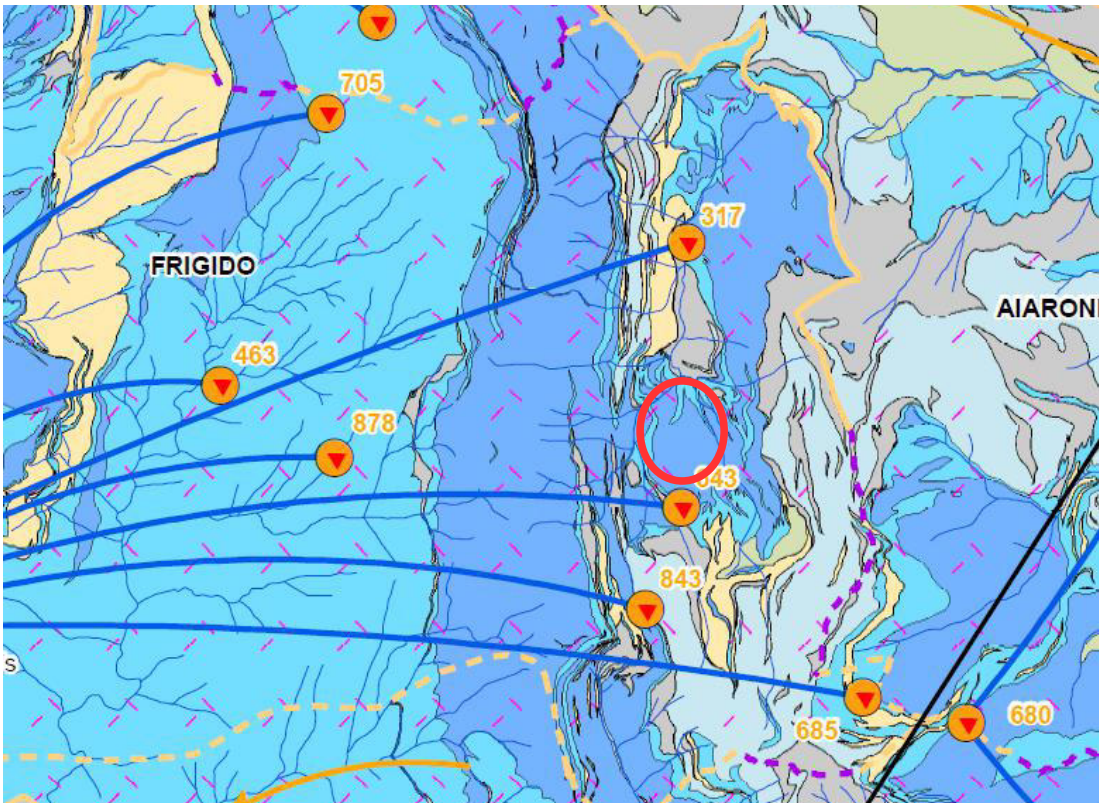


Figura 4: stralcio carta "Aree di alimentazione dei sistemi idrogeologici del CISS delle Alpi Apuane" – Addendum – Allegato 9a – scala 1:50.000.

Limiti di bacino
Watershed and Recharge Area Boundaries

Limite di bacino idrografico
Watershed divide

Limite di area di alimentazione di sistema idrogeologico coincidente con limite di bacino idrografico:
Recharge area boundary (same as watershed divide)

certo *Definite*

presunto *Inferred*

Limite di area di alimentazione di sistema idrogeologico:
Recharge area boundary

certo *Definite*

presunto *Inferred*

Principali direttrici di deflusso sotterraneo in sistema idrogeologico carbonatico
Groundwater Flow Direction

certa *Definite*

incerta *Uncertain*

presunta *Inferred*

Principali cavità carsiche con indicazione del numero di catasto F.S.T. (sede di prova di tracciamento) 175
Dye test (cave)

Punto di immissione di tracciante idrogeologico naturale
Dye test (fracture)

LEGENDA
LEGEND

Classi di permeabilità relativa per i complessi idrogeologici in roccia
Hydrogeological Units

	Complessi idrogeologici carbonatici *Carbonate Rocks*		Complessi idrogeologici non carbonatici *Non-carbonate Rocks*
	Permeabilità per fratturazione e/o carsismo *Fissured and Karst Flow*	Permeabilità per fratturazione *Fissured flow*	Permeabilità per fratturazione *Fissured flow*
V - Permeabilità alta *V - Highly Productive*			
IV - Permeabilità medio-alta *IV - Medium Productive*			
III - Permeabilità media *III - Moderately Productive*			
II - Permeabilità medio-bassa *II - Limited or Locally Productive*			
I - Permeabilità da bassa a molto bassa *I - Unproductive*			

Complessi idrogeologici in depositi quaternari e continentali Rusciniani e Villafranchiani
Hydrogeological Units (Quaternary, Ruscinian and Villafranchian deposits)

Depositi a permeabilità primaria o mista
Superficial Deposits - Intergranular Flow

A conclusione del presente studio, nonostante sia dimostrata in vari casi l'esistenza di collegamenti con il sistema carsico, condizione valida per tutte le cave che insistono nell'area apuana senza distinzione, la coltivazione delle cave può comunque essere mantenuta, così come riportato nelle relazioni tecniche presentate ed approvate dagli Enti e come affermato dal Prof. Leonardo PICCINI dell' Univ. Di Firenze nella sua relazione datata 2003 "Parere Tecnico Relativo all'Impatto sulle Acque Sotterranee dei Fanghi di lavorazione della Cava della Focolaccia-Piastramarina (Massa-Minucciano)".

Riprendendo il lavoro di quest'autore, si vuole mettere in evidenza che le problematiche di intorbidimento delle sorgenti possono essere ricondotte non solo alla condizione attuale, in cui peraltro le cave operano con recuperi e depurazioni delle acque di lavorazione pena mancanza d'acqua in estate, sanzioni penali ed il fermo dell'attività, ma soprattutto a vecchi depositi concentratisi nelle cavità carsiche e che vengono rimessi in moto durante periodi di forti precipitazioni.

La polvere di marmo veicolata dall'acqua si muove inizialmente nei condotti carsici verticali con una velocità elevata; una volta arrivata nella zona epifreatica il gradiente idraulico cala bruscamente e la marmettola si accumula nelle parti depresse dei condotti carsici.

In condizioni di forte flusso idrico (dopo eventi meteorici importanti) si origina un rimescolamento dei depositi; in questo caso l'acqua, quando l'energia è tale da prendere in carico le particelle di marmo depositatesi, inizia il trasporto di marmettola.

Le prove di tracciamento condotte tra il 2018 e 2019, così come previsto nel piano di monitoraggio ambientale, utilizzando spore inertizzate di *Lycopodium clavatum* di colore "rosso", all'interno di due differenti fratture beanti ("garagie"), nel caso in esame e nelle condizioni operative seguite non hanno stabilito l'esistenza di una connessione diretta del sito di cava (fratture indagate) con la sorgente del Frigido oggetto di monitoraggio (per dettagli vedi paragrafo 4.4 della presente relazione tecnica).

Nonostante i risultati delle prove, considerato quanto riportato in bibliografia riguardo alla presenza dei collegamenti tra valle di Arnetola e sorgenti del fiume Frigido con particolare riferimento alle prove di tracciamento effettuate in passato, la Società al fine di escludere comunque potenziali collegamenti idraulici tra le acque tecniche di lavorazione e la fratturazione manterrà il protocollo operativo già stabilito anche in occasione della variante a volume zero autorizzata, volto ad evitare fenomeni di ruscellamento delle acque di lavorazione sui piani di cava.

Inoltre nella cava in esame, sebbene si preveda di tagliare a secco almeno con le tagliatrici a catena dentata, mentre risulta più difficile impiegando il filo gommato/plastificato per ragioni di sicurezza, si ritiene che il mettere in atto gli accorgimenti generali quali quelli di sotto indicati, possa evitare il problema:

- i quantitativi di oli nuovi saranno stoccati all'interno dell'area servizi nel sotterraneo con vasca di contenimento sottostante;
- le manutenzioni ordinarie saranno eseguite all'interno dell'area adibita. In caso di cambio olio o rabbocchi gli oli saranno portati sul luogo immediatamente prima l'esecuzione dell'intervento. Di norma, si preferirà lasciare il cambio oli e filtri al personale delle Ditte fornitrici delle macchine MMT;
- i carburanti saranno stoccati in apposita cisterna, a norma di legge, al coperto, dotata di pistola erogatrice, di lucchetto onde evitare sversi durante i rifornimenti o l'accesso a terzi;
- eventuali modesti quantitativi di olio esausto saranno contenuti all'interno dell'area servizi al coperto in apposito contenitore per essere poi conferiti alle ditte che si occupano del loro recupero e smaltimento;
- saranno posizionati contenitori di sostanze oleoassorbenti al fine di arginare tempestivamente sversi accidentali impedendo la contaminazione delle acque superficiali e profonde;
- la gestione dei rifiuti sarà condotta secondo quanto già illustrato nella relazione di progetto;
- nel caso durante l'intervento si intercetti una frattura beante, questa sarà occlusa mediante posizionamento in loco di materiale inerte ricoperto con materiale argilloso o in condizioni particolari cementando la superficie in modo da rendere impermeabile il pavimento;
- le acque tecniche derivanti dalla coltivazione (tagli a filo) saranno raccolte al piede del taglio

e subiranno una chiarificazione nell'ambito di un ciclo chiuso che non prevede scarico, impiegando sistemi a sacchi filtranti per la loro depurazione-chiarificazione;
- gestendo le acque meteoriche in modo da evitare il loro passaggio all'interno delle aree in momentanea lavorazione.

8.4 – Qualità dei corpi idrici e loro vulnerabilità

Il problema della vulnerabilità degli acquiferi sulle Apuane è piuttosto rilevante, in quanto le estese aree carbonatiche, proprio per le loro caratteristiche di elevata permeabilità, possono rappresentare delle aree di facile infiltrazione per inquinanti di varia natura. Infatti, le fratture, associate al carsismo, sono mezzi di potenziale e diretta infiltrazione di inquinanti all'interno degli ammassi rocciosi.

In particolare il problema è sentito nelle aree a vocazione estrattiva, dove l'attività svolta, se non organizzata, può essere fonte di inquinamento a causa della dispersione dei lubrificanti o di altri potenziali inquinanti sul terreno.

L'area in esame è classificata a media e alta vulnerabilità (25-70 valori sintacs) per gli acquiferi, vedi "Carta della Vulnerabilità degli acquiferi delle Alpi Apuane" (Civita et ali, 1991), stralcio riportato in Figura 5 seguente. Ciò in conseguenza del contatto tra formazioni impermeabili come gli scisti sericitici e altamente permeabili come i marmi s.s..

Al fine di contenere al minimo il rischio di inquinamento dell'acquifero sopra definito nel cantiere in oggetto:

- i quantitativi di olio minerale saranno stoccati in contenitori posti al coperto e protetti dagli agenti atmosferici, all'interno di container, dotati di vasca di contenimento per eventuali sversi;
- i carburanti saranno contenuti in appositi serbatoi metallici, chiusi, a norma di legge, muniti di pistola erogatrice con lucchetto di sicurezza così da evitare dispersioni durante il rifornimento dei mezzi e la possibilità di utilizzo da terzi;
- gli oli esausti saranno contenuti in area coperta, in apposito contenitore, a norma di legge, per essere poi smaltiti secondo le normative vigenti (consegna a Ditte specializzate nella raccolta e recupero/smaltimento);
- la marmettola di maggiore granulometria prodotta con i tagli della tagliatrice a catena verrà direttamente insaccata al momento del taglio e consegnata a Ditte che si occuperanno del suo smaltimento/recupero;
- la marmettola di granulometria fine proveniente dai tagli a filo diamantato verrà contenuta in aree localizzate in prossimità dei tagli per essere pompata, assieme alle acque reflue, nelle vasche metalliche di decantazione munite di sacchi filtranti, all'interno dei quali avviene la separazione tra le fasi. La fase solida verrà fatta essiccare sui sostegni e successivamente conferita a Ditte specializzate, quella liquida andrà nei depositi di decantazione/stoccaggio acque depurate. Il sistema potrà essere integrato con un decantatore conico verticale (silo) dotato di valvola di scarico per i fanghi e pompe di rilancio delle acque depurate.

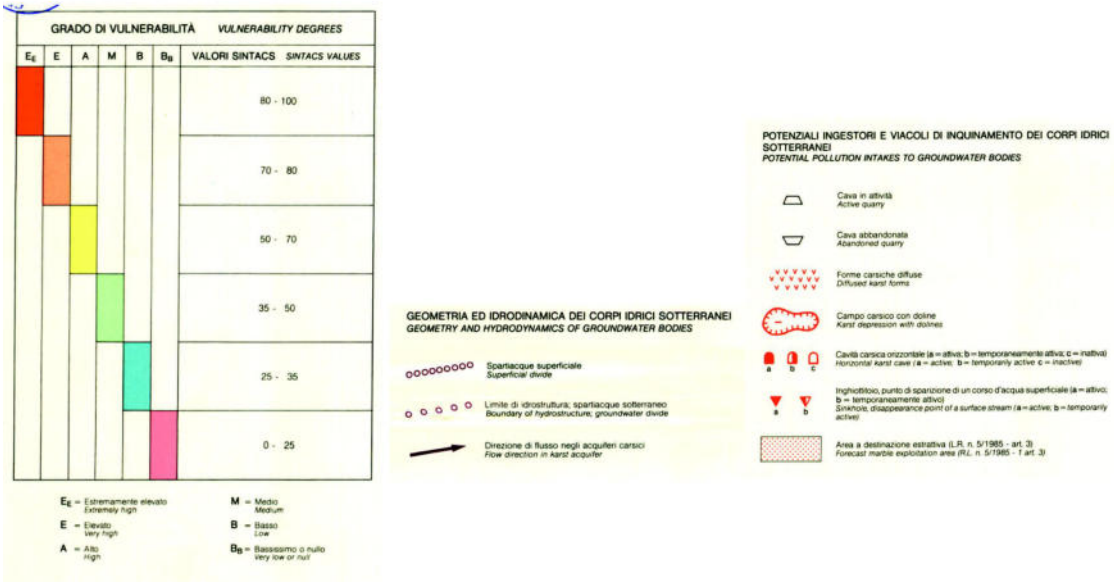


Figura 5: stralcio "carta della vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento degli acquiferi delle Alpi Apuane" – M. Civita – fuori scala

Si segnala che sebbene l'escavazione attuale e futura intercetti una serie di percorsi di filtrazione delle acque che attraversano l'ammasso (zona di percolazione), la falda vera e propria si trova a profondità tale non essere direttamente interessata dall'escavazione.

Il mantenere in atto le disposizioni sopra elencate con particolare riferimento alla gestione degli idrocarburi e delle acque tecniche di lavorazione, permette di evitare problematiche di intorbidimento o inquinamento delle falde.

In caso durante lo sviluppo della coltivazione si dovessero intercettare fratture ampiamente carsificate, si provvederà alla loro impermeabilizzazione (pavimento) con bentonite o con cemento.

Carrara, Dicembre 2020

IL LEGALE RAPPRESENTANTE

Sig. Mico ALVENTOSA ALEJANDRO

I GEOLOGI

Dott. Brunello FORFORI

Dott. Geol. Zeno GIACOMELLI

FIGURE E TABELLE CITATE NEL TESTO

Tabella 7: Parametri fisico-meccanici dei sistemi di discontinuità rilevati per l'ammasso

SISTEMA		K1a	K1b	K2	K3	K4	K5	K6
PERSISTENZA	non pers	27.6%	11.8%	11.1%	30%	18.1%	3.7%	9.6%
	subpers.	13.8%	5.9%	29.6%	35%	24.5%	33.3%	30.9%
	pers.	58.6%	82.3%	59.3%	35%	57.4%	63%	59.5%
PERSISTENZA (m)	min.	0.2	1	0.3	0.5	0.1	0.3	0.7
	max.	10	20	10	10	20	20	10
	med..	6.9	9	6.4	4.48	8.22	7.9	6.59
CLASSI DI PERSISTENZA (m)	0-1	10.3%	5.9%	11.1%	10%	10.6%	3.7%	2.4%
	1-3	17.3	0%	22.3%	30%	17%	3.7%	16.7%
	3-10	10.3%	17.6%	14.8%	30%	14.9%	33.3%	30.9%
	10-20	62.1%	70.6%	51.8%	30%	44.7%	55.6%	50%
	20-50	0%	5.9%	0%	0%	12.8%	3.7%	0%
	>50	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
SPAZIATURA (cm)	min.	10	0	18	7	0	69	0
	max.	320	595	1210	415	863	1280	962
	med.	120	260	215	164	158	452	213
CLASSI DI SPAZIATURA (cm)	0-2	0%	10%	0%	0%	1.4%	0%	8.1%
	2-6	0%	0%	0%	0%	2.7%	0%	0%
	6-20	24.1%	10%	14.7%	40.1%	12.6%	0%	17.2%
	20-60	20.2%	0%	15.8%	0%	20.8%	3.5%	18.4%
	60-200	11.1%	30%	34.3%	27.6%	31.6%	39.8%	21.8%
	200-600	44.6%	40%	33.6%	32.3%	26.1%	29.2%	24.6%
	>600	0%	10%	1.6%	0%	4.8%	27.5%	9.9%
FORMA (scabrezza a g.s.)	II	34.5%	17.6%	14.8%	20%	24.5%	14.8%	14.3%
	V	31%	23.6%	55.6%	20%	38.3%	40.7%	57.1%
	VIII	34.5%	58.8%	29.6%	60%	37.2%	44.5%	28.6%
ALTERAZIONE	Assente	82.8%	76.5%	74.1%	85%	81.9%	77.8%	85.7%
	Ox/Spalm.	3.4%	17.6%	18.5%	0%	9.7%	11.1%	4.8%
	Carsif.	10.4%	5.9%	3.7%	10%	4.2%	7.4%	2.4%
	Concrez.	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	Ox/Carsif.	3.4%	0%	3.7%	5%	4.2%	3.7%	7.1%
APERTURA (mm)	min.	0	0	9	0	0	0	0
	max.	100	10	50	50	50	1	50
	med.	7.31	1.61	9.09	3.62	2.07	0.08	2.79
CLASSI DI APERTURA (mm)	0-0.5	75.9%	52.9%	55.6%	60%	56.4%	66.7%	64.3%
	0.5-2.5	10.4%	11.8%	3.7%	5%	9.6%	7.4%	2.4%
	2.5-10	0%	17.6%	0%	0%	2.1%	0%	4.8%
	10-100	10.3%	5.9%	18.5%	5%	7.4%	0%	7.1%
	>100	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	ESP.	3.4%	11.8%	22.2%	30%	24.5%	25.9%	21.4%
RIEMPIMENTO	Assente	100%	70.6%	81.5%	95%	87.2%	100%	88.1%
	Terra	0%	17.6%	11.1%	0%	4.2%	0%	7.1%
	Sassi	0%	0%	0%	5%	5.3%	0%	4.8%
	Concrezioni	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	Sassi/Terra	0%	11.8%	7.4%	0%	3.3%	0%	0%
	Sas./Ter./Con.	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
ACQUA	Assente	89.6%	94.1%	96.3%	85%	94.7%	100%	90.5%
	Umidità	3.5%	5.9%	3.7%	10%	4.2%	0%	9.5%
	Venute	6.9%	0%	0%	5%	1.1%	0%	0%
JCS (MPa)	Min.	---	---	---	---	---	---	---
	Max.	---	---	---	---	---	---	---
	Media	45	45	45	45	45	45	45
JRC (Joint Roughness Coefficient)	0 - 2	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	2 – 4	31%	29.4%	29.6%	50%	37.2%	25.9%	57.1%
	4 – 6	62.1%	29.4%	40.7%	35%	37.2%	55.6%	23.8%
	6 – 8	6.9%	35.3%	18.6%	5%	14.9%	11.1%	14.3%
	8 – 10	0%	0%	11.1%	10%	4.2%	3.7%	2.4%
	10 – 12	0%	5.9%	0%	0%	6.5%	3.7%	2.4

A. CLASSIFICATION PARAMETERS AND THEIR RATINGS									
Parameter			Range of values						
1	Strength of intact rock material	Point-load strength index	>10 MPa	4 - 10 MPa	2 - 4 MPa	1 - 2 MPa	For this low range - uniaxial compressive test is preferred		
		Uniaxial comp. strength	>250 MPa	100 - 250 MPa	50 - 100 MPa	25 - 50 MPa	5 - 25 MPa	1 - 5 MPa	< 1 MPa
	Rating		15	12	7	4	2	1	0
2	Drill core Quality *RQD*		90% - 100%	75% - 90%	50% - 75%	25% - 50%	< 25%		
	Rating		20	17	13	8	3		
3	Spacing of discontinuities		> 2 m	0.6 - 2 . m	200 - 600 mm	60 - 200 mm	< 60 mm		
	Rating		20	15	10	8	5		
4	Condition of discontinuities (See E)		Very rough surfaces Not continuous No separation Unweathered wall rock	Slightly rough surfaces Separation < 1 mm Slightly weathered walls	Slightly rough surfaces Separation < 1 mm Highly weathered walls	Slickensided surfaces or Gouge < 5 mm thick or Separation 1-5 mm Continuous	Soft gouge >5 mm thick or Separation > 5 mm Continuous		
	Rating		30	25	20	10	0		
5	Groundwater	Inflow per 10 m tunnel length (l/m)	None	< 10	10 - 25	25 - 125	> 125		
		(Joint water press)/ (Major principal σ)	0	< 0.1	0.1, - 0.2	0.2 - 0.5	> 0.5		
		General conditions	Completely dry	Damp	Wet	Dripping	Flowing		
	Rating		15	10	7	4	0		

B. RATING ADJUSTMENT FOR DISCONTINUITY ORIENTATIONS (See F)						
Strike and dip orientations		Very favourable	Favourable	Fair	Unfavourable	Very Unfavourable
Ratings	Tunnels & mines	0	-2	-5	-10	-12
	Foundations	0	-2	-7	-15	-25
	Slopes	0	-5	-25	-50	

C. ROCK MASS CLASSES DETERMINED FROM TOTAL RATINGS					
Rating	100 ← 81	80 ← 61	60 ← 41	40 ← 21	< 21
Class number	I	II	III	IV	V
Description	Very good rock	Good rock	Fair rock	Poor rock	Very poor rock

D. MEANING OF ROCK CLASSES					
Class number	I	II	III	IV	V
Average stand-up time	20 yrs for 15 m span	1 year for 10 m span	1 week for 5 m span	10 hrs for 2.5 m span	30 min for 1 m span
Cohesion of rock mass (kPa)	> 400	300 - 400	200 - 300	100 - 200	< 100
Friction angle of rock mass (deg)	> 45	35 - 45	25 - 35	15 - 25	< 15

E. GUIDELINES FOR CLASSIFICATION OF DISCONTINUITY conditions					
Discontinuity length (persistence) Rating	< 1 m 6	1 - 3 m 4	3 - 10 m 2	10 - 20 m 1	> 20 m 0
Separation (aperture) Rating	None 6	< 0.1 mm 5	0.1 - 1.0 mm 4	1 - 5 mm 1	> 5 mm 0
Roughness Rating	Very rough 6	Rough 5	Slightly rough 3	Smooth 1	Slickensided 0
Infilling (gouge) Rating	None 6	Hard filling < 5 mm 4	Hard filling > 5 mm 2	Soft filling < 5 mm 2	Soft filling > 5 mm 0
Weathering Ratings	Unweathered 6	Slightly weathered 5	Moderately weathered 3	Highly weathered 1	Decomposed 0

F. EFFECT OF DISCONTINUITY STRIKE AND DIP ORIENTATION IN TUNNELLING**			
Strike perpendicular to tunnel axis		Strike parallel to tunnel axis	
Drive with dip - Dip 45 - 90°	Drive with dip - Dip 20 - 45°	Dip 45 - 90°	Dip 20 - 45°
Very favourable	Favourable	Very unfavourable	Fair
Drive against dip - Dip 45-90°	Drive against dip - Dip 20-45°	Dip 0-20 - Irrespective of strike°	
Fair	Unfavourable	Fair	

* Some conditions are mutually exclusive . For example, if infilling is present, the roughness of the surface will be overshadowed by the influence of the gouge. In such cases use A.4 directly.

** Modified after Wickham et al (1972).

Tabella 8: Parametri generali di riferimento classificazione di Bieniawski.-

CARATTERISTICHE CHIMICO-MINERALOGICHE			
COMPOSIZIONE MINERALOGICA			% IN PESO
Magnesio nella Calcite			1,8
Residuo			9,56
MINERALI	Principali	Calcite	90,44
		Dolomite	0.0
	Minori	Muscovite	
		Pirite	
		Albite	
		Quarzo	

ANALISI CHIMICHE	% in peso
CO_2	39,75
MgO	0,79
Al_2O_3	1,36
SiO_2	3,02
K_2O	0,49
CaO	52,68
TiO_2	0,07
MnO	0,08
Fe_2O_3	0,66

CARATTERISTICHE FISICO-MECCANICHE		
1.0 CARICO DI ROTTURA A COMPRESSIONE	Kg/cmq	1137
2.0 CARICO DI ROTTURA A COMPRESSIONE DOPO CICLI DI GELIVITA'	Kg/cmq	1062
3.0 CARICO DI ROTTURA A FLESSIONE	Kg/cmq	86
4.0 DILATAZIONE LINEARE TERMICA	10^{-6} per °C	7,4
5.0 COEFFICIENTE DI IMBIBIZIONE D'ACQUA	% in peso	0,2
6.0 PESO PER UNITA' DI VOLUME		2679
7.0 RESISTENZA ALL'URTO	cm	36,3
8.0 MODULO DI ELASTICITA' LINEARE	Kg/cmq	443000
9.0 RESISTENZA ALL'ABRASIONE	mm	8,8

Tabella A: Caratteristiche chimico-mineralogiche e fisico-meccaniche della qualità merceologica Breccia Rossa di Arnetola

CARATTERISTICHE CHIMICO-MINERALOGICHE			
COMPOSIZIONE MINERALOGICA			% IN PESO
Magnesio nella Calcite			1,8
Residuo			1,6
MINERALI	Principali	Calcite	98,4

		Dolomite	
	Minori		

ANALISI CHIMICHE	% in peso
CO_2	43,25
MgO	1,1
Al_2O_3	0,57
SiO_2	1,17
K_2O	0,19
CaO	53,46
TiO_2	0,03
MnO	0,01
Fe_2O_3	0,12

CARATTERISTICHE FISICO-MECCANICHE		
1.0 CARICO DI ROTTURA A COMPRESSIONE	Kg/cmq	1317
2.0 CARICO DI ROTTURA A COMPRESSIONE DOPO CICLI DI GELIVITA'	Kg/cmq	1194
3.0 CARICO DI ROTTURA A FLESSIONE	Kg/cmq	151
4.0 DILATAZIONE LINEARE TERMICA	10^{-6} per °C	8,1
5.0 COEFFICIENTE DI IMBIBIZIONE D'ACQUA	% in peso	0,15
6.0 PESO PER UNITA' DI VOLUME	Kg/mc	2688
7.0 RESISTENZA ALL'URTO	cm	33,8
8.0 MODULO DI ELASTICITA' LINEARE	Kg/cmq	649000
9.0 RESISTENZA ALL'ABRASIONE	mm	8,73

Tabella B: Caratteristiche chimico-mineralogiche e fisico-meccaniche della qualità merceologica Ordinario Vagli

Tab. 9 - VALUTAZIONE PARAMETRI DI BENIAWSKI PESATI
CONDIZIONI DELLE DISCONTINUITA'

Cava Fossa dei Tomei A

FAMIGLIA	PARAMETRI	DESCRIZIONE	VALORE	PESO SISTEMA	VALORE
	Persistenza	3-10m	2	0,113	0,23
	Apertura	>5mm	0	0,113	0,00
K1a	**JRC**	vedi Tab.	2	0,113	0,23
	Riempimento	vedi Tab.	6	0,113	0,68
	Alterazione	vedi Tab.	5	0,113	0,57
	H2O	vedi Tab.	13	0,113	1,47
	Spaziatura	1,2m	16	0,113	1,81
				Totale Pesato	**5,0**
	Persistenza	3-10m	2	0,066	0,13
	Apertura	1-5mm	1	0,066	0,07
K1b	**JRC**	vedi Tab.	3	0,066	0,20
	Riempimento	vedi Tab.	3	0,066	0,20
	Alterazione	vedi Tab.	3	0,066	0,20
	H2O	vedi Tab.	14	0,066	0,92
	Spaziatura	2,6m	20	0,066	1,32
				Totale Pesato	**3,0**
	Persistenza	3-10m	2	0,106	0,21
	Apertura	>5mm	0	0,106	0,00
K2	**JRC**	vedi Tab.	3	0,106	0,32
	Riempimento	vedi Tab.	4	0,106	0,42
	Alterazione	vedi Tab.	3	0,106	0,32
	H2O	vedi Tab.	15	0,106	1,59
	Spaziatura	2,1m	20	0,106	2,12
				Totale Pesato	**5,0**
	Persistenza	3-10m	2	0,078	0,16
	Apertura	1-5mm	1	0,078	0,08
K3	**JRC**	vedi Tab.	1	0,078	0,08
	Riempimento	vedi Tab.	5	0,078	0,39
	Alterazione	vedi Tab.	5	0,078	0,39
	H2O	vedi Tab.	13	0,078	1,01
	Spaziatura	1,6m	17	0,078	1,33
				Totale Pesato	**3,4**
	Persistenza	3-10m	2	0,367	0,73
	Apertura	1-5mm	1	0,367	0,37
K4	**JRC**	vedi Tab.	4	0,367	1,47
	Riempimento	vedi Tab.	4	0,367	1,47
	Alterazione	vedi Tab.	5	0,367	1,84
	H2O	vedi Tab.	14	0,367	5,14
	Spaziatura	1,6m	17	0,367	6,24
				Totale Pesato	**17,2**
	Persistenza	3-10m	2	0,106	0,21
	Apertura	<0.1mm	5	0,106	0,53
K5	**JRC**	vedi Tab.	5	0,106	0,53
	Riempimento	vedi Tab.	6	0,106	0,64
	Alterazione	vedi Tab.	3	0,106	0,32
	H2O	vedi Tab.	15	0,106	1,59
	Spaziatura	4,5m	20	0,106	2,12
				Totale Pesato	**5,9**
	Persistenza	3-10m	2	0,164	0,33
	Apertura	1-5mm	1	0,164	0,16
K6	**JRC**	vedi Tab.	4	0,164	0,66
	Riempimento	vedi Tab.	4	0,164	0,66
	Alterazione	vedi Tab.	5	0,164	0,82
	H2O	vedi Tab.	15	0,164	2,46
	Spaziatura	2,1m	20	0,164	3,28
				Totale Pesato	**8,0**
Rating Totale Pesato		**47,6**			

CAVA FOSSA DEI TOMEI - Tabella 10 - Correzione orientazione fronti								
FAMIGLIA	**PESO SIST.**	**FR1 N150 NE**	**FR2 N70SE**	**FR3 N75 NW**	**FR4 N160 SW**	**FR5 N25 NW**	**FR6 N113 NE**	**Fattore di Correzione**
K1a	0,113	0	0	0	-50	0	0	-5,65
K1b	0,066	-50	0	0	0	0	0	-3,30
K2	0,106	0	0	0	-30	-50	0	-8,48
K3	0,078	0	0	-50	0	-5	0	-4,29
K4	0,367	-50	0	0	0	0	-10	-22,02
K5	0,106	-10	-10	0	0	0	0	-2,12
K6	0,164	0	0	-50	0	0	0	-8,20
							Totale Mediato	-7,72

Tab. 11 - PARAMETRO SCR - Surface Condition Rating

FAMIGLIA	**PESO SIST.**	**Rr**	**Rw**	**Rf**	**Valore pesato**
K1a	0,113	2	6	5	1,5
K1b	0,066	3	3	3	0,6
K2	0,106	3	4	3	1,1
K3	0,078	1	5	5	0,9
K4	0,367	4	4	5	4,8
K5	0,106	5	6	3	1,5
K6	0,164	4	4	5	2,1
				TOTALE	**12,4**

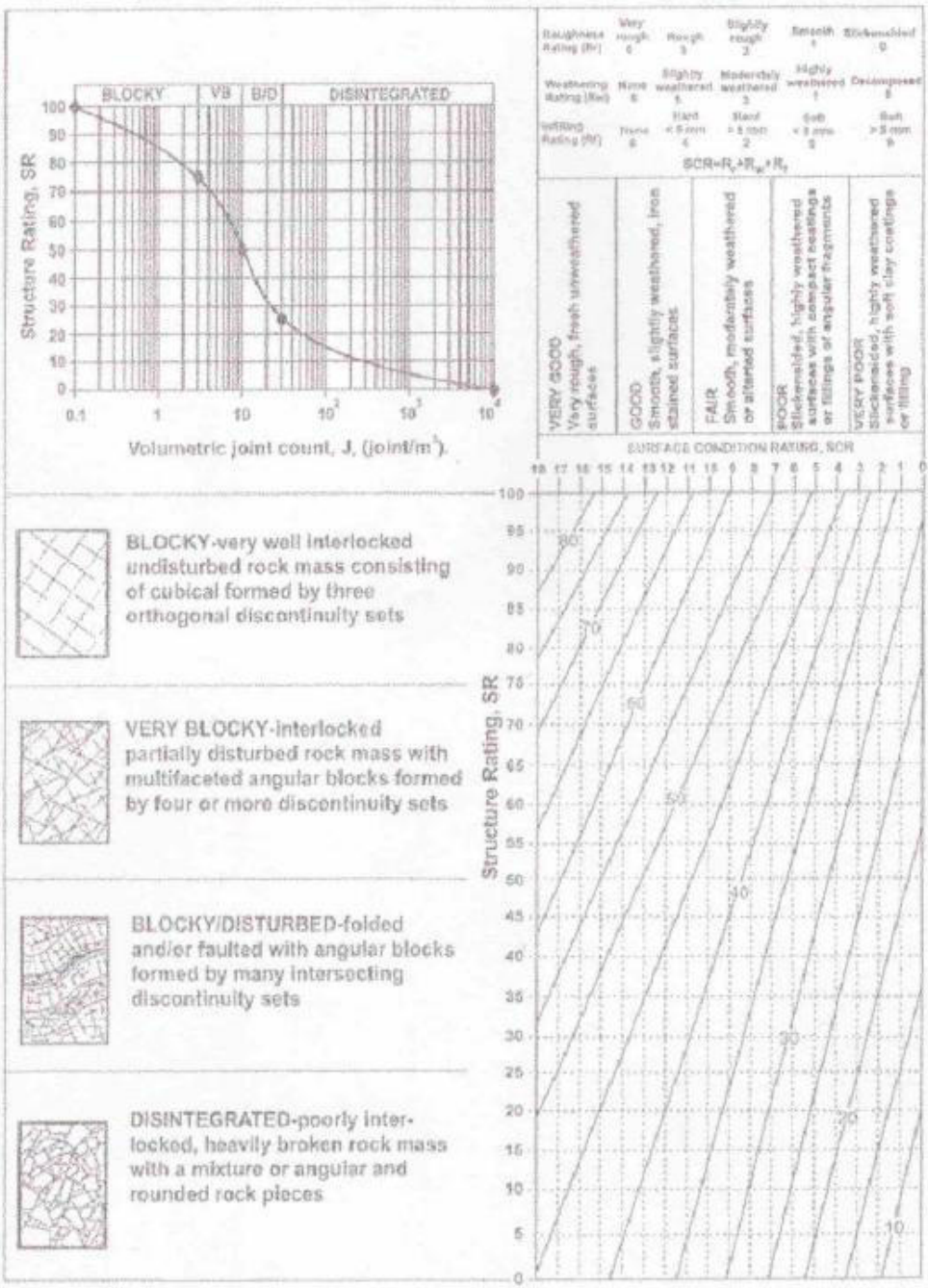


Tabella 12: Diagrammi per la definizione del GSI – Somnez-Uluzay.-

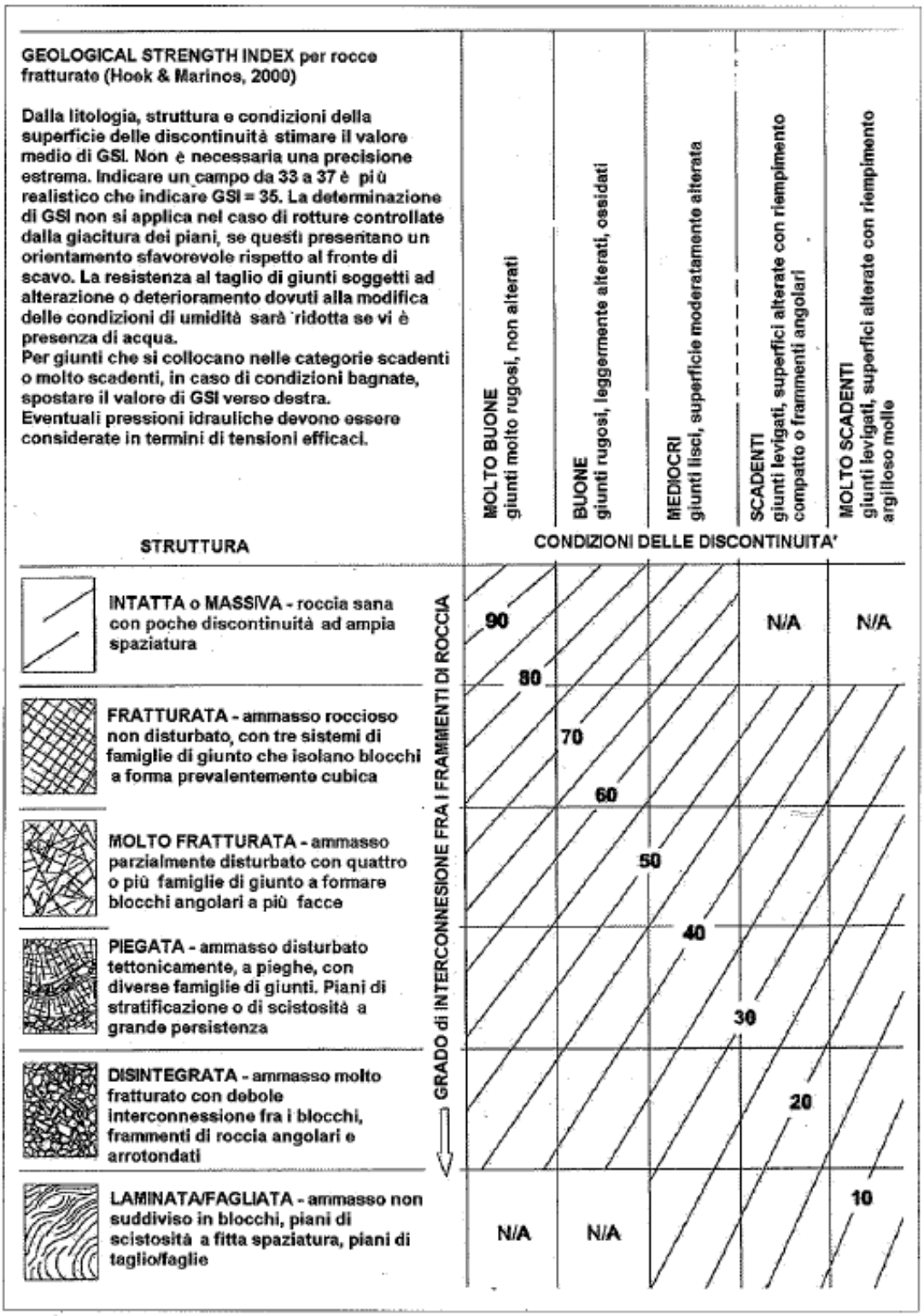


Tabella 13: stima visiva del GSI

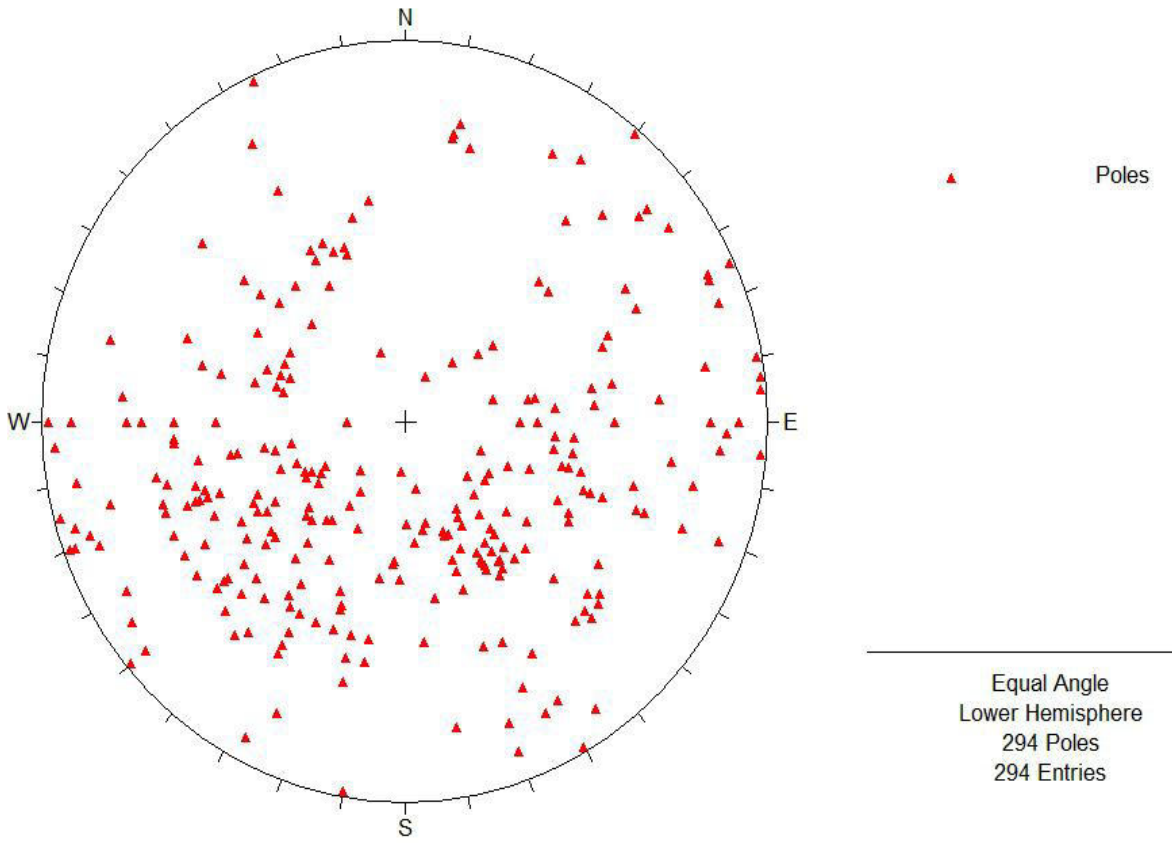


Figura 6: proiezione polare dei poli rilevati

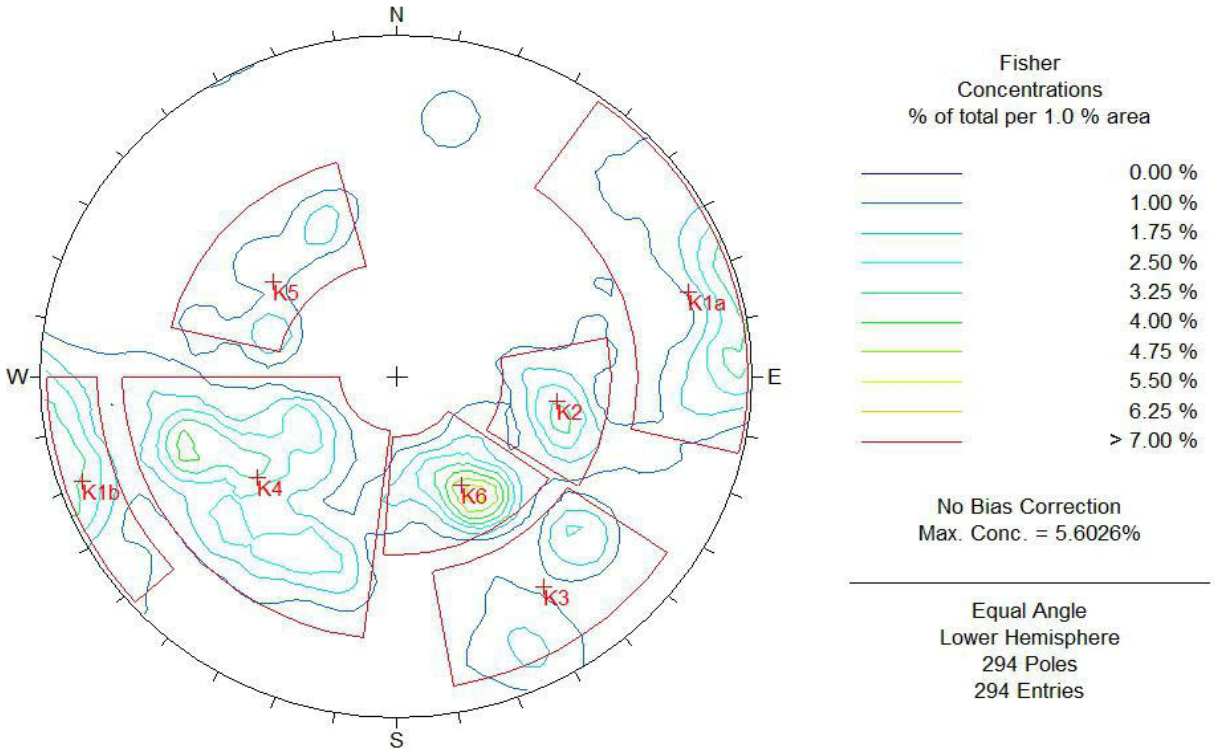
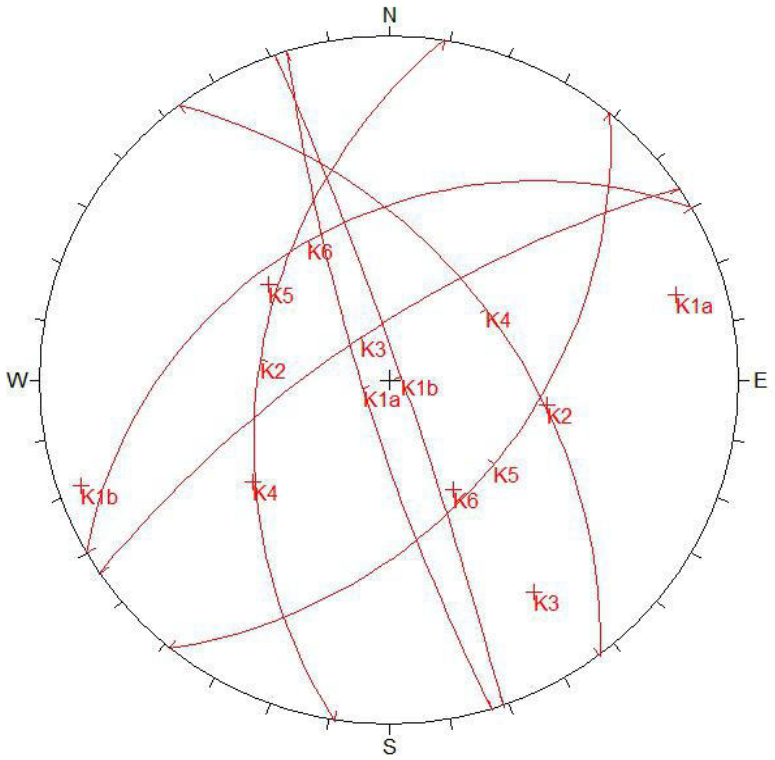


Figura 7: massimi di frequenza e principali sistemi rilevati



Orientations

ID		Dip / Direction
1	m	81 / 253
2	m	86 / 071
3	m	49 / 279
4	m	73 / 326
5	m	52 / 053
6	m	48 / 129
7	m	40 / 330

Equal Angle
Lower Hemisphere
294 Poles
294 Entries

Figura 8 piani rappresentativi dei sistemi individuati nel sito di Cava Fossa dei Tomei.-

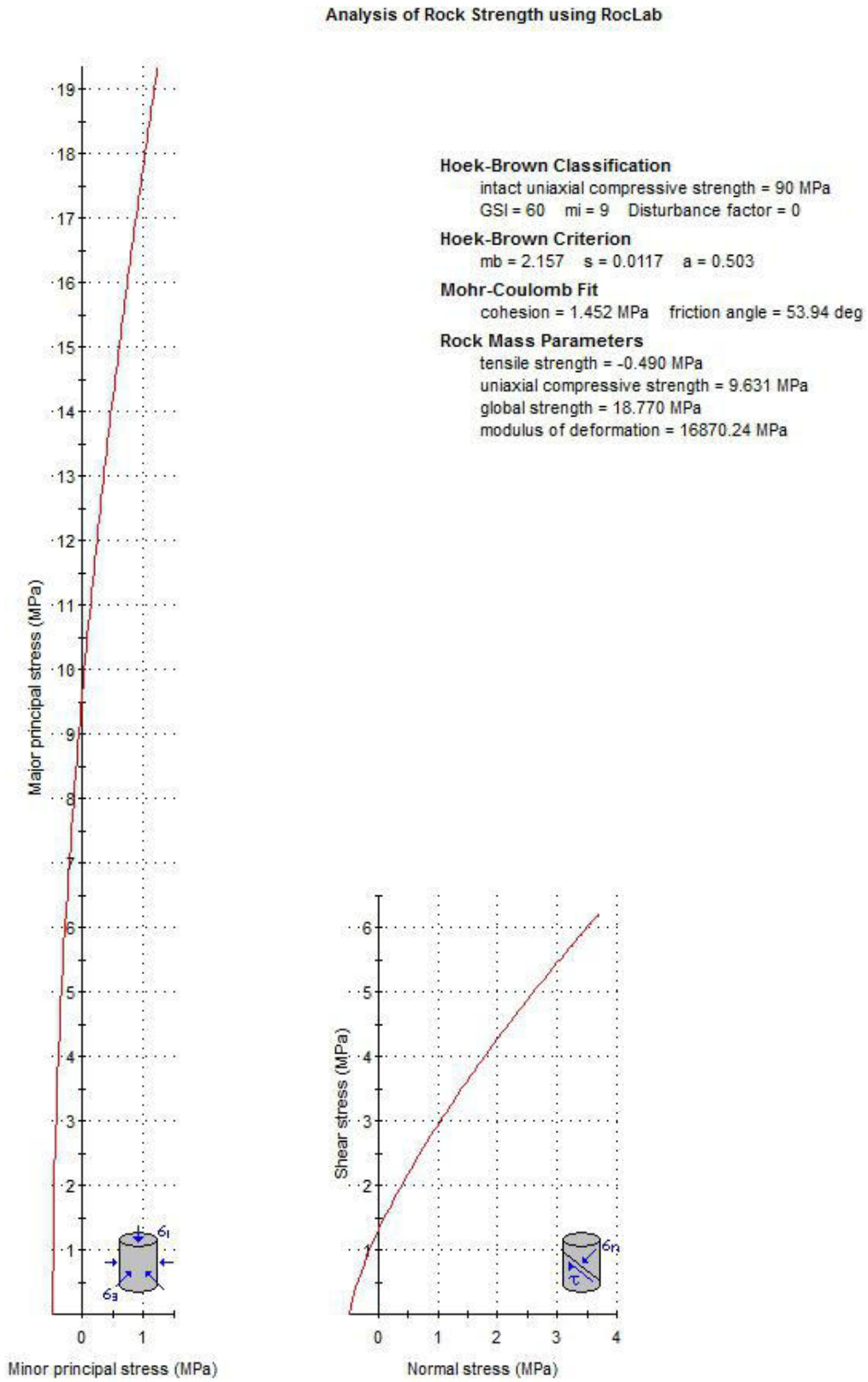


Figura 9: elaborazione Roclab - GSI 60 - MARMO

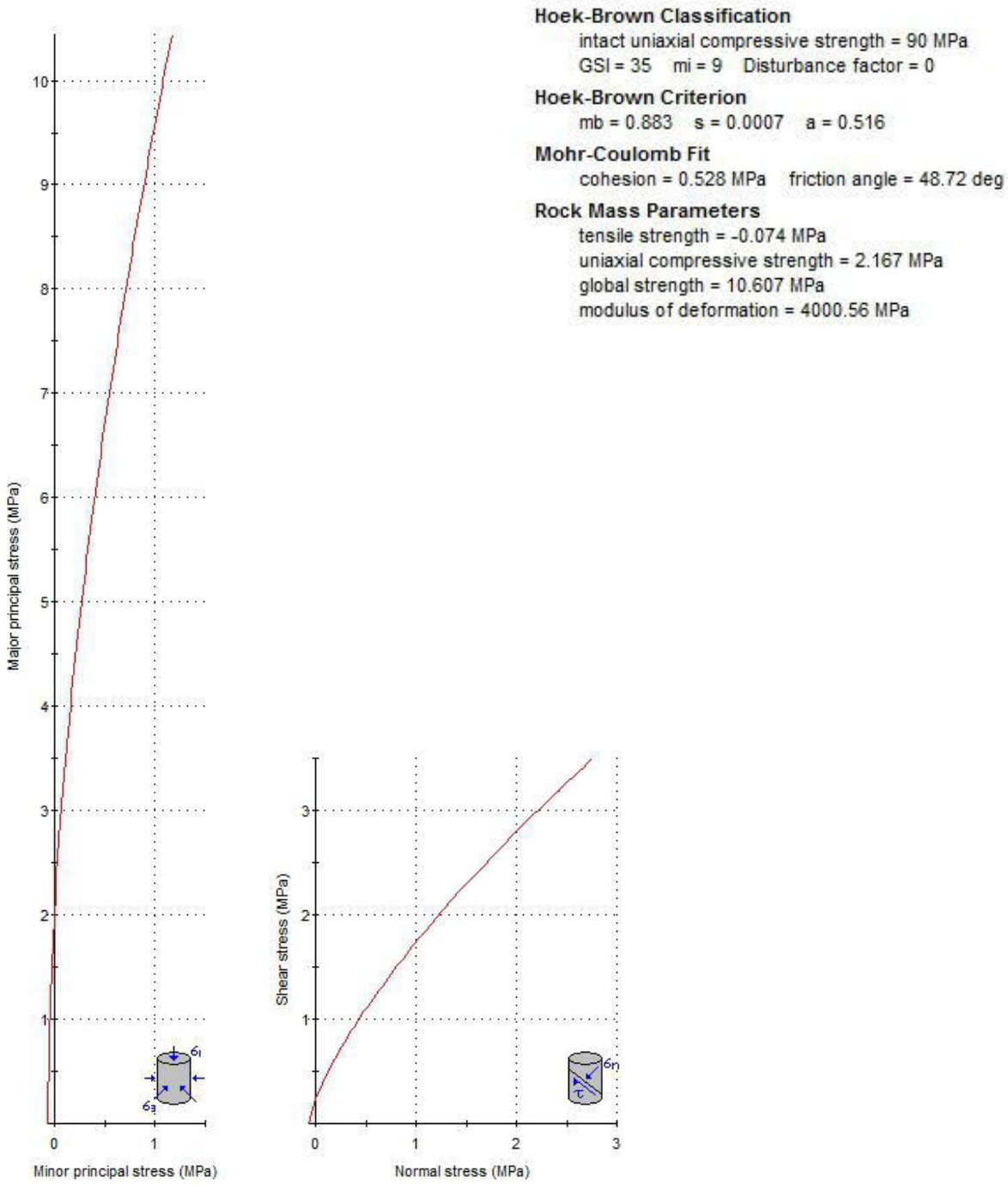


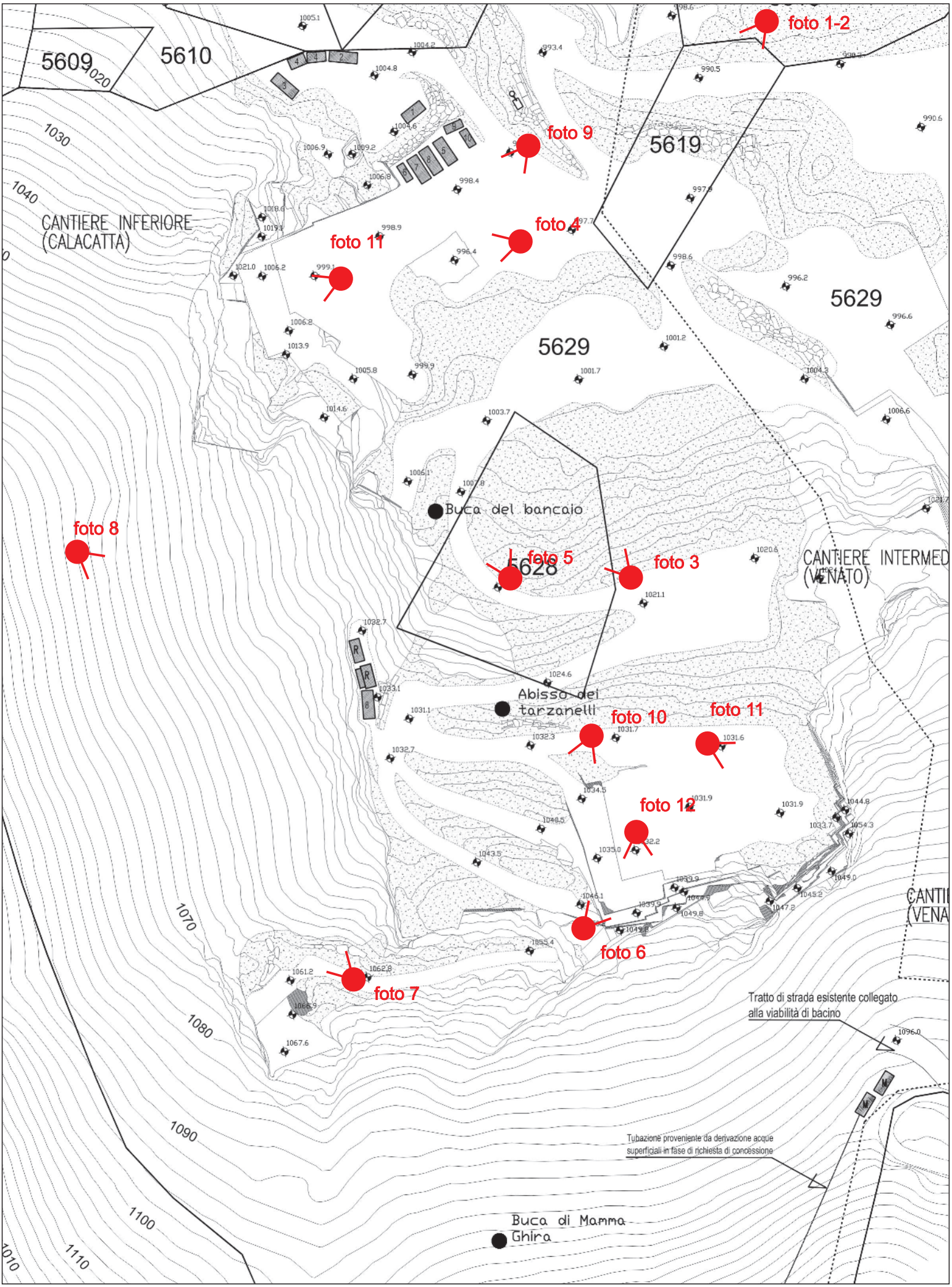
Figura 10: elaborazione Roclab - Dominio 2 - GSI 35 - FINIMENTO

ALLEGATO 1

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

CAVA FOSSA DEI TOMEI

PLANIMETRIA CAVA CON UBICAZIONE FOTO - scala 1:1.000



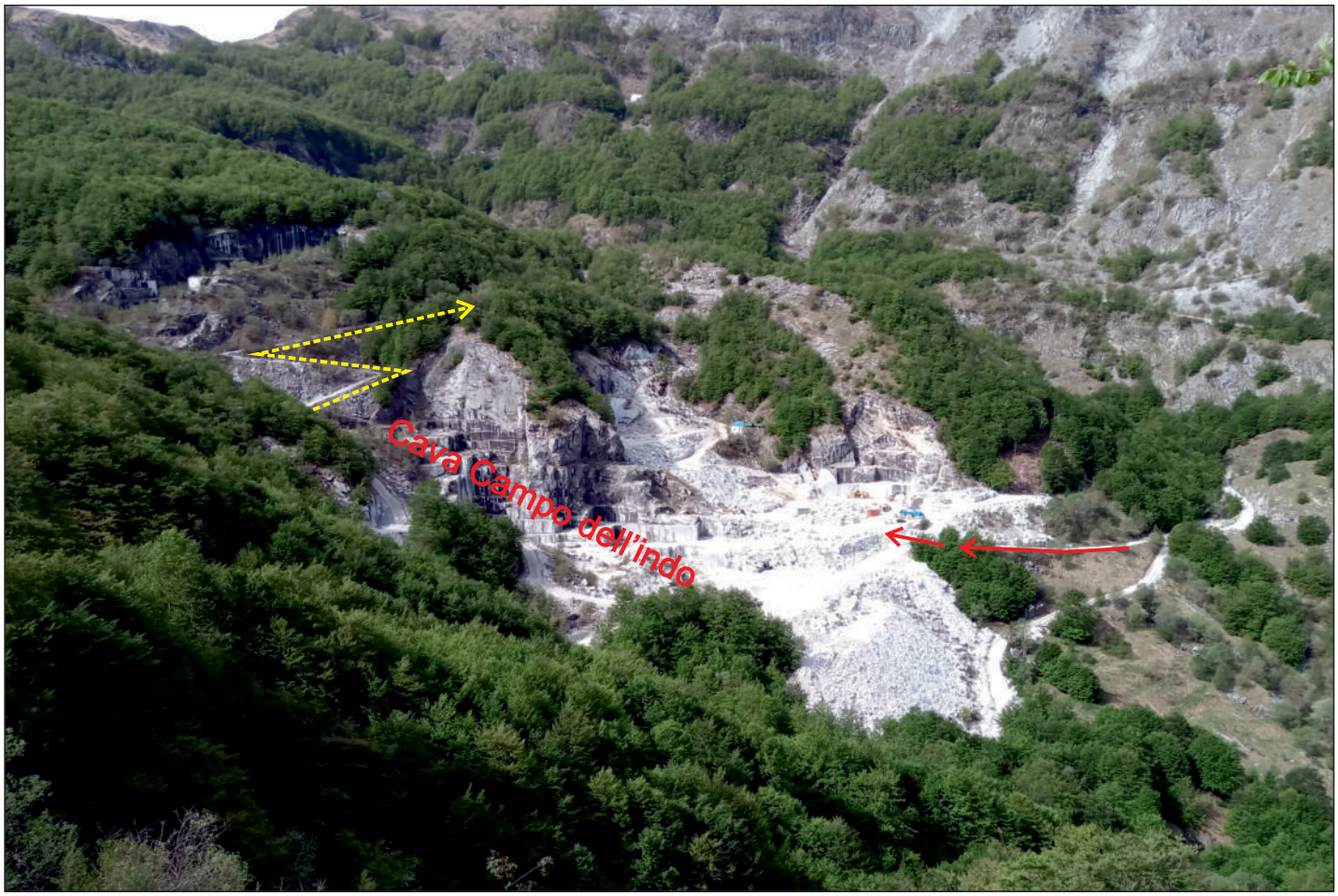


FOTO 1: panoramica della cava Fossa dei Tomei, con visibile in rosso ingresso in cava ed in giallo, la viabilità esistente che conduce alla Cava Museo e che permette l'accesso alle parte alta dei giacimenti in concessione

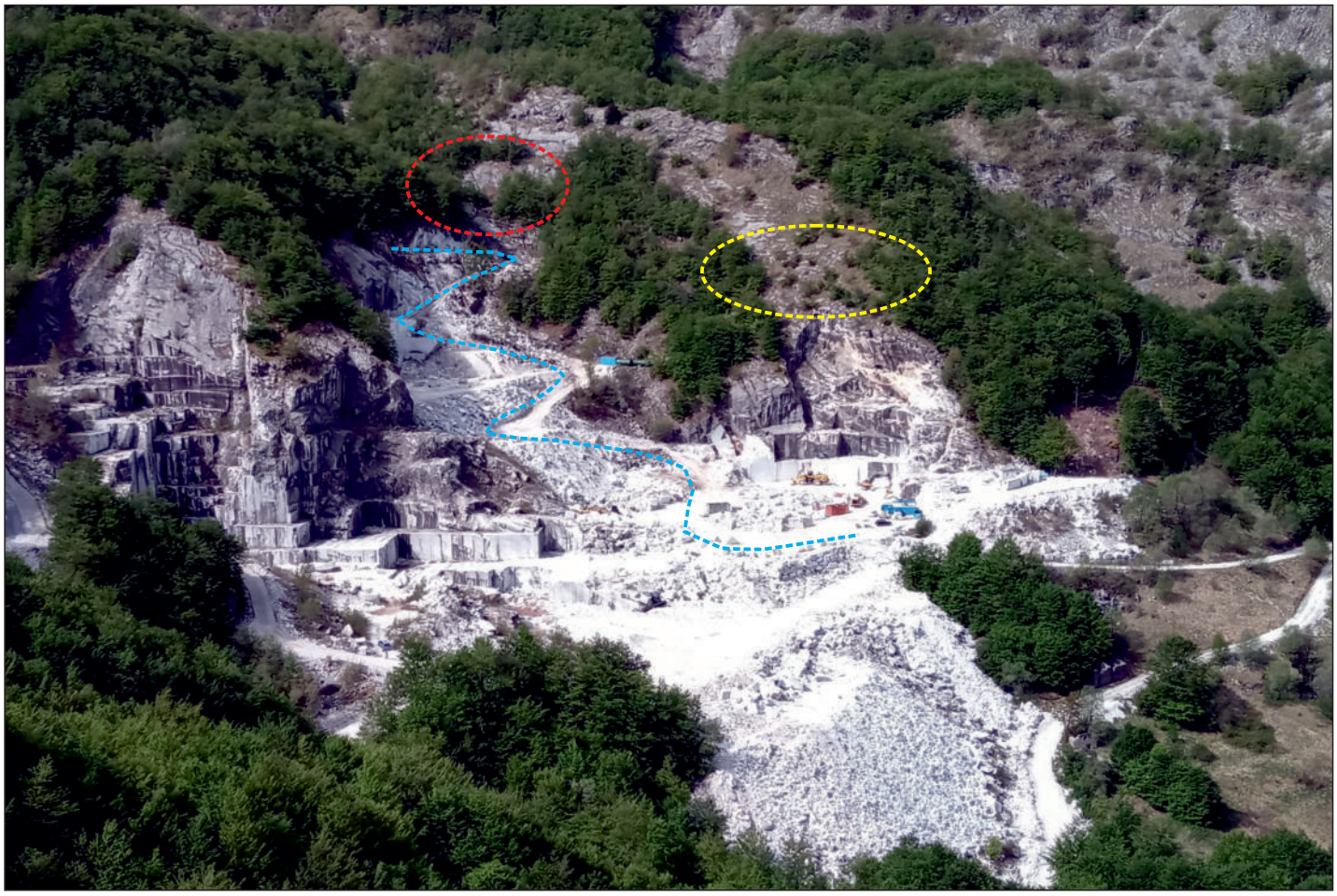


FOTO 2: panoramica della cava con visibile in ciano la viabilità di arroccamento esistente, in giallo l'area dove si svilupperà il cantiere inferiore Calacatta in rosso dove si svilupperà il cantiere superiore Venato SW , in prossimità di una piccola cava esistente

FOTO 3: panoramica della parte inferiore della cava, con visibile l'ingresso nel sito, l'area baracche ed i piazzali inferiori

FOTO 4: vista dall'alto del fronte residuo del cantiere calacatta inferiore, in rosso il sistema di fratturazione K2 con evidenziate le fratture principali A,B e C, in verde il sistema K3/K6; con cerchio giallo sono evidenziati i vetrini

FOTO 5: vista della parte inferiore del cantiere con aree baracche; in rosso si evidenzia area che sarà soggetta ad uno sbasso di 9 metri circa, fino ad arrivare a 990.0 m s.l.m.

FOTO 6: vista del piazzale allo stato attuale posto a quota 1032 m s.l.m.; il piazzale sarà oggetto di due sbassi di 6 metri, fino ad arrivare a 1020 m s.l.m.

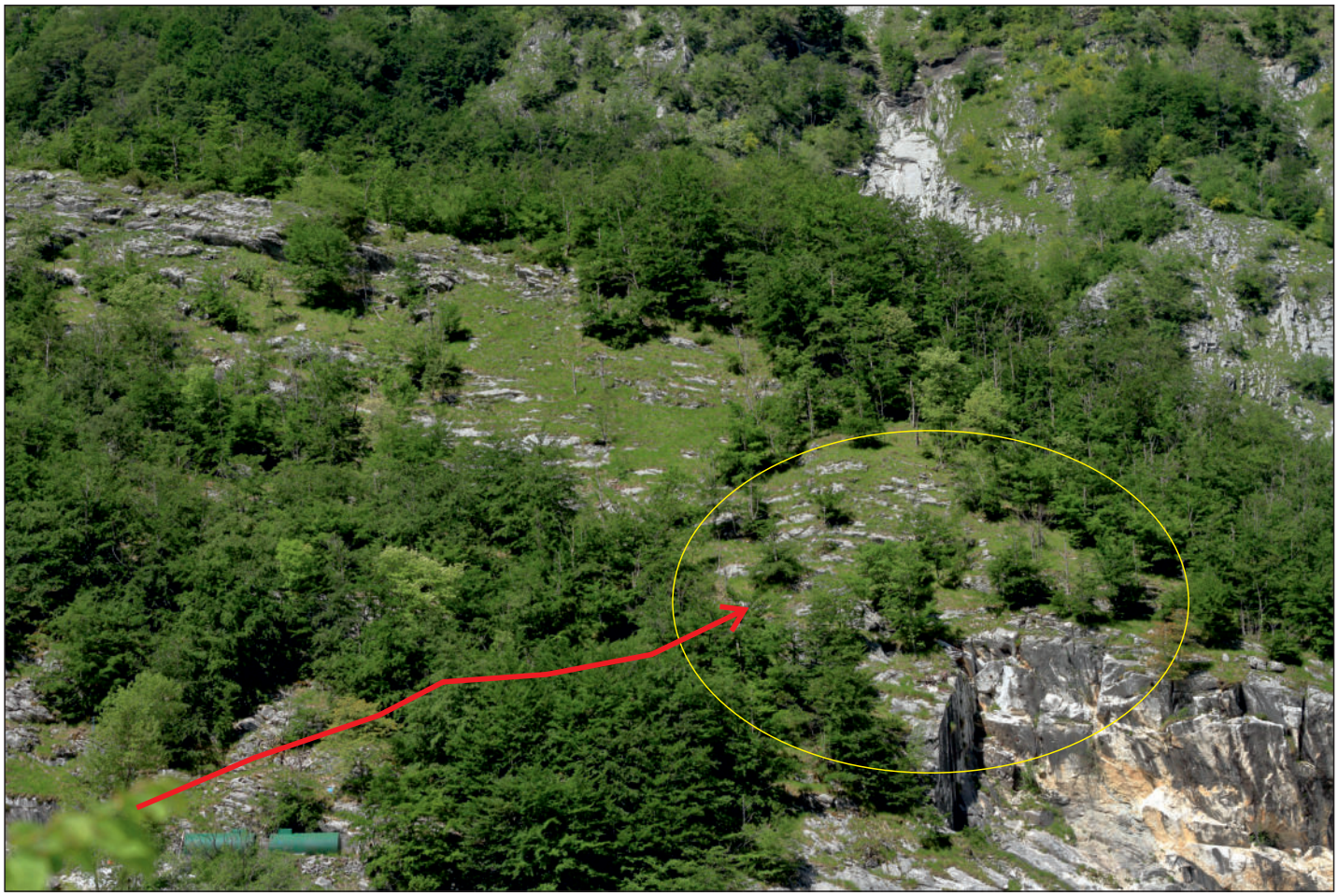


FOTO 7: panoramica della parte di versante dove sarà realizzato il cantiere inf. Calacatta; il cantiere si svilupperà al di sopra dei fronti residui esistenti in un'area con una vegetazione rada; in rosso il breve tracciato indicativo che sarà realizzato per raggiugnere il giacimento

FOTO 8: vista dalla zona del cantiere calacatta; in giallo si evidenzia la parte dove si svilupperà il cantiere superiore; in rosso le fratture principali rilevate nell'area afferenti al sistema K4; in verde quelle afferenti al sistema K6 ed in giallo al sistema K1

FOTO 9: panoramica della parte di versante dove sarà realizzato il cantiere inf. Calacatta; il nucleo del cantiere occidentale è la radura priva di vegetazione al centro della foto (cerchio in giallo); in rosso evidenziato tracciato indicativo della viabilità per raggiungere il giacimento

FOTO 10: vista della strada di arroccamento in corso di completamento per raggiungere i cantieri superiori; in alto a destra le fratture esposte D e E afferenti al sistema di fratturazione K4, e dove nei pressi si svilupperà in cantiere superiore venato SW

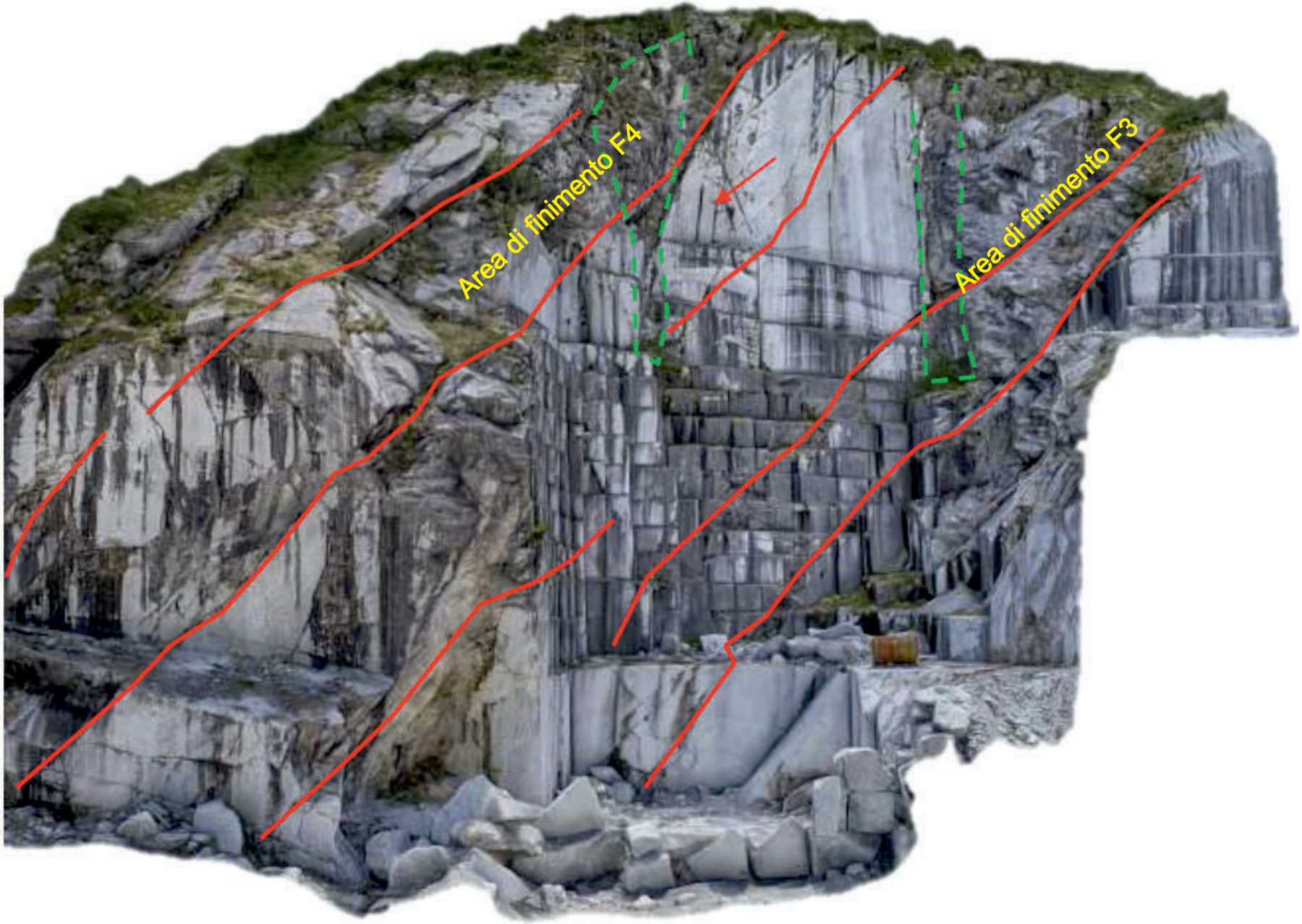


FOTO 11: discontinuità principali presenti in corrispondenza dell'area orientale del cantiere superiore (venato) ed afferenti al sistema di fratturazione K4 in verde si evidenziano canali realizzati da una precedenti coltivazione del fronte

FOTO 12: vista di marmo arabescato

FOTO 13: vista di affioramento di marmo qualità grigio