

STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA

Dott. Geol. Luca Angeli
Geol. Sez. A, O.G.T. n°1851
Via Dante Alighieri n°6, 54100 MASSA (MS)
Cell. 320-3081095
e-mail: lucaangeli12@gmail.com
pec: dott.lucaangeli@pec.it

Rif: 02 - 26

COMUNE DI CARRARA
PROVINCIA DI MASSA - CARRARA

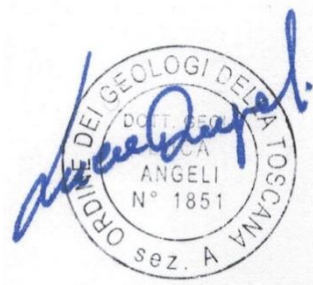
Variante al progetto di coltivazione della cava "Nocciola" n. 54

Relazione n.2 - Relazione geologica geomorfologica

Committente: Società Apuana Marmi s.r.l.

Data: Gennaio 2026

Il tecnico: Dott. Geol. Luca Angeli



Sommario

PREMESSA	4
INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO E CATASTALE	4
CARATTERI DELL'INTERVENTO	6
VINCOLISTICA	9
PERICOLOSITA' DELL'AREA	10
GEOMORFOLOGICA	10
SISMICA	13
IDRAULICA	14
VALUTAZIONE DELLE FATTIBILITA'	15
<i>Pericolosità geomorfologica</i>	15
<i>Pericolosità sismica</i>	16
<i>Pericolosità idraulica</i>	16
CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE, PAESAGGISTICHE ED AMBIENTALI	17
GEOMORFOLOGIA	17
CARATTERISTICHE GEOLOGICHE	23
GEOLOGIA	23
<i>Inquadramento geologico strutturale</i>	23
<i>Inquadramento geologico stratigrafico</i>	24
CARATTERISTICHE MERCEOLOGICHE DEL SITO	27
MERCEOLOGIA	27
<i>Marmi (MAA)</i>	29
<i>Marmi grigi (gr)</i>	30
<i>Marmi venati (ve)</i>	30
<i>Marmi ordinari (or)</i>	30
<i>Considerazioni circa le formazioni presenti</i>	31
<i>Stima delle varietà estraibili</i>	31

<i>Stato di fratturazione</i>	31
<i>caratteri strutturali del giacimento</i>	31
ESPLORAZIONE	33
CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE ED IDROGRAFICHE	34
IDROGEOLOGIA	34
<i>Idrogeologia superficiale</i>	34
<i>Idrogeologia profonda</i>	37
<i>Idrogeologia dell'area di cava</i>	39
<i>Gestione delle acque nell'area di cava</i>	41
CONCLUSIONI	42
ALLEGATI	44
a) CARTA GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA	44
b) CARTA IDROGEOLOGICA	44
c) CARTA GIACIMENTOLOGICA	44
d) SEZIONI GIACIMENTOLOGICHE	45

PREMESSA

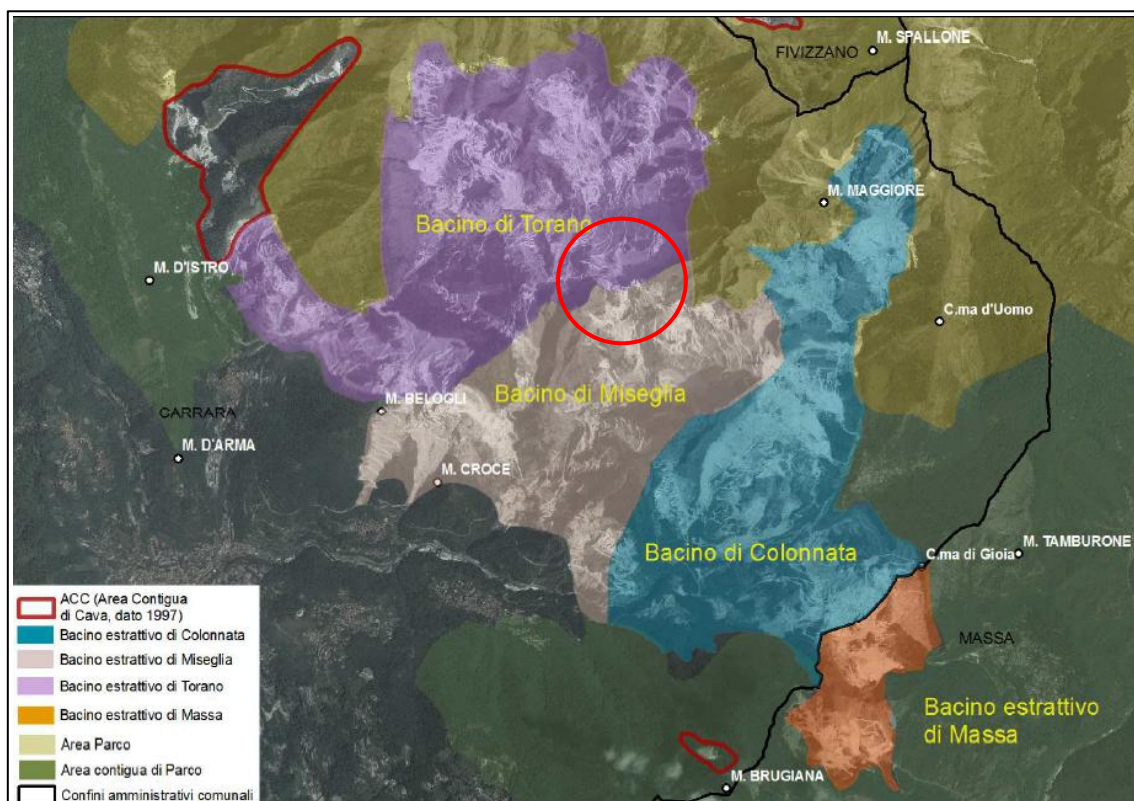
La presente relazione è redatta ai sensi di:

- L.R. n°35 del 25 Marzo 2015, Disposizioni in materia di cave. Modifiche alla L.R. 104/1995, L.R. 65/1997, L.R. 78/1998, L.R. 10/2010 e L.R. 65/2014;
- Norme comunali.

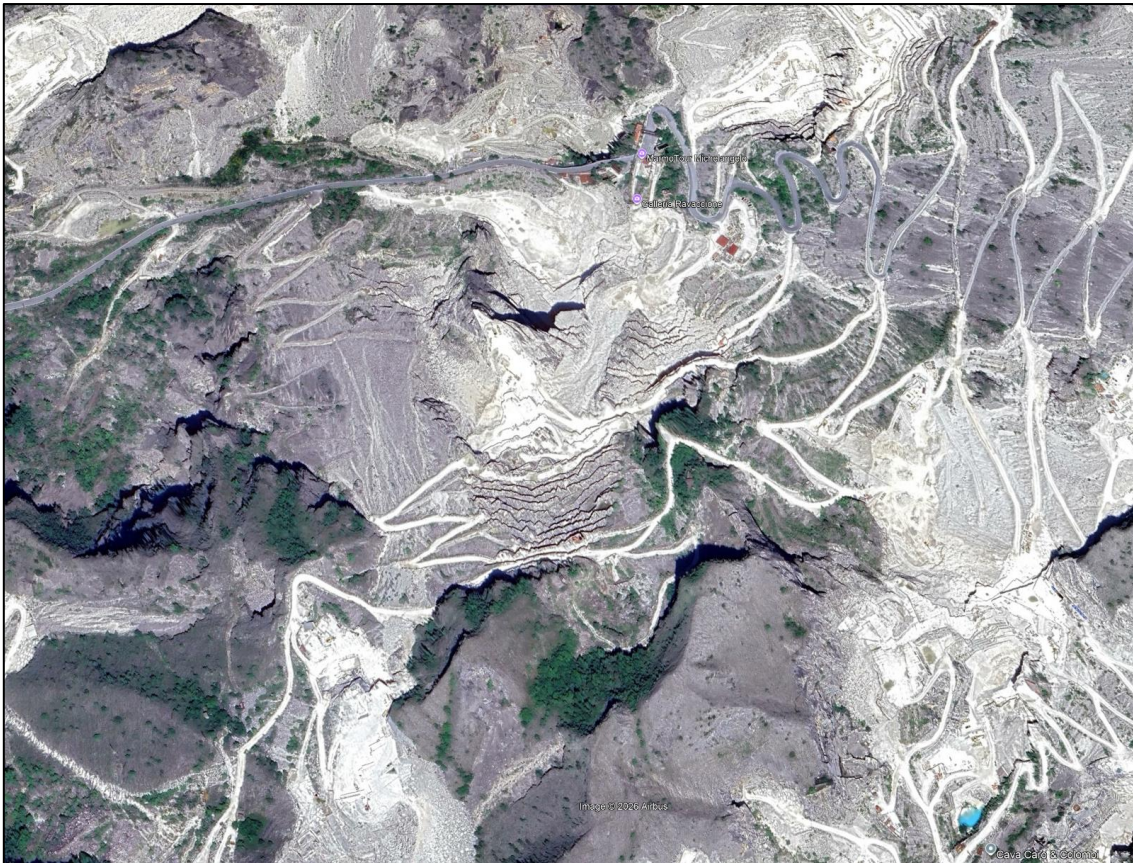
La cava oggetto di studio risulta, al momento del rilievo, in concessione alla Società Apuana Marmi s.r.l.

INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO E CATASTALE

L'area di intervento si trova nel bacino industriale di Carrara; in particolare si trova al confine fra i bacini estrattivi di Torano e di Miseglia-Fantiscritti ad una quota indicativa di circa 550 m s.l.m. L'area di studio è descritta in dettaglio nella scheda 15 del PABE del Comune di Carrara (MS).

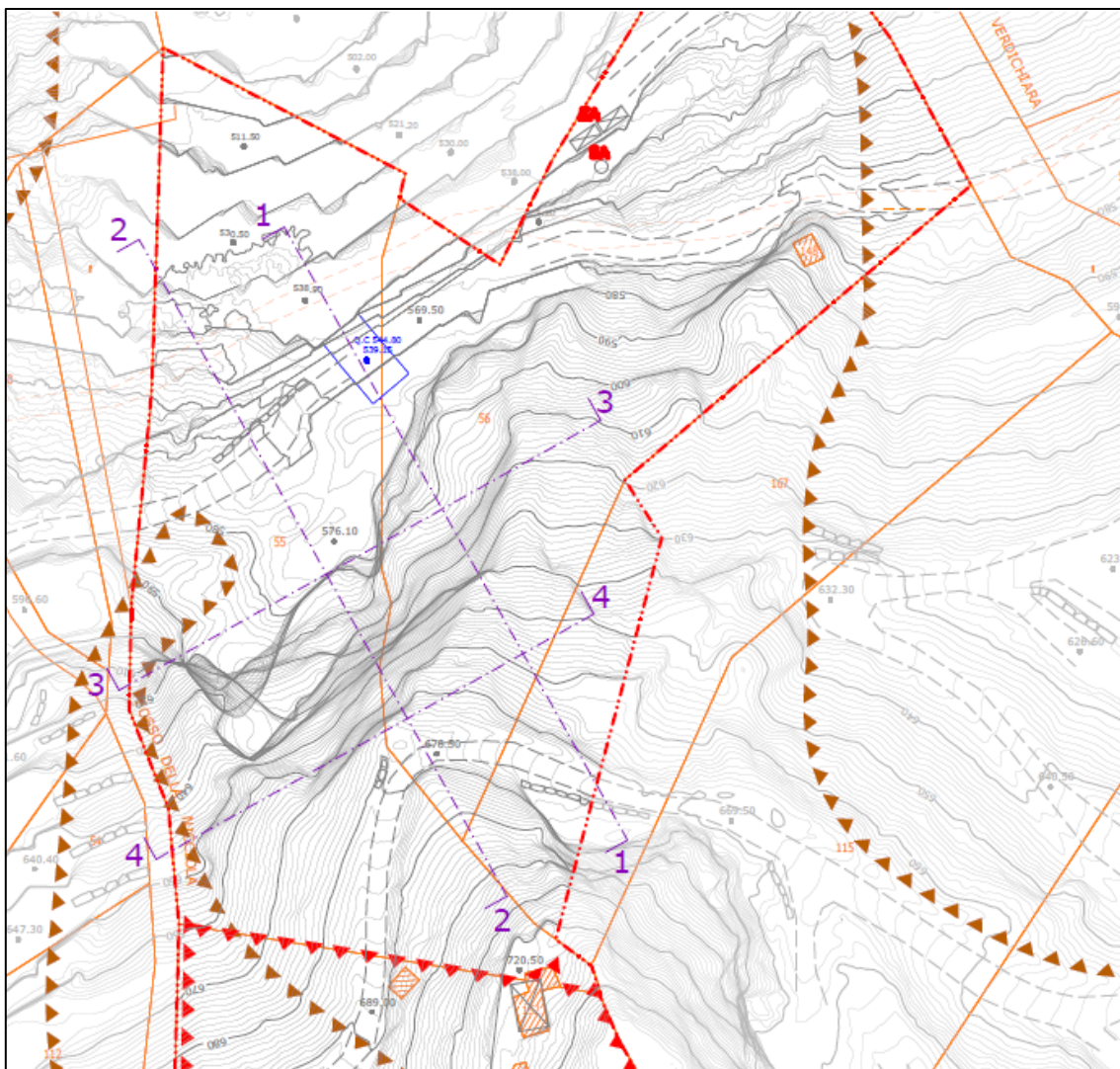


Rappresentazione dei bacini estrattivi del bacino industriale di Carrara con indicazione dell'area di studio (rosso)



Vista aerea del complesso oggetto di relazione

La cava 54 la si raggiunge attraverso la strada comunale che sale da Torano. Nei pressi della galleria dei Tarnoni si lascia la strada asfaltata per proseguire sulla strada di arroccamento sterrata che conduce all'interno delle aree in disponibilità della cava.



Estratto topografico

Le aree in disponibilità della cava 54 vengono evidenziate nell'estratto sopra delle tavole progettuali del Dott. Ing. Massimo Gardenato, alle quali si fa riferimento per i dettagli.

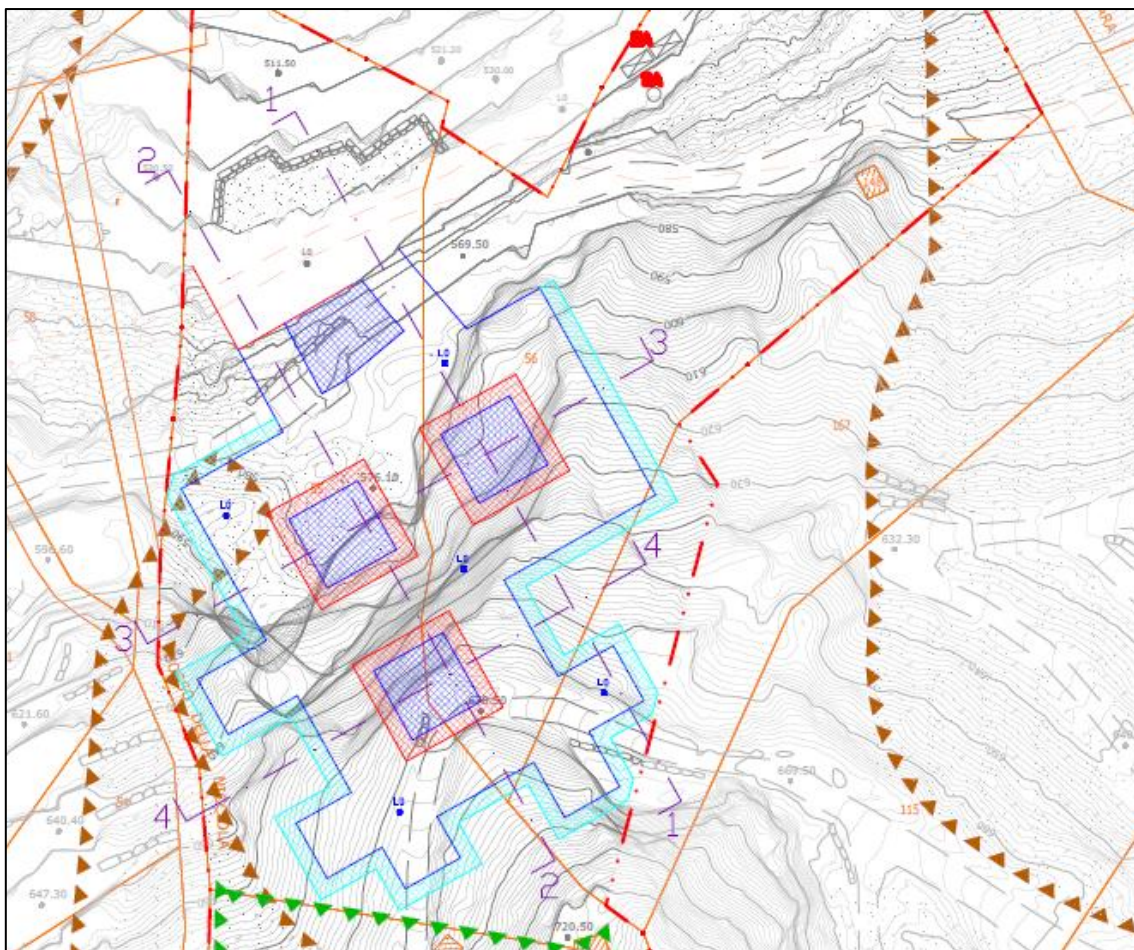
Per la definizione dei mappali sui quali saranno realizzati i singoli progetti si rimanda alla relazione tecnica del progettista nonché alle tavole progettuali.

CARATTERI DELL'INTERVENTO

Di seguito si riporta una descrizione sommaria delle lavorazioni in progetto per la cava 54 tratta dalla relazione tecnica del progettista.

Cava 54 Nocciola (Società Apuana Marmi S.r.l.)

Di seguito si riporta un sunto derivato dalla relazione tecnica del progettista Dott. Ing. Massimo Gardenato alla quale si rimanda per i dettagli.



LEGENDA

- Area cava "Nocciola" n. 54
in disponibilita' Societa' Apuana Marmi S.r.l.
- Dividendi catastali
- 1 L Traccia di sezione
609.57
● Quota media di riferimento bancata (tolleranza +/-1 m)
- BANCATE DI COLTIVAZIONE (Tolleranza posizione +/- 2 m in relazione a multipli di taglio ed eventuali fratture incidenti la bancata residuale che impongono l'attestazione della bancata sulle stesse)
- G - SA - DO - DR Serbatoio gasolio - Serbatoio acqua - Deposito oli - Deposito rifiuti
CE - EA - OFF - M Cabina Elettrica - Edifici Aziendali - Officina - Magazzino
- Crinali da tutelare (art.8 c.7 lett.c)
- ▼▼▼▼ Pericolosita' geologica elevata e molto elevata (art.32)
- ▼▼▼▼ Aree di ricerca (art.33 c.1)
- Profilo di progetto sotterraneo
- Tolleranza posizionamento sotterraneo
- Area di possibile variazione posizionamento pilastro

Estratto della planimetria di progetto, fase finale, cava 54

Nel dettaglio si prevede che:

“I lavori proseguiranno come da progetto autorizzato in scadenza. Si realizzeranno dunque i tracciamenti in direzione SE atti ad esplorare il giacimento provvedendo, nella fase preliminare, anche alla realizzazione di alcuni tracciamenti in direzione SW. Congiuntamente si proseguirà nella realizzazione del tracciamento autorizzato necessario alla realizzazione della seconda uscita di emergenza. Nella fase finale di progetto, congruentemente con quanto realizzato nella fase preliminare si collegheranno i tracciamenti con il previsto isolamento di 3 pilastri. Arrivati con il tracciamento all'estremo S del mappale 55 si procederà ad effettuare lo studio geologico necessario alla richiesta del permesso di ricerca del mappale 113.

Nell'area antistante il sotterraneo sarà ampliato il piazzale antistante l'ingresso al sotterraneo. Nel gradone sottostante sarà dunque realizzata una fila di blocchi a contornare tutto il ciglio dello stesso e delimitare un'ampia area. Tale invaso sarà riempito con il detrito proveniente dalle lavorazioni fino a colmare tutta la prima fila di blocchi. A questo punto sarà realizzata la seconda fila di blocchi che saranno poggiati in parte sulla fila sottostante ed in parte sul riempimento. Completata la fila si proseguirà con il riempimento e così a salire fino alla quota del piazzale soprastante realizzando, come visibile in planimetria di progetto, un volume tecnico che consentirà la formazione di un ampio piazzale che darà spazio a posizionamento e stoccaggio blocchi nonché maggiore spazio alle terne per la riquadratura degli stessi. In tale piazzale, così come descritto nel paragrafo dedicato, si gestiranno anche i derivati da taglio con gli opportuni apprestamenti necessari alla gestione delle AMD che vi insistono sopra.”

PERICOLOSITA' DELL'AREA

Per la definizione delle pericolosità insistenti nelle aree in disponibilità della cava 54, si fa riferimento ai piani comunali al PGRA ed al PAI del distretto Appennino Settentrionale ed alle schede PABE del Comune di Carrara.

GEOMORFOLOGICA

La tavola della pericolosità geomorfologica del piano strutturale del Comune di Carrara permette di rilevare le classi di pericolosità specifica rilevate all'interno dell'estratto seguente

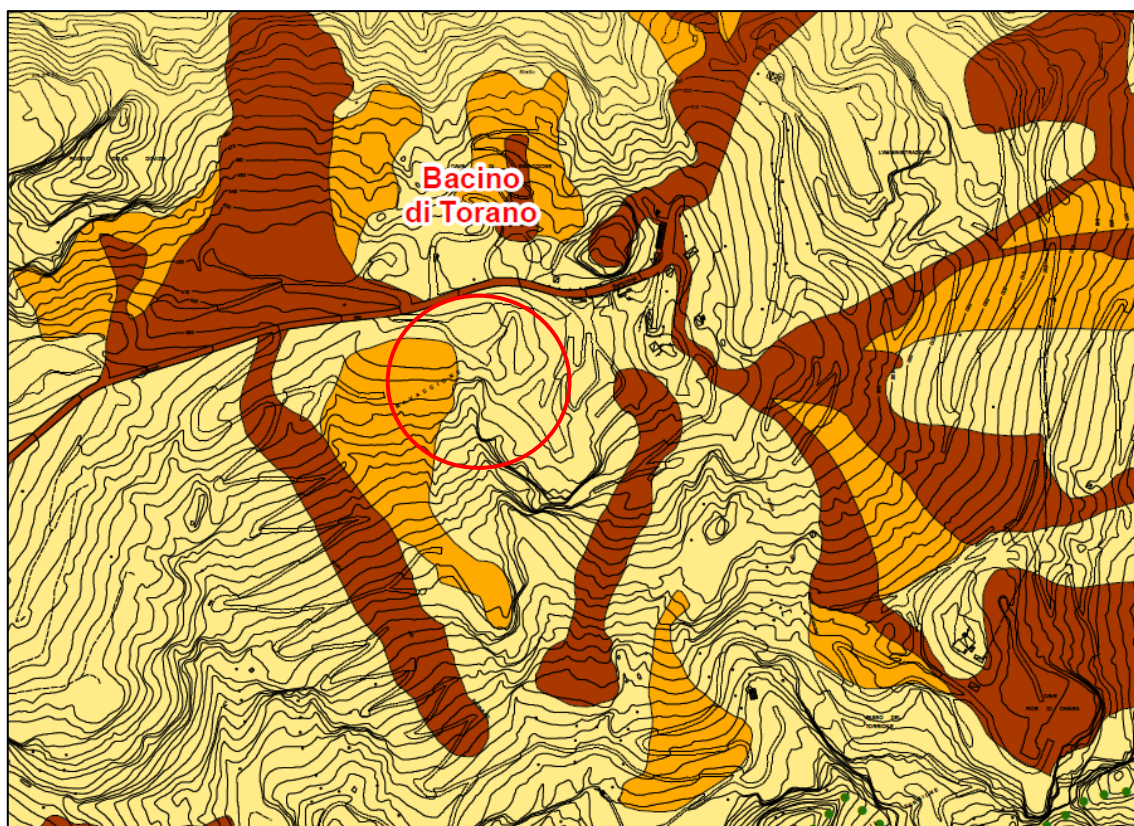


Tavola di sintesi, TAV.2 e 4 (pericolosità geomorfologica) del PS di Carrara

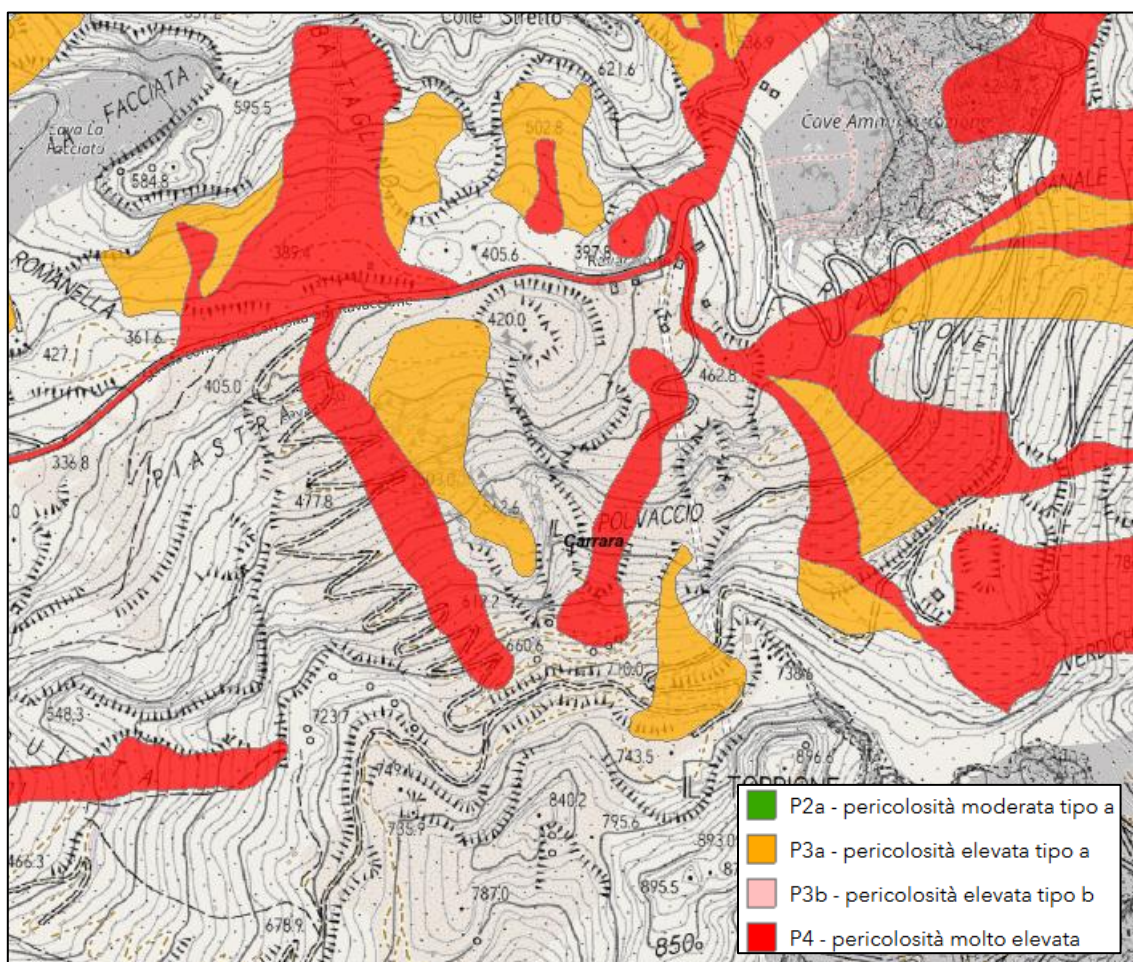
G.3a	<p>Classe G.3a: Pericolosità medio-elevata Aree in cui necessita particolare attenzione per la prevenzione dei dissesti idrogeologici per la presenza di elementi geomorfologici, litologici e giaciturali dalla cui valutazione risulta una media propensione al dissesto (aree di ambito collinare e montano). Vi ricadono i corpi detritici con pendenze superiori al 25% e i versanti in roccia o con roccia sub-affiorante.</p>
G.3b	<p>Classe G.3b: Pericolosità elevata Si applica la corrispondenza G.3b = P.F.E. (B.T.Nord) = PG3 e PG2 (B.F.Magra) Aree in cui sono presenti fenomeni quiescenti e relative aree di influenza con indicatori geomorfologici precursori di fenomeni di instabilità che fanno prevedere attivazioni o riattivazioni di movimenti di massa di media intensità; aree con indizi di instabilità connessi alla giacitura, all'accolività, alla litologia, alla presenza di acque superficiali e sotterranee, a intensi fenomeni erosivi e a processi accertati di degrado antropico. Tale classe include le frane non attive interessate (e non interessate) da fenomeni di rusciolamento diffuso e/o concentrato con pendenze superiori al 40% e i terreni di copertura s.l. in condizioni di instabilità geomorfologica potenziale. Vi ricadono anche le aree interessate da coperture detritiche con pendenze superiori al 60% e le aree esposte a possibili fenomeni di caduta massi.</p>
G.4	<p>Classe G.4: Pericolosità molto elevata Si applica la corrispondenza G.4 = P.F.M.E. (B.T.Nord) = PG4 (B.F.Magra) Aree in cui sono presenti fenomeni franosi attivi e relative aree di influenza, nonché le aree che possono essere coinvolte dai suddetti fenomeni. Corrispondono alle aree con dissesto in atto al momento del rilevamento quanto a fenomeni inattivi che presentano però indicatori geomorfologici precursori di fenomeni di instabilità che fanno prevedere attivazioni o riattivazioni di movimenti di massa di elevata intensità. Tale classe include le aree che possono essere coinvolte da processi a cinematica rapida e veloce quali quelle soggette a colate rapide incanalate di detrito e terra, le aree esposte a fenomeni accertati di caduta massi, le aree interessate da siflussi e le aree che possono essere interessate da accertate</p>

Legenda della tavola (pericolosità geomorfologica) del PS di Carrara

Dalla valutazione cartografica appare evidente che, nell'area di progetto sono presenti sostanzialmente due distinte classi di pericolosità geomorfologica: G3a e G3b. La classe di pericolosità G3a, la minore, fa riferimento alle aree di versante che si impostano su ammasso roccioso. La classe G3b è collegata alla dinamica evolutiva dei depositi antropici (ravaneti).

Appare pertanto evidente che tutte le aree di sviluppo dei progetti di coltivazione che si trovano nelle zone di ammasso roccioso, sia a cielo aperto che in sotterraneo, ricadono all'interno delle aree a pericolosità G3a, mentre le aree nelle quali insistono i ravaneti possono ricadere all'interno delle dinamiche di pericolosità collegate alla classe G3b. Si specifica che le aree a progetto sovrapposte a quest'ultima classe di pericolosità saranno sviluppate, come indicato nella relazione tecnica, in sotterraneo; pertanto, non rientrano fra quelle coinvolte dalla dinamica G3b.

La pericolosità geomorfologica dell'area oggetto di intervento è stata valutata anche mediante le tavole specifiche del PAI riportate nell'estratto sotto.

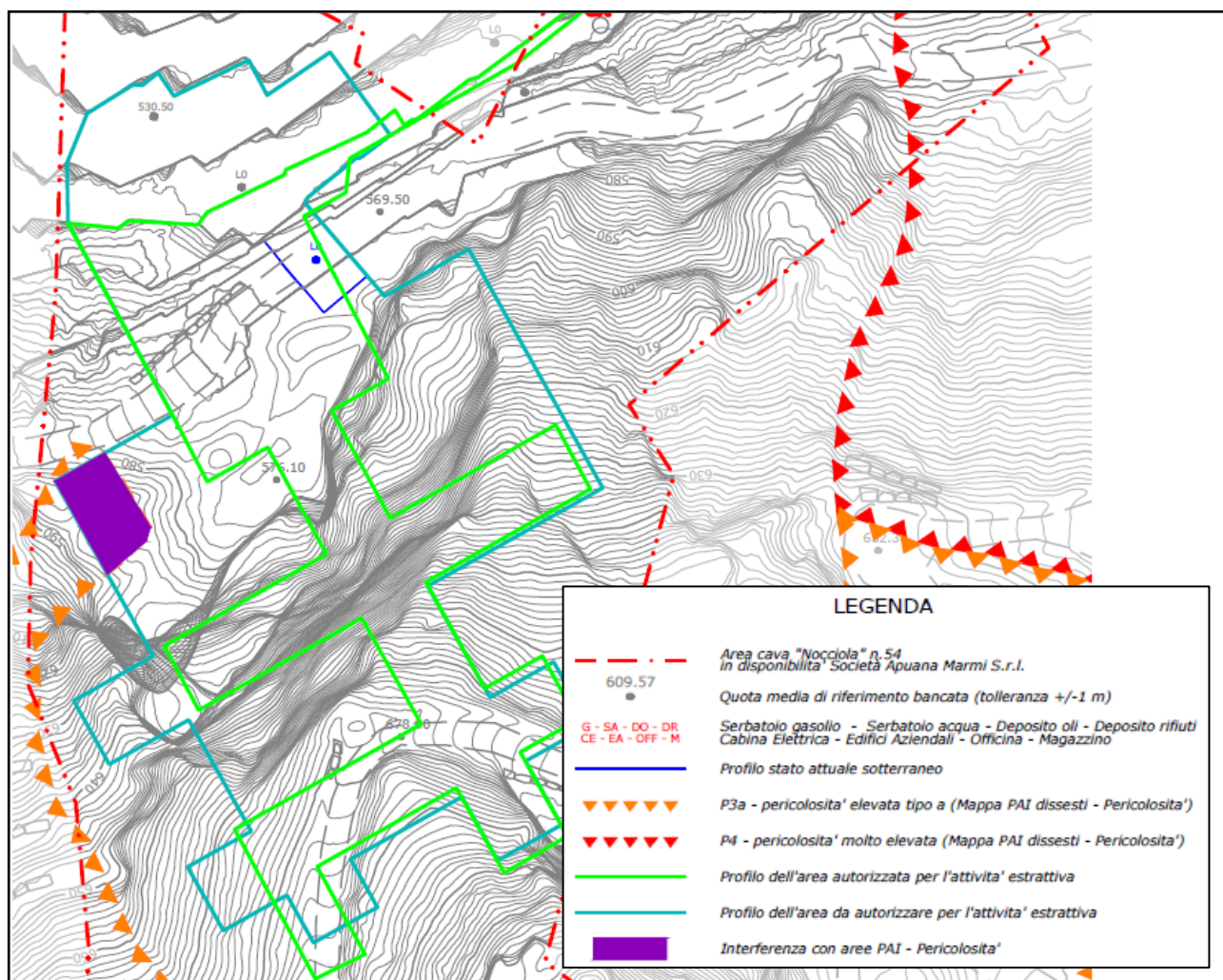


Estratto del PAI

<https://geodata.appenninosettentrionale.it/mapstore/#/viewer/openlayers/1072>

Le tavole del PAI Appennino Settentrionale confermano sostanzialmente quanto è stato affermato nel paragrafo precedente; infatti, il bacino è interessato da aree a pericolosità P3a. Preme precisare che le aree a progetto che interagiscono, sulla pianta progettuale, con le aree a pericolosità P3a si svilupperanno, come dichiarato dal progettista, completamente in sotterraneo; pertanto, lontano dalle aree con le dinamiche P3a di cui sopra.

Relativamente alla cava n.54 Nocciola, si fa presente, sulla base della sovrapposizione riportata sotto e realizzata dal progettista Ing. Gardenato, che unicamente una piccola porzione del progetto, evidenziata in viola, va a sovrapporsi con le aree in pericolosità P3a. Come già specificato, l'area a progetto, nella zona di interferenza, si svilupperà totalmente in sotterraneo senza interferire con le aree vincolate ai sensi del PAI Appennino Settentrionale. Si ribadisce, pertanto, che non ci sono interferenze fra le aree a progetto e le aree vincolate ai sensi del PAI Appennino settentrionale in quanto il progetto si sviluppa completamente in sotterraneo.



Estratto della TAV. PAI con relativa legenda

Cava 54 Nocciola (Società Apuana Marmi S.r.l.)

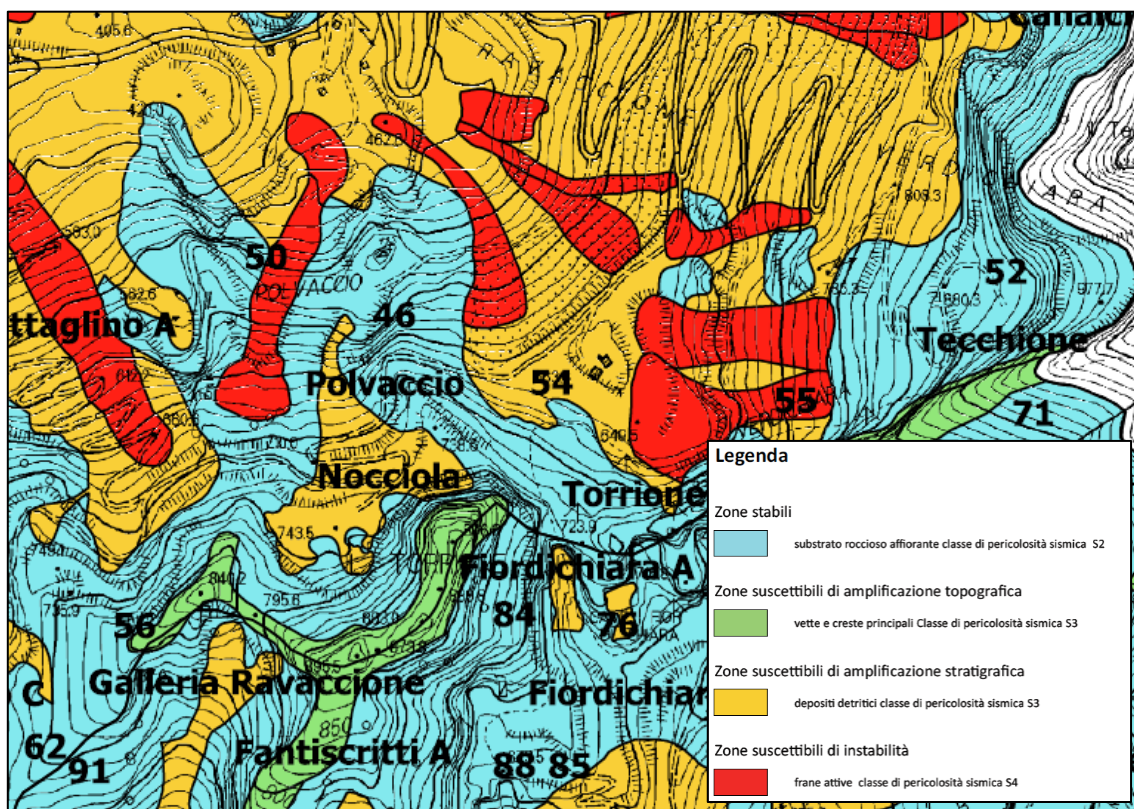
Il PABE Scheda 15 del Comune di Carrara non mette in evidenza una scheda specifica per la singola cava; pertanto per la definizione del caso specifico si rimanda a quanto riportato sopra.

SISMICA

La valutazione della pericolosità sismica viene fatta sulla base della carta comunale G7.1 del PABE. La stessa evidenzia la presenza delle seguenti aree di pericolosità:

- **S2** → Zone stabili;
- **S3** → Zone suscettibili di amplificazione stratigrafica;

Di seguito si riporta l'estratto cartografico con l'analisi delle pericolosità nello specifico.



Estratto della Carta G7.1 del PABE del comune di Carrara

Le aree stabili S2 coincidono con le aree di affioramento del substrato roccioso; dunque, si fa presente che le lavorazioni che avverranno su bancata ed in sotterraneo saranno svolte in aree a pericolosità S2.

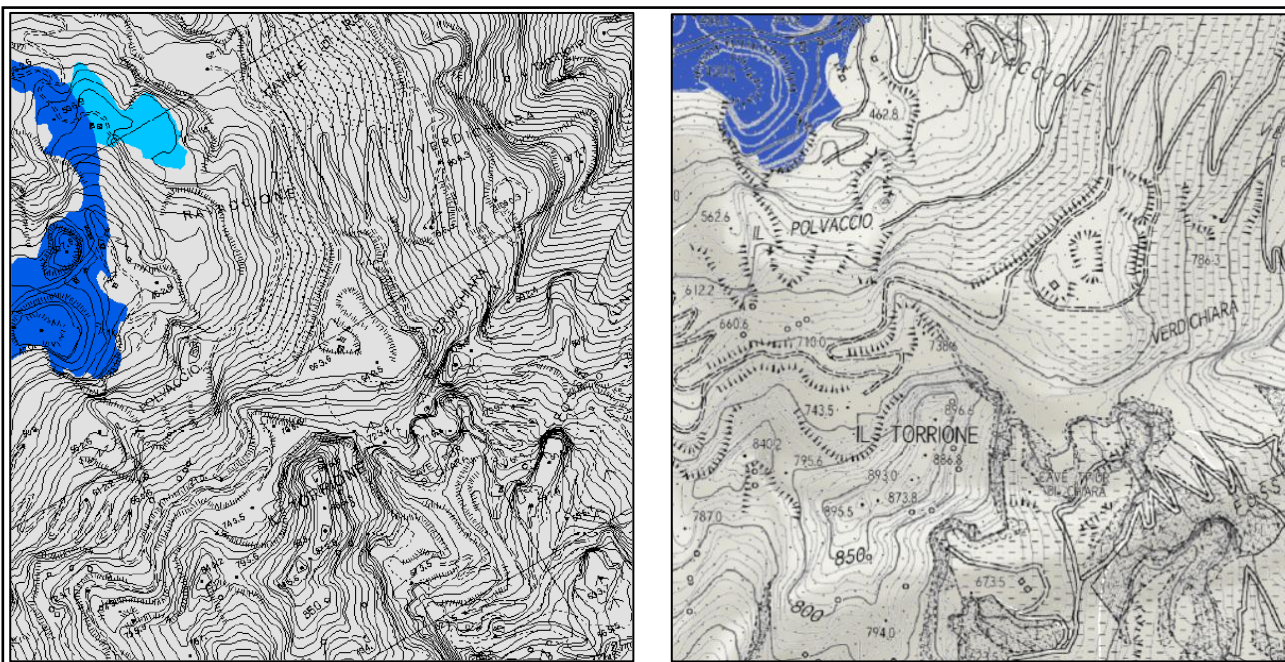
Le aree a pericolosità S3 per amplificazione stratigrafica coincidono con le aree di ravaneto; pertanto, ricadono in queste aree tutte le lavorazioni che avverranno sopra i ravaneti.

Relativamente alla pericolosità sismica per amplificazione topografica si fa presente che la stessa non interessa l'area a progetto in quanto l'intervento verrà realizzato totalmente in sotterraneo. I minimi interventi esterni non riguardano le aree S3 per amplificazione topografica.

Nelle verifiche di stabilità delle opere a progetto il progettista dovrà tenere conto delle pericolosità come sopra definite.

IDRAULICA

La carta del piano strutturale (Tav. G2b), mette in evidenza che le aree di interesse per le operazioni descritte in precedenza non ricadono nelle aree a pericolosità idraulica.



Estratto della Tavola G2b del Piano Strutturale del Comune di Carrara (SX) e del PGRA Appennino Settentrionale (DX)

La valutazione della pericolosità idraulica è stata eseguita anche analizzando la cartografia del PGRA Appennino Settentrionale. La cartografia è riportata nell'estratto sotto e mette in evidenza la medesima situazione rappresentata nelle carte del PS Comunale.

In considerazione di quanto detto risulta evidente che anche ai sensi del PGRA le aree a progetto non ricadono all'interno delle aree soggette a pericolosità idraulica.

VALUTAZIONE DELLE FATTIBILITA'

La valutazione delle fattibilità viene fatta a livello della singola cava ai sensi dell'allegato PABE "A3.1_Norme Tecnico Geologiche". Successivamente, verrà riportata un'analisi comune delle fattibilità.

Cava 55 Torrione (Società Apuana Marmi S.r.l.)

	Riferimento tav. P.S./R.U.	CLASSE DI PERICOLOSITA' (tavole P.S. / R.U.)	CLASSE DI FATTIBILITA' (NTA geologiche R.U.)
Pericolosità geomorfologica	TAV. 2 e 4, TAV di sintesi	G3a G4	F3.2g F4g
Pericolosità sismica	TAV. G7.1	S2 S4	F2s F4s
Pericolosità idraulica	TAV. 11g	-----	-----

CONSIDERAZIONI RISPETTO ALLA FATTIBILITA'***Pericolosità geomorfologica***

Relativamente alle pericolosità geomorfologiche si riporta sinteticamente l'analisi delle fattibilità G3a e G3b ai sensi della normativa PABE.

- 1) Art. 13 "Fattibilità condizionata F3.2g" →** per ciò che concerne gli specifici punti dell'articolo in oggetto si evidenzia che:
- a) La carta geologica-geomorfologica è allegata alla presente.
 - b) Si veda punto a).
 - c) Per le sezioni morfologiche si rimanda alle tavole progettuali del Dott. Ing. Massimo Gardenato ed alle sezioni geologiche allegate alla presente, redatte sulla base di quelle del progettista di cui sopra.
 - d) Per le verifiche di stabilità si rimanda alla relativa relazione tecnica del progettista.
 - e) La circolazione idrica al contatto roccia-detrito si sviluppa secondo due modalità principali. La prima prevede la filtrazione di acqua dalle porzioni più elevate del corpo detritico verso il substrato roccioso, da qui l'acqua si muoverà in parte verso valle al contatto fra detrito e roccia, mentre la restante parte si muoverà all'interno della roccia per filtrazione sfruttando i vuoti prodotti dalla fratturazione e dal carsismo. La seconda modalità prevede un movimento dell'acqua verso valle direttamente sui piazzali di cava, da qui, procedendo sfruttando la morfologia l'acqua scorre verso le quote più basse, muovendosi in parte direttamente sulla superficie della roccia ed in parte infiltrandosi all'interno del corpo roccioso sfruttando le fratture e le cavità (micro) carsiche che si sviluppano data la natura del sito. Per l'individuazione delle modalità di eliminazione delle acque drenate si rimanda alla specifica relazione del progettista. Dott. Ing. Massimo Gardenato. Preme

specificare che le lavorazioni avverranno su ammasso roccioso. Per i dettagli in merito si rimanda alla relativa documentazione tecnica facente parte del progetto

- f) Per la verifica rispetto ai crolli rocciosi non evidenziati in precedenza si rimanda alla relazione di stabilità a firma del Dott. Ing. Massimo Gardenato.
- g) gli aspetti in oggetto sono trattati nella specifica parte di questo lavoro.
- h) Si rimanda alla specifica relazione facente parte di questo progetto.

2) Art. 14 “Fattibilità condizionata F3.3g” → per ciò che concerne gli specifici punti dell’articolo in oggetto si evidenzia che:

- a) Si rimanda alla carta geomorfologica allegata alla presente relazione e alla carta geologico/geomorfologica.
- b) Si rimanda alle sezioni geologiche allegate alla presente.
- c) Vedi punto b).
- d) Si rimanda a specifica tavola del progettista Dott. Ing. Massimo Gardenato.
- e) In merito alla necessità di opere di messa in sicurezza si rimanda alla relazione di stabilità dei fronti redatta dall’Ing. Progettista Dott. Ing. Massimo Gardenato.

Pericolosità sismica

L’intervento in oggetto ricade nelle aree a pericolosità sismica S2 e S3; dunque, si fa riferimento alle fattibilità F2s e F3s. Nello specifico:

- 1) Art. 21 “Fattibilità con normali vincoli F2s”** → si rimanda alla presente relazione.
- 2) Art. 22 “Fattibilità condizionata F3s”** → per ciò che concerne gli specifici punti dell’articolo in oggetto si evidenzia che:
 - a) Per le verifiche di sicurezza si rimanda alla specifica relazione del progettista.
 - b) Il piano si svilupperà all’interno della formazione dei marmi.
 - c) Il piano si svilupperà completamente all’interno della formazione dei marmi.
 - d) Il piano è realizzato sulla formazione dei marmi sia a cielo aperto che in galleria mentre gli interventi a progetto riguardanti le strade verranno realizzati mediante rimodellamento e adeguamento di sicurezza. Per i dettagli si rimanda al progetto di coltivazione

Pericolosità idraulica

Come specificato in precedenza, le aree a progetto non ricadono nelle aree a pericolosità idraulica ai sensi del PS del Comune di Carrara e ai sensi del PGRA Appennino Settentrionale.

CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE, PAESAGGISTICHE ED AMBIENTALI

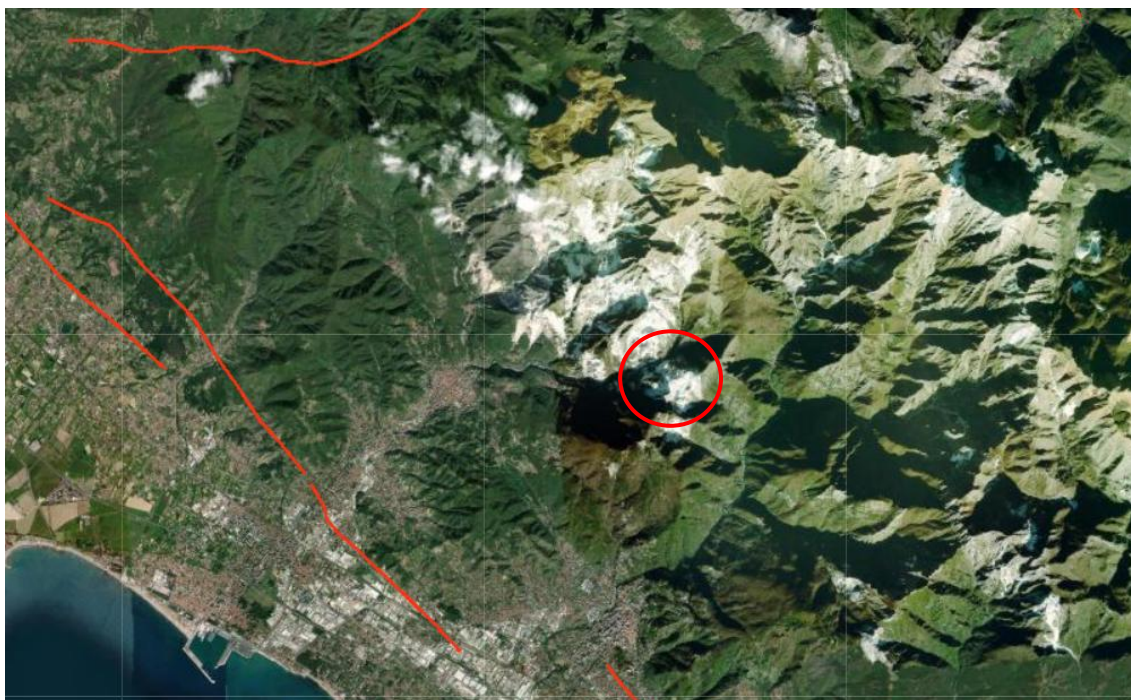
GEOMORFOLOGIA

L'area in esame si inserisce a pieno titolo all'interno del contesto morfologico e paesaggistico delle Alpi Apuane ed in particolare del versante marino della catena; caratterizzato dalla presenza di versanti da acclivi a molto acclivi i quali presentano fortissimi dislivelli che si sviluppano in un breve spazio lineare. Ne consegue che il collegamento fra cime e fondovalle, mediante versanti irti e scoscesi.

L'aspetto morfologico dell'area di interesse è controllato dall'assetto geologico-strutturale profondo e dalla presenza di strutture tettoniche ad andamento sia appenninico che anti-appenninico. Notevole influenza sulla morfologia del versante marino delle Alpi Apuane è anche da imputarsi alle attività antropiche, le quali hanno fatto sì che i versanti fossero, nei secoli, interessati dallo sviluppo di numerose attività estrattive che li hanno rimodellati con depositi di detrito lungo i crinali e in parte all'interno degli impluvi. Altro elemento di modellamento dei pendii è dovuto direttamente alle attività di taglio al monte, che hanno prodotto la tipica forma a gradoni, ed in limitati casi, il taglio di cime di rilievi minori. Lo sviluppo delle attività estrattive ha portato alla necessità di realizzazione dell'apparato viario che ha tagliato ed inciso i crinali. Ulteriori elementi antropici che caratterizzano i versanti occidentali delle apuane sono: centri abitati e attività produttive di vario genere, generalmente collocate nei fondovalle, presso i corsi d'acqua e lungo la piana versiliese.

Dal punto di vista geomorfologico l'area di studio si contraddistingue per la presenza di forme di natura tettonica, fluviale, marina, glaciale e gravitativa.

Dal punto di vista tettonico, vanno ricercate lungo tutta la lunghezza del versante marino della catena, infatti la Versilia risulta essere bordata da un sistema di faglie normali appenniniche, che sono ulteriormente intersecate da strutture minori ad andamento anti-appenninico. Le prime abbassano relativamente la Versilia rispetto alla catena delle Alpi Apuane ad Est sulla quale sorge il sito. Le seconde contribuiscono alla segmentazione delle prime, sviluppando le strette valli che tagliano il versante marino, come ad esempio le valli di Seravezza, del massese e del carrarese. Di notevole importanza è la faglia che separa verso nord, nella zona di Equi, le formazioni metamorfiche del duomo delle Alpi Apuane poste a Sud dal dominio appenninico posto a Nord di tale lineamento.



Strutture tettoniche della Garfagnana (<http://sgi2.isprambiente.it/ithacaweb/viewer/>)

La morfologia tettonica la si nota anche osservando il profilo Nord Est-Sud Ovest, che va dal mare alle cime delle Alpi Apuane, che evidenzia la presenza di un gradone, forma tipica delle morfologie tettoniche che si sviluppano nelle zone ad Horst e Graben. La Versilia rappresenta il Graben colmato da sedimenti marini, fluviali ed eolici. Le Apuane rappresentano l'Horst, nel quale affiorano le formazioni metamorfiche più profonde.

Le forme di origine fluviale; sono presenti nella porzione assiale (NW-SE) della Versilia. La maggior parte di esse è formata da conoidi alluvionali alimentati dai fiumi che discendono dai rilievi. Risultano rilevanti le conoidi del fiume Carrione, Frigido e Versilia. Sono di minore entità le forme alluvionali dei torrenti minori di Montignoso e Pietrasanta. I fiumi nella zona di studio hanno carattere torrentizio, dunque posseggono una notevole capacità di incisione data dall'energia che le acque posseggono. Questo ha prodotto l'incisione, lungo i versanti apuani, di valli strette e profonde dalla tipica forma a V fluviale.

La Versilia è inoltre interessata da forme di origine marina, quali le dune lungo la costa e i depositi sabbiosi costieri.

Il crinale apuano posto ad Est del sito è stato interessato, durante l'ultima età glaciale, da piccoli Ghiacciai, i quali hanno contribuito allo sviluppo di valli e circhi.

Importanti sono le forme di natura gravitativa, ben rappresentate lungo tutto il versante marino della catena. Presenza e sviluppo dipendono da aspetti di natura climatica e litologica, quale: la piovosità dell'area e tipo di roccia. Tali fenomeni e forme sono maggiormente presenti lungo i versanti caratterizzati da depositi sciolti

o poco consolidati e lungo quelli dove affiorano rocce maggiormente fratturate. Le frane interessano per la maggior parte, i terreni di copertura; tuttavia, non sono rari i casi in cui il movimento gravitativo interessi anche il substrato roccioso, specialmente nelle zone ad elevata fratturazione o alterazione.

Relativamente all'area di studio la geomorfologia risulta semplificata poiché il contorno areale è ristretto. Le forme riscontrate durante il rilievo sono: tettoniche, antropiche e legate alla circolazione delle acque.

Dal punto di vista tettonico la forma principale che si riscontra nei pressi del sito è la faglia della Fiordichiara. Tale elemento tettonico condiziona la struttura morfologica della zona che risulta orientata secondo le direzioni strutturali; inoltre, la presenza di detta faglia determina anche l'elevata acclività dei versanti naturali circostanti. Oltre a questa si segnalano forme minori derivanti dalla presenza di fasce di fratturazione a bassa spaziatura (finimento) le quali, essendo zone di debolezza, tendono a degradarsi prima se sottoposte all'azione degli agenti esogeni.

Sulla base delle considerazioni appena espresse appare chiaro che forme puramente tettoniche non sono presenti, infatti si tratta di forme composite, nella costruzione delle quali la tettonica ha un ruolo di primo piano ma non esclusivo.

Le principali forme derivanti dalla circolazione delle acque sono le valli e gli impluvi che caratterizzano l'intorno del sito. Sono esempi di queste forme la Fossalunga e il fosso della Verdichiara. La Fossalunga si dirige in direzione del bacino di Miseglia-Fantiscritti mentre il Fosso della Verdichiara scende verso il bacino di Torano.

Oltre alla forma appena indicata vi sono anche segnali di erosione e modellamento dei versanti, siano essi antropici o naturali, in particolare si tratta di piccoli segni di erosione superficiali lasciati dal dilavamento delle acque. Esempio di queste forme è l'impluvio nel quale si trova l'area in disponibilità della cava 54.

Per ciò che concerne la presenza di forme ipogee, l'area di studio è carsificabile in quanto impostata sui calcari metamorfici dell'unità delle Alpi Apuane (Marmi). Tuttavia, al momento del rilievo, nelle aree, in quel momento accessibili del bacino, non sono state osservate strutture ipogee. Se tali forme dovessero essere rinvenute dovranno essere attuate le strategie di tutela adeguate. Queste ultime, tuttavia, potranno essere valutate unicamente in funzione del caso specifico.

Per quanto concerne la presenza di forme gravitative, non sono osservabili alla scala del sito di interesse in quanto i principali versanti sono caratterizzati da bancate di cava, mentre i pendii interessati dalla presenza di ravaneti non mostrano, al momento del rilievo la presenza di dissesti in atto.



Panorama della geomorfologia dell'area di studio

L'area del bacino si caratterizza per avere una morfologia quasi totalmente antropica derivante dall'attività estrattiva. Diversi sono gli elementi del paesaggio creati dall'attività dell'uomo, in particolare: tagli al monte, ravaneti, strade di arroccamento.

Grande rilevanza nella modellazione del paesaggio la posseggono i tagli al monte; infatti, la prosecuzione nel tempo delle attività di estrazione del marmo ha condotto alla realizzazione di scarpate verticali solcate da una serie di cenge orizzontali di larghezza variabile, le quali sono adibite, almeno per quelle di dimensioni maggiori a piazzali di lavorazione e manovra, mentre quelle di dimensioni inferiori sono abbandonate. Le pareti verticali derivano dall'estrazione al monte dei blocchi e sono quindi ciò che negli anni è stato abbandonato della bancata. Le cenge sono invece la rimanenza dei piazzali più vecchi, i quali sono stati abbandonati per proseguire la coltivazione a livelli inferiori. Tali forme caratterizzano tutto il bacino.

Di grande importanza e impatto per il paesaggio sono anche i ravaneti. Corpi detritici derivanti dal progressivo accumulo del materiale di scarto proveniente dalle fasi di estrazione al monte. Negli anni hanno riempito impluvi, conche e bassi morfologici, rimodellando la morfologia dell'intero settore carrarese della catena.

Ulteriore elemento caratterizzante il contesto morfologico dell'area di studio è rappresentato certamente dalle strade di arroccamento. La viabilità di cantiere si sviluppa mediante un sistema di strade sterrate che, attraverso piste sui ravaneti, giungono all'interno delle cave. L'accesso all'area di studio avviene mediante strada di arroccamento prima asfaltata e successivamente sterrata, che sale, dal bacino di Torano.

Le lavorazioni in oggetto terranno conto dei fenomeni geomorfologici legati ai bacini estrattivi, i quali possono essere classificati come "dissesto geomorfologico". I principali fenomeni riguardano:

1. *Fenomeni di crollo/instabilità di versante e dei fronti propri dei fronti di lavorazione:* i problemi connessi con questo aspetto vengono trattati all'interno della relazione di stabilità dei fronti di cava oggetto di progetto redatta dal Dott. Ing. Massimo Gardenato ed alle quali si rimanda per i dettagli. *Sulla base dei dati contenuti analizzati nelle relazioni appena citate dovranno essere successivamente predisposte le opere di consolidamento e messa in sicurezza che di volta in volta si renderanno necessarie in funzione della coltivazione ipotizzata nel progetto al quale si rimanda.*
2. *Fenomeni di instabilità degli ammassi detritici:* vengono intesi in questo modo i ravaneti. Tale problematica è gestita durante le fasi di sviluppo del progetto.
3. *Fenomeni di crollo di crinali:* questa tipologia di fenomeni comprende anche l'eventuale instabilità di pendii in terra o aree di finimento. Tali aspetti verranno affrontati nel procedere del progetto di coltivazione e quindi di volta in volta calcolati.
4. *Fenomeni di ruscellamento concentrato:* vengono definiti in questo modo tutti i fenomeni legati alla presenza di vie di scorrimento preferenziale delle acque di precipitazione. Tali aspetti verranno gestiti in corso di coltivazione in quanto ambedue sono aspetti fondamentali nella gestione dell'attività estrattiva.

L'aspetto n°1 viene affrontato nell'apposita relazione redatta dal Dott. Ing. Massimo Gardenato che fa parte integrante del progetto di coltivazione ed è diretta conseguenza dello studio della fratturazione e di potenziali cinematismi che si possono verificare in funzione dell'area nella quale si comincia la coltivazione presentata nel piano.

Gli aspetti denominati 2, 3 e 4 vengono anch'essi affrontati all'interno del Piano di Coltivazione in quanto le aree di stoccaggio del materiale sono interconnesse con la gestione delle acque ed inoltre le vie di deflusso dovranno essere regolarizzate e controllate al fine di:

- Gestire le riserve d'acqua necessarie per le opere di taglio.
- Gestire le acque per evitare fenomeni di erosione e dilavamento.
- Controllare eventuali inquinanti ed eventuali vie di interconnessione idrogeologica con la falda.

È evidente che l'attività estrattiva è strettamente connessa ai fenomeni geomorfologici in quanto applica su di essi un certo grado di controllo, in conseguenza di ciò si sviluppa interconnessione fra geomorfologia naturale ed antropica.

È stato effettuato un sopralluogo all'interno della zona estrattiva. Preliminarmente si precisa che: tecchie, fronti di scavo e gallerie, sono soggette per loro natura allo sviluppo di fenomeni di disgregazione fisica e chimica innescata da diversi fattori (*Fisica*: gelo-disgelo, calore, precipitazioni, azione degli apparati radicali delle piante, azione della fauna. *Chimica*: fenomeni legati al carsismo).

L'ingresso ai cantieri avviene mediante una strada di arroccamento comune a più concessioni, che si distacca dalla viabilità comunale all'altezza dell'ingresso, lato Torano della galleria che conduce al bacino di Miseglia - Fantiscritti. La strada di arroccamento, da asfaltata, salendo verso le cave più alte, passa da asfaltata a sterrata. Nonostante questo, rimane facilmente percorribile con fuoristrada, anche leggero. La coltivazione della cava, oggetto di studio avviene a cielo aperto. Per passare ai vari livelli delle cave è necessario percorrere piste di arroccamento. Come per la viabilità di accesso, anche quella di cantiere è facilmente percorribile a mezzo di fuoristrada leggero, sia in condizioni di pioggia che in condizioni meteo secche. Le strade descritte non presentavano, al momento del rilievo, segni di dissesto.

La coltivazione, nell'area di studio avverrà, come già specificato, in sotterraneo; pertanto, è soggetta alle dinamiche di pericolosità G3a per tutte quelle aree su ammasso roccioso e G3b per quelle su detrito; si precisa che non si prevedono lavorazioni che andranno ad interagire con le aree a pericolosità G3b. Le aree che in pianta intercettano le suddette sono in galleria; pertanto, distanti dalle aree soggette alle dinamiche G3b. Si rimanda al progetto specifico per i dettagli.

Sulla base del rilievo condotto, non erano presenti, al momento del rilievo, fenomeni di dissesto in atto o evidenze di dissesto collegabili con la pericolosità G3a e G3b che caratterizzano l'area di progetto.

Preme precisare che la cava 54 si raggiunge tramite la strada di arroccamento bacinale asfaltata dalla quale si dirama un breve tratto di pista di arroccamento sterrata che risultava in ottime condizioni di percorribilità.

CARATTERISTICHE GEOLOGICHE

GEOLOGIA

La catena delle Alpi Apuane è un duomo metamorfico fuoriuscente dalla catena a falde di ricoprimento dell'Appennino settentrionale. La dorsale è formata da più unità tettoniche deformate e strutturate durante la fase di collisione continentale che ha coinvolto la placca europea ed africana e durante la fase di migrazione verso Nord-Est del fronte compressivo dell'Appennino e della sub-catena apuana (*note al foglio 250 CARG*).

Inquadramento geologico strutturale

Per ciò che concerne gli aspetti geostrutturali e tettonici la descrizione è limitata alle prossimità dell'area di studio.

L'area estrattiva sorge in un settore della catena caratterizzata da una struttura ad Horst e Graben. La tipologia di strutture citate si sviluppa quando si instaura un regime distensivo nella catena. Tale regime viene accomodato dallo sviluppo di faglie normali immergenti, nell'area di studio, verso Ovest. Questa tettonica determina l'abbassamento di un settore e il contestuale innalzamento di altre porzioni. Nell'area di studio le faglie ad andamento appenninico sono inoltre intersecate da strutture minori (andamento N-S e NE-SW) immergenti verso W generalmente ad alto angolo.

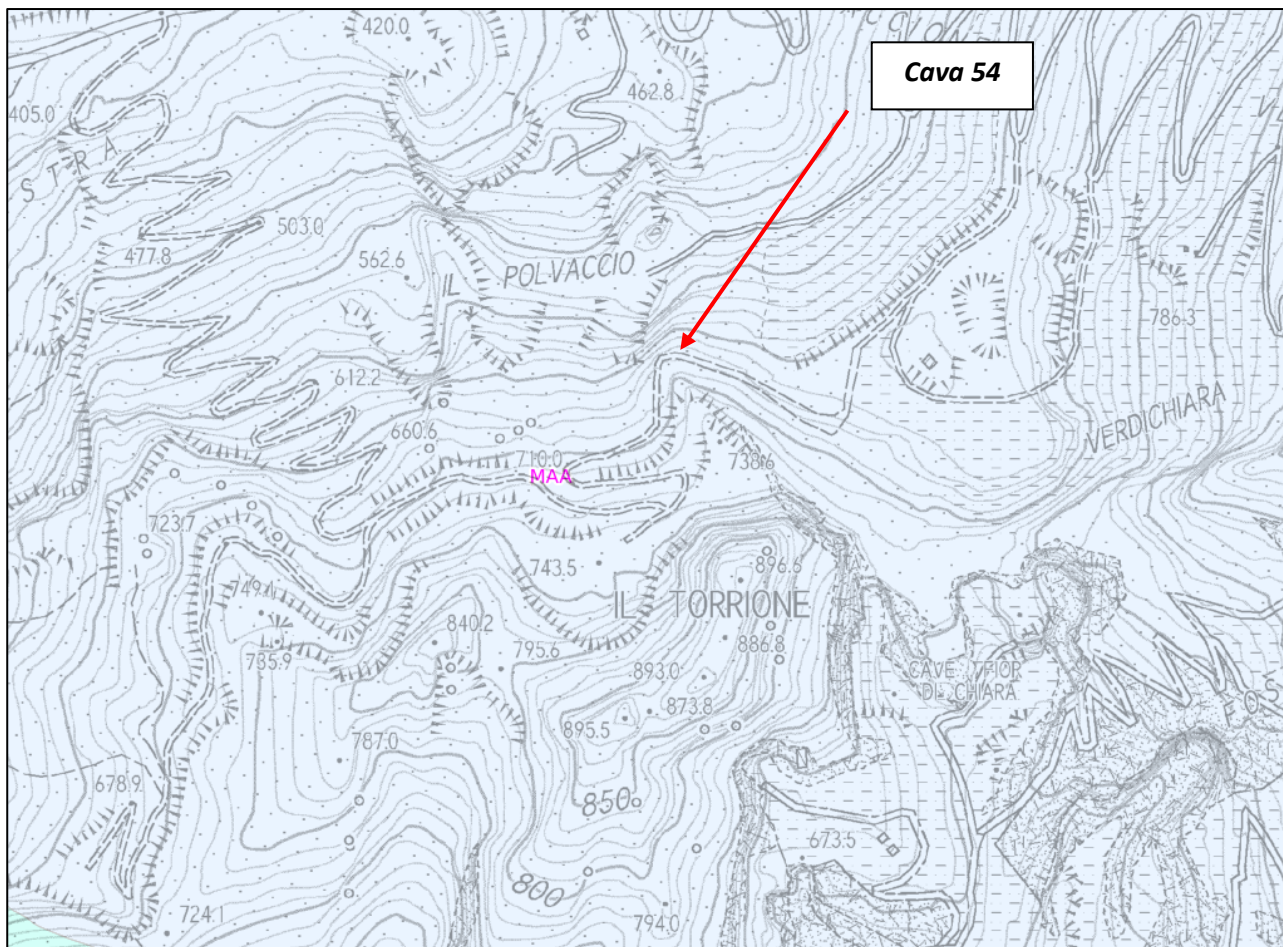
La struttura principale è il contatto tettonico che separa le unità di Massa ad Ovest dalle unità dell'Autoctono Apuano ad Est. Le strutture maggiori sono spesso accompagnate, nelle immediate vicinanze, da sistemi satelliti orientati anch'essi principalmente N-S. Le tracce di deformazione fragile, principale e secondaria, sono segnalate nei siti estrattivi da: fasce di finimento e morfologia dei versanti (maggiorente acclivi); per l'area di studio, si evidenzia che la morfologia antropica ha completamente obliterato le strutture geomorfologiche; dunque, le uniche tracce di deformazione fragile sono le fasce di finimento che si trovano lungo le bancate. Gli elementi di deformazione fragile sono ben visibili grazie al processo di coltivazione, il quale permette la loro esposizione. L'assetto della deformazione viene descritto mediante stereonet nell'apposito paragrafo di questo lavoro. È evidente che la struttura tettonica ad Horst e Graben tipica dell'area apuana ha effetto sulla giacimentologia del sito estrattivo.



Strutture tettoniche delle Alpi Apuane (<http://sgi2.isprambiente.it/ithacaweb/viewer/>)

Inquadramento geologico stratigrafico











L'area di studio, dal punto di vista geologico si trova all'interno della sinclinale di Carrara caratterizzata, per la quasi totalità dall'affioramento delle unità dell'Autoctono. L'Autoctono (Unità tettonica delle Alpi Apuane) corrisponde a domini geometricamente inferiori ai primi; tuttavia, rappresenta la quasi totalità degli affioramenti delle Alpi Apuane. Appartengono a questa la formazione dei marmi che caratterizzano i bacini del carrarese e dalla quale provengono le pietre ornamentali.



Stralcio della Carta Geologica della Regione Toscana

<http://www502.regione.toscana.it/geoscopio/geologia.html>

Unita geologica areale

-  CLF - Metacalcari selciferi LIAS MEDIO - LIAS SUPERIORE
-  CND - Marmi a crinoidi ANISICO ? - LADINICO
-  CNDa - Marmi a crinoidi: Breccie marmoree ANISICO ? - LADINICO
-  GRE - Grezzoni NORICO
-  MAA - Marmi LIAS INFERIORE
-  MDD - Marmi dolomitici LIAS INFERIORE
-  MRZ - Marmo zebrino LIAS INFERIORE - LIAS MEDIO ?
-  PRA - Prasiniti LADINICO
-  VEU - Formazione della Verruca LADINICO - CARNICO
-  VEUa - Formazione della Verruca: Membro delle Anageniti grossolane LADINICO - CARNICO

Legenda della Carta Geologica della Regione Toscana

<http://www502.regione.toscana.it/geoscopio/geologia.html>

Gli affioramenti principali che si rinvencono sono rappresentati all'interno dello stralcio della carta geologica della Regione Toscana. Gli affioramenti ricadono all'interno dell'Unità Tettonica dell'Autoctono e comprendono unicamente i marmi (MAA). Le altre formazioni osservabili non ricadono all'interno delle zone di intervento.

Per ciò che invece concerne lo sfruttamento dal punto di vista ornamentale delle varietà stratigrafiche si rimanda allo specifico capitolo rispetto alla giacimentologia del sito.

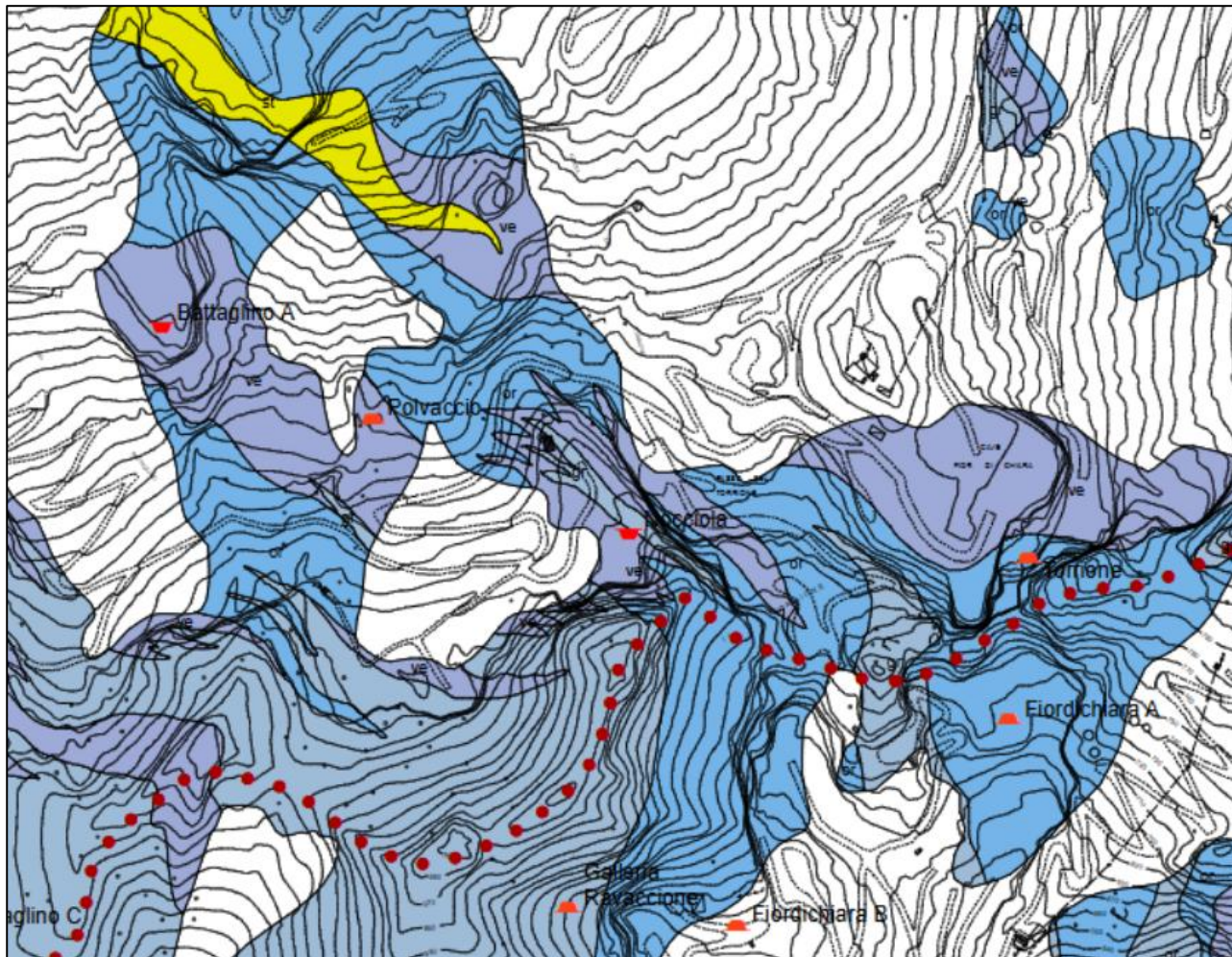
Analizzando soprattutto le differenti qualità merceologiche si nota la presenza di diverse complicazioni strutturali da mettere in relazione con la storia metamorfica. Infatti le differenti formazioni si compongono di lenti deformate dai due cicli metamorfici D1 (pieghe chiuse) e D2 (pieghe aperte). Inoltre, oltre alla deformazione duttile si apprezza, la presenza di elementi di deformazione fragile, i quali si identificano con le fasce di finimento variamente orientate. Nell'area di studio la presenza di fratturazione è da ricondurre alla vicinanza con la faglia della Fiordichiara, questa una struttura, determina lo sviluppo di una perturbazione nella roccia, la quale determina a sua volta un incremento dello stress nell'ammasso roccioso interessato e conseguentemente lo sviluppo di deformazione fragile anche nei siti prossimi alla sua posizione. Detta deformazione pur non provocando fratture di elevate dimensioni contribuisce a frantumare l'ammasso roccioso.

La presenza della fratturazione ha effetto sui caratteri giacimentologici di tutto il bacino; influenza, in particolare, la dimensione dei blocchi estraibili, i quali spesso al loro interno presentano difetti riconducibili all'assetto tettonico della zona descritto in precedenza.

Come evidenziato anche dallo studio strutturale promosso dal Comune di Carrara, per il sito si attende una resa del 25%. Tale dato si ritiene in linea con quanto osservato nella campagna d'indagine effettuata.

CARATTERISTICHE MERCEOLOGICHE DEL SITO**MERCEOLOGIA**

L'area è una zona di estrazione di pietre ornamentali. Come sancito dalla presenza del sito all'interno delle carte del PABE del Comune di Carrara relative alle qualità merceologiche. Tav D3.2 Tavola Nord.

**VARIETA' MERCEOLOGICHE DI MARMO**

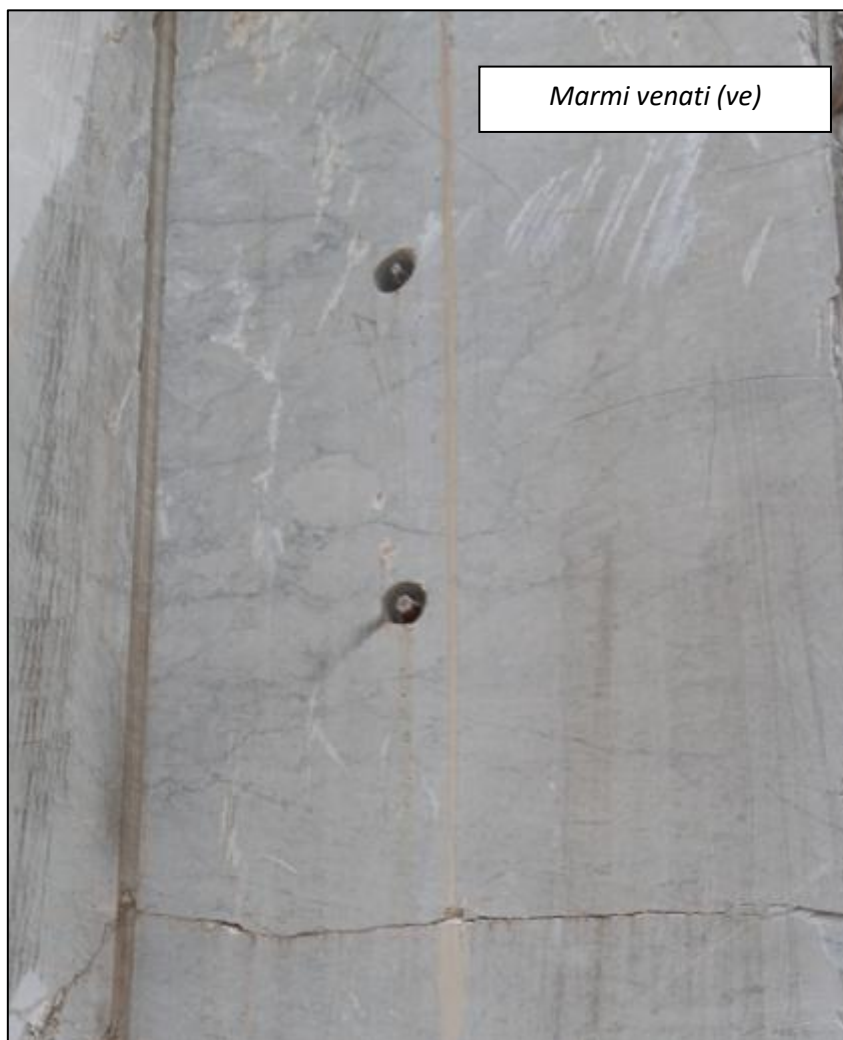
- | | |
|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | MARMO ORDINARIO
Marmi a grana fine o media - grossa, di colore bianco perlaceo fino a grigio chiaro, in genere piuttosto omogenei o variamente punteggiati da macchie grigie più o meno sviluppate e sfumate dovute a presenza di pirite microcristallina.
(Formazione geologica: Marmi). Zona estrattiva: Alpi Apuane, Provincia di Massa Carrara e Lucca.
Lias inf. |
| | MARMO VENATO
Marmi a grana media, di colore dal bianco al bianco perlaceo, fino a grigio chiaro, con venature più scure da molto regolari ad anastomizzate e spesse in media dal mm al cm. Non sono rare macchie grigie di forma irregolare talvolta caratterizzate da isorientazione.
(Formazione geologica: Marmi). Zona estrattiva: Alpi Apuane, Provincia di Massa Carrara e Lucca.
Lias inf. |
| | MARMO GRIGIO
Marmi di colore da grigio chiaro a grigio scuro attraversati da vene grigie più chiare o più scure. Il colore scuro più o meno uniforme dell'insieme è dato da pirite microcristallina e/o pigmento carbonioso. Non di rado sono presenti masse e/o strati dolomitici più o meno regolari e continui e livelli ocrei con pirite.
(Formazione geologica: Marmi). Zona estrattiva: Alpi Apuane, Provincia di Massa Carrara e Lucca.
Lias inf. |

Stralcio della Tav. D3.2 Tav Nord del PABE del Comune di Carrara e relativa legenda

Come evidenziato negli estratti sopra, all'interno dell'area di studio le principali qualità di materiali estratti sono: Marmo venato (ve) e Marmo grigio (gr). I marmi Ordinari (or) non vengono segnalati nell'area a progetto ma a quote tendenzialmente inferiori.

Durante il rilievo condotto è stato possibile osservare come, nei settori oggetto di intervento, esistano le tipologie di materiale elencate nel PABE. Nelle aree oggetto di progetto sono stati osservati marmi venati e grigi. Si conferma che i marmi ordinari sono relegati in aree non oggetto di lavorazioni.

Durante le fasi di rilievo è stato possibile, sulla base della cartografia dello stato attuale, definire le porzioni della cava in cui affiorano le suddette varietà merceologiche. Tali dati sono poi stati riportati sulla specifica carta della varietà merceologica allegata. Di seguito la descrizione di quanto osservato.



Cava 54, marmi venati all'ingresso del sotterraneo

Il rilievo condotto in sito ha permesso di evidenziare come nella zona attualmente in lavorazione siano presenti unicamente marmi venati; i marmi grigi si trovano unicamente in porzioni di bancate a cielo aperto che non saranno oggetto di coltivazione.

Lo stato attuale del sito non permette di effettuare ulteriori verifiche in relazione alle aree di futuro sviluppo del progetto; infatti le tecchie poste al di sopra della galleria risultano ossidate; pertanto, non è possibile fare una valutazione merceologica delle aree sopra all'area di intervento.

Le varietà merceologiche riscontrate durante il rilievo sono da ritenersi puramente rappresentative delle singole qualità. Infatti, se pur alla scala della carta dell'allegato 3 si sia scelto di distinguere fra i settori caratterizzati da marmo venato e marmo grigio; la situazione reale è ben più complessa; infatti, non sono rari i casi in cui si abbia un graduale passaggio da marmi venati a marmi grigi; in questo caso, la transizione avviene mediante interi settori di caratterizzati da materiale venato nel quale il fondo diviene progressivamente grigio; chiaro indizio di passaggio graduale tipico dei marmi.

Appare chiaro che le varietà di marmo non hanno una zonizzazione ben definita ma posseggono una enorme variabilità sia nello sviluppo verticale sia in quello orizzontale. Ciò implica che con il procedere della coltivazione sarà necessario rivedere le carte, aggiornando le stesse sulla base delle varietà scoperte con gli avanzamenti.

Marmi (MAA)

La formazione dei marmi (MAA) si caratterizza per l'estrema varietà interna fornita dai processi genetici della roccia. I marmi si contraddistinguono per la presenza di materiali più o meno dolomitizzati, dolomie cristalline, marmi e metabrecce monogeniche (*Carmignani et al. 2007*).

La formazione dei marmi (MAA) e dei marmi dolomitici rappresentano la fase di sviluppo di una nuova piattaforma carbonatica del tardo-trias successiva a quella che ha dato vita alla formazione dei Grezzoni (*Carmignani et al. 2007*).

Il processo di formazione dei marmi (MAA) ha dato vita, essendo legato ad una piattaforma carbonatica molto estesa, ad una notevole variabilità, legata alle variazioni degli ambienti di deposizione dei calcari originari. Tali variazioni dell'ambiente deposizionale hanno dato vita alle varietà merceologiche attualmente coltivate.

Notevole variazione della formazione dei marmi (MAA) la si ha soprattutto nell'aspetto cromatico del fondo, si hanno: marmi bianchi, marmi grigi e marmi brecciati. I primi derivano principalmente da settori della piattaforma con condizioni di deposizione ottimali dove sono scarsi gli apporti di materiale pelitico e organico. I marmi grigi deriverebbero dalla deposizione dei calcari in aree di piattaforma nelle quali il

materiale organico poteva maggiormente essere preservato. I marmi brecciati derivano da settori della piattaforma dove avveniva la deposizione di materiale brecciato, derivante da fiumi e/o torrenti. Nell'area di intervento, la principale varietà di marmo è il Marmo grigio (gr) Marmo venato (ve) e Marmo ordinario (or).

Marmi grigi (gr)

Per la descrizione dei marmi grigi si fa riferimento a quanto riportato da Carmignani et al 2007: *“Marmi a grana fine o media, di colore da grigio chiaro a grigio scuro attraversati da vene grigie più scure o più chiare fino a biancastre. L'ornamentazione risulta estremamente variabile pur rimanendo all'interno di un tipo generale: si può infatti passare da litotipi con aspetto molto eterogeneo e variegato, dato da alternanze più o meno irregolari di livelli grigi e biancastri, a materiali molto omogenei, con colori che vanno dal grigio-bluastro al grigio scuro con sottili venature più scure. Il colore scuro più o meno uniforme dell'insieme è dato da pirite microcristallina e/o pigmento carbonioso. Non di rado sono presenti masse e/o strati dolomitici più o meno regolari e continui e livelli ocrei con pirite”*.

Marmi venati (ve)

Per la descrizione dei marmi venati si fa riferimento a quanto riportato da Carmignani et al 2007: *“Marmi a grana media, di colore dal bianco al bianco perlaceo, fino a grigio chiaro, con venature più scure da molto regolari ad anastomizzate e spesse in media dal mm al cm. Non sono rare macchie grigie di forma irregolare talvolta caratterizzate da una certa isoorientazione. Le macchie e le vene sono tipicamente organizzate secondo un sistema di superfici sub-parallele alla foliazione principale... Questa varietà è caratterizzata da un'ampia gamma di ornamentazioni determinata dalla diversa orientazione, frequenza e spessore delle vene e delle macchie grigio scuro”*.

Marmi ordinari (or)

Per la descrizione dei marmi bianchi ordinari si fa riferimento a quanto riportato da Carmignani et al 2007: *“Marmi a grana fine o medio-grossa, di colore bianco perlaceo fino a grigio chiaro, in genere piuttosto omogenei o variamente punteggiati da macchie grigie più o meno ampie e sfumate dovute a presenza di pirite microcristallina. Raramente si osservano irregolari trame di vene di colore grigio chiaro o scuro. L'aspetto più comune è quindi quello di una roccia massiva e compatta priva di distribuzioni preferenziali degli elementi che la compongono”*.

Considerazioni circa le formazioni presenti

È necessario fare le seguenti considerazioni; le varietà che attualmente vengono estratte nel cantiere della cava 54 sono unicamente i marmi venati; questi ultimi hanno fondo da grigio molto chiaro a grigio scuro senza mai divenire bianco puro. Nelle aree coltivate, al momento del sopralluogo 23.01.2026, non sono state rilevati marmi grigi puri ma solo facies di transizione fra questi ultimi ed i marmi venati che rappresentano la maggioranza.

Stima delle varietà estraibili

dall'analisi della cartografia, allegata alla presente, appare evidente che la varietà merceologica maggiormente presente nelle aree a progetto sia il marmo venato a fondo grigio da chiaro a chiaro scuro; pertanto, lo stesso, nelle sue variazioni interne, descritte in precedenza, risulta essere quello maggiormente coltivato.

I marmi grigi, per quanto detto precedentemente, pur affiorando nell'area, non vanno ritenuti marmi grigi puri ma piuttosto una facies del marmo venato (marmi venati a fondo grigio).

Stato di fratturazione

Lo stato di fratturazione è stato rilevato dall'ingegnere progettista e riportato su specifica carta, successivamente, la fratturazione è stata analizzata ai fini della definizione della stabilità dei fronti di scavo. Per la definizione dello stato di fratturazione dell'ammasso roccioso, classificazione e stabilità dei fronti si rimanda alla relazione tecnica del progettista Dott. Ing. Massimo Gardenato.

caratteri strutturali del giacimento

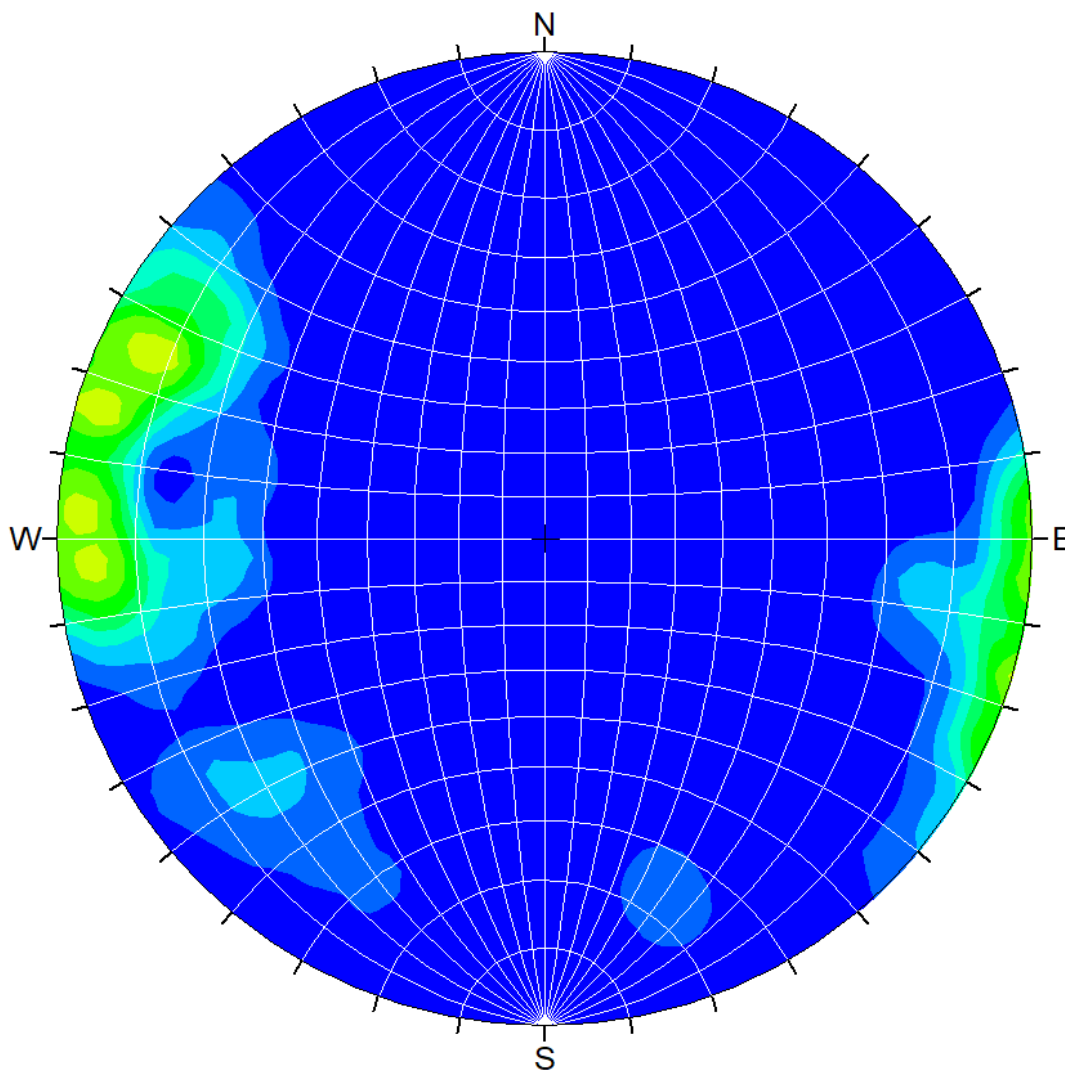
Come accennato nei paragrafi precedenti, la transizione fra le differenti varietà di marmi non è netta ma progressiva, dunque, non è trattabile nella sua realtà ma deve essere semplificata attraverso un modello concettuale (sezione), che permetta la comprensione del contatto e la determinazione delle misure necessarie, ai progettisti, per la redazione di un progetto di coltivazione funzionale.

La modellazione può essere effettuata considerando il contatto come lineare. La progettazione della coltivazione del bacino è controllata, oltre che dai contatti fra le differenti formazioni e varietà, dalle direzioni strutturali delle fratture.

La misurazione della fratturazione è stata effettuata direttamente all'interno del bacino, in quanto facilmente accessibile e ben osservabile poiché i tagli hanno esposizioni regolari e senza alterazione.

Lo schema di fratturazione è quello tipico delle Apuane, infatti i maggiori sistemi di fratturazione sono orientati principalmente secondo la direzione circa N-S (appenninica). Le principali strutture di deformazione sono distribuite in maniera omogenea.

Le misure della fratturazione riportate sotto hanno valore descrittivo delle principali orientazioni della fratturazione, ed in particolare delle strutture principali.



Distribuzione delle principali famiglie di fratturazione

Per una migliore lettura, le misure di fratturazione sono state inserite all'interno di uno stereogramma che ha permesso la valutazione della distribuzione spaziale delle stesse. Ad ogni famiglia ottenuta è stato dato un nome del tipo K_n , dove n indica la differente famiglia. L'ordine delle famiglie non è indicativo della loro importanza. Le famiglie sono le seguenti:

sistema	K1	K2	K3	K4	K5
Piano rappresentativo (°)	040/75	085/80	115/80	285/80	335/75

Le famiglie riportate sopra sono state classificate sulla base di un rilievo di circa 100 misure, tale rilievo, visto il numero limitato delle misure è da ritenersi indicativo e funzionale unicamente alla descrizione degli andamenti tettonici. Per le misure delle fratture in dettaglio e le analisi di stabilità relative si rimanda alla relazione tecnica del Dott. Ing. Massimo Gardenato.

Viste le caratteristiche del bacino il massimo della produttività lo si ottiene orientando lo scavo perpendicolarmente e/o parallelamente alle principali fasce di finimento, in questo modo si riusciranno ad ottenere blocchi o blocchi informi di diversa pezzatura posizionati fra le fasce di fratturazione.

N.B → Nelle aree metamorfiche la fratturazione può subire rotazioni anche significative ed in un breve spazio, dunque, per massimizzare la resa in fase di estrazione sarà necessario analizzare progressivamente l'andamento della fratturazione con il procedere della coltivazione ed eventualmente operare le correzioni necessarie.

ESPLORAZIONE

Al momento della redazione della presente le cave sono attive e coltivate secondo un piano di coltivazione già approvato. Dunque, non è stato ritenuto necessario effettuare indagini esplorative, in quanto i contatti sono facilmente osservabile in cava.

CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE ED IDROGRAFICHE

IDROGEOLOGIA

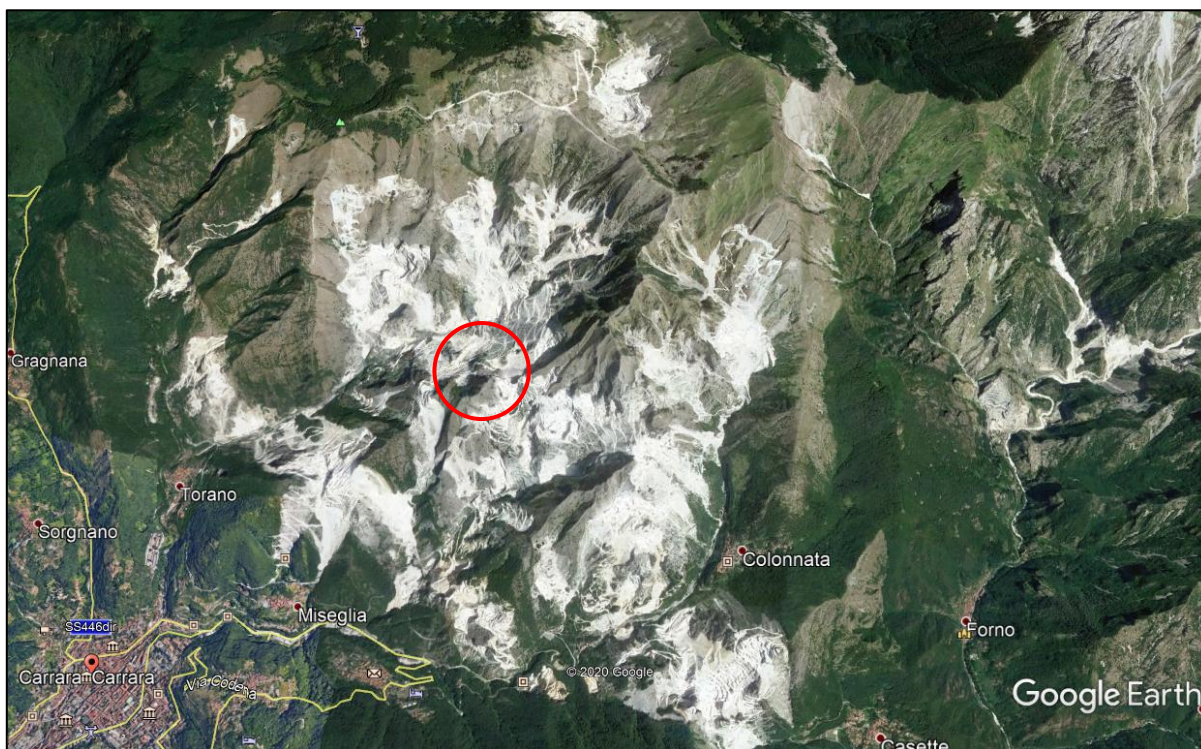
L'area di studio sorge sulle formazioni calcaree metamorfiche dell'Autoctono. Tale assetto implica che esiste una forte interconnessione fra la circolazione idrica superficiale e profonda, stabilita dalla presenza, nei marmi apuani, di permeabilità secondaria sviluppatasi attraverso i processi di fratturazione e carsismo, che permettono all'acqua sia di infiltrarsi che di defluire.

L'attività estrattiva modifica la morfologia dei versanti ed influisce sulla circolazione delle acque. È necessario fare un quadro della circolazione idrica superficiale e profonda dell'area. Le cave specificate in premessa, sono, al momento della redazione di questo lavoro, in stato di attività; dunque, possiedono già la documentazione relativa alla gestione delle AMD (Acque Meteoriche Dilavanti) e delle AMPP (Acque Meteoriche di Prima Pioggia) alla quale si rimanda anche in caso di successivi aggiornamenti.

Idrogeologia superficiale

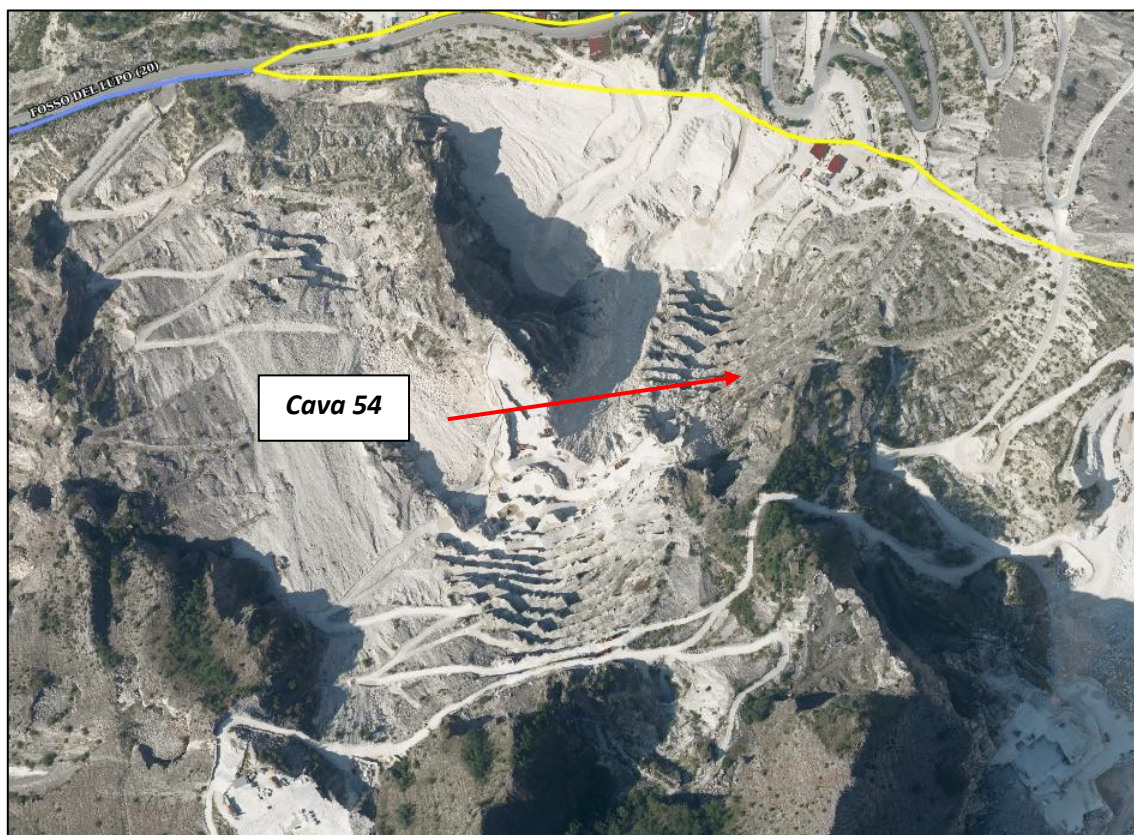
Come osservabile nell'estratto sotto l'area di studio si trova nel bacino estrattivo di Torano.

Dal punto di vista dell'idrogeologia superficiale l'area si caratterizza per la presenza di un reticolo maggiore ed uno minore.



Panoramica dell'area di cava

Il primo viene definito sulla base della L.R. 79/2012 aggiornata sulla base del DGR 24/2025. È osservabile nell'estratto sotto.

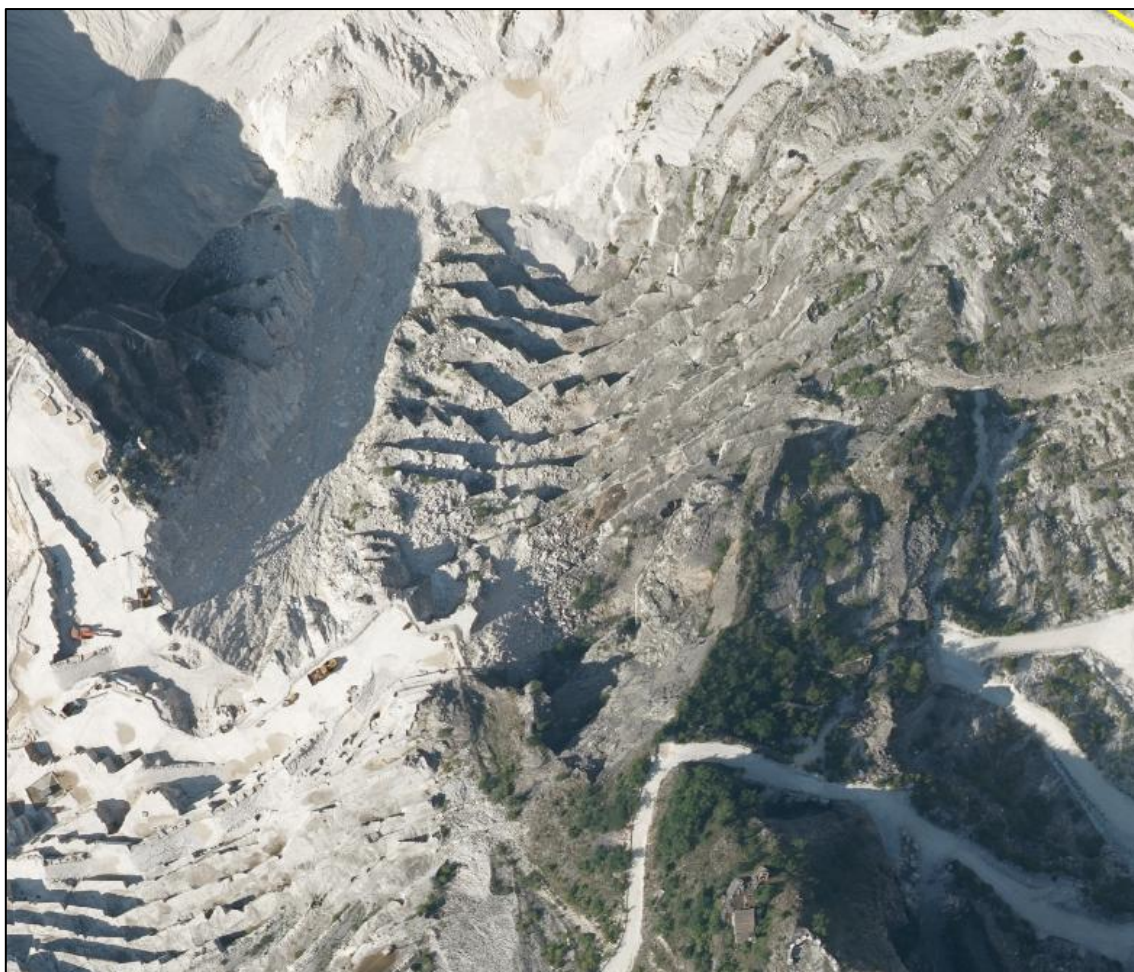


Reticolo idrografico principale ai sensi della L.R. 79/2012 aggiornata sulla base del DGR 24/2025

Il reticolo idrografico superficiale principale è formato dalla serie di impluvi che scendono dalle porzioni più elevate dei versanti lungo la viabilità di cava e dai canali che escono dalle cave oltre che dai corsi d'acqua. I primi sono identificati da linee gialle, che vengono identificate dalla legenda del portale della Regione Toscana come "Casi Particolari", mentre i secondi da linee blu, che rappresentano i corsi d'acqua da cui deve essere mantenuta la distanza di 10 m. nei pressi delle aree di progetto non vengono evidenziati corsi d'acqua appartenenti al reticolo principale di gestione.

I reticoli individuati in giallo oltre ad essere un caso particolare non sono gestiti dal Consorzio di Bonifica Toscana Nord (https://geoportale.lamma.rete.toscana.it/difesa_suolo/#/viewer/openlayers/265). In ogni caso non sono presenti nelle aree di progetto.

Nello specifico, i flussi idrici nelle aree di cava non vanno intesi come flussi puntuali e concentrati ma piuttosto come flussi diffusi sui piazzali che si estendono sino alle cave sottostanti. La gestione di questi flussi viene demandata al sistema di gestione delle acque. Per i dettagli si rimanda al piano di gestione delle AMD e AMPP.



Panoramica area dell'area di studio

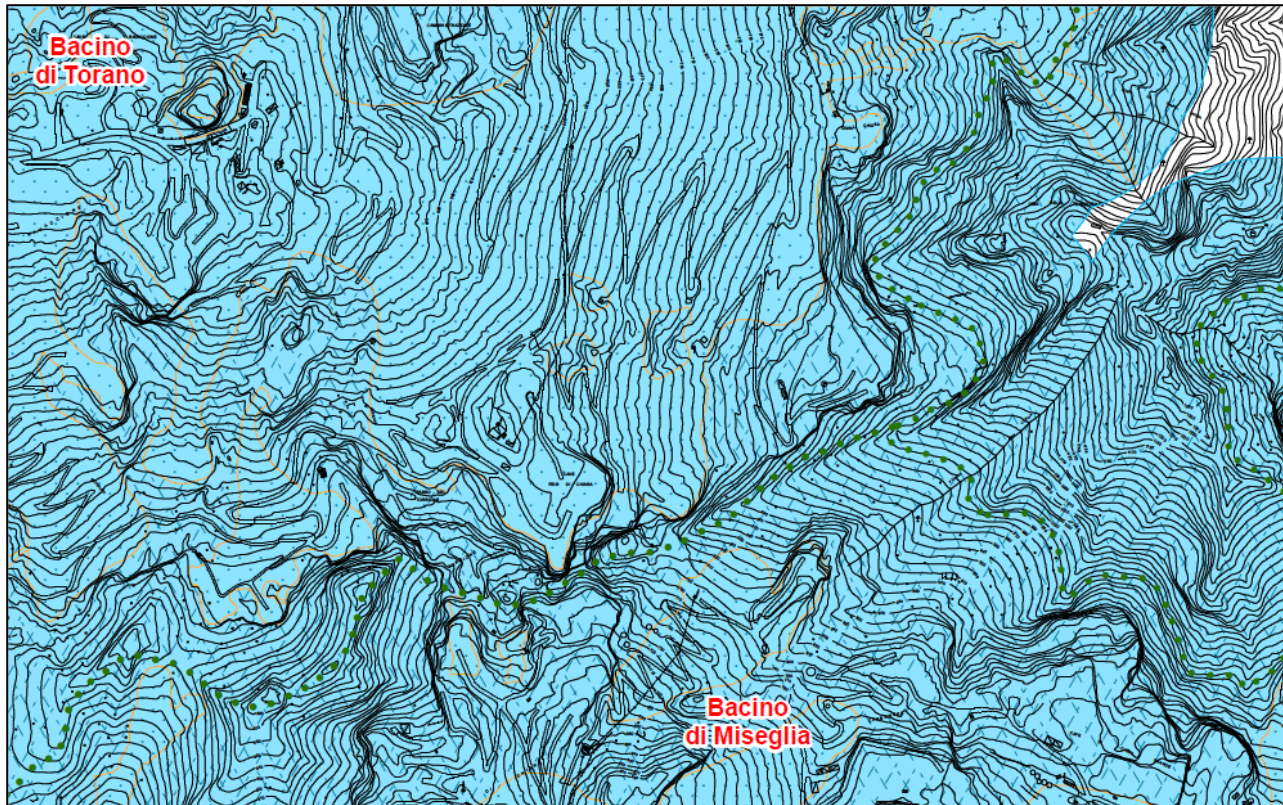
La cava oggetto di progetto si trova nella porzione più elevata dei versanti del bacino di Torano; pertanto risultano essere zona di passaggio per le acque che provengono dal Mt. Maggiore e che da questo, seguendo le naturali pendenze ed i naturali impluvi, scendono verso valle. Quanto appena descritto deve essere tenuto in considerazione nella redazione dei piani di gestione delle AMD e AMPP, i quali dovranno prevedere sistemi adeguati alla gestione delle acque, sia piovane sia di scolo, specialmente in merito alla porzione solida presente nelle acque. Per la scelta dei sistemi di gestione adeguati, il loro dimensionamento e per una loro descrizione si rimanda alla relazione tecnica del Dott. Ing. Massimo Gardenato.

L'area di studio risulta essere quasi totalmente antropizzata, dunque il reticolo minore è per la maggior parte artificiale, creato ai fini della gestione delle AMD e AMPP; rimane tuttavia una circolazione minore naturale che sfrutta, per il movimento a gravità delle acque, le irregolarità morfologiche dei piani di lavoro.

Le acque che verranno incanalate dal sistema di impluvi, maggiori e minori, dovranno essere adeguatamente regimentate inserendo le lavorazioni a progetto nei piani di gestione delle acque in modo da ridurre al minimo tecnicamente possibile il fenomeno del ruscellamento concentrato.

Idrogeologia profonda

L'area di estrazione ricade, all'interno di un'area interessata dai calcari metamorfici (marmi: MAA) appartenenti alla formazione dell'Autoctono Apuano.



Classi di permeabilità relativa per i complessi idrogeologici in roccia
Permeabilità secondaria

Grado di permeabilità	Complessi carbonatici		Complessi non carbonatici
	Permeabilità per fratturazione e/o carsismo	Permeabilità per fratturazione	Permeabilità per fratturazione
alta	V		
medio-alta	IV	IV	
media	III	III	
medio-bassa			II
da bassa a molto bassa			I

⇒ Classi di permeabilità relativa non rappresentate nell'area di studio

Classi di permeabilità relativa per i complessi idrogeologici in depositi quaternari, artificiali attuali e recenti (h3)
Permeabilità primaria per porosità

Grado di permeabilità	Depositi quaternari, artificiali attuali e recenti (h3)
alta	5
medio-alta	4
media	3
medio-bassa	2
da bassa a molto bassa	1

— Contatto stratigrafico e/o litologico

Limiti dei complessi idrogeologici in roccia

— Emerso - - - - - Sepolto

Sorgenti

■ Sorgente captata

Prove con traccianti Lycopodium

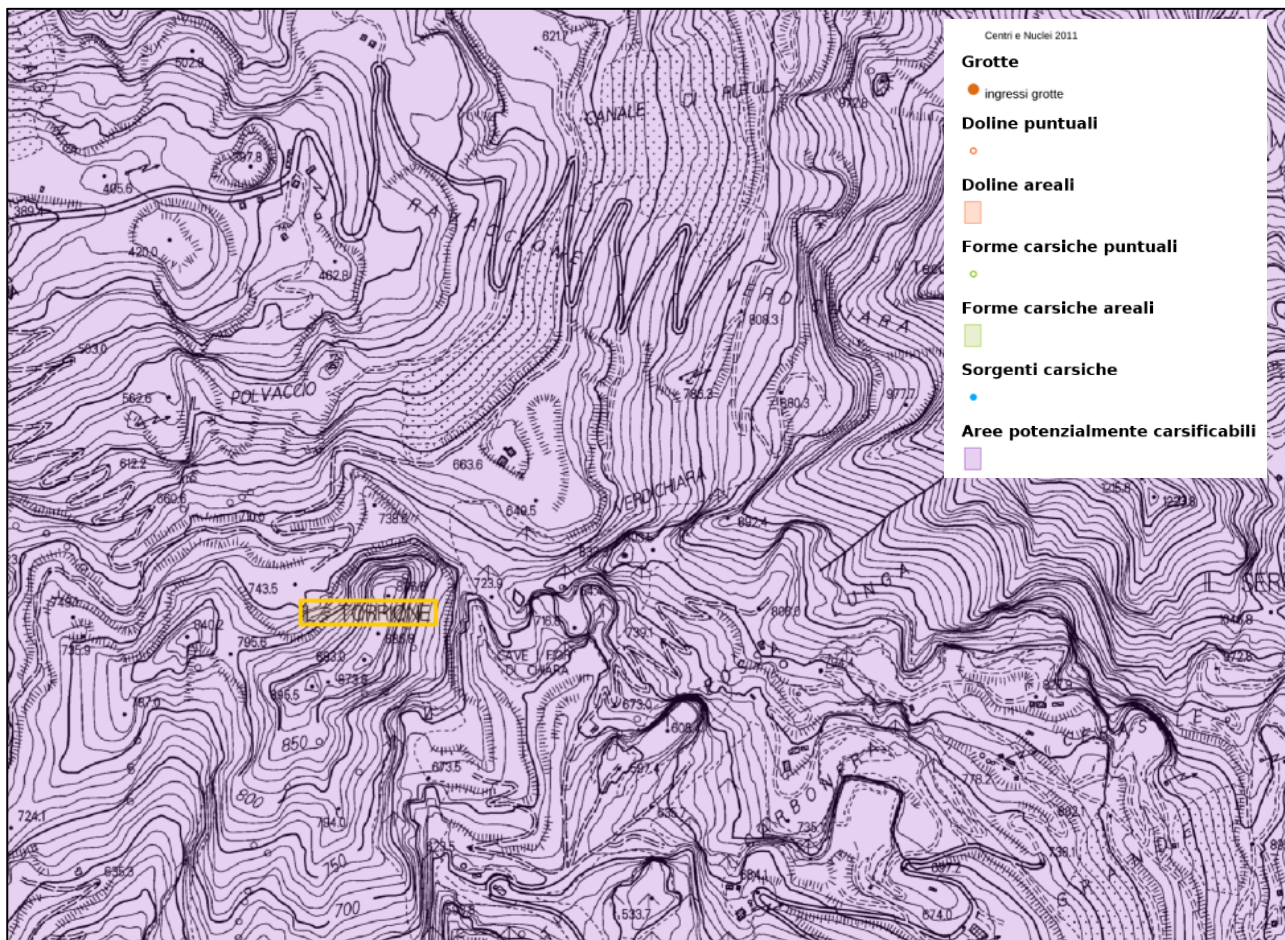
○ Negativa

Carta idrogeologica e legenda dell'area oggetto di intervento (PABE Comune di Carrara, TAV. D4.1 TAV. nord)

Oltre al substrato calcareo, vi sono estese coperture detritiche derivanti dall'attività estrattiva (ravaneti). Per gli aspetti inerenti alla permeabilità dei litotipi e dei depositi si fa riferimento alla tavola D4.1 Tav. Nord del PABE del Comune di Carrara, che evidenzia come il substrato roccioso sia composto da complessi carbonatici nei quali la permeabilità si sviluppa per carsismo e/o fratturazione e raggiunge un grado definito, dalla legenda, come alto. Da segnalare tuttavia che il grado di permeabilità del substrato roccioso non è omogeneo. Per i depositi dei ravaneti, definiti: depositi quaternari, artificiali attuali e recenti la carta individua una permeabilità alta dovuta alla natura stessa del deposito.

I litotipi sono suscettibili allo sviluppo di dissoluzione per fenomeni di carsismo. L'acqua circolante all'interno di fratture, piani di faglia, pori e superfici di stratificazione, tende a disciogliere i calcari che circondano l'area di infiltrazione.

La suscettibilità dell'area di studio a questa tipologia di fenomeno è certificata dalla cartografia reperibile sul sito della Regione Toscana relativa alle aree carsificabili ed al catasto delle Grotte.



Carta delle zone Carsificabili e relativa legenda

(http://www502.regione.toscana.it/geoscopio/grotte_e_carsismo.html)

Come già accennato precedentemente l'intensa attività tettonica che ha caratterizzato l'area di intervento ha provocato la messa in posto di sistemi di fratturazione con la formazione di locali aree cataclastiche, le quali potrebbero aver favorito la formazione di cavità carsiche.

L'area di estrazione, come evidenziato dall'estratto della carta riportato sopra, non si trova nei pressi di ingressi a grotte o forme carsiche censite e cartografate dalla Regione Toscana.

Durante il rilievo, all'interno delle aree, in quel momento accessibili, delle cave, non sono state osservate forme ipogee.

Nel caso in cui, il procedere della coltivazione rivelasse la presenza di forme carsiche o ipogee in genere il progettista dovrà applicare: oltre alle prescrizioni relative alla gestione delle AMD e AMPP, (redatte dall'Ing. Progettista alle quali si rimanda per maggiori dettagli) anche procedure, volte alla tutela di dette forme, da individuarsi al momento in funzione della forma individuata.

Idrogeologia dell'area di cava

L'assetto morfologico, evidenziato nell'estratto sotto, favorisce lo scorrimento delle acque lungo i versanti e i piazzali delle cave, successivamente, le stesse, tramite le vie di scorrimento preferenziale delle acque, tendono a muoversi, per gravità, verso gli impluvi che scendono verso valle. Nello specifico nelle aree di cava, i flussi idrici non vanno intesi come flussi puntuali ma piuttosto come flussi diffusi sui piazzali che si estendono sino alle cave sottostanti fino alla base dei bacini. Per i dettagli si rimanda al piano di gestione delle AMD. Le vie preferenziali di scorrimento delle acque sono verosimilmente le strade di accesso al cantiere ed i versanti, secondo le naturali pendenze.

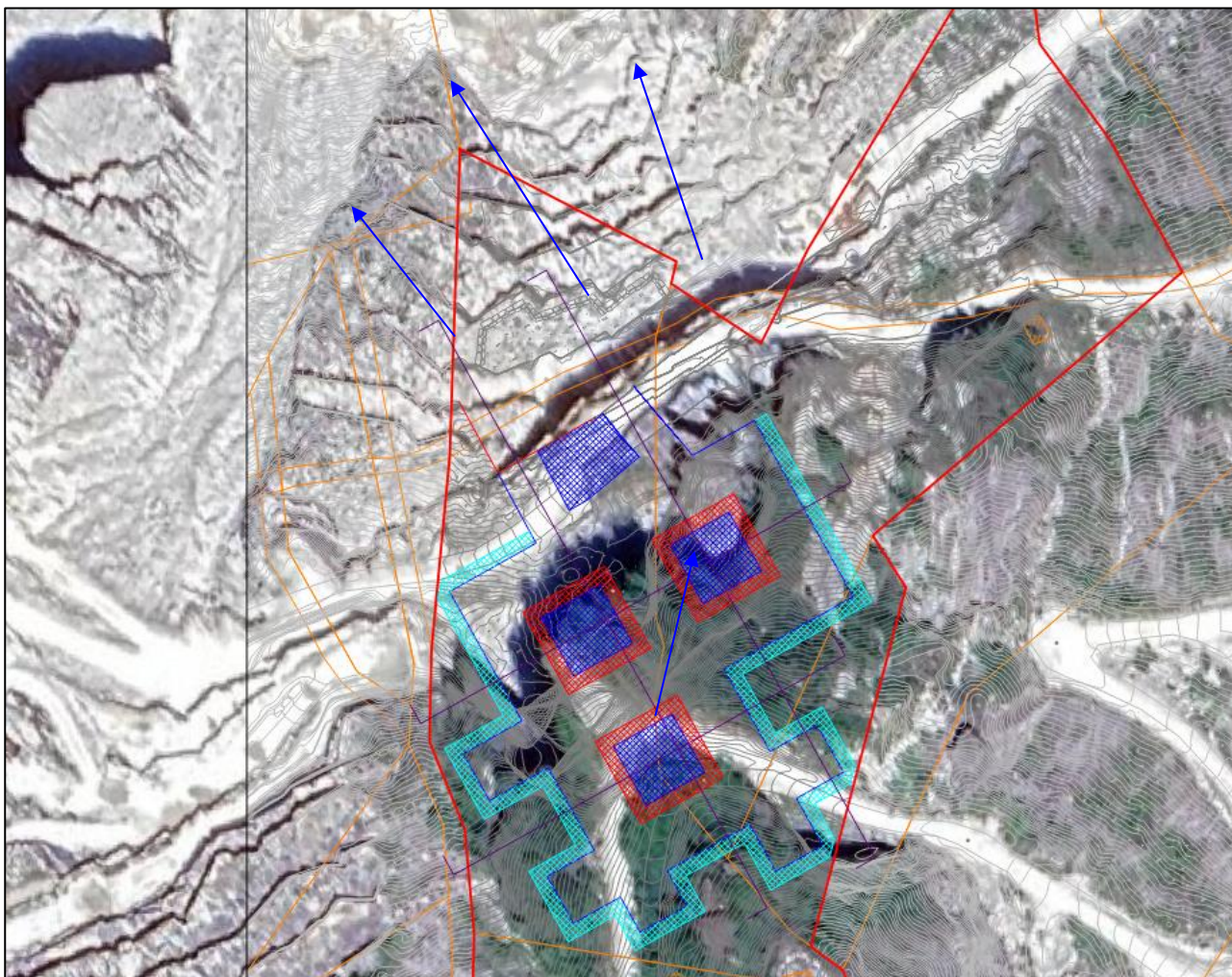
All'interno dell'area di cava, la circolazione, interagisce con le forme antropiche che in quell'area sono state costruite. Le principali sono: ravaneti, strade, piazzali di cava e bancate.

Nei pressi della zona a progetto, sono presenti piccoli depositi detritici, che raccolgono gli scarti derivanti dalle operazioni di estrazione al monte e riquadratura dei blocchi prodotte in passato. Dal punto di vista morfologico, questi accumuli, risultano fortemente eterometrici; infatti, sono presenti clasti di dimensioni pluri-centimetriche ma anche materiale fine, da sabbioso ad argilloso.

Il materiale di maggiori dimensioni, si caratterizza per una elevata permeabilità e dunque non ostacola la circolazione delle acque. Contrariamente il materiale più fine, avendo un indice di vuoti molto inferiore non favorisce il passaggio dell'acqua, che tende invece a prenderlo in carico erodendolo.

Il processo di erosione appena accennato potrebbe creare l'innescò di fenomeni di instabilità; dunque, la circolazione delle acque dovrà essere controllata con apposite misure che vengono trattate ed illustrate all'interno del piano di gestione delle AMD e delle AMPP attualmente in vigore ed all'interno dei nuovi piani

di gestione delle AMD e AMPP all'interno del Piano di Coltivazione di cui questa relazione è parte ed ai quali si rimanda per gli eventuali approfondimenti.



Panoramica area dell'area di studio con linee di flusso

Durante l'avanzamento del progetto si dovrà provvedere all'integrazione delle nuove aree coltivate all'interno dei sistemi di gestione delle acque attualmente presenti in cava (AMD e AMPP), inoltre, questi ultimi, qualora ve ne sia la necessità, dovranno essere adattati al nuovo progetto, di modo che sia opportunamente integrato nel sistema di gestione.

Per maggiori dettagli sul convogliamento delle acque si rimanda agli specifici piani di gestione redatti dall'ingegnere progettista Dott. Ing. Massimo Gardenato.

Le strade rappresentano un ulteriore elemento antropico che influisce e sul quale influisce la circolazione delle acque. Le strade di arroccamento che garantiscono l'accesso alle cave sono costituite da materiale di riporto derivante dall'escavazione il quale è composto da clasti eterometrici, con dimensioni da sub-centimetriche a pluri-centimetriche.

La varietà granulometrica appena definita determina logicamente un differente comportamento rispetto alla circolazione dell'acqua ed all'erosione; infatti, come per i ravaneti la parte fine è più incline ad essere presa in carico e dunque erosa rispetto alla parte più grossolana.

Relativamente alla viabilità di arroccamento, preme precisare che la stessa si dirama dalla strada bacinale asfaltata e risulta essere sterrata solo per un brevissimo tratto che, al momento del rilievo, risultava essere in condizioni di ottima percorribilità senza evidenziare segni di dissesto.

L'interazione fra i piazzali di cava e le acque che vi circolano al di sopra è differente rispetto alla circolazione delle acque su strade e ravaneti; infatti, i piazzali presentano un substrato roccioso compatto, dunque, non potrà subire rapidi dilavamenti. I fenomeni, innescati dalla circolazione delle acque, che potrebbero interessare le porzioni di cava con roccia affiorante sono: la mobilitazione del materiale cataclastico lungo le pareti, le tecchie e le bancate e l'interazione con zone fratturate.

Nel primo caso dovranno essere individuate, se presenti, le zone specifiche ed essere protette con sistemi e materiali idonei al problema specifico o, se è possibile, disacciate.

Nel secondo caso trattandosi di zone più estese rispetto alle prime dovranno essere condotte le opportune analisi di stabilità, tenendo conto anche dell'eventuale interazione dell'acqua con le fratture nonché gli aspetti connessi con le pericolosità geologiche e sismiche descritte nell'apposito paragrafo. Sulla base di dette analisi dovranno essere valutati gli interventi idonei, sia nell'area in esame che nel suo intorno ritenuto significativo dal progettista.

Gestione delle acque nell'area di cava

Per la dettagliata descrizione della gestione delle acque presenti nell'area di cava si rimanda alla relazione relativa al piano di gestione delle AMD e AMPP redatta dal progettista Dott. Ing. Massimo Gardenato.

CONCLUSIONI

La relazione è redatta ai sensi della L.R. n° 35 del 25 Marzo 2015 e della normativa comunale.

Come osservabile dal portale Geoscopio della Regione Toscana, l'area in oggetto, ricade all'interno delle zone poste a vincolo idrogeologico ai sensi del R.D. n°3267/1923, dunque ai sensi del D.P.G.R. n°48/R dell'8 Agosto 2003 devono essere condotte le analisi di stabilità dei versanti oggetto di intervento. Vista la presenza nell'area dei vincoli appena citati devono essere applicati, ai fini della tutela delle acque, i piani di gestione delle AMD e delle AMPP, oltre che le leggi di natura ambientale e di tutela delle acque attualmente vigenti. Qualora le condizioni future dovessero cambiare, rispetto a quelle presenti al momento del rilievo, dovranno essere effettuati nuovi studi in funzione del cambiamento apportato, sulla base dei quali dovranno essere adottati sistemi di prevenzione e tutela adeguati al dissesto. Per le specifiche considerazioni sui vincoli esposti sopra si rimanda alla relazione a firma del tecnico incaricato.

La geomorfologia dell'area di studio racchiude in sé elementi di origine: tettonica, idraulica ed antropica. Le principali problematiche legate alla geomorfologia riguardano:

1. *Fenomeni di crollo/instabilità di versante e dei fronti propri dei fronti di lavorazione:* i problemi connessi con questo aspetto vengono trattati all'interno della relazione di stabilità dei fronti di cava oggetto di progetto redatta dal Dott. Ing. Massimo Gardenato ed alle quali si rimanda per i dettagli. *Sulla base dei dati contenuti analizzati nelle relazioni appena citate dovranno essere successivamente predisposte le opere di consolidamento e messa in sicurezza che di volta in volta si renderanno necessarie in funzione della coltivazione ipotizzata nel progetto al quale si rimanda.*
2. *Fenomeni di instabilità degli ammassi detritici:* vengono intesi in questo modo i ravaneti. Tale problematica è gestita durante le fasi di sviluppo del progetto.
3. *Fenomeni di crollo di crinali:* questa tipologia di fenomeni comprende anche l'eventuale instabilità di pendii in terra o aree di finimento. Tali aspetti verranno affrontati nel procedere del progetto di coltivazione e quindi di volta in volta calcolati.
4. *Fenomeni di ruscellamento concentrato:* vengono definiti in questo modo tutti i fenomeni legati alla presenza di vie di scorrimento preferenziale delle acque di precipitazione. Tali aspetti verranno gestiti in corso di coltivazione in quanto ambedue sono aspetti fondamentali nella gestione dell'attività estrattiva.

Dal punto di vista geologico gli affioramenti principali, interessati dalla coltivazione, appartengono all'Unità Tettonica dell'Autoctono Apuano; in particolare, la coltivazione interessa la formazione dei marmi

(MAA) del Lias Inferiore. I marmi, si trovano prevalentemente nelle varietà: venato a fondo da grigio chiaro a scuro. I settori in oggetto si caratterizzano inoltre per essere interessati da fratturazione, da mettere in relazione con le strutture secondarie che si sono formate a seguito del funzionamento della faglia della Fiordichiara che rappresenta l'elemento tettonico principale dell'area di studio.

Il principale materiale estratto, come evidenziato nel rilievo, è il marmo venato con fondo da grigio chiaro a grigio scuro. In generale, le varietà estratte sono classificabili come: di transizione.

Per la definizione dello stato di fratturazione e la classificazione dell'ammasso roccioso si rimanda alle specifiche relazioni effettuate dall'ingegnere progettista.

L'affioramento dei marmi appartenenti all'Unità Tettonica dell'autoctono apuano, fa sì che nell'area si sviluppino due tipologie principali di circolazione: superficiale e profonda.

La circolazione idrica superficiale la si può distinguere fra principale, identificata dal reticolo regionale ai sensi della L.R. 79/2012 aggiornato sulla base del DGR 24/2025 (non presente nelle aree di intervento) e reticolo secondario, identificabile invece come una serie di impluvi che scendono il versante sul quale sorge l'area di cava. L'area in oggetto, sviluppandosi su formazioni calcaree risulta essere carsificabile. Non sono tuttavia presenti, nelle immediate vicinanze del sito estrattivo, grotte o forme carsiche censite dalla Regione. Durante le fasi di rilievo, all'interno delle aree, in quel momento accessibili, della cava, non sono state osservate forme ipogee.

Nel caso in cui, il procedere della coltivazione rivelasse la presenza di forme carsiche o ipogee in genere dovranno essere messi in campo sistemi di tutela che dovranno essere valutati in base al singolo caso, al fine di meglio adattarsi al caso specifico. Rimane la prescrizione del rispetto delle leggi ambientali e di tutela delle acque.

Dal punto di vista geologico, al momento del rilievo l'area in oggetto non mostra la presenza di fenomeni di dissesto. L'analisi di stabilità dovrà essere condotta nelle aree di sviluppo del progetto ed in un loro intorno significativo. Nelle analisi di stabilità si dovrà tenere conto delle pericolosità espresse negli appositi paragrafi di questo lavoro.

L'intervento è fattibile tenendo conto dei contenuti della presente relazione.

Massa, Gennaio 2026

Il Tecnico
Dott. Geol. Luca Angeli



ALLEGATI

Considerazioni rispetto agli allegati

Gli allegati di seguito presentati sono stati realizzati alla scala di bacino; infatti, dal punto di vista geologico tale approccio risulta più funzionale alla comprensione degli aspetti sia geologico-morfologici che giacimentologici.

a) CARTA GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA

La carta geologica è stata realizzata sfruttando i dati presenti nella banca dati della Regione Toscana (portale Geoscopio).

In particolare, gli shapefile scaricati sono stati sovrapposti alla topografia dello stato attuale e successivamente aggiustati nei contorni, soprattutto per ciò che riguarda i limiti fra depositi antropici (ravaneti – h3) e marmi (MAA), nell'area di cava. Tali limiti sono stati riscontrati durante il sopralluogo.

Durante l'avanzamento della coltivazione, i contatti potrebbero necessitare di revisione, da effettuarsi sulla base dei nuovi dati disponibili.

b) CARTA IDROGEOLOGICA

Nell'area di cava, non è presente una vera e propria falda, piuttosto è presente una circolazione di acque che avviene per gravità, all'interno delle fratture della roccia. Tali fratture e pori, tendono progressivamente a chiudersi per processi di argillificazione, tuttavia, vista la natura calcarea della roccia la stessa circolazione che determina la chiusura favorisce anche la riapertura di pori e fratture attraverso processi carsici, garantendo dunque la circolazione delle acque. La permeabilità che risulta da questo meccanismo è generalmente elevata. Per quanto riguarda invece i depositi antropici la circolazione avviene per porosità all'interno degli interstizi presenti. Viste le notevoli dimensioni dei pori di questa tipologia di deposito la permeabilità che ne risulta è classificabile come alta.

c) CARTA GIACIMENTOLOGICA

La carta delle varietà merceologiche viene redatta come base indicativa dell'andamento delle qualità. La carta giacimentologica viene redatta sfruttando il rilievo in cantiere. Visto quanto detto, la carta possiede un certo margine d'incertezza in quanto derivata dall'osservazione di affioramenti in cava. Successivamente le indicazioni fornite da questa tipologia di osservazione vengono correlate seguendo le misure reperite in campagna. Sulla base di quanto detto i contatti tracciati potrebbero, durante l'avanzamento della

coltivazione, necessitare di una revisione a causa delle nuove informazioni reperite con l'avanzamento delle lavorazioni.

d) SEZIONI GIACIMENTOLOGICHE

Per ciò che concerne le sezioni, queste vengono effettuate sulla base della ricostruzione di una carta giacimentologica. Le sezioni rappresentano dunque in maniera schematica la realtà, in quanto la naturale variabilità dei materiali non è riproducibile all'interno di una sezione; infatti, i limiti vengono ricostruiti collegando fra loro gli affioramenti osservabili nella cava. Inoltre, come detto precedentemente, i limiti fra le differenti varietà non sono netti ma estremamente progressivi e caotici, nonché molto differenti nei diversi settori.

Come riportato nelle note relative alla carta giacimentologica, anche in questo caso i limiti fra le differenti tipologie di marmo sono frutto di ipotesi e ricostruzioni fatte sulla base di quanto direttamente osservato in cava, dunque, con l'avanzare della coltivazione, i limiti in sezione potrebbero dover essere rivisti.