

STUDIO DI GEOLOGIA TECNICA
Dott. Fiorenzo DUMAS
Via Codena, 2
54033 – CARRARA (MS)
Tel. 0585/776919
Fax. 0585/841969
fiorenzodumas@virgilio.it

**PROGETTO DI COLTIVAZIONE DELLA CAVA “ZEBRINO 1”
BACINO ACQUA BIANCA SCHEDA PIT-PPR N. 3 PABE DCC N.8
DEL 29.03.2019 COMUNE DI MINUCCIANO- LUCCA REGIONE
TOSCANA**

Studio geologico, geomeccanico, geomorfologico, idrogeologico e giacimentologico

Committente: Bianco Royal S.r.l.

IL LEGALE RAPPRESENTANTE

Sig. Giancarlo AGNESINI

IL GEOLOGO

Dott. Fiorenzo DUMAS



Sommario

PREMESSA	4
LOCALIZZAZIONE, DISPONIBILITÀ E DESTINAZIONE D'USO DELL'AREA	4
<i>Localizzazione</i>	4
<i>Disponibilità dell'area</i>	4
<i>Destinazione d'uso dell'area</i>	6
Piano Regionale Cava	6
Piano del Parco - Aree Contigua di cava (ACC)	7
Pabe Comune di Minucciano	8
CARATTERI GEOMORFOLOGICI	9
CARATTERI GEOLOGICI	10
<i>Inquadramento Tettonico delle Alpi Apuane</i>	10
<i>Inquadramento Geologico del Bacino M.te Pisanino</i>	11
ANALISI GIACIMENTOLOGICA DEL BACINO ACQUA BIANCA	13
<i>Caratteri Strutturali</i>	13
<i>Caratteri giacimentologici</i>	14
Scopo del Progetto	15
Il materiale	15
La Discarica e la gestione del derivato da taglio	16
CARATTERI IDROGEOLOGICI E IDROGRAFICI	16
Caratteri Idrogeologici	16
➤ Rocce Incoerenti	16
➤ <i>Rocce Coerenti</i>	17
☐ Rocce con permeabilità secondaria o acquisita	17
Caratteri Idrografici	18
Caratteristiche della Falda Freatica	19
VULNERABILITÀ DEGLI ACQUIFERI	19
CENNI SUL CICLO DELLE ACQUE DI LAVORAZIONE	23
IL RILIEVO STRUTTURALE	23
Raccolta dati geostrutturale	23
Elaborazione dei dati raccolti	24
CLASSIFICAZIONE DELL'AMMASSO ROCCIOSO	26
Classificazione di Bieniawski (after 1989):	27
Resistenza	28
roccia	28
SPAZIATURA	28
CONDIIIONI	28

PREMESSA

Per incarico della Società Bianco Royal S.r.l., con sede in viale XX Settembre n. 1 a Carrara (MS), è stato eseguito lo studio geologico, geologico-tecnico, geomorfologico, idrografico-idrogeologico e strutturale della cava "Zebrino 1", a compendio del progetto di coltivazione redatto dall'Ing. Giacomo DEL NERO, il cui scopo è la riattivazione della cava.

L'unità estrattiva è sita nel Bacino Estrattivo dell'Acqua Bianca, Scheda PITT/PPR n. 3 PABE DCC n. 8 del 29.03.2019, in Comune di Minucciano (LU)

Scopo dello studio è ottemperare al R.D.L. n. 3267/1923, R.D.L. 1497/39 ex Art. 7, L.R. 35/15 Art. 17 comma i) lettera a), L.R. 10/2010 e D.P.G.R. 72/R Art. 3.

L'inquadramento geologico è stato realizzato su stralci della cartografia digitale realizzata per la stesura del PABE e su ortofoto di supporto al rilievo di dettaglio dell'area e della zona circostante.

La base topografica necessaria alla stesura delle carte tematiche redatte e componenti lo studio è stata rilevata dal Dott. Ing. Francesco VEZZOSI mediante rilievo fotogrammetrico con drone.

LOCALIZZAZIONE, DISPONIBILITÀ E DESTINAZIONE D'USO DELL'AREA

Localizzazione

La cava è ubicata in località "Valle del Rio Ventagio", Bacino Monte Acqua Bianca Scheda 3 del PITT/PPR, Provincia di Lucca, Regione Toscana.

L'accesso al sito avviene tramite la strada sterrata a servizio di tutte le cave attive nella valle dell'Acqua Bianca e che si diparte dal tornante di circa q. 780.0m s.l.m. della strada di collegamento Gorfigliano Vagli.

L'esatta ubicazione della cava è riportata nello stralcio della mappa satellitare, non in scala, estratta da Google Maps di Fig. 1

Disponibilità dell'area

La Società Bianco Royal S.r.l. dispone in concessione dal Comune di Minucciano di circa 2'528mq della particella catastale censita al mappale 2528p del Foglio 28 Sezione E, su cui insiste la cava "Zebrino 1", Fig. 2 Stralcio di mappa catastale non in scala allegata alla Delibera G.M. 18.02.2014.



Fig. 1: Stralcio, non in scala, la mappa satellitare estratta da Google Maps con ubicata la cava da riattivare

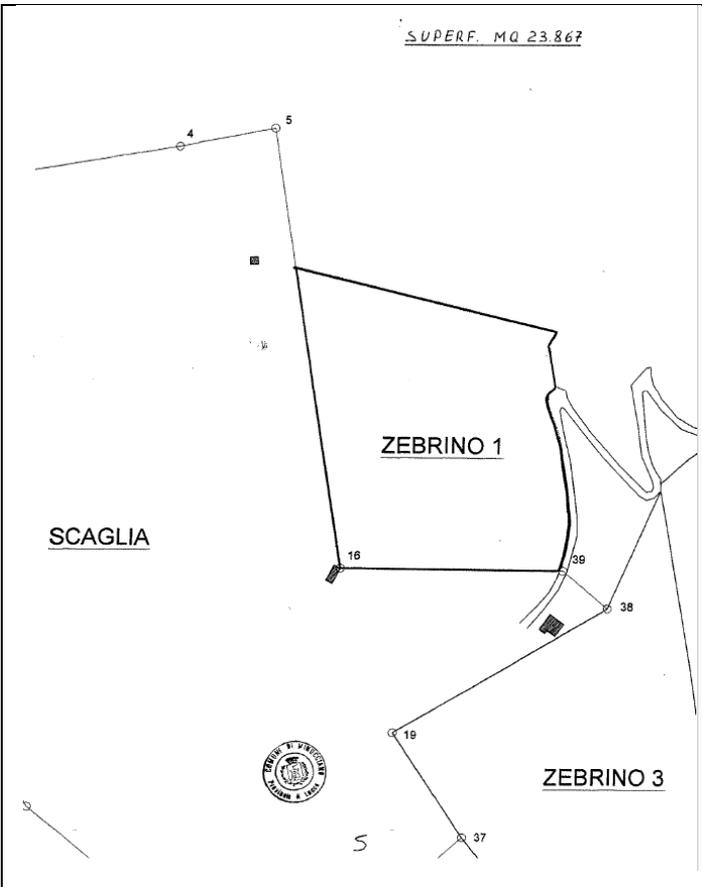


Fig. 2: Stralcio non in scala della mappa catastale allegata alla Delibera G.M. 18.02.2014.

Destinazione d'uso dell'area

La cava "Zebrino 1" ricade all'interno di una zona riconosciuta a destinazione estrattiva dal Piano Regionale Cave (PRC), strumento urbanistico che programma l'estensione e l'ubicazione delle aree estrattive all'interno del territorio regionale, oltre che a livello comprensoriale dal Piano del Parco in cui sono definite le Aree Contigue di Cava (ACC) e a livello

Piano Regionale Cava

Il Piano Regionale Cave (PRC) classifica il territorio estrattivo del Comune Minucciano come **Comprensorio 10**, suddividendolo in vari giacimenti estrattivi definiti da un codice numerico, che per il caso in esame corrisponde al n. 090460190300, il cui stralcio non in scala è la Fig. 3.

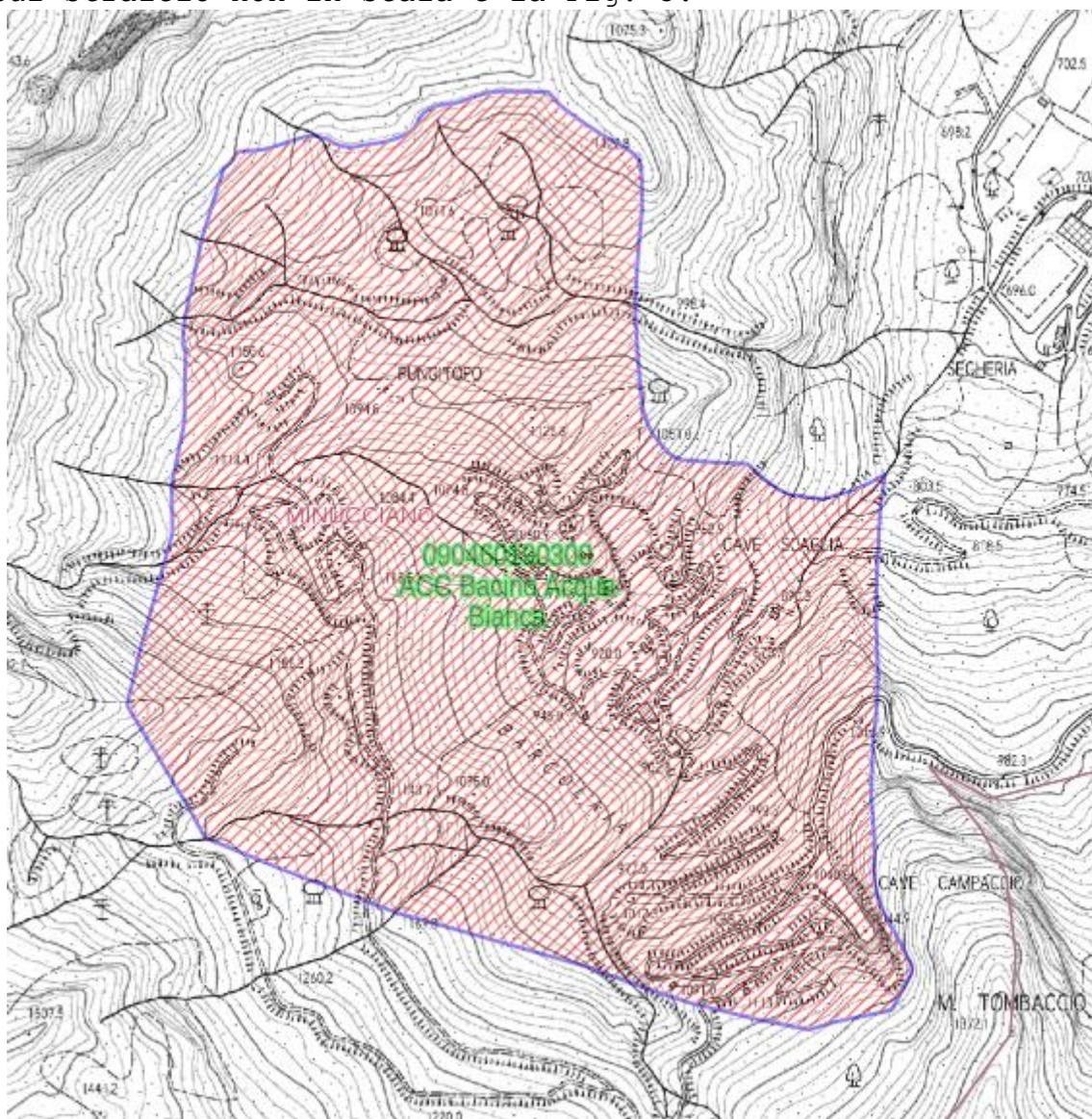


Fig. 3: stralcio non in scala del Bacino Estrattivo 090460190300 Acqua Bianca, estratto dal sito SIPT: Piano regionale cave

Piano del Parco - Aree Contigua di cava (ACC)

Dall'analisi della cartografia del Piano del Parco redatta dal Parco delle Alpi Apuane risulta che la cava ricade all'interno di Area Contigua di Cava (ACC), identifica con l'areale in rigato blu nel sottostante stralcio non in scala di Fig. 4, interna al Foglio Gorfigliano - Sezione n. 249070.

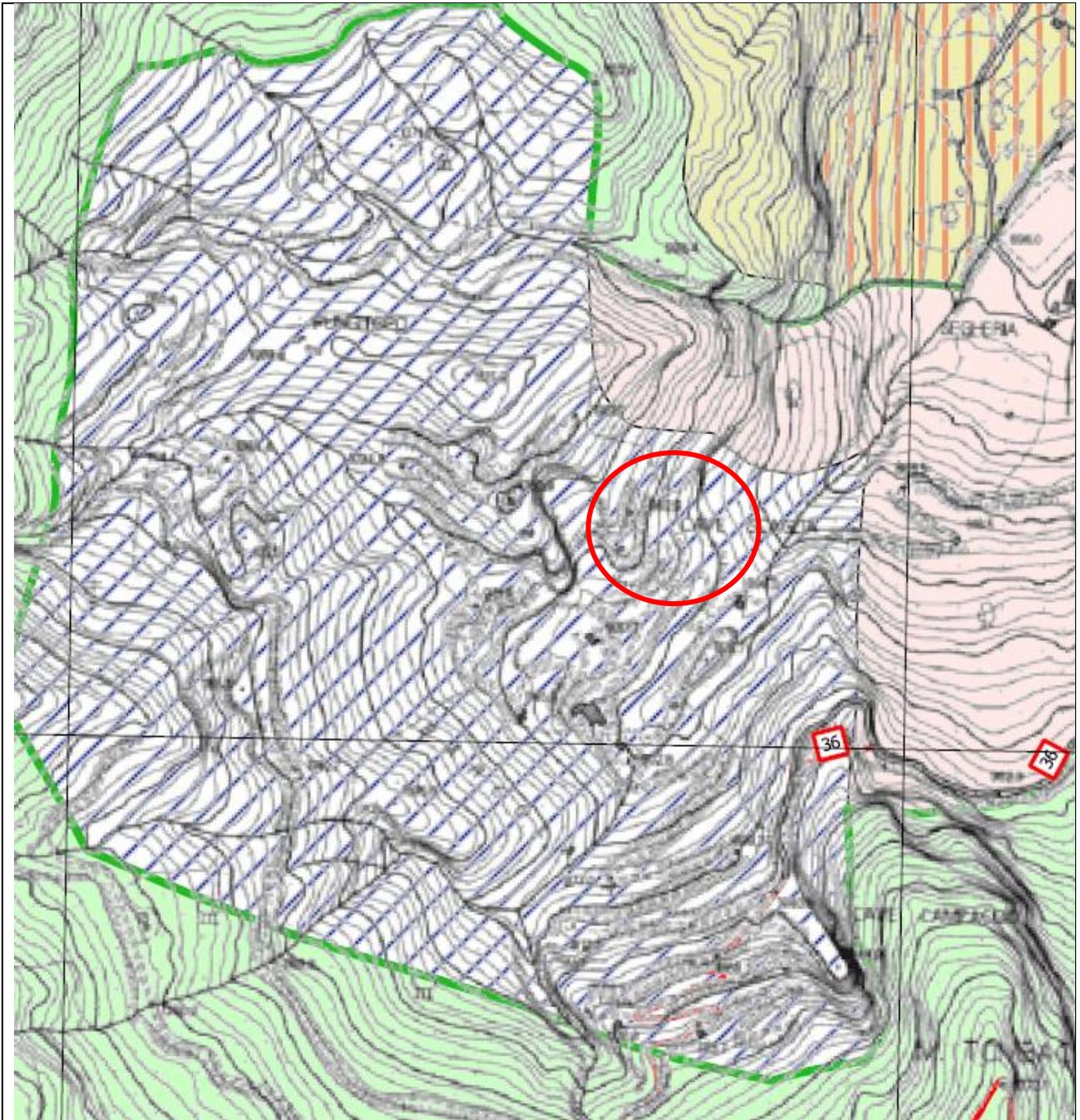
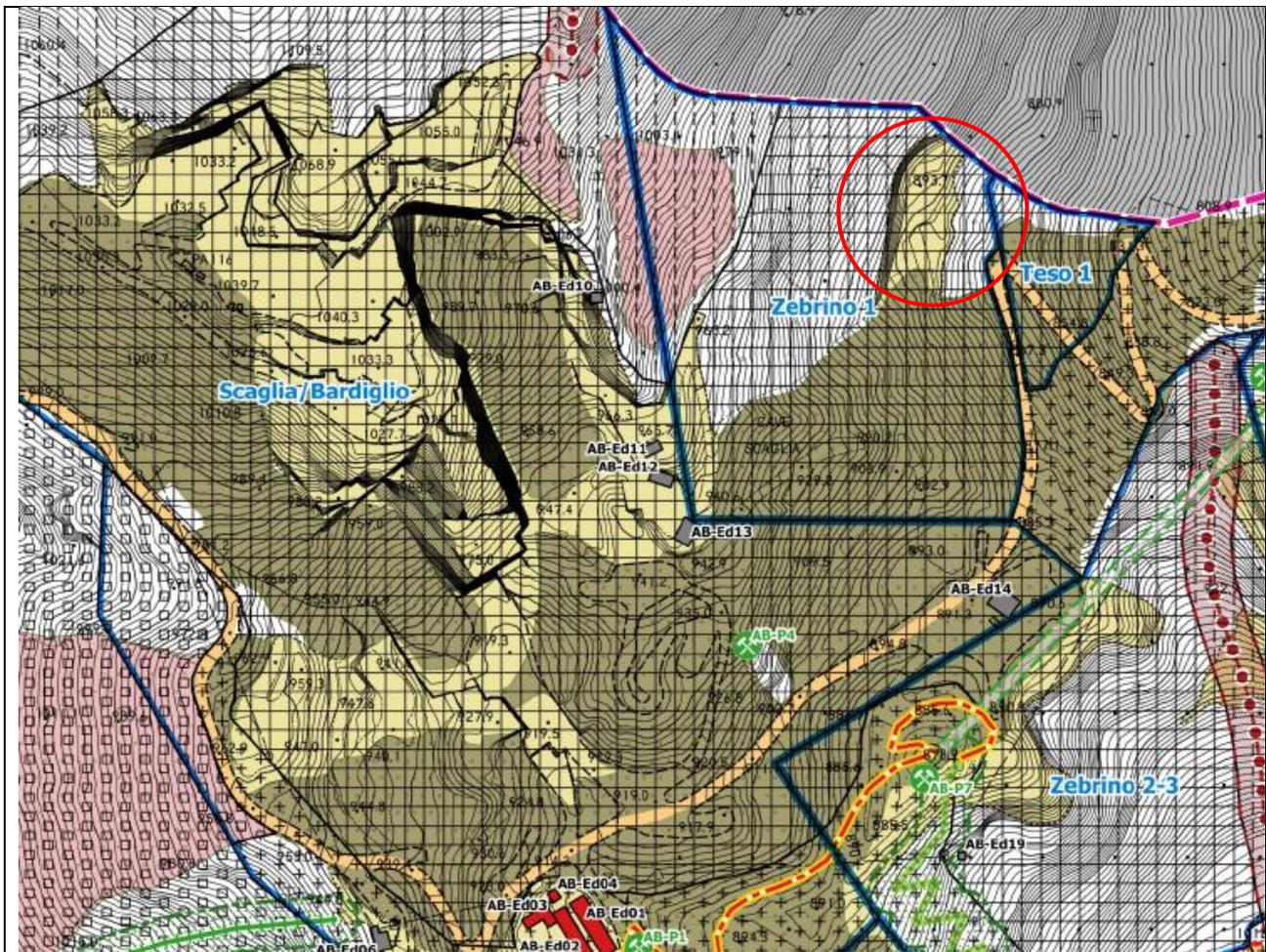


Fig. 4 Stralcio non in scala foglio Gorfigliano del Piano del Parco, con definita l'Area Contigua di Cava (ACC) in cui ricade la cava "Zebrino 1" ○ Ubicazione cava

Pabe Comune di Minucciano

La cava rimane interna al Bacino Estrattivo Acqua Bianca, come si evince dal sottostante stralcio non in scala della cartografia QPB-1_AB di "Quadro conoscitivo propositivo bacino A2019.



Legenda



Limiti amministrativi comunali

Bacini estrattivi delle Alpi Apuane



Aree contigue di cava
come da L.R. 65/97 e s.m.i.

Siti estrattivi



Perimetro sito estrattivo

Attività estrattiva



Limite attuale aree
interessate da attività estrattiva

Fig. 5: stralcio non in scala della Tavola QPB-1-AB Quadro Propositivo di Bacino



ubicazione area estrattiva dove è inserita la cava da riattivare "Zebrino 1"

Stralcio legenda tavola QP B.1

CARATTERI GEOMORFOLOGICI

La valle di Gorfigliano è una delle residue valli glaciali interne alle Alpi Apuane che caratterizzano il Comprensorio della Garfagnana rispetto agli altri comprensori apuani.

Il carattere geomorfologico saliente locale è la forma residua glaciale della valle, che si rileva attraverso le ampie valli, la forma ad "U" dei versanti e circhi residui glaciali, che trovano la loro sintesi nella forma arcuata dello spartiacque principale, caratterizzato da una concavità verso NE. Su questa originaria morfologia glaciale si è sovrainposta una morfologia pluvio-fluviale che ha generato una serie di creste secondarie trasversali rispetto alla catena principale, delimitati più o meno ampi bacini idrici secondari.

Altri elementi geomorfologici della valle sono rappresentati:

- 1) dagli elevati valori di acclività che contraddistinguono i ripidi pendii carbonatici da quelli più dolci e arrotondati delle formazioni scistose e arenacee; forme strettamente collegate all'azione erosiva dei due domini e la differente competenza geomeccanica delle formazioni costituenti le strette isoclinali che formano la struttura geologica locale;
- 2) dal deposito alluvionale eroso in diversi ordini di terrazzo localizzato sia nel fondovalle sia lungo zona basale dei rilievi laterali del basso morfologico.

Sulla base del grado di competenza posseduta:

- 1) dai litotipi affioranti si può suddividere in due differenti domini geomorfologici:
 - a) il dominio delle formazioni calcaree caratterizzato da vette molto frastagliate e da versanti coincidenti con discontinuità molto persistenti ascrivibili ai sistemi principali, aventi valori d'acclività $>45^\circ$ fino a formare ampi tratti sub-verticali, attraversati da fossi secondari che incidono più o meno profondamente la roccia circostante;
 - b) il dominio delle formazioni scistose e arenacee, dove i versanti hanno valori di acclività compresi nel range 35-45, spesso ricoperti da una fitta vegetazione arborea.
 - c) il dominio dei ravaneti e dei detriti di falda, dove i conoidi hanno valori di acclività compresi tra $30-45^\circ$, con vegetazione assente.

Da segnalare all'interno delle formazioni carbonatiche, ma all'esterno e lontano dall'area di cava, lo sviluppo di morfologia carsica rappresentata da alcuni "abissi" e "pozzi".

L'azione antropica si è esplicitata essenzialmente attraverso l'apertura di svariate cave, alcune delle quali da riattivare, e numerosi saggi di ricerca, con conseguente formazione dei ravaneti,

più o meno vasti. Elemento saliente della escavazione è rappresentato dall'unità estrattiva Scaglia/Bardiglio, dalla cava Focolaccia e dal complesso estrattivo Calcaraia, con i loro sottostanti ravaneti.

CARATTERI GEOLOGICI

La cava è ubicata in una delle aree apuane più intensamente tettonizzate del Complesso Metamorfico Apuano, **Tavola G.1, Carta e Tavola G1a Sezione Geologica**. La formazione più estesa è quella dei "Marmi s.s.", seguita dalla Formazione "Marmi dolomitici e Dolomie cristalline" che costituiscono il prolungamento della Anticlinale M.te Tamburra, a cui si raccorda sul lato orientale la Sinclinale di Gorfigliano, a nucleo Calcare Selcifero.

Inquadramento Tettonico delle Alpi Apuane

Ad iniziare dall'Oligocene superiore-Miocene, il Dominio Toscano, di cui fa parte la zona Apuana, è coinvolto nella tettonica compressiva conseguente alla collisione tra il blocco sardo-corso ed il margine apuo-versiliese. Durante tale fase compressiva, indicata nella letteratura Pisana-Senese come "Fase D₁", ma che a parere di altri studiosi corrisponde a una seconda fase "A₂" che ripiega una precedente fase "A₁" quasi complanare, vedi schema di Fig. 6, si verifica, in un primo momento, il sovrascorrimento dell'Unità Subligure e poi delle Unità Liguri sul Dominio Toscano Interno; successivamente si ha l'individuazione della Falda Toscana e del suo sovrascorrimento sul Dominio Toscano Esterno (Complesso Metamorfico Apuano), con tettonizzazione di quest'ultimo entro una fascia di taglio ensialica, NE-vergente, e suo metamorfismo in facies scisti verdi.

Il risultato di questa fase è la sovrapposizione sulla Serie Metamorfica Apuana delle Unità Liguri s.l. e Falda Toscana, con l'alloctonia di queste ultime fino a costituire all'Appennino.

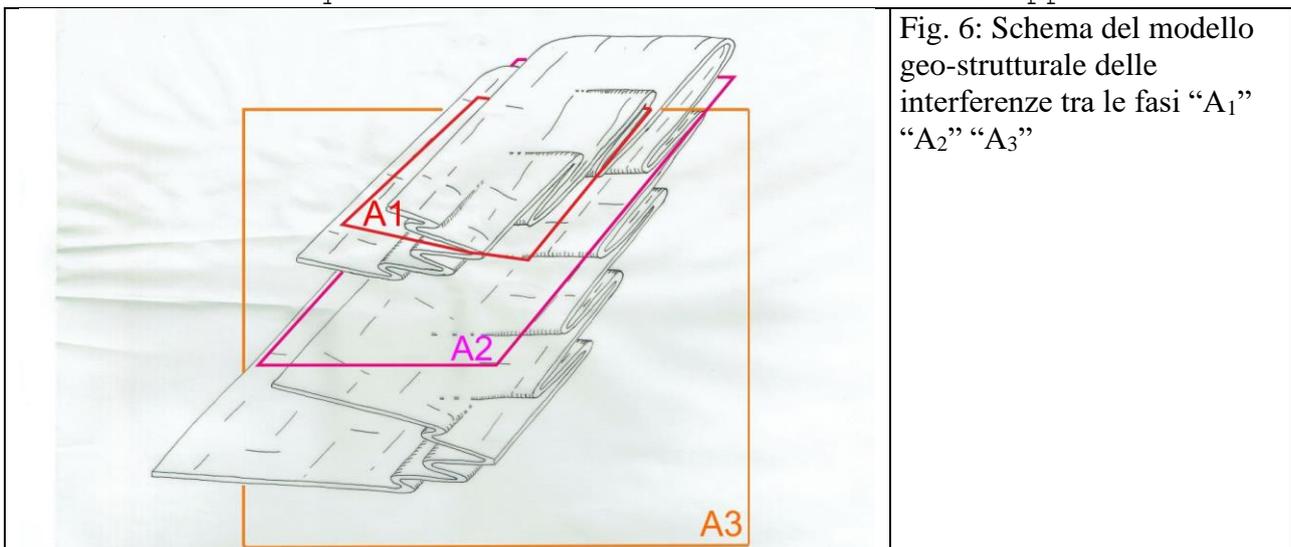


Fig. 6: Schema del modello geo-strutturale delle interferenze tra le fasi "A₁" "A₂" "A₃"

Nell'area apuana il sovrascorrimento e il conseguente impilamento delle varie unità tettoniche hanno portato alla formazione di nuove strette pieghe isoclinali che si sovrimpongono sulle esistenti pieghe isoclinali di fase "A₁"; il tutto è ben osservabile alla scala della sezione sottile, dell'affioramento di cava e dell'intera finestra tettonica.

Associata alla fase di deformazione "A₂" si rileva una scistosità sin-metamorfica "S1" subparallela al piano assiale delle pieghe isoclinali "A₂" variamente non cilindriche.

Nel Garfagnino le pieghe isoclinali di prima fase "A₁" sono registrate in livelli particolarmente "sensibili" perché ricchi in miche, come appunto quello dello "Zebrino-Cremo Delicato" e dei "Cipollini", dove le pieghe di fase "A₁" si trovano associate a quelle di seconda fase "A₂". Nella restante parte degli affioramenti marmiferi dove predomina il bianco ordinario e/o il venato e/o l'arabescato, materiali poco "sensibili", la registrazione delle pieghe di prima fase "A₁" è mascherata e sovrapposta da quella di seconda fase "A₂", che hanno sviluppato e definito una scistosità di piano assiale che nei marmi rappresenta quello che i cavaatori chiamano "**verso di macchia**".

A iniziare dal Miocene inferiore, tutte le Unità del Dominio Toscano e le Liguridi soprastanti subiscono gli effetti dell'inversione tettonica passando da un regime compressivo ad uno di tipo distensivo, terza fase "A₃", con lo sviluppo di zone di taglio distensive duttili interne al complesso Metamorfico e faglie dirette a basso angolo nelle Unità Toscane Non Metamorfiche. Tutte le strutture primarie e quelle acquisite nella fase compressiva "A₂", sono deformate nuovamente dalla terza fase "A₃", con sviluppo di un nuovo sistema di pieghe, osservabili a tutte le scale e con sviluppo di una nuova scistosità che si sovrappone alle precedenti. La geometria di queste strutture è fortemente influenzata dalla giacitura della fase compressiva "A₂" e dagli accavallamenti nella generale struttura d'antiforme (*antiformal stack*) di seconda fase, tanto da disporsi secondo un pattern centrifugo rispetto alla zona di culminazione assiale della finestra tettonica delle Apuane (Duomo di Ruosina e Duomo di Boana). Questa cinematica, unita all'erosione, ha determinato il denudamento tettonico dell'area e la conseguente emersione del Complesso metamorfico.

Inquadramento Geologico del Bacino M.te Pisanino

Nel Comprensorio di Gorfigliano la struttura geologica locale è costituita da pieghe isoclinali di fase A₂, a cui è associata una scistosità di piano assiale prevalentemente orientata NW-SE immergente verso SW-W. Localmente queste strutture principali sono ripiegate dalla deformazione A₃, che ha generato la dispersione strutturale rappresentata dalla variazione della orientazione verso NE-SW con immersione W-NW.

Le strutture principali locali sono rappresentate dalla Anticlinale del Pianellaccio, Monte Tamburra e Sinclinale di

Gorfigliano, raccordate tra loro da sinformi e antiformali parassite di minore estensione.

Nella formazione marmifera la scistosità principale di piano A₂ coincide con la discontinuità "verso di macchia" denominata dai cavatori, mentre nelle altre formazioni rimane più o meno marcata, in relazione alla natura della roccia ed a eventuali layering.

Nell'area studiata e nel suo intorno significativo affiorano le seguenti formazioni litologiche (Tav. G.1, Carta Geologica Tavola G1A Sezione Geologica):

➤ Litotipi riferibili alle Formazioni dell'"Auctotono-Autt.":

- **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);
- **Calcari selciferi a entrochi:** metacalcilutiti grigio-chiare e color avorio con liste e noduli di selce. Localmente al tetto della formazione, lenti di metacalciruditi derivate da originarie brecce poligeniche a elementi di calcilutiti, dolomie e radiolariti (Titoniano sup. - Cretacico inf.);
- **Formazione di Arnetola:** metabrecce ad elementi di marmo e selci, in matrice da verde-rossa a violacea (Lias?-Cretacico);
- **Diaspri:** metaradiolariti rosse, violacee, verdastre e raramente grigie, sottilmente stratificate con intercalazioni di filladi carbonatiche (Lias sup.);
- **Calcescisti:** calcescisti grigio-verdastri, a patina di alterazione marrone chiaro con intercalazioni di filladi carbonatiche (Lias sup.);
- **Calcari 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 con tracce di pirite e ammoniti piritizzate (Lias medio - sup.);
- **Marmo zebrino:** marmi bianchi e color avorio con sottili livelli di marmi a muscovite e, più raramente, di calcescisti grigio-verdastri; localmente livelli di filladi carbonatiche (Lias inf. - medio?);
- **Marmi s.s.:** marmi massicci di colore variabile dal bianco al grigio scuro, con rari livelli di dolomie e marmi dolomitici nella parte basale della formazione. Brecce monogeniche metamorfiche a elementi marmorei da centimetrici a decimetrici (Lias inf.);
- **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; contenenti masse di dolomie

cristalline massicce grigio chiare. (Lias inf.);

- **Grezzone:** dolomie cristalline grigio scure, con modificazioni tessiturali. Il litotipo varia da una breccia metamorfica nella parte basale, a una dolomia da grigio chiara a grigio scuro nella restante formazione, (Norico).

➤ Litotipi caratteristicamente riferibili al quaternario sono rappresentati da:

- *Depositi Detritici di Versante o di Falda:* sono conoidi detritici formati da frammenti litoidi a spigoli vivi, eterometrici in matrice da sabbiosa a sabbioso-limoso, accumulati ai piedi dei versanti e originati per disgregazione meccanica (gelo, piogge, vento, etc.) del soprastante ammasso roccioso. A volte presentano una pseudo-stratificazione
- *Depositi Detritici Artificiali o "Ravaneti":* conoidi generati dall'accumulo degli scarti prodotti durante l'escavazione. Gli elementi hanno spigoli vivi e volumetria molto variabile, immersi in matrice sabbiosa i più antichi e in matrice sabbioso-limoso i recenti.

La distribuzione areale dei principali elementi e la loro disposizione geometrica è riportata nella Carta Geologica di Tav. G.1.

ANALISI GIACIMENTOLOGICA DEL BACINO ACQUA BIANCA

Caratteri Strutturali

Il Bacino Acqua Bianca è un'area significativa e ben rappresentante della struttura polifasica che caratterizza il Comprensorio del M.te Pisanino ed in generale del Duomo Apuano nell'area garfagnina; dove l'intensa tettonica plicativa ha generato nella parte orientale del bacino:

- isoclinali fortemente stirate, spesso boudinate, fino a originare vere e proprie isolate lenti;
- la ripetizione di strutture plicative minori responsabili di ripetizioni che nella formazione marmifera origina l'alternanza di differenti livelli cromomercologici;

mentre la sua parte orientale rimane occupata dalle formazioni dei Marmi s.s. e dei Grezzoni, nucleo della grande Anticlinale M.te Tamburra.

La ripetizione di queste strutture antiformali secondarie a nucleo di marmi ha determinato l'ispessimento per ripetizione strutturale del livello marmifero e/o la ripetizione di particolari livelli cromomercologici.

Nel Bacino Acqua Bianca affiorano, oltre al Calcarea Selcifero, nucleo di una sinforme, diverse varietà merceologiche di marmi, caratterizzati da differente colore e disegno. In particolare affiorano:

- Calcarea Selcifero (cs): Metacalcilutiti da grigio scure a grigio bluastre, con liste e noduli di selce, in strati di diversa potenza;
- Calcescisti (Cipollini" (cp): calcescisti verdastri, marmi a clorite, alternati con filladi muscovitiche verdi e rosse, con liste e noduli di selce;
- Marmi "Zebrini" (ze): marmi di colore da bianco puro a bianco avorio, a grana fine, con interstrati filladici di colore grigio più o meno scuro a verde chiaro;
- Marmi "Calactoidi" (cl): metabrecce a clasti marmorei bianco-perlaceo o bianco-giallastri, immersi in matrice calcarea di colore giallo ocra;
- Marmi "Arabescati" (ar): metabrecce a clasti marmorei di colore variabile dal bianco al bianco perlaceo, immersi in matrice calcarea di colore da grigio più o meno scuro, per la presenza di parti carboniose, al verde scuro per la presenza di cloriti;
- Marmi "Grigi-Bardigli" (gr) : marmi con colore di fondo da grigio a grigio scuro, attraversati da venature più scure;
- Marmi "Venati" (ve): marmi con colore di fondo da bianco a grigio, attraversati da venature e vene scure. Quando queste sono sottoli ed il fondo è bianco chiaro la varietà è riconosciuta come "venatino";
- Marmi "Bianchi" (bi): marmi di colore da bianco perlaceo a bianco pur, uniformi nella pasta di fondo, di grana da media a fine;
- Marmi "Ordinari" (or): marmi di colore da bianco a grigio chiaro, di granulometria variabile dal fine a medio-grossa.

La distribuzione areale di questi litotipi è riportata nella Tavola G1.

Caratteri giacimentologici

Nel bacino in esame affiora un livello di "Marmo Zebrino", con potenza all'incirca decametrica, all'interno del quale è sita la cava da riattivare. Questo forma il nucleo di una antiforme minore, delimitata ad Est e a Ovest da due sinformi a nucleo di Calcarea Selcifero Tavola G1 e Tavola G1A.

Nella seguente ricostruzione fotografica è stata ricostruita la locale struttura geologica sopra descritta, con riportato limite occidentale del livello di "marmo Cipollino cp", Fig. 7. Nello schema è riportato anche l'impronta del sotterraneo che si intende realizzare, per la cui orientazione si è tenuta in considerazione il valore $45/50^\circ$ di inclinazione W.

In considerazione dell'esistente "sottocal" a che impedisce di aprire il nuovo cantiere nei suoi pressi, il progettista ha ritenuto di iniziare il medesimo nei pressi del tornante di q. 862.48m s.l.m. dove affiora il Calcarea Selcifera, per poi entrare in sottoterraneo quando si intercetta il livello di Marmo Zebrino, Fig.7.

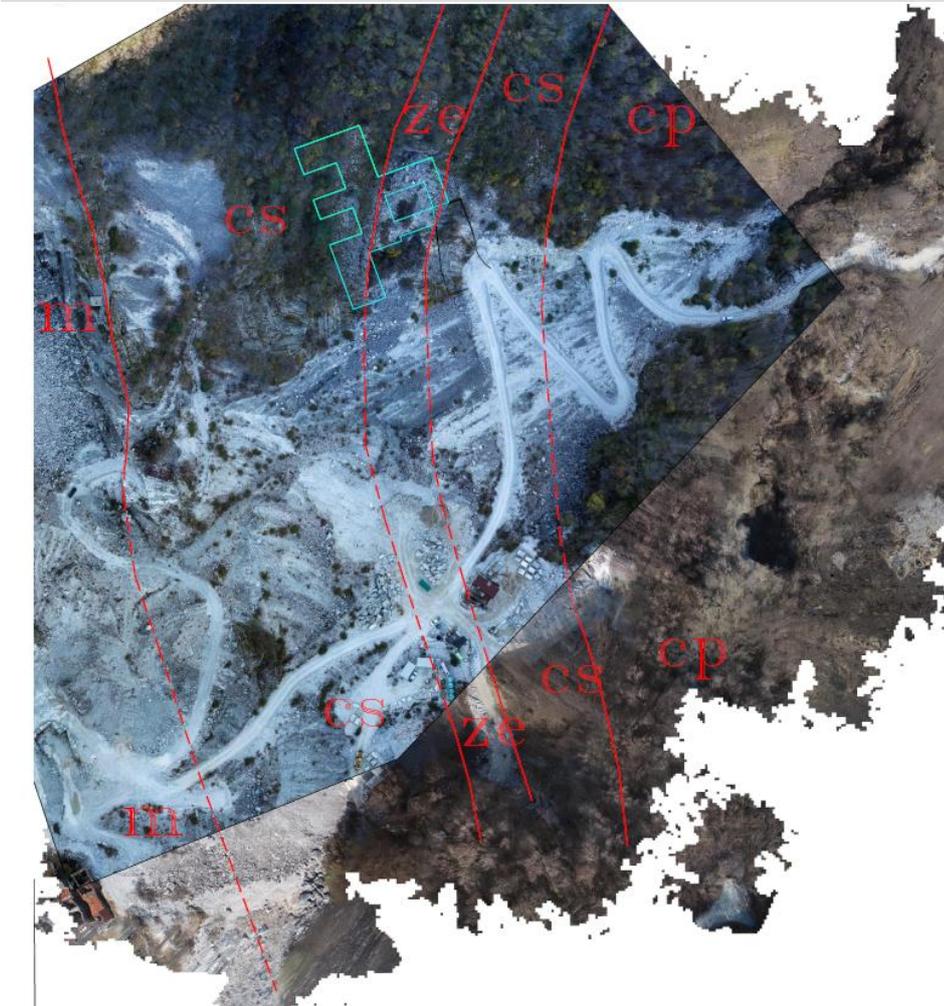


Fig. 7:
Ricostruzione
fotografica non in
scala della locale
struttura geologica

Scopo del Progetto

È la riattivazione di una cava dismessa dalla quale si estraeva un materiale pregiato. A tal fine il Progettista, vista la condizione morfo-giacimentologica attuale del sito, ha ritenuto di progettare il nuovo cantiere in sottoterraneo, andando ad intercettare il livello pregiato a circa 20m di dislivello dalla attuale morfologia vergine.

Il materiale

Marmo Zebrino:: marmi a grana medio-fine, caratterizzato da livelli calcarei di colore da bianco, a bianco-avorio, fino al beige, alternate a livelli filladico-muscovitiche di colore grigio-verde.

I parametri di resistenza del "Marmo Zebrino" intatto sono stati ottenuti attraverso la consultazione del catalogo "The Tuscan Marble Identities" edito dalla Regione Toscana e realizzato dalla Internazionale Marmi e Macchina Carrara S.p.a., Tab. 1.

L'alternanza dei livelli di differente natura chimico-mineralogica determina una anisotropia nel materiale che si identifica con la scistosità di fase "A2". Anisotropia a cui sono collegate le "macchie lenti", piani di scistosità ricchi in miche che tendono a staccarsi con urti violenti.

CARATTERISTICHE FISICO-MECCANICHE MARMO ZEBRINO Tab. 1				
Norma	Caratteristica	U.M.	Val. Med-	Dev. St
EN 13755-08	Assorbimento acqua a pressione atmosferica	%	0.22	0.12
EN 1936-07	Massa volumetrica apparente	Kg/mq	2710	0.0
EN 1936-07	Porosità aperta	%	0.5	0.02
En 12372-07	Resistenza a flessione con carico concentrato			
	(allo stato naturale)	MPa	4,9	
	EN 12371-03 Dopo 48 cicli di gelo	MPa	4,5	
EN 1936-07	Resistenza alla compressione	MPA	69,6	
EN 14231-04	Resistenza allo scivolamento			
	Finitura levigata a secco	USRY	59	5
	Finitura levigata a umido	USRY	27	3

La Discarica e la gestione del derivato da taglio

Il derivato da taglio prodotto giornalmente sarà spaccato e caricato direttamente su camion, senza creare stoccaggi stabili. L'eventuale minimo stoccaggio può dipendere da cause accidentali, quali la rottura del camion, comunque rimarrà sempre come evento temporaneo ed eccezionale.

CARATTERI IDROGEOLOGICI E IDROGRAFICI

Caratteri Idrogeologici

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

In base al tipo di permeabilità posseduta, i litotipi affioranti possono essere suddivisi in (**Tav. QC-2-3-AB**):

➤ Rocce Incoerenti

Alla classe appartengono tutti i depositi e conoidi detritici naturali o artificiali, quest'ultimi costituiti da scaglie marmoree, mentre i primi rimangono costituiti da elementi provenienti dalla disgregazione e alterazione delle rocce affioranti nel Bacino Acqua Bianca.

-Rocce con permeabilità primaria o per porosità

- Depositi detritici artificiali-Ravaneti: corrispondono agli accumuli detritici incoerenti composti da scaglie marmoree eterogranulari a spigoli vivi, caratterizzati da grado di permeabilità da medio a alto, in relazione alla quantità di

materiale terrigeno inglobato all'interno del conoide. Il grado di permeabilità, pur rimanendo elevato, tende a diminuire all'intero dove aumenta la frazione terrigena. I ravaneti, generalmente, non sono sede di acquiferi nonostante posseggano un elevato grado di permeabilità che faciliti l'infiltrazione delle acque meteoriche; perché subiscono l'azione di drenaggio da parte del sottostante bedrock marmifero, caratterizzato da un elevato grado di permeabilità.

- Depositi detritici naturali-conoidi e falde di versante: coincidono con gli accumuli naturali di limitata estensione e potenza che si formano alla base di balze subverticali o in aree a dolce acclività dove si depositano i frammenti rocciosi che distaccandosi dall'ammasso rotolano lungo i pendii. Questi conoidi sono costituiti da elementi eterogranulari a spigoli vivi, con scarsa o assente frazione terrigena. La permeabilità è di alto grado, anche se la presenza di una frazione terrosa la può ridurre fino al medio grado. La limitata estensione areale ed il substrato calcareo su cui poggia fanno sì che non si generino serbatoi idrici nel loro interno.
- Depositi e coperture eluvio-colluviali: hanno estensione limitata e soprattutto coincidono con le aree dove il substrato roccioso è costituito dalle formazioni silicee e arenacee. Il livello è costituito dai prodotti d'alterazione e disfacimento della roccia in posto, che tende a depositarsi lungo i versanti a minore acclività e/o nelle aree depresse. Il grado di permeabilità è generalmente da basso a medio, dipendendo dalla maggiore o minore diffusione dei prodotti di alterazione (limi, argille ed ecc..).

➤ **Rocce Coerenti**

Alla classe appartengono tutte le formazioni metamorfiche affioranti nella valle e nel bacino Acqua Bianca indipendentemente dal grado di permeabilità posseduto.

□ Rocce con permeabilità secondaria o acquisita

A questa tipologia di rocce appartengono tutte le formazioni metamorfiche fratturate o carbonatico-dolomitiche, la permeabilità per fratturazione è tipica delle prime, quella per carsismo e per fratturazione si riscontra nelle rocce solubili quali: Gessi, Carbonati, Dolomie e tipi intermedi.

Nel Bacino Acqua Bianca e nel suo intorno significativo le rocce affioranti permeabili per fratturazione e carsismo sono rappresentate:

Formazioni con alto grado di permeabilità per fratturazione crescente e carsismo: Formazione di Arnetola, Marmi s.s., ambedue posseggono un elevato grado di permeabilità per fratturazione, che in relazione alla loro composizione chimica può subire l'azione di dissoluzione da parte acque d'infiltrazione. Le formazioni di

questo tipo hanno un alto grado di permeabilità, la rete di fratture rimane costituita:

- da fratture principali molto aperte e persistenti, i cosiddetti "condotti carsici", responsabili della veloce circolazione delle acque sotterranee, quindi della repentina ricarica delle sorgenti;
 - da fratture secondarie, caratterizzate da differente estensione e apertura, nelle quali la circolazione sotterranea avviene più lentamente, rimanendo responsabili della costanza nella portata delle sorgenti. La rete secondaria di fratture alimenta la rete primaria.
- Formazione con medio-alto grado di permeabilità per fratturazione crescente e limitato carsismo: Marmi Dolomitici, ha caratteristiche idrogeologiche molto simili ai litotipi precedenti, pur sviluppando minori fenomeni carsici
 - Formazioni con medio grado di permeabilità per fratturazione decrescente e limitati fenomeni carsici: Calcarea Selcifera Metamorfica, Calcescisti: l'infiltrazione all'interno dei litotipi avviene essenzialmente per fratturazione, in quanto lo sviluppo dei fenomeni carsici è molto limitato a causa della composizione chimico-mineralogica ricca in silice. La formazione è caratterizzata da una permeabilità media decrescente con la profondità, perché le fratture tendono a ostruirsi per accumulo dei prodotti limo-argillosi derivanti dall'alterazione della roccia.
 - Formazioni con basso grado di permeabilità per fratturazione decrescente: Diaspri, sono rocce silicee compatte dove il grado di permeabilità varia da medio-basso a basso, dipendendo direttamente dal grado di fratturazione dell'ammasso. La permeabilità varia quindi in funzione delle condizioni deformative della roccia, risultando di regola medio-bassa nei livelli superficiali dove sono concentrate le fratture, per decrescere con l'approfondirsi per occlusione delle stesse a seguito della deposizione dei prodotti di alterazione nell'interno.

Caratteri Idrografici

L'area in studio è parte integrante del vasto Bacino idrografico del Fiume Serchio.

Lo sviluppo della locale rete idrografica dipende dalla composizione chimico-mineralogica delle formazioni affioranti nel bacino, dove il diffuso affioramento di rocce carbonatiche genera un'elevata infiltrazione che comporta sia l'assenza di deflussi superficiali, rilevabili solo durante intense piogge, sia l'assenza di sorgenti carsiche con portate significative. Le sorgenti con portate d'acqua significative interne al Bacino Acqua Bianca sono Fracassata (circa 30l/se) e Preto Maggiore (circa 20l/sec), le cui acque vanno ad alimentare i deflussi del Fosso Acqua Bianca.

Caratteristiche della Falda Freatica

L'elevata infiltrazione delle acque meteoriche dovuta agli alti gradi di permeabilità posseduta dalle rocce carbonatiche affioranti nel Bacino Acqua Bianca, ed in generale da tutta la valle del Pisanino, alimenta una falda freatica profonda che non genera significative sorgive carsiche verso est, nonostante i vari tagli morfologici rappresentati dai fossi naturali e dal fondovalle. Questa assenza di sorgenti carsiche fa presupporre che la falda sia molto profonda e che possa partecipare alla alimentazione delle sorgenti di Equi e/o del Frigido.

Prove condotte con traccianti vegetali (*Lycopodium clavatum*) immessi nella sorgente Fracassata non hanno dimostrato una connessione sotterranea tra questa e le sorgenti di Equi e del Frigido. Il mancato arrivo delle spore nelle sorgenti monitorate non è un sicuro indice di assenza di collegamento idrogeologico, in quanto le spore possono essere state disperse all'interno della falda durante il loro deflusso e/o disperse per altre cause, quali trappole idrogeologiche interne al substrato impermeabile oppure al serbatoio idrogeologico incassante.

VULNERABILITA' DEGLI ACQUIFERI

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.

Il problema è sentito nelle aree a vocazione estrattiva, dove l'attività svolta, se non organizzata, può essere fonte di inquinamento per dispersione di oli minerali sul terreno.

Nella Carta della Vulnerabilità degli acquiferi di (Civita et alii, 1991), Fig.8 stralcio non in scala, l'area è classificata nella classe ad alta vulnerabilità (valori sintacs 50/70).

Al fine di contenere al minimo il rischio di inquinamento dell'acquifero sopra definito, nella cava in oggetto:

- i quantitativi di olio minerale saranno contenuti in contenitori coperti, così da risultare protetti dagli agenti atmosferici;
- i carburanti in appositi saranno contenuti doppi serbatoi a norma di legge, muniti di pistola erogatrice così da evitare dispersioni durante il rifornimento dei mezzi;
- gli oli esausti saranno contenuti in apposito contenitore coperto, per essere poi smaltiti secondo le normative vigenti (consegna a Ditte specializzate nella raccolta e recupero);

- la marmettola di maggiore granulometria prodotta con i tagli delle tagliatrici a catena palata sarà insaccata direttamente al momento del taglio;
- la marmettola di fine granulometria proveniente dai tagli a filo diamantato sarà pompata, assieme alle acque reflue, nella/e vasca/he metallica/he di decantazione munita/e di sacchi filtranti, all'interno dei quali sarà raccolta e essiccata, per poi essere trasportata in discarica da Ditte specializzate.

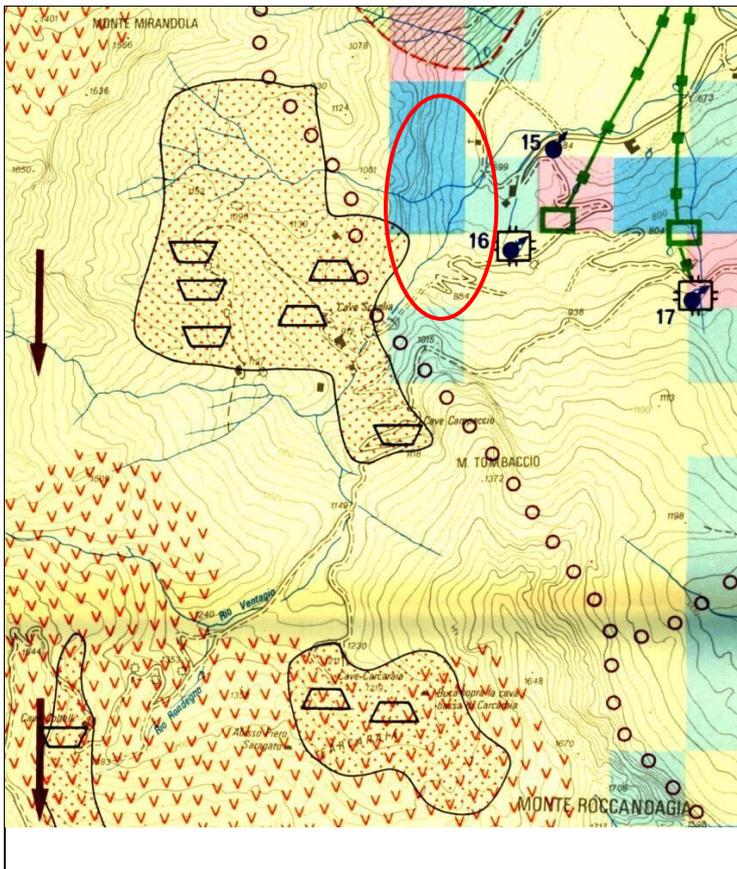


Fig. 8: Stralcio non in scala “Carta della Vulnerabilità degli acquiferi all’Inquinamento degli Acquiferi delle Alpi Apuane” – M. Civita-M. Meccheri et Ali.

○ Ubicazione nuova cava

DETERMINAZIONE DELLE LINEE DI FLUSSO IDRICO SOTTERRANEO

In una struttura geologica le direzioni di deflusso sotterraneo delle acque infiltratesi nel sottosuolo dipendono generalmente dalla struttura a grande scala, anche se l'andamento di quella locale può influenzarle, con particolare riferimento alla condizione strutturale della deformazione rigida.

Alla struttura geologica sono di fatto collegati i limiti idrogeologici, quindi il grado e la differenza di permeabilità tra le varie formazioni, che consentono di definire il substrato impermeabile ed il serbatoio idrico che contiene la falda e, conseguentemente, l'andamento delle linee di deflusso sotterranee principali; mentre l'infiltrazione locale delle acque all'interno dell'ammasso roccioso seguono di fatto le linee di massima pendenza dei sistemi più aperti, generalmente coincidenti con i sistemi principali di frattura.

Le strutture locali, con particolare riferimento alla deformazione rigida, sono quelle che influenzano l'infiltrazione e il primo andamento sotterraneo delle direzioni di deflusso, con eventuale variazione di queste in relazione alla struttura geologica a grande scala.

A grande scala la sequenza della struttura geologica, lungo la direttrice Massa-Arni Vagli è rappresentata da una serie di pieghe isoclinali di fase "A₂" le rappresentate:

1) Anticlinale Vinca	2) Sinclinale M.te Contrario	3) Anticlinale M.te Contrario
4) Sinclinale Orto di Donna	5) Anticlinale M. te Tamburra	6) Sinclinale di Gramolazzo

con le struttura geologiche 1), 4) e 5) d'estensione chilometrica, le 2), 3) 10) e 6) ettometrica.

A questa complessa impalcatura geologica corrisponde una più semplice struttura idrogeologica, costituita da un vasto serbatoio idrico sotterraneo coincidente con i livelli carbonatici della Anticlinale M.te Tamburra e confinato lateralmente da due strutture impermeabili, a Ovest la Sinclinale Orto di Donna e a Est dalla Sinclinale di Gramolazzo.

L'assenza di significative sorgenti carsiche all'interno del Bacino Acqua Bianca, ed in generale di tutta la valle del Pisanino, contestualmente alla immersione posseduta dal Duomo Apuano verso N-NW, fa presupporre che la falda profonda defluisca in tale direzione, così da partecipare alla alimentazione delle sorgenti carsiche di Equi e forse delle sorgive solforose. Ipotesi in tal senso troverebbero supporto nella elevata temperatura e nel caratteristico chimismo delle acque, ambedue sono indizi di una circolazione carsica molto profonda interna a rocce carbonatiche (Marmi, Dolomie, Calcari Dolomitici et ecc..) e/o di anidridi (Cavernoso Falda Toscana), dove lo zolfo nel calcare rimane contenuto come vicariante all'interno del reticolo cristallino, mentre nelle anidridi e parte componente della roccia.

La non definita direzione di deflusso sotterraneo delle acque che si infiltrano nella Valle del M.te Pisanino trova conferma sia nella Tav. G3 carta Idrogeologica sia nell'allegato 9, il cui stralcio non in scala è la Fig. 9, dello "Studio Idrogeologico prototipale del corpo idrico significativo dell'acquedotto carbonatico delle Alpi Apuane, Monti d'oltre Serchio e S. Maria del Giudice" redatto dal CGT dell'Università di Siena, dove non sono definite linee di deflusso sotterranee delle acque che si infiltrano nel serbatoio idrico del bacino Acqua Bianca e del suo intorno significativo.

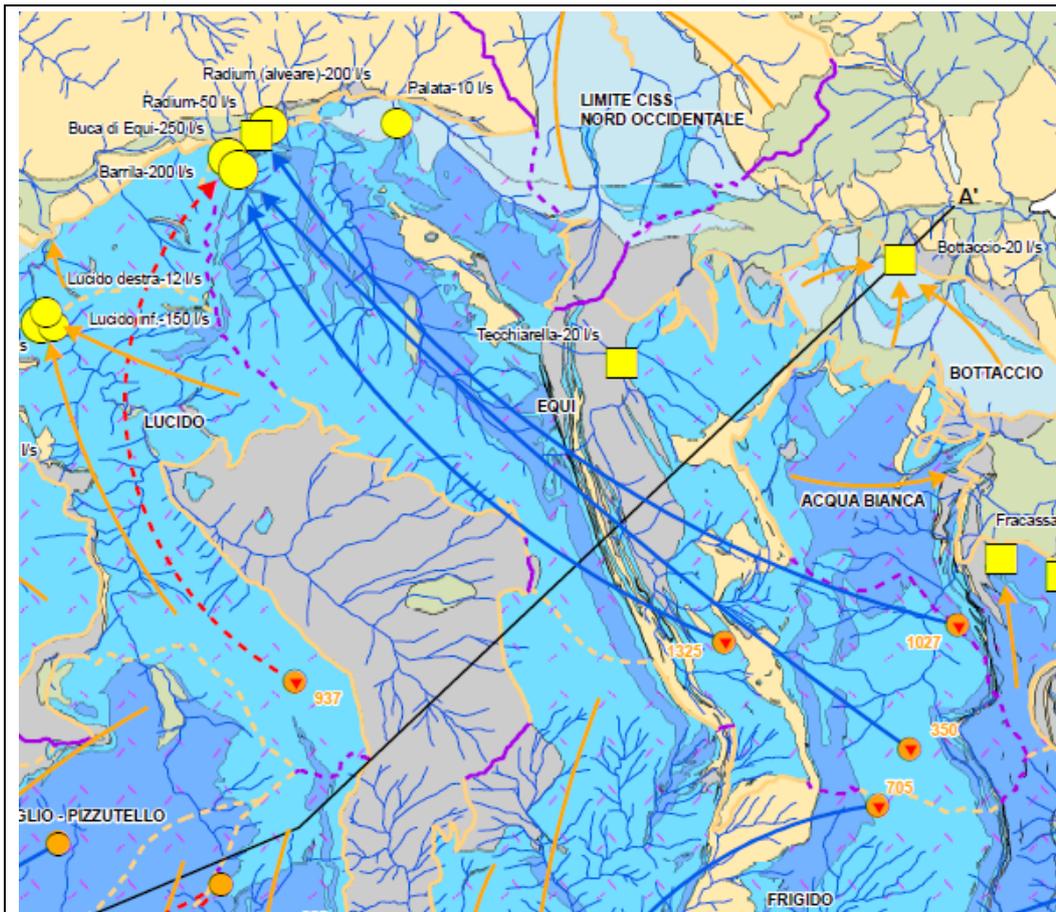


Figura 9: stralcio carta "Aree di alimentazione dei sistemi idrogeologici del CISS delle Alpi Apuane" – Addendum – Allegato 9a.

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

Limiti di bacino <i>Watershed and Recharge Area Boundaries</i>	Principali direttrici di deflusso sotterraneo in sistema idrogeologico carbonatico <i>Groundwater Flow Direction</i>	Sezioni Idrogeologiche <i>Hydrogeological Cross-Sections</i>
Limite di bacino idrografico <i>Watershed divide</i>	certa <i>Definite</i>	Traccia di sezione idrogeologica <i>Hydrogeological Cross-Sections</i>
Limite di area di alimentazione di sistema idrogeologico coincidente con limite di bacino idrografico: <i>Recharge area boundary (same as watershed divide)</i>	incerta <i>Uncertain</i>	Idrografia superficiale <i>Surface Waters</i>
certo <i>Definite</i>	presunta <i>Inferred</i>	Reticolo idrografico <i>Stream network</i>
presunto <i>Inferred</i>	Principali cavità carsiche con indicazione del numero di catasto F.S.T. (sede di prova di tracciamento) <i>Dye test (cave)</i>	Laghi naturali e artificiali <i>Natural and artificial lakes</i>
Limite di area di alimentazione di sistema idrogeologico: <i>Recharge area boundary</i>	Punto di immissione di tracciante idrogeologico naturale <i>Dye test (fracture)</i>	
certo <i>Definite</i>		
presunto <i>Inferred</i>		

CENNI SUL CICLO DELLE ACQUE DI LAVORAZIONE

L'argomento è trattato con maggior dettaglio nel Progetto di Gestione delle Acque all'interno della cava.

ORIENTAZIONE DEI FRONTI

Di seguito si riporta l'orientazione e le dimensioni che i fronti e le tecchie andranno ad acquisire nel corso del progetto.

CAVA ZEBRINO 1		PROGETTO 2024-2029			
CANTIERE	FRONTI		TECCHIE		
	dir/incl	h(m)	dir/incl	h(m)	
CIELO APERTO	N070/89 SE	3.0-4.0	N070/89 SE	18.0-25.0	
	N160/89 NE		N070/89 NW	0.0-8.0	
			N160/89 SW	5.0-18.0	
			N160/89 NE	8.0-25.0	
SOTTERRANEO	GALLERIE	b(m)	h(m)	l(m)	
	N070/89	7.0-15.0	5.5-9.0	21.0-54.0	
	N160/89	7.0-12.0	5.5-9.0	30.0-55.0	

Tab. 1: Elenco delle orientazioni di fronti, tecchie, tracciamenti allo stato attuale e di progetto della Cava Zebrino 1.

IL RILIEVO STRUTTURALE

Raccolta dati geostrutturale

In considerazione che l'intervento interessa una morfologia vergine dove lo stato di fratturazione del sito rimane "inquinato" dalle fratture ascrivibili al cappellaccio, anche se di potenza ridotta, al fine definire le caratteristiche geomeccaniche

dell'ammasso oggetto di escavazione si è proceduto all'esecuzione di stazioni puntuali interne al livello di "Marmo Zebrino" e del suo intorno significativo dove affiora il Calcarea Selcifero.

La realizzazione delle stazioni di misura, la cui localizzazione è stata definita dopo attento esame della condizione geologico-strutturale, ha permesso di definire, in base alla osservazione e alla esperienza personale, il riconoscimento dei caratteri fisico-meccanici e geometrici delle singole discontinuità, così da poter definire:

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

Nonostante che il rilievo strutturale sia stato eseguito mediante stazioni puntuali di misura, si è cercato di applicare il metodo normalizzato per la descrizione delle discontinuità elaborato dall'I.S.R.M. (International Society of Rocks Mechanics, 1978).

Di ogni discontinuità individuata sono state rilevate le seguenti caratteristiche:

<input type="checkbox"/> .Geometriche: ◆ orientazione ◆ spaziatura ◆ persistenza	<input type="checkbox"/> .Fisiche: ◆ scabrezza ◆ rugosità ◆ alterazione ◆ apertura ◆ riempimento ◆ presenza d'acqua
--	--

Elaborazione dei dati raccolti

Il rilievo strutturale, (Tav.G6: Carta della Fratturazione in scala 1:500), ha permesso di identificare le discontinuità affioranti e di caratterizzarle attraverso il metodo normalizzato dell'I.S.R.M. (International Society of Rocks Mechanics, 1978).

Tutti i dati raccolti sono stati elaborati col programma Dips Rocscience®, che ha consentito di definire le famiglie di discontinuità, i piani rappresentativi e le caratteristiche fisico-meccaniche. L'analisi delle discontinuità rilevate ha evidenziato 3 sistemi principali discontinuità: K1 "verso di macchia", K2 "contro", K3 "secondo" suddiviso nei sottosistemi K3a e K3b. Allo scopo di evidenziare la giacitura preferenziale delle discontinuità rilevate nel sito si riportano:

- le Figure delle proiezioni su reticolo equatoriale di Wulf dei poli delle discontinuità, dei massimi in frequenza, delle rose di frequenza dei sistemi e delle proiezioni equatoriali dei piani rappresentativi (Fig. 10-13);
- la Tabella dei ranges di immersione ed inclinazione dei sistemi di discontinuità definiti in base alla proiezione su diagramma di Wulf delle discontinuità rilevate, (Tab. 2);
- il foglio di campagna del rilievo così da disporre delle caratteristiche fisico-meccaniche delle discontinuità (Tab. 3).

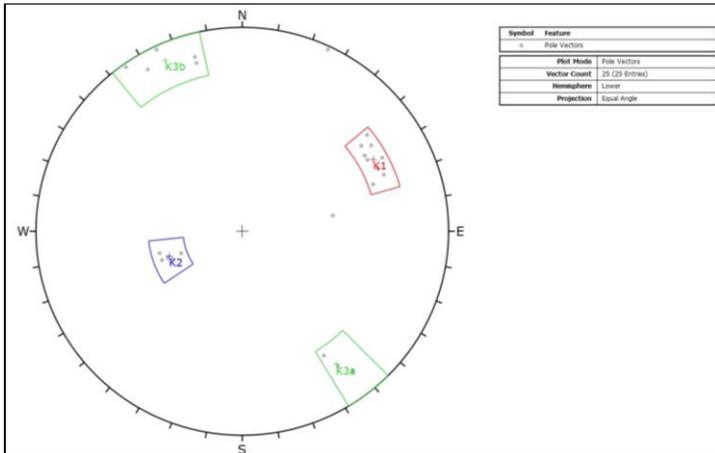


Fig.10: Proiezione polare su reticolo di Wulff dei poli e delle discontinuità rilevate

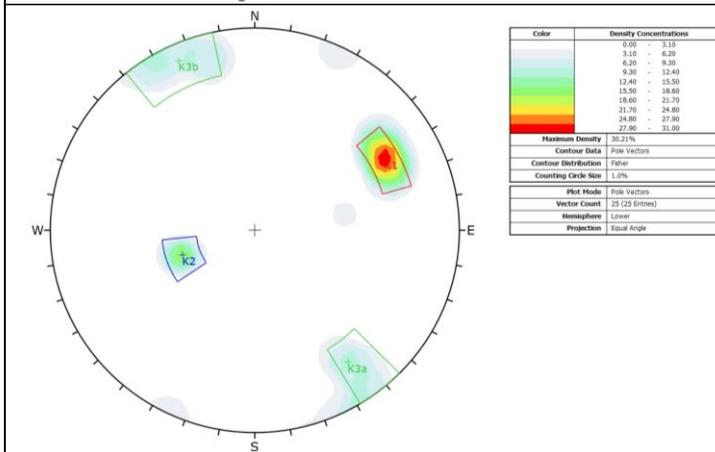


Fig.12: Proiezione polare su reticolo di Wulff della densità dei poli delle discontinuità rilevate

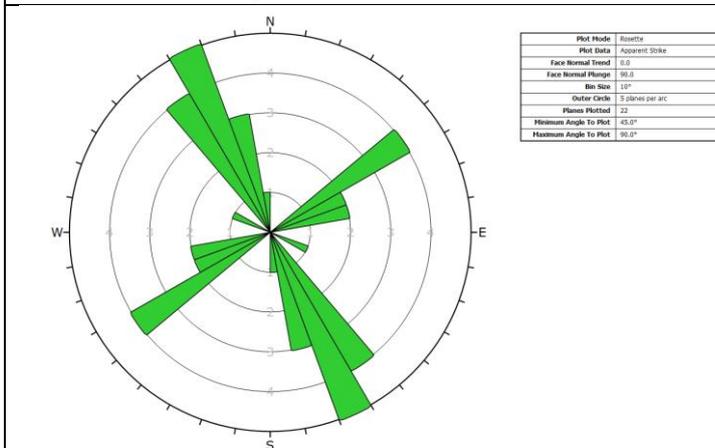


Fig.13: Proiezioni polare su reticolo di Wulff della densità a rose dei sistemi di discontinuità.

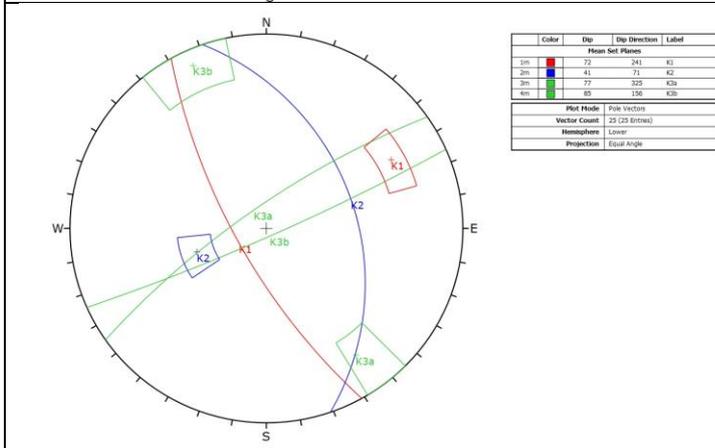


Fig.14: Proiezione equatoriale su reticolo di Wulff dei piani rappresentativi i sistemi di discontinuità

Nella sottostante Tab. 2 sono riportati i valori di giacitura dei 3 sistemi di discontinuità rilevati e il piano rappresentativo medio di ciascuno di questi.

Sistema	K1//S1	K2	K3	
Sottosistema			K3a	K3b
Ranges Immersione	230-254	56-84	315-329	141-168
Ranges Inclinazione	66-77	32-49	69-83	76-89
Piano Rappresentativo	240-72	69-40	325-84	149-87

Tab. 2: Tabella dei Range di immersione, Inclinazione e Piano rappresentativo dei sistemi di discontinuità rilevati nel sito

Il sottostante stralcio si riferisce al foglio di lavoro di campagna.

ID	Dip	Dip Direction	Set	SPAZIATURA	LUNGHEZZA	FORMA	TIPO	TERMINA SU	APERTURA	ALTERAZIONE	RIEMPIMENTO	JRC	H2O	NOTE	STENMDIMENTO	CANTIER
1	71	234	1	0	5	V	X-X		0	assente	assente	4-6		MACCHIE LENTE		
2	73	248	1	0.25	5	V	X-X		0	assente	assente	6-8		MACCHIE LENTE		
3	75	242	1	0.15	5	VIII	X-X		0	assente	assente	8-10		MACCHIE LENTE		
4	70	238	1	0.3	5	V	X-X		0	assente	assente	2-4		MACCHIE LENTE		
5	72	245	1	0.2	5	VIII	X-X		0	assente	assente	4-6		MACCHIE LENTE		
6	68	250	1	0.3	5	V	X-X		0	assente	assente	4-6		MACCHIE LENTE		
7	75	232	1	0.15	5	V	X-X		0	assente	assente	6-8		MACCHIE LENTE		
8	70	240	1	0.25	5	VIII	X-X		0	assente	assente	6-8		MACCHIE LENTE		
9	72	245	1	0.2	5	VIII	X-X		0	assente	assente	8-10		MACCHIE LENTE		
10	74	236	1	0.3	5	V	X-X		0	assente	assente	2-4		MACCHIE LENTE		
11	35	70	2	1	10	V	X-X		20-50	assente	assente	6-8				
12	83	165	4	0.25	1.5	VIII	X-R	11	20	assente	assente	6-8				
13	85	150	4	0.5	2.5	II	X-D		20	assente	assente	6-8				
14	89	145	4	0.5	1.5	II	X-D		50	assente	assente	6-8				
15	40	68	2	0	10	V	X-X		20	assente	assente	4-6				
16	82	322	3	1.8	10	II	X-X		10	assente	assente	6-8				
17	78	325	3	0.1	10	V	X-R	1	10	assente	assente	6-8				
18	72	327	3	0.8	10	II	X-X		0	assente	assente	6-8				
19	89	155	4	0	10	II	X-X		5	assente	assente	8-10				
20	81	165	4	1.2	10	II	X-X		10	assente	assente	6-8				
21	89	205		0.6	10	II	X-D		0	assente	assente	4-6				
22	48	260		0.15	5	V	X-X		0	assente	assente	4-6				
23	45	70	2	0.25	5	VIII	X-X		0	assente	assente	4-6		MACCHIE LENTE		
24	42	70	2	0.1	5	V	X-X		0	assente		6-8		MACCHIE LENTE		
25	45	75	2	0.6	5	VIII	X-X		0	assente	assente	4-6		MACCHIE LENTE		
26																

Tab. 3: Foglio di campagna delle discontinuità rilevate e con le caratteristiche fisico-meccaniche

CLASSIFICAZIONE DELL'AMMASSO ROCCIOSO

In questo paragrafo si procede alla caratterizzazione dell'ammasso roccioso secondo varie metodologie, sulla base dei dati geostrutturali rilevati durante la campagna d'indagine.

A tal fine sono stati applicati i metodi di Bieniawski (1989) e di Sonmez Ulusay (1999) così da classificare l'ammasso roccioso e determinarne il range di esistenza del GSI (Geological Strength Index - Hoek & Brown, 2002) e dei parametri di resistenza meccanica.

Classificazione di Bieniawski (after 1989):

Il metodo consiste nell'assegnare un valore (indice RMR) risultante dalla sommatoria di cinque indici valutati in relazione alle caratteristiche dell'ammasso roccioso e delle discontinuità che lo caratterizzano (Tab. 5), riferite al peso statistico di ogni sistema, corretto in funzione della combinazione tra orientazione esistente dei fronti principali e dei vari sistemi di discontinuità. La sommatoria fornisce un indice che viene raffrontato a cinque classi di qualità dell'ammasso, (Tab. 4).

La classificazione geomeccanica dell'ammasso roccioso, secondo il metodo di Bieniawski (indice RMR), è stata ottenuta impiegando i parametri fisico-meccanici:

- RQD (Rock Quality Design);
- Resistenza a compressione del materiale intatto;
- Spaziatura delle discontinuità;
- Persistenza delle discontinuità;
- Condizioni di persistenza, riempimento, rugosità discontinuità;
- Condizioni idrauliche;

Per definire il valore di RQD, in assenza di carotaggi diretti è stata utilizzata la formula di Palmstrom (1982) che mette in relazione il Rock Quality Design con l'indice di fratturazione (J_v) indicativo del numero di discontinuità presenti in un metro cubo di roccia.

$$\mathbf{RQD = (115 - 3.3J_v)\% \text{ per } J_v \geq 4.5 \quad \mathbf{RQD = 100\% \quad \text{per } J_v < 4.5}$$

Dove J_v viene calcolato attraverso la sommatoria dell'inverso delle medie modali delle spaziature dei sistemi precedentemente definiti trascurando, per la ridotta valenza statistica, le fratture che non rientrano in alcun sistema.

$$J_v = \sum_{i=1}^N \frac{1}{S_i} = \mathbf{7.61}$$

In base a quanto rilevato in sito si è calcolato un **RQD = 90 %**

	PARAMETRO	Valori riscontrati	INDICE RMR	Note Tab. 4
1	Resistenza Roccia	1000÷2500 Kg/cm ²	12	Valore assunto 69.6Pa
2	RQD	90÷100%	17	Valore assunto 90%
3	Spaziature giunti		15	
4	Condizione dei giunti		10	
5	Condizioni idrauliche		10	
	BRMR	Base	64	
	Corr. Orient. Giunti		-10	Risultato correzione
	RMR	Corretto	54	

Tab. 4: Valore di BRMR e di RMR: assegnazione dei parametri di Bieniawski, 1989.

PARAMETRI			CAMPO VALORI						
1	Resistenza	Carico di punta	>100 Kg/cmq	40-100 Kg/cmq	20-40 Kg/cmq	10-20 Kg/cmq	non applicabile		
	roccia	Compressione uniassiale	>2500 Kg/cmq	>1000-2500 Kg/cmq	500-1000 Kg/cmq	250-500 Kg/cmq	50-250 Kg/cmq	10-50 Kg/cmq	>10 Kg/cmq
	INDICE		15	12 ^e	7	4	2	1	0
2	RQD		90-100%	75-90%	50-75%	25-50%	<25%		
	INDICE		20	17 ^e	13	8	3		
3	SPAZIATURA		>2 m	0.6-2 m	200-600 mm	60-200mm	<60 mm		
	INDICE		20	15 ^e	10	8	5		
4	CONDIZIONE GIUNTI (Valore valutato in base alla sez. E)		Superfici molto scabre non continue. Pareti roccia dura	Superfici scabre Apertura <1 mm Pareti roccia dura	Superfici scabre Apertura < 1mm Pareti roccia alterata	Superfici Lisce o laminate o riempimento <5mm o apertura 1-5 mm Giunti continui	frammentazione tenero spessore > 5 mm o giunti aperti > 5 mm Giunti continui		
	INDICE		30	25	20	10 ^e	0		
5	CONDIZIONI IDRAULICHE	Afflusso per 10 m lunghezza tunnel	Assente	<10	10-25 litri/min	25-125 litri/min	>125 litri/min		
		Rapp.: tra Pressione acqua nei giunti su sol. Nat. In situ	0	<0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	<0.5		
		Condizioni generali	Completo. Asciutto	Debol. Umido	Solo umidità	Acqua in debole pressione	Severi problemi idraulici		
			15	10	7 ^e	4			

N = Σ ni	0-21	21-40	41-60	61-80	81-100
CLASSE	V	IV	III ^e	II	I
QUALITA' DELL'AMMASSO	molto scadente	scadente	discreta	buona	ottima
c Kg/cmq	>1	1.0-2.0	2.0-3.0	3.0-4.0	>4.0
φ	<15°	15°-25°	25°-35°	35°-45°	>45°
GIUDIZIO SULLE DIFFICOLTA' DELLO SCAVO	nessuna difficoltà	può essere scavato facilmente frammentazione notevole	Discrete difficoltà	si cava con difficoltà frammenti di notevoli dimensioni	notevoli difficoltà di scavo
T/L	30 min/1 m	10 ore/2.5 m	7 giorni/5 m	1 anno/10 m	20 anni/15 m

Tab. 5: Parametri di classificazione degli ammassi rocciosi (After Bienawski)

Il valore di RMRb = 64 classifica l'ammasso roccioso in classe II "buona", Tab. 4, a seguito della correzione di 10 punti l'indice scende al valore limite di 54 scadendo l'ammasso in classe III "discreta".

Stima dei parametri caratteristici dell'ammasso tramite le espressioni fornite da Bienawski:

$$c \text{ (kPa)} = 5 \times \text{BRMR} = 320 \text{ kPa} \quad \varphi (^{\circ}) = 0.5 \times \text{BRMR} + 5^{\circ} = 37^{\circ} \quad E \text{ (GPa)} = 2 \times \text{BRMR} - 100 = 28 \text{ GPa}$$

Il valore di resistenza della roccia a compressione uniassiale è stato utilizzato quello estratto dalla pubblicazione "The Tuscan Marble Identities" edito dalla Regione Toscana e realizzato dalla Internazionale Marmi e Macchina Carrara S.p.a., e riportato in Tab. 1.

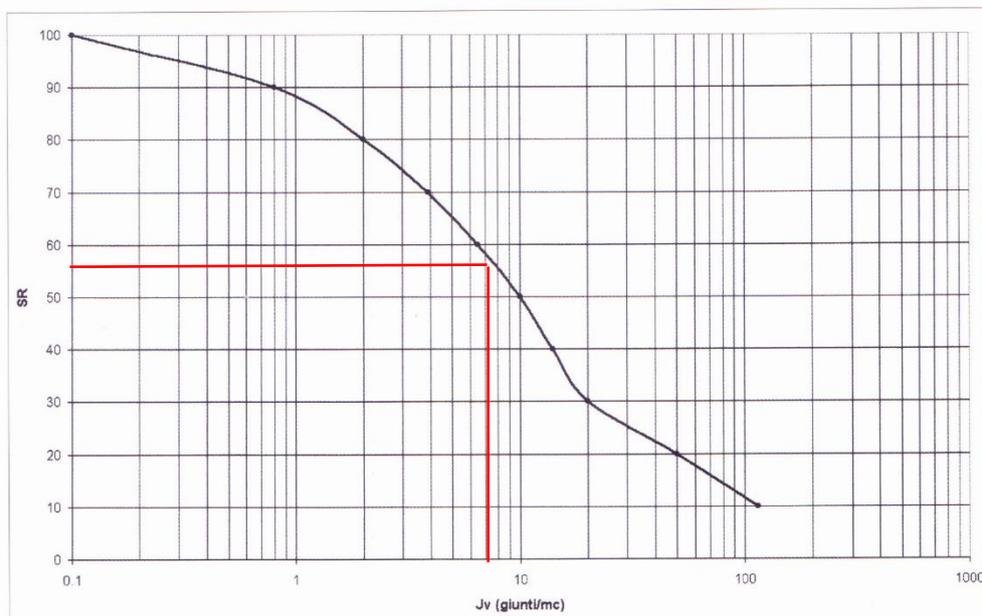
CLASSIFICAZIONE DI HOEK-KAISER-BAWDEN (Indice GSI, 1995-2002):

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.

A tal fine è stata utilizzata la tabella modificata da Sonmez-Ulusay (1999), Tab. 8, che permette di dare un valore numerico ai parametri "condizione strutturale" "SR" e "condizione delle discontinuità" "SCR", in maniera meno soggettiva rispetto alla semplice descrizione basata sulle precedenti tabelle.

Allo scopo di stimare il valore di "SR" è stato ripreso l'indice di fratturazione volumetrico J_v (numero di discontinuità per mc) precedentemente calcolato per la stima dell'RQD (Palmstrom) $J_v = 7.61$.

Attraverso l'indice di fratturazione è stato stimato un indice strutturale $SR \approx 56$, da Meccanica delle rocce di A. Bruschi.



Tab. 6: definizione del parametro "SR" mediante il valore di J_v

La determinazione del parametro SCR (surface condition rating) avviene attraverso la sommatoria ponderata dei tre coefficienti riportati nella sottostante formula:

$$SCR = R_r + R_w + R_f = 1 + 5 + 6 = 12$$

dove:

R_r = rugosità giunti
 R_w = alterazione giunti
 R_f = riempimento giunti.

I cui valori sono riportati nella sottostante Tab. 7.

