

REGIONE PIEMONTE

PROVINCIA DI VERBANIA



COMUNE DI VOGOGNA

## PROGETTO DI RINNOVO CON VARIANTE DELLA CAVA DI BEOLA E QUARZITE DENOMINATA "I PIOD"

### ADEMPIMENTI:

#### **Legge regionale 19 luglio 2023, n. 13**

"Nuove disposizioni in materia di valutazione ambientale strategica, valutazione di impatto ambientale e autorizzazione ambientale integrata. Abrogazione della legge regionale 14 dicembre 1998, n. 40 (Disposizioni concernenti la compatibilità ambientale e le procedure di valutazione)"

## RELAZIONE GEOLOGICA - GEOMECCANICA

### *I Tecnici*

### Il Committente

Soc. La Beola snc  
di Guglielmi Giovanni e C.  
Via Nazionale Dresio n.134  
28805 Vogogna (VB)

C:\Users\llo nio pc\Desktop\FIRMA GIO rtt.tif.jpg

Dott. Geol. Claudio Gagliardi  
Via A. Binda, 178 28845 Domodossola (VB), IT  
Mobile +39 334.6219434  
e-mail: c.gagliardi.geologo@gmail.com

Dott. Geol. Riccardo Frencia  
Via Pignati 18 12037 Saluzzo (CN), IT  
tel: 323.5527610

e-mail: riccardo.frenca@geologipiemonte.it

Agosto 2024



# INDICE

<b>1. PREMESSA .....</b>	<b>3</b>
<b>2. RELAZIONE GEOLGICA.....</b>	<b>4</b>
2.1 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO .....	4
2.2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO.....	8
2.3 LITOSTRATIGRAFIA .....	16
2.4 CARATTERIZZAZIONE STRUTTURALE DI DETTAGLIO .....	18
<b>3. INQUADRAMENTO IDROLOGICO E IDROGEOLOGICO .....</b>	<b>23</b>
3.1 IDROGRAFIA SUPERFICIALE .....	23
3.2 IDROGEOLOGIA DELL'AREA .....	24
<b>4. QUADRO DEL DISSESTO .....</b>	<b>25</b>
<b>5. ANALISI GEOSTRUTTURALE E GEOMECCANICA DEL SITO .....</b>	<b>29</b>
5.1 PREMESSA .....	29
5.2 ANALISI GEOSTRUTTURALE .....	30
5.3 RICOSTRUZIONE GEOSTRUTTURALE DELL'AMMASSO ROCCIOSO.....	35
5.3.1 <i>Resistenza a compressione monoassiale della roccia</i> .....	36
5.4 MODELLO GEOMECCANICO DELL'AMMASSO ROCCIOSO .....	37
5.5 DESCRIZIONE DEI FRONTI .....	38
5.6 CLASSIFICAZIONE DELL'AMMASSO ROCCIOSO .....	41
5.6.1 <i>Metodo di Bieniawski</i> .....	41
<b>6. RELAZIONE SISMICA .....</b>	<b>45</b>
6.1 INQUADRAMENTO NORMATIVO E TECNICO .....	45
6.1.1 <i>Stati limite di riferimento</i> .....	46
6.2 CARATTERIZZAZIONE DELL'AZIONE SISMICA SUL TERRENO IN ESAME SECONDO LE N.T.C. 2018.....	47
6.2.1 <i>Calcolo del periodo di riferimento per l'azione sismica</i> .....	47
6.2.2 <i>Azione sismica attesa al sito</i> .....	49
<b>7. VERIFICHE DI STABILITÀ MEDIANTE TEST DI MARKLAND .....</b>	<b>53</b>
7.1 TEST DI MARKLAND SUI FRONTI .....	53
7.2 TEST DI MARKLAND SUI FRONTI (SINGOLE ALZATE) .....	56
<b>8. VERIFICA DI STABILITÀ DEI CINEMATISMI INDIVIDUATI.....</b>	<b>60</b>
8.1 SCIVOLAMENTI PLANARI.....	62
8.2 SCIVOLAMENTI DI CUNEI IN ROCCIA.....	68
8.3 VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE .....	89
<b>9. CONCLUSIONI .....</b>	<b>90</b>
<b>ALLEGATO: .....</b>	<b>91</b>



## 1. PREMESSA

Questo elaborato è parte integrante dello studio relativo al progetto di rinnovo con variante di una cava di pietra ornamentale sita nel Comune di Vogogna, denominata “I Piod”.

In questa relazione saranno esposte le peculiarità geologiche, geomorfologiche e geomeccaniche dell’area su cui è previsto il rinnovo dell’autorizzazione di un’attività estrattiva già esistente, col fine di consigliare e prescrivere le soluzioni tecniche opportune e di valutare la compatibilità dell’intervento proposto con l’assetto geologico dell’area.

La variante viene richiesta per la diversa evoluzione temporale delle fasi in cui è suddiviso il progetto.

Il presente studio geologico e geostrutturale si basa su sopralluoghi e rilievi effettuati nell’ambito dell’attività estrattiva in progetto e in un suo intorno significativo.

La caratterizzazione geostrutturale è stata effettuata sia sulle porzioni di ammasso roccioso già interessate dall’attività di coltivazione pregressa che sulle porzioni (dove affioranti) interessate dall’ampliamento in oggetto o in prossimità allo stesso.

L’analisi geologica dell’area è così costituita:

- inquadramento geologico generale;
- modello geologico di dettaglio (geomorfologia, litostratigrafia e strutture);
- analisi geostrutturale e geomeccanica;
- verifiche di stabilità dei fronti rocciosi e dei cunei di roccia instabili;
- verifica di stabilità, ribaltamento, scorrimento e carico limite dei muri di sostegno in progetto.

Lo studio è stato redatto in ottemperanza a quanto richiesto dalla Circolare del Presidente della Giunta Regionale del 18/09/1995 n. 21/LAP, dalla L.R. n. 23 del 17/11/2016 e del regolamento 11.R della Regione Piemonte, dalla L.R. 45/1989 *Norme per gli interventi da eseguire in terreni sottoposti a vincolo per scopi idrogeologici* e al D.M. 17/01/2018 *Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC18)*.

## **2. RELAZIONE GELOGICA**

### **2.1 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO**

La zona in esame si colloca lungo il versante orografico sinistro della Valle d'Ossola, in prossimità del fondovalle, in corrispondenza di una dorsale piuttosto pronunciata, caratterizzata da substrato superficiale affiorante/subaffiorante e da un andamento trasversale all'asse vallivo principale (circa E-W). Il crinale si estende dal fondovalle (q. 230 m circa) fino alla sella rocciosa su cui sorge l'Alpe Marona (880 m circa) e, come anche desumibile dagli elaborati di PRGC di cui si riporta di seguito uno stralcio della Tavola 2 Carta Geomorfologica, non evidenzia alcuna forma di dissesto, sia superficiale sia profonda.

La cava si imposta pertanto in corrispondenza di un settore di versante favorevole alla coltivazione sia per la morfologia sia per le discrete caratteristiche dell'ammasso roccioso a grande scala.

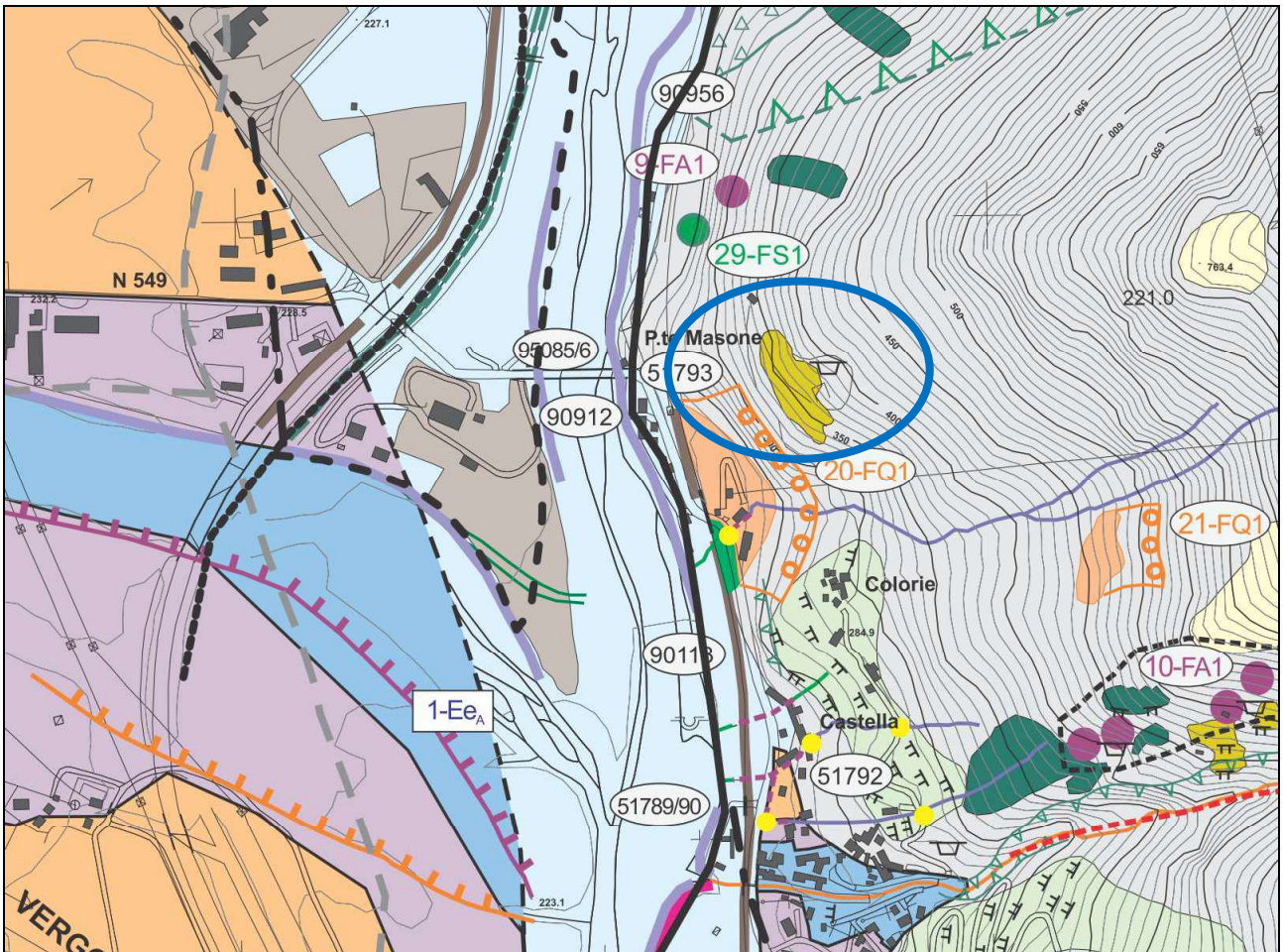
A scala dell'affioramento si evidenziano numerose pareti naturali caratterizzate da fenomeni di crollo isolato per effetto dell'azione combinata tra la giacitura sfavorevole di alcuni giunti e fenomeni ciclici di crio-termoclastismo, che alimentano le coperture detritiche alla base degli affioramenti stessi. In particolare inferiormente al piazzale di cava, nella pendice prospiciente il fondovalle si estende una vistosa parete subverticale, evidenziata anche nel PRGC, come "orlo di parete interessata da distacco di massi con area di caduta e detrito sottostante, assimilabile a frana di crollo o di ribaltamento" di tipo quiescente, indicata con la sigla 20-FQ1.

Si riportano di seguito un'immagine da foto aerea, estratta dal Portale cartografico nazionale del Ministero dell'Ambiente che evidenzia le caratteristiche sopra descritte ed il contesto morfologico ed antropico circostante.

Si riporta inoltre uno stralcio della Tav. 2, "Carta geomorfologica, dei dissesti, della dinamica fluviale e del reticolato idrografico minore" (elaborato GEO 3), degli studi geologici allegati al PRGC del Comune di Vogogna (Aggiornamento Gennaio 2010, Geol. F. D'Elia).



**Figura 1:** ripresa aerea Volo 2006 Portale Cartografico Nazionale.



**Figura 2:** estratto della Carta Geomorfologica allegata al PRG di Vogogna, legenda nella pagina seguente, nell'ellisse blu viene evidenziata l'area in esame.



**ELEMENTI GEOLOGICO-STRUTTURALI****Litologia del substrato**

Substrato roccioso (rocce metamorfiche)

**Tettonica e forme Strutturali**

Faglie presunte

Lineamento tettonico regionale  
(Linea tettonica del Canavese).  
(a): nascosta da depositi quaternari.**FORME GLACIALI****Forme d'accumulo e relativi depositi (non attive)**

Deposito glaciale

**FORME DI VERSANTE DOVUTE ALLA GRAVITA'**Nicchia e corpo di frana.  
(A): con la linea discontinua si indicano limiti probabili, desunti da elementi morfologici e da fotointerpretazione.

Orlo di parete interessata da distacco di massi, area di caduta e falda di detrito sottostante, assimilabile ad una frana di crollo o di ribaltamento.

Scheda Rilevamento Frane (vd. Allegato 4 *Schede monografiche rilevamento frane*), con indicazione del codice relativo al tipo di dissesto, secondo la legenda regionale per la redazione della carta del dissesto del PRGC.Scheda Processi Rete Idrografica (vd. Allegato 5 *Rilevamento processi lungo la rete idrografica*), con indicazione del codice relativo al tipo di dissesto, secondo la legenda regionale per la redazione della carta del dissesto del PRGC.

Area che include molteplici dissesti descritti nella scheda 10FA1.

- attive (Fa)
- quiescenti (Fq)
- non attive (Fs)

- Frane puntiformi.

**FORME FLUVIALI, FLUVIO-GLACIALI E DI VERSANTE DOVUTE AL DILAVAMENTO****Forme di erosione**Orlo di scarpata d'erosione fluviale  
(a: attivo; b: quiescente; c: inattivo)

Forme fluviali relitte riconoscibili da foto aeree e/o osservazioni sul terreno e/o documenti cartografici.



Vallecola a fondo concavo; processo lineare con pericolosità medio-moderata (Em).



Dosso fluviale.



Corsi d'acqua non interessati da particolari processi di dissesto lineare.



Dissesto torrentizio lungo l'asta, caratterizzato da diffusa erosione spondale e di fondo, abbondante trasporto solido e possibili fenomeni di debris flow; è un dissesto lineare di tipo "Ee" (valutazione su base geomorfologica).



Dissesto torrentizio lungo l'asta, caratterizzato da diffusa erosione spondale e di fondo, con trasporto solido; è un dissesto lineare di tipo "Eb" (valutazione su base geomorfologica).



Dissesto torrentizio lungo l'asta, caratterizzato da locale erosione spondale e di fondo, con ridotto trasporto solido; è un dissesto lineare di tipo "Em" (valutazione su base geomorfologica).



Tratte intubate.

**Forme di accumulo e relativi depositi**

Depositi alluvionali recenti ed attuali (ciottoli, ghiaie, sabbie). Inondabili in condizioni di naturalità, indipendentemente dalle opere di arginatura, delle protezioni spondali e dei rilevati stradali e ferroviari.



Conoide alluvionale con interventi di sistemazione migliorativi, ed indicazione del codice corrispondente al tipo di dissesto (pericolosità molto elevata "Cae", elevata "Cab" e media/moderata "Cam" = conoide attiva; pericolosità moderata "CS" = conoide stabilizzata). Il tratteggio indica limite incerto.



Punto di criticità idraulica del reticolo idrografico minore.

**FORME POLIGENICHE****Forme di erosione (non attive)**

Orlo di scarpata, deciso cambio di pendenza.

**Forme di accumulo e relativi depositi (non attive)**

Depositi di origine mista (eluvio-colluviale e di versante).

**FORME ANTROPICHE**

Versante con terrazzamento a muretti.

Canale artificiale.



Cava abbandonata.

Opere di protezione spondale lungo il F. Toce.



Discarica di cava, (a): vegetata, tendenzialmente stabilizzata; (b): non vegetata, potenzialmente instabile.

Rilevati stradali e ferroviari.



Schede Archivio Processi ed Effetti (vd. All.1 Ricerca storica dei danni legati a dissesti idrogeologici).



Confine territorio comunale

Terreni riquotati mediante riporti di materiale.

*Delimitazione delle fasce fluviali relative al "Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico" (PAI). Variante approvata con D.P.C.M. Del 10/12/2004*

I limiti qui riportati non sono prescrittivi. A scopo normativo sono validi i limiti riportati nelle tavole di delimitazione della Variante PAI.



Limite tra la Fascia A e la Fascia B



Limite tra la Fascia B e la Fascia C



Limite esterno della Fascia C



Limite di progetto tra la Fascia B e la Fascia C

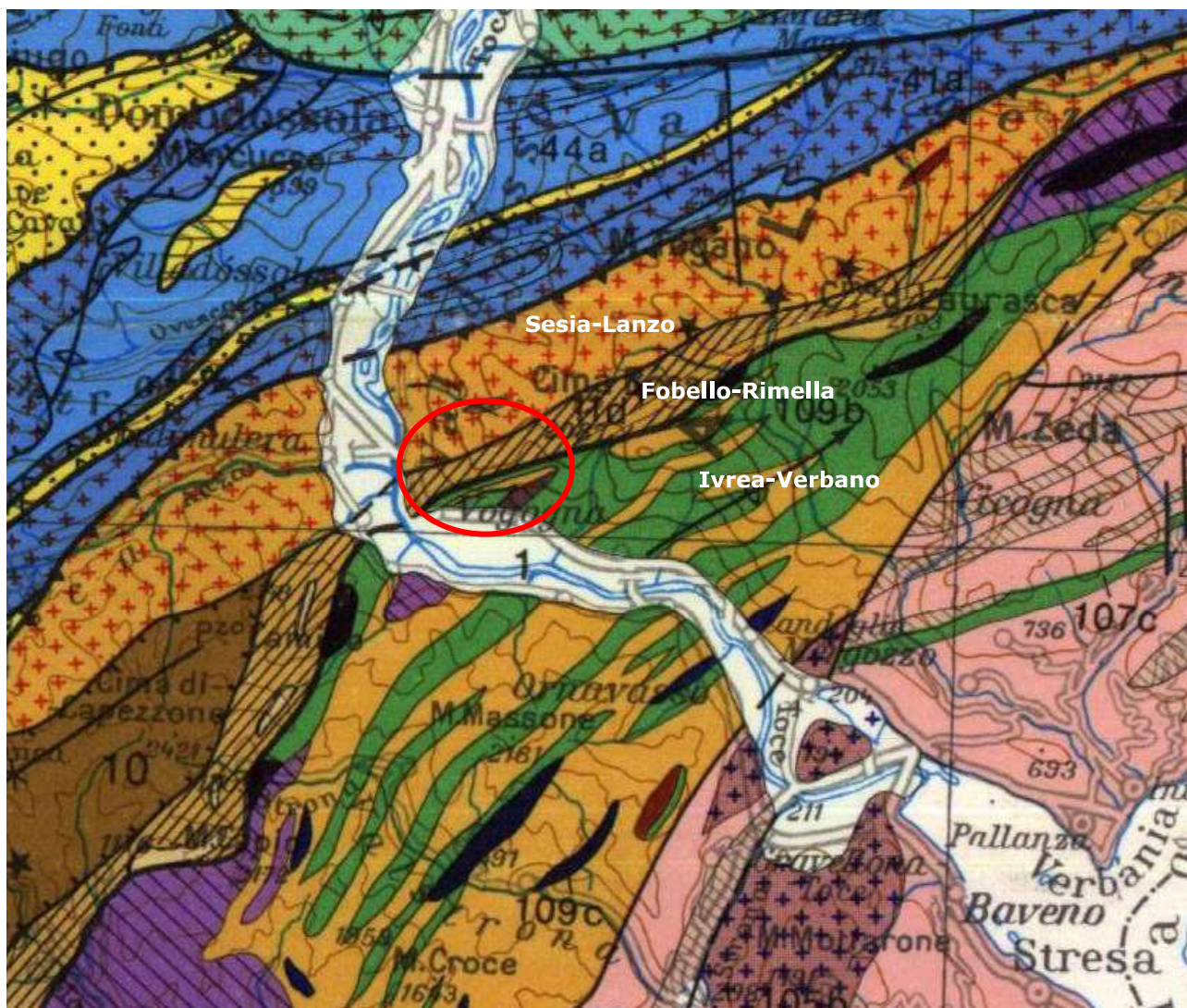
## **2.2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO**

Sotto il profilo geologico - strutturale regionale si tratta di un settore particolarmente complesso posto lungo la Linea del Canavese (Linea Insubrica), dunque in corrispondenza della fascia ad intensa deformazione che segna il passaggio dal Sistema delle Alpi Meridionali (Africa - vergente), al Sistema Austroalpino delle Alpi Occidentali (a vergenza europea).

In dettaglio le unità ed i litotipi caratteristici dei due sistemi nel settore in esame sono:

- ☐ Sistema delle Alpi Meridionali: Zona Ivrea - Verbano, costituita da granuliti basiche, orneblenditi, pirosseniti e peridotiti
- ☐ il Sistema Austroalpino rappresentato dalla Zona Sesia - Lanzo (unità inferiori), costituita dal Complesso degli gneiss minuti (Gneiss d'Arolla)

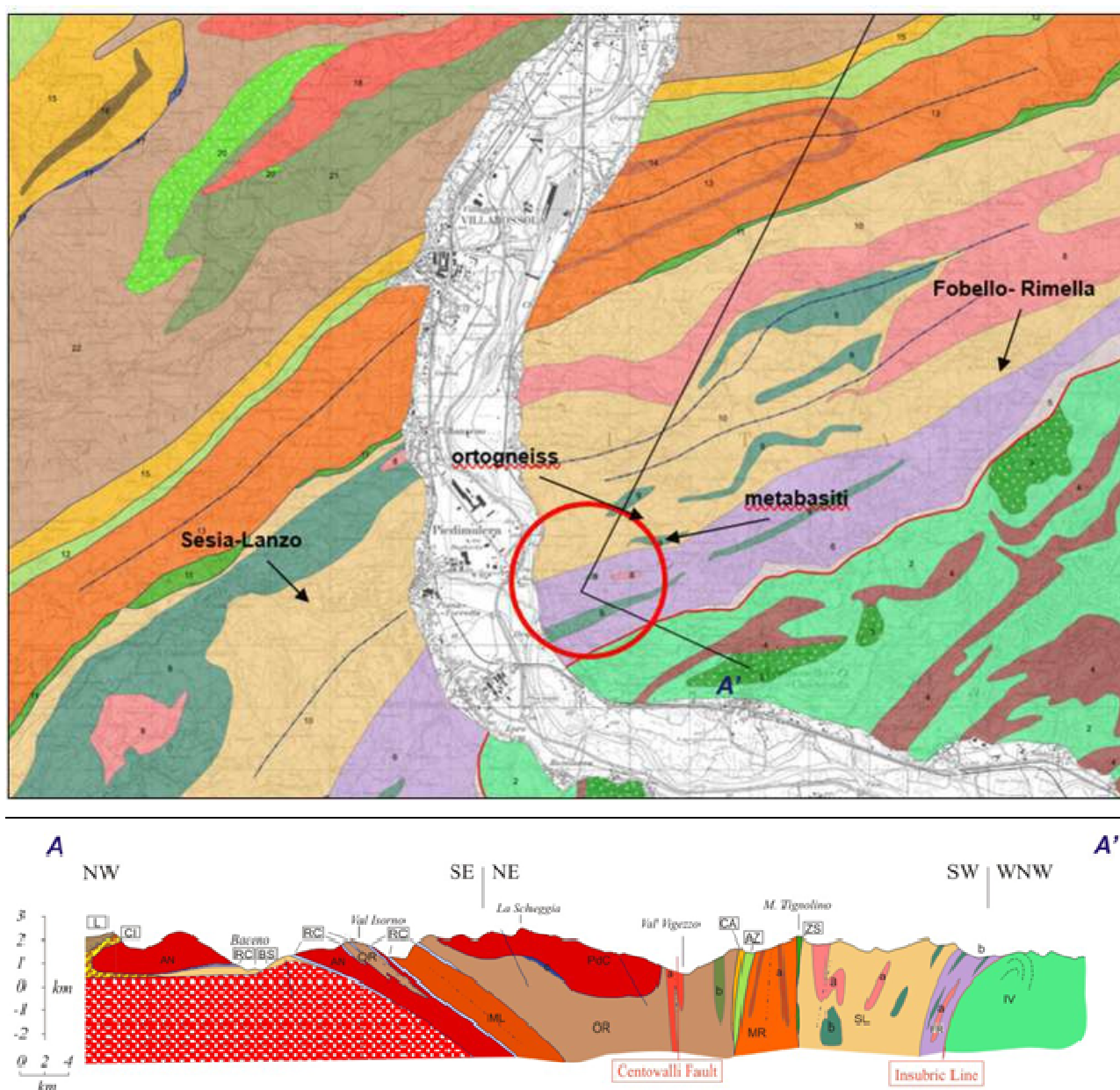
Fra i due sistemi si interpone la fascia degli “Scisti di Fobello - Rimella” che rappresentano i prodotti milonitici della deformazione sui litotipi originari appartenenti, nell'area in esame, soprattutto alla Zona Sesia - Lanzo (maggior ampiezza della zona deformata), ma in altri settori anche alla Zona Ivrea - Verbano (l'attribuzione del protolite ad una o l'altra unità è spesso difficoltosa). In generale l'origine degli scisti di Fobello - Rimella è da ricondursi a due fasi deformative: una prima di tipo compressivo (back-thrusting), seguita da una seconda di tipo trascorrente destra. Nella figura seguente è riportato uno stralcio tratto dalla carta "Structural Model Of Italy" (CNR 1990).



**Figura 3:** estratto della carta “Structural model of Italy” dell’area in esame.

Il quadro geologico - strutturale su esposto è confermato anche nello “*Schema geologico - strutturale dell’area Val d’Ossola - Sempione*” e nella relativa sezione geologica (Bigioggero B. & al.ii, 2007); in particolare sono segnalati gli ortogneiss che costituiscono il giacimento della Cava Cremosina, posta a monte della cava I Piod, e una fascia allungata di metabasiti lungo il versante sinistro del vallone del Rio Dresio.





**Figura 4:** estratto della Schema geologica - strutturale dell'area Val d'Ossola - Sempione e relativa sezione, nell'area in esame.

Con riferimento alle precedenti analisi geologiche del sito, estratte dalla relazione del dott. geol. Giorgio Ferraris, e dei numerosi contributi scientifici in esse citati si riportano alcuni paragrafi descrittivi degli elementi geologico-strutturali dell'area:

*"[...] la zona di Vogogna riveste particolare importanza nello studio della geologia della Val d'Ossola e, più in generale, dell'arco alpino; pertanto, sono sempre più frequenti nell'area in esame studi e ricerche condotti da istituti universitari italiani e stranieri, il cui compito è spesso facilitato dalla presenza delle cave I Piod e Cremosina (posta a quote più elevate), nelle quali si rilevano ampie superfici artificiali esposte.*



*In particolare, l'area della cava "I Piod" è sovente oggetto di studi scientifici, poiché situata nella zona di transizione tra gli "Scisti di Rimella" e la "Zona Sesia-Lanzo".*

*Gli studi geologici eseguiti nella zona di Vogogna da Baggio e Fritz (1968) e da Sacchi (1977) hanno messo in evidenza i rapporti strutturali esistenti tra le unità della "Zona Sesia-Lanzo", gli "Scisti di Fobello e Rimella", e la "Zona Ivrea-Verbanò".*

*Gli studi eseguiti in un'area più ampia della cava "I Piod", vale a dire la zona compresa tra Campo Albino e Vogogna, hanno evidenziato un motivo strutturale anticlinalico a grande scala che coinvolge tutte le unità citate; questo anticlinorio ha una vergenza verso S-SE e presenta al suo interno strutture plicative minori.*

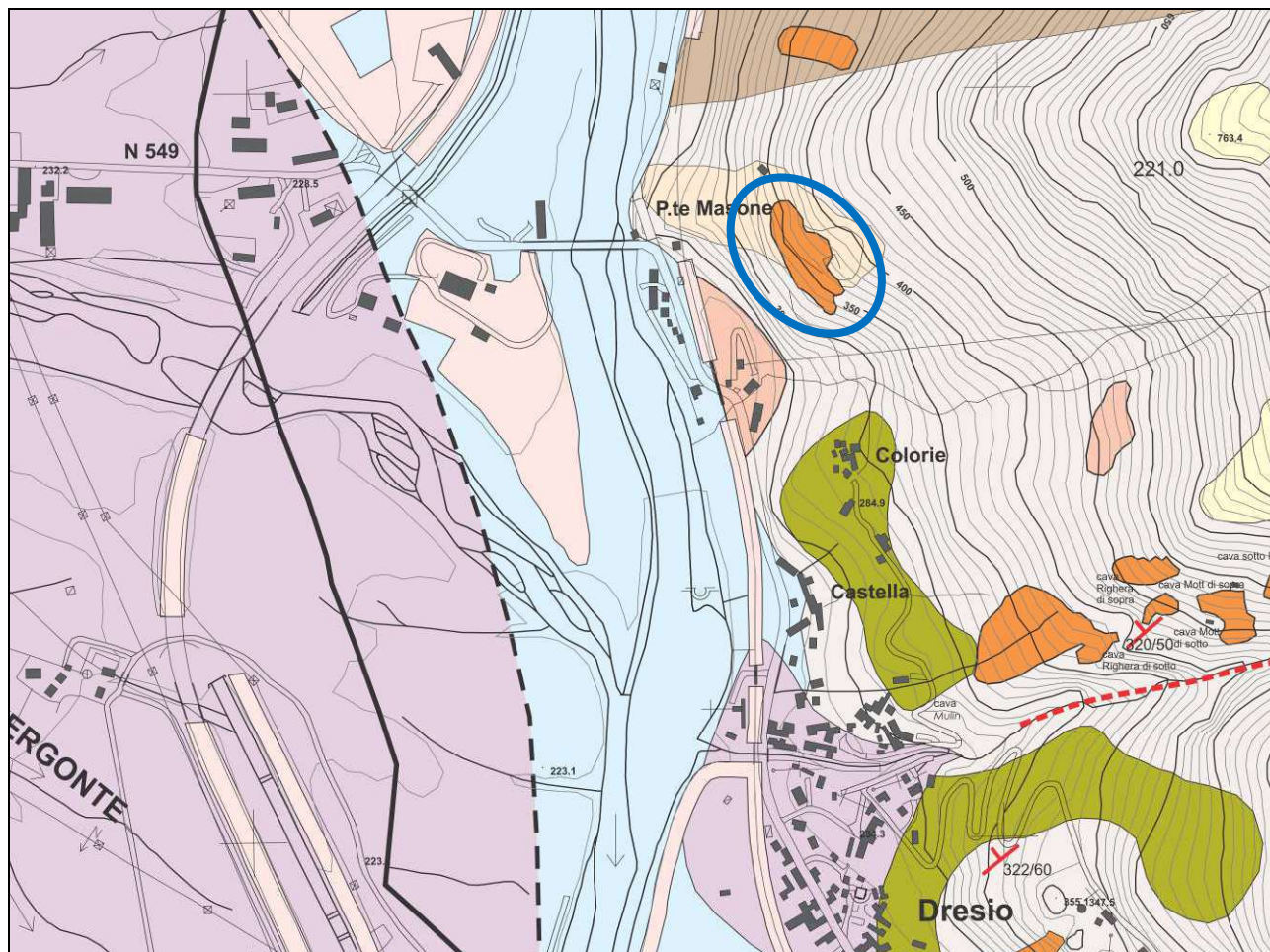
*Secondo lo schema strutturale proposto dagli Autori sopracitati, la cava "I Piod" si colloca nella "Zona Sesia-Lanzo", immediatamente a settentrione della fascia di transizione agli "Scisti di Fobello e Rimella"; il tratto di versante su cui è posta la cava è apparentemente suddivisibile in due zone caratterizzate da diversi aspetti strutturali:*

□ *la prima zona, nella quale si apre la cava, è caratterizzata da rocce con marcata e regolare scistosità trasversale al fronte di coltivazione; le giaciture dei piani di scistosità presentano valori costanti di circa 320°-330° di immersione e 65°-75° di inclinazione; non sono presenti elementi plicativi a grande scala ma si osservano solo rare strutture aventi dimensioni al massimo decimetriche rappresentate da micropieghe quarzoso-feldspatiche, talora boudinate;*

□ *la seconda zona, posta a nord dell'area di cava, è invece caratterizzata da una struttura a pieghe molto evidenti; in particolare è riconoscibile un motivo dominante costituito da un'anticlinale inclinata, in posizione centrale, e da una sinclinale che si sviluppa a nord della precedente; il piano assiale dell'anticlinale è riconoscibile in diversi punti della piega e presenta una giacitura pressoché costante con valori oscillanti tra 320°-330° di immersione e inclinazione media di 60°.*

Poiché come detto in precedenza gli scisti di Fobello-Rimella sono prevalentemente costituiti da rocce milonitiche del Sesia-Lanzo la separazione tra le due unità non è facilmente definibile e si delinea lungo una complessa fascia di contatto tettonico. Sulla base delle conoscenze acquisite nello studio delle limitrofe cave ed in particolare della soprastante Cava Cremosina si ritiene che i litotipi quarzitici e gneissici siano del tutto confrontabili e pertanto si propone la caratterizzazione litostratigrafica riportata nel paragrafo seguente.



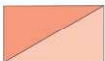
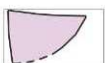

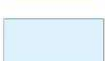

Per completezza si riporta un estratto della della Tav. 1, "Carta geologico-strutturale" (elaborato GEO 3), degli studi geologici allegati al PRGC del Comune di Vogogna (Aggiornamento Luglio 2007, Geol. F. D'Elia). Su questa carta l'area in esame ricade a cavallo tra gli scisti milonitici e le quarziti.



**Figura 5:** estratto della Carta Geologica allegata al PRG di Vogogna, legenda nella pagina seguente, nell'ellisse blu viene evidenziata l'area in esame.

## LEGENDA




### Depositi superficiali (Quaternario)

	<u>Materiali di riporto</u> granulometricamente eterogenei, con prevalenza delle frazioni grossolane (ghiaia, ciottoli) nei rilevati stradali e ferroviario, fortemente eterometrico nelle riquotature del terreno naturale.
	<u>Detrito di cava</u> costituito da frammenti rocciosi eterometrici, spigolosi, generalmente privi di matrice fine.
a  b	<u>Depositi detritici</u> costituiti da frammenti rocciosi prevalentemente spigolosi, di dimensioni variabili fino a metriche, localmente con matrice fine, privi di vegetazione (a), o con copertura vegetale pressoché continua (b).
	<u>Depositi alluvionali di conoide</u> costituiti da ghiaie eterometriche, generalmente grossolane, a matrice sabbiosa (il tratteggio indica limite incerto).
	<u>Depositi eluvio-colluviali (o di versante)</u> costituiti da frammenti rocciosi di dimensioni variabili, a matrice prevalentemente fine, anche abbondante.
	<u>Depositi alluvionali recenti ed attuali del F. Toce</u> costituiti da ghiaie e ghiaie sabbiose, con intercalazioni sabbioso-limose. Barre sabbioso-ghiaiose e ghiaioso-ciottolose nell'alveo attuale del corso d'acqua.
	<u>Depositi glaciali</u> costituiti da clasti fortemente eterometrici a matrice fine.



### Substrato roccioso (affiorante o subaffiorante)

#### AUSTROALPINO

##### “Scisti di Fobello Rimella”



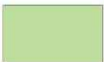
	<u>Scisti milonitici</u> : filladi sericitiche, passanti localmente a forme Kinzigitiche, a grana minuta e tessitura scistosa molto marcata, con lenti di porfiroidi.
	<u>Marmi</u> a silicati a grana medio-minuta, in intercalazioni di modesta entità.
	<u>Quarziti</u> a grana medio-minuta, poco scistose, presenti in lenti di modesta entità.

##### “Zona Sesia-Lanzo”

	<u>Ortogneiss indifferenziati</u> a grana medio-minuta; tessitura scistosa molto evidente.
	<u>Paragneiss e micascisti</u> biotitico-muscovitici; grana da media a minuta e scistosità molto marcata.

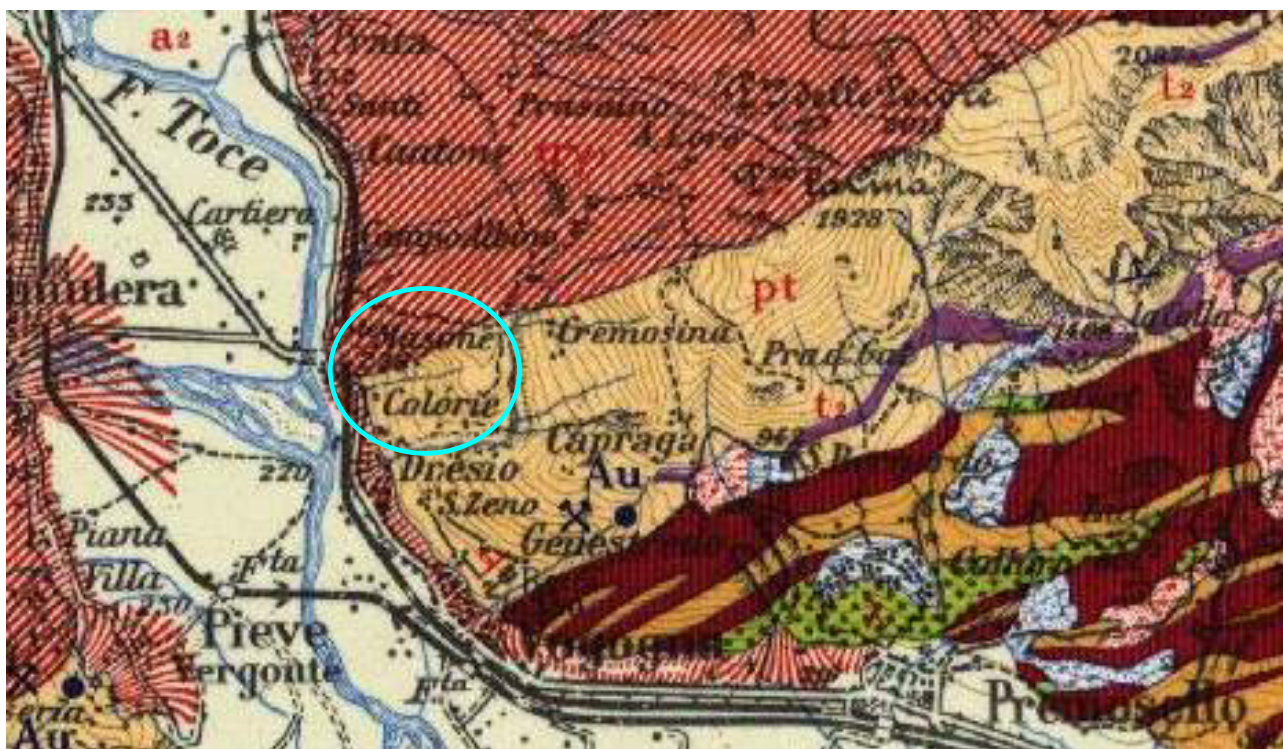
#### ALPI MERIDIONALI

##### “Zona Ivrea Verbano”

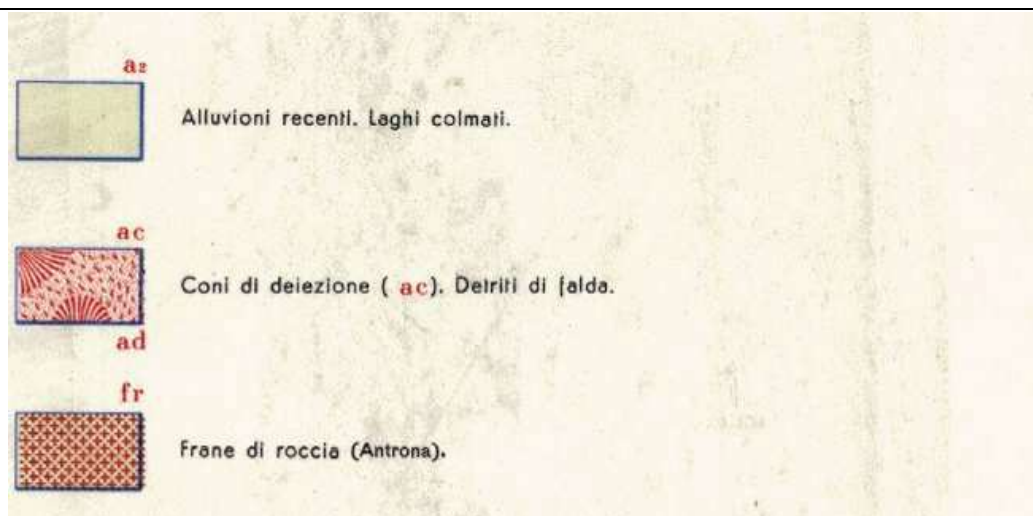
	<u>Metagabbri e anfiboliti</u> a silicati a grana medio-minuta, localmente scistosi, in bande intercalate agli gneiss.
	<u>Peridotiti</u> , associate a metabasiti, composte da olivina, pirosseni, anfiboli e granati.
	<u>Paragneiss e micascisti</u> a biotiti, granato e sillimaniti (kinzigiti).



L'area in esame ricade sul foglio n° 15 "*Domodossola*" della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000, di cui si riporta un estratto in seguito.



**Figura 6:** carta geologica d'Italia in scala 1:100.000, foglio 15, e relativa legenda (pagina seguente). Evidenziata in azzurro l'area in esame.





## 2.3 LITOSTRATIGRAFIA

I litotipi affioranti nell'area di cava sono riferibili all'Unità degli Scisti di Fobello-Rimella. La roccia nell'insieme è costituita da diverse qualità di gneiss con scistosità piuttosto marcata che favorisce una naturale sfaldabilità (spacco lungo scistosità) che rende assimilabili, sotto il profilo commerciale, questi materiali alle comuni "beole".

Tuttavia la peculiarità di questo giacimento è certamente rappresentata dalla presenza di strati ripiegati di **gneiss quarzitici** che, commercialmente, sono denominati **"quarzite bianca e quarzite verde"**, e rappresentano i materiali di maggiore pregio per la produzione di pietra ornamentale.

Più precisamente si può caratterizzare la cava come **"giacimento di gneiss quarzitici con alternanze di varietà "Beola grigia" e "Beola bianca" (Fig. n. 13)**

Beola bianca: gneiss milonitico a grana fine, di colore bianco / grigio chiaro / biancastro a grigio-verdino, costituito da quarzo, K-feldspato, albite, mica bianca, clorite ed epidoto; la foliazione è principalmente definita dall'iso-orientazione della mica bianca e dalla presenza di alternanze composizionali (livelli decimetrici grigio-verdini alternati a livelli centimetrici grigio-azzurrognoli con concentrazioni di clorite ed epidoto).

Beola grigia: gneiss milonitico di colore prevalentemente grigio / grigio scuro con frequente patina di alterazione rossastra in superficie, costituito da quarzo, albite, mica bianca (talora in lepidoblasti centimetrici), clorite e biotite; la foliazione è molto pervasiva ed è definita da una marcata iso-orientazione di tutti i minerali.

Questo litotipo corrisponde ad uno gneiss quarzitico a grana fine, di colore grigio-verdino, costituito da quarzo, K-feldspato, albite, mica bianca, clorite ed epidoto. La foliazione è principalmente definita dall'iso-orientazione della mica bianca e dalla presenza di alternanze composizionali (livelli decimetrici grigio-verdini alternati a livelli centimetrici grigio-azzurrognoli con concentrazioni di clorite ed epidoto).

La roccia, in base alla presenza di porfiroblasti di K-feldspato e di quarzo, ha un probabile protolite di tipo sedimentario (o, alternativamente, di tipo vulcanoclastico) ed è interpretabile come un paragneiss derivante da originari lembi di copertura di età Permiana o eo-Triassica.

Le rocce geometricamente presenti sia al sopra che al di sotto degli gneiss quarzitici, sono riferibili a due litotipi principali:

- ☐ gneiss milonitici a grana fine;
- ☐ gneiss leucocratici a grana grossa.

Gli gneiss milonitici (denominati anche gneiss micacei nelle precedenti relazioni di progetto) a grana fine, sono commercialmente indicati come “beola grigia”, rappresentano il litotipo più diffuso, hanno colore prevalentemente grigio scuro, presentano in superficie una frequente patina di alterazione rossastra, e sono costituiti da quarzo, albite, mica bianca (talora in lepidoblasti centimetrici), clorite e biotite. La foliazione è molto pervasiva ed è definita da una marcata iso-orientazione di tutti i minerali (struttura milonitica); in particolare, in corrispondenza del contatto con gli gneiss quarzitici, è presente una fascia potente circa 1 metro di scisti ultramilonitici. In base a quanto riportato in letteratura, questi gneiss corrispondono a miloniti derivanti dalla trasformazione di originari paraderivati e ortoderivati appartenenti alla zona Sesia-Lanzo (Unità adiacente agli Scisti di Fobello-Rimella).

Gli gneiss leucocratici (definiti gneiss granitoidi e gneiss occhialini nella precedente relazione di progetto) a grana grossa sono costituiti da quarzo, K-feldspato, albite e mica bianca, sono poco foliati e affiorano sottoforma di livelli decimetrici e masse metriche all'interno degli gneiss milonitici. La roccia è un ortoderivato a composizione granitica ed è in particolare riferibile a originari differenziati acidi (filoni aplitici).

In base a quanto osservabile nell'intorno dell'area di cava, il rapporto con gli gneiss milonitici è di tipo intrusivo e determina un contatto discontinuo e complesso che nell'areale della cava I Piod evidenzia le seguenti peculiarità:

- la facies granitoide affiora più limitatamente ed alternati agli gneiss micacei; sono costituiti da ortogneiss e metamorfiti di probabile derivazione migmatitica di colore variabile dal bianco, al verdino e al grigio.
- la facies più occhiadina si trova in contatto diretto con le quarziti, nella parte meridionale della cava, mentre presenta un contatto transizionale con gli gneiss micacei posti a settentrione.

Per quanto concerne i depositi quaternari si segnala la presenza di coltri di origine detritico-colluviale costituite da blocchi spigolosi immersi in una matrice grossolana ghiaiosa ± sabbiosa di colore bruno - rossiccio.

Tali depositi costituiscono lembi discontinui intervallati da affioramenti rocciosi e messi a giorno lungo il coronamento dei fronti alti e laterali dell'area di cava (figure 8 e 9) la potenza osservata è localmente molto variabile (sino a qualche metro in alcuni punti localizzati).



## **2.4 CARATTERIZZAZIONE STRUTTURALE DI DETTAGLIO**

La principale struttura, presente in tutti i litotipi osservati, corrisponde alla foliazione di tipo traspositivo definita dall'iso-orientazione dei minerali principali e dalla presenza di alternanze composizionali. Essa presenta un'orientazione costante con immersione verso Nord-Ovest e inclinazione media di 74°; inclinazioni minori (intorno a 40-50°) si osservano solo su un fianco dell'anticlinale presente in corrispondenza del limite NW dell'area di cava (figura 10).

Per quanto riguarda le strutture di tipo disgiuntivo, nell'area sono state individuate alcune superfici di movimento corrispondenti a faglie coniugate trascorrenti (figura 11), prive di fascia cataclastica significativa e con persistenza dell'ordine di 10-20 m.

Nella parte bassa del gradone a N del piazzale principale si sono osservate anche alcune fasce cataclastiche di modeste dimensioni e fratture con patine e indicatori di movimento che tagliano trasversalmente la scistosità con direzione media NW-SE (figura 12).

Per quanto concerne la fratturazione sono stati individuati sei sistemi di giunti (per i dettagli si rimanda al paragrafo seguente). Tali sistemi corrispondono ad una necessaria schematizzazione del complesso assetto strutturale che caratterizza il settore di versante in oggetto, e derivano dal confronto tra quanto effettivamente osservabile nell'area di cava e quanto risultante dai diagrammi strutturali (analisi statistica).





**Figura 7:** immagine fotografica del contatto tra Beola grigia e Beola bianca.



**Figura 8:** immagine fotografica degli affioramenti rocciosi lungo i coronamenti del ciglio di scavo.



**Figura 9:** immagine fotografica dei depositi che ricoprono l'ammasso roccioso.



**Figura 10:** immagine fotografica del settore di ammasso roccioso con deformazione di tipo antiforme.





**Figura 11:** immagini fotografiche di settori di ammasso roccioso con deformazione di tipo disgiuntivo.



**Figura 12:** immagine fotografica dell’ammasso roccioso in cui si riconosce una deformazione di tipo cataclastico.

### **3. INQUADRAMENTO IDROLOGICO E IDROGEOLOGICO**

#### **3.1 IDROGRAFIA SUPERFICIALE**

Il corso d’acqua principale dell’area è il Fiume Toce, che scorre con andamento N-S nella valle principale ad una distanza di circa 250 m in direzione ovest dal sito in esame.

La quota del fiume Toce è di circa 225 - 230 m s.l.m. nei pressi del sito di cava, per cui questo corso d’acqua non può interferire con l’attività estrattiva in progetto.

Lungo i versanti scendono alcuni corsi d’acqua che drenano i versanti nei periodi di pioggia. Il corso d’acqua più prossimo all’area in esame è il Rio Crotto Valeggia, si tratta di un affluente di sinistra del Toce che scende lungo il fianco vallivo con pendenza molto elevata (30-45°).

È un corso d’acqua a carattere torrentizio e portate molto irregolari, il letto presenta numerosi tratti in roccia, che testimoniano l’elevato grado di erosione di sponda e di fondo e la corrispondente scarsissima deposizione di materiale solido, che solitamente durante gli eventi di piena viene trasportato aumentando la capacità erosiva del corso d’acqua.

Il rio Crotto Valeggia si trova a circa 160 m dall’area in esame in direzione sud.

A nord dell’area di cava a circa 640 m dal confine si trova il Rio Campalbino, si tratta di un corso d’acqua con caratteristiche simili a quelle del Rio Crotto Valeggia.

Nell’area sono poi presenti piccoli impluvi e canali che confluiscono le acque superficiali nei recettori principali.

Più in dettaglio si evidenzia che l’area di cava non è interessata direttamente dalla presenza di corsi d’acqua.

Nell’area di cava è prevista la regimazione delle acque superficiali mediante canalette, le acque che transiteranno sui piazzali di scavo saranno convogliate verso le vasche di sedimentazione per la decantazione dei materiali in sospensione ed infine immesse nella rete idrica superficiale naturale (Rio Crotto Valeggia).

Si avrà cura di realizzare tutte le opere necessarie al corretto deflusso delle acque superficiali oltre ad effettuare sulle stesse le operazioni di manutenzione quando ve ne sarà bisogno.

### **3.2 IDROGEOLOGIA DELL'AREA**

Come già descritto nell'inquadramento geologico l'area di cava è costituita da roccia affiorante e scarsi lembi di copertura di natura eluvio-colluviale, questi accumuli sono perlopiù di spessore modesto (decimetrici) e poco continui lateralmente.

Questo comporta una scarsa infiltrazione delle acque superficiali nel sottosuolo ed una modestissima capacità di immagazzinamento delle rocce presenti nell'area.

L'acqua che precipita durante gli eventi meteorici tende a scorrere superficialmente e solo una piccola parte di essa rimane imprigionata negli accumuli eluvio-colluviali.

Il substrato roccioso è impermeabile e la circolazione idrica sotterranea al suo interno è limitata alla permeabilità per fessurazione, ovvero l'acqua può circolare solamente all'interno delle fratture aperte presenti nell'ammasso roccioso.

L'assenza di un cappellaccio corticale, il fatto che alcune fratture sono chiuse ed altre sono isolate comporta che la presenza di acque sotterranee all'interno dell'ammasso roccioso risulti molto scarsa.

In sostanza, nell'area in esame non è presente una vera e propria falda idrica, l'eventuale presenza di acque sotterranee è molto discontinua e limitata, come detto, alla presenza di discontinuità nell'ammasso roccioso.

L'accumulo di modeste quantità di acqua è possibile all'interno dei depositi superficiali quaternari (depositi eluvio-colluviali), tuttavia anche all'interno di questi depositi la presenza di acqua è molto discontinua: sia per la discontinuità dei corpi stessi sia per l'inclinazione del pendio (che facilita lo scorrimento verso valle delle acque superficiali sfavorendone l'infiltrazione nel sottosuolo).

Pertanto i corpi idrici sotterranei, qualora presenti, sono caratterizzati da portate idriche generalmente modeste e temporanee, dipendenti dalle dimensioni del deposito e dalla sua granulometria.

Durante i sopralluoghi effettuati non sono state rilevate venute di acque sotterranee, sorgenti o altri indizi che possano indicare una situazione idrica sotterranea diversa da quella descritta in precedenza.

## 4. QUADRO DEL DISSESTO

Il Comune di Vogogna è regolamentato dal P.R.G.C. redatto ai sensi della L.R. n° 56/77 e s.m.i. e della Circolare P.R.G. n.7/LAP del 6 Maggio 1996 in adeguamento al P.A.I.

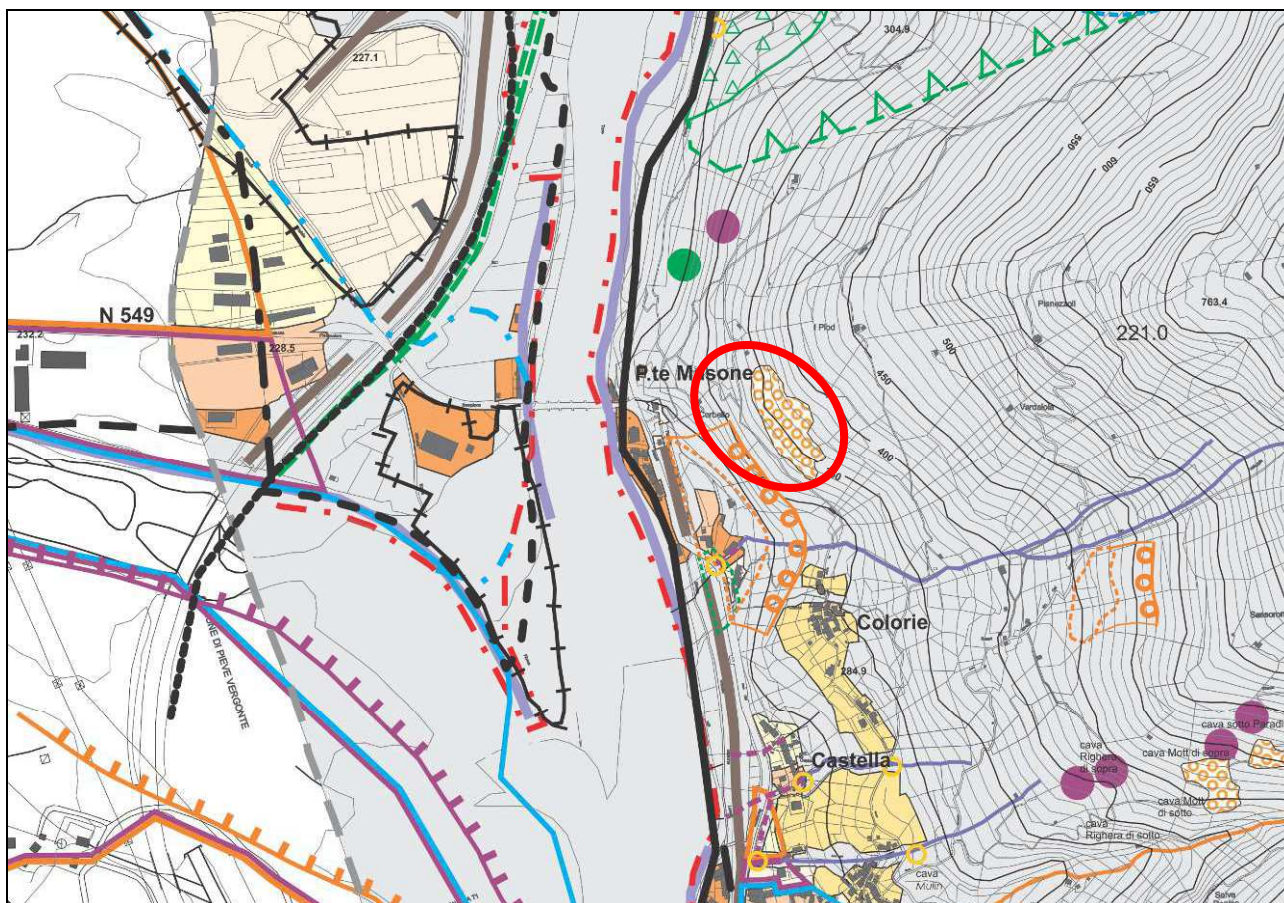
La consultazione dell'elaborato tematico *“Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica”*, ha consentito di rilevare come l'intero areale di cava e l'intorno circostante interessi aree in Classe IIIA (*settori di versante in cui sussistono condizioni di pericolosità geomorfologica: A- inedificati*), tuttavia in tali aree la specifica normativa riportata al punto 7.1.3.1. “sottoclasse di idoneità IIIa” individua tra le attività ammesse anche lo sviluppo di attività estrattive, e pertanto sotto il profilo geologico esiste già la compatibilità urbanistica.

Come visibile dalla cartografia IFFI/SIFRAP e RERCOMF – Rete regionale controllo fenomeni franosi e dalle banche dati *“BDGeo100\_frane”* e *“DBGeo100\_areeinstabili”* (di cui si riporta in seguito un estratto inerente all'area in esame – figura 8), reperibili sul sito *web* dell'ARPA Piemonte, risulta che non sono presenti fenomeni di dissesto gravitativo nell'area in oggetto.

Grazie alla consultazione delle tavole del PAI è stato possibile constatare l'assenza di rischi legati alla dinamica idraulica dei rii minori oltre a verificare l'assenza di eventuali movimenti franosi nel settore in esame.





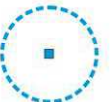


Questo dato risulta verificato anche per quanto si è potuto vedere durante i sopralluoghi effettuati: non si evidenziano particolari problematiche connesse a dissesti di carattere idrogeologico in atto, pregressi o potenzialmente attivabili.





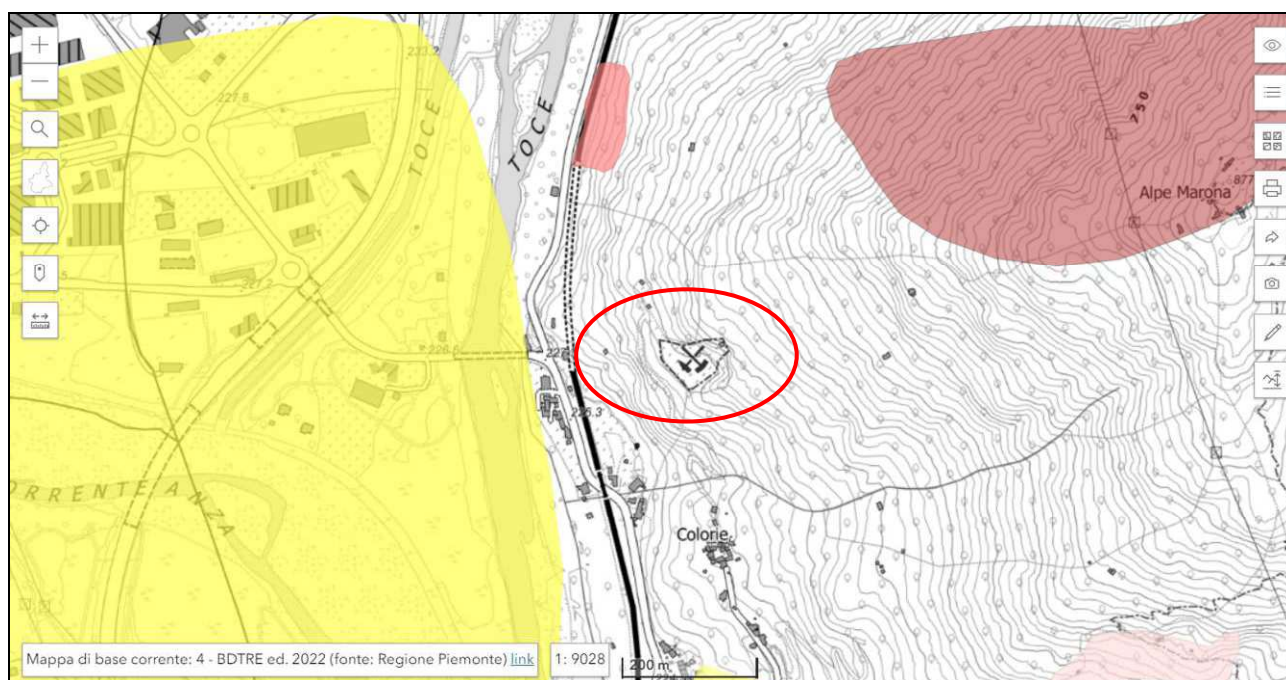
**Figura 13:** estratto della “Carta di Sintesi” allegata al PRGC del Comune di Vogogna, con evidenziata l’area di intervento nell’ellisse rossa. Legenda semplificata in seguito e nella pagina seguente.

### FORME ANTROPICHE

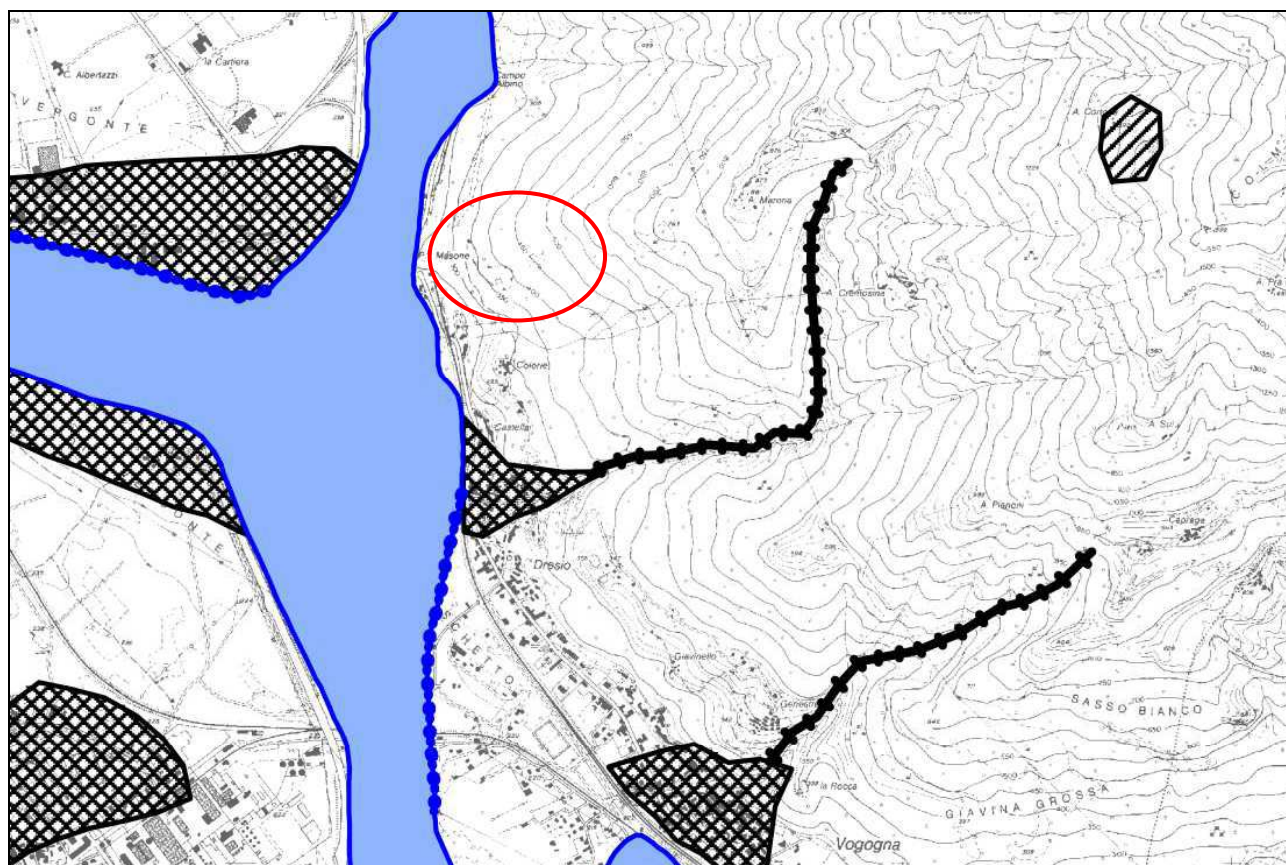
	Canale artificiale		Argini lungo il F. Toce
	Opere di protezione spondale lungo il F. Toce		Rilevati stradali e ferroviari
	Captazioni ad uso idropotabile, con relativa zona di rispetto (D. lgs. 152/99 e s.m.i.).		Discarica di cava non vegetata, potenzialmente instabile. Deve essere considerata un dissesto.
	Terreni riquotati mediante riporto di materiale		



CLASSI	PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA	VINCOLI
<p>I</p> 	Settori in cui non sussistono condizioni di pericolosità geomorfologica	Nessuna limitazione alle scelte urbanistiche (ottemperanza del D. M. 11.03.88)
<p>II</p>  A  B	Settori caratterizzati da moderate condizioni di pericolosità geomorfologica: A) acclività B) attività dei corsi d'acqua e difficoltà di drenaggio	Nessuna limitazione alle scelte urbanistiche (ottemperanza del D.M. 11.03.88), subordinate all'adozione ed il rispetto di modesti accorgimenti tecnici esplicitati a livello di N.T.A. e realizzabili a livello di progetto esecutivo nell'ambito del singolo lotto o di un intorno significativo.
<p>III</p>  A  B2  B3  B4	<p>Settori in cui sussistono condizioni di pericolosità geomorfologica:</p> <p>A) ineditati</p> <p>B2) edificati; pericolosità medio-bassa</p> <p>B3) edificati; pericolosità medio-alta</p> <p>B4) edificati; pericolosità elevata</p>	<p>Aree di cui viene impedito l'utilizzo qualora inedificate, richiedendo, viceversa, la previsione di interventi di riassetto territoriale a tutela del patrimonio esistente (classe III)</p> <p>Per quanto attiene l'edificato sparso, in classe IIIA, si rimanda a quanto esposto nella Relazione Geologica (GEO 1), pagg.37-38.</p> <p>A seguito della realizzazione delle opere di riassetto, sarà possibile la realizzazione di nuove edificazioni, ampliamenti o completamenti (IIIb s.s.)</p> <p>Dopo la realizzazione delle opere di riassetto, sarà possibile solo un modesto aumento del carico antropico, escludendo nuove unità abitative e completamenti.</p> <p>Anche a seguito della realizzazione di opere di sistemazione, indispensabili per la difesa dell'esistente, non sarà possibile alcun aumento del carico antropico.</p>



**Figura 14:** estratto di cartografia tratto dal sito web dell'ARPA Piemonte, riportante i dati presenti negli studi dei progetti IFFI/SIFRAP e RERCOMF e le banche dati "BDGeo100\_frane e BDGeo100\_aree instabili", con evidenziata in rosso l'area di intervento.



**Figura 15:** estratto di cartografia tratto da Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico, Atlante dei rischi idraulici e idrogeologici – Delimitazione delle aree in dissesto – Foglio 051 – sez. II Villadossola. Fonte sito web dell'Autorità di Bacino del Fiume Po (www.adbpo.it).

## **5. ANALISI GEOSTRUTTURALE E GEOMECCANICA DEL SITO**

### **5.1 PREMESSA**

L'analisi geostrutturale e geomeccanica di un ammasso roccioso è basata sul riconoscimento delle varie famiglie di discontinuità che lo costituiscono e sulla caratterizzazione delle proprietà fisiche della roccia e delle discontinuità stesse.

La procedura adottata è quella indicata dalle raccomandazioni ISRM, così come riportate sulla “rivista italiana di geotecnica” numero 2/93, e prevede l'esecuzione di un rilievo geostrutturale dell'ammasso roccioso, durante il quale vengono misurati e stimati, per ogni discontinuità riconosciuta, i seguenti parametri: orientazione (o giacitura), spaziatura, persistenza, scabrezza, resistenza delle pareti, apertura, riempimento, filtrazione (presenza di acqua), numero di sistemi di discontinuità, dimensione dei blocchi, tipo di terminazione.

In seguito alla rilevazione delle caratteristiche delle discontinuità che caratterizzano l'ammasso roccioso si rende necessaria un'elaborazione statistica al fine di estrapolare i dati medi e caratteristici di ogni famiglia di giunti.

Primo e fondamentale passo è l'individuazione stessa delle famiglie di discontinuità; per effettuare queste analisi verranno plottati i dati di giacitura, misurati sul terreno, all'interno di appositi diagrammi (diagramma di Schmidt).

A questo punto verranno calcolati per ogni famiglia i parametri caratteristici che la descrivono (giacitura, persistenza, ...).

L'analisi geomeccanica dell'ammasso roccioso verrà effettuata utilizzando il metodo di Bieniawski (che sarà descritto in dettaglio nel seguito); la valutazione della resistenza alla compressione uniassiale viene effettuata mediante l'utilizzo di un apposito strumento (martello di Schmidt o sclerometro).

## **5.2 ANALISI GEOSTRUTTURALE**

I fronti di cava sono stati oggetto di indagine per le procedure autorizzative e le verifiche di stabilità dei progetti precedenti.

Su detti fronti sono state verificate le giaciture delle fratture riconoscibili presenti nell'ammasso roccioso.

In questo caso si tratta di dati misurati “random” per la sola verifica della continuità dei dati già raccolti nelle precedenti fasi autorizzative.

Si terrà conto pertanto dei dati provenienti dai rilievi geostretturali eseguiti negli anni passati nell'area di cava; gli stessi sono stati verificati in modo speditivo e randomico dal sottoscritto per la stesura di questa relazione.

I rilievi geostretturali sono posti alla base dei fronti di scavo o dei fronti naturali con orientazioni diverse tra loro al fine di favorire il riconoscimento di tutte le famiglie di discontinuità presenti nell'ammasso roccioso, anche le quote a cui sono stati eseguiti i vari rilievi sono diverse, in questo modo è stato possibile indagare quanto possibile l'intero ammasso interessato dalla coltivazione mineraria in progetto.

Durante l'esecuzione degli stendimenti strutturali sono stati misurati e riportati:

- il tipo di discontinuità (SS = scistosità, D = frattura, ST = superficie di taglio);
- la direzione di immersione e l'angolo di inclinazione della discontinuità;
- la spaziatura tra due discontinuità della medesima famiglia (espressa in m);
- la persistenza della discontinuità (lunghezza espressa in m);
- la terminazione (X = non visibile, R = roccia, D = discontinuità);
- la scabrezza della superficie della discontinuità ( $0 < JRC < 20$ );
- la presenza di eventuale alterazione lungo i piani che costituiscono la discontinuità;
- l'apertura tra i due lembi della discontinuità (espressa in mm);
- l'eventuale riempimento (indicandone il materiale);
- l'eventuale presenza di acqua lungo la discontinuità (da I = assenza di acqua a IV = flusso d'acqua).

Nelle pagine seguenti sono riportati sul diagramma equiareale di Schmidt i poli dei piani delle discontinuità misurate durante i rilievi geostretturali eseguiti in sito.

L'analisi statistica dei dati giaciturali a disposizione, ha permesso di riconoscere l'orientazione media delle famiglie di discontinuità sistematiche presenti nell'ammasso roccioso che costituisce il giacimento della cava.

Dallo studio statistico si riconoscono sei massimi relativi che costituiscono ciascuno una famiglia di discontinuità.

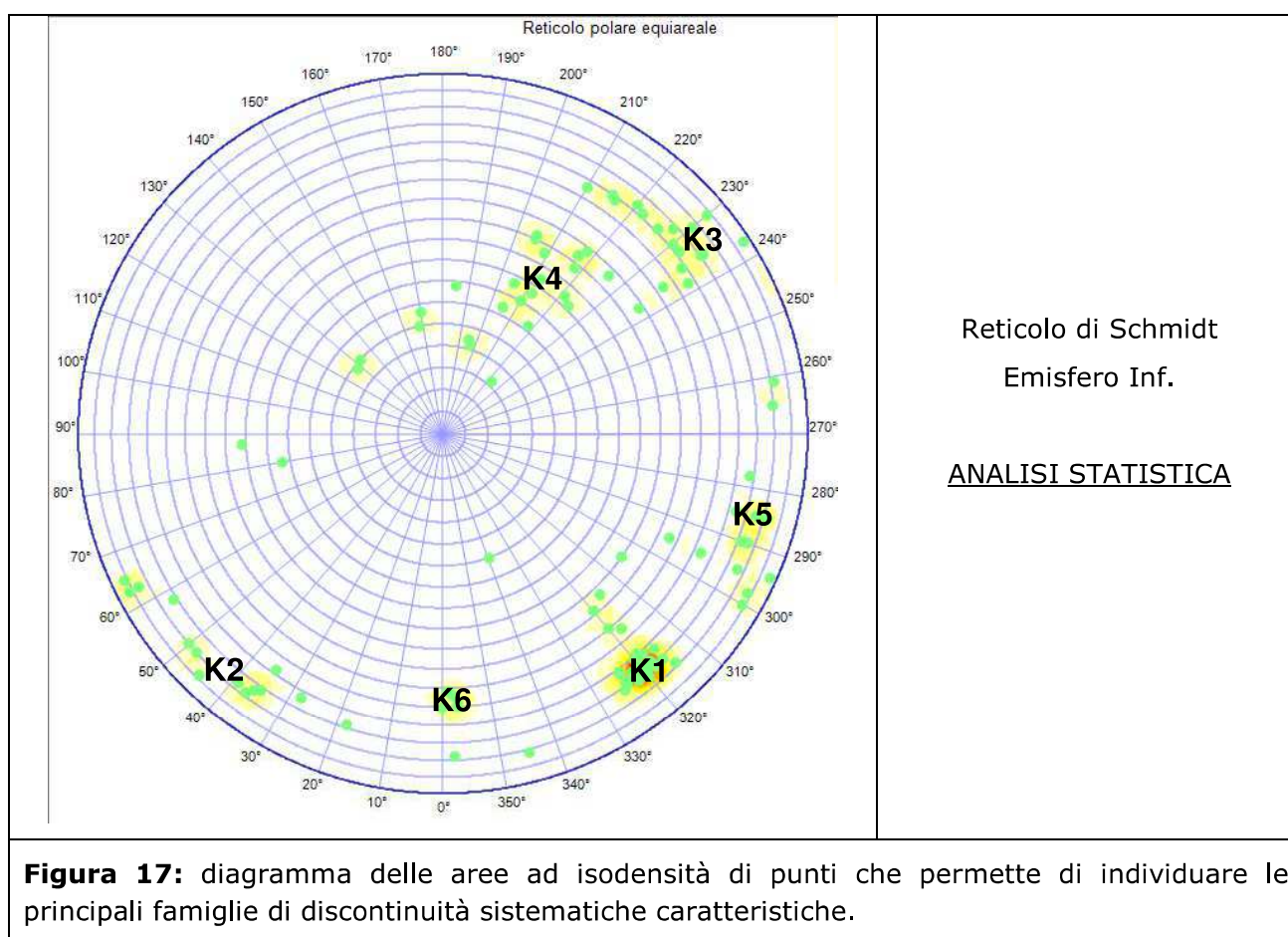
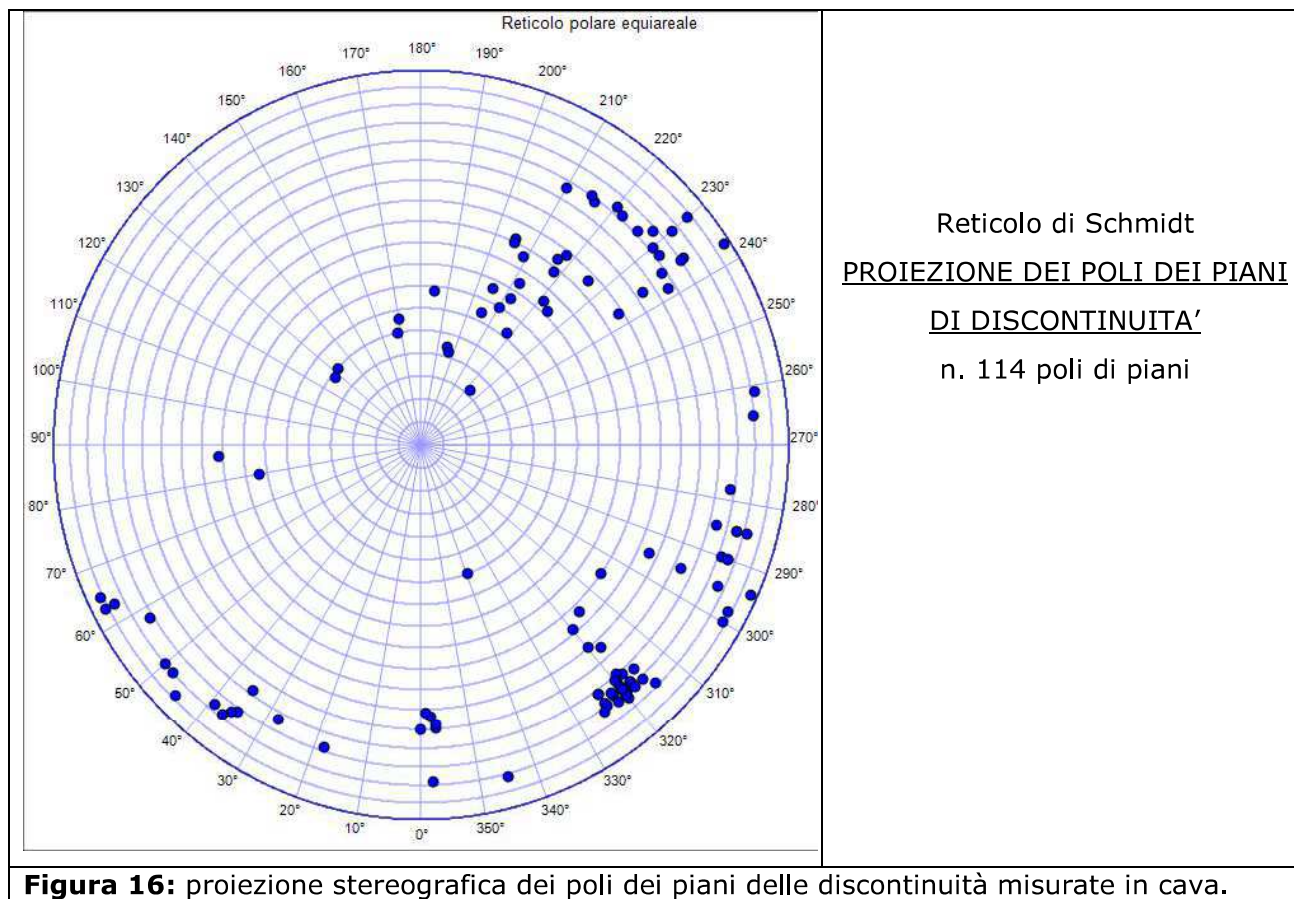
Nella tabella seguente si riportano i valori medi e gli intervalli variazionali delle orientazioni delle giaciture delle discontinuità sistematiche suddivise per famiglie di discontinuità:

Discontinuità	Immersione	Inclinazione	Variazione
	(°)	(°)	(°)/(°)
K1	320	74	315-325/70-79
K2	44	79	18-65/69-86
K3	231	73	210-285/62-88
K4	216	45	205-237/31-54
K5	287	78	261-300/58-88
K6	358	66	257-360/61-79
Orientazione geometrica media delle principali famiglie di discontinuità riconosciute e intervalli di variazione delle relative variabili giaciture.			

A queste si aggiungono le famiglie K1b (318-57) e K4b (192-25) che non danno origine a sistemi di fratture ricorrenti come le 6 famiglie identificate in precedenza.

Per le 8 principali famiglie individuate si è provveduto a riportare i dati giaciture sul diagramma equiangolare equatoriale di Schmidt, proiettando le ciclografiche dei poli.





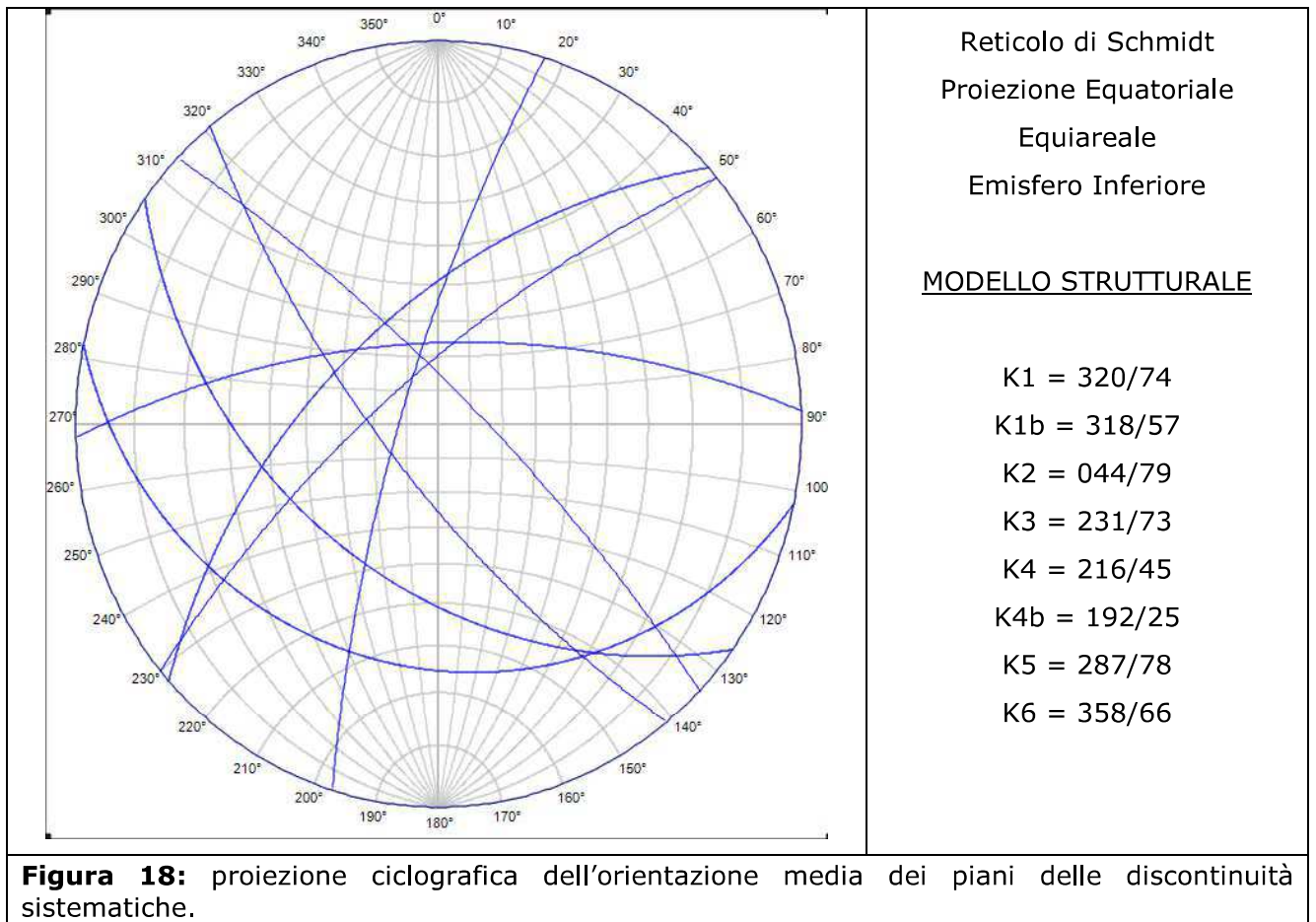


Tabella misure di terreno

Inclin.	Incl.	Spaz A3	Persist V1	Terminazioni	Apertura V2	JRC	Scabrezza V3	Alterazione V4	Riempimento V5	Cond. lische A5
320	72	10	0	XX	1	6-8	1	3	4	15
316	72	8	4	XX	6	8-10	3	6	6	15
324	74	8	4	XX	6	8-10	3	6	6	15
319	75	10	2	XX	5	6-8	1	5	6	15
318	71	10	1	XX	0	6-8	1	5	4	15
319	70	10	2	XX	5	6-8	1	5	6	15
320	71	15	2	XX	1	4-6	1	6	6	15
318	74	15	1	XX	1	6-8	1	5	6	15
320	73	15	1	XX	1	6-8	1	5	6	15
212	42	15	4	XX	-	6-8	3	3	6	15
218	49	8	1	XX	-	6-8	3	3	6	15
221	42	10	6	XX	1	6-8	3	3	6	15
218	54	10	1	XX	-	8-10	3	3	6	15
185	34	20	4	XX	-	8-10	3	3	6	15
232	71	15	4	XX	0	6-8	3	3	6	15
226	71	10	4	XX	1	2-4	1	5	6	15
235	76	15	2	XX	6	6-8	3	6	6	15
235	75	15	2	XX	8	6-8	3	5	6	15
295	78	15	4	XX	-	10-12	5	3	6	15
298	84									
18	74	-	4	XX	-	8-10	3	5	6	15
290	76	15	6	XX	1	6-8	1	5	6	15
285	81	15	4	XX	-	6-8	3	5	6	15
285	78	15	4	XX	-	6-8	1	5	6	15
316	76	15	1	XX	1	8-10	3	5	4	15
205	32	20	6	XX	6	6-8	1	5	6	15
217	52	20	4	XX	6	6-8	1	5	6	15
209	48	15	2	XX	6	6-8	1	5	6	15
320	74	10	1	XX	6	6-8	1	3	6	15
320	76	10	1	XX	-	6-8	3	6	6	15
318	74	15	1	XX	-	6-8	1	6	6	15
320	75	15	1	XX	1	6-8	1	6	6	10
322	74	15	1	XX	1	6-8	3	5	6	15
320	76	15	1	XX	1	6-8	1	6	6	15
320	77	20	0	XX	1	8-10	3	3	4	15
318	75	15	1	XX	6	8-10	1	5	6	15
320	76	20	1	XX	6	8-10	1	6	6	15
322	73	15	1	XX	1	8-10	3	5	4	15
318	76	15	1	XX	0	8-10	1	5	4	15
324	71	15	1	XX	-	8-10	3	5	6	15
324	75	20	1	XX	-	8-10	1	6	6	15
300	84	15	4	XX	-	10-12	3	3	6	15

35	76	8	4	XX	4	6-8	1	3	6	15
294	88	-	2	XX	-	10-12	5	3	6	15
36	77	15	2	XX	5	6-8	1	3	6	15
48	80	20	4	XX	5	6-8	1	8	6	15
65	86	10	4	XX	6	8-10	3	6	6	15
63	86	10	2	dr	6	8-10	3	6	6	15
63	83	20	4	XX	6	8-10	3	6	6	15
290	78	-	2	XX	1	10-12	5	3	-	15
28	72	15	2	XX	0	8-10	3	3	-	15
358	62	15	2	XX	0	8-10	3	3	4	10
360	65	15	2	XX	0	-	-	3	-	15
359	61	20	2	XX	1	-	-	3	-	15
357	65	15	1	XX	0	-	-	3	0	4
357	64	15	2	XX	0	-	-	3	0	15
340	30	-	-	XX				1	0	4
168	25	-	2	XX	0	-	-	1	0	10
170	28	15	2	XX	0	-	-	-	-	10
278	74	-	2	XX	-	-	-	3	-	15
132	25	4	4	XX	6	2-4	1	1	4	15
128	24	4	4	XX	6	2-4	1	3	-	15
285	78	20	2	XX	1	14-16	5	3	-	15
358	79	20	2	XX	1	14-16	5	3	-	15
205	51	-	6	XX	6	6-8	3	1	4	15
205	50	-	6	XX	6	6-8	3	1	4	15
261	81	-	1	XX	0					
345	81									
230	78	20	2	XX	0	8-10	5	3	-	15
305	50	-	4	XX	1	8-10	3	3	2	15
50	80	-	4	XX	1	8-10	3	3	6	15
315	79	10	2	XX	6	6-8	1	3	6	15
39	78	20	1	XX	1	6-8	3	3	6	15
222	16	-	6	XX	-	-	-	6	6	15
58	76	15	4	XX	4	6-8	1	6	6	15
45	84	15	2	XX	4	8-10	3	5	6	15
35	69	15	4	XX	-	10-12	5	3	-	15
325	79									
235	69		6	XX	-	6-8	1	3	6	15
285	72	-	2	XX	4	8-10	3	5	6	15
222	71	-	1	XX	0	10-12	5	3	6	15
37	79	-	1	XX	0	10-12	5	3	6	15
320	54	20	4	XX	-	8-10	5	3	-	15
316	52	20	4	XX	-	8-10	5	3	-	15
218	31	-	4	XX	-	10-12	5	3	-	15
230	84	10	1	XX	1	8-10	3	5	-	15
320	74	10	1	XX	1	6-8	3	5	6	15
322	76	15	0	XX	5	6-8	3	5	6	15
226	53	15	4	XX	4	8-10	5	5	6	15
224	41	-	4	XX	6	10-12	5	5	6	15
290	78									
228	74	-	2	XX	-	8-10	3	5	6	15
212	38	20	2	XX		6-8	1	3	6	15
237	54	-	4	XX		8-10	5	3	6	15
210	68	-	2	XX		8-10	5	3	6	15

□

Figura 19: dati rilevati delle discontinuità riconosciute nel sito di cava.



265	80	15	4	xx	-					15
236	62	-	4	xx	-					15
237	88									
195	22	15	4	rr	6	-	-	-	6	15
197	21	15	2	xx	4	-	-	-	-	0
324	71	15	1	xx	6					
210	35	15	4	dd	1	6-8	3	5	6	15
80	37	20	0	xx	6	6-8	3	3	6	10
87	46	20	1	xx						
216	69	15	2	xd	1	8-10	5	5	6	15
205	38	15	4	xx	4	8-10	5	5	6	15
215	70		0	xx	0					
238	68	20	1	xx	0	6-8	3	3	6	15
318	62	10	2	xx	-	10-12	5	3	6	15
230	71	-	4	xx		8-10	3	5	6	15
220	72	-	4	xx		8-10	3	5	6	15
295	58	-	6	xd		8-10	3	5	6	15
295	67	20	6	xx		6-8	1	3	6	15
320	60			xx						

**Figura 20:** dati rilevati delle discontinuità riconosciute nel sito di cava.

### 5.3 RICOSTRUZIONE GEOSTRUTTURALE DELL'AMMASSO ROCCIOSO

**Sistema K1:** coincide con la scistosità ed è caratterizzato da fratture planari con spaziatura medio - alta, elevata persistenza, apertura bassa o nulla, da lisce a leggermente rugose, asciutte e prive di riempimenti. Ad esso è associato un set minore di dati (K1b) che corrisponde alla scistosità su un fianco dell'anticlinale osservata in corrispondenza del limite NW dell'area di cava.

In generale tale sistema risulta essere di gran lunga il più caratterizzante dell'ammasso roccioso.

**Sistemi K2 e K3:** si tratta di due sistemi di fratture coniugati caratterizzati da spaziatura medio - alta, persistenza medio - bassa, apertura variabile, leggermente rugose, asciutte e prive di riempimenti. In alcuni casi si tratta di superfici alterate o con patine corrispondenti a piccole faglie con bassa persistenza.

**Sistema K4:** sistema con immersione analoga a K3 ma con minor inclinazione, caratterizzato da spaziatura medio - alta, bassi valori di persistenza e apertura, leggermente rugoso ma in parte alterato, privo di riempimenti e asciutto. Ad esso è associato un set minore di dati (K4b) con basso angolo di inclinazione e immersione variabile da SW a SE. Si tratta di un sistema poco frequente rappresentato da superfici, talora ondulate, che danno origine a rottura di pendenza del versante; in alcuni casi si osservano venute d'acqua.

**Sistemi K5 e K6:** sistemi caratterizzati da spazature medio - alte, persistenza variabile, aperture significative, da leggermente a mediamente rugose e alterate, riempimenti assenti in K5 ma spesso presenti in K6, e generalmente asciutte. A tali sistemi appartengono sia fratture sia alcune faglie coniugate (per lo più trascorrenti) e/o modeste fasce cataclastiche irregolari e con bassa persistenza che tagliano la scistosità.

Oltre ai sistemi sopra descritti si osservano altre fratture con orientazioni variabili e alcune fratture, evidenti sul fronte meridionale della cava, che presentano immersione media verso E-NE, inclinazioni intorno a  $35\div 45^\circ$ , spazatura e persistenza da medie ad elevate; fratture analoghe non misurabili sembrano essere presenti nella parte alta della parete rocciosa; sul fronte principale si osservano invece altre fratture a basso angolo con immersione verso SE (con bassa persistenza, prevalentemente chiuse e con terminazioni in roccia o su altri giunti).

### 5.3.1 Resistenza a compressione monoassiale della roccia

Per quanto concerne la resistenza alla compressione della roccia intatta si è fatto riferimento agli indici di rimbalzo "R" del martello di Schmidt (medie dei valori corretti sui vari sistemi e medie complessive) riassunti nella tabella seguente insieme ai valori di JCS calcolati secondo l'equazione di Miller:

$$\text{Log}_{10}(\text{JCS}) = 0.00088 * R^2 + 1.01$$

	r (rebounds)		JCS	
	Media tutti i valori	Media 5 valori alti	tutti i valori	5 valori alti
			MPa	MPa
K1	42	45	102	120
K1	43	46	108	127
K2	42	46	102	127
K3	42	44	102	114
K4	44	48	114	141
K4	49	51	149	167
K5	33	36	62	73
medie	42	45	103	121
media JCS			105	124

## 5.4 MODELLO GEOMECCANICO DELL'AMMASSO ROCCIOSO

La caratterizzazione geomeccanica ha portato all'individuazione delle seguenti famiglie di discontinuità, caratterizzate dai relativi parametri JRC e JCS.

SISTEMA	Imm.°/Incl.°	JRC	JCS
K1	320/74	7	120
K1b	318/57	10	127
K2	44/79	9	127
K3	231/73	9	114
K4	216/45	8	141
K4b	192/25	8	167
K5	287/78	10	73
K6	358/66	10	73

I valori medi di JRC e JCS indicati sono stati utilizzati nelle verifiche di stabilità globale e dei cunei di roccia esposte nel seguito.

Spaziatura A3	Persistenza V1	Apertura V2	Scabrezza V3	Alterazione V4	Riempimento V5	Cond idriche A5
>0.06m 5	<1m 6	0mm 6	Levigato 0	Non alterato 6	Assente 6	Asciutto 15
0.06-0.2 8	1-3 4	<0.1 5	Liscio 1	Legg alterato 5	<5 compatto 4	Umido 10
0.2-0.6 10	3-10 2	0.1-1 4	Legg rugoso 3	Med alterato 4	>5 compatto 2	Bagnato 7
0.6-2 15	10-20 1	1-5 1	Rugoso 5	Molto alterato 1	<5 soffice 2	Gocce 4
>2 20	>20 0	>5 0	Molto rugoso 6	Decomposto 0	>5 soffice 0	Flusso 0

	A3		V1		V2		V3		V4		V5		A5		JRC
	med	mod	med	mod	med	mod	med	mod	med	mod	med	mod	med	mod	
<b>tot</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>9</b>
K1	15	15	1	1	4	1	1	1	5	5	6	6	15	15	7
K1b	15	20	4	4	1	1	5	5	3	3	4	4	15	15	10
K2	15	15	2	4	4	4	3	3	5	3	6	6	15	15	9
K3	15	15	2	2	1	0	3	3	5	5	6	6	15	15	9
K4	15	15	4	4	4	6	3	3	3	3	6	6	15	15	8
K4b	15	15	4	2	4	0	3		5		4	6	10	15	8
K5	15	15	4	4	1	1	3	5	5	3	6	6	15	15	10
K6	15	15	2	2	0	0	5		3	3	0	0	10	15	10
med	15.0	15.6	3.0	3.0	2.6	1.6	3.2	3.3	4.3	3.5	4.9	5.1	13.9	15.0	9.0
<b>def</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>9</b>

## **5.5 DESCRIZIONE DEI FRONTI**

Alla luce di quanto emerso dal rilievo geo-strutturale si riporta di seguito una sintetica descrizione dei fronti di cava principali in relazione alle condizioni dell'ammasso roccioso e alle condizioni di stabilità.

### **Fronte Nord orientato NE-SW (Imm 143/80)**

Lato settentrionale della cava (figura 21).

L'ammasso roccioso è caratterizzato prevalentemente dalla scistosità e dalle fratture ad essa associate; presenza di alcune piccole faglie ad alto angolo con immersioni N e WNW ed alcune fasce cataclastiche orientate circa NW-SE in corrispondenza di gradoni più bassi. La stabilità risulta condizionata prevalentemente dalla giacitura della scistosità che tende a formare superfici leggermente strapiombanti che non generano situazioni di instabilità sui fronti esistenti.

### **Fronte Est orientato NNW-SSE (Imm 233/80)**

Lato orientale della cava (figure 22 e 23).

Nella parte bassa l'ammasso roccioso risulta compatto e caratterizzato prevalentemente dalla scistosità e da poche fratture a bassa persistenza con immersione verso SE; il valore medio di RMRB può essere corretto con un valore del parametro A6 pari a -5, da cui RMRC=72 (Classe II, buona).

Nella parte alta, non accessibile, si osservano condizioni analoghe a quella inferiore con una maggior presenza di giunti del sistema K1 e con alcuni evidenti piani a franapoggio riferibili indicativamente al sistema K4.

### **Fronte Sud orientato NE-SW (323/80)**

Lato meridionale della cava (figura 24).

L'ammasso roccioso è caratterizzato prevalentemente dalla scistosità e dalle fratture ad essa associate (il fronte coincide con K1), nonché dalla presenza di fratture con spaziatura e persistenza elevate immergenti verso E, ed altre con immersione verso SE-SSE ad alto angolo che tagliano tutto l'affioramento. I





**Figura 21:** fronte N.



**Figura 22:** fronte E.



**Figura 23:** fronte E.



**Figura 24:** fronte S.

## 5.6 CLASSIFICAZIONE DELL'AMMASSO ROCCIOSO

Per la classificazione dell'ammasso roccioso è stato utilizzato il metodo RMR System (Rock Mass Rating System - Bieniawski, 1989).

Per il calcolo dell'RMR di Bieniawski ci si è avvalsi del supporto informatico del programma *MecRocce* della ProgramGeo, tramite il quale, inserendo tutti i parametri geomeccanici rilevati in sede di sopralluogo, è possibile ottenere la classificazione dell'ammasso roccioso secondo i metodi sopra esposti.

Di seguito si riportano le scelte effettuate ed i risultati ottenuti, oltre ad una sintetica descrizione del metodo utilizzato.

### 5.6.1 Metodo di Bieniawski

Nel campo della progettazione di infrastrutture di ingegneria civile, siano esse legate alla stabilità di un versante o alla stabilità di un'opera in sotterraneo, difficilmente si possono avere informazioni dettagliate sulle caratteristiche di resistenza e di deformabilità dell'ammasso roccioso interessato alla progettazione. Allora diventa importante poter utilizzare uno schema che possa soddisfare le richieste, un metodo empirico che permetta di risolvere i problemi dovuti alla scarsa conoscenza o esperienza di una determinata area.

La classificazione di Bieniawski consente di soddisfare i quesiti richiesti e le problematiche che si presentano.

La classificazione di Bieniawski si basa sul rilievo, in campagna o in laboratorio, di sei parametri:

A1 = resistenza a compressione uniassiale;

A2 = Rock Quality Designation Index (Indice RQD);

A3 = spaziatura delle discontinuità;

A4 = condizioni delle discontinuità;

A5 = condizioni idrauliche;

A6 = orientamento delle discontinuità.

Da questi sei parametri si ricava il Rock Mass Rating (RMR, Bieniawski).

L'RMR, nella pratica, viene differenziato come:

$$\text{RMR di base} = \text{RMR}_D = A1 + A2 + A3 + A4 + A5$$

$$\text{RMR corretto} = \text{RMR}_C = (A1 + A2 + A3 + A4 + A5) + A6$$

Attribuiti tutti i coefficienti, sulla base del valore  $\text{RMR}_C$  calcolato si identificano 5 intervalli a cui corrispondono 5 classi di ammasso roccioso e altrettante valutazioni di qualità della roccia:

RMR <sub>C</sub>	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	<= 20
Classe	I	II	III	IV	V
Descrizione	Molto buono	Buono	Mediocre	Scadente	Molto scadente

Dal valore di RMR<sub>b</sub> si derivano i parametri caratteristici dell'ammasso, che secondo Bieniawski assumono il valore:

1. coesione di picco  $c_p$  (kPa) = 5 RMR<sub>b</sub>
2. angolo di attrito di picco  $\phi_p = 0,5 \text{ RMR}_b + 5$
3. modulo di deformazione  $E$  (GPa) = 2 RMR<sub>b</sub> - 100

I valori della coesione residua e dell'angolo di attrito residuo si ricavano introducendo nelle formule sopra indicate un valore di RMR<sub>b</sub> modificato secondo la:

$$\text{RMR}_b = \text{RMR}_b(\text{originario}) - [0,2 \times \text{RMR}_b(\text{originario})] \text{ (Priest, 1983)}$$

La formula di "E" è però da considerare valida per valori di RMR superiori a 50, mentre per valori inferiori si utilizza la formula di Serafim e Pereira (1983):

$$E \text{ (GPa)} = 10(\text{RMR}_b - 10 / 40)$$

Il valore di GSI (Geological Strength Index) viene ricavato dalla formula riportata nello schema riassuntivo alla fine del paragrafo e vale:

$$\text{GSI} = 74$$

Tale relazione è da ritenersi valida per RMR > 23.

#### Scelta dei parametri della classificazione di Bieniawski

Input dati per il calcolo di Rock Mass Rating (RMR):

- Resistenza alla compressione monoassiale (MPa) = 105
- RQD = 80%
- Spaziatura delle discontinuità (s)=1,1 m
- Persistenza (continuità) del giunto 1 - 3 m
- Apertura del giunto = 0,1 - 1,0 mm
- Rugosità del giunto = leggermente rugosi
- Pareti non alterate
- Riempimento nessuno
- Roccia asciutta
- Orientamento delle discontinuità: favorevole

Dalla scelta di questi parametri derivano i seguenti fattori numerici:

A1	A2	A3	A4	A5	A6
10	16	15	23	15	-5

A1 è un valore numerico derivato dalla resistenza della roccia intatta



A2 è un valore derivato dall'indice RQD

A3 è un valore derivato dalla spaziatura delle discontinuità

A4 è un valore derivato dalle condizioni delle discontinuità

A5 è un valore derivato dalle condizioni idrauliche

A6 è un indice di correzione per la giacitura delle discontinuità

#### Classificazione dell'ammasso roccioso

RMR base	RMR corretto	Classe	Descrizione
79	74	Seconda	Buona

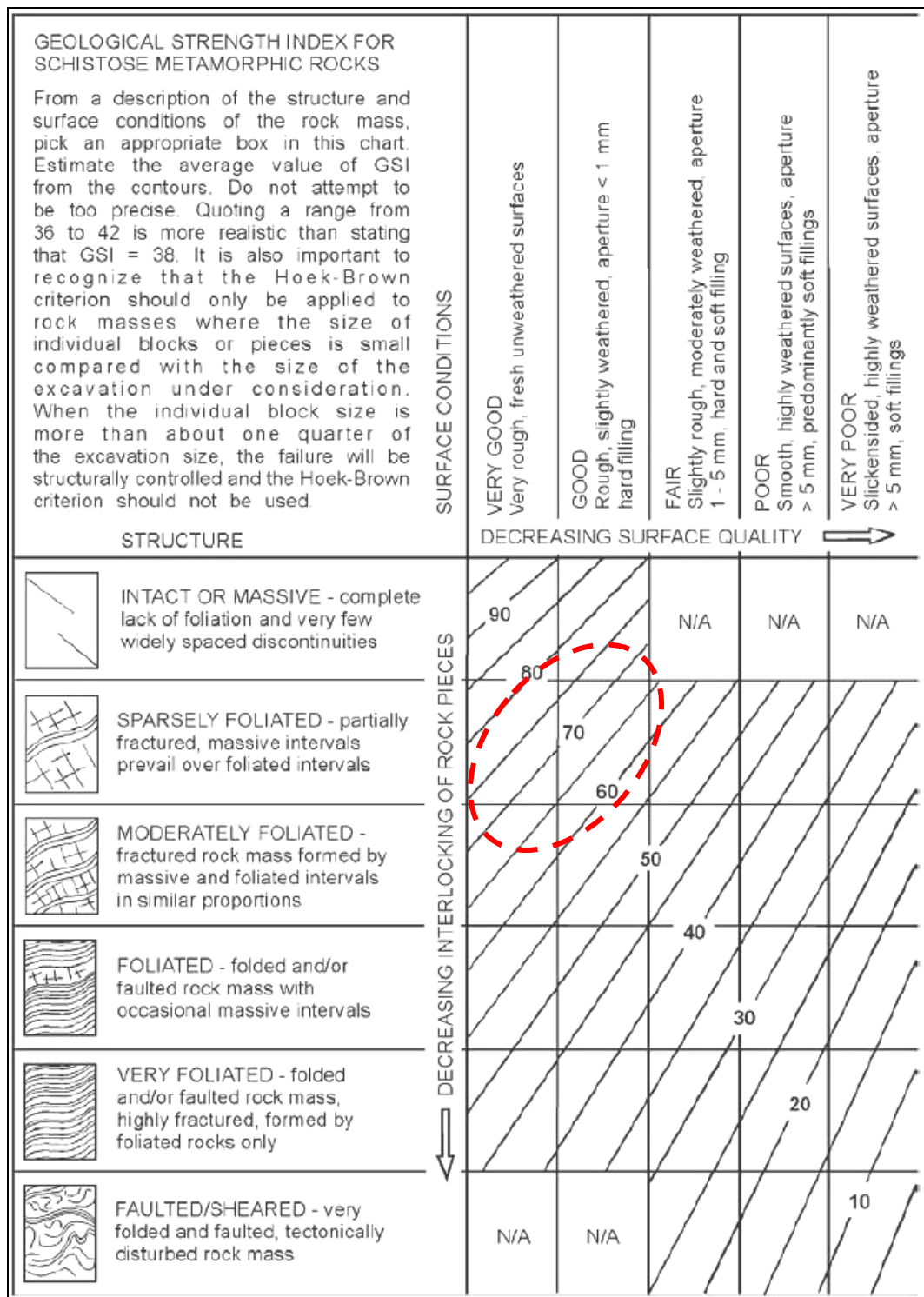
I parametri geomeccanici dell'ammasso roccioso risultanti dalla caratterizzazione di Bieniawsky sono pertanto:

Coesione (c) = 395 kPa

Angolo di attrito ( $\phi$ ) = 44°

G.S.I. = 74

Resistenza alla compressione uniaassiale (MPa)		Punteggio	R.Q.D. %		Punteggio	Spaziatura media (cm)		Punteggio
1	105	10	2	80	16	3	110	15
PARAMETRI								
4	Lunghezza giunti (m)		INTERVALLI DI VALORI					
	< 1		1 - 3	3 - 10	10 - 20	> 20		
	Punteggio		6	4	2	1	0	
	Apertura (mm)		Nessuno	< 0.1	0.1 - 1.0	1 - 5	> 5	
	Punteggio		6	5	4	1	0	
	Rugosità		Molto rugosi	Rugosi	Leg. rugosi	Lisci	Levigati	
	Punteggio		6	5	3	1	0	
	Riempimento (mm)		Nessuno	<5 riempimento duro	>5 riempimento duro	<5 riempimento molle	>5 riempimento molle	
	Punteggio		6	4	2	2	0	
	Alterazione		Non alterato	Leg. alterato	Mod. alterato	Molto alterato	Decomposto	
	Punteggio		6	5	3	1	0	
5	Portata per 10 m di lunghezza (Vmin)		None	< 10	10 - 25	25 - 125	> 125	
	Rapporto (pressione acqua nei giunti) / (sforzo principale)		0	< 0.1	0.1 - 0.2	0.2 - 0.5	> 0.5	
	Condizioni generali		Asciutti	Umidi	Bagnati	Gocciolanti	Venute	
	Punteggio		15	10	7	4	0	
6	Orientamento dei giunti		Molto favorevole	Favorevole	Discreta	Sfavorevole	Molto sfavorevole	
	Gallerie		0	-2	-5	-10	-12	
	Fondazioni		0	-2	-7	-15	-25	
	Scarpate		0	-5	-25	-50	-60	
Classe		II	BRMR	79	RMR	77	GSI	74
							Descrizione	Buona
							Coesione (kPa)	395,0
							Angolo d'attrito (°)	44,0
							Autosostegno	6 mesi 4m



## 6. RELAZIONE SISMICA

### 6.1 INQUADRAMENTO NORMATIVO E TECNICO

La classificazione sismica attribuisce all'intero territorio nazionale valori differenti del grado di sismicità da considerare nella progettazione delle opere. A livello nazionale la zonizzazione sismica è regolata dall'Ordinanza della Presidenza del Consiglio dei Ministri (OPCM) n. 3274 del 2003 *“Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per la costruzione in zona sismica”* e dalla successiva OPCM 3519 del 2006 *“Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone”*.

Le suddette ordinanze sono state recepite a livello regionale con Delibera Giunta Regionale (DGR) n. 11-13058 del 19 gennaio 2010 e dalla successiva DGR n. 4-3084 del 12 dicembre 2011 (in vigore dal 1 gennaio 2012), integrate e modificate con DGR 7-3340 del 03/02/2012

Secondo quanto riportato nelle DGR di cui sopra, il comune di Vogogna risulta classificato in **Zona sismica 4**.

La normativa sismica a cui si deve fare riferimento, per l'intervento in progetto, è costituita dal D.M. 17.01.2018 “Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni” (NTC-18) e dalla relativa Circolare esplicativa del Consiglio Superiore LL.PP. 21.01.2019, n. 617: “Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018”.

Tali norme disciplinano, tra le altre cose, la progettazione delle opere di fondazione e di sostegno dei terreni soggette ad azioni sismiche, nonché i requisiti che devono soddisfare i siti di costruzione ed i terreni di fondazione in presenza di tali azioni.

Tramite queste norme si cerca di salvaguardare la vita umana e di limitare i danni alle costruzioni ed in particolar modo a far sì che i centri essenziali di primo soccorso alla popolazione rimangano in funzione anche dopo un terremoto.

Con l'entrata in vigore delle Norme Tecniche 2018, l'azione sismica di riferimento viene valutata in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido a superficie orizzontale.

L'analisi è così condotta sito per sito e non più riferendosi ad una zona sismica territorialmente coincidente con singole entità amministrative, ad un'unica forma spettrale e ad un periodo di ritorno prefissato ed uguale, come avveniva con la normativa precedente.

La pericolosità sismica di un sito è definita come la probabilità che un sisma avente un'entità pari ad un valore prefissato abbia luogo in un determinato lasso di tempo, questo lasso di tempo viene definito nelle NTC-18 come “*periodo di riferimento*” ( $V_R$ ) e viene espresso in anni, mentre la probabilità è denominata “*probabilità di eccedenza o di superamento nel periodo di riferimento*” ( $P_{V_R}$ ).

Ai fini della determinazione delle azioni sismiche secondo le NTC-18, sul territorio nazionale è stata determinata la pericolosità sismica definita convenzionalmente su un sito caratterizzato da sottosuolo rigido (categoria A), da una superficie topografica orizzontale (categoria T1) e da assenza di manufatti (ovvero in campo libero).

Il moto sismico viene definito da tre parametri:

$a_g$  = accelerazione massima al sito;

$F_o$  = 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.

Questi valori sono distribuiti sul territorio nazionale su una maglia regolare di punti e permettono di definire le forme spettrali per la generica  $P_{V_R}$ , i valori di questi parametri sono riportati anche nell'allegato B delle NTC-18.

### 6.1.1 Stati limite di riferimento

La probabilità di superamento nel periodo di riferimento varia in funzione di quattro diversi stati limite di riferimento che, secondo il par. 3.2.1. delle NTC-18, sono così definiti:

- **Stato Limite di Operatività** (SLO): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;
- **Stato Limite di Danno** (SLD): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidezza nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

Gli stati limite ultimi sono invece:



- **Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV):** 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 rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;
- **Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC):** a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{VR}$ , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono indicate nella Tab. 3.2.I delle NTC:

Stati Limite	$P_{VR}$ : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento $V_R$	
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

**Figura 25:** tabella 3.2.I probabilità di superamento  $P_{VR}$  al variare dello stato limite considerato.

Vengono così individuate quattro situazioni che legano il crescere dell'intensità sismica con il progressivo aumento del danneggiamento agli edifici, permettendo di individuare le caratteristiche prestazionali richieste alla generica costruzione.

## 6.2 CARATTERIZZAZIONE DELL'AZIONE SISMICA SUL TERRENO IN ESAME SECONDO LE N.T.C. 2018

### 6.2.1 Calcolo del periodo di riferimento per l'azione sismica

Per il calcolo del periodo di riferimento dell'azione sismica ci si basa su quanto affermato nel par. 2.4.3. delle NTC-18, ovvero il periodo di riferimento ( $V_R$ ) si ricava dalla moltiplicazione della vita nominale ( $V_N$ ) per il coefficiente d'uso ( $C_U$ ).

Il *range* di scelta di questi due parametri viene definito dalle NTC-18 mediante due tabelle: la tabella 2.4.I per la vita nominale e la tabella 2.4.II per il coefficiente d'uso, entrambe riportate in seguito.

La vita nominale di un'opera è il periodo durante il quale l'opera deve assolvere al compito per la quale è stata progettata, durante tale periodo l'opera stessa deve essere sottoposta a soli interventi di manutenzione ordinaria.

La classe d'uso è funzione dell'affollamento presente in una costruzione durante un eventuale azione sismica, le NTC-18 forniscono quattro classi di riferimento a ciascuna classe corrisponde un coefficiente:

- *Classe I:* Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
- *Classe II:* Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso *III* o in Classe d'uso *IV*, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.
- *Classe III:* Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso *IV*. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.
- *Classe IV:* Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, “Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade”, e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

TIPI DI COSTRUZIONI		Valori minimi di $V_N$ (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

**Figura 26:** tabella 2.4.I - vita nominale ( $V_N$ ), in funzione dei tipi di costruzione così come definita nelle NTC-18.

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE $C_u$	0,7	1,0	1,5	2,0

**Figura 27:** tab. 2.4.II – Coefficiente d'uso ( $C_u$ ) in base alla classe d'uso, secondo le NTC-18.

Nel caso in esame è stato scelto un valore di vita nominale pari a 50 anni  $V_N = 50$  anni, mentre per la classe d’uso si è posta l’opera in progetto nelle **classe II**, ovvero quella caratterizzata da un coefficiente d’uso pari a 1.0,  $C_U = 1.0$ .

Pertanto risulta che il periodo di riferimento ( $V_R$ ) per l’opera in progetto è:

$$V_R = V_N \times C_U = 50 \times 1.0 = 50 \text{ anni.}$$

Una volta valutato il periodo di riferimento  $V_R$  della costruzione (espresso in anni) si ricava per ciascuno stato limite e relativa probabilità di eccedenza  $P_{VR}$ , nel periodo di riferimento  $V_R$ , il periodo di ritorno  $T_R$  del sisma.

Si utilizza a tal fine la relazione:

$$T_R = -V_R / \ln(1 - P_{VR}) = -C_U \times V_N / \ln(1 - P_{VR}).$$

### 6.2.2 Azione sismica attesa al sito

Come riportato in precedenza (vedi par. 5.1) l’azione sismica di riferimento è stata calcolata per il territorio nazionale in condizioni di sottosuolo rigido e superficie topografica orizzontale, condizioni però che non corrispondono alle casistiche reali in cui ci si trova ad operare.

Poiché la tipologia di sottosuolo e la topografia di un’area influenzano notevolmente la risposta sismica locale, ovvero l’effetto che un’area subisce quando un’azione sismica raggiunge la superficie, sarà necessario modificare l’azione sismica di riferimento con dei coefficienti che sono funzione della litologia del sottosuolo e delle condizioni topografiche.

Gli effetti topografici vengono sintetizzati nella tab. 3.2.IV delle NTC-18 in quattro categorie basate sull’inclinazione media dei terreni circostanti all’area in cui è previsto l’intervento, in particolare le quattro categorie vengono così definite:

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

**Figura 28:** tabella 3.2.IV delle NTC-18 – categorie topografiche e loro descrizione.

Nel caso in esame, trattandosi di un’area lungo un pendio, la categoria topografica può essere assunta, come pari a **T2**.

La “risposta sismica locale”, termine con il quale si intende l’azione sismica quale essa emerge in “superficie” a seguito delle modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza subite trasmettendosi dal substrato rigido, è funzione anche

della stratigrafia dell'area, risulterà pertanto fondamentale la definizione della categoria di sottosuolo.

Più dettagliatamente, la normativa distingue le seguenti 5 categorie di terreni di fondazione:

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

**Figura 29:** tabella 3.2.II – categorie di sottosuolo e loro caratteristiche secondo le NTC-18.

Nelle definizioni precedenti, il termine  $V_{s30}$  è la velocità media di propagazione entro 30 m di profondità delle onde di taglio, che viene calcolata con la seguente espressione:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}}$$

con:

$h_i$  spessore dell'i-esimo strato;

$V_{s,i}$  velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;

N numero di strati;

H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da  $V_s$  non inferiore a 800 m/s.

L'assetto geologico dell'area ha permesso di valutare che il sottosuolo in esame ricada nella categoria di sottosuolo "A", ovvero *ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di  $V_{s30}$  superiori a 800 m/s eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.*



Per la determinazione dei parametri spettrali che caratterizzano l'azione sismica al sito in esame è stato utilizzato un *software* apposito “*Geostru PS Parametri Sismici*”, sviluppato e fornito a livello *open source* sul sito *web* [www.geostru.com](http://www.geostru.com).

Il programma è direttamente utilizzabile *on line* sul sito *web* dell'azienda produttrice di *software*: “Geostru Software”, sulla base delle coordinate geografiche del sito oggetto di studio (esprese come latitudine e longitudine) e degli altri parametri discussi nei paragrafi precedenti fornisce gli spettri sismici associati al sito, relativi ai 4 stati limite previsti dalle NTC.

### Calcolo degli spettri sismici per il sito

Ubicazione:



#### Caratteristiche del sito in esame:

Latitudine	46,023°
Longitudine	8,287°
Classe	II
Vita nominale	50

Siti di riferimento:

Sito 1	ID: 9584	Lat: 46,0220	Lon: 8,2410	Distanza: 3566,893
Sito 2	ID: 9585	Lat: 46,0250	Lon: 8,3127	Distanza: 1988,171
Sito 3	ID: 9807	Lat: 45,9751	Lon: 8,3171	Distanza: 5809,212
Sito 4	ID: 9806	Lat: 45,9721	Lon: 8,2455	Distanza: 6518,704

Coordinate geografiche espresse in ED50

Parametri sismici:

Categoria sottosuolo	A
Categoria topografica	T2
Periodo di riferimento	50 anni
Coefficiente cu	1

	Probabilità di superamento (%)	Tr (anni)	Ag (g)	Fo (-)	Tc* (s)
Operatività SLO	81	30	0,021	2,513	0,170
Danno SLD	63	50	0,028	2,485	0,199
Salvaguardia della vita SLV	10	475	0,062	2,598	0,291
Prevenzione dal collasso SLC	5	975	0,077	2,663	0,306

Coefficienti sismici:

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.005	0.007	0.015	0.018
kv	0.003	0.003	0.007	0.009
Amax [m/s²]	0.249	0.324	0.733	0.900
Beta	0.200	0.200	0.200	0.200

## **7. VERIFICHE DI STABILITÀ MEDIANTE TEST DI MARKLAND**

Lo scopo del test di Markland è quello di evidenziare, con un metodo grafico, la possibilità di uno scivolamento planare, il distacco di un cuneo di roccia lungo l'intersezione di due discontinuità o il ribaltamento, si tratta di un metodo qualitativo ampiamente utilizzato nelle verifiche di stabilità di pendii naturali ed artificiali in roccia.

Si deve tenere presente che questo metodo verifica le discontinuità critiche, perciò deve essere seguito da verifica di stabilità più approfondita e quantitativa svolta alla luce dell'effettivo equilibrio delle forze che agiscono su quel determinato solido roccioso.

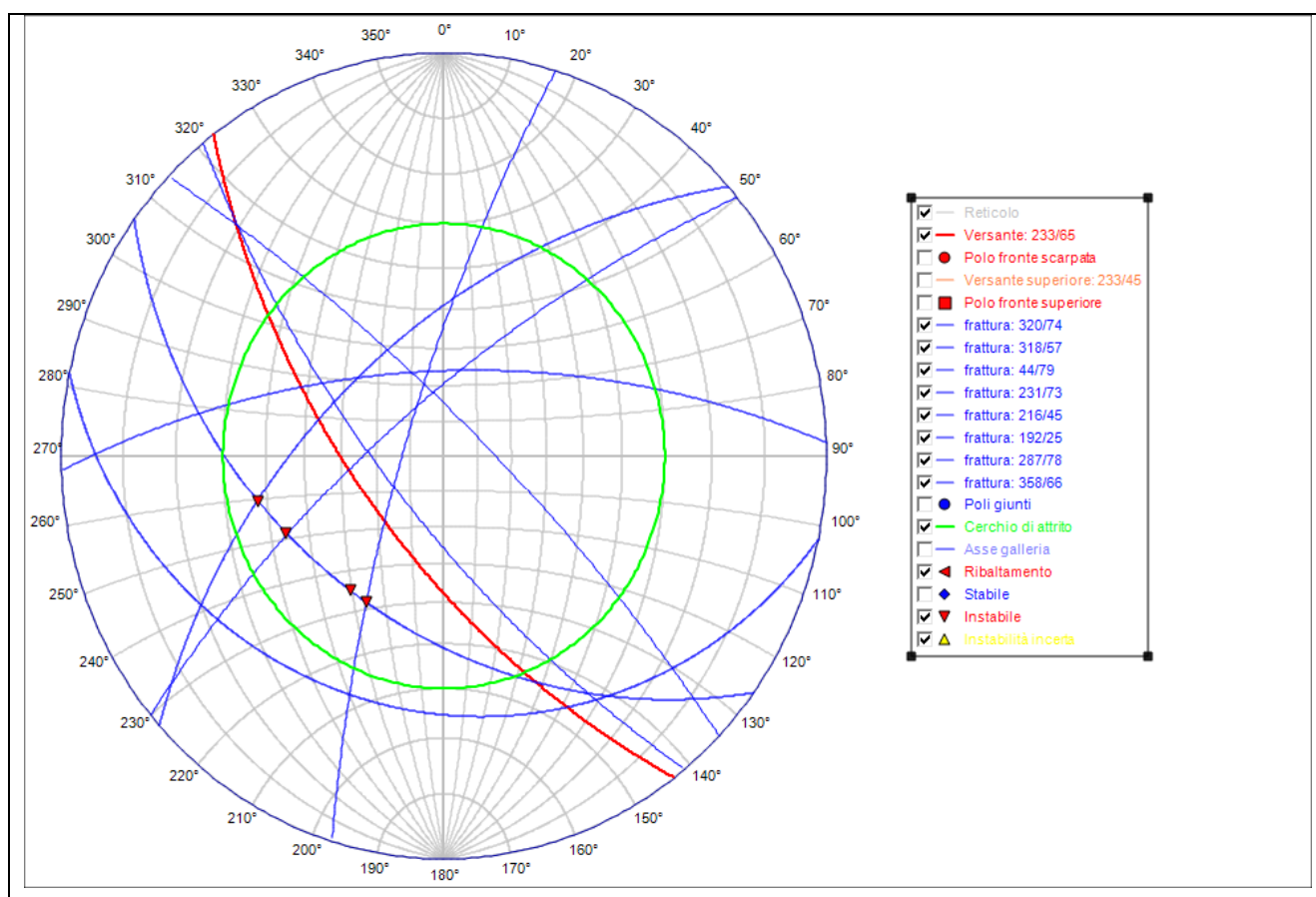
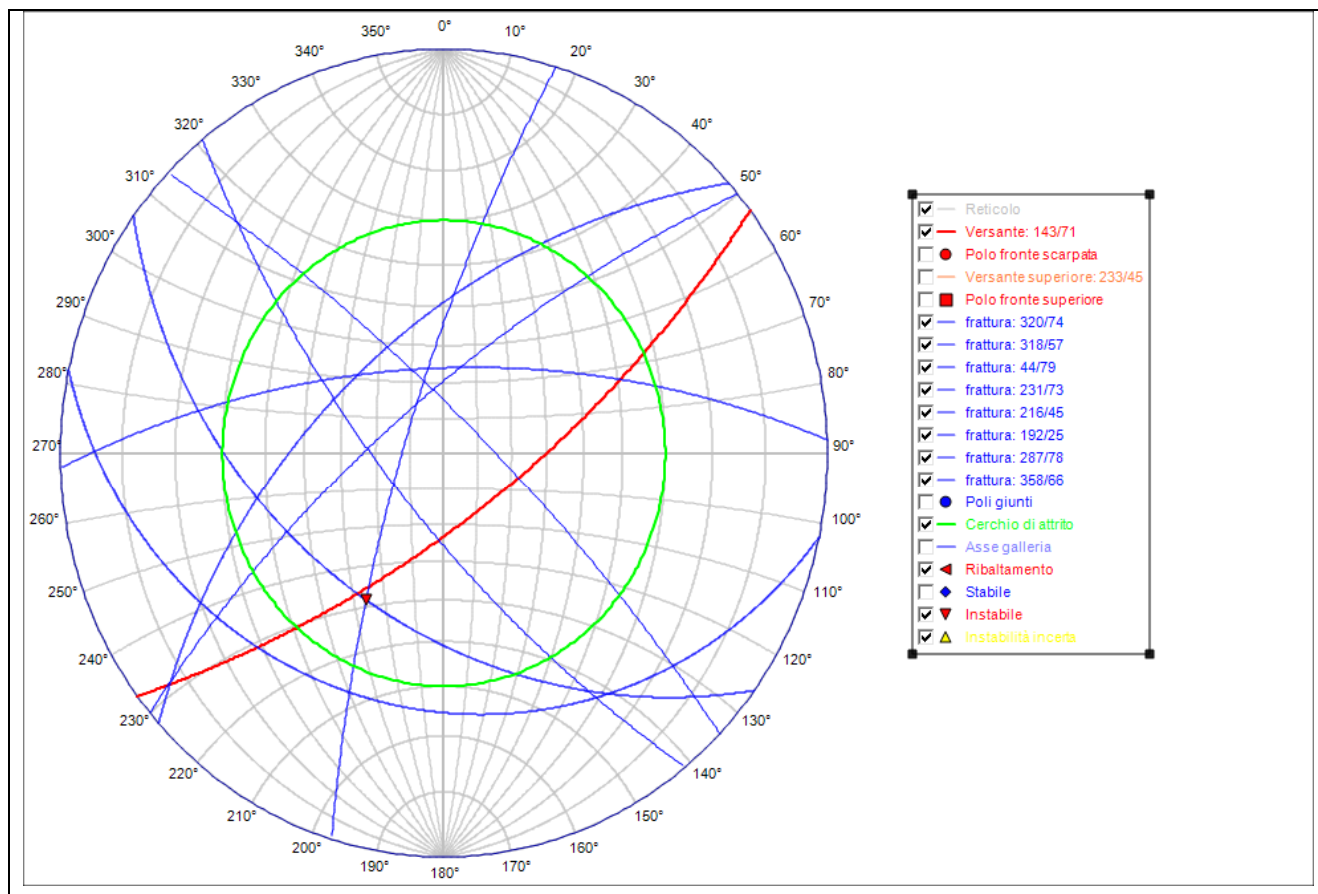
Inoltre si deve ricordare che durante l'esecuzione del “*test di Markland*” vengono imposte condizioni molto cautelative e sfavorevoli alla stabilità rispetto alle condizioni reali, infatti i piani di discontinuità vengono considerati come se avessero estensione e continuità infinita.

Tale “instabilità” è da intendersi in senso puramente geometrico, ovvero viene verificata la possibilità che si generi la condizione geometrica tale da consentire la “fuoriuscita” di blocchi dall'ammasso roccioso.

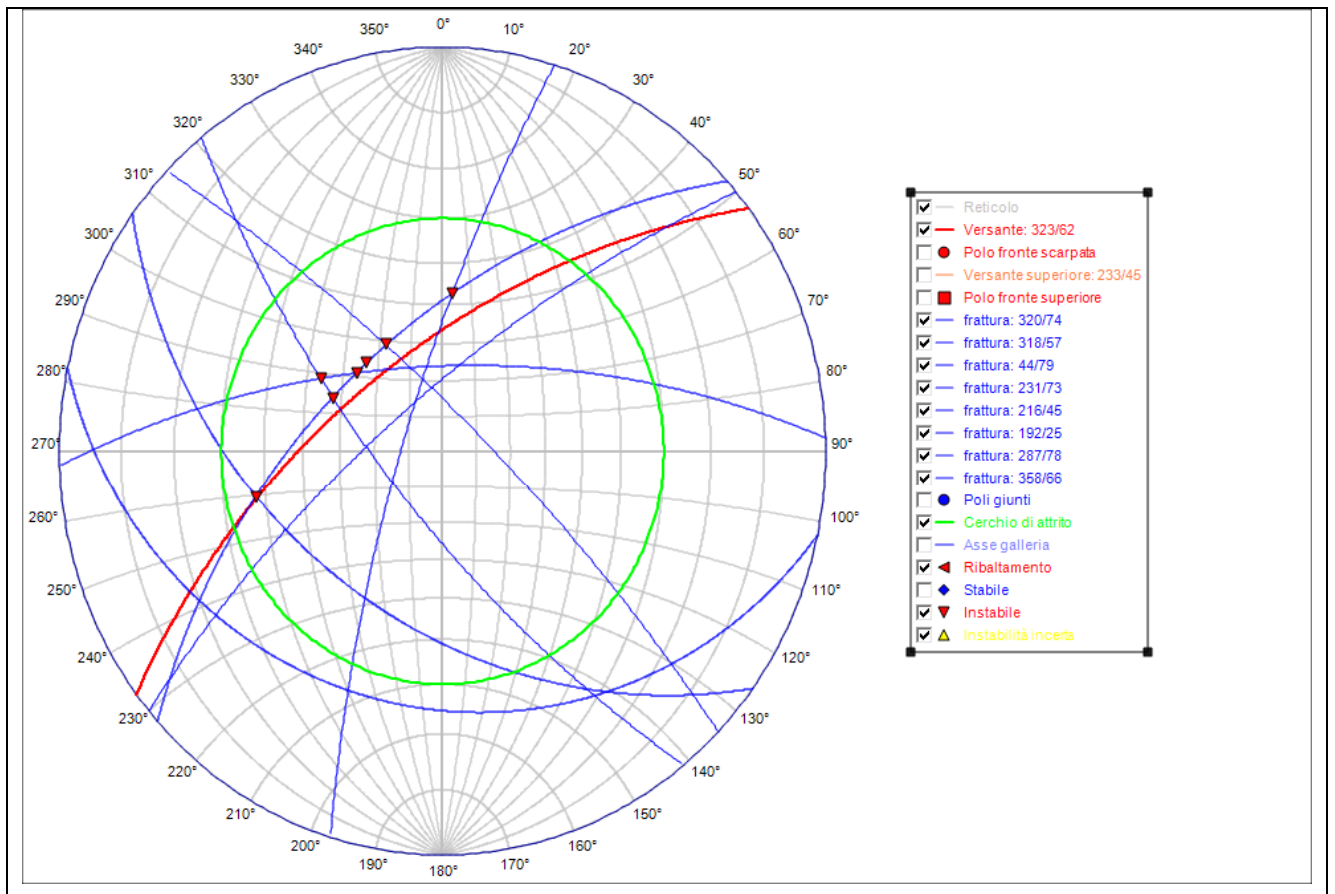
Viene pertanto realizzato un test per ogni fronte di scavo (sia come inviluppo che come singola alzata) presente nelle due aree in cui è stata suddivisa la cava, verificando di volta in volta quali cinematismi si possano sviluppare.

### **7.1 TEST DI MARKLAND SUI FRONTI**

Vengono proposte le verifiche mediante test di Markland sui fronti così come previsti sulle tavole di progetto al 15° anno.



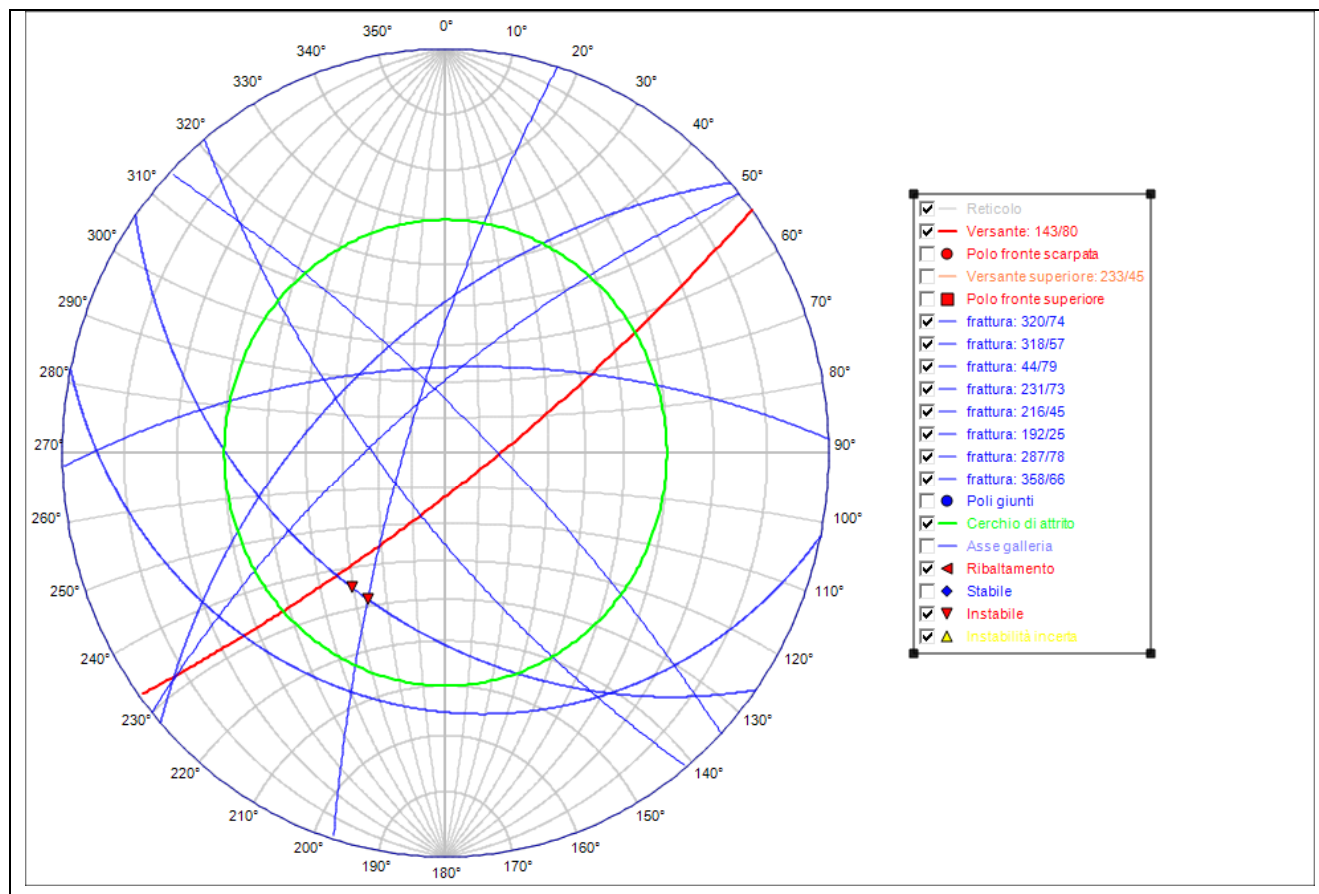




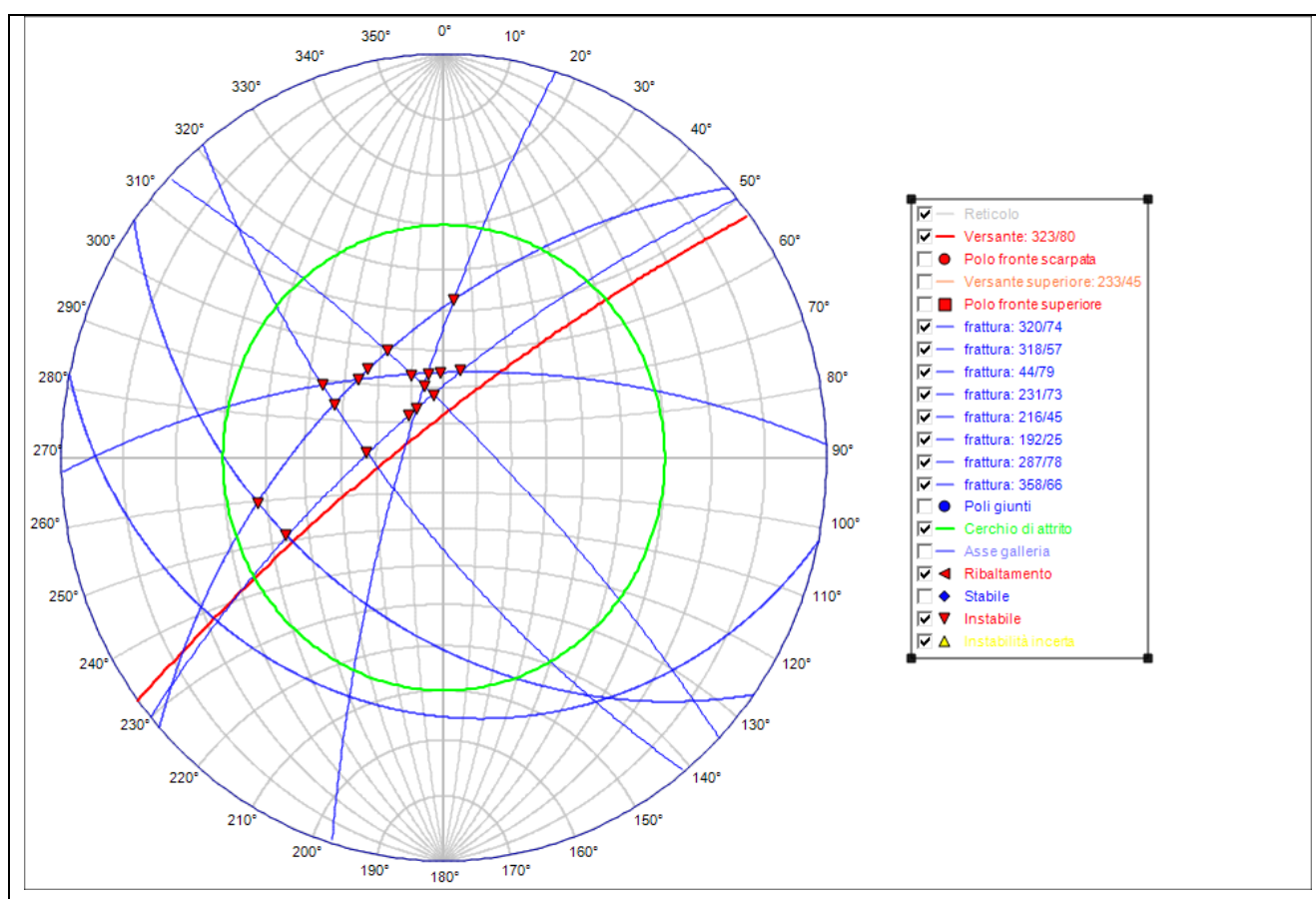
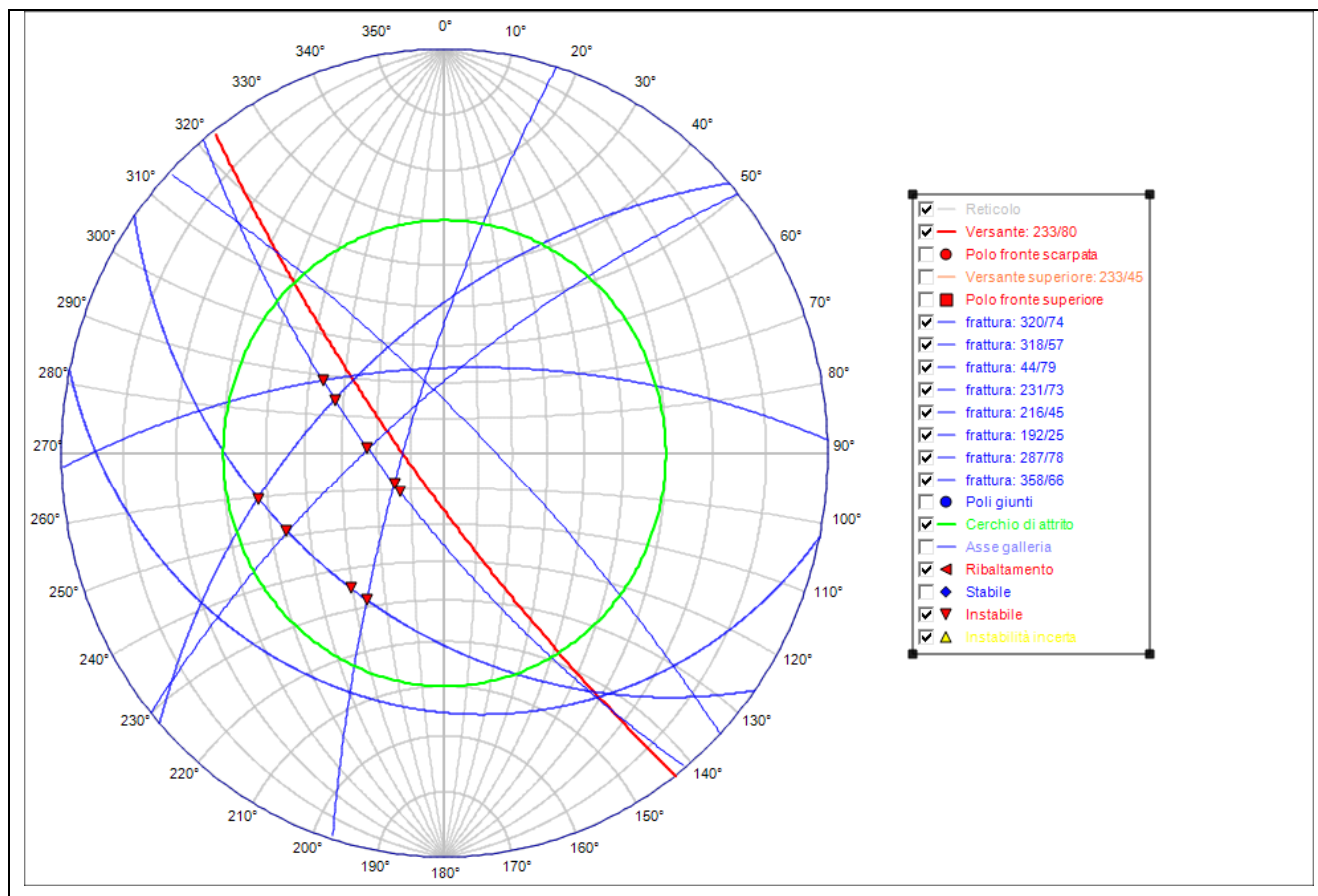
**Fronte di scavo 323/62** – Test di Markland Reticolo di Schmidt Proiezione Equiangolare.

## 7.2 TEST DI MARKLAND SUI FRONTI (SINGOLE ALZATE)

Vengono riportati i test di Markland sulle alzate dei fronti di scavo previsti in progetto.



**Fronte di scavo 143/80 – Test di Markland Reticolo di Schmidt Proiezione Equiangolare.**



Dai test di Markland effettuati sulle orientazioni dei fronti di scavo della cava in esame si individuano i seguenti possibili cinematismi:

- Una instabilità planare sul fronte di scavo 143/80 dovuto alla presenza della famiglia K4, sarà denominato **SP1**;
- Due instabilità planari sul fronte di scavo 233/80 dovuto alla presenza della famiglia K3, sarà denominato **SP2** e uno dovuto alla presenza della famiglia K4, sarà denominato **SP3**;
- Tre instabilità planari sul fronte di scavo 323/80 dovuto alla presenza della famiglia K1, sarà denominato **SP4**, uno dovuto alla presenza della famiglia K1b, sarà denominato **SP5** e uno dovuto alla presenza della famiglia K6, sarà denominato **SP6**;
- Una instabilità dovuta alla presenza di cunei rocciosi (tetraedri a due piani di scorrimento) sul fronte 143/80, identificato dalle famiglie K4/K5, sarà denominato **SC1**;
- Sette instabilità dovute alla presenza di cunei rocciosi sul fronte 233/80, così identificati:
  - SC2** generato dall'intersezione delle discontinuità K3/K6
  - SC3** generato dall'intersezione delle discontinuità K3/K1b
  - SC4** generato dall'intersezione delle discontinuità K3/K1
  - SC5** generato dall'intersezione delle discontinuità K3/K5
  - SC6** generato dall'intersezione delle discontinuità K4/K1b
  - SC7** generato dall'intersezione delle discontinuità K4/K1
  - SC8** generato dall'intersezione delle discontinuità K4/K5
- Tredici instabilità dovute alla presenza di cunei rocciosi sul fronte 323/80, così identificati:
  - SC9** generato dall'intersezione delle discontinuità K4/K1
  - SC10** generato dall'intersezione delle discontinuità K4/K1b
  - SC11** generato dall'intersezione delle discontinuità K3/K1
  - SC12** generato dall'intersezione delle discontinuità K3/K1b
  - SC13** generato dall'intersezione delle discontinuità K3/K6
  - SC14** generato dall'intersezione delle discontinuità K6/K1b
  - SC15** generato dall'intersezione delle discontinuità K6/K5
  - SC16** generato dall'intersezione delle discontinuità K6/K1
  - SC17** generato dall'intersezione delle discontinuità K2/K1b



**SC18** generato dall'intersezione delle discontinuità K2/K1

**SC19** generato dall'intersezione delle discontinuità K2/K5

**SC20** generato dall'intersezione delle discontinuità K1/K5

**SC21** generato dall'intersezione delle discontinuità K1b/K5

Si rende pertanto necessario procedere alle verifiche analitiche delle condizioni di stabilità dei piani di scivolamento e dei cunei descritti in precedenza, effettuate alla luce dell'effettivo equilibrio delle forze che vi agiscono: la verifica suddetta sarà realizzata mediante la determinazione del coefficiente di sicurezza applicando il metodo dell'equilibrio limite.

## 8. VERIFICA DI STABILITÀ DEI CINEMATISMI INDIVIDUATI

In questo capitolo saranno affrontati nello specifico i possibili cinematismi individuati mediante il test di Markland riportato nel capitolo precedente.

Per la verifica analitica e l'applicazione del metodo dell'equilibrio limite si è fatto riferimento alla pubblicazione dell'ARPA Piemonte “*Progetto n. 165 – PROVIALP - Protezione della viabilità alpina – Relazione finale*” del 2008, con particolare riferimento a quanto indicato nel capitolo 4 “*La metodologia meccanico-probabilistica*” a cura di Marta Castelli, Cristina Occhiena, Andrea Allodi e Claudio Scavia del Politecnico di Torino e al manuale “*Practical rock engineering*” di Evert Hoek – 2007 e a “*Rock Slope Engineering*” di Evert Hoek.

In particolare verranno utilizzati dei fogli di calcolo messi a disposizione sul sito web *geologi.it* che applicano tutti i criteri e le formule previste dalle metodologie sopraindicate, il nuovo pacchetto di software è stato inoltre implementato (rispetto a quelli prodotti nel progetto PROVIALP) con le indicazioni derivanti dalle NTC18.

In merito al valore stimato della coesione dovuta alla presenza di ponti di roccia lungo i piani di discontinuità in assenza di prove sperimentali e di misure dirette a cui riferire tale valore, comunemente adottato anche in precedenti analisi di fronti di cave del bacino ossolano, si propongono di seguito alcune considerazioni.

Tuttavia per poter stimare, mediante un approccio numerico, la validità dell'ordine di grandezza del valore attribuito nelle verifiche di stabilità si propone il seguente criterio, basato su dati caratteristici dell'ammasso roccioso e su misure dirette di persistenza dei giunti poste in relazione con l'altezza media dei gradoni rispetto ai quali si verifica la formazione di potenziali solidi instabili. Risulta infatti possibile dimostrare, con calcolo approssimativo, che la coesione effettiva riferibile alla presenza di giunti non completamente persistenti sull'altezza di fronte considerata nel calcolo di verifica è notevolmente più alta rispetto ai valori massimi assunti nelle suddette analisi di stabilità, solo nei casi in cui in totale assenza di coesione si ottenevano geometrie instabili. Come risulta dalle tabelle seguenti il valore medio di persistenza sulla base dei dati del rilievo geo-strutturale, relativo ai fronti esistenti, definisce una persistenza media variabile da 3 m a 10 m per tutti i sistemi di giunti ad esclusione dei giunti k1 che presentano persistenza media pari a 15 m circa.


Pertanto considerando l'altezza massima di 10 metri dei gradoni dei fronti di scavo progettati ed una persistenza media dei giunti pari a 7 m circa, si deduce che la superficie dei giunti è dunque approssimativamente priva di coesione per 7 metri su

10 metri. I rimanenti 3 metri, che corrispondono al 30% circa della superficie (si considerano metri lineari di profondità per semplicità di calcolo), sono caratterizzati dalla presenza di ponti di roccia.

Nei calcoli che si riportano in seguito verrà pertanto riportato cautelativamente un valore di persistenza pari al 98% per le famiglie di discontinuità K1b, K2, K3, K4, K4b, K5 e K6 e pari al 99,9% per la famiglia K1

Nei calcoli si è considerato un valore del coefficiente Beta pari a 1.

**8.1 SCIVOLAMENTI PLANARI**

<b>VERIFICA DI STABILITA' SCIVOLAMENTI PLANARI</b>			
Comune:	<b>VOGOGNA</b>	Località:	<b>I PIOD 2024</b>
		Rif. verifica:	<b>SP1</b>
<b>DATI DI INGRESSO</b>			
<b>DATI GEOMETRICI FRONTE</b>		<b>DATI GEOMECCANICI E STRUTTURALI</b>	
inclinazione fronte	(°)	80,00	
inclinazione piano superiore	(°)	45,00	
inclinazione giunto di trazione	(°)	90,00	
altezza fronte	(m)	10,00	
distanza giunto di trazione	(m)	3,00	
larghezza blocco scivolante	(m)	1,00	
<b>CARICHI APPLICATI</b>		<b>DATI GEOMECCANICI E STRUTTURALI</b>	
componente vert. carico	(kN)	0,0	
componente orizz. carico	(kN)	0,0	
carico distribuito verticale	(kN/m)	0,0	
<b>SPINTE IDRAULICHE</b>		<b>DATI GEOMECCANICI E STRUTTURALI</b>	
peso di volume acqua	(kN/mc)	10,00	
altezza falda Hw/Htot (%)	(%)	0,00%	
condizioni idrauliche al piede		0	
altezza falda	(m)	0,00	
		<b>DATI SISMICI</b>	
		accelerazione sismica $a_g$	0,062
		coeff. di amplific. topog $S_T$	1,20
		coeff. di amplific. stratig $S_S$	1,00
		coeff. di riduzione $\beta_s$	1,00
		coeff. sismico orizzontale $k_h$	0,074
		coeff. sismico verticale $k_v$	0,037
<b>RISULTATI</b>			
	volume blocco scivolante V	(mc)	24,73
	peso blocco scivolante W	(kN)	651
	superficie scivolante	(mq)	5,49
	superficie piano superiore	(mq)	3,00
	superficie giunto trazione	(mq)	8,24
<b>Forze normali alla superficie di scivolamento</b>			
	peso blocco scivolante	(kN)	460
	sottospinta idraulica	(kN)	0
	spinta giunto trazione	(kN)	0
	azione sismica	(kN)	-17
	carichi applicati	(kN)	0
	<b>forza risultante (N)</b>	<b>(kN)</b>	<b>443</b>
<b>Calcolo risultanti lungo la direzione di scivolamento</b>			
	forze mobilizzanti (kN)	forze stabilizzanti (kN)	
verifica sismica	511	3754	
verifica non sismica	460	3020	
<b>Fattori di sicurezza</b>			
verifica sismica	7,341	ipotizzando perfetta persistenza dei giunti (coesione apparente = 0)	1,281
verifica non sismica	6,566		1,178
<b>Planare-Barton-2018</b> - data: maggio 2019 - conforme NTC 2018 e Circolare 21/01/2019 n.7/C.S.LL.PP. <b>Software freeware distribuito da geologi.it</b>			



**VERIFICA DI STABILITA' SCIVOLAMENTI PLANARI**

Comune:	<b>VOGOGNA</b>	Località:	<b>I PIOD 2024</b>	Rif. verifica:	<b>SP2</b>
---------	----------------	-----------	--------------------	----------------	------------

DATI DI INGRESSO			
<b>DATI GEOMETRICI FRONTE</b>			
inclinazione fronte	(°)	<b>80,00</b>	ininfluente
inclinazione piano superiore	(°)	<b>45,00</b>	
inclinazione giunto di trazione	(°)	<b>90,00</b>	
altezza fronte	(m)	<b>10,00</b>	
distanza giunto di trazione	(m)	<b>3,00</b>	
larghezza blocco scivolante	(m)	<b>1,00</b>	
<b>CARICHI APPLICATI</b>			
componente vert. carico	(kN)	<b>0,0</b>	
componente orizz. carico	(kN)	<b>0,0</b>	
carico distribuito verticale	(kN/m)	<b>0,0</b>	
<b>SPINTE IDRAULICHE</b>			
peso di volume acqua	(kN/mc)	<b>10,00</b>	
altezza falda Hw/Htot (%)	(%)	<b>0,00%</b>	
condizioni idrauliche al piede		<b>0</b>	
altezza falda	(m)	<b>0,00</b>	
<b>DATI GEOMECCANICI E STRUTTURALI</b>			
peso di volume roccia	(kN/mc)	<b>26,30</b>	
angolo di attrito di base $\phi_{base}$	(°)	<b>30,00</b>	
inclinazione piano di scivolam.	(°)	<b>73,00</b>	
Joint Compression Strenght JCS	(MPa)	<b>114,00</b>	
Joint Roughness Coefficient JRC		<b>9,00</b>	
persistenza (%)	%	<b>98,00%</b>	
resistenza al taglio della roccia	(MPa)		
angolo di attrito di picco $\phi_p$	(°)	<b>70,32</b>	
coesione app.(ponti di roccia)	(kPa)	<b>456,00</b>	
<b>DATI SISMICI</b>			
accelerazione sismica $a_g$		<b>0,062</b>	
coeff. di amplific. topog $S_T$		<b>1,20</b>	
coeff. di amplific.stratig $S_S$		<b>1,00</b>	
coeff. di riduzione $\beta_s$		<b>1,00</b>	
coeff. sismico orizzontale $k_h$		<b>0,074</b>	
coeff. sismico verticale $k_v$		<b>0,037</b>	

RISULTATI			
volume blocco scivolante V	(mc)	<b>7,68</b>	
peso blocco scivolante W	(kN)	<b>202</b>	
superficie scivolante	(mq)	<b>12,41</b>	
superficie piano superiore	(mq)	<b>2,64</b>	
superficie giunto trazione	(mq)	<b>0,00</b>	
<b>Forze normali alla superficie di scivolamento</b>			
peso blocco scivolante	(kN)	<b>59</b>	
sottospinta idraulica	(kN)	<b>0</b>	
spinta giunto trazione	(kN)	<b>0</b>	
azione sismica	(kN)	<b>-12</b>	
carichi applicati	(kN)	<b>0</b>	
<b>forza risultante (N)</b>	<b>(kN)</b>	<b>47</b>	
<b>Calcolo risultanti lungo la direzione di scivolamento</b>			
forze mobilizzanti (kN)		forze stabilizzanti (kN)	
verifica sismica	<b>205</b>	verifica non sismica	<b>5788</b>
verifica non sismica	<b>193</b>		<b>4651</b>
<b>Fattori di sicurezza</b>			
verifica sismica	<b>28,285</b>	Ipotizzando perfetta persistenza dei giunti (coesione apparente = 0)	<b>0,637</b>
verifica non sismica	<b>24,093</b>		<b>0,651</b>

**Planare-Barton-2018** - data: maggio 2019 - conforme NTC 2018 e Circolare 21/01/2019 n.7/C.S.LL.PP.

**Software freeware distribuito da geologi.it**

**VERIFICA DI STABILITA' SCIVOLAMENTI PLANARI**Comune: **VOGOGNA** Località: **I PIOD 2024** Rif. verifica: **SP3****DATI DI INGRESSO**

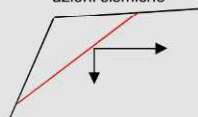
DATI GEOMETRICI FRONTE		
inclinazione fronte	(°)	80,00
inclinazione piano superiore	(°)	45,00
inclinazione giunto di trazione	(°)	90,00
altezza fronte	(m)	10,00
distanza giunto di trazione	(m)	3,00
larghezza blocco scivolante	(m)	1,00

CARICHI APPLICATI		
componente vert. carico	(kN)	0,0
componente orizz. carico	(kN)	0,0
carico distribuito verticale	(kN/m)	0,0

SPINTE IDRAULICHE		
peso di volume acqua	(kN/mc)	10,00
altezza falda Hw/Htot (%)	(%)	0,00%
condizioni idrauliche al piede		0
altezza falda	(m)	0,00

DATI GEOMECCANICI E STRUTTURALI		
peso di volume roccia	(kN/mc)	26,30
angolo di attrito di base $\phi_{base}$	(°)	30,00
inclinazione piano di scivolam.	(°)	45,00
Joint Compression Strenght JCS	(MPa)	141,00
Joint Roughness Coefficient JRC		8,00
persistenza (%)	%	98,00%
resistenza al taglio della roccia	(MPa)	
angolo di attrito di picco $\phi_p$	(°)	55,94
coesione app.(ponti di roccia)	(kPa)	564,00

DATI SISMICI		
accelerazione sismica $a_g$		0,062
coeff. di amplific. topog $S_T$		1,20
coeff. di amplific.stratig $S_S$		1,00
coeff. di riduzione $\beta_s$		1,00
coeff. sismico orizzontale $k_h$		0,074
coeff. sismico verticale $k_v$		0,037

**RISULTATI**convezione segni carichi ed  
azioni sismiche

volume blocco scivolante V	(mc)	24,73
peso blocco scivolante W	(kN)	651
superficie scivolante	(mq)	5,49
superficie piano superiore	(mq)	3,00
superficie giunto trazione	(mq)	8,24

**Forze normali alla superficie di scivolamento**

peso blocco scivolante	(kN)	460
sottospinta idraulica	(kN)	0
spinta giunto trazione	(kN)	0
azione sismica	(kN)	-17
carichi applicati	(kN)	0
<b>forza risultante (N)</b>	<b>(kN)</b>	<b>443</b>

**Calcolo risultanti lungo la direzione di scivolamento**

	forze mobilizzanti (kN)	forze stabilizzanti (kN)
verifica sismica	511	3754
verifica non sismica	460	3020

**Fattori di sicurezza**

verifica sismica	7,341	Ipotizzando perfetta persistenza dei giunti (coesione apparente = 0)	1,281
verifica non sismica	6,566		1,178

Planare-Barton-2018 - data: maggio 2019 - conforme NTC 2018 e Circolare 21/01/2019 n.7/C.S.LL.PP.

Software freeware distribuito da geologi.it

**VERIFICA DI STABILITA' SCIVOLAMENTI PLANARI**Comune: **VOGOGNA** Località: **I PIOD 2024** Rif. verifica: **SP4****DATI DI INGRESSO**

DATI GEOMETRICI FRONTE		
inclinazione fronte	(°)	80,00
inclinazione piano superiore	(°)	35,00
inclinazione giunto di trazione	(°)	90,00
altezza fronte	(m)	10,00
distanza giunto di trazione	(m)	3,00
larghezza blocco scivolante	(m)	1,00

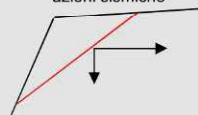
ininfluente

CARICHI APPLICATI		
componente vert. carico	(kN)	0,0
componente orizz. carico	(kN)	0,0
carico distribuito verticale	(kN/m)	0,0

SPINTE IDRAULICHE		
peso di volume acqua	(kN/mc)	10,00
altezza falda Hw/Htot (%)	(%)	0,00%
condizioni idrauliche al piede		0
altezza falda	(m)	0,00

DATI GEOMECCANICI E STRUTTURALI		
peso di volume roccia	(kN/mc)	26,30
angolo di attrito di base $\phi_{base}$	(°)	30,00
inclinazione piano di scivolam.	(°)	74,00
Joint Compression Strenght JCS	(MPa)	120,00
Joint Roughness Coefficient JRC		7,00
persistenza (%)	%	99,90%
resistenza al taglio della roccia	(MPa)	
angolo di attrito di picco $\phi_p$	(°)	62,22
coesione app.(ponti di roccia)	(kPa)	24,00

DATI SISMICI	
accelerazione sismica $a_g$	0,062
coeff. di amplific. topog $S_T$	1,20
coeff. di amplific.stratig $S_S$	1,00
coeff. di riduzione $\beta_s$	1,00
coeff. sismico orizzontale $k_h$	0,074
coeff. sismico verticale $k_v$	0,037

**RISULTATI**convezione segni carichi ed  
azioni sismiche

volume blocco scivolante V	(mc)	6,06
peso blocco scivolante W	(kN)	159
superficie scivolante	(mq)	11,41
superficie piano superiore	(mq)	1,69
superficie giunto trazione	(mq)	0,00

**Forze normali alla superficie di scivolamento**

peso blocco scivolante	(kN)	44
sottospinta idraulica	(kN)	0
spinta giunto trazione	(kN)	0
azione sismica	(kN)	-10
carichi applicati	(kN)	0
<b>forza risultante (N)</b>	<b>(kN)</b>	<b>34</b>

**Calcolo risultanti lungo la direzione di scivolamento**

	forze mobilizzanti (kN)	forze stabilizzanti (kN)
verifica sismica	162	339
verifica non sismica	153	284

**Fattori di sicurezza**

verifica sismica	2,090	Ipotizzando perfetta persistenza dei giunti (coesione apparente = 0)	0,394
verifica non sismica	1,853		0,422

Planare-Barton-2018 - data: maggio 2019 - conforme NTC 2018 e Circolare 21/01/2019 n.7/C.S.LL.PP.

Software freeware distribuito da geologi.it



**VERIFICA DI STABILITA' SCIVOLAMENTI PLANARI**Comune: **VOGOGNA** Località: **I PIOD 2024** Rif. verifica: **SP5****DATI DI INGRESSO**

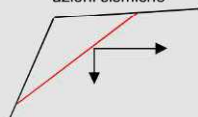
DATI GEOMETRICI FRONTE		
inclinazione fronte	(°)	80,00
inclinazione piano superiore	(°)	45,00
inclinazione giunto di trazione	(°)	90,00
altezza fronte	(m)	10,00
distanza giunto di trazione	(m)	3,00
larghezza blocco scivolante	(m)	1,00

CARICHI APPLICATI		
componente vert. carico	(kN)	0,0
componente orizz. carico	(kN)	0,0
carico distribuito verticale	(kN/m)	0,0

SPINTE IDRAULICHE		
peso di volume acqua	(kN/mc)	10,00
altezza falda Hw/Htot (%)	(%)	0,00%
condizioni idrauliche al piede		0
altezza falda	(m)	0,00

DATI GEOMECCANICI E STRUTTURALI		
peso di volume roccia	(kN/mc)	26,30
angolo di attrito di base $\phi_{base}$	(°)	30,00
inclinazione piano di scivolam.	(°)	57,00
Joint Compression Strenght JCS	(MPa)	127,00
Joint Roughness Coefficient JRC		10,00
persistenza (%)	%	98,00%
resistenza al taglio della roccia	(MPa)	
angolo di attrito di picco $\phi_p$	(°)	65,21
coesione app.(ponti di roccia)	(kPa)	508,00

DATI SISMICI		
accelerazione sismica $a_g$		0,062
coeff. di amplific. topog $S_T$		1,20
coeff. di amplific.stratig $S_S$		1,00
coeff. di riduzione $\beta_s$		1,00
coeff. sismico orizzontale $k_h$		0,074
coeff. sismico verticale $k_v$		0,037

**RISULTATI**convezione segni carichi ed  
azioni sismiche

volume blocco scivolante V	(mc)	20,66
peso blocco scivolante W	(kN)	543
superficie scivolante	(mq)	7,13
superficie piano superiore	(mq)	3,00
superficie giunto trazione	(mq)	6,14

**Forze normali alla superficie di scivolamento**

peso blocco scivolante	(kN)	296
sottospinta idraulica	(kN)	0
spinta giunto trazione	(kN)	0
azione sismica	(kN)	-23
carichi applicati	(kN)	0
<b>forza risultante (N)</b>	<b>(kN)</b>	<b>273</b>

**Calcolo risultanti lungo la direzione di scivolamento**

	forze mobilizzanti (kN)	forze stabilizzanti (kN)
verifica sismica	495	4214
verifica non sismica	456	3403

**Fattori di sicurezza**

verifica sismica	8,519	Ipotizzando perfetta persistenza dei giunti (coesione apparente = 0)	1,195
verifica non sismica	7,467		1,107

Planare-Barton-2018 - data: maggio 2019 - conforme NTC 2018 e Circolare 21/01/2019 n.7/C.S.LL.PP.

Software freeware distribuito da geologi.it



**VERIFICA DI STABILITA' SCIVOLAMENTI PLANARI**Comune: **VOGOGNA** Località: **I PIOD 2024** Rif. verifica: **SP6****DATI DI INGRESSO**

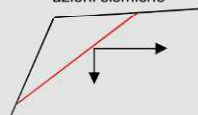
DATI GEOMETRICI FRONTE		
inclinazione fronte	(°)	80,00
inclinazione piano superiore	(°)	45,00
inclinazione giunto di trazione	(°)	90,00
altezza fronte	(m)	10,00
distanza giunto di trazione	(m)	3,00
larghezza blocco scivolante	(m)	1,00

CARICHI APPLICATI		
componente vert. carico	(kN)	0,0
componente orizz. carico	(kN)	0,0
carico distribuito verticale	(kN/m)	0,0

SPINTE IDRAULICHE		
peso di volume acqua	(kN/mc)	10,00
altezza falda Hw/Htot (%)	(%)	0,00%
condizioni idrauliche al piede		0
altezza falda	(m)	0,00

DATI GEOMECCANICI E STRUTTURALI		
peso di volume roccia	(kN/mc)	26,30
angolo di attrito di base $\phi_{base}$	(°)	30,00
inclinazione piano di scivolam.	(°)	66,00
Joint Compression Strenght JCS	(MPa)	73,00
Joint Roughness Coefficient JRC		10,00
persistenza (%)	%	98,00%
resistenza al taglio della roccia	(MPa)	
angolo di attrito di picco $\phi_p$	(°)	66,89
coesione app.(ponti di roccia)	(kPa)	292,00

DATI SISMICI	
accelerazione sismica $a_g$	0,062
coeff. di amplific. topog $S_T$	1,20
coeff. di amplific.stratig $S_S$	1,00
coeff. di riduzione $\beta_s$	1,00
coeff. sismico orizzontale $k_h$	0,074
coeff. sismico verticale $k_v$	0,037

**RISULTATI**convezione segni carichi ed  
azioni sismiche

volume blocco scivolante V	(mc)	15,33
peso blocco scivolante W	(kN)	403
superficie scivolante	(mq)	9,55
superficie piano superiore	(mq)	3,00
superficie giunto trazione	(mq)	3,40

**Forze normali alla superficie di scivolamento**

peso blocco scivolante	(kN)	164
sottospinta idraulica	(kN)	0
spinta giunto trazione	(kN)	0
azione sismica	(kN)	-21
carichi applicati	(kN)	0
<b>forza risultante (N)</b>	<b>(kN)</b>	<b>143</b>

**Calcolo risultanti lungo la direzione di scivolamento**

	forze mobilizzanti (kN)	forze stabilizzanti (kN)
verifica sismica	394	3123
verifica non sismica	368	2530

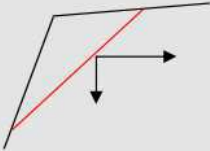
**Fattori di sicurezza**

verifica sismica	7,921	Ipotizzando perfetta persistenza dei giunti (coesione apparente = 0)	0,848
verifica non sismica	6,867		0,811

Planare-Barton-2018 - data: maggio 2019 - conforme NTC 2018 e Circolare 21/01/2019 n.7/C.S.LL.PP.

Software freeware distribuito da geologi.it

## 8.2 SCIVOLAMENTI DI CUNEI IN ROCCIA

VERIFICA DI STABILITA' SCIVOLAMENTI DI CUNEI																											
Comune:	<b>VOGOGNA</b>	Località:	<b>I PIOD 2024</b>																								
		Rif. verifica:	<b>SC1</b>																								
DATI DI INGRESSO																											
DATI GEOMETRICI FRONTE																											
immersione fronte	(°)	143,00																									
inclinazione fronte	(°)	80,00																									
immersione piano superiore	(°)	233,00																									
inclinazione piano superiore	(°)	45,00																									
immersione giunto di trazione	(°)	110,00																									
inclinazione giunto di trazione	(°)	90,00																									
altezza fronte	(m)	10,00																									
distanza giunto di trazione	(m)	3,00																									
CARICHI APPLICATI E SPINTE IDRAULICHE																											
componente vert. carico	(kN)	0,0																									
componente orizz. carico	(kN)	0,0																									
peso di volume acqua	(kN/mc)	10,00																									
altezza falda Hw/H (%)	(%)	0,00%																									
DATI SISMICI																											
accelerazione sismica $a_g$		0,062																									
coeff. di amplific. topog $S_T$		1,20																									
coeff. di amplific.stratig $S_S$		1,00																									
coeff. di riduzione $\beta_s$		1,00																									
coeff. sismico orizzontale $k_h$		0,074																									
coeff. sismico verticale $k_v$		0,037																									
DATI GEOMECCANICI E STRUTTURALI																											
peso di volume roccia	(kN/mc)	26,30																									
angolo di attrito di base $\phi_{base}$	(°)	30,00																									
giunto A																											
immersione	(°)	287,00																									
inclinazione	(°)	78,00																									
Joint Compression Strenght JCS	(MPa)	73,00																									
Joint Roughness Coefficient JRC		10,00																									
persistenza (%)	%	98,00%																									
resistenza al taglio della roccia	(MPa)																										
angolo di attrito di picco $\phi_p$	(°)	64,50																									
coesione app.(ponti di roccia)	(kPa)	292,00																									
giunto B																											
immersione	(°)	216,00																									
inclinazione	(°)	45,00																									
Joint Compression Strenght JCS	(MPa)	141,00																									
Joint Roughness Coefficient JRC		7,00																									
persistenza (%)	%	98,00%																									
resistenza al taglio della roccia	(MPa)																										
angolo di attrito di picco $\phi_p$	(°)	57,53																									
coesione app.(ponti di roccia)	(kPa)	564,00																									
RISULTATI																											
<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="text-align: right; margin-right: 10px;">convezione segni carichi ed azioni sismiche</div>  </div>																											
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>coefficiente geometrico K</td> <td></td> <td>0,01</td> </tr> <tr> <td>volume del cuneo di roccia V</td> <td>(mc)</td> <td>3521,00</td> </tr> <tr> <td>peso del cuneo di roccia W</td> <td>(kN)</td> <td>92602</td> </tr> <tr> <td>superficie cuneo su giunto A</td> <td>(mq)</td> <td>30,21</td> </tr> <tr> <td>superficie cuneo su giunto B</td> <td>(mq)</td> <td>4026,53</td> </tr> <tr> <td>superficie cuneo su giunto trazione</td> <td>(mq)</td> <td>11,72</td> </tr> <tr> <td>immersione linea di intersezione</td> <td>(°)</td> <td>209,18</td> </tr> <tr> <td>inclinazione linea di intersezione</td> <td>(°)</td> <td>44,80</td> </tr> </table>				coefficiente geometrico K		0,01	volume del cuneo di roccia V	(mc)	3521,00	peso del cuneo di roccia W	(kN)	92602	superficie cuneo su giunto A	(mq)	30,21	superficie cuneo su giunto B	(mq)	4026,53	superficie cuneo su giunto trazione	(mq)	11,72	immersione linea di intersezione	(°)	209,18	inclinazione linea di intersezione	(°)	44,80
coefficiente geometrico K		0,01																									
volume del cuneo di roccia V	(mc)	3521,00																									
peso del cuneo di roccia W	(kN)	92602																									
superficie cuneo su giunto A	(mq)	30,21																									
superficie cuneo su giunto B	(mq)	4026,53																									
superficie cuneo su giunto trazione	(mq)	11,72																									
immersione linea di intersezione	(°)	209,18																									
inclinazione linea di intersezione	(°)	44,80																									
Forze normali alle superfici di scivolamento																											
		giunto A	giunto B																								
peso cuneo	(kN)	-5941	67691																								
sotto spinta idraulica	(kN)	0	0																								
spinta giunto trazione	(kN)	0	0																								
azione sismica	(kN)	6723	-1491																								
carichi applicati	(kN)	0	0																								
forza risultante (N)	(kN)	782	66200																								
Calcolo risultanti lungo la direzione di scivolamento																											
		forze mobilizzanti (kN)	forze stabilizzanti (kN)																								
verifica sismica		69648	2385470																								
verifica non sismica		65247	2361930																								
ATTENZIONE cinematisimo impossibile																											
34,250																											
29,212																											
<p><b>Cunei-Barton-2018 - data: maggio 2019 - conforme NTC 2018 e Circolare 21/01/2019 n.7/C.S.LL.PP.</b></p> <p style="text-align: center;"><b>Software freeware distribuito da geologi.it</b></p>																											

**VERIFICA DI STABILITA' SCIVOLAMENTI DI CUNEI**Comune: **VOGOGNA** Località: **I PIOD 2024** Rif. verifica: **SC2****DATI DI INGRESSO**

DATI GEOMETRICI FRONTE		
immersione fronte	(°)	233,00
inclinazione fronte	(°)	80,00
immersione piano superiore	(°)	233,00
inclinazione piano superiore	(°)	45,00
immersione giunto di trazione	(°)	233,00
inclinazione giunto di trazione	(°)	90,00
altezza fronte	(m)	10,00
distanza giunto di trazione	(m)	1,00

CARICHI APPLICATI E SPINTE IDRAULICHE		
componente vert. carico	(kN)	0,0
componente orizz. carico	(kN)	0,0
peso di volume acqua	(kN/mc)	10,00
altezza falda Hw/H (%)	(%)	0,00%

DATI SISMICI	
accelerazione sismica $a_g$	0,062
coeff. di amplific. topog $S_T$	1,20
coeff. di amplific. stratig $S_S$	1,00
coeff. di riduzione $\beta_s$	1,00
coeff. sismico orizzontale $k_h$	0,074
coeff. sismico verticale $k_v$	0,037

DATI GEOMECCANICI E STRUTTURALI		
peso di volume roccia	(kN/mc)	26,30
angolo di attrito di base $\phi_{base}$	(°)	30,00

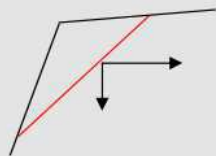
giunto A		
immersione	(°)	287,00
inclinazione	(°)	78,00
Joint Compression Strenght JCS	(MPa)	73,00
Joint Roughness Coefficient JRC		10,00
persistenza (%)	%	98,00%
resistenza al taglio della roccia	(MPa)	
angolo di attrito di picco $\phi_p$	(°)	30,00
coesione app.(ponti di roccia)	(kPa)	292,00

giunto B		
immersione	(°)	216,00
inclinazione	(°)	45,00
Joint Compression Strenght JCS	(MPa)	141,00
Joint Roughness Coefficient JRC		7,00
persistenza (%)	%	98,00%
resistenza al taglio della roccia	(MPa)	
angolo di attrito di picco $\phi_p$	(°)	54,34
coesione app.(ponti di roccia)	(kPa)	564,00

**RISULTATI**

coefficiente geometrico K		0,01
volume del cuneo di roccia V	(mc)	151,10
peso del cuneo di roccia W	(kN)	3974
superficie cuneo su giunto A	(mq)	15,85
superficie cuneo su giunto B	(mq)	60,67
superficie cuneo su giunto trazione	(mq)	74,73
immersione linea di intersezione	(°)	209,18
inclinazione linea di intersezione	(°)	44,80

convezione segni carichi ed azioni sismiche

**Forze normali alle superfici di scivolamento**

	giunto A	giunto B
peso cuneo (kN)	-255	2905
sotto spinta idraulica (kN)	0	0
spinta giunto trazione (kN)	0	0
azione sismica (kN)	-120	-51
carichi applicati (kN)	0	0
forza risultante (N) (kN)	-375	2854

**Calcolo risultanti lungo la direzione di scivolamento**

	forze mobilizzanti (kN)	forze stabilizzanti (kN)
verifica sismica	3096	42608
verifica non sismica	2800	41961

**ATTENZIONE, risultante negativa su piano A**

13,761

12,211

Cunei-Barton-2018 - data: maggio 2019 - conforme NTC 2018 e Circolare 21/01/2019 n.7/C.S.LL.PP.

Software freeware distribuito da geologi.it



**VERIFICA DI STABILITA' SCIVOLAMENTI DI CUNEI**Comune: **VOGOGNA** Località: **I PIOD 2024** Rif. verifica: **SC3****DATI DI INGRESSO**

DATI GEOMETRICI FRONTE		
immersione fronte	(°)	233,00
inclinazione fronte	(°)	80,00
immersione piano superiore	(°)	233,00
inclinazione piano superiore	(°)	45,00
immersione giunto di trazione	(°)	233,00
inclinazione giunto di trazione	(°)	90,00
altezza fronte	(m)	10,00
distanza giunto di trazione	(m)	3,00

CARICHI APPLICATI E SPINTE IDRAULICHE		
componente vert. carico	(kN)	0,0
componente orizz. carico	(kN)	0,0
peso di volume acqua	(kN/mc)	10,00
altezza falda Hw/H (%)	(%)	0,00%

DATI SISMICI	
accelerazione sismica $a_g$	0,062
coeff. di amplific. topog $S_T$	1,20
coeff. di amplific. stratig $S_S$	1,00
coeff. di riduzione $\beta_s$	1,00
coeff. sismico orizzontale $k_h$	0,074
coeff. sismico verticale $k_v$	0,037

DATI GEOMECCANICI E STRUTTURALI		
peso di volume roccia	(kN/mc)	26,30
angolo di attrito di base $\phi_{base}$	(°)	30,00

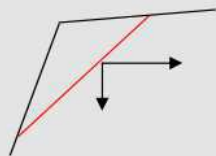
giunto A		
immersione	(°)	231,00
inclinazione	(°)	73,00
Joint Compression Strenght JCS	(MPa)	114,00
Joint Roughness Coefficient JRC		9,00
persistenza (%)	%	98,00%
resistenza al taglio della roccia	(MPa)	
angolo di attrito di picco $\phi_p$	(°)	73,47
coesione app.(ponti di roccia)	(kPa)	456,00

giunto B		
immersione	(°)	318,00
inclinazione	(°)	57,00
Joint Compression Strenght JCS	(MPa)	127,00
Joint Roughness Coefficient JRC		10,00
persistenza (%)	%	98,00%
resistenza al taglio della roccia	(MPa)	
angolo di attrito di picco $\phi_p$	(°)	58,46
coesione app.(ponti di roccia)	(kPa)	508,00

**RISULTATI**

coefficiente geometrico K		0,35
volume del cuneo di roccia V	(mc)	73,14
peso del cuneo di roccia W	(kN)	1924
superficie cuneo su giunto A	(mq)	142,16
superficie cuneo su giunto B	(mq)	5,68
superficie cuneo su giunto trazione	(mq)	72,47
immersione linea di intersezione	(°)	295,27
inclinazione linea di intersezione	(°)	54,85

convezione segni carichi ed azioni sismiche

**Forze normali alle superfici di scivolamento**

	giunto A	giunto B
peso cuneo (kN)	366	974
sotto spinta idraulica (kN)	0	0
spinta giunto trazione (kN)	0	0
azione sismica (kN)	-127	54
carichi applicati (kN)	0	0
forza risultante (N) (kN)	240	1028

**Calcolo risultanti lungo la direzione di scivolamento**

	forze mobilizzanti (kN)	forze stabilizzanti (kN)
verifica sismica	1670	70190
verifica non sismica	1573	69881

**Fattori di sicurezza**

verifica sismica	42,038	Ipotizzando perfetta persistenza dei giunti (coesione apparente = 0)	1,487
verifica non sismica	35,821		1,382

Cunei-Barton-2018 - data: maggio 2019 - conforme NTC 2018 e Circolare 21/01/2019 n.7/C.S.LL.PP.

Software freeware distribuito da geologi.it

**VERIFICA DI STABILITA' SCIVOLAMENTI DI CUNEI**Comune: **VOGOGNA** Località: **I PIOD 2024** Rif. verifica: **SC4****DATI DI INGRESSO**

DATI GEOMETRICI FRONTE		
immersione fronte	(°)	233,00
inclinazione fronte	(°)	80,00
immersione piano superiore	(°)	233,00
inclinazione piano superiore	(°)	45,00
immersione giunto di trazione	(°)	233,00
inclinazione giunto di trazione	(°)	90,00
altezza fronte	(m)	10,00
distanza giunto di trazione	(m)	3,00

CARICHI APPLICATI E SPINTE IDRAULICHE		
componente vert. carico	(kN)	0,0
componente orizz. carico	(kN)	0,0
peso di volume acqua	(kN/mc)	10,00
altezza falda Hw/H (%)	(%)	0,00%

DATI SISMICI	
accelerazione sismica $a_g$	0,062
coeff. di amplific. topog $S_T$	1,20
coeff. di amplific. stratig $S_S$	1,00
coeff. di riduzione $\beta_s$	1,00
coeff. sismico orizzontale $k_h$	0,074
coeff. sismico verticale $k_v$	0,037

DATI GEOMECCANICI E STRUTTURALI		
peso di volume roccia	(kN/mc)	26,30
angolo di attrito di base $\phi_{base}$	(°)	30,00

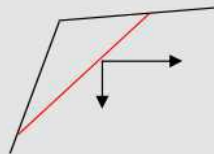
giunto A		
immersione	(°)	231,00
inclinazione	(°)	73,00
Joint Compression Strenght JCS	(MPa)	114,00
Joint Roughness Coefficient JRC		9,00
persistenza (%)	%	98,00%
resistenza al taglio della roccia	(MPa)	
angolo di attrito di picco $\phi_p$	(°)	71,83
coesione app.(ponti di roccia)	(kPa)	456,00

giunto B		
immersione	(°)	320,00
inclinazione	(°)	74,00
Joint Compression Strenght JCS	(MPa)	120,00
Joint Roughness Coefficient JRC		7,00
persistenza (%)	%	99,90%
resistenza al taglio della roccia	(MPa)	
angolo di attrito di picco $\phi_p$	(°)	51,76
coesione app.(ponti di roccia)	(kPa)	24,00

**RISULTATI**

coefficiente geometrico K		0,43
volume del cuneo di roccia V	(mc)	63,96
peso del cuneo di roccia W	(kN)	1682
superficie cuneo su giunto A	(mq)	135,62
superficie cuneo su giunto B	(mq)	4,72
superficie cuneo su giunto trazione	(mq)	73,82
immersione linea di intersezione	(°)	273,63
inclinazione linea di intersezione	(°)	67,43

convezione segni carichi ed azioni sismiche

**Forze normali alle superfici di scivolamento**

	giunto A	giunto B
peso cuneo (kN)	451	420
sotto spinta idraulica (kN)	0	0
spinta giunto trazione (kN)	0	0
azione sismica (kN)	-103	21
carichi applicati (kN)	0	0
forza risultante (N) (kN)	348	441

**Calcolo risultanti lungo la direzione di scivolamento**

	forze mobilizzanti (kN)	forze stabilizzanti (kN)
verifica sismica	1648	63574
verifica non sismica	1553	63421

**Fattori di sicurezza**

verifica sismica	38,584	Ipotizzando perfetta persistenza dei giunti (coesione apparente = 0)	0,982
verifica non sismica	32,849		0,944

Cunei-Barton-2018 - data: maggio 2019 - conforme NTC 2018 e Circolare 21/01/2019 n.7/C.S.LL.PP.

Software freeware distribuito da geologi.it



**VERIFICA DI STABILITA' SCIVOLAMENTI DI CUNEI**Comune: **VOGOGNA** Località: **I PIOD 2024** Rif. verifica: **SC5****DATI DI INGRESSO**

DATI GEOMETRICI FRONTE		
immersione fronte	(°)	233,00
inclinazione fronte	(°)	80,00
immersione piano superiore	(°)	233,00
inclinazione piano superiore	(°)	45,00
immersione giunto di trazione	(°)	233,00
inclinazione giunto di trazione	(°)	90,00
altezza fronte	(m)	10,00
distanza giunto di trazione	(m)	3,00

CARICHI APPLICATI E SPINTE IDRAULICHE		
componente vert. carico	(kN)	0,0
componente orizz. carico	(kN)	0,0
peso di volume acqua	(kN/mc)	10,00
altezza falda Hw/H (%)	(%)	0,00%

DATI SISMICI	
accelerazione sismica $a_g$	0,062
coeff. di amplific. topog $S_T$	1,20
coeff. di amplific. stratig $S_S$	1,00
coeff. di riduzione $\beta_s$	1,00
coeff. sismico orizzontale $k_h$	0,074
coeff. sismico verticale $k_v$	0,037

DATI GEOMECCANICI E STRUTTURALI		
peso di volume roccia	(kN/mc)	26,30
angolo di attrito di base $\phi_{base}$	(°)	30,00

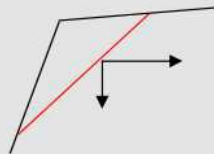
giunto A		
immersione	(°)	231,00
inclinazione	(°)	73,00
Joint Compression Strenght JCS	(MPa)	114,00
Joint Roughness Coefficient JRC		9,00
persistenza (%)	%	98,00%
resistenza al taglio della roccia	(MPa)	
angolo di attrito di picco $\phi_p$	(°)	72,12
coesione app.(ponti di roccia)	(kPa)	456,00

giunto B		
immersione	(°)	287,00
inclinazione	(°)	78,00
Joint Compression Strenght JCS	(MPa)	73,00
Joint Roughness Coefficient JRC		10,00
persistenza (%)	%	98,00%
resistenza al taglio della roccia	(MPa)	
angolo di attrito di picco $\phi_p$	(°)	66,58
coesione app.(ponti di roccia)	(kPa)	292,00

**RISULTATI**

coefficiente geometrico K		0,45
volume del cuneo di roccia V	(mc)	59,55
peso del cuneo di roccia W	(kN)	1566
superficie cuneo su giunto A	(mq)	131,05
superficie cuneo su giunto B	(mq)	5,53
superficie cuneo su giunto trazione	(mq)	69,07
immersione linea di intersezione	(°)	240,32
inclinazione linea di intersezione	(°)	72,79

convezione segni carichi ed azioni sismiche

**Forze normali alle superfici di scivolamento**

	giunto A	giunto B
peso cuneo (kN)	406	88
sotto spinta idraulica (kN)	0	0
spinta giunto trazione (kN)	0	0
azione sismica (kN)	-94	0
carichi applicati (kN)	0	0
forza risultante (N) (kN)	312	89

**Calcolo risultanti lungo la direzione di scivolamento**

	forze mobilizzanti (kN)	forze stabilizzanti (kN)
verifica sismica	1586	62542
verifica non sismica	1496	62483

**Fattori di sicurezza**

verifica sismica	39,439	Ipotizzando perfetta persistenza dei giunti (coesione apparente = 0)	0,737
verifica non sismica	33,563		0,743

Cunei-Barton-2018 - data: maggio 2019 - conforme NTC 2018 e Circolare 21/01/2019 n.7/C.S.LL.PP.

Software freeware distribuito da geologi.it

**VERIFICA DI STABILITA' SCIVOLAMENTI DI CUNEI**Comune: **VOGOGNA** Località: **I PIOD 2024** Rif. verifica: **SC6****DATI DI INGRESSO**

DATI GEOMETRICI FRONTE		
immersione fronte	(°)	233,00
inclinazione fronte	(°)	80,00
immersione piano superiore	(°)	233,00
inclinazione piano superiore	(°)	45,00
immersione giunto di trazione	(°)	233,00
inclinazione giunto di trazione	(°)	90,00
altezza fronte	(m)	10,00
distanza giunto di trazione	(m)	3,00

CARICHI APPLICATI E SPINTE IDRAULICHE		
componente vert. carico	(kN)	0,0
componente orizz. carico	(kN)	0,0
peso di volume acqua	(kN/mc)	10,00
altezza falda Hw/H (%)	(%)	0,00%

DATI SISMICI	
accelerazione sismica $a_g$	0,062
coeff. di amplific. topog $S_T$	1,20
coeff. di amplific. stratig $S_S$	1,00
coeff. di riduzione $\beta_s$	1,00
coeff. sismico orizzontale $k_h$	0,074
coeff. sismico verticale $k_v$	0,037

DATI GEOMECCANICI E STRUTTURALI		
peso di volume roccia	(kN/mc)	26,30
angolo di attrito di base $\phi_{base}$	(°)	30,00

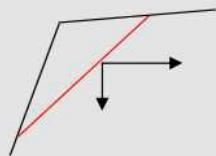
giunto A		
immersione	(°)	216,00
inclinazione	(°)	45,00
Joint Compression Strenght JCS	(MPa)	141,00
Joint Roughness Coefficient JRC		8,00
persistenza (%)	%	98,00%
resistenza al taglio della roccia	(MPa)	
angolo di attrito di picco $\phi_p$	(°)	56,39
coesione app.(ponti di roccia)	(kPa)	564,00

giunto B		
immersione	(°)	318,00
inclinazione	(°)	57,00
Joint Compression Strenght JCS	(MPa)	127,00
Joint Roughness Coefficient JRC		10,00
persistenza (%)	%	98,00%
resistenza al taglio della roccia	(MPa)	
angolo di attrito di picco $\phi_p$	(°)	57,96
coesione app.(ponti di roccia)	(kPa)	508,00

**RISULTATI**

coefficiente geometrico K		0,04
volume del cuneo di roccia V	(mc)	231,73
peso del cuneo di roccia W	(kN)	6094
superficie cuneo su giunto A	(mq)	49,53
superficie cuneo su giunto B	(mq)	12,26
superficie cuneo su giunto trazione	(mq)	148,40
immersione linea di intersezione	(°)	257,23
inclinazione linea di intersezione	(°)	36,94

convezione segni carichi ed azioni sismiche

**Forze normali alle superfici di scivolamento**

	giunto A	giunto B
peso cuneo (kN)	3694	2352
sotto spinta idraulica (kN)	0	0
spinta giunto trazione (kN)	0	0
azione sismica (kN)	-182	138
carichi applicati (kN)	0	0
forza risultante (N) (kN)	3511	2490

**Calcolo risultanti lungo la direzione di scivolamento**

	forze mobilizzanti (kN)	forze stabilizzanti (kN)
verifica sismica	4130	43422
verifica non sismica	3663	41613

**Fattori di sicurezza**

verifica sismica	10,515	Ipotizzando perfetta persistenza dei giunti (coesione apparente = 0)	2,243
verifica non sismica	9,495		2,034

Cunei-Barton-2018 - data: maggio 2019 - conforme NTC 2018 e Circolare 21/01/2019 n.7/C.S.LL.PP.

Software freeware distribuito da geologi.it



**VERIFICA DI STABILITA' SCIVOLAMENTI DI CUNEI**Comune: **VOGOGNA** Località: **I PIOD 2024** Rif. verifica: **SC7****DATI DI INGRESSO**

DATI GEOMETRICI FRONTE		
immersione fronte	(°)	233,00
inclinazione fronte	(°)	80,00
immersione piano superiore	(°)	233,00
inclinazione piano superiore	(°)	45,00
immersione giunto di trazione	(°)	233,00
inclinazione giunto di trazione	(°)	90,00
altezza fronte	(m)	10,00
distanza giunto di trazione	(m)	3,00

CARICHI APPLICATI E SPINTE IDRAULICHE		
componente vert. carico	(kN)	0,0
componente orizz. carico	(kN)	0,0
peso di volume acqua	(kN/mc)	10,00
altezza falda Hw/H (%)	(%)	0,00%

DATI SISMICI	
accelerazione sismica $a_g$	0,062
coeff. di amplific. topog $S_T$	1,20
coeff. di amplific. stratig $S_S$	1,00
coeff. di riduzione $\beta_s$	1,00
coeff. sismico orizzontale $k_h$	0,074
coeff. sismico verticale $k_v$	0,037

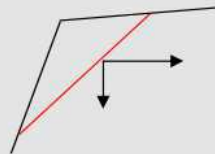
DATI GEOMECCANICI E STRUTTURALI		
peso di volume roccia	(kN/mc)	26,30
angolo di attrito di base $\phi_{base}$	(°)	30,00

giunto A		
immersione	(°)	216,00
inclinazione	(°)	45,00
Joint Compression Strenght JCS	(MPa)	141,00
Joint Roughness Coefficient JRC		8,00
persistenza (%)	%	98,00%
resistenza al taglio della roccia	(MPa)	
angolo di attrito di picco $\phi_p$	(°)	56,72
coesione app.(ponti di roccia)	(kPa)	564,00

giunto B		
immersione	(°)	320,00
inclinazione	(°)	74,00
Joint Compression Strenght JCS	(MPa)	120,00
Joint Roughness Coefficient JRC		7,00
persistenza (%)	%	99,90%
resistenza al taglio della roccia	(MPa)	
angolo di attrito di picco $\phi_p$	(°)	51,10
coesione app.(ponti di roccia)	(kPa)	24,00

**RISULTATI**

convezione segni carichi ed azioni sismiche



coefficiente geometrico K		0,01
volume del cuneo di roccia V	(mc)	174,05
peso del cuneo di roccia W	(kN)	4577
superficie cuneo su giunto A	(mq)	47,91
superficie cuneo su giunto B	(mq)	10,32
superficie cuneo su giunto trazione	(mq)	109,57
immersione linea di intersezione	(°)	244,58
inclinazione linea di intersezione	(°)	41,29

**Forze normali alle superfici di scivolamento**

	giunto A	giunto B
peso cuneo (kN)	3201	1164
sotto spinta idraulica (kN)	0	0
spinta giunto trazione (kN)	0	0
azione sismica (kN)	-111	33
carichi applicati (kN)	0	0
forza risultante (N) (kN)	3090	1197

**Calcolo risultanti lungo la direzione di scivolamento**

	forze mobilizzanti (kN)	forze stabilizzanti (kN)
verifica sismica	3383	33463
verifica non sismica	3020	32313

**Fattori di sicurezza**

verifica sismica	9,891	Ipotizzando perfetta persistenza dei giunti (coesione apparente = 0)	1,830
verifica non sismica	8,893		1,669

Cunei-Barton-2018 - data: maggio 2019 - conforme NTC 2018 e Circolare 21/01/2019 n.7/C.S.LL.PP.

Software freeware distribuito da geologi.it

**VERIFICA DI STABILITA' SCIVOLAMENTI DI CUNEI**Comune: **VOGOGNA** Località: **I PIOD 2024** Rif. verifica: **SC8****DATI DI INGRESSO**

DATI GEOMETRICI FRONTE		
immersione fronte	(°)	233,00
inclinazione fronte	(°)	80,00
immersione piano superiore	(°)	233,00
inclinazione piano superiore	(°)	45,00
immersione giunto di trazione	(°)	233,00
inclinazione giunto di trazione	(°)	90,00
altezza fronte	(m)	10,00
distanza giunto di trazione	(m)	3,00

CARICHI APPLICATI E SPINTE IDRAULICHE		
componente vert. carico	(kN)	0,0
componente orizz. carico	(kN)	0,0
peso di volume acqua	(kN/mc)	10,00
altezza falda Hw/H (%)	(%)	0,00%

DATI SISMICI	
accelerazione sismica $a_g$	0,062
coeff. di amplific. topog $S_T$	1,20
coeff. di amplific. stratig $S_S$	1,00
coeff. di riduzione $\beta_s$	1,00
coeff. sismico orizzontale $k_h$	0,074
coeff. sismico verticale $k_v$	0,037

DATI GEOMECCANICI E STRUTTURALI		
peso di volume roccia	(kN/mc)	26,30
angolo di attrito di base $\phi_{base}$	(°)	30,00

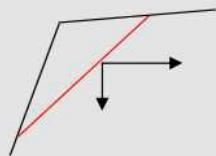
giunto A		
immersione	(°)	216,00
inclinazione	(°)	45,00
Joint Compression Strenght JCS	(MPa)	141,00
Joint Roughness Coefficient JRC		8,00
persistenza (%)	%	98,00%
resistenza al taglio della roccia	(MPa)	
angolo di attrito di picco $\phi_p$	(°)	57,47
coesione app.(ponti di roccia)	(kPa)	564,00

giunto B		
immersione	(°)	287,00
inclinazione	(°)	78,00
Joint Compression Strenght JCS	(MPa)	73,00
Joint Roughness Coefficient JRC		10,00
persistenza (%)	%	98,00%
resistenza al taglio della roccia	(MPa)	
angolo di attrito di picco $\phi_p$	(°)	30,00
coesione app.(ponti di roccia)	(kPa)	292,00

**RISULTATI**

coefficiente geometrico K		0,01
volume del cuneo di roccia V	(mc)	319,18
peso del cuneo di roccia W	(kN)	8394
superficie cuneo su giunto A	(mq)	116,08
superficie cuneo su giunto B	(mq)	30,33
superficie cuneo su giunto trazione	(mq)	89,38
immersione linea di intersezione	(°)	209,18
inclinazione linea di intersezione	(°)	44,80

convezione segni carichi ed azioni sismiche

**Forze normali alle superfici di scivolamento**

	giunto A	giunto B
peso cuneo (kN)	6136	-539
sotto spinta idraulica (kN)	0	0
spinta giunto trazione (kN)	0	0
azione sismica (kN)	-107	-254
carichi applicati (kN)	0	0
forza risultante (N) (kN)	6029	-793

**Calcolo risultanti lungo la direzione di scivolamento**

	forze mobilizzanti (kN)	forze stabilizzanti (kN)
verifica sismica	6540	83318
verifica non sismica	5915	81752

**ATTENZIONE, risultante negativa su piano B**

12,740

11,309

Cunei-Barton-2018 - data: maggio 2019 - conforme NTC 2018 e Circolare 21/01/2019 n.7/C.S.LL.PP.

Software freeware distribuito da geologi.it



**VERIFICA DI STABILITA' SCIVOLAMENTI DI CUNEI**

Comune: **VOGOGNA** Località: **I PIOD 2024** Rif. verifica: **SC9**

**DATI DI INGRESSO**

DATI GEOMETRICI FRONTE		
immersione fronte	(°)	323,00
inclinazione fronte	(°)	80,00
immersione piano superiore	(°)	233,00
inclinazione piano superiore	(°)	45,00
immersione giunto di trazione	(°)	323,00
inclinazione giunto di trazione	(°)	90,00
altezza fronte	(m)	10,00
distanza giunto di trazione	(m)	3,00

ininfluente

CARICHI APPLICATI E SPINTE IDRAULICHE		
componente vert. carico	(kN)	0,0
componente orizz. carico	(kN)	0,0
peso di volume acqua	(kN/mc)	10,00
altezza falda Hw/H (%)	(%)	0,00%

DATI SISMICI	
accelerazione sismica $a_g$	0,062
coeff. di amplific. topog $S_T$	1,20
coeff. di amplific. stratig $S_S$	1,00
coeff. di riduzione $\beta_s$	1,00
coeff. sismico orizzontale $k_h$	0,074
coeff. sismico verticale $k_v$	0,037

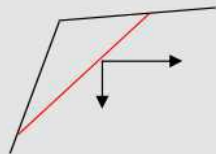
DATI GEOMECCANICI E STRUTTURALI		
peso di volume roccia	(kN/mc)	26,30
angolo di attrito di base $\phi_{base}$	(°)	30,00

giunto A		
immersione	(°)	216,00
inclinazione	(°)	45,00
Joint Compression Strenght JCS	(MPa)	141,00
Joint Roughness Coefficient JRC		8,00
persistenza (%)	%	98,00%
resistenza al taglio della roccia	(MPa)	
angolo di attrito di picco $\phi_p$	(°)	66,38
coesione app.(ponti di roccia)	(kPa)	564,00

giunto B		
immersione	(°)	320,00
inclinazione	(°)	74,00
Joint Compression Strenght JCS	(MPa)	120,00
Joint Roughness Coefficient JRC		7,00
persistenza (%)	%	99,90%
resistenza al taglio della roccia	(MPa)	
angolo di attrito di picco $\phi_p$	(°)	66,02
coesione app.(ponti di roccia)	(kPa)	24,00

**RISULTATI**

convezione segni carichi ed  
azioni sismiche



coefficiente geometrico K		0,01
volume del cuneo di roccia V	(mc)	0,68
peso del cuneo di roccia W	(kN)	18
superficie cuneo su giunto A	(mq)	3,33
superficie cuneo su giunto B	(mq)	4,01
superficie cuneo su giunto trazione	(mq)	0,00
immersione linea di intersezione	(°)	244,58
inclinazione linea di intersezione	(°)	41,29

**Forze normali alle superfici di scivolamento**

	giunto A	giunto B
peso cuneo (kN)	13	5
sotto spinta idraulica (kN)	0	0
spinta giunto trazione (kN)	0	0
azione sismica (kN)	1	-1
carichi applicati (kN)	0	0
forza risultante (N)	13	3

**Calcolo risultanti lungo la direzione di scivolamento**

	forze mobilizzanti (kN)	forze stabilizzanti (kN)
verifica sismica	12	2015
verifica non sismica	12	2008

**ATTENZIONE; scivolamento su piano B**

161,571
136,307

Cunei-Barton-2018 - data: maggio 2019 - conforme NTC 2018 e Circolare 21/01/2019 n.7/C.S.LL.PP.

Software freeware distribuito da geologi.it



**VERIFICA DI STABILITA' SCIVOLAMENTI DI CUNEI**Comune: **VOGOGNA** Località: **I PIOD 2024** Rif. verifica: **SC10****DATI DI INGRESSO**

DATI GEOMETRICI FRONTE		
immersione fronte	(°)	323,00
inclinazione fronte	(°)	80,00
immersione piano superiore	(°)	233,00
inclinazione piano superiore	(°)	45,00
immersione giunto di trazione	(°)	323,00
inclinazione giunto di trazione	(°)	90,00
altezza fronte	(m)	10,00
distanza giunto di trazione	(m)	3,00

CARICHI APPLICATI E SPINTE IDRAULICHE		
componente vert. carico	(kN)	0,0
componente orizz. carico	(kN)	0,0
peso di volume acqua	(kN/mc)	10,00
altezza falda Hw/H (%)	(%)	0,00%

DATI SISMICI	
accelerazione sismica $a_g$	0,062
coeff. di amplific. topog $S_T$	1,20
coeff. di amplific. stratig $S_S$	1,00
coeff. di riduzione $\beta_s$	1,00
coeff. sismico orizzontale $k_h$	0,074
coeff. sismico verticale $k_v$	0,037

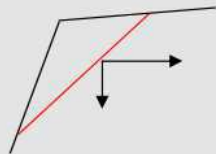
DATI GEOMECCANICI E STRUTTURALI		
peso di volume roccia	(kN/mc)	26,30
angolo di attrito di base $\phi_{base}$	(°)	30,00

giunto A		
immersione	(°)	216,00
inclinazione	(°)	45,00
Joint Compression Strenght JCS	(MPa)	141,00
Joint Roughness Coefficient JRC		8,00
persistenza (%)	%	98,00%
resistenza al taglio della roccia	(MPa)	
angolo di attrito di picco $\phi_p$	(°)	66,19
coesione app.(ponti di roccia)	(kPa)	564,00

giunto B		
immersione	(°)	318,00
inclinazione	(°)	57,00
Joint Compression Strenght JCS	(MPa)	127,00
Joint Roughness Coefficient JRC		10,00
persistenza (%)	%	98,00%
resistenza al taglio della roccia	(MPa)	
angolo di attrito di picco $\phi_p$	(°)	71,36
coesione app.(ponti di roccia)	(kPa)	508,00

**RISULTATI**

convezione segni carichi ed azioni sismiche



coefficiente geometrico K		0,04
volume del cuneo di roccia V	(mc)	2,75
peso del cuneo di roccia W	(kN)	72
superficie cuneo su giunto A	(mq)	11,36
superficie cuneo su giunto B	(mq)	2,56
superficie cuneo su giunto trazione	(mq)	0,04
immersione linea di intersezione	(°)	257,23
inclinazione linea di intersezione	(°)	36,94

**Forze normali alle superfici di scivolamento**

	giunto A	giunto B
peso cuneo (kN)	44	28
sotto spinta idraulica (kN)	0	0
spinta giunto trazione (kN)	0	0
azione sismica (kN)	4	-4
carichi applicati (kN)	0	0
forza risultante (N)	48	24

**Calcolo risultanti lungo la direzione di scivolamento**

	forze mobilizzanti (kN)	forze stabilizzanti (kN)
verifica sismica	47	7886
verifica non sismica	43	7852

**ATTENZIONE; scivolamento su piano B**

168,385
145,211

Cunei-Barton-2018 - data: maggio 2019 - conforme NTC 2018 e Circolare 21/01/2019 n.7/C.S.LL.PP.

Software freeware distribuito da geologi.it

**VERIFICA DI STABILITA' SCIVOLAMENTI DI CUNEI**Comune: **VOGOGNA** Località: **I PIOD 2024** Rif. verifica: **SC11****DATI DI INGRESSO**

DATI GEOMETRICI FRONTE		
immersione fronte	(°)	323,00
inclinazione fronte	(°)	80,00
immersione piano superiore	(°)	233,00
inclinazione piano superiore	(°)	45,00
immersione giunto di trazione	(°)	323,00
inclinazione giunto di trazione	(°)	90,00
altezza fronte	(m)	10,00
distanza giunto di trazione	(m)	3,00

ininfluente

CARICHI APPLICATI E SPINTE IDRAULICHE		
componente vert. carico	(kN)	0,0
componente orizz. carico	(kN)	0,0
peso di volume acqua	(kN/mc)	10,00
altezza falda Hw/H (%)	(%)	0,00%

DATI SISMICI	
accelerazione sismica $a_g$	0,062
coeff. di amplific. topog $S_T$	1,20
coeff. di amplific. stratig $S_S$	1,00
coeff. di riduzione $\beta_s$	1,00
coeff. sismico orizzontale $k_h$	0,074
coeff. sismico verticale $k_v$	0,037

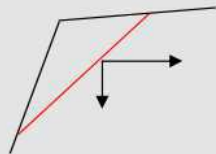
DATI GEOMECCANICI E STRUTTURALI		
peso di volume roccia	(kN/mc)	26,30
angolo di attrito di base $\phi_{base}$	(°)	30,00

giunto A		
immersione	(°)	231,00
inclinazione	(°)	73,00
Joint Compression Strenght JCS	(MPa)	114,00
Joint Roughness Coefficient JRC		9,00
persistenza (%)	%	98,00%
resistenza al taglio della roccia	(MPa)	
angolo di attrito di picco $\phi_p$	(°)	62,66
coesione app.(ponti di roccia)	(kPa)	456,00

giunto B		
immersione	(°)	320,00
inclinazione	(°)	74,00
Joint Compression Strenght JCS	(MPa)	120,00
Joint Roughness Coefficient JRC		7,00
persistenza (%)	%	99,90%
resistenza al taglio della roccia	(MPa)	
angolo di attrito di picco $\phi_p$	(°)	64,35
coesione app.(ponti di roccia)	(kPa)	24,00

**RISULTATI**

convezione segni carichi ed azioni sismiche



coefficiente geometrico K		0,43
volume del cuneo di roccia V	(mc)	17,57
peso del cuneo di roccia W	(kN)	462
superficie cuneo su giunto A	(mq)	4,96
superficie cuneo su giunto B	(mq)	58,12
superficie cuneo su giunto trazione	(mq)	0,00
immersione linea di intersezione	(°)	273,63
inclinazione linea di intersezione	(°)	67,43

**Forze normali alle superfici di scivolamento**

	giunto A	giunto B
peso cuneo (kN)	124	115
sotto spinta idraulica (kN)	0	0
spinta giunto trazione (kN)	0	0
azione sismica (kN)	9	-29
carichi applicati (kN)	0	0
forza risultante (N) (kN)	133	86

**Calcolo risultanti lungo la direzione di scivolamento**

	forze mobilizzanti (kN)	forze stabilizzanti (kN)
verifica sismica	451	4092
verifica non sismica	427	4034

**ATTENZIONE; scivolamento su piano B**

9,070
7,742

Cunei-Barton-2018 - data: maggio 2019 - conforme NTC 2018 e Circolare 21/01/2019 n.7/C.S.LL.PP.

Software freeware distribuito da geologi.it



**VERIFICA DI STABILITA' SCIVOLAMENTI DI CUNEI**Comune: **VOGOGNA** Località: **I PIOD 2024** Rif. verifica: **SC12****DATI DI INGRESSO**

DATI GEOMETRICI FRONTE		
immersione fronte	(°)	323,00
inclinazione fronte	(°)	80,00
immersione piano superiore	(°)	233,00
inclinazione piano superiore	(°)	45,00
immersione giunto di trazione	(°)	323,00
inclinazione giunto di trazione	(°)	90,00
altezza fronte	(m)	10,00
distanza giunto di trazione	(m)	3,00

CARICHI APPLICATI E SPINTE IDRAULICHE		
componente vert. carico	(kN)	0,0
componente orizz. carico	(kN)	0,0
peso di volume acqua	(kN/mc)	10,00
altezza falda Hw/H (%)	(%)	0,00%

DATI SISMICI	
accelerazione sismica $a_g$	0,062
coeff. di amplific. topog $S_T$	1,20
coeff. di amplific. stratig $S_S$	1,00
coeff. di riduzione $\beta_s$	1,00
coeff. sismico orizzontale $k_h$	0,074
coeff. sismico verticale $k_v$	0,037

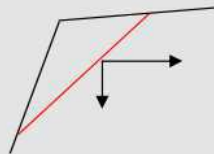
DATI GEOMECCANICI E STRUTTURALI		
peso di volume roccia	(kN/mc)	26,30
angolo di attrito di base $\phi_{base}$	(°)	30,00

giunto A		
immersione	(°)	231,00
inclinazione	(°)	73,00
Joint Compression Strenght JCS	(MPa)	114,00
Joint Roughness Coefficient JRC		9,00
persistenza (%)	%	98,00%
resistenza al taglio della roccia	(MPa)	
angolo di attrito di picco $\phi_p$	(°)	64,86
coesione app.(ponti di roccia)	(kPa)	456,00

giunto B		
immersione	(°)	318,00
inclinazione	(°)	57,00
Joint Compression Strenght JCS	(MPa)	127,00
Joint Roughness Coefficient JRC		10,00
persistenza (%)	%	98,00%
resistenza al taglio della roccia	(MPa)	
angolo di attrito di picco $\phi_p$	(°)	69,07
coesione app.(ponti di roccia)	(kPa)	508,00

**RISULTATI**

convezione segni carichi ed azioni sismiche



coefficiente geometrico K		0,35
volume del cuneo di roccia V	(mc)	59,24
peso del cuneo di roccia W	(kN)	1558
superficie cuneo su giunto A	(mq)	21,79
superficie cuneo su giunto B	(mq)	45,50
superficie cuneo su giunto trazione	(mq)	0,63
immersione linea di intersezione	(°)	295,27
inclinazione linea di intersezione	(°)	54,85

**Forze normali alle superfici di scivolamento**

	giunto A	giunto B
peso cuneo (kN)	297	789
sotto spinta idraulica (kN)	0	0
spinta giunto trazione (kN)	0	0
azione sismica (kN)	35	-72
carichi applicati (kN)	0	0
forza risultante (N) (kN)	332	716

**Calcolo risultanti lungo la direzione di scivolamento**

	forze mobilizzanti (kN)	forze stabilizzanti (kN)
verifica sismica	1380	35631
verifica non sismica	1274	35181

**ATTENZIONE; scivolamento su piano B**

25,813
22,428

Cunei-Barton-2018 - data: maggio 2019 - conforme NTC 2018 e Circolare 21/01/2019 n.7/C.S.LL.PP.

Software freeware distribuito da geologi.it

**VERIFICA DI STABILITA' SCIVOLAMENTI DI CUNEI**

Comune: **VOGOGNA** Località: **I PIOD 2024** Rif. verifica: **SC13**

**DATI DI INGRESSO**

DATI GEOMETRICI FRONTE		
immersione fronte	(°)	323,00
inclinazione fronte	(°)	80,00
immersione piano superiore	(°)	233,00
inclinazione piano superiore	(°)	45,00
immersione giunto di trazione	(°)	323,00
inclinazione giunto di trazione	(°)	90,00
altezza fronte	(m)	10,00
distanza giunto di trazione	(m)	3,00

CARICHI APPLICATI E SPINTE IDRAULICHE		
componente vert. carico	(kN)	0,0
componente orizz. carico	(kN)	0,0
peso di volume acqua	(kN/mc)	10,00
altezza falda Hw/H (%)	(%)	0,00%

DATI SISMICI	
accelerazione sismica $a_g$	0,062
coeff. di amplific. topog $S_T$	1,20
coeff. di amplific. stratig $S_S$	1,00
coeff. di riduzione $\beta_s$	1,00
coeff. sismico orizzontale $k_h$	0,074
coeff. sismico verticale $k_v$	0,037

DATI GEOMECCANICI E STRUTTURALI		
peso di volume roccia	(kN/mc)	26,30
angolo di attrito di base $\phi_{base}$	(°)	30,00

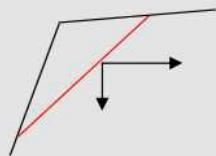
giunto A		
immersione	(°)	231,00
inclinazione	(°)	73,00
Joint Compression Strenght JCS	(MPa)	114,00
Joint Roughness Coefficient JRC		9,00
persistenza (%)	%	98,00%
resistenza al taglio della roccia	(MPa)	
angolo di attrito di picco $\phi_p$	(°)	63,85
coesione app.(ponti di roccia)	(kPa)	456,00

giunto B		
immersione	(°)	358,00
inclinazione	(°)	66,00
Joint Compression Strenght JCS	(MPa)	73,00
Joint Roughness Coefficient JRC		10,00
persistenza (%)	%	98,00%
resistenza al taglio della roccia	(MPa)	
angolo di attrito di picco $\phi_p$	(°)	64,65
coesione app.(ponti di roccia)	(kPa)	292,00

**RISULTATI**

coefficiente geometrico K		0,25
volume del cuneo di roccia V	(mc)	35,24
peso del cuneo di roccia W	(kN)	927
superficie cuneo su giunto A	(mq)	25,54
superficie cuneo su giunto B	(mq)	21,78
superficie cuneo su giunto trazione	(mq)	1,21
immersione linea di intersezione	(°)	299,79
inclinazione linea di intersezione	(°)	49,80

convezione segni carichi ed azioni sismiche

**Forze normali alle superfici di scivolamento**

	giunto A	giunto B
peso cuneo (kN)	508	584
sotto spinta idraulica (kN)	0	0
spinta giunto trazione (kN)	0	0
azione sismica (kN)	-3	-39
carichi applicati (kN)	0	0
forza risultante (N) (kN)	505	545

**Calcolo risultanti lungo la direzione di scivolamento**

	forze mobilizzanti (kN)	forze stabilizzanti (kN)
verifica sismica	775	20183
verifica non sismica	708	19804

**Fattori di sicurezza**

verifica sismica	26,039	Ipotizzando perfetta persistenza dei giunti (coesione apparente = 0)	2,811
verifica non sismica	22,891		2,543

Cunei-Barton-2018 - data: maggio 2019 - conforme NTC 2018 e Circolare 21/01/2019 n.7/C.S.LL.PP.

Software freeware distribuito da geologi.it



**VERIFICA DI STABILITA' SCIVOLAMENTI DI CUNEI**

Comune: **VOGOGNA** Località: **I PIOD 2024** Rif. verifica: **SC14**

**DATI DI INGRESSO**

DATI GEOMETRICI FRONTE		
immersione fronte	(°)	323,00
inclinazione fronte	(°)	80,00
immersione piano superiore	(°)	233,00
inclinazione piano superiore	(°)	45,00
immersione giunto di trazione	(°)	323,00
inclinazione giunto di trazione	(°)	90,00
altezza fronte	(m)	10,00
distanza giunto di trazione	(m)	3,00

CARICHI APPLICATI E SPINTE IDRAULICHE		
componente vert. carico	(kN)	0,0
componente orizz. carico	(kN)	0,0
peso di volume acqua	(kN/mc)	10,00
altezza falda Hw/H (%)	(%)	0,00%

DATI SISMICI	
accelerazione sismica $a_g$	0,062
coeff. di amplific. topog $S_T$	1,20
coeff. di amplific. stratig $S_S$	1,00
coeff. di riduzione $\beta_s$	1,00
coeff. sismico orizzontale $k_h$	0,074
coeff. sismico verticale $k_v$	0,037

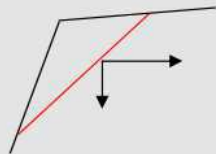
DATI GEOMECCANICI E STRUTTURALI		
peso di volume roccia	(kN/mc)	26,30
angolo di attrito di base $\phi_{base}$	(°)	30,00

giunto A		
immersione	(°)	358,00
inclinazione	(°)	66,00
Joint Compression Strenght JCS	(MPa)	73,00
Joint Roughness Coefficient JRC		10,00
persistenza (%)	%	98,00%
resistenza al taglio della roccia	(MPa)	
angolo di attrito di picco $\phi_p$	(°)	30,00
coesione app.(ponti di roccia)	(kPa)	292,00

giunto B		
immersione	(°)	318,00
inclinazione	(°)	57,00
Joint Compression Strenght JCS	(MPa)	127,00
Joint Roughness Coefficient JRC		10,00
persistenza (%)	%	98,00%
resistenza al taglio della roccia	(MPa)	
angolo di attrito di picco $\phi_p$	(°)	66,84
coesione app.(ponti di roccia)	(kPa)	508,00

**RISULTATI**

convezione segni carichi ed  
azioni sismiche



coefficiente geometrico K		0,17
volume del cuneo di roccia V	(mc)	185,56
peso del cuneo di roccia W	(kN)	4880
superficie cuneo su giunto A	(mq)	36,74
superficie cuneo su giunto B	(mq)	110,81
superficie cuneo su giunto trazione	(mq)	24,32
immersione linea di intersezione	(°)	310,87
inclinazione linea di intersezione	(°)	56,80

**Forze normali alle superfici di scivolamento**

	giunto A	giunto B
peso cuneo (kN)	-473	3040
sotto spinta idraulica (kN)	0	0
spinta giunto trazione (kN)	0	0
azione sismica (kN)	-94	-128
carichi applicati (kN)	0	0
forza risultante (N) (kN)	-567	2912

**Calcolo risultanti lungo la direzione di scivolamento**

	forze mobilizzanti (kN)	forze stabilizzanti (kN)
verifica sismica	4430	73498
verifica non sismica	4084	72434

**ATTENZIONE, risultante negativa su piano A**

16,592

14,456

Cunei-Barton-2018 - data: maggio 2019 - conforme NTC 2018 e Circolare 21/01/2019 n.7/C.S.LL.PP.

Software freeware distribuito da geologi.it



**VERIFICA DI STABILITA' SCIVOLAMENTI DI CUNEI**Comune: **VOGOGNA** Località: **I PIOD 2024** Rif. verifica: **SC15****DATI DI INGRESSO**

DATI GEOMETRICI FRONTE		
immersione fronte	(°)	323,00
inclinazione fronte	(°)	80,00
immersione piano superiore	(°)	233,00
inclinazione piano superiore	(°)	45,00
immersione giunto di trazione	(°)	323,00
inclinazione giunto di trazione	(°)	90,00
altezza fronte	(m)	10,00
distanza giunto di trazione	(m)	3,00

CARICHI APPLICATI E SPINTE IDRAULICHE		
componente vert. carico	(kN)	0,0
componente orizz. carico	(kN)	0,0
peso di volume acqua	(kN/mc)	10,00
altezza falda Hw/H (%)	(%)	0,00%

DATI SISMICI	
accelerazione sismica $a_g$	0,062
coeff. di amplific. topog $S_T$	1,20
coeff. di amplific. stratig $S_S$	1,00
coeff. di riduzione $\beta_s$	1,00
coeff. sismico orizzontale $k_h$	0,074
coeff. sismico verticale $k_v$	0,037

DATI GEOMECCANICI E STRUTTURALI		
peso di volume roccia	(kN/mc)	26,30
angolo di attrito di base $\varphi_{base}$	(°)	30,00

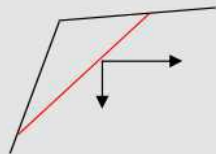
giunto A		
immersione	(°)	358,00
inclinazione	(°)	66,00
Joint Compression Strenght JCS	(MPa)	73,00
Joint Roughness Coefficient JRC		10,00
persistenza (%)	%	98,00%
resistenza al taglio della roccia	(MPa)	
angolo di attrito di picco $\varphi_p$	(°)	65,83
coesione app.(ponti di roccia)	(kPa)	292,00

giunto B		
immersione	(°)	287,00
inclinazione	(°)	78,00
Joint Compression Strenght JCS	(MPa)	73,00
Joint Roughness Coefficient JRC		10,00
persistenza (%)	%	98,00%
resistenza al taglio della roccia	(MPa)	
angolo di attrito di picco $\varphi_p$	(°)	79,48
coesione app.(ponti di roccia)	(kPa)	292,00

**RISULTATI**

coefficiente geometrico K		0,66
volume del cuneo di roccia V	(mc)	50,01
peso del cuneo di roccia W	(kN)	1315
superficie cuneo su giunto A	(mq)	24,67
superficie cuneo su giunto B	(mq)	35,82
superficie cuneo su giunto trazione	(mq)	2,75
immersione linea di intersezione	(°)	348,88
inclinazione linea di intersezione	(°)	65,73

convezione segni carichi ed azioni sismiche

**Forze normali alle superfici di scivolamento**

	giunto A	giunto B
peso cuneo (kN)	503	84
sotto spinta idraulica (kN)	0	0
spinta giunto trazione (kN)	0	0
azione sismica (kN)	-33	-55
carichi applicati (kN)	0	0
forza risultante (N)	471	30

**Calcolo risultanti lungo la direzione di scivolamento**

	forze mobilizzanti (kN)	forze stabilizzanti (kN)
verifica sismica	1280	18871
verifica non sismica	1199	18800

**Fattori di sicurezza**

verifica sismica	14,746	Ipotizzando perfetta persistenza dei giunti (coesione apparente = 0)	0,941
verifica non sismica	12,733		0,947

Cunei-Barton-2018 - data: maggio 2019 - conforme NTC 2018 e Circolare 21/01/2019 n.7/C.S.LL.PP.

Software freeware distribuito da geologi.it

**VERIFICA DI STABILITA' SCIVOLAMENTI DI CUNEI**Comune: **VOGOGNA** Località: **I PIOD 2024** Rif. verifica: **SC16****DATI DI INGRESSO**

DATI GEOMETRICI FRONTE		
immersione fronte	(°)	323,00
inclinazione fronte	(°)	80,00
immersione piano superiore	(°)	233,00
inclinazione piano superiore	(°)	45,00
immersione giunto di trazione	(°)	323,00
inclinazione giunto di trazione	(°)	90,00
altezza fronte	(m)	10,00
distanza giunto di trazione	(m)	3,00

ininfluente

CARICHI APPLICATI E SPINTE IDRAULICHE		
componente vert. carico	(kN)	0,0
componente orizz. carico	(kN)	0,0
peso di volume acqua	(kN/mc)	10,00
altezza falda Hw/H (%)	(%)	0,00%

DATI SISMICI	
accelerazione sismica $a_g$	0,062
coeff. di amplific. topog $S_T$	1,20
coeff. di amplific. stratig $S_S$	1,00
coeff. di riduzione $\beta_s$	1,00
coeff. sismico orizzontale $k_h$	0,074
coeff. sismico verticale $k_v$	0,037

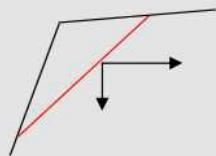
DATI GEOMECCANICI E STRUTTURALI		
peso di volume roccia	(kN/mc)	26,30
angolo di attrito di base $\phi_{base}$	(°)	30,00

giunto A		
immersione	(°)	358,00
inclinazione	(°)	66,00
Joint Compression Strength JCS	(MPa)	73,00
Joint Roughness Coefficient JRC		10,00
persistenza (%)	%	98,00%
resistenza al taglio della roccia	(MPa)	
angolo di attrito di picco $\phi_p$	(°)	59,05
coesione app.(ponti di roccia)	(kPa)	292,00

giunto B		
immersione	(°)	320,00
inclinazione	(°)	74,00
Joint Compression Strength JCS	(MPa)	120,00
Joint Roughness Coefficient JRC		7,00
persistenza (%)	%	98,00%
resistenza al taglio della roccia	(MPa)	
angolo di attrito di picco $\phi_p$	(°)	30,00
coesione app.(ponti di roccia)	(kPa)	480,00

**RISULTATI**

convezione segni carichi ed azioni sismiche



coefficiente geometrico K		0,46
volume del cuneo di roccia V	(mc)	88,02
peso del cuneo di roccia W	(kN)	2315
superficie cuneo su giunto A	(mq)	13,96
superficie cuneo su giunto B	(mq)	198,90
superficie cuneo su giunto trazione	(mq)	0,00
immersione linea di intersezione	(°)	11,16
inclinazione linea di intersezione	(°)	65,43

**Forze normali alle superfici di scivolamento**

	giunto A	giunto B
peso cuneo (kN)	1212	-337
sotto spinta idraulica (kN)	0	0
spinta giunto trazione (kN)	0	0
azione sismica (kN)	57	-187
carichi applicati (kN)	0	0
forza risultante (N) (kN)	1269	-524

**Calcolo risultanti lungo la direzione di scivolamento**

	forze mobilizzanti (kN)	forze stabilizzanti (kN)
verifica sismica	2231	101360
verifica non sismica	2105	101021

**ATTENZIONE cinematisimo impossibile**

45,427

38,530

Cunei-Barton-2018 - data: maggio 2019 - conforme NTC 2018 e Circolare 21/01/2019 n.7/C.S.LL.PP.

Software freeware distribuito da geologi.it



**VERIFICA DI STABILITA' SCIVOLAMENTI DI CUNEI**Comune: **VOGOGNA** Località: **I PIOD 2024** Rif. verifica: **SC17****DATI DI INGRESSO**

DATI GEOMETRICI FRONTE		
immersione fronte	(°)	323,00
inclinazione fronte	(°)	80,00
immersione piano superiore	(°)	233,00
inclinazione piano superiore	(°)	45,00
immersione giunto di trazione	(°)	323,00
inclinazione giunto di trazione	(°)	90,00
altezza fronte	(m)	10,00
distanza giunto di trazione	(m)	3,00

CARICHI APPLICATI E SPINTE IDRAULICHE		
componente vert. carico	(kN)	0,0
componente orizz. carico	(kN)	0,0
peso di volume acqua	(kN/mc)	10,00
altezza falda Hw/H (%)	(%)	0,00%

DATI SISMICI	
accelerazione sismica $a_g$	0,062
coeff. di amplific. topog $S_T$	1,20
coeff. di amplific. stratig $S_S$	1,00
coeff. di riduzione $\beta_s$	1,00
coeff. sismico orizzontale $k_h$	0,074
coeff. sismico verticale $k_v$	0,037

DATI GEOMECCANICI E STRUTTURALI		
peso di volume roccia	(kN/mc)	26,30
angolo di attrito di base $\phi_{base}$	(°)	30,00

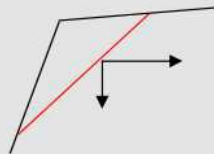
giunto A		
immersione	(°)	44,00
inclinazione	(°)	79,00
Joint Compression Strenght JCS	(MPa)	127,00
Joint Roughness Coefficient JRC		9,00
persistenza (%)	%	98,00%
resistenza al taglio della roccia	(MPa)	
angolo di attrito di picco $\phi_p$	(°)	65,30
coesione app.(ponti di roccia)	(kPa)	508,00

giunto B		
immersione	(°)	318,00
inclinazione	(°)	57,00
Joint Compression Strenght JCS	(MPa)	127,00
Joint Roughness Coefficient JRC		10,00
persistenza (%)	%	98,00%
resistenza al taglio della roccia	(MPa)	
angolo di attrito di picco $\phi_p$	(°)	68,35
coesione app.(ponti di roccia)	(kPa)	508,00

**RISULTATI**

coefficiente geometrico K		0,54
volume del cuneo di roccia V	(mc)	121,52
peso del cuneo di roccia W	(kN)	3196
superficie cuneo su giunto A	(mq)	22,75
superficie cuneo su giunto B	(mq)	83,60
superficie cuneo su giunto trazione	(mq)	2,32
immersione linea di intersezione	(°)	330,96
inclinazione linea di intersezione	(°)	56,32

convezione segni carichi ed azioni sismiche

**Forze normali alle superfici di scivolamento**

	giunto A	giunto B
peso cuneo (kN)	338	1686
sotto spinta idraulica (kN)	0	0
spinta giunto trazione (kN)	0	0
azione sismica (kN)	8	-135
carichi applicati (kN)	0	0
forza risultante (N) (kN)	346	1551

**Calcolo risultanti lungo la direzione di scivolamento**

	forze mobilizzanti (kN)	forze stabilizzanti (kN)
verifica sismica	2889	58685
verifica non sismica	2660	57952

**Fattori di sicurezza**

verifica sismica	20,312	Ipotizzando perfetta persistenza dei giunti (coesione apparente = 0)	1,613
verifica non sismica	17,727		1,477

Cunei-Barton-2018 - data: maggio 2019 - conforme NTC 2018 e Circolare 21/01/2019 n.7/C.S.LL.PP.

Software freeware distribuito da geologi.it

**VERIFICA DI STABILITA' SCIVOLAMENTI DI CUNEI**Comune: **VOGOGNA** Località: **I PIOD 2024** Rif. verifica: **SC18****DATI DI INGRESSO**

DATI GEOMETRICI FRONTE		
immersione fronte	(°)	323,00
inclinazione fronte	(°)	80,00
immersione piano superiore	(°)	233,00
inclinazione piano superiore	(°)	45,00
immersione giunto di trazione	(°)	323,00
inclinazione giunto di trazione	(°)	90,00
altezza fronte	(m)	10,00
distanza giunto di trazione	(m)	3,00

ininfluente

CARICHI APPLICATI E SPINTE IDRAULICHE		
componente vert. carico	(kN)	0,0
componente orizz. carico	(kN)	0,0
peso di volume acqua	(kN/mc)	10,00
altezza falda Hw/H (%)	(%)	0,00%

DATI SISMICI	
accelerazione sismica $a_g$	0,062
coeff. di amplific. topog $S_T$	1,20
coeff. di amplific. stratig $S_S$	1,00
coeff. di riduzione $\beta_s$	1,00
coeff. sismico orizzontale $k_h$	0,074
coeff. sismico verticale $k_v$	0,037

DATI GEOMECCANICI E STRUTTURALI		
peso di volume roccia	(kN/mc)	26,30
angolo di attrito di base $\phi_{base}$	(°)	30,00

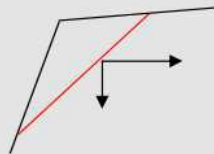
giunto A		
immersione	(°)	44,00
inclinazione	(°)	79,00
Joint Compression Strenght JCS	(MPa)	127,00
Joint Roughness Coefficient JRC		9,00
persistenza (%)	%	98,00%
resistenza al taglio della roccia	(MPa)	
angolo di attrito di picco $\phi_p$	(°)	62,38
coesione app.(ponti di roccia)	(kPa)	508,00

giunto B		
immersione	(°)	320,00
inclinazione	(°)	74,00
Joint Compression Strenght JCS	(MPa)	120,00
Joint Roughness Coefficient JRC		7,00
persistenza (%)	%	99,90%
resistenza al taglio della roccia	(MPa)	
angolo di attrito di picco $\phi_p$	(°)	63,57
coesione app.(ponti di roccia)	(kPa)	24,00

**RISULTATI**

coefficiente geometrico K		0,73
volume del cuneo di roccia V	(mc)	48,14
peso del cuneo di roccia W	(kN)	1266
superficie cuneo su giunto A	(mq)	6,22
superficie cuneo su giunto B	(mq)	125,74
superficie cuneo su giunto trazione	(mq)	0,00
immersione linea di intersezione	(°)	349,96
inclinazione linea di intersezione	(°)	71,69

convezione segni carichi ed azioni sismiche

**Forze normali alle superfici di scivolamento**

	giunto A	giunto B
peso cuneo (kN)	193	320
sotto spinta idraulica (kN)	0	0
spinta giunto trazione (kN)	0	0
azione sismica (kN)	6	-78
carichi applicati (kN)	0	0
forza risultante (N) (kN)	200	241

**Calcolo risultanti lungo la direzione di scivolamento**

	forze mobilizzanti (kN)	forze stabilizzanti (kN)
verifica sismica	1273	7045
verifica non sismica	1202	6971

**Fattori di sicurezza**

verifica sismica	5,533	Ipotizzando perfetta persistenza dei giunti (coesione apparente = 0)	0,678
verifica non sismica	4,771		0,660

Cunei-Barton-2018 - data: maggio 2019 - conforme NTC 2018 e Circolare 21/01/2019 n.7/C.S.LL.PP.

Software freeware distribuito da geologi.it



**VERIFICA DI STABILITA' SCIVOLAMENTI DI CUNEI**Comune: **VOGOGNA** Località: **I PIOD 2024** Rif. verifica: **SC19****DATI DI INGRESSO**

DATI GEOMETRICI FRONTE		
immersione fronte	(°)	323,00
inclinazione fronte	(°)	80,00
immersione piano superiore	(°)	233,00
inclinazione piano superiore	(°)	45,00
immersione giunto di trazione	(°)	323,00
inclinazione giunto di trazione	(°)	90,00
altezza fronte	(m)	10,00
distanza giunto di trazione	(m)	3,00

ininfluente

CARICHI APPLICATI E SPINTE IDRAULICHE		
componente vert. carico	(kN)	0,0
componente orizz. carico	(kN)	0,0
peso di volume acqua	(kN/mc)	10,00
altezza falda Hw/H (%)	(%)	0,00%

DATI SISMICI	
accelerazione sismica $a_g$	0,062
coeff. di amplific. topog $S_T$	1,20
coeff. di amplific. stratig $S_S$	1,00
coeff. di riduzione $\beta_s$	1,00
coeff. sismico orizzontale $k_h$	0,074
coeff. sismico verticale $k_v$	0,037

DATI GEOMECCANICI E STRUTTURALI		
peso di volume roccia	(kN/mc)	26,30
angolo di attrito di base $\phi_{base}$	(°)	30,00

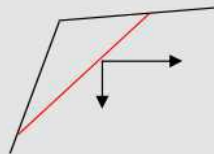
giunto A		
immersione	(°)	44,00
inclinazione	(°)	79,00
Joint Compression Strenght JCS	(MPa)	127,00
Joint Roughness Coefficient JRC		9,00
persistenza (%)	%	98,00%
resistenza al taglio della roccia	(MPa)	
angolo di attrito di picco $\phi_p$	(°)	67,11
coesione app.(ponti di roccia)	(kPa)	508,00

giunto B		
immersione	(°)	287,00
inclinazione	(°)	78,00
Joint Compression Strenght JCS	(MPa)	73,00
Joint Roughness Coefficient JRC		10,00
persistenza (%)	%	98,00%
resistenza al taglio della roccia	(MPa)	
angolo di attrito di picco $\phi_p$	(°)	72,65
coesione app.(ponti di roccia)	(kPa)	292,00

**RISULTATI**

coefficiente geometrico K		0,74
volume del cuneo di roccia V	(mc)	12,24
peso del cuneo di roccia W	(kN)	322
superficie cuneo su giunto A	(mq)	9,92
superficie cuneo su giunto B	(mq)	22,20
superficie cuneo su giunto trazione	(mq)	0,00
immersione linea di intersezione	(°)	343,93
inclinazione linea di intersezione	(°)	68,72

convezione segni carichi ed azioni sismiche

**Forze normali alle superfici di scivolamento**

	giunto A	giunto B
peso cuneo (kN)	104	108
sotto spinta idraulica (kN)	0	0
spinta giunto trazione (kN)	0	0
azione sismica (kN)	-9	-20
carichi applicati (kN)	0	0
forza risultante (N)	95	88

**Calcolo risultanti lungo la direzione di scivolamento**

	forze mobilizzanti (kN)	forze stabilizzanti (kN)
verifica sismica	319	12030
verifica non sismica	300	11980

**Fattori di sicurezza**

verifica sismica	37,670	Ipotizzando perfetta persistenza dei giunti (coesione apparente = 0)	1,587
verifica non sismica	32,244		1,523

Cunei-Barton-2018 - data: maggio 2019 - conforme NTC 2018 e Circolare 21/01/2019 n.7/C.S.LL.PP.

Software freeware distribuito da geologi.it

**VERIFICA DI STABILITA' SCIVOLAMENTI DI CUNEI**Comune: **VOGOGNA** Località: **I PIOD 2024** Rif. verifica: **SC20****DATI DI INGRESSO**

DATI GEOMETRICI FRONTE		
immersione fronte	(°)	323,00
inclinazione fronte	(°)	80,00
immersione piano superiore	(°)	233,00
inclinazione piano superiore	(°)	45,00
immersione giunto di trazione	(°)	323,00
inclinazione giunto di trazione	(°)	90,00
altezza fronte	(m)	10,00
distanza giunto di trazione	(m)	3,00

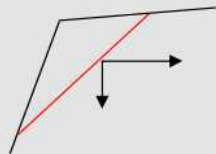
CARICHI APPLICATI E SPINTE IDRAULICHE		
componente vert. carico	(kN)	0,0
componente orizz. carico	(kN)	0,0
peso di volume acqua	(kN/mc)	10,00
altezza falda Hw/H (%)	(%)	0,00%

DATI SISMICI	
accelerazione sismica $a_g$	0,062
coeff. di amplific. topog $S_T$	1,20
coeff. di amplific. stratig $S_S$	1,00
coeff. di riduzione $\beta_s$	1,00
coeff. sismico orizzontale $k_h$	0,074
coeff. sismico verticale $k_v$	0,037

DATI GEOMECCANICI E STRUTTURALI		
peso di volume roccia	(kN/mc)	26,30
angolo di attrito di base $\phi_{base}$	(°)	30,00

giunto A		
immersione	(°)	320,00
inclinazione	(°)	74,00
Joint Compression Strenght JCS	(MPa)	120,00
Joint Roughness Coefficient JRC		7,00
persistenza (%)	%	99,90%
resistenza al taglio della roccia	(MPa)	
angolo di attrito di picco $\phi_p$	(°)	52,85
coesione app.(ponti di roccia)	(kPa)	24,00

giunto B		
immersione	(°)	287,00
inclinazione	(°)	78,00
Joint Compression Strenght JCS	(MPa)	73,00
Joint Roughness Coefficient JRC		10,00
persistenza (%)	%	98,00%
resistenza al taglio della roccia	(MPa)	
angolo di attrito di picco $\phi_p$	(°)	30,00
coesione app.(ponti di roccia)	(kPa)	292,00

**RISULTATI**convezione segni carichi ed  
azioni sismiche

coefficiente geometrico K		0,33
volume del cuneo di roccia V	(mc)	-88,62
peso del cuneo di roccia W	(kN)	-2331
superficie cuneo su giunto A	(mq)	-10,27
superficie cuneo su giunto B	(mq)	-38,22
superficie cuneo su giunto trazione	(mq)	104,51
immersione linea di intersezione	(°)	330,14
inclinazione linea di intersezione	(°)	73,76

**Forze normali alle superfici di scivolamento**

	giunto A	giunto B
peso cuneo (kN)	-817	207
sotto spinta idraulica (kN)	0	0
spinta giunto trazione (kN)	0	0
azione sismica (kN)	147	-5
carichi applicati (kN)	0	0
forza risultante (N) (kN)	-671	202

**Calcolo risultanti lungo la direzione di scivolamento**

	forze mobilizzanti (kN)	forze stabilizzanti (kN)
verifica sismica	-2369	-12177
verifica non sismica	-2238	-12157

**ATTENZIONE cinematismo impossibile**

5,140

4,413

Cunei-Barton-2018 - data: maggio 2019 - conforme NTC 2018 e Circolare 21/01/2019 n.7/C.S.LL.PP.

Software freeware distribuito da geologi.it



**VERIFICA DI STABILITA' SCIVOLAMENTI DI CUNEI**Comune: **VOGOGNA** Località: **I PIOD 2024** Rif. verifica: **SC21****DATI DI INGRESSO**

DATI GEOMETRICI FRONTE		
immersione fronte	(°)	323,00
inclinazione fronte	(°)	80,00
immersione piano superiore	(°)	233,00
inclinazione piano superiore	(°)	45,00
immersione giunto di trazione	(°)	323,00
inclinazione giunto di trazione	(°)	90,00
altezza fronte	(m)	10,00
distanza giunto di trazione	(m)	3,00

CARICHI APPLICATI E SPINTE IDRAULICHE		
componente vert. carico	(kN)	0,0
componente orizz. carico	(kN)	0,0
peso di volume acqua	(kN/mc)	10,00
altezza falda Hw/H (%)	(%)	0,00%

DATI SISMICI	
accelerazione sismica $a_g$	0,062
coeff. di amplific. topog $S_T$	1,20
coeff. di amplific. stratig $S_S$	1,00
coeff. di riduzione $\beta_s$	1,00
coeff. sismico orizzontale $k_h$	0,074
coeff. sismico verticale $k_v$	0,037

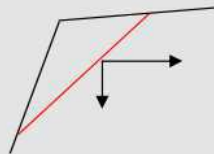
DATI GEOMECCANICI E STRUTTURALI		
peso di volume roccia	(kN/mc)	26,30
angolo di attrito di base $\phi_{base}$	(°)	30,00

giunto A		
immersione	(°)	318,00
inclinazione	(°)	57,00
Joint Compression Strenght JCS	(MPa)	127,00
Joint Roughness Coefficient JRC		10,00
persistenza (%)	%	98,00%
resistenza al taglio della roccia	(MPa)	
angolo di attrito di picco $\phi_p$	(°)	34,76
coesione app.(ponti di roccia)	(kPa)	508,00

giunto B		
immersione	(°)	287,00
inclinazione	(°)	78,00
Joint Compression Strenght JCS	(MPa)	73,00
Joint Roughness Coefficient JRC		10,00
persistenza (%)	%	98,00%
resistenza al taglio della roccia	(MPa)	
angolo di attrito di picco $\phi_p$	(°)	30,00
coesione app.(ponti di roccia)	(kPa)	292,00

**RISULTATI**

convezione segni carichi ed azioni sismiche



coefficiente geometrico K		0,53
volume del cuneo di roccia V	(mc)	-13964,46
peso del cuneo di roccia W	(kN)	-367265
superficie cuneo su giunto A	(mq)	-9,73
superficie cuneo su giunto B	(mq)	-1129,04
superficie cuneo su giunto trazione	(mq)	2843,40
immersione linea di intersezione	(°)	3,81
inclinazione linea di intersezione	(°)	47,02

**Forze normali alle superfici di scivolamento**

	giunto A	giunto B
peso cuneo (kN)	-412883	260723
sotto spinta idraulica (kN)	0	0
spinta giunto trazione (kN)	0	0
azione sismica (kN)	162	18650
carichi applicati (kN)	0	0
forza risultante (N) (kN)	-412721	279373

**Calcolo risultanti lungo la direzione di scivolamento**

	forze mobilizzanti (kN)	forze stabilizzanti (kN)
verifica sismica	-292802	-459760
verifica non sismica	-268709	-443422

**ATTENZIONE cinematismo impossibile**

1,570

1,401

Cunei-Barton-2018 - data: maggio 2019 - conforme NTC 2018 e Circolare 21/01/2019 n.7/C.S.LL.PP.

Software freeware distribuito da geologi.it

### **8.3 VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE**

Sono state condotte verifiche di stabilità globale lungo i principali fronti di cava, i profili esaminati sono quelli risultanti dalle sezioni di progetto nella geometria prevista alla conclusione della coltivazione proposta.

Per il calcolo dei valori del fattore di sicurezza è stato utilizzato il software SSAP2010 ver.6.0, reperibile come software freeware al sito [www.ssap.eu](http://www.ssap.eu), per comodità di consultazione si riportano in allegato le sole immagini con le 10 superfici a FS minore e la mappa FS locale.

La valutazione della stabilità globale è stata eseguita con i metodi dell'equilibrio limite applicati a porzioni di pendio discretizzate in conci.

Poiché il programma è in grado di utilizzare i parametri dell'ammasso roccioso o delle discontinuità a seconda della corrispondenza tra immersione e inclinazione della superficie di scivolamento con le discontinuità stesse, si è scelto di generare superfici di potenziale scorrimento con forma poligonale passanti in parte nella roccia intatta in parte lungo i giunti.

Per i calcoli è stato utilizzato il metodo di Morgenstern-Price (1965).

Il software permette di inserire nei calcoli anche la riduzione dovuta all'azione sismica, come richiesto dalle N.T.C.2018 (DM17/01/2018).

La scelta dei valori caratteristici è stata fatta in base a quanto previsto dalla letteratura tecnica, a quanto rilevato e misurato in fase di sopralluogo sul sito estrattivo e a quanto emerso dalle elaborazioni strutturali, geomeccaniche e di classificazione dell'ammasso roccioso.

Le verifiche di stabilità globale eseguite sono tutte soddisfatte. Nelle pagine allegate si riportano le sezioni verificate, il fattore di sicurezza minimo ottenuto e i valori introdotti per i calcoli.



## 9. CONCLUSIONI

Nella presente relazione sono state descritte le caratteristiche geologiche-geomorfologiche, idrologiche-idrogeologiche e geostrutturali di un sito su cui è previsto il rinnovo con variante di una attività estrattiva di roccia ornamentale, nel Comune di Vogogna in località I Piod.

Dall’analisi dei dati raccolti è stato possibile effettuare una parametrizzazione dell’ammasso roccioso e delle sue caratteristiche geomeccaniche e geostrutturali al fine di verificare la stabilità globale e locale dei fronti di scavo della futura coltivazione mineraria.

Vista la continuità dei dati geostrutturali e geomeccanici dell’ammasso roccioso nelle aree di rinnovo e considerando l’omogeneità con i fronti di scavo già autorizzati, sono state utilizzati i dati geostrutturali e geomeccanici del progetto precedente, mentre sono state riviste le verifiche di stabilità locale e globale alla luce dell’aggiornamento alle NTC (DM 17/01/2018).

Nell’esecuzione dei lavori si raccomanda di tenere in considerazione tutte le prescrizioni dettate nella relazione geologica e geomeccanica di progetto.

Le verifiche di stabilità condotte hanno restituito fattori di sicurezza superiori all’unità.

Si raccomanda tuttavia la vigilanza periodica in corso d’opera dei fronti di scavo per definire nel dettaglio condizioni puntuali di instabilità potenziale dell’ammasso roccioso e valutare eventuali interventi di bonifica mirati.

In base a quanto emerso in fase di sopralluogo e a quanto emerso durante l’elaborazione dei dati si evince una sostanziale situazione di compatibilità con l’assetto idrogeologico del territorio ed una soddisfacente stabilità dei fronti rocciosi oggetto di coltivazione.

**ALLEGATO:**

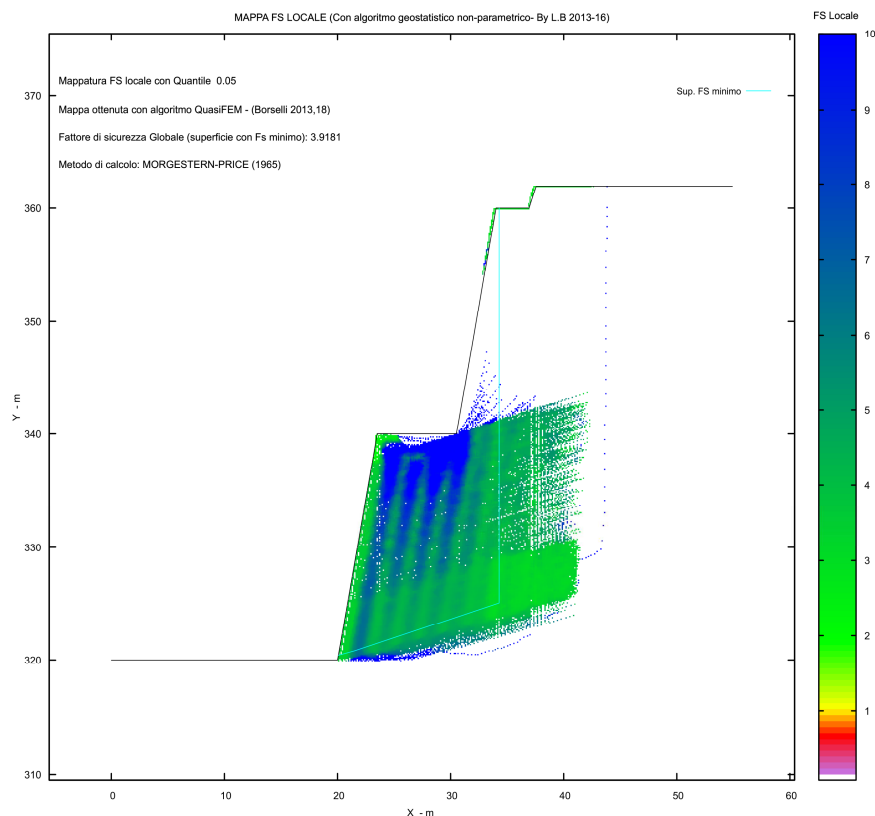
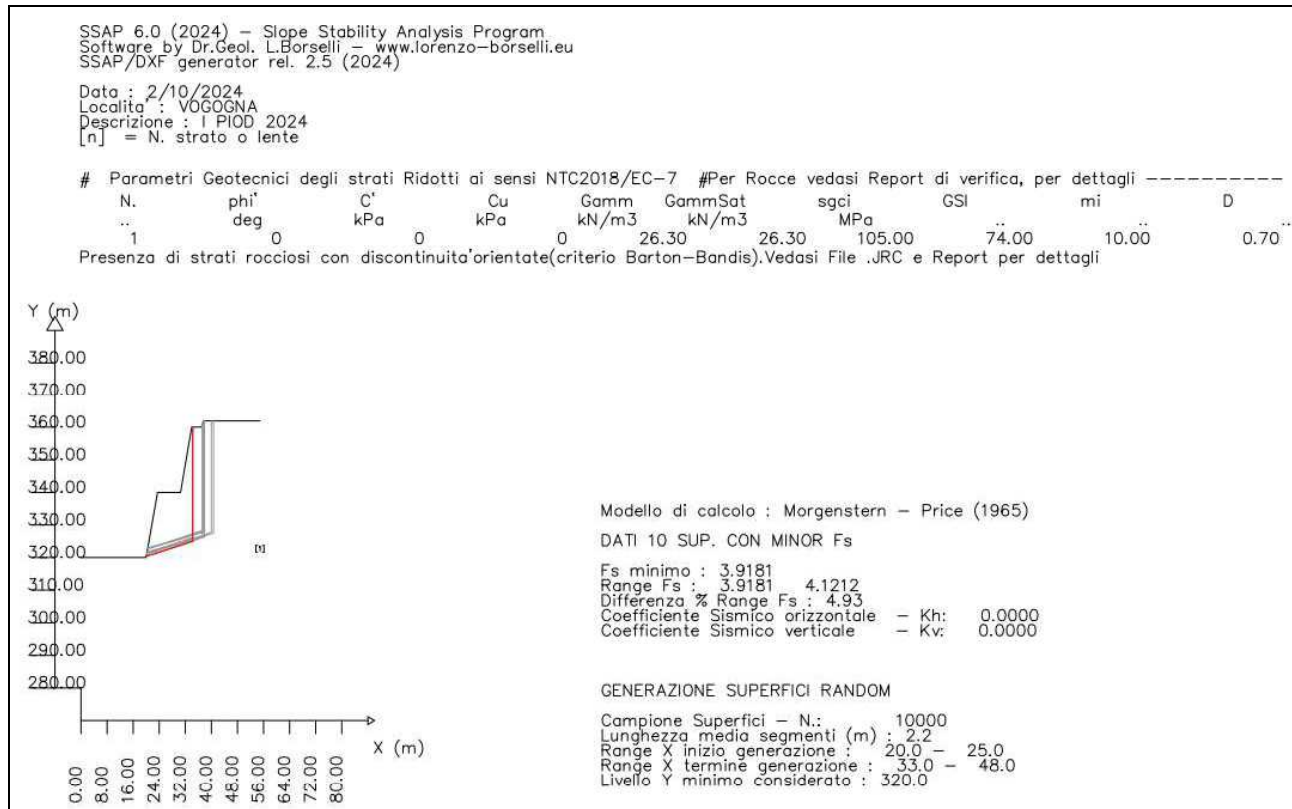
**VERIFICHE DI STABILITA’**

**GLOBALE**

**(6 pagine)**

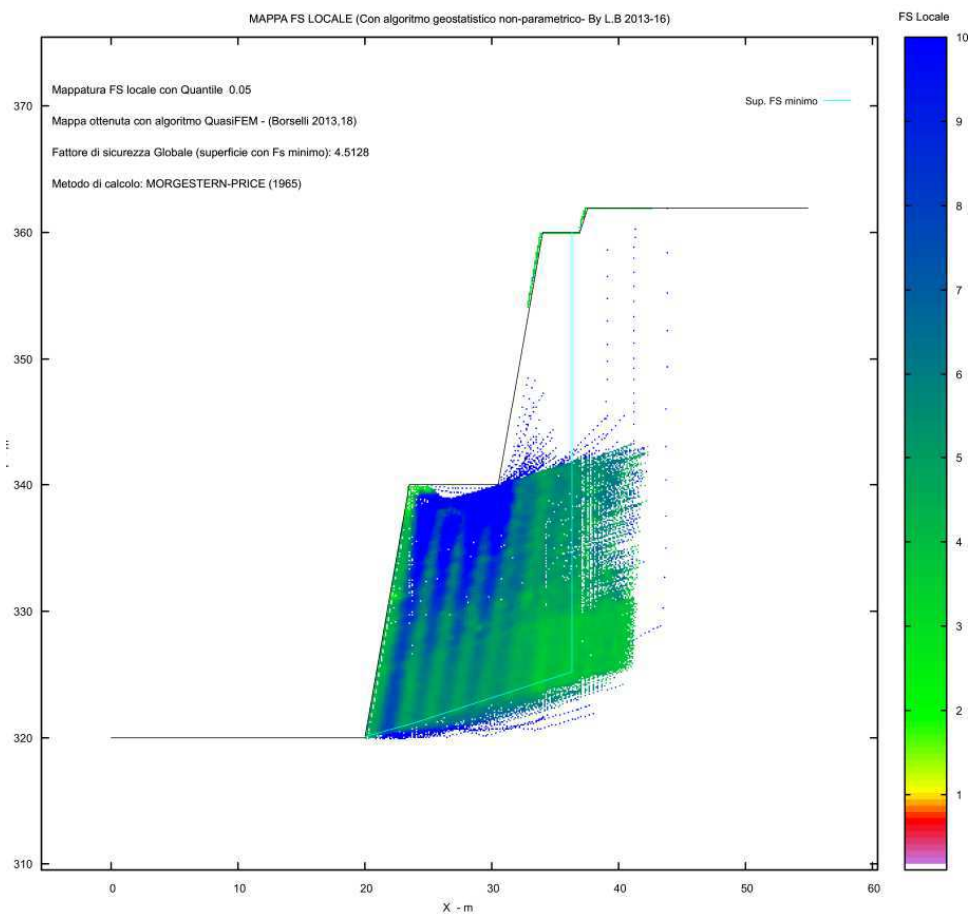
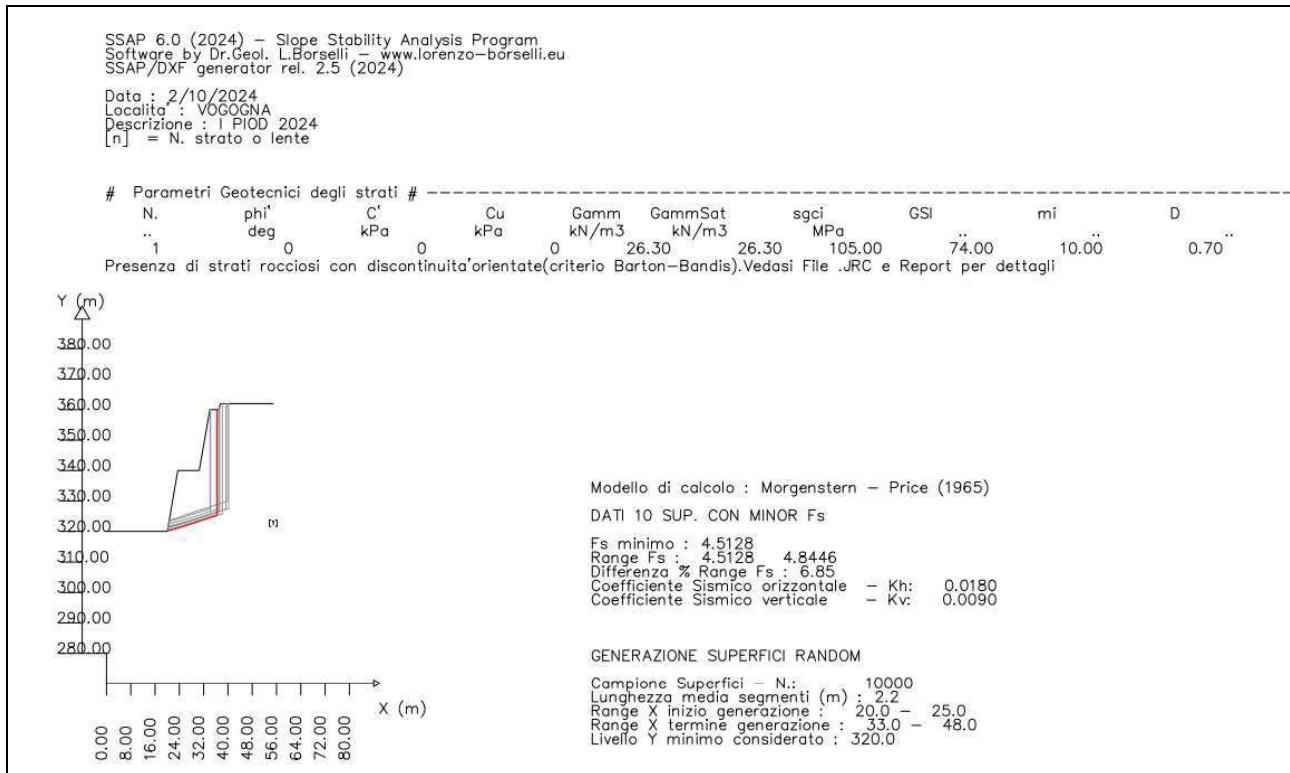
## SEZIONE 10-10 PORZIONE NORD

### Fondamentale



## SEZIONE 10-10 PORZIONE NORD

### Sismica





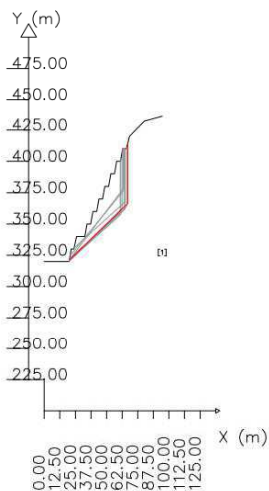
## SEZIONE 4-4 PORZIONE EST

### Fondamentale

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

Data : 2/10/2024  
Località : VOGOGNA  
Descrizione : I PIOD 2024  
[n] = N. strato o lente

# Parametri Geotecnici degli strati Ridotti ai sensi NTC2018/EC-7 #Per Rocce vedasi Report di verifica, per dettagli -----  
N. phi' C' Cu Gamm GammSat sgci GSI mi D  
.. 1 0 0 0 26.30 26.30 105.00 74.00 10.00 0.70 ..  
Presenza di strati rocciosi con discontinuità orientate (criterio Barton-Bandis). Vedasi File .JRC e Report per dettagli



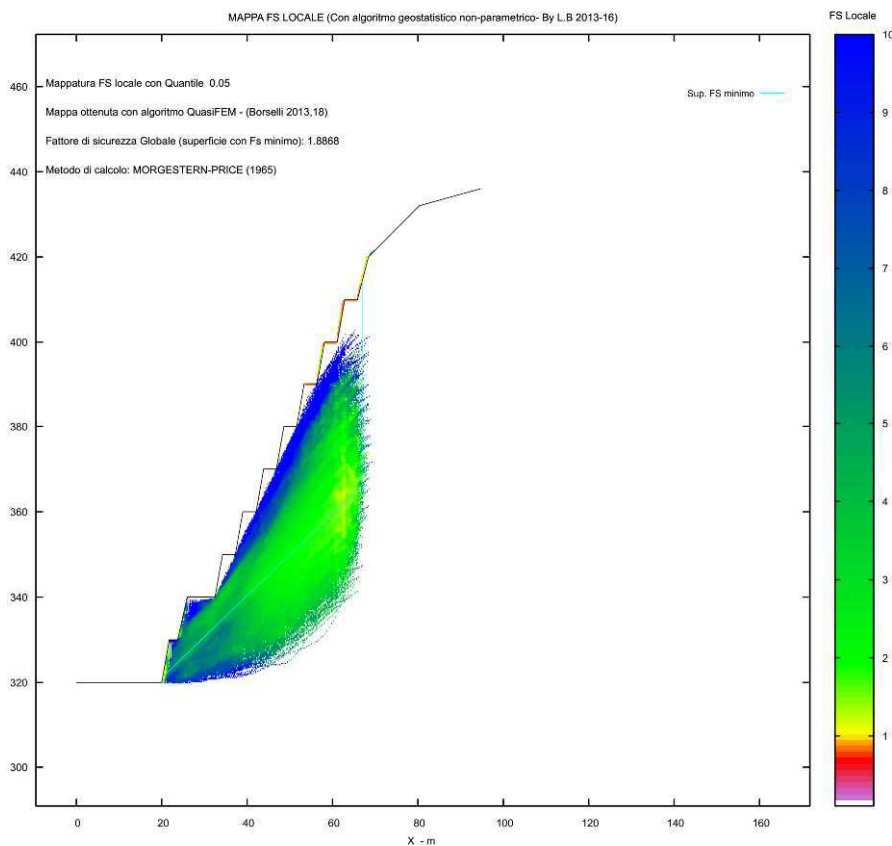
Modello di calcolo : Morgenstern – Price (1965)

DATI 10 SUP. CON MINOR Fs

Fs minimo : 1.8868  
Range Fs : 1.8868 - 2.5610  
Differenza % Range Fs : 26.33  
Coefficiente Sismico orizzontale – Kh: 0.0000  
Coefficiente Sismico verticale – Kv: 0.0000

GENERAZIONE SUPERFICI RANDOM

Campione Superfici – N.: 10000  
Lunghezza media segmenti (m) : 2.0  
Range X inizio generazione : 18.0 – 26.0  
Range X termine generazione : 54.0 – 80.0  
Livello Y minimo considerato : 320.0



## SEZIONE 4-4 PORZIONE EST

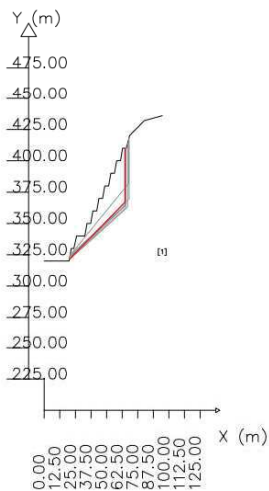
### Sismica

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

Data : 2/10/2024  
Località : VOGOGNA  
Descrizione : I PIOD 2024  
[n] = N. strato o lente

#	Parametri Geotecnici degli strati #										
N.	phi'	C'	Cu	Gamm	GammSat	sgci	GSI	mi	D		
..	deg	kPa	kPa	kN/m3	kN/m3	MPa					
1	0	0	0	26.30	26.30	105.00	74.00	10.00	0.70		

Presenza di strati rocciosi con discontinuità orientate (criterio Barton-Bandis). Vedasi File .JRC e Report per dettagli



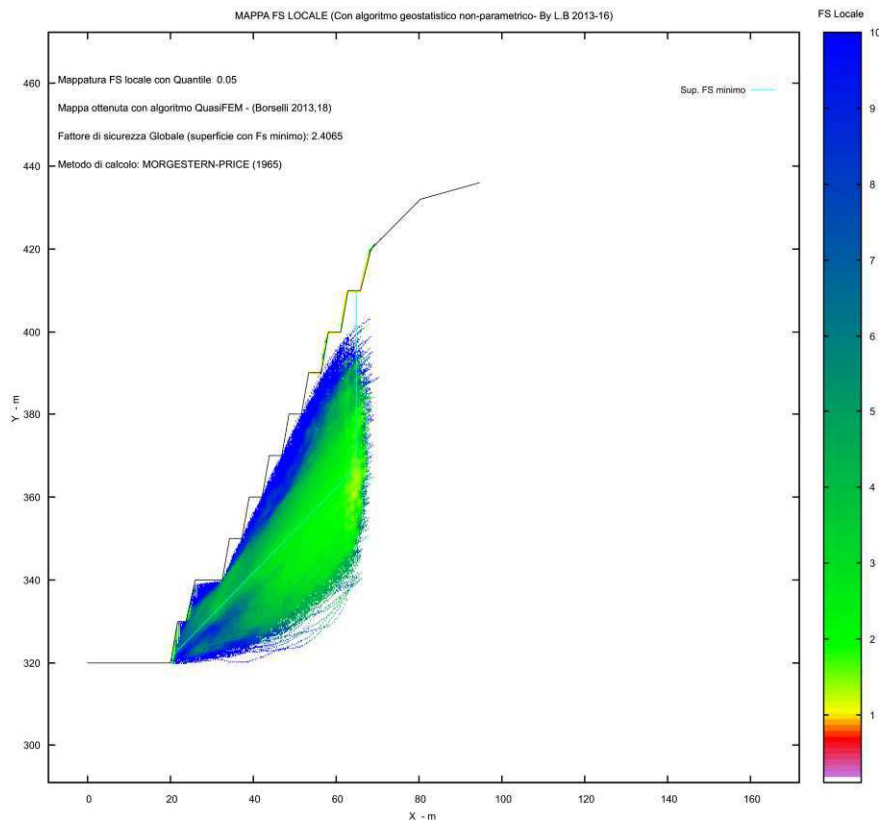
Modello di calcolo : Morgenstern – Price (1965)

DATI 10 SUP. CON MINOR Fs

Fs minimo : 2.4065  
Range Fs : 2.4065 - 2.9174  
Differenza % Range Fs : 17.51  
Coefficiente Sismico orizzontale – Kh: 0.0180  
Coefficiente Sismico verticale – Kv: 0.0090

GENERAZIONE SUPERFICI RANDOM

Campione Superfici – N.: 10000  
Lunghezza media segmenti (m) : 2.0  
Range X inizio generazione : 18.0 – 26.0  
Range X termine generazione : 54.0 – 80.0  
Livello Y minimo considerato : 320.0



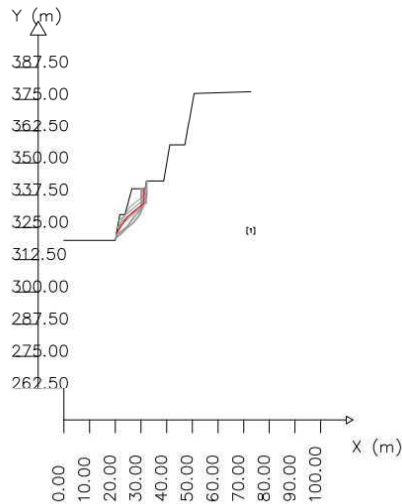
## SEZIONE 10-10 PORZIONE SUD

### Fondamentale

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

Data : 2/10/2024  
Località : VOGOGNA  
Descrizione : I PIOD 2024  
[n] = N. strato o lente

# Parametri Geotecnici degli strati Ridotti ai sensi NTC2018/EC-7 #Per Rocce vedasi Report di verifica, per dettagli -----  
N. phi' C' Cu Gamm GammSat sgc GSI mi D  
.. 1 deg 0 kPa 0 kPa 0 kN/m3 26.30 kN/m3 26.30 MPa 105.00 74.00 10.00 0.70  
Presenza di strati rocciosi con discontinuità orientate (criterio Barton-Bandis). Vedasi File .JRC e Report per dettagli



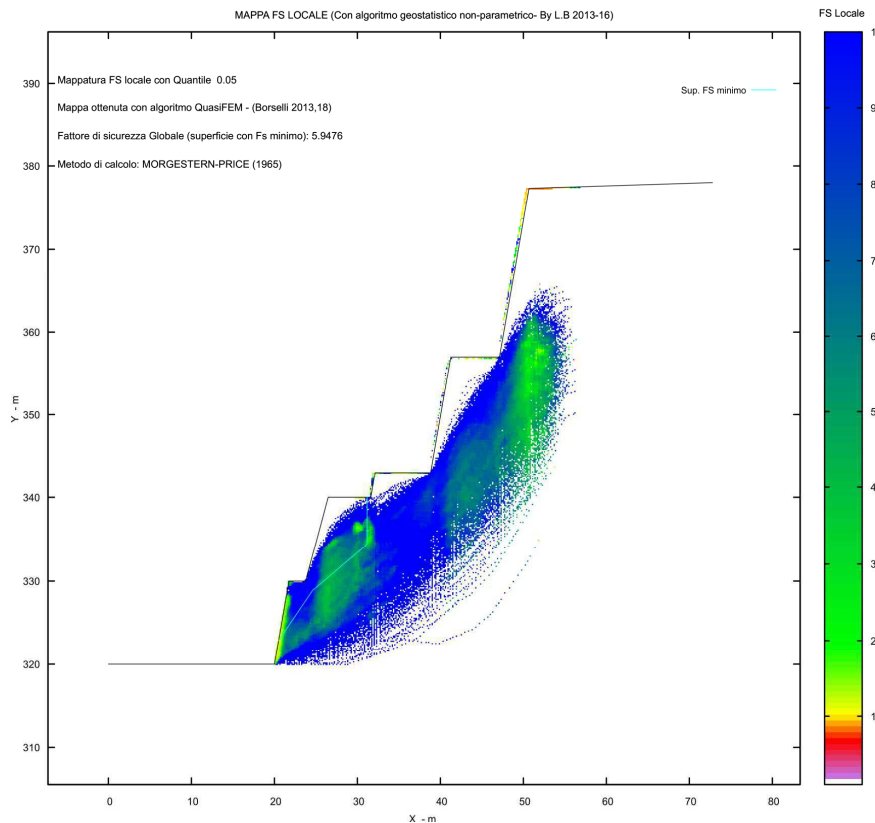
Modello di calcolo : Morgenstern – Price (1965)

DATI 10 SUP. CON MINOR Fs

Fs minimo : 5.9476  
Range Fs : 5.9476 7.9971  
Differenza % Range Fs : 25.63  
Coefficiente Sismico orizzontale – Kh: 0.0000  
Coefficiente Sismico verticale – Kv: 0.0000

GENERAZIONE SUPERFICI RANDOM

Campione Superfici – N.: 10000  
Lunghezza media segmenti (m) : 2.9  
Range X inizio generazione : 20.0 – 22.0  
Range X termine generazione : 30.0 – 70.0  
Livello Y minimo considerato : 320.0



## SEZIONE 10-10 PORZIONE SUD

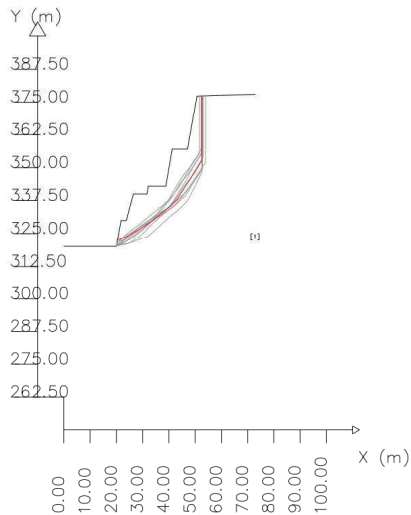
### Sismica

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

Data : 2/10/2024  
Località : VOGOGNA  
Descrizione : I PIOD 2024  
[n] = N. strato o lente

#	Parametri Geotecnici degli strati #											
N.	phi'	C'	Cu	Gamm	GammSat	sgci	GSI	mi	D			
deg	kPa	kPa	kN/m <sup>3</sup>	kN/m <sup>3</sup>	MPa							
1	0	0	0	26.30	26.30	105.00	74.00	10.00	0.70			

Presenza di strati rocciosi con discontinuità orientate (criterio Barton-Bandis). Vedasi File .JRC e Report per dettagli



Modello di calcolo : Morgenstern – Price (1965)

DATI 10 SUP. CON MINOR Fs

Fs minimo : 8.9382  
Range Fs : 8.9382 – 9.7680  
Differenza % Range Fs : 8.50  
Coefficiente Sismico orizzontale – Kh: 0.0180  
Coefficiente Sismico verticale – Kv: 0.0090

GENERAZIONE SUPERFICI RANDOM

Campione Superfici – N.: 10000  
Lunghezza media segmenti (m) : 2.9  
Range X inizio generazione : 20.0 – 22.0  
Range X termine generazione : 50.0 – 70.0  
Livello Y minimo considerato : 320.0

