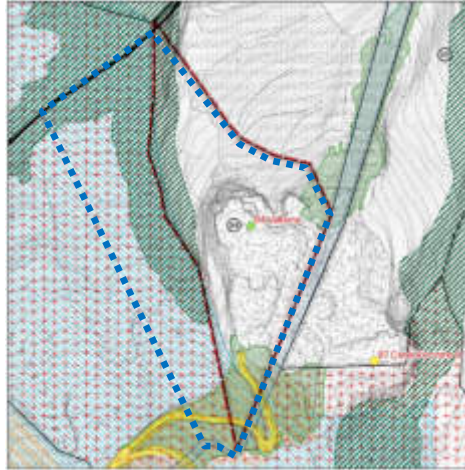


STUDIO DI GEOLOGIA PROFETI
DOTT. MAURIZIO PROFETI GEOLOGO

VIA ROCCATAGLIATA N.96, 54033 CARRARA (MS)
TEL.: 3479059317 E-MAIL: maurizioprofeti@libero.it

COMUNE DI CARRARA



RELAZIONE GEOLOGICA-GEOMORFOLOGICA-IDROGEOLOGICA CON ANALISI DI FATTIBILITA' GEOLOGICA-IDRAULICA-SISMICA A SUPPORTO DEL PROGETTO DI COLTIVAZIONE CAVA N.94 – VALBONA

ai sensi
D.Lgs. 152/2006 e della L.R. 10/2010
L.R. 35/2015 e DPGR 72/R
PABE Comune di Carrara

Richiedente:

Società Marmi Apuani S.r.l.
Via Provinciale Avenza-Carrara, 158 (MS)

Legale rappresentante

Sig. Anselmo Ricci

Il Tecnico

Dott. Maurizio Profeti Geologo

Novembre 2025

SOMMARIO

1. PREMESSA	3
2. LOCALIZZAZIONE	3
3. NORMATIVA, VINCOLI E PERICOLOSITA'	6
4. SCOPI E DESCRIZIONE DEL PROGETTO	16
5. ANALISI DI FATTIBILITA' GEOLOGICA, IDRAULICA E SISMICA	18
6. CARATTERISTICHE GENERALI DELL'AREA DI STUDIO	19
6.1. Geomorfologia	19
6.2. Geologia	22
6.3. Giacimentologia	28
6.4. Idrografia e idrogeologia	32
7. VALUTAZIONE DELLA CATEGORIA DI SOTTOSUOLO E DELL'AZIONE SISMICA	39
8. MODELLO GEOLOGICO	45
8.1. Studio della fratturazione	45
8.2. Classificazione dell'ammasso roccioso secondo Bieniawski (1989)	48
8.3. Classificazione GSI Hoek-Kaiser-Bauden (2002)	48
8.4. Modello geologico in presenza di substrato roccioso affiorante	49
8.5. Modello geologico in presenza di "ravaneti"	49
9. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	50

ELENCO DEGLI ALLEGATI:

TAV. G1 – CARTA GEOMORFOLOGICA - SCALA 1:2.000
TAV. G2 – CARTA GEOLOGICA - SCALA 1:2.000
TAV. G3 – SEZIONI GEOLOGICHE - SCALA 1:2.000
TAV. G4 – CARTA MERCEOLOGICA - SCALA 1:2.000
TAV. G5 – CARTA IDROGEOLOGICA - SCALA 1:2.000

1. PREMESSA

La presente relazione viene redatta, per conto della Società Apuana Marmi s.r.l. di Carrara, a corredo della documentazione progettuale, predisposta a cura del Dott. Ing. Massimo Gardenato, inerente la Variante al piano di coltivazione della Cava n.94 denominata “Valbona”, ubicata nel Bacino marmifero di Miseglia ed esercita dalla Società Apuana Marmi S.r.l.. Nel particolare, il presente lavoro focalizza l'attenzione sulle caratteristiche geologiche, geomorfologiche e idrogeologiche dell'area in oggetto permettendo, in ultima analisi, di valutare la fattibilità geologica, idraulica e sismica del progetto e la definizione del modello geologico del terreno e dei parametri e coefficienti sismici di sito in accordo agli Eurocodici, al DM 17.01.18 ed alla normativa sismica regionale.

2. LOCALIZZAZIONE

La Cava n.94 “VALBONA B” è ubicata nelle località Valbona nel Bacino n°3 Miseglia e nel Bacino Estrattivo PIT/PPR n.15 Bacini di Carrara, Provincia di Massa Carrara, Regione Toscana ed è raggiungibile dalla Via Torano-Piastra, fino alla strada di comparto di Ravaccione verso NE e successivamente dalla strada sottostante il Monte Torrione verso SW e da quella di arrocco interna alla Cava n.56.

L'unità estrattiva è collocata nel versante orientale di Cima Valpulita, in destra idrografica del Fosso di Valbona.

Il perimetro dell'area in disponibilità di circa 54525 mq si colloca ad una q. compresa tra 440.0-780.0 m s.l.m. e nella cartografia tecnica regionale è rilevabile:

- ai fogli 249100 della CTR scala 1:10'000;
- al foglio 22D20-2000 e 22D28-2000 della CTR in scala 1:2'000.

Per l'ubicazione si rimanda alle seguenti figure 1 e 2.

L'unità estrattiva è identificata catastalmente al n°94 “VALBONA B” del Catasto Cave del Comune di Carrara ed è costituita dai mappali nn. 3, 75 e 4p del Foglio n. 34 del NCTEU del Comune di Carrara, come indicato nelle tavole di progetto a cura dell'Ing. Gardenato.



Regione Toscana



Regione Toscana - SITA: Cartoteca

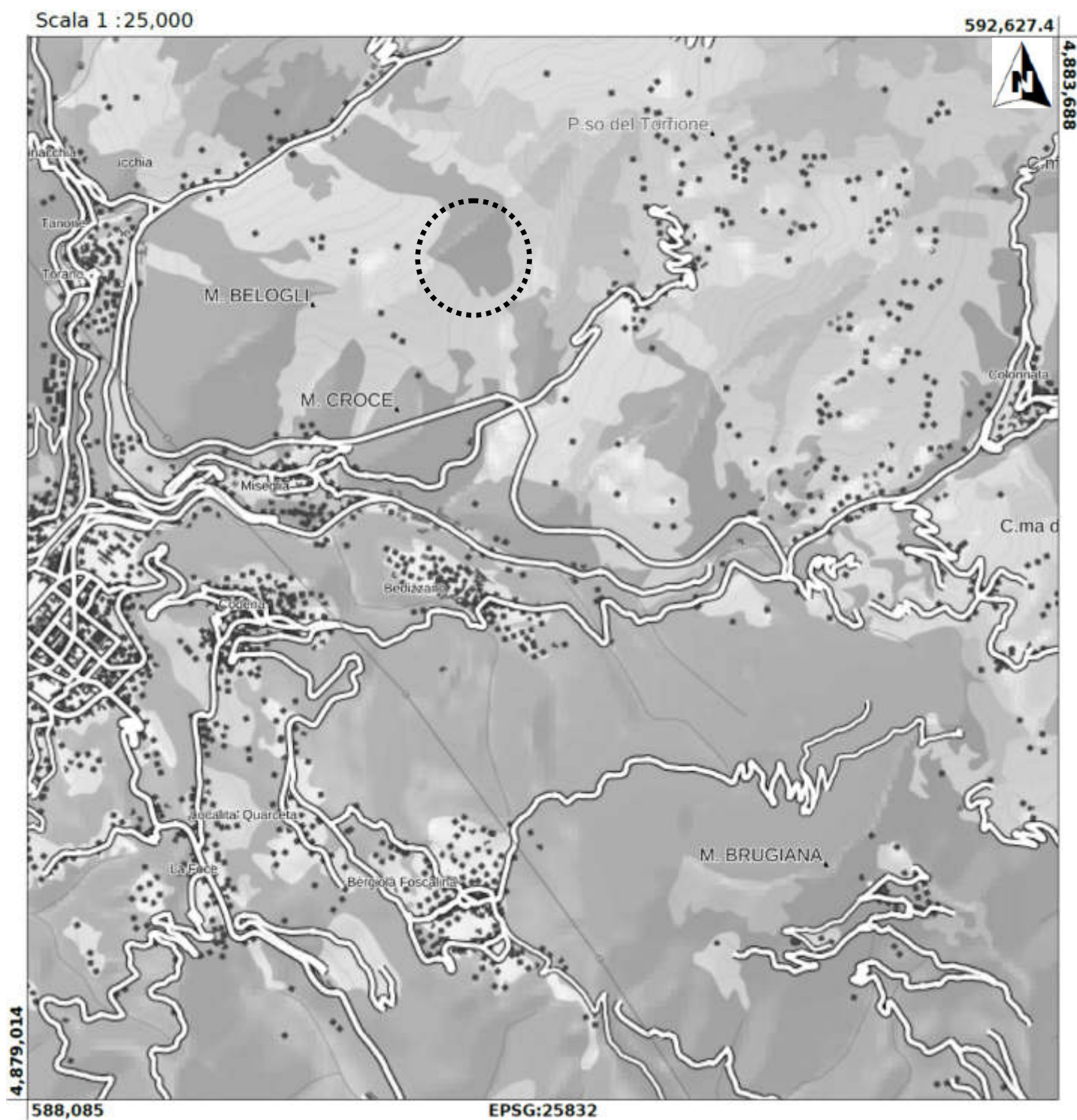


Figura 1 – Corografia zona oggetto di studio (in tratteggio nero). Scala 1:25.000 (Geoscopio R.T.)



Regione Toscana



Regione Toscana - SIPT: Cartoteca

Scala 1 :10.000

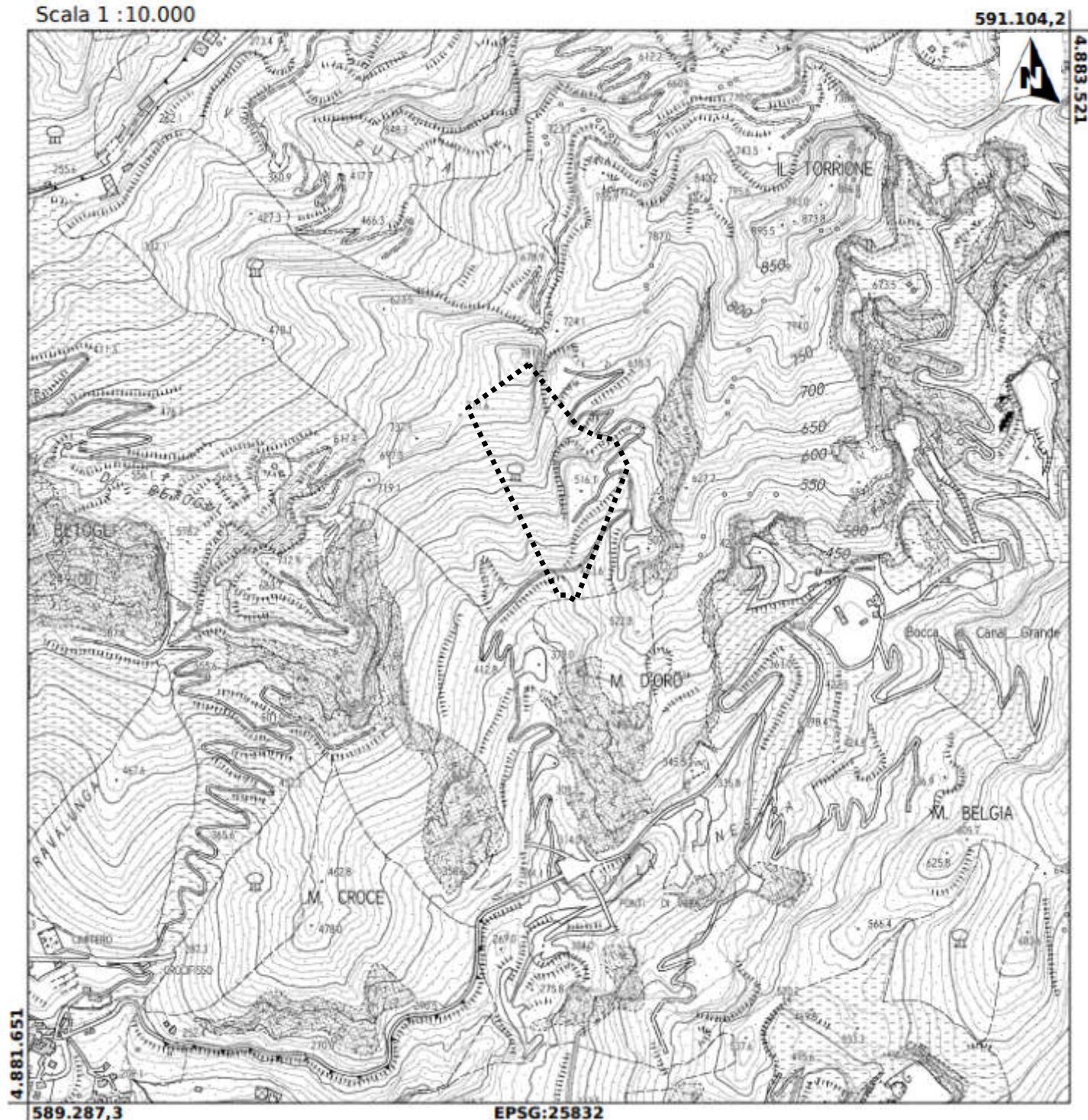


Figura 2 – Ubicazione topografica della cava N.94 denominata Valbona (da Geoscopio R.T.).

Scala 1:10.000

3. NORMATIVA, VINCOLI E PERICOLOSITA'

Questa relazione è stata redatta ai sensi delle seguenti normative:

- **Decreto Ministeriale 17.01.2018**, Testo unitario –“*Aggiornamento delle Norme Tecniche per le costruzioni*”.
- **Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, Circolare n.7 del 21.12.2019**, “Istruzioni per l’applicazione dell’“aggiornamento delle *Norme tecniche per le costruzioni*” di cui al D.M. 17.01.2018. Circolare 2 febbraio 2009”.
- **Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici**, “*Pericolosità sismica e criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale*”. Allegato al voto n. 36 del 27.07.2007.
- **Eurocodice 8** (1998), “*Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture*” – Parte 5: strutture di contenimento ed aspetti geotecnici (stesura finale 2003).
- **Eurocodice 7.1** (1997), “*Progettazione geotecnica*” – Parte I: Regole generali – UNI.
- **Ordinanza P.C.M. n°3274** del 20 marzo 2003 e s.m.i., “*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*”.
- **D.G.R.T. n°431** del 19 giugno 2006 e s.m.i. “*Riclassificazione sismica del territorio regionale: attuazione del D.M. del 14.09.2005 e O.P.C.M n°3519 del 28 aprile 2006*”.
- **L.R. 10/2010 e D.L. 152/2006**
- **L.R. 35/2015 e DPGR 72/R**
- **PRC 2020 - Piano Regionale Cave**
- **PABE 2021 Comune di Carrara - Piani Attuativi dei Bacini Estrattivi delle Alpi Apuane**

L’area, rimanendo ascritta all’interno del **Vincolo Idrogeologico** secondo i disposti del **R.D. 3267/1923** e s.m.i., come evidente dalla seguente figura estratta dal portale cartografico Geoscopio di Regione Toscana, verrà trattata in maniera da gestire correttamente le acque meteoriche dilavanti e quelle di lavorazione evitando così possibili interferenze con i corpi idrici superficiali e sotterranei. Non vi sono aspetti sostanziali in modifica rispetto al progetto autorizzato:

- la gestione delle acque meteoriche dilavanti e delle acque di lavorazione secondo gli accorgimenti indicati nel Piano di Gestione delle AMD allegato al progetto preverranno efficacemente i rischi a livello idrogeologico;

- per quanto riguarda l’eventuale interferenza tra le attività estrattive ed i corpi idrici superficiali e sotterranei si segnala che il progetto prevede la gestione delle acque reflue di lavorazione e delle acque meteoriche dilavanti interne al sito ai sensi del DPGR 46/R 2008 come illustrato nella relazione dedicata. Per le acque di lavorazione si prevede un circuito chiuso con raccolta delle stesse presso il taglio, depurazione mediante sacchi filtranti e remissione in circolo. Per le acque meteoriche di prima pioggia il progetto prevede la loro raccolta e depurazione all’interno della cava, con stoccaggio delle stesse nelle vasche/serbatoi adibiti allo scopo e dimensionati in relazione alla superficie di raccolta del singolo piazzale di cava. Una volta decantate e/o depurate le acque vengono impiegate per reintegrare le acque di lavorazione, inumidire la viabilità, i materiali pulverulenti ed eventuali attività propedeutiche alla coltivazione. L’eventuale intercettazione di fratture beanti dovrà essere gestita mediante cementazione delle stesse, con materiali idonei dal punto di vista ambientale, al fine di impedire l’infiltrazione nel sottosuolo dello sfrido di taglio. Nell’area in disponibilità non vengono segnalate sorgenti e/o falde acquifere superficiali, né cavità ipogee cartografabili.



Regione Toscana



Regione Toscana - SIPT: Vincolo idrogeologico

Scala 1 : 10,000

591,087.1

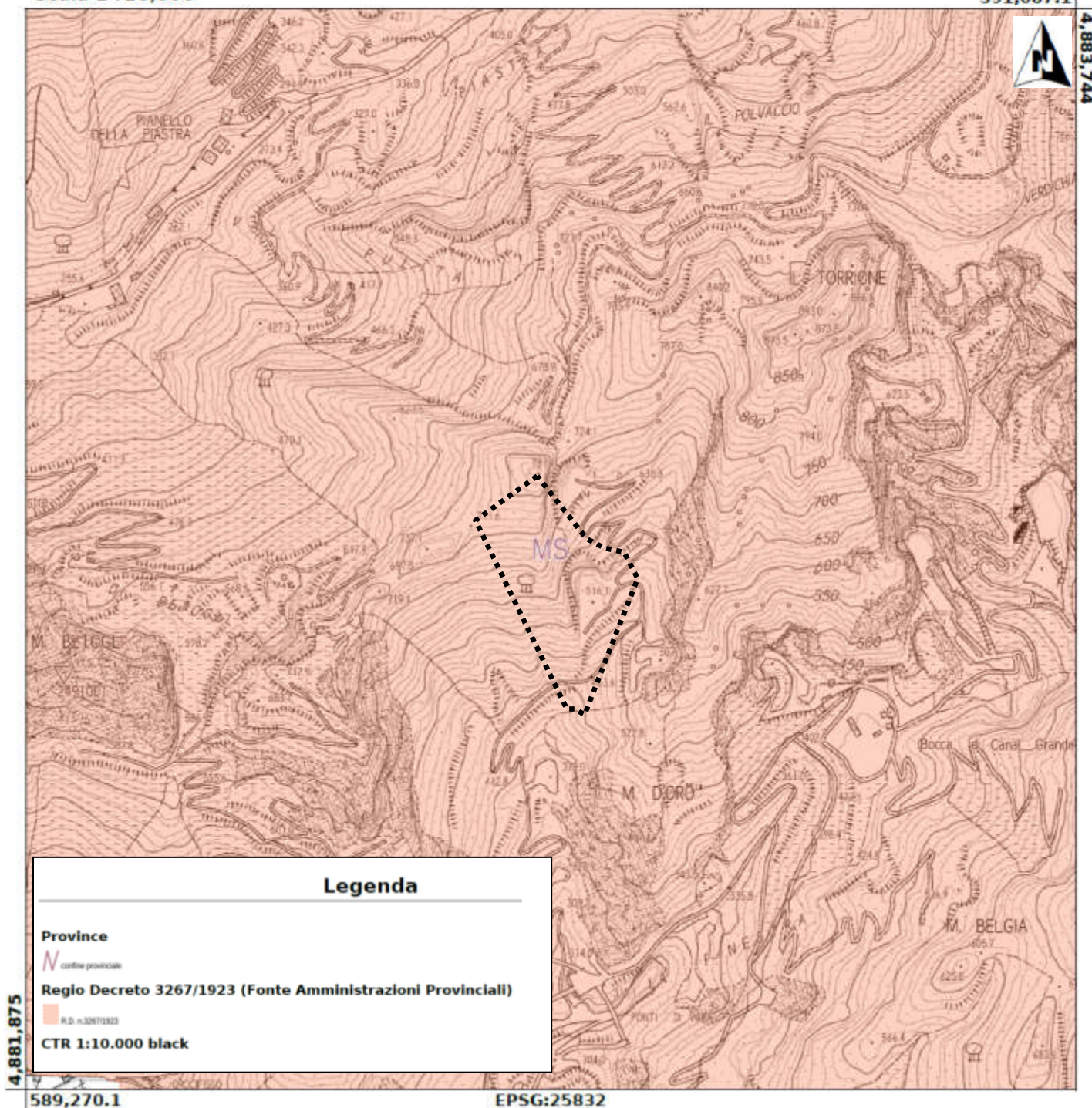


Figura 3 – Stralcio della Carta del Vincolo idrogeologico con individuazione dell'area afferente la cava n.94 Valbona (in tratteggio nero). Scala 1:10.000 (da Geoscopio R.T.)

Di seguito si riporta il Quadro Propositivo di Dettaglio contenuto all'interno della documentazione allegata ai PABE del Comune di Carrara. L'area in disponibilità della Cava n.94 risulta variata rispetto alla originaria mappatura dei PABE in quanto parte del mappale n.4 del foglio 34 è stato da poco annesso. Nell'area in disponibilità aggiornata, come indicato nella seguente figura estratta dalla scheda PABE della cava n.94 si segnala la presenza di:

- ravaneti "R2" soggetti a tutela secondo l'art. 31 delle NTA dei PABE stessi
- ravaneti a pericolosità geomorfologica elevata e molto elevata secondo l'art. 32 NTA
- crinali da tutelare secondo l'art. 8 c.7 lett. c NTA
- limitata fascia di vulnerabilità media A4 disciplinata dall'art.27 c.7 NTA
- area di ricerca art.33 c.1 (per la quale è stato presentato e ottenuto regolare permesso di ricerca dal quale è risultata la sostenibilità a livello giacimentologico)

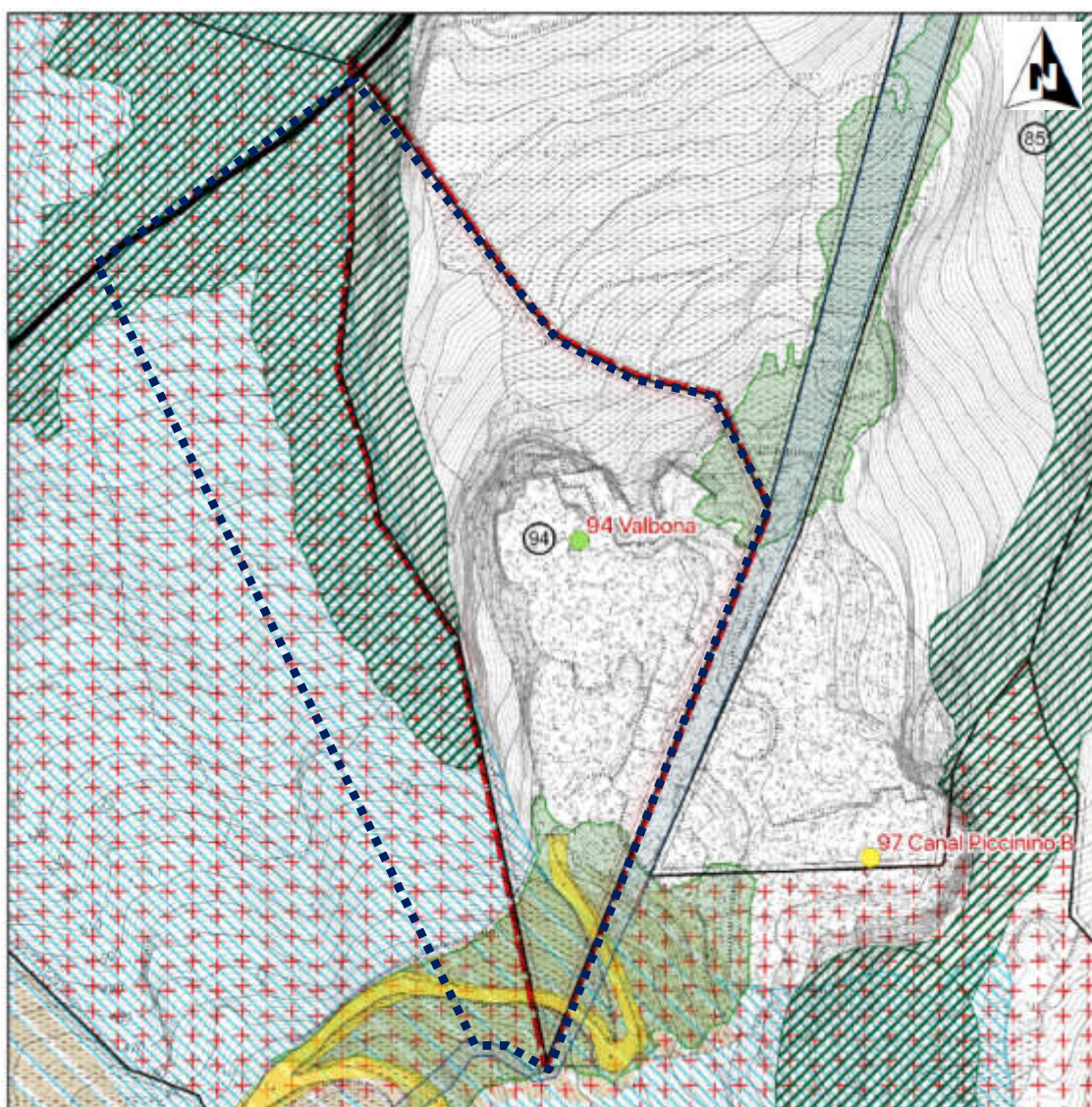


Figura 4 – Quadro propositivo di dettaglio PABE per la cava n.94 Valbona (in tratteggio blu l'area in disponibilità in seguito all'annessione del mappale 4p alla originaria area in disponibilità).
Scala arbitraria

Legenda

 Limiti amministrativi comunali

 Perimetro Bacino Estrattivo

Localizzazione Cave e stato di attività (art.1 c.7)


 CAVE ATTIVE

 CAVE DISMESSE

 SITI ESTRATTIVI DISMESSI

 Aree in disponibilità


 Fosse Demaniali

 Aree di ricerca (art.33 c.1)

 Zone di protezione speciale ZPS/ZSC (art.8 c.1,2)

 Zona di tutela ZPS/ZSC (art.8 c.4)

 Crinali da tutelare (art.8 c.7 lett.c)

 Aree di elevato valore conservazionistico (art.6 c.4)

 Circo glaciale (art.6 c.3)

 Morfotipo Dorsale Carbonatica DOC (art.33 c.4)

 Aree di margine (art.33 c.2)

 Emergenze geologiche (art.8 c.7 lett.a1)

 Grotte (art.8 c.7 lett.a2)

 Cave storiche (art.8 c.7 lett.b1)

invarianti strutturali Piano Strutturale

 Antiche vie di lizza (art. 8 c.7 lett.b2)

 Piani inclinati (art.8 c.7 lett. b2)

 RET Sentieristica C.A.I. (art. 8 c.7 lett. b5)

Tracciato ferrovia Marmifera (art.8 c.7 lett.b4)

 in superficie

 in galleria

Viabilità e Parcheggi (art.26)


 Parcheggio

 Strade di arroccamento comprensoriali

 Strada di arroccamento singola cava

 Viabilità pubblica

classificazione edifici (art.11)

 Edifici privi di valore - c3a (art.15)

 Edifici coerenti con il contesto - c2b (art.14)

 Edifici di valore architettonico - c2a (art.13)

 Edifici di valore storico-testimoniale - c1 (art.12)

 Postazioni primo soccorso (art.25 c.1))

 Piazzole per soccorso elicotteri (art.25 c.2)


Disciplina dei suoli

 Br - Zone residenziali esistenti (art.19)

 Dc - Zone Espositive - Laboratori - Commerciali (art.20)

 Fm - Zona Mercatale di progetto (art.22)

 Di - Zone industriali/artigianali (art.21)


 Fc - Zone per attività didattico/culturali (art.23)

 As - Zone di interesse storico testimoniale (art.24)

Ravaneti soggetti a tutela (art.31)

 R1 (art.31 c.3)


 R2 (art.31 c.4)

 Pericolosità geologica elevata e molto elevata (art.32)


 Corsi d'acqua

 Aree immagazzinamento idrico (art.30 c.2)

 Masterplan sicurezza idraulica bacini a monte (art.30 c.3)

 Sorgenti (art.8 c.7. lett.a3 - art. 27))

Tutela delle sorgenti e dei pozzi idrop.

 A1 - zone di rispetto (art.27 c.2)

 A2 - vulnerabilità elevata (art.27 c.3)

 A3 - Vulnerabilità medio alta (art.27 c.4,5,6)

 A4 - Vulnerabilità media (art.27 c.7)

SCHEDA 10

Nello specifico, per quanto riguarda la disciplina sui ravaneti soggetti a tutela di cui agli **articoli 31 e 32 delle NTA PABE**, cioè ravaneti R2 e a pericolosità geologica elevata o molto elevata, non si ritiene necessario alcun approfondimento di studio in quanto il ravaneto presente nel settore meridionale dell'area in disponibilità a cava 94 non verrà interessato da alcun tipo di intervento e rimangono validi gli studi e le analisi effettuate dal progettista Ing. Giacomo Del Nero a supporto del progetto in essere.

Il sotterraneo di progetto verrà sviluppato al di sotto di una fascia che vede la presenza di un crinale, sviluppato in direzione Nord-Sud, da tutelare attenendosi e mettendo in atto le indicazioni prescrittive relative all'**art. 8 c.7 lett.c delle NTA PABE**, come di seguito riportato:

Art. 8 Elementi paesaggistici da preservare e valorizzare

c) i crinali e le vette da tutelare

- il PABE tutela le aree individuate con la dicitura "Crinali da tutelare", indicati nelle tavole del Q.P. Il progetto di coltivazione dovrà comunque approfondire, nell'ambito della valutazione paesaggistica di cui al successivo art.36, il valore paesaggistico storico-testimoniale dei crinali presenti, anche se non ricompresi tra quelli individuati dal Piano.

- nelle aree dei "Crinali da tutelare" non è permessa alcuna lavorazione di cava in superficie. Le nuove attività estrattive e l'ampliamento delle attività estrattive esistenti possono avvenire solo in galleria con ingressi a quote inferiori a quelle dell'area da tutelare. Sono fatti salvi i lavori di messa in sicurezza che non comportino modifiche morfologiche. In tali aree, alla richiesta di autorizzazione dovrà essere allegato uno studio sulla stabilità dei fronti di scavo che dovrà interessare porzioni di territorio tali da riguardare l'intero versante prospiciente l'area di escavazione comprensivo dei crinali e delle vette di rilievo paesaggistico individuati nell'area. Tale studio dovrà inoltre evidenziare il franco tetto/vetta, attestando l'esclusione di eventuali cedimenti di superficie per l'escavazione in sotterraneo;

- nelle aree di cui sopra, in corrispondenza di tecchie esistenti e cave attive, è possibile realizzare la messa in sicurezza delle sottostanti aree di lavorazione, anche con limitate modifiche morfologiche, purché non vengano intaccate le aree sommitali e non si modifichi la geometria principale del versante.

La porzione più settentrionale del sotterraneo di progetto, andando a sovrapporsi con la fascia di vulnerabilità media per la tutela delle sorgenti e dei pozzi idropotabili, risulterà sottoposta alle indicazioni prescrittive impartite dall'**art.27 c.7**, di seguito riportate testualmente dalle NTA dei PABE:

Art. 27 Aree di tutela delle sorgenti e dei pozzi captati per uso idropotabile

7.Nelle aree individuate con la sigla A4 nelle Tavole del Q.P. definite a vulnerabilità media, le imprese esercenti attività estrattive già autorizzate dovranno, entro un anno dall'entrata in vigore del presente piano:

- adottare le soluzioni previste dal successivo art. 29;

- presentare un dettagliato studio idrogeologico atto a verificare la compatibilità delle tecniche di taglio utilizzate con la tutela delle sorgenti captate per scopi idropotabili.

Si renderà, quindi, necessario attenersi anche alle disposizioni relative all'**art.29 NTA** di seguito elencate:

Art. 29 Tutela delle acque superficiali

1. I progetti di coltivazione devono prevedere tutte le opere necessarie per contenere il trascinamento dei materiali fini all'esterno dei siti estrattivi e per perseguire il massimo risparmio idrico. A tal fine è necessario, in particolare, che nei progetti di coltivazione vengano previsti i seguenti presidi ambientali:

- le strade di arroccamento al sito estrattivo attivo devono essere provviste di sistemi di regimazione delle acque munite di impianti di separazione dei materiali fini, quali vasche di decantazione o opere di trattenuta e sedimentazione in genere;
- le aree di stoccaggio dei derivati dei materiali da taglio devono essere posizionate in zone dove la morfologia permette il contenimento impedendo la fuoriuscita dall'area di acqua mista a materiali fini, oppure devono essere previsti appositi impianti di separazione dei materiali fini, quali vasche di decantazione o opere di trattenuta e sedimentazione in genere;
- le acque meteoriche dilavanti (AMD) in uscita dall'area di estrazione attiva o dalle aree di stoccaggio, prima della continuazione del percorso idrico esistente, devono essere convogliate in appositi sistemi di separazione dei materiali fini, quali vasche di decantazione o opere di trattenuta e sedimentazione in genere;
- le opere di trattamento e sedimentazione devono essere sistematicamente controllate e mantenute;
- i piazzali di lavorazione devono essere puliti periodicamente e le operazioni devono essere annotate in apposito registro di cava.

2. Il dimensionamento delle vasche deve essere effettuato definendo la pioggia di progetto secondo le Linee Segnalatrici di Possibilità Pluviometrica (LSPP) di cui alla DGRT 1133/2012.

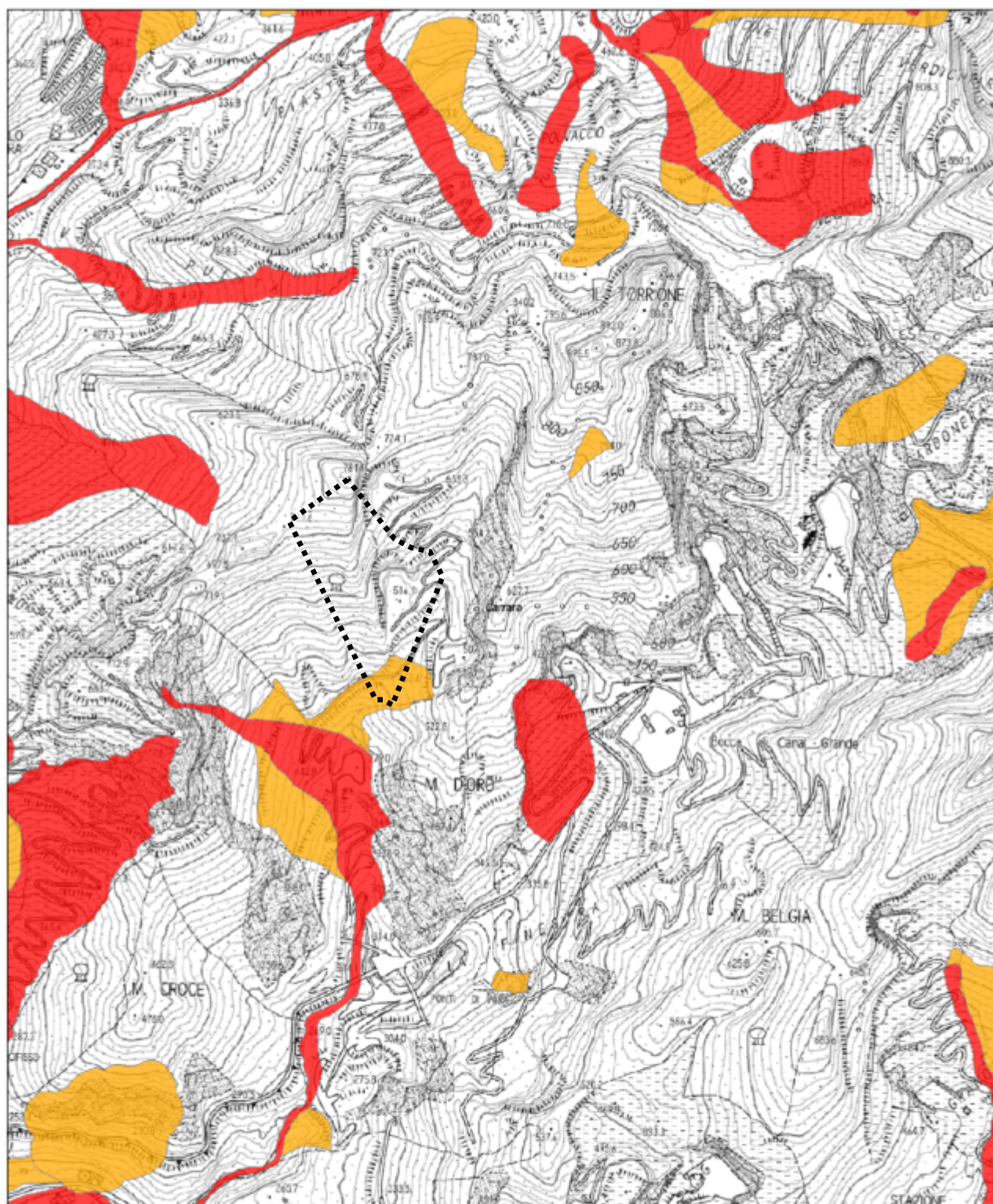
3. Sono da adottare prioritariamente tecnologie volte a ridurre i consumi idrici e a garantire l'efficienza del riciclo/recupero delle acque di lavorazione.

4. In relazione allo sviluppo dell'attività estrattiva nel periodo di vigenza del PABE, sono da mantenere eventuali aree depresse stagionalmente allagate presenti nell'area in disponibilità che non siano più funzionali per l'attività stessa. Qualora si renda necessario il riutilizzo o la modifica dei suoli, è necessario ricorrere a parere esperto per poter procedere salvaguardando eventuali specie di valore conservazionistico che si siano insediate.

Ai fini dell'analisi delle varie pericolosità di sito, di seguito vengono prese in esame le cartografie tematiche esistenti per la zona.

Nelle **figure 5 e 6**, si allegano gli stralci della Mappa PAI "Dissesti geomorfologici" (PAI DISSESTI) e della carta della pericolosità geologica (PABE), , dai quali risulta evidente che, come già detto, solamente il settore più meridionale dell'area in disponibilità alla cava 94 risulta caratterizzato dalla presenza di un ravaneto a pericolosità geologica G.3b nei PABE e P3a nel PAI DISSESTI. Non essendo previsti interventi di progetto in questo settore, non si ritengono necessari approfondimenti di indagine. Dalle **figure 7 e 8**, si evince che l'area in disponibilità, secondo le carte dei PABE, ricade rispettivamente all'esterno delle aree a pericolosità idraulica elevata/molto elevata ed all'interno delle classi di pericolosità sismica S.2 e S.3.

Figura 5 Mappa PAI "Dissesti geomorfologici"



26/11/2025, 08:24:13

- | | | |
|---|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> □ Limiti Comunali pericolosità Arno ■ P2a - pericolosità moderata tipo a ■ P3a - pericolosità elevata tipo a ■ P3b - pericolosità elevata tipo b ■ P4 - pericolosità molto elevata □ UoM Arno pericolosità Serchio ■ P2a - pericolosità moderata tipo a | <ul style="list-style-type: none"> ■ P3a - pericolosità elevata tipo a ■ P3b - pericolosità elevata tipo b ■ P4 - pericolosità molto elevata □ UoM Magra pericolosità Magra ■ P2a - pericolosità moderata tipo a ■ P3a - pericolosità elevata tipo a ■ P3b - pericolosità elevata tipo b | <ul style="list-style-type: none"> ■ P4 - pericolosità molto elevata Area speciali ■ Area speciale - tipo A ■ Area speciale - tipo B1 ■ Area speciale - tipo B2 □ UoM Magra pericolosità Liguria ■ P1 - moderata propensione al dissesto ■ P2b - media propensione al dissesto |
|---|--|---|

1:9.028

0 0.07 0.15 0.3 mi

0 0.1 0.2 0.4 km

© OpenStreetMap (and) contributors, CC-BY-SA

Area pianificazione assetto idrogeologico e frane
Map data © OpenStreetMap contributors, CC-BY-SA | Regione Umbria - SIAT |

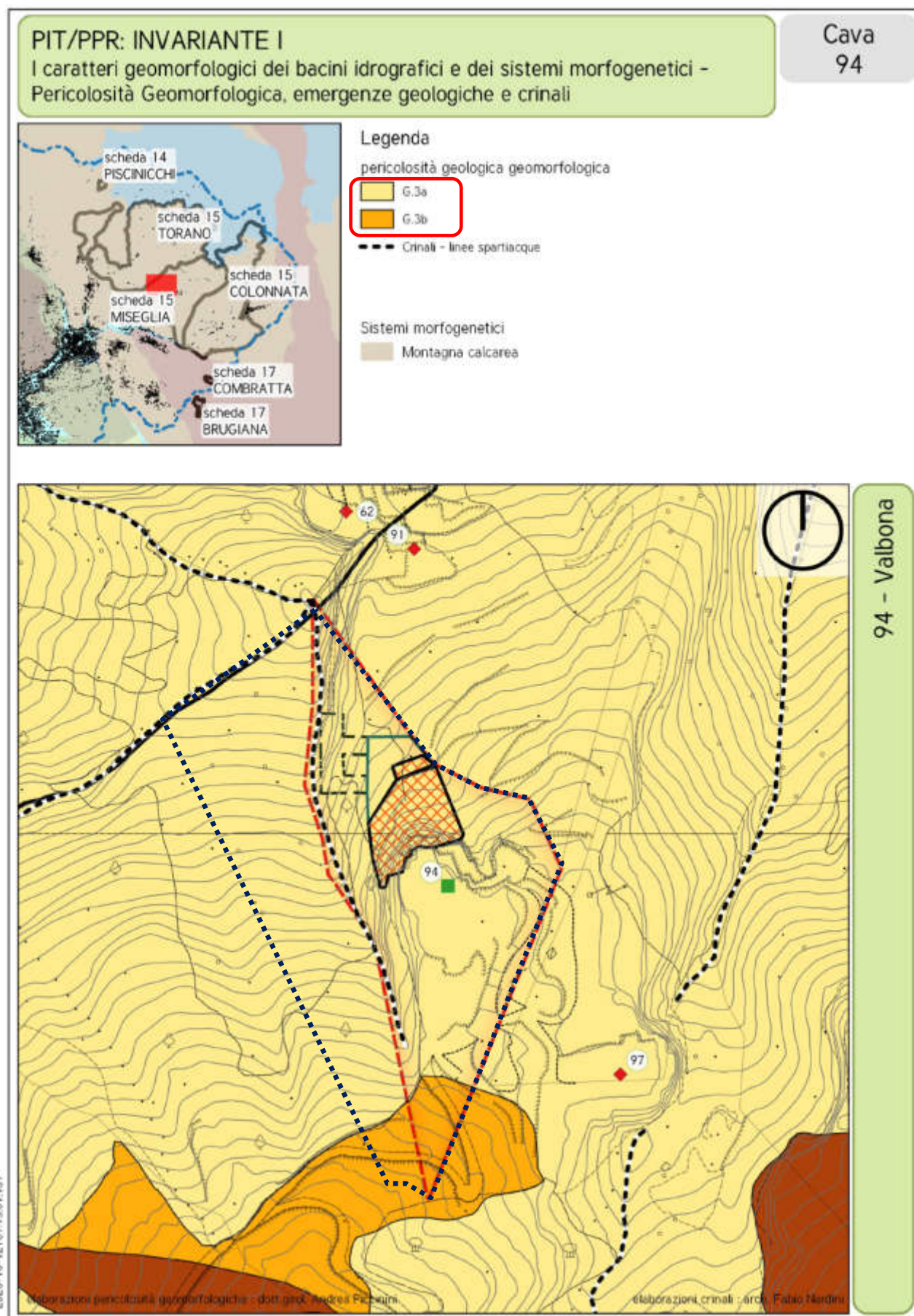


Figura 6 – stralcio della Carta della Pericolosità Geologica allegata ai PABE. Scala arbitraria

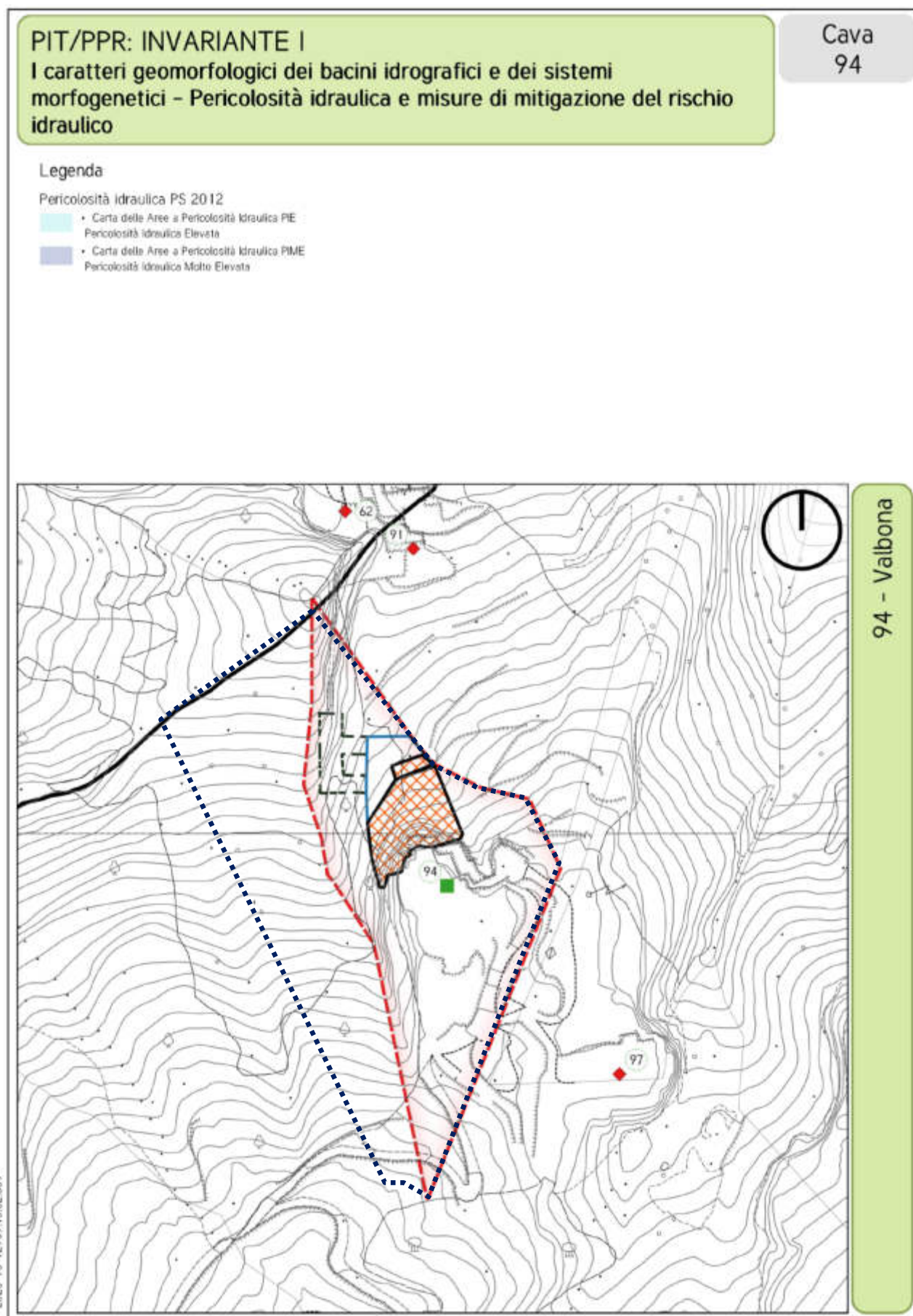


Fig. 7 – stralcio della Carta della Pericolosità Idraulica allegata ai PABE. Scala arbitraria

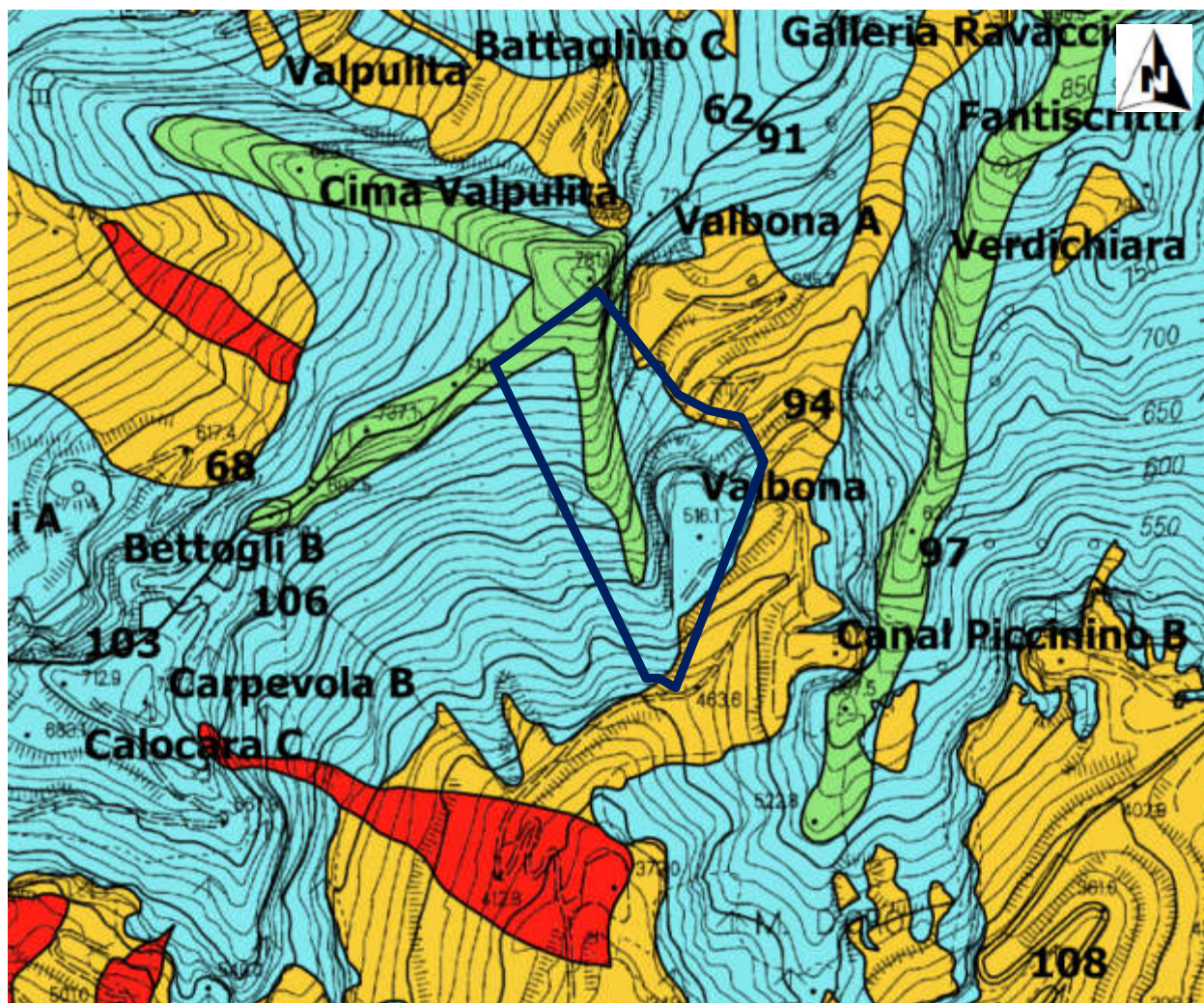
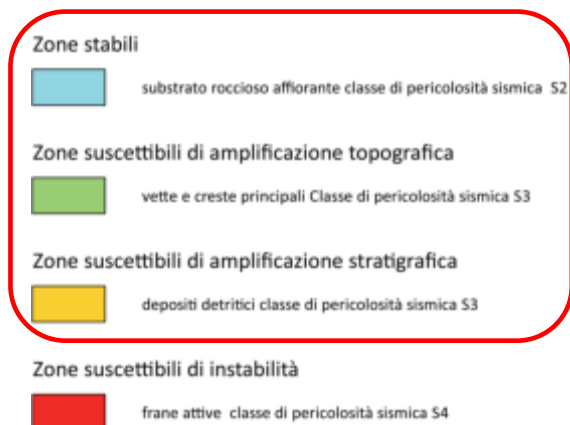


Figura 8 – stralcio della Carta degli elementi Generali con Rilevanza Sismica G7.1 (Tav. Nord) allegata ai PABE. Scala Arbitraria.

Legenda



4. DESCRIZIONE DEL PROGETTO

Di seguito si riporta una sintesi degli scopi e una descrizione del progetto elaborato a cura del progettista Dott. Ing. Massimo Gardenato (si cita testualmente dalla Relazione Tecnica di Piano):

“La nuova variante progettuale è conforme ai Piani Attuativi di Bacino adottati dal Comune di Carrara e nasce a seguito della modifica del complesso estrattivo avvenuta a seguito della Delibera del Consiglio Comunale n° 57 del 29 Luglio 2025. L'ampliamento del complesso estrattivo permette di sviluppare i tracciamenti sotterranei fino al contatto con il calcare selcifero anche nelle aree a NW dell'area degli attuali tracciamenti. Inoltre il presente piano prevede di approfondire le coltivazioni con la realizzazione di un nuovo sbasso di 8 m sia in tutta l'area a cielo aperto che nell'area in sotterraneo. All'interno dell'area in disponibilità ricadono aeree soggette a vincoli di cui all'ART 142 DLgs 42/2004- ex legge Galasso- “Aree da tutelare per legge” e nello specifico la lettera g) “i territori coperti da foreste e da boschi” e per i quali è già vigente autorizzazione paesaggistica;

Le coltivazioni si svolgeranno dunque in minima parte a cielo aperto e per la maggioranza in sotterraneo. La viabilità di progetto che si estende interamente nell'area in disponibilità della cava confinante rimane quella del progetto vigente e l'area impianti, così come già autorizzato, è anch'essa all'interno dell'area in disponibilità della cava confinante.....

.....Allo stato attuale le coltivazioni si svolgono in avanzamento sotterraneo alla quota di 610 m ca. come da piano di coltivazione autorizzato. Sono da completarsi ancora i tracciamenti di progetto fino ad intercettare il calcare selcifero e sono da completarsi le coltivazioni a cielo aperto a confine con la cava Battaglino n° 56.....

..... il progetto si svilupperà in tracciamento sotterraneo estendendo l'attuale galleria in direzione N e NW fino al limite dell'area in disponibilità e lungo il contatto con il calcare selcifero. Il progetto prevederà dunque tracciamenti alternati in direzione W e direzione N con la realizzazione di un'ampia camera con l'isolamento di un pilastro centrale da realizzarsi all'interno dell'area di tolleranza individuata in planimetria. Si proseguirà poi l'attuale tracciamento in direzione S e poi in direzione E fino alla realizzazione della seconda uscita così come già autorizzato. Tale tracciamento è già ora in fase di realizzazione. Al termine del tracciamento sotterraneo di progetto o comunque al seguito della realizzazione della seconda uscita si procederà con la realizzazione dello sbasso di progetto di 8 metri di altezza. Inizialmente lo sbasso non sarà realizzato in tutta l'area ma solo nella porzione antistante uno dei due ingressi sotterranei così da mantenere l'accesso nell'altro ingresso alla quota del tracciamento ancora in esecuzione. Prima di intraprendere lo sbasso di progetto la Società Marmi Pregiati Carrara s.r.l. esercente la cava confinante Battaglino n° 56 con la quale si è già in accordo, dovrà presentare una SCIA al fine di realizzare, su ravaneto, la rampa che condurrà alla quota 602 di progetto.

Conseguentemente si proseguirà congiuntamente con lo sbasso a quota 602 e con i tracciamenti sotterranei alla quota 610 m ca.

Lo sbasso di progetto sarà attestato sul lato N sulla discontinuità principale ripulendola fino alla quota di progetto come già fatto allo stato attuale. Sul lato S sarà invece mantenuta la quota 610 m ca. attuale ed attestato lo sbasso lasciando in posto un gradone residuale così come graficamente rappresentato nelle planimetrie di progetto.....

.....Le lavorazioni previste dal presente progetto prevedono un'escavazione complessiva di ca. 57.000 mc di materiale roccioso in banco negli 8 anni di autorizzazione proposti. Ad oggi sono stati escavati ca. 997 mc di quantità sostenibili e dunque non sono ancora state raggiunte, e nemmeno si raggiungeranno con questo progetto, le volumetrie sostenibili totali assegnate dal Pa.Be. alla cava (75.809 mc).....

.....Le lavorazioni previste dal presente progetto prevedono un'escavazione complessiva di ca. 57.000 mc di materiale roccioso in banco negli 8 anni di autorizzazione proposti. Ad oggi sono stati escavati ca. 997 mc di quantità sostenibili e dunque non sono ancora state raggiunte, e nemmeno si raggiungeranno con questo progetto, le volumetrie sostenibili totali assegnate dal Pa.Be. alla cava (75.809 mc).

Considerando una resa stimabile minima del 30% ed una volumetria totale sostenibile di ca. 57.000 mc, si prevede di escavare complessivamente almeno 46.170 t (5.770 t/anno) utili di marmo in forma di blocchi di varia geometria (blocchi, semiblocchi, informi), considerando un peso di volume pari a 2,7 t/mc. Questo valore è minimo e si ritiene esso possa essere ragionevolmente superiore. Il materiale classificabile come detrito derivato dalle operazioni di taglio è invece quantificabile in non più del 70% delle volumetrie sostenibili cui corrispondono ca. 107.730 t (ca. 13.466 t/anno).

Di queste volumetrie, ca. 3.000 t di materiale detritico (ca. 1.500 mc in mucchio) saranno lasciati in posto a fine lavori per le operazioni di ripristino ambientale.”

Inoltre, di seguito si riporta la planimetria di progetto riepilogativa degli interventi sopradescritti, ricordando di riferirsi alle tavole progettuali e relazioni tecniche a cura dell'Ing. Gardenato per eventuali approfondimenti:

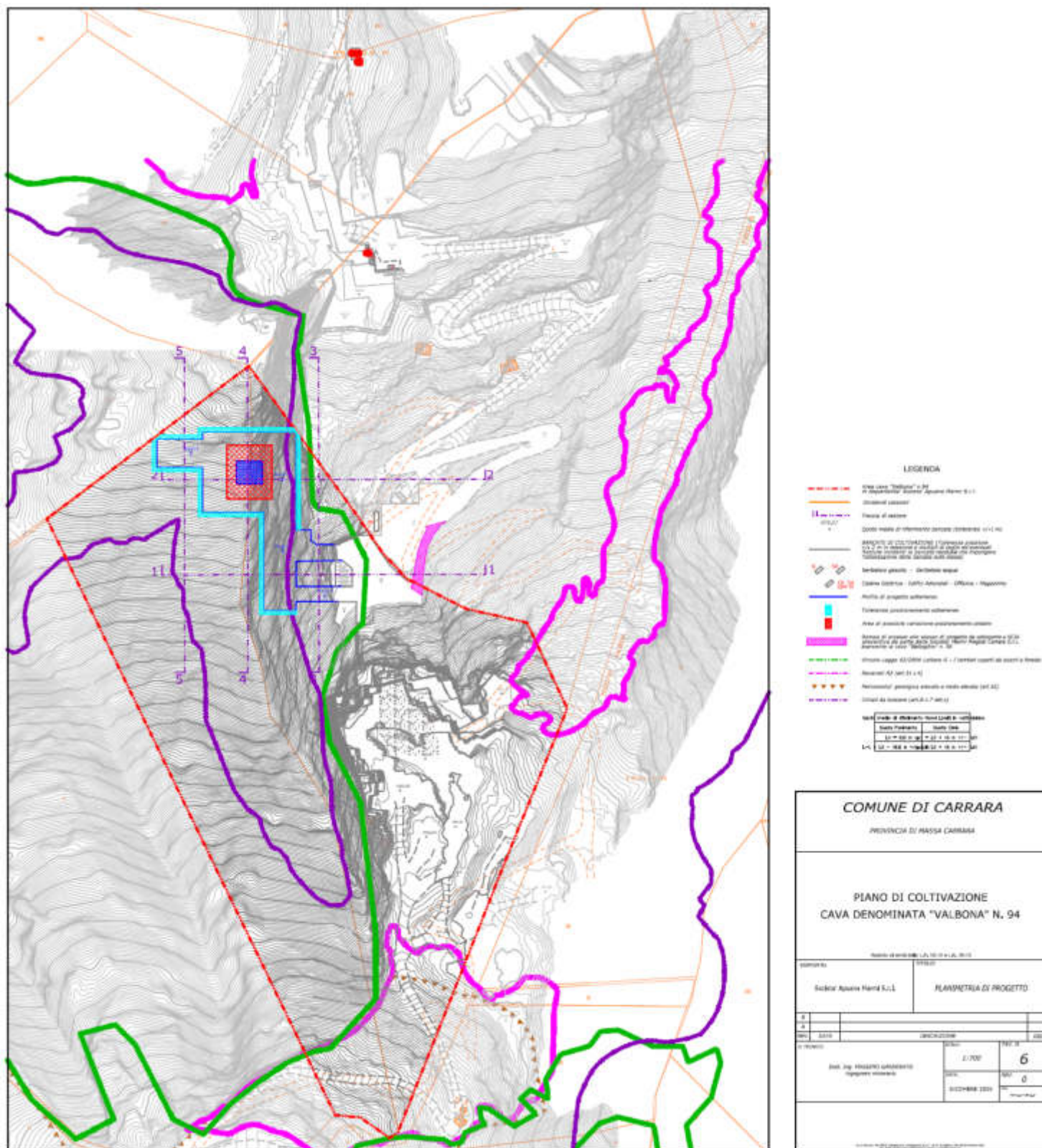


Figura 9 – planimetria stato di progetto elaborata dal progettista Dott. Ing. Massimo Gardenato.
Scala arbitraria

5. ANALISI DI FATTIBILITA' GEOLOGICA, IDRAULICA E SISMICA

Utilizzando la matrice allegata ai PABE del Comune di Carrara, in considerazione delle classi di pericolosità sopraesposte, è stato possibile assegnare le relative classi di fattibilità geologica, idraulica e sismica in funzione delle tipologie di intervento di progetto comunicate dal Progettista, come schematizzato nella seguente figura. Si ricorda di riferirsi ai relativi articoli di legge contenuti nelle NTC dei PABE per l'individuazione delle fattispecie prescrittive in relazione alle classi di fattibilità qui individuate.

ALLEGATO 1 - art. 9 NTG - Matrice della Fattibilità - PABE COMUNE DI CARRARA

N°Int.	Tipologie di intervento ammesse	Fattibilità geologica			Fattibilità idraulica			Fattibilità sismica		
		Pericolosità geologica			Pericolosità idraulica			Pericolosità sismica		
		G.3a	G.3b	G.4	I.1	I.3	I.4	S.2	S.3	S.4
		P.F.E.	P.F.M.E.			P2	P3			
1	Piazzali di cava	F3.2g	F3.3g	F4g	F1i	F2i	F2i	F1s	F1s	F1s
2	Nuovi fronti di coltivazione a cielo aperto e scarpate naturali connesse	F3.2g	F3.3g	F4g	F1i	F2i	F2i	F2s	F3s	F3s
3	Nuovi ingressi in galleria	F3.2g	F3.3g	F4g	F1i	F2i	F2i	F2s	F3s	F3s
4	Escavazione in sotterraneo	F3.2g	F3.3g	F4g	F1i	F2i	F2i	F2s	F3s	F3s
5	Area di stoccaggio temporaneo di materiali da taglio per uso ornamentale, come definiti dall'art. 2, comma 1, lett. c, punto 2.1 della LR 35/2015	F2g	F3.3g	F4g	F1i	F3i	F4i	F1s	F1s	F1s
6	Area di stoccaggio temporaneo dei derivati dei materiali da taglio per uso ornamentale, come definiti dall'art. 2, comma 1, lett. c, punto 2.2 della LR 35/2015	F2g	F3.3g	F4g	F1i	F3i	F4i	F1s	F1s	F1s
7	Area di stoccaggio temporaneo di materiale secondario di lavorazione utilizzabile in altri cicli produttivi, ovvero "sottoprodotti" da destinare al mercato, dichiarati tali nelle autorizzazioni rilasciate ai sensi della LR 78/98	F2g	F3.3g	F4g	F1i	F3i	F4i	F1s	F1s	F1s
8	Area di stoccaggio temporaneo di scarti di lavorazione di cave per uso ornamentale utilizzati temporaneamente in cava (D.Lgs. 117/2008)	F2g	F3.3g	F4g	F1i	F3i	F4i	F1s	F1s	F1s
9	Area di stoccaggio temporaneo di rifiuti di lavorazione di cave per uso ornamentale da inviare ad impianti di recupero o a smaltimento (D.Lgs. 152/2006)	F2g	F3.3g	F4g	F1i	F3i	F4i	F1s	F1s	F1s
10	Aree per installazione impianti e/o fabbricati di servizio all'attività estrattiva	F2g	F3.3g	F4g	F1i	F3i	F4i	F2s	F3s	F3s
11	Aree per installazione strutture mobili di servizio all'attività estrattiva	F2g	F2g	F4g	F1i	F3i	F4i	F1s	F1s	F2s
12	Aree da destinarsi a bacini raccolta acque	F2g	F3.3g	F4g	F1i	F2i	F2i	F1s	F1s	F2s
13	Manutenzione straordinaria e/o nuova viabilità di arroccamento su roccia	F2g	F3.3g	F4g	F1i	F2i	F3i	F2s	F3s	F3s
14	Manutenzione straordinaria e/o nuova viabilità di arroccamento su detriti di escavazione o su coperture eluvio-colluviali	F2g	F3.3g	F4g	F1i	F2i	F3i	F2s	F3s	F3s
15	Sistemazione vie di arroccamento in disuso	F2g	F2g	F3.3g	F1i	F1i	F1i	F1s	F1s	F1s
16	Aree per inverdimento "naturale"	F1g	F2g	F2g	F1i	F1i	F1i	F1s	F1s	F1s
17	Messa in sicurezza pareti rocciose "residuali" (tecchie)	F1g	F3.3g	F3.3g	F1i	F1i	F1i	F1s	F1s	F1s
18	Bonifica e messa in sicurezza dei depositi detritici di escavazione (ravaneti)	F2g	F3.3g	F4g	F1i	F3i	F3i	F1s	F1s	F1s
19	Modellazioni morfologiche di risistemazione in roccia e/o detrito	F2g	F2g	F4g	F1i	F3i	F3i	F1s	F1s	F1s
20	Manutenzione straordinaria di edifici a servizio dell'attività estrattiva	F2g	F3.3g	F4g	F1i	F3i	F3i	F1s	F1s	F1s
21	Ristrutturazione di edifici a servizio dell'attività estrattiva	F2g	F3.3g	F4g	F1i	F2i	F3i	F2s	F3s	F3s
22	Impianti di derivazione idrica	F2g	F2g	F3.3g	F1i	F3i	F3i	F1s	F1s	F1s
23	Manutenzione ordinaria (1)	F1g	F1g	F1g	F1i	F1i	F1i	F1s	F1s	F1s
24	Manutenzione straordinaria (1)	F2g	F2g	F3.3g	F1i	F2i	F3i	F1s	F2s	F3s
25	Restauro e risanamento conservativo, interventi di conservazione e/o ripristino delle caratteristiche tradizionali del manufatto ed altri interventi che non comportino sovraccarichi sulle fondazioni (1)	F1g	F1g	F2g	F1i	F2i	F2i	F1s	F1s	F1s
26	Restauro e risanamento conservativo, interventi di conservazione e/o ripristino delle caratteristiche tradizionali del manufatto ed altri interventi che comportino sovraccarichi sulle fondazioni (1)	F3.2g	F3.3g	F3.3g	F1i	F2i	F2i	F1s	F2s	F3s
27	Ristrutturazione edilizia conservativa (1)	F2g	F2g	F3.3g	F1i	F2i	F3i	F2s	F3s	F3s
28	Ristrutturazione edilizia ricostruttiva (1)	F3.3g	F3.3g	F4g	F1i	F3i	F4i	F2s	F3s	F4s
29	Addizione volumetrica (1)	F3.2g	F3.3g	F4g	F1i	F3i	F4i	F2s	F3s	F4s
30	Sostituzione edilizia (1)	F3.2g	F3.3g	F4g	F1i	F3i	F4i	F2s	F3s	F4s
31	Demolizione senza ricostruzione (1)	F1g	F2g	F2g	F1i	F2i	F2i	F1s	F2s	F2s
32	Ristrutturazione urbanistica (1)	F3.3g	F3.3g	F4g	F1i	F3i	F4i	F2s	F3s	F4s
33	Impianti tecnici e reti tecnologiche interrati (acquedotti, fognature, sistemi per il trasporto dell'energia e delle telecomunicazioni, gasdotti e simili)	F2g	F3.3g	F4g	F1i	F2i	F2i	F2s	F3s	F4s
34	Impianti tecnici e reti tecnologiche fuori terra (telecomunicazioni, elettrodotti, eolico)	F2g	F3.3g	F4g	F1i	F3i	F4i	F2s	F3s	F4s
35	Opere per la messa in sicurezza del versante e/o la mitigazione del rischio: muri di contenimento in c.a. e/o opere di ingegneria naturalistica (fondate su basamenti in c.a.) di entità non modesta (2)	F3.2g	F3.3g	F4g	F1i	F3i	F3i	F1s	F3s	F3s

Figura 10 – matrice di fattibilità PABE

6. CARATTERISTICHE GENERALI DELL'AREA DI STUDIO

6.1. Geomorfologia

Il paesaggio è quello tipico dei bacini marmiferi apuani, modellato da una secolare attività estrattiva. Il susseguirsi, quasi ininterrotto, di cave, con i loro fronti residui denominati tecchie, e ravaneti, corpi detritici di origine antropica, è la peculiarità di questo paesaggio.

La vegetazione è perlopiù assente, o limitata allo sviluppo di erbe ed arbusti nelle zone dove presente il detrito, in quanto l'elevata permeabilità degli ammassi rocciosi carbonatici presenti nella zona e l'elevata pendenza dei versanti rendono improbabile la formazione di un suolo su cui si possa sviluppare una vegetazione rigogliosa. Solamente alcune aree nella porzione occidentale dell'area in disponibilità risultano caratterizzata dalla presenza di aree boscate che si estendono verso la vicina cima di Val Pulita.

L'unità estrattiva è collocata nel versante orientale di Cima Valpulita, in destra idrografica del Fosso di Valbona ed è costituita dai cantieri a cielo aperto superiore (attivo) ed inferiore (vecchia cava):

- il cantiere superiore nella parte settentrionale dell'area in disponibilità accessibile dalla viabilità su ravaneto proveniente dalla Cava n.56 Battaglino C e costituito di un piazzale a circa 624 m s.l.m..
- Il cantiere inferiore nella parte meridionale dell'area in disponibilità di forma ad anfiteatro costituito dalla vecchia cava coltivata avente gradoni residuali da q. 490.0m a q.540.0m s.l.m..

Le aree scavate presenti nei settori settentrionale e centrale della cava risultano in continuità con depositi detritici di origine antropica, cosiddetti ravaneti, presenti nel settore meridionale. Questi sono stati formati nell'arco degli ultimi 50 anni, dapprima quando la tecnica di coltivazione era, in gran parte, costituita dall'impiego degli esplosivi (depositi grossolani) e successivamente ad opera delle lavorazioni condotte mediante l'utilizzo delle nuove tecnologie, che hanno prodotto depositi a granulometria minore. Questi si sono disposti con un'inclinazione di circa $40^{\circ} \div 45^{\circ}$, assestandosi cioè secondo l'angolo di riposo caratteristico del materiale, per cui non vi sono rischi di movimenti gravitativi generalizzati. Di seguito in **Figura 11** si allega uno stralcio della carta geomorfologica G3.2 allegata ai PABE, dalla quale risulta evidente che la zona oggetto del previsto piano di coltivazione risulta caratterizzata dalla presenza di area scavata e ravaneti in assenza di corpi di colata da trasporto in massa di detrito. Si rimanda anche alla **Tavola G.1** allegata alla documentazione progettuale per eventuali approfondimenti.

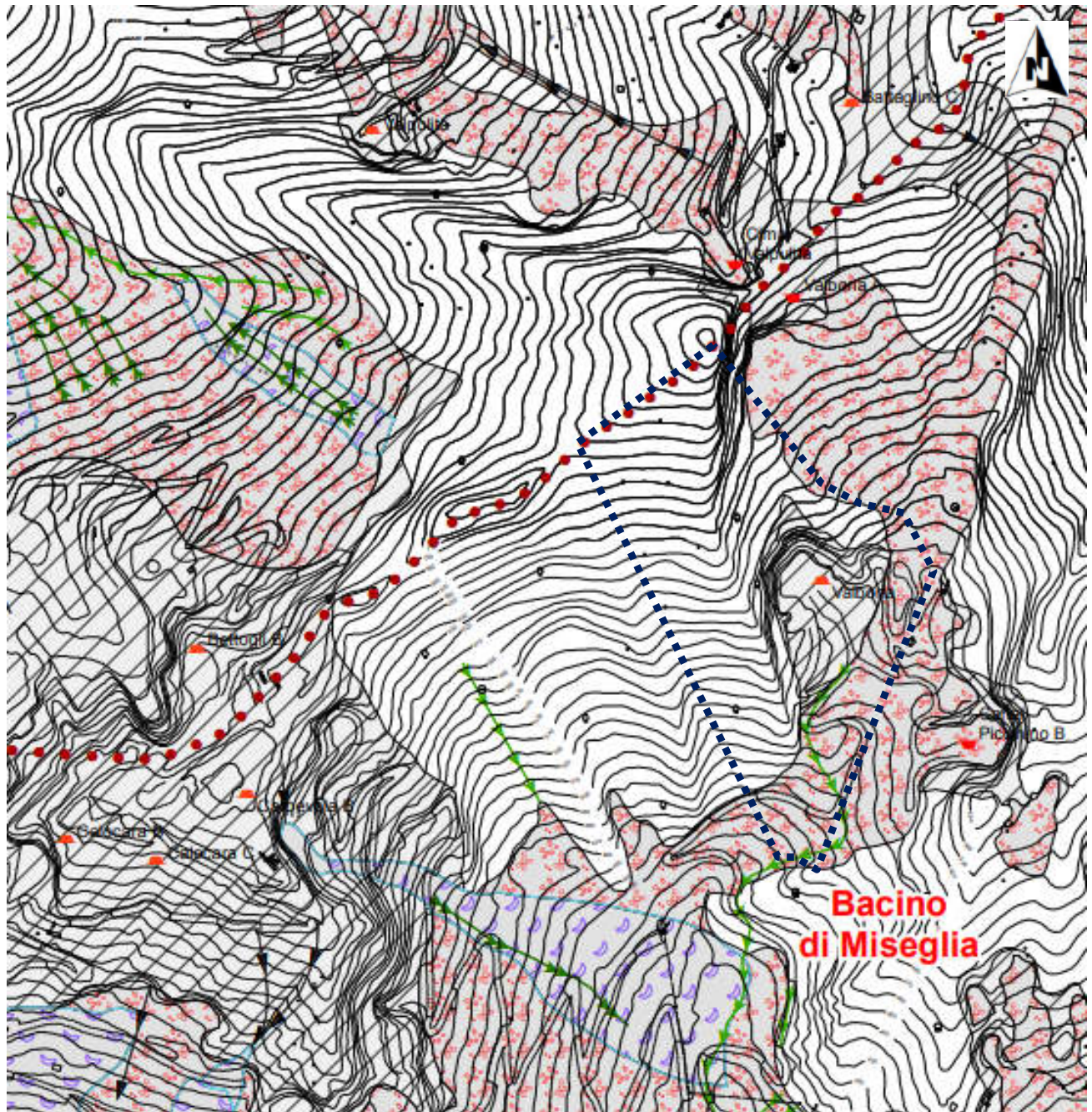


Figura 11 – stralcio della Carta geomorfologica G3.2 (Tav. Sud) allegata ai PABE con individuazione della'area afferente la cava n.94 Valbona (in tratteggio blu).
Scala modificata 1:5.000

LEGENDA

Cave



Perimetro Bacino/Sottobacino



Area scavata (ae)



Aree in disponibilità delle cave



Cave attive



Cave dismesse



Siti estrattivi dismessi



Traccia di canale di scarica



Ravaneti (h3)

Discariche di materiale di scarto delle cave.
Oltre ai corpi detritici scaricati lungo i versanti di cava sono cartografati i depositi e/o manufatti realizzati nei fondivalle dei bacini estrattivi (riempimenti, terrapieni, rilevati, piazzali, viabilità etc....) utilizzando i medesimi materiali di scarto originati dall'attività estrattiva.



Canale di debris flow



Ruscellamento e/o erosione concentrata

Aree soggette a fenomeni di erosione lineare o incanalata lungo impluvi o versanti ad acclività medio-alta spesso associate a solchi di erosione.

Forme di denudazione



Orlo di scarpata di degradazione o di erosione
Sono cartografati i principali orli di scarpata naturale



Orlo di scarpata di frana
Sono cartografate le principali nicchie di frana indipendentemente dal loro stato di attività

Forme di accumulo e relativi depositi



Corpo di frana complessa attiva (a1cma) e quiescente (a1cmq)

Frane generate da due o più tipi di movimento. Sono cartografati i principali corpi di frana caratterizzati, spesso, da geometrie complesse, talvolta coalescenti e con piede che assume di frequente la tipica forma a lobo. Le evidenze geomorfologiche suggeriscono, in generale, tipologie quiescenti anche se sono individuabili riattivazioni di singole porzioni degli originali corpi di frana. Più rare risultano le riattivazioni totali.



Corpo di colata da trasporto in massa di detrito (debris flow) attiva (a1dfa)

Frane che interessano il materiale detritico di scarto prodotto dalle cave di marmo (ravaneti) scaricato lungo i versanti interni ai bacini estrattivi. Sono cartografati i corpi di frana più significativi originatisi da uno o più eventi gravitativi tra loro coalescenti.

6.2. Geologia

Dal punto di vista geologico, le formazioni litoidi affioranti nella zona appartengono tutte alla serie toscana metamorfica; in particolare si ha:

- ❖ calcare selcifero (Lias medio-sup)
- ❖ marmo zebrino (Lias inf-medio?)
- ❖ marmi (Lias inf)

Superficialmente nell'area oggetto di interventi, affiora prevalentemente la formazione dei marmi e, subordinatamente sotto forma di lenti di esiguo spessore, il marmo zebrino. Nel settore occidentale dell'area in disponibilità alla cava n.94, affiorano rocce appartenenti alla formazione del calcare selcifero che si estendono sul versante di Cima Val Pulita fino alle cave di Calocara e Betogli. In questa sede non è stato ritenuto necessario descrivere in dettaglio le singole formazioni, che comunque si presentano nella loro facies più tipica, ampiamente descritta nella letteratura geologica.

Dal punto di vista tettonico, le formazioni appartenenti alla Serie Metamorfica Toscana hanno subito più fasi deformative, legate a episodi compressivi e distensivi. La collisione tra il margine sud europeo e la microplacca adriatica ha portato ad una fase compressiva in cui la parte occidentale della microplacca stessa, di cui faceva parte l'area apuana, scorse sotto il margine continentale fino a portare le rocce appartenenti a questa zona a profondità di circa 10 Km dentro la crosta, dove subirono trasformazioni metamorfiche di una certa intensità, comunque in facies Scisti Verdi. I calcari, depositatisi circa 180 milioni di anni prima, si trasformarono in marmi. Le formazioni apuane, nel loro complesso, sollecitate dalle spinte compressive diedero luogo ad una serie di accavallamenti che produssero grandi pieghe isoclinali; parallelamente ai piani assiali di queste ultime si generò, nei marmi ed in alcuni altri litotipi apuani, una scistosità di flusso pervasiva, (verso di macchia). In questa fase si formarono grandi pieghe isoclinali come la Sinclinale di Carrara, l'Anticlinale di Vinca e altre pieghe minori.

Quando il metamorfismo diminuì di intensità, al perdurare delle spinte compressive, si formarono le grandi faglie, inverse e trascorrenti, che interessano tutte le formazioni della serie metamorfica. Le spinte compressive divennero sempre meno intense finché si passò ad una fase distensiva della crosta, che portò ad un denudamento tettonico e che, insieme a fenomeni erosivi, ha portato all'esumazione del complesso metamorfico apuano.

Si passò quindi da un regime compressivo ad uno distensivo in cui si svilupparono fasce di taglio duttile che causarono movimenti centrifughi rispetto al nucleo della catena. Questa fase deformativa originò altre pieghe da millimetriche a chilometriche e rimise in movimento le faglie preesistenti in senso contrario o generandone di nuove.

Più nello specifico, la zona di studio si colloca nel fianco diritto della sinclinale di Carrara che vede la presenza, in superficie, dell'affioramento principale di marmi venati con intercalazioni metriche laminate di marmo zebrino.

La stratificazione/scistosità, dove osservabili, hanno un andamento abbastanza regolare, con direzione compresa tra N 110° e 150° ed immersione verso Sud Ovest, con pendenza variabile tra 40° e 60°, come visibile nella seguente fotografia scattata nella zona. È inoltre ben osservabile anche il contatto stratigrafico (tettonizzato) tra marmo venato (sotto) e calcare selcifero (sopra). Si rimanda alla seguente **Figura 12** ed alle **Tavole G2 e G3** allegate al progetto per approfondimenti, **ricordando che la ricostruzione in profondità della posizione del suddetto contatto riportata nelle sezioni geologiche di Tavola G3 risulta di larga massima, in mancanza di indagini geognostiche dirette, quali sondaggi a carotaggio continuo, al momento non ancora effettuabili.** In fase di avanzamento del sotterraneo sarà possibile determinare con più precisione la posizione e l'andamento effettivo del suddetto contatto. Di seguito si allegano alcune fotografie utili ad inquadrare la situazione geologica locale.

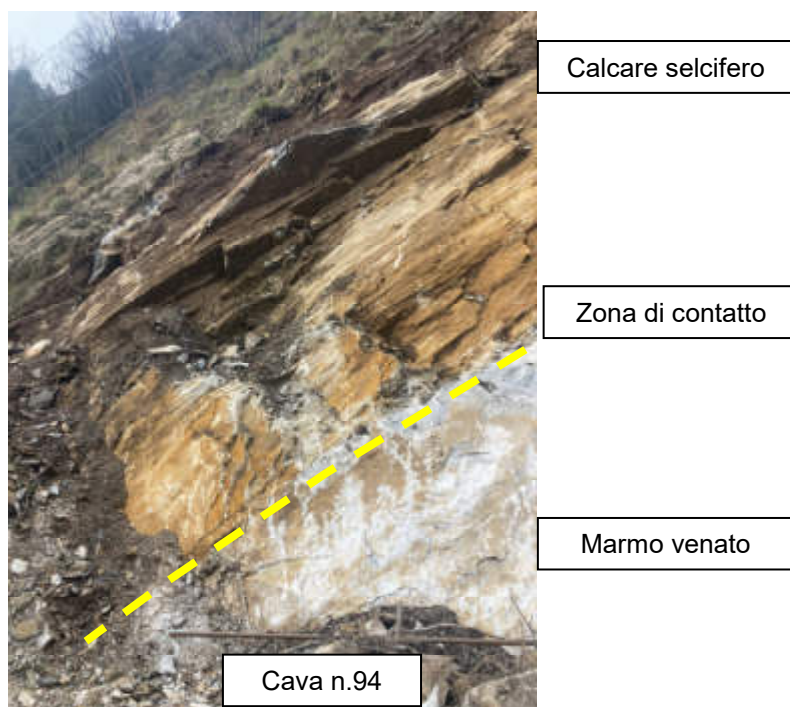


Foto 1 – particolare del contatto stratigrafico tettonizzato tra marmi e calcari selciferi nei pressi delle nuove lavorazioni eseguite a quota circa 617 nella cava n.94 “Valbona B”

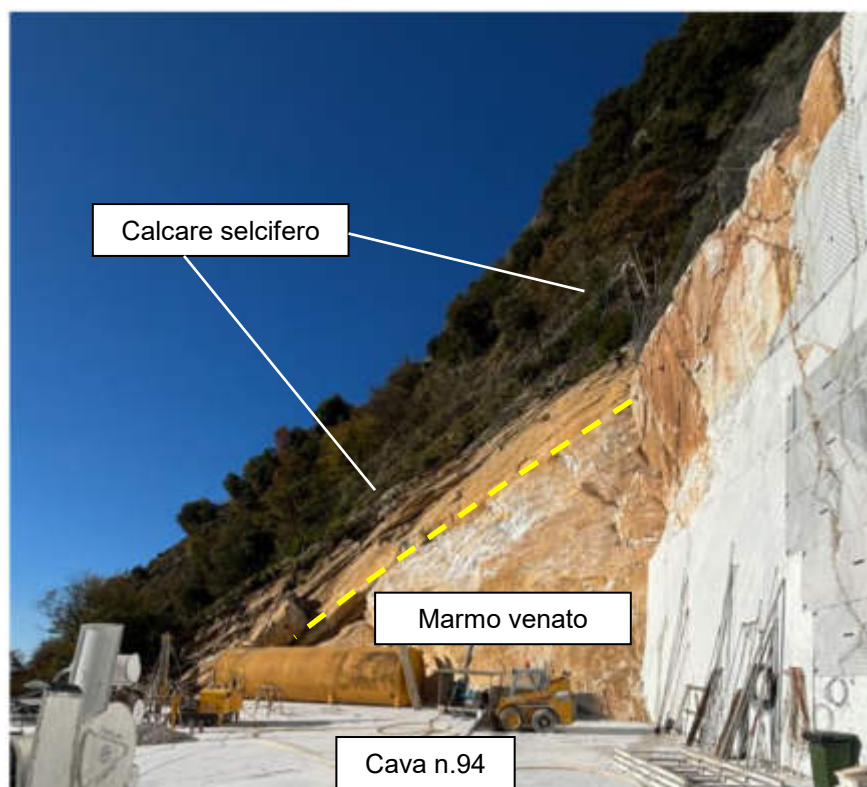


Foto 2 – panoramica del contatto stratigrafico tettonizzato tra marmi e calcari selciferi nei pressi delle nuove lavorazioni eseguite a quota circa 610 nella cava n.94 “Valbona B”



Foto 3 – particolare fotografico, scattato nell’anno 2008, della stratificazione/scistosità principale che caratterizza il calcare selcifero sul versante sudoccidentale della cima di Valbona



Foto 4 – particolare fotografico, scattato nell'anno 2008, della stratificazione/scistosità principale che caratterizza il calcare selcifero presente sulla cima di Valbona

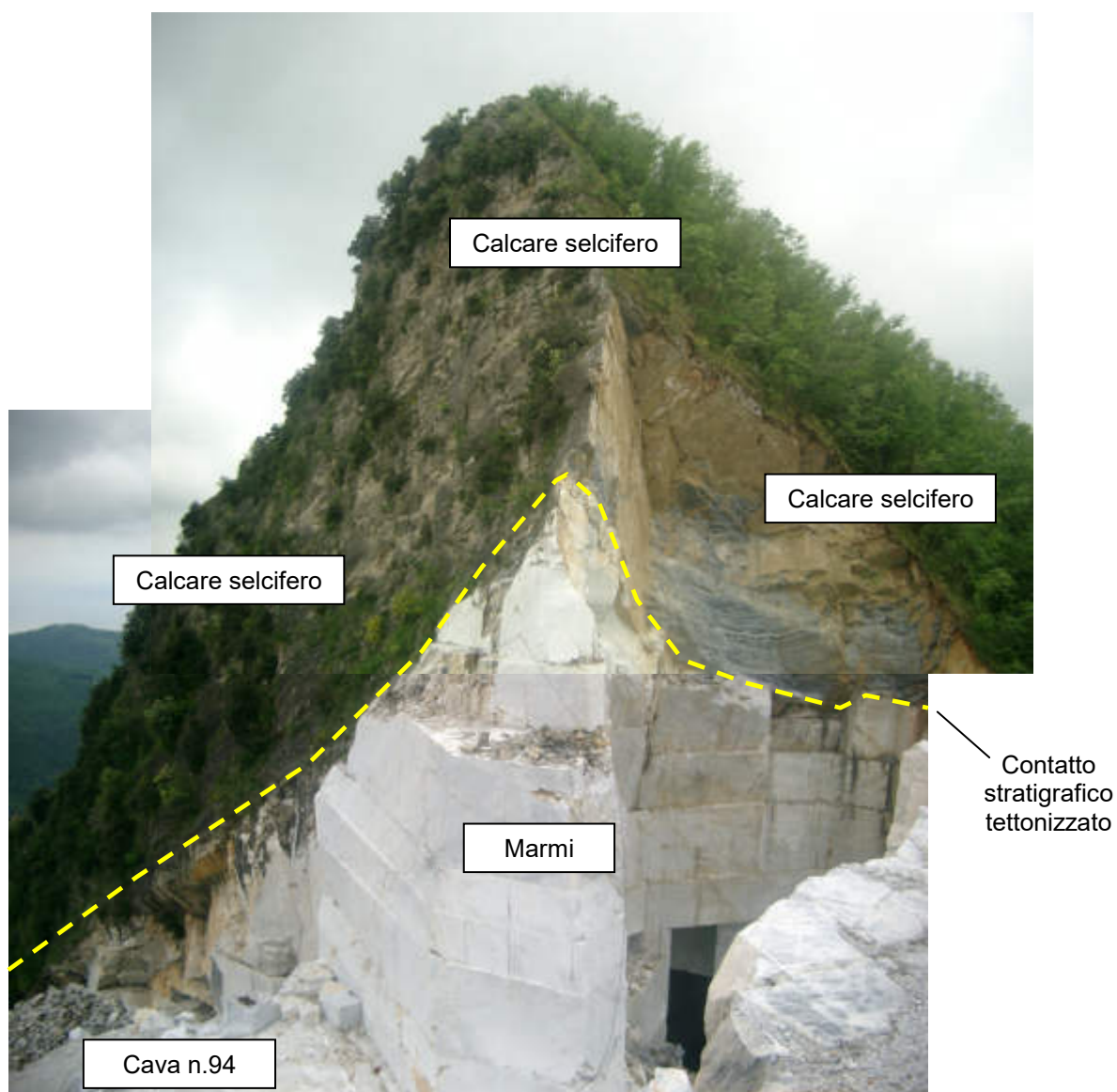


Foto 5 – panoramica, scattata nell'anno 2008, della situazione geologica presente lungo il versante orientale della cima di Valbona

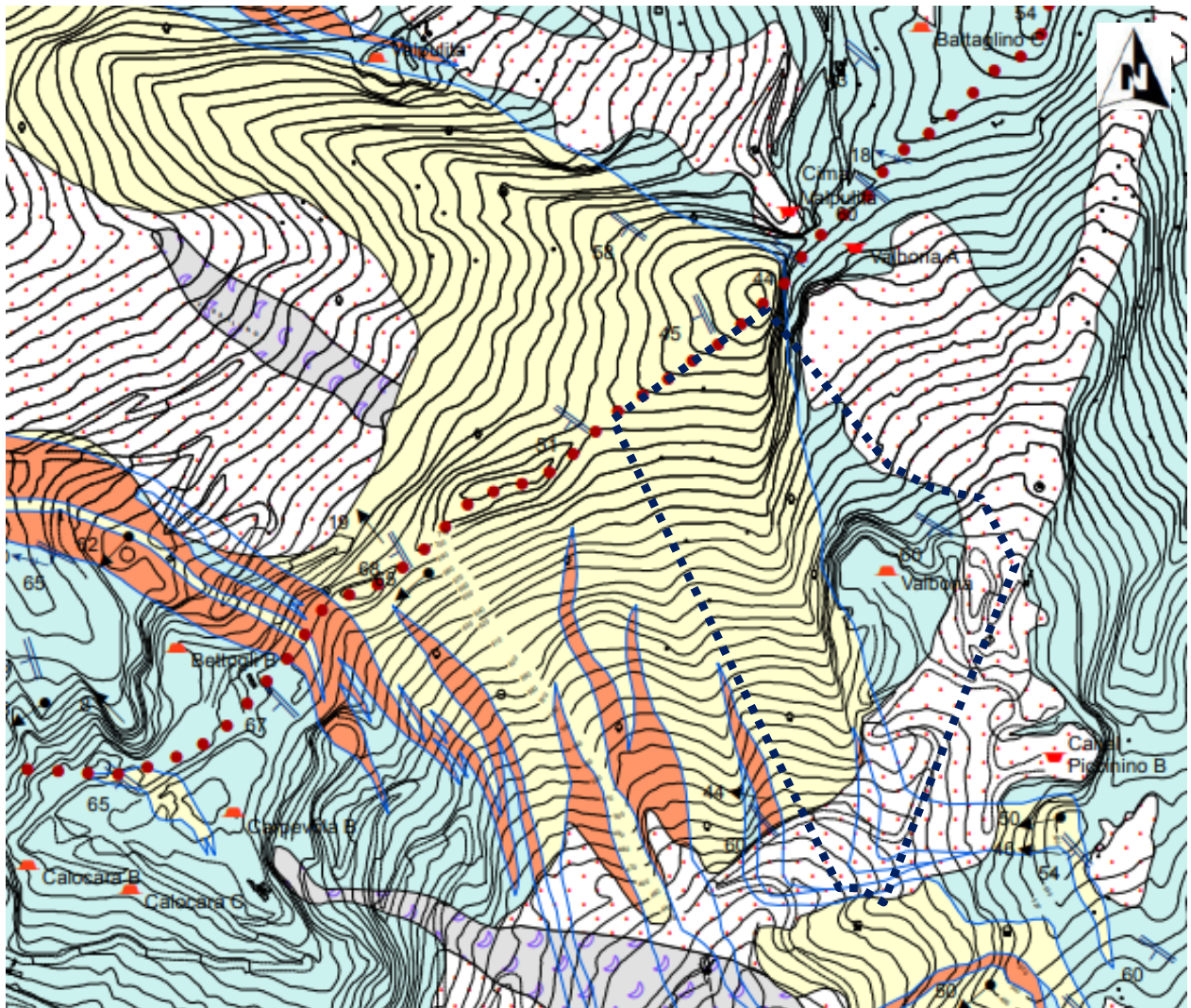





















Fig. 12 – stralcio della carta geologica G2.2 (Tav. Sud) allegata ai PABE con individuazione dell'area afferente la cava n.94 Valbona (in tratteggio blu). Scala modificata 1:5.000

LEGENDA

	Limite del Comune di Carrara		Limite bacini marmiferi del Comune di Carrara
	Stratificazione a polarità sconosciuta		Stratificazione orizzontale a polarità sconosciuta
	Superficie di clivaggi o scistosità inclinata di 1° fase		Superficie di clivaggi o scistosità inclinata di 2° fase
	Asse di piega di 1° fase		Asse di piega di 2° fase
	Lineazione di estensione di 1° fase		
	Contatto stratigrafico e/o litologico		Sovrascorrimento principale
	Contatto tettonico		Contatto tettonico sinmetamorfico
	Cave attive		
	Cave dismesse		
	Siti estrattivi dismessi		

Forme di accumulo e relativi depositi

		Corpo di frana complessa attiva (a1cma) e quiescente (a1cmq)
		Ravaneti

Unità Toscane metamorfiche Successione mesozoica e terziaria

SSR	Scisti sericitici: Filladi muscovitiche verdastre, rosso-violacee e più raramente grigie, con rari e sottili livelli di filladi carbonatiche, marmi a clorite e metaradiolariti rosse. CRETACICO INF.-PALEOGENE
CLF	Metacalcari selciferi: Metacalcilutiti grigio scure con liste e noduli di selci e rari livelli di metacalcareniti in strati di potenza variabile spesso alternati con strati più sottili di calcescisti e filladi carbonatiche grigio scure con tracce di pirite e ammoniti piritizzate. LIAS MEDIO-SUP
MRZ	Marmo zebrino: Marmi, metacalcari rosati e metabrecce con matrice rosata, con sporadiche selci. Marmi bianchi e color avorio con sottili livelli di marmi a muscovite e, più raramente, di calcescisti grigio-verdastri; localmente livelli di filladi carbonatiche. LIAS INF. - (MEDIO?)
MAA	Marmi: Marmi bianchi, grigi, color avorio e giallo con sottili livelli di marmi a muscovite più raramente di calcescisti grigio-verdastri; localmente livelli di filladi carbonatiche dolomie e marmi dolomitici. Breccie monogeniche metamorfiche a elementi marmorei da centimetrici a metrici. LIAS INF.

6.3. Giacimentologia

Dal punto di vista giacimentologico/merceologico, la risorsa lapidea presente all'interno della cava n.94 Valbona risulta costituita prevalentemente da corsi di marmo venato come evidente nella carta delle varietà merceologiche e nella carta della merceologia delle pietre ornamentali allegate ai PABE e di cui si riportano stralci rispettivamente nelle seguenti **Figure 13 e 14**. Si rimanda inoltre alla **Tavola G4** allegata al piano di coltivazione per eventuali approfondimenti di carattere merceologico.

Dal punto di vista mineralogico il marmo venato risulta caratterizzato da metacalcari 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 rare macchie grigie di forma irregolare talvolta caratterizzate da isorientazione.

A titolo di esempio si allegano alcune fotografie scattate nella zona.



Marmo venato estratto nella zona di apertura del giacimento relativo al settore occidentale della cava n.94.

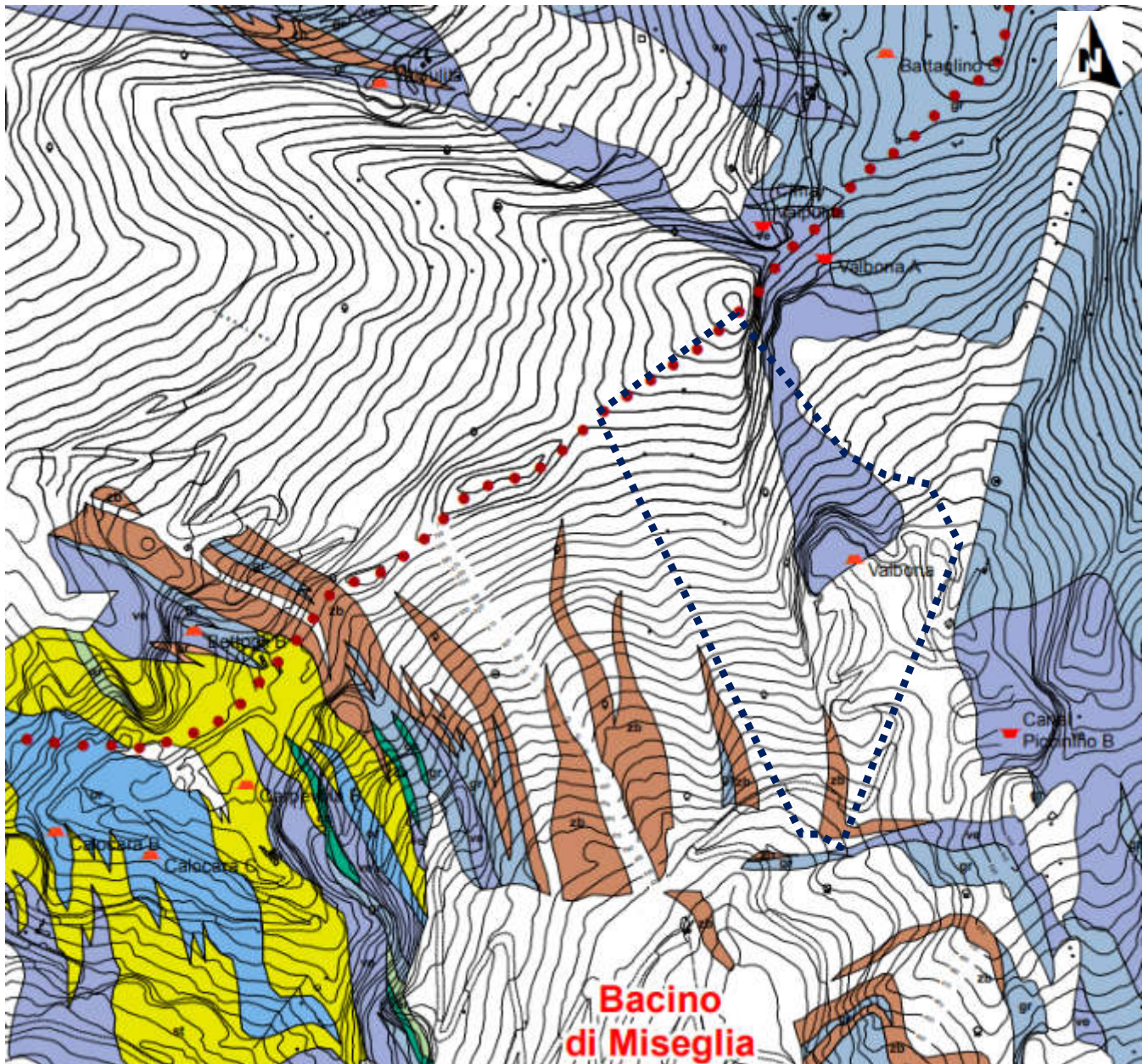


Fig. 13 – carta delle varietà merceologiche allegata ai PABE (Tav. Sud) con individuazione dell'area afferente la cava n.94 Valbona (in tratteggio blu). Scala modificata 1:5.000

LEGENDA:



Limite amministrativo
del Comune di Carrara



Perimetro Bacino/Sottobacino

CAVE



Cave attive



Cave dismesse



Siti estrattivi dismessi



Limite litologico delle formazioni produttive

VARIETA' MERCEOLOGICHE DI MARMO

zb

MARMO ZEBRINO

Marmi a grana fine da biancastri a color avorio, talora leggermente rosati, caratterizzati da interstrati filladici ricchi in fillosilicati, quarzo pirite e dolomite.
(Formazione geologica: Marmo Zebrino). Zona estrattiva: Carrara, Provincia di Massa Carrara.
Lias inf.

or

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.

st

MARMO STATUARIO

Marmi a grana grossa, di colore bianco avorio – bianco latte, a volte tendente al giallo beige molto chiaro e generalmente assai uniforme dovute a tracce di muscovite microcristallina omogeneamente distribuita nella prevalente matrice carbonatica.
(Formazione geologica: Marmi). Zona estrattiva: Alpi Apuane, Provincia di Massa Carrara e Lucca.
Lias inf.

ve

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.

gr

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 ocracei con pirite.
(Formazione geologica: Marmi). Zona estrattiva: Alpi Apuane, Provincia di Massa Carrara e Lucca.
Lias inf.

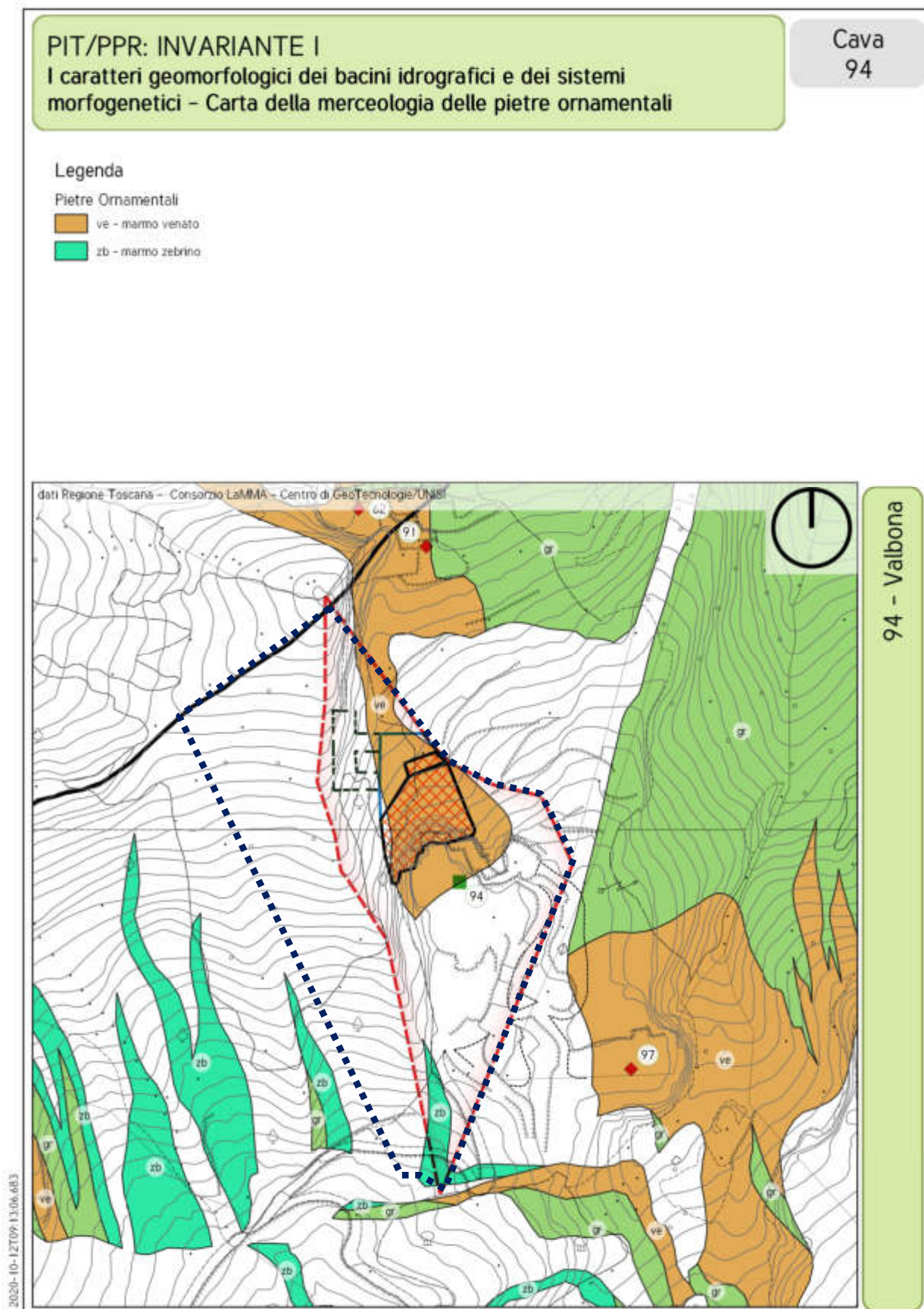


Fig. 14 – carta della merceologia delle pietre ornamentali allegata ai PABE con individuazione dell'area afferente la cava n.94 Valbona (in tratteggio blu). Scala arbitraria.

6.4. Idrografia e idrogeologia

In generale, l'intorno significativo rispetto all'area di intervento è caratterizzato da un'alta energia del rilievo con versanti che dai fondovalle si elevano rapidamente, in poco più di 5 Km, fino a raggiungere quote superiori ai 1700 (Monte Sagro, 1753 m s.l.m.). Lungo i versanti, i corsi d'acqua superficiali sono pressoché assenti, se non in occasione di forti precipitazioni: la natura carbonatica delle rocce affioranti favorisce l'infiltrazione delle acque meteoriche, a scapito del ruscellamento superficiale, che scaturiscono in seguito presso i fondovalle a quote comprese tra i 155 e i 255 m s.l.m..

L'idrografia locale, quindi, risulta scarsamente rappresentata in conseguenza dell'elevata permeabilità per fessurazione e carsismo degli ammassi rocciosi presenti nella zona. Si osserva scorrimento superficiale delle acque meteoriche limitatamente nelle incisioni di fondovalle e solamente per brevi periodi durante l'anno.

Dal punto di vista idrogeologico, nella zona oggetto di studio non vengono segnalate, a livello di letteratura aggiornata, linee d'acqua e/o sorgenti e neppure cavità carsiche di rilievo.

Dal punto di vista della permeabilità, i litotipi affioranti nella zona possono essere riuniti secondo tre classi:

- Classe 5 - Depositi antropici a permeabilità alta per porosità ("ravaneti")
- Classe V - Rocce a permeabilità alta per fessurazione ("marmi")
- Classe IV - Rocce a permeabilità medio-alta per fessurazione ("calcare selcifero")

Le caratteristiche di permeabilità dei litotipi nell'area di indagine rivelano l'assenza di un livello impermeabile superficiale che permetta la formazione di un acquifero locale e, allo stesso tempo, favoriscono una circolazione idrica sotterranea profonda, il cui andamento dipende dal grado di fratturazione delle rocce carbonatiche. Per l'individuazione delle caratteristiche idrogeologiche locali, si rimanda alla seguente **Figura 15**, che rappresenta uno stralcio della Carta idrogeologica G4.2 (Tav. Sud) allegata ai PABE del comune di Carrara, ed alla **Tavola G5** allegata al piano.

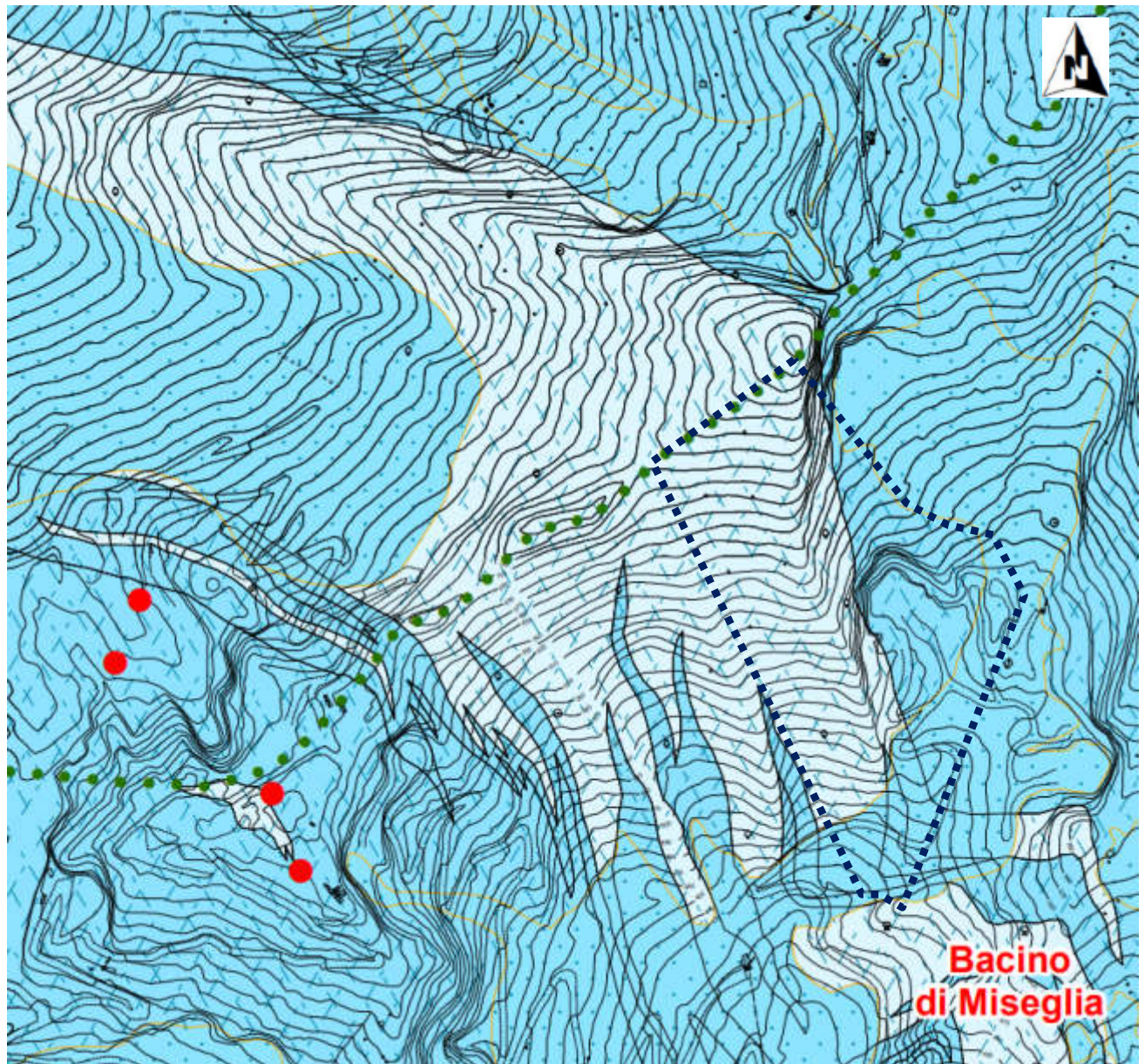


Fig. 15 – stralcio della Carta idrogeologica G4.2 (Tav. Sud)
allegata ai PABE. Scala 1:5.000.

LEGENDA



Limite amministrativo
del Comune di Carrara



Perimetro Bacino/Sottobacino

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 *

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

Contatto stratigrafico e/o litologico

Limiti dei complessi idrogeologici in roccia

— Emerso - - - - - Sepolto

— Contatto stratigrafico e/o litologico

Limiti dei complessi idrogeologici in roccia

— Emerso - - - - - Sepolto

Sorgenti

■ Sorgente captata

Prove con traccianti Lycopodium

○ Negativa

● Positiva

⊗ Tempi di corruzione alti, poche spore in tempi lunghi all'arrivo

A partire dai primi anni 2000, nei bacini marmiferi del carrarese, sono stati condotti specifici studi a livello idrogeologico commissionati da vari enti, che hanno messo in evidenza, mediante l'immissione di spore di *Lycopodium Clavatum* all'interno di fratture particolarmente persistenti direttamente all'interno di varie cave, eventuali connessioni tra le aree studiate e le sorgenti limitrofe. Il circuito idrogeologico sopradescritto, come riconosciuto da vari studi, esplica il suo tragitto dapprima in maniera verticale attraverso piani di discontinuità particolarmente persistenti per poi indirizzarsi verso le sorgenti compiendo un tragitto prevalentemente orizzontale.

Nel corso degli anni, il modello idrogeologico del complesso marmifero del carrarese è andato sempre più affinandosi e ha visto impegnate strutture universitarie e professionisti vari che hanno proposto nuovi approcci di studio e metodologie di indagine alternative. Lo "Studio Idrogeologico Prototipale del Corpo Idrico Significativo dell'Acquifero Carbonatico delle Alpi Apuane, Monti d'Oltre Serchio e S.Maria del Giudice" elaborato Centro di Geotecnologie dell'Università degli Studi di Siena nell'anno 2007 ha permesso di elaborare un modello concettuale del deflusso sotterraneo ed una relativa Carta delle Aree di Alimentazione dei Sistemi Idrogeologici.

L'assetto geologico-strutturale e la conformazione dell'area di alimentazione fanno sì che il sistema idrogeologico di Carrara possa essere suddiviso in diversi sottosistemi distinti, ma in continuità idrogeologica a causa dell'anisotropia e della discontinuità, tipiche degli acquiferi carsici (Doveri, 2005). Il limite meridionale del sistema idrogeologico di Carrara è costituito da una soglia di permeabilità, definita dai complessi a bassa permeabilità dell'Unità di Massa, lungo la quale si hanno le principali sorgenti (Sotto-sistema di Torano e Gruppo delle Canale).

Come visibile nella **Fig.16**, il sistema idrogeologico di Carrara risulta composto dai sottosistemi Carbonera-Tana dei Tufi, Gorgoglio-Pizzutello, Canale e Pero Superiore (Doveri, 2005):

- il sotto-sistema Carbonera-Tana dei Tufi, le cui sorgenti principali sono Carbonera ($Q_{media}=50$ l/s), e Tana dei Tufi ($Q_{media}=60$ l/s);
- il sotto-sistema Gorgoglio-Pizzutello, in cui vengono individuati come principali recapiti le sorgenti Gorgoglio ($Q_{media}=40$ l/s), Pizzutello ($Q_{media}=30$ l/s) e Sponda ($Q_{media}=45$ l/s);
- il sotto-sistema Principale delle Canale, drenato dalle due sorgenti Ratto Superiore e Ratto Inferiore ($Q_{media}=180$ l/s di entrambe le sorgenti) e dalle sorgenti Pero Inferiore ($Q_{media}=40$ l/s), Polla della Martana ($Q_{media}=40$ l/s), Ospedale sup. ($Q_{media}=10$ l/s) e Ravenna ($Q_{media}=10$ l/s);
- il sotto-sistema Pero Superiore, la cui sorgente principale è la sorgente Pero Superiore.

La zona oggetto di intervento, come indicato nella figura seguente, risulta inserita all'interno del perimetro indicato per il sotto-sistema delle Canalie, al limite con il sottosistema Pero superiore, con principale recapito delle acque di infiltrazione verso i gruppi di sorgenti Pero e Ratto, entrambe sfruttate ai fini acquedottistici.

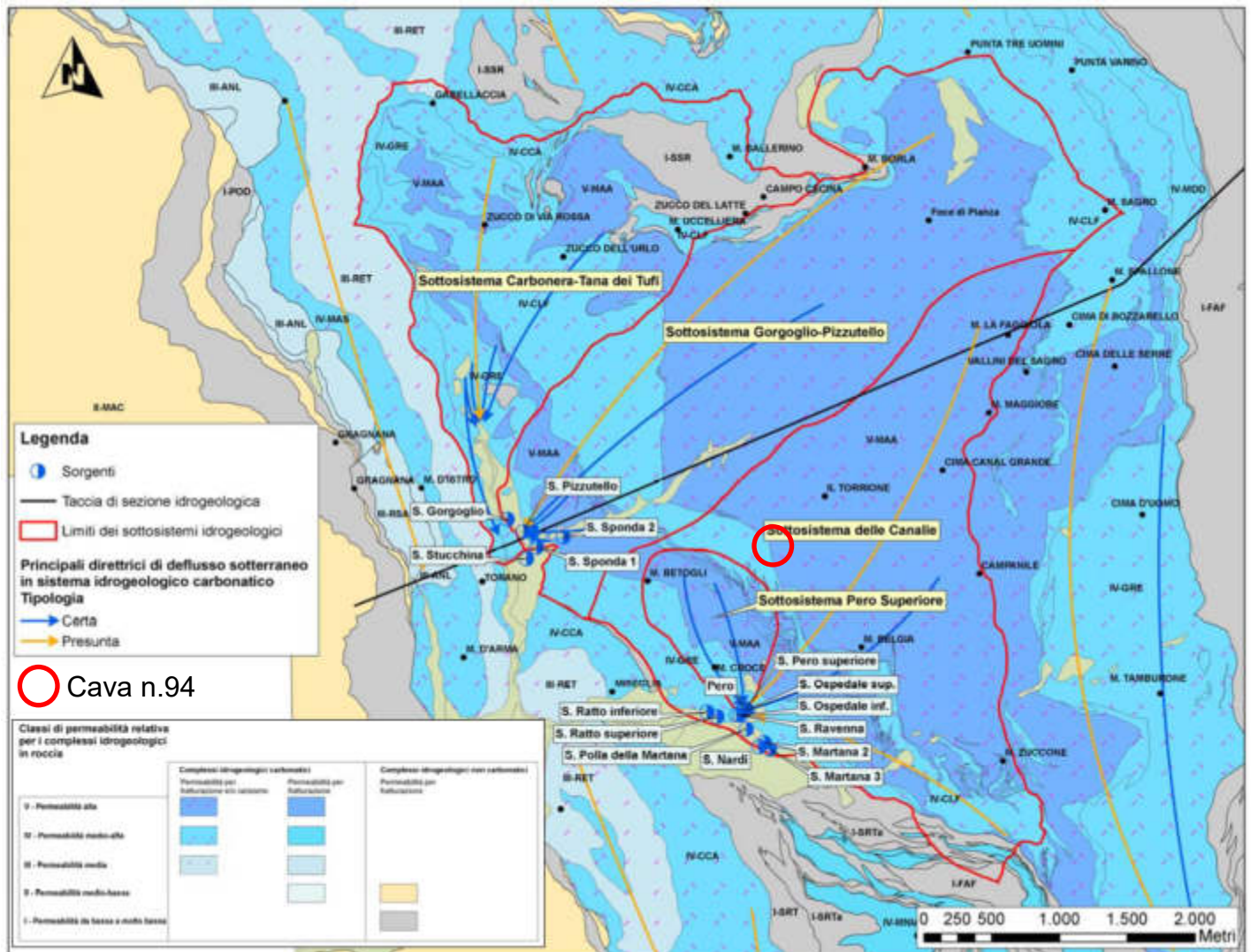
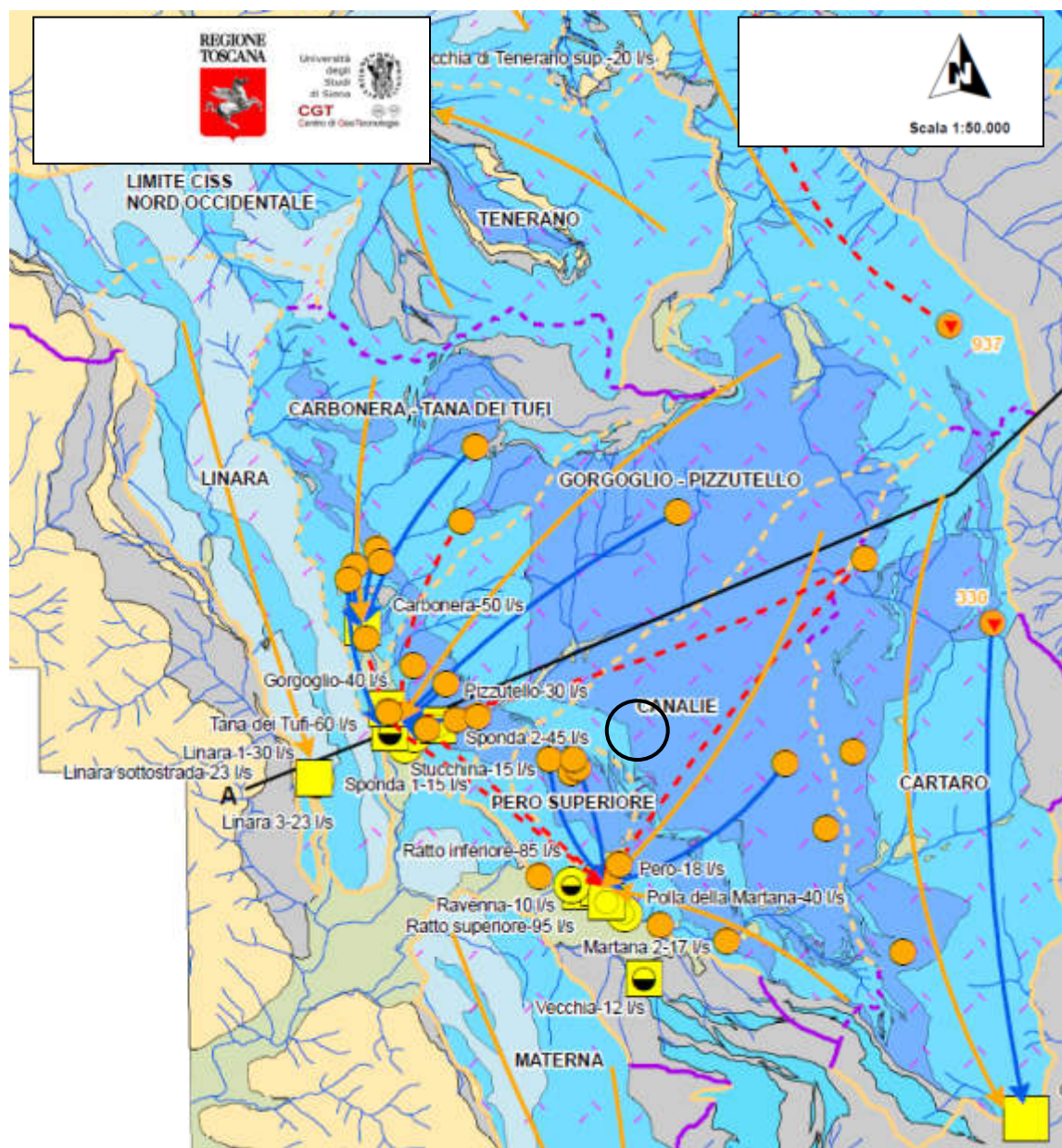


Fig. 16 - Inquadramento idrogeologico dell'area di studio (da CGT/Università Siena)

La Carta delle Aree di Alimentazione dei Sistemi Idrogeologici del corpo idrico sotterraneo significativo delle Alpi Apuane a corredo dello “Studio Idrogeologico Prototipale del Corpo Idrico Significativo dell’Acquifero Carbonatico delle Alpi Apuane, Monti d’Oltre Serchio e S.Maria del Giudice” elaborato dal Centro di Geotecnologie dell'Università degli Studi di Siena nell'anno 2007, permette di ipotizzare una presunta direttrice di deflusso sotterraneo in sistema idrogeologico carbonatico verso i gruppi di sorgenti Pero-Ratto.

Come evidente nel capitolo dell'inquadramento geologico e relative figure, si rileva la presenza di una fascia di calcare selcifero, allungata in direzione N-S, arealmente interposta tra la cava in oggetto e le suddette sorgenti che costituisce il nucleo della Sinclinale di Carrara. Tale evidenza, in letteratura idrogeologica, viene messa in relazione con il cosiddetto "effetto tampone" delle rocce selcifere che permette di considerare un effetto di depurazione delle acque sotterranee. Dalla seguente figura, estratta anch'essa dallo Studio Idrogeologico sopracitato, risulta inoltre evidente la mancanza di sorgenti nell'area estrattiva denominata cava n.94 Valbona ed in un suo intorno significativo.



**Carta delle Aree di Alimentazione dei Sistemi Idrogeologici
Corpo Idrico Sotterraneo Significativo delle Alpi Apuane
Allegato 9a**

Fig. 17

LEGENDA LEGEND

Classi di permeabilità relativa per i complessi idrogeologici in roccia

Hydrogeological Units

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

Sorgenti Springs

Sorgente captata senza informazioni sulla portata media

Tapped spring
without mean discharge indication

portata non definita
Undefined mean discharge

Sorgente libera senza informazioni sulla portata media

Untapped spring
without mean discharge indication

portata non definita
Undefined mean discharge

Sorgente di tipologia sconosciuta senza indicazioni della portata media

Spring (undefined)
without mean discharge indication

portata non definita
Undefined mean discharge

Regime Sorgenti (Meinzer, 1927)
per portate superiori ai 5 l/s
Spring regime (after Meinzer, 1927)
for spring with mean discharge > 5 l/s

Sorgente captata
Tapped spring

Regime costante
(Rv < 25%)
Constant regime
(Rv < 25%)

Regime sub-variabile
(25% < Rv < 100%)
Sub-variable regime
(25% < Rv < 100%)

Regime variabile
(Rv > 100%)
Variable regime
(Rv > 100%)

Sorgente libera
Untapped spring

Regime costante
(Rv < 25%)
Constant regime
(Rv < 25%)

Regime sub-variabile
(25% < Rv < 100%)
Sub-variable regime
(25% < Rv < 100%)

Regime variabile
(Rv > 100%)
Variable regime
(Rv > 100%)

Sorgente di tipologia sconosciuta
Spring (undefined)

Regime costante
(Rv < 25%)
Constant regime
(Rv < 25%)

Regime sub-variabile
(25% < Rv < 100%)
Sub-variable regime
(25% < Rv < 100%)

Regime variabile
(Rv > 100%)
Variable regime
(Rv > 100%)

Sorgenti termali e minerali
Mineral and hot springs

da 0 a 1 l/s
0 to 1 l/s

da 1 a 5 l/s
1 to 5 l/s

da 5 a 10 l/s
5 to 10 l/s

da 10 a 100 l/s
10 to 100 l/s

da 100 a 500 l/s
100 to 500 l/s

da 500 a 1000 l/s
500 to 1000 l/s

da 1000 a 5000 l/s
1000 to 5000 l/s

da 0 a 1 l/s
0 to 1 l/s

da 1 a 5 l/s
1 to 5 l/s

da 5 a 10 l/s
5 to 10 l/s

da 10 a 100 l/s
10 to 100 l/s

da 100 a 500 l/s
100 to 500 l/s

da 500 a 1000 l/s
500 to 1000 l/s

da 1000 a 5000 l/s
1000 to 5000 l/s

da 0 a 1 l/s
0 to 1 l/s

da 1 a 5 l/s
1 to 5 l/s

da 5 a 10 l/s
5 to 10 l/s

da 10 a 100 l/s
10 to 100 l/s

da 100 a 500 l/s
100 to 500 l/s

da 500 a 1000 l/s
500 to 1000 l/s

da 1000 a 5000 l/s
1000 to 5000 l/s

da 0 a 1 l/s
0 to 1 l/s

da 1 a 5 l/s
1 to 5 l/s

da 5 a 10 l/s
5 to 10 l/s

da 10 a 100 l/s
10 to 100 l/s

da 100 a 500 l/s
100 to 500 l/s

da 500 a 1000 l/s
500 to 1000 l/s

da 1000 a 5000 l/s
1000 to 5000 l/s

Limiti di bacino Watershed and Recharge Area Boundaries

Limite di bacino idrografico
Watershed divide

certo Definite

presunto Inferred

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

certo Definite

presunto Inferred

Limite di area di alimentazione di sistema idrogeologico
Recharge area boundary

certo Definite

presunto Inferred

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

certa Definite

incerta Uncertain

presunta Inferred

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

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

179

Sezioni idrogeologiche Hydrogeological Cross-Sections

Traccia di sezione idrogeologica
Hydrogeological Cross-Section

A ——— A'

Idrografia superficiale
Surface Waters

Reticolo idrografico
Stream network

Laghi naturali e artificiali
Natural and artificial lakes

Per quanto riguarda il carsismo, non sono mai state segnalate cavità ipogee nella zona oggetto di interventi e nel comparto estrattivo in cui la stessa è inserita. Il Catasto Grotte, come da ricerca effettuata sul portale Geoscopio della Regione Toscana, non segnala presenza di cavità ipogee nell'area afferente la cava n.94 Valbona ed in un suo intorno significativo.

Anche se nelle aree di lavorazione non si rilevano macroscopiche discontinuità che potrebbero evolvere a livello carsico, dovranno essere programmate le necessarie cautele atte ad evitare la dispersione di materiali inquinanti derivanti dalle varie attività di cava, come già indicato al capitolo 3. Si rimanda alle relazioni specialistiche redatte a cura del progettista per eventuali approfondimenti sulle procedure atte ad evitare eventuali interferenze tra le lavorazioni previste ed il circuito idrogeologico locale.

7. VALUTAZIONE DELLA CATEGORIA DI SOTTOSUOLO E DELL'AZIONE SISMICA

Il territorio comunale di Carrara con l'Ordinanza P.C.M. n° 3274 del 20 marzo 2003, che definisce la classificazione sismica del territorio nazionale e le nuove norme tecniche per la costruzione in zona sismica, viene confermato in II CATEGORIA; secondo quanto previsto dalla normativa regionale in materia sismica (O.P.C.M. n° 3519 del 28/04/2006 e D.G.R.T. n° 431 del 19/06/2006), il comune di Carrara viene classificato in ZONA 3S (CLASSE MOBILE) mantenendo il livello di protezione della ZONA 2 ($A_g/g = 0.25$) (vedi **fig.18**).

Di seguito si riporta la tabella ove le zone sono individuate secondo valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo a_g , con probabilità di superamento del 10% in 50 anni:

Zona sismica	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni.	Accelerazione orizzontale con probabilità di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (A_g/g).
1	$> 0,25$	0,35
→2	0,15 – 0,25	0,25
3	0,05 – 0,15	0,15
4	$< 0,05$	0,05

Con l'entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008, infatti la stima della pericolosità sismica viene definita mediante un approccio "sito-dipendente" e non più tramite un criterio di "zona dipendente". L'azione sismica di progetto in base alla quale valutare il rispetto dei diversi *stati limite* presi in considerazione viene definita partendo dalla "pericolosità di base" del sito in costruzione, che è l'elemento essenziale di conoscenza per la determinazione dell'azione sismica.

Relazione geologica-geomorfologica-idrogeologica con analisi fattibilità Progetto di coltivazione Cava n.94 – Valbona



Regione Toscana
DIREZIONE GENERALE POLITICHE TERRITORIALI ED AMBIENTALI
SETTORE SERVIZIO SISMICO REGIONALE
<http://www.rete.toscana.it/sett/pt/sismica>

Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14 Gennaio 2008)

All. B - Distribuzione dei punti della griglia per la provincia di Massa Carrara

Nota:

Con l'entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008 la stima della pericolosità sismica, intesa come accelerazione massima orizzontale su suolo rigido ($V_{s30}=800$ m/s), viene definita mediante un approccio "sito dipendente" e non più tramite un criterio "zona dipendente". Infatti, secondo quanto riportato nell'allegato A del D.M. 2008, definite le coordinate del sito interessato dal progetto, questo sarà sempre compreso tra 4 punti della griglia di accelerazioni (Allegato B), tramite media pesata utilizzando la formula:

$$p = \frac{\sum_{i=1}^4 \frac{P_i}{d_i}}{\sum_{i=1}^4 \frac{1}{d_i}}$$

in cui:
 p = valore del parametro di interesse nel punto in esame;
 P_i = valore del parametro di interesse nell'i-simo punto della maglia elementare contenente il punto in esame;
 d_i = distanza del punto in esame dall'i-esimo punto della maglia suddetta.

Si otterranno così i Parametri Spettrali $P(a_g, F_0, T_c)$.

COMUNE	a_g (TR=475anni) del capoluogo (in g/15)	ZONA SISMICA DPCM 2811/06 - Del GRT 431/06
Podenzana	1.680	2
Pontremoli	1.990	2
Filattiera	1.980	2
Zeri	1.820	2
Bagnone	1.980	2
Licciana Nardi	1.950	2
Comano	2.040	2
Villafraanca in Lunigiana	1.950	2
Mulazzo	1.900	2
Fivizzano	2.000	2
Tresana	1.810	2
Casola in Lunigiana	1.980	2
Aulla	1.720	2
Fosdinovo	1.500	2
Carrara	1.360	3/3
MASSA	1.330	3/3
Montignoso	1.420	3/3



Si precisa che i dati rappresentati in tale elaborato sono da intendersi soltanto come strumento di indirizzo per la consultazione delle tabelle riportate in Allegato B del D.M. 14/01/2008. L'utilizzo di tali dati rientra nella piena responsabilità degli utenti. Pertanto, il Servizio Sismico Regionale non si riterrà responsabile dell'uso improprio o incorretto dei suddetti dati.

Ver.: 03 Aprile 2008



Area d'intervento

Fig. 18: Distribuzione dei punti di calcolo di a_g per la Provincia di Massa-Carrara

In ottemperanza alle normative D.M. 14/01/2008 e relativo aggiornamento con D.M. 17/01/08, devono essere ricavati un insieme di parametri definiti come “azioni sismiche di progetto” a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione; quest’ultima è descritta dalla probabilità che, in un fissato lasso di tempo (“periodo di riferimento” V_r espresso in anni), in detto sito si verifichi un evento sismico di entità almeno pari ad un valore prefissato; la probabilità è denominata “ probabilità di eccedenza o di superamento nel periodo di riferimento P_{vr} .”

Indagini sismiche effettuate all’interno di siti estrattivi aventi caratteristiche analoghe a quello di progetto, hanno mostrato velocità della copertura detritica di circa 400 m/s e velocità del substrato marmoreo maggiori di 900 m/s. Tali indagini permettono di inserire il substrato marmoreo, affiorante alla superficie topografica, in Categoria di sottosuolo A e i terreni

costituenti le coperture detritiche di origine antropica, denominati ravaneti, in Categoria di sottosuolo B, secondo la seguente tabella:

Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.

Categoria		Caratteristiche della superficie topografica
Caso Marmo Caso Ravaneti	A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
	B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
	C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
	D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
	E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Le condizioni topografiche ricadono cautelativamente, per il sito di intervento, nella Categoria Topografica T2, come evidente dalla seguente tabella estratta dalle NTC2018, caratterizzata da un coefficiente di amplificazione topografico pari a 1,2.

Tab. 3.2.III – Categorie topografiche

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

S_s è l'effetto di amplificazione stratigrafica ed è funzione di F_0 secondo le relazioni espresse nella tab. 3.2.V; C_c è un coefficiente funzione della categoria di sottosuolo, come indicato nella medesima tab. 3.2.V

Categoria sottosuolo		S_s	C_c
Caso Marmo Caso Ravaneti	A	1,00	1,00
	B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 F_0 \text{ (ag/g)} \leq 1,20$	$1,10 (T_c)^{-0,20}$
	C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 F_0 \text{ (ag/g)} \leq 1,50$	$1,10 (T_c)^{-0,33}$
	D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 F_0 \text{ (ag/g)} \leq 1,80$	$1,10 (T_c)^{-0,50}$
	E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 F_0 \text{ (ag/g)} \leq 1,60$	$1,10 (T_c)^{-0,40}$

Tab. 3.2.V – espressioni di s_s e c_c (NTC 2008/2018)

Il calcolo dei coefficienti di spinta sismica per gli stati limite d'esercizio, SLO (stato limite di operatività) e SLD (stato limite di danno), e per gli stati limite ultimi, SLV (stato limite di salvaguardia della vita) e SLC (stato limite di prevenzione del collasso), è stato effettuato in ottemperanza alla normativa sopracitata, utilizzando la griglia sismica esistente in rete.

Nelle seguenti **figure 19 e 20** si forniscono le risultanze dell'elaborazione di cui sopra, sulla base del software open source Geostru PS, nelle quali si riportano i calcoli dei parametri e coefficienti sismici di sito per la cava n.94 Valbona, uno per la situazione relativa alla presenza del sottosuolo di Categoria A ed una per quella di Categoria B.

**Relazione geologica-geomorfologica-idrogeologica con analisi fattibilità
Progetto di coltivazione Cava n.94 – Valbona**



Stati limite

Classe Edificio

Il Affidamento normale. Assenza di funz. pubbliche e sociali...

Vita Normale 50

Interpolazione Media ponderata

CU = 1

Stato Limite	Ti [anni]	A_g [g]	F_a	T_i^* [s]
Operatività (SLO)	30	0.051	2.453	0.237
Danno (SLD)	50	0.054	2.456	0.255
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.161	2.394	0.288
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.206	2.381	0.294
Periodo di riferimento per l'azione sismica	50			

Coefficienti sismici

Tipo Muri di sostegno NTC 2008

☐ Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.

H [m] u [m]

H 1 u 0.1

Cat. Sottosuolo A

Cat. Topografica T4

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1.00	1.00	1.00	1.00
CC Coeff. funz. categoria	1.00	1.00	1.00	1.00
ST Amplificazione topografica	1.40	1.40	1.40	1.40

☐ Accresc. massima attesa al sito [m/s²] 0.8

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
k_H	0.014	0.018	0.065	0.089
k_v	0.007	0.009	0.033	0.045
A_{max} [m/s²]	0.697	0.878	2.204	2.823
Beta	0.250	0.200	0.250	0.310

Fig. 19: calcolo parametri e coefficienti sismici di sito Cava n.94 Valbona – categoria sottosuolo A

Relazione geologica-geomorfologica-idrogeologica con analisi fattibilità
Progetto di coltivazione Cava n.94 – Valbona

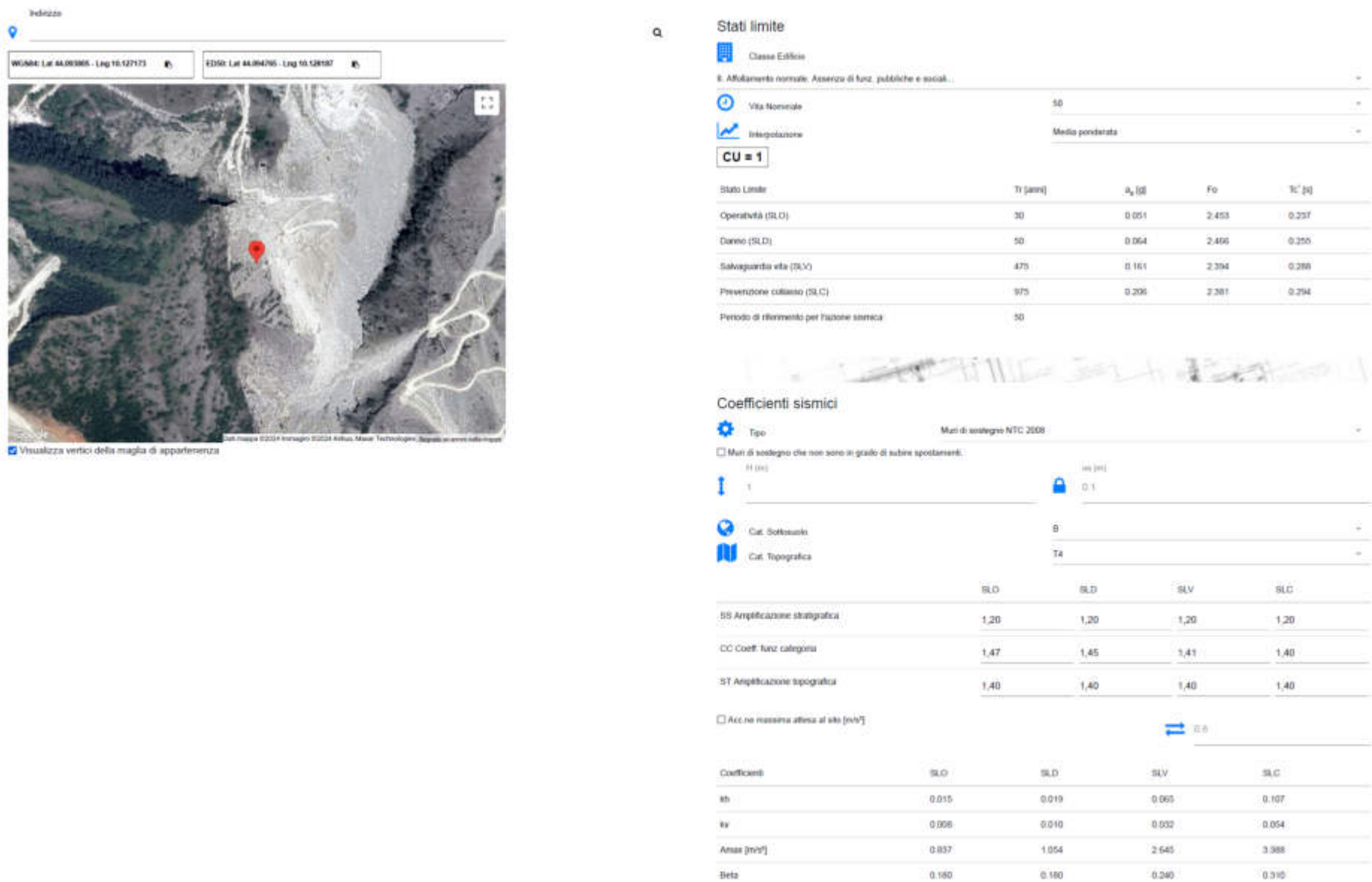


Fig. 20: calcolo parametri e coefficienti sismici di sito Cava n.94 Valbona – categoria sottosuolo B

8. MODELLO GEOLOGICO

Il modello geologico dei terreni costituenti l'areale di cava oggetto del presente studio è stato ricostruito sulla base delle indagini effettuate all'interno del sito oggetto di interventi ed in zone limitrofe, partendo dal presupposto che possono essere presenti al massimo due litotipi. Infatti, dove il marmo è affiorante alla superficie topografica, avremo un solo litotipo definito come "substrato marmoreo", mentre dove presenti coltri di detrito più o meno potenti (comunque sempre inferiori a 30 m di spessore) avremo due litotipi, cioè un substrato marmoreo sepolto e un soprastante terreno detritico di tipo antropico a prevalente componente granulare.

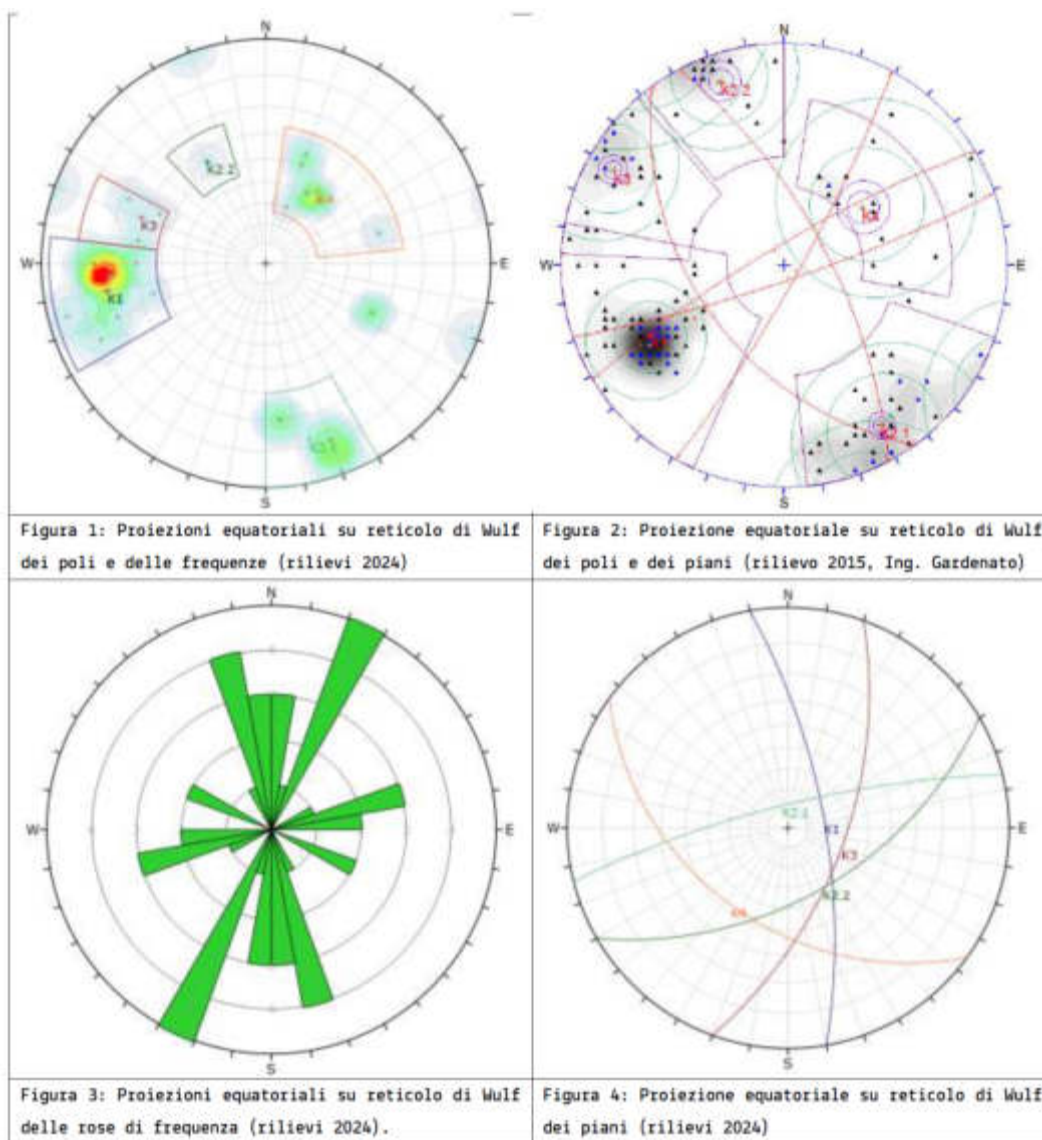
Per la definizione delle caratteristiche geotecniche del litotipo "marmo", oltre all'utilizzo dei dati derivanti dalle indagini geofisiche menzionate in precedenza, sono stati condotti specifici rilievi geostrutturali e geomeccanici, seguendo le Norme ISRM (1978), successivamente rielaborati mediante i criteri di Classificazione di Bieniawski (1989) che hanno permesso, in considerazione di molteplici parametri osservati in affioramento, di attribuire all'ammasso roccioso determinati indici utilizzabili per ricavarne i relativi parametri geotecnici.

8.1. Studio della fratturazione

Per quanto riguarda lo studio della fratturazione si rimanda alla approfondita Relazione Geomeccanica di Stabilità prodotta a cura dell'Ing. Giacomo Del Nero ed allegata al Piano in essere, dalla quale vengono estrapolate le seguenti informazioni di carattere geostrutturale:

SISTEMA	RANGE IMMERSIONE	RANGE INCLINAZIONE	PIANO RAPPRESENTATIVO	FREQUENZA	
K1	030-100	40-90	070/70	36.00%	
K2.1	290-340	60-90	335/80	18.00%	22.00%
K2.2	140-180	50-90	150/70	4.00%	
K3	090-140	60-90	115/70	7.00%	
K4	190-280	40-70	225/45	25.00%	
disperse				10.00%	

SISTEMI MEDI DI FRATTURA CAVA N.94 VALBONA



SISTEMI MEDI DI FRATTURA CAVA N.94 VALBONA

Nella figura seguente si riporta uno stralcio della situazione geostrutturale a scala dell'intero comparto estrattivo apuano estratta dalla *"Tavola 1: carta dei lineamenti strutturali"* redatta nel marzo 2023 dal Geologo Cortopassi Alessandro et Al., a supporto dello *"Studio Geologico-Strutturale dei giacimenti marmiferi carraresi finalizzato alla definizione delle percentuali minime di resa"*, che indica, in un intorno significativo della cava oggetto di studio, la presenza di due principali sistemi di lineamenti tettonici a grande scala orientati rispettivamente N-S e NE-SW.

8.2. Classificazione dell'ammasso roccioso secondo Bieniawski (1989)

Secondo quanto ricavato dal tecnico progettista, l'ammasso roccioso relativo alla cava n.94 Valbona risulta caratterizzato dai seguenti valori:

	BRMR	RMR
CAVA N°94 VALBONA B	66.1	62.6

8.3. Classificazione GSI Hoek-Kaiser-Bauden (2002)

La classificazione in base all'indice di resistenza geologica dell'ammasso roccioso secondo il criterio di Hoek-Kaiser-Bauden (2002) calcolata dal progettista, ascrive l'ammasso roccioso al GSI di range 57-67, con valore cautelativo scelto pari a 60, che permette di inserire l'ammasso roccioso marmoreo locale nella categoria "BLOCKY" caratterizzata dalla presenza di blocchi cubici formati da tre principali sistemi di fratturazione, come indicato nella figura seguente:

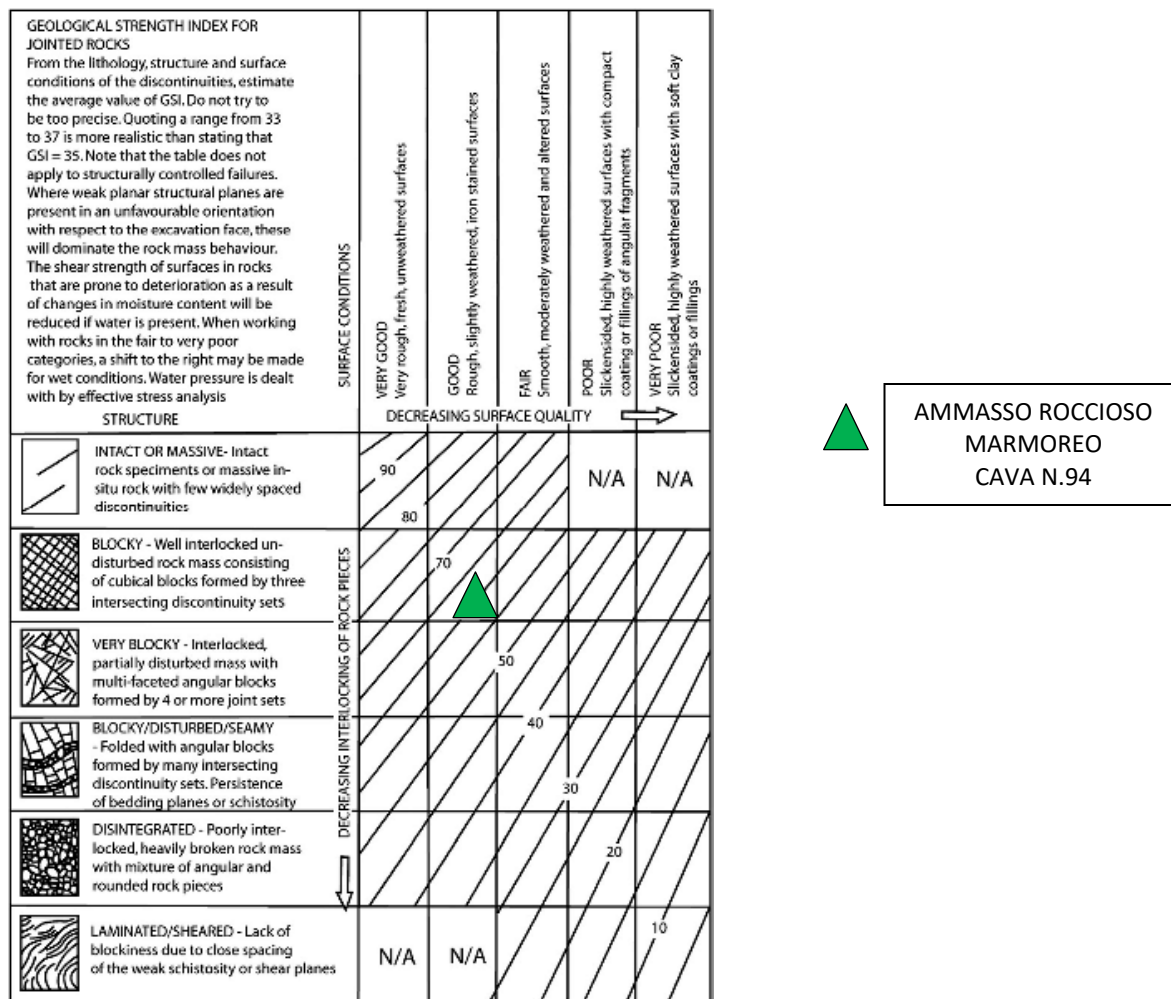


Figura 22: abaco per la stima del GSI (Hoek e Marinos, 2000)

8.4. Modello geologico in presenza di substrato roccioso affiorante

I rilievi e le elaborazioni sopradescritti hanno permesso di ricavare il seguente modello geologico in presenza di substrato roccioso affiorante:

Modello geologico substrato roccioso affiorante

LITOLOGIA	PESO DI VOLUME NATURALE γ_w (Kg/m ³)	PESO DI VOLUME SATURO γ_s (Kg/m ³)	ANGOLO D'ATTRITO INTERNO ϕ	COESIONE c (Kg/cm ²)
Substrato marmoreo	2700	2700	35° ÷ 45°	3,0 ÷ 4,0

8.5. Modello geologico in presenza di "ravaneti"

Per la caratterizzazione geotecnica dei terreni costituenti la copertura detritica antropica di cava, cosiddetti "ravaneti", oltre alle indagini sismiche descritte e precedenti studi effettuati direttamente all'interno della medesima area di cava, sono stati utilizzati dati di letteratura pubblicati da vari enti in occasione di casi di studio ai fini della valutazione della stabilità. In particolare, sono stati presi in considerazione i seguenti lavori pubblicati ufficialmente:

- *"Sulla stabilità delle discariche di materiali lapidei"* a cura di Panei, Forlani, Tardi, pubblicato su rivista *"Quarry & Construction"*, dicembre 2000;
- *"Discariche di cava e instabilità dei versanti: valutazione preliminare di alcuni fattori significativi nel bacino marmifero di Carrara (Italia)"* a cura di Cortopassi, Daddi, D'Amato Avanzi, Giannecchini, Lattanti, Merlini, Milano, pubblicato su *"Italina Journal of Engineering Geology and Enviroment, Special Issuel"*, 2008
- *"Static and dynamic analyses of the satbility of mining wastes (ravaneti) in the Carrara marble area (Apuan Alps, Italy)"* a cura di Oreste, Soldano, pubblicato sul Volume n.57 di *"Archives of Mining Sciences"*, 2012.

Di seguito, per il caso di presenza di coltre detritica antropica (ravaneto), si fornisce una sintesi dei parametri geotecnici e geomeccanici medi, e quindi del modello geologico, assegnati ai singoli litotipi utilizzando le metodologie sopraesposte:

Modello geologico ravaneto + substrato roccioso

LITOLOGIA	PESO DI VOLUME NATURALE γ_w (Kg/m ³)	PESO DI VOLUME SATURO γ_s (Kg/m ³)	ANGOLO D'ATTRITO INTERNO ϕ	COESIONE c (Kg/cm ²)
Detrito (ravaneto)	1800÷1900	2000÷2100	50°÷37°	0,0 ÷ 0,6
Substrato marmoreo	2700	2700	35° ÷ 45°	3,0 ÷ 4,0

9. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Sulla base delle indagini e dei rilievi effettuati, è stato possibile, in ultima analisi, definire il modello geologico e geosismico caratterizzante in sito di intervento, in ottemperanza al D.M. 17.01.18 e s.m.i. ed alle normative sismiche, che costituisce la base per la progettazione geotecnica delle previste lavorazioni.

Relativamente alla raccolta/canalizzazione/recupero delle acque meteoriche, al contenimento delle emissioni diffuse ed alla valutazione dell'impatto acustico si rimanda alle indicazioni progettuali/operative descritte nelle relazioni e tavole tecniche redatte dal progettista Ing. Massimo Gardenato.

Dal punto di vista del Vincolo Idrogeologico, in considerazione degli interventi previsti e degli accorgimenti da mettere in atto, dettagliatamente descritti nelle relazioni specialistiche redatte a cura del progettista, non si prevedono significative interazioni nei confronti del dissesto idrogeologico, della circolazione delle acque superficiali e di quelle sotterranee.

In definitiva, gli interventi previsti dal nuovo progetto di coltivazione elaborato per la cava n.94 Valbona dal progettista si ritengono fattibili, senza limitazioni particolari, dal punto di vista geologico, da quello idraulico e da quello sismico, ovviamente nel rispetto delle indicazioni prescrittive riportate negli specifici articoli delle N.T.A. dei PABE del Comune di Carrara citati nel capitolo 3 di questa relazione.

Carrara, Novembre 2025

Dott. Geologo Maurizio Profeti
Firmato digitalmente
PRFMRZ73C19B832X