

COMUNE DI CARRARA

PROVINCIA DI MASSA CARRARA

PIANO DI COLTIVAZIONE CAVA DENOMINATA "VALBONA" N. 94



REDATTA AI SENSI DELLA L.R. 10/10 E L.R. 35/15

ESERCENTE:

Società Apuana Marmi S.r.l.

TITOLO:

**STUDIO DI STABILITA' PER
INTERFERENZA LAVORAZIONI
CON CRINALE DA TUTELARE**

IL TECNICO:

Dott. Ing. Massimo Gardenato
ingegnere minerario



TAV.:

DATA:

DICEMBRE 2025

FILE:
RelTec_25



via G.Pascoli, 44 55032 Castelnuovo Garf.na (LU) - via di Turigliano, 24a 54033 Carrara (MS)
Tel. 0585 093077 e e-mail: studio@rocnets.net

STUDIO DI STABILITÀ PER INTERFERENZA LAVORAZIONI CON CRINALE DA TUTELARE

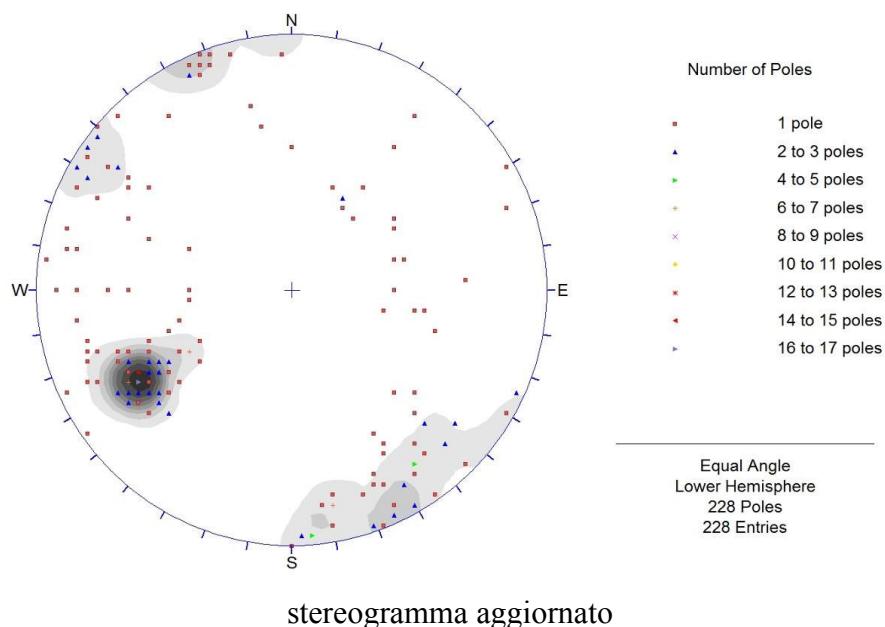
Premessa

La presente relazione tecnica è stata commissionata allo scrivente dalla Società Apuana Marmi s.r.l., al fine di rispondere alle richieste pervenute in data 04/12/2025 riguardanti il piano di coltivazione della cava “Val Bona” n° 94 situata nel bacino estrattivo di Miseglia Fantiscritti

Aggiornamento strutturale

Di seguito si riporteranno tutte le caratteristiche riguardanti l'ammasso roccioso ed i risultati dell'analisi di stabilità condotta per l'area di studio in oggetto e redatta per il piano di coltivazione vigente. Per l'occasione è stato unicamente eseguito il controllo dei rilievi strutturali eseguiti nel passato in quanto l'area in cui si stanno svolgendo le operazioni di coltivazione è alquanto sana e poco fratturata. Nell'area si riscontrano unicamente le fratture principali di tipo K4 e sporadici ma persistenti esemplari di discontinuità di tipo K3.

Si riportano ora lo stereogramma polare complessivo delle discontinuità individuate nell'ultimo aggiornamento strutturale e quello svolto per l'occasione.





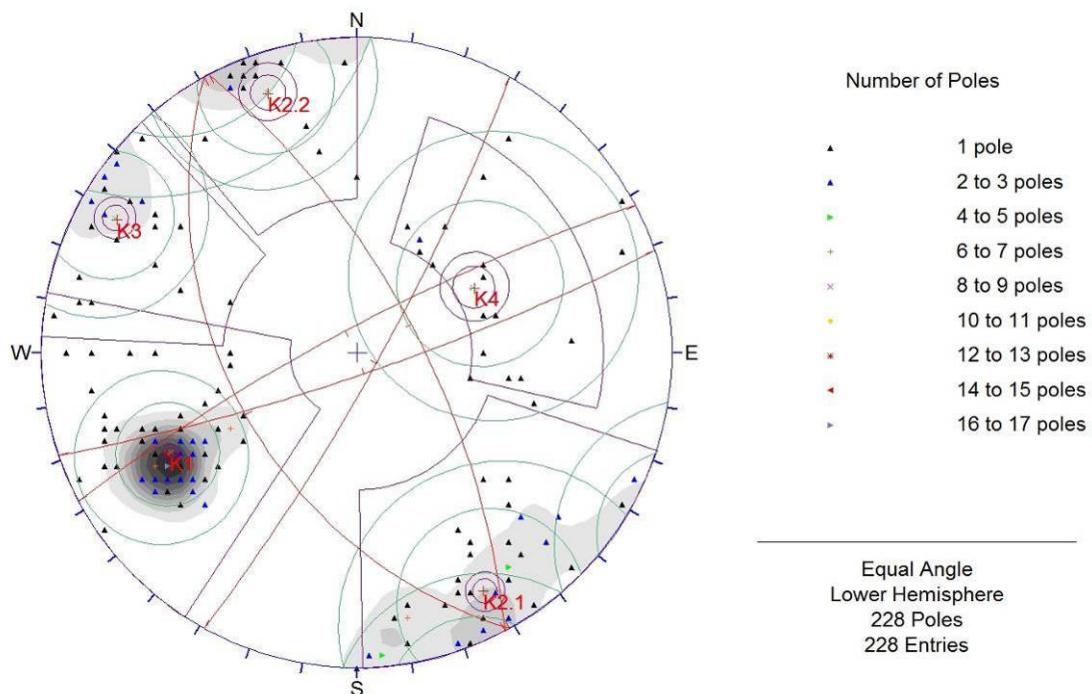
Caratteristiche di fratturazione

Si riportano di seguito i valori medi di immersione ed inclinazione determinati con il presente aggiornamento.

Raggruppamento medio	Imm. media	Inclin. media	Limite variabilità (2σ)
K1	62°	68°	21.24
K2.1	329°	80°	31.75
K2.2	161°	82°	22.91
K3	119°	82°	21.46
K4	234°	47°	41.56

Nella quarta colonna si riporta il limite di variabilità calcolato per $\sigma=95.44\%$ (si veda il tabulato riportato successivamente alle figure in cui sono riassunte tutte le caratteristiche dei raggruppamenti medi come evidenziati dal “Dips Document Information” del programma DIPS[®]). Il programma utilizzato per il trattamento e lo studio dei dati strutturali raccolti in campagna (DIPS[®] di Rocscience Inc. Canada) permette di visualizzare mediante rappresentazioni stereografiche la distribuzione della densità dei poli dei piani medi, i raggruppamenti medi individuati, e tutte le informazioni strutturali di ausilio all’analisi.

Nelle figure delle pagine seguenti si riportano, mediante rappresentazioni stereografiche, la distribuzione della densità dei poli dei piani di frattura complessivamente rilevati in tutta l’area, nonché le ciclografie ed i poli corrispondenti dei piani medi utilizzati per l’analisi di stabilità. In particolare si riporta di seguito alle suddette rappresentazioni il documento informativo (“Dips Document Information”) che riassume tutte le caratteristiche del rilievo ed i computi elaborati dal programma.



Stereogramma dei piani medi

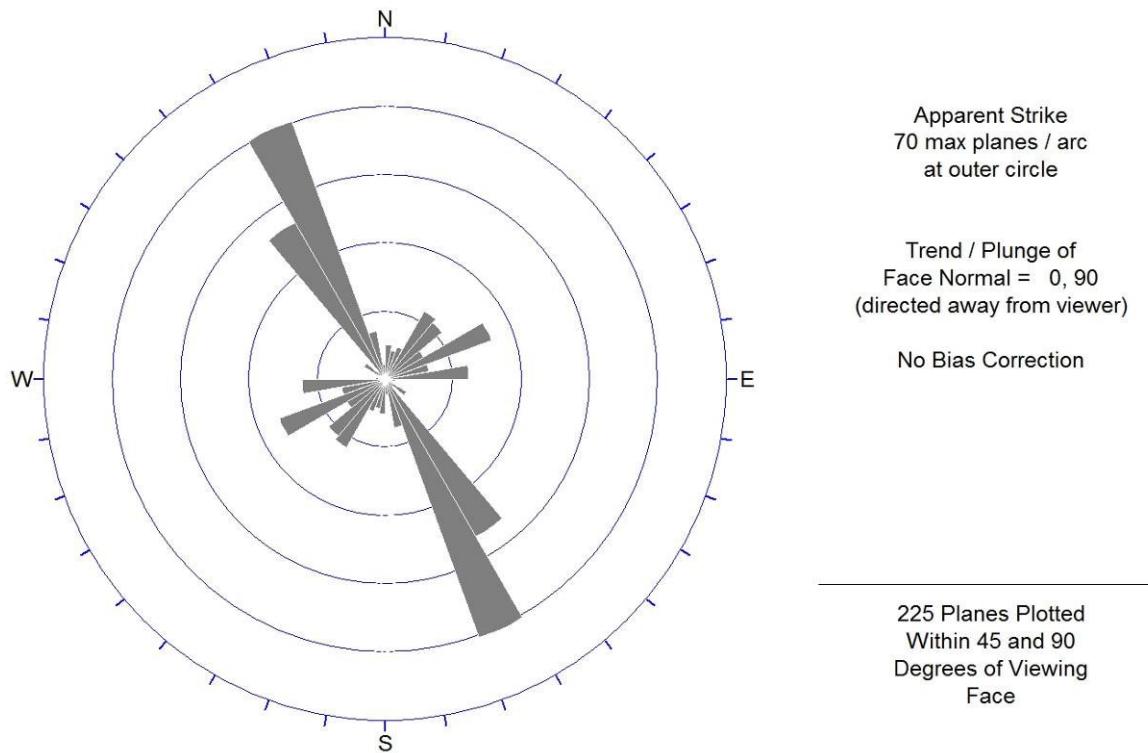


Diagramma a rosetta

Dips Document Information

Document Name:
Rilievo Cumulativo

Document Title:

Document Setup:

Traverses: 0
Data is DIP/DIPDIRECTION format
Magnetic Declination (E pos): 0 degrees
Multiple Data Flag (Quantity) is OFF
1 Extra Data Columns
228 Poles from 228 Entries

Global Mean Vector:

Unweighted TREND/PLUNGE = 228.512/34.3092
Unweighted DIP/DIPDIRECTION = 55.6908/48.5116

Set Planes (via Add Set Options):

ID	TREND/PLUNGE	DIP/DIPDIRECTION	LABEL
1m	241.824/22.4831	67.5169/61.8243	K1
2m	151.779/8.83038	81.1696/331.779	K2 1
3m	341.13/7.89893	82.1011/161.13	K2 2
4m	299.203/7.56577	82.4342/119.203	K3
5m	60.5328/44.1176	45.8824/240.533	K4

Set Statistics

Set: 1m (UNWEIGHTED)
106 Poles from 106 Entries
Fisher's K = 45.4707



68.26% Variability Limit = 12.8998 degrees
95.44% Variability Limit = 21.2368 degrees
99.74% Variability Limit = 29.6461 degrees
68.26% Confidence Limit = 1.26417 degrees
95.44% Confidence Limit = 2.07374 degrees
99.74% Confidence Limit = 2.87931 degrees

Set: 2m (UNWEIGHTED)

60 Poles from 60 Entries
Fisher's K = 20.635
68.26% Variability Limit = 19.1983 degrees
95.44% Variability Limit = 31.7494 degrees
99.74% Variability Limit = 44.6392 degrees
68.26% Confidence Limit = 2.52809 degrees
95.44% Confidence Limit = 4.1475 degrees
99.74% Confidence Limit = 5.75952 degrees

Set: 3m (UNWEIGHTED)

15 Poles from 15 Entries
Fisher's K = 39.1335
68.26% Variability Limit = 13.9099 degrees
95.44% Variability Limit = 22.9134 degrees
99.74% Variability Limit = 32.0162 degrees
68.26% Confidence Limit = 3.62682 degrees
95.44% Confidence Limit = 5.9509 degrees
99.74% Confidence Limit = 8.26565 degrees

Set: 4m (UNWEIGHTED)

25 Poles from 25 Entries
Fisher's K = 44.5099
68.26% Variability Limit = 13.0389 degrees
95.44% Variability Limit = 21.4675 degrees
99.74% Variability Limit = 29.9718 degrees
68.26% Confidence Limit = 2.63091 degrees
95.44% Confidence Limit = 4.31623 degrees
99.74% Confidence Limit = 5.99394 degrees

Set: 5m (UNWEIGHTED)

16 Poles from 16 Entries
Fisher's K = 12.2669
68.26% Variability Limit = 24.981 degrees
95.44% Variability Limit = 41.5585 degrees
99.74% Variability Limit = 59.0177 degrees
68.26% Confidence Limit = 6.45055 degrees
95.44% Confidence Limit = 10.5906 degrees
99.74% Confidence Limit = 14.7235 degrees

Set Window Limits

ID	TREND1/PLUNGE1	TREND2/PLUNGE2	WRAPPED
1	213/66	281/0	NO
2	108/43	179/0	NO
3	320/0	360/38	NO
4	273/44	317/0	NO
5	17/50	103/14	NO

Caratterizzazione geomeccanica dell'ammasso roccioso e delle discontinuità

Per quanto riguarda le caratteristiche del materiale roccioso, la classificazione geomeccanica, i criteri di resistenza e le caratteristiche di resistenza delle discontinuità, considerato che



l'introduzione dei nuovi dati non ha alterato i dati giaciturali delle famiglie medie di discontinuità, si rimanda alle conclusioni relative allo studio allegato al piano di coltivazione autorizzato ed a cui il presente aggiornamento annuale si riferisce. Si riporta nel seguito la tabella riassuntiva delle caratteristiche medie di resistenza delle discontinuità.

Caratteristiche di resistenza discontinuità cava “Val Bona n° 94”

	IMM.	INCL.	σ	2σ	c (MPa)	ϕ_p (°)
K1 ($\sigma_n = 0.001 \div 0.398$)	62°	68°	12.67	20.86	0.000012 \div 0.22	34 \div 45
K2.1 ($\sigma_n = 0.001 \div 0.182$)	329°	80°	17.17	28.35	0.000022 \div 0.013	36 \div 45
K2.2 ($\sigma_n = 0.001 \div 0.065$)	161°	82°	13.90	22.91	0.000010 \div 0.004	35 \div 45
K3 ($\sigma_n = 0.001 \div 0.065$)	119°	82°	13.03	21.46	0.000010 \div 0.004	35 \div 45
K4 ($\sigma_n = 0.001 \div 2.808$)	234°	47°	24.20	40.22	0.000022 \div 0.172	33 \div 45

Analisi di stabilità dell'ammasso roccioso

Possibilità cinematiche fronti di coltivazione

Come emerso dai paragrafi precedenti non sono state riscontrate sostanziali differenze sia nei dati di orientazione sia nelle caratteristiche delle famiglie medie.

La realizzazione del primo sbasso è stata realizzata conformemente al progetto e quindi impostando i futuri fronti residuali con la medesima orientazione di quelli di progetto.

Direzione media dei fronti utilizzate nell'analisi di stabilità probabilistica che nel range di +/- 10° racchiudono le direzioni medie di tutti i fonti a cielo aperto di progetto:

- a) F6 90°/89°
- b) F7 180°/89°
- c) Dir. N° 180 sotterraneo di progetto

Nel seguito si riportano le tabelle riassuntive dei cinematici di scivolamento relative alle direzioni di analisi sopra riportate.



Prismi - Combinazioni a tre a tre			
n°	Combinazione	F6 (imm. 90°)	F7 (imm. 180°)
1	K1 - K2.1 - K2.2	Scivola su K1	Scivola su K2.2
2	K1 - K2.1 - K3	Scivola su K1 - K3 (49°/67°)	Stabile
3	K1 - K2.1 - K4	Scivola su K1	Scivola su K4
4	K1 - K2.2 - K3	Scivola su K3	Scivola su K2.2 - K3 (140°/81°)
5	K1 - K2.2 - K4	Scivola su K1 - K2.2 (89°/66°)	Scivola su K2.2
6	K1 - K3 - K4	Scivola su K1	Scivola su K3 - K4 (202°/42°)
7	K2.1 - K2.2 - K3	Scivola su K3	Scivola su K2.2
8	K2.1 - K2.2 - K4	Stabile	Scivola su K2.2 - K4 (242°/47°)
9	K2.1 - K3 - K4	Scivola su K2.1 - K3 (42°/59°)	Scivola su K4
10	K2.2 - K3 - K4	Scivola su K3	Scivola su K2.2

Cunei - Combinazioni a due a due			
n°	Combinazione	F6 (imm. 90°)	F7 (imm. 180°)
1	K1 - K2.1	Scivola su K1	Non si forma
2	K1 - K2.2	Scivola su K1 - K2.2 (89°/66°)	Non si forma
3	K1 - K3	Scivola su K1	Non si forma
4	K1 - K4	Scivola su K1 - K4 (150°/5°)	Scivola su K1 - K4 (150°/5°)
5	K2.1 - K2.2	Non si forma	Scivola su K2.1 - K2.2 (246°/33°)
6	K2.1 - K3	Scivola su K2.1 - K3 (42°/59°)	Non si forma
7	K2.1 - K4	Non si forma	Scivola su K4
8	K2.2 - K3	Scivola su K2.2	Scivola su K2.2
9	K2.2 - K4	Non si forma	Scivola su K2.2
10	K3 - K4	Non si forma	Scivola su K3 - K4 (202°/42°)

Combinazioni a due a due (cunei) e a tre a tre per le direzioni medie dei fronti a cielo aperto della cava Valbona

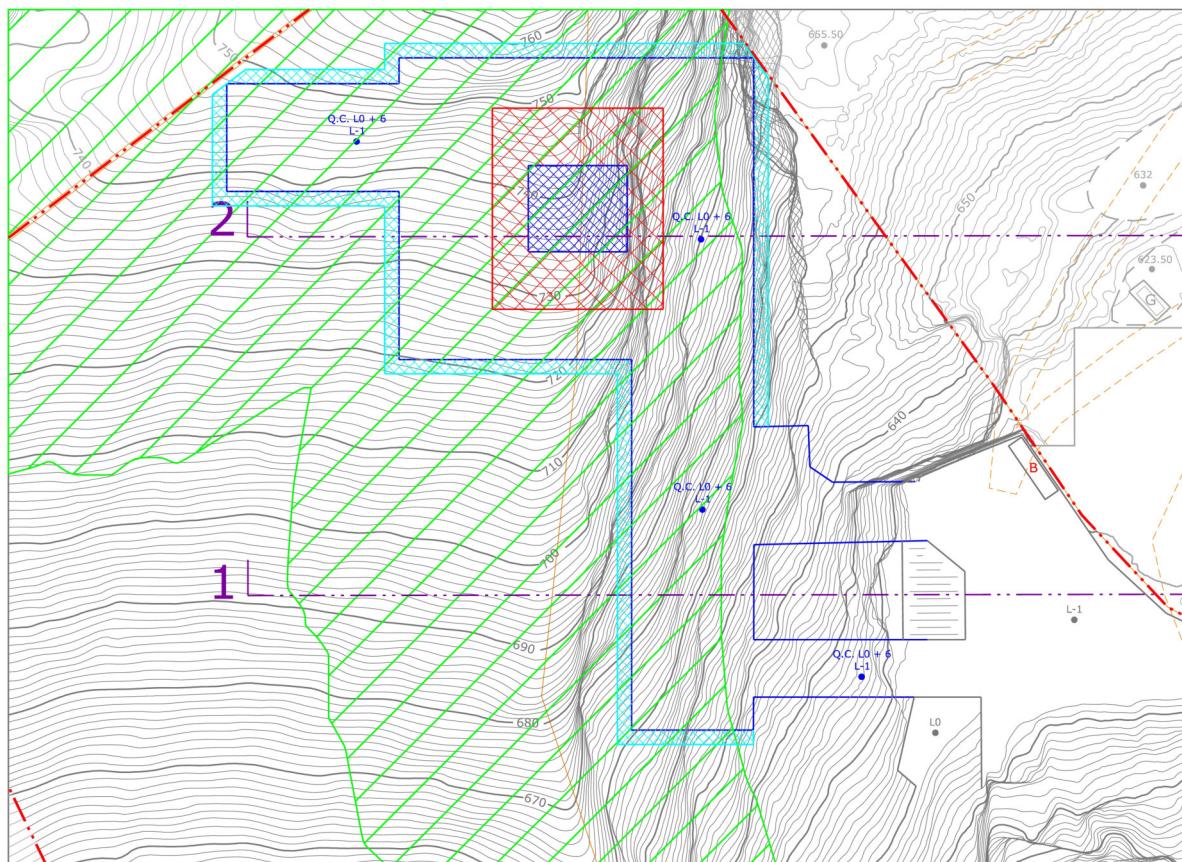
Tabelle sotterraneo direzione N° 180					
n°	Combinazione	Fa (imm. 90°)	Fb (imm. 270°)	Fc (imm. 180°)	Fd (imm. 360°)
1	K1 - K2.1 - K2.2	Scivola su K1	Scivola su K2.1 - K2.2 (246°/33°)	Scivola su K2.2	Scivola su K1 - K2.1 (36°/66°)
2	K1 - K2.1 - K3	Scivola su K1 - K3 (49°/67°)	Stabile	Stabile	Scivola su K1 - K3 (49°/67°)
3	K1 - K2.1 - K4	Scivola su K1	Scivola su K2.1 - K4 (249°/46°)	Scivola su K4	Scivola su K1 - K2.1 (36°/66°)
4	K1 - K2.2 - K3	Scivola su K3	Stabile	Scivola su K2.2 - K3 (140°/81°)	Scivola su K1 - K3 (49°/67°)
5	K1 - K2.2 - K4	Scivola su K1 - K2.2 (89°/66°)	Scivola su K2.2 - K4 (242°/47°)	Scivola su K2.2	Stabile
6	K1 - K3 - K4	Scivola su K1	Scivola su K4	Scivola su K3 - K4 (202°/42°)	Scivola su K1 - K3 (49°/67°)
7	K2.1 - K2.2 - K3	Scivola su K3	Scivola su K2.1 - K2.2 (246°/33°)	Scivola su K2.2	Scivola su K2.1 - K3 (42°/59°)
8	K2.1 - K2.2 - K4	Stabile	Scivola su K2.2 - K4 (242°/47°)	Scivola su K2.2 - K4 (242°/47°)	Stabile
9	K2.1 - K3 - K4	Scivola su K2.1 - K3 (42°/59°)	Scivola su K4	Scivola su K4	Scivola su K1 - K3 (49°/67°)
10	K2.2 - K3 - K4	Scivola su K3	Scivola su K4	Scivola su K2.2	Stabile

Cinematismi di scivolamento per la direzione media di analisi del sotterraneo cava Valbona B

Analisi di stabilità crinale

Nell'immagine seguente si riporta la sovrapposizione tra il progetto in esame e i limiti del "Crinale e vette da tutelare" ai sensi dell'art. 8 c.7 lettera c) delle NTA del PABE.

Si riportano anche le sezioni 1-1 e 2-2 di progetto per evidenziare come le aree da tutelare (tratto di galleria della sezione 1-1 già autorizzata e tratto della galleria della sezione 2-2 da autorizzare) si trovino da un minimo di ca. 45 m (galleria già autorizzata) ad un massimo di 125 m al di sopra del tetto del sotterraneo.



Sovrapposizione tra il progetto in esame e il limite del crinale

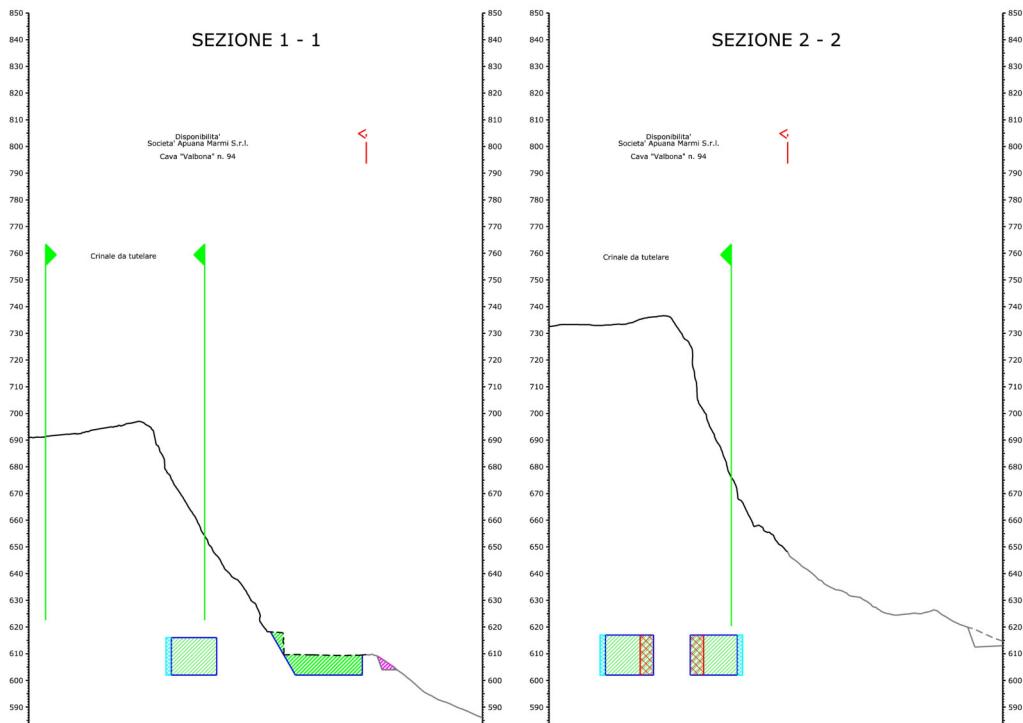
Come detto le fratture principali dell'area sono le discontinuità K4 sono a reggipoggio (orientate come il calcare selcifero) rispetto alla direzione di avanzamento del sotterraneo.

Tali fratture sono a reggipoggio anche rispetto a tutta la superficie esterna dell'ammasso roccioso soprastante l'area di ingresso al sotterraneo e quindi caratterizzano anche l'interno



crinale. Pertanto anche gli eventuali gradi di libertà che le superfici di taglio del sotterraneo possano generare rispetto a tali fratture sono a favore di stabilità.

Tutto questo, unito alla marcata profondità del sotterraneo da autorizzare rispetto all'esterno consente di affermare come le escavazioni non possano avere alcun tipo di influenza rispetto al crinale stesso.



Sezioni 1-1 e 2-2.

Carrara, Dicembre 2025

Il Tecnico
Dott. Ing. Massimo Gardenato