

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

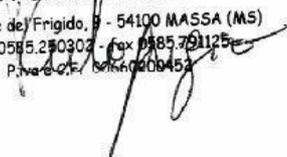
**ANALISI DELLE CARATTERISTICHE FISICHE DELL'AREA DI INTERVENTO –
CARATTERISTICHE GEOLOGICHE, GEOTECNICHE, GEOMORFOLOGICHE,
GEOMINERARIE, IDROGEOLOGICHE, VEGETAZIONALI, DI STABILITÀ E
SICUREZZA DEL SITO E PAESAGGISTICHE DI SUPPORTO AL PROGETTO
DI RIATTIVAZIONE E COLTIVAZIONE DELLA CAVA SUSPIGLIONICA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

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

COMMITTENTE: TURBA CAVA ROMANA S.r.l.

IL LEGALE RAPPRESENTANTE

TURBA CAVA ROMANA SRL
Via Fosse del Frigido, 7 - 54100 MASSA (MS)
tel. 0585.290302 - fax 0585.791125
P.iva 0270000453



IL GEOLOGO



Indice generale

1.0 - PREMESSA.....	3
2.0 – LOCALIZZAZIONE E DESTINAZIONE D’USO DELLE AREE	3
3.0 - VINCOLISTICA.....	4
3.1 Inquadramento generale dei vincoli.....	4
3.2 P.A.B.E. Pallerina – classi di pericolosità e fattibilità.....	5
3.3.- Piano Assetto Idrogeologico Autorità Bacino F. Serchio.....	10
3.4.- P.G.R.A. Autorità di Bacino distrettuale Appennino Settentrionale.....	10
3.5.- P.G.A. Autorità di Bacino distrettuale Appennino Settentrionale.....	10
3.6. - Linee guida in materia di “ravaneti”, approvate con Determinazione del Direttore del Parco n. 65 del 08.07.2019.”.....	11
3.7. - Analisi delle caratteristiche dei depositi detritici presenti in cava.....	11
4.0 - CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE GENERALI E LOCALI DELL’AREA.....	13
4.1 Forme derivanti da attività glaciale e pluvio-fluviale.....	13
4.2 Forme derivanti da attività carsica.....	13
4.3 Analisi della potenziale interazione del progetto con l’Abisso Alice.....	14
4.4 Forme derivanti da attività antropica.....	19
4.5 Caratteri idrogeologici generali.....	19
5.0 - CARATTERISTICHE GEOLOGICHE GENERALI E LOCALI DELL’AREA.....	20
5.1 Inquadramento Tettonico dell’Area.....	20
5.2 - Inquadramento Geologico - stratigrafico.....	21
5.3 – Inquadramento geologico - geostrutturale.....	21
5.3.1 – Rilievo strutturale.....	21
5.3.2 – Riconoscimento delle discontinuità ed elaborazione dei dati raccolti.....	22
5.3.3 – Caratteri strutturali del 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.....	32
6.1 – Inquadramento generale.....	32
6.2 – Stima del blocco unitario- Vb	33
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 – Stima della permeabilità dell’ammasso in esame.....	37
8.3 – Determinazione del possibile andamento delle linee di flusso sotterranee.....	38
8.4 – Qualità dei corpi idrici e loro vulnerabilità.....	41

1.0 - PREMESSA

Per incarico della Società TURBA CAVA ROMANA S.r.l., è stato eseguito il presente studio sulle caratteristiche geomorfologiche, geologiche, idrogeologiche e strutturali di compendio al progetto di coltivazione della cava "Suspigionica" ubicata nel Bacino Monte 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 a disposizione.

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

Il rilevamento geologico-geomorfologico ed idrogeologico di dettaglio è stato effettuato su cartografia in scala 1:2.000 realizzata a supporto del Piano Attuativo del Bacino Estrattivo; lo studio strutturale è stato condotto su cartografia ottenuta da rilievo strumentale di dettaglio integrato con la cartografia suddetta. Il rilievo di dettaglio della cava, nelle aree accessibili e della strada di arroccamento, è stato eseguito dal Geom. Luigi Dell'Amico.

Per la stesura del presente elaborato 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 ai sensi dell'art.113 della L.R. 65/2014 e del PIT/PPR; Bacino Estrattivo Monte Pallerina.

2.0 – LOCALIZZAZIONE E DESTINAZIONE D'USO DELLE AREE

L'area in oggetto è sita nella porzione settentrionale del bacino estrattivo del Monte Pallerina, nella valle di Arnetola, nel comune di Vagli Sotto.

L'area in esame è stata interessata in tempi passati dalla attività di estrazione, e ciò è ben visibile dai vari fronti di cava che si susseguono lungo la viabilità esistente di accesso al sito.

La concessione in oggetto è inserita nei seguenti mappali in disponibilità della società TURBA CAVA ROMANA s.r.l. (per dettaglio grafico si veda Tav.2):

- concessione Suspigionica: mappali n° 5577/p – 5581/p Foglio 37 del Catasto Terreni del Comune di Vagli Sotto;

La cava allo stato attuale risulta accessibile ai mezzi utilizzando la strada per raggiungere il sito estrattivo di Piastra Bagnata; nella porzione settentrionale della Cava Piastra Bagnata, a circa quota 1060 m s.l.m. è presente un bivio da cui si dirama una strada sterrata con direzione prima Nord e successivamente Nord-Est che raggiunge un fronte residuo posto di fronte ad un piazzale a quota circa 1055 m s.l.m. e denominato Cava Suspigionica.

Il sito oggetto del presente piano si svilupperà mediamente tra le quote di 1050m e 1100m s.l.m. circa.

Maggiori dettagli sulla vincolistica sono all'interno della relazione allegata ai sensi della L.R. n°35/2015 ex art.17 comma 1 lett. b) ed all'interno del SIA (Studio di Impatto Ambientale), della relazione paesaggistica e dello studio di incidenza allegati al presente progetto.

3.0 - VINCOLISTICA

L'area in oggetto ricade in un'area caratterizzata dalla presenza di siti estrattivi, ad oggi non attivi, testimoniati dalla presenza di vari fronti di cava (cava Prunelli/Piastrina, Cava Suspigionica), da alcuni saggi di cava, visibili lungo la viabilità comunale per raggiungere la Valle di Arnetola e presenti anche al di fuori del bacino estrattivo del Monte Pallerina; la vocazione estrattiva della zona è testimoniata anche dalla presenza di alcuni ravaneti generalmente di limitata estensione.

Il P.R.G. del comune di Vagli Sotto destinano 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.

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

3.1 Inquadramento generale dei vincoli

Per un inquadramento generale è stata realizzata la Tavola 10 – Carta dei Vincoli Paesaggistici principali in scala 1:2.000, 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, 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 in base art.142 comma 1 del D.lgs 42/2004:

- lett.f (parchi e riserve nazionali o regionali – Area parco e Area contigua di Parco);
- lett.g (territori coperti da foreste e boschi).

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;
- Siti di importanza comunitaria – SIC - SIR.

Inoltre secondo quanto previsto dal PIT 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, agli ingressi delle grotte ed all'eventuale presenza di geositi.

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

- ricade in area contigua di cava esterna (ACC ex LR n°65/97) in cui è prevista l'attività estrattiva seppur con le limitazioni imposte dal PABE del Monte Pallerina;
- l'area è esterna alle perimetrazioni SIC-ZPS o SIC – SIR (l'area ACC confina a Nord Ovest con il sito SIC-ZPS 23 - *Praterie primarie e secondarie delle Alpi Apuane*). Nell'area di cava o in un suo intorno significativo non risultano presenti edifici di notevole interesse pubblico;
- l'area di intervento è al di sotto dei 1200m;
- 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 non è 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 è posto in costa, su di un versante caratterizzato da una unica cresta principale, con direzione circa Nord-Sud, del Monte Pallerina che costituisce lo spartiacque della Valle di Arnetola. L'intervento sarà realizzato in corrispondenza di aree già interessate in passato da attività di cava e poste circa 100 metri più ad Ovest della suddetta cresta;
- non sono presenti all'interno della concessione ingressi di grotte; gli ingressi carsici più vicini, sono ad Est la Buca Nord del Monte Pallerina (T/LU 1284) con uno sviluppo limitato in profondità di soli 15m e a Sud l'Abisso Alice (T/LU 1140) con uno sviluppo planimetrico di 550 m e dislivello di 454 m; l'Abisso Alice dai dati a disposizione non interferisce con il presente progetto (per dettaglio vedi cap. 4.3.);
- Non risultano inoltre presenti in un intorno significativo dell'area sorgenti, circhi glaciali e geositi.

Si evidenzia che le caratteristiche vegetazionali, paesaggistiche come anche eventuali condizioni di limitazione d'uso in riferimento alle risorse naturali e paesaggistiche stesse, 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 oggetto dei lavori risulta classificata come di seguito per quanto riguarda il P.A.B.E. Di Pallerina:

Carta della pericolosità geologica e idraulica:

Classe G3a - pericolosità geologica elevata;

Classe I1 – pericolosità idraulica bassa

Carta della pericolosità sismica: Classe S3a - pericolosità sismica elevata;

Carta del reticolo idraulico (L.R. 79/2012 e Del.C.R. 28/2020): l'area di intervento risulta distante dai 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 la presenza di

geositi, 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, escavazione in sotterraneo

F3 (G3) – Fattibilità geomorfologica condizionata;

Nella classe di fattibilità FG3, caratterizzata da pericolosità geologica elevata, è necessario rispettare i seguenti criteri generali:

a) la realizzazione di interventi che comportino trasformazione del territorio o nuove infrastrutture è subordinata all'esito di idonei studi geologici, idrogeologici e geotecnici finalizzati alla verifica delle effettive condizioni di stabilità ed alla preventiva o contestuale realizzazione degli eventuali interventi di messa in sicurezza;

b) gli eventuali interventi di messa in sicurezza, definiti sulla base di studi geologici, idrogeologici e geotecnici, devono comunque essere tali da:

- non pregiudicare le condizioni di stabilità nelle aree adiacenti;

- non limitare la possibilità di realizzare interventi definitivi di stabilizzazione e prevenzione dei fenomeni;

- consentire la manutenzione delle opere di messa in sicurezza;

c) in presenza di interventi di messa in sicurezza sono predisposti ed attivati gli opportuni sistemi di monitoraggio in relazione alla tipologia del dissesto;

d) l'avvenuta messa in sicurezza conseguente la realizzazione ed il collaudo delle opere di consolidamento, gli esiti positivi del sistema di monitoraggio attivato e la delimitazione delle aree risultanti in sicurezza, sono certificati;

e) possono essere realizzati quegli interventi per i quali venga dimostrato che non determinano condizioni di instabilità e che non modificano negativamente i processi geomorfologici presenti nell'area; della sussistenza di tali condizioni deve essere dato atto all'interno dell'autorizzazione.

Definizione della fattibilità idraulica

Forma di intervento – nuovi fronti di coltivazione a cielo aperto e scarpate naturali connesse; escavazione in sotterraneo

F1 (I1) – Fattibilità idraulica senza particolari limitazioni;

In riferimento a quanto disposto dal DPGR n°53/R/2011, nelle situazioni caratterizzate da pericolosità idraulica bassa non è necessario indicare specifiche condizioni di fattibilità dovute a limitazioni di carattere idraulico.

Definizione della fattibilità sismica

Forma di intervento – nuovi fronti di coltivazione a cielo aperto e scarpate naturali; escavazione in sotterraneo

F3 (S3) – Fattibilità sismica condizionata

Nelle aree caratterizzate da una classe di fattibilità sismica FS3, dovranno essere valutati i seguenti aspetti contenuti nel DPGR n°53/R/2011:

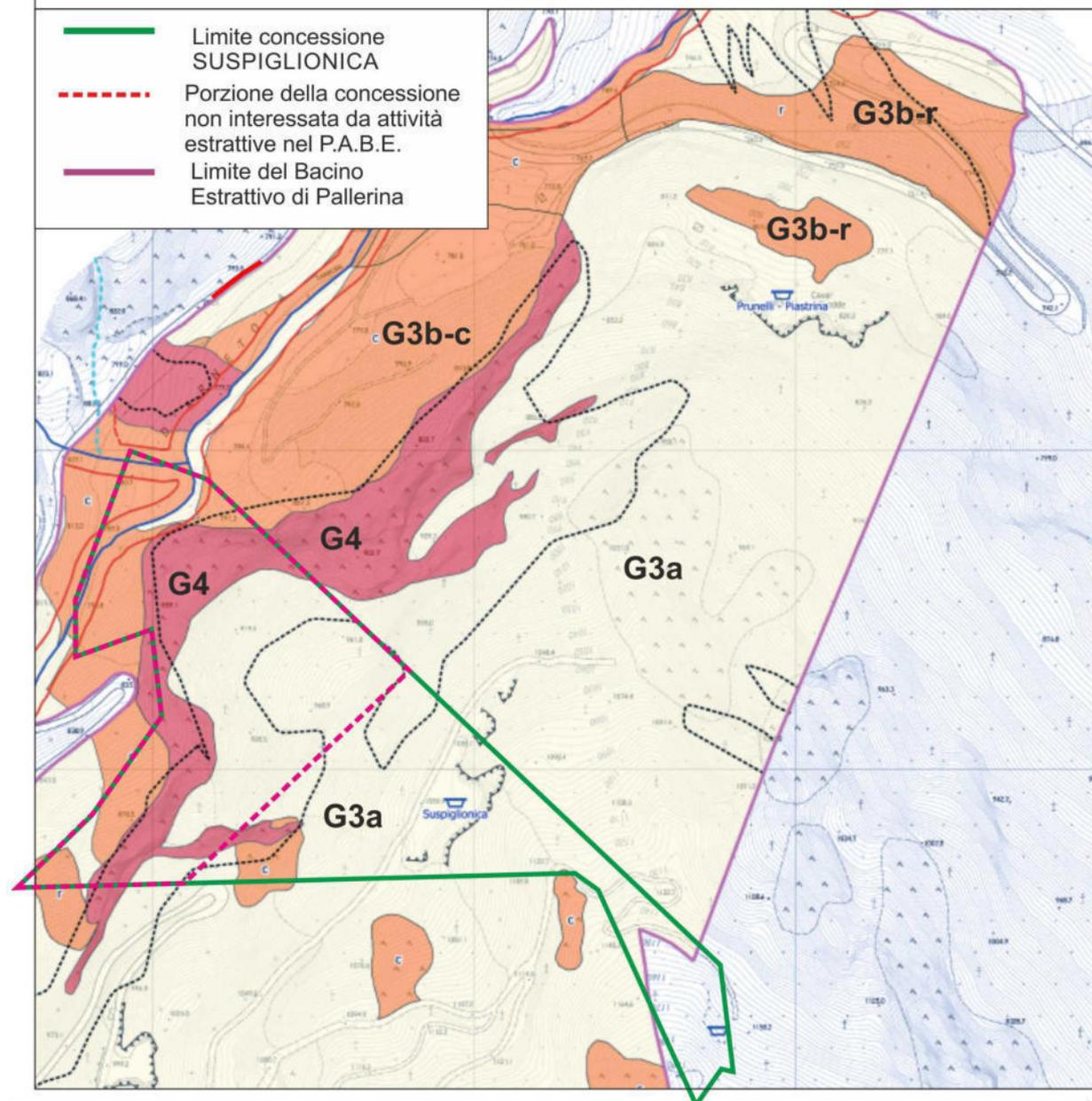
a) nel caso di interventi previsti dal piano di attuativo in zone suscettibili di instabilità di versante

quiescente e per le aree caratterizzate da coperture detritiche artificiali (ravaneti) o naturali, oltre a rispettare le prescrizioni riportate nelle condizioni di fattibilità geomorfologica, devono essere realizzate indagini geofisiche e geotecniche per le opportune verifiche di sicurezza e per la corretta definizione dell'azione sismica, con particolare riferimento al contrasto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche significativamente diverse. Per tali indagini dovranno essere impiegate metodologie geofisiche di superficie capaci di restituire un modello del corpo detritico al fine di ricostruire l'assetto sepolto del fenomeno gravitativo o dell'andamento del substrato. Nel caso di zone suscettibili di instabilità di versante quiescente, è opportuno che tali indagini siano tarate mediante prove geognostiche dirette, ove possibile, con prelievo di campioni su cui effettuare la determinazione dei parametri di rottura anche in condizioni dinamiche e cicliche. Per i ravaneti, le analisi saranno finalizzate a determinare le caratteristiche granulometriche, il comportamento (clasto sostenuto, matrice sostenuto, etc.), la presenza di fine e le caratteristiche geomeccaniche più significative ai fini delle successive verifiche. L'estensione delle indagini dovrà essere stabilita dal geologo sulla base anche dell'importanza dell'intervento;

b) nel caso di trasformazioni in presenza di zone di contatto tra litotipi con caratteristiche fisicomeccaniche significativamente diverse (vedi ravaneti) e in presenza di aree interessate da deformazioni legate alla presenza di faglie attive e capaci, deve essere realizzata una campagna di indagini geofisiche di superficie che definisca geometrie e velocità sismiche dei litotipi posti a contatto al fine di valutare l'entità del contrasto di rigidità sismica; è opportuno che tale ricostruzione sia tarata mediante indagini geognostiche dirette, ove possibile;

c) per le verifiche di stabilità dei cinematismi in roccia (fronti e tecchie a cielo aperto – sotterranei), per le verifiche di stabilità dei versanti, per la valutazione della capacità portante dei terreni in caso di installazione di macchinari, realizzazione fabbricati di supporto, etc. l'azione sismica dovrà essere determinata secondo quanto previsto nelle NTC 2018 – DM del 17.01.2018.

Estratto carta della pericolosità geologica e idraulica del P.A.B.E. Pallerina - scala 1:4.000
CONCESSIONE SUSPIGLIONICA



Classi di pericolosità geologica

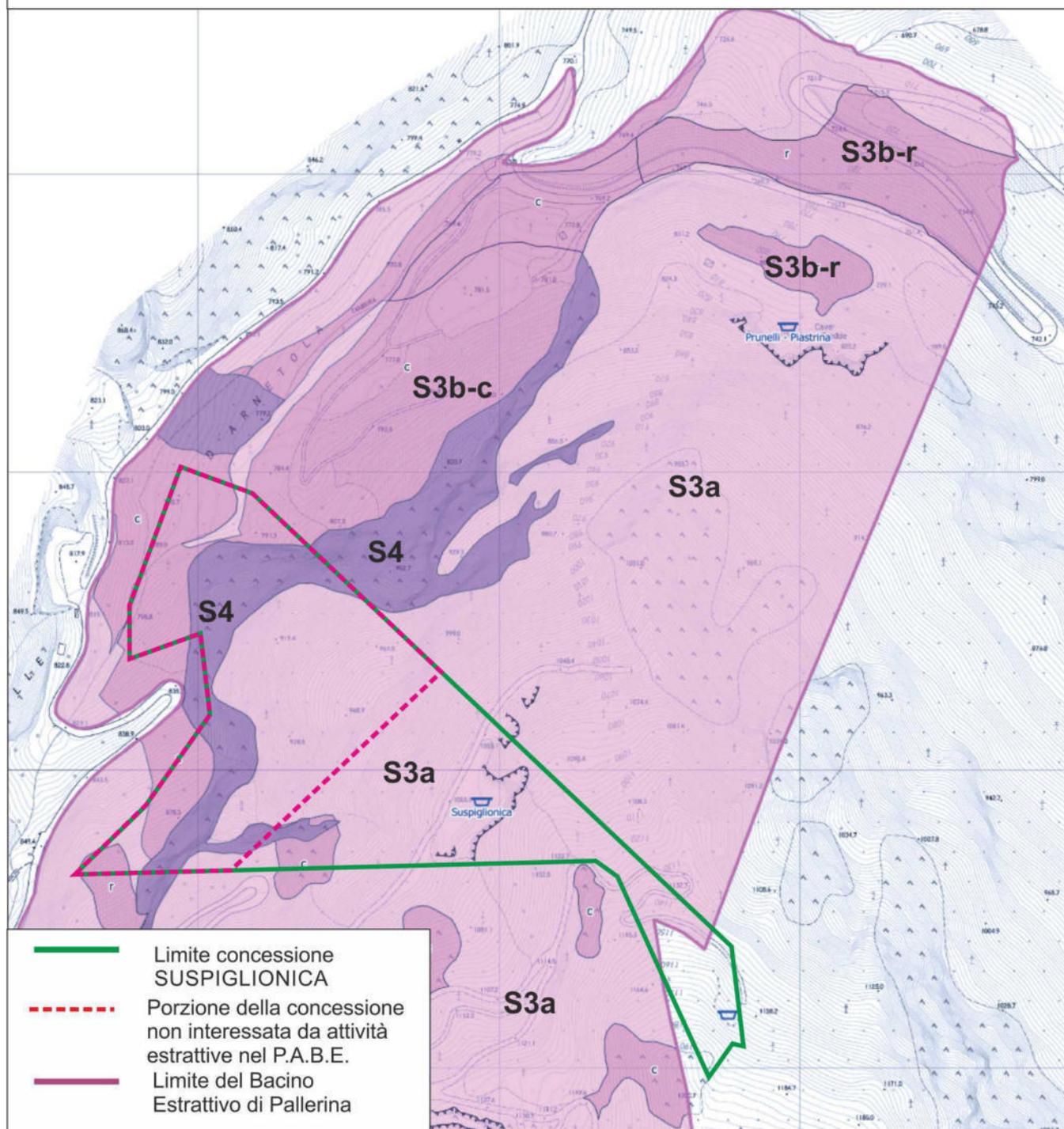
-  **Classe G3a** - pericolosità geologica elevata (classe P1 e P2 - art. 14 Norme P.A.I.)
-  **Classe G3b** - pericolosità geologica elevata (classe P3 - art. 13 Norme P.A.I.)
 (G3b-r - depositi detritici artificiali; G3b-c - depositi eluvio-colluviali)
-  **Classe G3c** - pericolosità geologica elevata (classe P4 - art. 22 bis Norme P.A.I.)
-  **Classe G4** - pericolosità geologica molto elevata (classe P4 - art. 12 Norme P.A.I.)
-  Perimetrazioni classe P4 A.d.B. F. Serchio (classe P4 - art. 12 Norme P.A.I.)

Classi di pericolosità idraulica

Classe I4 - pericolosità idraulica elevata

-  fascia di rispetto assoluta del reticolo idrografico principale (L.R. 79/2012 e Del. C.R. 1357/2017)buffer di 10 m
-  fascia di rispetto assoluta relativa al reticolo idrografico principale e non rilevabile per deflusso sotterraneo privo di opere artificiali - buffer di 10 m

Figura 2 - Estratto carta della pericolosità sismica del P.A.B.E. di Pallerina
scala 1:4.000 - CONCESSIONE SUSPIGLIONICA



Classi di pericolosità

- Classe S3a** - pericolosità sismica elevata
- Classe S3b** - pericolosità sismica elevata.
(**S3b-r** - depositi detritici artificiali; **S3b-c** - depositi eluvio-colluviali)
- Classe S4** - pericolosità sismica molto elevata

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 interessata dal progetto ricade interamente in:

- 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) .

Per il dettaglio della sovrapposizione del presente progetto con la cartografia del P.A.I. si rimanda alla figura 3 della Tavola 11.

Dal punto di vista idraulico, l'area rimane esterna alla classificazione della pericolosità idraulica. Si sottolinea che il presente piano di coltivazione non prevede alcun intervento di carattere edile.

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.

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 o la realizzazione di bastionature di limitata altezza.

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 (media) 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.

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 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 molto più a valle rispetto all'area di intervento; per un maggior dettaglio si rimanda alla relazione di piano allegata al progetto e alla relazione geologica (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.

Si ricorda a tal proposito che sono stati rilevati in zona ingressi di grotte (per dettagli vedi cap. 4.3 della relazione geologica) che risultano interferenti con il presente progetto; comunque saranno messi in atto una serie di accorgimenti atti a non intaccare lo stato ecologico del corpo idrico sotterraneo.

Si sottolinea, infine, che il Fosso Tambura, che scorre alla base del versante interessato dal presente piano di coltivazione, è segnalato comunque come un corso d'acqua non a rischio e con stato ecologico buono.

Per il dettaglio dal punto di vista cartografico delle interferenze del presente progetto allo stato di seconda fase (stato a 5 anni) con le cartografie del P.G.A., si rimanda alle figure 4 e 5 contenute nella tavola 11 del presente progetto.

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 Suspiglionica sia segnalato solo un ravaneto di limitata estensione posizionato a ridosso della Cava Suspiglionica stessa, sul piazzale antistante i fronti residui principali; il ravaneto viene classificato come coperto da una vegetazione arborea.

La carta di figura 2 di tavola 11, non trova conferma dalle evidenze di campagna in quanto il ravaneto non è coperto da alcuna vegetazione arborea e nemmeno da vegetazione arbustiva; come visibile dalle foto 1 e 2 della Tavola 11 effettuate con l'ausilio di un drone, dalle quali si evince che si tratta di un ravaneto di limitata estensione e privo di vegetazione.

Nella carta di gestione dei ravaneti (fig.2 – Tav.11), il ravaneto in esame risulta come non asportabile.

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 nonché dalle foto aeree realizzate.

Il ravaneto in oggetto è di ridotte dimensioni, tant'è che non è stato nemmeno cartografato nella carta geomorfologica di supporto al PABE di Monte Pallerina, in quanto contenuto all'interno del piazzale della cava (vedi Tavola 7 del progetto).

Il ravaneto non è cartografato nemmeno nella vigente carta della franosità del P.A.I., data la sua limitata estensione.

Nella figura 1 della tavola 11, si osserva come il ravaneto segnalato risulta in continuità con il piazzale della Cava Suspigionica e delimitato ad Ovest della strada di accesso alla cava, a Sud dal piazzale della cava, a Est da una rampa esistente a Nord da fronti residui di limitata altezza costituiti da marmi grigi.

Si tratta infatti di un deposito di piccola estensione, con una superficie di circa 250 mq, ed uno spessore medio stimabile attorno ai 2-3 metri.

Il ravaneto risulta costituito da una pezzatura da grossolana a media, ed è privo di materiale fine.

Nella carta geomorfologica dei ravaneti redatta dal Parco (vedi fig.1 -Tav.11), il ravaneto è segnalato come coperto da una vegetazione arborea ma si sottolinea che sul ravaneto non è presente alcuna vegetazione arborea come risulta dalla documentazione fotografica allegata e dai sopralluoghi effettuati in loco.

Il ravaneto, inoltre, non è posizionato sul versante, ma depositato all'interno del piazzale della cava, in quanto era stato creato per un eventuale riutilizzo come riempimento o per la creazione di rampe e bastionature all'interno del cantiere.

Il deposito risulta costituito prevalentemente da marmi grigi derivanti dai tagli visibili in loco e posti a quota 1068,4 m s.l.m. E sui fronti residui adiacenti al deposito stesso, posizionati sul lato meridionale.

In conclusione dalle analisi condotte, il ravaneto presente all'interno del piazzale della cava, si ritiene sia asportabile in considerazione:

- della sua limitata estensione (circa 250 mq circa);
- dei suoi spessori ridotti;
- dell'assenza di caratteristiche peculiari per il suo mantenimento quali presenza di vegetazione o presenza di reperti di archeologia industriale (bastionature, muri a secco, piani inclinati, vie di lizza, sentieri, antichi macchinari, ecc.);
- omogeneità del materiale derivante in particolare dalla natura litologica dello stesso (marmi grigi)
- pezzatura non omogenea del materiale, che invece caratterizza tipicamente i ravaneti storici.

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 nel suo tratto montano attraversa la valle di Arnetola con direzione circa Nord-Sud mentre i corsi d'acqua minori si dispongono ortogonalmente con direzione circa Est-Ovest; a nord dell'area in esame il Fosso Tambura assume una direzione ortogonale al tratto iniziale prendendo una direzione circa Ovest-Est.

La complessità strutturale dell'area, con pieghe isoclinali sovrapposte, fa sì 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 canali 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 imposta 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 fondo valle 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 buche, 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 (ACC, 1997) del Monte Pallerina sono stati individuati numerosi ingressi di grotte prevalentemente concentrati nella parte meridionale del Bacino Estrattivo.

A titolo di esempio si ricorda come più significativi, l'Abisso Eunice, che è anche un geosito, (id 756) e i suoi 5 ingressi e poco più a sud l'Abisso Simi.

Lungo il versante settentrionale del Monte Pallerina gli ingressi delle grotte risultano meno numerosi; a conferma di quanto sopra, all'interno dei terreni in disponibilità della società e contenuti

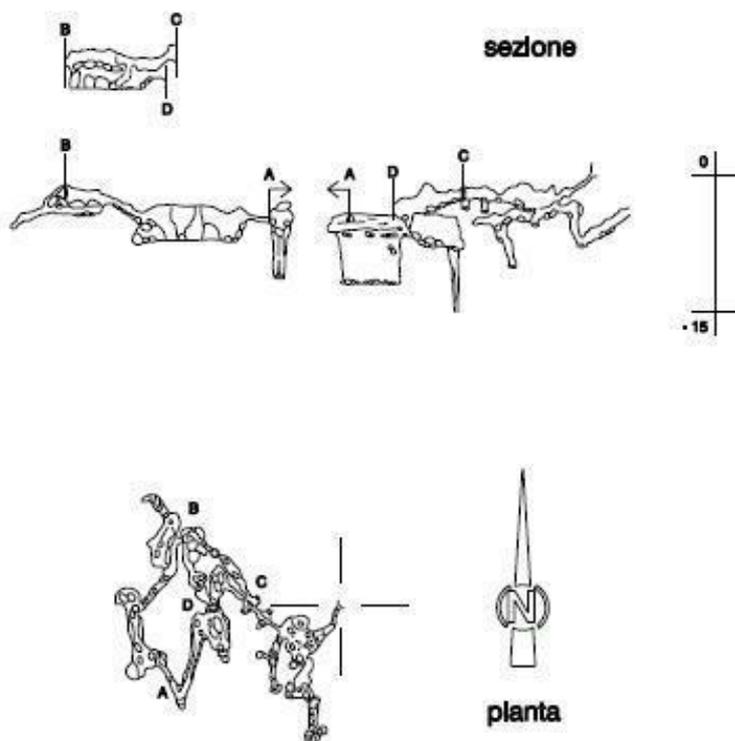
all'interno del bacino estrattivo, non sono stati rilevati ingressi grotte.

Gli unici ingressi carsici degni di nota, presenti sul dorso settentrionale del monte Pallerina sono la Buca Nord del Monte Pallerina (id 1284), con sviluppo limitato e dislivello di soli 15 metri, e l'Abisso Alice (id 1140) con un dislivello di 454 m, con ingresso posto circa 100 m più a sud dei fronti residui della Cava Suspigionica.

L'Abisso Alice sarà trattato separatamente nel capitolo successivo, mentre per la Buca a Nord del M.Pallerina, vista la distanza, la quota di ingresso inferiore alle aree di lavorazione e il suo sviluppo limitato, si può escludere qualsiasi interferenza con il presente progetto

1284 LU BUCA A NORD DEL M. PALLERINA

scala 1:500



Federazione Speleologica Toscana
Catasto Grotte
elab. grafica F. Fallini

09 - 08 - 1994

FIL. Gruppo Speleologico Bolognese

Unione Speleologica Bolognese

Organizzazione Speleologica Modenese "Sottosopra"

Figura 3: planimetria e sviluppo della Buca Nord del Monte Pallerina (id 1284)

4.3 Analisi della potenziale interazione del progetto con l'Abisso Alice

L'Abisso Alice" si presenta come una cavità assorbente con morfologia a galleria discendente, con un dislivello di circa 454m ed una estensione di circa 550 m.

Per analizzare le interazioni tra l'emergenza carsica censita e lo sviluppo di questo progetto è stata riportata in planimetria sulle tavole di inquadramento n° 5-7-10 e su tutte le tavole progettuali, oltre che a realizzare due sezioni di dettaglio B-B' e F-F' riprese da quelle di progettuali ed estese verticalmente fino ad interessare lo sviluppo della grotta.

L'ingresso carsico è posizionato a quota circa 1110 m s.l.m., circa 100 metri più a sud dei fronti residui della Cava Suspigionica che si affacciano su un piazzale esistente di quota circa 1058 m s.l.m.

L'Abisso, dai dati a disposizione ricavati dal sito dell'FST (Federazione Speleologica Toscana), si sviluppa in direzione Nord-Est, attraversando la porzione apicale della concessione in oggetto; in particolare, in planimetria, l'Abisso passa a circa 30 metri di distanza verso Sud-Est dagli attuali fronti residui della cava.

La quota indicativa dell'Abisso all'interno della concessione, vista la sua conformazione di galleria discendente, è compresa tra 970 e 900 m s.l.m.

Dai dati a disposizione, dalla sovrapposizione delle planimetrie e sezioni della cavità carsica in esame con le cartografie di progetto realizzate si può asserire:

- Le lavorazioni a cielo aperto saranno concentrate alle aree contermini del piazzale principale della cava di quota 1058 m s.l.m circa; queste, saranno poste planimetricamente più ad Ovest della grotta, ad una distanza circa di 25 metri e con andamento circa parallelo alla stessa, con un franco verticale di almeno 88 metri rispetto alla quota dell'Abisso all'interno della concessione di Suspigionica;
- il sotterraneo della Cava Suspigionica si svilupperà in direzione circa ortogonale a questa (verso SE), con una quota del pavimento compresa tra 1058,3 e 1064,5 m s.l.m. (fine della seconda fase), mantenendo nel punto di sovrapposizione planimetrica un franco verticale minimo 88 metri;
- nella fase finale prevista dal progetto (stato a 10 anni) il sotterraneo della cava sarà ribassato di soli 6 metri (quota 1052 m s.l.m. Circa) e rimarrà in tal caso un franco verticale rispetto all'Abisso Alice di circa 82 metri.

In base allo studio effettuato, visti gli spessori in gioco, non si ravvedono interferenze di tipo strutturale tra lo sviluppo della galleria di progetto e il vuoto rappresentato dalla grotta.

Per quanto riguarda potenziali interferenze dovute a collegamenti idraulici tra il pavimento delle aree di lavorazione in sotterraneo che con il suo sviluppo intercetta planimetricamente la grotta stessa, si procederà obbligatoriamente, fin dalle fasi di apertura, a sigillare le fratture beanti e le aree di finimento cataclastiche che verranno intercettate durante l'escavazione con resine atossiche o cementi idraulici.

La posizione e caratteristiche delle stesse fratture verrà riportata all'interno della carta delle fratture allegata alla relazione annuale di stabilità dei fronti, inoltre, gli interventi effettuati dovranno essere riportati in un report fotografico da tenere presso il sito estrattivo. Gli interventi, infine, dovranno essere indicati nel report annuale del monitoraggio ambientale ai sensi del D.lgs n°152/2020.

Nel caso in cui la coltivazione portasse alla luce emergenze carsiche non censite si procederà secondo quanto riportato nell'art.8 delle NTG del Bacino di Monte Pallerina (*Disposizioni in merito alla vulnerabilità degli acquiferi e problematiche idrogeologiche*), dandone comunque immediato avviso agli Enti competenti (Comune, Parco Alpi Apuane ed ARPAT) e mettendo in atto le misure di salvaguardia in esso riportato, con particolare riferimento al comma 3, *problematiche relative al carsismo*.

Si ricorda comunque che la coltivazione, per evitare veicolazione di inquinanti attraverso fluidi (acqua), ove possibile, e nel rispetto delle norme di salute e sicurezza dei lavoratori, eseguirà per la coltivazione tagli a secco, senza l'utilizzo di acqua, compresi i tagli di riquadratura (impiegando in questo caso tagliatrici a catena dentata).

Ulteriori indicazioni ed accorgimenti che verranno messi in atto al fine di escludere il problema sopra, sono riportate all'interno del capitolo 8.0 – Caratteri idrologici ed idrogeologici generali a cui si rinvia.

SCHEDA CENSIMENTO GROTTA

1140 LU ABISSO ALICE

Sinonimi:

Comune: VAGLI SOTTO

Località: M. Pallerina

area carsica: ALPI APUANE

Sezione IGM serie 25: 249 I

Piazza al Serchio

Carta Tecnica Regionale: 249080

VAGLI DI SOPRA

Coordinate chilometriche (Gauss-Boaga): E 1600590

N 4884435

Quota cartografica m s.l.m. 1100

Dislivello m: negativo 454

positivo 0

totale 454

Sviluppo m: spaziale 1105

planimetrico 550

estensione

Caratteristiche dell'ingresso

Geologia: Marmi

Morfologia: fessura verticale

Idrologia: cavit  assorbente

Meteo:

Fig. 4 – scheda censimento Abisso Alice

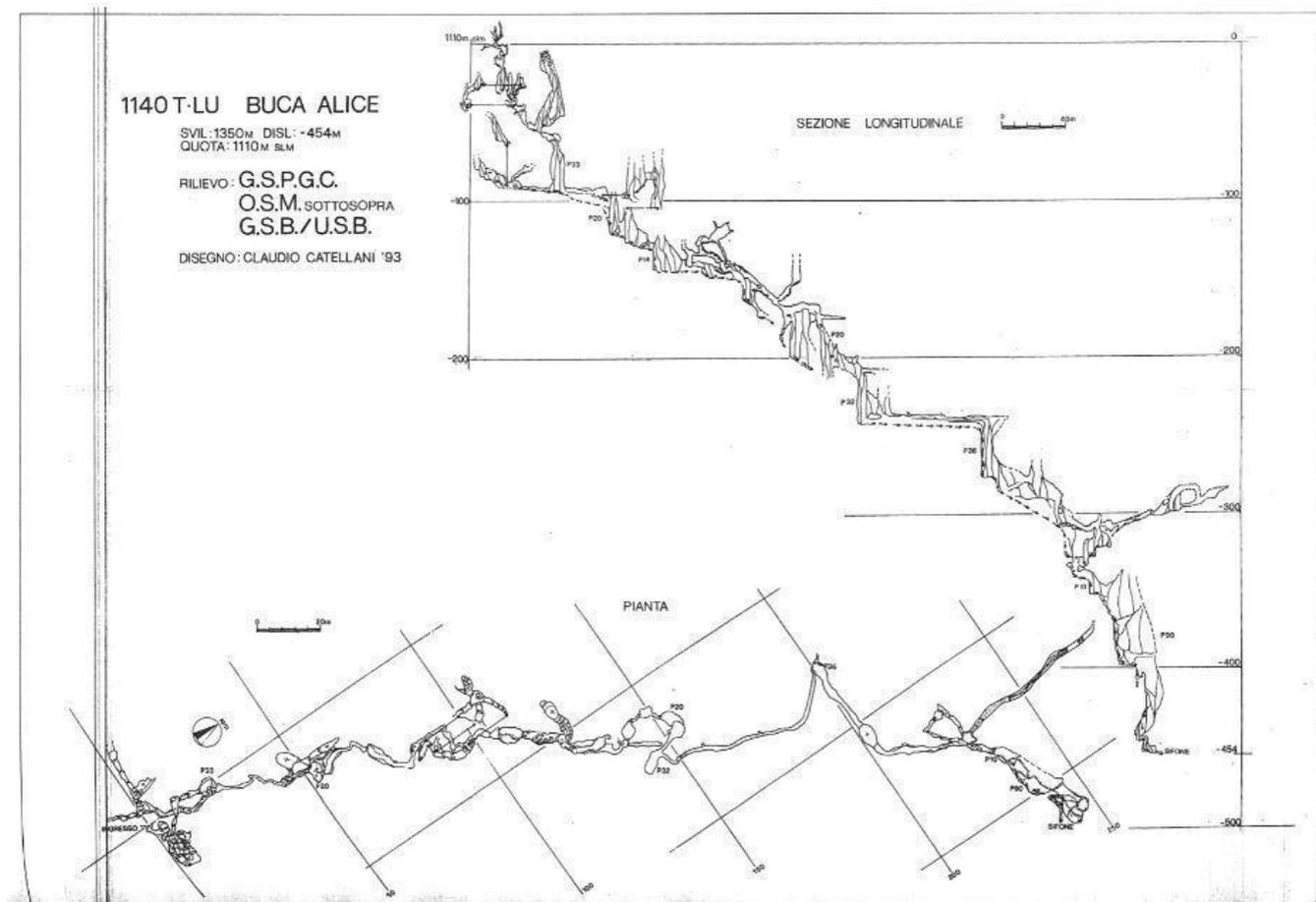


Fig. 5 – Planimetria e sezioni dell'Abisso Alice

Di seguito si riportano due figure, la Figura 5A e la Figura 5B, costruite dalla sovrapposizione tra la morfologia esterna, la posizione della Buca Alice e lo sviluppo del progetto nelle fasi previste distinto per fasi da cui emergono le risultanze descritte nel paragrafo sopra. Le tracce delle sezioni sono quelle riportate nelle tavole progettuali dalla Tavola 12 alla Tavola 16:

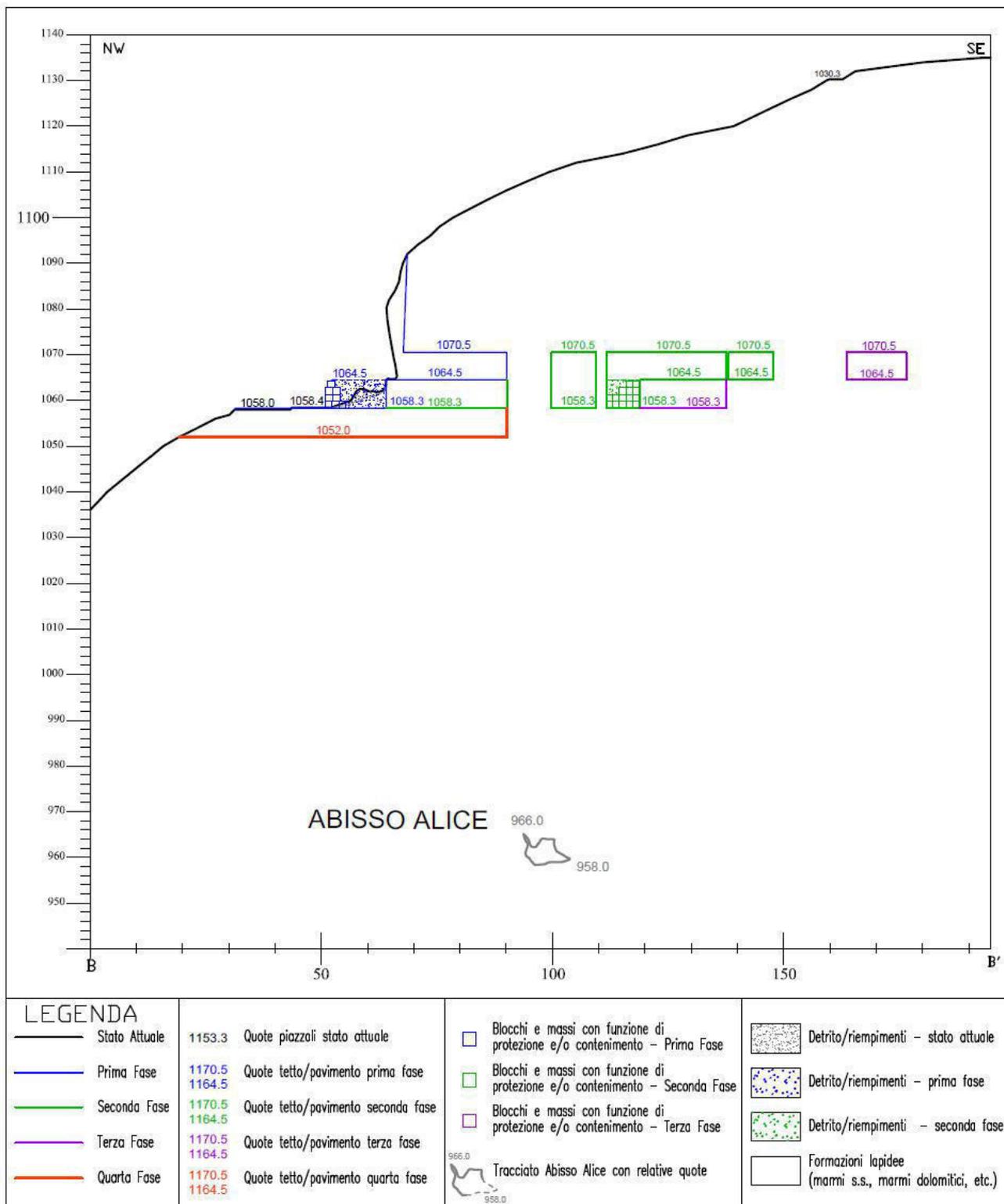


Figura 5A: sezione B-B' tracciata ortogonalmente al tracciato della grotta.

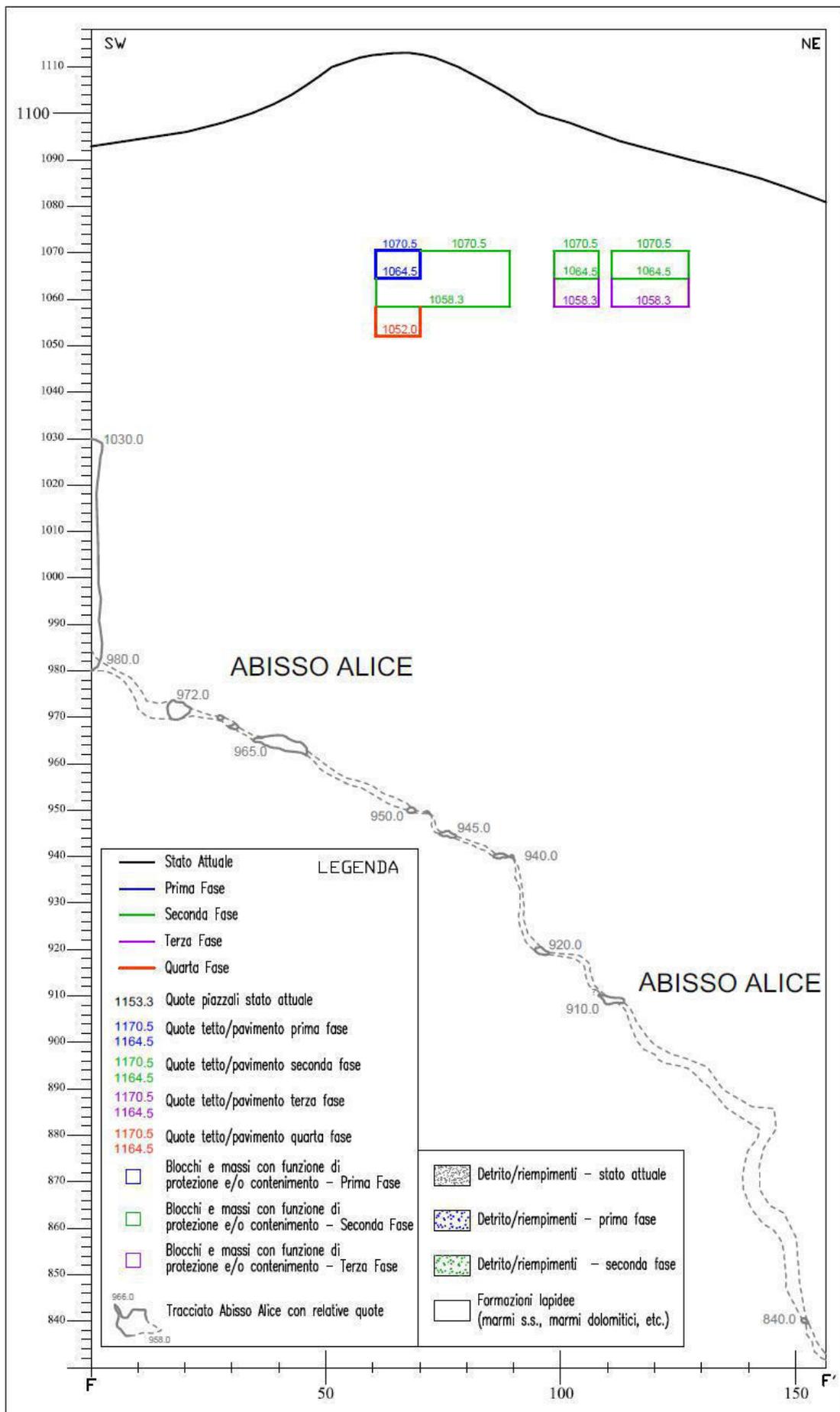


Figura 5B: sezione F-F' tracciata ortogonalmente al tracciato della grotta.

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 alla nascita di numerose attività estrattive, di cui oggi solo una minima parte risultano ancora attive.

In particolare l'area in esame è caratterizzata da un fronte di cava principale (Cava Suspigionica), e da alcuni saggi di escavazione limitrofi posizionati in prossimità della viabilità di accesso alla cava e alla sua prosecuzione.

Un altro fronte di cava è posto più ad Ovest e a valle ed è raggiungibile da un'altra strada esistente.

Sono presenti numerose altre cave nella zona, la più rilevante delle quali è posta immediatamente a sud e denominata Cava Piastra Bagnata; all'interno del bacino estrattivo sono presenti altre realtà estrattive di minore entità, alcune delle quali non attive o in corso di attivazione.

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

Le attività estrattive hanno interessato tante piccole realtà senza mai raggiungere comunque sviluppi importanti e con continuità come in altre zone delle apuane.

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

I depositi artificiali presenti nelle aree in disponibilità risultano di limitata estensione anche perché nel sito, l'escavazione non si è protratta con continuità.

In dettaglio, allo stato attuale, nell'area non è presente un vero e proprio ravaneto ma un deposito posizionato all'interno del piazzale della cava e probabilmente utilizzato per locali riempimenti, costruzioni di rampe e altro: il deposito della estensione di circa 250 mq risulta delimitato dal piazzale della cava, da fronti residui e da una rampa.

La posizione degli accumuli detritici principali di origine antropica derivata dalle precedenti attività è riportata nelle varie carte di supporto al piano di coltivazione (vedi tav. 3 e Tav. 7).

Si segnalano inoltre, al limite della porzione occidentale della concessione, la presenza di un vecchio tracciato di via di lizza a parati fissi realizzata per calare i marmi della cava Suspigionica e dai limitrofi siti. Ad oggi il tracciato, visibile nelle vecchie foto, è obliterato dalla vegetazione che ne ha coperto i tratti morfologici distintivi, riconoscendosi solo la porzione terminale che "sbuca" in posizione soprastante la via per la valle di Arnetola.

4.5 Caratteri idrogeologici generali

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 potenziale incremento dell'infiltrazione all'interno dell'ammasso roccioso. Tale fenomeno è testimoniato dalla presenza nell'area apuana dai numerosi ingressi di grotte e forma 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 risultano prive di ingressi di grotte e 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 le aperture così 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 sull'ingresso della grotta n°643 (*Abisso del Simi*) posto nella porzione meridionale della Valle di Arnetola e la grotta n°317 (*Buca della Pompa*) posta a sud dell'area in esame ed a settentrione rispetto alla Simi, direzionano le acque verso le sorgenti del Frigido.

Dall'osservazione delle sezioni idrogeologiche prodotte nello studio del corpo idrico significativo delle Alpi Apuane effettuato dall'Univ. di Siena – Prof. Carmignani, emerge che, nell'area di interesse per il presente studio, la falda è localizzata ad una profondità prossima o inferiore ai 500 m, mentre l'attività estrattiva si svilupperà a quote superiori, circa 1058 m s.l.m. (attuale piazzale di cava).

Nonostante la pozione della falda, ma proprio in considerazione della vulnerabilità potenziale derivante dalla tipologia delle formazioni presenti, in cava saranno messi in opera una serie di accorgimenti, oltre a quanto sopra riportato, ai fini di evitare potenziali fenomeni di sversamenti, oltre ad una gestione appropriata del ciclo delle acque che si attuerà attraverso un ciclo chiuso delle acque di lavorazione e della gestione delle AMD in particolare delle AMPP.

Ulteriori dettagli agli aspetti idrogeologici sono riportati all'interno del capitolo 8.0 seguente.

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.

La fase D1 si è sviluppata nell'intervallo di tempo compreso tra 30 e 25 milioni di anni fa, conseguente alla collisione tra il margine sud europeo e la microplacca adriatica, con sotto scorrimento e deformazione del margine continentale della microplacca Apula (comprendente anche la zona Apuana).

In questa fase, la 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. La collisione continentale porta ad 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 cavaatori come "verso di macchia".

I motivi strutturali principali sono riconducibili ad una serie di pieghe isoclinali, di scala chilometriche, coricate e impilate verso Est, già strutturate durante la prima fase deformativa sin-metamorfica. In particolare le strutture maggiori della zona in studio sono definibili da W verso E: l'anticlinale di Vinca, la sinclinale di Orto di Donna e l'anticlinale del M.te. Tambura sul cui fianco rovescio si trova il sito in esame.

In particolare l'anticlinale del M.te Tambura è costituita da un nucleo di scisti paleozoici ed è delimitata ad Ovest dalla sinclinale di San Viviano e ad Est dalla sinclinale di M. Fiocca-M. Pallerina con entrambe al nucleo le metarenarie dello Pseudomacigno.

A partire dal Miocene (ca 25 milioni di anni fa), tutti gli elementi strutturali di prima fase sono interessati da una nuova fase tettonica D2 che si sviluppa in un contesto distensivo crostale. Il processo distensivo si esplica mediante lo sviluppo di pieghe asimmetriche con fianchi stretti, dalla micro alla macroscale, con verso di rovesciamento verso W e verso E, in modo centrifugo rispetto al massiccio apuano. Questa cinematica, unita all'erosione, ha determinato l'esumazione dei livelli strutturali più profondi rappresentati dal complesso metamorfico.

Le interferenze tra le fasi D1 e D2 hanno come risultato un pattern strutturale articolato, ben visibile nei marmi policromi dell'area Apuana come ad esempio i "cipollini", nei quali si possono osservare pieghe isoclinali di prima fase "ripiegate" da strutture secondarie a piano assiale poco inclinato. Gli stadi tardivi della D2 sono caratterizzati da distensione di tipo fragile.

Nell'area in oggetto le pieghe isoclinali di prima fase risultano ancora ben riconoscibili: ad esse

è associato lo sviluppo di scistosità di piano assiale NE-immersa, che nei marmi rappresenta quello che i cavaatori chiamano “verso di macchia”.

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 8). Età: Lias Inf. e Medio;

Calcari selciferi : metacalcilutiti grigio scure con liste e noduli di selci, rari livelli di calcareniti . Età Lias medio – sup.

Diaspri: meta radiolariti rosse, violacee più raramente verdastre e grigie sottilmente stratificate, con interstrati di filladi quarzitiche. Malm

Formazione di Arnetola: Metabrecce ad elementi di marmo e selci, in matrice da verde-rossa a violacea Lias - ?Cretacico

Calcari selciferi a entrochi: Metacalciluti grigio chiare e color avorio con liste e noduli di selce. Localmente al tetto della formazione lenti di metacalciruditi derivate da originarie breccie poligeniche a elementi di calcilutiti dolomie e radiolariti Titoniano sup. - Cretacico inf.

Scisti sericitici: filladi muscoviti che verdastre, rosso violacee, più raramente grigie, con rari e sottili livelli di filladi carbonatiche, marmi a clorite e meta radiolariti rosse. Cretacico 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. Olocene

Depositi Detritici Artificiali o “Ravaneti”: accumulo degli scarti prodotti durante l'escavazione; gli elementi di marmo bianco hanno spigoli vivi e granulometria variabile. 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.*

In Tavola 8, scala 1:2.000, si riporta un dettaglio della merceologia dei materiali discussi in seguito.

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.

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 nel periodo Luglio-Agosto 2019 all'esecuzione di alcuni stendimenti strutturali in corrispondenza dei fronti della cava, oltre alla realizzazione di stazioni puntuali di misura in corrispondenza di alcune aree ritenute significative, sia all'interno della cava sia nel suo intorno; tale rilievo è stato poi integrato da ulteriori misurazioni effettuate nell'Agosto 2020.

Gli stendimenti e le stazioni di misura effettuate sono stati riportati all'interno della Carta della Fratturazione Tav. 9 allegata al progetto.

All'interno della Carta della Fratturazione sono indicati anche i fronti residui e i tagli morfologici lungo le viabilità esistenti.

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, e confrontati con quelli rilevati nelle precedenti campagne.

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 (e non è lo scopo del presente lavoro), 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 e confronto con i dati pregressi;
- analisi statistica e definizione delle caratteristiche fisico-meccaniche dei sistemi rilevati al fine di caratterizzare l'ammasso roccioso;
- suddivisione dell'ammasso in zone a differente omogeneità strutturale (Dominio Strutturale 1: area produttiva o semiproduttiva dell'ammasso; Dominio Strutturale 2: cappellaccio-finimento)

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 10), sono stati definiti i massimi di frequenza (Figura 11) ed i piani medi dei vari sistemi individuati (Figura 12); i dati dei range dei sistemi ed i relativi piani rappresentativi sono per praticità riassunti nella seguente Tabella 1.

Tabella 1

Sistema	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7
Ranges Immersione	106 - 158	055 - 088	012 - 070	281 - 347	025 - 054	335 - 008	187 - 248
Ranges Inclinazione	48 - 85	57 - 87	12 - 55	13 - 54	66 - 87	65 - 85	20 - 60
Piano Rappresentativo	135 - 66	073 - 71	038 - 36	321 - 29	039 - 76	353 - 76	45 - 225

Le proiezioni stereografiche, confermando le osservazioni dei rilievi geologico-strutturali di dettaglio, hanno evidenziato la presenza complessivamente di 7 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 seguito da una lettera minuscola per differenziare le dispersioni rilevate per alcuni raggruppamenti (K1 e K7).

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 8 delle caratteristiche fisico-meccaniche dei sistemi delle discontinuità rilevate, ricavata dall'unione dei dati strutturali delle campagne di rilevamento effettuate. Come già di seguito si rimette una breve descrizione delle loro caratteristiche.

Per ciò che riguarda il parametro "spaziatura" questo è stato rilevato per il Dominio Strutturale 1 direttamente sui fronti accessibili in corrispondenza dei tagli a filo, quindi in prossimità dell'ammasso con caratteristiche migliori; mentre per il Dominio Strutturale 2 si è proceduto con il metodo osservazionale riferendosi alle classi di spaziatura di riferimento dei sistemi di classificazione più usati (rif. Bieniawski e GSI).

La cava presenta in generale un elevato grado di fatturazione, ma questa tende a migliorare man mano che si penetra all'interno dell'ammasso roccioso.

Il parametro "apertura" è risultato nell'analisi statistica avere valori relativamente bassi in entrambi i domini strutturali 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. Ciò è più chiaramente visibile dai dati ricavati dal Dominio 1, già soggetto in passato a lavorazione e quindi privo di zone rocciose vergini, dove è più facile che fenomeni di tipo carsico e/o atmosferico favoriscano un aumento dell'apertura delle fratture nella loro parte più superficiale.

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 K1

Si tratta del secondo sistema statisticamente più rappresentato, ma il primo dal punto di vista strutturale per l'area in esame, rappresentate circa il 16.5% delle misure analizzate; è caratterizzato da fratture con inclinazione media di 66° ed immergenti in direzione Sud Est. I giunti risultano per quasi l'80% persistenti, con un valore massimo di circa 20m e circa il 55% delle misure ricadenti nella classe di persistenza 10-20. La spaziatura media è di circa 1.5m, con il 40% dei dati appartenenti alla classe 20-60 ed i restanti equamente suddivisi tra le classi 6-20, 60-200 e

200-600; per quanto concerne la forma a grande scala il 70% delle discontinuità è ascrivibile alla classe "VIII", con un picco minore appartenente alla classe "V" che si assesta sul 25%. Il parametro apertura evidenzia la presenza di diverse superfici esposte, che rappresentano circa il 65% del totale; le rimanenti sono suddivise abbastanza equamente tra le classi 10-100 e 0-0.5, con un valore medio di 29mm. Solo il 5% dei casi mostra tracce di riempimento formato da terra, mentre il 70% delle fratture presenta superfici ossidate e, per un ulteriore 25%, anche carsificate; non si segnalano venute superficiali o altra presenza di acqua. Per quanto riguarda il JRC, quasi il 40% dei giunti appartiene alla classe 6-8, circa il 35% alla classe 4-6 ed i rimanenti sono quasi equamente distribuiti tra le classi 2-4 ed 8-10.

Sistema K2

Rappresenta il 19.8% delle misure analizzate. L'inclinazione del piano rappresentativo è di circa 71°, ed è orientato in direzione Est -Nord Est; oltre il 70% delle discontinuità è a carattere persistente, con i restanti dati distribuiti abbastanza omogeneamente tra le altre classi ed un valore medio di circa 8m (minimo registrato nell'area). La spaziatura media è di circa 0.7m, con un valore massimo di circa 2.8m e circa il 36% dei dati ricadenti nella classe 6-20 ed i restanti distribuiti nelle classi superiori. Il 75% delle discontinuità presenta una forma appartenente alla categoria "VIII", mentre un rimanente 17% circa è ascrivibile alla classe "V"; i giunti risultano esposti per circa il 58%, un ulteriore 33% circa invece ricade nella classe 0-0.5, con un valore medio di 11mm. Sono presenti minime tracce di riempimento formato o da terra (4.4%) o da sassi (3.9%), l'acqua risulta assente, mentre sono visibili diverse superfici ossidate (75%) ed in minima parte carsificate; il 42% circa delle fratture ricade nella classe di JRC 8-10, un picco secondario (circa 21%) è ascrivibile invece alla classe 10-12.

Sistema K3

Le fratture appartenenti a questo sistema presentano un'inclinazione media di 36° ed immergono in direzione Nord Est; rappresentano circa il 14.2% dei dati raccolti ed elaborati. Per oltre il 70% si tratta di discontinuità persistenti, con il 64.7% dei giunti ricadenti nella classe 10-20 ed un picco secondario del 17.6% nella classe 3-10; la spaziatura media si attesta sui 1.6m circa, con oltre il 40% dei giunti che ricade nella classe 200-600 ed un valore massimo di circa 4m. La forma in grande scala è ascrivibile per quasi il 60% delle misure alla categoria "VIII", con il resto dei dati diviso abbastanza omogeneamente tra le rimanenti due categorie; l'apertura media si attesta su circa 19mm, con un 35% circa di fratture esposte ed un 41.2% invece ricadente nella classe 0-0.5. Quasi il 60% delle discontinuità mostra tracce di ossidazione, molto minore invece la presenza di carsificazioni o delle combinazioni di entrambe; nel 17.6% e nel 5.9% dei giunti sono visibili riempimenti rispettivamente composti da terra o sassi, mentre sono totalmente assenti venute d'acqua o superfici umide. Per quanto concerne il JRC, circa il 41% dei dati è ascrivibile alla classe 4-6, mentre un secondo picco di dati (circa il 30%) ricade nella classe 6-8.

Sistema K4

Il sistema presenta orientazione opposta al precedente, immergendo in direzione Nord Ovest, ed è caratterizzato da fratture con inclinazione media di circa 29°; rappresenta circa il 12.4% dei dati in esame. Il 67% circa delle discontinuità è di tipo persistente, con un valore medio di 8.3m ed oltre il 50% di dati ascrivibile alla classe 10-20, mentre un 30% circa ricade nella classe 0-1; il sistema presenta una spaziatura media di 1.8m, con il 60% dei giunti ascrivibili alla categoria 60-200 ed i restanti equamente distribuiti tra le classi 20-60 e 200-600. Quasi il 70% dei dati presenta una forma a grande scala di tipo "VIII", con un picco secondario di dati attorno a circa il 27% ascrivibili invece alla categoria "V"; l'apertura media è di 8.5mm (valore minimo registrato nel sito), con un 33% circa di fratture esposte ed il 46.7% invece ricadenti nella classe 0-0.5. Il 53% circa delle misure mostra tracce di alterazione sotto forma di superfici ossidate, quasi assenti riempimenti (solo un 6.7% composto da terra) ed acqua; per quanto riguarda il JRC, il 53% circa dei dati è ascrivibile alla classe 4-6, il 20% alla classe 10-12 ed i restanti sono equamente suddivisi tra le classi 2-4 e 6-8.

Sistema K5

Sistema rappresentante circa l'11% delle misure raccolte ed analizzate, con orientazione simile a K3 verso Nord Est, ma dotato di inclinazione media maggiore (circa 76°); si tratta di fratture persistenti per oltre il 75% dei casi esaminati, con un valore medio di circa 12m ed oltre il 77% dei giunti equamente suddivisi tra le classi 10-20 e 20-50. La spaziatura media si attesta sui 2.9m, valore più alto riscontrato nella zona assieme a quello della spaziatura massima, di ben 4m; le discontinuità infatti ricadono tutte all'interno delle classi 60-200 e 600-200, rispettivamente per il 32% ed il 68% circa. Il 77% delle misure presenta una forma appartenente alla categoria "VIII", e le rimanenti invece ricadenti nella categoria "V"; l'apertura media è di 10mm, con un 31% circa di fratture esposte ed un ulteriore 46% circa invece ascrivibili alla classe 0-2. Quasi l'85% dei dati presenta tracce di ossidazione, con solo il 7.7% che mostra riempimenti formati da terra; assenti venute d'acqua o superfici umide. Il 54% delle fratture ricade nella classe 6-8 del JRC, con un picco secondario ascrivibile alla classe 4-6 che si attesta sul 23% circa.

Sistema K6

Il sistema in esame rappresenta il 10.7% delle fratture esaminate, presenta un'inclinazione media di 76° ed una orientazione verso Nord - Nord Ovest; sono discontinuità persistenti, con un valore medio di 11.5m e ricadenti nelle classi di 10-20 e 20-50 rispettivamente per l'84.6% ed il 15.4%. La spaziatura media si attesta sui 0.9m, con circa il 70% delle misure appartenenti nella classe 60-200 e le restanti ascrivibili invece alla classe 20-60; la forma a grande scala ricade per circa l'85% nella categoria "V". L'apertura media è di 3.6mm (misura più bassa registrata nella zona d'indagine), con oltre il 75% dei dati appartenente alla classe 0-0.5. Solo il 31% dei dati mostra evidente alterazione dovuta ad ossidazione ed, in minor parte, a carsismo; minima anche la presenza di riempimenti (7.7%), composti da terra e sassi, e totalmente assenti venute d'acqua o superfici umide. Il 61.5% delle fratture ricade nella classe 4-6 del JRC, con un picco secondario ascrivibile alla classe 6-8 che si attesta sul 23% circa ed i rimanenti dati equamente distribuiti tra le classi 2-4 ed 8-10.

Sistema K7

Sistema corrispondente al 15.7% delle fratture in esame, dotato di inclinazione media di 45° circa ed orientazione verso Sud Ovest; si tratta di discontinuità persistenti per oltre il 94% dei casi esaminati, con un valore medio di circa 10.6m e ricadenti principalmente nella classe 10-20 (84.2%). La spaziatura media si attesta sui circa 1.8m, con il 58% delle misure ascrivibili alla classe 60-200 e le rimanenti ascrivibili alla classe 200-600; la forma a grande scala ricade per circa il 90% nella categoria "VIII". Si tratta di giunti per la maggior parte chiusi, con l'84.2% dei dati ricadenti in classe 0-0.5 ed il restante 15.8% risultate esposte. Minime tracce di superfici ossidate (5.3%) ed ossidate/carsificate (5.3%), assenti riempimenti e superfici umide. Per quanto concerne il JRC, il 73.7% delle fratture ricade nella categoria 4-6, con un picco secondario del 21% circa ricadente invece nella categoria 2-4.

Versi di Macchia

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

Tabella 2

	RANGE IMMERSIONE	RANGE INCLINAZIONE
S1	120 - 130 340 - 010	75 - 85 80 - 85

5.3.3 – Caratteri strutturali del rilievo

Il rilievo geologico-strutturale ha evidenziato, come già precedentemente indicato, la presenza nell'area di intervento di alcuni settori con differenti caratteristiche geometriche; elemento dominante per la definizione delle "zone di omogeneità" sono stati i parametri "spaziatura" e "persistenza".

Sulla base di questo è stata utilizzata una classe di omogeneità, definita "Dominio Strutturale 1: area produttiva o semiproduttiva dell'ammasso":

- "DOMINIO STRUTTURALE 1 - AREA PRODUTTIVA O SEMIPRODUTTIVA DELL'AMMASSO": esso comprende le aree del giacimento oggetto delle precedenti lavorazioni, con la ripresa degli interventi in corrispondenza del piazzale principale della cava posto a quota circa 1055 m s.l.m.. I rilievi di campagna hanno evidenziato la presenza in cava di zone cataclastiche (finimenti) ed una fratturazione marcata soprattutto nella parte superiore del giacimento, con un generale miglioramento (diminuzione della frequenza e spaziatura delle fratture) in corrispondenza delle porzioni più basali e più interne al giacimento stesso e che saranno oggetto di sfruttamento del presente piano di coltivazione. L'area che sarà oggetto di coltivazione è caratterizzata da varietà merceologiche di pregio rappresentate da livelli di marmi "calacatoidi-arabescati" e in misura minore da marmi ordinari da "grigi a bardigliacei". Inoltre una parte del giacimento è caratterizzata da una "pelle" superficiale fratturata a causa delle modalità di escavazione passate che hanno fatto ingente uso di esplosivo. Al di sotto il giacimento risulta compatto e limitatamente fratturato.
- "DOMINIO STRUTTURALE 2 - CAPPELLACCIO-FINIMENTO": la parte corticale (cappellaccio) 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). Nel sito di interesse l'intensa fratturazione impostata dalle fasi di deformazione fragile è stata acuita dall'azione crioclastica, dall'utilizzo dell'esplosivo nelle precedenti attività 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 generalmente si mantiene pressoché costante tra 2m e 3m, lungo particolari allineamenti può risultare sensibilmente maggiore, 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).

Dal punto di vista strutturale gli elementi di maggiore rilievo presenti in cava sono rappresentati dal sistema di fratturazione K1, che corre circa parallelo al fronte residuo della cava tramite una serie di fratture evidenziate nella *Tavola 9 – Carta della Fratturazione* in scala 1:500. Tali piani di frattura, ascrivibili al sistema del "secondo", sono stati ampiamente impiegati in passato per l'escavazione, vista la persistenza e l'alto angolo di inclinazione; la loro presenza ha determinato lo spostamento verso monte dell'ingresso del sotterraneo rispetto ai fronti residui attuali della cava. Questi presentano chiara coincidenza con i sistemi di discontinuità più rappresentativi dal punto di vista strutturale e sono stati impiegati come superfici di distacco nella passata coltivazione. L'aver sfogliato progressivamente verso E questo sistema, facendolo scivolare su quello del contro (K7), ha creato la condizione di parziale oggetto visibile. Il ribaltamento del piano dei K1 agevolava le operazioni di coltivazione passata che sfruttava come principio base la gravità.

L'arretramento del fronte per creare le condizioni potenziali all'apertura del sotterraneo, superando il parziale oggetto presente, infatti, si è reso necessario al fine di pulire la superficie attuale fino a farla coincidere con la frattura J1, caratterizzata da una inclinazione prossima alla verticale con debole immersione verso NW del piano, che si ritiene garantirà una migliore condizione strutturale per la realizzazione dell'accesso.

I piani del K1, anche per gli interventi a cielo aperto, costituiranno le principali superfici per organizzare i fronti di scavo in modo da ottenere fronti finali puliti e stabili.

Si sottolinea che le previsioni progettuali dovranno progressivamente essere tarate e rivalutate con l'avanzamento e la strutturazione dei fronti di lavoro previsti che avverranno con la pulizia delle varie fratture visibili (J1, J3, J8, J9 etc...), verificando lo stato e le orientazioni delle fratture intercettate

e prestando particolare attenzione a quelle afferenti al sistema K1.

In corrispondenza del fronte di primo attacco del sotterraneo (esposto a NW), si prevede per stabilizzare la geometria finale dello stesso, di effettuare un taglio "obliquo" con andamento circa come le fratture del "contro" (sistema K7), che ripulirà completamente le parti superficiali in parte alterate ed aperte per l'impiego in passato di esplosivo quale mezzo di coltivazione (vedi anche Tavola 13 – Prima Fase di lavoro).

Maggiori dettagli, quali anche una previsione della posizione dei tagli, sarà riportata nella relazione di stabilità allegata al presente progetto.

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 strength - 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.

CLASSIFICAZIONE DI BIENIAWSKI (Indice RMR, 1989):

DOMINIO STRUTTURALE 1:

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).

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, J_v , con l'espressione modificata da Palmström (1995):

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

con

$$J_v = \frac{1}{S_1} + \frac{1}{S_2} + \dots + \frac{1}{S_n} =$$

$$J_v = 4.9$$

$$RQD = 110 - 2.5 \cdot 4.9 = 110 - 12.25 = 97.75$$

dove $S_1 \dots S_n$ spaziate dei vari sistemi di discontinuità del sito; da cui $RQD=0$ per $J_v > 44$ e 100% per $J_v < 2.5$. Questa formula ha fornito nel caso del Dominio Strutturale 1 un valore prossimo al 100%; in misura cautelativa è stato utilizzato, anche a favore di sicurezza, un valore di 90% di recupero.

SUSPIGLIONICA - DOMINIO 1 (GIACIMENTO LIMITATAMENTE FRATTURATO)

	PARAMETRO	Valori riscontrati	INDICE RMR	Note
1	Resistenza roccia	80-100MPa	9	Valore medio relativo ad una resistenza monoassiale di 90MPa
2	RQD	90-100%	18	Valore cautelativo pari a 90% sebbene la stima con J_v fornisca un valore superiore
3	Spaziate giunti	Valore mediato	Vedi	Il range è riferito ai valori di spaziatura dei sistemi

			Tab. 9	persistenti
4	Condizione dei giunti	Lunghezza, Apertura, Rugosità, Riempimento, Alterazione	Vedi Tab. 9	Il range è riferito ai valori dei sistemi persistenti
5	Condizioni idrauliche		Vedi Tab. 9	
		Totale somma voci 3-4-5	49	Risultato elaborazione Tab.9
	BRMR	Valore stimato	76	
	Corr. Orient. Giunti		-11	Risultato elaborazione Tab.10
	RMR	Valore stimato	65	

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

DOMINIO STRUTTURALE 2:

Per la classificazione di questo dominio strutturale ci si è basati sul metodo osservazionale, in considerazione che gran parte dei dati sono stati rilevati senza poter accedere direttamente alle discontinuità. Pertanto mentre nel primo caso ci si è riferiti a valori diretti derivati dalla Tabella 2 delle caratteristiche fisico-meccaniche (elaborazione di dati rilevati sui fronti accessibili), riportate nelle tabelle 4 e 5, in questo secondo caso ci si è riferiti in parte ai dati della tabella 2 ed in parte direttamente ai range di valori riportati nelle tabelle di classificazione di Beniawski (ed. 1989), tabella 3:

Sulla base dei valori rilevati ed ottenuti per il Dominio Strutturale 1 si sono ricavati quelli per il Dominio Strutturale 2, considerando un valore di j_v di 25 (oltre 5 volte superiore anche a quello ricavato direttamente) che ha fornito un valore di RQD del 47% circa.

SUSPIGLIONICA - DOMINIO 2 (CAPPELLACCIO-FINIMENTO)

	PARAMETRO	Valori riscontrati	INDICE RMR	Note
1	Resistenza roccia	80-100MPa	9	Valore medio relativo ad una resistenza monoassiale di 90MPa
2	RQD	40-50%	5	Valore cautelativo relativo al 40% del recupero
3	Spaziature giunti	200-600mm - 60-200mm	10	Il valore è quello medio tra i due range.
4	Condizione dei giunti	Lunghezza, Apertura, Rugosità, Riempimento, Alterazione	12	Superfici rugose, continue, con apertura media >5mm, alterate
5	Condizioni idrauliche		12	Umidità - drenaggio in presenza di pioggia
		Totale somma voci 3-4-5	34	
	BRMR	Valore stimato	48	
	Corr. Orient. Giunti		-11	Risultato elaborazione Tab.10
	RMR	Valore stimato	37	

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

L'elaborazione dei dati raccolti ha fornito quindi la seguente classificazione finale dell'ammasso:

Tabella 5:

CAVA SUSPIGLIONICA	BRMR	RMR
Dominio Strutturale 1	76	65
Dominio Strutturale 2	48	37

da cui si evince che l'area del Dominio Strutturale 1 è ascrivibile alla classe "buona", mentre il Dominio Strutturale 2 ricade al limite tra le classi "discreta" e "scadente" di Bieniawski (1989).

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 13, 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 sulla Tabella 12. La stima del parametro SR è basata sul numero di discontinuità per mc di roccia (J_v), mentre l'indice SCR parte dalla stessa base relativa alla valutazione delle condizioni delle discontinuità per la stima dell'indice RMR di Bieniawski.

Dominio Strutturale 1

Per il caso in oggetto sono stati stimati dei valori di J_v (joints/mc) di 4.9 corrispondenti ad un SR =68; con un valore di SCR pari a 15, rif. Tab. 13. Entrando con tali valori all'interno della Tabella 13 sopra richiamata si è stimato un valore di GSI di 60-65.

La scelta di un *range* al posto di un valore univoco è consigliata dagli stessi autori; si ricorda inoltre che una stima del valore di GSI si può ottenere anche dal valore di BRMR, con la seguente espressione:

$$\mathbf{GSI = BMR_{89} - 5 = 76 - 5 = 71}$$

che fornisce un valore di GSI = 71; in considerazione del valore stimato per via diretta con le tabelle degli autori e del valore ricavato dal BMR si ritiene che sia utilizzabile per il Dominio Strutturale 1 dell'ammasso in studio un valore cautelativo di **GSI= 60**.

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

Dominio Strutturale 2

Per il caso in oggetto sono stati stimati dei valori di J_v (joints/mc) di 25 corrispondenti ad un SR = 22; con un valore di SCR pari a 10, rif. Tab.13. Entrando con tali valori all'interno della tabella 13 sopra richiamata si è stimato un valore di GSI di 35-40.

La scelta di un range al posto di un valore univoco è consigliata dagli stessi autori; si ricorda inoltre che una stima del valore di GSI si può ottenere anche dal valore di BRMR, con la seguente espressione:

$$\mathbf{GSI = BMR_{89} - 5 = 48 - 5 = 43}$$

che fornisce un valore di GSI = 43; in considerazione del valore stimato per via diretta con le tabelle degli autori e del valore ricavato dal BMR si ritiene che sia utilizzabile per il Dominio Strutturale 2 dell'ammasso in studio un valore cautelativo di **GSI=40**.

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

Di seguito si richiama in sintesi la stima effettuata ed i valori utilizzati:

Tabella 6

CANTIERE CAVA SUSPIGLIONICA	GSI AMMASSO
Dominio Strutturale 1	60
Dominio Strutturale 2	40

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

L'elaborazione dell'involuppo di Hoek e Brown e del relativo involuppo 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 σ_{ci} (sigci) resistenza a compressione uniaassiale della roccia intatta: 100 MPa;
- valore di **GSI** (Geological Strenght Index, prima definito);
- parametro adimensionale "**m_i**" 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 meccanizzato).

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:

- σ_1 tensione principale massima;
- σ_3 tensione principale minima;
- $m = m_i e^{(GSI - 100)/(28-14D)}$ ed m_i tabellato in funzione del tipo di roccia, nel caso del "marmo" si assumerà $m_i=9$;
- $s = e^{(GSI - 100)/(9-3D)}$
- $a = 1/2 + 1/6 (e^{-(GSI/15)} - e^{-(20/3)})$

mentre nella (1) σ_{ci} 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 $\sigma_3 = 0$ (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:

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

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; in particolare questi saranno presentati dominio per dominio e poi sintetizzati in una tabella finale.

Dominio 1 Marmo, GSI= 60, Figura 13

PARAMETRO AMMASSO	VALORE STIMATO
Resistenza a compressione σ_{cm}	10.701MPa
Resistenza globale	20.856MPa
Resistenza a trazione σ_{tm}	-0.544MPa
Modulo di deformazione E	17782.79MPa

Dominio 2 (finimento), GSI= 40, Figura 14

PARAMETRO AMMASSO	VALORE STIMATO
Resistenza a compressione σ_{cm}	2.150MPa
Resistenza globale	8.618MPa
Resistenza a trazione σ_{tm}	-0.078MPa
Modulo di deformazione E	4533.74MPa

Nelle figure 13 e 14 sono riportati gli involuppi delle curve di resistenza e delle rette tangenti ottenute come involuppo 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 e Pallerina il livello di marmo comincia a ridursi, fin quasi a scomparire sui limiti meridionali dell'area nota come Borella.

Il fianco diritto dell'anticlinale è laminato e il marmo viene a diretto contatto con i Diaspri e gli Scisti sericitici, che delimitano il giacimento marmifero in posizione orientale, al di fuori, comunque del Bacino Estrattivo del Monte Pallerina.

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 a scala mesoscopica.

La scistosità di prima fase immerge verso E e NE in tutti gli affioramenti marmiferi del bacino con valori variabili riscontrati nella campagna di indagine condotta da 50° fino oltre gli 80°. Gli assi delle pieghe rilevati in loco presentano immersioni nel quadrante nordoccidentale.

Nell'area di studio (concessione Suspigionica) il livello dei marmi risulta avere una potenza ettometrica, testimoniata anche dalla vasta area di affioramento dei marmi lungo la porzione settentrionale del Monte Pallerina.

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.

La fratturazione del giacimento, sulla base dei rilievi condotti sugli affioramenti presenti e sul monte vergine, si prevede sia tale da consentire la produzione di blocchi e inforni commercializzabili. Infatti, si è osservato dagli studi strutturali che i valori di *spaziatura media* dei vari sistemi sono generalmente superiori al metro con valori che arrivano a superare i 2m. Queste condizioni, ovviamente, dovranno essere oggetto di ulteriore e più specifica verifica dopo lo sviluppo dei cantieri come da progetto.

La qualità merceologica del materiale riscontrato in loco (colorati ascrivibili alla qualità dei marmi calacatoidi/arabescati e delle brecce e marmi grigi-bardigli) permette inoltre di commercializzare anche volumetrie più limitate 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 di tavola 4, dalle quali emerge chiaramente la potenza del livello marmoreo.

6.2 – Stima del blocco unitario- Vb

L'analisi dei valori di spaziatura dei sistemi rilevati 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:

$$V_b = S_a^3$$

dove S_a è il valore medio di spaziatura dei sistemi rilevati nel sito in metri e V_b il volume in metri cubi. Queste valutazioni si riferiscono all'ammasso produttivo e non possono ovviamente essere applicate alle aree di finimento o alle area di cappellaccio causa l'intensa fratturazione ed alterazione.

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

$$S_a = (S_1 + S_2 + \dots + S_n) / n$$

Nel nostro caso partendo dalle spaziature medie "rigorose" dei singoli sistemi rilevati si ottiene un valore medio di circa **3,8m³** per l'area del Dominio Strutturale 1. Si tratta di un valore medio statistico che tendenzialmente durante l'estrazione si presume sia maggiore in quanto il volume del blocco estratto sarà in funzione dell'orientazione dei fronti di lavoro, strutturati in maniera tale da ridurre l'interferenza dei sistemi di fratturazione locali dominanti. E' stata fatta anche una stima del valore massimo del blocco estraibili, pari ad oltre 35m³ (valore circa 10 volte quello stimato come valore medio). Si consideri che tale stima (blocco medio) presume un blocco che non contenga al suo interno altre discontinuità oltre quelle delimitanti lo stesso, mentre si commerciano per la maggior parte blocchi che contengono fratture più o meno passanti e più o meno disposte secondo i piani di segazione, condizione che tende ad aumentare sicuramente il valore medio sopra come condizione di "blocco commerciabile".

Considerando questi due valori estremi ed il ragionamento fatto, escludendo dalla valutazione le aree cataclastiche-finimenti così come le aree di cappellaccio, si stima che il giacimento possa considerarsi produttivo anche in considerazioni delle varietà merceologiche presenti da considerarsi pregiate e molto richieste dal mercato, che tendenzialmente accettano volumetrie anche inferiori al valore medio stimato.

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:

- lo stato di fratturazione e la spaziatura dei vari sistemi, sintetizzata in parte nella stima del blocco unitario, che come visto al paragrafo precedente, anche sulla base delle considerazioni fatte sopra sulla qualità merceologica del materiale e sulla struttura dello stesso, presenta valori buoni;
- la necessità di sviluppare il giacimento il cui sfruttamento in passato ha impiegato tecniche invasive per l'ammasso, originando una parte dello stato fratturativo più superficiale da rimuovere per organizzare una coltivazione impostata secondo i sistemi di discontinuità principali (K1);
- la presenza di una viabilità esistente che permette di ridurre gli interventi da considerarsi improduttivi;
- la possibilità di sfruttare volumetrie limitate perché il materiale oggetto di escavazione di buon/ottimo pregio qualitativo (marmi calacatoidi e colorati in genere);
- la condizione logistica che consente di operare senza confinamenti laterali o con presenza di tecchie elevate soprastanti i fronti di scavo e con accesso già esistente;
- la scelta operativa di una escavazione mista, con particolare sviluppo in galleria, che consentirà anche con varianti al progetto di condurre l'escavazione verso aree di miglior valenza merceologica, seppur con le limitazioni di una escavazione in sotterraneo.

In considerazione degli interventi iniziali previsti del progetto (riorganizzazione del giacimento, strutturazione del sotterraneo, realizzazione della viabilità, sfruttamento iniziale di area vergine a cielo aperto, etc.), si presume, in prima analisi, di applicare una resa del 25% agli interventi a cielo aperto e del 30% per gli interventi del sotterraneo per le fasi di sviluppo della coltivazione.

Questi rimangono valori indicativi 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 dovranno essere riferiti a periodi pari a un quinquennio, periodo in cui si presume possano essere riassorbiti gli interventi parzialmente improduttivi o con rese inferiori iniziali.

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.

In linea generale, comunque dai rilievi effettuati all'interno concessione Suspigionica, sono stati individuate due qualità merceologiche prevalenti così distribuite:

- la presenza di MARMO "CALACATOIDE" soprattutto nella porzione orientale della cava dismessa e il graduale passaggio ai marmi ordinari "MARMI GRIGI" verso ovest; tale passaggio può essere complicato dalla presenza di vari livelli di Marmi Calacatoidi, sono stati infatti riconosciuti almeno 3 livelli di Marmi Calatoidi, con direzione circa Nord-Sud nella porzione settentrionale della concessione;
- all'interno della concessione, ma che non saranno oggetto del presente piano, sono presenti altre qualità merceologiche come i Marmi Arabescati, Marmi ordinari e Breccie rosse; non si esclude, comunque, che nel corso dell'attività estrattiva possano essere incontrati alcuni livelli

delle qualità merceologiche di cui sopra.

Si procede di seguito ad una descrizione delle caratteristiche estetiche delle due varietà merceologiche prevalenti riconosciute in prossimità della Cava Suspigionica, rimandando per la loro distribuzione spaziale alla carta merceologica (tav.8) allegata al progetto:

Marmi ordinari da grigi a 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. Buona valenza commerciale sta riscuotendo anche la varietà caratterizzata da un colore di fondo in minor quantità scuro (grigio).

Marmi "calacatoidi" e arabescati: metabrecce a clasti marmorei eterometrici bianco-giallastri (avorio) o bianchi, immersi in una matrice di composizione prevalentemente calcarea con una colorazione variabile dal giallo-ocra, al rosso scuro violaceo fino al verde scuro. Tali marmi erano stati individuati in maniera generica come *brecce rosse* nella carta giacimentologica dei marmi delle alpi apuane. Quando la venatura assume colorazione prevalentemente scura di colore dal grigio più o meno scuro al verde scuro si parla di "arabescati" ed in questo caso la matrice è in genere nettamente subordinata alla frazione clastica la cui colorazione può assumere toni dal bianco al grigio.

Lo stato attuale delle coltivazioni non permette una suddivisione dettagliata tra le varietà sopra distinte; questo potrà essere meglio precisato con il progressivo sviluppo delle coltivazioni, con particolare riferimento alla realizzazione della galleria di tracciamento in direzione Sud che tenderà ad attraversare localmente le strutture principali definendo così le alternanze tra le varietà merceologie.

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

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

Le percentuali tra prodotto materiale da taglio (blocchi, etc.) e derivati sono riportate in dettaglio 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.

7.0 – CARATTERISTICHE MINERALOGICHE DEL MATERIALE ESTRATTO

La composizione mineralogica del materiale escavato nella cava di Suspigionica, 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 95% da carbonato di calcio (CaCO₃).

Inoltre anche i processi di estrazione sono del tutto meccanici e non comportano uso di prodotti necessari per poter estrarre il minerale o per lavorazioni particolari che introducono sostanze nocive per la salute umana.

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 maggiore di rocce scistose e di una buona copertura vegetale sono invece presenti alcune sorgenti, pur sempre di portata limitata, ma piuttosto continue nell'arco dell'anno.

La parte settentrionale del Monte Pallerina, sebbene in destra idrografica del Fosso Tambura, però, è caratterizzata da estesi affioramenti di marmi che non hanno permesso lo sviluppo di un reticolo idrografico e di sorgenti.

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.

Non si rileva, inoltre, come già riportato nelle tavole 7 e 10 di progetto la presenza di corsi d'acqua che possano interferire con il presente piano di coltivazione.

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.

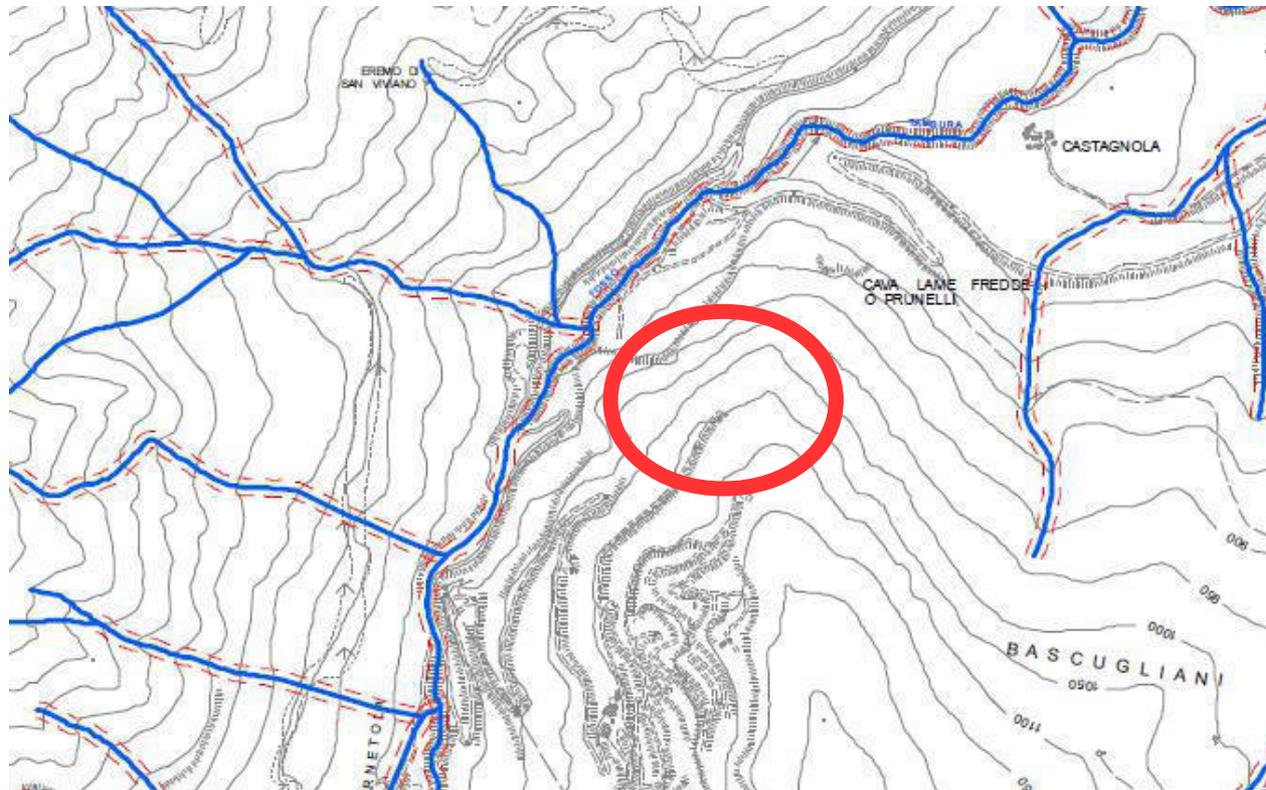


Figura 6: Stralcio della Carta reticolo idraulico e idrografico dell'Autorità di Bacino del Fiume Serchio Tavola 9.04, scala 1:25 000.-

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 5:

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 – Stima della 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:

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

K_i = permeabilità del sistema iesimo considerato;

g = accelerazione di gravità (981 cm/sec²);

e = apertura media del sistema in cm;

v = viscosità cinematica dell'acqua alla Temp. di 20°C pari a 0.0101 cm²/sec;

b = spaziatura media del sistema in cm;

che permette di stimare la permeabilità del sistema in oggetto.

In particolare per l'area di studio è stata assegnata una spaziatura media dei sistemi pari a circa 150 cm ed una apertura media, da considerarsi cautelativa, pari a 5 mm.

Tale apertura è da considerarsi cautelativa in quanto in profondità le aperture tendono a chiudersi e comunque, già a pochi metri di profondità non risentono degli agenti atmosferici esterni.

Con i valori sopra riportati si ha per l'area in esame una permeabilità stimata attorno a **6,74 cm/s**. Si tratta di un valore sovrastimato perchè calcolato in condizioni ideali, quali sistema di fratturazione verticale, assenza di scabrezza delle superfici, assenza di riempimenti di materiali fini, apertura costante delle fratture, tutte condizioni non riscontrabili nella realtà.

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

Tabella 7

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 e della stessa forma a grande scala di molte delle discontinuità (ondulata – V), che ne limita il movimento.

8.3 – Determinazione del possibile andamento 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 raccogliatore 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 fratturazione del substrato litoide ne favorisce la percolazione ed a luoghi la presenza di una

copertura detritica porosa ne facilita la conseguente infiltrazione nel substrato carbonatico.

Tutta l'area di cava e quelle limitrofe sono costituite 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.

A causa delle 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.

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 500m s.l.m. sul versante garfagnino delle apuane, mentre l'attività estrattiva si sviluppa a quote superiori ai 1000m s.l.m..



Figura 7 : 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 7 e 8) è limitato ad Est dal complesso dei 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 ancora 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.

In particolare l'area oggetto del presente piano di coltivazione risulta all'interno del bacino di alimentazione della Sorgente del Frigido ma in prossimità con l'area di alimentazione della Sorgente Aiarone; l'area ricade comunque interamente all'interno della Sorgente del Frigido in quanto, lo spartiacque tra i due bacini corrisponde con il contatto tra i Marmi e i Diaspri/Scisti sericitici, posti ad Est dell'area di progetto, al di fuori del bacino estrattivo.

A sostegno che l'area ricada all'interno dell'area di alimentazione della Sorgente del Frigido sono

le prove con traccianti condotte su alcuni ingressi carsici posti a sud dell'area in esame e ricadenti all'interno della Valle di Arnetola; si mette in risalto ad esempio il più vicino al sito in esame posto a meno di 500 metri di distanza in direzione Sud-Ovest, ossia la connessione certa tra la Buca della Pompa (id 317) con la Sorgente del Frigido.

Per quanto riguarda le sorgenti, all'interno della valle di Arnetola non si registra la presenza di sorgenti 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 per l'estrazione dei marmi.

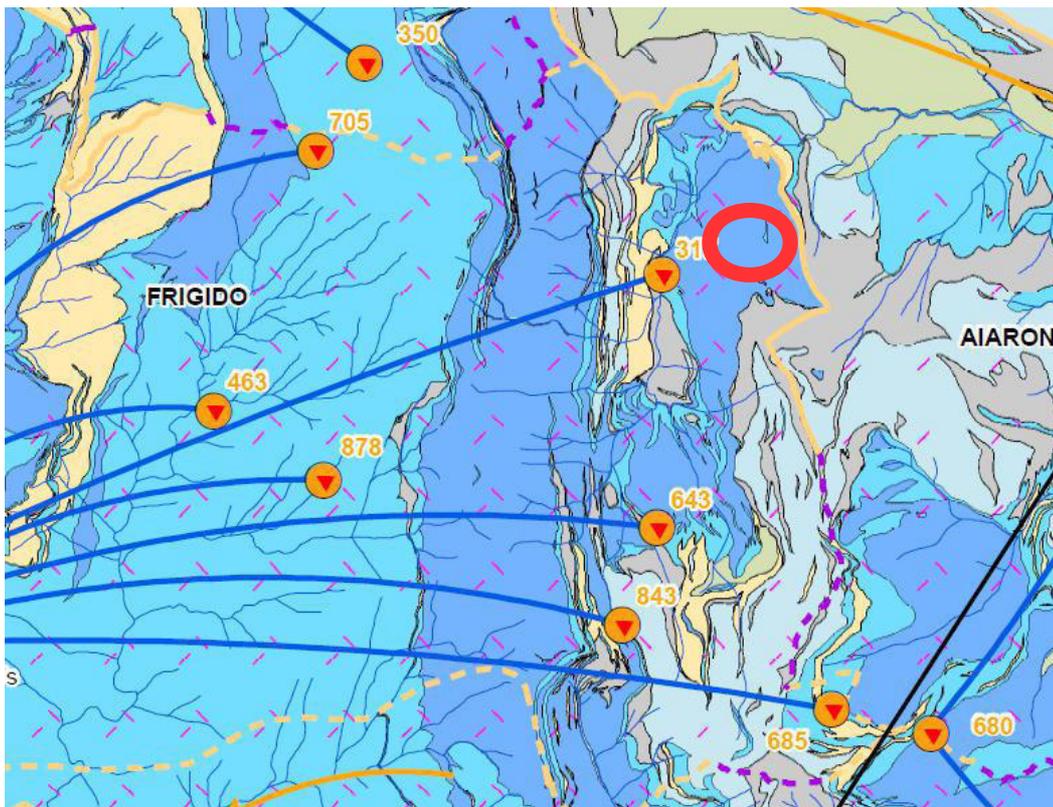


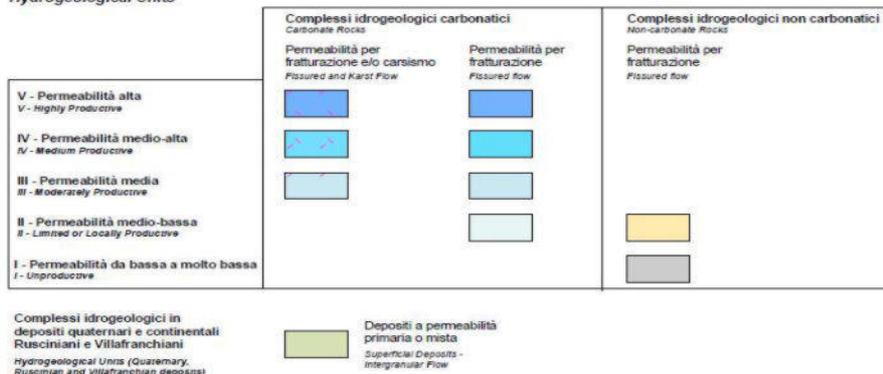
Figura 8: stralcio carta "Aree di alimentazione dei sistemi idrogeologici del CISS delle Alpi Apuane" – Addendum – Allegato 9a – scala 1:50.000.



LEGENDA
LEGEND

Classi di permeabilità relativa per i complessi idrogeologici in roccia

Hydrogeological Units



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.

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/plasticato 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 sottoterraneo 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 sversamenti 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 sversamenti 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 ad alta vulnerabilità (50-70 valori sintacs) per gli acquiferi, vedi "Carta della Vulnerabilità degli acquiferi delle Alpi Apuane" (Civita et alii, 1991), stralcio riportato in Figura 9 seguente.

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 sversamenti;
- 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.

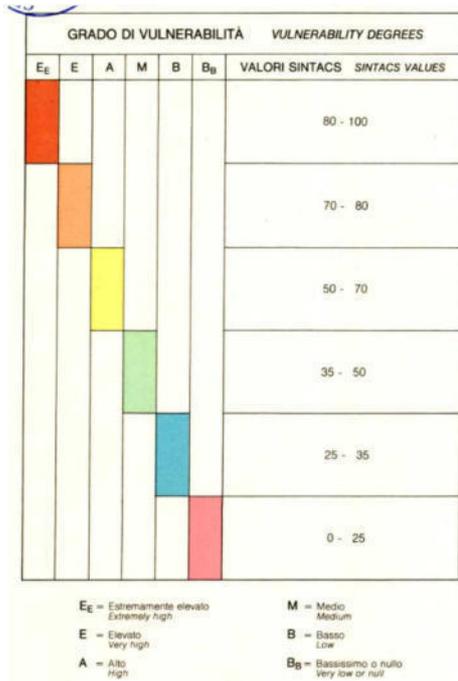
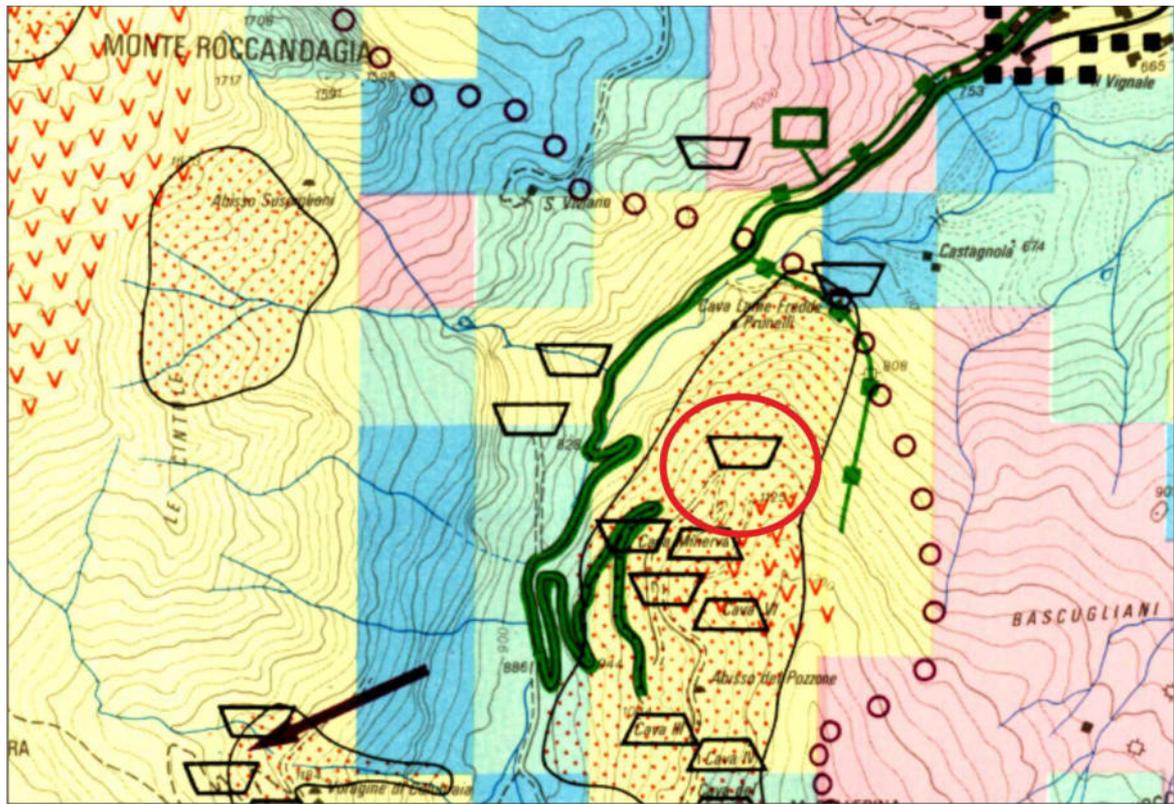


Figura 9: stralcio “carta della vulnerabilità degli acquiferi all’inquinamento degli acquiferi delle Alpi Apuane” – M. Civita – fuori scala

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.

09 Settembre 2020

Il Legale Rappresentante

TURBA CAVA ROMANA SRL

Via Fosse de' Frigido, 8 - 54100 MASSA (MS)
tel. 0585.250302 - fax 0585.791125
P. IVA 02703660545

Il Geologo



FIGURE E TABELLE CITATE NEL TESTO

SISTEMA		K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7
PERSISTENZA	non pers	5%	8.4%	5.9%	6.7%	0%	0%	0%
	subpers.	15%	20.8%	23.5%	26.7%	23.1%	0%	5.3%
	pers.	80%	70.8%	70.6%	66.6%	76.9%	100%	94.7%
PERSISTENZA (m)	min.	0.3	0.5	0.6	0.3	1.4	10	0.8
	max.	20	20	20	20	20	20	20
	med..	10.5	8.1	8.9	8.3	11.9	11.5	10.6
CLASSI DI PERSISTENZA (m)	0-1	5%	8.3%	5.9%	26.7%	0%	0%	5.3%
	1-3	5%	12.5%	5.9%	6.7%	23%	0%	0%
	3-10	15%	8.3%	17.6%	0%	0%	0%	0%
	10-20	55%	66.7%	64.7%	53.3%	38.5%	84.6%	84.2%
	20-50	20%	4.2%	5.9%	13.3%	38.5%	15.4%	10.5%
	>50	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
SPAZIATURA (cm)	min.	15	8	0	24	85	40	70
	max.	541	277	394	310	400	150	320
	med.	146.2	75.1	157.7	176	295	86.7	183
CLASSI DI SPAZIATURA (cm)	0-2	0%	0%	14.3%	0%	0%	0%	0%
	2-6	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	6-20	20%	36.3%	0%	0%	0%	0%	0%
	20-60	40%	27.3%	28.6%	20%	0%	29.7%	0%
	60-200	20%	18.2%	14.3%	60%	32%	70.3%	58%
	200-600	20%	18.2%	42.8%	20%	68%	0%	42%
	>600	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
FORMA (scabrezza a g.s.)	II	5%	8.3%	17.6%	6.7%	0%	0%	5.3%
	V	25%	16.7%	23.5%	26.7%	23.1%	84.6%	5.3%
	VIII	70%	75%	58.9%	66.6%	76.9%	15.4%	89.4%
ALTERAZIONE	Assente	5%	16.6%	29.4%	34.8%	7.8%	69.2%	89.4%
	Ox/Spalm.	70%	75%	58.8%	53.3%	84.5%	23.1%	5.3%
	Carsif.	0%	4.2%	5.9%	6.7%	0%	0%	0%
	Ox/Carsif..	25%	4.2%	5.9%	5.2%	7.7%	7.7%	5.3%
APERTURA (mm)	min.	0	0	0	0	0	0	0
	max.	98	90	85	40	30	40	0
	med.	29	11	19.5	8.5	10	3.6	0
CLASSI DI APERTURA (mm)	0-0.5	15%	33.4%	41.2%	46.7%	46.1%	76.9%	84.2%
	0.5-2.5	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	2.5-10	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	10-100	20%	8.3%	23.5%	20%	23.1%	7.7%	0%
	>100	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	ESP.	65%	58.3%	35.3%	33.3%	30.8%	15.4%	15.8%
RIEMPIMENTO	Assente	95%	91.7%	76.5%	93.3%	92.3%	92.3%	100%
	Terra	5%	4.4%	17.6%	6.7%	7.7%	0%	0%
	Sassi	0%	3.9%	5.9%	0%	0%	0%	0%
	Concrezioni	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	Sassi/Terra	0%	0%	0%	0%	0%	7.7%	0%
	Sas./Ter./Con.	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
ACQUA	Assente	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
	Umidità	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	Venute	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
JCS (MPa)	Min.	45	45	45	45	45	45	45
	Max.	55	55	55	55	55	55	55
	Media	50	50	50	50	50	50	50
JRC (Joint Roughness Coefficient)	0 - 2	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	2 - 4	10%	4.2%	17.6%	13.3%	0%	7.7%	21%
	4 - 6	35%	16.7%	41.2%	53.3%	23.1%	61.5%	73.7%
	6 - 8	40%	16.7%	29.4%	13.4%	53.8%	23.1%	0%
	8 - 10	15%	41.6%	11.8%	0%	7.7%	7.7%	5.3%
	10 - 12	0%	20.8%	0%	20%	15.4%	0%	0%

Tabella 8: caratteristiche fisico-meccaniche dei sistemi di discontinuità rilevati

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

FAMIGLIA	PARAMETRI	DESCRIZIONE	VALORE	PESO SISTEMA	VALORE
	Persistenza	10-20m	1	0,165	0,17
	Apertura	>5mm	0	0,165	0,00
K1	JRC	vedi Tab.	5	0,165	0,83
	Riempimento	vedi Tab.	6	0,165	0,99
	Alterazione	vedi Tab.	4	0,165	0,66
	H2O	vedi Tab.	15	0,165	2,48
	Spaziatura	1,5m	16	0,165	2,64
					Totale Pesato
	Persistenza	3-10m	2	0,198	0,40
	Apertura	>5mm	0	0,198	0,00
K2	JRC	vedi Tab.	6	0,198	1,19
	Riempimento	vedi Tab.	6	0,198	1,19
	Alterazione	vedi Tab.	4	0,198	0,79
	H2O	vedi Tab.	15	0,198	2,97
	Spaziatura	0,7m	13	0,198	2,57
					Totale Pesato
	Persistenza	3-10m	2	0,142	0,28
	Apertura	>5mm	0	0,142	0,00
K3	JRC	vedi Tab.	4	0,142	0,57
	Riempimento	vedi Tab.	5	0,142	0,71
	Alterazione	vedi Tab.	5	0,142	0,71
	H2O	vedi Tab.	15	0,142	2,13
	Spaziatura	1,6m	17	0,142	2,41
					Totale Pesato
	Persistenza	3-10m	2	0,124	0,25
	Apertura	>5mm	0	0,124	0,00
K4	JRC	vedi Tab.	6	0,124	0,74
	Riempimento	vedi Tab.	6	0,124	0,74
	Alterazione	vedi Tab.	5	0,124	0,62
	H2O	vedi Tab.	15	0,124	1,86
	Spaziatura	1,8m	18	0,124	2,23
					Totale Pesato
	Persistenza	10-20m	1	0,107	0,11
	Apertura	>5mm	0	0,107	0,00
K5	JRC	vedi Tab.	5	0,107	0,54
	Riempimento	vedi Tab.	6	0,107	0,64
	Alterazione	vedi Tab.	4	0,107	0,43
	H2O	vedi Tab.	15	0,107	1,61
	Spaziatura	>2m	20	0,107	2,14
					Totale Pesato
	Persistenza	10-20m	1	0,107	0,11
	Apertura	1-5mm	1	0,107	0,11
K6	JRC	vedi Tab.	4	0,107	0,43
	Riempimento	vedi Tab.	6	0,107	0,64
	Alterazione	vedi Tab.	6	0,107	0,64
	H2O	vedi Tab.	15	0,107	1,61
	Spaziatura	0,9m	14	0,107	1,50
					Totale Pesato
	Persistenza	10-20m	1	0,157	0,16
	Apertura	0mm	6	0,157	0,94
K7	JRC	vedi Tab.	2	0,157	0,31
	Riempimento	vedi Tab.	6	0,157	0,94
	Alterazione	vedi Tab.	6	0,157	0,94
	H2O	vedi Tab.	15	0,157	2,36
	Spaziatura	1,8m	18	0,157	2,83
					Totale Pesato
Rating Totale Pesato			49,1		

**Tab. 10 - CORREZIONE ORIENTAZIONE FRONTI
CAVA SUSPIGLIONICA**

FAMIGLIA	PESO SIST.	FR1 N90S	FR2 N010W	FR3 N050NW	FR4 N160NE	Fattore di Correzione
K1	0,165	15	0	0	20	5,78
K2	0,198	0	35	25	50	21,78
K3	0,142	0	10	0	40	7,10
K4	0,148	0	50	45	0	14,06
K5	0,107	0	20	0	40	6,42
K6	0,107	0	40	30	0	7,49
K7	0,157	10	15	5	45	11,78
Totale Mediato						10,63

**Tab. 11A - PARAMETRO SCR - Surface Condition Rating
CAVA SUSPIGLIONICA - DOMINIO 1**

FAMIGLIA	PESO SIST.	Rr	Rw	Rf	Valore pesato
K1	0,165	5	4	6	2,5
K2	0,198	6	4	6	3,2
K3	0,142	4	5	5	2,0
K4	0,124	6	5	6	2,1
K5	0,107	5	4	6	1,6
K6	0,107	4	6	6	1,7
K7	0,157	2	6	6	2,2
TOTALE					15,3

**Tab. 11B - PARAMETRO SCR - Surface Condition Rating
CAVA SUSPIGLIONICA - DOMINIO 2**

FAMIGLIA	PESO SIST.	Rr	Rw	Rf	Valore pesato
K1	0,165	3	2	4	1,5
K2	0,198	4	2	4	2,0
K3	0,142	2	3	3	1,1
K4	0,124	4	3	4	1,4
K5	0,107	3	2	4	1,0
K6	0,107	2	4	4	1,1
K7	0,157	1	5	4	1,6
TOTALE					9,6

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)	< 1 m	1 - 3 m	3 - 10 m	10 - 20 m	> 20 m				
Rating	6	4	2	1	0				
Separation (aperture)	None	< 0.1 mm	0.1 - 1.0 mm	1 - 5 mm	> 5 mm				
Rating	6	5	4	1	0				
Roughness	Very rough	Rough	Slightly rough	Smooth	Slickensided				
Rating	6	5	3	1	0				
Infilling (gouge)	None	Hard filling < 5 mm	Hard filling > 5 mm	Soft filling < 5 mm	Soft filling > 5 mm				
Rating	6	4	2	2	0				
Weathering	Unweathered	Slightly weathered	Moderately weathered	Highly weathered	Decomposed				
Rating	6	5	3	1	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 12: Parametri generali di riferimento classificazione di Bieniawski.-

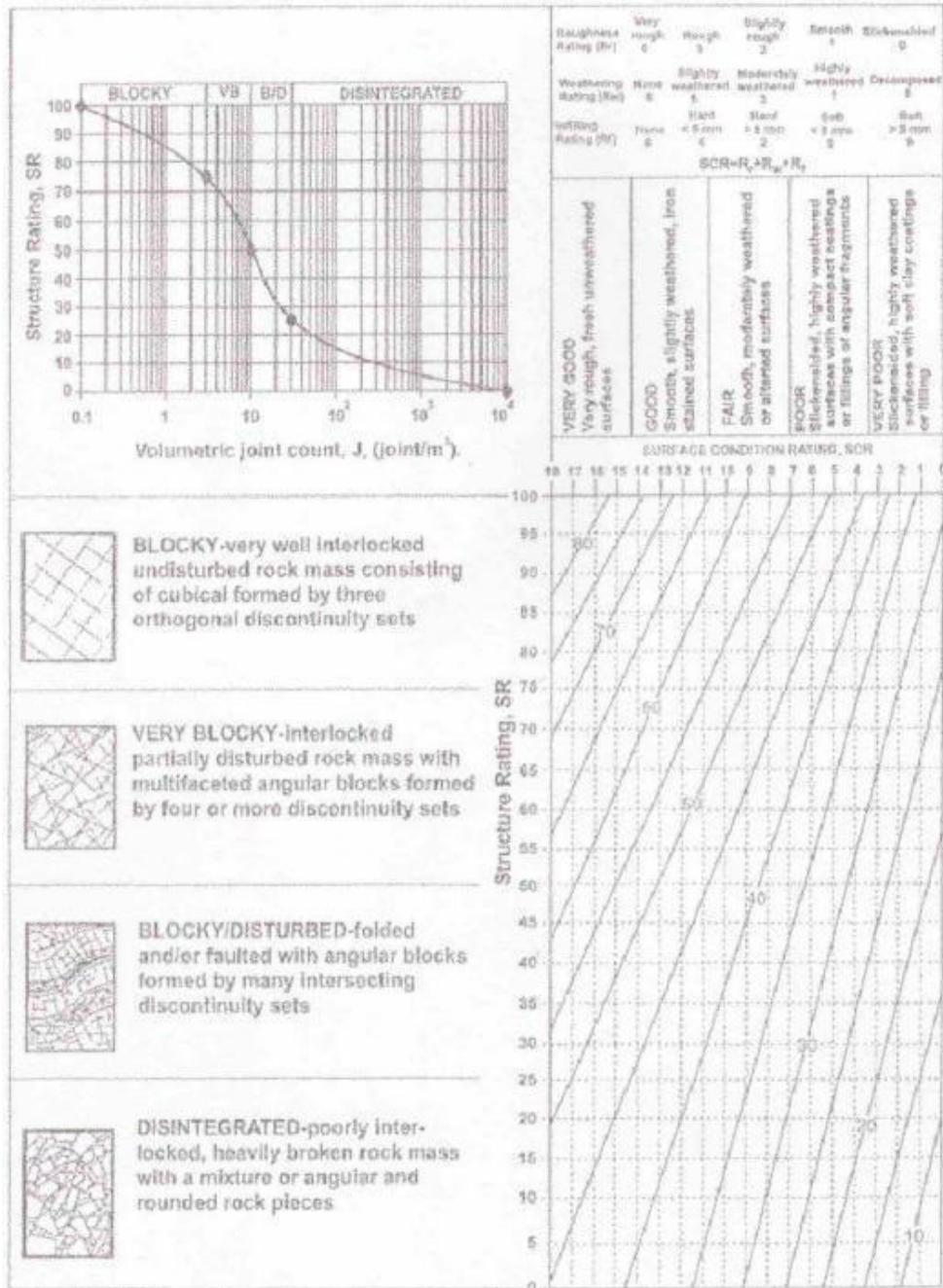


Tabella 13: Diagrammi per la definizione del GSI – Somnez-Uluzay.-

GEOLOGICAL STRENGTH INDEX per rocce fratturate (Hoek & Marinos, 2000)

Dalla litologia, struttura e condizioni della superficie delle discontinuità stimare il valore medio di GSI. Non è necessaria una precisione estrema. Indicare un campo da 33 a 37 è più realistico che indicare GSI = 35. La determinazione di GSI non si applica nel caso di rotture controllate dalla giacitura dei piani, se questi presentano un orientamento sfavorevole rispetto al fronte di scavo. La resistenza al taglio di giunti soggetti ad alterazione o deterioramento dovuti alla modifica delle condizioni di umidità sarà ridotta se vi è presenza di acqua. Per giunti che si collocano nelle categorie scadenti o molto scadenti, in caso di condizioni bagnate, spostare il valore di GSI verso destra. Eventuali pressioni idrauliche devono essere considerate in termini di tensioni efficaci.

STRUTTURA		CONDIZIONI DELLE DISCONTINUITA'					
	INTATTA o MASSIVA - roccia sana con poche discontinuità ad ampia spaziatura	GRADO di INTERCONNESSIONE FRA I FRAMMENTI DI ROCCIA ↓	MOLTO BUONE giunti molto rugosi, non alterati	BUONE giunti rugosi, leggermente alterati, ossidati	MEDIOCRIS giunti lisci, superficie moderatamente alterata	SCADENTI giunti levigati, superfici alterate con riempimento compatto o frammenti angolari	MOLTO SCADENTI giunti levigati, superfici alterate con riempimento argilloso molle
	FRATTURATA - ammasso roccioso non disturbato, con tre sistemi di famiglie di giunto che isolano blocchi a forma prevalentemente cubica		90			N/A	N/A
	MOLTO FRATTURATA - ammasso parzialmente disturbato con quattro o più famiglie di giunto a formare blocchi angolari a più facce		80	70			
	PIEGATA - ammasso disturbato tettonicamente, a pieghe, con diverse famiglie di giunti. Piani di stratificazione o di scistosità a grande persistenza			60	50		
	DISINTEGRATA - ammasso molto fratturato con debole interconnessione fra i blocchi, frammenti di roccia angolari e arrotondati				40	30	
	LAMINATA/FAGLIATA - ammasso non suddiviso in blocchi, piani di scistosità a fitta spaziatura, piani di taglio/faglie					20	10
			N/A	N/A			

Tabella 14: stima visiva del GSI

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 ₂ O ₃		1,36
	SiO ₂		3,02
	K ₂ O		0,49
	CaO		52,68
	TiO ₂		0,07
	MnO		0,08
	Fe ₂ O 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 ₂ O ₃		0,57
	SiO ₂		1,17
	K ₂ O		0,19
	CaO		53,46
	TiO ₂		0,03
	MnO		0,01
	Fe ₂ O ₃		0,12
CARATTERISTICHE FISICO-MECCANICHE			
1.0 CARICO DI ROTTURA A COMPRESSIONE		Kg/cm ²	1317
2.0 CARICO DI ROTTURA A COMPRESSIONE DOPO CICLI DI GELIVITA'		Kg/cm ²	1194
3.0 CARICO DI ROTTURA A FLESSIONE		Kg/cm ²	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/cm ²	649000
9.0 RESISTENZA ALL'ABRASIONE		mm	8,73

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

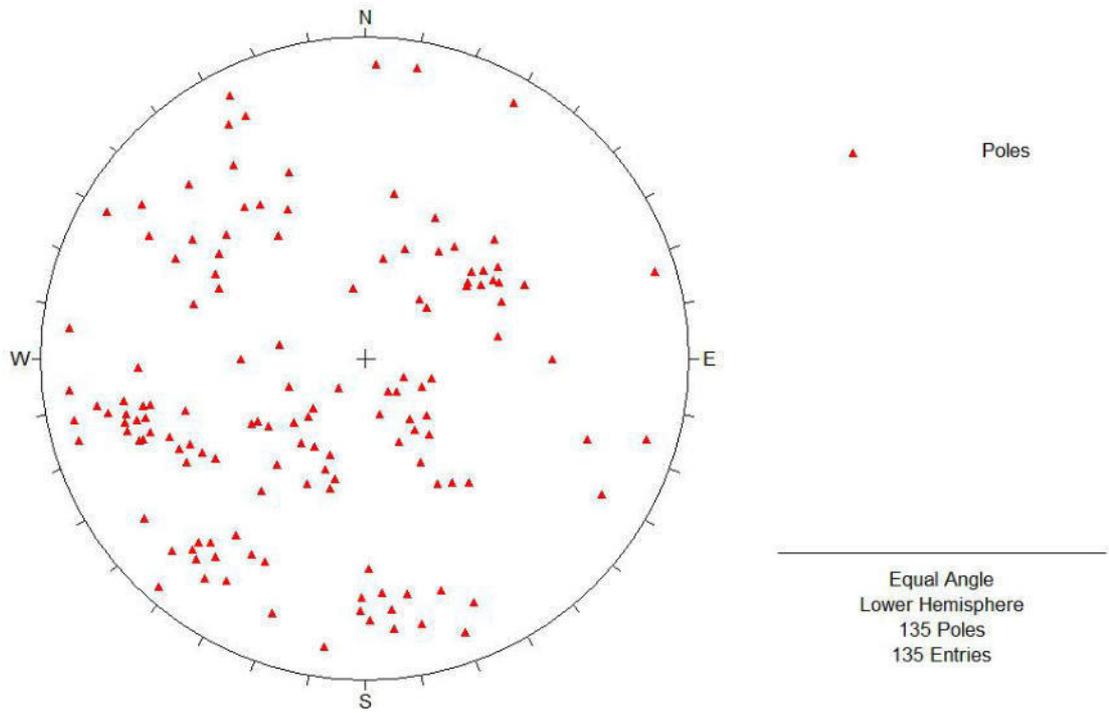


Figura 10: proiezione polare dei poli rilevati

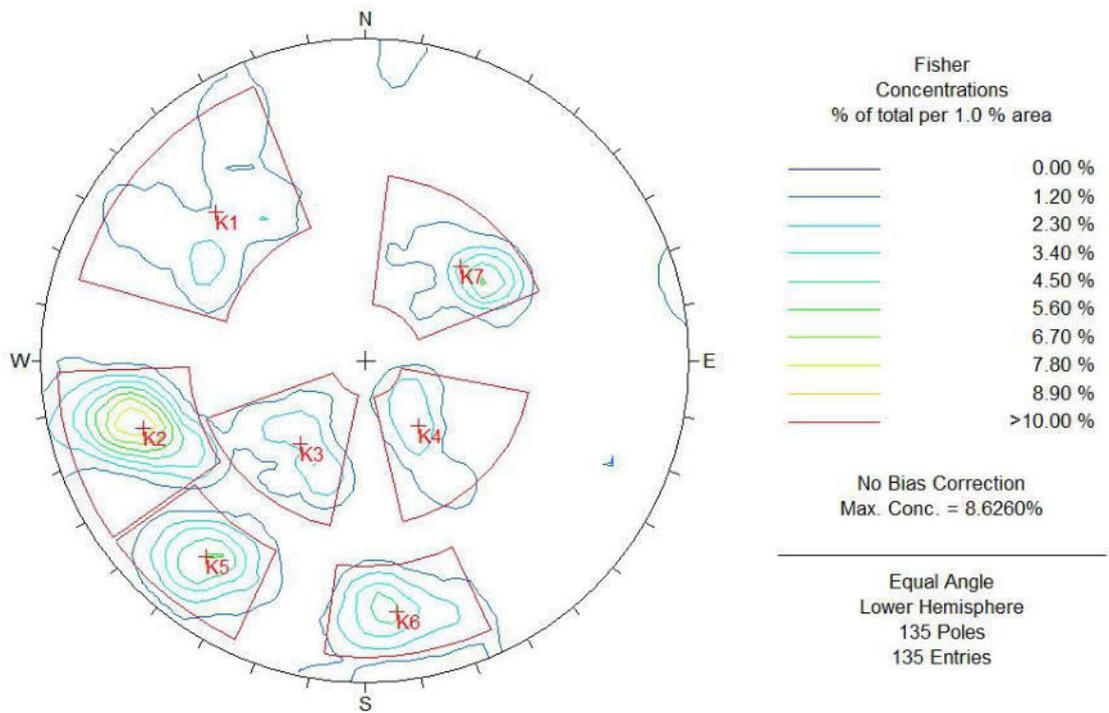


Figura 11: massimi di frequenza e principali sistemi rilevati

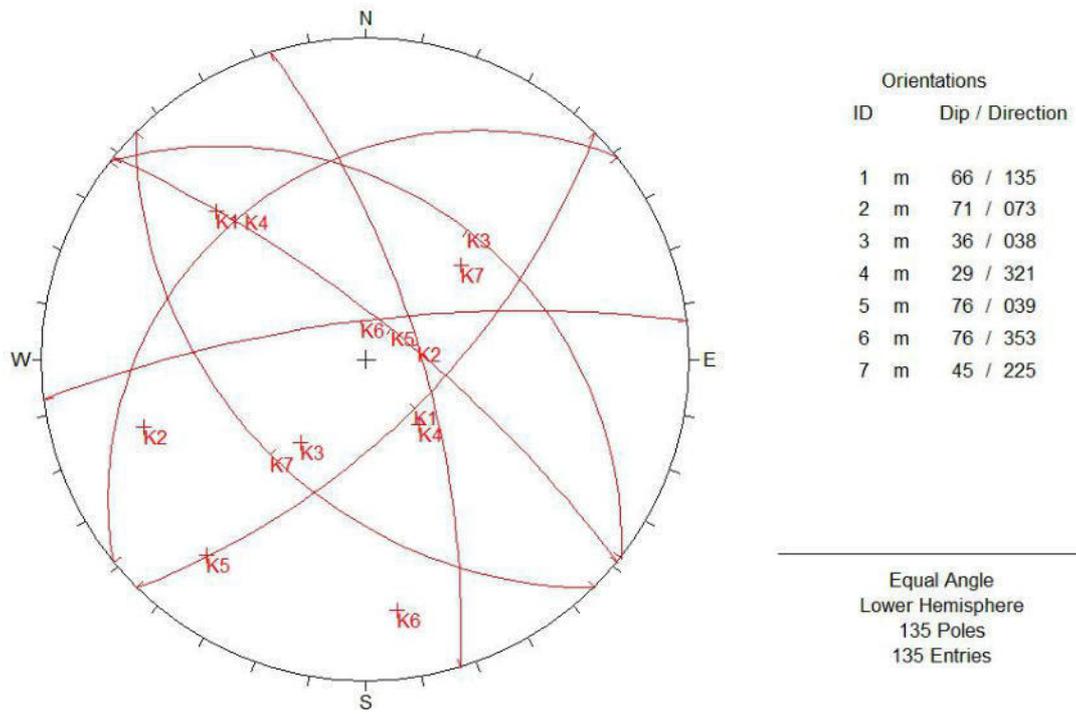
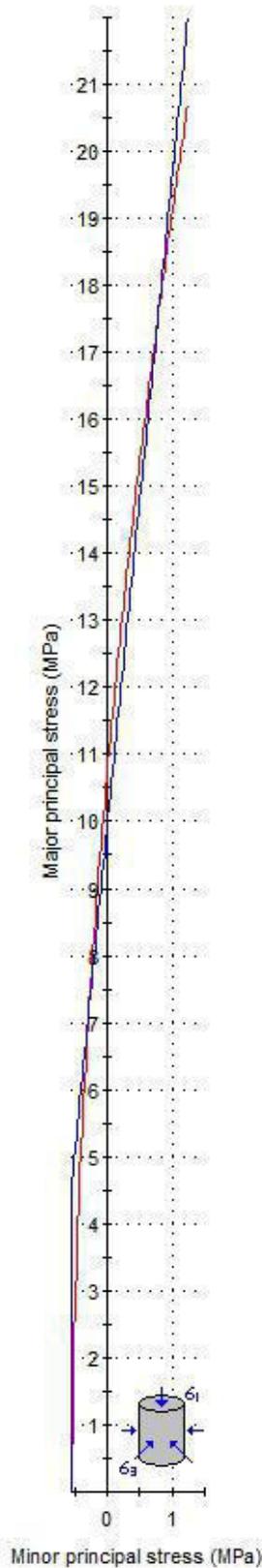


Figura 12 piani rappresentativi dei sistemi

FIGURA 13 - DOMINIO 1



Hoek-Brown Classification

intact uniaxial compressive strength = 100 MPa
 GSI = 60 $m_i = 9$ Disturbance factor = 0

Hoek-Brown Criterion

$m_b = 2.157$ $s = 0.0117$ $a = 0.503$

Mohr-Coulomb Fit

cohesion = 1.586 MPa friction angle = 54.45 deg

Rock Mass Parameters

tensile strength = -0.544 MPa
 uniaxial compressive strength = 10.701 MPa
 global strength = 20.856 MPa
 modulus of deformation = 17782.79 MPa

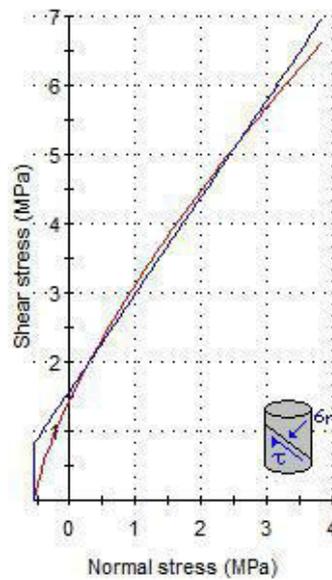
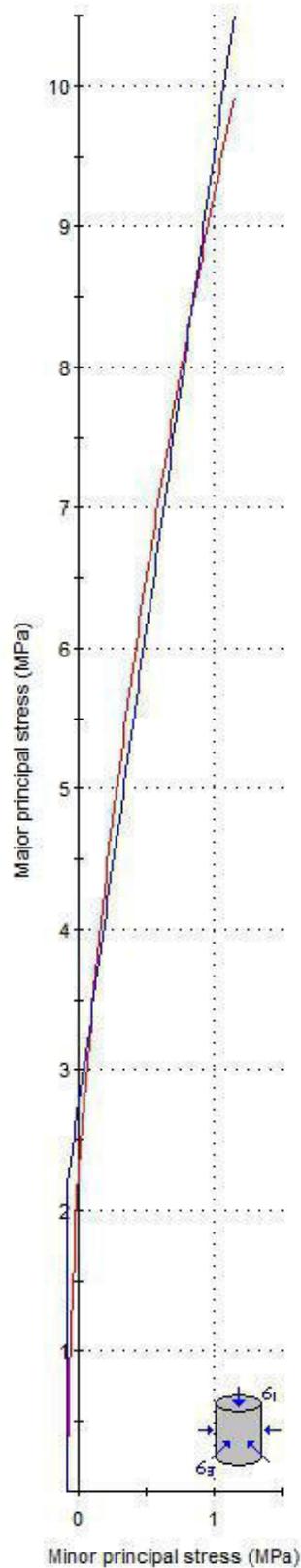


FIGURA 14 - DOMINIO 2



Hoek-Brown Classification

intact uniaxial compressive strength = 65 MPa
 GSI = 40 $m_i = 9$ Disturbance factor = 0

Hoek-Brown Criterion

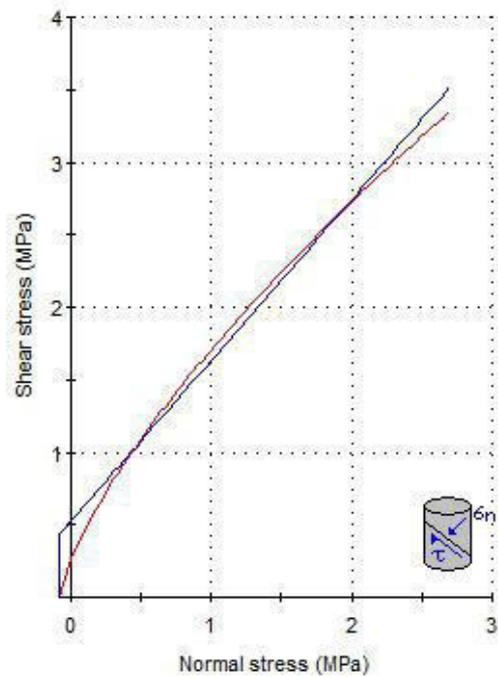
$m_b = 1.056$ $s = 0.0013$ $a = 0.511$

Mohr-Coulomb Fit

cohesion = 0.521 MPa friction angle = 47.99 deg

Rock Mass Parameters

tensile strength = -0.078 MPa
 uniaxial compressive strength = 2.150 MPa
 global strength = 8.618 MPa
 modulus of deformation = 4533.74 MPa



DOCUMENTAZIONE

FOTOGRAFICA

CAVA SUSPIGLIONICA

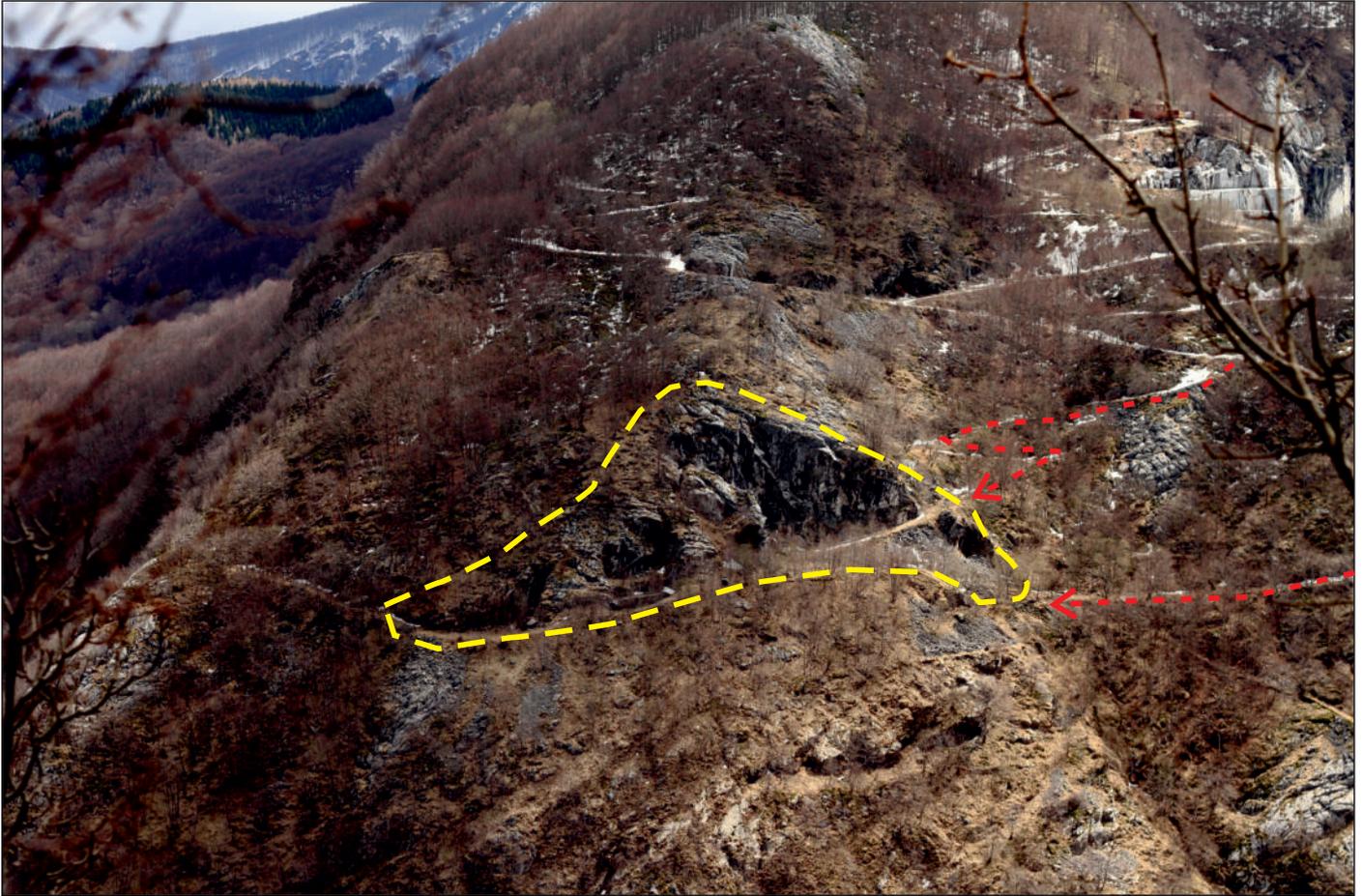


FOTO 1: panoramica della Cava Suspigionica (area evidenziata in giallo, con visibili le due possibili viabilità di accesso esistenti al sito estrattivo (evidenziate in rosso))



FOTO 2: fronti residui della porzione superiore del giacimento posto circa 1070 m s.l.m.; sulla sinistra sono presenti marmi di tipo calacatoide, separati da una frattura afferente al sistema K1 (in rosso), da marmi grigi sulla destra



FOTO 3: vista della porzione meridionale del fronte principale della cava; alla base del fronte è presente una rampa che permette di accedere alla parte superiore del giacimento; i marmi visibili sul fronte sono di tipo calacatoide



FOTO 4: vista frontale della Cava Suspiglionica; sulla sinistra è visibile un canale realizzato dalla precedente attività ed impostato parallelamente al sistema di fratturazione K1 (in rosso)



FOTO 5: porzione settentrionale del fronte principale della cava con visibile al centro della foto il canale di lavorazione; si riporta in foto il sistema di fratturazione K1 (in rosso) e K2 (in ciano)

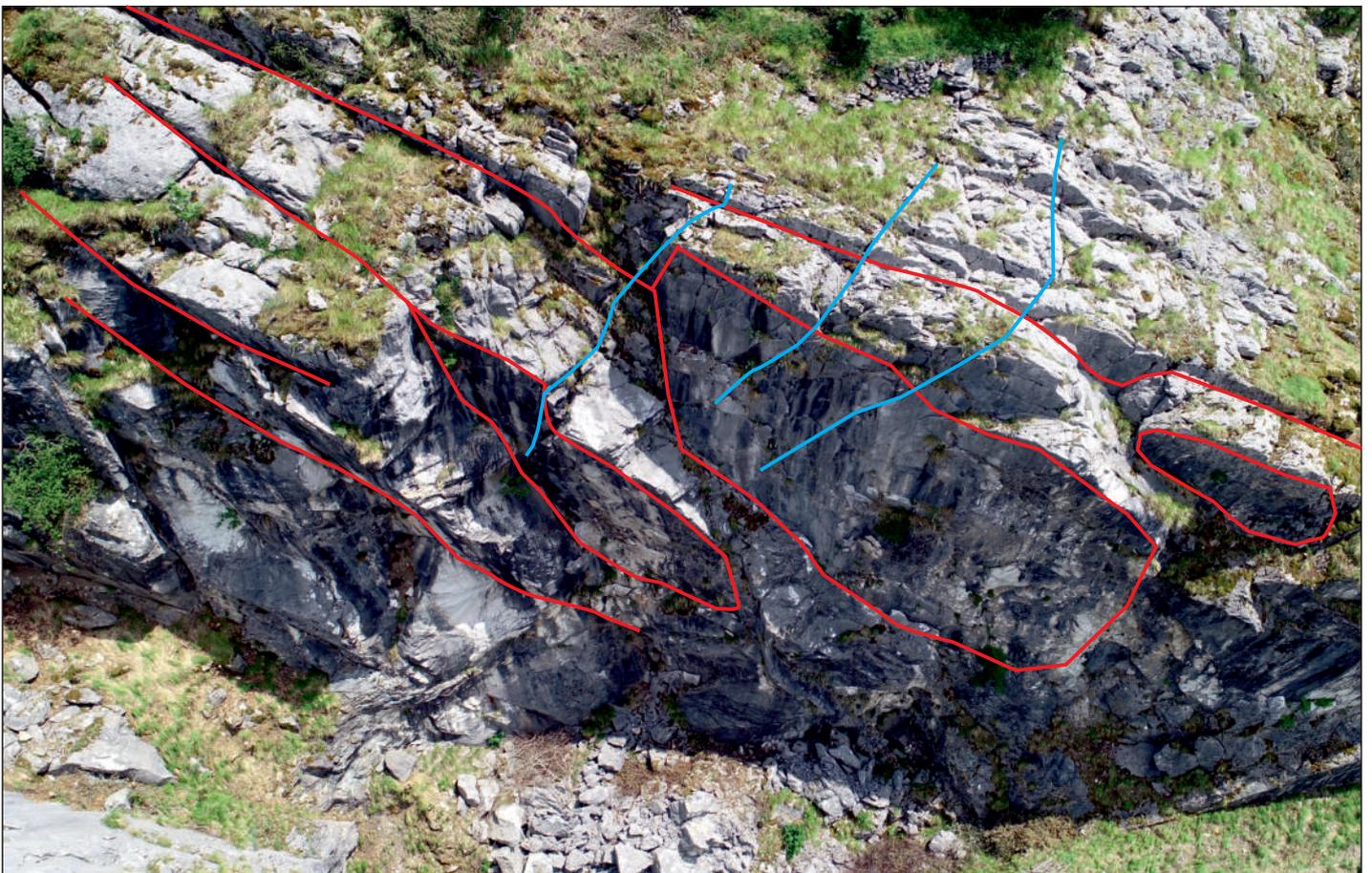


FOTO 6: foto da drone della tecchia del fronte principale della Cava Suspigionica dove è ben visibile il sistema di fratturazione K1 (in rosso) e K2 (in ciano)



FOTO 7: vista delle gradonature del fronte limitrofo a quello principale e posizionato poco più a nord



FOTO 8: vista meridionale di fronte secondario della cava, i gradoni si interrompono contro fratture afferenti al sistema K2 e lungo i quali era stato impostato un canale di lavorazione



FOTO 9: vista dei fronti residui di altezza modesta al limite settentrionale dell'area in esame



FOTO 10: dettaglio del materiale presente in cava in questo caso corrispondente a marmi arabescati/calacatoidi