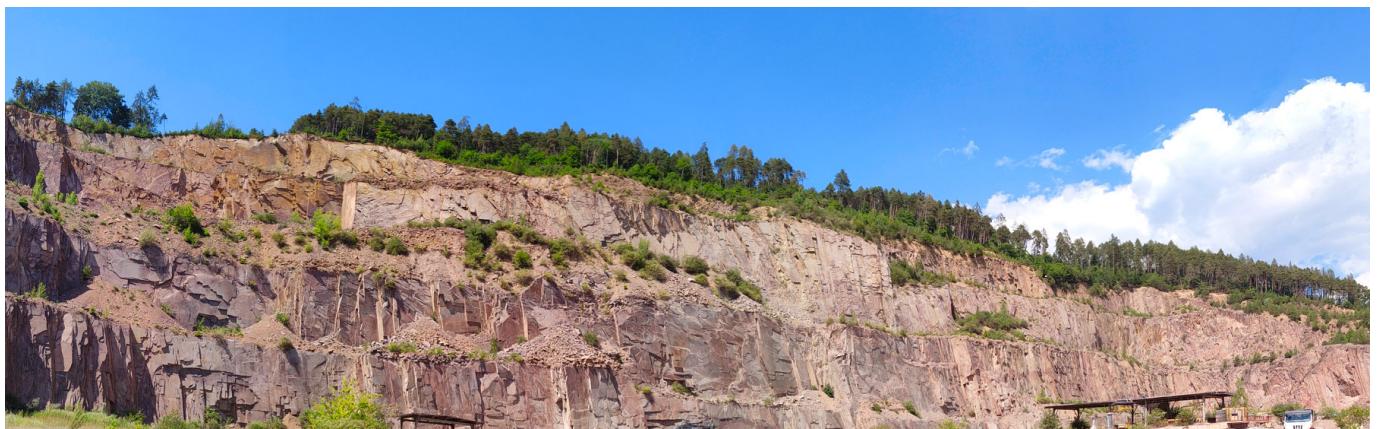


Documentazione fotografica



Panoramica della porzione occidentale dell'area estrattiva



Panoramica della porzione apicale dell'area estrattiva interessata dall'ampliamento del PPUSM



Panoramica della porzione orientale dell'area estrattiva vista dalla località S.Mauro



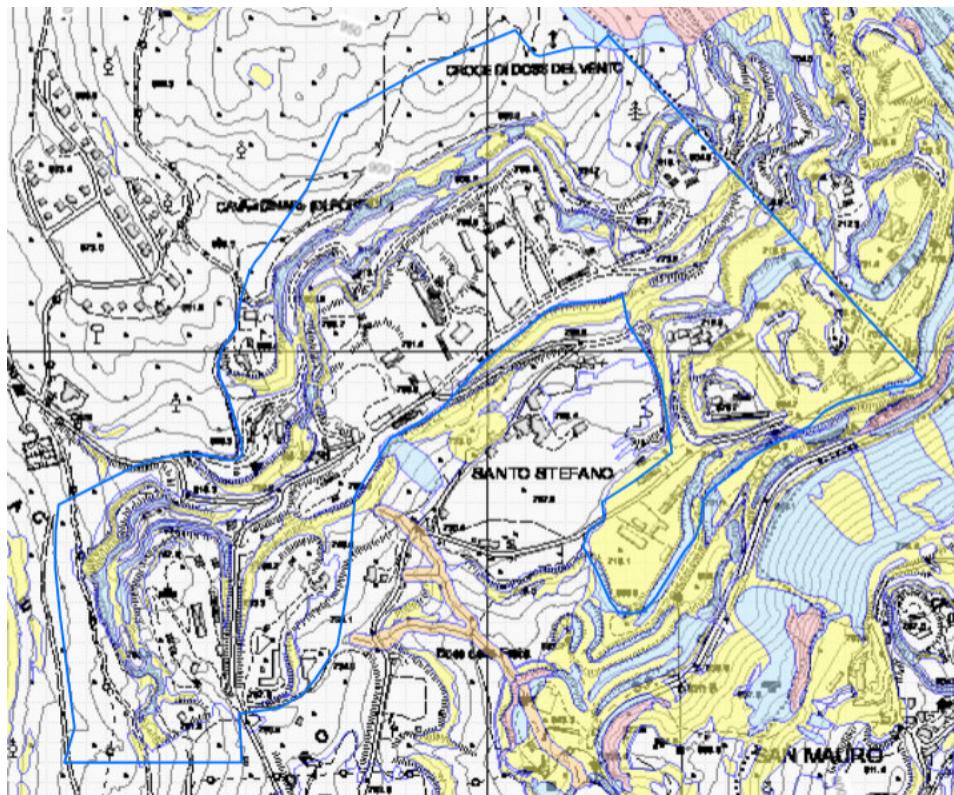
Panoramica dei ribassi di cava nella zona Dinar



PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO



CARTA DI SINTESI DELLA PERICOLOSITA' scala a vista



Legenda - CARTA DI SINTESI DELLA PERICOLOSITA'

Classi di Penalità

Con riferimenti alle norme di attuazione del
Piano Urbanistico Provinciale (L.P. 27 maggio 2008, n. 5)

	P4 - elevata	art. 15
	PP - potenziale	art. 18
	PR4 - residua da valanga	art. 18
	P3 - media	art. 16
	P2 - bassa	art. 17
	P1 - penalità associata alla presenza di pericolosità trascurabile o assente	art. 18
	AFI - ambiti fluviali di interesse idraulico previsti dal Piano Generale di Utilizzazione delle Acque Pubbliche	art. 14
	IMP - aree riservate a interventi di mitigazione del pericolo	art. 18
	RSS - area di rispetto stazione sismometrica	art. 18
	stazione sismometrica	

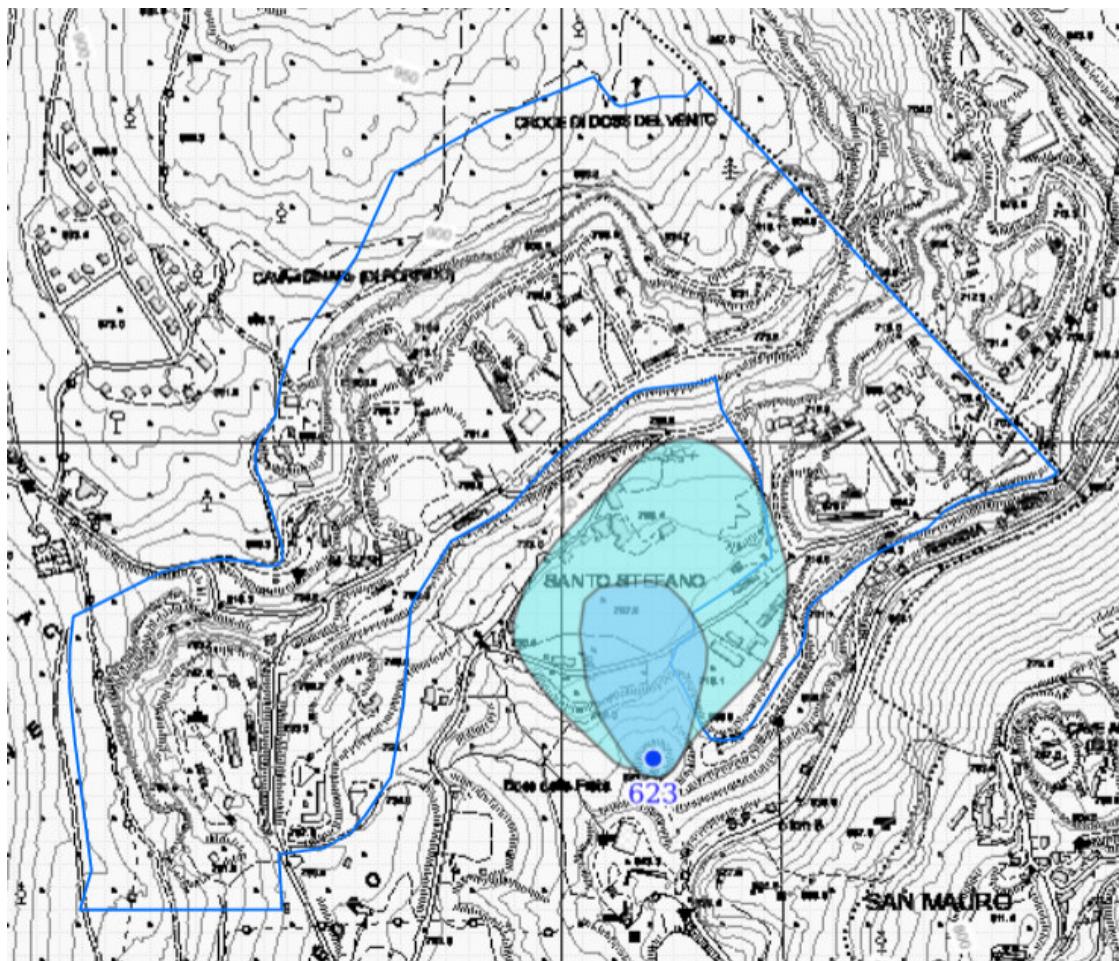


PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO



CARTA DELLE RISORSE IDRICHE

scala reticolo 1Km



Legenda

Zona di Tutela Assoluta

- Sorgenti
- Sorgenti Minerali
- Acque Superficiali
- Pozzi

Zona di Rispetto Idrogeologico

- Sorgenti, Sorgenti Minerali, Acque Superficiali e Pozzi

Zona di Protezione Idrogeologica

- Sorgenti, Sorgenti Minerali, Acque Superficiali e Pozzi

✖ altre sorgenti non disciplinate dall'art.21 del P.U.P.



PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO
ORTOFOTO 2023 CON ANAGRAFE DEI SITI DA BONIFICARE



non sono evidenziati siti da bonificare internamente all'area estrattiva

ASSEVERAZIONE DELLA RELAZIONE O DELLO STUDIO DI COMPATIBILITÀ'

(Prevista dalla l.p. 4 agosto 2015, n. 15, articolo 15, l.p 27 maggio 2008, n. 5, Capo IV - Da non presentare in caso l'intervento sia da assoggettare ad autorizzazione provinciale)

relativo all'intervento edilizio

situato nel COMUNE DI FORNACE

p.f. varie p.ed. _____ nel C.C. FORNACE

Coordinate geografiche di 2 spigoli opposti dell'area di intervento o della costruzione (sistema di riferimento UTM-ETRS89)		
Spigolo 1	Est 670314	Nord 5110756
Spigolo 2	Est 671684	Nord 5110957

Il sottoscritto Fontanari Andrea

nato a Trento il 09/11/1989 C.F. FNTNDR89S09L378A

residente a Pergine Vals. via dei Caldonazzi - Fraz. Serso-64

Iscritto all'Ordine dei Geologi

della Prov. di Trento n. iscriz. 290

consapevole delle pene previste dal codice penale e dalle leggi speciali in materia per le dichiarazioni non veritiero e per la falsità in atti, risponde ai sensi degli articoli 47 e 76 del D.P.R. 28 dicembre 2000, n. 445 recante "Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia di documentazione amministrativa", per le attestazioni e le dichiarazioni contenute nel presente modello. Resta ferma ogni altra forma di responsabilità prevista dall'ordinamento vigente.

PREMESSO

- che è in possesso dei requisiti professionali richiesti per la predisposizione di relazioni o studi di compatibilità ai sensi del Capo IV delle norme di attuazione del Piano urbanistico provinciale (l.p. 27 maggio 2008, n. 5)

- che opera nella qualità di tecnico incaricato di valutare la compatibilità di un intervento ricadente in area con:¹

Classi di penalità	Tipo di fenomeno
<input type="checkbox"/> elevata (P4, norme del PUP, art. 15, c. 4)	<input type="checkbox"/> idraulici
<input checked="" type="checkbox"/> media (P3, norme del PUP, art. 16, c. 3)	<input checked="" type="checkbox"/> geologici
<input checked="" type="checkbox"/> bassa (P2, norme del PUP, art. 17, c. 2)	<input type="checkbox"/> valanghivi
<input type="checkbox"/> da approfondire (APP, norme del PUP, art. 18, c. 2)	<input type="checkbox"/> incendi boschivi
<input type="checkbox"/> residua da valanga (PRV, norme del PUP, art. 18, c. 2)	

- che ha preso visione dei contenuti delle carte della pericolosità in relazione a tutti i fenomeni attesi e dei contenuti della Carta di sintesi della pericolosità rispetto alle diverse tipologie di fenomeni e alle relative classi di penalità;

¹ Barrare la casella di interesse o più caselle nel caso di concomitanza di più classi di penalità

- che dalle analisi effettuate, come illustrato nei contenuti della relazione o dello studio e riportato espressamente nel capitolo relativo alle "CONCLUSIONI DELLA RELAZIONE O DELLO STUDIO" in ordine alla compatibilità degli interventi, emerge quanto segue:²

- nel caso di interventi di ristrutturazione degli edifici esistenti, di cui all'articolo 15, comma 4 delle norme di attuazione del PUP, ricadenti nelle aree con penalità P4, la relazione tecnica allegata al progetto dimostra l'idoneità degli accorgimenti costruttivi o di utilizzazione degli edifici a ridurre la vulnerabilità delle persone e dei beni;
- nel caso di bonifiche agrarie, se con superficie inferiore a un ettaro, ricadenti nelle aree con penalità P4 e con penalità P3 lo studio di compatibilità allegato al progetto analizza dettagliatamente le condizioni di pericolo e definisce gli accorgimenti costruttivi di carattere localizzativo e/o strutturale per la realizzazione degli interventi e quelli per la loro utilizzazione, atti a tutelare l'incolumità delle persone e a ridurre la vulnerabilità dei beni;
- nel caso di interventi di cui all'articolo 16, comma 3, lettere a) e c) delle norme di attuazione del PUP, ricadenti nelle aree con penalità P3, lo studio di compatibilità allegato al progetto analizza dettagliatamente le condizioni di pericolo e definisce gli accorgimenti costruttivi di carattere strutturale, localizzativo e architettonico per la realizzazione degli interventi e quelli per la loro utilizzazione, atti a tutelare l'incolumità delle persone e a ridurre la vulnerabilità dei beni;
- nel caso di interventi di cui all'articolo 16, comma 3, lettera d) delle norme di attuazione del PUP, ricadenti nelle aree con penalità P3, lo studio di compatibilità allegato al progetto prevede la riduzione del rischio così come previsto al punto 6 dell'Allegato C;
- nel caso di interventi di cui all'articolo 17, comma 2 delle norme di attuazione del PUP, la relazione tecnica allegata al progetto attesta la compatibilità e assicura, in fase di redazione della medesima relazione tecnica, l'adozione degli accorgimenti che andranno recepiti in sede progettuale, per garantire la funzionalità anche al manifestarsi degli eventi attesi;
- nel caso di interventi di cui all'articolo 18, comma 2 delle norme di attuazione del PUP, ricadenti
 - nelle aree da approfondire per presenza di fenomeni alluvionali in corrispondenza del reticolo idrografico, lo studio allegato al progetto attesta la compatibilità dell'intervento con l'assetto del corso d'acqua, con il pericolo atteso e le caratteristiche strutturali e idrauliche delle sezioni di deflusso se il corso d'acqua è coperto o tombinato;
 - nelle aree da approfondire per presenza di fenomeni valanghivi, la relazione nivologica allegata al progetto individua gli accorgimenti (opere difensive e/o misure gestionali) atti a tutelare l'incolumità delle persone;
 - nelle aree con penalità residua da valanga, lo studio di compatibilità allegato al progetto analizza dettagliatamente le condizioni di pericolo e definisce gli accorgimenti costruttivi di carattere strutturale, localizzativo e architettonico per la realizzazione degli interventi e quelli per la loro utilizzazione, atti a tutelare l'incolumità delle persone e a ridurre la vulnerabilità dei beni.
- (altro)

² Barrare le caselle di interesse

ASSEVERA

che la relazione o lo studio di compatibilità in oggetto analizza compiutamente la specifica pericolosità dei fenomeni indicati in premessa nonché i loro potenziali effetti sull'intervento proposto, e consente di attestarne la compatibilità mediante i seguenti **accorgimenti**, dettagliatamente descritti nel capitolo conclusivo della relazione o dello studio di compatibilità:

- verifica del grado di pericolosità sulla base di approfondimenti in ragione della situazione locale del territorio senza la necessità di individuare azioni di misure strutturali o gestionali
- attuazione di misure strutturali:
 - per la riduzione della pericolosità;
 - per la riduzione della vulnerabilità del bene esposto attraverso accorgimenti costruttivi e/o localizzativi;
- definizione di misure non strutturali, costituite da regole gestionali, a cui subordinare l'utilizzo delle opere in fase di esercizio. L'attuazione di tali misure è di esclusiva responsabilità del proprietario e/o del gestore dell'opera e, nel caso di interventi di natura privata, non comporta ricadute, modifiche o integrazioni del piano di protezione civile comunale.

Data 10/11/2025

Timbro e firma



Ai sensi dell'articolo 38 del d.P.R. 445 del 28 dicembre 2000, la presente dichiarazione è stata:

- sottoscritta, previa identificazione del/i richiedente/i, in presenza del dipendente addetto

(indicare in stampatello il nome del dipendente)

- sottoscritta e presentata unitamente a copia fotostatica non autenticata di un documento di identità del/i sottoscrittore/i.

COMUNE DI FORNACE

PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO

**PROGETTO
PROGRAMMA DI ATTUAZIONE COMUNALE
AREA ESTRATTIVA PIANACCI – S.STEFANO-SLOPI E VAL DEI SARI
NEL COMUNE DI FORNACE**

OGGETTO

RELAZIONE GEOLOGICA

SULLE INDAGINI, CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO
(contiene la relazione sulla modellazione sismica)

RELAZIONE GEOTECNICA

DI VERIFICA DELLA SICUREZZA E DELLE PRESTAZIONI
(contiene le verifiche geotecniche)

STUDIO DI COMPATIBILITÀ'

Geol. Andrea Fontanari

Iscrizione Albo Geologi n. 290

Via dei Caldonazzi, 64 Fraz.Serso

Pergine Valsugana 38057 (TN)

Cell.3408797231

andrea.fontanari@gmail.com



Il progettista

(è responsabilità del progettista la definizione del piano delle indagini, la caratterizzazione e la modellazione geotecnica NTC §6.2.2)

timbro e firma

NOVEMBRE 2025

PREMESSE

OGGETTO

Relazione geologica – geomeccanica e studio di compatibilità di supporto al programma di attuazione comunale dell'area estrattiva Pianacci – S.Stefano – Slopi e val dei Sari, Comune di Fornace

La presente relazione è stata redatta in riferimento alle NTC DM dd 17.01.2018 ed alla L.P. n. 1/ 2017.

Normative di riferimento

D.M. 11.03.88

NTC DM dd 17.01.2018

L.P. n. 1/ 2017

GENERALITÀ

Il nuovo programma di attuazione comunale è volto alla pianificazione dell'attività estrattiva del porfido nel Comune di Fornace per i prossimi 18 anni. Rispetto al precedente programma di attuazione in tale programma viene modificata l'area estrattiva in quanto è stata stralciata un'area di 72.685 mq e si prevede l'aumento di 46.071 mq. L'area oggetto di stralcio è posta nella zona orientale dell'area a valle dell'abitato di S.Stefano ed a monte della viabilità provinciale tra le quote 630 e 700 m.s.l.m. in una zona ove la coltivazione è da anni esaurita o sospesa. La porzione in aumento è ubicata nella porzione nord-occidentale a monte dei macrolotti 2-3-4 nella porzione apicale del versante tra le quote 890 e 930 m s.l.m..

L'incremento dell'area estrattiva è funzionale a permettere una più sicura gradonatura del fronte di scavo che attualmente presenta pareti di altezza eccessiva e gradoni con spazi ristretti.

Nel nuovo programma di attuazione le altezze delle pareti vengono in genere ridotte a 10-12 m, salvo in alcune posizioni dove la coltivazione è già impostata con pareti ad altezza maggiore e non risulta possibile ridurre l'altezza per problemi di spazio.

A differenza del programma precedente in questa sede la nuova lottizzazione prevede l'introduzione di solo 4 macrolotti.

L'area in ampliamento attualmente si presenta a bosco con una copertura detritica da assente a modesta con spessori entro i 3-4 m, lungo il versante si nota in più punti l'affioramento del substrato roccioso. Osservando l'attuale fronte e le

fotografie storiche realizzate durante la scopertura del giacimento nel 2012 si può osservare come in alcune porzioni sia presente substrato roccioso caratterizzato da notevole dislocazione.

L'area estrattiva si estende a nord del paese di Fornace ed ingloba la località S.Stefano.

La Carta di Sintesi delle Pericolosità inserisce l'area in esame in parte tra le **aree con penalità medie**:

1. *Sono aree con penalità medie quelle che, per i particolari caratteri geologici, idrologici, nivologici o forestali, sono esposte ad eventi mediamente gravosi per combinazione d'intensità e frequenza.*
2. *Nelle aree con penalità medie è vietata ogni attività di trasformazione urbanistica ed edilizia, fatte salve le opere di difesa e prevenzione volte alla riduzione o all'eliminazione del pericolo.*
3. *In deroga al comma 2 e a condizione che un apposito studio di compatibilità allegato al progetto analizzi dettagliatamente le condizioni di pericolo e definisca gli accorgimenti costruttivi di carattere strutturale, localizzativo e architettonico per la realizzazione degli interventi e quelli per la loro utilizzazione atti a tutelare l'incolumità delle persone e a ridurre la vulnerabilità dei beni, possono essere realizzati:*
 - a) *gli interventi ammessi ai sensi del comma 3 dell'articolo 15;*
 - b) *le opere di infrastrutturazione e le bonifiche agrarie, previa autorizzazione della Provincia;*
 - c) *gli interventi ammessi ai sensi del comma 4 dell'articolo 15, con possibilità di ampliamento, per gli edifici esistenti alla data di entrata in vigore di questo piano urbanistico provinciale, non superiore al 10 per cento del volume esistente;*
 - d) *gli interventi di trasformazione urbanistica ed edilizia, diversi da quelli di cui alle lettere a), b) e c) e già previsti dai vigenti piani regolatori generali alla data di entrata in vigore di questo piano urbanistico provinciale, purché siano realizzate apposite opere difensive che consentano il declassamento della pericolosità o siano adottate, in relazione ai fenomeni attesi, adeguate misure di sicurezza afferenti l'utilizzazione degli immobili; queste opere o misure devono essere realizzate prima dell'inizio dei lavori; se ciò non risulta tecnicamente possibile è ammessa la loro realizzazione prima della fine dei lavori o del collaudo, sulla base di un programma temporale e finanziario da riportare nello studio di compatibilità.*

Parte del progetto ricade in **area a penalità bassa**:

1. Sono aree con penalità basse quelle che, per i particolari caratteri geologici, idrologici, nivologici o forestali, sono esposte ad eventi moderatamente gravosi per combinazione d'intensità e frequenza.
2. Nelle aree con penalità basse sono ammessi, oltre agli interventi consentiti ai sensi degli articoli 15 e 16, le sole attività di trasformazione urbanistica ed edilizia aventi caratteristiche costruttive e di utilizzazione compatibili con le locali condizioni di pericolo, secondo quanto previsto dai piani regolatori generali, tenuto conto dei criteri stabiliti dalla Giunta provinciale ai sensi del comma 3 dell'articolo 14 e delle disposizioni della legge urbanistica. I relativi progetti sono corredata da un'apposita relazione tecnica che attesta la compatibilità e assicura l'adozione degli accorgimenti necessari per garantirne la funzionalità anche al manifestarsi degli eventi attesi.

Dalla Carta delle Risorse Idriche parte dell'area estrattiva, in particolare l'area di lavorazione nella porzione sud-orientale ricade nella zona di rispetto e protezione della sorgente Slopi.

Nelle zone di **rispetto idrogeologico** sono vietati l'insediamento dei seguenti centri di pericolo e lo svolgimento delle seguenti attività:

- dispersione di fanghi ed acque reflue, anche se depurati;
- accumulo di concimi chimici, fertilizzanti o pesticidi;
- spandimento di concimi chimici, fertilizzanti o pesticidi, salvo che l'impiego di tali sostanze sia effettuato sulla base delle indicazioni di uno specifico piano di utilizzazione che tenga conto della natura dei suoli, delle colture compatibili, delle tecniche agronomiche impiegate e della vulnerabilità delle risorse idriche;
- dispersione nel sottosuolo di acque meteoriche provenienti da piazzali e strade;
- aree cimiteriali;

Nelle **zone di protezione**, fermi restando i vincoli e le prescrizioni di carattere igienico-sanitario, gli strumenti di pianificazione territoriale possono adottare misure relative alla destinazione del territorio interessato, limitazioni e prescrizioni per gli insediamenti civili, turistici, produttivi, agroforestali e zootecnici. Gli interventi riguardanti la dispersione degli scarichi in suolo - ad eccezione delle acque bianche non inquinate - lo stoccaggio di rifiuti, reflui e sostanze chimiche pericolose, la realizzazione di depositi di combustibili liquidi sono subordinati alle

prescrizioni contenute in una specifica relazione idrogeologica redatta da un geologo abilitato.

L'area non risulta essere in anagrafe dei siti contaminati da bonificare.

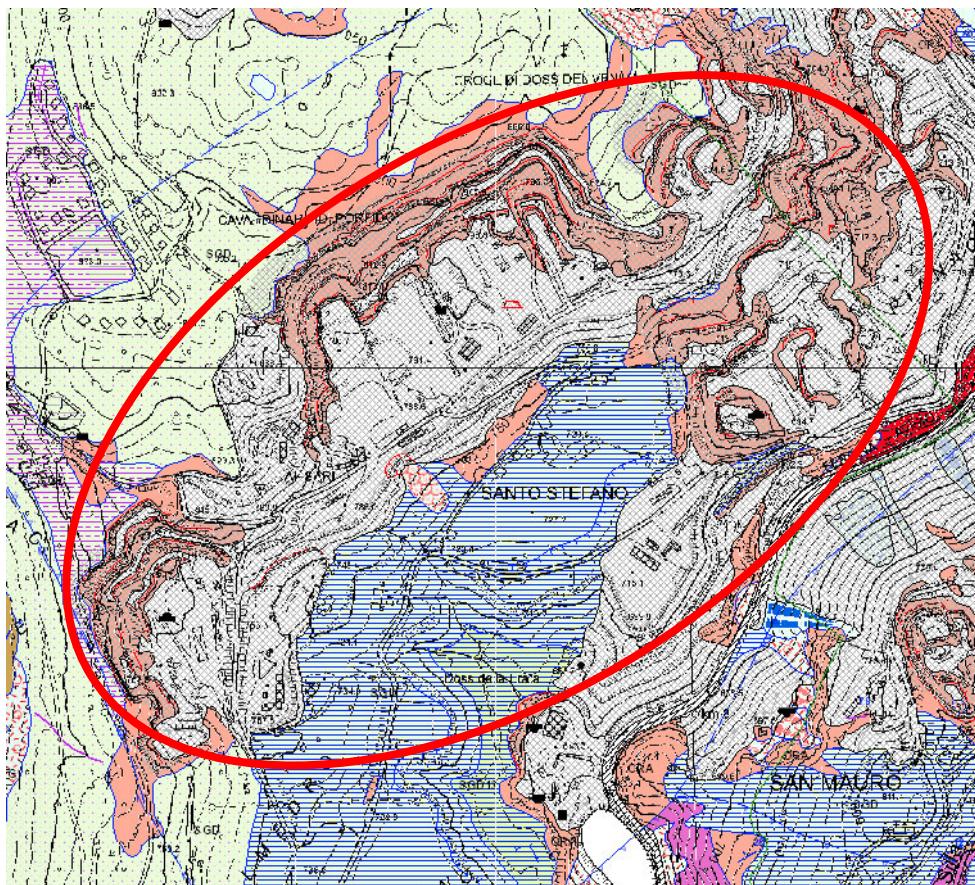
MODALITA' D'INDAGINE

La presente relazione è stata eseguita in ottemperanza a quanto stabilito dal D.M. 11.03.88 ed alle L.P. 7/2007 e L.P.1/2017. "Disciplina dell'attività di cava", tenendo conto delle NTC DM n. 8 dd 17.01.2018 e relativa circolare n. 7 dd 21.07.2019.

In particolare sono stati eseguiti accertamenti d'ordine generale riguardanti notizie storiche sull'evoluzione dei fronti di scavo, sulla circolazione idrica superficiale e profonda e su altri aspetti che potessero influire sulle modalità esecutive della coltivazione. Per questi aspetti si è fatto riferimento alle informazioni raccolte dagli operatori del settore e agli studi esistenti.

In seguito all'esame del progetto sono stati effettuati più sopralluoghi allo scopo di verificare l'assetto geologico, idrogeologico e geomeccanico dell'ammasso roccioso in relazione alle modalità di coltivazione adottate, anche in funzione della salvaguardia delle opere di servizio e di terzi, site in prossimità dell'area estrattiva. E' stata effettuata la classificazione dell'ammasso roccioso.

MODELLO GEOLOGICO



estratto della carta geologica redatta dalla Pat ove si nota l'area di cava con le pareti appartenenti alla formazione di Ora della Piattaforma Porfirica Atesina. Verso nord-ovest sono presenti ancora depositi morenici che ricoprono il substrato, mentre zona di S.Stefano e Fornace sono presenti depositi fluvio-gliaciali.

MORFOLOGIA E GEOLOGIA

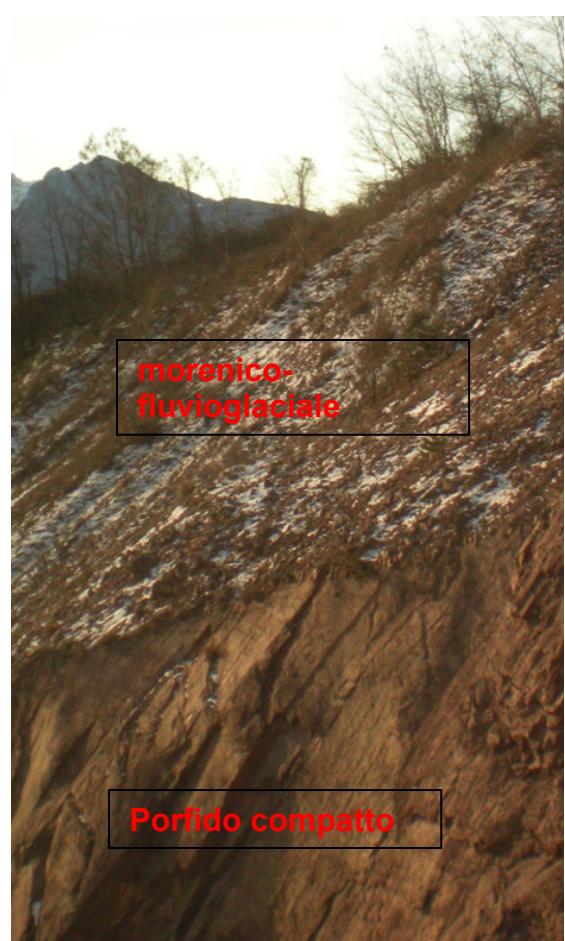
L'intera area estrattiva denominata Pianacci – S.Stefano-Slopi e Val dei Sari (tav.5.05 PPUSM) costituisce una porzione del giacimento del M.Gorsa che prende il nome dalla montagna sita tra Fornace, Lases ed Albiano che si può definire il baricentro di tutta l'attività di escavazione del porfido nella nostra regione. M. Gorsa è una montagna di soli 1042 m s.l.m. e di forma conica abbastanza regolare. Le pendici si presentano erte, soprattutto verso N ed E dove le inclinazioni medie raggiungono i 40°. La circolazione idrica superficiale è limitata ad alcune vallecole, oggi in parte inglobate dalla coltivazione, dove in seguito ad eventi piovosi convergono le acque di versante. Si tratta per lo più di manifestazioni limitate nel tempo e che tendono subito a scomparire per infiltrazione nel terreno. Infatti, nella porzione superficiale il suolo presenta elevate permeabilità, per la presenza di detrito di falda o morenico-fluvio glaciale, ma soprattutto per l'elevato grado di alterazione e scompaginazione della roccia, nei primi metri di profondità. Anche la fratturazione dell'ammasso roccioso compatto contribuisce alla capacità di ritenere l'acqua piovana, garantendo nel tempo un

rilascio sorgivo di acque vadose abbastanza regolare e tale da essere in più punti utilizzato come approvvigionamento.

In corrispondenza dell'area estrattiva la conformazione originaria del territorio è stata quasi totalmente modificata dall'intervento antropico. In seguito alla attività di cava si sono creati notevoli dislivelli che si raccordano con gradoni intermedi variamente orientati.

I litotipi presenti nell'area di cava sono massimamente rappresentati da riolite ignimbritica (porfido), da accumuli di detrito di scarto misto a cappellaccio e da cappellaccio morenico. Si riportano qui di seguito le caratteristiche geotecniche indicative dei principali litotipi riscontrati.

TIPOLOGIA E CARATTERISTICHE DEI MATERIALI



Dettaglio della copertura dove si osservano i vari litotipi presenti nel contesto estrattivo



Dettaglio dello strato di porfido rovesciato presente nella porzione sommitale dell'area estrattiva



dettaglio della porzione superiore dell'area estrattiva



dettaglio della porzione di detrito morenico-fluvioglaciale presente nella porzione sud-orientale a valle dei lotti privati

I litotipi presenti nell'area estrattiva sono massimamente rappresentati da roccia ignimbritica (porfido), da accumuli di detrito di scarto misto a cappellaccio (porfido non sfruttabile), depositi eluvio-colluviali e fluvioglaciali.

- Porfido (Permo Trias)

Geologicamente trattasi di "ignimbrite riolitica". Si presenta variamente fratturata con zonazioni, anche vicine, in cui i lassi caratteristici vanno a scomparire per conferire alla roccia un aspetto massivo. Con il termine porfido s'intende sia la porzione di cappellaccio roccioso alterato (porfido rovesciato) che la porzione lastrificata, oggetto di coltivazione.

Il comportamento meccanico di questo litotipo è strettamente legato all'orientamento della sua fratturazione rispetto alle superfici libere. I risultati dello studio geomeccanico eseguito sono riportati dettagliatamente in un successivo paragrafo.

La permeabilità è strettamente connessa al grado di fratturazione ed è direzionata secondo le linee delle principali discontinuità.

Porfido compatto

Peso di volume	2540 Kg/mc
Angolo di attrito interno	25°-35°
Coesione	200-300 kPa
permeabilità	Secondaria per fratturazione

Porfido rovesciato

Peso di volume	2000-2200 Kg/mc
Angolo di attrito interno	38°-42°
Coesione	0-50 kPa
permeabilità	1×10^{-3} - 1×10^{-4} m/s

- Cappellaccio detritico di copertura

Presente ai margini del contesto estrattivo o nella porzione occidentale del macrolotto 4 ove non risulta ancora eseguita la scopertura. La zona oggetto di ampliamento è interessata dalla presenza di tale terreno specialmente nella porzione orientale dove già allo stato attuale a monte del gradone sommitale è presente con spessori fino a 3-4 m. Con questo termine è inteso tutto il terreno granulare che ricopre l'ignimbrite riolitica. Si tratta soprattutto della diffusa facies di deposizione morenico-fluvioglaciale parzialmente coesiva e dei depositi eluvio-colluviali.

Detrito morenico-fluvioglaciale

Peso di volume	1800-1900 Kg/mc
Angolo di attrito interno	30°-35°
Coesione	0-5 kPa
permeabilità	1×10^{-4} - 1×10^{-5} m/s

Detrito eluvio-colluviale

Peso di volume	1800-1900 Kg/mc
Angolo di attrito interno	32°-36°
Coesione	0-5 kPa
permeabilità	1×10^{-3} - 1×10^{-4} m/s

- Materiali di discarica

Così s'indicano tutti quei materiali prodotti dalla cernita e dalla lavorazione del porfido; si tratta di frammenti rocciosi spigolosi, spesso piatti od allungati. Talvolta viene conferito in discarica anche il cappellaccio di copertura, per questo le caratteristiche geotecniche possono presentare variazioni anche nell'ambito dello stesso cumulo di detrito. Uno studio condotto da A. Armanini e F. Colleselli ha attribuito mediamente i seguenti valori per i parametri geotecnici: peso di volume

1600 Kg/mc; coesione 0 t/mq; attrito interno 38 gradi. La permeabilità è particolarmente elevata, generalmente maggiore di 0,1 cm/sec.

Peso di volume	1600Kg/mc
Angolo di attrito interno	36°-40°
Coesione	0 kPa
permeabilità	1×10^{-2} - 1×10^{-3} m/s

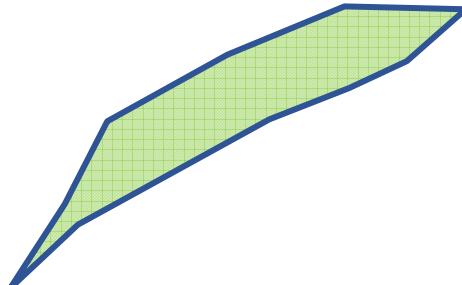
L'area in ampliamento nella porzione occidentale è interessata da una scarsa copertura detritica colluviale-fluvioglaciale e successivamente da porfido compatto o moderatamente rovesciato. Procedendo verso est aumenta lo spessore del porfido rovesciato ed anche del detrito superficiale. Gli spessori massimi di porfido rovesciato sono presenti in corrispondenza dell'attuale lotto 11 (porzione occidentale del futuro macrolotto 4), infatti tale lotto è rimasto non coltivato fino ad ora per la scarsa appetibilità.

Di seguito viene riportata la carta geologica dell'area ed alcune sezioni.

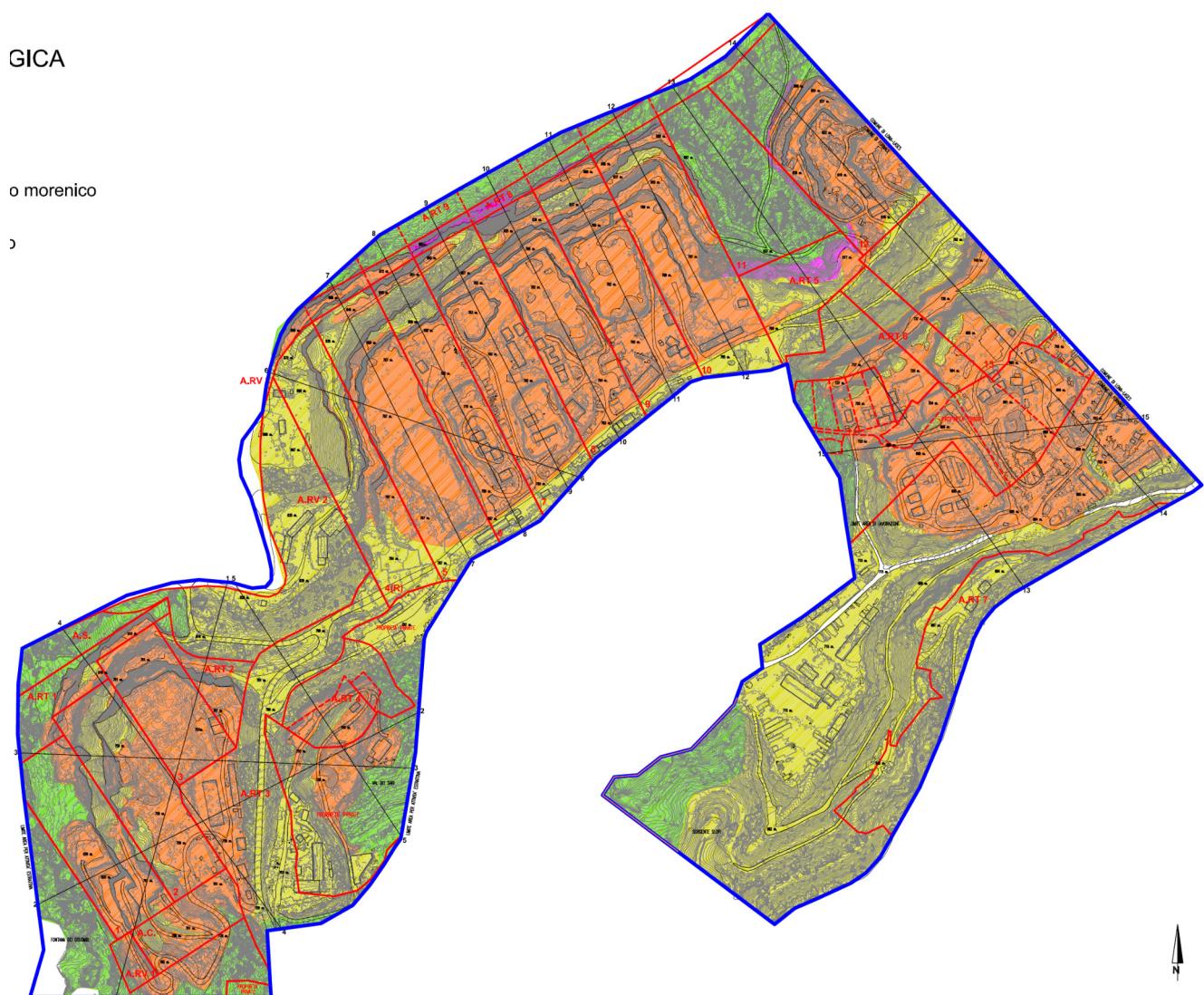
CARTA GEOLOGICA

LEGENDA

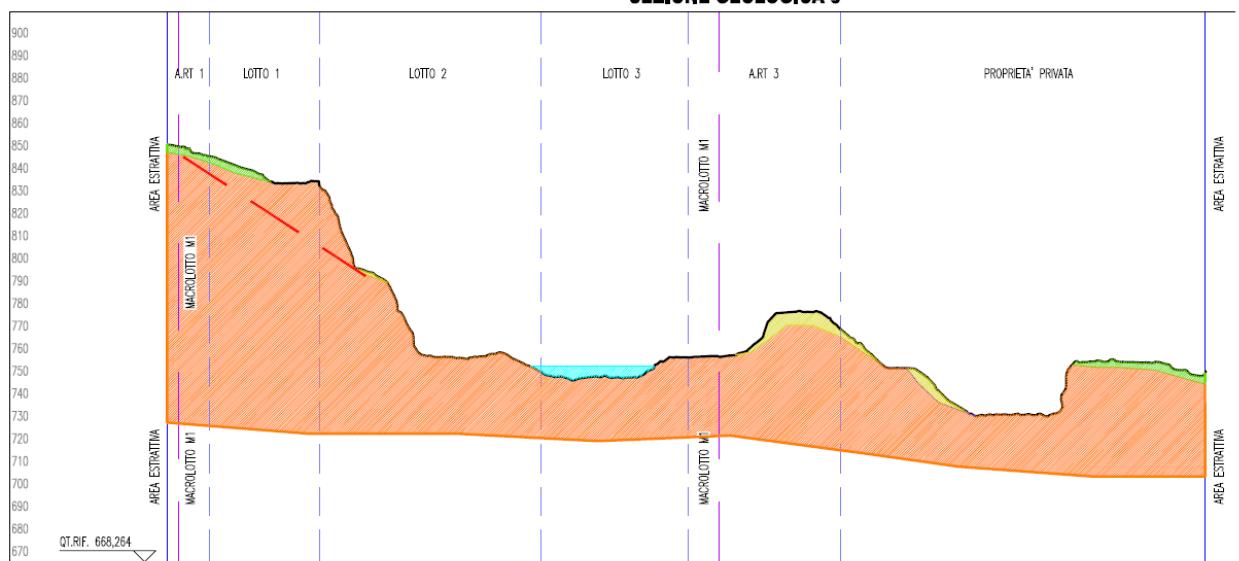
- [Green square] detrito colluviale o morenico
- [Yellow square] scarti di porfido
- [Pink square] porfido rovesciato
- [Orange square] porfido



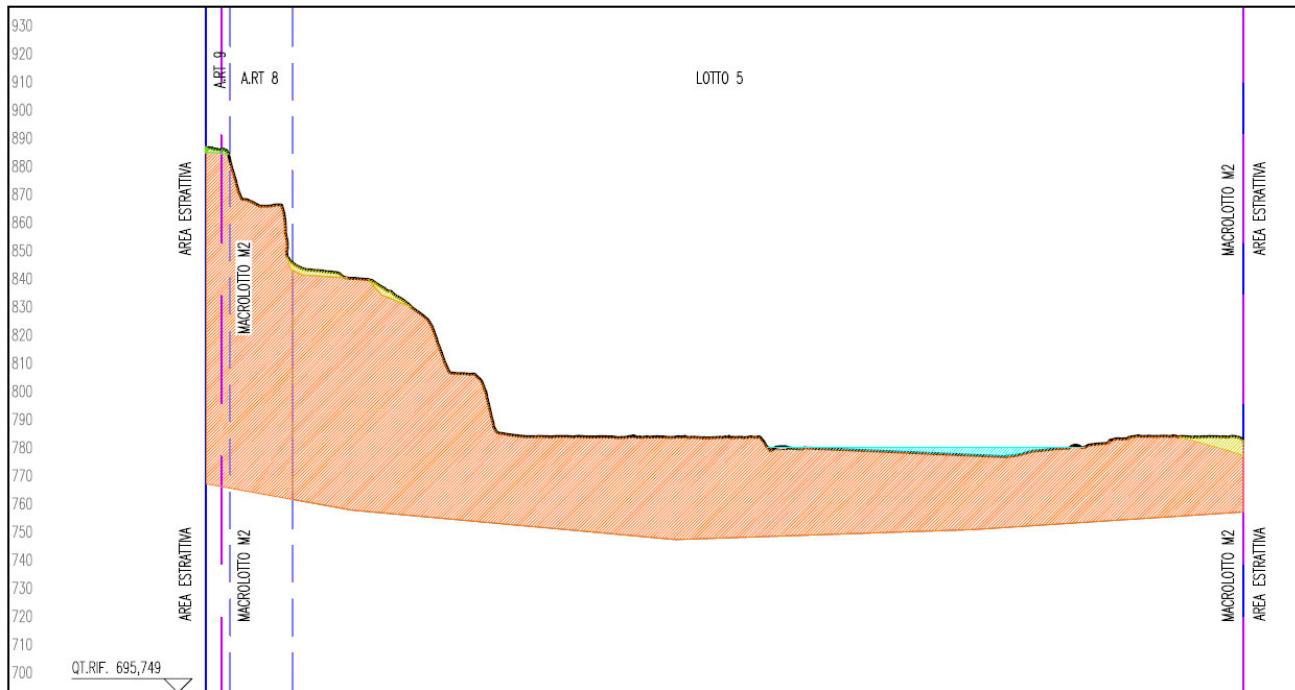
GICA



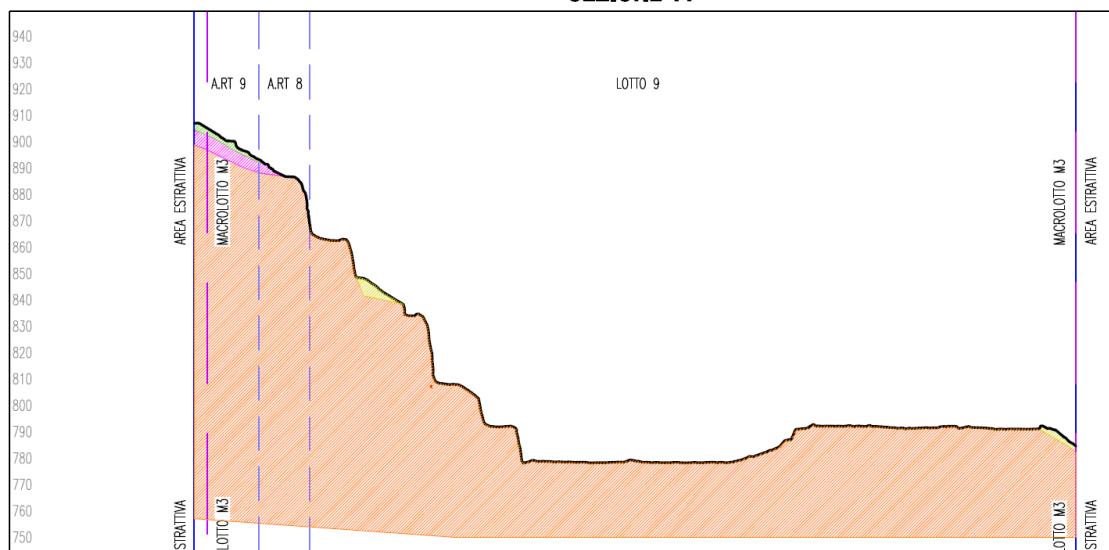
SEZIONE GEOLOGICA 3



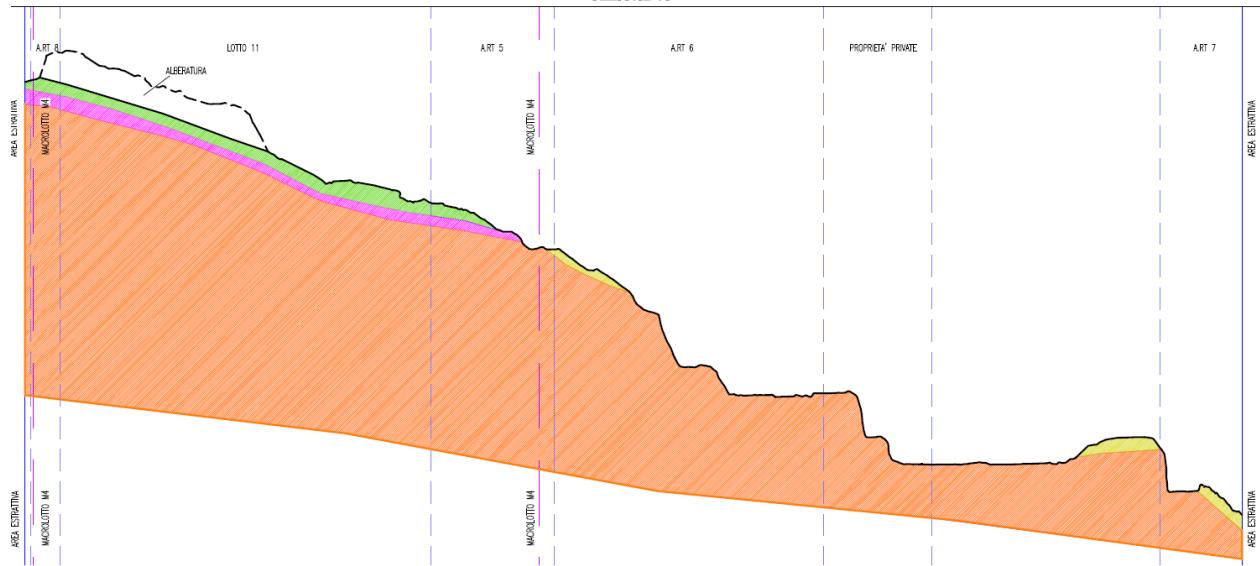
SEZIONE GEOLOGICA 7



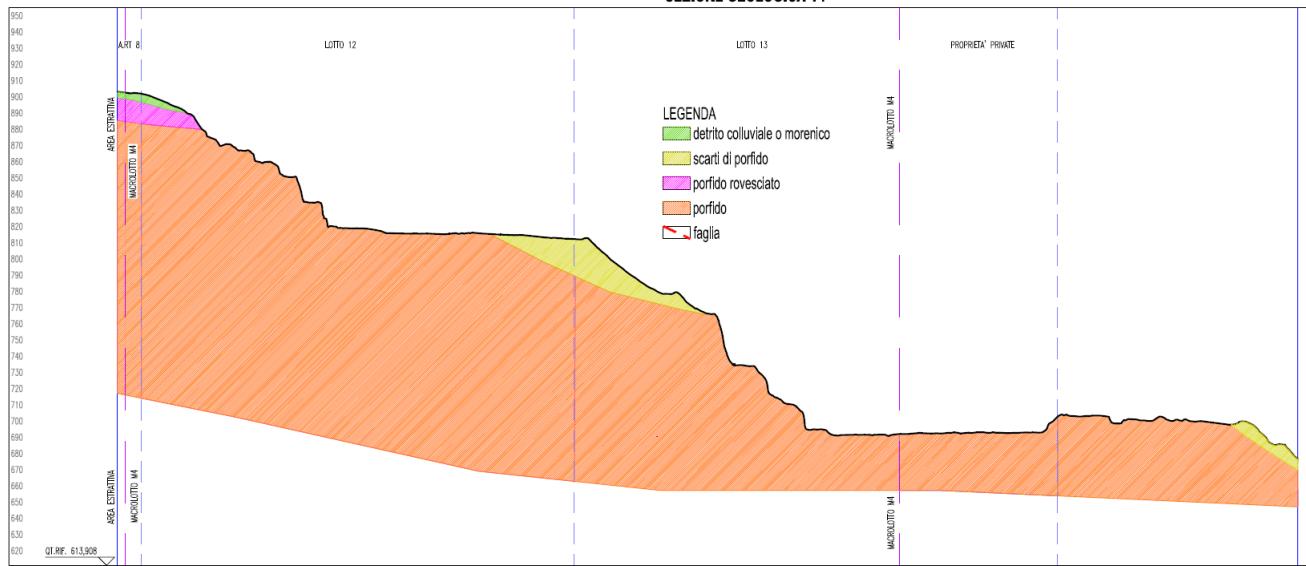
SEZIONE 11



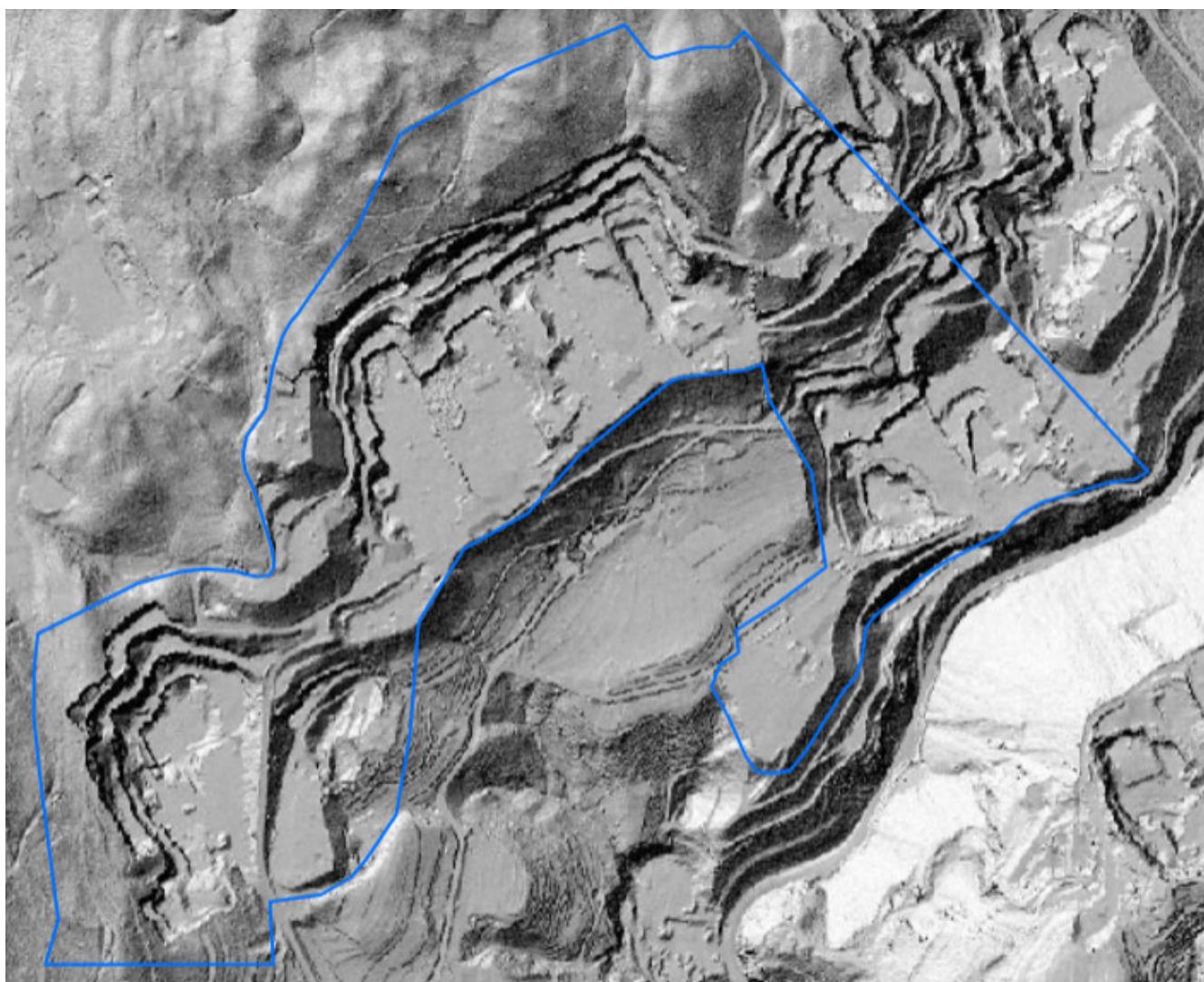
SEZIONE 13



SEZIONE GEOLOGICA 14



CIRCOLAZIONE IDRICA



Estratto della carta dell'ombreggiamento ottenuta da dati LiDAR ove si osserva l'assenza di evidenti incisioni a amonte dell'area estrattiva

ACQUE SUPERFICIALI

La superficie topografica attuale consiste in un pendio coltivato a cava in pendenza con zone di ribasso dove tendono ad accumularsi temporaneamente le

acque per poi evaporare od infiltrarsi nell'ammasso roccioso lungo le discontinuità presenti naturalmente. A monte sono osservabili delle modeste linee d'impluvio ma con assenza di bacini di raccolta di una certa rilevanza. Le acque superficiali sono costituite unicamente da quelle di ruscellamento, anche se di tipo diffuso. Il loro smaltimento avviene naturalmente a dispersione per scorrimento a letto delle porzioni in detrito, affiorando e scorrendo superficialmente dove la roccia viene a giorno, a valle dell'abitato di S.Stefano, al margine dell'area estrattiva è presente una sorgente denominata Slopi che ha come bacino l'area occidentale della zona estrattiva. Il rio Saro si pone come elemento di drenaggio di tutta la porzione a sud-ovest costituendo l'originaria prosecuzione dell'impluvio della località pian del Gacc, ora interrotta dagli scavi minerari. Alle quote inferiori le acque del rio Saro si immettono nel lago di Valle per poi proseguire nel torrente Silla e successivamente nel torrente Fersina. La dove la coltivazione del porfido è sospesa si sono originati nei ribassi depositi idrici che trovano smaltimento principale nella evaporazione e solo secondariamente all'interno dell'ammasso roccioso per fratturazione.

Accumuli temporanei e localizzati si formano nell'area di cava, dove i piazzali o i gradoni presentano una contropendenza rispetto al versante o soglie di ritenzione.

ACQUE IPOGEE

Una certa attività idrica ipogea, residua in seguito a forti precipitazioni, si manifesterà in corrispondenza delle porzioni rocciose affioranti a maggiore fratturazione, intercettate dagli scavi e lungo i gradoni di coltivazione. Si tratta di modesti flussi, individuati e descritti nella relazione geologica originaria del PDA d.d.marzo 2001 a cui si rimanda per un approfondimento.

NOTE SUI FLUSSI SUPERICIALI

La zona è solo parzialmente boscata, specialmente quella in incremento e presenta una superficie con irregolarità morfologiche tali da garantire scarsa corrivazione. Lo stesso porfido scompaginato, costituente il substrato del cotico vegetale è in grado di trattenere notevoli quantità d'acqua che verranno poi rilasciate nel tempo. La fase più esposta al rischio di dilavamento superficiale risulta essere quella transitoria di coltivazione; anche per questo motivo i gradoni presenteranno un tomo esterno cosicché le acque di pioggia verranno contenute sul gradone stesso dove troveranno successivo smaltimento spontaneo per

evaporazione o filtrazione secondaria nella roccia fratturata, nonché per utilizzo di bagnatura dei piazzali e delle superfici transitabili. Per quanto sopra esposto i quantitativi che possono accumularsi nei ribassi di cava sono quelli legati all'area interessata dal ribasso.

Si ricorda che per quanto riguarda le condizioni superficiali la situazione finale di ripristino, ad avvenuto attecchimento vegetativo, risulterà del tutto analoga a quella del versante naturale, pertanto le acque di pioggia verranno massimamente trattenute dal versante nelle porzioni detritiche superficiali per cui il deflusso spontaneo può essere considerato accettabile senza scarichi e tubazioni.

La gestione delle acque, come meglio specificato all'interno dell'approfondimento eseguito dall'Ing.Fontana, mira a realizzare una zona di accumulo, posta in posizione ribassata rispetto al gradone di ribasso, internamente ad ogni macrolotto o porzione privata di area estrattiva ove le acque tendono ad accumularsi per poi essere utilizzate per le operazioni di bagnatura dei piazzali e per l'abbattimento delle polveri prodotte dai macchinari. L'utilizzo dovrà essere autorizzato da parte del Servizio Provinciale Competente.

Nel caso di situazioni in cui si necessiti l'eduzione di acque da sottoscavi o zone allagate lo smaltimento dovrà avvenire secondo le indicazioni ed i limiti imposti dall'art.25 del dPGP 26/01/1987, n.1-41.

A tal proposito l'accumulo di acque nei ribassi ancorchè con la formazione di cospicui volumi di ristagno, non genera problemi di instabilità. La posizione di questi accumuli risulta incassata nella roccia compatta a distanza dal pendio con possibilità di poter espandersi in zone sostanzialmente stabili.

Nella condizione finale di ripristino gran parte dei vuoti minerari relativi ai ribassi verrà colmata ottenendo un terreno saturo per cui non cambieranno le condizioni di spinta idrostatica rispetto al contorno del bacino.

Per quanto riguarda l'aspetto di gestione degli emungimenti:

Gli operatori economici siti nell'area estrattiva del Comune di Fornace dovranno disporre di sistemi di disoleazione delle acque di cava e delle acque di dilavamento delle superfici per poi convogliarle in un collettore appositamente realizzato che smaltisca le acque all'interno dei pozzi perdenti posti nella porzione orientale della discarica Slopi realizzati appositamente in passato per lo smaltimento delle acque derivate dai ribassi di cava al fine di evitare l'intorbidimento del lago di Valle.

I pozzi perdenti sono stati realizzati secondo il progetto redatto dall'ing.Castelli nel 2008 e garantiscono una capacità disperdente molto elevata stante il fatto che sono realizzati all'interno di un detrito costituito da scarti di porfido altamente drenante ($k=3\times 10^{-3}$ m/s).

RISCHI RELATIVI AL DEFLUSSO DELLE ACQUE

PROCESSO PRODUTTIVO E RISCHIO INQUINAMENTO

L'area estrattiva si sviluppa su una superficie complessiva di c.a. 670.000 mq, dei quali circa 2/3 effettivamente utilizzati per escavazione e piazzali di lavorazione. La maggior parte della superficie messa a nudo dagli scavi è costituita dai gradoni di coltivazione e solo una aliquota minoritaria è costituita dai piazzali di manovra. La presenza dei mezzi meccanici sui gradoni della cava è molto limitata e funzionale all'asporto del materiale estratto, circostanza che si ripete nello stesso punto della cava a distanza di anni, una volta che tutti i gradoni si sono arretrati completamente. L'uso di esplosivo sviluppa gas che si disperdono in atmosfera lasciando al suolo solo tracce residuali di nitrati gliceridi od ammoniacali.

La presenza dei mezzi meccanici sui piazzali è continua, durante l'orario di lavoro, e spesso avviene anche il travaso di oli minerali nelle operazioni di rifornimento e rabbocco.

In sintesi possiamo affermare che il rischio di inquinamento di oli è legato all'attività dei piazzali, mentre il rischio di inquinamento per materiali in sospensione è legato alla vasta superficie dei gradoni.

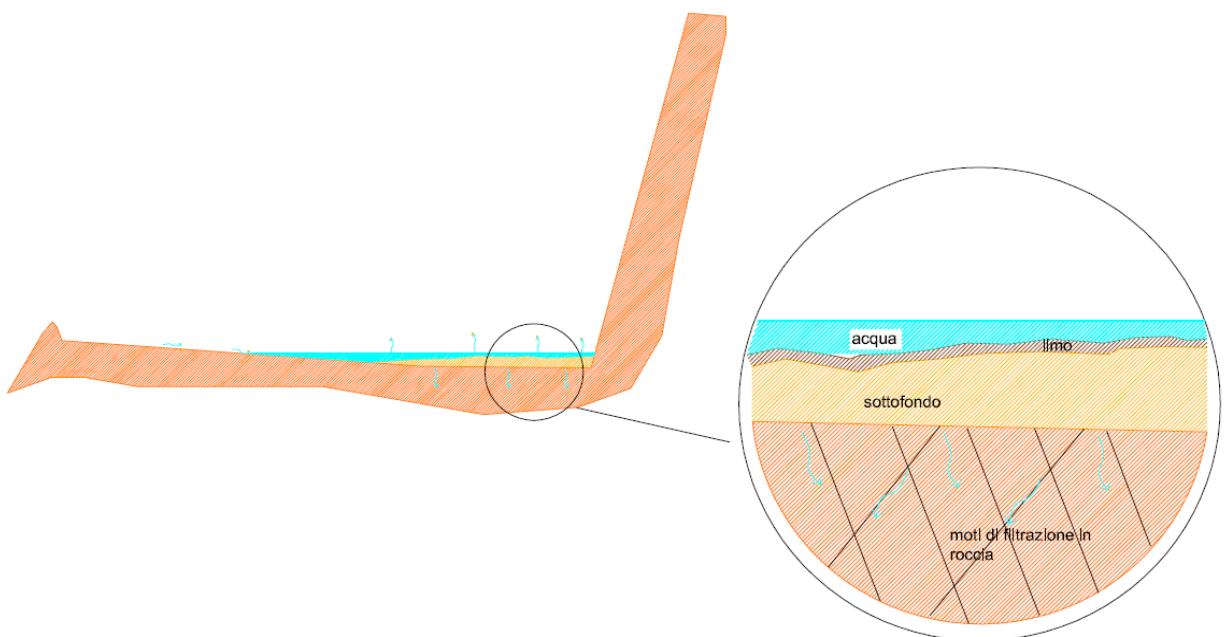
MECCANISMO DI DIFFUSIONE DEGLI INQUINANTI

acque torbide

Sia per effetto delle piogge persistenti (autunnali-primaverili) che di quelle intense (temporali estivi) le polveri presenti in cava passano in sospensione producendo una massa di acqua torbida proporzionale alla superficie di raccolta, che nelle piogge intense di un'ora può raggiungere i 47.8 l/mq. Appare evidente che la concentrazione dei flussi delle acque di pioggia somma le portate delle diverse superfici di raccolta aumentando la problematica relativa allo smaltimento. Il primo presidio per prevenire uno sversamento di acque torbide nella rete idrografica locale sarà quello di frazionare il più possibile le diverse superfici, così che le acque di pioggia restino nel sedime originario. I gradoni delle cave sono delimitati verso valle da un tomo che ha una funzione di sicurezza del transito ma funge

anche da contenimento delle acque di pioggia; in questo modo si formano pozzanghere che lentamente smaltiscono l'acqua torbida per evaporazione (50%-90%) o dispersione (50%-10%) a seconda delle condizioni climatiche.

Con la sola esclusione della presenza di vuoti carsici (non è il caso del porfido) o vuoti antropici (perforazioni), il moto filtrante nel terreno avviene in regime laminare e quindi le particelle in sospensione si depositano nel primissimo strato andando progressivamente ad intasare la via percorsa dall'acqua. In superficie la pozzainghera depositerà il caratteristico velo di limo che impermeabilizza il fondo (vedi illustrazione seguente).



particolare sullo smaltimento delle acque di pioggia

oli

Nel caso di sversamento di oli minerali, la loro diffusione sarà diversa se avverrà in assenza o presenza di pioggia. In caso di pioggia l'olio tenderà a disperdersi sulla massima superficie di contatto con l'acqua, galleggiando sulla stessa, distribuendosi su una vasta area.

DEFLUSSO ACQUE METEORICHE DI CAVA

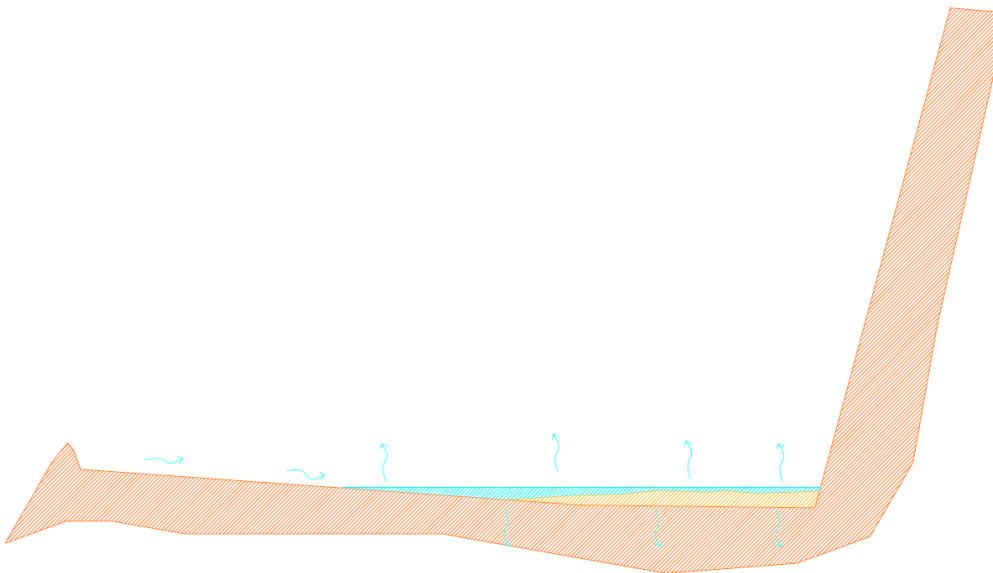
Con le premesse di cui sopra il deflusso delle acque meteoriche della cava dovrà rispettare essenzialmente due condizioni. La prima riguarda il confinamento delle acque internamente alla cava, la seconda che queste non vengano a contatto con lavorazioni che possano arricchirle di componenti inquinanti, nella fattispecie di oli minerali.

La prima condizione risulta oggi garantita. Con il progredire della coltivazione sarà possibile migliorare il sistema di deflusso secondo le indicazioni riportate nel paragrafo successivo.

La seconda condizione può essere garantita con accorgimenti da adottare in funzione del rischio specifico. Sull'eccezionalità della perdita di olio sui gradoni si potrà intervenire rimuovendo tempestivamente lo strato superficiale contaminato; sulle operazioni di travaso e rifornimento si potrà imporre che queste avvengano in una particolare posizione coperta e con sottofondo assorbente come meglio dettagliato nel paragrafo seguente.

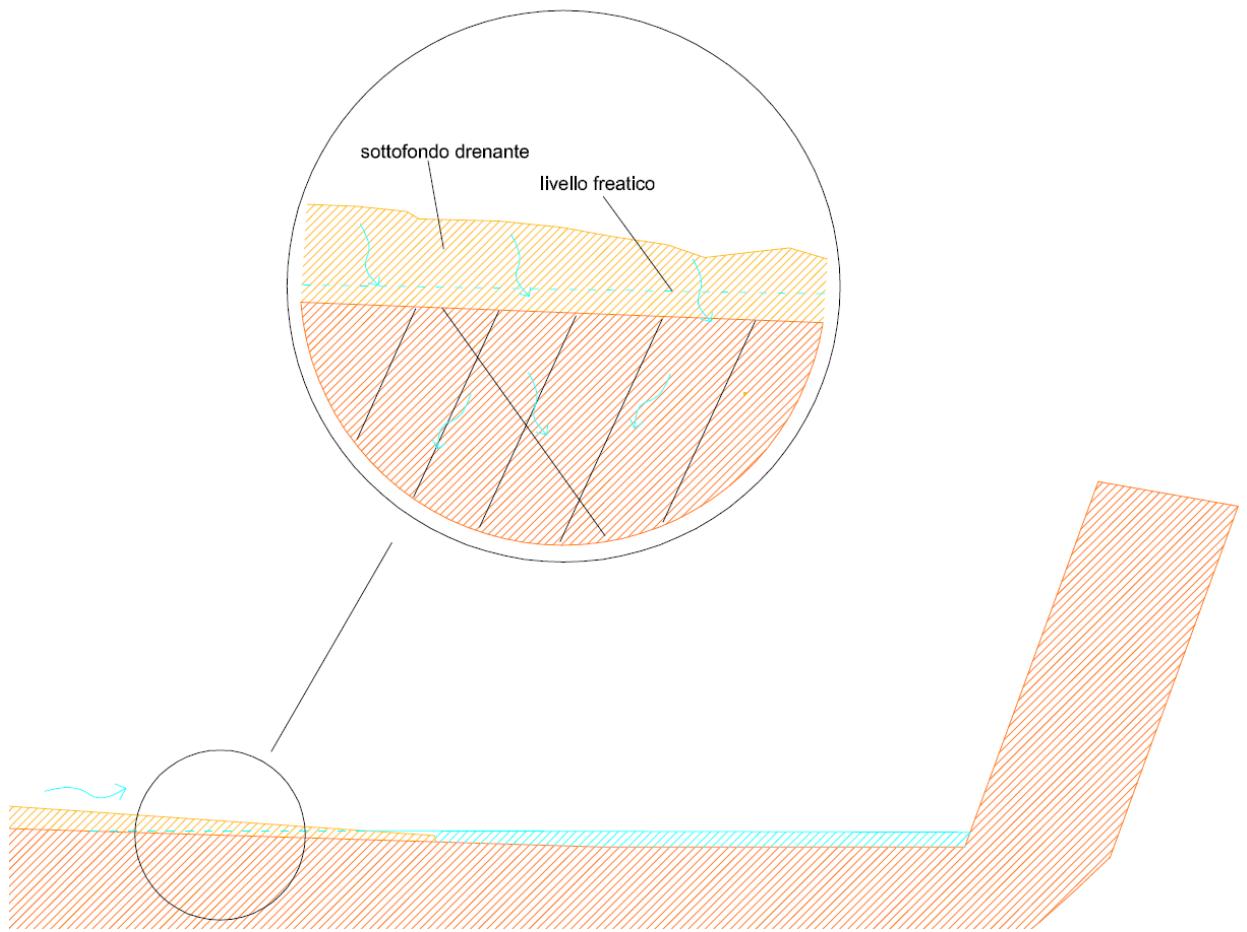
ACCORGIMENTI DA ADOTTARE

- La prosecuzione dei gradoni dovrà avvenire mantenendo un tomo sul ciglio ed una preferibile inclinazione verso l'interno, con pendenze tali da impedire che le acque fluiscano lungo la viabilità da un gradone ad un altro secondo il seguente schema.



sezione tipo per accumulo acque di pioggia sui gradoni

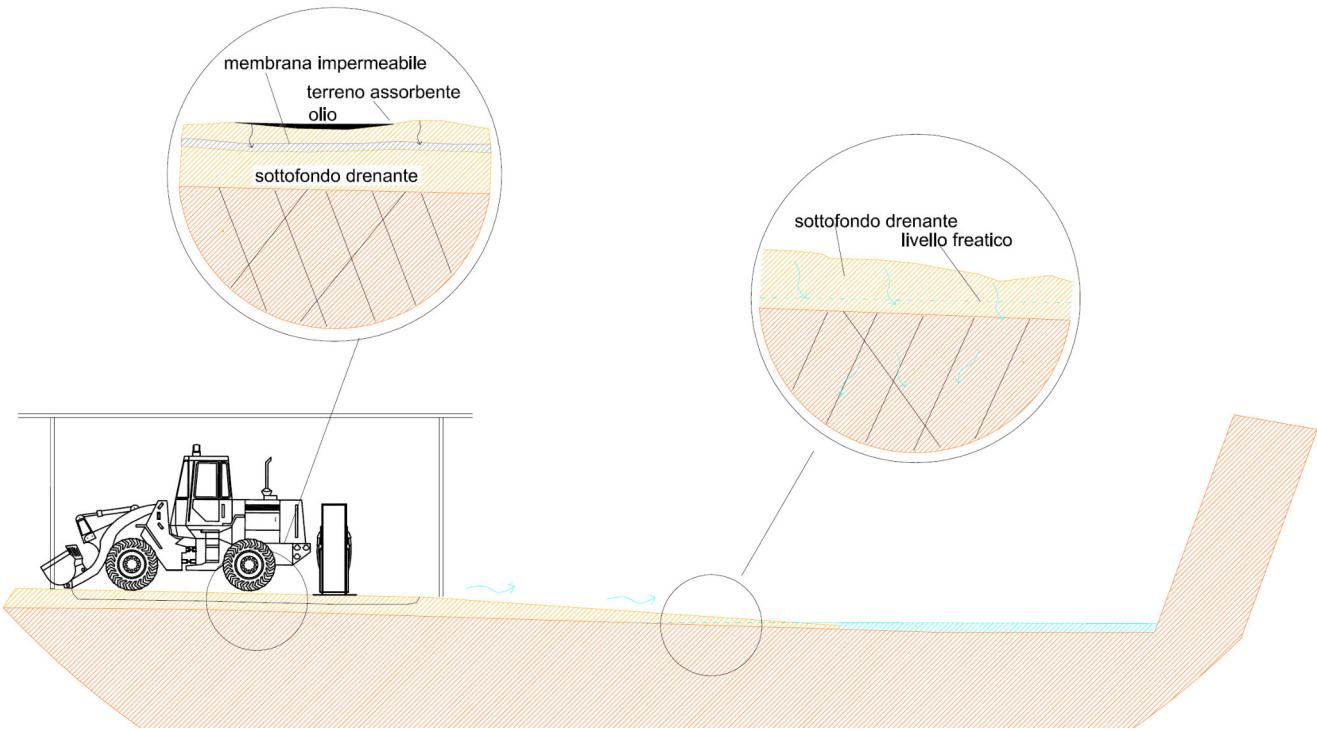
- Nei piazzali di lavorazione si dovrà evitare il ristagno di acqua nelle zone transitate ponendo in opera un sottofondo drenante e pendenze tali da convogliare le acque preferibilmente verso monte dove troveranno accumulo. Il volume di accumulo verrà all'occorrenza incrementato scavando vasche o fosse di dimensioni adeguate rispetto alla superficie del piazzale. La posizione degli accumuli risulterà marginale al piazzale ed in posizione non interessata dal transito dei mezzi, così che non possa avvenire il rimaneggiamento dell'accumulo e la contaminazione per perdita di oli.



particolare del piazzale con ricarica drenante e zona di accumulo verso il fronte roccioso

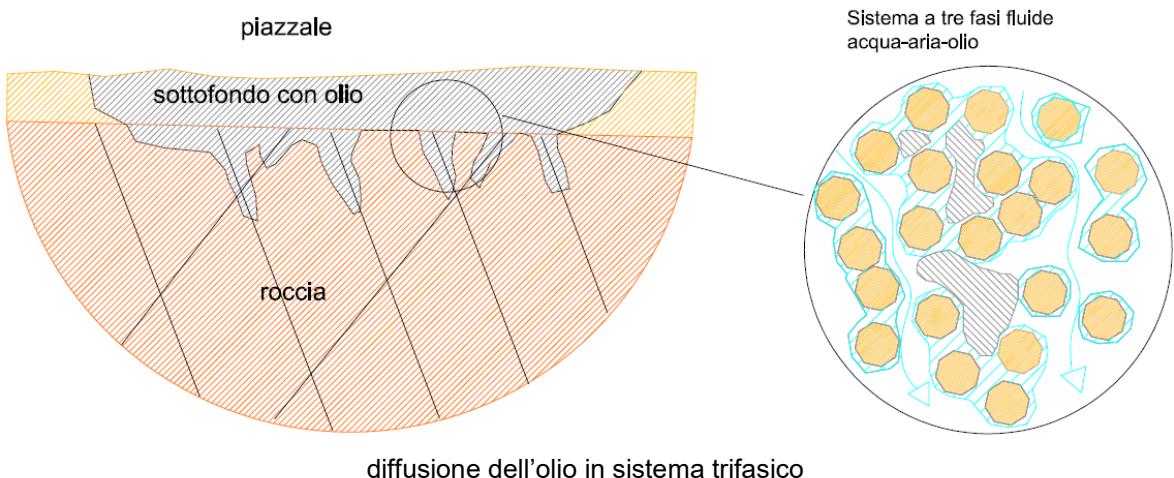
Nel caso in cui ci fosse necessità di liberare le zone allagate della cava, si prevede il pompaggio delle acque in un pozzetto desolatore con l'immissione in un collettore che convoglia le acque nei pozzi perdenti realizzati all'interno della discarica Slopi, secondo il progetto redatto dall'Ing.Castelli nel 2008.

- E' possibile l'utilizzo delle acque di pioggia per eseguire la bagnatura dei piazzali e limitare la produzione di polveri, previo ottenimento di apposita concessione a derivare.
- Lo stoccaggio, il travaso ed il rabbocco degli oli minerali avverranno preferibilmente al coperto di una tettoia in una posizione del piazzale non interessata da accumuli o scorrimenti di acque di pioggia, con sottofondo in terreno sciolto assorbente e con membrana impermeabile di contenimento. Tale posizione verrà bonificata al termine dell'attività come rifiuto da demolizione (codice CER 17), senza l'inserimento nel piano dei rifiuti estrattivi.



particolare piazzale con presidio per il rifornimento di olio e gasolio

- In caso di sversamento di oli sui gradoni si interverrà con l'asportare la porzione contaminata. In assenza di pioggia manca l'elemento principale di trasporto e l'olio permea nel primo strato di terreno dove si instaura un moto filtrante di tre fasi fluide. Se il terreno è secco l'olio aderisce ai granuli, qui restando definitivamente per adesione. Se il terreno è umido l'olio resterà intrappolato nei pori liberi. Le acque di pioggia successive allo sversamento passeranno lungo linee di flusso preferenziali senza riuscire a spostare significativamente l'olio che è trattenuto dalle tensioni superficiali. Si tratterà quindi di un inquinamento localizzato e limitato ad uno strato superficiale (vedi illustrazione seguente).



MODELLAZIONE SISMICA

La normativa sismica impone la determinazione del parametro "S" che definisce gli effetti di amplificazione locale ed è definito in accordo alle seguenti tabelle (N.T.C. 17-01-2018) in funzione delle caratteristiche stratigrafiche del terreno.

Trattandosi di ammasso roccioso affiorante la categoria del suolo è la A.

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

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>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.</i>
B	<i>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.</i>
C	<i>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.</i>
D	<i>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.</i>
E	<i>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.</i>

Tab. 3.2.III – Categorie topografiche

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

Valutazione dell'azione sismica

Le azioni di progetto si ricavano, ai sensi delle NTC, dalle accelerazioni a_g e dalle relative forme spettrali.

Le forme spettrali previste dalle NTC sono definite, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione dei tre parametri:

- a_g accelerazione orizzontale massima del terreno;
- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_c^* periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Per ciascun nodo del *reticolo di riferimento* e per ciascuno dei periodi di ritorno T_R considerati dalla *pericolosità sismica*, i tre parametri si ricavano riferendosi ai valori corrispondenti al 50esimo percentile ed attribuendo a:

- a_g il valore previsto dalla *pericolosità sismica*,

- **F_o** e **T_c*** i valori ottenuti imponendo che le forme spettrali in accelerazione, velocità e spostamento previste dalle NTC scartino al minimo dalle corrispondenti forme spettrali previste dalla *pericolosità sismica* (la condizione di minimo è imposta operando ai minimi quadrati, su spettri di risposta normalizzati ad uno, per ciascun sito e ciascun periodo di ritorno).

Le forme spettrali previste dalle NTC sono caratterizzate da prescelte probabilità di superamento e vite di riferimento. A tal fine occorre fissare:

- la vita di riferimento **V_R** della costruzione,
- le probabilità di superamento nella vita di riferimento **P_{V_R}** associate a ciascuno degli stati limite considerati, per individuare infine, a partire dai dati di *pericolosità sismica* disponibili, le corrispondenti azioni sismiche.

Tale operazione deve essere possibile per tutte le vite di riferimento e tutti gli stati limite considerati dalle NTC; a tal fine è conveniente utilizzare, come parametro caratterizzante la pericolosità sismica, il periodo di ritorno dell'azione sismica **T_R**, espresso in anni. Fissata la vita di riferimento **V_R**, i due parametri **T_R** e **P_{V_R}** sono immediatamente esprimibili, l'uno in funzione dell'altro, mediante l'espressione:

$$T_r = - \frac{C_U V_N}{\ln(1 - P_{V_R})}$$

$$T_r = - \frac{V_R}{\ln(1 - P_{V_R})}$$

Nella progettazione è stato deciso di adottare come probabilità di superamento **P_{V_R}** quella relativa a uno **stato limite di salvaguardia della vita (SLV)**, ovvero pari al 10%. Questo stato limite è definito dalla norma: "a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidezza per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali".

Per strutture ordinarie, si può assumere come vita di riferimento **V_R=50** anni, per una classe d'uso di tipologia I.

I dati relativi al comune di Fornace vengono riportati di seguito.

accelerazione orizzontale massima attesa su sito di	a _g =0.066 g
---	-------------------------

riferimento rigido:	
F_0	$F_0=2.671$
T_c^*	$T_c^*=0.341 \text{ s}$
amplificazione stratigrafica (sottosuolo tipo A):	$S_s=1.0$
amplificazione topografica (categoria T2):	$S_T=1.2$

MODELLO GEOTECNICO: L'AMMASSO ROCCIOSO

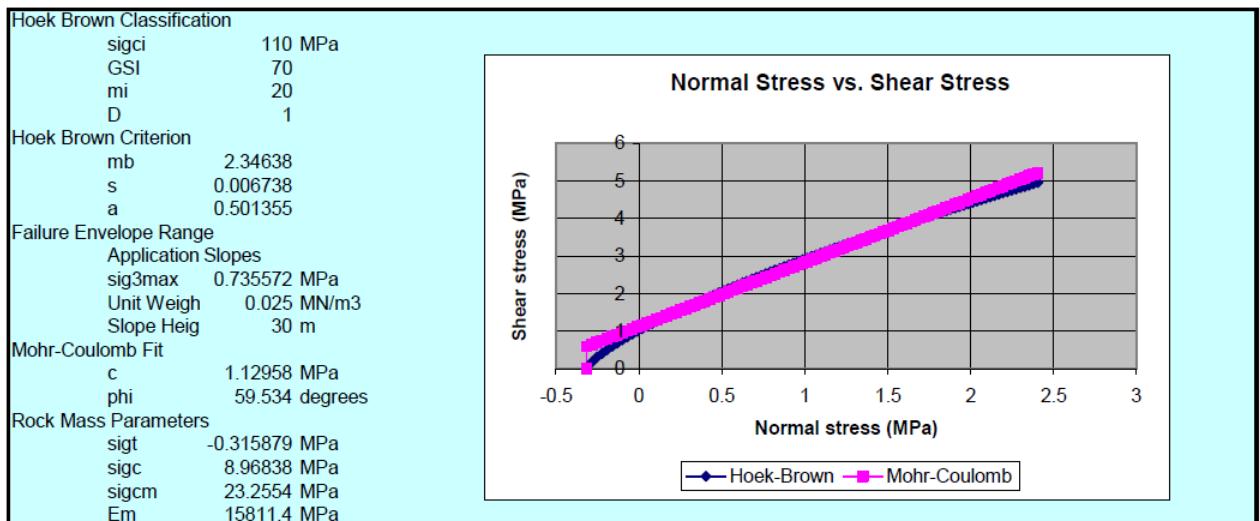
Studio geologico-geomeccanico e idrogeologico 2001 (Dott.Mario Cavattoni)

Lo studio individua i vari litotipi nella natura e nella geometria con l'esecuzione anche di prospezioni sismiche, sviluppa gli aspetti idrogeologici in particolare per quanto riguarda la sorgente Slopi che all'epoca veniva utilizzata come potabile. Per quanto riguarda l'ammasso roccioso svolge una dettagliata analisi dei singoli lotti con particolare riguardo al rilievo con individuazione delle discontinuità e loro caratterizzazione. In particolare individua più faglie analizzandone la loro condizione di stabilità rispetto alla coltivazione. L'elemento tettonico più significativo in tal senso è rappresentato dalla faglia presente nei lotti 1 e 2 che viene esaminato in dettaglio fornendo specifiche soluzioni condivise in questa sede per cui risultano già essere adottatati i provvedimenti previsti. Lo studio può essere un valido riferimento per gli approfondimenti che verranno eseguiti o sviluppati a scala locale nella coltivazione dei singoli lotti.

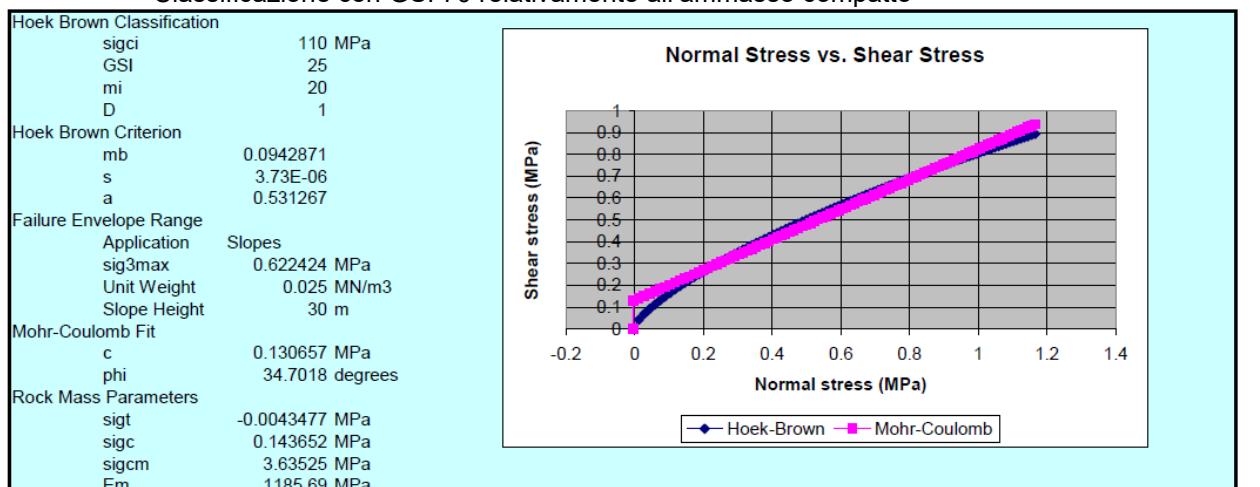
Relazione geologica di variante al piano d'attuazione 2006 (Geologia Applicata)

Lo studio rimanda a quello del dott.Cavattoni per quanto riguarda l'inquadramento geologico-idrogeologico generale ed i litotipi, semplifica la caratterizzazione strutturale dell'ammasso concentrandosi poi su due principali fenomeni deformativi.

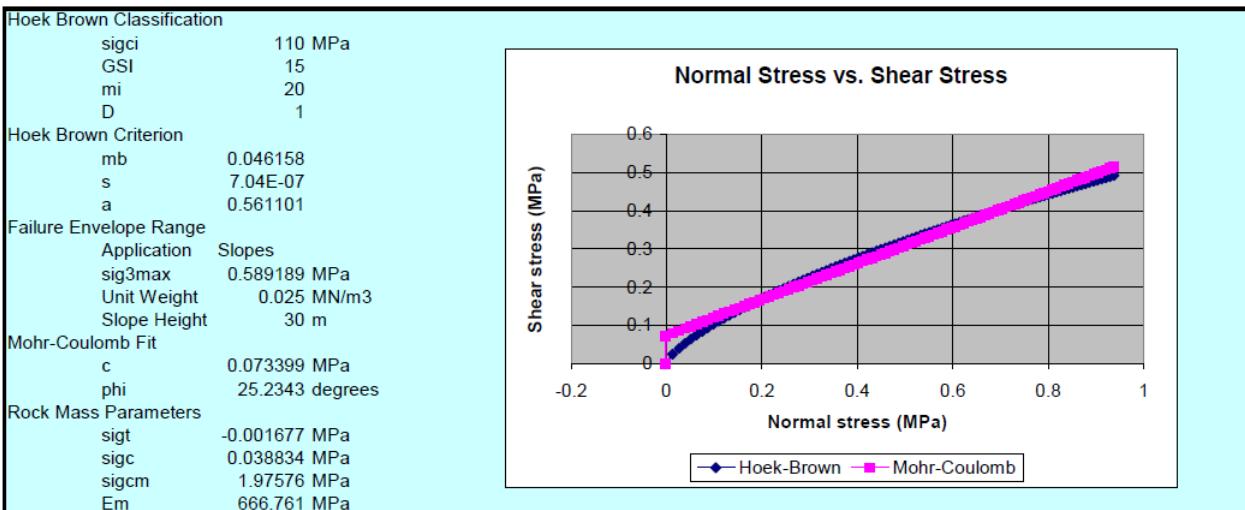
Effettua una parametrazione dell'ammasso roccioso con il metodo di Hoek Brown in differenti condizioni di GSI riportate di seguito.



Classificazione con GSI 70 relativamente all'ammasso compatto



Classificazione con GSI 25 relativamente alle fasce cataclastiche



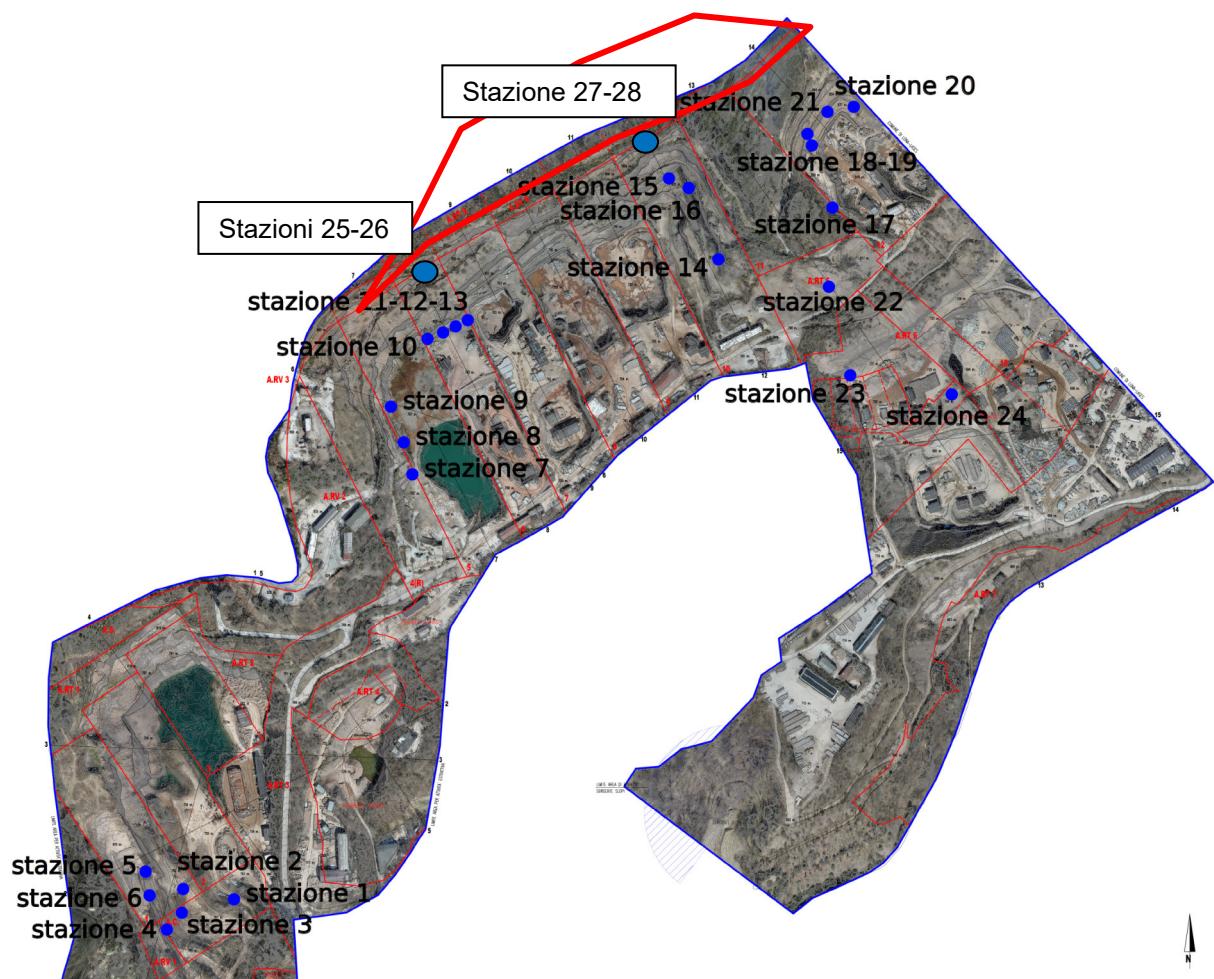
Classificazione con GSI 15 relativamente alle fasce cataclastiche particolarmente degradate

Lo studio conclude adottando diversi profili finali e di scavo. Il presente programma di attuazione limita fortemente le altezze dei gradoni che generalmente risultano pari a 10-12 m, localmente in posizioni marginali si è mantenuta la gradonatura precedente a causa di problematiche legate all'esiguità dello spazio a disposizione nei confronti del limite del PPUSM. L'inclinazione complessiva del versante nel complesso risulta comunque ridotta.

aggiornamento 2022-2023-2025

Di seguito si riporta la classificazione dell'ammasso roccioso a cui si è giunti nelle indagini integrando lo studio di variante del 2012 e del 2022 del PDA eseguito dal Geol.Daniele Sartorelli con l'aggiunta delle stazioni 25-26-27-28 ubicate nella porzione apicale dell'area estrattiva nelle zone interessate dall'ampliamento dell'area.

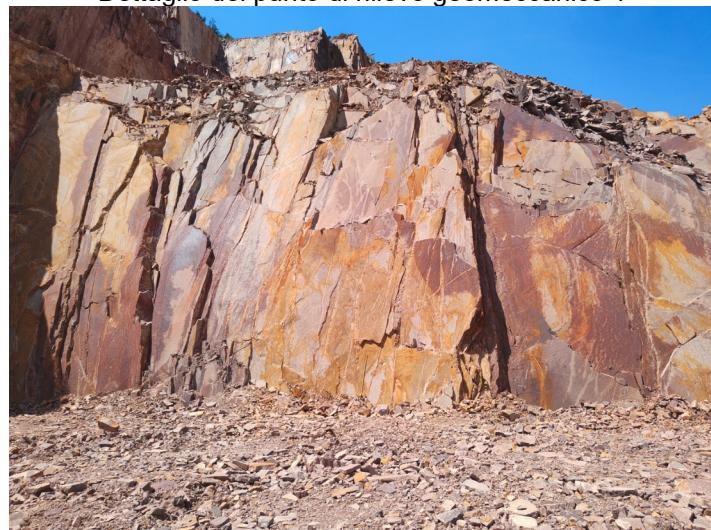
L'ammasso roccioso è stato rilevato e classificato nella cava per mezzo di indagini dirette eseguite in vari punti dell'area estrattiva riportati nell'ortofoto seguente. I risultati sono stati confrontati con i precedenti studi di cui di seguito si riporta la sintesi riassuntiva.



Ortofoto con individuazione delle stazioni di rilievo geomeccanico



Dettaglio del punto di rilievo geomeccanico 1



Dettaglio del punto di rilievo geomeccanico 2



Dettaglio del punto di rilievo geomeccanico 3



Dettaglio del punto di rilievo geomeccanico 4



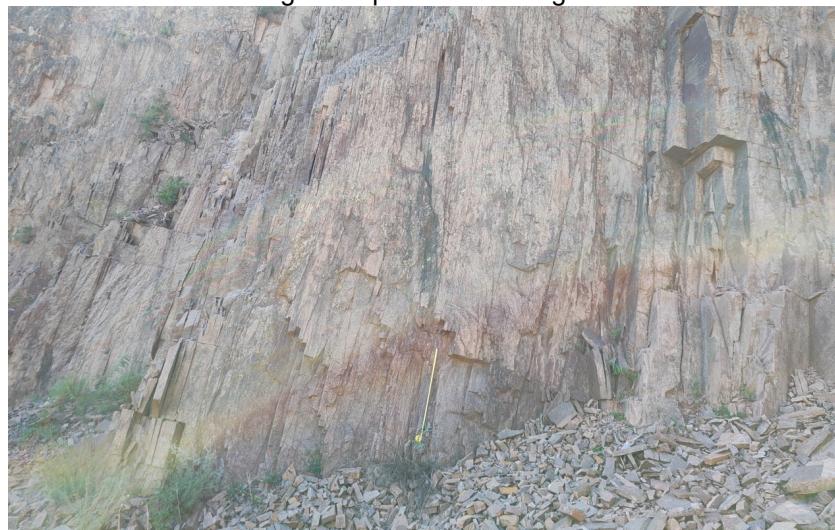
Dettaglio del punto di rilievo geomeccanico 5



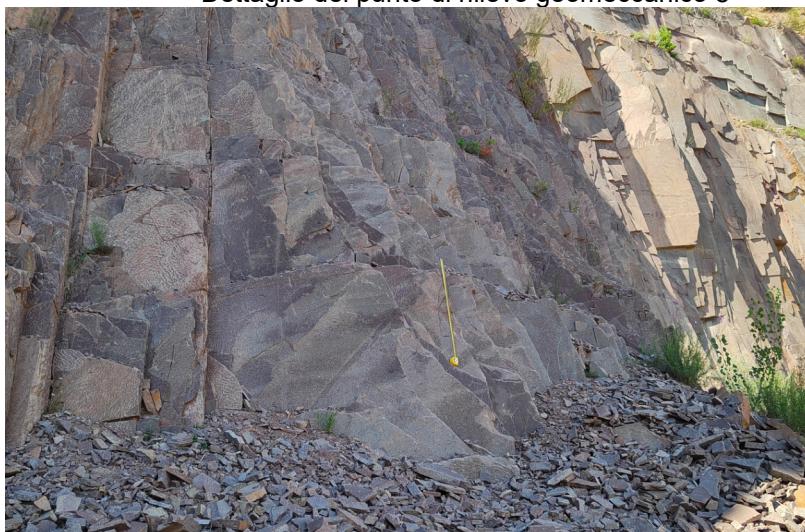
Dettaglio del punto di rilievo geomeccanico 6



Dettaglio del punto di rilievo geomeccanico 7



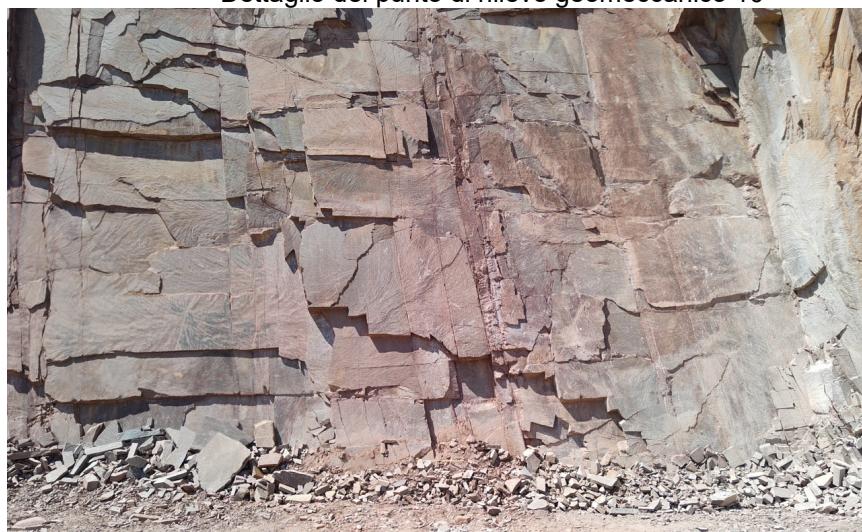
Dettaglio del punto di rilievo geomeccanico 8



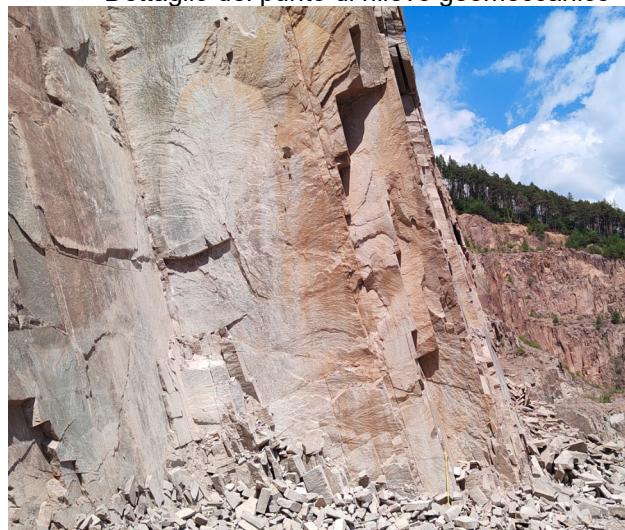
Dettaglio del punto di rilievo geomeccanico 9



Dettaglio del punto di rilievo geomeccanico 10



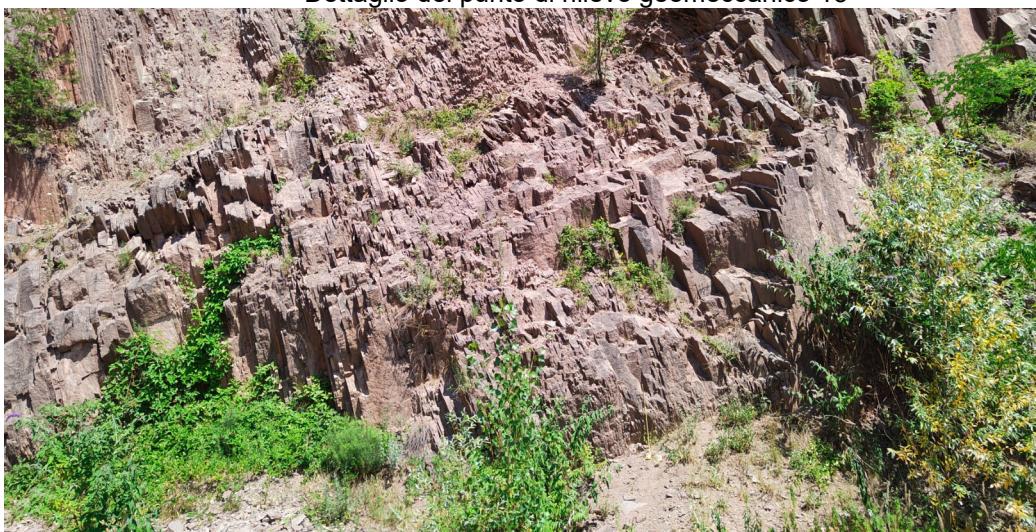
Dettaglio del punto di rilievo geomeccanico 11



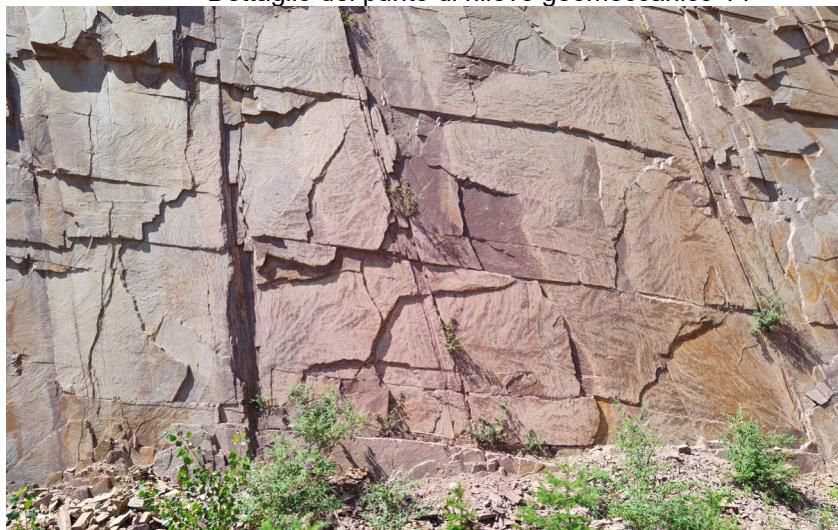
Dettaglio del punto di rilievo geomeccanico 12



Dettaglio del punto di rilievo geomeccanico 13



Dettaglio del punto di rilievo geomeccanico 14



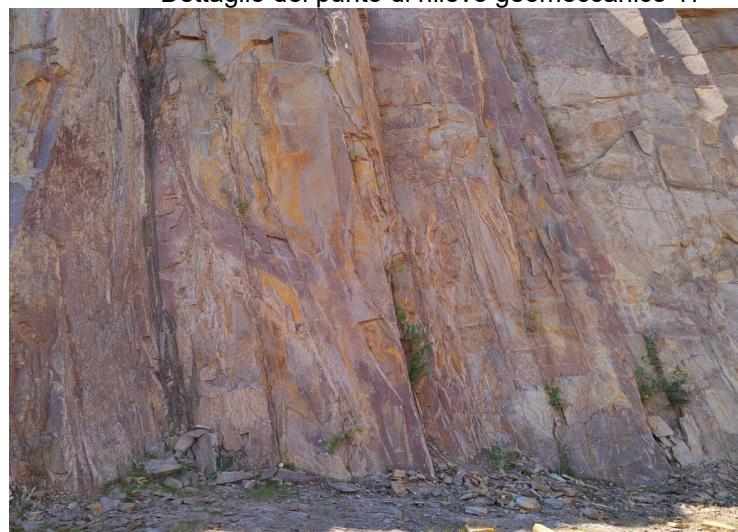
Dettaglio del punto di rilievo geomeccanico 15



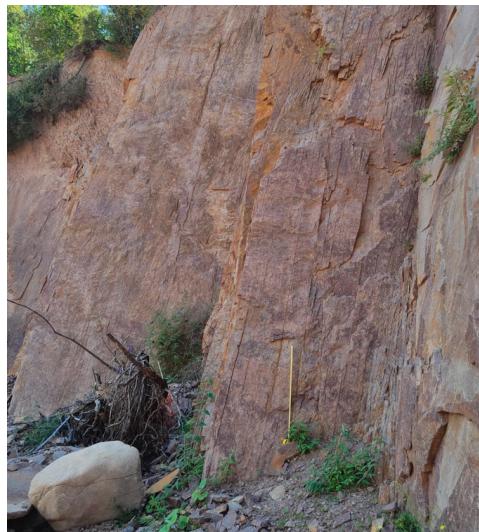
Dettaglio del punto di rilievo geomeccanico 16



Dettaglio del punto di rilievo geomeccanico 17



Dettaglio del punto di rilievo geomeccanico 18



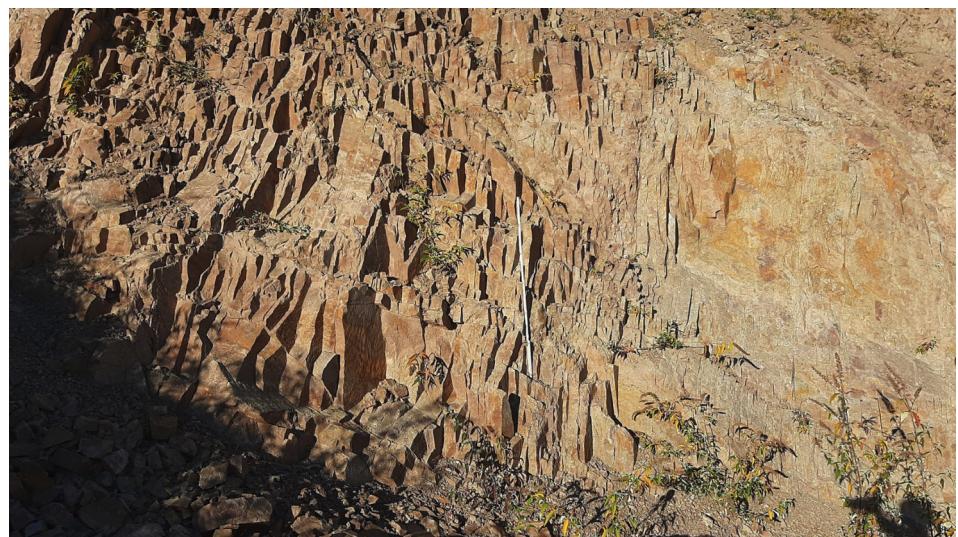
Dettaglio del punto di rilievo geomeccanico 19



Dettaglio del punto di rilievo geomeccanico 20



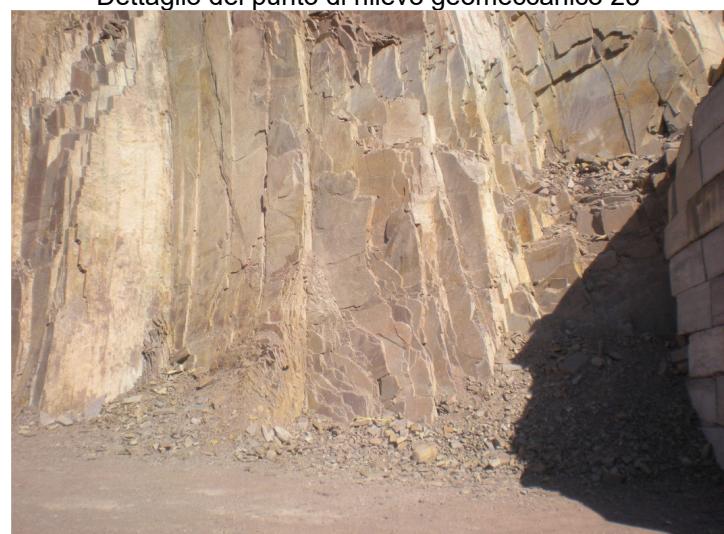
Dettaglio del punto di rilievo geomeccanico 21



Dettaglio del punto di rilievo geomeccanico 22



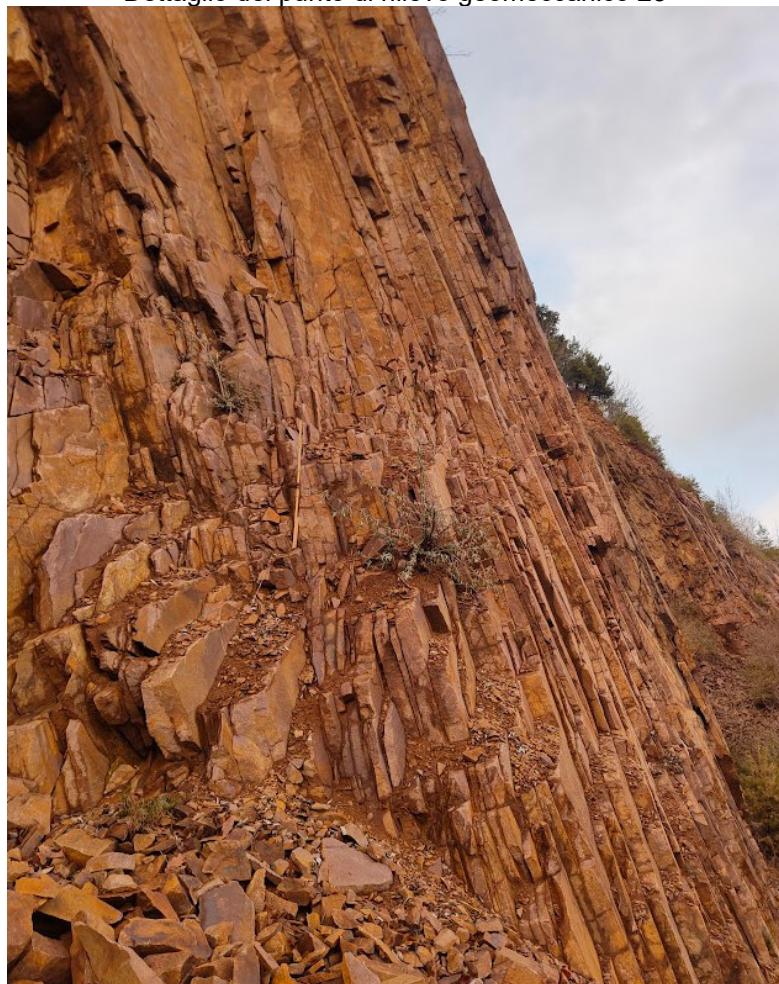
Dettaglio del punto di rilievo geomeccanico 23



Dettaglio del punto di rilievo geomeccanico 24



Dettaglio del punto di rilievo geomeccanico 25



Dettaglio del punto di rilievo geomeccanico 26



Dettaglio del punto di rilievo geomeccanico 27



CLASSIFICAZIONE DELL'AMMASSO ROCCIOSO

L'ammasso roccioso presenta fessurazioni tipicamente orientate secondo un limitato numero di famiglie. Allo scopo di fornire un'interpretazione quanto più

possibile rappresentativa dell'ammasso roccioso, nei punti di rilievo anzi individuati si sono rilevate le fessure lungo tre direzioni rispettivamente parallele (y) ed ortogonali (x) ai piani KK1, in entrambi i casi è stata rilevata la direzione verticale (z). Ne è emersa una forte direzionalità dello stato fessurativo, per cui ho ritenuto opportuno definire l'indice di spaziatura delle fratture (I_f) ed il recupero percentuale modificato ($RQD\%$) per ciascuna direzione considerata. I rilievi sono stati effettuati nel contesto dell'area estrattiva.

$$I_f = \frac{\text{lunghezza}}{n^{\circ} \text{ discontinuità}}$$

I_{fx}	0,15 m (0,07-0,31)
I_{fy}	0,45 m (0,2-0,68)
I_{fz}	0,40 m (0,14-0,7)

$$RQD\% = \frac{\text{Somma spezzoni} > 10 \text{ cm}}{\text{Lunghezza della carotata}} \times 100$$

$RQD_{(x)}$	73 % (22,61%-100%)
$RQD_{(y)}$	97 % (90,44%-100%)
$RQD_{(z)}$	97 % (77,56%-100%)

DIAGRAMMA DI MULLER

La classificazione dell'ammasso roccioso viene quindi determinata impiegando il diagramma di Muller, che permette di eseguire la classificazione partendo dalla spaziatura delle fratture e dalla resistenza a compressione della roccia intatta.

La spaziatura media nelle tre direzioni risulta pari a $0.15+0.45+0.40=1.0/3=0.33$ m, in base all'elaborazione dei dati ricavati precedentemente, mentre la resistenza a compressione del porfido è di circa 2800 – 2850 kg/cmq. Inserendo i dati nel grafico allegato l'ammasso roccioso viene classificato come:

DIAGRAMMA DI MULLER



CLASSIFICAZIONE DELL'AMMASSO ROCCIOSO SECONDO BIENIAWSKI

La caratterizzazione dell'ammasso roccioso può essere ottenuta attraverso l'applicazione della classificazione RMR - System (Bieniawski 1989). Si basa su valori assunti dall'indice di qualità della roccia RMR in relazione a:

- Resistenza a compressione monoassiale della roccia
- Indice RQD
- Spaziatura dei giunti
- Condizioni dei giunti (alterazione, scabrezza, apertura e materiale di riempimento)
- Condizioni idrauliche

Ciascuno dei parametri è stato valutato quantitativamente e ad essi è stato attribuito il relativo indice numerico.

Parametri	X	Y	Z
R1	15	15	15
R2	17	20	20
R3	8	10	10
R4	20	25	25
R5	15	15	15
BRMR $\Sigma (R1+R2+R3+R4+R5)$	75	85	85
C Compensazione	-25	-25	-25
RMR $(R1+R2+R3+R4+R5)+C$	50	60	60

Classe ammasso roccioso	III	III	III
------------------------------------	-----	-----	-----

Mediamente risulta una classe di ammasso roccioso III tendente al limite con la classe II, così da giustificare l'utilizzo dei valori massimi di coesione e di attrito.

Descrizione: discreto

Coesione: 200 – 300 kPa

Angolo d'attrito: 25° – 35°

PARAMETRI	INTERVALLI VALORI				
	> 2500	1000 ÷ 2500	500 ÷ 1000	250 ÷ 500	0 ÷ 250
R1: valori parametro	15	12	7	4	2
R.Q.D. (%)	90 ÷ 100	75 ÷ 90	50 ÷ 75	25 ÷ 50	< 25
R2: valori parametro	20	17	13	8	3
Spaziatura discontinuità (m)	> 2	0,6 ÷ 2	0,2 ÷ 0,6	0,06 ÷ 0,2	< 0,06
R3: valori parametro	20	15	10	8	5
Condizioni discontinuità	Sup. molto rugosa, non alterata disc. chiuse non continue	Sup. rugose poco alterate Disc. poco aperte	Sup. rugose molto alterate Disc. poco aperte	Sup. lisce o riemp.< 5 mm o poco aperte	Riemp. molle o disc. continue aperte
R4: valori parametro	30	25	20	10	0
Condizioni idrauliche	Asciutto	Umido	Bagnato	Stillicidio	Venute d'acqua
R5: valori parametro	15	10	7	4	0
Compensazione (Markland Test)	Molto favorevole	Favorevole	Mediocre	Sfavorevole	Molto sfavorevole
Valori Parametro	0	- 5	- 25	- 50	- 60

Classi di ammassi rocciosi:

R.M.R corretto	100 ÷ 81	80 ÷ 61	60 ÷ 41	40 ÷ 21	< 20
Classe	I	II	III	IV	V
Descrizioni	Ottimo	Buono	Discreto	Scadente	Pessimo
Coesione (kPa)	>400	300-400	200-300	100-200	<200
Angolo di attrito (°)	>45	35-45	25-35	15-25	<15

Fig. 1 - Tabella utilizzata per la classificazione dell'ammasso roccioso secondo Bieniawski (da Pozzi e Clerici, 1985, semplificato).

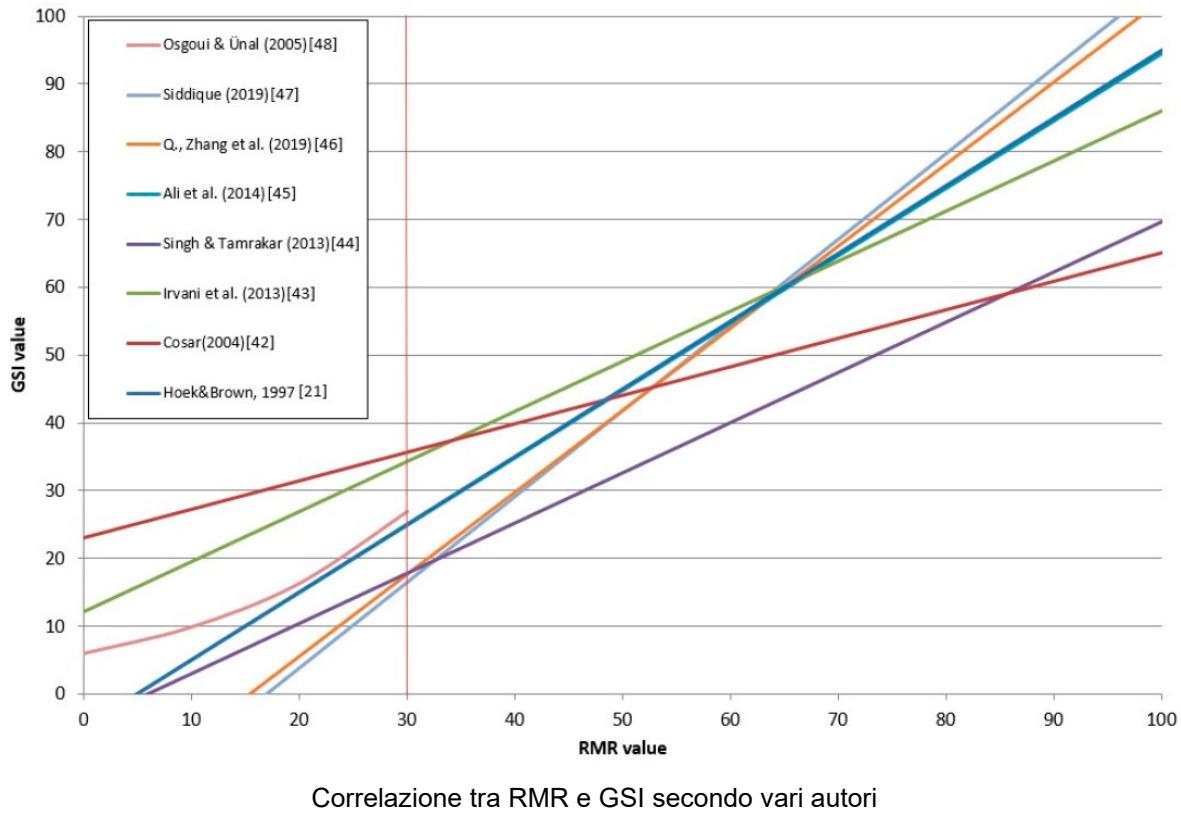
DETERMINAZIONE DEL GSI

Si utilizzeranno tre diversi metodi disponibili da bibliografia.

$$GSI = BRMR - 5 = 75 - 5 = 70 \quad (\text{Hoek, E.; Kaiser, P.K.; Bawden, 1995})$$

$$GSI = 0.5 * RQD + 1.5 * Jc (= R4 \text{ Bieniawski}) = 0.5 * 70 + 1.5 * 20 = 65 \quad (\text{Hoek, E.; Carter, T.G.; Diederichs, 2013})$$

$$GSI = a * BRMR + b = 49 - 73 \quad (\text{Hoek, E.; Brown, 2019}) \text{ con } a \text{ e } b \text{ parametri dipendenti dal tipo di roccia e zona di studio, graficizzati dagli autori.}$$



DETERMINAZIONE DEI PARAMETRI DELL'AMMASSO ROCCIOSO

Utilizzando il programma RocLab della Rocscience partendo dai seguenti parametri:

-resistenza a compressione 175 MPa

-GSI=49

-mi=25

si sono ottenuti i parametri dell'ammasso roccioso secondo i criteri di Hoek-Brown e Mohr-Coulomb.

Nel caso generale

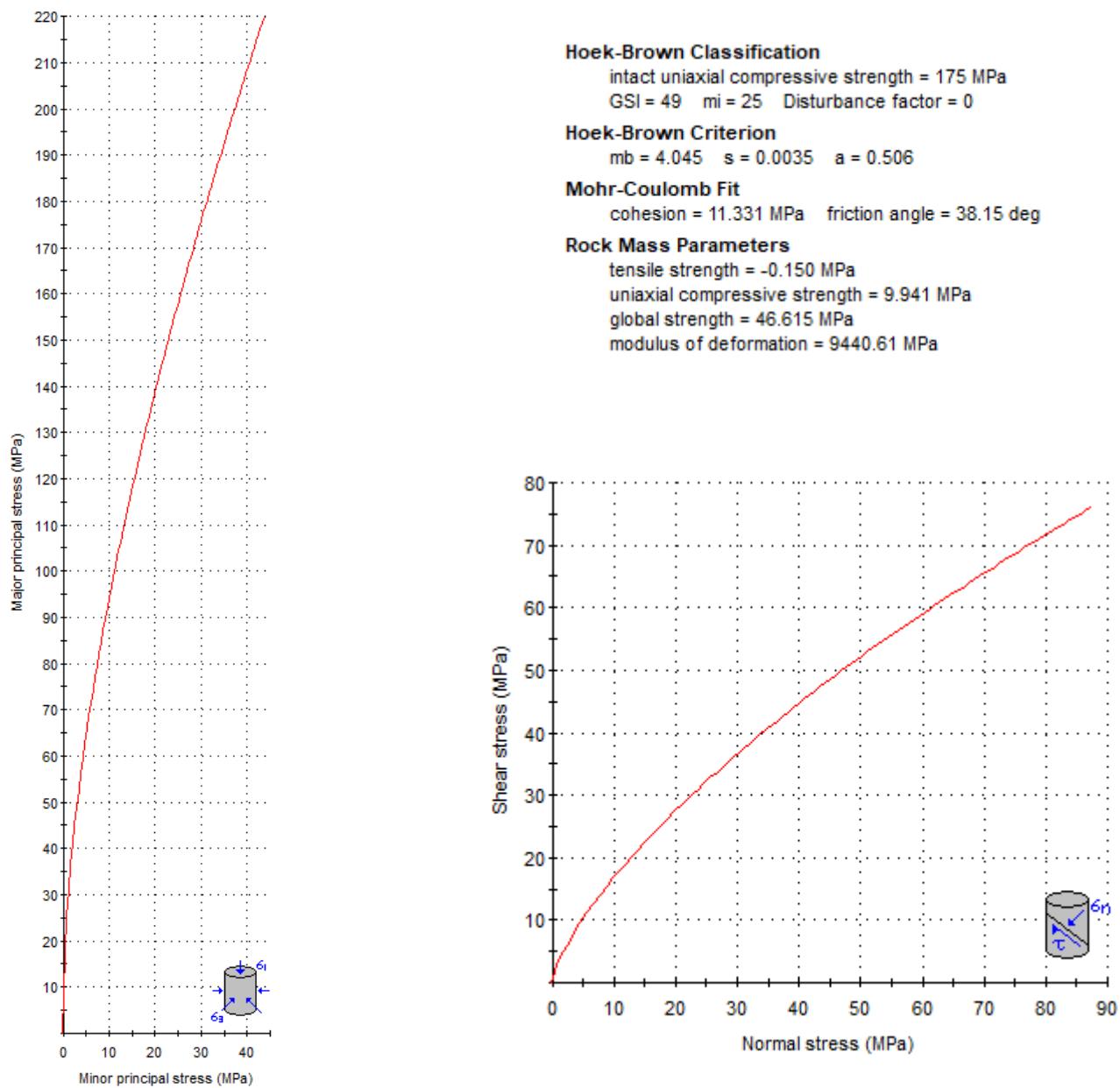
Coesione: 11,33 MPa

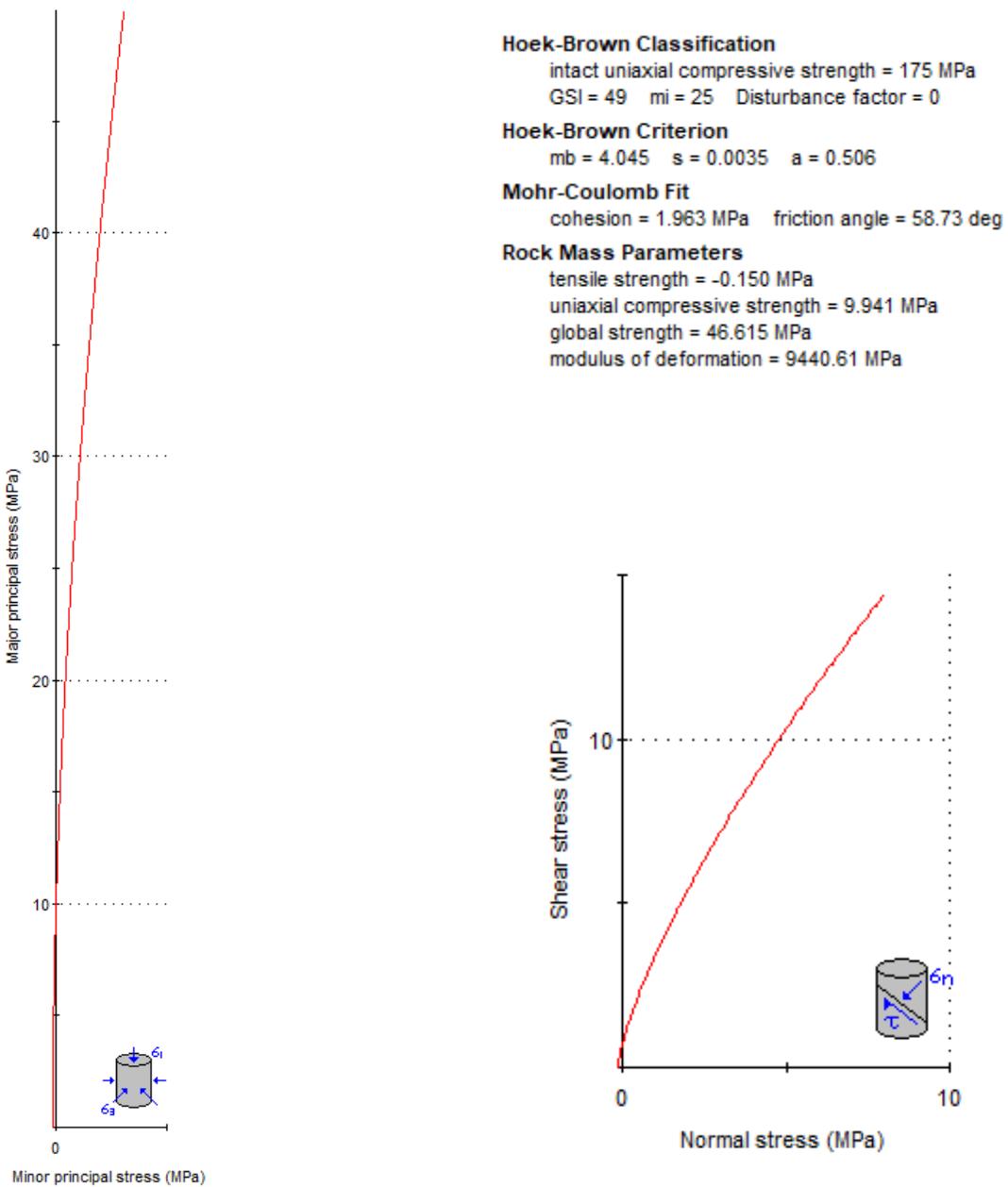
Angolo d'attrito: 38.15°

Nel caso di pendio (134 m-25 kN/mc)

Coesione: 1,96 MPa

Angolo d'attrito: 58.73°





SINTESI DEI RISULTATI DELLA CLASSIFICAZIONE E PARAMETRIZZAZIONE

La classificazione secondo Muller per ammassi rocciosi con elevati indici di fratturazione in corrispondenza di un'elevata resistenza a compressione risulta essere fuori scala. Considerazioni qualitative estrapolando l'andamento delle classi dell'ammasso roccioso portano ad individuare valori di attrito maggiori di 40° e coesione maggiore di 200 kPa.

Secondo Bienaswki l'ammasso roccioso mediamente risulta nella classe III tendente al limite con la classe II, così da giustificare l'utilizzo dei valori massimi di coesione e di attrito corrispondenti a 35° e 300 kPa.

La classificazione secondo il metodo del GSI ed il criterio di Hoek-Brown, fornisce parametri variabili in funzione del carico litostatico presente al di sopra del punto in esame, per le verifiche di stabilità si utilizzeranno tali parametri.

ANALISI STRUTTURALE

Di seguito si confrontano i vari modelli strutturali eseguiti nel contesto estrattivo di Fornace.

- Da relazione geologica PDA (dott.Cavattoni-2001) vengono individuate le seguenti famiglie di discontinuità in corrispondenza del gradone 718:

KK1=151/78 (spaziatura 3-5cm)

KK2=67/71 (spaziatura 30-40 cm)

KK3=252/10 (spaziatura 15-20 cm)

Nei gradoni 693 e 703 le famiglie di discontinuità riscontrate sono:

KK1 = 161/85 (spaziatura 3-5 cm)

KK2 = 80/75 (spaziatura 30-50 cm)

KK3 = 255/5-10(spaziatura 30-60 cm)

KK4 = 198/30

- Dalla relazione geologica, redatta dallo studio Geologia Applicata (2006), di supporto alla variante del PDA si riscontrano le seguenti famiglie di discontinuità:

KK1 = 150/80-75

KK2 = 72-80/70-80

KK3 = 345/10

- Dal rilievo eseguito nella porzione sommitale del versante dal sottoscritto si riscontrano le seguenti famiglie di discontinuità:

KK1 = 142/71

KK2 = 60/84

KK3 = 261/18

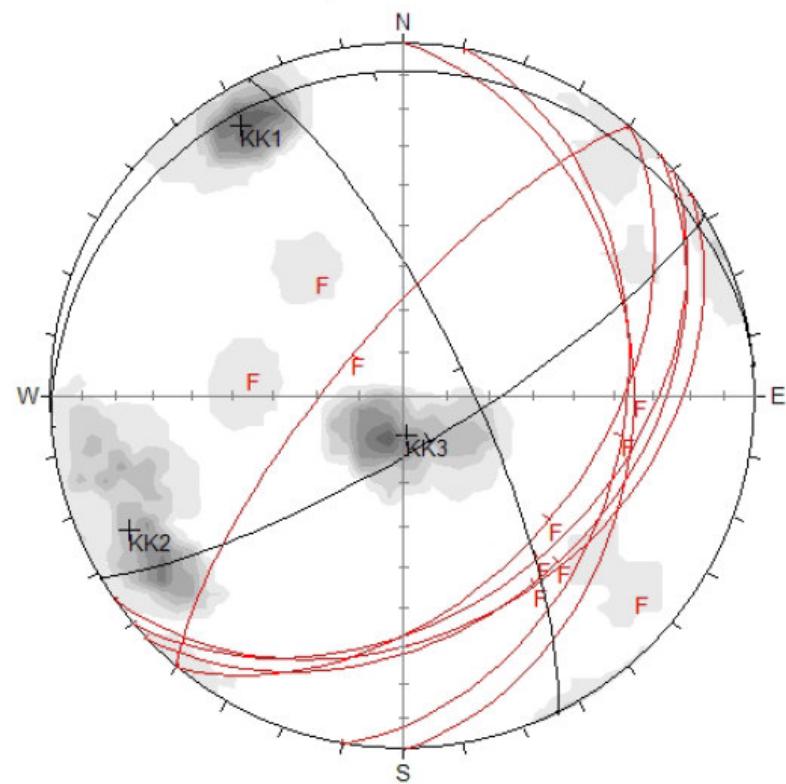


Diagramma di Schmidt da relazione geologica Geologia Applicata 2006

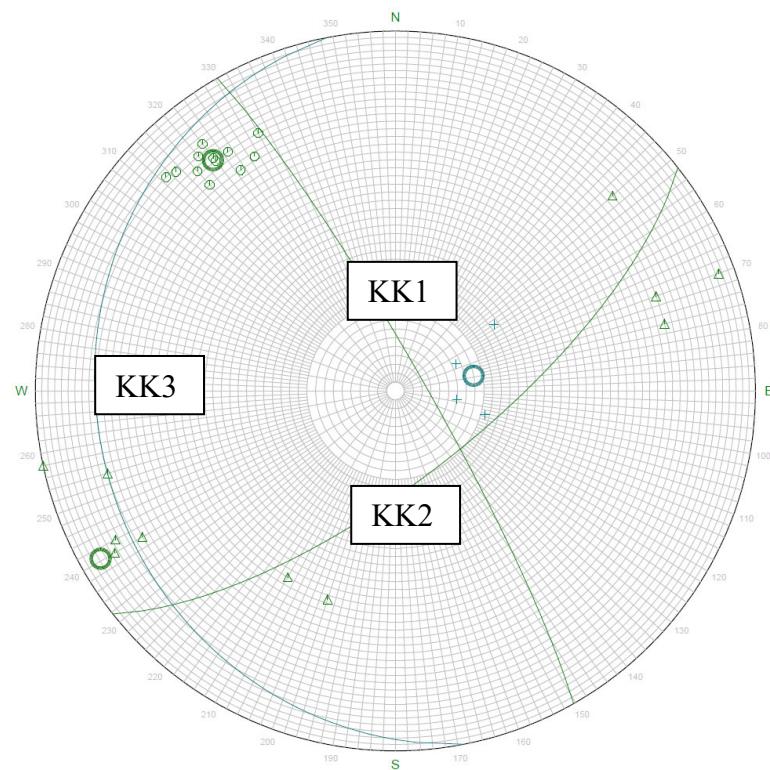


Diagramma di Schmidt da rilievo geomeccanico eseguito nella porzione superiore del versante
Raffrontando i rilievi si vede una sostanziale corrispondenza per quanto riguarda
le famiglie principali, con differenze dovute ad accorpamenti eseguiti con diversi

criteri. Ciò permette di formulare delle ipotesi sull'andamento dei fronti di scavo che verranno di seguito esposte.

VERIFICHE DI STABILITÀ' RELATIVE AI POSSIBILI CINEMATISMI

RESISTENZA AL TAGLIO DI UNA SUPERFICIE RUGOSA

$$\tau_{\text{mob}} = \sigma_n \tan \phi_{\text{mob}}$$

da cui:

$$\tau_{\text{mob}} = \sigma_n \tan [\text{JRC} \log_{10}(\text{JCS}/\sigma_n) + \phi_b] \quad (\text{Barton})$$

τ_{mob} = taglio mobilitabile

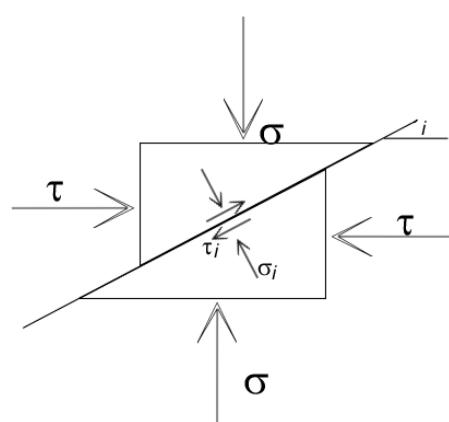
σ_n = sforzo normale effettivo

ϕ_b = angolo attrito di base

JRC = coefficiente rugosità dei giunti – da 0 a 20;

JCS = resistenza a compressione del giunto (= σ_c se giunto indisturbato sino a $\frac{1}{4}\sigma_c$ se la parete è alterata).

Partendo dallo stesso approccio di Barton, Patton (1970), considera il caso generico in cui la discontinuità sia inclinata d'un certo angolo i rispetto alla direzione dello sforzo di taglio τ .



In questo caso

$$\tau_i = \tau \cos^2 i - \sigma \sin i \cos i$$

$$\sigma_i = \sigma \cos^2 i + \tau \sin i \cos i$$

Se assumiamo che sulla superficie della discontinuità la coesione sia uguale a zero e che la sua resistenza sia data da:

$$\tau_i = \sigma \tan \phi$$

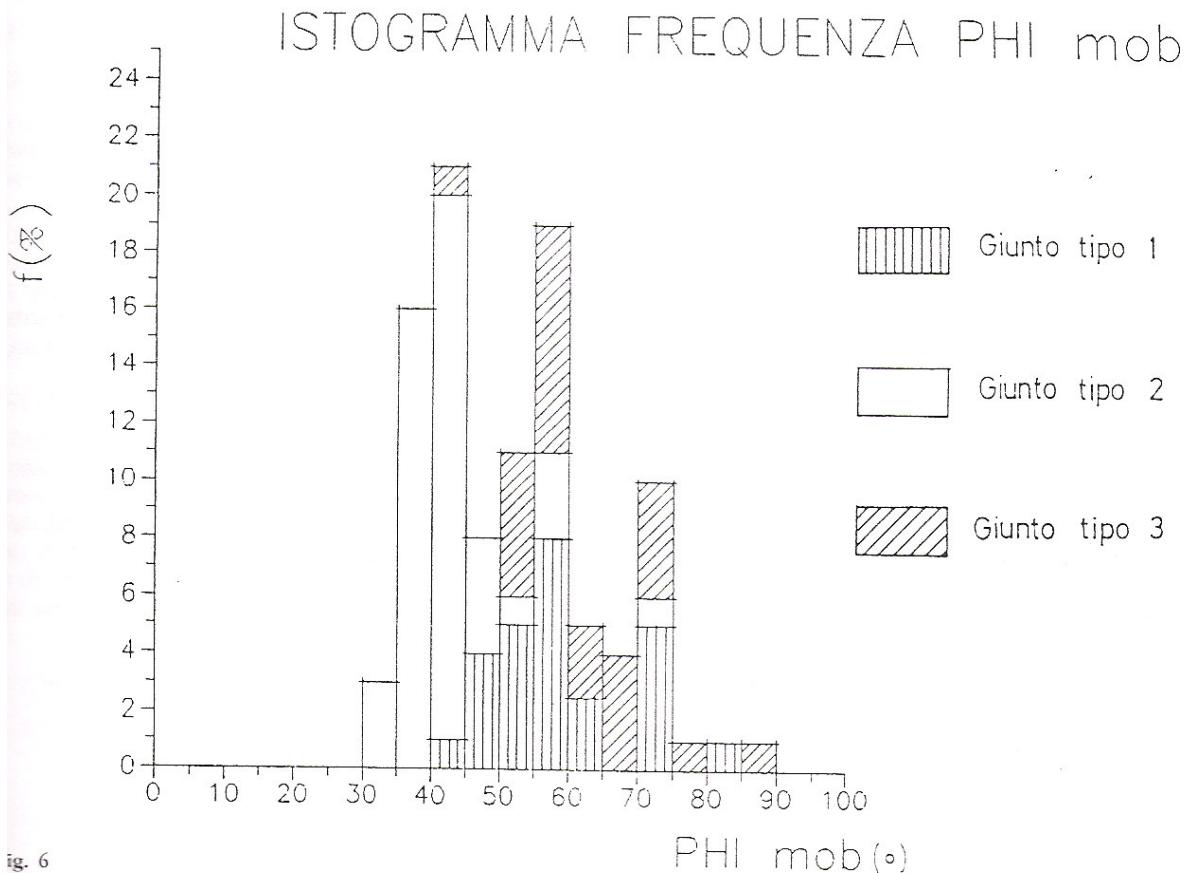
Andando a sostituire i valori τ_i e σ_i si ottiene:

$$\tau = \sigma \tan (\phi + i)$$

Questa relazione tra taglio ed inclinazione del piano i ha un significato pratico rilevante. Misurando diverse superfici d'instabilità, Patton ha dimostrato che a superfici di collasso maggiormente inclinate corrispondono rugosità maggiori. La conseguenza pratica sta nel fatto che anziché ricorrere alla determinazione empirica di JRC e JCS, si può con migliore approssimazione ricorrere all'osservazione di scorrimenti reali, ricavandone l'angolo limite di stabilità a scala d'ammasso.

Un analogo approccio al problema, basato sull'osservazione statistica di giunti di diverse classi, è stato condotto da Froldi – Mantovani (Geologia Tecnica 1/91). Essi hanno in particolar modo confrontato il JRC stimato con quello calcolato a ritroso sperimentalmente. Per le diverse classi di giunti sono stati individuati i valori di ϕ_{mob} ($\phi_{mob} = \phi_{base} + i_{eff}$).

Ne è emerso che solo in presenza di giunti completamente alterati (e con riempimenti limoso – argillosi, sono stati individuati valori d'attrito inferiori a 40° vedi istogramma giunti tipo 2). Anche in questo caso le conclusioni dello studio portano ad affermare come sia sufficientemente corretto affrontare la progettazione geotecnica di fronti di scavo, o la verifica di stabilità di pendii naturali, partendo da assunzioni parametriche statistiche ricavate dall'osservazione dell'ammasso a scala reale.



APPLICAZIONE AL CASO CONCRETO DELLE CAVE DI PORFIDO

I numerosi fronti cava permettono d'osservare le diverse famiglie di giunti su cui sono avvenuti massicci scivolamenti.

Nel nostro caso il collasso non è avvenuto per cause naturali, bensì provocato dall'esplosione delle mine con conseguente peggioramento delle caratteristiche dell'ammasso. Ciò implica che la parametrazione effettuata in questo stato fornirà valori cautelativi rispetto alle condizioni d'ammasso indisturbato.

Operativamente, dovranno però essere distinte quelle situazioni in cui la resistenza al taglio della superficie è stata palesemente superata da un eccesso d'instabilità, rispetto al caso in cui lo scorrimento è avvenuto in prossimità dell'equilibrio limite.

Nel primo caso tutti i piani della stessa classe presentano il collassamento, mentre nel secondo caso avremo un'aliquota di piani appartenenti alla stessa classe che non sono ancora collassati. In base all'esperienza personale raggiunta, confortato dagli stessi risultati ottenuti nel citato studio (Froldi – Mantovani – Geologia Tecnica 1/91), l'intervallo angolare di maggiore interesse risulta essere tra 40° e

70°.

In sintesi:

- Per piani maggiori di circa 70° le forze d'attrito sono sempre in grado di superare l'attrito mobilitabile ϕ_{mob} ed il fronte residuo ha esaurito la sua azione di collassamento presentandosi stabile.
- Per i piani inferiori a circa 40° le forze di taglio non superano l'attrito mobilitabile ϕ_{mob} , e fenomeni d'instabilità sono possibili solo nel caso di giunti con riempimento argilloso e in presenza della spinta idrostatica (fenomeni difficilmente riscontrabili nelle cave di porfido).
- Per i piani compresi tra 40° e 70°, le forze di taglio possono causare, o meno, il superamento dell'attrito mobilitabile ϕ_{mob} , ed in questo caso l'alterazione ed il rilevamento dei piani possono permetterci di determinare l'inclinazione limite della scarpata. In questa situazione sono giustificati gli approfondimenti atti a determinare la resistenza al taglio delle superfici. Tali approfondimenti, e la scelta del fattore di sicurezza, dovranno essere tanto più puntuali quanto più problematica sarà la conseguenza di un eventuale crollo (D.M. 11.03.88, sez. G.2.3.).

CONSIDERAZIONI SULLE FRONTI DELL'AREA ESTRATTIVA

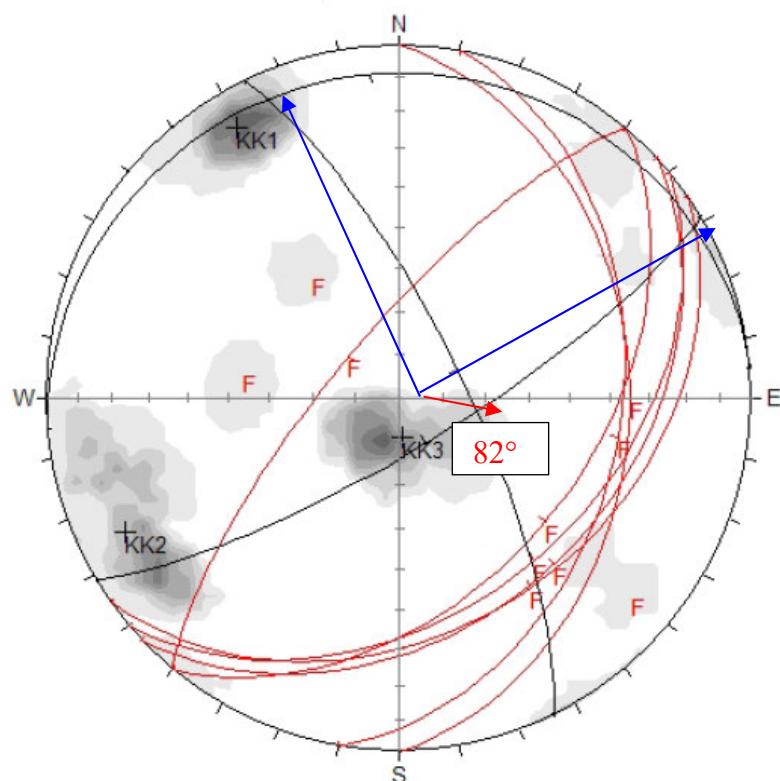
Si fa riferimento al rilievo strutturale riportato nel paragrafo precedente dove il fronte cava principale corrisponde alle discontinuità KK1. Da questo si possono

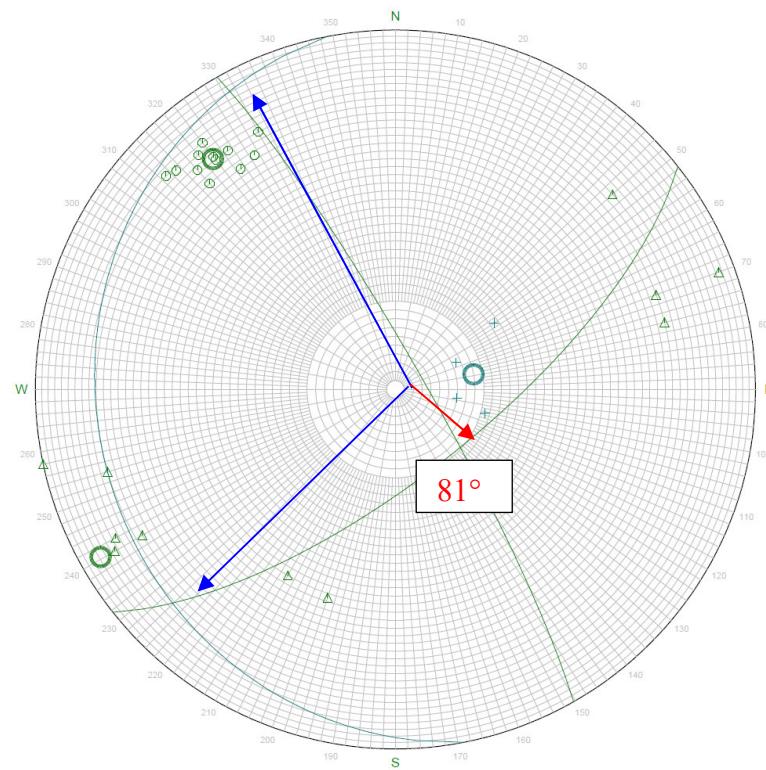
dedurre le immersioni dei piani (rappresentati con le corde) e dei cunei (rappresentati con dei vettori Z). In generale sia per i piani che per le corde valgono le seguenti considerazioni.

Piani e cunei fortemente inclinati ($>70^\circ$) saranno delle superfici di effettivo crollo se intercettati dagli scavi e determineranno l'inclinazione del fronte cava. Se non vengono intercettati dagli scavi il loro cinematicismo è inibito.

Piani e cunei inclinati meno del valore di attrito ($< 38^\circ\text{-}40^\circ$) sono superfici stabili, tanto più stabili quanto più si orizzontalizzano.

Piani e cunei compresi tra 40° e 70° sono superfici potenzialmente instabili che col tempo potranno collassare al venir meno delle forze di adesione lungo i piani stessi.





la stabilità in funzione dei cinematismi possibili

I fronti principali di pariana verso nord-nord-ovest tenderanno a sagomarsi verticalmente secondo i lassi che in questa area si presentano sub verticali ($KK1=70^{\circ}-85^{\circ}$); è da escludere quindi il fenomeno del “coricamento” dei lassi che invece potrebbe riguardare i fronti verso sud con altezze superiori ai 15 metri. Nel rilievo strutturale sono state inserite le direzioni di potenziale scorrimento dei cunei rocciosi: in rosso quelli superiori al limite di attrito di 40° (rispetto all’orizzontale). Come si può notare l’intersezione delle famiglie KK1 e KK2 determina la formazione di cunei di modesta volumetria con componente immersa verso est che tendono a movimentarsi, a causa del loro elevato angolo, principalmente in seguito alle volate.

I fronti della cava con questo orientamento tenderanno a sagomarsi secondo un angolo di $81^{\circ}-82^{\circ}$.

L’osservazione dei fronti cava conferma che verso nord e verso ovest questi si sagomano senza individuare porzioni instabili di rilevante volumetria.

A confine tra gli assimilabile a quelle individuate nel rilievo effettuato da Geologia Applicata (2006) e dal dott.Cavattoni (2001) che immegrono mediamente con $135N$ ed inclinazione 50° ; si tratta di strutture persistenti che possono essere

individuate per affioramento e permettono di prendere provvedimenti eseguendo le volate in modo da non scalzarne la base. Di questo se ne dovrà tener presente qualora si attivi il lotto 11. Questa valutazione assumerà un aspetto fondamentale specie nella fase finale della coltivazione quando si prevede il raggiungimento del profilo finale.

Ne consegue che si potrà operare secondo gradoni contemporanei mantenendo un profilo di sicurezza di 45° (senza intercettare le faglie suddette a 50°). I profili di scavo con inclinazione maggiore potranno essere eseguiti dall'alto verso il basso rimandando alla relazione annuale sulla stabilità dei fronti per un approfondimento puntuale della zona in questione mirando l'osservazione all'eventuale presenza di eventuali faglie a franapoggio.

I fronti verso est tenderanno a sagomarsi secondo i piani KK2 e potranno presentarsi strapiombanti, senza che tale condizione ne infici la loro stabilità per le altezze previste dalla gradonatura progettuale. Anche in questo caso si potrà operare secondo gradoni contemporanei mantenendo un profilo di sicurezza di 45°. I profili di scavo con inclinazione maggiore potranno essere eseguiti dall'alto verso il basso rimandando alla relazione annuale sulla stabilità dei fronti per un approfondimento puntuale della zona in questione mirando l'osservazione all'eventuale formazione di strapiombi con fratture di trazione a monte.

I fronti verso sud sono limitati principalmente ai gradoni in sottoscavo con dislivelli ridotti e gradonati per altezze massime di 15 m. In questa posizione i fronti tenderanno a sagomarsi con “pariana rovescia” innescando il fenomeno di coricamento e generando fratture di trazione secondo il meccanismo illustrato nel paragrafo seguente. Anche in questo caso si potrà operare secondo gradoni contemporanei mantenendo un profilo di sicurezza di 45°. I profili di scavo con inclinazione maggiore potranno essere eseguiti dall'alto verso il basso rimandando alla relazione annuale sulla stabilità dei fronti per un approfondimento puntuale della zona in questione mirando l'osservazione all'eventuale formazione di strapiombi con fratture di trazione a monte.

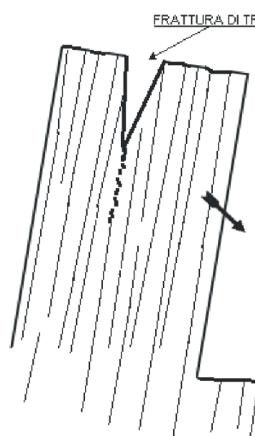
Particolare attenzione dovrà essere attuata nell'eseguire le operazioni di scopertura del giacimento ove, specialmente nelle porzioni ove è presente il detrito granulare ed il porfido scompaginato. Prima di attivare un gradone di coltivazione dovrà essere asportato tutto il materiale sommitale per una fascia di sicurezza pari ad almeno 5 m, scarpando il detrito su inclinazioni massime di 36°

per dislivelli entro i 5 m e pari a 29° per dislivelli superiori e fino a 15 m.

EVOLUZIONE DEI FRONTI DI SCAVO

Per comprendere meglio i fenomeni d'instabilità che possono instaurarsi, vengono di seguito riportate alcune situazioni caratteristiche riscontrabili in numerose cave del Trentino e rappresentanti casi generali possibili di variazioni in funzione delle peculiari caratteristiche geolitologiche e strutturali dei siti.

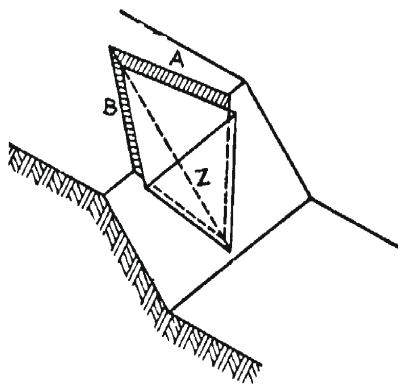
1° caso: fronte di "pariana rovescia" con inclinazione maggiore di 90°



Questa configurazione viene a crearsi quando la roccia presenta un basso grado di fratturazione secondaria od in seguito al rapido proseguire della coltivazione quando i fronti vengono sorretti lateralmente da setti integri su cui si scarica la spinta del versante. Il fenomeno si evolve col manifestarsi di fratture di trazione e con i lassi che si coricano lentamente, nel caso d'altezze modeste del fronte. L'area estrattiva di Fornace presenta generalmente lassi a "pariana" normale e tale problematica non è pertinente se non limitatamente ai modesti fronti che si sviluppano verso sud-est. Nel verificarsi di questa configurazione si dovrà provvedere a far collassare la porzione instabile od inibire la base del gradone e la porzione interessata dalle fratture di trazione.

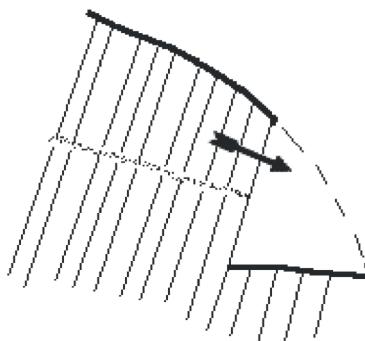
2° caso: fronte con inclinazione elevata e discontinuità a franapoggio

Il fenomeno si verifica prevalentemente dove i fronti sono posti di "pariana".



Perché vengano individuati cunei di una certa volumetria si devono intersecare piani che fra loro presentano un ampio angolo di incidenza. Nel caso dell'area in questione l'intersezione tra le famiglie di discontinuità (KK1 e KK2) non determina cunei instabili di ingenti volumetrie. La maggior parte del volume instabile individuato dall'intersezione dei piani KK1-KK2 viene movimentato contestualmente alla realizzazione delle volate. Il manifestarsi del fenomeno su vasta area è quindi statisticamente a bassa probabilità; più frequente è l'individuazione di cunei di modesta volumetria.

3° caso: fronte di “pariana” con inclinazione elevata e discontinuità a frapoggio

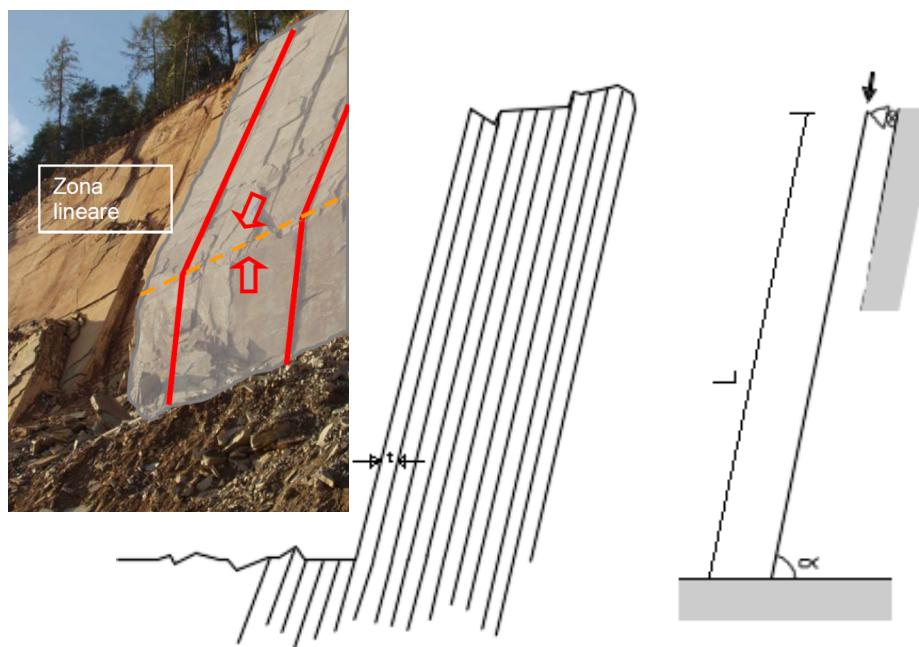


E' questo un caso simile al precedente, con la sola differenza che il movimento avviene planarmente lungo un'unica superficie di discontinuità a frapoggio. Nel caso dell'area in questione tutte le famiglie di discontinuità secondarie presentano o un'elevata inclinazione od una molto bassa così da non poter generare scorrimenti planari di rilevante volumetria. Tuttavia il fenomeno assume rilevanza in corrispondenza delle faglie segnalate dagli studi eseguiti da Geologia Applicata (2006) e dal dott.Cavattoni (2001) dove possono attivarsi scivolamenti planari di notevole volumetria.

Questo fenomeno è perciò da considerare ed il riconoscimento/rilievo di questo tipo di problematica costituiranno l'obiettivo principale della relazione annuale sulla stabilità dei fronti della cava.

4° caso: fronte con inclinazione elevata, lassi a franapoggio. Rottura per carico di punta

E' un modello di rottura tipico delle cave di Fornace, osservato e descritto nella relazione redatta da Geologia Applicata (2006) da cui è stata estratta la seguente immagine nel caso di un gradone con altezza pari a 35 m. In assenza di discontinuità che lascino pensare ad uno scorrimento massiccio del fronte di scavo, le cosiddette "slitte", l'altezza massima dei gradoni è quella che permette la coltivazione senza che il materiale si rompa per "carico di punta". Ciò specialmente nei fronti di pariana, dove gli spessori delle discontinuità sono minori. Lo schema statico utilizzato per la risoluzione del problema è il seguente:



Risparmiando i vari passaggi algebrici, la lunghezza limite è:

$$L = [(\pi^2 E t^2) / (6 \times \gamma \cos \alpha (\tan \alpha - \tan \varphi))]^{1/3}$$

- E = modulo d'elasticità materiale (t/cm^2)
- t = spessore della stratificazione (cm)
- γ = peso specifico (t/m^3)
- φ = angolo d'attrito interno del materiale
- α = angolo di stratificazione

Sostituendo i valori caratteristici medi dello spessore dei lassi (15cm) del materiale (porfido), s'otterrà:

$$L = [(3,14^2 \times 600 \times 15^2) / (6 \times 2,5 \cos 80 \times (\operatorname{tg} 80 - \operatorname{tg} 35))]^{1/3} = \mathbf{46,86 \text{ m}}$$

A questo valore compete un'altezza di:

$$H = L \sin 80 = \mathbf{46,15 \text{ m}}$$

Si noti, cautelativamente, che non è stata considerata la coesione. I gradoni in generale presentano un buon margine di sicurezza rispetto all'altezza limite. Tuttavia come osservato nella posizione segnalata dallo studio di Geologia Applicata (2006), tra i lotti 8 e 9, il fenomeno può verificarsi localmente dove lo spessore della lastrificazione si assottiglia. Si tratta comunque di una condizione locale che non riguarda la stabilità globale del pendio ma è limitata a spessori di 1-2 m sul singolo gradone. In effetti lo studio redatto da Geologia Applicata (2006) ha portato ad una modifica del profilo finale del versante nella zona Dinar-S.Stefano-Pontorella (lotti 7-12) dove i gradoni sono stati limitati ad un'altezza di 20 m ed il profilo medio è stato ridotto al di sotto dei 50 (congiungente la base dei gradoni).

VERIFICHE STABILITA' GLOBALE

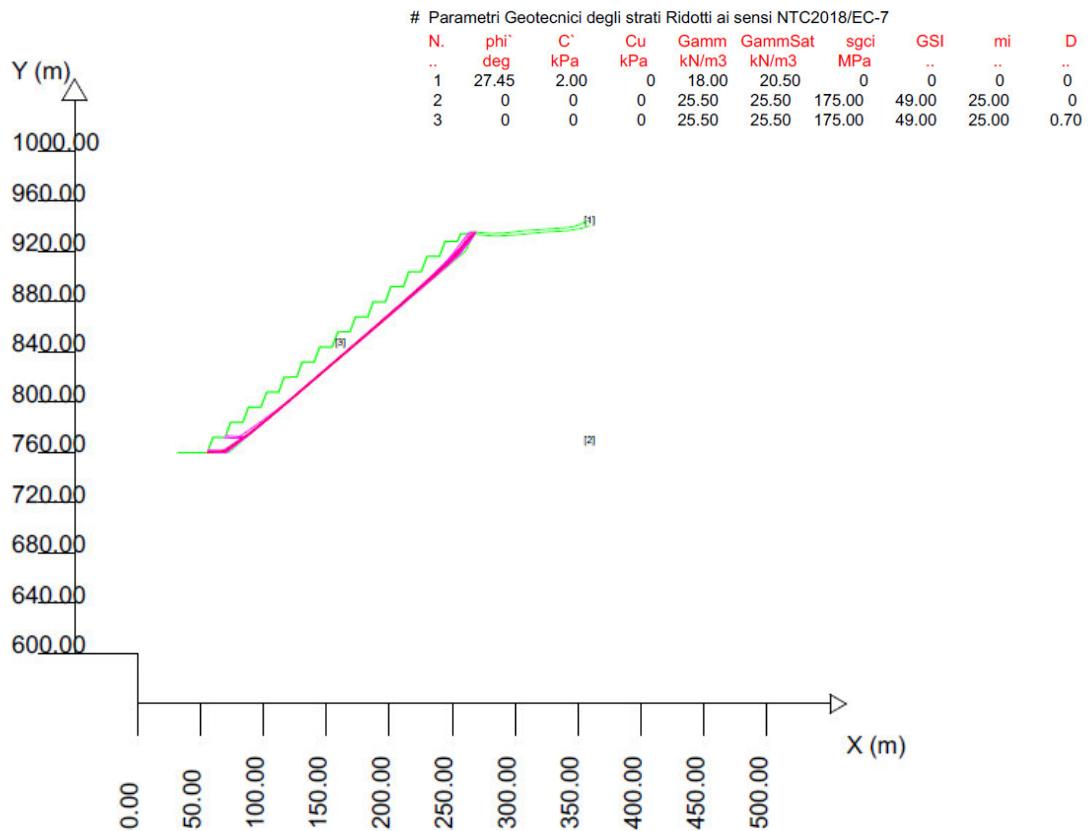
Sono state verificate le sezioni più impegnativa che corrispondono all'escavazione verso nord al centro del macrolotto 3 ove il dislivello tra la base e la sommità è pari a 175 m e la sezione corrispondente al massimo dislivello progettuale all'interno del macrolotto 1 posto ad ovest e pari a 120 m. Il programma utilizzato è SSAP2010 realizzato dal Dr.Geol.Lorenzo Borselli.

Verifica sez.scavo max macrolotto 3

La sezione risulta verificata con fattori di sicurezza molto elevati sia in condizioni statiche (NTC2018-A2+M2+R2) che in condizioni sismiche.

SSAP 6.0 (2024) - Slope Stability Analysis Program
 Software by Dr.Geol. L.Borselli - www.lorenzo-borselli.eu
 SSAP/DXF generator rel. 2.5 (2024)

Data : 10/11/2025
 Localita' : Fornace
 Descrizione : Sezione massimo dislivello di scavo-macrolotto 3
 [n] = N. strato o lente



Modello di calcolo : Morgenstern - Price (1965)

DATI 10 SUP. CON MINOR Fs

Fs minimo : 4.1202
 Range Fs : 4.1202 - 4.1526
 Differenza % Range Fs : 0.78
 Coefficiente Sismico orizzontale - Kh: 0.0000
 Coefficiente Sismico verticale - Kv: 0.0000

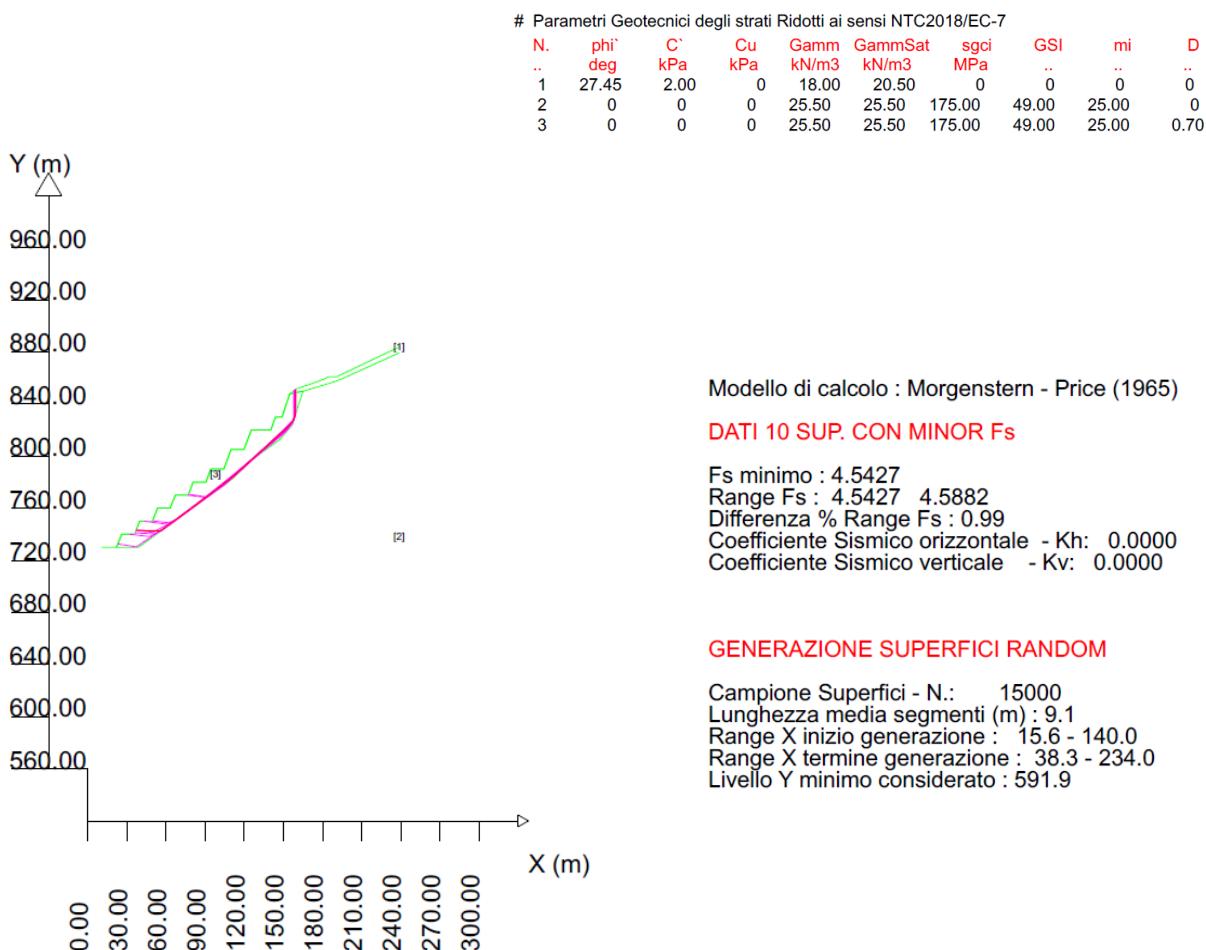
GENERAZIONE SUPERFICI RANDOM

Campione Superfici - N.: 15000
 Lunghezza media segmenti (m): 13.1
 Range X inizio generazione : 38.3 - 332.9
 Range X termine generazione : 71.0 - 352.5
 Livello Y minimo considerato : 593.6

Data : 10/11/2025

Localita' :

Descrizione : Sezione massimo dislivello di scavo macrolotto 1
 [n] = N. strato o lente



Profilatura delle rampe in detrito

Le rampe in detrito colluviale o morenico potranno essere scarpate su pendenze variabili a seconda del dislivello. Per dislivelli fino a 5 m le scarpate potranno essere poste su inclinazioni fino a 36°. Per dislivelli superiori e fino a 15 m le scarpate in detrito potranno essere poste su inclinazioni massime di 29°. Di seguito vengono riportate le verifiche secondo le NTC 2018 relativamente alla soluzione con dislivello di 5 m e 15 m. Per altezze intermedie si farà riferimento ad inclinazioni comprese tra 29° e 36°.

+^{1.14} +^{1.15} +^{1.20} +^{1.29} +^{1.40}

+^{1.23} +^{1.13} +^{1.13} +^{1.19} +^{1.30}

+^{1.68} +^{1.27} +^{1.11} +^{1.12} +^{1.19}

Verifica stabilità globale

pendio in detrito hmax=5m

NTC 2018 (A2+M2+R2)

M2=tan phi/1.25=27.45°

M2=c/1.25=2 kN/mq

scala 1:150

Litotipo 1: phi [°] = 27.45

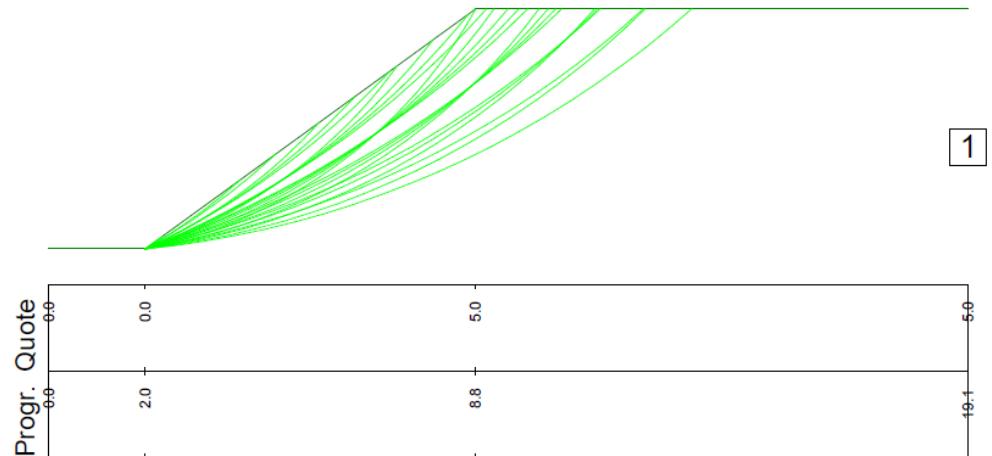
c [kN/m²] = 2

gamma [kN/m³] = 18

Metodo: Sarma

+^{3.60} +^{1.81} +^{1.31} +^{1.10} +^{1.11}

+>⁵ +>⁵ +^{1.99} +^{1.33} +^{1.12}



$+^{1.35}$ $+^{1.35}$ $+^{1.42}$ $+^{1.51}$ $+^{1.63}$
 $+^{1.45}$ $+^{1.33}$ $+^{1.34}$ $+^{1.41}$ $+^{1.52}$
 $+^{2.00}$ $+^{1.51}$ $+^{1.32}$ $+^{1.33}$ $+^{1.41}$

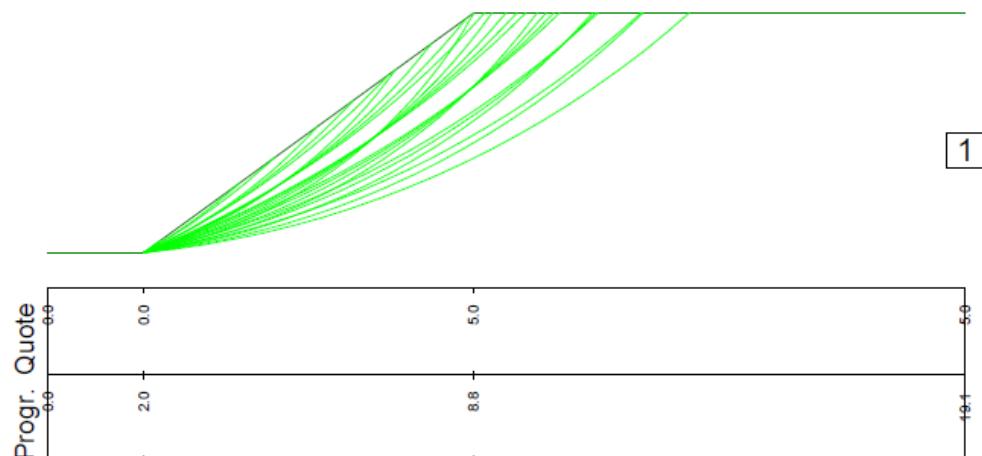
Verifica stabilità globale
pendio in detrito $h_{max}=5m$
NTC 2018 sismica
scala 1:150

Litotipo 1: $\phi [^\circ] = 33$ $c [kN/m^2] = 2.5$
Comp. sismica orizz.=.027 Comp. sismica vert.=.014
Metodo: Sarma

gamma [kN/m^3] = 18

$+^{4.28}$ $+^{2.16}$ $+^{1.55}$ $+^{1.32}$ $+^{1.31}$

$+>5$ $+>5$ $+^{2.37}$ $+^{1.59}$ $+^{1.34}$



$+^{1.15}$ $+^{1.11}$ $+^{1.13}$ $+^{1.18}$ $+^{1.24}$
 $+^{1.22}$ $+^{1.15}$ $+^{1.12}$ $+^{1.12}$ $+^{1.18}$

Verifica stabilità globale
pendio in detrito $h_{max}=15m$
NTC 2018 (A2+M2+R2)
 $M2=\tan \phi/1.25=27.45^\circ$
 $M2=c/1.25=2 \text{ kN/mq}$
scala 1:350

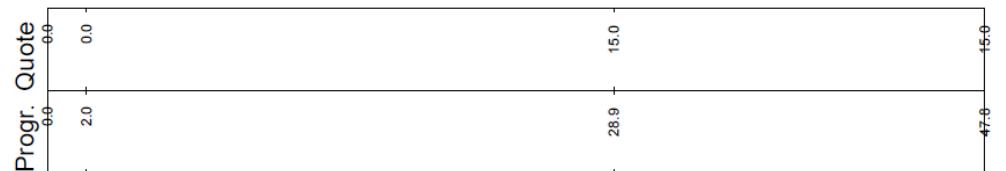
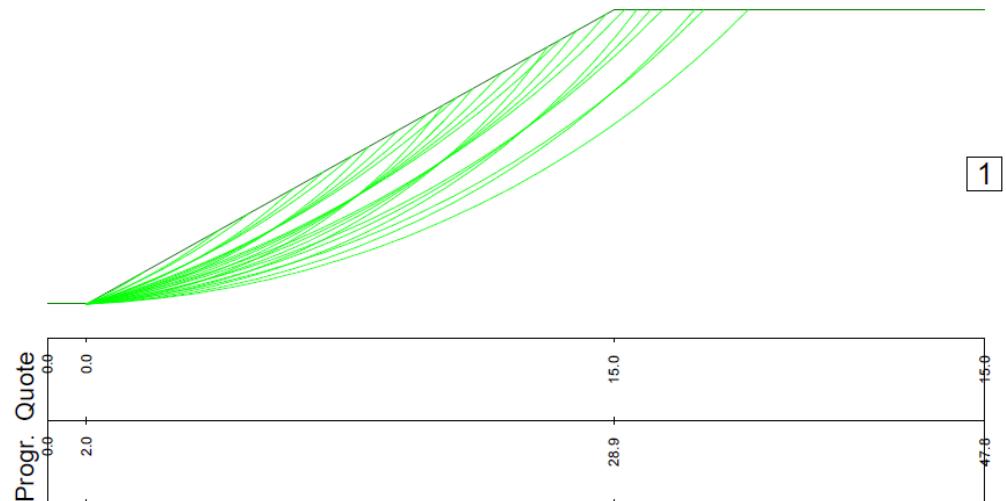
$+^{1.40}$ $+^{1.23}$ $+^{1.15}$ $+^{1.13}$ $+^{1.13}$

Litotipo 1: $\phi [^\circ] = 27.45$ $c [\text{kN/m}^2] = 2$ $\gamma [\text{kN/m}^3] = 18$

Metodo: Sarma

$+^{1.96}$ $+^{1.42}$ $+^{1.24}$ $+^{1.16}$ $+^{1.14}$

$+^{>5}$ $+^{2.16}$ $+^{1.45}$ $+^{1.24}$ $+^{1.18}$



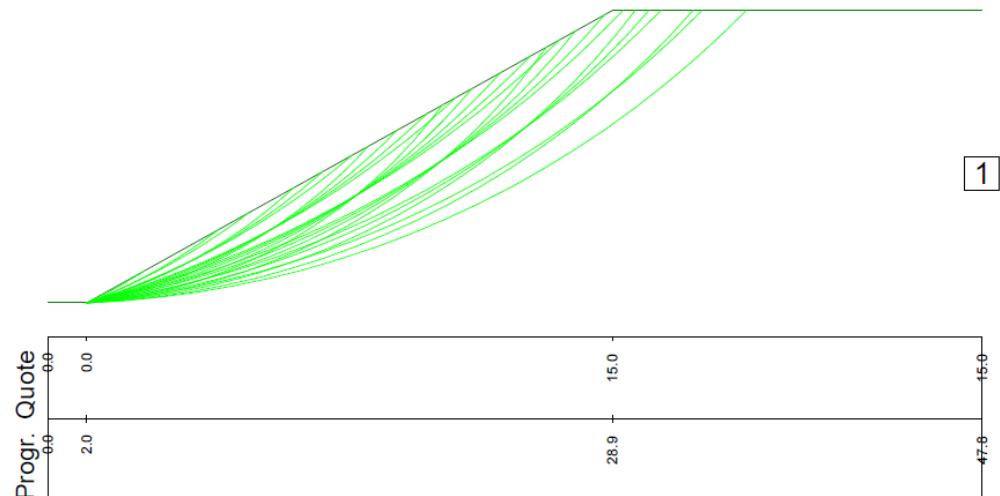
$+^{1.35}$ $+^{1.31}$ $+^{1.33}$ $+^{1.38}$ $+^{1.46}$
 $+^{1.44}$ $+^{1.36}$ $+^{1.32}$ $+^{1.32}$ $+^{1.38}$
 $+^{1.64}$ $+^{1.45}$ $+^{1.36}$ $+^{1.33}$ $+^{1.34}$

Verifica stabilità globale
pendio in detrito $h_{max}=15m$
NTC 2018 sismica
scala 1:350

Litotipo 1: $\phi [^\circ] = 33$ $c [kN/m^2] = 2.5$ $\gamma [kN/m^3] = 18$
Comp. sismica orizz.=.027 Comp. sismica vert.=.014
Metodo: Sarma

$+^{2.31}$ $+^{1.68}$ $+^{1.45}$ $+^{1.37}$ $+^{1.35}$

$+^{>5}$ $+^{2.55}$ $+^{1.70}$ $+^{1.46}$ $+^{1.39}$



CONCLUSIONI

Le note precedenti hanno permesso di formulare un quadro geologico e geomeccanico complessivo che si è mostrato essere compatibile con le scelte progettuali adottate, e fornisce anche indicazioni utili sull'evolversi di possibili fenomeni d'instabilità localizzate e sugli approfondimenti eventuali in sede di redazione delle verifiche annuali sulla stabilità dei fronti cava. Il progetto di coltivazione è pertanto fattibile dal punto di vista geologico - geotecnico.

Geol. Andrea Fontanari

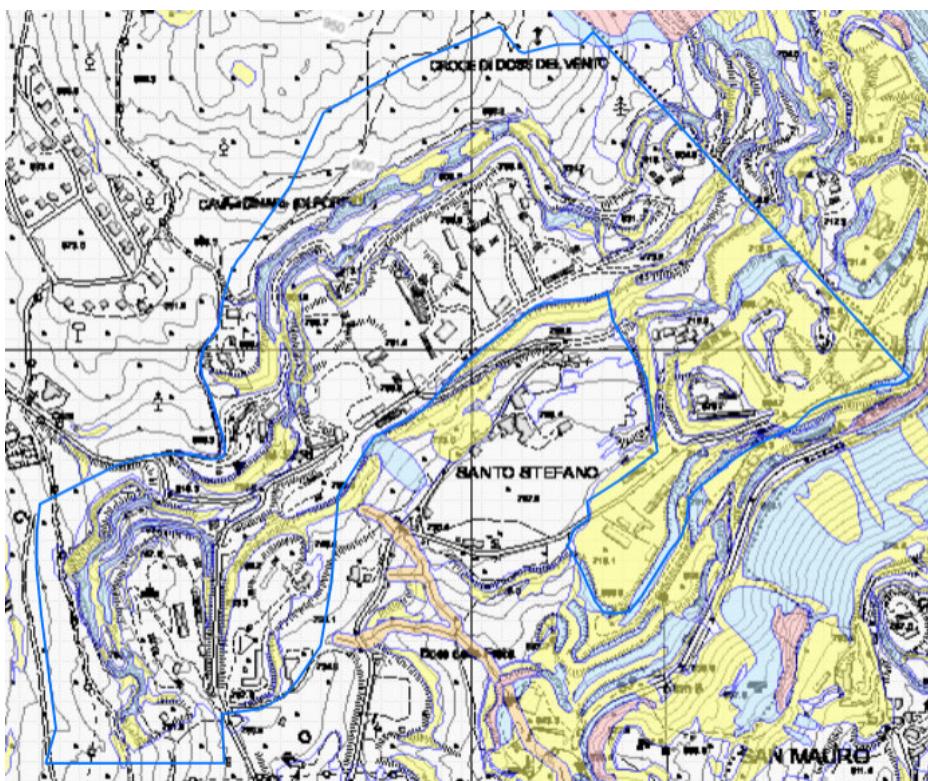
STUDIO DI COMPATIBILITÀ'

Le presenti note sono redatte con lo scopo di trattare le argomentazioni riportate nel capitolo 6 dell'allegato C della DGP 1942 dd12-10-2018 e ss.mm. in merito ai contenuti dello studio o relazione di compatibilità. Di seguito si richiamano i punti

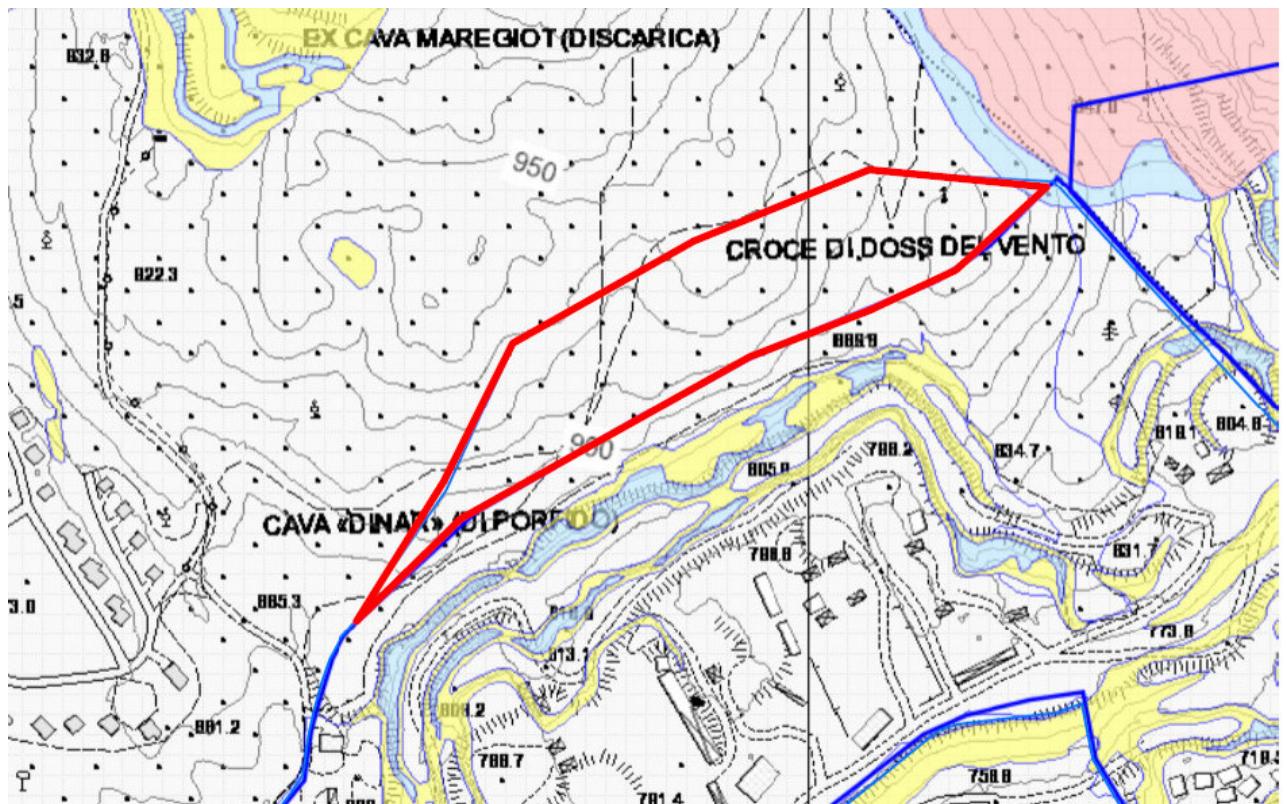
- a) *individuazione dei fenomeni attesi distinti secondo le categorie e tipologie riportate nelle carte della pericolosità (processi fluviali, torrentizi, movimenti di versante, valanghe, ecc.);*

La carta di sintesi della pericolosità classifica parte dell'area con penalità bassa e media per cause litogeomorfologiche, in questo caso rappresentate da pareti rocciose in forte pendenza all'interno di una zona di cava o da presenza di locali discariche di scarti derivati dall'attività di cava.

La carta di sintesi della pericolosità classifica una minima parte dell'area di incremento del piano cave con penalità media per la presenza della frana Slavinac posta a nord est della zona in esame.



estratto della carta delle penalità generale



estratto della carta delle penalità dettaglio zona in ampliamento

b) nel caso vi sia concomitanza di più fenomeni, dovrà essere approfondito l'ordine di importanza e relazione tra gli stessi e in particolare quale sia il fenomeno prevalente;

Non vi è concomitanza di più fenomeni.

c) analisi della pericolosità mediante la definizione dell'intensità e della probabilità di ogni tipologia di fenomeno;

Il programma di coltivazione della area estrattiva con la relativa relazione geologica ha analizzato i fronti rocciosi dando indicazioni sui possibili cinematismi in modo da fornire indicazioni in merito all'avanzamento nelle varie direzioni di coltivazione, considerando la stabilità globale del versante e dei singoli gradoni. L'intensità e la probabilità dei fenomeni è riconducibile a singole porzioni che per effetto dell'"invecchiamento" dovuto ai cicli di gelo e disgelo possono collassare rimanendo confinate alla base della parete e sul gradone.

In generale per quanto riguarda il versante questo verrà completamente gradonato, riducendo gli effetti di corrivazione superficiale e limitando le altezze massime attuali a quelle previste progettualmente e verificate nella relazione geologica allegata al progetto. In sostanza viene attuato un miglioramento delle condizioni attuali del versante.

Per quanto riguarda le discariche, distingueremo tra i depositi esterni alla zona di scavo da quelli interni alla zona di scavo. I primi non vengono interessati dal progetto e si presentano già stabili per situazione consolidata. I depositi interni alla zona di coltivazione verranno rimossi per permettere gli scavi sottostanti.

L'area della frana Slavinanc risulta stabilizzata ormai da anni, l'estensione del limite dell'area estrattiva nella porzione segnalata con penalità risulta limitata, inoltre la tipologia di intervento prevista cioè l'eventuale gradonatura rappresenterebbe un fattore stabilizzante in quanto andrebbe ad alleggerire la porzione apicale della frana.

d) descrizione dei massimi effetti prevedibili causati dal fenomeno/i;

Nelle zone di scavo previste, adottando le indicazioni riportate nella relazione geologica in merito alle varie direzioni di avanzamento nella coltivazione della cava si mitigano gli effetti del fenomeno segnalati dalla carta di sintesi della pericolosità. Restano prevedibili effetti residui connessi all'instabilità di porzioni che possono collassare rimanendo confinate alla base della parete e sul gradone. Nel complesso l'attività di cava riduce la pericolosità litogeomorfologica riconducendola ai soli singoli fronti per effetto della gradonatura completa del versante attuale. Per quanto riguarda le discariche interne all'area di coltivazione queste non presentano criticità e comunque se ne prevede la rimozione per permettere gli scavi in roccia sottostante.

L'eventuale escavazione della zona segnalata contribuirà ad alleggerire la zona interessata in passato dalla frana contribuendo quindi a stabilizzarla ulteriormente.

e) definizione della vulnerabilità e dell'eventuale incremento del carico insediativo esposto a pericolo, rispetto a quanto si intende realizzare in relazione agli effetti prevedibili causati dal fenomeno/i;

Non c'è incremento del carico insediativo, mentre la vulnerabilità è riferibile alla presenza di lavoratori del settore estrattivo. Trattandosi di area di cava, le operazioni verranno svolte secondo un protocollo di sicurezza proprio dell'attività estrattiva (DSS) ove sono riportati gli accorgimenti da rispettare per le lavorazioni in prossimità delle fronti ed in generale i comportamenti da tenere sotto le fronti di scavo.

f) descrizione delle opere difensive di messa in sicurezza di tipo strutturale (opere paramassi, difese di sponda, paravalanghe, ecc.) e/o misure di sicurezza di tipo non strutturale (piani di evacuazione, limitazione utilizzi e accorgimenti d'uso, monitoraggi, ecc.), ivi compresa la verifica degli effetti indiretti, determinati dalle opere e misure sul contesto di riferimento;

Trattandosi di area di cava le fronti rocciose potranno dare origine a porzioni o blocchi che possono invadere anche i gradoni. Al fine di contenere tali fenomeni alla base delle pareti maggiormente frequentate, come quelle della viabilità, si dovranno realizzare tomi di altezza pari a 1.5-2 m. Per i gradoni di produzione saranno sufficienti tomi di altezza inferiore lungo il ciglio. Si fa presente comunque che tale rischio viene compreso all'interno dei relativi Documenti di Sicurezza delle singole ditte esercenti e che il Direttore Responsabile della cava potrà adottare provvedimenti specifici. Nel complesso l'attività di cava riduce la pericolosità litogeomorfologica riconducendola ai soli singoli fronti.

L'eventuale coltivazione della porzione segnalata in frana contribuirà a stabilizzare la zona un tempo interessata dal fenomeno franoso, non sono quindi necessarie opere difensive o di messa in sicurezza ulteriori.

g) definizione di un cronoprogramma di esecuzione degli interventi di messa in sicurezza preordinati alla realizzazione delle opere;

Già la situazione attuale risulta massimamente compatibile con la presenza di attività svolte a distanza dalle fronti di coltivazione. Contemporaneamente all'appontamento delle posizioni marginali prossime alle pareti i tomi potranno essere implementati ove esistenti od apposti ex-novo. La redazione di progetti specifici per ogni lotto potrà eventualmente prevedere accorgimenti specifici. Ogni ditta che opera all'intero del perimetro estrattivo deve munirsi di un adeguato documento di Sicurezza e Salute (DSS) previsto dal D.Lgs.624/96, all'interno di questo verranno riportati modalità e tempi per l'esecuzione di opere ed interventi di sicurezza.

h) conclusioni dello studio in ordine alla compatibilità dell'intervento e dettagliata descrizione di tutti gli elementi ai quali è subordinata tale compatibilità, finalizzata anche alla attestazione di eventuale declassamento.

Il pericolo segnalato dalla carta di sintesi legato alla presenza di un vecchio fenomeno franoso stabilizzato non interferisce con l'eventuale escavazione dovuta all'incremento dell'area estrattiva in quanto gli eventuali scavi eseguiti in quella posizione contribuirebbero ad alleggerire la zona e conseguentemente a stabilizzare ulteriormente l'area un tempo in frana.

Il pericolo segnalato dalla carta di sintesi legato a fenomeni litogeomorfologici è stato trattato in modo esauriente nella relazione geologica. Esistono appositi protocolli che saranno riportati nel DSS che ogni Ditta esercente deve redigere e rispettare.

L'attività di cava risulta quindi compatibile con i pericoli presenti, e costituisce di per se una miglioria per l'esecuzione della gradonatura anche in quelle zone che attualmente presentano pareti elevate.

Nel complesso per quanto espresso nelle presenti note, sulla base anche dei contenuti della relazione geologica, si può affermare che l'attività di coltivazione rimodella il versante migliorando le condizioni di sicurezza delle persone e dei beni e più in generale della stabilità dei suoli.

il tecnico



