

COMUNE DI CARRARA

PROVINCIA DI MASSA CARRARA

PIANO DI COLTIVAZIONE DELLA CAVA DENOMINATA "MONTE ZUCCONO O BENEIO" N. 1001 E INTERVENTI DI BONIFICA E MESSA IN SICUREZZA



Redatta ai sensi della L.R. 35/15 e L.R 10/10

ESERCENTE:

SOCIETA' APUANA MARMI s.r.l.

TITOLO:

**RELAZIONE GEOMECCANICA
DI STABILITA'**

ILTECNICO:

Dott. Ing. Massimo Gardenato
ingegnere minerario



TAV.:

DATA:
GIUGNO 2022

FILE:
RelStabiilita.doc



via G. Pascoli, 44 55032 Castelnuovo Garf. - via Di Turigliano, 24a 54033 Carrara (MS)
Tel. 0585 093077 e fax 0585 842512 e-mail: studio@rocnnet.net



RELAZIONE GEOMECCANICA DI STABILITA'

Premessa

La presente relazione tecnica è stata redatta dallo scrivente su incarico della Società Apuana Marmi s.r.l. a corredo del piano di coltivazione e interventi di bonifica e messa in sicurezza del Monte Zuccone o Beneo redatto ai sensi della L.R. 10/10 e L.R. 35/15.

La presente relazione, si deve intendere quale logica prosecuzione dell'ultimo aggiornamento di stabilità della cava e sulla scorta dell'analisi di stabilità redatte a corredo dei piani di coltivazione delle cave sottostanti per le quali si rende necessaria la bonifica.

Rilievo strutturale e caratteristiche di fratturazione.

Per l'occasione è stata eseguito il controllo e la verifica dei rilievi strutturali già effettuati in passato e finalizzati all'aggiornamento dello stato di fratturazione complessivo dell'area. Inoltre, come già fatto in occasione del rilievo strutturale condotto per il nuovo piano di coltivazione, si utilizzeranno i dati dei rilievi eseguiti nel corso degli anni a cavallo della fascia finimentosa, o piano di faglia, già in passato denominata come Fo. Già in passato era stato evidenziato come le due aree ad E ed ad W della faglia possano essere suddivise.

L'area allo studio è quella della porzione ad E della faglia dove ricade l'area di cava Gioia Piastrone n° 173. Tale cava costituisce gran parte dell'area allo studio e pertanto ai dati strutturali in possesso sono stati inglobati altri rilievi strutturali delle aree limitrofe. Al fine di aggiornare ulteriormente il rilievo strutturale della porzione E si è dunque esteso il rilievo strutturale alla grande scala anche alle porzioni della cava Cima di Gioia n° 168, Venedretta n° 167 e del Monte Zuccone o Beneo e alle cave Piastrone I, Piastrone III e Rava del Comune di Massa. Come detto sopra data l'ampia area allo studio i rilievi hanno riguardato unicamente le fratture principali a maggiore persistenza e che interessano più di una bancata. Lo stereogramma complessivo è dunque composto dal rilievo strutturale della cava Gioia Piastrone alla quale sono stati dunque aggiunti i rilievi strutturali condotti in passato dallo

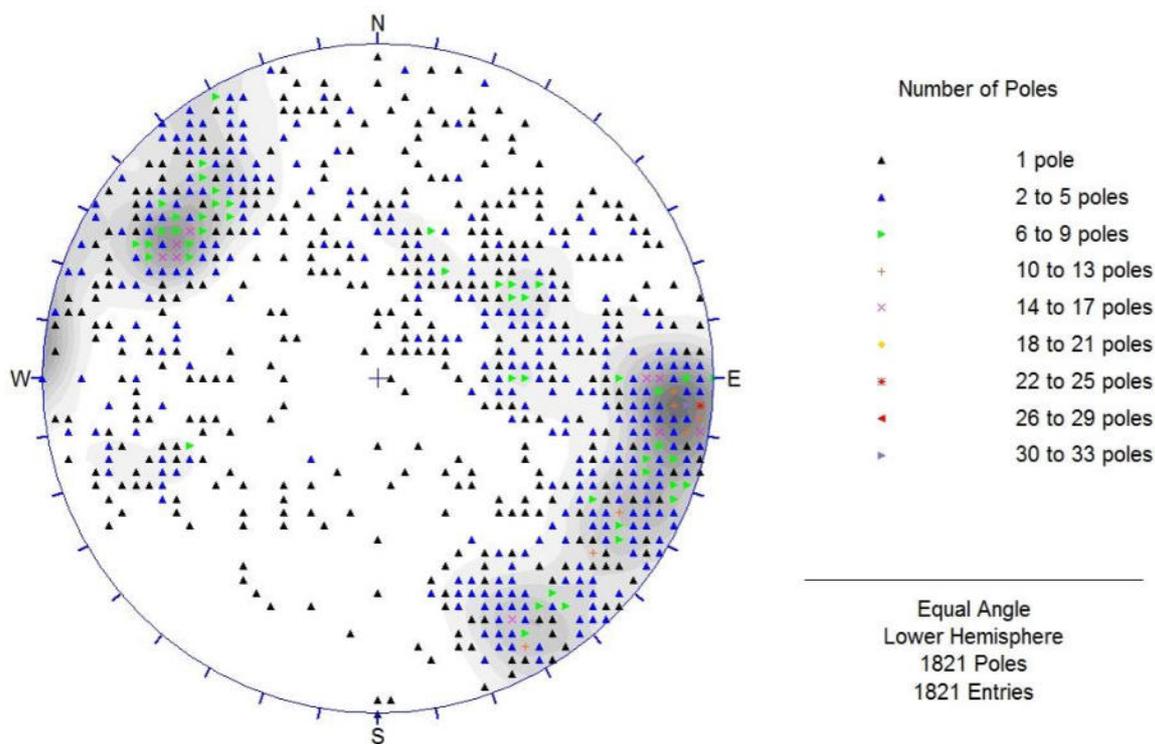


scrivente presso tutte le cave menzionate (cava Rava, cava Piastrone III, cava Piastrone I, cava Cima di Gioia n° 168 e cava Venedretta n°167).

I dati ricavati sono stati analizzati statisticamente per ricavare i parametri tipici delle caratteristiche strutturali dell'ammasso roccioso:

- numero di famiglie
- spaziatura
- persistenza
- apertura
- caratteristiche superficiali

Nella figura seguente si riportano, mediante rappresentazioni stereografiche, la distribuzione della densità dei poli dei piani di frattura dell'aggiornamento cumulativo descritto sopra.



Stereogramma cumulativo

Come si osserva la dispersione dei poli e dei piani di frattura principali è sostanzialmente inalterata rispetto al passato.



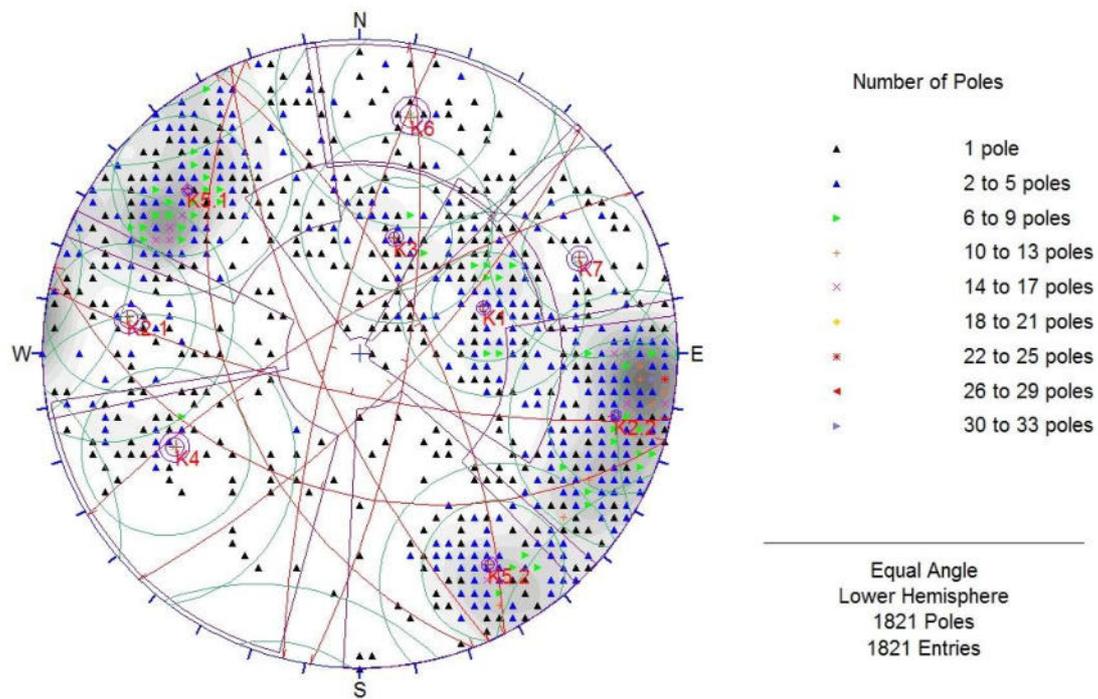
Caratteristiche di fratturazione

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

<i>Raggruppamento medio</i>	<i>Immersione media</i>	<i>Inclinazione media</i>	<i>Limite variabilità (2σ)</i>
K1	250°	45°	27.20
K2.1	99°	74°	29.09
K2.2	284°	79°	26.41
K3	196°	43°	28.66
K4	64°	68°	31.02
K5.1	134°	74°	26.20
K5.2	328°	78°	23.95
K6	192°	75°	29.85
K7	246°	74°	23.65

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.

Nella 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

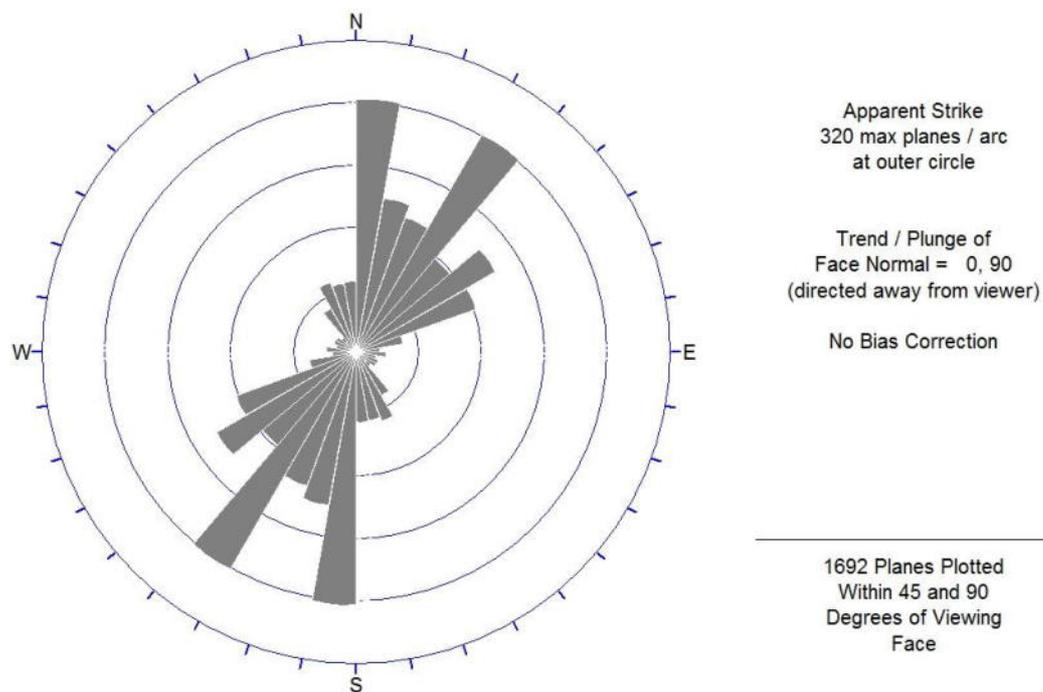


Diagramma a rosetta



Dips Document Information

Document Name:

GioiaLatoE-2021.dip

Document Title:

Cave "Gioia" - Carrara/Massa
Rilievo strutturale aggiornamento 2021

Document Setup:

Traverses: 0
Data is DIP/DIPDIRECTION format
14 Extra Data Columns
1678 Poles from 1678 Entries

Global Mean Vector:

Unweighted TREND/PLUNGE = 70.2035/48.6998
Unweighted DIP/DIPDIRECTION = 41.3002/250.203

Set Planes (via Add Set Options):

ID	TREND/PLUNGE	DIP/DIPDIRECTION	LABEL
1m	69.515/44.6124	45.3876/249.515	K1
2m	278.917/16.3436	73.6564/98.9172	K2 1
3m	103.684/10.6598	79.3402/283.684	K2 2
4m	16.0517/46.8351	43.1649/196.052	K3
5m	244.437/22.282	67.718/64.4373	K4
6m	313.786/16.233	73.767/133.786	K5 1
7m	147.946/11.8873	78.1127/327.946	K5 2
8m	12.0432/14.7255	75.2745/192.043	K6
9m	66.3992/15.789	74.211/246.399	K7

Set Statistics

Set: 1m (UNWEIGHTED)

166 Poles from 166 Entries
Fisher's K = 27.9073
68.26% Variability Limit = 16.4882 degrees
95.44% Variability Limit = 27.2079 degrees
99.74% Variability Limit = 38.1206 degrees
68.26% Confidence Limit = 1.29868 degrees
95.44% Confidence Limit = 2.13036 degrees
99.74% Confidence Limit = 2.95794 degrees

Set: 2m (UNWEIGHTED)

60 Poles from 60 Entries
Fisher's K = 24.4665
68.26% Variability Limit = 17.6181 degrees
95.44% Variability Limit = 29.0976 degrees
99.74% Variability Limit = 40.8243 degrees
68.26% Confidence Limit = 2.31264 degrees
95.44% Confidence Limit = 3.79395 degrees
99.74% Confidence Limit = 5.26839 degrees

Set: 3m (UNWEIGHTED)

580 Poles from 580 Entries
Fisher's K = 29.5809
68.26% Variability Limit = 16.0118 degrees
95.44% Variability Limit = 26.4127 degrees
99.74% Variability Limit = 36.9862 degrees
68.26% Confidence Limit = 0.67417 degrees
95.44% Confidence Limit = 1.10588 degrees
99.74% Confidence Limit = 1.53542 degrees

Set: 4m (UNWEIGHTED)

104 Poles from 104 Entries
Fisher's K = 25.1958
68.26% Variability Limit = 17.3592 degrees
95.44% Variability Limit = 28.6643 degrees
99.74% Variability Limit = 40.2032 degrees
68.26% Confidence Limit = 1.73012 degrees



95.44% Confidence Limit = 2.83817 degrees
 99.74% Confidence Limit = 3.94086 degrees

Set: 5m (UNWEIGHTED)

76 Poles from 76 Entries
 Fisher's K = 21.5836
 68.26% Variability Limit = 18.7678 degrees
 95.44% Variability Limit = 31.0258 degrees
 99.74% Variability Limit = 43.5957 degrees
 68.26% Confidence Limit = 2.19408 degrees
 95.44% Confidence Limit = 3.5994 degrees
 99.74% Confidence Limit = 4.99815 degrees

Set: 6m (UNWEIGHTED)

407 Poles from 407 Entries
 Fisher's K = 30.0515
 68.26% Variability Limit = 15.8851 degrees
 95.44% Variability Limit = 26.2013 degrees
 99.74% Variability Limit = 36.685 degrees
 68.26% Confidence Limit = 0.798243 degrees
 95.44% Confidence Limit = 1.30941 degrees
 99.74% Confidence Limit = 1.81801 degrees

Set: 7m (UNWEIGHTED)

167 Poles from 167 Entries
 Fisher's K = 35.8389
 68.26% Variability Limit = 14.5385 degrees
 95.44% Variability Limit = 23.9584 degrees
 99.74% Variability Limit = 33.4968 degrees
 68.26% Confidence Limit = 1.13792 degrees
 95.44% Confidence Limit = 1.86663 degrees
 99.74% Confidence Limit = 2.59172 degrees

Set: 8m (UNWEIGHTED)

50 Poles from 50 Entries
 Fisher's K = 23.2634
 68.26% Variability Limit = 18.0716 degrees
 95.44% Variability Limit = 29.8576 degrees
 99.74% Variability Limit = 41.915 degrees
 68.26% Confidence Limit = 2.60072 degrees
 95.44% Confidence Limit = 4.26668 degrees
 99.74% Confidence Limit = 5.9251 degrees

Set: 9m (UNWEIGHTED)

64 Poles from 64 Entries
 Fisher's K = 36.7625
 68.26% Variability Limit = 14.3538 degrees
 95.44% Variability Limit = 23.6511 degrees
 99.74% Variability Limit = 33.0611 degrees
 68.26% Confidence Limit = 1.81406 degrees
 95.44% Confidence Limit = 2.97588 degrees
 99.74% Confidence Limit = 4.13213 degrees

Set Window Limits

ID	TREND1/PLUNGE1	TREND2/PLUNGE2	WRAPPED
1	29/25	123/86	NO
2	258/0	297/64	NO
3	80/0	137/40	NO
4	324/27	44/84	NO
5	195/60	261/1	NO
6	292/0	352/44	NO
7	132/0	183/70	NO
8	350/1	46/28	NO
9	43/0	83/29	NO



Di seguito si riporta la tabella riassuntiva delle caratteristiche medie delle fratture rilevate.

<i>Tabella riassuntiva caratteristiche medie delle fratture rilevate presso il complesso estrattivo di "Gioia" - Lato E</i>									
<u>Famiglia</u>	<u>Imm./Inc.</u>	<u>Apertura</u>	<u>Riempim.to</u>	<u>Persistenza</u>	<u>Spaziatura</u>	<u>Morf. G.S.</u>	<u>Morf. P. S.</u>	<u>JRC₀</u>	<u>Acqua</u>
K1	250°/45°	1 - 5 / > 5 mm	Assente	> 20 m	0.2 - 0.6 m	P	r	7.3	Dy
K2.1	99°/74°	> 5 mm	Assente	3 - 10 m	0.2 - 0.6 m	U	r	8.7	Dy
K2.2	284°/79°	0.1 - 1/ 1 - 5 mm	Assente	> 20 m	0.2 - 0.6 m	P - U	r	7.3	Dy
K3	196°/43°	1 - 5 mm	Assente	10 - 20 m	0.2 - 0.6 m	U	r	9.0	Dy
K4	64°/68°	0.1 - 1 mm	Ass. / Sf	3 - 10 m	0.2 - 0.6 m	U	r	7.5	Dy
K5.1	134°/74°	1 - 5 mm	Hf - Sf	> 20 m	0.2 - 0.6 m	P	r	7.0	Dy
K5.2	328°/78°	1 - 5 mm	Sf	> 20 m	0.2 - 0.6 m	P - U	r	7.8	Dy
K6	192°/75°	0.1 - 1 mm	Ass.	< 3 m	0.2 - 0.6 m	P - U	dr	7.6	Dy
K7	246°/74°	1 - 5 mm	Sf	> 20 m	0.2 - 0.6 m	P	r	5.3	Dy

Dai vari rilievi si sono ottenute informazioni relative a 1821 giunti che, come detto, è stato possibile suddividere in nove raggruppamenti medi di discontinuità.

In generale si osserva come la grande maggioranza delle discontinuità sia orientata in settori subparalleli alla faglia F0 ed al diaframma residuale (vedasi diagrammi a rosetta e carta delle fratture aggiornata per l'occasione).

In ogni caso tutta l'area allo studio è caratterizzata dalla predominante presenza delle discontinuità principali K2 e K5 presenti in entrambe le componenti antipodali. Tutte le altre discontinuità, sono caratterizzate da minore persistenza e minore rilevanza in termini quantitativi. Ai fini dell'analisi di stabilità di tipo probabilistico che si andrà a condurre nel seguito è comunque stato tenuto conto di tutte le discontinuità rilevate ai fini statistici pur se più rilevanti in alcune zone piuttosto che in altre. Ad esempio, giova sottolineare come le discontinuità di tipo K3 e K7 che pur non essendo state rilevate nel corso degli ultimi aggiornamenti strutturali, derivando unicamente dai rilievi passati presso la cava Piastrone I, sono comunque state tenute in conto al fine di una più completa caratterizzazione di bacino.

In ogni caso, come già emerso in passato, la faglia F0 rappresenta un elemento di distinzione strutturale, se non nel senso della identificazione delle famiglie, quanto meno nella loro significatività locale in termini di distribuzione relativa ed orientazione geometrica.



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 giacitureali 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 complesso estrattivo di Gioia

	IMM.	INCL.	σ	2σ	c (MPa)	ϕ_p (°)
.K1 ($\sigma_n = 0.009 \div 2.808$)	250°	45°	16.48	27.20	0.00049 \div 0.247	33 \div 45
K2.1 ($\sigma_n = 0.001 \div 0.182$)	99°	74°	17.61	29.09	0.000071 \div 0.024	39 \div 45
K2.2 ($\sigma_n = 0.001 \div 0.182$)	284°	79°	16.01	26.41	0.000058 \div 0.021	39 \div 45
K3 ($\sigma_n = 0.065 \div 2.808$)	196°	43°	17.35	28.66	0.0040 \div 0.145	33 \div 45
K4 ($\sigma_n = 0.001 \div 0.398$)	64°	68°	18.76	31.02	0.000058 \div 0.0042	37 \div 45
K5.1 ($\sigma_n = 0.001 \div 0.398$)	134°	74°	15.88	26.20	0.000053 \div 0.040	37 \div 45
K5.2 ($\sigma_n = 0.001 \div 0.182$)	328°	78°	14.53	23.95	0.000062 \div 0.022	39 \div 45
K6 ($\sigma_n = 0.001 \div 0.182$)	192°	75°	18.07	29.85	0.000062 \div 0.022	39 \div 45
K7 ($\sigma_n = 0.001 \div 0.182$)	246°	74°	14.35	23.65	0.000036 \div 0.016	37 \div 45

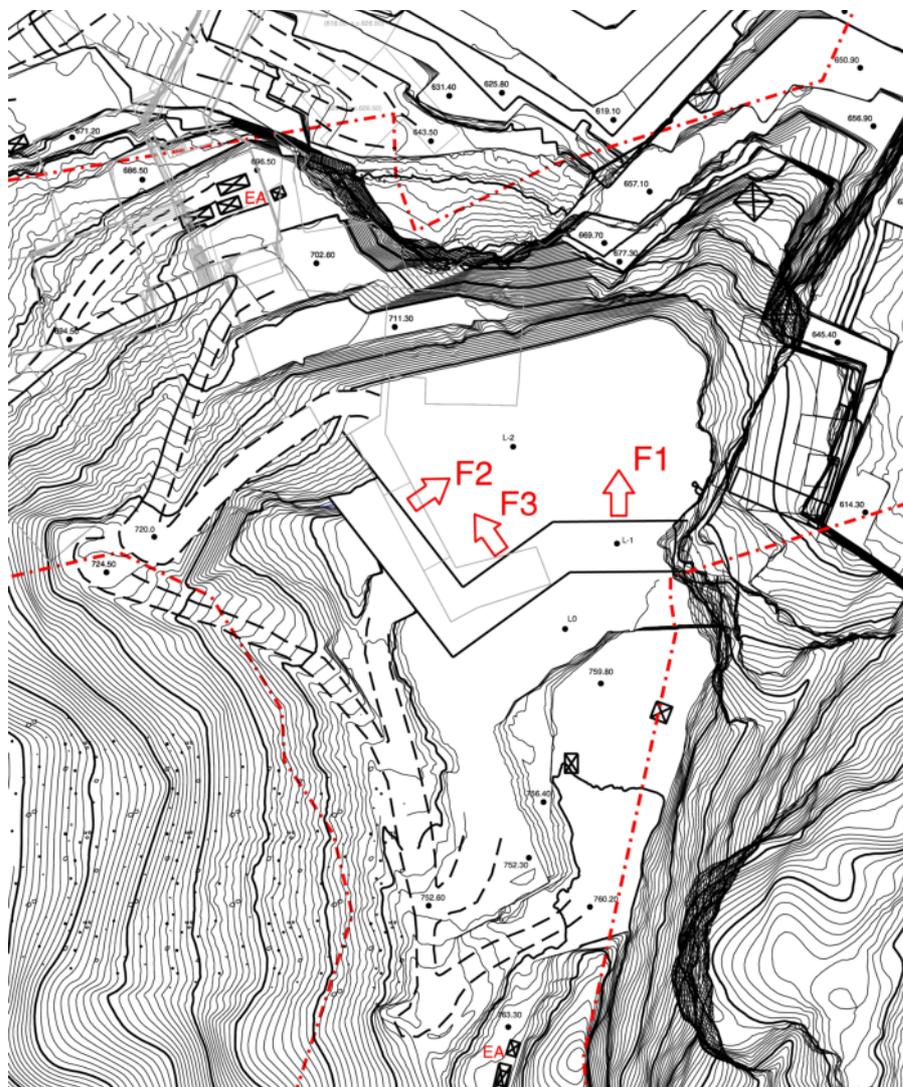


Analisi di stabilità

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. Non sono nemmeno mutati, rispetto al passato, le orientazioni dei fronti di avanzamento ovviamente ancora orientati come nella configurazione finale del progetto recentemente autorizzato.

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



Planimetria di progetto autorizzata con le direzioni medie dei fronti di progetto utilizzate per la determinazione dei cinematismi di scivolamento



n°	Combinazione	F1 (imm. 360°)	F2 (imm. 40°)	F3 (imm. 320°)
1	K1 - K2.1- K2.2	Scivola su K2.1 - K2.2 (12°/10°)	Scivola su K2.1 - K2.2 (12°/10°)	Scivola su K2.1 - K2.2 (12°/10°)
2	K1 - K2.1- K3	Stabile	Stabile	Stabile
3	K1 - K2.1- K4	Scivola su K2.1 - K4 (53°/68°)	Scivola su K2.1 - K4 (53°/68°)	Scivola su K1 - K4 (336°/4°)
4	K1 - K2.1- K5.1	Stabile	Scivola su K2.1 (99°/74°)	Stabile
5	K1 - K2.1- K5.2	Scivola su K2.1 - K5.2 (37°/59°)	Scivola su K2.1 - K5.2 (37°/59°)	Scivola su K5.2 (328°/78°)
6	K1 - K2.1- K6	Stabile	Stabile	Scivola su K1 - K6 (267°/44°)
7	K1 - K2.1- K7	Scivola su K1 - K7 (334°/6°)	Scivola su K1 - K7 (334°/6°)	Scivola su K1 - K4 (336°/4°)
8	K1 - K2.2- K3	Stabile	Stabile	Stabile
9	K1 - K2.2- K4	Scivola su K2.2. - K4 (1°/49°)	Scivola su K2.2. - K4 (1°/49°)	Scivola su K2.2 - K4 (1°/49°)
10	K1 - K2.2- K5.1	Stabile	Stabile	Stabile
11	K1 - K2.2- K5.2	Scivola su K5.2 (328°/78°)	Scivola su K5.2 (328°/78°)	Scivola su K2.2 - K5.2 (312°/78°)
12	K1 - K2.2- K6	Stabile	Stabile	Scivola su K2.2 (284°/79°)
13	K1 - K2.2- K7	Scivola su K1 - K7 (334°/6°)	Scivola su K1 - K7 (334°/6°)	Scivola su K2.2 (284°/79°)
14	K1 - K3- K4	Scivola su K1 - K4 (336°/4°)	Scivola su K1 - K4 (336°/4°)	Scivola su K1 - K4 (336°/4°)
15	K1 - K3- K5.1	Stabile	Stabile	Stabile
16	K1 - K3- K5.2	Stabile	Stabile	Scivola su K1 - K5.2 (250°/45°)
17	K1 - K3- K6	Scivola su K3 - K6 (281°/5°)	Stabile	Scivola su K1 - K6 (267°/44°)
18	K1 - K3- K7	Scivola su K1 - K7 (334°/6°)	Scivola su K1 - K7 (334°/6°)	Scivola su K1 - K7 (334°/6°)
19	K1 - K4- K5.1	Scivola su K4 (64°/68°)	Scivola su K4 (64°/68°)	Scivola su K1 - K4 (336°/4°)
20	K1 - K4- K5.2	Scivola su K4 - K5.2 (32°/64°)	Scivola su K4 - K5.2 (32°/64°)	Scivola su K5.2 (328°/78°)
21	K1 - K4- K6	Scivola su K1 - K4 (336°/4°)	Scivola su K4 (64°/68°)	Scivola su K1 - K6 (267°/44°)
22	K1 - K4- K7	Scivola su K1 - K7 (334°/6°)	Scivola su K1 - K7 (334°/6°)	Scivola su K1 - K7 (334°/6°)
23	K1 - K5.1- K5.2	Scivola su K5.1 - K5.2 (52°/26°)	Scivola su K5.1 - K5.2 (52°/26°)	Scivola su K1 - K5.2 (250°/45°)
24	K1 - K5.1- K6	Stabile	Stabile	Scivola su K1 - K6 (267°/44°)
25	K1 - K5.1- K7	Scivola su K1 - K7 (334°/6°)	Scivola su K1 - K7 (334°/6°)	Scivola su K1 - K7 (334°/6°)
26	K1 - K5.2- K6	Stabile	Stabile	Scivola su K5.2 - K6 (257°/57°)
27	K1 - K5.2 - K7	Scivola su K5.2 (328°/78°)	Scivola su K1 - K7 (334°/6°)	Scivola su K5.2 - K7 (277°/71°)
28	K1 - K6 - K7	Scivola su K1 - K7 (334°/6°)	Scivola su K1 - K7 (334°/6°)	Scivola su K7 (246°/74°)
29	K2.1 - K2.2- K3	Scivola su K2.1 - K2.2 (12°/10°)	Scivola su K2.1 - K2.2 (12°/10°)	Scivola su K2.1 - K2.2 (12°/10°)
30	K2.1 - K2.2- K4	Scivola su K2.1 - K4 (53°/68°)	Scivola su K2.1 - K4 (53°/68°)	Scivola su K2.2 - K4 (1°/49°)
31	K2.1 - K2.2- K5.1	Scivola su K2.1 - K2.2 (12°/10°)	Scivola su K2.1 (99°/74°)	Scivola su K2.1 - K2.2 (12°/10°)
32	K2.1 - K2.2- K5.2	Scivola su K5.2 (328°/78°)	Stabile	Scivola su K5.2 (328°/78°)
33	K2.1 - K2.2- K6	Scivola su K2.1 - K2.2 (12°/10°)	Scivola su K2.1 - K2.2 (12°/10°)	Scivola su K2.2 (284°/79°)
34	K2.1 - K2.2- K7	Scivola su K2.1 - K2.2 (12°/10°)	Scivola su K2.1 - K2.2 (12°/10°)	Scivola su K2.2 (284°/79°)
35	K2.1 - K3- K4	Scivola su K2.1 - K4 (53°/68°)	Scivola su K2.1 - K3 (175°/41°)	Stabile
36	K2.1 - K3- K5.1	Stabile	Scivola su K2.1 (99°/74°)	Stabile
37	K2.1 - K3- K5.2	Scivola su K2.1 - K5.2 (37°/59°)	Scivola su K2.1 - K5.2 (37°/59°)	Scivola su K5.2 (328°/78°)
38	K2.1 - K3- K6	Scivola su K3 - K6 (281°/5°)	Stabile	Scivola su K3 - K6 (281°/5°)
39	K2.1 - K3- K7	Stabile	Stabile	Stabile
40	K2.1 - K4- K5.1	Scivola su K4 (64°/68°)	Scivola su K2.1 (99°/74°)	Stabile
41	K2.1 - K4- K5.2	Scivola su K2.1 - K4 (53°/68°)	Stabile	Scivola su K4 - K5.2 (32°/64°)
42	K2.1 - K4- K6	Scivola su K2.1 - K4 (53°/68°)	Scivola su K4 (64°/68°)	Stabile

Nella tabella sono indicati tutti i possibili cinematismi di scivolamento per ciascuna delle possibili combinazioni a tre a tre delle famiglie di discontinuità per le combinazioni da 1 a 42.



n°	Combinazione	F1 (imm. 360°)	F2 (imm. 40°)	F3 (imm. 320°)
43	K2.1 - K4- K7	Scivola su K2.1 - K4 (53°/68°)	Scivola su K2.1 - K4 (53°/68°)	Scivola su K4 - K7 (335°/3°)
44	K2.1 - K5.1- K5.2	Scivola su K2.1 - K5.2 (37°/59°)	Scivola su K2.1 (99°/74°)	Scivola su K5.2 (328°/78°)
45	K2.1 - K5.1- K6	Stabile	Scivola su K2.1 (99°/74°)	Stabile
46	K2.1 - K5.1 - K7	Stabile	Scivola su K2.1 (99°/74°)	Stabile
47	K2.1 - K5.2- K6	Scivola su K2.1 - K5.2 (37°/59°)	Scivola su K2.1 - K5.2 (37°/59°)	Scivola su K5.2 (328°/78°)
48	K2.1 - K5.2 - K7	Scivola su K5.2 (328°/78°)	Scivola su K2.1 - K5.2 (37°/59°)	Scivola su K5.2 (328°/78°)
49	K2.1 - K6 - K7	Stabile	Stabile	Scivola su K7 (246°/74°)
50	K2.2 - K3- K4	Scivola su K2.2 - K4 (1°/49°)	Scivola su K2.2 - K4 (1°/49°)	Scivola su K2.2 - K4 (1°/49°)
51	K2.2 - K3- K5.1	Stabile	Stabile	Stabile
52	K2.2 - K3- K5.2	Scivola su K5.2 (328°/78°)	Scivola su K5.2 (328°/78°)	Scivola su K2.2 - K5.2 (312°/78°)
53	K2.2 - K3- K6	Scivola su K3 - K6 (281°/5°)	Stabile	Scivola su K2.2 (284°/79°)
54	K2.2 - K3- K7	Stabile	Stabile	Scivola su K2.2 (284°/79°)
55	K2.2 - K4- K5.1	Scivola su K4 (64°/68°)	Scivola su K4 (64°/68°)	Scivola su K2.2 - K4 (1°/49°)
56	K2.2 - K4- K5.2	Scivola su K5.2 (328°/78°)	Stabile	Scivola su K5.2 (328°/78°)
57	K2.2 - K4- K6	Scivola su K2.2 - K4 (1°/49°)	Scivola su K4 (64°/68°)	Scivola su K2.2 (284°/79°)
58	K2.2 - K4- K7	Scivola su K2.2 - K4 (1°/49°)	Scivola su K2.2 - K4 (1°/49°)	Scivola su K2.2 (284°/79°)
59	K2.2 - K5.1- K5.2	Scivola su K5.2 (328°/78°)	Scivola su K5.2 (328°/78°)	Scivola su K2.2 - K5.2 (312°/78°)
60	K2.2 - K5.1- K6	Stabile	Stabile	Scivola su K2.2 (284°/79°)
61	K2.2 - K5.1 - K7	Stabile	Stabile	Scivola su K2.2 (284°/79°)
62	K2.2 - K5.2- K6	Scivola su K5.2 (328°/78°)	Scivola su K5.2 (328°/78°)	Scivola su K2.2 (284°/79°)
63	K2.2 - K5.2 - K7	Scivola su K2.2 - K5.2 (312°/78°)	Scivola su K5.2 (328°/78°)	Scivola su K2.2 (284°/79°)
64	K2.2 - K6 - K7	Stabile	Stabile	Non si forma
65	K3 - K4- K5.1	Scivola su K4 (64°/68°)	Scivola su K4 (64°/68°)	Stabile
66	K3 - K4- K5.2	Scivola su K4 - K5.2 (32°/64°)	Scivola su K4 - K5.2 (32°/64°)	Scivola su K5.2 (328°/78°)
67	K3 - K4- K6	Scivola su K3 - K6 (281°/5°)	Scivola su K4 (64°/68°)	Scivola su K3 - K6 (281°/5°)
68	K3 - K4- K7	Scivola su K4 - K7 (335°/3°)	Scivola su K4 - K7 (335°/3°)	Scivola su K4 - K7 (335°/3°)
69	K3 - K5.1- K5.2	Scivola su K5.1 - K5.2 (52°/26°)	Scivola su K5.1 - K5.2 (52°/26°)	Scivola su K3 - K5.2 (245°/31°)
70	K3 - K5.1- K6	Scivola su K3 - K6 (281°/5°)	Stabile	Scivola su K3 - K6 (281°/5°)
71	K3 - K5.1 - K7	Stabile	Stabile	Stabile
72	K3 - K5.2- K6	Scivola su K3 - K6 (281°/5°)	Stabile	Scivola su K5.2 - K6 (257°/57°)
73	K3 - K5.2 - K7	Scivola su K5.2 (328°/78°)	Stabile	Scivola su K5.2 - K7 (277°/71°)
74	K3 - K6 - K7	Scivola su K3 - K6 (281°/5°)	Stabile	Scivola su K7 (246°/74°)
75	K4 - K5.1- K5.2	Scivola su K4 (64°/68°)	Scivola su K4 (64°/68°)	Scivola su K5.2 (328°/78°)
76	K4 - K5.1- K6	Scivola su K4 (64°/68°)	Scivola su K4 - K5.1 (85°/67°)	Stabile
77	K4 - K5.1 - K7	Scivola su K4 (64°/68°)	Scivola su K4 (64°/68°)	Scivola su K4 - K7 (335°/3°)
78	K4 - K5.2- K6	Scivola su K4 - K5.2 (32°/64°)	Scivola su K4 (64°/68°)	Scivola su K5.2 (328°/78°)
79	K4 - K5.2 - K7	Scivola su K5.2 (328°/78°)	Scivola su K4 - K5.2 (32°/64°)	Scivola su K5.2 (328°/78°)
80	K4 - K6 - K7	Scivola su K4 - K7 (335°/3°)	Scivola su K4 (64°/68°)	Scivola su K7 (246°/74°)
81	K5.1 - K5.2- K6	Scivola su K5.1 - K5.2 (52°/26°)	Scivola su K5.1 - K5.2 (52°/26°)	Scivola su K5.2 - K6 (257°/57°)
82	K5.1 - K5.2 - K7	Scivola su K5.2 (328°/78°)	Scivola su K5.1 - K5.2 (52°/26°)	Scivola su K5.2 - K7 (277°/71°)
83	K5.1 - K6 - K7	Stabile	Stabile	Scivola su K7 (246°/74°)
84	K5.2 - K6 - K7	Scivola su K5.2 (328°/78°)	Stabile	Scivola su K7 (246°/74°)

Nella tabella sono indicati i possibili cinematismi di scivolamento per ciascuna delle possibili combinazioni a tre a tre delle famiglie di discontinuità per le combinazioni da 43 a 82.



n°	Combinazione	F1 (imm. 360°)	F2 (imm. 40°)	F3 (imm. 320°)
1	K1 - K2.1	Non si forma	Non si forma	Non si forma
2	K1 - K2.2	Non si forma	Non si forma	Non si forma
3	K1 - K3	Non si forma	Non si forma	Non si forma
4	K1 - K4	Scivola su K1 - K4 (336°/4°)	Scivola su K1 - K4 (336°/4°)	Scivola su K1 - K4 (336°/4°)
5	K1 - K5.1	Non si forma	Non si forma	Non si forma
6	K1 - K5.2	Non si forma	Non si forma	Scivola su K1 - K5.2 (250°/45°)
7	K1 - K6	Non si forma	Non si forma	Scivola su K1 - K6 (267°/44°)
8	K1 - K7	Scivola su K1 - K7 (334°/6°)	Scivola su K1 - K7 (334°/6°)	Scivola su K1 - K7 (334°/6°)
9	K2.1 - K2.2	Scivola su K2.1 - K2.2 (12°/10°)	Scivola su K2.1 - K2.2 (12°/10°)	Scivola su K2.1 - K2.2 (12°/10°)
10	K2.1 - K3	Non si forma	Non si forma	Non si forma
11	K2.1 - K4	Scivola su K2.1 - K4 (53°/68°)	Scivola su K2.1 - K4 (53°/68°)	Non si forma
12	K2.1 - K5.1	Non si forma	Scivola su K2.1 (99°/74°)	Non si forma
13	K2.1 - K5.2	Scivola su K2.1 - K5.2 (37°/59°)	Scivola su K2.1 - K5.2 (37°/59°)	Scivola su K5.2 (328°/78°)
14	K2.1 - K6	Non si forma	Non si forma	Non si forma
15	K2.1 - K7	Non si forma	Non si forma	Non si forma
16	K2.2 - K3	Non si forma	Non si forma	Non si forma
17	K2.2 - K4	Scivola su K2.2 - K4 (1°/49°)	Scivola su K2.2 - K4 (1°/49°)	Scivola su K2.2 - K4 (1°/49°)
18	K2.2 - K5.1	Non si forma	Non si forma	Non si forma
19	K2.2 - K5.2	Scivola su K5.2 (328°/78°)	Scivola su K5.2 (328°/78°)	Scivola su K2.2 - K5.2 (312°/78°)
20	K2.2 - K6	Non si forma	Non si forma	Scivola su K2.2 (284°/79°)
21	K2.2 - K7	Non si forma	Non si forma	Scivola su K2.2 (284°/79°)
22	K3 - K4	Non si forma	Non si forma	Non si forma
23	K3 - K5.1	Non si forma	Non si forma	Non si forma
24	K3 - K5.2	Non si forma	Non si forma	Scivola su K3 - K5.2 (245°/31°)
25	K3 - K6	Scivola su K3 - K6 (281°/5°)	Scivola su K3 - K6 (281°/5°)	Scivola su K3 - K6 (281°/5°)
26	K3 - K7	Non si forma	Non si forma	Non si forma
27	K4 - K5.1	Scivola su K4 (64°/68°)	Scivola su K4 (64°/68°)	Non si forma
28	K4 - K5.2	Scivola su K4 - K5.2 (32°/64°)	Scivola su K4 - K5.2 (32°/64°)	Scivola su K5.2 (328°/78°)
29	K4 - K6	Non si forma	Scivola su K4 (64°/68°)	Non si forma
30	K4 - K7	Scivola su K4 - K7 (335°/3°)	Scivola su K4 - K7 (335°/3°)	Scivola su K4 - K7 (335°/3°)
31	K5.1 - K5.2	Scivola su K5.1 - K5.2 (52°/26°)	Scivola su K5.1 - K5.2 (52°/26°)	Non si forma
32	K5.1 - K6	Non si forma	Non si forma	Non si forma
33	K5.1 - K7	Non si forma	Non si forma	Non si forma
34	K5.2 - K6	Non si forma	Non si forma	Scivola su K5.2 - K6 (257°/57°)
35	K5.2 - K7	Scivola su K5.2 (328°/78°)	Non si forma	Scivola su K5.2 - K7 (277°/71°)
36	K6 - K7	Non si forma	Non si forma	Non si forma

Nella tabella sono indicati i possibili cinematismi di scivolamento per ciascuna delle possibili combinazioni a due a due delle famiglie di discontinuità.



Osservazioni di stabilità fronti attuali piazzali in lavorazione

La ripresa dall'alto in corso è tutt'ora in corso ed è necessaria al fine di giungere alla quota minima necessaria per la messa in sicurezza definitiva del “pilastro” sottostante sovrastante le cave di Gioia. Come detto le lavorazioni sono appaltate alla Beneo Escavazioni s.r.l. che procede per sbassi successivi mantenendo in essere, con il procedere delle coltivazioni, delle sponde residuali sul lato W del monte a protezione delle coltivazioni sottostanti. Le sponde sono rimosse periodicamente previa interruzione delle lavorazioni nel bacino sottostante. Dal punto di vista della stabilità e della sicurezza è questo l'aspetto maggiormente delicato. Infatti i lavori devono procedere con il mantenimento di un'adeguata sponda il cui spessore è valutato, sbasso per sbasso, dalla direzione dei lavori che provvede anche al consolidamento preventivo della stessa finalizzato alla rimozione della porzione residuale.

Attualmente è appena stato intrapreso lo sbasso di quota 749 m ca. e gli avanzamenti in direzione E si stanno eseguendo ripulendo la discontinuità principale di cui al progetto di bonifica e messa in sicurezza redatto ai sensi dell'art. 58bis della L.R. 35/15. Ora le lavorazioni procedono in direzione W - E (al momento l'altezza della bancata è di 3,5 m).

Come prassi, al termine delle operazioni di rimozione delle sponde avvenute nel mese di agosto 2020, sono stati eseguiti gli interventi di verifica e disgiungimento di tutte le porzioni di montevergine sottostanti. Sono stati eseguiti alcuni locali interventi di consolidamento preventivo e tutti i consolidamenti della futura sponda che sarà rimossa, presumibilmente nell'agosto 2022.

Inoltre, vista l'esperienza acquisita nel corso degli anni in questa occasione si è provveduto già ad eseguire i consolidamenti della ulteriore successiva (sbasso di 740 m ca.) così da avere i consolidamenti preventivi, necessari per l'isolamento della sponda dello sbasso 740 m ca., già realizzati durante le opere di rimozione della sponda in corso di isolamento.



Osservazioni stabilità grande scala

I lavori di bonifica e messa in sicurezza sono ormai da diverso tempo appaltati a specifica ditta “Beneo Escavazioni s.r.l.” che svolge i lavori senza scopo di lucro e con i costi interamente sostenuti dalle società di cui la Società Apuana Marmi s.r.l. è capofila. Le società sono:

- Società Apuana Marmi s.r.l.
- F.Ili Antonioli s.r.l.
- Marmi Carrara Gioia srl (concessionaria cava Gioia Piastrone n° 173 esercita da Cooperativa fra Cavatori di Gioia scrl)
- F.Ili Giorgini s.r.l. (concessionaria cava M30, M32 e M33 esercite dalla Bordigoni Gina s.r.l.)
- Pellerano Marmi s.r.l. (concessionaria cava M31 esercita dalla Ideat Marmi s.r.l.)

Alle società sopra indicate era stato emesso un provvedimento ASL 1 n° 65/04 del 24/11/2004 con il quale si intimava alle stesse “.. i titolari delle ditte in indirizzo dovranno presentare, entro il termine di 6 mesi (180 giorni), un progetto di massima, con relativi tempi di attuazione, per una ripresa dall’alto delle lavorazioni ed una conseguente diminuzione dei dislivelli tra la sommità del monte Zuccone e i cantieri in coltivazione”. Dopo lunghe trattative e proroghe del provvedimento di cui sopra è stato stipulato un accordo, tra concessionari e ditte esercenti solo nel marzo 2006 in cui veniva assegnato incarico ai professionisti di redigere un progetto come da provvedimento. Nel contempo l’ASL, in attesa del deposito del progetto ed il conseguente inizio di tali lavori aveva bloccato il rilascio di qualsiasi tipo di autorizzazione aggiuntiva nei cantieri sottostanti. Nel 2008, a seguito di approvazione del progetto di bonifica e messa in sicurezza veniva assegnato incarico ad una ditta esterna di eseguire i lavori iniziati poi nel 2009. Il progetto di bonifica e messa in sicurezza si prefigge, in primis, lo scopo di bonificare il “pilastro” residuale presente sul lato Massa oggetto di controllo e monitoraggio dal 2001 e bonificare, più a lungo termine, l’area di frana lato Carrara del 2004 da cui è inizialmente scaturito il provvedimento ASL di cui sopra. Nel seguito si farà pertanto un sunto delle condizioni di stabilità delle porzioni sottostanti l’area oggetto del presente progetto.



Area residuale sovrastante area di frana

Tutta la porzione di monte soprastante l'area residuale di frana, e quindi compresa tra quota 750 m ca. e 700 m ca. è caratterizzata dalla presenza del "taglione" realizzato in passato per bonificare la porzione ad esso antistante. Tale porzione di monte è caratterizzata dalla presenza delle discontinuità principali (evidenziate in blu) nelle ricostruzioni tridimensionali successive.

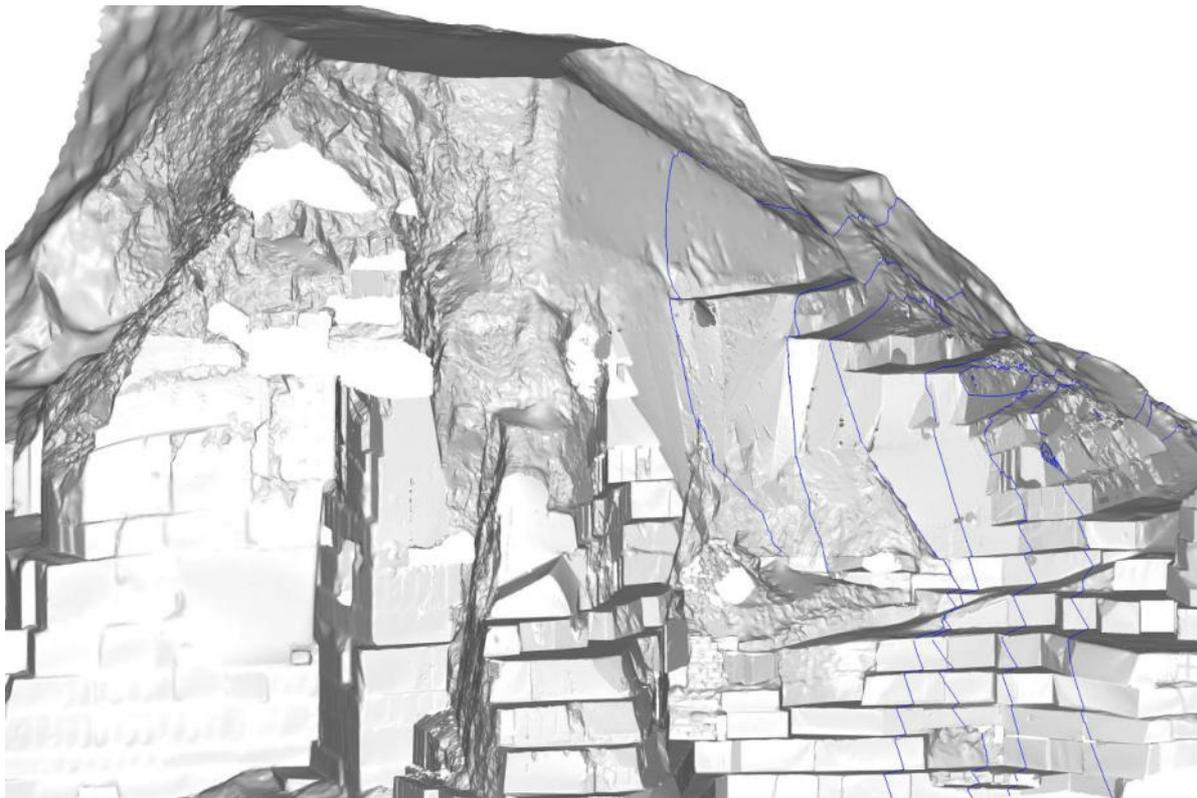


Immagine 1 - Rappresentazione tridimensionale della zampa NW del Monte Zuccone con evidenziate le discontinuità principali immergenti a NW

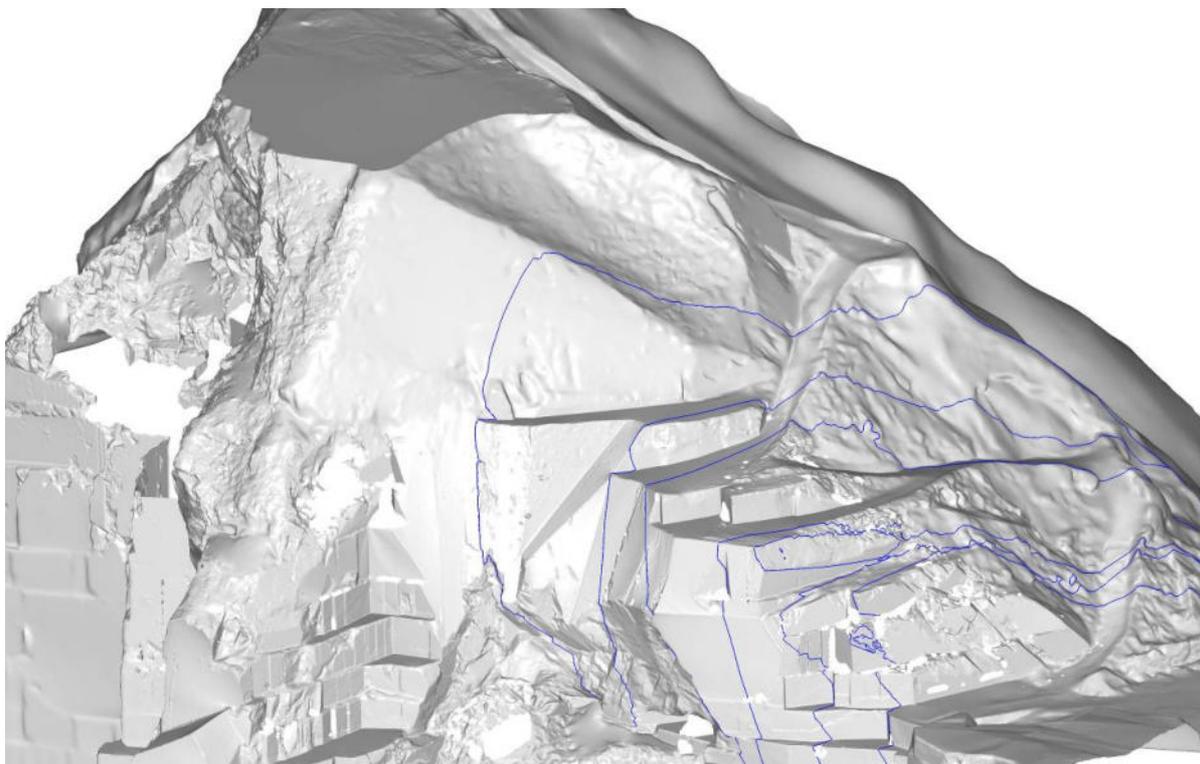


Immagine 2 - Altra vista della rappresentazione tridimensionale della zampa NW del Monte zuccone con evidenziate le discontinuità principali

La principale di tali discontinuità è la frattura denominata in passato come JE e che si riscontra fino alle quote inferiori dei sotterranei della cava Gioia Cancelli (denominata in ultimo piano di coltivazione come J7).

Tali discontinuità, come si può osservare dalle immagini precedente, tendono ad immergere verso il massiccio e non saranno mai incise inferiormente dal previsto sviluppo di progetto delle cave Gioia Pianello n° 172 e Gioia Cancelli n° 171 (vedasi sezione tipo seguente) in quanto al di sotto della quota attuale di 650 m ca. sarà mantenuta la continuità del monte lungo la direzione E - W.

L'intersezione con le altre principali discontinuità individuabili nell'area e riportate sia nella carta delle fratture allegata che nelle ricostruzioni 3D delle immagini 5, 6, 7, 8 e 9 seguenti, non danno origine ad alcuna struttura rimovibile lungo i fronti di progetto della cava che sono mediamente orientati come il fronte F2 dell'analisi in analisi di stabilità allegata al piano di coltivazione delle cave sottostanti.

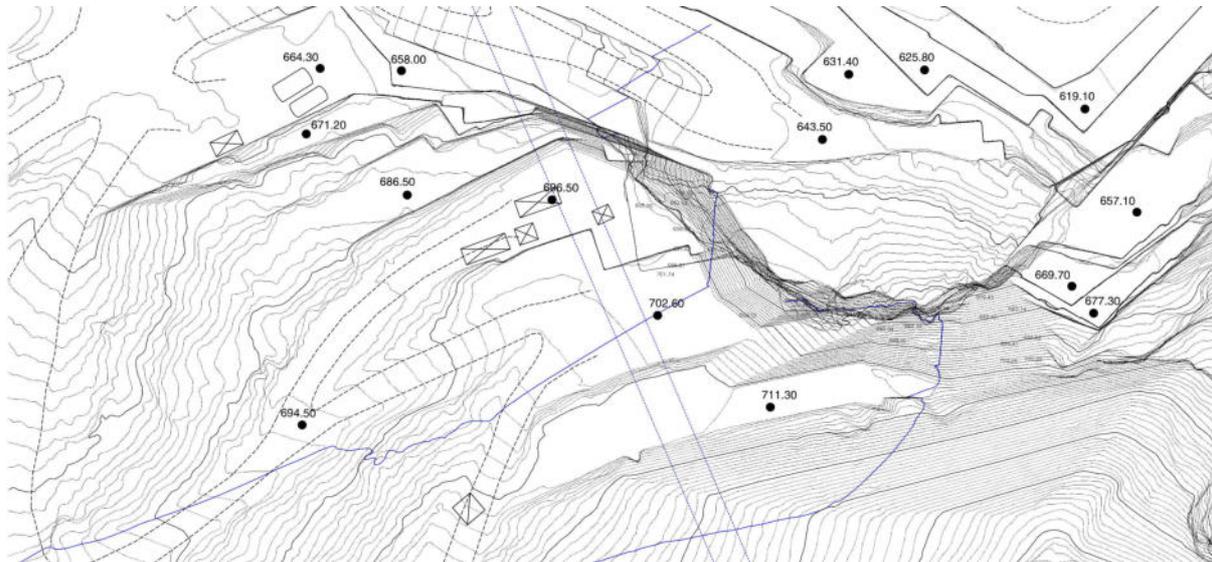


Immagine 3 - Estratto planimetria con evidenziata traccia sezioni (tratteggio blu) tracciate ortogonalmente alle due fratture principali di cui alle immagini successive

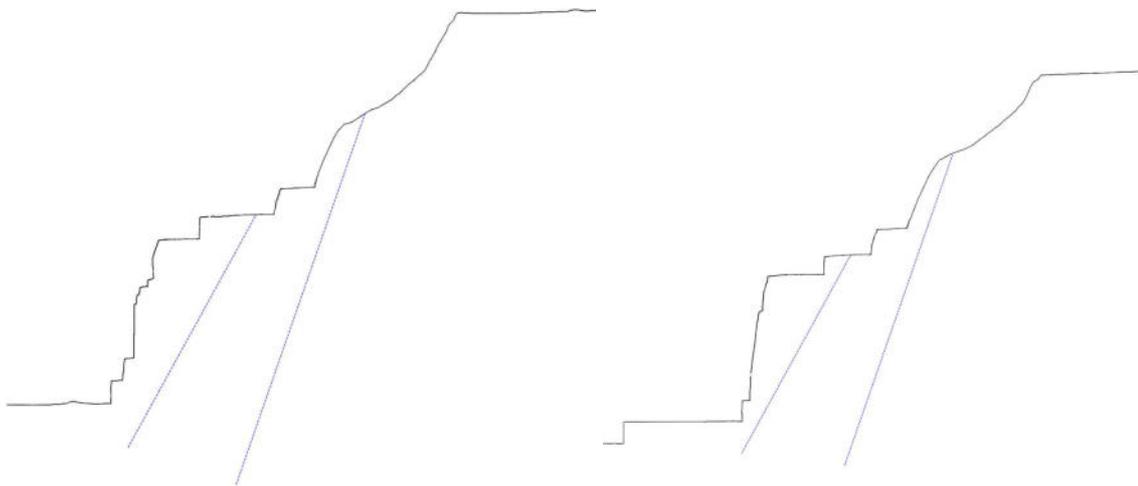


Immagine 4 - Traccia delle due sezioni rappresentative di cui sopra con evidenziate le tracce delle due fratture principali J7/JE e J0 da cui si può apprezzare come le stesse non saranno incise dalle lavorazioni di progetto delle cave Gioia Pianello n° 172 e Gioia Cancelli n° 171



Gli sbassi a scendere condotti dalla sommità del Beneo andranno a breve ad interessare la superficie del "taglione" incidendo superiormente le discontinuità principali. Tali lavorazioni non determineranno modifiche delle condizioni geometriche delle strutture oggi esistenti. Nell'ottica di cautelatività sia le discontinuità principali di tipo K6.1 che le strutture non rimovibili da esse delimitate sono oggetto di specifico monitoraggio come descritto nel paragrafo dedicato.

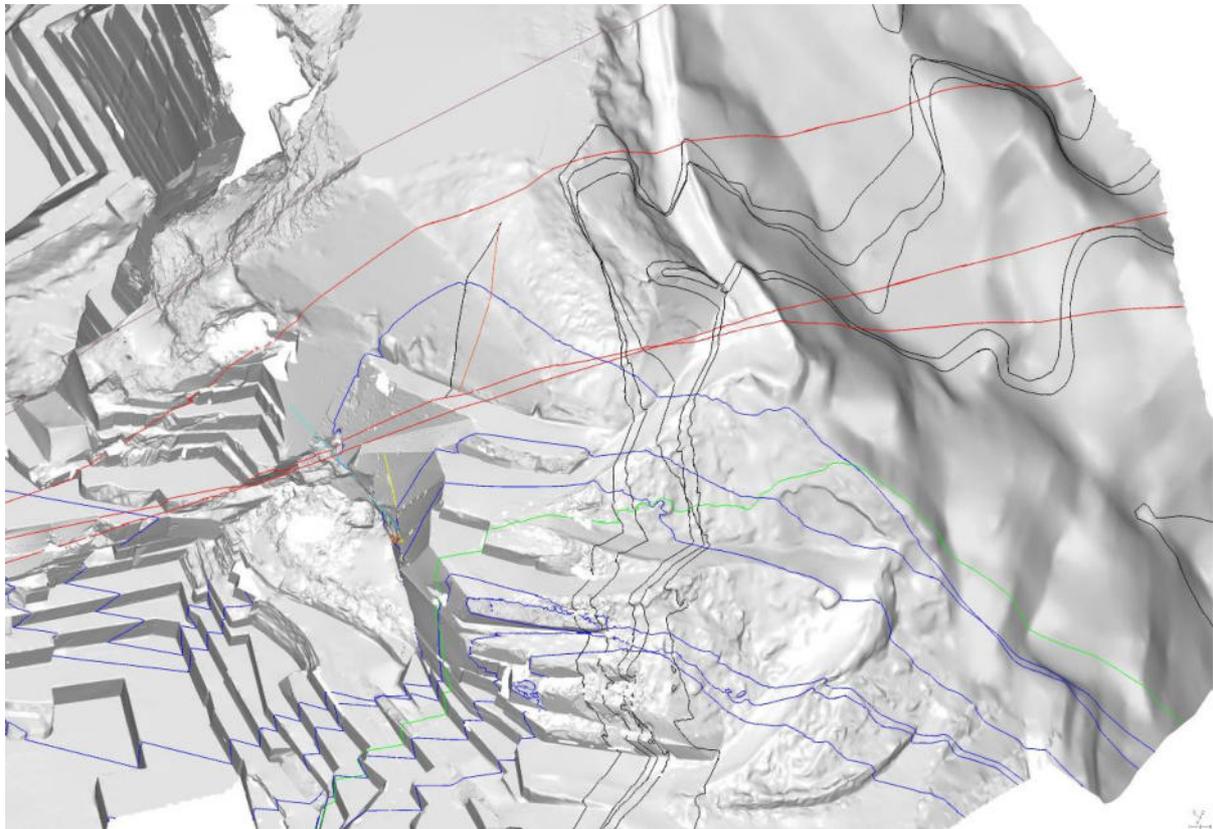


Immagine 5 - Vista dall'altro dell'area allo studio con evidenziate le discontinuità principali di maggiore persistenza.

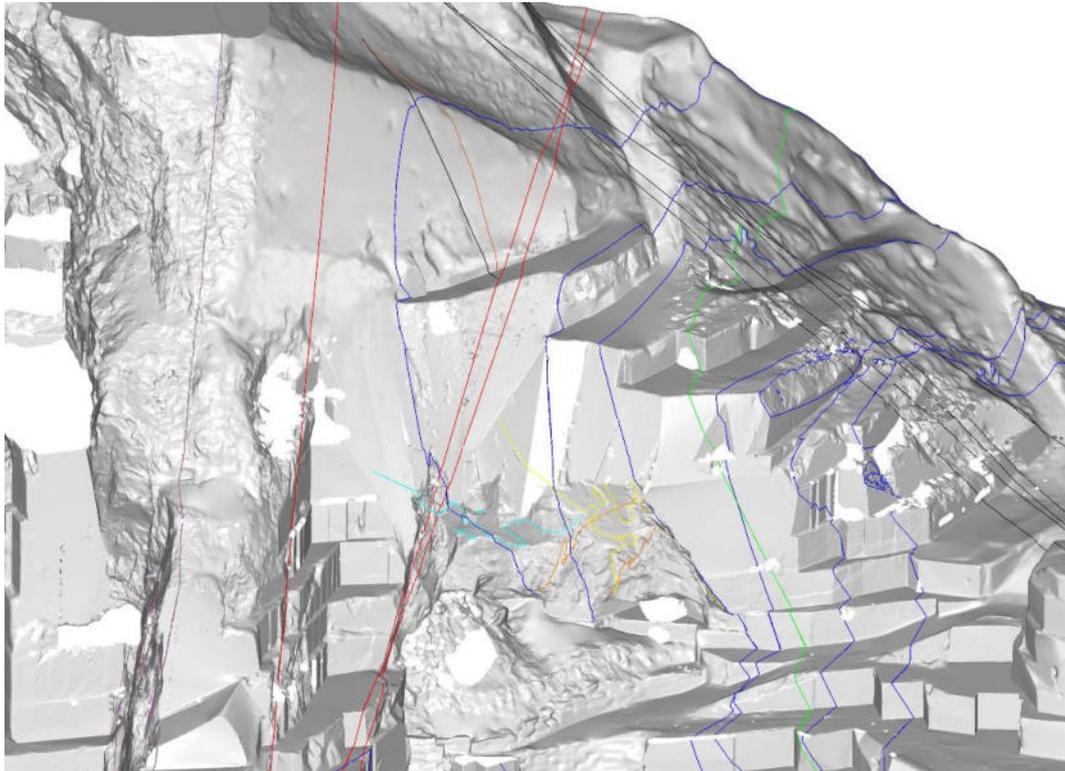
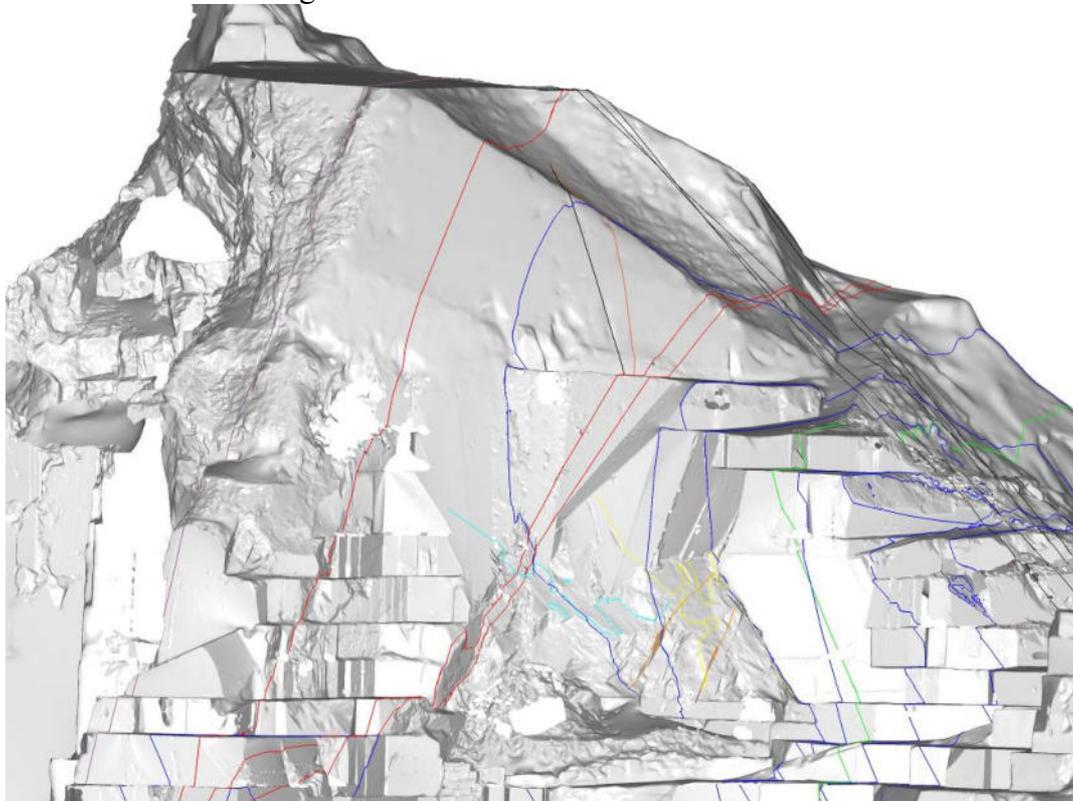


Immagine 6 e 7 - Viste frontali in direzione N - S



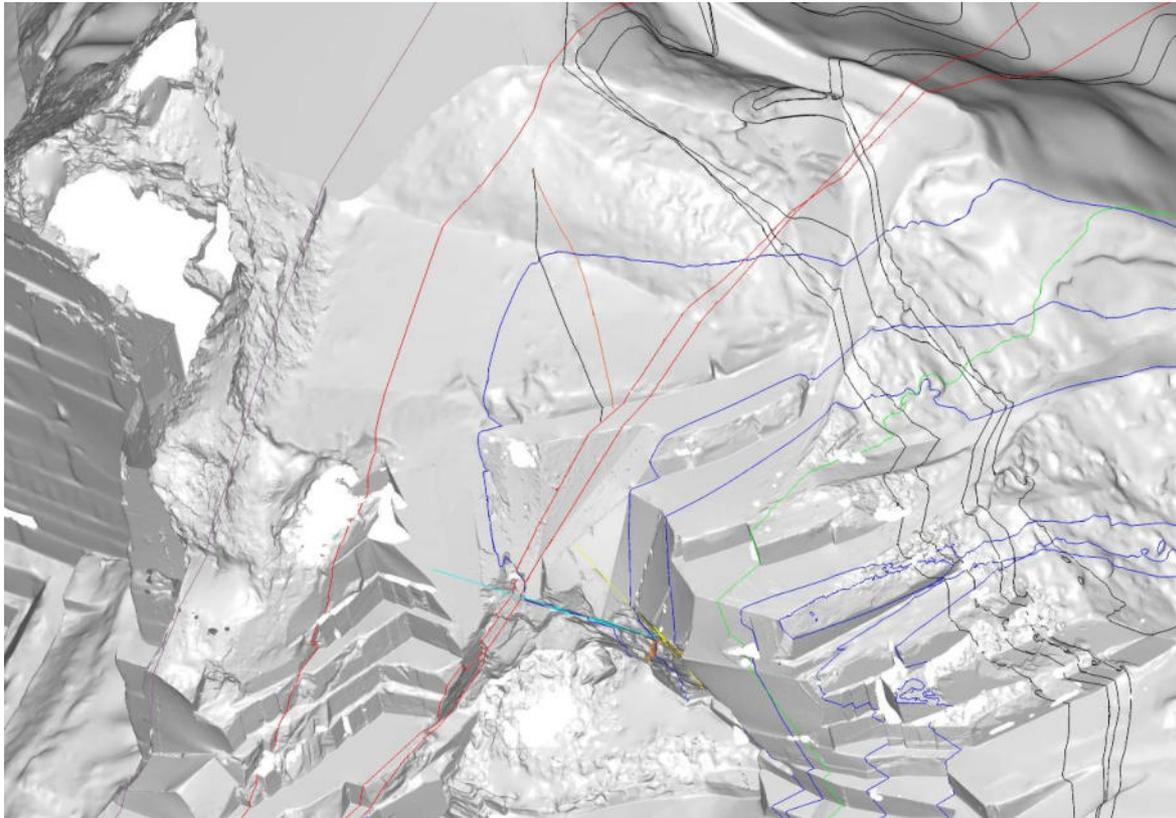
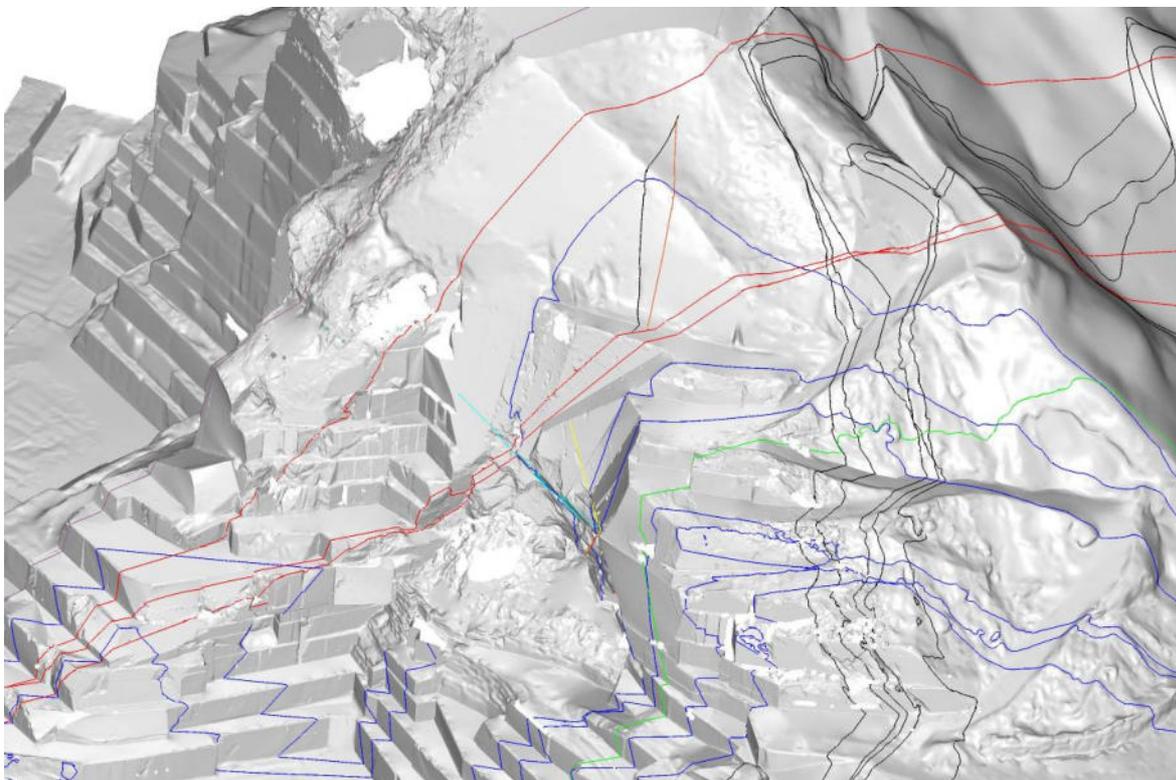


Immagine 8 e 9 - Viste dall'alto





Area residuale post frana

Come si può osservare dalla foto successiva l'area interessata dal movimento franoso dell'ottobre 2004 è stata nel tempo bonificata mediante una serie di tagli mirati ad eliminare la massima parte delle porzioni residuali aggettanti rimaste in essere a seguito dell'evento citato.

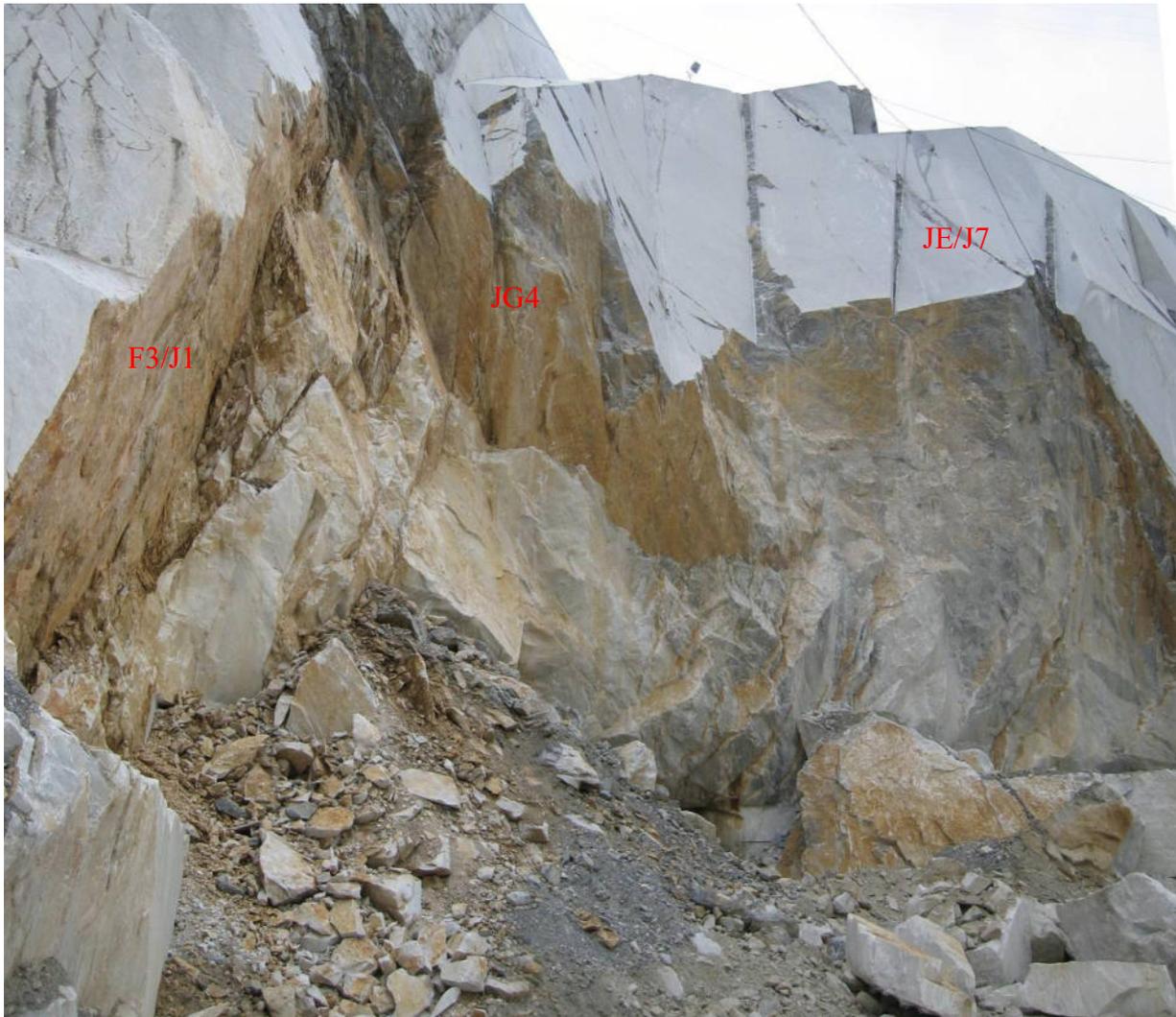


Foto 1 - Panoramica dell'area di frana a seguito degli interventi di bonifica con indicazione delle principali fratture.

L'area è periodicamente oggetto di verifica da parte di personale specializzato di parete al fine di verificare le superfici di taglio residuali e controllare/verificare lo stato delle superfici di



discontinuità in modo particolare per quel che concerne la fascia finimentosa F3/J1 e la superficie JE/J7 (ultima verifica settembre 2017).



Foto 2 – Particolare sul prisma presente nell'area residuale di frana con indicazione delle discontinuità principali che lo delimitano.

Come già segnalato in fase di iter di approvazione del piano approvato nel 2006, nell'area di frana era rimasta in essere una struttura rimovibile, parzialmente aggettante, denominata M1 ed evidenziata nella foto 2 precedente, delimitata lateralmente dalla fascia finimentosa F3/J1 e da una serie di fratture di tipo K5 ed in testa dalla superficie del verso JG4 che la isola completamente in quanto emerge a cielo della galleria residuale. La linea di intersezione è quindi orientata verso il basso e verso l'interno del massiccio roccioso.

Il blocco residuale dell'evento franoso, non aveva, e tutt'ora non ha, evidenziato successivi segni di movimento esterni lasciando presupporre, già all'epoca, la presenza di importanti ponti di roccia. Tutta la porzione di tetto costituisce un arco roccioso compresso tra le pareti della vecchia galleria parzialmente franata. La porzione residuale del blocco risulta inoltre ben calzata dal materiale detritico che riempie la galleria residuale e che si dipana fino alla quota di 642 m ca..



La presenza di tale massa, congiuntamente alla decisione di non insistere con le coltivazioni a ridosso della stessa, ha determinato la scelta di allontanarsi dall'area di frana mantenendo il detrito ivi presente e realizzando su masso alla quota di 632 m ca. un bastione di contenimento del detrito retrostante.

Il bastione era stato oggetto di specifica verifica e dimensionamento autorizzato nel 2006. Le coltivazioni si sono poi via via allontanate lasciando in posto ampie gradonature a scendere fino alla quota attuale di 600 m ca..

Il complesso delle azioni descritte e le caratteristiche delle discontinuità contribuiscono quindi a mantenere uno status quo della zona post frana che offre adeguate garanzie anche alla luce dei vari esami visivi periodici che non hanno mai evidenziato segni di cedimento alcuno dal 2004 ad oggi.

Nelle immagini 9 e 10 successive si riportano, nella ricostruzione tridimensionale, le tracce delle fratture principali che delimitano il blocco descritto sopra.

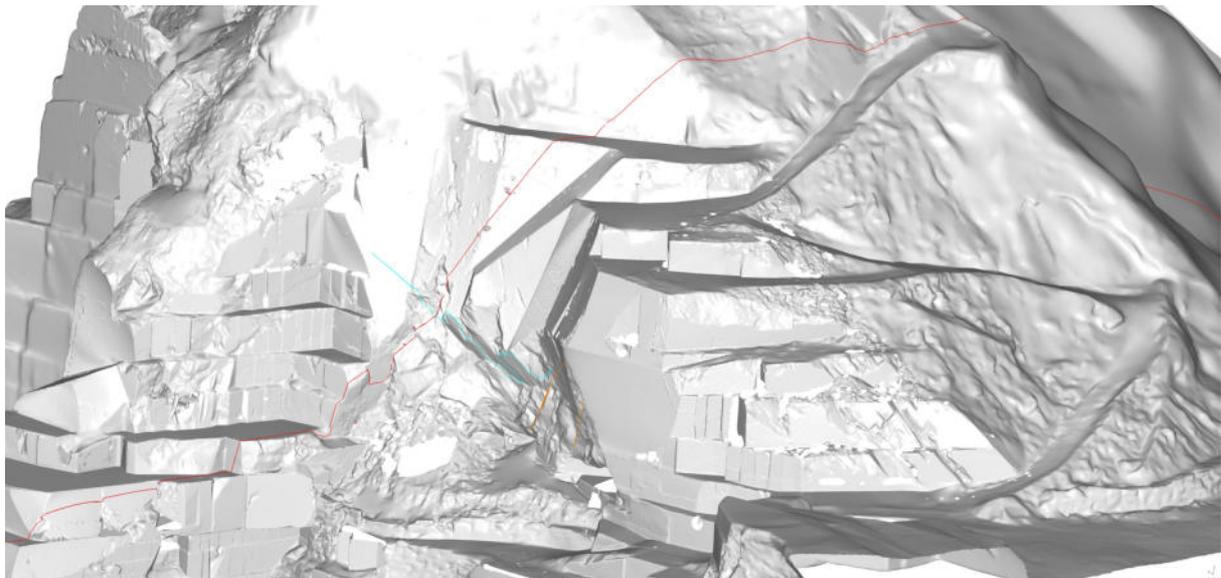


Immagine 9 - Vista laterale del blocco descritto sopra.

Tutta la porzione immediatamente soprastante è caratterizzata dall'intersezione delle fasce finimentose F1, F2 e F3/J1. L'intersezione tra le tre fasce finimentose menzionate non determina infatti strutture cinematicamente rimovibili nè lungo la direzione di involuppo delle superfici residuali post frana, nè lungo la direzione media della vecchia superficie di taglio superiore.



Lungo le superfici di taglio della porzione residuale dell'area di frana non sono rilevabili altre intersezioni tra superfici di discontinuità che diano origine a strutture cinematicamente rimovibili caratterizzate da scivolamento.

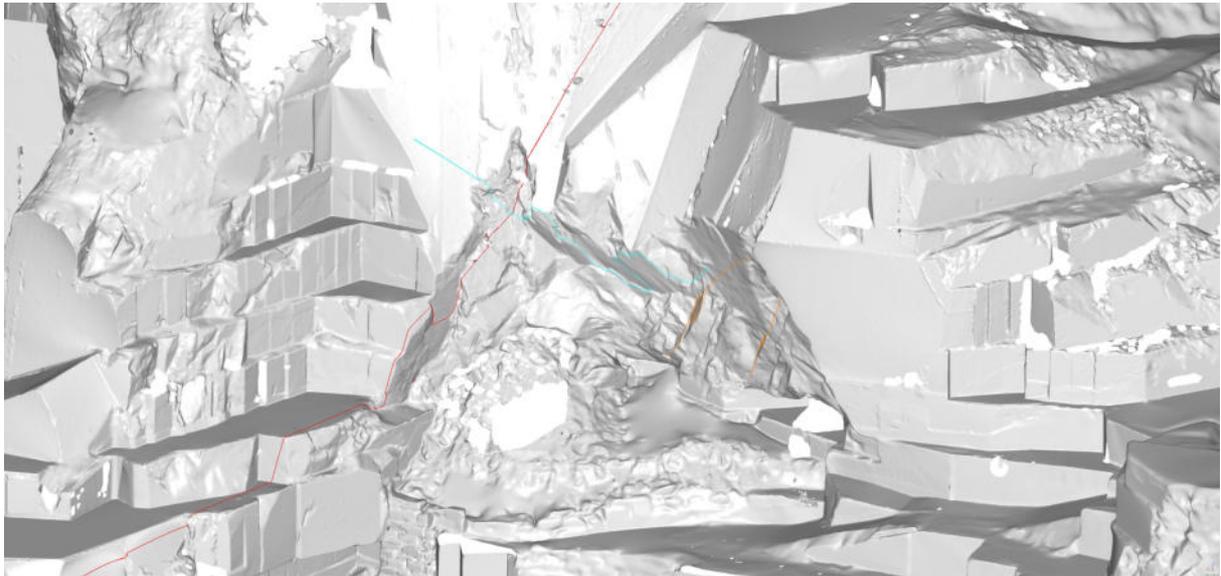


Immagine 10 - Vista frontale del blocco descritto sopra.



Pilastro residuale lato Massa

Il pilastro di cui trattasi è oggetto monitoraggio acquisito in continuo dal 2002 posto in opera sulla base di delle ipotesi dell'analisi di stabilità redatta nel 2001, a seguito di provvedimento ASL, e a cui si farà riferimento relativamente ai nomi delle fratture (figura a). Il pilastro è poi stato oggetto nel tempo di vari consolidamenti. In tal senso appare infatti opportuno evidenziare che il progetto di consolidamento in essere era stato impostato, sin dalla sua prima formulazione, quale processo da realizzarsi in fasi successive, la cui attuazione era collegata alle osservazioni sperimentali degli eventuali spostamenti in atto rilevati a carico di prescelte discontinuità, secondo il consueto schema: previsione – prestazione. Il rilievo e la registrazione degli eventuali spostamenti in atto erano e sono attualmente affidati ad un sistema di monitoraggio, installato contestualmente al primo intervento di consolidamento messo in atto e costantemente aggiornato e mantenuto.

Già nella prima relazione di stabilità risalente al 2001 era stato infatti ipotizzato un procedimento di stabilizzazione progressiva del diedro marmoreo oggetto di studio, in stretto collegamento con l'intensità degli spostamenti eventualmente rilevati dal sistema di monitoraggio nel contempo progettato e attivato. In maggior dettaglio, per arrivare alla stabilizzazione statica dell'elemento di roccia oggetto di studio, furono ipotizzati e studiati tre interventi di consolidamento, da attuare in successione, in funzione dell'evoluzione nel tempo delle condizioni statiche della porzione di roccia controllata, valutate mediante le evidenze sperimentali acquisite attraverso il sistema di monitoraggio.

Il primo intervento di consolidamento era stato quindi mirato su quello che a suo tempo era stato definito come il blocco chiave M1 delimitato dalle fratture denominate JA2, FN2 e JB.

Durante il primo intervento di consolidamento erano stati disposti su più quote delle due facce concorrenti a delimitare il "pilastro", 9 tiranti a quattro trefoli con un carico operativo di circa 0,6 MN cadauno. Tutti i tiranti posizionati sulla parete Est, andavano ad oltrepassare la Faglia mentre i tiranti posizionati sulla parete Nord, andavano ad oltrepassare la JA2.

Nel primo intervento i tiranti erano stati quindi disposti distribuiti su diverse quote nella porzione superiore della massa M1 (tiranti blu in figura b).

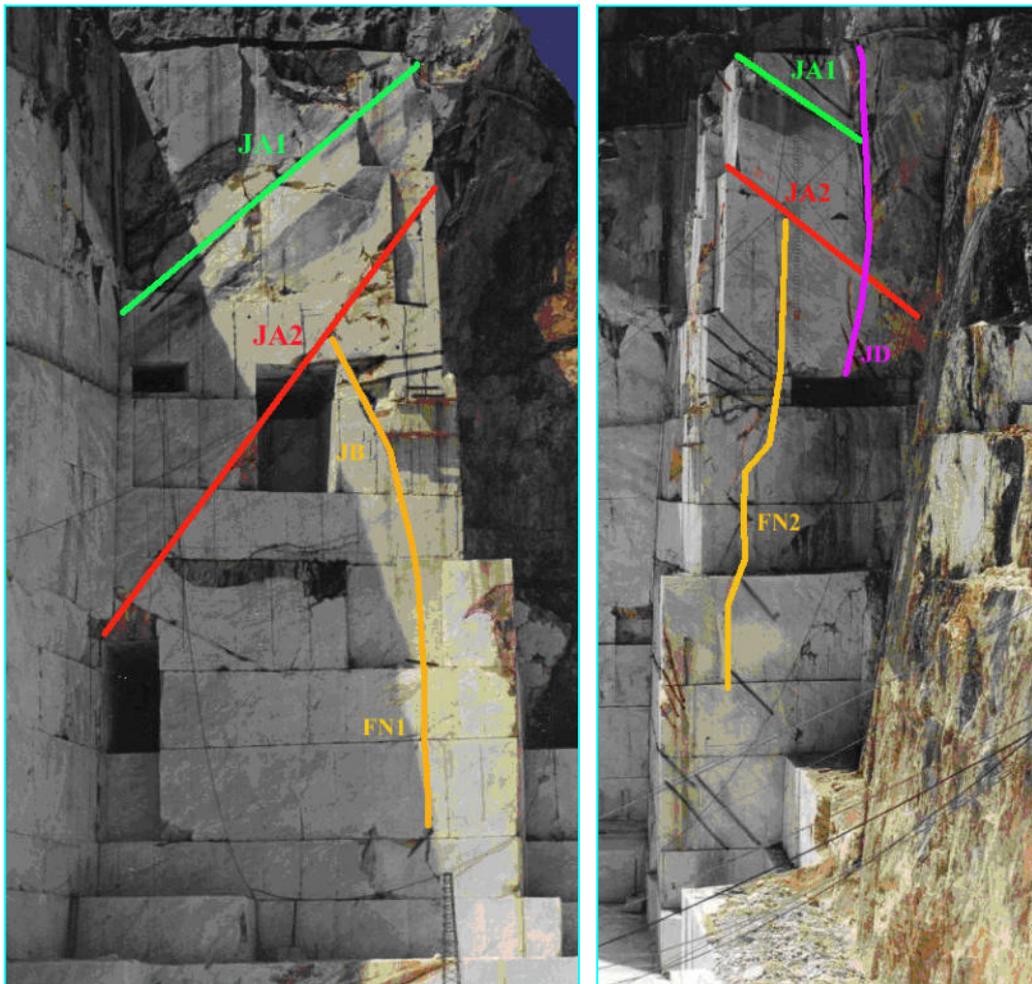


Figura a: illustrazione schematica dell'andamento lungo le pareti Est (sinistra) e Nord (destra) delle principali discontinuità rilevate nel pilastro oggetto di studio.

Sulla base degli esiti delle misure si era poi ritenuto di procedere ad una seconda fase di intervento di consolidamento operando in parte sulla porzione superiore, andando cioè ad interagire direttamente sulle discontinuità interessate, emergenti sul piazzale in quota, subparallele alla faglia e, in parte, sulla porzione basale del blocco chiave nella porzione in cui la JB cambia leggermente immersione (per tal motivo denominata con il nuovo nome FN1).

Nel secondo intervento sono quindi stati installati 13 tiranti di cui 8 disposti nella parte base del corpo e 5 nella parte più alta, disposti parallelamente ai tre allineamenti degli esistenti tiranti. Del primo gruppo (8 tiranti) 6 sono stati disposti sulla parete affacciata ad Est e 2 su quella affacciata a Nord. I tiranti di cui all'oggetto sono quelli indicati in rosso nella figura b.



Tutti i tiranti posizionati sulla parete Est andavano ad oltrepassare la Faglia mentre i tiranti posizionati sulla parete Nord andavano ad oltrepassare la JA2.

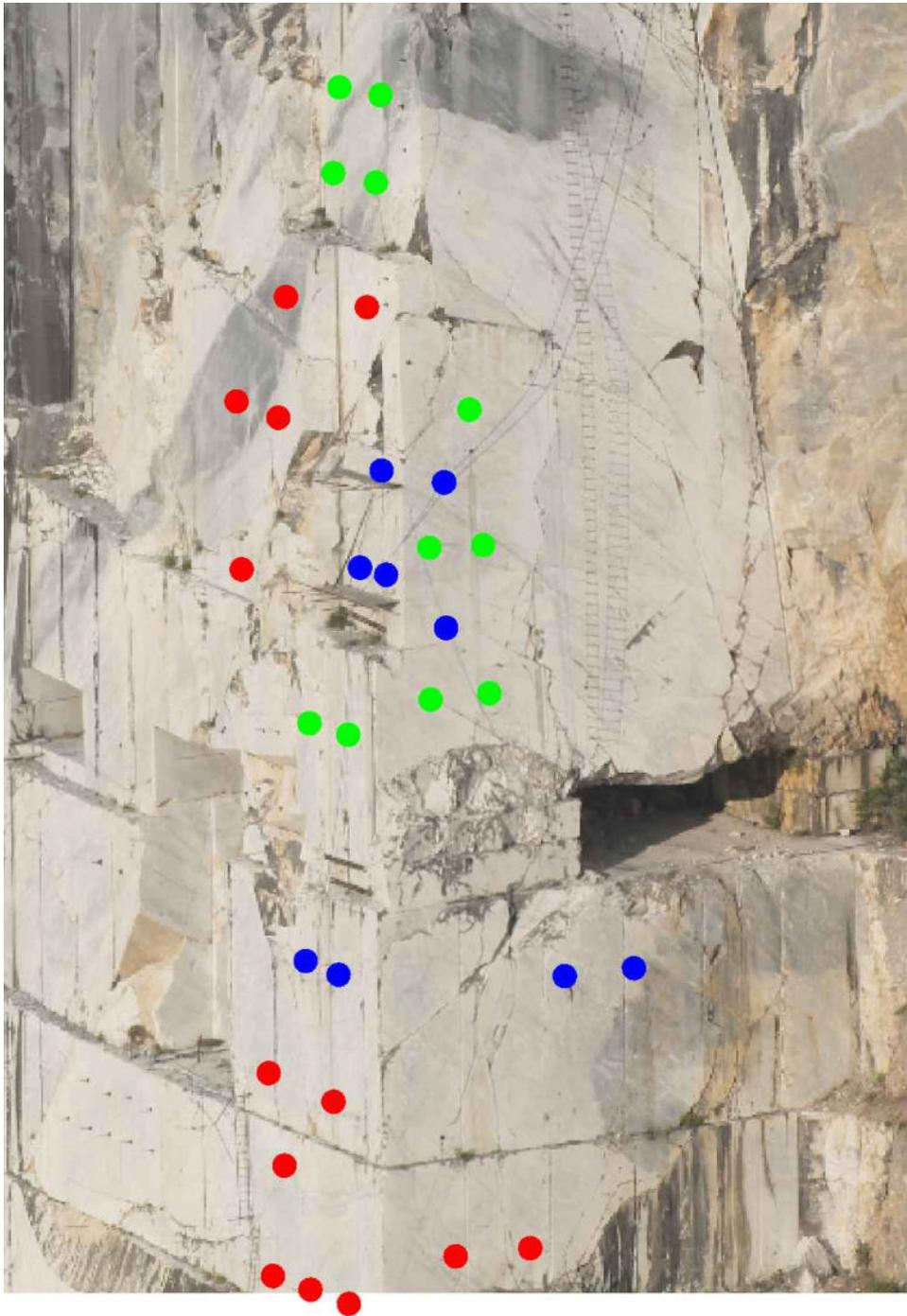


Figura b: illustrazione panoramica del pilastro con indicati gli interventi di consolidamento complessivi realizzati nel tempo. In blu i tiranti a trefoli del primo intervento, in rosso ed in verde i bulloni Dywidag del secondo e terzo intervento rispettivamente.



La terza fase di consolidamento del pilastro è consistita nel posizionamento di ulteriori 11 tiranti di cui 6, posizionati lungo la faccia Est del pilastro e 5, lungo la faccia Nord. In questo intervento tutti i tiranti posizionati sulla parete Est vanno ad oltrepassare la Faglia mentre i tiranti posizionati sulla parete Nord vanno ad oltrepassare la JA1. I tiranti indicati sono individuati con il colore in verde nella figura b.



Figura c – indicazione dei tiranti posizionati nel 2017/2018

A questi prime tre fasi si è aggiunta una quarta fase progettata nel 2017 e posa in opera a cavallo con il 2018 che è consistita nel posizionare:

- 7 tiranti (indicati in colorati in rosso e verde nella figura c) lungo la faccia Est del pilastro di cui 4 disposti orizzontalmente e 3 con inclinazione di ca. 15° verso l'alto; in tutti i casi, come da progetto, è stata oltrepassata la faglia per almeno 6 m



- 3 tiranti (colore blu nella figura c) lungo la faccia N orientati sub-ortogonalmente alla discontinuità JA1; anche in questo caso come da progetto è stata oltrepassata di ca. 6 m la discontinuità stessa.
- 3 tiranti (colore nero in nella figura c) lungo la faccia N in direzione N - S al di sopra della galleria disposti su tre quote; a partire dall'alto la lunghezza degli stessi è di 12, 12 e 15 m. In tutti e tre i casi è stata oltrepassata la discontinuità JA1 di 6 m ca..
- come si vede dalla nella figura c i nuovi bulloni posti alla quota inferiore (colore verde parete E e colore blu parete N) sono stati collegati mediante centinatura metallica angolare.

Sistemi di monitoraggio in essere

Sia sul lato Carrara che su lato Massa sono in essere sistemi di monitoraggio degli spostamenti con acquisizioni in continuo che consentono di controllare nel tempo l'evoluzione degli stessi in funzione delle lavorazioni sia sottostanti che soprastanti. Si riassumeranno nel seguito i sistemi in essere.

Zampa "Monte Zuccone o Beneo – Lato Carrara

Sul lato Carrara il sistema di monitoraggio in essere è stato installato nel mese di giugno/luglio 2018 per il controllo nel tempo delle porzioni di ammasso roccioso comprese tra le principali discontinuità immergenti al NW interessanti la porzione di versante roccioso nordoccidentale del Monte "Zuccone" o "Beneo".

Detto sistema di monitoraggio, alla data del presente aggiornamento dati appare in efficienza ed in grado di rispondere pienamente alle esigenze di controllo cui è finalizzato. Gli assi di misura realizzati, equipaggiati con i due estensimetri multibase attivati, dotati ciascuno di cinque trasduttori a corda vibrante, pur non evidenziando particolari disturbi nelle acquisizioni strumentali, sono stati entrambi interessati da incrementi della distanza *testa di misura – capisaldi*, di differente intensità ma riferibili al medesimo periodo di osservazione (Aprile 2020 – Giugno 2020).

Gli "allentamenti" registrati dagli ancoraggi A3 e A4 dell'MPBX_alto nonché quelli registrati dagli ancoraggi A3 e A2 dell'MPBX_basso, paio imputabili a deboli dislocazioni delle



discontinuità più profonde probabilmente causate dalla sovrapposizione di due effetti: il primo, dovuto all'innescò di un debole ciclo stagionale; il secondo, dovuto al progressivo e periodico "avvicinamento" alla parete oggetto di controllo del sovrastante fronte di abbattimento probabile causa. Per confermare o confutare le ipotesi formulate occorre comunque confrontare sistematicamente le acquisizioni strumentali, sia con i periodi di transizione tra le differenti stagioni, sia con le distanze plano-altimetriche del sovrastante fronte di coltivazione. In ordine a questo aspetto, in ottemperanza a richiesta ASL, è stata depositata nell'agosto 2021, una relazione di aggiornamento del sistema di monitoraggio in essere dal 2016 ed in cui è stata prevista l'implementazione del sistema di monitoraggio mediante l'installazione di un ulteriore estensimetro in foro.

"Pilastro" residuale – Lato Massa

Sul lato Massa è invece in essere un sistema di monitoraggio in automatico della statica del prisma di roccia residuo di passate coltivazioni denominato "colonna" o "pilastro" che ha avuto la sua prima attivazione nella cava "Piastrone I" (MS) nel Luglio 2002. Nel corso degli anni trascorsi, l'impianto di monitoraggio, pur subendo ripetute sostituzioni e/o avvicendamenti nelle sue componenti, non ha modificato il suo schema originario. Oggetto del controllo è il rilievo, con periodicità oraria, di spostamenti, rotazioni, sollecitazioni nei tiranti e battente piezometrico, denunciati da appositi sensori opportunamente disposti lungo le pareti esposte e nel corpo del monolito residuo di passate coltivazioni e sovraincombente alle lavorazioni in atto. Il controllo delle grandezze fisiche indicate viene effettuato, a differenti quote e secondo piani ideali ortogonali tra loro, nel tentativo di verificare l'eventuale insorgenza di indesiderati cinematicismi attraverso le segnalazioni incrociate di almeno due trasduttori e possibilmente individuare nel contempo, il volume del prisma di roccia coinvolto. Ulteriore obiettivo del sistema di monitoraggio messo in opera è quello di valutare, se discriminabile, l'eventuale influenza sulla statica del citato "pilastro" di roccia di fattori ambientali/eventi naturali quali i cicli termici e meteorici stagionali o di attività antropiche quali le operazioni di coltivazione di cava che si svolgono tutt'intorno nonché



l'efficacia degli elementi attivi di sostegno posti in opera per contrastare un possibile "allentamento" delle porzioni più esterne (superficiali) del "pilastro" stesso.

In base a quanto sin qui riportato dal monitoraggio è possibile concludere che l'analisi delle evidenze sperimentali condotta, caratterizzata dalla "conservazione" delle tendenze rilevate dagli strumenti di misura installati, indica la sostanziale efficacia dei consolidamenti attuati nel tempo e suggerisce quindi la prosecuzione delle osservazioni sperimentali. Infatti, nonostante il più volte citato spigolo di Nord-Est del pilastro non abbia completamente cessato i suoi "movimenti" a seguito dell'intensa opera di consolidamento messa in atto, è possibile osservare che i diagrammi spostamento-tempo costruiti sulla base delle osservazioni sperimentali non indicano indesiderate, rapide, evoluzioni negative.

Carrara Giugno 2022

Il Tecnico
Dott. Ing. Massimo Gardenato