Firmato digitalmente da:
FORFORI BRUNELLO
Firmato il 21/04/2021 20:13
Seriale Certificato: 66844987387682985921512530714018595995
Valido dal 21/12/2020 al 21/12/2023
ArubaPEC S.p.A. NG CA 3

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

ANALISI DELLE CARATTERISTICHE FISICHE DELL'AREA DI INTERVENTO – CARATTERISTICHE GEOLOGICHE, GEOTECNICHE, GEOMORFOLOGICHE, GEOMINERARIE, IDROGEOLOGICHE, VEGETAZIONALI, DI STABILITÀ E SICUREZZA DEL SITO E PAESAGGISTICHE DI SUPPORTO AL PROGETTO DI COLTIVAZIONE DELLA CAVA CAMPACCIO SITA NEL BACINO ACQUABIANCA – COMUNE DI MINUCCIANO (LU)

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

COMMITTENTE: ACQUABIANCA MARMI S.r.l. – Via Primo Tonini 131 – Fraz. Gramolazzo - Minucciano (LU)

IL LEGALE RAPPRESENTANTE

Sig. Corrado IACOPI

IL GEOLOGO

Dott. Brunello FORFORI

Sig. Corrado IACOPI

- MARZO 2021 -

Indice generale

1.0 - PREMESSA....3
2.0 – LOCALIZZAZIONE E DESTINAZIONE D'USO DELLE AREE 4
3.0 - VINCOLISTICA....5
3.1 - Inquadramento generale dei vincoli....5
3.2 - P.A.B.E. Acquabianca – classi di pericolosità e fattibilità....6
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....11
3.6 - Valutazione sulle interferenze delle classi G4 del P.A.B.E. e P4 del P.A.I. Con il presente progetto....11
3.7 - Linee guida in materia di "ravaneti", approvate con Determinazione del Direttore del Parco n. 65 del 08.07.2019."....14
3.8 - Analisi delle caratteristiche dei depositi detritici presenti in cava....15
4.0 - CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE GENERALI E LOCALI DELL'AREA....16
4.1 - Forme derivanti da attività glaciale e pluvio-fluviale....16
4.2 - Forme derivanti da attività carsica....18
4.3 - Forme derivanti da attività antropica....20
5.0 – INDAGINI GEOLOGICHE....22
5.1 - Sondaggio orizzontale....23
5.2 - Stese sismiche a rifrazione....23
6.0 - CARATTERISTICHE GEOLOGICHE GENERALI E LOCALI DELL'AREA....25
6.1 - Inquadramento Tettonico dell'Area....25
6.2 - Inquadramento Geologico - stratigrafico....26
6.3 - Analisi geologico-geostrutturale dell'area....26
6.4 - Analisi stato tensionale del sito con il programma Win-Tensor....31
7.0 – RILIEVO STRUTTURALE....33
7.1 – Riconoscimento delle discontinuità ed elaborazione dei dati raccolti....35
7.2 – Caratteri strutturali del rilievo....37
7.3 – Classificazione dell'ammasso roccioso 39
7.4 – Stima dei parametri di resistenza dell'ammasso roccioso....42
8.0 – CARATTERISTICHE GIACIMENTOLOGICHE....43
8.1 – Inquadramento generale....43
8.2 – Stima del blocco unitario- Vb 44
8.3 – Stima della resa media del giacimento....45
8.4 - Il Materiale....45
9.0 – CARATTERISTICHE MINERALOGICHE DEL MATERIALE ESTRATTO....46
10.0 - CARATTERI IDROGRAFICI ED IDROGEOLOGICI 47
10.1 – Caratteri generali....47
10.2 – Permeabilità dell'ammasso in esame....48
10.3 – Determinazione delle linee di flusso sotterranee....50
10.4 – Qualità dei corpi idrici e loro vulnerabilità....53

1.0 - PREMESSA

Per incarico della Società Acquabianca Marmi s.r.l., è stato eseguito il presente studio sulle caratteristiche geomorfologiche, geologiche, idrogeologiche e strutturali di compendio al progetto di coltivazione della cava "Campaccio" ubicata nel Bacino Acqua Bianca, nel Comune di Minucciano (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 249070.

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 e redatto in scala 1:500.

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

Tavole di inquadramento
Tav. 1 – Corografia dell'area, scala 1:10.000/1:5.000;
Tav. 2 – Carta catastale, scala 1:2.000; da fare
Tav. 3 - Carta Geologica, scala 1:5.000;
Tav. 4 – Sezioni Geologiche, scala 1:5.000;
Tav. 5 – Carta Idrogeologica. scala 1:5.000;
Tav. 6 – Sezioni Idrogeologiche, scala 1:5.000;
Tav. 6 – Carta Geomorfologica, scala 1:2.000;
Tav. 8 – Carta Merceologica, scala 1:2.000
Tav. 9 – Carta della fratturazione e merceologica di dettaglio, scala 1:500;
Tav. 10 – Carta della vincolistica principale, scala 1:5.000;
Tav. 10a – Estratti carte ravaneti e del P.A.I Aut. Bac. F.Serchio

Tavole progettuali:
Tav. 11 – Planimetria Stato Attuale, scala 1:500;
Tav. 12 – Planimetria Stato alla Prima Fase, scala 1:500;
Tav. 13 – Planimetria Stato alla Seconda Fase (stato a 5 anni), scala 1:500;
Tav. 14 – Planimetria Stato alla Terza Fase (stato a 10 anni), scala 1:500;
Tav. 15 – Sezioni Topografiche progettuali, scala 1:500;
Tav. 16 – Planimetria Gestione delle A.M.D. alla seconda Fase (stato a 5 anni), scala 1:500;
Tav. 17 – Planimetria Gestione delle A.M.D. Alla terza Fase (stato a 10 anni), scala 1:500;
Tav. 18 – Planimetria aree a maggiore polverosità - seconda Fase, scala 1:500;
Tav. 19 – Planimetria aree a maggiore polverosità - terza Fase, scala 1:500;

Progetto di Ripristino ambientale
Tav. 20 – Planimetria Ripristino Ambientale - Seconda Fase (stato a 5 anni), scala 1:500;
Tav. 21 – Planimetria Ripristino Ambientale - Terza Fase (stato a 10 anni), scala 1:500;
Tav. 22 – Sezioni Ripristino Ambientale a 5 e a 10 anni, scala 1:500;

Tavole con sovrapposti progettuali finali
Tav. 23 – Planimetria Sovrapposto Stato alla Prima Fase (stato a 5 anni) – Progetto Autorizzato, scala 1:500;
Tav. 24 – Planimetria Sovrapposto Stato alla Seconda Fase (stato a 10 anni) – Progetto

Autorizzato, scala 1:500.

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];
- P.G.R.A. Autorità di Bacino Distrettuale dell'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 Acqua Bianca.

2.0 – LOCALIZZAZIONE E DESTINAZIONE D'USO DELLE AREE

La cava è localizzata nella Valle di Gorfigliano, sul versante sud-occidentale del Monte Tombaccio e ad ovest del crinale allungato in direzione Sud-Est/Nord-Ovest del Monte Tombaccio stesso. La cava risulta posizionata su di un versante che termina sul fondovalle del Rio Ventagio, immissario in destra orografica del Torrente Acqua Bianca e con deflusso circa SW/NE.

L'area ricade all'interno del comune di Minucciano (LU) e la sua ubicazione è riportata nella Tavola 1 – Inquadramento cartografico.

Il sito si sviluppa mediamente tra le quote di 1200m e 950m s.l.m. circa ed è raggiungibile percorrendo la viabilità di servizio delle cave del Bacino dell'Acquabianca e che prosegue più a monte ai bacini di Carcaraia e Monte Cavallo.

Viabilità di accesso e a servizio della cava

La viabilità di accesso all'area è già esistente ed avviene tramite strada sterrata di servizio ai bacini estrattivi che conduce alle cave di Carcaraia e Focolaccia-Piastramarina. La cava Campaccio (sito meridionale tra 1040 e 1220m s.l.m.) è raggiungibile con breve tratto sterrato che prosegue da quello asfaltato della strada comunale: i piani di cava rimangono fronte strada e l'ingresso è diretto a circa 1040m s.l.m.. Il cantiere settentrionale in parte sotto il ravaneto (q.te 970-980m s.l.m.), è raggiungibile da viabilità realizzata nel ravaneto, recentemente ripristinata per effettuare alcuni sondaggi geognostici (Nulla Osta Parco n°42 del 11-10-2019). Per questo cantiere dovranno essere sviluppati brevi tratti su detrito che dalla viabilità principale conducano ai piani di sviluppo che verranno eventualmente realizzati nello sviluppo del sito.

Piazzali

Distinguendo sempre rispetto all'attuale viabilità di bacino tra cantiere meridionale e settentrionale: i cantieri di quest'ultimo sono costituiti da un piano a q.ta 963m s.l.m. circa, mentre il vecchio e più sviluppato cantiere meridionale presenta una serie di ripiani tra le q.ta di 1040 e 1220m s.l.m., in parte già raggiunti da una viabilità sviluppata sul lato occidentale.

Edifici per ricovero materiali e attrezzature

Nella parte sud del sito sono presenti due fabbricati semidiroccati un tempo destinati a ricovero

per materiali (AB-Ed15 e AB-Ed16).

L'area in disponibilità alla Società è riportata nella Tavola 2 – Carta Catastale e comprende la concessione denominata Campaccio nel comune di Minucciano (LU) definita con i seguenti mappali:

- Foglio 512 (Foglio n°12 sez.E) mappali 3126/p, 3127/p, 3128/p, 3129 e 3132/p;

Gli interventi del presente progetto ricadranno esclusivamente all'interno del territorio compreso nei mappali 3127 e soprattutto 3126.

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

La cava ricade in un'area caratterizzata dalla presenza di vari fronti residui, da saggi eseguiti in un recente passato, dalla presenza di un ravaneto di maggiore estensione che si estende nella porzione inferiore della concessione e di un ravaneto di minore estensione nella parte superiore .

Il P.R.G. del comune di Minucciano come D3 destina l'area ad uso estrattivo; l'area è interna al territorio del Parco delle Alpi Apuane in una zona definita dallo stesso ente come "Zona di cava-area contigua L.R. 65/97, ex area A2"; è soggetta al Vincolo Idrogeologico R.D.L. 3267/1923 e s.m.i..

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 e 1:5.000, a cui si rimanda per inquadrare complessivamente l'area di intervento.

In particolare come desumibile dalla Tavola 10 allegata alla presente relazione sono stati perimetrati i limiti dei vincoli presenti nell'area di interesse, 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 stati inseriti nella Tavola 10, se presenti, i valori paesaggistici riguardanti la struttura idrogeomorfologica con riferimento alle creste principali e secondarie, agli ingressi delle grotte e 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 e s.m.i.) in cui è prevista l'attività estrattiva seppur con le limitazioni imposte Piano Attuativo di bacino e dal PIT-PPR;
- l'area di intervento è esterna alle perimetrazioni SIC-ZPS o SIC – SIR; a Nord-Est e Sud-Ovest dell'area in disponibilità, che non sarà comunque oggetto di coltivazione, è presente SIC-ZPS 23 - *Praterie primarie e secondarie delle Alpi Apuane e ZSC Valli glaciali di Orto di Donna e Solco di Equi.*
- Nell'area di cava o di 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, si segnala alla base del versante la presenza del Rio Ventagio che rimane a quote molto inferiori rispetto a quelle di intervento;
- l'area di intervento è priva di una copertura boschiva continua;
- l'intervento non interferisce con creste o spartiacque di interesse paesaggistico. Inoltre l'intervento sarà realizzato in corrispondenza di aree già interessate da attività di cava;
- è presente nell'area in concessione un unico ingresso grotta, comunque non interferente con il progetto, denominato la Buca dell'area Ghiaccia (T/LU2053), posto a Sud-Ovest dell'area di intervento; sono presenti altri ingressi di grotte al di fuori della concessione ma con limitato sviluppo planimetrico ossia Buco Poker ((T/LU2057) e Buca X53 del Rio Ventagio (T/LU2058).
- Non risultano inoltre presenti in un intorno significativo dell'area sorgenti o circhi glaciali o 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. Acquabianca – classi di pericolosità e fattibilità

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

Carta della pericolosità geologica e idraulica:

Classe G4 - *pericolosità geologica molto elevata;*
Classe G3a e G3b - *pericolosità geologica* ***elevata***;
Classe I1 – pericolosità idraulica bassa

Carta della pericolosità sismica:

Classe S4 - *pericolosità sismica molto elevata;*
Classe S3a e S3b - *pericolosità sismica elevata*;

Carta del reticolo idraulico (L.R. 79/2012 e Del.C.R. 28/2020); l'area di intervento risulta posta ad una distanza superiore ai 10 m rispetto ai corsi d'acqua.

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

Per quanto riguarda le perimetrazioni delle classi di pericolosità geologica e sismica si precisa:

1. l'area oggetto di intervento si svilupperà interamente all'interno della classe di pericolosità geologica elevata ossia nella classe G3br nella porzione ricadente sul ravaneto e in classe G3a

nella parte ricadente sul substrato. Anche dal punto di vista sismico il progetto ricade interamente nella classe S3 – aree a pericolosità sismica elevata.

2. Per quanto riguarda la classe G4, l'intervento non interessa direttamente le aree poste in classe G4, ma comunque si posiziona a valle delle perimetrazioni a pericolosità geologica molto elevata; sarà dedicato un capitolo apposito (vedi cap. 3.6.) per determinare le interferenze con la classe G4.

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, realizzazione di coltivazione in sotterraneo

F3 (G3) *– Fattibilità geomorfologica condizionata;*

Definizione della fattibilità idraulica

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

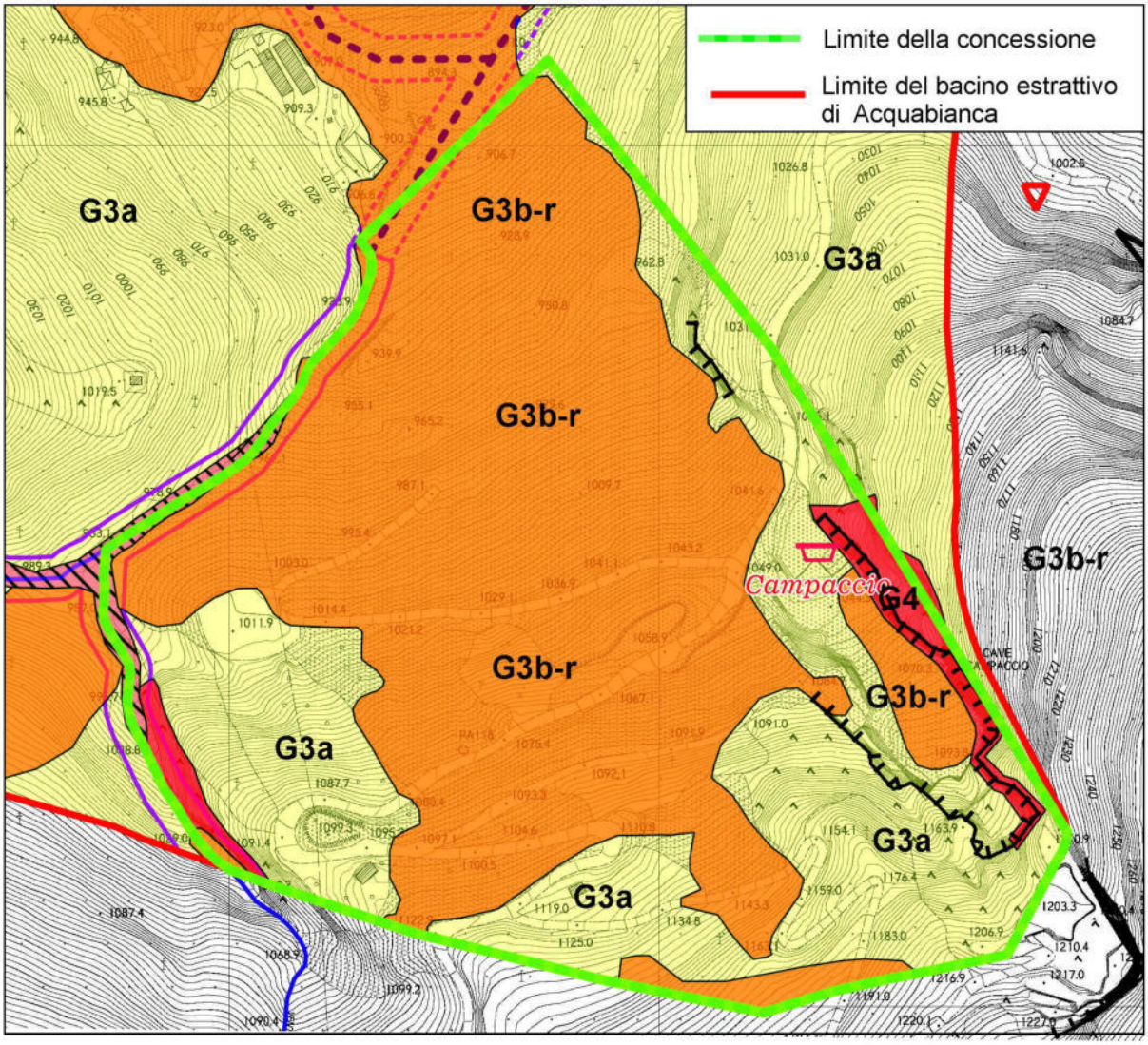
F1 (I1) *– Fattibilità idraulica senza particolari limitazioni;*

Definizione della fattibilità sismica

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

F3 (S3) – *Fattibilità sismica condizionata;*

Fig.1 - Estratto carta della pericolosità geologica e idraulica del P.A.B.E. di Acquabianca - scala 1:3.000



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.)

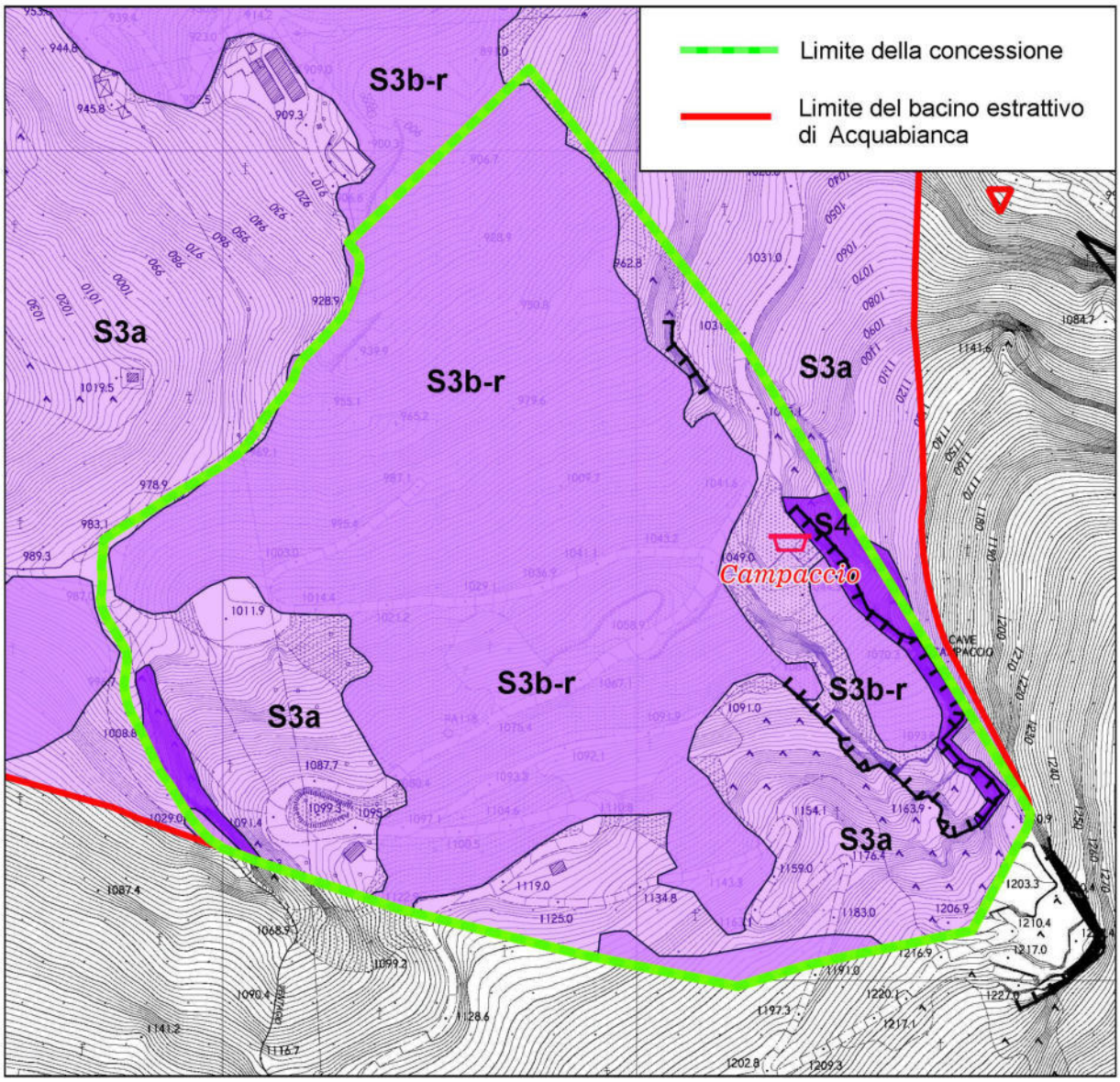
Classi di pericolosità idraulica

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

Fig.2 - Estratto carta della pericolosità sismica del P.A.B.E. di Acquabianca - scala 1:3.000



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 la zona in oggetto ricada, per la quasi totalità in classe P3 – a pericolosità geomorfologica elevata per la presenza di terreni detritici su versanti acclivi (art.13 Norme P.A.I.), ossia nello specifico ricadente all'interno di ravaneti.

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.

Si fa presente che la base cartografica su cui è stato realizzato il P.A.I. non è corrispondente alla morfologia attuale della zona, modificata in seguito alla evoluzione negli ultimi anni del sito estrattivo, con il proseguimento delle attività di estrazione a cielo aperto dei marmi.

Oltretutto il c.t.r. In scala 1:10.000 mostra un dettaglio a tale larga scala che non risulta indicativo a rappresentare la morfologia complessa della zona.

Una cartografia maggiormente rappresentativa dello sviluppo reale dei ravaneti e della morfologia presente è quella che è stata realizzata per il PABE, in scala 1:2.000, ed utilizzata per la stesura della carta geomorfologica e giacimentologica di supporto al progetto (tav. 7-8).

Per meglio mettere in luce le interferenze del presente progetto con le perimetrazioni del PAI è stata sovrapposta la suddetta cartografia con le vigenti perimetrazioni del P.A.I. e del P.G.A., inserendo lo stato di sviluppo a 5 anni del progetto (condizione soggetta all'autorizzazione) ed evidenziando le aree di lavorazione a cielo aperto ed in sotterraneo.

Si evidenzia come la quasi totalità del progetto ricade in classe P3, per presenza di terreni detritici acclivi, in questo caso rappresentato da ravaneti; la cava si svilupperà, comunque, ad accezione di una prima fase necessaria per l'allestimento del cantiere, in sotterraneo.

Le lavorazioni a cielo aperto consisteranno essenzialmente nei tagli preparatori per l'ingresso in galleria, la movimentazione della porzione di ravaneto interferente con il progetto e i necessari interventi di messa in sicurezza del sito.

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 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 più a Nord 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 non sono stati rilevati in zona ingressi di grotte (per dettagli vedi cap. 4.3 della relazione geologica) che possano interferire 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 Rio Ventagio, 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.

3.6 - Valutazione sulle interferenze delle classi G4 del P.A.B.E. e P4 del P.A.I. Con il presente progetto

Come evidenziato nei precedenti capitoli il presente piano di coltivazione si sviluppa essenzialmente nelle classi P3 del P.A.I. e G3 del P.A.B.E. a pericolosità geologica elevata.

Il progetto peraltro ha un limitato sviluppo a cielo aperto, in quanto le lavorazioni a cielo aperto sono limitate alle operazioni necessarie per aprire il cantiere sotterraneo nell'area denominata “Cava Campaccio Inferiore”.

Come visibile dalle figure 1 della presente relazione e fig. 4 della tavola 11, sebbene il piano di coltivazione si sviluppi in classe G3 sono da effettuare alcune valutazioni per quanto riguarda le porzioni di versante classificati in classe di pericolosità geologica molto elevata che gravano a monte delle aree di intervento.

In particolare si evidenzia come la classe G4 del P.A.B.E. abbia uno sviluppo minore rispetto alla P4 del P.A.I. e ciò è dovuto essenzialmente alla riperimetrazione delle aree su una cartografia di dettaglio in scala 1:2.000 che ha permesso di individuare con maggiore precisione le aree potenzialmente soggette a fenomeni di crollo, determinate essenzialmente dai fronti residui rocciosi della Cava Campaccio superiore.

La P4 del P.A.I. molto più estesa, e derivata anch'essa da versanti soggetti a potenziali frane di crollo, ha perimetrato anche vasti tratti di versanti boscati che non mostrano essere soggetti a frane di crollo; cautelativamente le valutazioni di seguito effettuate riguardano tutta l'estensione della classe P4.

Si premette, innanzitutto, che nel progetto è prevista la messa in sicurezza dei versanti della cava Campaccio superiore, con la verifica delle masse potenzialmente instabili, la realizzazione di disgaggi e la eventuale messa in opera di opere quali reti corticali, chiodature e altro.

Per quanto riguarda le interferenze del presente piano di coltivazione con le sovrastanti aree a pericolosità geologica molto elevata, comunque, si può affermare:

- la presenza dei piazzali di 1203 m s.l.m. e 1210 m s.l.m., posti al di fuori del bacino estrattivo, permettono di escludere la caduta di blocchi dai fronti residui posti a quote superiori, data la loro conformazione e la loro estensione areale;

- i fronti residui della cava Campaccio superiore e segnalati come potenzialmente soggetti a fenomeni di crollo formano una sorta di “ferro di cavallo”; il materiale che eventualmente si distaccherebbe dai fronti segnalati in classe P4 e G4 si concentrerà pertanto all'interno del sito estrattivo;
- dal punto di vista morfologico all'interno del sito si distingue una porzione acclive, ma interamente sul detrito, che da quota 1093 m s.l.m. raggiunge circa quota 1050 m s.l.m. Su questo declivio costituito da un ravaneto con pezzatura molto eterogenea, il materiale che eventualmente si distaccherebbe dai fronti residui subirebbe un rallentamento, se non direttamente un deposito (area tratteggiata in verde in figura 3);
- nella parte inferiore del ferro di cavallo della Cava Campaccio superiore, è presente un rilevato stradale, che può avere la funzione di barriera per il materiale che eventualmente potrebbe cadere dai sovrastanti fronti superiori (rock-trap tracciata in verde in figura 3) con una estensione di circa 2000 mq. Tale funzione di rock-trap sarà operativa nelle prime fasi di attivazione del cantiere (operazioni preliminari e prima fase dei lavori) e sarà utile anche per le eventuali operazioni di messa in sicurezza dei fronti superiori;
- solo una limitata porzione di versante, la porzione più settentrionale della perimetrazione della classe P4, non è afferente alla rock-trap in caso di caduta di materiale; si tratta comunque di un tratto di versante boscato e con altezze limitate, che permette agevolmente di mettere in atto operazioni di messa in sicurezza in caso di necessità (disgaggi, reti corticali etc...)
- a partire dalla seconda fase del progetto, nell'area ribassata con funzione di rock-trap, sarà predisposta una zona per la gestione dei detriti. Si sottolinea che tale area potrà essere realizzata una volta completate le operazioni di messa in sicurezza dei fronti residui afferenti alla Cava Campaccio superiore.

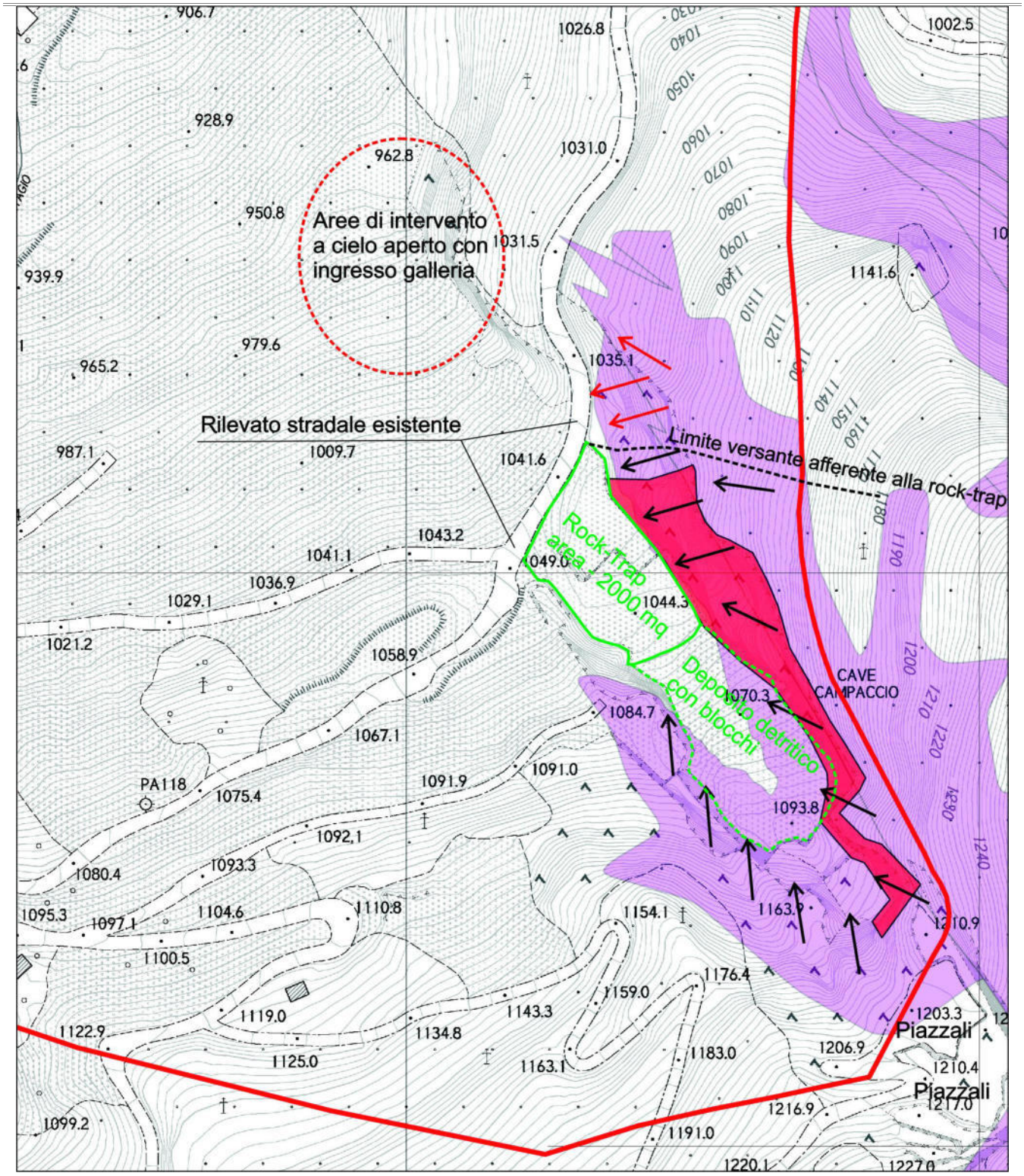


Figura 3 – interferenze del piano di coltivazione con le aree perimetrate in classe P4 per il P.A.I. (colore lilla) e G4 per il P.A.B.E. (colore magenta) durante le prime fasi di lavorazione

3.7 - 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 Cava Campaccio sia segnalato un ampio ravaneto (ravaneto inferiore) che interessa buona parte dei terreni in concessione, con vegetazione pressoché assente per la quasi totalità del ravaneto, se non in limitate porzioni perimetrali come quelle a monte della viabilità di bacino che conduce alle cave di Carcaraia e Monte Macina e nella estremità occidentale del ravaneto; tali caratteristiche vegetazionali trovano conferma anche dai rilievi di campagna effettuati.

E' presente anche un ravaneto di minore estensione (ravaneto superiore) intercluso nell'anfiteatro del cantiere Campaccio superiore, che come il ravaneto inferiore, non mostra la presenza di vegetazione pioniera e di clasti ossidati.

Sempre nella carta di figura 1 – tavola 11, invece, che non trova conferma dalle evidenze di campagna, viene considerato l'intero ravaneto inferiore come composto da clasti ossidati; come visibile dalle foto effettuate non vi è presente alcuna ossidazione nel corpo principale del ravaneto, compreso tra la viabilità di servizio di bacino e il sottostante Rio Ventagio, se non in limitate porzioni perimetrali del corpo detritico, peraltro non interessate dal presente progetto di coltivazione; così come il ravaneto inferiore, anche il ravaneto superiore viene considerato come composto da clasti ossidati.

Nella carta di gestione dei ravaneti (fig.2 – tav. 11), una parte del ravaneto inferiore, prevalentemente la parte inferiore, ricade nella classe di ravaneto non asportabile mentre la porzione mediana risulta in gran parte potenzialmente asportabile; tale suddivisione del ravaneto non trova alcun riscontro in campagna.

Il ravaneto superiore (fig.2 – tav. 11) viene considerato, invece, come totalmente 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*.

3.8 - Analisi delle caratteristiche dei depositi detritici presenti in cava

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

Il deposito presente in cava, ed in dettaglio la porzione di ravaneto interclusa tra la viabilità di bacino sovrastante ed il Rio Ventagio, non mostra sensibili differenze tra la porzione inferiore considerata non asportabile e quella superiore considerata potenzialmente asportabile; unica differenza è la selezione granulometrica per gravità che ha subito il deposito, con una maggiore presenza di granulometrie più fini nella parte superiore e centrale e più grossolane nella parte inferiore.

Il ravaneto sottostante la cava Campaccio risulta, nel suo complesso, caratterizzato da un pezzatura molto eterogenea del materiale detritico. Il ravaneto non è stato classificato come storico all'interno del P.A.B.E. e ciò risulta evidente dagli scarichi effettuati in tempi recenti, data la mancanza totale di ossidazione del deposito.

Un principio di ossidazione, ma pur sempre senza alcuna presenza di vegetazione, è visibile nella parte residuale del ravaneto non interessata dagli scarichi più recenti e concentrata in limitate porzioni perimetrali del corpo detritico Il ravaneto come peraltro visibile dalle figure 3 e foto 1 e 2 della Tavola 11 allegata al progetto.

Per quanto riguarda il ravaneto superiore, anche in questo non si rileva alcuna peculiarità che renda lo stesso non asportabile, data l'assenza di una vegetazione pioniera e di clasti ossidati. Si sottolinea che il ravaneto superiore è coevo a quello inferiore e presenta le medesime caratteristiche granulometriche e cromatiche, ed in particolare il ravaneto superiore è caratterizzato prevalentemente da marmi grigi e con una pezzatura mediamente più grossolana (vedi foto 1 di Tav.11).

Dal punto di vista cromatico e di pezzatura, i corpi detritici del Campaccio sono stati distinti in 3 differenti tipologie, per dettaglio vedi figura 3 – tavola 11;

- ravaneto tipologia 1 – si tratta della porzione più ampia del ravaneto, e derivata da scarichi più recenti (fino al 2015); il ravaneto è costituito prevalentemente da marmi bianchi e con pezzatura prevalentemente da media a fine; il ravaneto del tipo 1 ha una vegetazione pressoché assente e alcuna ossidazione;
- ravaneto tipologia 2 – si tratta di una porzione di ravaneto fatta da scarichi antecedenti a quelli di tipo 1 (fino al 2008), ma pur sempre recenti; il ravaneto è caratterizzato prevalentemente da marmi grigi e con una pezzatura prevalentemente più grossolana; la vegetazione è pressoché assente ad eccezione di alcune piccole chiazze di vegetazione pioniera; assenza di ossidazione;
- ravaneto tipologia 3 – porzione di ravaneto originata da scarichi antecedenti a quelli di tipo 1 e 2, costituito prevalentemente da una pezzatura media; vegetazione pressochè assente ad eccezione di alcune chiazze rade di vegetazione pioniera; è presente un principio di ossidazione.

La suddetta divisione del ravaneto mostra le sostanziali differenze tra la cartografia redatta dal Parco e le evidenze riscontrate in campagna ed inoltre si sottolinea:

- il deposito è da considerarsi unico, dato che è stato originato dalle medesime operazioni (ossia scarico del materiale proveniente dalla Cava Campaccio stessa e dalla Cava Carcaraia);
- la cava ha lavorato con una certa continuità negli ultimi 20-30 anni;
- il ravaneto inferiore è stato interessato da scarichi effettuati in tempi recenti, si ricorda a tal proposito che questo ravaneto è stato attivo fino al 2015 come area di parziale accumulo del

materiale derivante dalla bonifica del fronte SW della Cava Carcaraia e dallo svuotamento della antistante dolina (nulla osta n°17 del 06-03-2014 che autorizzava lo scarico fino a settembre 2015);

- il ravaneto inferiore è tagliato da una viabilità di arroccamento che permette di accedere ai fronti della Cava Campaccio inferiore e che tale viabilità è stata in parte ripristinata, così come autorizzato da Nulla Osta Parco n°42 del 11-10-2019, per accedere ai fronti residui della parte inferiore della concessione e per effettuare carotaggi;
- i ravaneti ricadenti nella concessione sono segnalati come ravaneto con prelievo attivo nella *Carta delle tipologie merceologiche dei ravaneti – scala 1:10.000 di figura 4*

Infine, è importante sottolineare, che da quanto contenuto negli elaborati del P.A.B.E di Acqua Bianca, oltre a non essere considerati ravaneti di carattere storico e quindi removibili, nella carta del quadro propositivo di bacino QPB.4, i ravaneti in oggetto ed interessati dal presente progetto sono tutti considerati removibili per messa in sicurezza ambientale e/o idrogeologica (si veda figura 7 di Tav.11).

Si sottolinea che il P.A.B.E. Di Acquabianca è stato approvato in data 29-03-2019 e che al suo interno comprendeva anche la sopra riportata carta dei ravaneti, carta realizzata con uno studio dettagliato dell'area su una base cartografica aggiornata in scala 1:2.000; tali carte, sebbene maggiormente dettagliate e fedeli dello stato dei luoghi, sono totalmente difformi a quelle contenute nelle linee guida per la gestione dei ravaneti redatta dal parco, realizzate su una base cartografica non aggiornata in scala 1:20.000, sebbene approvate dal Parco solo 3 mesi dopo che lo stesso ha approvato quelle del P.A.B.E.

Intenzione della Società concessionaria è quello della completa rimozione del ravaneto inferiore nella parte superiore dell'area in cui è previsto il futuro ingresso del sotterraneo ed un alleggerimento della parte centrale e apicale del corpo detrito nell'area interessata dallo sviluppo/ripristino della viabilità di cantiere. La rimozione o parziale rimozione della porzione superiore del ravaneto inferiore, peraltro caratterizzata da un maggior contenuto di fine, non può che configurarsi come una miglioria dal punto di vista ambientale e soprattutto dal punto di vista idrogeologico.

Per quanto riguarda il ravaneto superiore, di minore estensione, è prevista la sua completa rimozione con lo sviluppo del progetto, entro i primi 5 anni di lavoro.

In conclusione dalle analisi condotte, i ravaneti presenti all'interno della concessione (inferiore e superiore), risultano totalmente asportabili in quanto non presentano alcuna caratteristica peculiare per il loro mantenimento quali ossidazione, presenza di vegetazione o presenza di reperti di archeologia industriale (*bastionature, muri a secco, piani inclinati, vie di lizza, sentieri, antichi macchinari, ecc.)* **ma anzi la loro asportazione è funzionale per la messa in sicurezza idrogeologica dell'area così come riportato nel P.A.B.E. di Acquabianca (fig.7 – tav.11).**

4.0 - CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE GENERALI E LOCALI DELL'AREA

4.1 - Forme derivanti da attività glaciale e pluvio-fluviale

La situazione geomorfologia generale dell'area studiata e di un suo intorno significativo, rispecchia direttamente l'impalcatura stratigrafica e le caratteristiche geomeccaniche e chimico-mineralogiche delle formazioni affioranti (figura 4).

Il sito estrattivo è ubicato in destra orografica del Fosso Acqua Bianca immissario di destra del Fiume Serchio ed asta idrica principale, a carattere perenne, dell'estrema vallata di Gorfigliano, in cui vengono recapitati i fossi ed i canali secondari della zona.

La complessità strutturale dell'area, con pieghe isoclinali sovrapposte, fa si che si verifichino forti contrasti morfologici tra le creste e le aree più dolci ed arrotondate caratterizzate da affioramenti di

terreni scistoso-arenacei con copertura vegetazionale di tipo mediterraneo.

La vetta più alta rappresentata dal M. te Pisanino che sfiora i 2000m costituisce insieme alle vette minori del M. te. Mirandola, Pizzo Maggiore, Pizzo Altare e M. te Cavallo lo spartiacque principale che corre in forma leggermente arcuata, con concavità rivolta verso NE.

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

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.

Verso NE le aspre ed articolate forme del massiccio metamorfico apuano (M.te. Pisanino M.te. Mirandola) lasciano il posto, in modo brusco attraverso una fascia di faglie ad alto angolo disposte NW-SE, a morfologie più dolci caratterizzate dai litotipi delle successioni Liguri e Toscana (zona di Gorfigliano, M.te. Calamaio).

La valle dell'Acqua Bianca, zona di raccordo tra queste due realtà morfogenetiche differenti, presenta una estesa pianura in direzione SW-NE che si protrae fino a Gramolazzo.

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

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

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

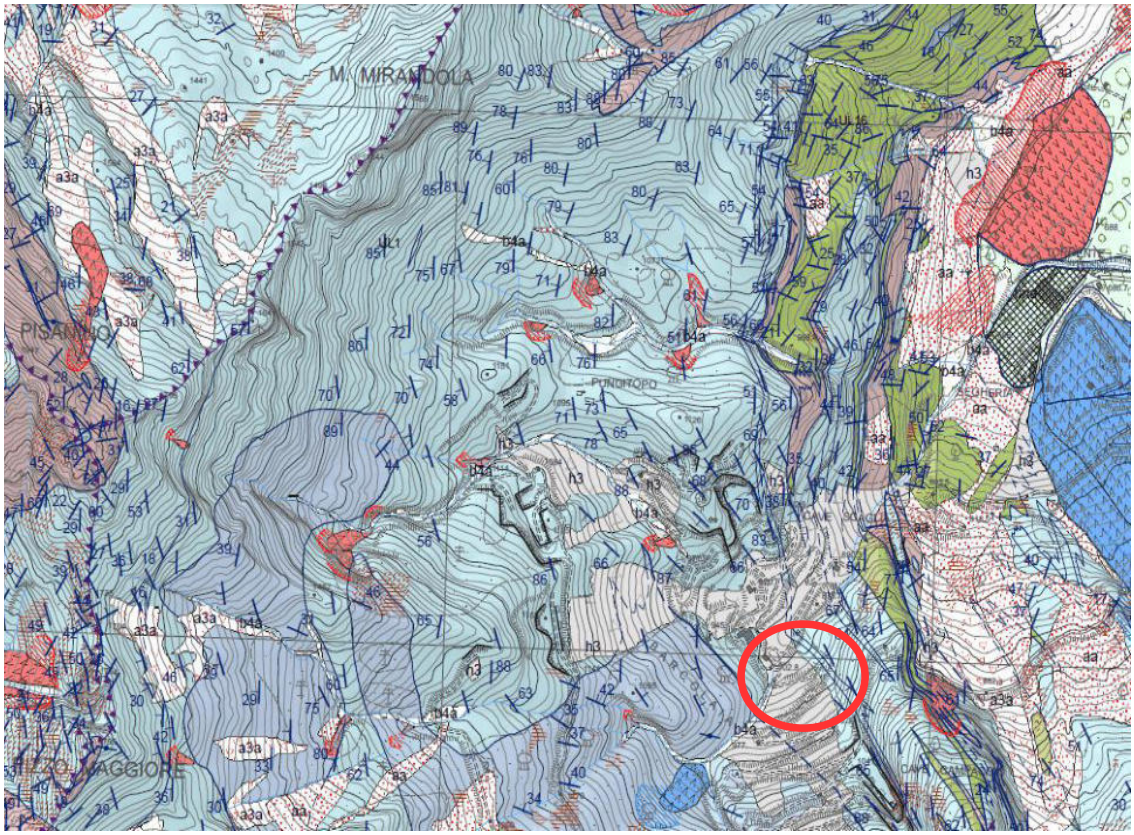


Figura 4: stralcio carta geomorfologica "accordo di attività di ricerca Regione Toscana – CGT – Lamma 2012" in scala 1:10.000.

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 (Tav.5) 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) che delimita il bacino di Acquabianca, sono presenti due ingressi di grotte degni di nota, una situata a Nord/Ovest dell'area in studio censita con la sigla T/LU 446 "Buca del Pungitopo" e l'altra ad Ovest del sito estrattivo delle cave Campaccio con sigla T/LU 1027 "Buca dell'Aria Ghiaccia".

La "Buca del Pungitopo" si presenta come una cavità assorbente con morfologia a pozzo con un dislivello di circa 59m ed una estensione di circa 30 m; la grotta è posta ad oltre 500 ml dall'area di intervento.

La "Buca dell'Aria Ghiaccia" rappresenta, assieme all'Abisso Roversi, all'abisso Saragato ed all'abisso Chimera, uno degli elementi carsici importanti dell'intero settore delle Apuane; in base a studi idrogeologici condotti fino ad ora emerge infatti che tale cavità fa parte delle idrostrutture che guidano le direzioni di flusso verso NW fino alla sorgente di Equi.

La "Buca dell'Aria Ghiaccia" comunque, anche se posta nella parte di monte della concessione, dista a circa 100 metri di distanza dall'area di intervento e in direzione Ovest, e come detto in precedenza, si sviluppa in direzione Nord-Ovest, allontanandosi dall'area oggetto di intervento, permettendo di escludere interferenze con il presente piano di coltivazione. A conferma di ciò è stato riportato lo sviluppo planimetrico della grotta sulle Tav.5, carta idrogeologica, e Tav.7, carta geomorfologica, dove è ben visibile la non interferenza con il progetto in esame.

A titolo di esempio si evidenzia come in corrispondenza dell'area prevista per l'ingresso in sotterraneo della Cava Campaccio, la Buca dell'Aria Ghiaccia sia posizionata a circa 200 ml di distanza in direzione SW e abbia raggiunto un profondità attorno a 400 metri ossia di circa 700 m s.l.m., ben distante dallo sviluppo del sotterraneo anche come quota, visto che la galleria si svilupperà ad una quota superiore ai 950 m s.l.m.

Sono presenti all'interno del Bacino Estrattivo e nella sua prossimità, altre grotte minori con sviluppo planialtimetrico limitato; due di quelle più vicine alla Cava Campaccio sono la Buca X53 e Buco Poker poste entrambe ad Ovest dell'area di indagine. Le due grotte dai dati a disposizione, prelevati sul sito della Regione Toscana *"geoscopio*", hanno uno sviluppo molto limitato di soli pochi metri, con la Buca X53 con morfologia a pozzetto, il Buco Poker con morfologia di galleria ascendente.

In base all'osservazione della carta che definisce la distribuzione spaziale di tali cavità carsiche ed in base al rilievo morfologico delle stesse si può affermare che il sito estrattivo sia per distanza che per posizione morfologica, ha collocazione esterna rispetto alle macroforme censite e rilevate e che quindi non interferisce con esse.

SCHEDA CENSIMENTO GROTTE

1027 LU BUCA DELL'ARIA GHIACCIA

Sinonimi: Complesso della Carcaraia

Comune: MINUCCIANO

Località: Tombaccia area carsica: ALPI APUANE

Sezione IGM serie 25: 249 I Piazza al Serchio

Carta Tecnica Regionale: 249070 GORFIGLIANO

Coordinate chilometriche (Gauss-Boaga): E 1598806 N 4886716

Quota cartografica m s.l.m. 1088

Dislivello m: negativo 760 positivo 365 totale 1125

Sviluppo m: spaziale 35000 planimetrico estensione 1430

Caratteristiche dell'ingresso

Geologia: Marmi

Morfologia: fessura discendente

Idrologia: cavitÃ assorbente Meteo: CU +++

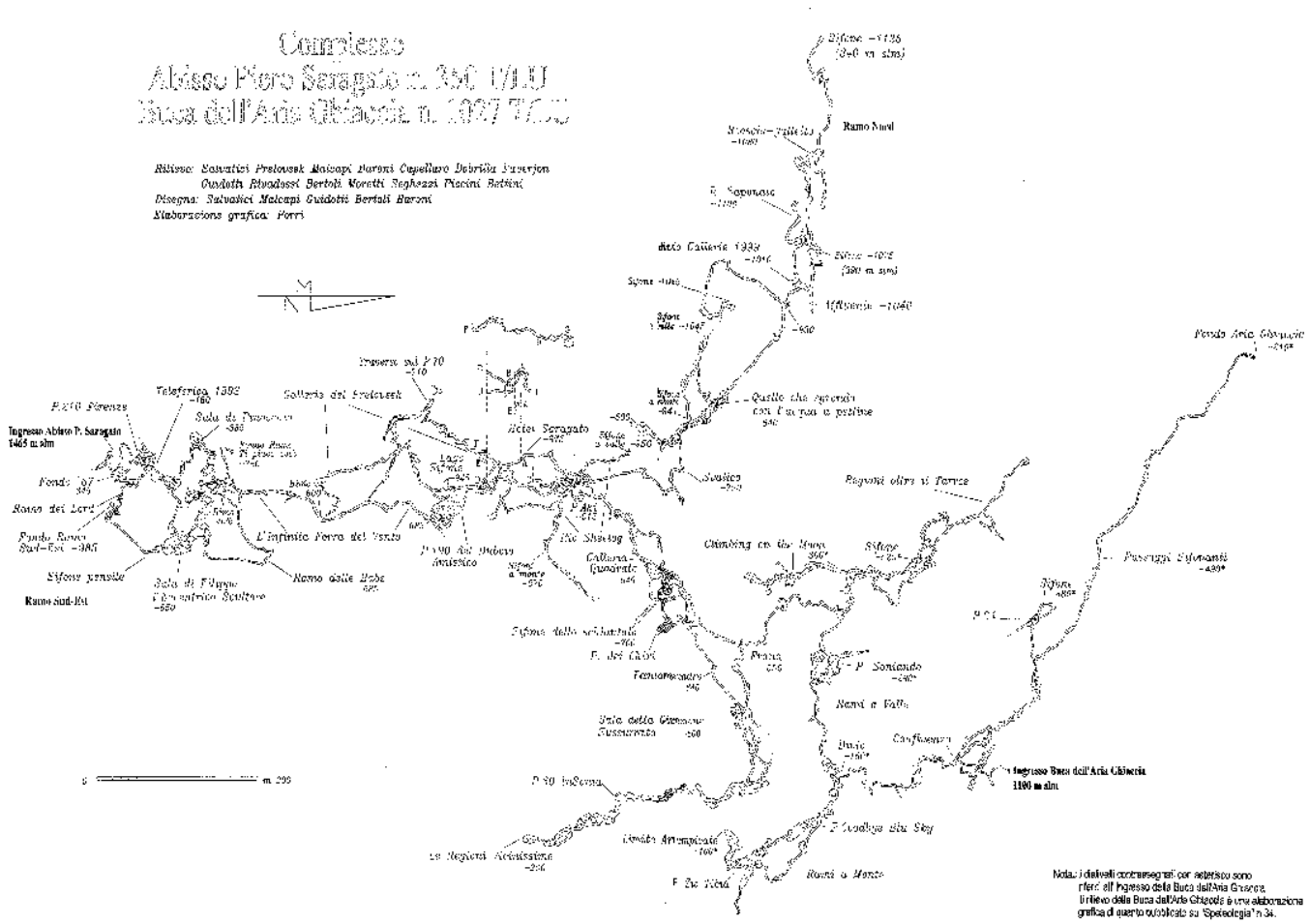


Fig.5 - Sviluppo planimetrico del sistema carsico collegato alla Buca dell'Aria Ghiaccia (in rosso il suo ingresso)

4.3 - Forme derivanti da attività antropica

L'azione antropica ha interessato le formazioni carbonatiche affioranti lungo i versanti che corrono dal M.te. Pisanino al M.te. Mirandola, precisamente quella dei "*marmi s.s.*", dove si possono riconoscere aree interessate dalla coltivazione effettuata in passato, saggi di ricerca e numerosi depositi detritici (*ravaneti*) conseguenti a queste attività.

La morfologia comune a tutte le cave è quella a cielo aperto, con coltivazione sviluppata sopratutto alla base del versante, meglio raggiungibile dalle infrastrutture, e solo in un passato più recente ha interessato anche le porzioni più sommitali. Le cave più alte sono state aperte in corrispondenza di livelli litologici di particolare pregio.

L'escavazione in genere è avvenuta dall'alto verso il basso con abbattimento di gradoni successivi e scarico dei detriti (al tempo non sfruttabili per varie ragioni) all'interno degli impluvi del versante, creando interferenze con lo stesso.

I depositi artificiali risultano di limitata estensione se raffrontati ad altre realtà dell'area versiliese e garfagnina, anche se degni di nota.

I due maggiori dell'area sono rappresentati da quello della ex cava Campaccio e da quello delle cave Scaglia-Bardiglio.

In corrispondenza del ravaneto del Campaccio era in attività un intervento di gestione dello stesso che prevedeva la parziale riduzione anche delle volumetrie presenti.

Il ravaneto della Scaglia-Bardiglio prevede come da progetto vigente l'inizio dell'attività di gestione dello stesso da parte della società scrivente che ha contratti in essere con la MIGRA per fornire il materiale, che ricordiamo essere di proprietà del comune di Minucciano.

Il deposito sul versante lato cava Campaccio, ha interessato in passato il Rio Ventagio; in particolare l'attività condotta ha in parte ricoperto i litotipi carbonatici del substrato e mascherato l'originaria forma del canale. Si tratta di un deposito derivato da precedenti lavorazioni, iniziate probabilmente prima della II guerra mondiale con l'arrivo nell'area della Società Nord Carrara e poi con la Montecatini, che si è unito con quello creatosi a seguito dell'attività della cava Scaglia anch'essa iniziata prima della II Guerra mondiale.

Localmente l'attività delle cave Pisanino e Freddia hanno determinato il locale accumulo dei detriti di lavorazione all'interno della parte alta della fossa catastale della Guerciaccia, con interventi riferibili agli anni '60-'80, mentre a seguito della creazione della MI.GRA. i detriti sono stati man mano destinati ad attività di recupero interrompendo lo scarico all'interno di queste aree.

Come risulta dalla "*Carta delle tipologie merceologiche dei ravaneti*" – Convenzione carta giacimentologica – CGT – sezione 249070 (figura 6) il deposito classificato come HMR è essenzialmente di natura eterometrica costituito principalmente da pezzami e sassi, e da una certa quantità di materiale fine che conferisce al deposito una permeabilità media.

Nello specifico il ravaneto sottostante la cava Campaccio risulta caratterizzato da un pezzatura molto eterogenea del materiale detritico; il ravaneto non è stato classificato come storico e ciò risulta evidente dagli scarichi effettuati in tempi recenti, evidenti dalla mancanza totale di ossidazione sul corpo principale del ravaneto.

Un principio di ossidazione, ma pur sempre senza alcuna presenza di vegetazione, è visibile nella parte residuale del ravaneto non interessata da scarichi più recenti e concentrata in limitate porzioni laterali e basali del corpo detritico

Il deposito si sviluppa dalla viabilità di bacino, e degrada uniformemente da sud verso nord, innestandosi nel fondovalle al ravaneto proveniente dal lato SW della cava Scaglia-Bardiglio; entrambi hanno interessato il talweg del canale della Guerciaccia/Rio Ventagio. Il fondovalle è poi sede dell'ampio deposito detritico di diverse età e merceologie (dai bianchi ai bardigli), punto di incontro del materiale man mano scaricato dalle principali unità estrattive dell'area.

All'interno del sito, sui bordi dei piazzali ed in parte quale costituente degli stessi, è presente materiale detritico, con pezzatura anche ciclopica e chiaramente riferibile ad epoche più recenti.

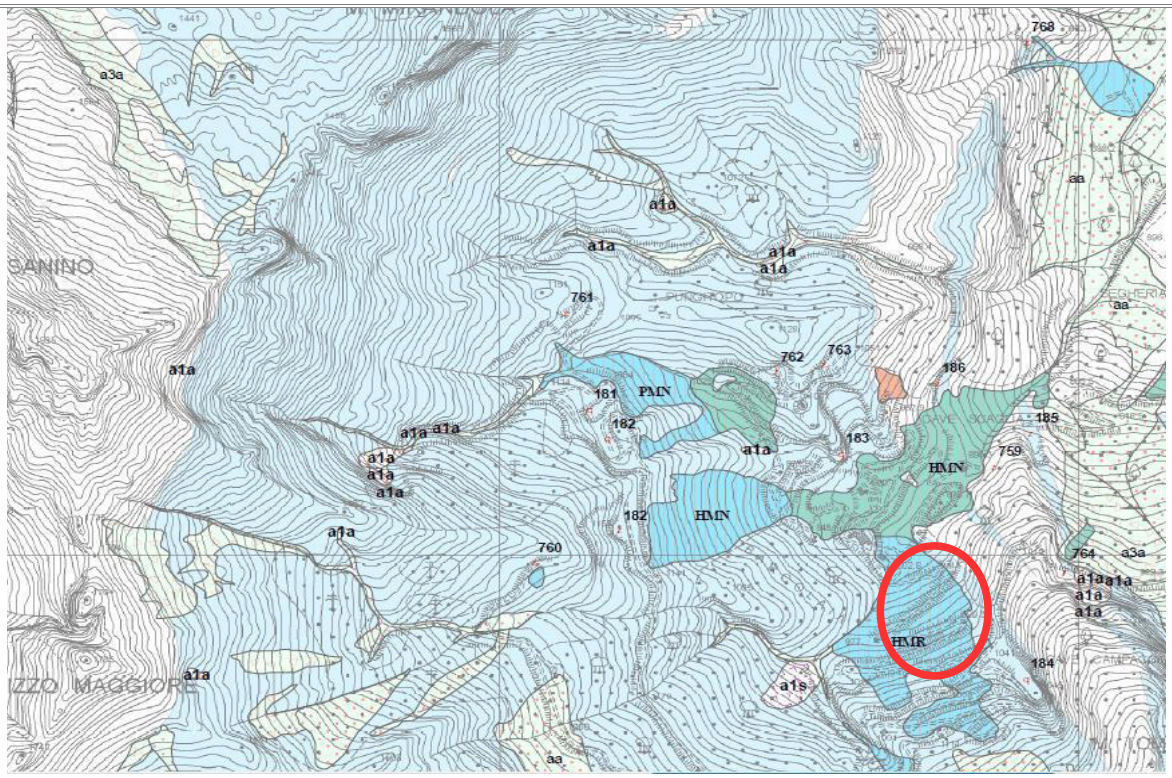


Figura 6: stralcio sezione 249070 – Carta delle tipologie merceologiche dei ravaneti – scala 1:10.000

Legenda:

LITOTIPO

Bianchi
Ravaneti costituiti prevalentemente da blocchi di marmo bianco

Grigi
Ravaneti costituiti prevalentemente da blocchi di marmo grigio

Colorati
Ravaneti costituiti prevalentemente da blocchi di marmi brecciati in matrice filladica

Cipollini
Ravaneti costituiti prevalentemente da blocchi di marmo cipollino

Dolomia
Ravaneti costituiti prevalentemente da blocchi di dolomia

Pietra del Cardoso
Ravaneti costituiti prevalentemente da blocchi di Pietra del Cardoso

GRANULOMETRIA

I **Informi** Clasti di dimensione maggiore di 1mc
P **Pezzame** Clasti di dimensione media tra 1m e 30 cm
C **Sassi** Clasti di dimensione media tra 30 cm e 5 cm
E **Misto** Pezzame costituito da tre o più classi granulometriche
H **Pezzame e sassi** Pezzame e sassi prevalenti

PERMEABILITA'

L **Alta** Permeabilità elevata per netta prevalenza di blocchi grossolani
M **Media** Permeabilità media per la presenza di quantità apprezzabili di materiali più fini
B **Bassa** Permeabilità bassa per la presenza di più classi granulometriche

PRELIEVO

R **Prelievo in atto** Al momento del rilievo è in atto attività di prelievo
N **Nessun prelievo** Al momento del rilevamento non è in atto attività di prelievo

ATTIVITA'

Attivi
Ravaneti che sono sede di discarica attiva.

Inattivi
Ravaneti che mostrano un'attività recentemente dismessa.

Vecchi
Ravaneti che mostrano un'attività dismessa da molti anni (ravaneti vecchi) e/o di presentano un valore estetico quali l'accatastamento manuale che conferisce loro l'aspetto di muro a secco (ravaneti storico/artistici).

5.0 – INDAGINI GEOLOGICHE

A supporto del presente piano di coltivazione sono state effettuate alcune indagini geologiche preliminari ed in particolare un sondaggio orizzontale, della lunghezza di circa 16 metri in prossimità di dove è previsto l'ingresso del sotterraneo e due stese sismiche a rifrazione al fine di valutare gli spessori delle coperture/profondità del substrato roccioso.

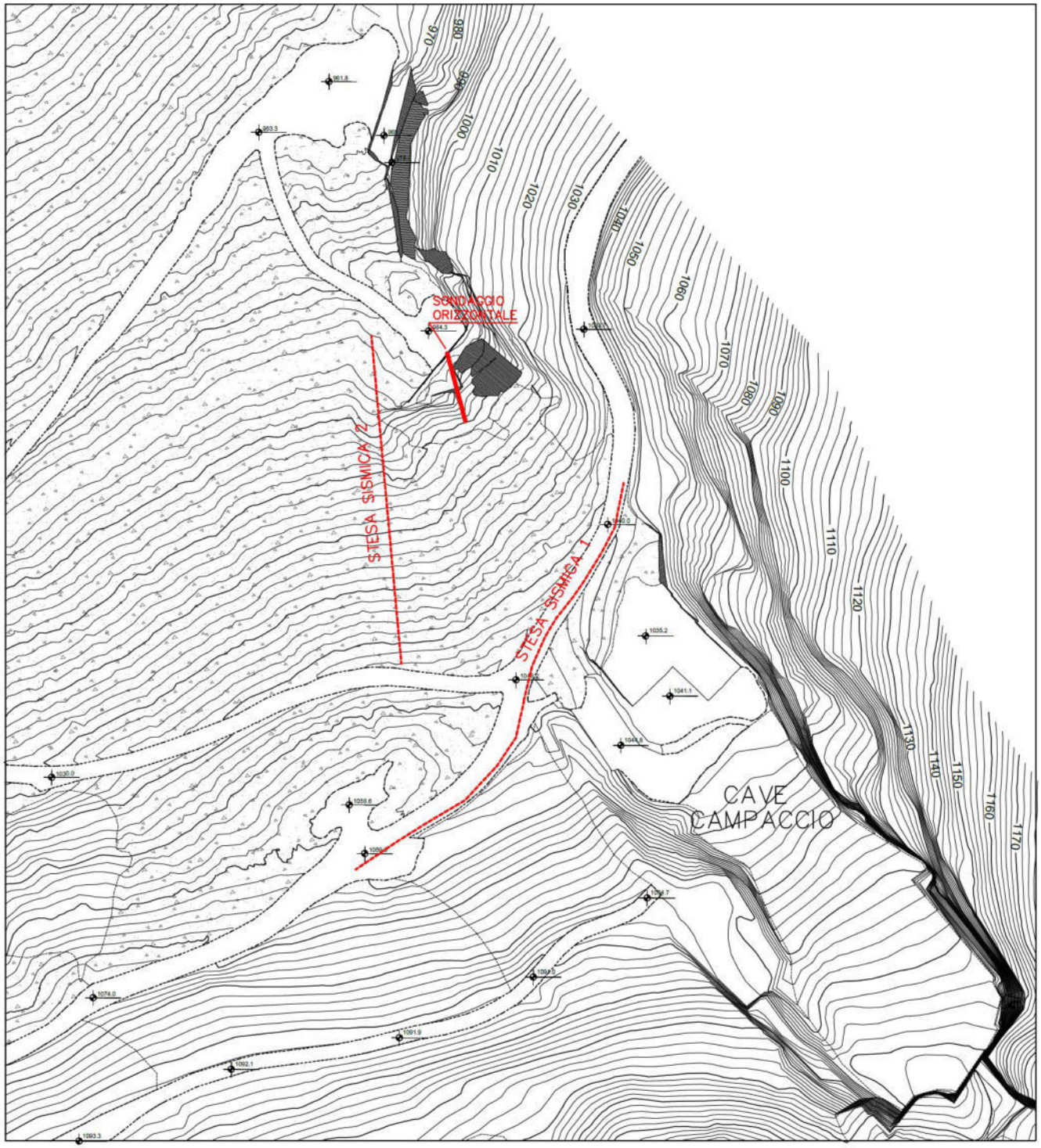


Figura 7 - Planimetria allo stato attuale del sito con in rosso evidenziate le indagini effettuate

5.1 - Sondaggio orizzontale

E' stato realizzato un sondaggio orizzontale della lunghezza di 16,6 metri in prossimità dell'area dove è previsto l'ingresso del sotterraneo (per ubicazione si vedano le planimetrie del progetto), al fine di valutare lo stato di fratturazione dei marmi e la qualità degli stessi.

Il sondaggio, che per tutta la lunghezza ha attraversato la formazione dei marmi, ha mostrato una limitata fratturazioni nei primi metri indagati, una maggiore fratturazione tra 8 e 11m, per poi migliorare di nuovo in profondità; nel complesso comunque si una qualità dell'ammasso buona. Tale finestra a maggior fratturazione è correlabile con la discontinuità J2 rilevabile dalla carta della fratturazione.

In particolare, per la porzione recuperata, è stato calcolato l'RQD, dal quale si è ottenuta una lunghezza delle carote superiori ai 10 cm pari a 12,6 metri sui 16,6 metri indagati per un valore pari al **75,9%.**

Il valore ottenuto permette di definire la qualità della roccia indagata come buona.

5.2 - Stese sismiche a rifrazione

La fine di valutare lo spessore del ravaneto presente all'interno della concessione in oggetto sono state effettuate due stese sismiche a rifrazione in onde P, una ubicata in prossimità della viabilità di servizio al bacino, e quindi lungo la parte apicale del ravaneto, ed una trasversale al ravaneto.

Dalla indagine sismica effettuata lungo la strada si evidenzia (per dettaglio si veda seguente allegato 1A):

- un primo riflettore sismico con velocità delle onde P pari a 750/760 m/s dello spessore piuttosto costante lungo la stesa ed attorno ai 4-5 metri. Tale livello è ascrivibile ad una copertura qui costituita dal ravaneto;
- un secondo riflettore sismico con velocità delle onde P attorno ai 2000 m/s, con spessori variabili da 5 a 15 metri e che aumentano progressivamente verso la parte di valle dell'indagine. Questo livello corrisponde alla parte superficiale del substrato roccioso, maggiormente alterata e/o fratturata;
- un terzo e più profondo riflettore sismico con velocità delle onde P maggiori ai 3000 m/s e rappresentativo di un substrato roccioso poco fratturato/poco alterato.

L'altra stesa sismica a rifrazione è stata realizzata trasversalmente al versante, partendo ad una quota di circa 1035 m s.l.m., poco a valle della viabilità di servizio al bacino, e terminando a quota circa 985 m s.l.m., in prossimità di dove dovrebbe svilupparsi il sotterraneo (per dettaglio si veda seguente allegato 1B).

L'indagine sismica anche in questo caso ha individuato 3 livelli ed in particolare:

- un primo livello con la velocità delle onde P pari 430 m/s, con uno spessore variabile tra circa 3-7 metri. Questo primo livello corrisponde alla parte più superficiale del ravaneto caratterizzata da una maggiore percentuale di vuoti;
- un secondo livello con velocità delle onde P pari a circa 945 m/s, con spessori variabili tra i 7 e i 15 metri. Questo livello corrisponde alla parte meno areata del ravaneto e probabilmente la parte superficiale intensamente fratturata e alterata del substrato roccioso;
- un terzo livello con una velocità delle onde P superiore ai 3000 m/s e ascrivibile ad una substrato roccioso poco alterato e fratturato.

In sintesi si ha che nella parte alta del ravaneto gli spessori sono ridotti e dell'ordine di 4-5metri e tale dato trova conferma dagli affioramenti del substrato visibili poco a monte della viabilità, mentre al di sotto della viabilità di servizio di bacino lo spessore del ravaneto aumenta sensibilmente, con uno spessore medio stimato attorno ai 15 metri e piuttosto costante lungo tutto il profilo indagato.

Foto del sondaggio della lunghezza complessica di 16,6 metri
Calcolo RQD con lunghezza carote maggiore di 10 cm - lunghezza complessiva di 12,6 m:
1 - 230 cm, 2 - 30cm, 3 - 85 cm, 4 - 15 cm, 5 - 24 cm, 6 - 33 cm, 7 - 26 cm, 8 - 97 cm, 9 - 50 cm, 10 - 30 cm, 11 - 15 cm, 12 - 10 cm, 13 - 17 cm, 14 - 18 cm, 15 - 25 cm, 16 - 35 cm, 17 15 cm, 18 - 10 cm, 19 - 15 cm, 20 - 19 cm, 21 - 23 cm, 22 - 43 cm, 23 - 21 cm, 24 - 18 cm, 25 -16 cm, 26 -18 cm, 27 - 16 cm, 28 - 26 cm, 29 - 16 cm, 30 - 14 cm, 31 - 19 cm, 32 - 19 cm, 33 - 19 cm, 34 - 16 cm, 35 - 13 cm, 36 - 10 cm, 37 - 22 cm, 38 - 31 cm, 39 - 13 cm, 40 - 20 cm, 41 - 35 cm, 42 - 12 cm, 43 - 27 cm.

6.0 - CARATTERISTICHE GEOLOGICHE GENERALI E LOCALI DELL'AREA

6.1 - 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 20 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 cavatori 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 strutturatesi 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.

Durante la successiva fase D2, attiva a partire dal Miocene Superiore si realizza una deformazione distensiva duttile che porta al riequilibrio isostatico della crosta ispessita durante la precedente fase D1 di raccorciamento. Le precedenti strutture vengono deformate con sviluppo di pieghe parassite, variamente non-cilindriche, associate ad un clivaggio di crenulazione di piano assiale sub-orizzontale e senso di rovesciamento verso Est ed Ovest, rispettivamente, lungo i fianchi orientali e occidentali delle Alpi Apuane. Alle pieghe D2 sono associate zone di taglio, responsabili della progressiva esumazione delle unità metamorfiche verso livelli strutturali più superficiali. Gli stadi finali dell'evento D2 sono caratterizzati dallo sviluppo di strutture da semi-fragili a fragili, rappresentate da pieghe aperte e di tipo *kink*, con piano assiale sub-verticale e da faglie dirette a basso ed alto angolo.

La storia deformativa del settore di catena investigato è caratterizzata da metamorfismo in facies scisti verdi. Le condizioni di picco metamorfico nell'"Autoctono" *Auct*. sono caratterizzate da una temperatura compresa fra 350-450°C e una pressione di 4-6 kbar (Molli et al., 2002 con riferimenti bibliografici) con paragenesi costituita da pirofillite, cloritoide, clorite. L'età del metamorfismo, determinata mediante il metodo K-Ar40Ar-39Ar sulle miche bianche, varia da 27 a 10 Ma (Kligfield et al., 1986). Nello specifico i dati radiometrici ottenuti sulle miche della fase D1 forniscono età comprese tra i 27 e i 20 Ma, mentre sulle miche correlate alla fase D2 età tra i 12 e 14 Ma. Gli ultimi stadi dell'assottigliamento crostale e dell'esumazione del nucleo apuano sono stati determinati attraverso le tracce di fissione in zirconi e apatiti e hanno prodotto età rispettivamente tra i 13-10 Ma e 7-4 Ma (Fellin et al., 2007).

Recentemente è stato ipotizzato lo sviluppo di una fase deformativa successiva, denominata D3,

responsabile dell'attivazione di zone di taglio duttili caratterizzate da cinematismi diretti e trascorrenti. Tali *shear zones* hanno ulteriormente complicato l'assetto strutturale del complesso metamorfico e sembrano essere determinanti per la geometria finale attuale. Questa fase tettonica tardiva, solo recentemente ipotizzata e studiata in letteratura, si ritiene rappresenti un importante fattore per la caratterizzazione meccanica dei marmi.

6.2 - Inquadramento Geologico – stratigrafico

Nell'area studiata affiorano le seguenti formazioni litologiche (Tav. 3, Carta Geologica scala 1:5.000 e Tav. 4 Sezioni geologiche scala 1:5.000):

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

- *Marmi dolomitici e dolomie cristalline*: marmi dolomitici alternati a livelli di dolomie grigio chiare o rosate, più o meno ricristallizzate. Frequenti alghe, gasteropodi, brachiopodi e lamellibranchi. Spesso presenti dolomie cristalline massicce grigio chiare. (Lias inf.)
- *Marmi s.s:* meta calcari a grana saccaroide di colore variabile dal bianco al grigio rappresentata da diverse varietà merceologiche che saranno dettagliatamente discusse nel paragrafo "Il materiale" e che comunque sono state distinte nella cartografia di riferimento (Carta merceologica di dettaglio Tavola 7). Età: Lias Inf. e Medio;
- *Calcari selciferi :* metacalcilutiti grigio scure con liste e noduli di selci, rari livelli di calcareniti . Età Lias medio – sup.
- *Calcescisti:* calcescisti grigio verdastre con patina d'alterazione marrone chiaro, con intercalazioni di filladi carbonatiche. Lias Sup.
- *Diaspri*: meta radiolariti rosse, violacee più raramente verdastre e grigie. Malm
- *Formazione di Arnetola*: metabrecce poligeniche costituite da clasti marmorei varicolori e rare selci, in matrice da verde-rossa a violacea. Lias - ?Cretacico
- *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. Cretacito inf. - Paleogene

Litotipi caratteristicamente riferibili al quaternario sono rappresentati da:

- *Depositi di versante*: accumulo di frammenti litoidi, eterometrici angolosi, talora stratificati in matrice sabbiosa o sabbioso limosa. 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 1:5.000.

I litotipi interessati dalla coltivazione appartengono al livello litostrutturale dei *marmi in s.s.*, con varietà cromatiche che vanno dal bianco perlaceo al grigio chiaro.

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

6.3 - Analisi geologico-geostrutturale dell'area

L'area indagata è ubicata in corrispondenza della propaggine settentrionale delle cosiddette Cintole della Roccandagia occupando il fianco rovesciato dell' Anticlinale del M. Tambura:

Il fianco dritto di tale mega struttura è costituito da tutte le formazione dell'Unità tettonica dell'Autoctono *Auct*. ben conservate. La superficie assiale dell'anticlinale è testimoniata da un esiguo spessore di basamento paleozoico che si segue con direzione N-S dal M. Tambura fino al Torrente Renara. Più a sud la struttura cambia progressivamente di direzione partecipando alla così detta "Virgazione di Arni".

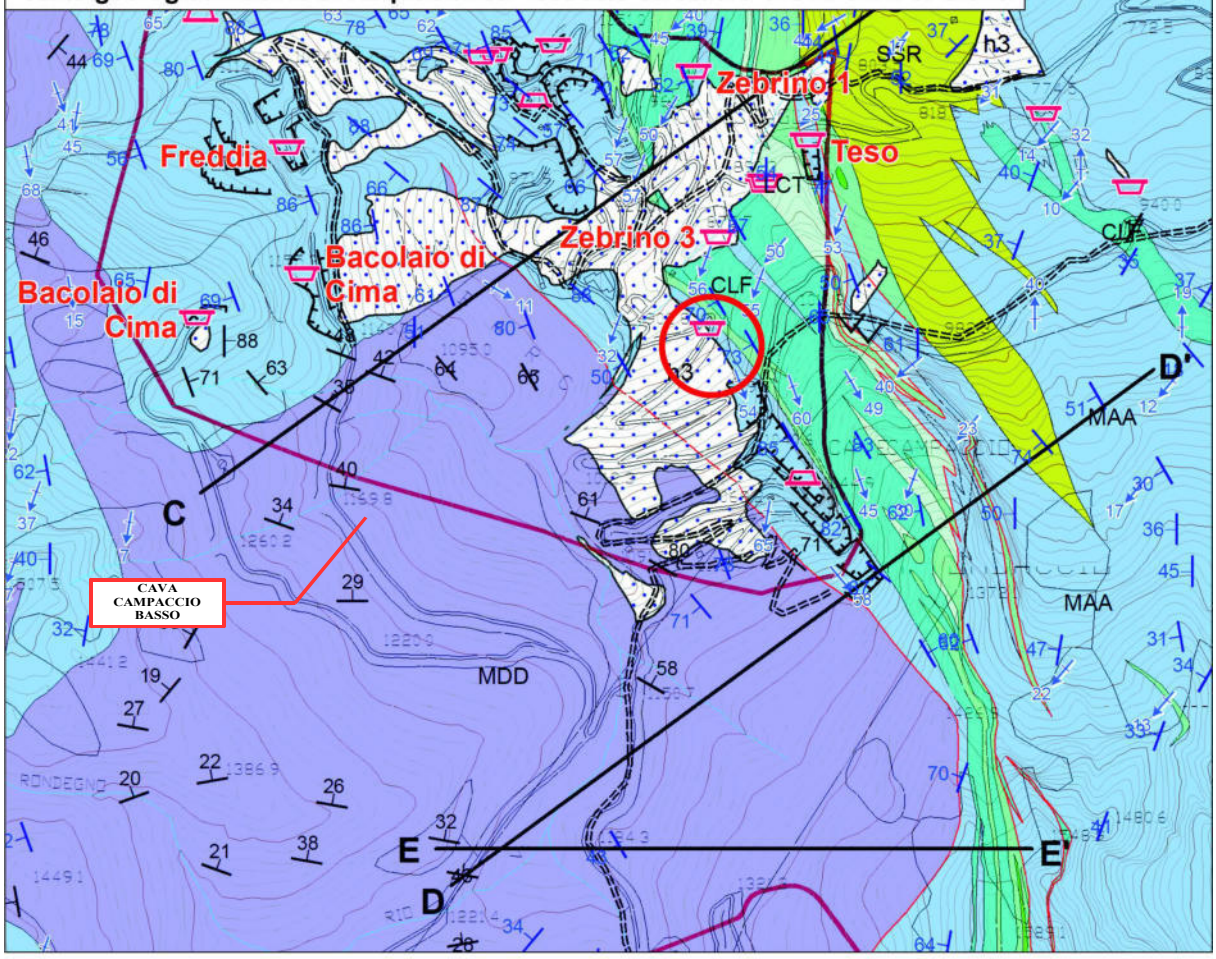
Le strutture D1 geometricamente sottostanti all'Anticlinale di M. Tambura sono costituite da una serie di strette pieghe isoclinali spesso con struttura "a guaina" che arrivano a comprendere a nucleo delle sinclinali la formazione dello Pseudomacigno, mentre la formazione più antica del nucleo delle anticlinali è il Marmo s.l.. Tra le strutture D1 più importanti (a nucleo di Pseudomacigno) risalta la Sinclinale di Gorfigliano, che dal paese omonimo si segue verso sud lungo il versante orientale del M. Tambura dove è trasposta secondo una fascia di taglio diretta, con cinematica verso Ovest, che costituisce la caratteristica zona milonitica bene esposta sul versante orientale del M. Tambura (nella letteratura geologica zona delle "Cintole della Roccandagia").

L'area in oggetto è ubicata, come detto in precedenza, sul fianco rovescio della struttura plicativa di scala chilometrica, denominata "Anticlinale del Monte Tambura", in corrispondenza di una zona d'importanti elisioni tettoniche realizzate durante la fase di esumazione del Complesso Metamorfico Apuano. Le zone di taglio nell'area sono caratterizzate da importanti laminazioni tettoniche, visibili soprattutto sul fianco rovesciato della piega, fianco sul quale è sita la Cava Campaccio, le quali arrivano a giustapporre la formazione dei Marmi (Hettangiano) con la formazione delle Metaradiolariti (Malm).

In quest'area affiora un giacimento di marmi, localmente coinvolto dal punto di vista tettonico anch'esso da laminazioni e pieghe di tipo isoclinale, di spessore molto variabile e che si inserisce tra i calcari selciferi e i marmi dolomitici. Tale giacimento di marmi è stato ed è tutt'ora oggetto di escavazione in quanto si tratta di un livello continuo che dalla località Carcaraia, passando sul crinale del Monte Tombaccio, raggiunge le Cave Campaccio e Scaglia all'interno del bacino estrattivo di Acquabianca.

Poco più a nord del livello di marmi di interesse al presente progetto è visibile la sinclinale isoclinale di Gorfigliano; il livello di marmi che sarà oggetto di escavazione è posto lungo il fianco SW della sinclinale di Gorfigliano. Si veda per una maggiore dettaglio, la sezione geologica D-D', sezione geologica schematica realizzata poco a monte dell'area di intervento dalla quale è possibile osservare la rapida successione di pieghe, con l'anticlinale del Monte Tambura (piega principale dell'area), col fianco rovescio eliso e la vicina sinclinale di Gorfigliano, che interessa anche il sito in esame, che fa parte della successione di pieghe minori che si sono sviluppate sul fianco rovescio dell'anticlinale principale del Monte Tambura.

Carta geologica Bacino di Acquabianca - estratto da studio C.G.T. Univ. di Siena



Legenda

Depositi Olocenici

h3 — *Ravaneti*

b — *Depositi alluvionali attuali*
Ghiaie, sabbie e limi dei letti fluviali attuali, soggetti ad evoluzione con ordinari processi fluviali.

bna — *Depositi alluvionali recenti, terrazzati e non terrazzati*
Ghiaie, sabbie e limi dei terrazzi fluviali.

Depositi del Pleistocene Medio-Superiore

c1b — *Depositi glaciali e fluvio-glaciali*
Depositi di versante di origine periglaciale.

DOMINIO TOSCANO
"Autoctono" AUCTT.
Copertura mesozoica e terziaria

PSM — *PSEUDOMACIGNO*
Metarenarie quarzoso-feldspatico-micacee, alternate a filladi quarzitiche grigio-scure.
Oligocene sup. - Miocene inf.

SSR — *SCISTI SERICITICI*
Filladi muscovitiche verdastre, rosso-violacee e più raramente grigie, con rari e sottili livelli di filladi carbonatiche, marmi a clorite e metaradiolariti rosse.
Cretacico inf. - Paleogene.

ENT — *CALCARE SELCIFERO AD ENTROCHI*
Metacalcilutiti grigio chiare e color avorio con liste e noduli di selci. Localmente a tetto della formazione, lenti di metacalciruditi derivate da originarie brecce poligeniche a elementi di calcilutiti, dolomie e radiolariti.
Titoniano sup. - Cretacico inf.

MDI — *METARADIOLARITI*
Metaradiolariti rosse, violacee, verdastre e raramente grigie, sottilmente stratificate, con interstrati di filladi quarzitiche.
Malm

LCT — *CALCESCISTI*
Calcescisti grigio-verdastri, a patina d'alterazione marrone chiaro, con sottili intercalazioni di filladi carbonatiche.
Lias sup.

CLF — *METACALCARI SELCIFERI*
Metacalcilutiti grigio scure, con liste e noduli di selci e rari livelli di metacalcareniti, in strati di potenza variabile, spesso alternati con strati più sottili di calcescisti e filladi carbonatiche grigio scure.
Lias medio-sup.

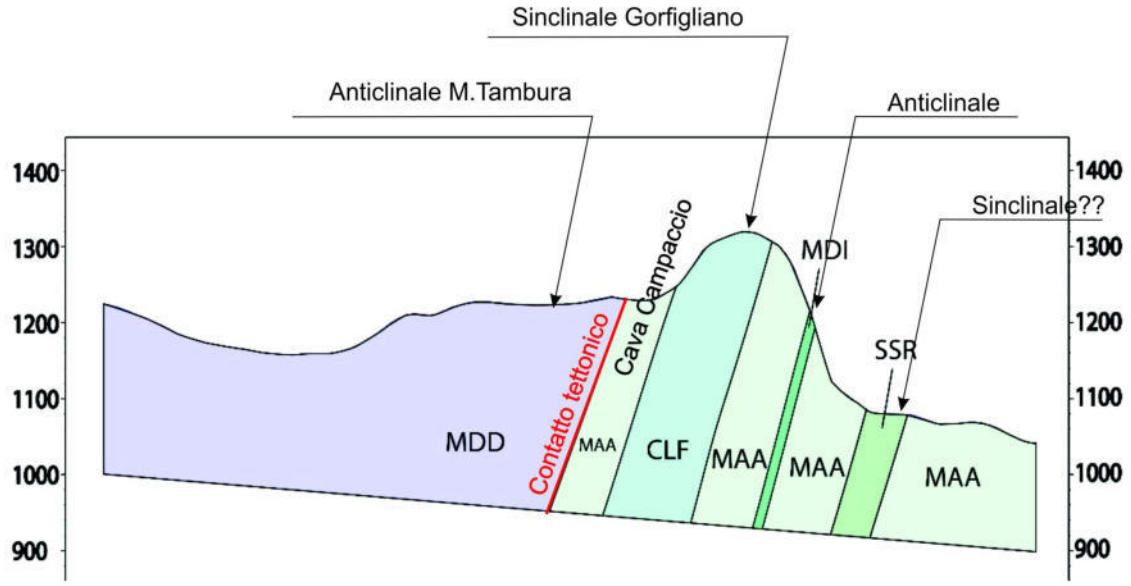
MRZ — *MARMO ZEBRINO*
Marmi, metacalcari rosati e metabrecce con matrice rosata, con sporadiche selci. Marmi bianchi e color avorio con sottili livelli di marmi a muscovite e, più raramente, di calcescisti grigio-verdastri.
Lias inf.

MAA — *MARMI*
Marmi bianchi, grigi, color avorio e giallo con sottili livelli di marmi a muscovite e, più raramente, di calcescisti grigio-verdastri; localmente livelli di filladi carbonatiche, dolomie e marmi dolomitici. Brecce monogeniche metamorfiche a elementi marmorei da centimetrici a metrici.
Lias inf.

MDD — *MARMI DOLOMITICI*
Marmi dolomitici alternati a livelli di dolomie grigio chiare o rosate, più o meno ricristallizzate.
Lias inf.

Contatto tettonico sinmetamorfico
Faglia
Faglia diretta
Contatto stratigrafico
Orlo di scarpata di cava
Strada di accesso a cava
20 — *Stratificazione*
20 — *Superficie di clivaggio o scistosità di prima fase*
20 — *Asse di piega di prima fase*
Cava attiva
Cava inattiva
Saggio di cava
A A' — *Traccia di sezione geologica*
Area Contigua di Cava

Sezione geologica schematica D-D' Bacino di Acquabianca - estratto da studio C.G.T. Univ. di Siena



- Sezione geologica D- D' Bacino Acqua Bianca. Sigle: MAA Marmo, CLF Metacalcari con selce e calcescisti, MDI Metaradiolariti, MDD Marmo dolomitico.

L'attività estrattiva in oggetto, come detto in precedenza, interessa il settore nord-occidentale del fianco dritto della piega sinclinale di Gorfigliano (Carmignani L., 1985), con al nucleo i calcari selciferi e ai fianchi i marmi. Come sottolineato si tratta di una struttura minore a geometria isoclinale, appartenente al fianco rovesciato della struttura plicativa d'importanza regionale, denominata anticlinale del Monte Tambura. Il settore di studio, a complicare il suo assetto geologico, è interessato da numerose zone di taglio, evidenti a scala plurichilometrica, chiamate "cintole del Monte Roccandagia", tali *shearzones* causano una notevole elisione nelle formazioni interessate, portando alla giustapposizione di formazioni rocciose non in contatto stratigrafico primario (contatto sin-metamorfico). In tutta l'area di ricerca la foliazione principale (nei marmi denominata verso di macchia) immerge mediamente a 210-230° (circa W) con una inclinazione variabile da 70° a 85°.

La prima fase deformativa traspone e parallelizza l'originale stratificazione del marmo in corrispondenza dei fianchi delle strutture plicative. La superficie precedente (stratificazione) è visibile solo presso le aree in cui essa forma un angolo significativo con la foliazione principale, cioè nella zona di cerniera delle pieghe isoclinali, mentre lungo i fianchi delle pieghe la stratificazione è fortemente parallelizzata e trasposta dalla prima fase deformativa.

La prima fase deformativa D1 all'interno dei marmi in oggetto è visibile su alcuni fronti esposti, in particolare sui fronti esposti a NW del cantiere Campaccio Inferiore, tramite una serie di pieghe minori visibili anche nei pressi dell'area prevista per l'ingresso in galleria, pieghe minori a geometria isoclinale visibili grazie alle differenze cromatiche dei marmi (marmi bianchi-marmi grigi)

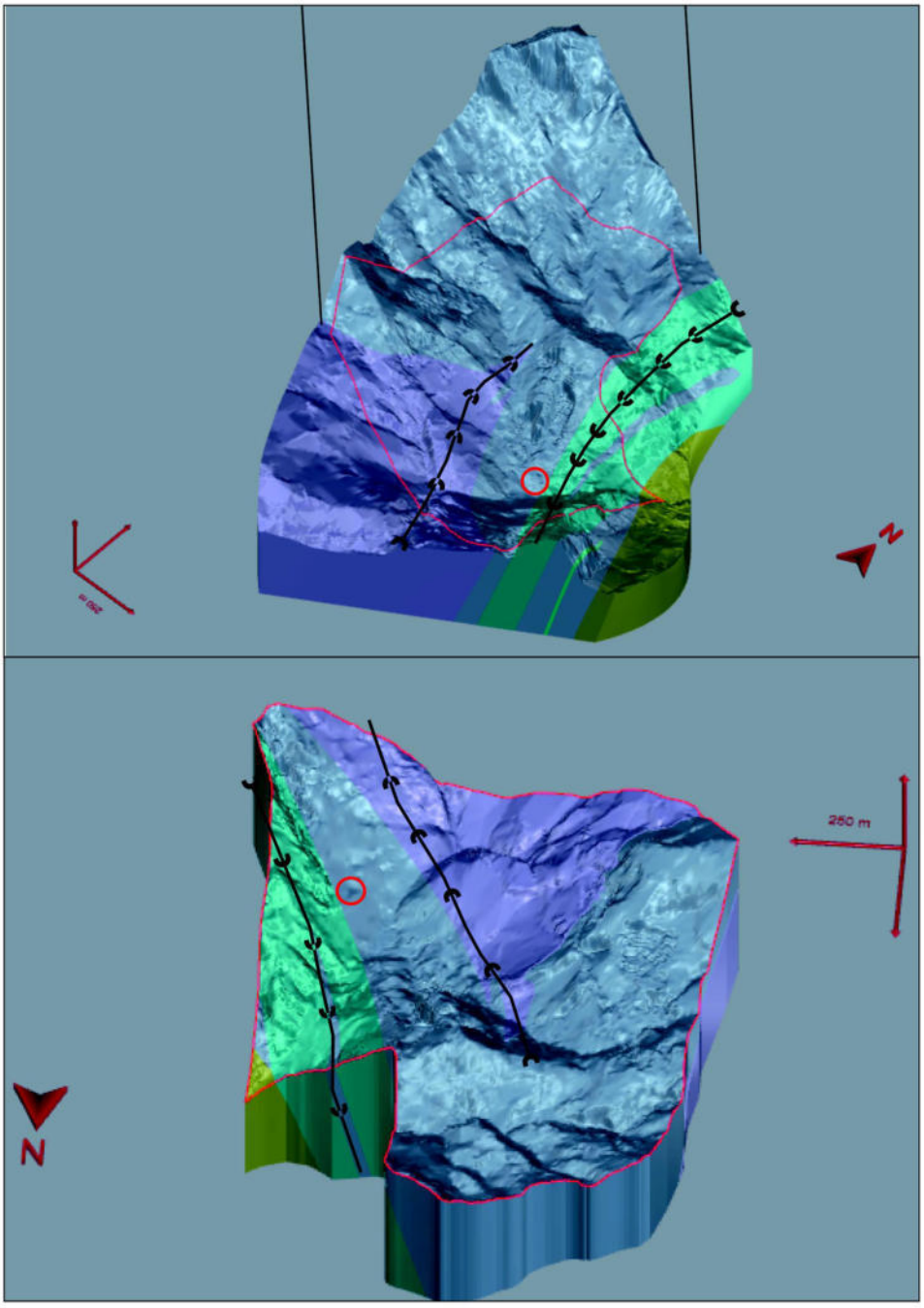
L'andamento degli assi delle pieghe di prima fase, nonché della direzione di trasporto tettonico, sono caratterizzate da un grado elevato di dispersione dovuta ai piegamenti successivi che hanno interessato gli elementi strutturali in questione.

All'interno della formazione dei Marmi delle Alpi Apuane non si riconoscono evidenze, se non localmente, dell'effetto delle strutture appartenenti alla seconda fase. Gli elementi strutturali appartenenti alla seconda fase deformativa, i rapporti di interferenza tra questa e le pieghe di prima fase sono tuttavia presenti e sono stati osservati, all'interno del bacino estrattivo di Acquabianca, nella formazione dei cipollini, nei metacalcari con selce e calcescisti, nelle Metaradiolariti. La seconda fase è importante nel settore di studio, in quanto sono presenti due strutture (antiforme e sinforme) che causano la strutturazione attuale dell'area, in particolare nella zona a NE delle cave Scaglia: qui si nota infatti una variazione di direzione e inclinazione delle misure di prima fase deformativa, dovuta a queste strutture tardive.

La scistosità di seconda fase è caratterizzata da piani che immergono prevalentemente verso NW con inclinazione media di 30-40°. I dati presentano una bassa dispersione, tuttavia alcune misure

immergono prevalentemente a N, con un angolo di inclinazione maggiore, fino a 60°. Le superfici di scistosità di questa fase deformativa corrispondono ai piani assiali delle pieghe che deformano le strutture di prima fase.

Modello geologico 3d Bacino di Acquabianca - estratto da studio C.G.T. Univ. di Siena



Legenda

- Scisti sericitici (SSR)
- Metacalcare selcifero ad emtrochi (CLF)
- Marmi delle Apuane (MOO)
- Marmo Dolomitico (MDD)

Area di escavazione e di ingresso in galleria

Traccia dell'anticlinale del M.Tambura

Traccia della sinclinale di Gorfigliano

6.4 - Analisi stato tensionale del sito con il programma Win-Tensor

Per calcolare il paleostress si è utilizzato il programma Win Tensor, ideato da Delvaux nel 1993 che permette di esprimere il regime di stress con il metodo PBT e diedro retto.

Il regime di stress si può definire estensionale quando σ1 è verticale, strike – slip quando è verticale σ2 e compressionale quando lo è σ3.

Per entrambi questi tre regimi, il valore dello stress ratio R, fluttua tra 0 e 1. Quando il valore è prossimo allo 0.5, i regimi di stress sono detti "puri" estensionali/trascorrenti/compressionali.

Il parametro R', definito come "*Stress Regime Index"* da Delvaux (1997), è stato inserito per facilitare la differenziazione tra i tre regimi tenendo allo stesso tempo conto di R ed è espresso numericamente come:

- R' = R quando è verticale (regime estensionale)
- R' = 2 – R quando è verticale (regime trascorrente)
- R' = 2 + R quando è verticale (regime compressivo)

L'indice R' varia da 0 a 3; pertanto R' ha valore quindi di 0.5 per la pura estensione, 1.0 per attività transtensiva (trascorrente-estensiva), 1.5 per puro strike – slip (trascorrente), 2.0 per attività transpressiva (mista trascorrente-compressiva) e 2.5 per pura compressione (*Delvaux e Sperner, 2003*).

Come prodotto finale di tutte queste elaborazioni, in entrambi i casi (*PTB* e *diedro retto*) si ottiene l'orientazione degli assi principali di stress, la loro stabilità di rotazione e quindi una stima del presunto regime di paleostress che ha interessato la zona.

Per ricostruire la storia deformativa della zona si è ricorso all'analisi degli indicatori cinematici alla scala mesoscopica presenti all'interno del sito estrattivo in oggetto e nelle aree limitrofe. Per fare ciò si sono presi in considerazione i piani di faglia che presentavano *slickenfibres* o strie per avere un riscontro previsionale sulla direzione generale di movimento. Per ogni piano analizzato è stata rilevato il *dip* e il *dip angle* e la direzione dello *strike* delle fibre o delle strie. Dove era possibile si è provveduto anche a determinare il verso di scorrimento.

Con il metodo del diedro retto si visualizzano i dati tramite la rappresentazione grafica di una *beach ball* che fornisce oltre che i principali assi di paleostress anche l'informazione cinematica del set di faglie.

In particolare riprendendo quanto contenuto nei capitoli precedenti della relazione, sono stati utilizzati come caratteri strutturali di rilievo le 3 fratture principali nei pressi dell'area prevista per l'ingresso della galleria (per dettaglio si veda tav. 9 – carta della fratturazione), denominate J0, J1 e J2; tutte e 3 le fratture sono state considerate in regime di stress estensionale, delle quali la J0 mostra evidenti lineazioni.

In particolare le fratture inserire nel programma hanno le seguenti orientazioni e inclinazioni:

- J0 – 235°/74°
- J1 – 320°/55°
- J2 – 355°/75°

A queste fratture sono stati associati altri dati di rilievo prelevati nell'intorno dell'area, come altre fratture con lineazioni rilevate nei pressi della Cava Scaglia-Bardiglio.

Si riporta di seguito il set di dati utilizzati per le successive analisi:

N°	Fault-slip data			Input row data (User format)										
	Definition			Fracture plane		Slip Line		Slip	Conf.	Weigh	Activ.	Striae	Subset	Comments
	Id	Format	Type	Dip	Dip-Dir	Plunge	Azim.	Sense	Level	Factor	Type	Intens	Input	
1	10	11	1	70	210	69	193	N	C	1,0	2	2	1,0	Bardiglio
2	9	11	1	70	225	69	204	N	C	1,0	2	2	1,0	Bardiglio
3	1	11	4	75	355			T	C	1,0			1,0	j2
4	2	11	4	55	320			T	C	1,0			1,0	j1
5	3	11	1	74	235	72	209	N	C	1,0	2	2	1,0	jo
6	11	11	1	35	130	35	119	N	C	1,0	2	2	1,0	Bardiglio

Le analisi condotte con il programma WIN_TENSOR derivate dai dati inseriti permettono di avere, in linea preliminare, la distribuzione delle tensioni σ1 σ2 e σ3, permettendo la costruzione dell'ellissoide dello stress in sito.

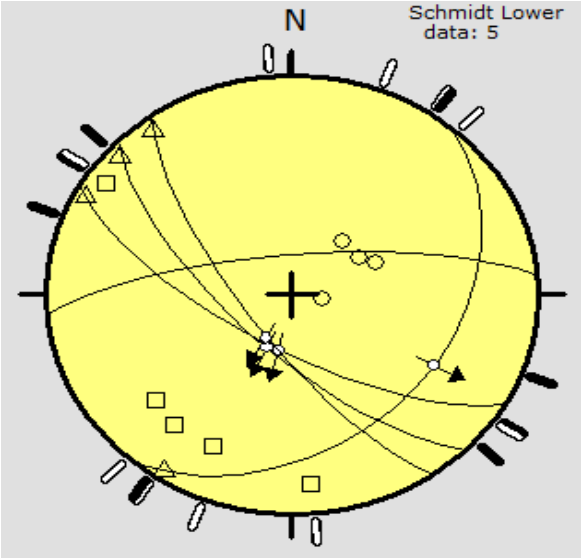


Fig.8 – stereonet dei dati inseriti, con la freccia sono evidenziate le strie.

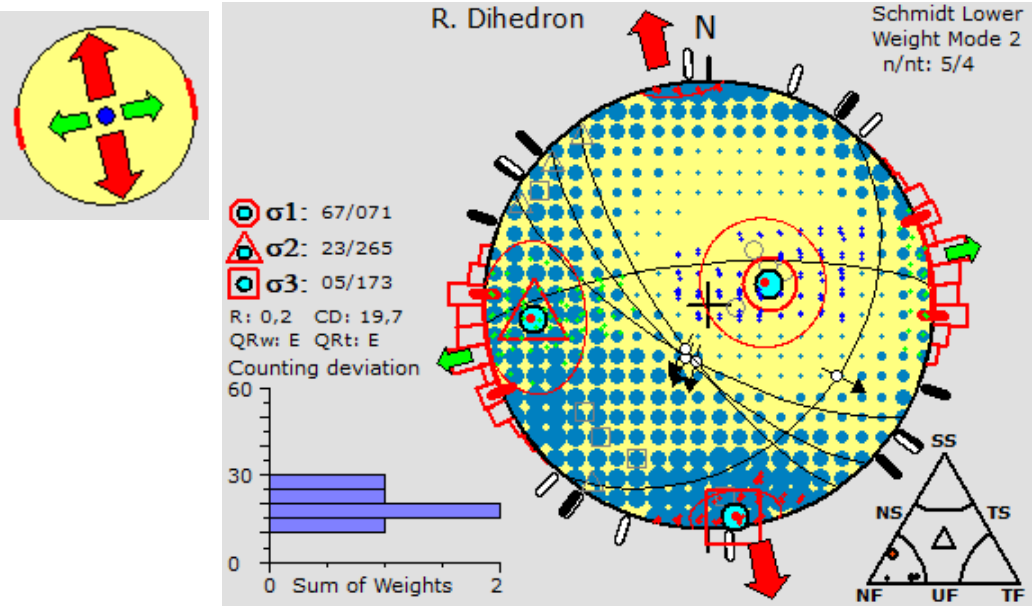


Figura 9 – Ellissoide dello stress in condizione estensiva – metodo right dieder.

Dati *output* del programma:

Stress Tensor parameters	Dieder method

Sigma1 (plunge/azimuth)	67/071
Sigma2 (plunge/azimuth)	23/265
Sigma3 (plunge/azimuth)	23/265
Stress ratio R (S2-S3/S1-S3)	0,2
Counting deviation: average	19,7 +/- 6,1 max. 28,4

Definition of Sigma1 (Nbr x CV)	55 x 0
Definition of Sigma3 (Nbr x CV)	16 x 100

Quality Ranking

Number of data used (n)	5
Initial number of data (nt)	5
Used/initial data (n/nt)	1
Average Confidence level (CLw)	1
Average Data Type (DTw)	0,9
Dispersion of planes (Plen)	0,79
Dispersion of slip lines (Slen)	0,92

World Stress Map parameters

Quality Rank (QRw)	E
Stress Regime (Reg)	NF
SHmax	078
Shmin	170,1

Tensor parameters

Quality Rank (QRt)	E
Stress Regime Index (R')	0,7
Stress Regime	Radial EXTENSIVE

L'immissione dei dati all'interno del programma fornisce un tensore di buona qualità; trattasi di un tensore estensivo con gli stress principali cosi orientati: σ1 orientato 71°/67°, σ2 orientato 265°/23° e σ3 176°/05°.

Tale ellissoide dello stress trova conferma con le evidenze di campagna in quanto genera fratture e fasce di finimento con prevalente orientazione appenninica (N-NW/S-SE). Tale stato tensionale è ascrivibile alla fase D2 della storia deformativa apuana responsabile di una deformazione distensiva duttile che ha portato all'emersione del complesso metamorfico apuano.

Non si può escludere che tale stato, a carattere distensivo, sia stato riattivato in una successiva fase D3, a carattere fragile, responsabile della riattivazione di zone di taglio duttili caratterizzate da cinematismi diretti e trascorrenti.

L'indice R' ricavato dalle elaborazioni è 0.7 e quindi prevalentemente a "carattere estensivo".

7.0 – RILIEVO STRUTTURALE

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

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

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

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-Settembre 2020 all'esecuzione di alcuni stendimenti strutturali in corrispondenza dei fronti aperti sia sui fronti scoperti nella parte inferiore della cava "Campaccio Inferiore" sia sui fronti presenti a monte della viabilità di bacino "Campaccio Superiore", oltre alla realizzazione di stazioni puntuali di misura in corrispondenza di alcune aree ritenute significative, sia all'interno della cava sia nel suo intorno.

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)

7.1 – 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 16), sono stati definiti i massimi di frequenza (Figura 17) ed i piani medi dei vari sistemi individuati (Figura 18); i dati dei range dei sistemi ed i relativi piani rappresentativi sono riportati nella seguente Tabella 1.

Tabella 1

Sistema	K1	K2	K3	K4
Ranges Immersione	195 - 250	244 - 296	313 - 017	325 – 014 145 - 194
Ranges Inclinazione	50 - 89	18 - 49	21 - 66	71 – 89 79 - 89
Piano Rappresentativo	224 - 71	273 - 30	352 - 46	355 – 81

Le proiezioni stereografiche, confermando le osservazioni dei rilievi geologico-strutturali di dettaglio, hanno evidenziato la presenza complessivamente di 4 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 dispersione rilevate per alcuni raggruppamenti (K1 e K4).

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

Il sistema rappresenta il 22.1% dei dati esaminati, caratterizzati da fratture orientate principalmente verso Sud Ovest e con inclinazione media di circa 71°. Le discontinuità mostrano una lunghezza media di circa 7.1m, e risultano persistenti nel 48.5% dei casi, ricadendo per il 33.3% ed il 27.4% rispettivamente nelle classi 1-3 e 10-20; la spaziatura media si attesta sui circa 2.1m, con oltre l'80% dei giunti quasi equamente distribuito tra le classi 20-60, 60-200 e 200-600. Per quanto concerne la forma a grande scala, circa il 64% delle misure è ascrivibile alla classe "VIII", con un picco secondario del 24.2% ricadente invece nella classe "V"; il valore medio di apertura è di circa 0.8mm, con oltre il 75% dei dati ascrivibile alla classe 0-0.5 ed un 6% circa risultato invece esposto. Solo il 15% circa delle fratture appartenenti al sistema mostra segni di alterazione, per lo più sotto forma di superfici ossidate (12.1%) e solo secondariamente carnificate (3.1%); i riempimenti sono quasi assenti, se non nel 3% circa dei casi sotto forma di sassi. Il 18% circa delle discontinuità mostrava venute d'acqua superficiali, mentre il 6.1% risultava umida al tatto; per quanto riguarda invece il JRC quasi il 40% dei dati ricade nella categoria 4-6, mentre il 33.3% ed il 24.2% sono ascrivibili rispettivamente alle categorie 2-4 e 6-8.

Sistema K2

Sistema rappresentante il 7.4% dei dati, con piano rappresentativo orientato principalmente verso Ovest ed inclinazione media di circa 30°; si tratta di fratture sub-persistenti nel 72.7% dei casi, con un valore medio di persistenza di circa 5.6m ed il 64% circa dei dati ricadenti nella classe 3-10. La spaziatura media è di circa 2.8m, con il 67% circa dei giunti ascrivibili alla classe 60-200 ed il rimanente 33% circa ricadenti invece nella classe >600; la forma a grande scala ricade per il 54.5% nella categoria "VIII", con un picco secondario del 27.3% nella categoria "II". Le fratture risultano chiuse, con il 91% circa delle discontinuità ricadenti nella classe 0-0.5 ed il restante 9% invece esposto; assenti i riempimenti, mentre nel 18.2% dei casi esaminati sono state individuate tracce di ossidazione. L'acqua è presente sotto forma di superfici umide nel 9% circa dei casi e per una identica percentuale anche sotto forma di venute; per quanto concerne il JRC oltre il 70% dei dati ricade nella categoria 2-4, mentre sono ascrivibile alle categorie 4-6 e 6-8 rispettivamente il 18.2% ed il 9.1% dei giunti.

Sistema K3

Il sistema principale del sito, rappresentane quasi il 50% delle misure raccolte ed analizzate, immergenti in direzione Nord e con inclinazione media di circa 46°. Si tratta di fratture a carattere persistente per circa il 51.3% dei casi, con un valore medio di circa 7.6m ed il 47.3% delle fratture ascrivibili alla classe 10-20, con un picco secondario del circa il 30% nella classe 3-10; la spaziatura media si attesta su valori di circa 1.1m, con oltre il 50% dei giunti ricadenti nella classe 60-200 ed un picco secondario appartenente alla classe 60-20 di circa il 30%. La forma a grande scala è ascrivibile per il 58.1% alla categoria “VIII”, mentre i restanti dati sono suddivisi per il 31.8% ed il 10.8% rispettivamente tra le categorie rimanenti “V” e “II”; l’apertura media si attesta sui circa 6mm, con oltre il 60% delle discontinuità ascrivibili però alla classe 0-0.5. Limitata presenza di superfici ossidate o carsificate (rispettivamente il 10.8% ed l’8.1% dei dati esaminati). Il 23% circa dei giunti mostra riempimenti formati da terra e/o sassi, mentre l’acqua è stata rilevata solo sotto forma di patine umide nel 6.8% dei casi; per quanto riguarda il JRC circa il 50% dei dati è ascrivibile alla categoria 2-4, con un picco secondario del 35.1% nella categoria 4-6 e le rimanenti fratture (15% circa) ricadenti invece nelle classi 6-8, 8-10 e 10-12.

Sistema K4

Il sistema rappresenta circa il 21% dei dati raccolti, e comprende fratture con orientazione verso Nord, similmente al sistema K3, ma dotate di inclinazione più elevata (81° circa). Si tratta di giunti persistenti nel 58.1% e sub persistenti nel 32.2% dei casi esaminati, con un valore di lunghezza medio di circa 6.8m ed il 51.6% delle misure ricadenti nella classe 10-20; la spaziatura media è di circa 1.4m, con il 40.9% dei giunti ascrivibili alla classe 60-200 e due picchi secondari nelle classi 20-60 e 200-600, rispettivamente del 27.3% e del 22.7%. Per quanto riguarda la forma a grande scala il 58.1% dei dati è ascrivibile alla categoria "VIII" ed il 29% alla categoria "V"; l'apertura media è di 1.2mm, con il 64.5% dei dati ricadenti in classe 0-0.5 ed un 16% circa invece esposti. Il 25.8% delle fratture risulta ossidato ed il 10% circa carsificato, sono praticamente assenti invece i riempimenti (meno del 4%, composti da terra); l'acqua è presente nel 6.5% delle fratture sotto forma di superfici umide. Per quanto concerne il JRC circa il 45% dei giunti ricade nella categoria 2-4, con un picco secondario di circa il 35% ascrivibile invece alla categoria 4-6.

Versi di Macchia

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

	RANGE IMMERSIONE	RANGE INCLINAZIONE
S1	210 - 234	72 - 85

7.2 – 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 dei fronti residui, parzialmente ricoperti dal ravaneti, posti a quota circa 984 m s.l.m e i sottostanti fronti residui posti in prossimità del piazzale attorno a quota 961-963 m s.l.m... I rilievi di campagna hanno evidenziato la presenza in cava di zone cataclastiche (finimenti) ed una fratturazione marcata soprattutto nelle parti laterali dei fronti residui presenti mentre si ha un generale miglioramento (diminuzione della frequenza e spaziatura delle fratture) in corrispondenza delle porzioni centrali dei fronti esposti oltreché un graduale miglioramento nelle porzioni più basali e più interne al giacimento stesso e che saranno oggetto di sfruttamento del presente piano di coltivazione. Le fasce cataclastiche principali contornano a Nord/Est e Sud/Ovest, gli attuali piazzali della cava e le future aree di lavorazione. L'area che sarà oggetto di coltivazione è caratterizzata da varietà merceologiche di pregio rappresentate da livelli di marmi "bianchi" e da "venatini" che sono oggetto di forte richiesta dal mercato e ciò permette la vendita anche di blocchi di volumetria limitata.

❒ "DOMINIO STRUTTURALE 2 - CAPPELLACCIO-FINIMENTO": la parte corticale (capellaccio) è caratterizzata da un grado di fratturazione più elevato che limitatamente ad alcune fasce di maggior debolezza si sviluppa anche all'interno dell'ammasso produttivo (finimenti). Nella parte di territorio in cui è ubicato il sito di interesse, l'intensa fatturazione impostata dalle fasi di deformazione fragile è stata acuita dall'azione crioclastica e dal dilavamento delle acque superficiali. L'andamento e lo spessore del cappellaccio e dei finimenti è ben osservabile lungo i fronti di cava residui. Lo spessore del cappellaccio generalmente si mantiene pressoché costante tra 2m e 3m al di sotto del quale l'ammasso risulta avere caratteristiche migliori.

Per quanto riguarda le fasce di finimento principali, queste sono state riportate all'interno della Carta della fratturazione allegata al progetto (Tav. 9).

Per un inquadramento strutturale a grande scala si rimanda anche alla Carta geomorfologica allegata (Tav. 7), dove a grande scala sono stati riportati i sistemi di fratturazione principali rilevati da studi sulle ortofoto dell'area mentre per una definizione di dettaglio dal punto di vista strutturale si rimanda alla carta della fratturazione (Tav. 9) e alle sezioni geostrutturali (Tav. 9B).

Dal punto di vista strutturale gli elementi di maggiore rilievo presenti in cava sono i seguenti:

- la presenza di un contatto stratigrafico tra i Marmi ed il Calcare Selcifero, poco a Nord-Est dell'area in esame, ben visibile anche sui fronti residui della Cava Campaccio Supeiore;
- il finimento F3, probabilmente collegato al finimento F7 visibile sulla Cava Campaccio Superiore, delimitato dal sistema di fratturazione K1, in dettaglio dalla frattura J0, e che corre circa ortogonale ai fronti residui posti nei pressi di quota 984 m s.l.m.;
- la presenza di un finimento F4, posto in direzione opposta al finimento F3 e a Sud-Ovest del fronte residuo principale di quota circa 984 m s.l.m., anche questo delimitato dal sistema di fratturazione K1 e dalla frattura J2; la posizione e l'andamento dei finimenti F3 e F4 circa ortogonali ai fronti residui hanno determinato il posizionamento dell'ingresso del sotterraneo, ubicato al fine di ridurre le interferenze tra i suddetti finimenti e il progetto;
- il posizionamento della frattura J0 e J1 non influisce sullo sviluppo in sotterraneo, nella prima fase di progetto; con lo sbasso successivo non si esclude l'intersezione del sistema J0-J1. È da notare comunque che nel caso in cui vengano intercettate le due fratture, queste formerebbero un cuneo autoportante;

Le lavorazioni a cielo aperto, invece, preliminari all'ingresso del sotterraneo sono state strutturate al fine di comportare la completa pulizia della frattura J2, che allo stato attuale grava sui fronti residui dove è previsto il futuro ingresso del sotterraneo.

In corrispondenza di questo, si prevedono interventi di consolidamento del fronte di ingresso sul portale di accesso, in prima analisi, con una bullonatura regolare con profondità di intervento di almeno

9m; la dimensione degli elementi sarà riportata all'interno della relazione di stabilità preliminare.

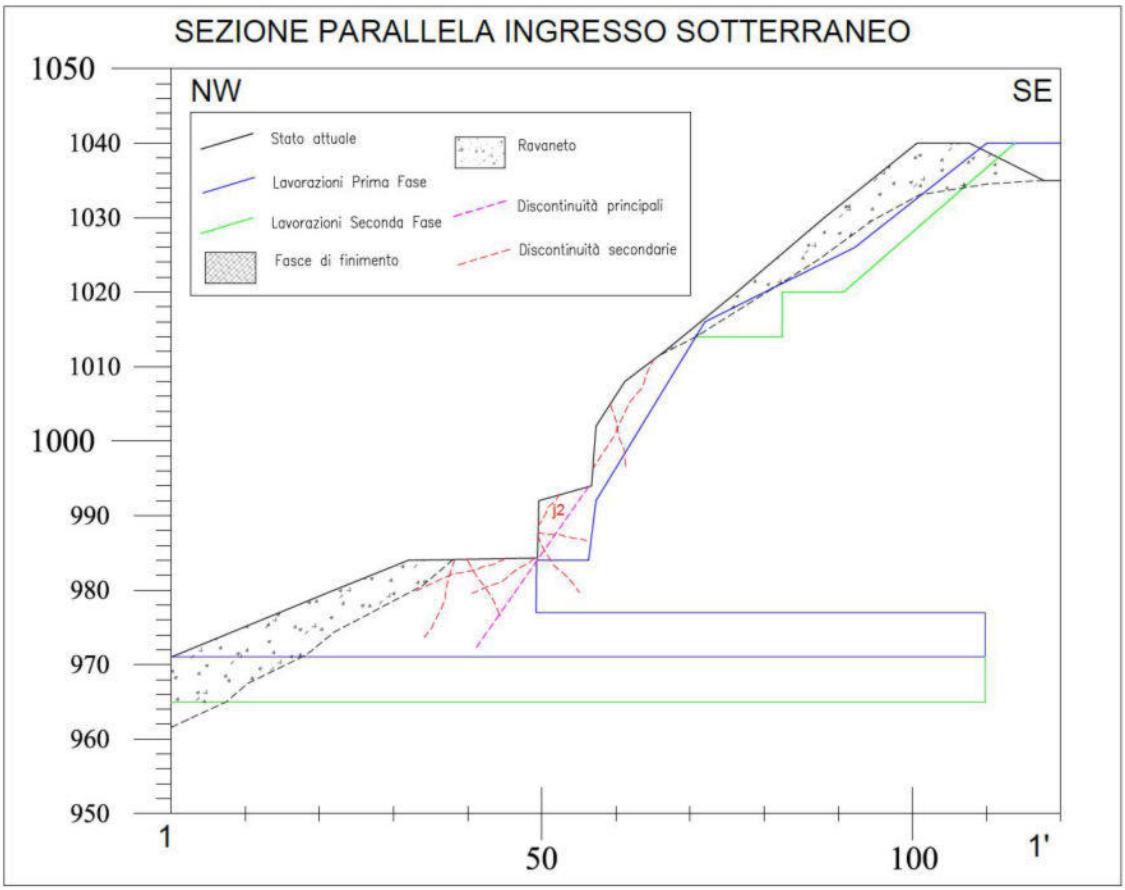


Fig. 10 - sezione geostrutturale parallela all'ingresso del sotterraneo

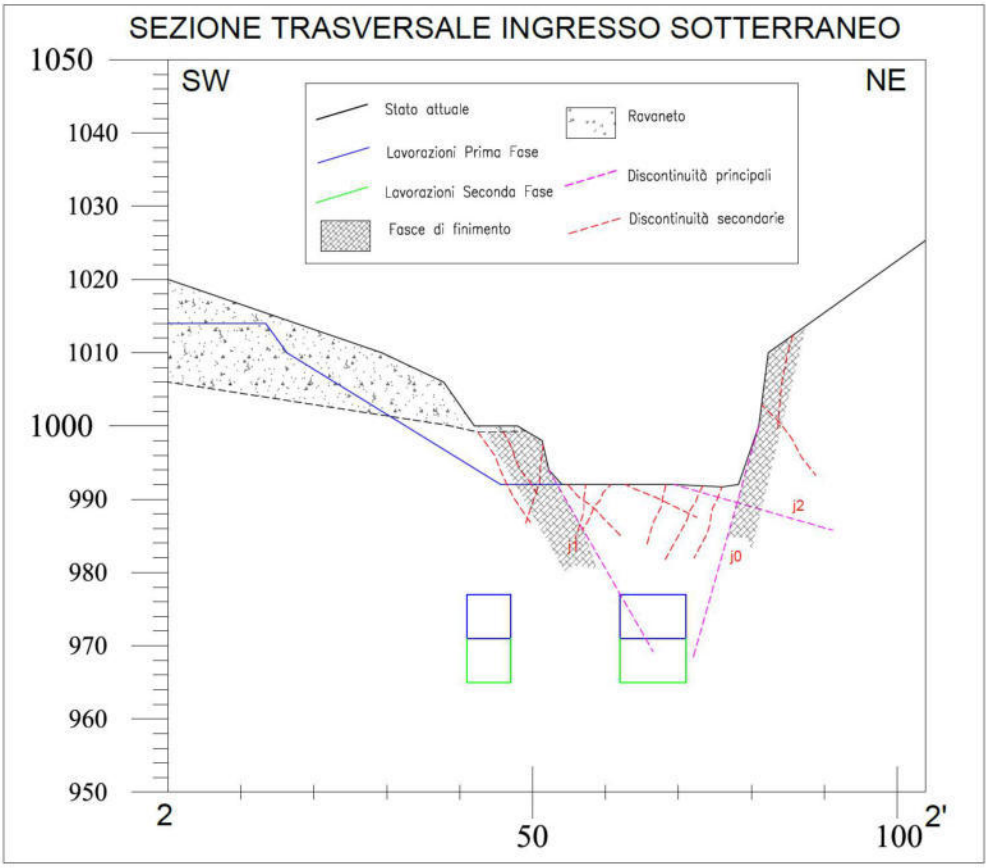


Fig. 11 - sezione geostrutturale ortogonale all'ingresso del sotterraneo

7.3 – Classificazione dell'ammasso roccioso

In questo paragrafo si procede alla caratterizzazione dell'ammasso secondo il metodo di Bieniawski (1989) ed il GSI (Geological strenght - Index-Hoek&Brown, 2002), sulla base dei dati geostrutturali e delle osservazioni condotte durante la campagna d'indagine nell'area di interesse ed in un interno significativo.

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 9).

Per la determinazione di RQD si fa fede al carotaggio orizzontale effettuato nell'area Campaccio inferiore, in prossimità di dove è previsto l'ingresso in sotterraneo, che ha fornito un valore RQD da considerare comunque cautelativo e pari al 75%. il valore è da considerarsi cautelativo in considerazione che la stima con Jv fornisca un valore superiore (formula di Palmstrong 1995)

$$RQD\% = 110 – 2.5Jv$$

con

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

Jv=2,5

RQD= 110-2.5*2,5 = 103.8

dove S1…Sn spaziature dei vari sistemi di discontinuità del sito; da cui RQD=0 per Jv >44 e 100% per Jv <2.5. Questa formula ha fornito nel caso del Dominio Strutturale 1 un valore prossimo al 100%; in misura cautelativa è stato utilizzato, anche a favore di sicurezza, un valore di 75% di recupero.

CAMPACCIO - DOMINIO 1 (MARMO SANO)

	PARAMETRO	**Valori riscontrati**	**INDICE RMR**	**Note**
1	***RESISTENZA ROCCIA***	80-100MPa	9	Valore medio relativo ad una resistenza monoassiale di 90MPa
2	***RQD***	75%	15	Valore pari a 75% da stima RQD del sondaggio
3	***SPAZIATURE GIUNTI***	Valore mediato	Vedi Tab. 10	Il range è riferito ai valori di spaziatura dei sistemi persistenti
4	***CONDIZIONE DEI GIUNTI***	Lunghezza, Apertura, Rugosità, Riempimento, Alterazione	Vedi Tab. 10	Il range è riferito ai valori dei sistemi persistenti
5	***CONDIZIONI IDRAULICHE***		Vedi Tab. 10	
		Totale somma voci 3-4-5	45	Risultato elaborazione Tab.10
	BRMR	**Valore stimato**	**69**	
	Corr. Orient. Giunti		**-3**	Risultato elaborazione Tab.12
	RMR	**Valore stimato**	**66**	

Tabella 2: Dominio 1, valore di BMR: assegnazione dei parametri di Beniawski, 1989.

DOMINIO STRUTTURALE 2:

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 jv di 25 (circa 5 volte superiore anche a quello ricavato direttamente) che ha fornito un valore di RQD del 47% circa.

CAMPACCIO - 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***	47%	7	Valore cautelativo pari a 35% sebbene la stima con Jv fornisca un valore superiore
3	***SPAZIATURE GIUNTI***	Valore mediato	Vedi Tab. 11	Il range è riferito ai valori di spaziatura dei sistemi persistenti
4	***CONDIZIONE DEI GIUNTI***	Lunghezza, Apertura, Rugosità, Riempimento, Alterazione	Vedi Tab. 11	Il range è riferito ai valori dei sistemi persistenti
5	***CONDIZIONI IDRAULICHE***		Vedi Tab. 11	
		Totale somma voci 3-4-5	30	Risultato elaborazione Tab.11
	BRMR	**Valore stimato**	**46**	

	Corr. Orient. Giunti		**-3**	Risultato elaborazione Tab.12
	RMR	**Valore stimato**	**43**	

Tabella 3: 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 4:

CAVA CAMPACCIO	BRMR	RMR
Dominio Strutturale 1	69	66
Dominio Strutturale 2	46	43

da cui si evince che l'area del Dominio Strutturale 1 è ascrivibile alla classe "buona/discreta", 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 16, 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 9. 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 Jv (joints/mc) di 2.5 corrispondenti ad un SR = 75; con un valore di SCR pari a 12.9, rif. Tab. 13. Entrando con tali valori all'interno della Tabella 16 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:

$$\mathbf{GSI = BMR_{89} - 5 = 69 - 5 = 64}$$

che fornisce un valore di GSI = 54**;** 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 **GSI= 64**.

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

Dominio Strutturale 2

Per il caso in oggetto sono stati stimati dei valori di Jv (joints/mc) di 20 corrispondenti ad un SR = 30; con un valore di SCR pari a 8.0, rif. Tab.14. Entrando con tali valori all'interno della tabella 16 sopra richiamata si è stimato un valore di GSI di 40-45.

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:

$$\mathbf{GSI = BMR_{89} - 5 = 46 - 5 = 41}$$

che fornisce un valore di GSI = 41**;** 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=35**.

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 5

CANTIERI CAVA CAMPACCIO	GSI AMMASSO
Dominio Strutturale 1	64
Dominio Strutturale 2	35

7.4 – Stima dei parametri di resistenza dell'ammasso roccioso

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

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

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

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

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

- valore di σ_{ci} (sigci) resistenza a compressione uniassiale della roccia intatta: 90 MPa;
- valore di **GSI** (Geological Strenght Index, prima definito);
- parametro adimensionale "$\mathbf{m_i}$" tabellato in funzione del tipo di roccia oggetto di indagine, per il marmo 9$\pm$3: valore adoperato 9;
- fattore disturbo "D", posto uguale a 0.0 (scavo completamente mecanizzato).

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

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_{ci}(m (\sigma_3/\sigma_{ci})+s)^a \quad (1)$$

con:

- σ1 tensione principale massima;
- σ3 tensione principale minima;
- m = mi e $^{(GSI\ -\ 90)/(28-14D)}$ ed mi tabellato in funzione del tipo di roccia, nel caso del "marmo" si assumerà mi=9;
- s = e $^{(GSI\ -\ 90)/(9-3D)}$
- a= ½ + 1/6 (e $^{(-GSI/15)}$ – e $^{(-20/3)}$)

mentre nella (1) σ_{ci} la resistenza a compressione semplice della matrice rocciosa, posta pari a 90MPa.

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 σ_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:

$$E\ (GPa) = (1-D/2)\ 10^{((GSI-10)/40)} \text{ per } \sigma_{ci} \geq 90MPa$$

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 Marmo, GSI= 64, Figura 19

PARAMETRO AMMASSO	VALORE STIMATO
Resistenza a compressione σ_{cm}	12.1MPa
Resistenza globale	20,7MPa
Resistenza a trazione σ_{tm}	-0.7MPa
Modulo di deformazione E	21238,4MPa

Dominio 2 (Marmo), GSI= 35, Figura 20

PARAMETRO AMMASSO	VALORE STIMATO
Resistenza a compressione σ_{cm}	2,2MPa
Resistenza globale	10,6MPa
Resistenza a trazione $\sigma_{t\,tm}$	-0.1MPa
Modulo di deformazione E	4000,6MPa

Nelle figure 19 e 20 sono riportati gli inviluppi delle curve di resistenza e delle rette tangenti ottenute come inviluppo alle curve di Hoek&Brown utilizzando il criterio di rottura di Mohr-Coulomb; l'andamento della retta determina angolo di attrito e coesione secondo la legge di comportamento di Mohr-Coulomb in termini di angolo di attrito e coesione caratteristici dell'ammasso.

8.0 – CARATTERISTICHE GIACIMENTOLOGICHE

8.1 – Inquadramento generale

La concessione si sviluppa in direzione N-S lungo l'affioramento dei marmi Bianchi che "proseguono" dalla cava Scaglia. Il sito ha sviluppato una coltivazione a "fossa" che dal cantiere delle "Vette Bianche" scende verso l'alveo del Rio Ventagio sviluppandosi nel livello di *Marmi s.s.* allungati in

direzione N-S e limitati ad E dal *Calcare selcifero* ad ovest dal contatto tettonico con i *Marmi dolomitici e le dolomie cristalline*. Il giacimento è ubicato in corrispondenza del più esteso affioramento apuano della formazione dei "*marmi s.s..*", tra la struttura nota in letteratura come "Anticlinale della Tambura" ad ovest, e la "Sinclinale di Gorfigliano" ad Est.

Considerando come riferimento la viabilità di accesso al bacino di Acquabianca-Carcaraia-M.te Cavallo, la parte superiore del giacimento ha avuto visibilmente uno sviluppo maggiore con realizzazione in continuità di più piazzali tra le q.te di 1217 (cantiere delle Vette Bianche) e 1040m s.l.m. (strada); oltre alla coltivazione a cielo aperto sono visibili tentativi/saggi in sotterraneo. Al di sotto della viabilità, coperto dal ravaneto che degrada fino alla base del versante, è presente a q.ta circa 970.0m s.l.m. un modesto piazzale in un recente passato sede di attività estrattiva. Questo è in diretta continuità con i piazzali soprastanti la viabilità. La disposizione dei livelli e il valore d'inclinazione della scistosità principale S1 (*verso di macchia*), crea talvolta una ripetizione delle qualità, come ben visibile all'interno della cava e come visibile nel cantiere Scaglia posto a N sul versante opposto rispetto al Rio Ventagio. La scistosità ha valori misurati variabili come direzione di immersione da 210° fino a 240° ed inclinazione compresa nel range 65°-88°. I sistemi principali sono riconducibili a fratture del "verso" con direzione N190-N250 ed immersione a W compresa tra i 50° fino a verticale. L'areale soprastante la viabilità di bacino, tra q.ta 1040 e 1220m s.l.m. circa, è caratterizzato da una fratturazione piuttosto intensa specie nell'area del cantiere delle Vette Bianche. Alla fratturazione naturale, visibile sul fronte residuo (tecchia) orientale si associano botte da mina. Questa condizione strutturale caratterizza anche la porzione di giacimento direttamente a monte della viabilità.

La condizione strutturale del cantiere sottostante la viabilità (lato N del sito), localizzato tra le q.te 970 ed 980m s.l.m. ed al momento parzialmente coperto dal ravaneto appare con un grado di fratturazione inferiore rispetto al cantiere soprastante.

All'interno di questa cava bisogna distinguere due macro aree distinte sulla base della loro posizione rispetto alla viabilità di bacino: l'area a S di questa compresa tra le q.te di 1040 e 1220m s.l.m. circa e quella a N, al di sotto del ravaneto del Campaccio, con riferimento al piazzale tra le q.te di 970 e 980m s.l.m..

Nell'area S il giacimento è stato ampiamente sfruttato anche con interventi poco razionali (uso massiccio di esplosivo) e concentrando la coltivazione in corrispondenza del livello più produttivo (bianco) limitandone così una naturale espansione laterale al cantiere. La fratturazione inoltre è caratterizzata da una certa intensità; considerando anche che il livello più pregiato tende a chiudere in corrispondenza della porzione terminale del bacino lo sviluppo progettuale ha individuato queste aree solo come zone di gestione dei derivati e logistica.

La porzione a N al di sotto del ravaneto, è stata coltivata per un lasso di tempo limitato e rimane caratterizzata da migliori caratteristiche geomeccaniche con una fratturazione meno intensa e la presenza di livelli alternati di materiale chiaro (bianco) a quello scuro (bardigli), suddivisi con una inclinazione pari al verso di macchia, con la stessa struttura presente all'interno del cantiere Scaglia con cui questo livello litologico risulta in continuità. Tale area è prevista nello sviluppo del presente progetto di coltivazione.

Da quanto riportato all'interno della scheda del sito estrattivo di compendio al PABE, pur non considerando in questa analisi la risorsa dell'area S a cielo aperto, troppo fratturata, quella lorda disponibile ascrivibile al cantiere N si può stimare per difetto in 250.000mc.

8.2 – 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 Sa è il valore medio di spaziatura dei sistemi rilevati nel sito in metri e Vb 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):

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

Nel nostro caso partendo dalle spaziature medie dei singoli sistemi rilevati si ottiene un valore medio di circa 6,2m3 per l'area del Dominio Strutturale 1. Si ritiene che il giacimento possa considerarsi produttivo in considerazioni delle varietà merceologiche presenti da considerarsi pregiate e molto richieste dal mercato, anche in limitate pezzature vista la qualità merceologica che caratterizza il giacimento.

8.3 – Stima della resa media del giacimento

Come sopra descritto, l'area settentrionale, oggi in parte coperta dal ravaneto, è caratterizzata da una migliore condizione strutturale rispetto alla porzione di giacimento meridionale, ed inoltre la presenza di una varietà pregiata come il Bianco Campaccio ne motiva una volontà di riattivazione.

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 presenta valori discreti (volume medio di circa 6mc);
- la necessità di sviluppare il giacimento in sotterraneo sia per un migliore sfruttamento del livello più pregiato sia per limitare la rimozione ed il rimodellamento del sito con riferimento agli ampi depositi dell'area occidentale;
- la possibilità di sfruttare volumetrie limitate perché di alto pregio qualitativo (bianco Campaccio ed in subordine Bardiglio);
- la condizione logistica che impone uno sviluppo direzionale verso Sud-Ovest perche' limitato ad E dalla presenza del contatto con il Calcare Selcifero.

In considerazione degli interventi previsti in prima fase del progetto (adeguamento del fronte di scavo e sviluppo verso N del piazzale, rimozione e rimodellamento della porzione occidentale sia del ravaneto che della spalla rocciosa che andrà gradonata a partire da q.ta 990m s.l.m.) e di quelli in seconda fase, si è ritenuto congruo applicare una resa dal 15 al 25% in prima fase e del 30% alla coltivazione in sotterraneo.

8.4 - Il Materiale

Il sito oggetto di studio rispecchia quanto descritto al paragrafo 8.1: la progressione delle fasi deformative sinmetamorfiche ha portato alla sovrapposizione, talvolta con laminazione, delle varie tipologie cromatiche che definiscono la classe merceologica del materiale stesso, così da creare orizzonti diversi all'interno di uno stesso sito estrattivo.

Nella cava sono state rilevate le seguenti varietà merceologiche all'interno dei *marmi s.s.*:

- BIANCHI (Bianco Campaccio): marmi a grana da fine a media caratterizzati da una estrema omogeneità e dal colore dal bianco puro al perlaceo. È caratterizzato da un fondo bianco con rare venature grigie, la grana medio-fine ed è una delle varietà maggiormente ricercate. E' commercializzabile anche in volumetrie contenute, la richiesta del mercato è sempre alta; l'impiego infatti non è solo in progetti architettonici ma anche per la realizzazione di sculture, nella funeraria e nell'oggettistica in genere.

- BARDIGLIO: marmo con fondo da grigio scuro fino a nero, attraversato da venature di color nero. Di particolare pregio ma caratterizzato anche da numerosi strappi e salicce disposti come la scistosità. Prevalentemente produzione di informi e semiblocchi; rari blocchi.

In allegato si riportano le Tabelle A e B con le caratteristiche fisico-meccaniche e con le caratteristiche chimico-mineralogiche riferibili alle due varietà.

Per quanto riguarda la percentuale di materiale *non commerciabile*, si riferisce che il materiale che non viene ceduto come blocchi, semiblocchi ed informi da trasformare negli opifici locali o dell'area Apuo-versiliese, 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 nel paragrafo 8.3 precedente ed in dettaglio nella relazione tecnica esplicativa del piano di lavoro a cui si rimanda per maggiori dettagli.

9.0 – CARATTERISTICHE MINERALOGICHE DEL MATERIALE ESTRATTO

La composizione mineralogica del materiale escavato nella cava del Bacolaio, 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 il 99.9% da carbonato di calcio ($CaCO_3$).

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.

10.0 - CARATTERI IDROGRAFICI ED IDROGEOLOGICI

10.1 – Caratteri generali

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

Il carattere idrografico saliente dell'area in studio è rappresentato dal Fosso dell' Acqua Bianca a carattere perenne che scorre ad est del sito e dai due fossi torrentizi ad esso tributari in sponda destra che delimitano a nord il sito estrattivo (il Rio Ventagio ed un suo affluente il Fosso della Guerciaccia). Entrambi i fossi hanno carattere prevalentemente stagionale, visto che durante l'estate quando i depositi di neve sono esauriti e gli apporti idrici molto scarsi, rimangono asciutti o con una portata molto scarsa, derivante comunque sempre da eventi meteorici di una certa importanza.

La forma morfologica dell'area delimitata dai versanti del M.te. Mirandola e del M.te. Pisanino tende di fatto a concentrare gli impluvi verso la base della valle, anche se questa non è sede di ristagni.

E' da segnalare, comunque, che entrambi i corsi d'acqua, in corrispondenza del sito estrattivo del Campaccio, non presentano alcun deflusso superficiale nemmeno in concomitanza di eventi meteorici intesi, in quanto entrambi si infiltrano nel ravaneto posto tra la Cava Scaglia/Bardiglio e Campaccio, che sul fondovalle presenta spessori superiori ai 10 metri.

Come già affermato l'area, essendo posta in un contesto montano e distante dai corsi d'acqua secondo il P.G.R.A. Aut. Bac. Distrettuale dell'Appennino Settentrionale non ricade nelle

perimetrazioni della pericolosità idraulica.

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.

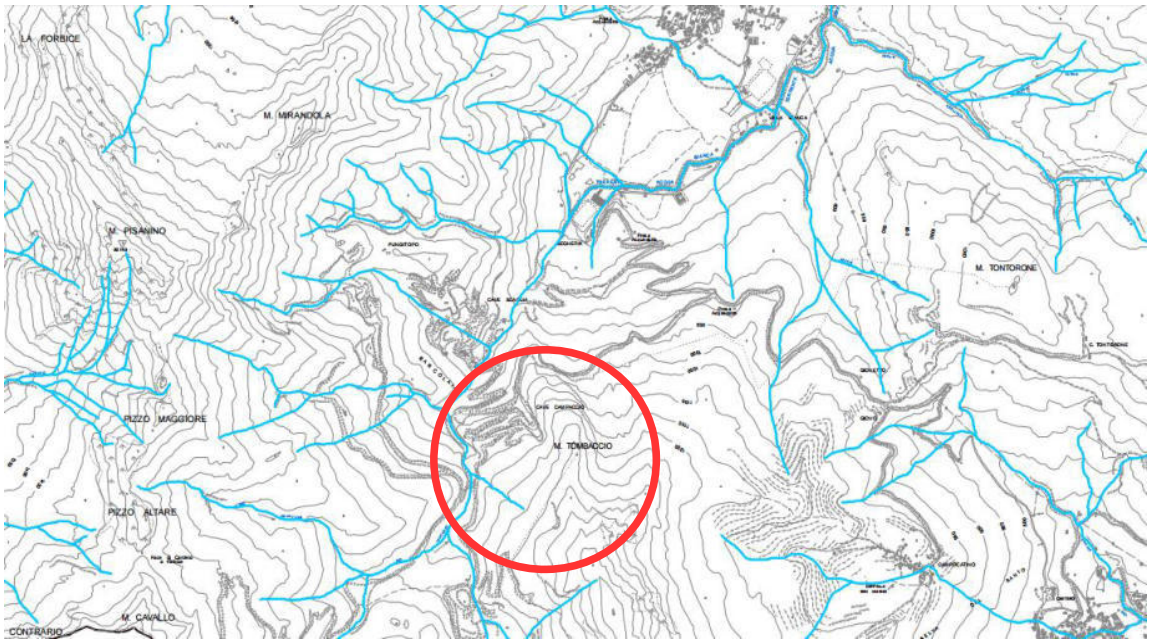


Figura 12: Stralcio della Carta reticolo idraulico e idrografico dell'Autorità di Bacino del Fiume Serchio Tavola 9.1, scala 1:25 000.-

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:

<u>Depositi detritici / ravaneti</u>: 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. e dei marmi della Formazione di Arnetola, 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, i calcescisti ed i calcari ad Entrochi 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 calasse 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.

10.2 – Permeabilità dell'ammasso in esame

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

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

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

In particolare è stata impiegata la seguente formula:

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

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

che permette di stimare la permeabilità del sistema in oggetto.

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

$$Km = \sum Ki$$

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

Tabella 6

SISTEMA	PERMEABILITA' K in cm/sec
K1	0,0002
K2	0
K3	0,1600

K4	0,0010
Ktmedio Ammasso	**0,04**

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

Si può senz'altro asserire che l'ammasso mediamente presenta un valore di permeabilità di grado medio-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.

10.3 – Determinazione delle linee di flusso sotterranee

Le caratteristiche idrogeologiche e geomorfologiche generali dell'area, rappresentata da rocce a composizione prevalentemente carbonatica su versanti acclivi, spiegano come nella zona non siano presenti aree a ristagno di acqua ed i canali/fossi abbiano prevalente comportamento stagionale, con deflusso delle acque superficiali limitato solo a periodi piovosi.

La fratturazione del substrato litoide 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.

Nonostante le rilevanti estensioni dei litotipi carbonatici nel Bacino idrografico dell'Acqua Bianca, 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.

In particolare l'area di alimentazione del sistema idrogeologico del Fosso dell'Acqua Bianca (figura 12 e 13) è limitato ad Ovest dal complesso dei Diaspri dell'anticlinale della Tambura, ad Est e a nord dagli Scisti Sericitici impermeabili, mentre a sud il limite dell'area di alimentazione risulta ancora non ben definito a causa della complessità strutturale della zona interessata da pieghe a grande scala (sinclinale di Orto di Donna, anticlinale del Monte Tambura e sinclinale di Gorfigliano) che

renderebbero difficoltoso individuare le direzioni di flusso sotterranee.

Dai dati a disposizione le acque di parte del Bacino di Acquabianca si indirizzano presso le sorgenti di Equi così come evidenziato dagli studi riguardanti il complesso Saragato - Buca dell'Aria Ghiaccia (Guidotti Malcapi 2002).

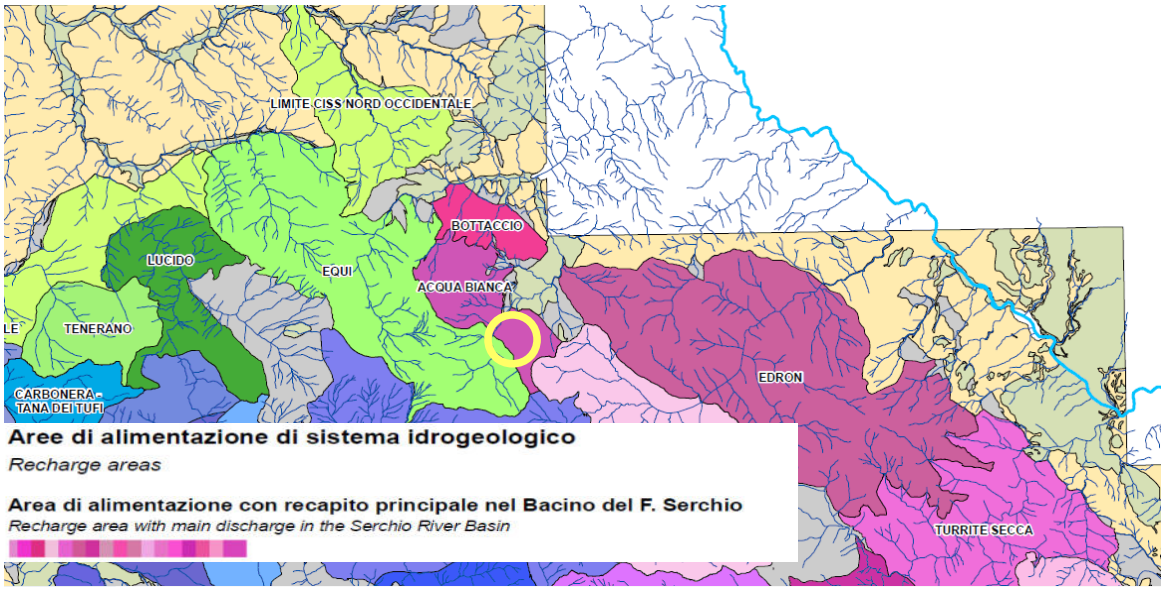


Figura 13 : stralcio carta "Aree di alimentazione dei sistemi idrogeologici del CISS delle Alpi Apuane" – Addendum – Allegato 9c – scala 1:100.000.

L'area di intervento, comunque, rimane di incerta attribuzione in quanto posta in prossimità tra il bacino di alimentazione delle Sorgenti di Equi, poste a NW, e le sorgenti dell'Acquabianca poste ad Est. Tra le due aree di alimentazione risulta molto più probabile, comunque, che le acque ricadenti nella zona in esame si indirizzino verso le sorgenti dell'Acquabianca, poste a meno di 1 km di distanza in direzione Nord-Est.

Le sorgenti più rilevanti, della zona, per portata d'acqua (Fracassata e Preto Marone, 30-20 l/sec) ubicate in sponda destra del Fosso dell'Acqua Bianca ad una quota compresa tra 665 e 775 m s.l.m., sono riferibili ad un acquifero costituito da una porzione di marmi, depositi detritici e morenici a contatto con un substrato impermeabile rappresentato da Scisti Seriticici (Piccini, Pranzini 1989).

In tali settori del Bacino dell'Acqua Bianca, come riportato in allegato 9c dello Studio del CGT e cartografia annessa (figura 14), le grandi strutture geologiche che caratterizzano l'area sembrano confermare una certa corrispondenza tra bacino idrogeologico e bacino idrografico

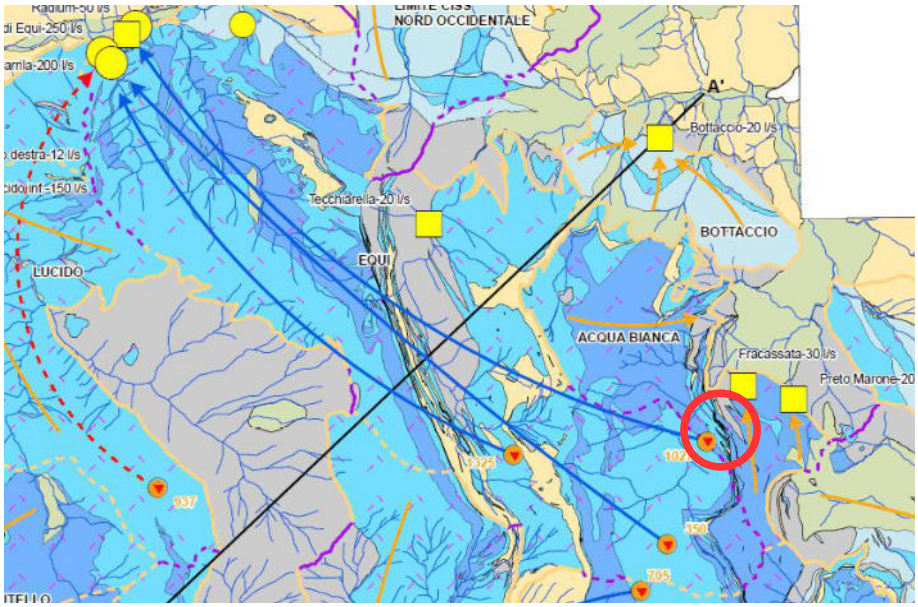
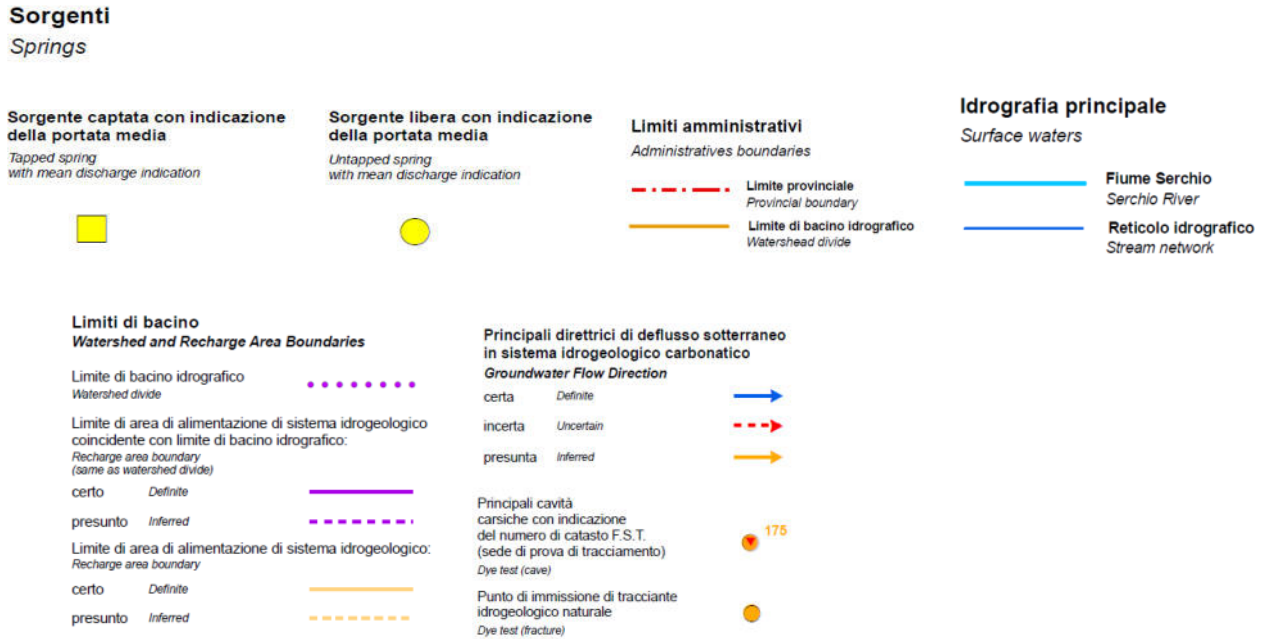


Figura 14: stralcio carta "Aree di alimentazione dei sistemi idrogeologici del CISS delle Alpi Apuane" – Addendum – Allegato 9a – scala 1:50.000.



I limiti in tratteggio presenti in altri settori del bacino dell'Acqua Bianca indicano invece che l'andamento delle linee sotterranee non è definibile in modo certo e possibili collegamenti possono sussistere con i sistemi idrogeologici adiacenti. Un rapido confronto con la "carta della vulnerabilità degli acquiferi" mette in evidenza una diversa interpretazione degli spartiacque sotterranei.

Ciò è da attribuirsi probabilmente alle difficoltà di collegare le strutture principali di superficie con il reale andamento del reticolo carsico sotterraneo, condizione comune anche ad altre aree apuane specie dell'area garfagnina (esempio area della Carcaraia).

L'area in particolare, vedi figura sopra, ricade in una zona in cui gli studi al momento possono solo "*presumere*" potenziali collegamenti tra la fratturazione o meglio le strutture carsiche più superficiali con le sorgenti apuane, senza alcune certezza vista nel caso in esame non solo la distanza con tali emergenze ma soprattutto l'assenza di cavità carsiche o altre forme simili in tutta l'area di cava ed in un intorno significativo.

L'area in studio rimane per la natura del suo substrato comunque ad "*elevata vulnerabilità*" secondo la carta tematica del Civita et a. sulla vulnerabilità del corpo carbonatico apuano, con valori da 50-70 sintacs (figura 15).

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/plastificato per ragioni di sicurezza, si ritiene che il mettere in atto gli accorgimenti generali quali quelli di sotto indicati, possa evitare il problema:

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

10.4 – 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 ali, 1991), stralcio riportato in Figura 15 seguente.

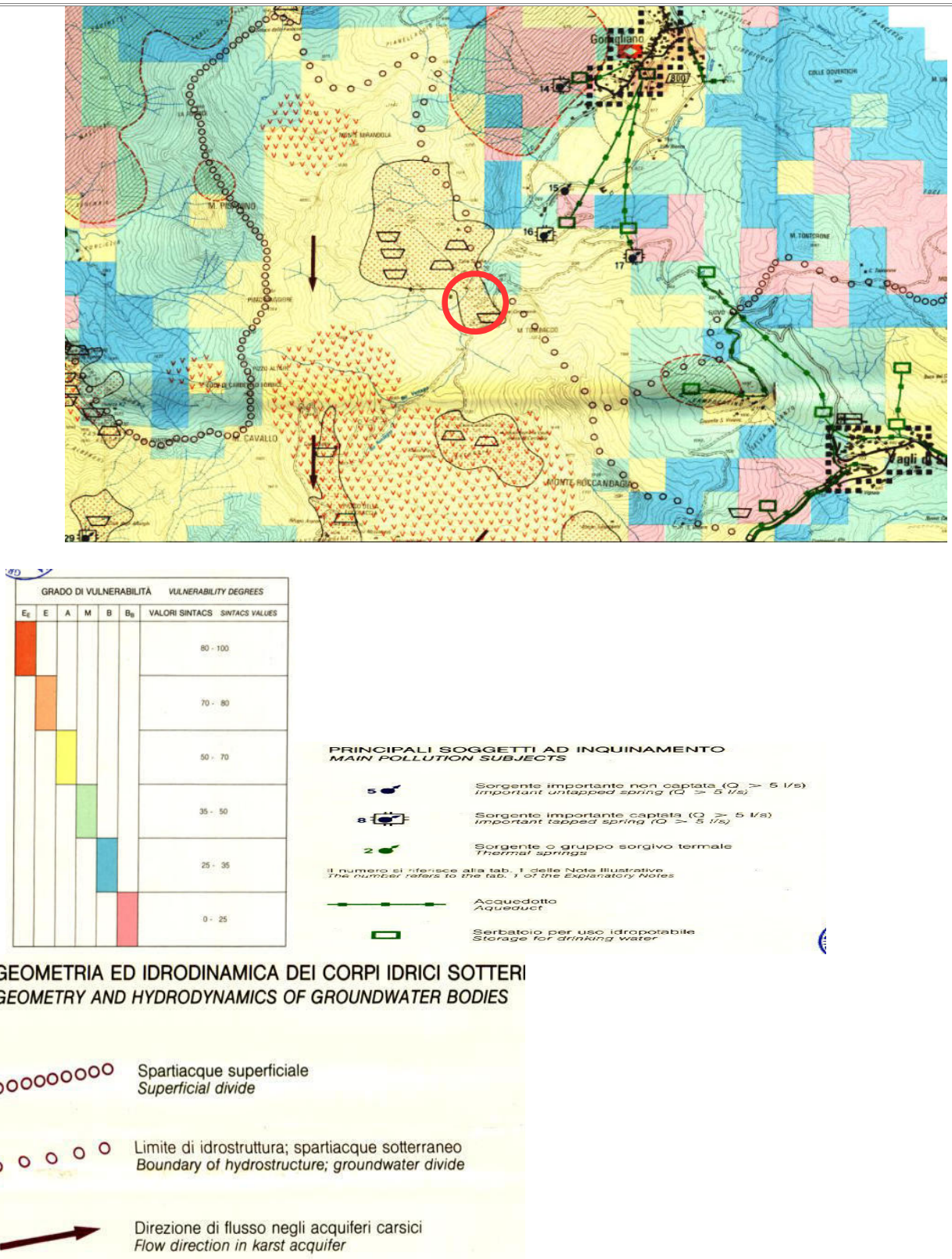


Figura 15: stralcio “carta della vulnerabilità degli acquiferi all’inquinamento degli acquiferi delle Alpi Apuane” – M. Civita – fuori scala

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

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

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

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

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

Carrara, 04 febbraio 2021

IL LEGALE RAPPRESENTANTE **IL GEOLOGO**

Sig. Corrado IACOPI Dott. Brunello FORFORI

FIGURE E TABELLE CITATE NEL TESTO

Tabella 8: Parametri fisico-meccanici dei sistemi di discontinuità rilevati

SISTEMA		K1	K2	K3	K4
PERSISTENZA	non pers	15.1%	9.1%	20.3%	9.7%
	subpers.	36.4%	72.7%	28.4%	32.2%
	pers.	48.5%	18.2%	51.3%	58.1%
PERSISTENZA (m)	min.	0.3	1	0.4	0.6
	max.	20	10	20	15
	med..	7.1	5.6	7.6	6.8
CLASSI DI PERSISTENZA (m)	0-1	9.1%	0%	2.7%	3.3%
	1-3	33.3%	9.1%	16.2%	19.3%
	3-10	15.1%	63.6%	29.7%	25.8%
	10-20	27.4%	27.3%	47.3%	51.6%
	20-50	15.1%	0%	4.1%	0%
	>50	0%	0%	0%	0%
SPAZIATURA (cm)	min.	17	60	10	9
	max.	966	641	643	478
	med.	206.3	276	108.1	144.4
CLASSI DI SPAZIATURA (cm)	0-2	0%	0%	0%	0%
	2-6	0%	0%	0%	0%
	6-20	4.6%	0%	6.8%	9.1%
	20-60	31.8%	0%	28.8%	27.3%
	60-200	31.8%	66.7%	50.8%	40.9%
	200-600	22.7%	0%	11.9%	22.7%
	>600	9.1%	33.3%	1.7%	0%
FORMA (scabrezza a g.s.)	II	12.2%	27.3%	10.8%	12.9%
	V	24.2%	18.2%	31.1%	29%
	VIII	63.6%	54.5%	58.1%	58.1%
ALTERAZIONE	Assente	84.8%	81.8%	81.1%	64.5%
	Ox/Spalm.	12.1%	18.2%	10.8%	25.8%
	Carsif.	3.1%	0%	8.1%	9.7%
	Concrez.	0%	0%	0%	0%
	Ox/Carsif.	0%	0%	0%	0%
APERTURA (mm)	min.	0	0	0	0
	max.	10	0	90	10
	med.	0.8	0.0	6	1.2
CLASSI DI APERTURA (mm)	0-0.5	78.7%	90.9%	63.5%	64.5%
	0.5-2.5	6.1%	0%	6.8%	3.3%
	2.5-10	6.1%	0%	16.2%	12.9%
	10-100	3%	0%	12.2%	3.2%
	>100	0%	0%	0%	0%
	ESP.	6.1%	9.1%	1.3%	16.1%
RIEMPIMENTO	Assente	97%	100%	77.1%	96.8%
	Terra	0%	0%	9.4%	3.2%
	Sassi	3%	0%	10.8%	0%
	Concrezioni	0%	0%	0%	0%
	Sassi/Terra	0%	0%	2.7%	0%
	Sas./Ter./Con.	0%	0%	0%	0%
ACQUA	Assente	75.7%	81.8%	93.2%	93.5%
	Umidità	6.1%	9.1%	6.8%	6.5%
	Venute	18.2%	9.1%	0%	0%
JCS (MPa)	Min.	---	---	---	---
	Max.	---	---	---	---
	Media	45	45	45	45
JRC (Joint Roughness Coefficient)	0 - 2	0%	0%	0%	0%
	2 – 4	33.3%	72.7%	48.6%	45.2%
	4 – 6	39.4%	18.2%	35.1%	35.5%
	6 – 8	24.2%	9.1%	2.7%	16.1%
	8 – 10	3.1%	0%	6.8%	3.2%0%
	10 – 12	0%	0%	6.8%	

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
Ratings	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 9: Parametri generali di riferimento classificazione di Bieniawski.-

Tab. 10 - VALUTAZIONE PARAMETRI DI BENIAWSKI PESATI
CONDIZIONI DELLE DISCONTINUITA'
CAVA CAMPACCIO – DOMINIO 1

FAMIGLIA	PARAMETRI	DESCRIZIONE	VALORE	PESO SISTEMA	VALORE
	Persistenza	3-10m	2	0,221	0,44
	Apertura	0.1-1.0mm	4	0,221	0,88
K1	**JRC**	vedi Tab.	5	0,221	1,11
	Riempimento	vedi Tab.	5	0,221	1,11
	Alterazione	vedi Tab.	5	0,221	1,11
	H2O	vedi Tab.	12	0,221	2,65
	Spaziatura	>2m	20	0,221	4,42
				Totale Pesato	**11,7**
	Persistenza	3-10m	2	0,074	0,15
	Apertura	0mm	6	0,074	0,44
K2	**JRC**	vedi Tab.	4	0,074	0,30
	Riempimento	vedi Tab.	6	0,074	0,44
	Alterazione	vedi Tab.	5	0,074	0,37
	H2O	vedi Tab.	12	0,074	0,89
	Spaziatura	>2m	20	0,074	1,48
				Totale Pesato	**4,1**
	Persistenza	3-10m	2	0,497	0,99
	Apertura	>5mm	0	0,497	0,00
K3	**JRC**	vedi Tab.	3	0,497	1,49
	Riempimento	vedi Tab.	4	0,497	1,99
	Alterazione	vedi Tab.	5	0,497	2,49
	H2O	vedi Tab.	12	0,497	5,96
	Spaziatura	1,1m	15	0,497	7,46
				Totale Pesato	**20,4**
	Persistenza	3-10m	2	0,208	0,42
	Apertura	1-5mm	1	0,208	0,21
K4	**JRC**	vedi Tab.	2	0,208	0,42
	Riempimento	vedi Tab.	5	0,208	1,04
	Alterazione	vedi Tab.	4	0,208	0,83
	H2O	vedi Tab.	12	0,208	2,50
	Spaziatura	1,4m	17	0,208	3,54
				Totale Pesato	**8,9**
Rating Totale Pesato		**45,1**			

Tab. 11 - VALUTAZIONE PARAMETRI DI BENIAWSKI PESATI
CONDIZIONI DELLE DISCONTINUITA'
CAVA CAMPACCIO – DOMINIO 2

FAMIGLIA	PARAMETRI	DESCRIZIONE	VALORE	PESO SISTEMA	VALORE
	Persistenza	10-20m	1	0,221	0,22
	Apertura	0.1-1.0mm	4	0,221	0,88
K1	**JRC**	vedi Tab.	4	0,221	0,88
	Riempimento	vedi Tab.	3	0,221	0,66
	Alterazione	vedi Tab.	2	0,221	0,44
	H2O	vedi Tab.	7	0,221	1,55
	Spaziatura	1,2	12	0,221	2,65
				Totale Pesato	**7,3**
	Persistenza	10-20m	1	0,074	0,07
	Apertura	1-5mm	1	0,074	0,07
K2	**JRC**	vedi Tab.	2	0,074	0,15
	Riempimento	vedi Tab.	4	0,074	0,30
	Alterazione	vedi Tab.	4	0,074	0,30
	H2O	vedi Tab.	8	0,074	0,59
	Spaziatura	1,1	11	0,074	0,81
				Totale Pesato	**2,3**
	Persistenza	10-20m	1	0,497	0,50
	Apertura	>5mm	0	0,497	0,00
K3	**JRC**	vedi Tab.	2	0,497	0,99
	Riempimento	vedi Tab.	3	0,497	1,49
	Alterazione	vedi Tab.	3	0,497	1,49
	H2O	vedi Tab.	9	0,497	4,47
	Spaziatura	1,1m	11	0,497	5,47
				Totale Pesato	**14,4**
	Persistenza	10-20m	1	0,208	0,21
	Apertura	1-5mm	1	0,208	0,21
K4	**JRC**	vedi Tab.	1	0,208	0,21
	Riempimento	vedi Tab.	3	0,208	0,62
	Alterazione	vedi Tab.	2	0,208	0,42
	H2O	vedi Tab.	9	0,208	1,87
	Spaziatura	1,4m	14	0,208	2,91
				Totale Pesato	**6,4**
Rating Totale Pesato		**30,4**			

Tab. 12 - CORREZIONE ORIENTAZIONE FRONTI						
CAVA CAMPACCIO						
FAMIGLIA	PESO SIST.	FR1 N005W	FR2 N135SW	FR3 N040NW	FR4 N150NE	Fattore di Correzione
K1	0,221	0	12	0	0	2,65
K2	0,074	12	10	10	0	2,37
K3	0,497	0	0	10	0	4,97
K4	0,208	0	0	10	0	2,08
					Totale Mediato	3,02

Tab. 13 - PARAMETRO SCR - Surface Condition Rating					
CAVA CAMPACCIO – DOMINIO 1					
FAMIGLIA	PESO SIST.	Rr	Rw	Rf	Valore pesato
K1	0,221	5	5	5	3,3
K2	0,074	4	5	6	1,1
K3	0,497	3	5	4	6,0
K4	0,208	2	5	5	2,5
				TOTALE	**12,9**

Tab. 14 - PARAMETRO SCR - Surface Condition Rating					
CAVA CAMPACCIO – DOMINIO 2					
FAMIGLIA	PESO SIST.	Rr	Rw	Rf	Valore pesato
K1	0,221	4	2	3	2,0
K2	0,074	2	4	4	0,7
K3	0,497	2	3	3	4,0
K4	0,208	1	2	3	1,2
				TOTALE	**8,0**

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.

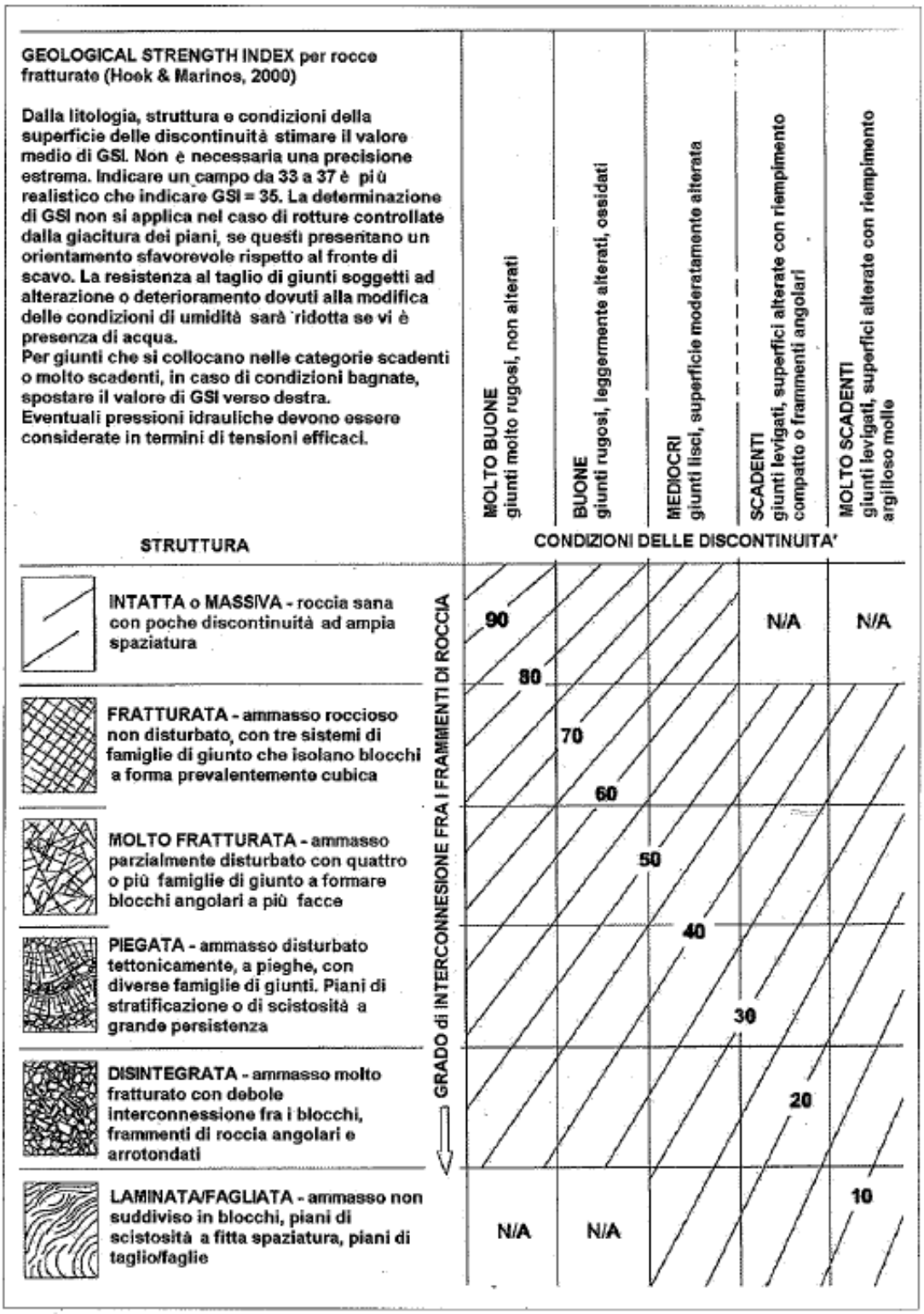


Tabella 15 – Stima visiva del GSI

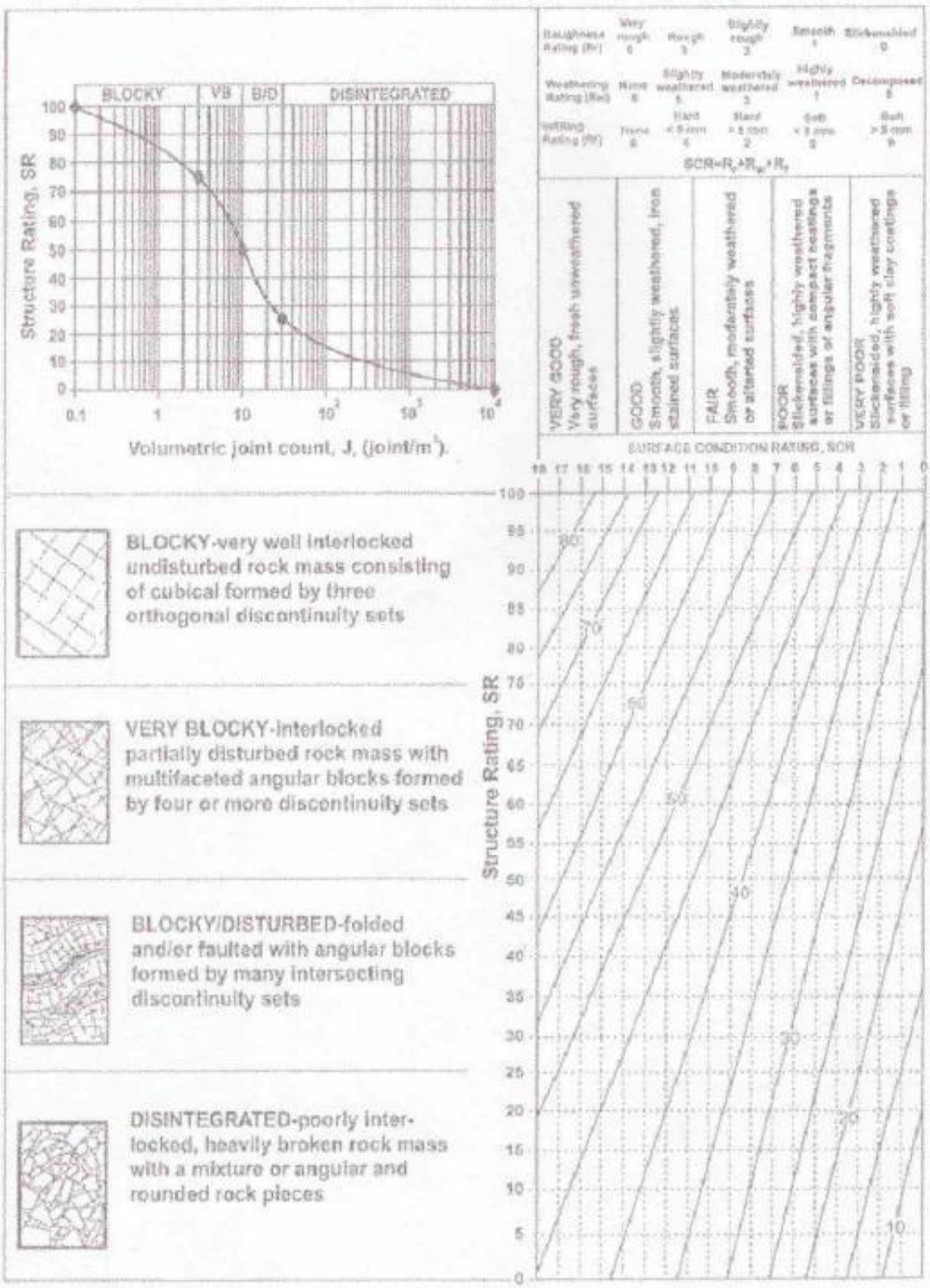


Tabella 16: Diagrammi per la definizione del GSI – Somnez-Uluzay.-

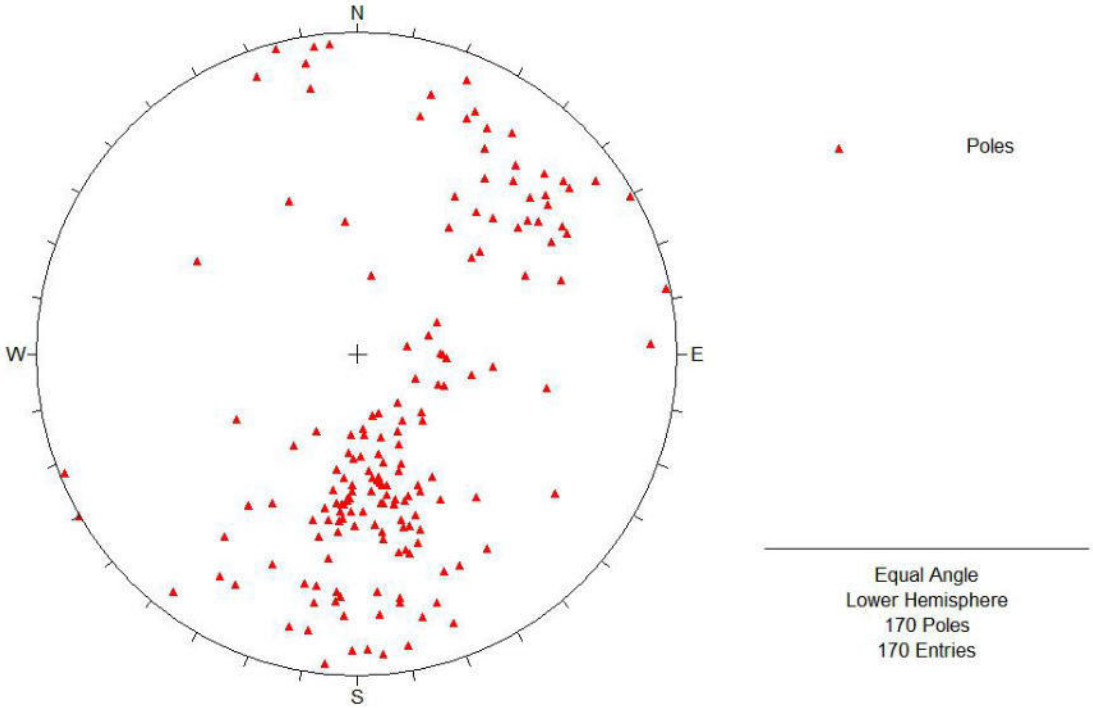


Figura 16: proiezione polare dei poli rilevati

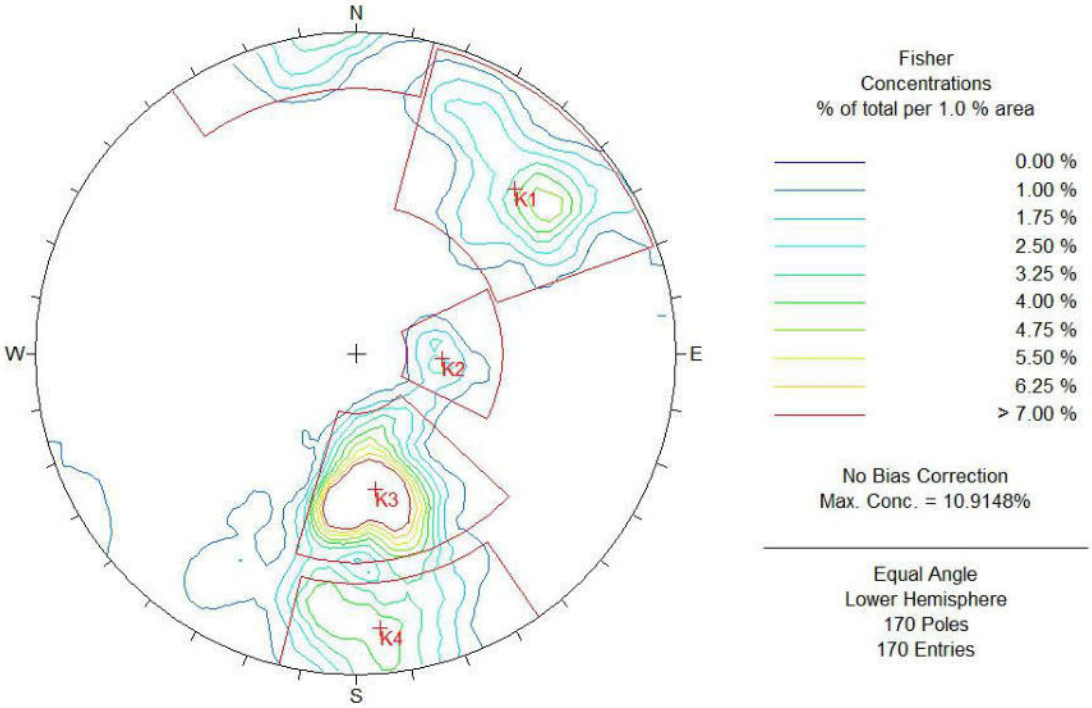


Figura 17: massimi di frequenza e principali sistemi rilevati

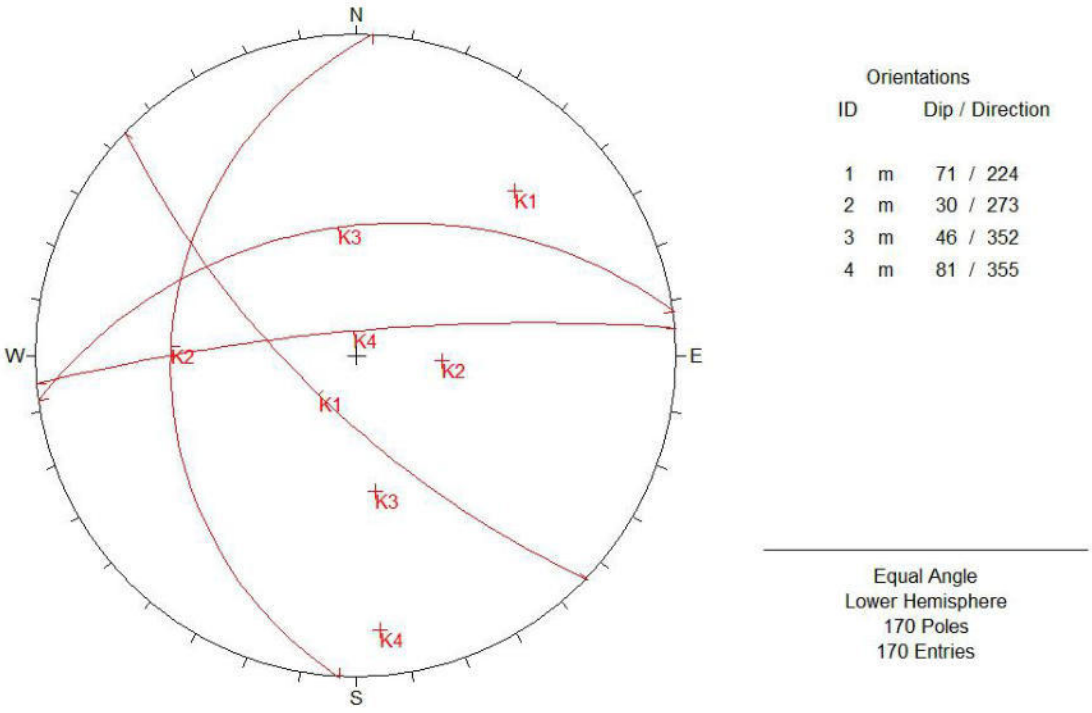


Figura 18 piani rappresentativi dei sistemi

CARATTERISTICHE CHIMICO-MINERALOGICHE			
COMPOSIZIONE MINERALOGICA			% IN PESO
Magnesio nella Calcite			1.0
Residuo			0.01
MINERALI	Principali	Calcite	99.99
		Dolomite	0.0
	Minori	Muscovite	
		Pirite	
		Albite	
		Quarzo	

ANALISI CHIMICHE	% in peso
CO_2	44.00
MgO	0.22
Al_2O_3	0.02
SiO_2	0.02
K_2O	0.01
CaO	55.47
TiO_2	0.00
MnO	0.06
Fe_2O_3	0.06

CARATTERISTICHE FISICO-MECCANICHE		
1.0 CARICO DI ROTTURA A COMPRESSIONE	Kg/cmq	1317
2.0 CARICO DI ROTTURA A COMPRESSIONE DOPO CICLI DI GELIVITA'	Kg/cmq	1194
3.0 CARICO DI ROTTURA A FLESSIONE	Kg/cmq	151
4.0 DILATAZIONE LINEARE TERMICA	10^{-6} per °C	8.1
5.0 COEFFICIENTE DI IMBIBIZIONE D'ACQUA	% in peso	0.15
6.0 PESO PER UNITA' DI VOLUME		2688
7.0 RESISTENZA ALL'URTO	cm	33.8
8.0 MODULO DI ELASTICITA' LINEARE	Kg/cmq	649000
9.0 RESISTENZA ALL'ABRASIONE	mm	8.73

Tabella A: Caratteristiche chimico-mineralogiche e fisico-meccaniche della qualità merceologica Ordinario.

CARATTERISTICHE CHIMICO-MINERALOGICHE			
COMPOSIZIONE MINERALOGICA			% IN PESO
Magnesio nella Calcite			1.0
Residuo			tracce
MINERALI	Principali	Calcite	100
		Dolomite	
	Minori		tracce

ANALISI CHIMICHE	% in peso
CO_2	44.00
MgO	0.46
Al_2O_3	0.01
SiO_2	0.01
K_2O	0.01
CaO	55.19
TiO_2	0.00
MnO	0.06
Fe_2O_3	0.06

CARATTERISTICHE FISICO-MECCANICHE		
1.0 CARICO DI ROTTURA A COMPRESSIONE	Kg/cmq	1426
2.0 CARICO DI ROTTURA A COMPRESSIONE DOPO CICLI DI GELIVITA'	Kg/cmq	1268
3.0 CARICO DI ROTTURA A FLESSIONE	Kg/cmq	185
4.0 DILATAZIONE LINEARE TERMICA	10^{-6} per °C	3.2
5.0 COEFFICIENTE DI IMBIBIZIONE D'ACQUA	% in peso	0.13
6.0 PESO PER UNITA' DI VOLUME	Kg/mc	2687
7.0 RESISTENZA ALL'URTO	cm	58.8
8.0 MODULO DI ELASTICITA' LINEARE	Kg/cmq	691000
9.0 RESISTENZA ALL'ABRASIONE	mm	6.52

Tabella B: Caratteristiche chimico-mineralogiche e fisico-meccaniche della qualità merceologica Bianco tipo Acquabianca.

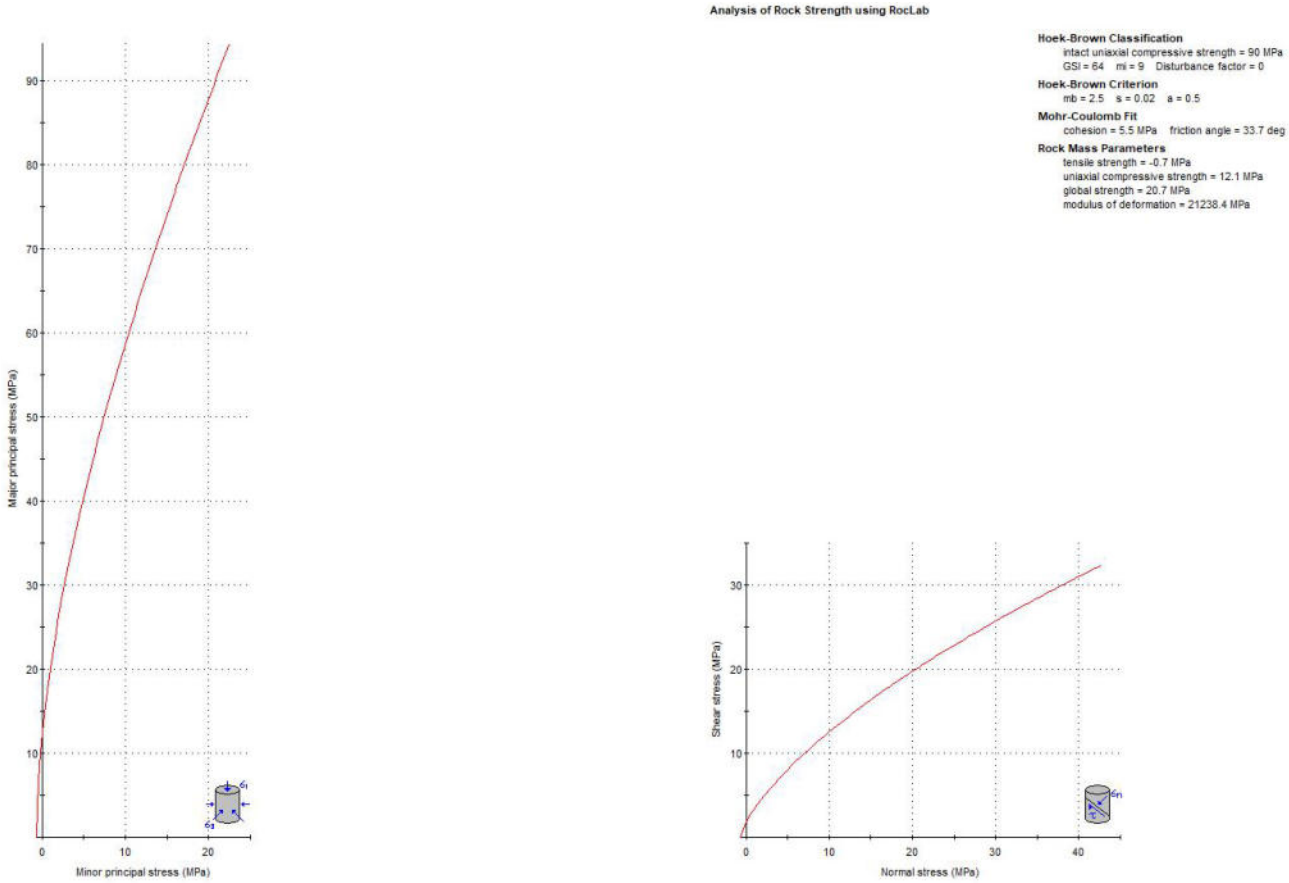


Figura 19 – elaborato di Roclab con GSI 64 per DOMINIO 1

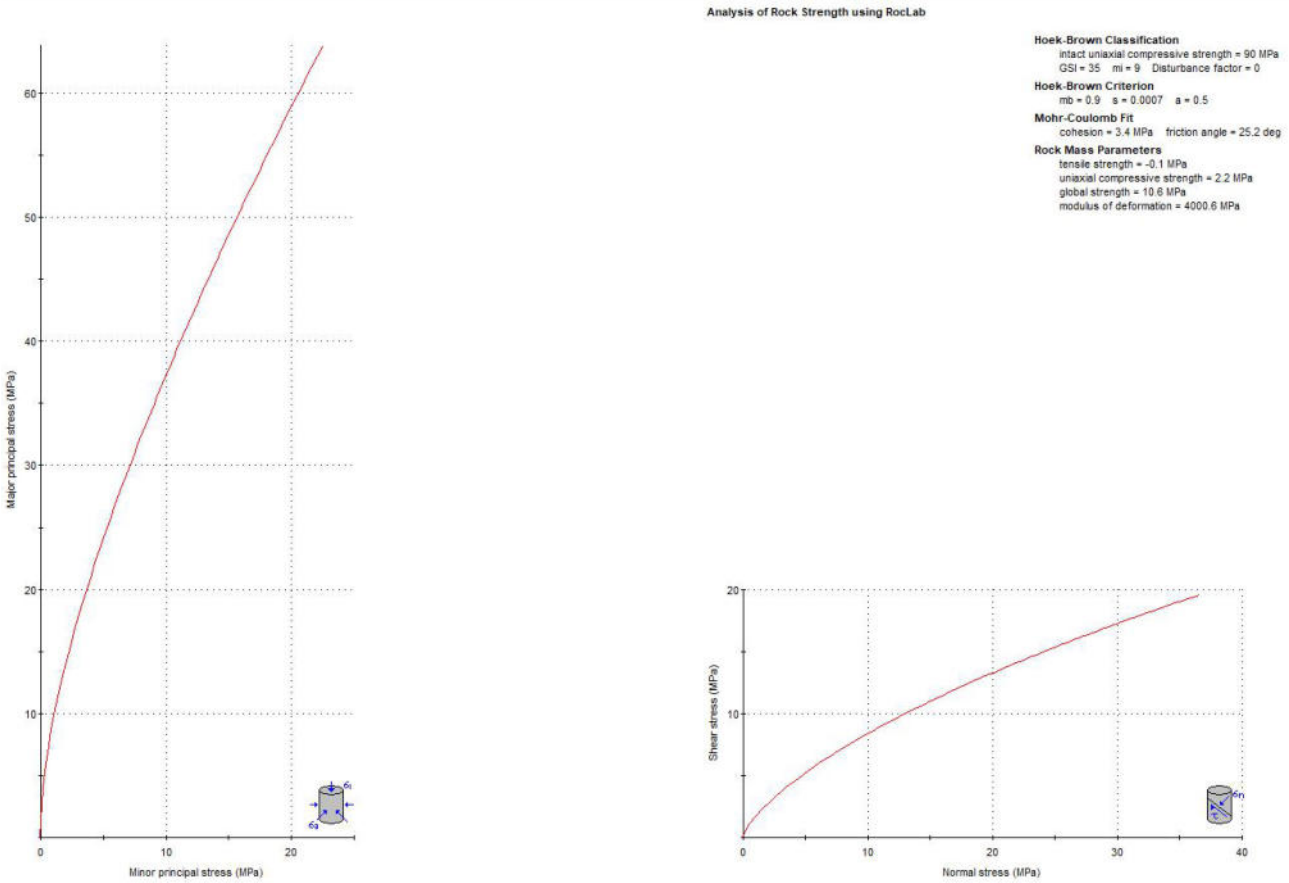
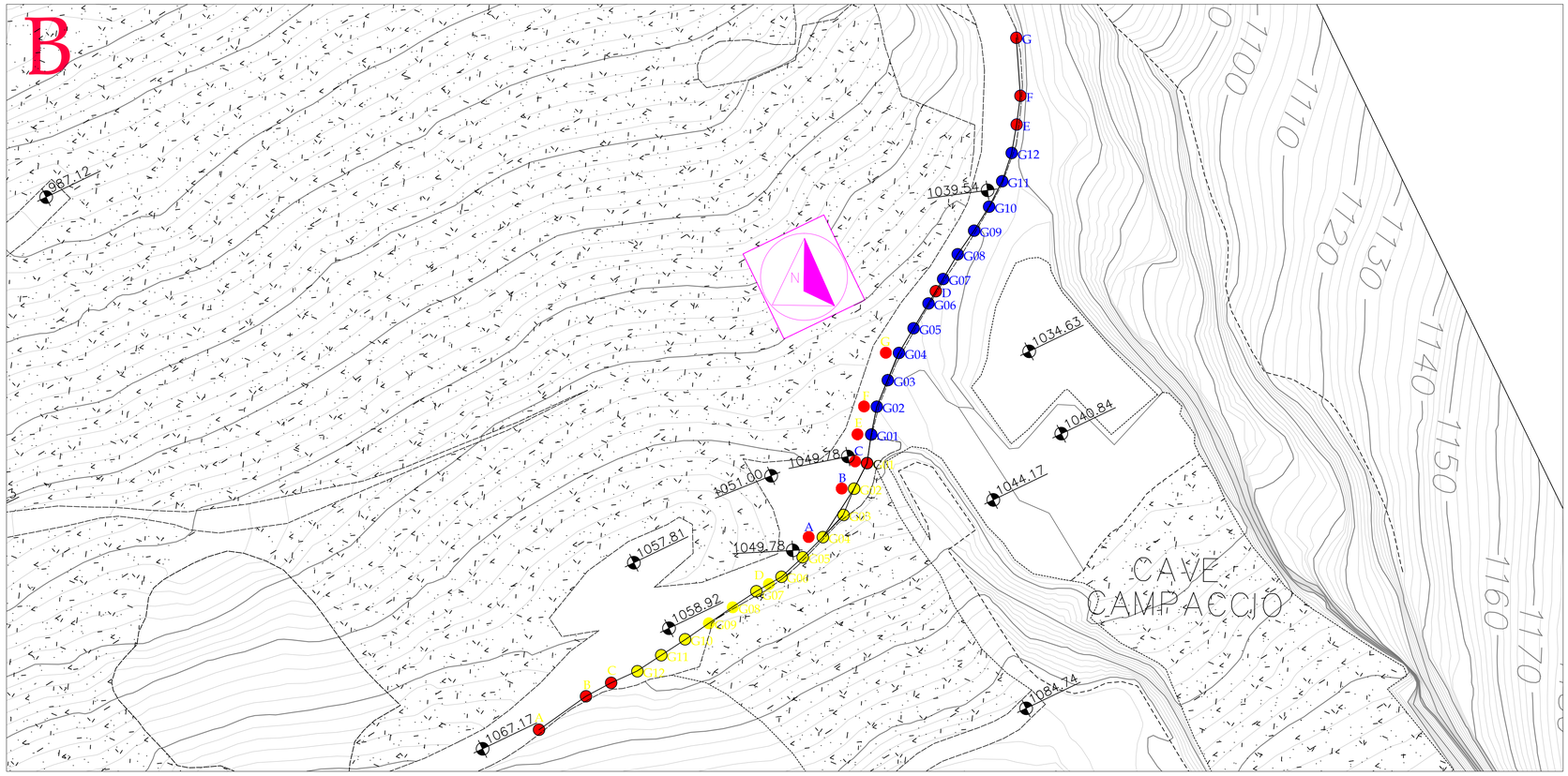
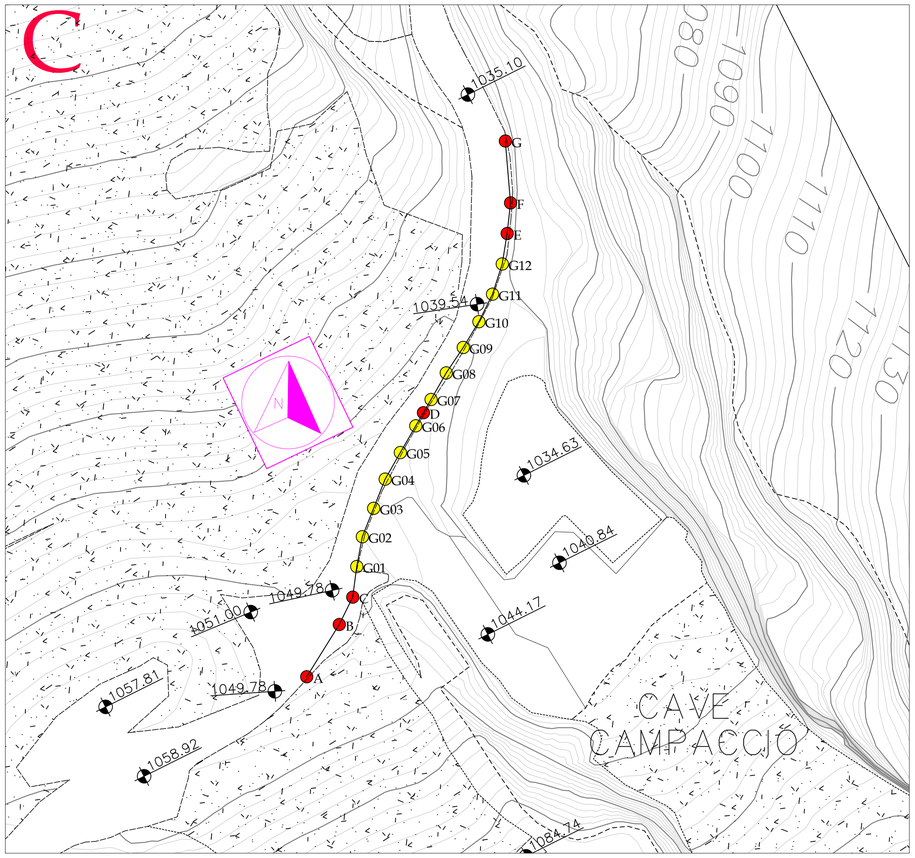


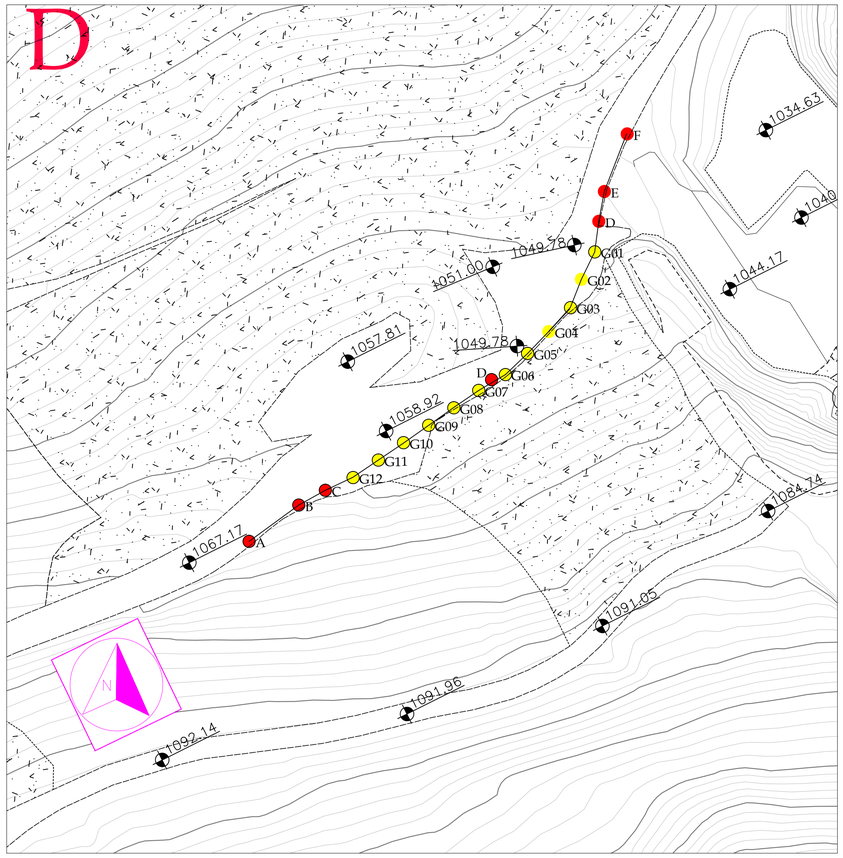
Figura 20 – elaborato di Roclab con GSI 35 per DOMINIO 2

ALLEGATO 1A

STESA SISMICA 1 A RIFRAZIONE LUNGO VIABILITA' DI SERVIZIO DI BACINO







Comune di Minucciano
Provincia di Lucca

Progetto

Realizzazione profili sismici su ravaneto
Cava denominata Campaccio

Committente:

Forfori Dott. Brunello
Studio di Geologia
Via VII Luglio, 16bis
54033Città: Carrara (MS)

Titolo:

TAVOLA INQUADRAMENTO

Contenuto riquadri :

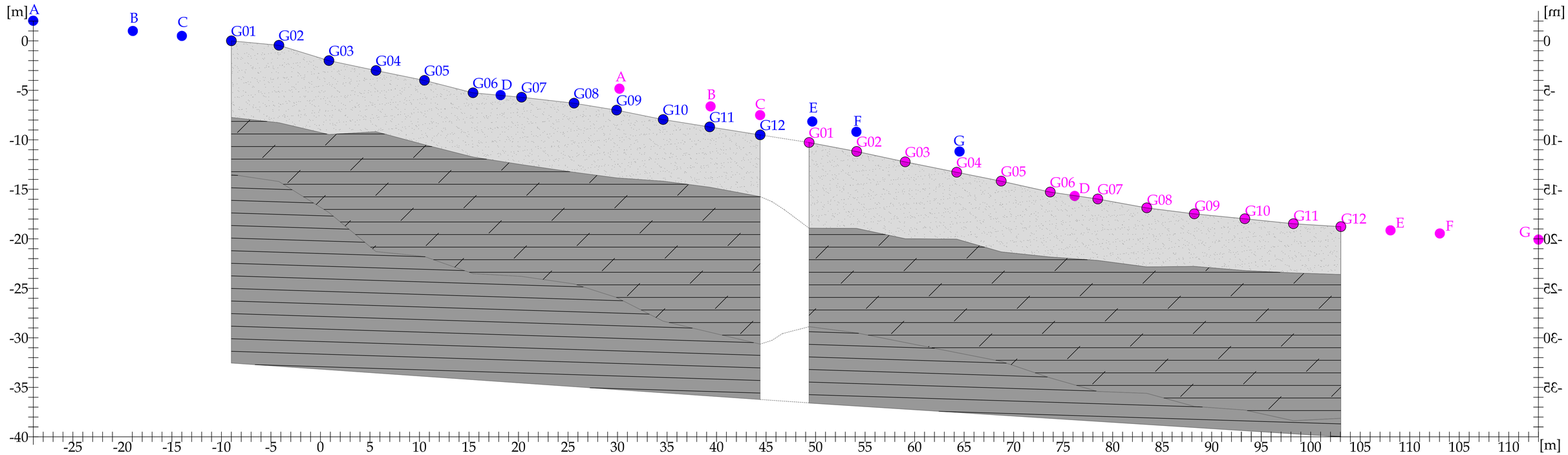
A. Foto satellitare fuori scala
B. Inquadramento profili uniti scala 1:500
C. Inquadramento profilo ST01 scala 1:500
D. Inquadramento profilo ST02 scala 1:500

Elaborato:

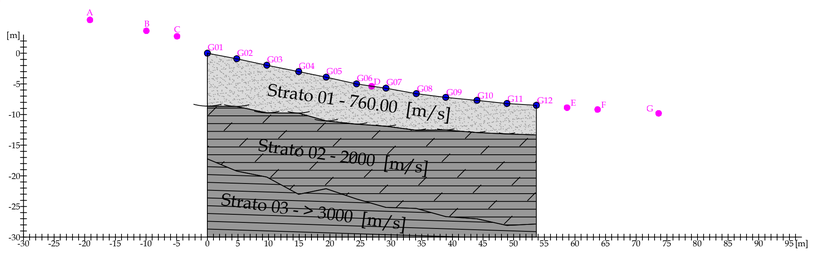
01

Mori Dottor. Geol. Marco
STUDIO DI GEOLOGIA MORI MARCO
SERVIZI INTEGRATI DI GEOLOGIA
Sede Legale: Viale dei Menhir n° 55 54028 Villafranca in Lunigiana (MS)
Sede operativa: Via delle polle n°17 54026 Mulazzo (MS)
Cell: 3496176628
e-mail: geo.marcomori@alice.it - al1718a@geologitoscana.net
Pec: m.mori@geologitoscana.net

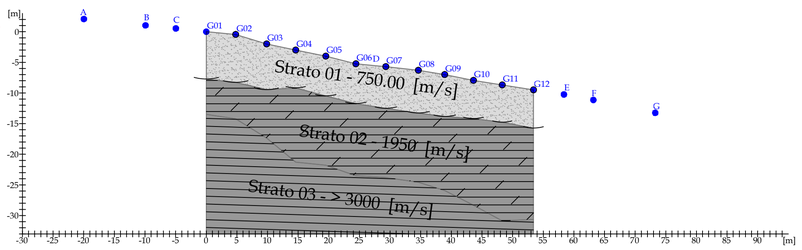
A



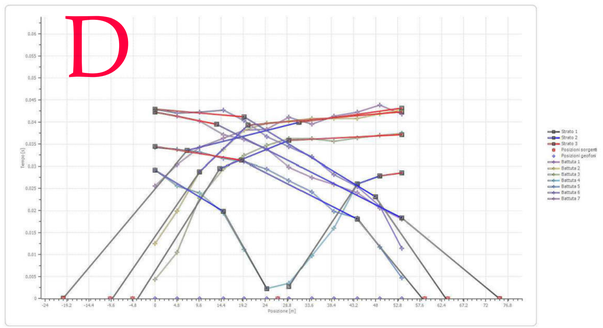
B



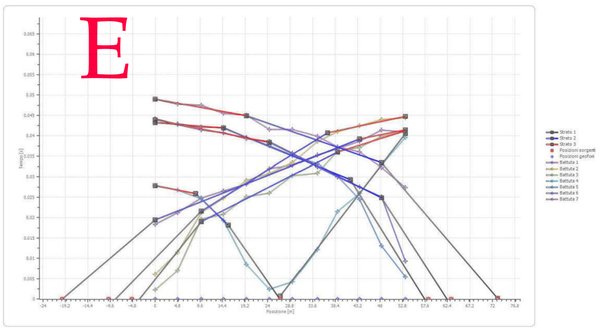
C



D



E



Comune di Minucciano
Provincia di Lucca

Progetto

Realizzazione profili sismici su ravaneto
Cava denominata Campaccio

Committente:

Forfori Dott. Brunello
Studio di Geologia
Via VII Luglio, 16bis
54033Città: Carrara (MS)

Titolo:

REPORT GRAFICI PROFILI

Contenuto riquadri :

A. Report grafico profili uniti scala 1:200
B. Report grafico profili uniti scala 1:200
C. Report grafico profili uniti scala 1:200
D. Report grafico Dromocrone profilo 01
D. Report grafico Dromocrone profilo 02

Elaborato:

E.
02

Mori Dottor. Geol. Marco
S T U D I O D I G E O L O G I A MORI MARCO
SERVIZI INTEGRATI DI GEOLOGIA
Sede Legale: Viale dei Menhir n° 55 54028 Villafranca in Lunigiana (MS)
Sede operativa: Via delle polle n°17 54026 Mulazzo (MS)
Cell: 3496176628
e-mail: geo.marcomori@alice.it - al1718a@geologitoscana.net
Pec: m.mori@geologitoscana.net

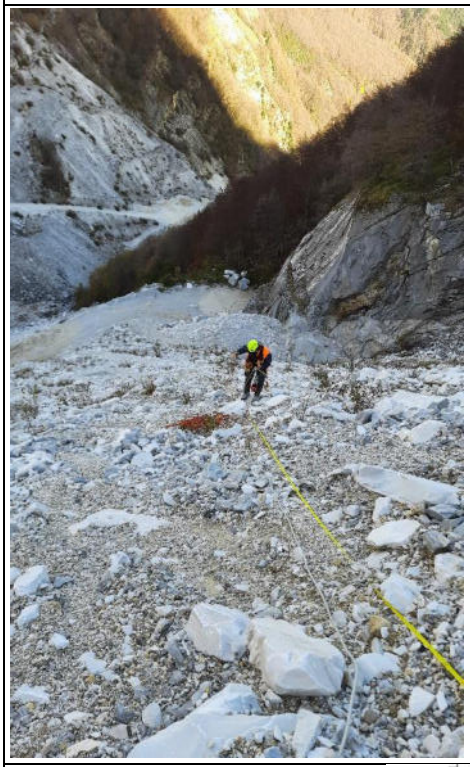
ALLEGATO 1B

STESA SISMICA 2 A RIFRAZIONE TRASVERSALE AL RAVANETO INFERIORE

Comune Minucciano (LU)	**Località** Gorfigliano	
Cantiere Cava Campaccio	**Data** 10/11/2020	**Ora inizio** 11.30
Codice lavoro 20_022_FORF		
Codice Prova SR1	**File** vari	
Operatore: Dott. Geol. Alessandro Ferrari		

STRUMENTAZIONE		
Marca: Sara Electronic Instruments	**Modello:** Sismografo digitale DoReMi	
Marca Geofoni: Geo Space	**Orientamento**:☐ H ☒ V	**Frequenza (Hz):** 4.5

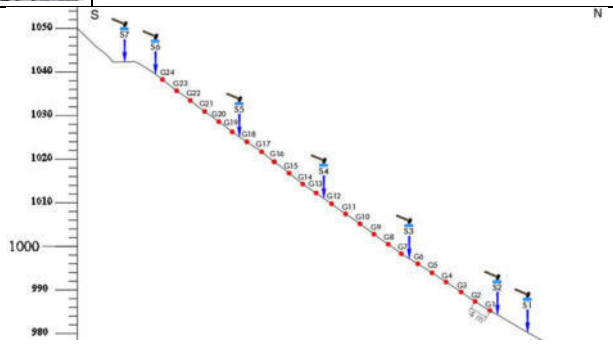
SPECIFICHE INDAGINE



Tipo: Rifrazione	**Onde:** ☒ P ☐ S
N°canali: 24	**Lunghezza stendimento (m):** 92
Offset geofoni (m): 4	**N° shot:** 7
Durata registrazioni (sec): 0.25	
Frequenza di campionamento (Hz): 5.000	
Tipologia energizzazione:	
☐ Fucile sismico	Modello:
☒ Mazza	Kg: 9
☐ Grave	Kg:
☐ Mazza su trave	Kg:

Note: acquisite n.4 battute per punto, successivamente unite mediante stacking

Geometria stendimento:

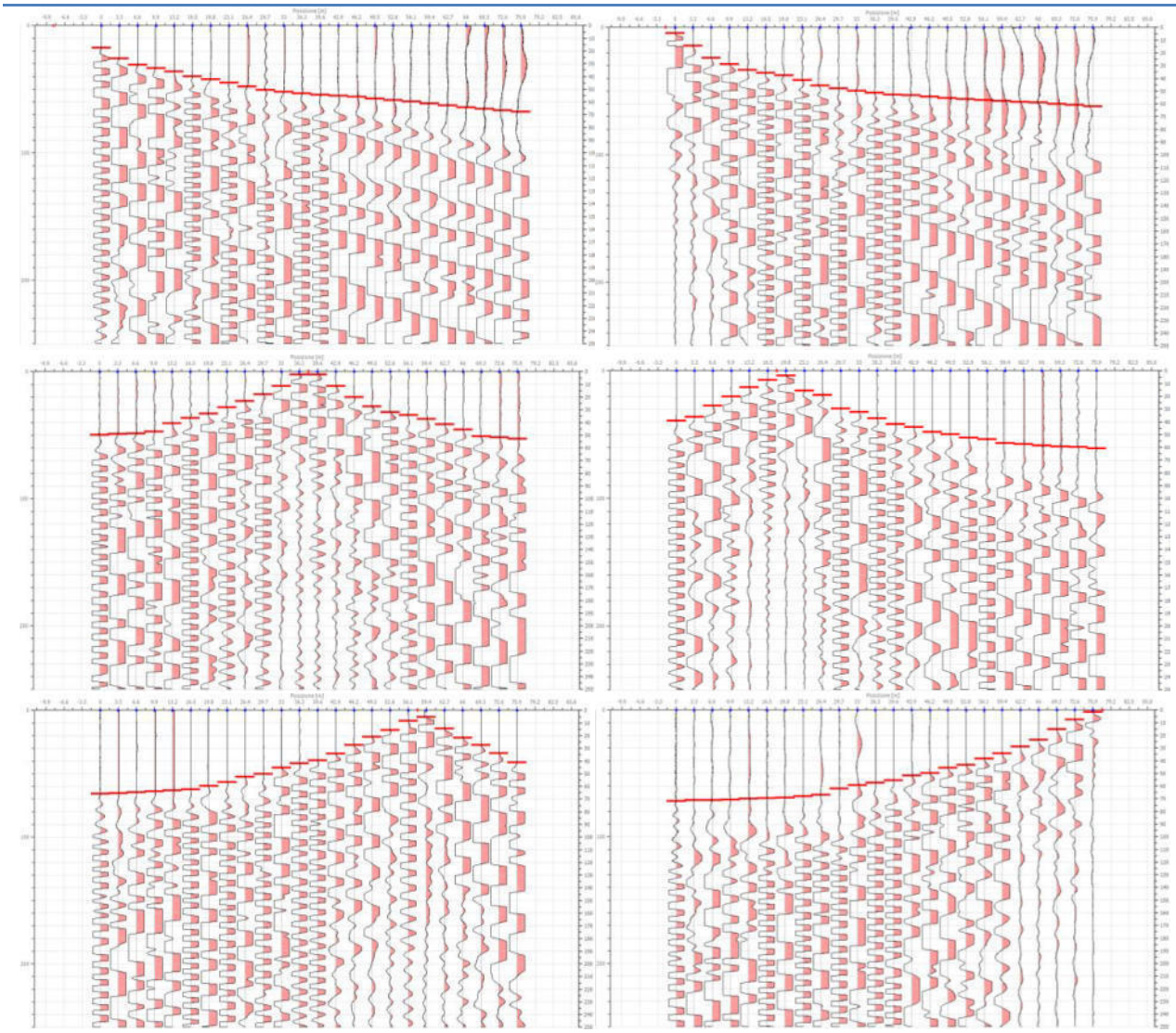


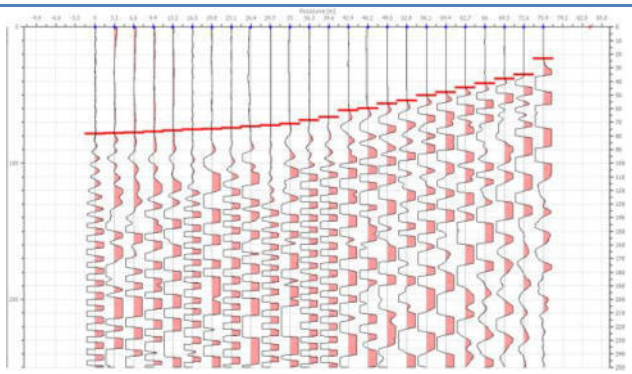
TERRENO INDAGATO				
Superficie:	☐ vegetale	☒ riporto (ravaneto)	☐ roccia	☐ pavimentazione:
Condizioni terreno:	☒ asciutto	☐ bagnato		☐ saturo

Acquisizione
Onde: P
n° di sorgenti: 7
n° di energizzazioni per punto: 4

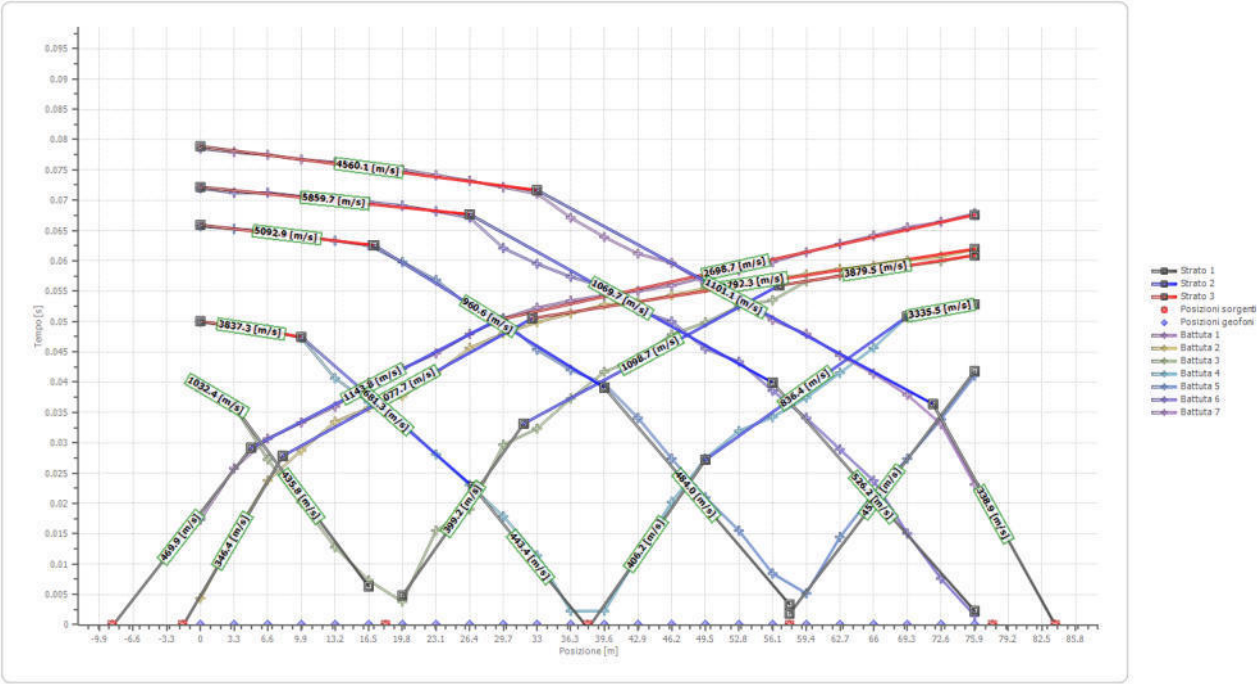
Elaborazione
Tipo di elaborazione: GRM mediante software EasyRefract (Geostru)
Filtri: no

Sismogrammi filtrati e picking dei primi arrivi
-- = picking arrivo manuale

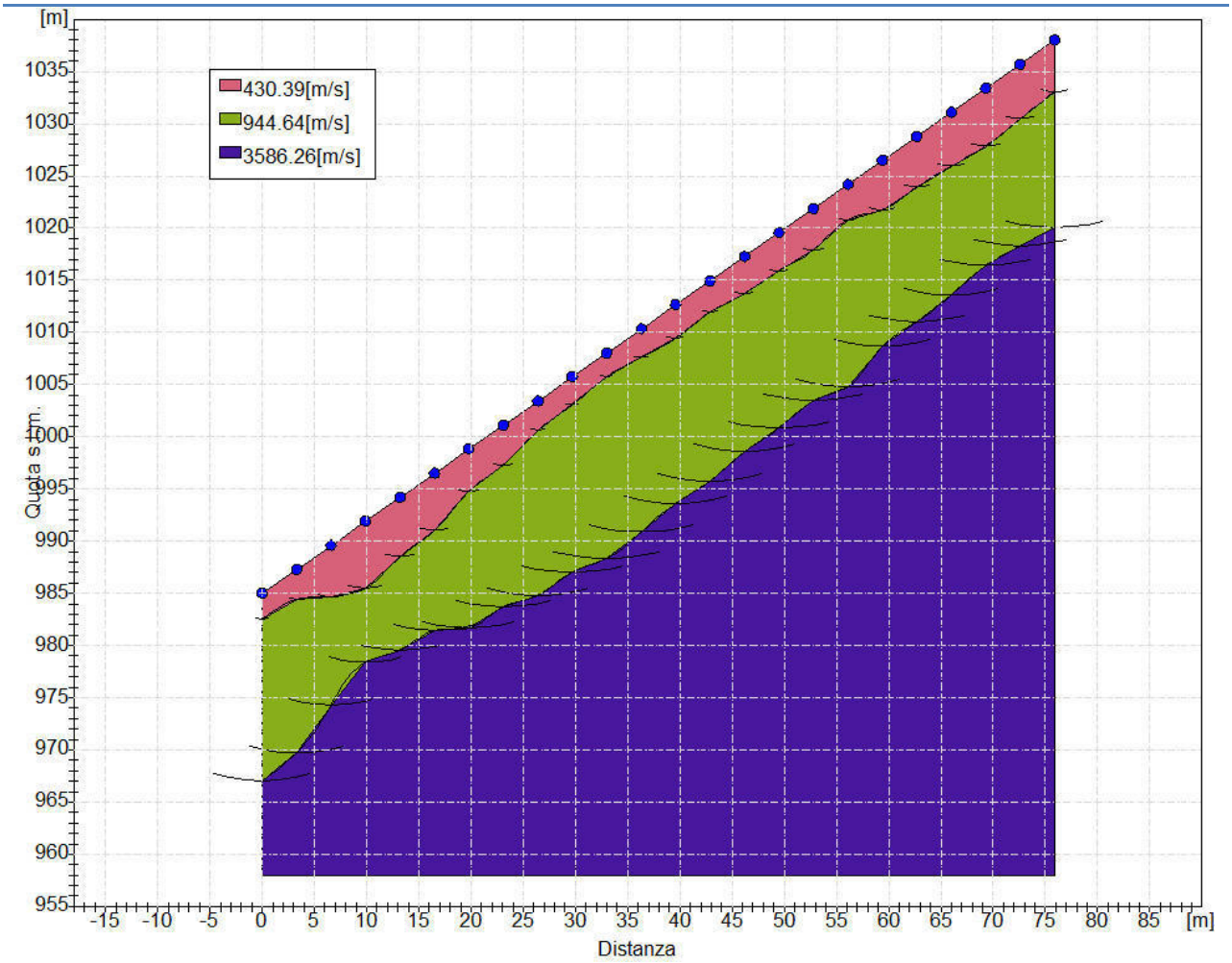




Dromocrone

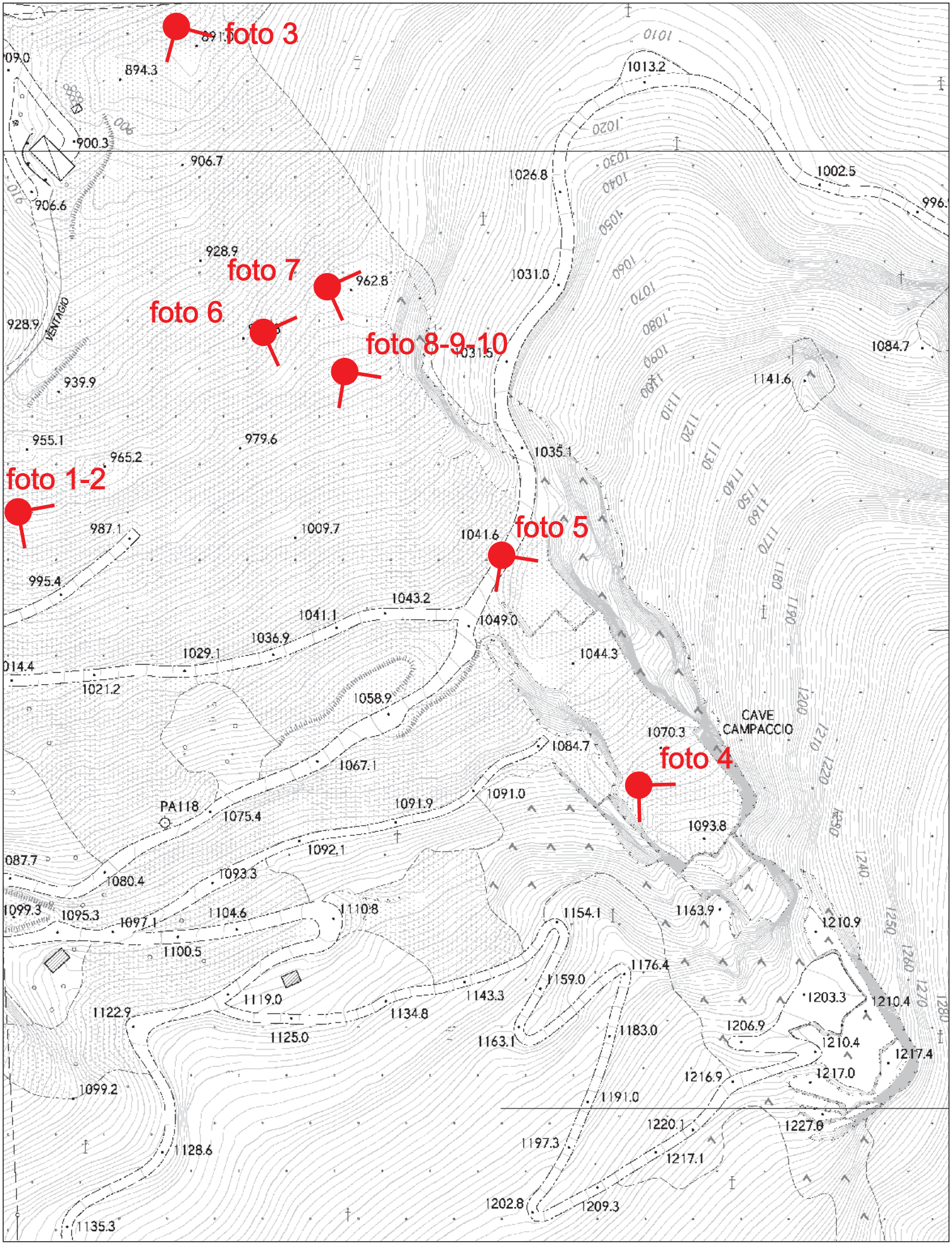

4560.1 [m/s]
5859.7 [m/s]
5092.9 [m/s]
3837.3 [m/s]
3668.7 [m/s]
3879.5 [m/s]
3335.5 [m/s]
1033.4 [m/s]
Tempo [s]
Posizione [m]
Strato 1
Strato 2
Strato 3
Posizioni sorgenti
Posizioni geofoni
Battuta 1
Battuta 2
Battuta 3
Battuta 4
Battuta 5
Battuta 6
Battuta 7

Modello sismico



DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA CAVA CAMPACCIO

Stralcio cartografico fuori scala con punti scatto foto



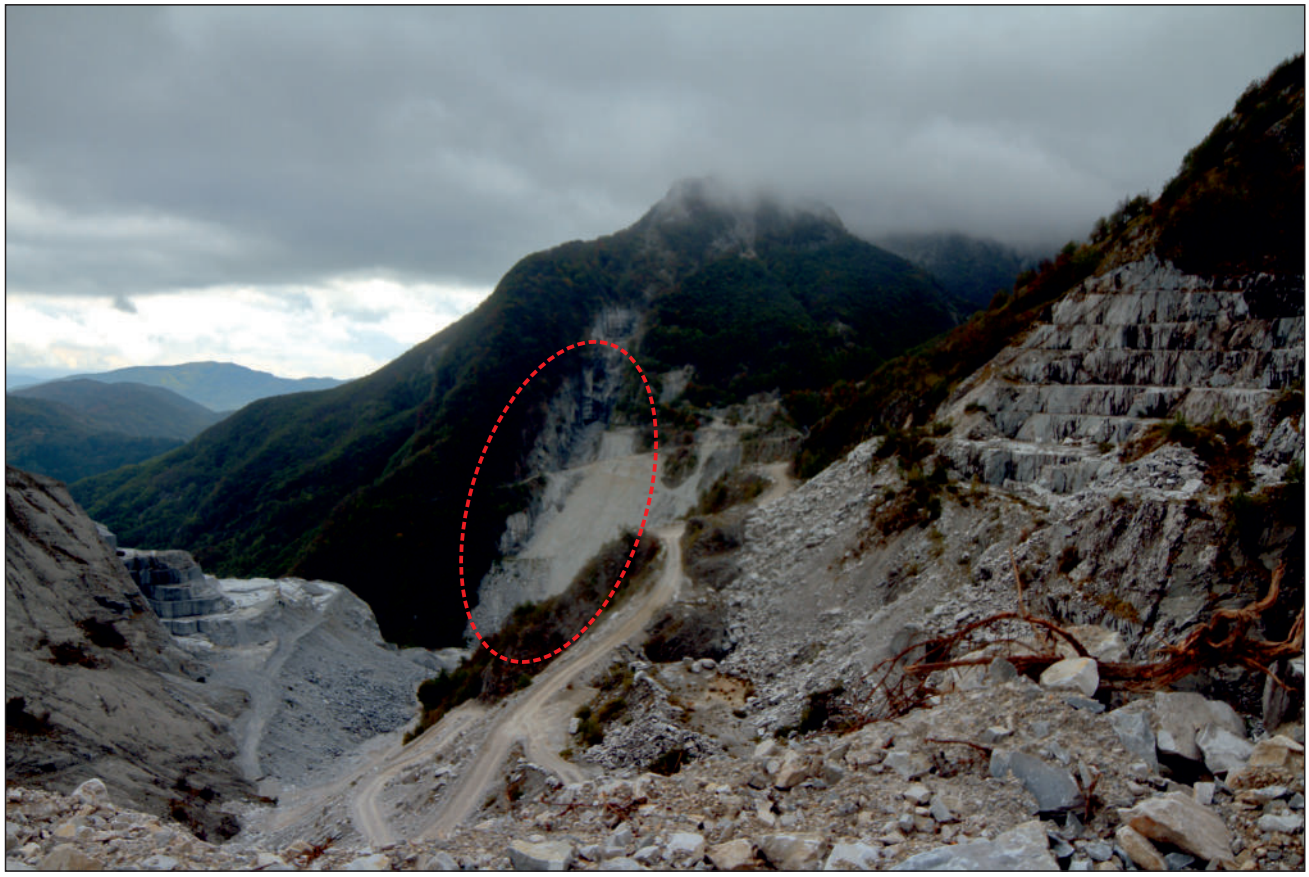


FOTO 1: foto panoramica scattata dalla Cava Freddia con evidenziata in rosso la Cava Campaccio

FOTO 2: panoramica della Cava Campaccio; in giallo sono visibili i fronti del cantiere inferiore basso che saranno interessati dallo sviluppo del presente piano

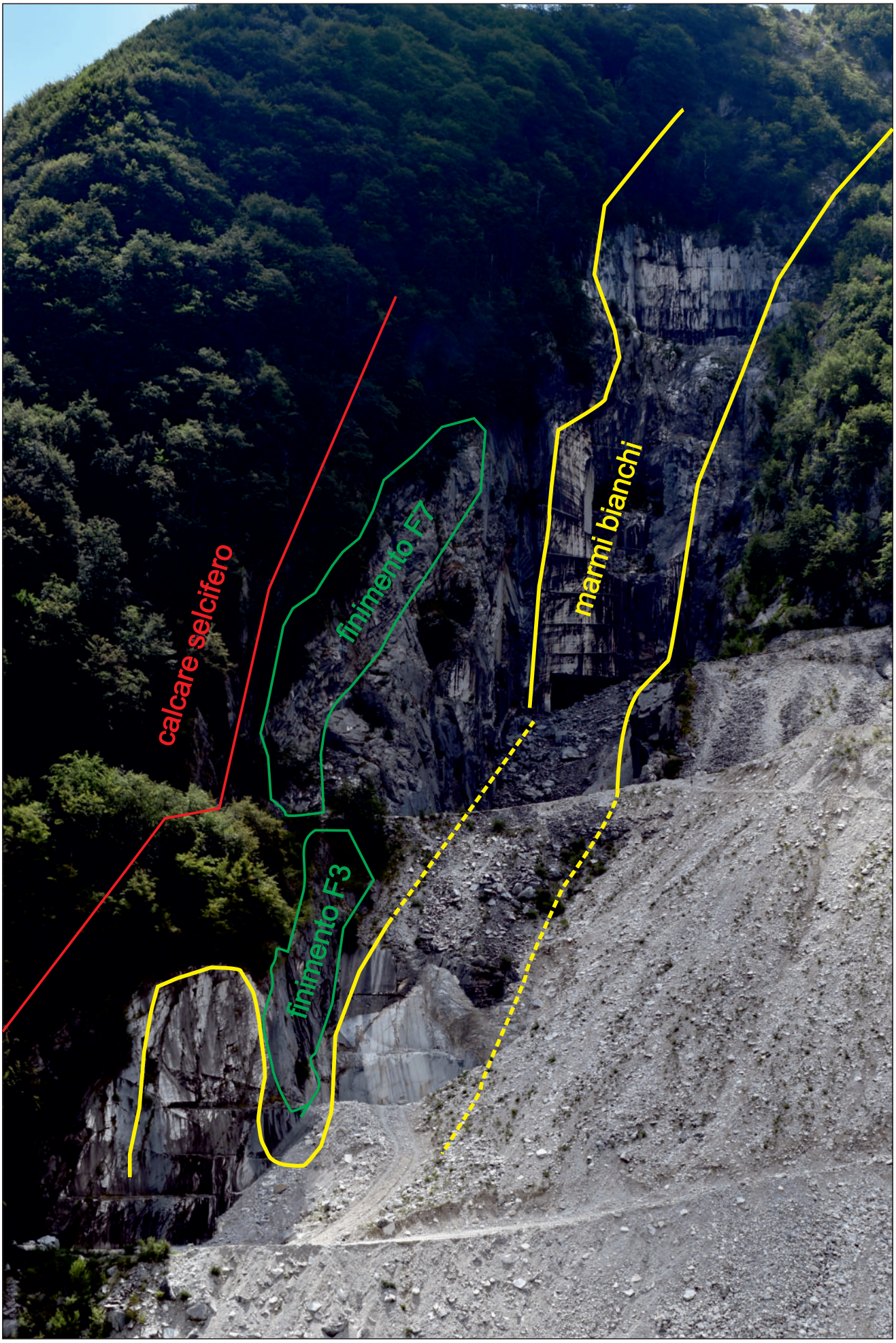


FOTO 3: vista frontale della Cava Campaccio; in rosso si evidenzia il contatto tra marmi e calcari selciferi, in giallo si evidenzia il contatto tra marmi bianci e marmi grigi bardigliacei, in verde si evidenziano fratture afferenti al sistema K1 che delimitano due aree di finimento

FOTO 4: panoramica frontale delle Vette Bianche posizionate al di sopra della Cava Campaccio

FOTO 5: vista dei fronti residui della Cava Campaccio dalla strada di servizio del bacino; in primo piano, l'area che potrà essere utilizzata con funzione di rock-trap per eventuale materiale di distacco dai fronti del cantiere superiore

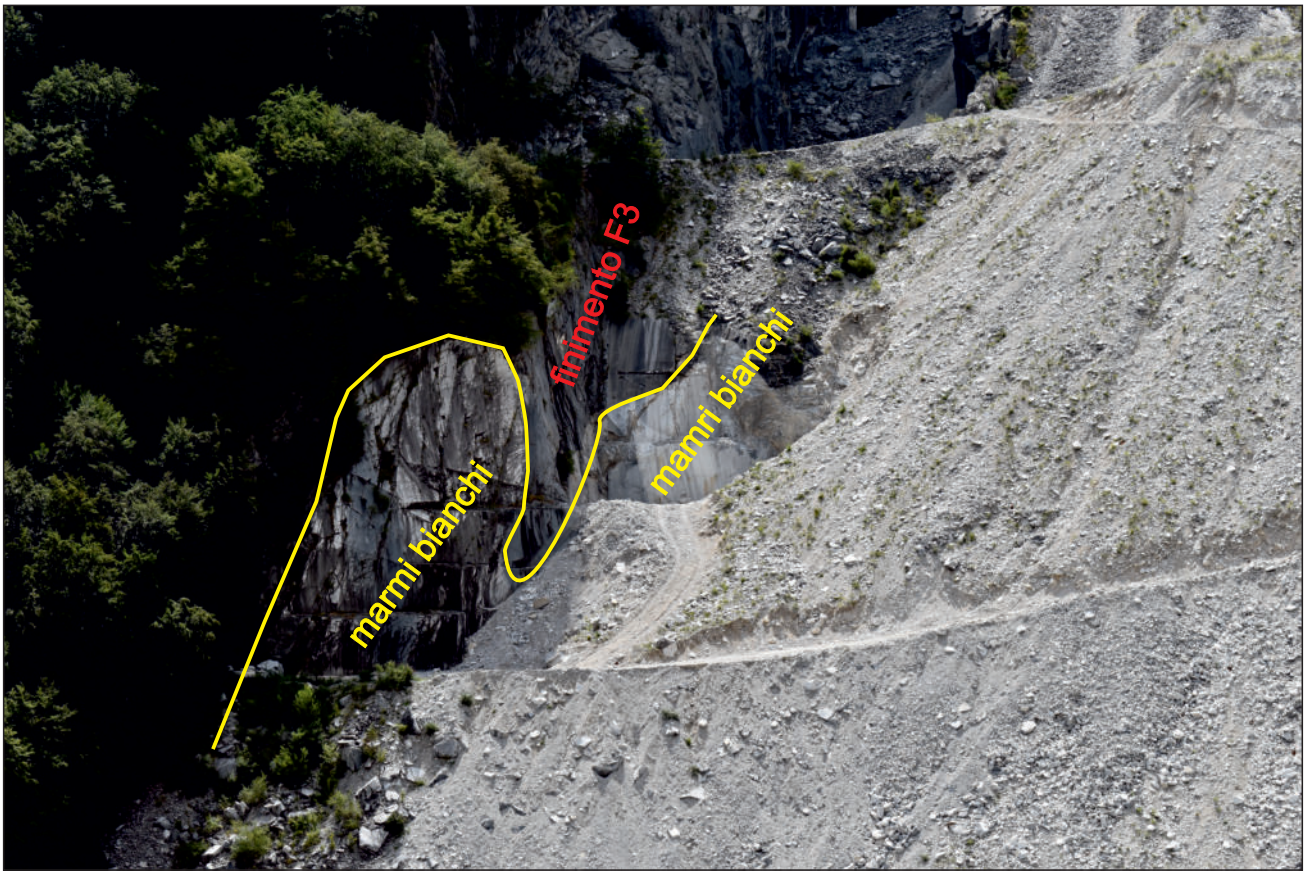


FOTO 6: vista dei fronti del cantiere inferiore

FOTO 7: vista dei fronti residui del cantiere inferiore la foto è stata scattata dal piazzale di quota 961/963 m s.l.m.

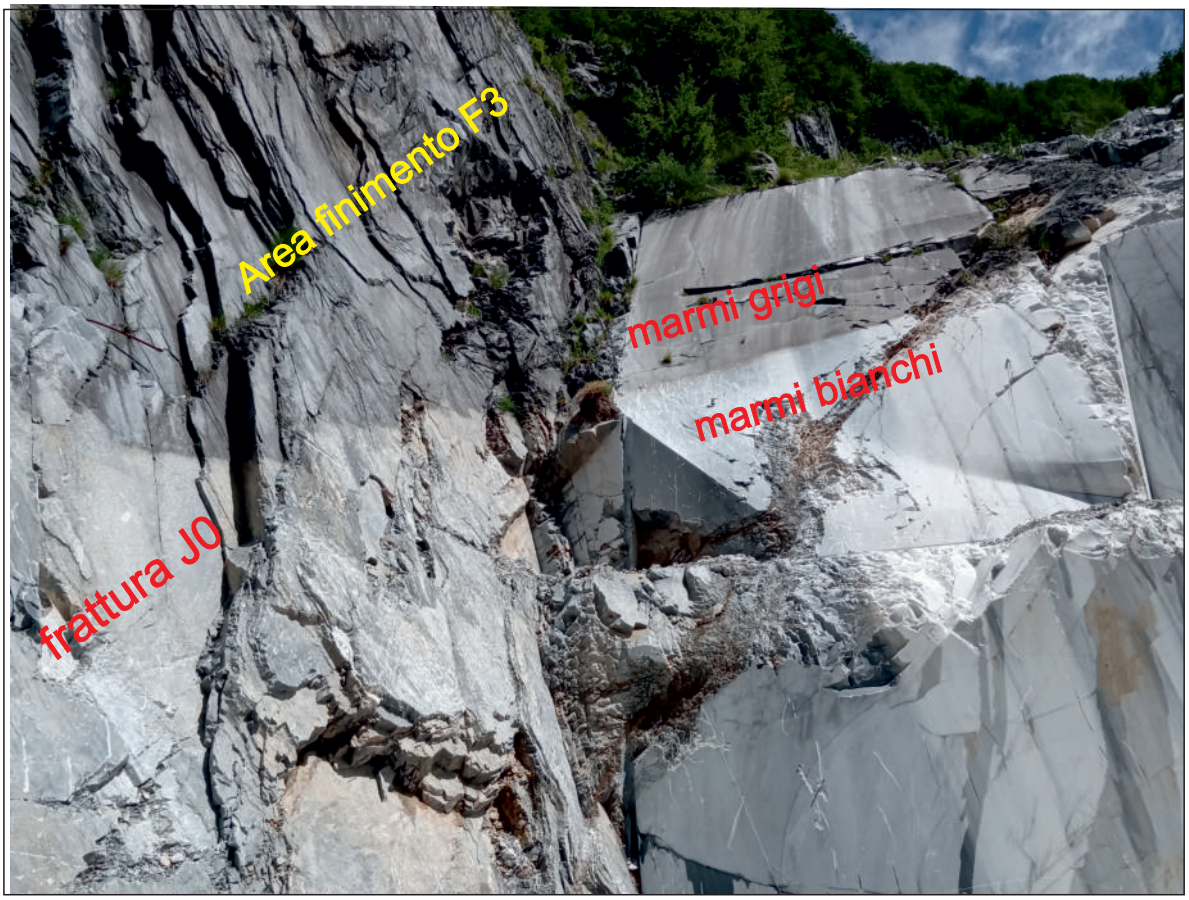


FOTO 8: vista dei fronti residui scoperti nei pressi di quota 984 m s.l.m.; è ben visibile il contatto tra i marmi bianchi e i marmi grigi bardigliacei che taglia a circa a mezza altezza la foto; sulla sinistra è visibile una parte del finimento F3 delimitato da fratture del sistema K1

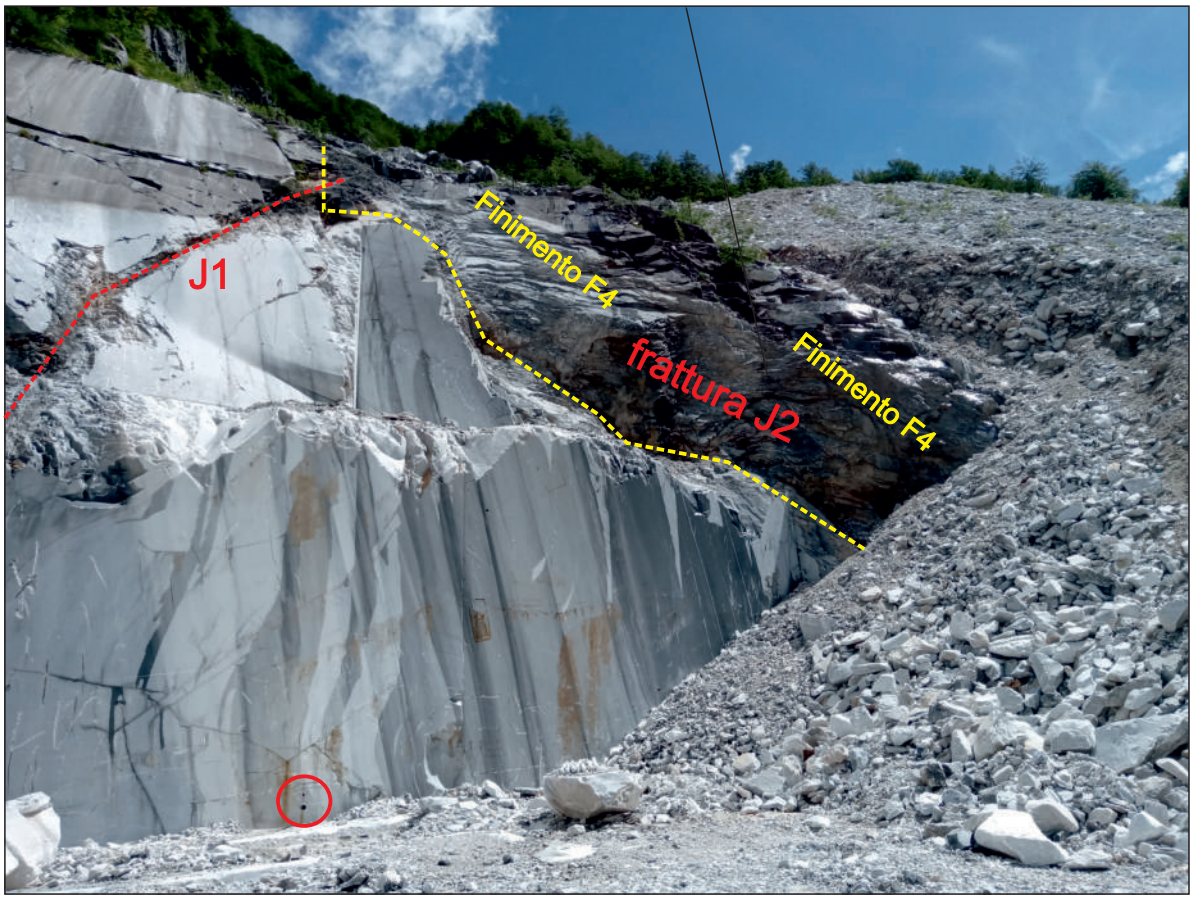


FOTO 9: vista dei fronti residui scoperti presso quota 984 m s.l.m.; si evidenzia in rosso il sondaggio geognostico orizzontale realizzato; in rosso si evidenzia frattura J1

FOTO 10: vista del fronte residuo scoperto a quota 984 m s.l.m.