

**Cava di pietra ornamentale
sita in località “Case Bisdonio”
dei Comuni di Alpette (TO) e Pont Canavese (TO)**



RELAZIONE TECNICA

- ex L.R. 23/2016, L.R. 13/2023, L.R. 45/89 e D.Lgs. 42/2004 –

Proponente:

TIBOLDO GRANITI S.r.l.

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

SOMMARIO

SOMMARIO	2
1 PREMESSA	5
2 INQUADRAMENTO GENERALE DELL'AREA	7
2.1 ESTRATTI PLANIMETRICI DI INQUADRAMENTO	7
2.2 MORFOLOGIA DELL'AREA	11
2.3 ACCESSO ALLA CAVA E VIABILITÀ INTERNA	12
3 SITUAZIONE AMMINISTRATIVA	14
3.1 UBICAZIONE, DATI CATASTALI E TITOLI DI DISPONIBILITÀ	14
3.2 STRUMENTI URBANISTICI	16
3.3 VINCOLI AMBIENTALI E TERRITORIALI	20
3.4 PRECEDENTI AUTORIZZAZIONI	24
4 INQUADRAMENTO AMBINETALE E TERRITORIALE	26
4.1 PREMESSA	26
4.2 CLIMA E BILANCIO IDRICO	28
4.3 PEDOLOGIA	33
4.4 VEGETAZIONE ATTUALE E POTENZIALE	36
4.5 ANALISI FAUNISTICA	42
4.6 USO DEL SUOLO	47
4.7 ECOSISTEMI	50
5 RELAZIONE GEOLOGICA	53
5.1 PREMESSA	53
5.2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GIACIMENTOLOGICO	54
5.3 STUDI GEOLOGICI COMUNALI	57
5.3.1 <i>Comune di Pont Canavese</i>	57
5.3.2 <i>Comune di Alpette</i>	60
5.4 ESTENSIONE DELL'ALLUVIONE DELL'OTTOBRE 2000	65
5.5 ANALISI DELLE FORME DISSESTIVE PRESENTI	66
5.6 IDROGEOLOGIA	69
6 ANALISI SISMICA	70
6.1 INQUADRAMENTO NORMATIVO	70
6.2 AZIONE SISMICA PROPRIA DEI TERRENI IN ESAME SECONDO LE NTC	72
6.2.1 <i>Finalità e principi della zonazione sismica</i>	72
6.2.2 <i>Stati limite di riferimento</i>	73
6.2.3 <i>Periodo di riferimento per l'azione sismica</i>	75

6.3	CATEGORIE DI SOTTOSUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE	79
6.4	AZIONE SISMICA LOCALE	82
7	RAPPORTO GEOTECNICO	85
7.1	CARATTERIZZAZIONE MECCANICA DEI LITOTIPI	85
7.2	DESCRIZIONE DELL'AMMASSO ROCCIOSO	86
7.3	PARAMETRI GEOMECCANICI DELLA ROCCIA	87
7.4	RILIEVI GEOSTRUTTURALI	89
7.5	RILIEVI GEOSTRUTTURALI PRECEDENTI	92
7.5.1	<i>Premessa</i>	<i>92</i>
7.5.2	<i>Aggiornamento del rilievo (marzo 2013)</i>	<i>92</i>
7.5.3	<i>Precedente rilievo geostutturale (settembre 2008).....</i>	<i>95</i>
7.5.4	<i>Precedente rilievo geostutturale (dicembre 2003).....</i>	<i>102</i>
7.6	STABILITÀ DEI FRONTI IN ROCCIA	106
7.6.1	<i>Elaborazioni con il test di Markland.....</i>	<i>106</i>
7.6.2	<i>Scivolamenti a cuneo.....</i>	<i>138</i>
7.6.3	<i>Conclusioni e scelte operative.....</i>	<i>141</i>
8	STUDIO TECNICO - ECONOMICO	142
8.1	OPERE ACCESSORIE E DI SERVIZIO	142
8.2	AREE DI STOCCAGGIO	145
8.3	MACCHINARI IMPIEGATI	146
8.4	PERSONALE OCCUPATO.....	147
8.5	PRODUZIONI PREVISTE E TEMPI DI ESAURIMENTO	148
8.6	METODI DI COLTIVAZIONE.....	150
8.7	LAVORAZIONE DEL MATERIALE	151
8.8	AREA DI MERCATO E UTILIZZO DEL MATERIALE.....	152
8.9	GESTIONE DELLE ACQUE METEORICHE E DERIVANTI DA LAVORAZIONI.....	153
8.9.1	<i>Piano di monitoraggio dei fanghi di lavorazione provenienti dal taglio con il filo diamantato</i>	<i>156</i>
9	PROGETTO DI COLTIVAZIONE DEL GIACIMENTO	158
9.1	GENERALITÀ.....	158
9.2	SVILUPPO DELLA COLTIVAZIONE	159
9.2.1	<i>Stato attuale del terreno.....</i>	<i>159</i>
9.2.2	<i>Primo quinquennio.....</i>	<i>159</i>
9.2.3	<i>Secondo quinquennio</i>	<i>161</i>
10	STABILIZZAZIONE VERSANTE MONTANO SUD-EST DELLA CAVA	162
11	INTERVENTI PREGRESSI DI RECUPERO AMBIENTALE	165
11.1	PREMESSA	165
11.2	VERIFICA DI STABILITÀ DELLA SCOGLIERA	167
12	PROGETTO DI RECUPERO AMBIENTALE	172
12.1	CRITERI GENERALI.....	172

12.1.1	<i>Inquadramento progettuale</i>	172
12.1.2	<i>Obiettivi e criteri degli interventi di recupero</i>	173
12.2	AREE DI PROGETTO E SUCCESSIONE DEGLI INTERVENTI	175
12.2.1	<i>Introduzione.....</i>	175
12.2.2	<i>Riporto di substrato pedologico.....</i>	178
12.2.3	<i>Inerbimento.....</i>	179
12.2.4	<i>Piantamenti di specie arboree ed arbustive.....</i>	182
12.2.5	<i>Opere di ingegneria naturalistica: palizzate</i>	186
12.2.6	<i>Opere di ingegneria naturalistica: sistemazioni a siepe - cespuglio</i>	187
12.3	CONCLUSIONI	189
13	ELENCO DEGLI ELABORATI GRAFICI:.....	190
	ALLEGATO 1: DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA.....	192
	ALLEGATO 2: RELAZIONE DI CALCOLO STABILITÀ VERSANTE MONTANO SUD EST – SEZIONE FF	194
	ALLEGATO 3: RELAZIONE DI CALCOLO STABILITÀ VERSANTE MONTANO SUD EST – SEZIONE HH.....	208
	ALLEGATO 4: RELAZIONE DI CALCOLO STABILITÀ SCOGLIERA IN PROGETTO	222
	ALLEGATO 5: CONTRATTI DI AFFITTO DEI TERRENI NON IN PROPRIETÀ	246

1 PREMESSA

La presente relazione e gli elaborati grafici ad essa allegati costituiscono, ai sensi della L.R. n. 23 del 17 novembre 2016 “*Disciplina delle attività estrattive: disposizioni in materia di cave*” (B.U. 21 novembre 2016, 1° suppl. al n. 46), che ha sostituito la precedente L.R. 22.11.1978 n. 69 “*Coltivazione di cave e torbiere*”, richiesta di autorizzazione di rinnovo e ampliamento della coltivazione della cava di pietra ornamentale (gneiss cloritico) in località Bisdonio, nei Comuni di Alpette (TO) e Pont Canavese (TO), gestita dalla società Tiboldo Graniti S.r.l., avente sede legale in [REDACTED]

La suddetta relazione viene predisposta per conto della ditta Tiboldo Graniti S.r.l. già precedente titolare dell'autorizzazione del 2014, emanata con provvedimento unico del SUAP di Pont Canavese (prot. 4739 del 01/08/2014) con cui la cava venne autorizzata per 10 anni, e successiva proroga approvata dal “*Dipartimento Ambiente e Vigilanza Ambientale Direzione Risorse Idriche e Tutela dell'Atmosfera*” con determina dirigenziale (atto n. DD 4662 del 29/07/2024) avente scadenza il 30/05/2026.

Il progetto è già stato sottoposto alla fase di Verifica di Assoggettabilità alla procedura di V.I.A., che si è concluso con la Determina Dirigenziale n. 5928 del 23/10/2025, che assoggettava il progetto alla fase di valutazione, prevalentemente per effetto di “criticità di carattere geologico che rendono necessarie valutazioni più approfondite, finalizzate a verificare la compatibilità dell'intervento con l'assetto idrogeologico dell'area” segnalate dal Settore Geologico della Regione Piemonte

Nella presente versione, pertanto, gli elaborati hanno la funzione di allegati all'istanza relativa alla Valutazione di Impatto Ambientale; nella presente relazione, al par. 5.5. e al cap. 10, sono già riportati alcuni approfondimenti in merito alle criticità segnalate nel suddetto parere, ferme restando le eventuali integrazioni che potrebbero essere richieste nel corso dell'istruttoria autorizzativa.

Gli allegati annessi a questa relazione, ai sensi e per gli effetti delle disposizioni previste dalla Legge Regionale sopra menzionata, pertanto, costituiscono parte integrante a

corredo dell'Istanza di autorizzazione per il rinnovo e l'ampliamento dei lavori di coltivazione mineraria della cava di pietra ornamentale sita in località "Case Bisdonio" dei Comuni di Alpette (TO) e Pont Canavese (TO).

L'autorizzazione per l'intervento estrattivo è richiesta per un periodo di 5 (cinque) anni, rinnovabili per altri 5 anni nel rispetto del presente progetto al fine di garantire il completamento della coltivazione mineraria ed il ripristino e recupero ambientale dell'area coltivata.

Pertanto, il presente progetto illustra la successione delle fasi di coltivazione e recupero ambientale previste non solo per i prossimi cinque anni di attività, ma anche per il successivo quinquennio, così da consentire l'espressione di un parere tecnico complessivo sull'intero decennio di coltivazione, come avvenuto dieci anni or sono.

Contestualmente, poiché l'area di cava ricade in zona di vincolo paesaggistico, trovandosi a meno di 150 metri dalla sponda del torrente Orco, in parallelo alla documentazione relativa alla Valutazione di Impatto Ambientale viene predisposta anche la relazione paesaggistica aggiornata, che sarà inviata alla Competente Commissione Paesaggistica dei Comuni interessati. Si sottolinea che la cava in oggetto risulta attualmente in possesso di autorizzazione paesaggistica il cui ultimo rinnovo è stato rilasciato dall'Ufficio Tecnico Comunale del Comune di Pont Canavese il 26/04/2024 (Autorizzazione Paesaggistica n. 3/2024).

Poiché inoltre, la cava ricade in zona soggetta a vincolo idrogeologico ai sensi della L.R. 45/89, l'istanza di rinnovo e ampliamento è subordinata al rinnovo autorizzativo ai sensi della suddetta legge. La relazione è pertanto predisposta anche secondo lo schema previsto dalla D.D n° 368 del 07/02/2018, che disciplina la documentazione a corredo delle istanze autorizzative ex L.R. 45/89. Nel seguito si esaminano le indicazioni riportate dalla citata determina, e per ciascuna di esse si illustrano gli intendimenti tecnici dettagliatamente illustrati sulle tavole di progetto, che riprendono le previsioni del progetto già autorizzato.

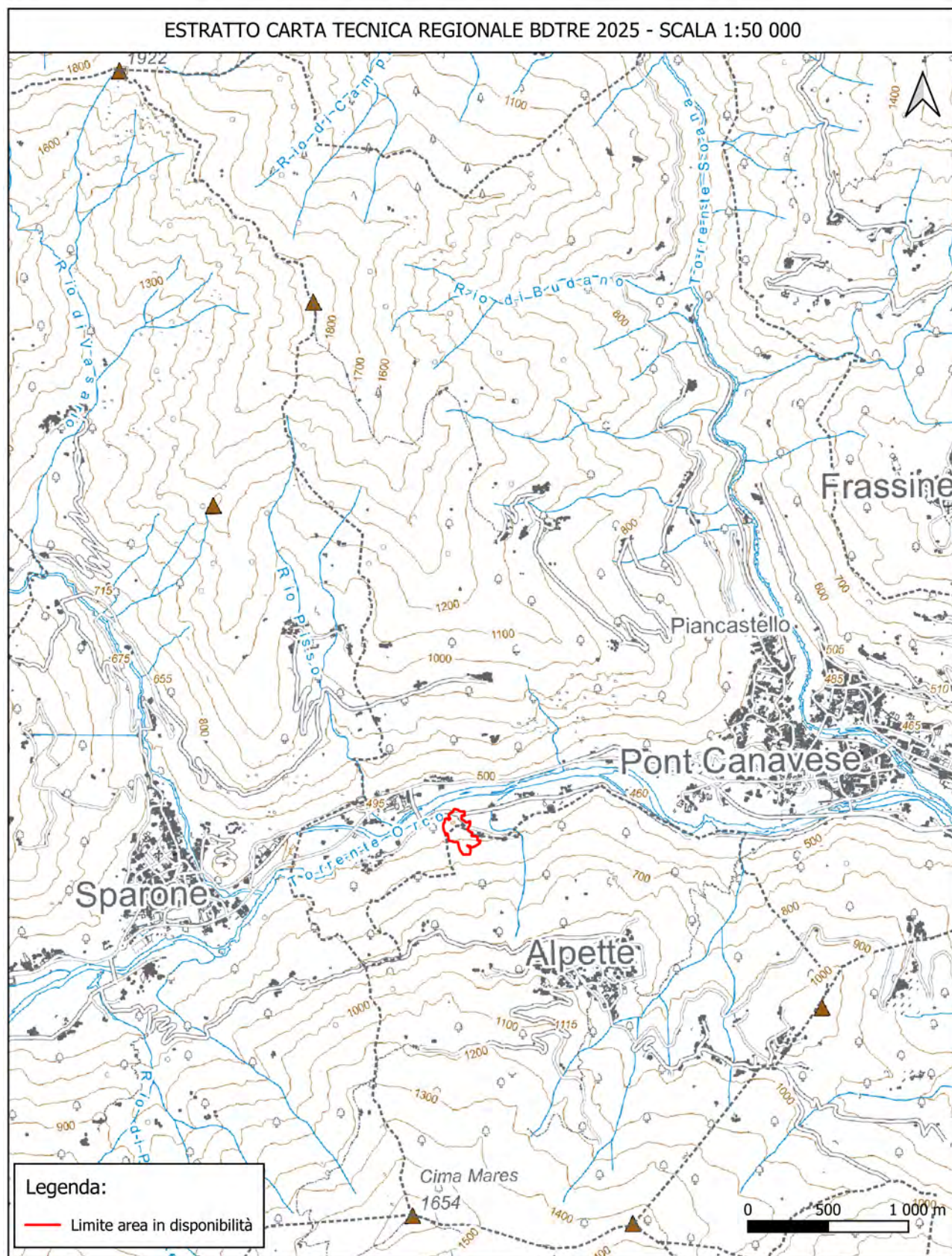
2 INQUADRAMENTO GENERALE DELL'AREA

2.1 Estratti planimetrici di inquadramento

Il sito di cava è ubicato sul versante meridionale della bassa Valle Orco, in corrispondenza del confine fra i territori comunali di Pont Canavese (a nord) e di Alpette (a sud). Il baricentro dell'area per cui è richiesta la presente istanza autorizzativa corrisponde alle seguenti coordinate U.T.M.: 32T LR 880 306. Le quote sono indicativamente comprese tra 481 e 516 m s.l.m.

Si riporta nel seguito in estratto della Carta Tecnica Regionale BDTRE, sezione 113, in scala 1:50.000 con l'ubicazione del sito. Si allega altresì un estratto di fotografia satellitare che mostra la posizione dell'area di cava nel contesto circostante.

Per la planimetria di dettaglio della singola cava si rimanda alla tavola di progetto Tav. 01 - Corografia.







2.2 Morfologia dell'area

L'attività estrattiva in esame ha per oggetto la prosecuzione e l'ampliamento della coltivazione mineraria nella cava sita in località "Case Bisdonio", presso i Comuni di Alpette e Pont Canavese (TO). L'attività estrattiva vera e propria è esposta a NNE ed interessa prevalentemente il Comune di Alpette, inoltre, è perlopiù impostata su un terrazzo naturale dell'altezza di $20 \div 25$ m al piede del versante, pressoché pianeggiante alla sommità e delimitato da scarpate in roccia subverticali o comunque superiori a 45° .

Al piede del suddetto terrazzo era già presente un'area subpianeggiante, ricadente in parte nel Comune di Alpette ed in parte in quello di Pont Canavese, che, dopo opportuni adeguamenti, è stato adibito a piazzale di manovra, lavorazione e caricamento dei blocchi.

A NNO del piazzale, nel territorio comunale di Pont Canavese, è infine presente un dosso roccioso, che si eleva di circa 25 m dal livello della pianura alluvionale, che, nei precedenti progetti, è stato parzialmente interessato dalla coltivazione nel settore sud-ovest; mantenendo intatto il lato N dello sperone, non venendo interessato dalla coltivazione, esso assolve all'importante funzione di “mascheramento”, allo scopo di impedire la vista dell'area di cava a chi si trova sul fondovalle della Valle Orco.

2.3 Accesso alla cava e viabilità interna

La cava è già dotata di un'ideale viabilità di accesso ed interna.

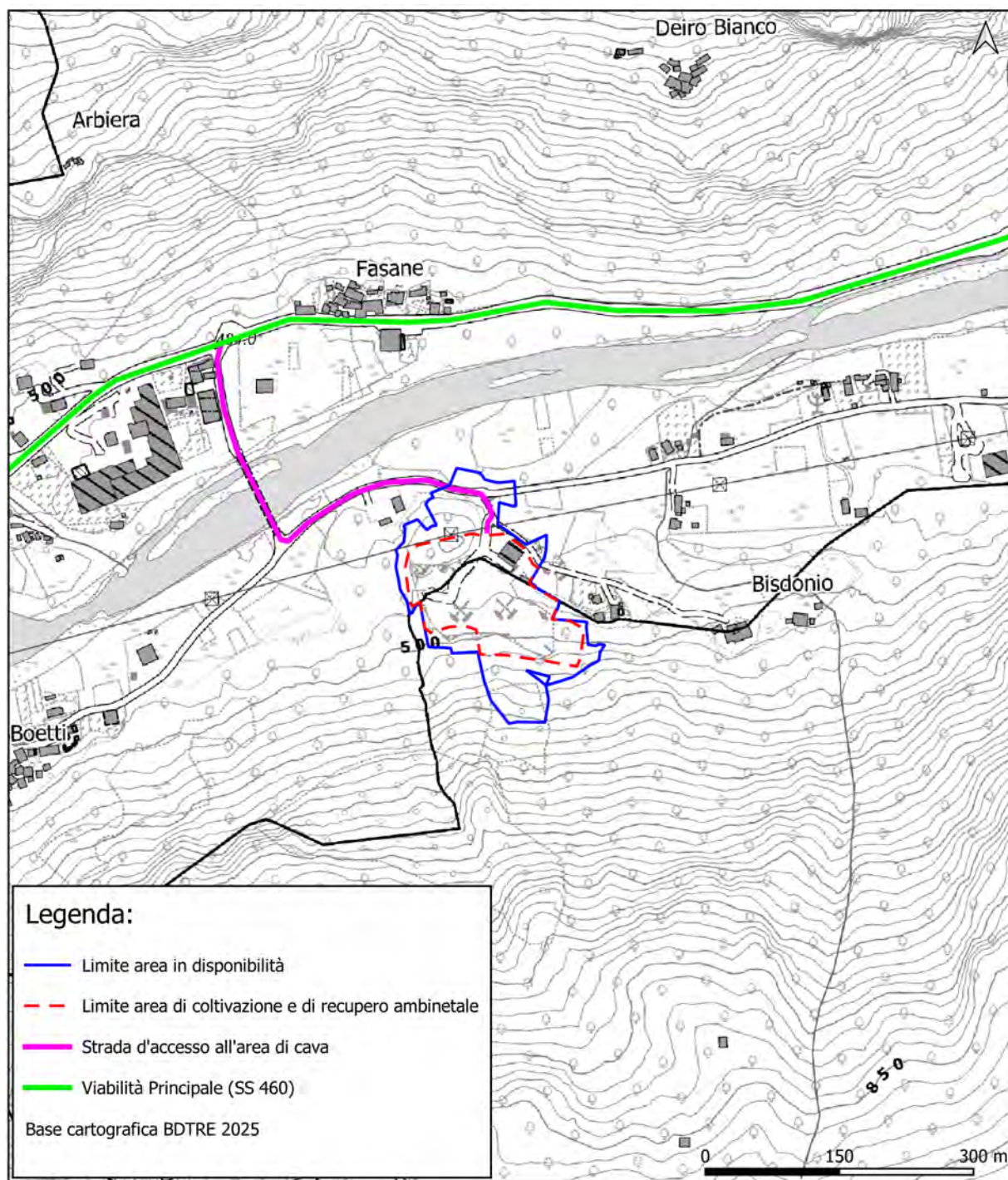
L'attività estrattiva è agevolmente raggiungibile per mezzo della viabilità locale, infatti, si accede all'area di cava dalla Strada Provinciale n. 460 del Gran Paradiso (ex Strada Statale n. 460 di Ceresole Reale).

Nello specifico, all'incirca a metà strada fra Pont Canavese e Sparone si svolta a sinistra, lasciando la strada provinciale e attraversando il torrente Orco in corrispondenza della località Fasane. Circa 60 m dopo il ponte si svolta nuovamente a sinistra, lungo una strada asfaltata che discende la valle per circa 240 m, fino a costeggiare lo sperone roccioso posto a nord dell'area di cava. Deviando, infine, nuovamente a destra e aggirando lo sperone roccioso, si raggiunge l'area di cava.

Attualmente, nell'area di cava sono presenti quattro piazzali; il piazzale più basso, posto circa a quota 481-482 m s.l.m., uno intermedio, sito a quota 485-486,5 m s.l.m. e due superiori, uno ubicato sotto rilievo roccioso isolato a nord a quota 489-490 m s.l.m. e uno posto sotto il versante roccioso a sud a quota 490-491 m s.l.m..

All'interno dell'area di cava è presente una pista sterrata che corre nella zona nord del piazzale principale, quindi costeggia il piede del rilievo roccioso isolato, conduce fino al piazzale intermedio, da qui diparte una rampa che conduce al piazzale superiore di cava, ubicato sotto il versante roccioso nord.

Di seguito si riporta un estratto cartografico su base BDTRE con evidenziazione della strada d'accesso all'area di cava.



Estratto Carta Tecnica Regionale BDTRE con raffigurazione della viabilità d'accesso all'area di cava.

3 SITUAZIONE AMMINISTRATIVA

3.1 Ubicazione, dati catastali e titoli di disponibilità

La cava in esame è ubicata in località Case Bisdonio, sui territori comunali di Alpette e Pont Canavese (TO), sul versante destro del torrente Orco, tra le quote 480 e 510 m s.l.m. circa.

Nella Tav. 2 – Estratto di mappa catastale si riporta l'estratto delle planimetrie catastali dei Comuni di Alpette e Pont Canavese (TO), con l'individuazione delle particelle interessate dall'attività estrattiva.

Nel dettaglio, l'area attualmente in disponibilità, e per la quale si richiede l'autorizzativa di rinnovo e ampliamento dell'attività estrattiva presso la cava in oggetto, può essere identificata con i seguenti mappali catastali del Foglio I del Comune di Alpette e del Foglio XXXIX del Comune di Pont Canavese:

- Foglio I del Comune di Alpette: particelle n. 7, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 366, 36, 321.
- Foglio XXXIX del Comune di Pont Canavese: particelle n. 308, 309, 328, 333, 334, 335, 336, 337, 338, 339, 340, 341, 342, 344, 524, 886, 887, 889, 892, 896, 895, 954.

Si allegano alla presente relazione (All. 5) i contratti di affitto aggiornati delle seguenti particelle:

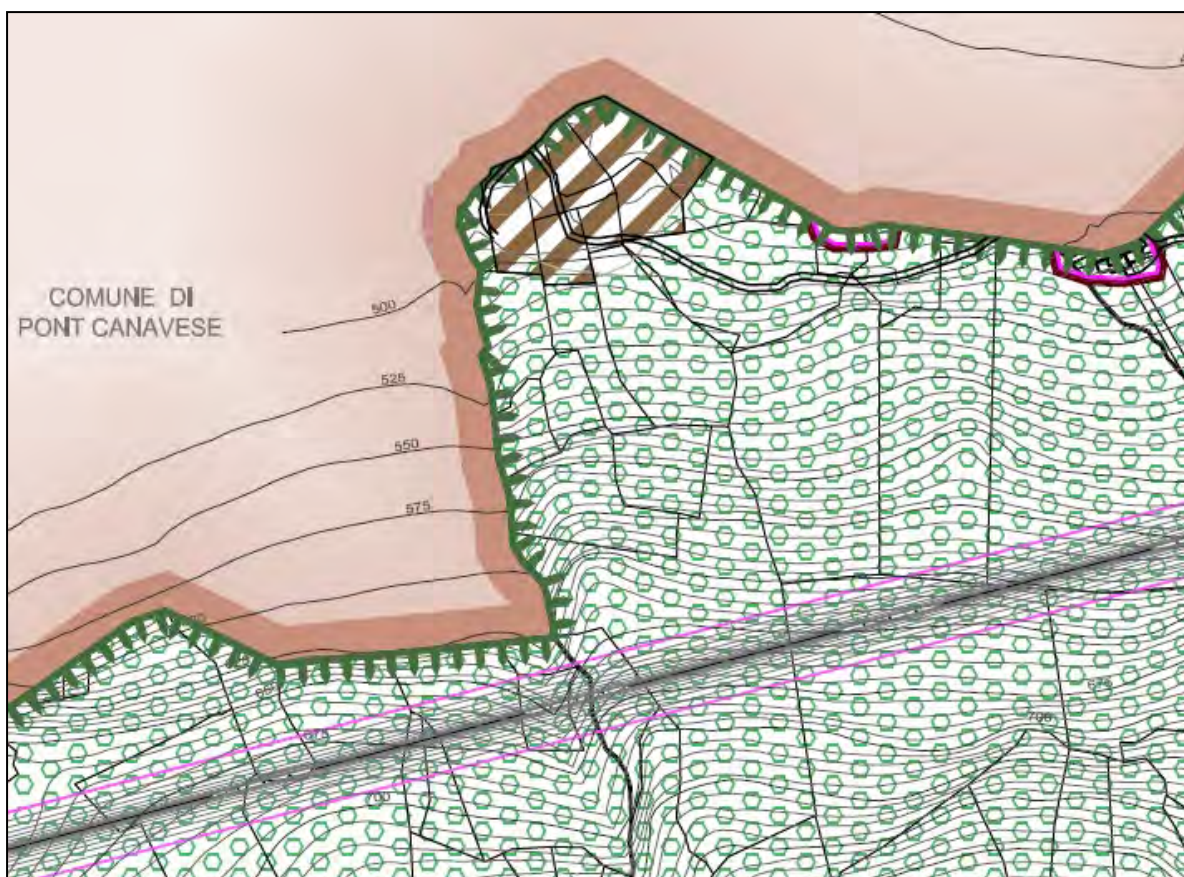
- Particella n. 11 del F° I di Alpette, in affitto dai signori [REDACTED] [REDACTED] (unitamente all'adiacente particella n. 13, non interessata dal progetto).
- Particella n. 1 del F° I di Alpette, in affitto dai signori [REDACTED] [REDACTED]
- Particelle n. 341, 342 e 344 del F° XXXIX di Pont Canavese, in affitto dal sig. [REDACTED]
- Particella n. 334 del F° XXXIX di Pont Canavese, in affitto dal sig. [REDACTED] [REDACTED]

Tutte le altre particelle richieste in autorizzazione sono di proprietà della Tiboldo Graniti, e pertanto i relativi titoli di proprietà sono già stati allegati ai precedenti progetti di coltivazione, ad eccezione della particella n.

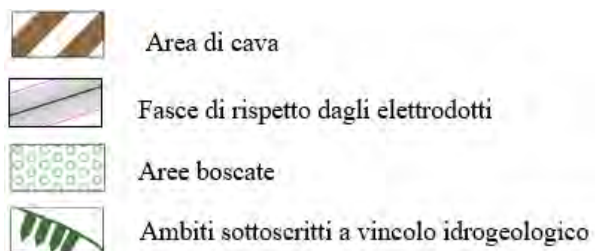
La ditta, inoltre, dispone anche delle particelle n. 2, 3, 5, 6 e 17 del Foglio I, nel territorio comunale di Alpette, e delle particelle n. 146, 147 e 148 appartenenti al Foglio XXXVIII presso il Comune di Pont Canavese, non interessate dal progetto di cava.

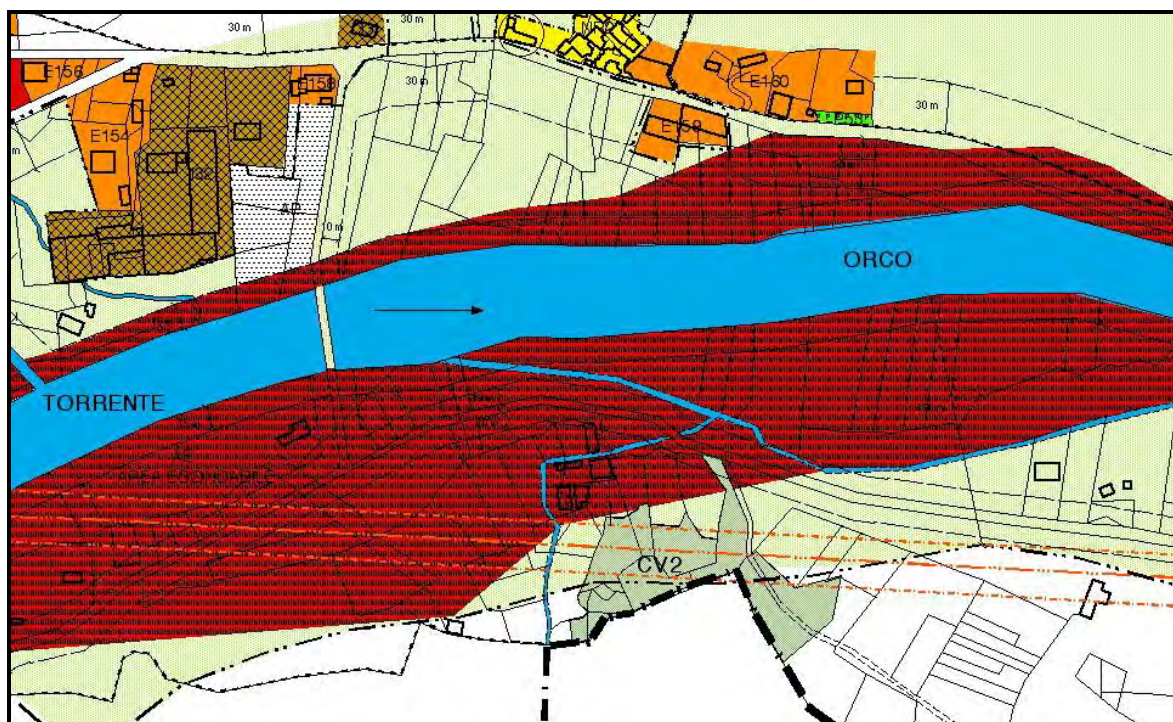
3.2 Strumenti urbanistici

Sia il Piano Regolatore Generale Comunale di Alpette che quello di Pont Canavese classificano esplicitamente l'area in questione come cava attiva, come documentato dagli estratti planimetrici riportati nel seguito.



Estratto Tavola 2 del PRGC del Comune di Alpette (TO)

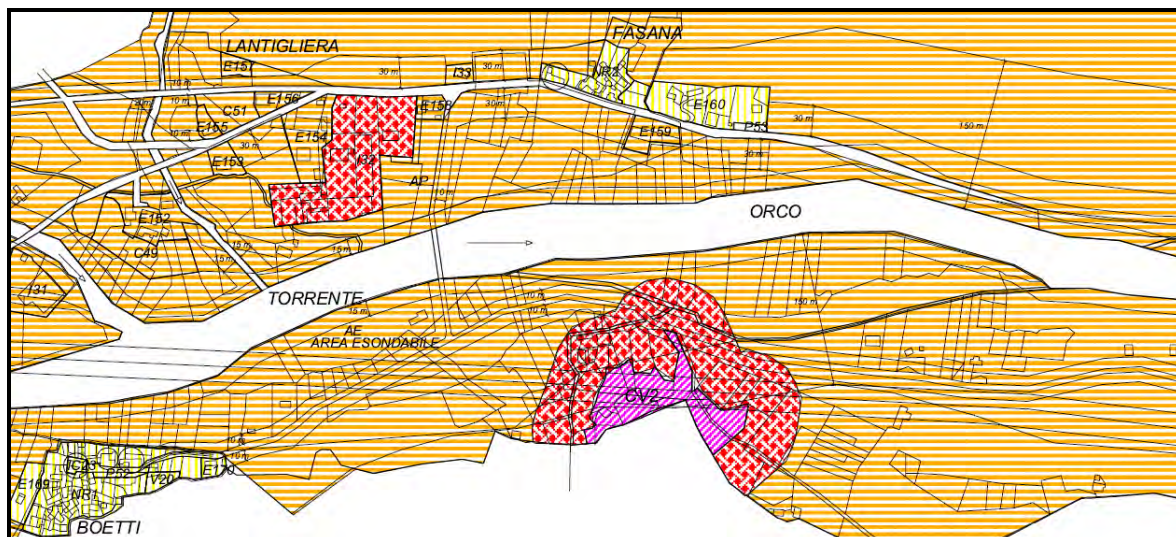




Estratto Tavola 21 del PRGC del Comune di Pont Canavese (TO)



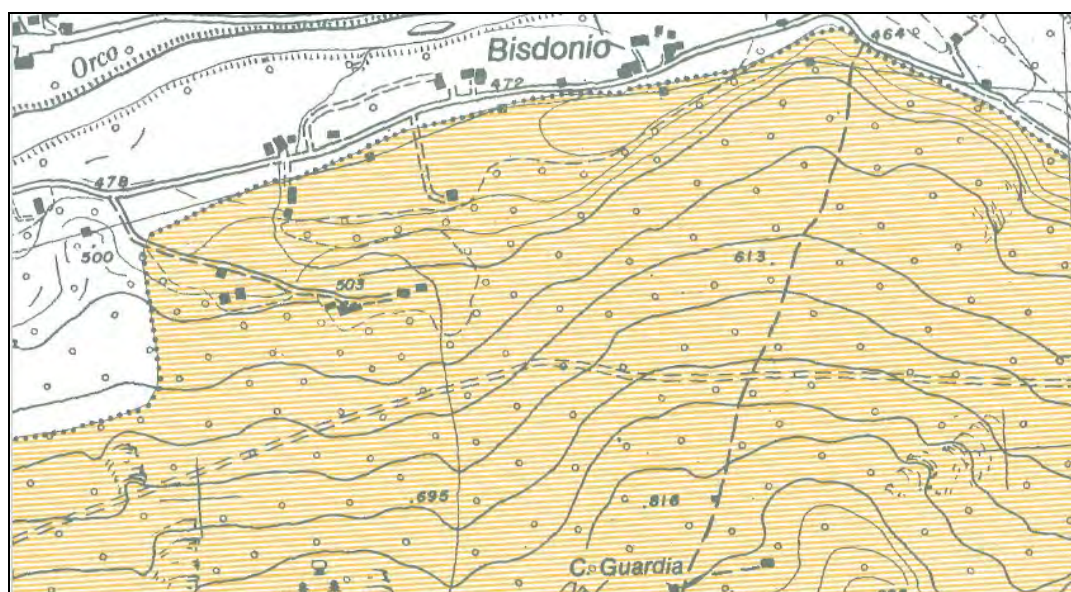
Dal punto di vista della zonizzazione acustica, il comune di Pont Canavese ha identificato l'area oggetto di studio in Classe V-Aree prevalentemente industriali, ossia *“rientrano in questa classe le aree interessate da insediamenti industriali e con scarsità di abitazioni.”* come si può evincere dalla figura sottostante. Intorno all'area di cava vi è una fascia ricadente in Classe IV-Aree di intensa attività umana che separa l'area di cava in Classe V dalle vicine aree inserite in Classe III-Aree di tipo misto.



Estratto della proposta di classificazione acustica riportata sulla Tavola n. 3: Tav. n. 21







PRGC del Comune di Pont Canavese (TO)

Il Piano di Classificazione Acustica del Comune di Alpette, di cui l'ultimo aggiornamento risale al 2004, non tiene conto della presenza della Cava in oggetto e pertanto classifica sia l'area di cava sia l'area limitrofa in Classe III – Aree di tipo misto, ossia “aree urbane interessate da traffico veicolare locale o di attraversamento, con media densità di popolazione, con presenza di attività commerciali, uffici con limitata presenza di attività artigianali e con assenza di attività industriali; aree rurali interessate da attività che impiegano macchine operatrici.” come si può evincere dalla figura sottostante.



Estratto del Piano di Classificazione Acustica del Comune di Alpette (TO)

Di seguito si riporta la legenda dei Piani di Classificazione Acustica di entrambi i Comuni in oggetto.

<i>Classe acustica</i>	<i>Limiti di immissione [dB (A)]</i>	
	<i>Periodo diurno</i>	<i>Periodo notturno</i>
 I	50	40
 II	55	45
 III	60	50
 IV	65	55
 V	70	60
 VI	70	70

3.3 Vincoli ambientali e territoriali

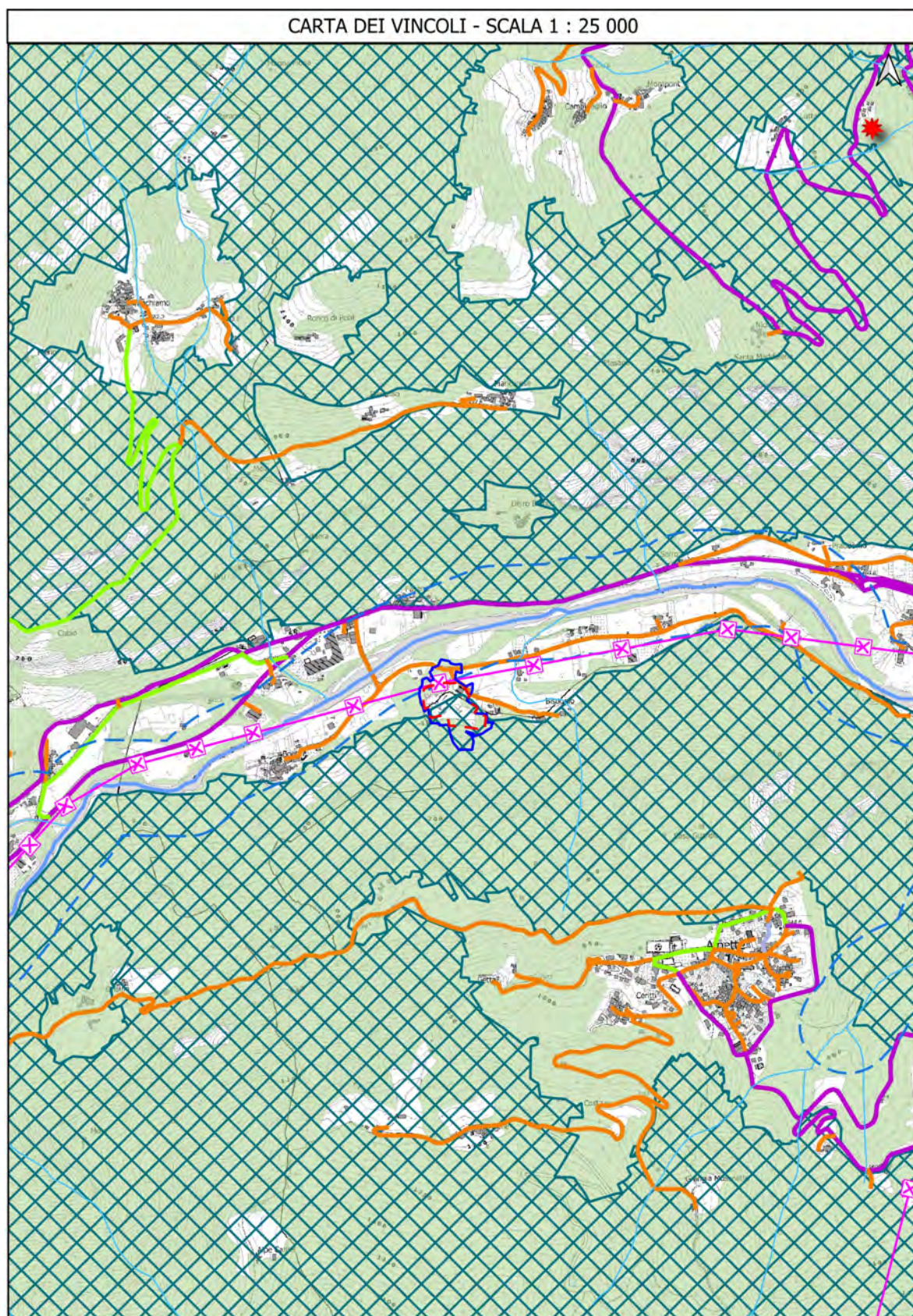
Per quanto riguarda i principali vincoli esistenti, l'area oggetto dell'intervento estrattivo risulta parzialmente sottoposta a vincoli per fini idrogeologici, ai sensi della L.R. n. 45/89 *"Nuove norme per gli interventi da eseguire in terreni sottoposti a vincolo per scopi idrogeologici"*. L'area estrattiva risulta altresì sottoposta a vincolo paesaggistico ed ambientale ai sensi del D.Lgs. 22 gennaio 2004 n. 42 *"Codice dei beni culturali e del paesaggio, ai sensi dell'articolo 10 della legge 6 luglio 2002, n. 137"* (Gazzetta Ufficiale n. 45 del 24 febbraio 2004 - Supplemento Ordinario n. 28), in quanto ricade nella fascia di rispetto di 150 m del torrente Orco. Inoltre, l'area oggetto dell'ampliamento interessa aree boscate in quanto l'intervento si amplierà verso sud-est rispetto all'area mineraria già in essere.

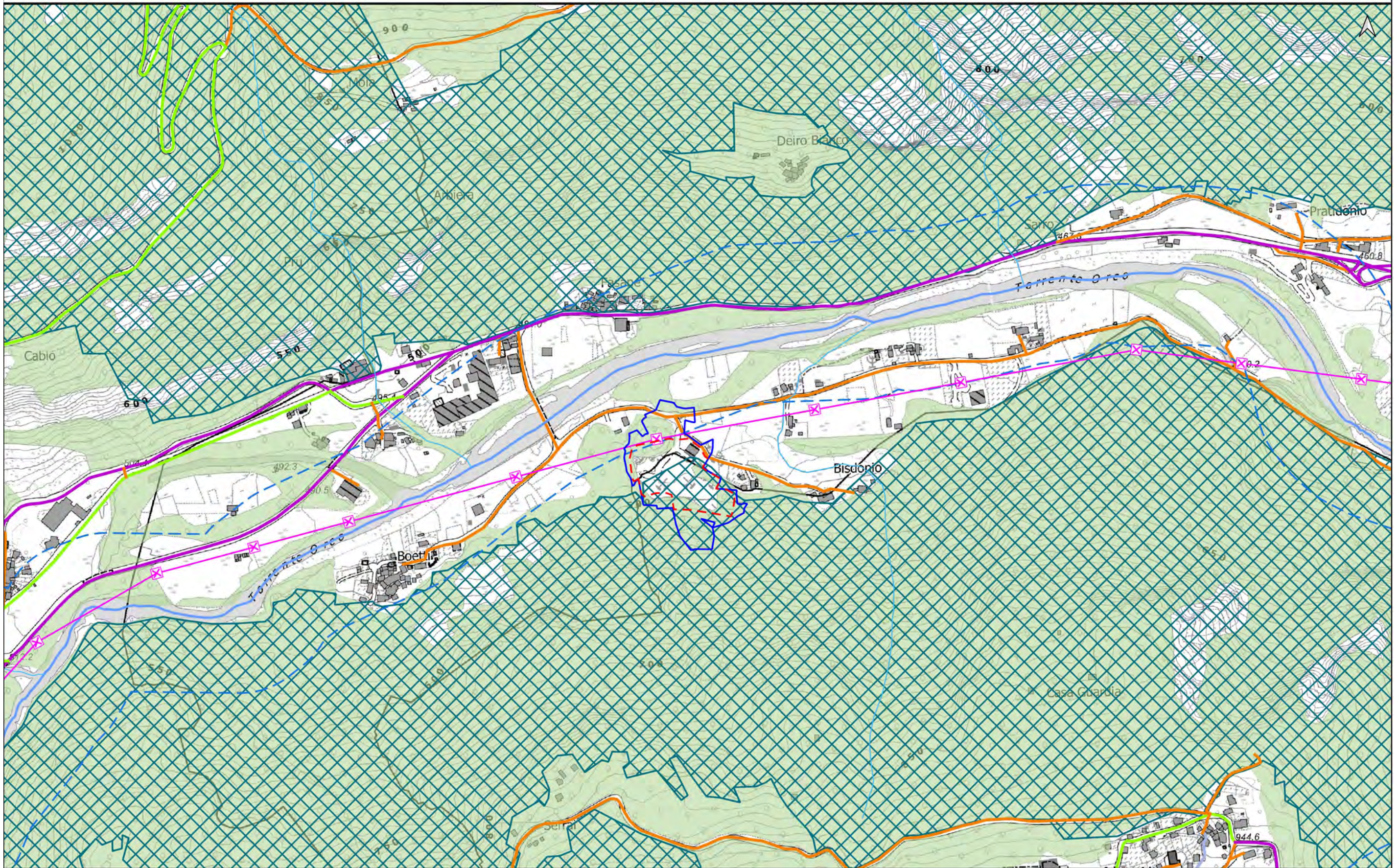
Il presente progetto viene pertanto redatto anche in conformità a quanto richiesto dagli Enti suddetti, a corredo della richiesta autorizzativa ex L.R. 45/89, mentre nella successiva fase progettuale sarà predisposta anche la relazione paesaggistica ai sensi del D. Lgs. 42/2004.

Nell'intorno dell'area di cava non sono stati censiti né parchi, né riserve regionali o nazionali. È presente invece, una linea elettrica aerea, a nord dell'area di cava, dalla quale, in virtù di quanto previsto dal progetto autorizzato, la coltivazione mineraria mantiene una distanza minima di 8 metri. Una condotta idroelettrica in galleria corre, poi, con direzione SSO-NNE, circa 220 m a SSE della cava in progetto, ad una quota, peraltro, superiore di almeno una cinquantina di metri rispetto alla quota sommitale della cava ⁽¹⁾.

Di seguito sono stati allegati un estratto cartografico in scala 1:25000 in formato A4 e un altro estratto in scala 1:10 000 in formato A3 in cui vengono riportati i vincoli succitati. La legenda di entrambi gli estratti è stata riportata nella pagina successiva agli stessi.

⁽¹⁾ Si ricorda che in condizioni consimili, in Val d'Ossola, si assume solitamente che le cave non debbano interessare una "fascia di protezione" della condotta avente l'ampiezza di 50 m in pianta su entrambi i lati e di 20 m in altezza.





Legenda:

Area di cava

- Limite area di coltivazione e di recupero ambinetale
- Limite area in disponibilità

Vincoli

- Fascia perfluviale (150 m) ex art. 142 lett. c D.Lgs. 42/2004
- ⊗ Vincolo per scopi idrogeologici
- Territori a prevalente copertura boscata, art. 16 lett. g D.Lgs. 42/2004
- Parchi e riserve regionali e nazionali
- ★ Zone gravate da usi civici, art. 33 lett. h D.Lgs. 42/2004

Rete idrografica

- Rete idrografica secondaria
- Rete idrografica principale

Rete delle infrastrutture

- ⊗ Linea elettrica

Rete stradale - Viabilità

- strada di collegamento
- strada di maggiore importanza
- strada locale
- strada pedonale
- strada secondaria

Base Cartografica BDTRE 2025

3.4 Precedenti autorizzazioni

- *Autorizzazione Cava n. 1/2004, in data 21/05/2004.*

È stata rilasciata dal Comune di Pont Canavese l'autorizzazione quinquennale per l'attività estrattiva ed il recupero ambientale della cava di gneiss cloritico sita in località "Case Bisdonio".

- *Determina n. 23/T, in data 26/05/2004.*

È stata rilasciata dal Comune di Alpette l'autorizzazione quinquennale per l'attività estrattiva ed il recupero ambientale della cava di gneiss cloritico sita in località "Case Bisdonio".

- *Del.G.C. di Pont Canavese n. 41 del 12/03/2009.*

Rinnovo quinquennale dell'autorizzazione per la prosecuzione dell'attività estrattiva ed il recupero ambientale della cava di gneiss cloritico sita in località "Case Bisdonio".

- *Del.G.C. di Alpette n. 16 del 18/03/2009.*

Rinnovo quinquennale dell'autorizzazione per la prosecuzione dell'attività estrattiva ed il recupero ambientale della cava di gneiss cloritico sita in località "Case Bisdonio".

- *Pratica SUAP Prot. N° 4739 in data 01/08/2014.*

Con tale deliberazione è stata concessa alla Ditta Tiboldo Graniti S.r.l. rinnovo ed ampliamento della coltivazione e recupero ambientale della cava di pietra ornamentale sita in Località Bisdonio per una durata di 10 anni.

- *D.D. 4662, in data 29 / 07 / 2024.*

Con tale determina dirigenziale rilasciata dal Dipartimento Ambiente e Vigilanza Ambientale Direzione Risorse Idriche e Tutela dell'Atmosfera viene rilasciata alla ditta Tiboldo Graniti S.r.l. la proroga dell'autorizzazione sino al 30/05/2026, subordinatamente al rispetto delle prescrizioni specificate nel provvedimento autorizzativo oggetto di proroga, ovvero il Provvedimento SUAP di Pont Canavese n. 4739 del 01/08/2014.

4 INQUADRAMENTO AMBINETALE E TERRITORIALE

4.1 Premessa

Le problematiche legate al recupero ambientale delle cave e delle miniere a cielo aperto vertono sulla duplice considerazione che, se da un lato non è possibile abbandonare questo tipo di attività, per l'elevata domanda dei materiali estratti, dall'altro non è ormai più ammissibile trascurare le esigenze di riconfigurare un paesaggio profondamente modificato dall'insediamento della coltivazione, di limitare ed arginare l'impatto ambientale generato dall'attività estrattiva, nonché di definire una destinazione d'uso per il territorio interessato dalla medesima, una volta cessata l'attività.

Nell'ambito di queste considerazioni, assume carattere di necessità l'esecuzione di uno studio approfondito sulle principali componenti paesaggistiche ed ambientali del territorio interessato. Infatti, va considerato che il recupero di un sito minerario e delle sue pertinenze dà luogo ad uno speciale piano paesistico che fa parte della pianificazione tecnico-economica dell'attività di cava. Ciò significa che le operazioni di coltivazione mineraria devono, sin dall'inizio, tenere conto del progetto di recupero.

Il recupero ambientale, che generalmente si sviluppa nelle tre fasi di rilevamento, rimodellamento e ricostituzione di una copertura vegetale, comprende diverse finalità: innanzi tutto il raggiungimento della stabilità fisica del terreno ed il miglioramento del paesaggio sensibile, ottenibile con la mimetizzazione della degradazione della morfologia del territorio attraverso rinverdimenti e piantagioni. Il recupero paesistico presuppone un inserimento dell'area estrattiva nel paesaggio circostante ed una omogeneizzazione con il territorio medesimo. In questo ambito si colloca, infine, anche la destinazione d'uso dell'area di cava stessa, una volta ultimato lo sfruttamento, che può essere, a seconda delle situazioni, di tipo agricolo, forestale, turistico-ricreativo, oppure, come sovente accade, polifunzionale.

Nel caso in oggetto, ci si pone nel contesto di un recupero di aree poste su di un versante in montagna, ovvero in una situazione in cui l'impatto più appariscente, in assenza di un corretto recupero, è di carattere paesaggistico.

Dal punto di vista estetico, ad esempio, l'innaturale variazione cromatica, nonché la brusca variazione morfologica nel contesto orografico della zona interessata, comportano un effetto di "estraniazione" dello scavo rispetto al paesaggio circostante; nondimeno, occorre considerare il potenziale impatto generato a carico dell'assetto idrografico.

Il ripristino, poi, può comportare un certo livello di difficoltà, dovuto a potenziali difficoltà di attecchimento del materiale vegetale; gli innaturali profili clinometrici, la roccia affiorante, la scarsa potenza (o, addirittura, l'assenza) del substrato pedologico, con relativa siccità edafica ed aumento delle escursioni termiche, possono allungare i tempi del recupero naturale o effettuato con metodologie "tradizionali".

Tuttavia, è possibile accelerare tale processo ricorrendo a tecniche di "ingegneria naturalistica" (bioingegneria), il cui utilizzo ha permesso, in moltissimi casi, la perfetta riuscita di recuperi in ambienti anche più difficili di quello all'oggetto.

Pertanto, indirizzando le linee progettuali in base ai principi che regolano tali metodologie, è previsto il progetto di recupero ambientale per il reintegro dell'area nel contesto paesaggistico - ambientale circostante.

4.2 Clima e bilancio idrico

Per la presente analisi si è fatto ricorso ai tabulati del Servizio Idrogeologico della Regione Piemonte, pubblicati nei volumi "Progetto per la pianificazione delle risorse idriche del territorio piemontese", utilizzando i dati medi mensili di precipitazioni, temperatura ed ETP (calcolata con il metodo di Thorntwaite) riferiti alla stazione termopluviometrica di Pont Canavese (TO).

Dal punto di vista climatico, l'area in oggetto è caratterizzata dai seguenti valori:

- media annua: 11,43 °;
- media del mese più freddo: 1,39 ° (gennaio);
- media del mese più caldo: 21,62 ° (luglio);
- Media annua delle precipitazioni: 1.246,6 mm;
- Media estiva (GLA) delle precipitazioni: 330,4mm;
- Massimo mensile di precipitazioni: 171,7 mm (maggio);
- Minimo mensile di precipitazioni: 41,5 mm (gennaio).

Per ciò che concerne il regime pluviometrico, facendo riferimento alla "Carta dei regimi pluviometrici del Piemonte" ⁽²⁾, si riscontra il tipo sublitoraneo piemontese, caratterizzato cioè da un andamento equinoziale ma, a differenza dei tipi padano e mediterraneo, con una depressione estiva poco accentuata; l'andamento termopluviometrico dell'anno medio, paragonabile al tipo medio - europeo, è rappresentato nell'allegato diagramma climatico ⁽³⁾; sintetizzando le succitate informazioni,

⁽²⁾ Carta allegata al già citato "Progetto per la pianificazione delle risorse idriche del territorio piemontese".

⁽³⁾ Il significato di tale grafico consiste nel fatto che le temperature medie mensili hanno un "peso doppio" rispetto alle precipitazioni mensili; si ha allora per convenzione che quando la curva umbrica è inferiore a quella termica (quando cioè si verifica la condizione $P < 2T$) si verifica un periodo di aridità. La superficie compresa tra le due curve indica l'importanza

all'area corrisponde un clima continentale, definito da un regime pluviometrico di tipo esalpino, caratterizzato da una debole depressione idrica nel trimestre estivo.

L'analisi climatica trova applicazione nella definizione del bilancio idrico dei suoli, al fine di valutare la reale disponibilità di acqua per colture e vegetazione naturale, in modo da prevedere quali siano i periodi caratterizzati da stress idrico per la vegetazione e quali possano essere invece i periodi in cui il suolo raggiunge la capacità di campo e non è più in grado di assorbire le acque meteoriche, con conseguente ruscellamento delle stesse.

Tale bilancio consiste in un confronto tra la domanda di acqua che si verifica sulla superficie terrestre come conseguenza dell'interazione di determinati fenomeni fisici e biologici (temperatura, albedo, vento, umidità atmosferica, copertura vegetale, ecc.) e l'offerta naturale costituita dalle precipitazioni interessanti l'area in questione. Di tale bilancio la prima voce è rappresentata dall'evapotraspirazione potenziale (ETP) calcolata con il metodo di Thorntwaite, la seconda dalla piovosità utile (precipitazioni totali per un coefficiente di correzione, compreso tra 0 e 1), espressione della geomorfologia e del tipo di copertura del suolo). Il risultato è la definizione del regime di umidità del suolo: questo si riferisce alla presenza o all'assenza nel suolo, o in orizzonti specifici dello stesso, di una falda freatica o di acqua trattenuta ad una tensione inferiore a 15 atm. durante determinati periodi dell'anno.

L'acqua così definita è detta acqua facilmente utilizzabile (AWC: available water capacity); ed è l'acqua trattenuta con tensione inferiore a 15 atm. (punto di appassimento), quindi disponibile per mantenere in vita la maggior parte delle piante nei nostri climi. D'altra parte, una volta raggiunta la capacità di campo (0,05 atm.), il suolo non trattiene più l'acqua, che quindi viene persa per infiltrazione negli strati più profondi del suolo oppure viene persa per ruscellamento superficiale. Nel campo compreso entro questi due valori di pressione, l'acqua è disponibile per la soprastante vegetazione.

Considerando un bilancio idrico annuo, l'AWC, ovvero la riserva idrica del suolo, viene ad essere intaccata quando l'ETP supera le precipitazioni: in tale momento la riserva idrica decresce determinando fasi di utilizzo ed eventualmente, ad AWC esaurita, fasi di vero e proprio deficit.

del periodo secco: la durata è espressa dalla differenza delle due ascisse in cui le curve si intersecano, l'intensità

Viceversa, nel momento in cui le precipitazioni tornano ad essere superiori all'ETP, si ha la fase di ricarica, ovvero si ha il ripristino della riserva idrica nel suolo.

Date le caratteristiche dei suoli presenti in area (Cfr. paragrafo successivo), caratterizzati da una relativa scarsità in termini di spessore utile, ipotizzare un AWC di 70 mm, stimando tale valore attraverso la seguente formula:

$$AWC (mm) = (C-F/100)*H*D$$

dove C-F rappresenta la differenza in percentuale sul volume d'acqua tra il punto di appassimento e la capacità di campo, H è la profondità del suolo espressa in mm e D è la densità apparente del suolo.

Dalle relative tabelle e dai grafici allegati si evince come l'ETP risulti superiore alle precipitazioni soltanto nei mesi di luglio e agosto; tuttavia, la riserva idrica viene ad essere completamente esaurita soltanto per un breve periodo durante il secondo dei suddetti mesi.

L'evapotraspirazione potenziale che, come già esposto, è un dato fondamentale per valutare la potenzialità delle colture e della vegetazione, risulta pari a 691,04 mm annui, con punte massime in luglio (136,44 mm/anno).

Per potere valutare con più precisione il regime di umidità del suolo, l'AWC (e di conseguenza il bilancio idrico) è solitamente riferita alla "sezione di controllo dell'umidità". Quest'ultima, secondo la definizione fornita dall'USDA, è una ipotetica sezione di suolo, in cui il limite superiore corrisponde alla profondità alla quale un suolo allo stato asciutto (tensione superiore o uguale a 15 atm.) è inumidito da 2,5 cm in 24 ore. Il limite inferiore è dato dalla profondità alla quale un suolo allo stato asciutto è inumidito da 7,5 cm di acqua in 48 ore. Questi valori definiscono un "suolo tipo". Poiché non appare realistico effettuare prove di campo per valutare tali limiti per ogni suolo considerato, è preferibile stimare il periodo in cui la sezione di controllo è parzialmente o totalmente asciutta applicando la proporzione tra i dati reali e quelli, citati in precedenza, riferiti al "suolo tipo".

dall'ampiezza della superficie incrociata.

Il regime di umidità del suolo é risultato essere di tipo UDICO. Con tale regime, la sezione di controllo non è mai secca in ogni sua parte per più di 90 giorni cumulativi per anno. Se la temperatura media annua è inferiore ai 22° C e se la differenza tra la temperatura media del suolo a 50 cm di profondità tra l'inverno e l'estate è di 5° o più, la sezione di controllo deve risultare secca in ogni sua parte per meno di 45 giorni cumulativi all'anno per sei anni o più su dieci.

Si riassumono, qui di seguito, i dati climatici mensili (ed i grafici su di essi costruiti) calcolati per l'anno medio 1921-70, desunti dai tabulati del Servizio Idrogeologico della Regione Piemonte, pubblicati nei volumi "Progetto per la pianificazione delle risorse idriche del territorio piemontese" e riferiti a Pont Canavese (TO).

Pont Canavese, dati climatici medi mensili

Anno medio 1921-70

Mese	Temp. (°C)	Prec. (mm)	ETP (mm)	Deficit (mm)
Gennaio	1,39	41,5	1,85	39,65
Febbraio	3,57	44,6	7,16	37,44
Marzo	5,95	82,8	24,33	58,47
Aprile	10,59	144,0	50,79	93,21
Maggio	15,36	171,7	86,98	84,72
Giugno	19,21	140,7	116,22	24,48
Luglio	21,62	86,2	136,44	-50,24
Agosto	20,77	103,5	118,82	-15,32
Settembre	17,52	116,2	81,18	35,02
Ottobre	12,04	127,8	45,23	82,57
Novembre	6,49	123,9	17,33	106,57
Dicembre	2,69	63,1	4,71	58,39
Anno	11,43	1.246,6	691,04	555,56

4.3 Pedologia

I suoli inerenti la zona in oggetto si sono evoluti a partire da un substrato litologico dominato da gneiss e micascisti, la cui alterazione ha dato luogo alla formazione di un suoli bruni debolmente lisciviati aventi potenza media o limitata, a tessitura prevalentemente sabbiosa, povero di argilla, con buon drenaggio e media capacità di trattenuta idrica.

In base alla "Carta dei suoli" ⁽⁴⁾ i suoli caratterizzanti l'areale di studio risulterebbero classificati, in base alla classificazione come "*Typic Hapludalf acidi, dei bassi versanti montani*" o come "*Typic Dystrudept, grossolani, dei versanti montani*", in base al grado di evoluzione pedogenetica, legata per lo più all'acclività ed all'erodibilità, quest'ultima limitante l'evoluzione pedogenetica.

Si tratta di suoli in ogni caso poco profondi, con colore variabile (da bruno a bruno giallastro) con scheletro grossolano, pH da acido a sub-acido, senza orizzonti organici ben sviluppati.

I Typic Dystrudept in riferimento al caso in oggetto, li troviamo nelle aree caratterizzate da una maggiore acclività, spesso influenzate dal colluvio di materiali dall'alto, sulle quali però la relativa stabilità consente un inizio di pedogenesi.

A livello tassonomico i Dystrudept appartengono all'ordine degli Inceptisuoli, caratterizzati infatti da una incipiente evoluzione pedogenetica con conseguente stratificazione pedologica; essi pertanto non possiedono orizzonti profondi evoluti del tipo argillico (tranne, in modo marginale, i suoli all'oggetto) o spodico, ma sono tassonomicamente definiti da un orizzonte cambico (Bw), ovvero da un orizzonte di alterazione. Tale orizzonte è in genere ben evidente nel subsoil e risulta caratterizzato da marcate variazioni cromatiche (da bruno a bruno giallastro, a volte con sfumature rossastre).

Il profilo tipo dei suoli all'oggetto può essere riassunto da una sequenza stratigrafica di tipo A-Bw-BC-C.

⁽⁴⁾ "Carta dei suoli e carte derivate" scala 1: 250.000, servizio di consultazione on line fornito dalla Regione Piemonte (www.regionepiemonte.it)

Come già accennato, in tali suoli l'orizzonte diagnostico cambico è l'elemento tassonomico discriminante; è un orizzonte di alterazione chimico-fisica del substrato, in cui non si riconoscono né le caratteristiche tipiche degli orizzonti superficiali, né la struttura geologica del materiale sottostante. In esso si notano solitamente sia argille di neoformazione, sia una liberazione degli ossidi di ferro ed uno spostamento dei carbonati.

I Dystrudept sono suoli desaturati, poveri di elementi nutritivi, adatti ad utilizzo unicamente forestale o pascolivo, assai diffusi nelle aree di bassa e media montagna.

Gli Hapludalf, presenti per lo più nelle zone di *colluvium*, sono, rispetto i precedenti, più evoluti.

La maturità pedogenetica è definita dalla presenza di un orizzonte Bt argillico, immediatamente sottostante l'epipedon; il profilo tipo dei suoli all'oggetto può essere riassunto secondo la sequenza A-EB-Bt-BC-C.

L'elemento diagnostico principale è costituito dall'orizzonte argillico (Bt, orizzonte illuviale); quest'ultimo è definito da un colore bruno-rossastro, con tessitura più fine rispetto agli orizzonti A e C, la struttura è generalmente di tipo poliedrico medio evidente, differenziandosi talvolta, nel tipo prismatico medio-grossolano evidente. Gli Hapludalf sono più profondi dei suoli precedenti, nonché maggiormente dotati in elementi nutritivi.

Dalla Carta della Capacità d'uso dei suoli del Piemonte ⁽⁵⁾ si evince che tali suoli rientrano nella sesta classe di capacità d'uso (sottoclasse e1). Le limitazioni proprie di questi suoli sono da ricercare, più che altro, nell'ambito stazionale e, più precisamente, nella clinometria caratterizzata da forti pendenze, nel potenziale rischio di erosione superficiale, nella superficialità del suolo, nonché nella pietrosità e nella rocciosità dello stesso.

⁽⁵⁾ “Carta dei suoli e carte derivate” scala 1: 250.000, servizio di consultazione on line fornito dalla Regione Piemonte (www.regione piemonte.it)

In conseguenza di quanto esposto sopra, le attitudini agricole di questi suoli concernono principalmente la praticoltura, mentre le attitudini forestali riguardano cedui e fustaie di castagno e di latifoglie esigenti.

4.4 Vegetazione attuale e potenziale

La distribuzione e la composizione della vegetazione, nell'ambito di un determinato territorio, è ovviamente funzione delle condizioni geomorfologiche e climatiche dello stesso, oltre che delle trasformazioni apportate dall'uomo con l'uso delle terre.

Tali condizioni si traducono, di conseguenza, sul paesaggio vegetazionale che risulta più o meno complesso, con una varietà di raggruppamenti e serie dinamiche che, come sempre accade nell'ambito di vallate, sovente sfumano e si compenetrano tra loro.

L'assetto vegetazionale del comprensorio in cui si inserisce l'area di cava è rappresentato, nell'ambito della vegetazione potenziale (Tomaselli, 1970, in IPLA/Reg. Piemonte: *Carta della vegetazione forestale del Piemonte*. 1982), dal climax della rovere, a sua volta riconducibile, secondo BARBERO e OZENDA ⁽⁶⁾, alla *serie acidofila della rovere* ⁽⁷⁾.

Tale serie, per lo più localizzata tra 300 e 1.000 m s.l.m., secondo i succitati Autori, si presenta così strutturata:

- formazioni arboree originariamente dominate dalla sola rovere (*Quercus petraea*); attualmente, a causa dell'intensità della pressione antropica d'origine storica, i raggruppamenti climax della serie risultano rimpiazzati da raggruppamenti di sostituzione a castagneto, i quali risultano dominanti a scapito di quelli di rovere (*Quercus petraea*), rari e frammentati. Pertanto, l'associazione che meglio interpreta la gli stadi arborei "paraclimax" della serie è il *Castaneo-Quercetum sessiliflorae* Br. Bl. 1949;
- *facies* arboree secondarie, nelle zone rocciose o di detriti rocciosi oppure negli ex-coltivi, a betulla (*Betula pendula*) e pioppo tremolo (*Populus tremula*);

⁽⁶⁾ OZENDA P. *La végétation de la chaîne alpine*. Ed. Masson, Paris. 1982

⁽⁷⁾ Una serie dinamica vegetazionale corrisponde all'insieme dei raggruppamenti vegetali che evolvono ad uno stadio forestale di equilibrio edafico e climatico, e di quelli che ne derivano per degradazione.

- *facies* a latifoglie mesofile nelle zone di *colluvium* caratterizzate da maggior umidità;
- formazioni arbustive a prevalenza di calluna (*Calluna vulgaris*) e ginestra dei carbonai (*Cytisus scoparius*);
- formazioni erbacee caratterizzate da *Bromus erectus*, *Teucrium scorodonia*, *Avenella flexuosa*, *Festuca capillata*.

Al di sopra della serie della rovere, l'area risulta interessata dalla *serie acidofila del faggio*; questa, nell'ambito dell'area di studio, occupa una fascia posta ai margini settentrionali della stessa, esclusivamente sul versante esposto a sud, e risulta strutturata come segue:

- formazioni arboree stabili, rappresentate da raggruppamenti a faggete caratterizzate da un sottobosco acidofilo a *Luzula nivea*, *Avenella flexuosa*, *Vaccinium myrtillus*; la corrispondenza fitosociologica è con l'associazione *Luzulo-Fagetum* Br. Bl. 1931;
- *facies* ad ontano bianco (*Alnus incana*) nelle colluvioni umide;
- *facies* a betulla (*Betula pendula*) e pioppo tremolo (*Populus tremula*) su suoli poveri e stazioni rocciose;
- *facies* di sostituzione, ai margini inferiori della serie, a castagno (*Castanea sativa*)
- *facies* di rimboschimento a larice (*Larix decidua*);
- formazioni arbustive, sovente di degradazione, a calluna (*Calluna vulgaris*), ginestra dei carbonai (*Cytisus scoparius*), mirtillo nero (*Vaccinium myrtillus*); secondo i citati Autori, vi sarebbe un corrispettivo fitosociologico con l'associazione (*Vaccinio-Callunetum*);
- formazioni erbacee discontinue a *Molinia cerulea*.

L'assetto della vegetazione reale, su entrambi i versanti, risulta principalmente caratterizzato da castagneti governati a ceduo; soltanto su stazioni più difficili, quindi meno adatti ad una specie tutto sommato abbastanza esigente come il castagno (*Castanea sativa*), permangono raggruppamenti a rovere (*Quercus petraea*) o a betulla (*Betula pendula*).

Tali castagneti sono caratterizzati, come già specificato, da una ceduzione generalizzata, talvolta con riserve di matricine. Dal punto di vista vegetazionale possono essere considerati una variante floristicamente impoverite di preesistenti associazioni del *Quercetalia robori-petraeae* e del *Fagetalia*, alleanze del *Luzulo-Fagion* e del *Tilia-Acerion*.

La ceduzione generalizzata ha fortemente limitato gli attacchi di cancro corticale dovuti a *Cryphonectria parasitica*; risultano presenti numerosi individui caratterizzati da cicatrizzazioni definitive delle ferite.

I versanti vallivi, oltre che dai soprassuoli già descritti, risultano caratterizzati da più o meno estesi betuleti montani che rappresentano, nell'ambito del dinamismo vegetazionale del piano, cenosi secondari di colonizzazione di prati e pascoli abbandonati.

Si tratta di popolamenti pressoché coetanei e puri che dovrebbero evolvere, in assenza di condizioni di disturbo, nella faggeta oligotrofica o nel querceto acidofilo a rovere (*Quercus petraea*) a seconda dell'altitudine. Si tratta ovviamente di cenosi privi di individualità vegetazionale, caratterizzati da coperture erbacee arbustive con prevalenza di *Calluna vulgaris*, *Molinia arundinacea* e, in alcune stazioni, di *Vaccinium myrtillus* e *Rhododendron ferrugineum* e *Pteridium aquilinum*: alcuni autori ⁽⁸⁾ classificano tali cenosi come *Vaccinio-Callunetum betuletosum*.

Su stazioni caratterizzate da suoli superficiali e da numerosi affioramenti di roccia viva, i betuleti cedono il posto a formazioni irregolari di nocciolo (*Corylus avellana*), che assumono pertanto caratteristiche colonizzatrici e stabilizzatrici.

La flora ripariale del t. Orco (di tipo azonale), nel tratto studiato, risulta ascrivibile, quanto meno a livello potenziale, all'associazione dell'*Alnetum glutinosae-incanae*., con aggruppamenti a salici, per lo più arbustivi, riferibili all'ordine *Salicetalia purpureaeae*. Lo stato arbustivo è rappresentato principalmente da salici pionieri di greto (*Salix purpurea*, *Salix eleagnos*, *Salix alba*, *Salix nigricans*) e, nella zona non a contatto con l'acqua, da *Cornus sanguinea*, *Salix caprea*, *Lonicera caprifolium*: sono presenti inoltre alte erbe nitrofile e frugali, quali l'*Artemisia vulgaris*, *Epilobium sp.*

⁽⁸⁾ AUBERT, BARBERO, LOISEL, 1971.

La parte inferiore dell'area in oggetto è caratterizzata da tipologie mesofile a latifoglie miste, fitosociologicamente ascrivibili all'alleanza *Tilia-Acerion* e, nel caso delle formazioni di fondovalle, all'associazione *Aceri-Fraxinetum alnetosum incanae*.

Si tratta di cenosi floristicamente molto ricche, in cui vi è presenza di specie indicatrici di un ambiente fresco e con un buon *humus* di tipo mull; le specie del sottobosco più frequenti sono *Aruncus dioicus*, *Dryopteris filix-mas*, *Primula vulgaris*, *Galium sp.*

Pertanto l'area di studio risulta caratterizzata, nella fascia basale dei versanti, da coperture forestali irregolari di boschi misti di latifoglie mesofile quali l'acero di monte (*Acer pseudoplatanus*), il frassino (*Fraxinus excelsior*), l'ontano bianco (*Alnus incana*), il salicene (*Salix caprea*) e il pioppo tremolo (*Populus tremula*), vicariati, dove la pressione antropica si è manifestata più intensamente, da castagneti originariamente governati a ceduo ormai invecchiati ed infiltrati da latifoglie secondarie.

Oltre che da superfici forestali, l'assetto vegetazionale risulta completato dalla presenza, in particolare sui versanti opposti a quello dove è situata l'area di cava, da pascoli e, nella fascia basale del versante prati sfalciati: i primi rientrano probabilmente nell'alleanza *Poion alpinae*, classe *Arrhenatheretea*, mentre secondi nelle alleanze *Arrhenatherion* e *Trisetum-Polygonum bistortae*, ambedue rientranti nella classe *Arrhenatheretea*.

In sintesi, nell'ambito dell'areale di studio, sulla base dei rilievi effettuati, di analisi fotointerpretative e di quanto reperito in bibliografia specializzata ⁽⁹⁾, risulterebbero presenti principalmente le seguenti tipologie forestali:

- **Castagneto ceduo a *Teucrium scorodonia*:** presente su entrambi i versanti vallivi fino a ca. 900 m. Le specie più significative sono *Castanea sativa*, *Quercus petraea*, *Betula pendula*, *Populus tremula* nello strato arboreo, *Corylus avellana*, *Sorbus aria*, *Juniperus communis* e *Cytisus scoparius* nello strato arbustivo, *Pteridium aquilinum*, *Luzula nivea*, *Vaccinium myrtillus*, *Calluna vulgaris*, *Teucrium scorodonia*. Fitosociologicamente, l'assetto vegetazionale di tale unità è principalmente riferita all'ordine *Quercetalia robori-petraeae*.

⁽⁹⁾ MONDINO G.P. *La vegetazione forestale del Piemonte. Materiali per una tipologia forestale regionale*. Ann. Sci. For. It., 1989.

- ***Betuleto montano***: è presente principalmente sul versante ad esposizione sud, dove costituisce una *facies secondaria* della faggeta oligotrofica e del querceto acidofilo; i betuleti presenti sul versante nord, sempre su suoli rocciosi, benché siano ricondotti al presente tipo sono per lo più da considerare come varianti del castagneto ceduo. Le specie più significative sono *Betula pendula*, *Populus tremula*, *Salix caprea*, *Acer pseudoplatanus*, *Laburnum anagyroides*, *Sorbus aria*, *Fagus sylvatica* e *Quercus petraea* nello strato arboreo, *Cytisus scoparius* e *Juniperus communis* nello strato arbustivo, *Pteridium aquilinum*, *Molinia arundinacea*, *Vaccinium myrtillus*, *Calluna vulgaris*, *Avenella flexuosa* nello strato erbaceo. L'assetto vegetazionale è per lo più definito dalla classe *Nardo-Callunetea*.
- ***Acero-(tiglio)-frassineto, variante tipica con castagno ed immatura ad ontano bianco***: occupa in modo frammentato ed irregolare le zone più fresche del fondovalle e dei bassi versanti, nonché i colluvi principali. Risulta fortemente infiltrato, o sostituito, dal castagneto; le specie più significative sono *Fraxinus excelsior*, *Tilia cordata*, *Acer campestre*, *Acer pseudoplatanus*, *Castanea sativa*, *Alnus incana* nel piano arboreo, *Corylus avellana* nello strato arbustivo, *Rubus idaeus*, *Anemone nemorosa*, *Aruncus dioicus*, *Senecio fuchsii*, *Lamium galeobdolon*, *Salvia glutinosa*, *Polygonatum multiflorum* nello strato erbaceo. l'assetto vegetazionale va riferito all'associazione *Aceri-Fraxinetum alnetosum incanae* per le cenosi meno mature, più in generale all'alleanza *Tilia-Acerion*, ordine *Fagetalia*.
- ***Formazioni di ripa irregolari; alneti ad ontano bianco ed ontano nero e saliceti di greto***: occupano, in modo discontinuo e frammentato (spesso ridotte a semplici formazioni lineari) le fasce peririparie del t. Orco. Le specie più significative sono *Alnus glutinosa*, *Alnus incana*, *Fraxinus excelsior*, *Robinia pseudoacacia*, *Salix alba* nello strato arboreo, *Salix purpurea*, *Salix eleagnos*, *Salix caprea*, *Corylus avellana* nel piano arbustivo, *Rubus idaeus* nel piano erbaceo. Le unità fitosociologiche di riferimento sono l'associazione *Alnetum glutinosae-incanae*, alleanza *Alno-Ulmion*, ordine *Fagetalia*, e la classe *Salicetalia purpureae*.

Per una più agevole comprensione delle tipologie forestali individuate e della loro distribuzione nel comprensorio analizzato è consigliata la consultazione della tavola n.5 “*Carta dell’uso del suolo e della vegetazione*”, allegata alla presente relazione.

Focalizzando l'attenzione sulla zona oggetto di ampliamento è importante ricordare in tal sede che la stessa si presenta attualmente priva di vegetazione in quanto circoscritta ad un'area estrattiva già in essere.

4.5 Analisi faunistica

L'ambiente considerato risulta caratterizzato da un'antropizzazione relativamente poco spinta, alla quale fa fronte una diversificazione ambientale notevole, in virtù delle differenti caratteristiche morfologiche, climatiche e vegetazionali dei due versanti e dell'area di fondovalle.

Questa situazione si riscontra principalmente nel numero di specie concorrenti a formare il patrimonio avifaunistico, che, da quanto si evince dalla bibliografia in merito ⁽¹⁰⁾ risulterebbe caratterizzato da numerose specie nidificanti. Di esse, si citano quelle relative ad uccelli insettivori quali il picchio verde (*Picus viridis*), il picchio rosso maggiore (*Dendrocopos major*), la cinciallegra (*Parus majori*), la cinciarella (*Parus caeruleus*), la ghiandaia (*Garrulus glandarius*), il pettirosso (*Eritachus rubecula*) ed il merlo (*Turdus merula*).

Tra i rapaci, si segnalano la poiana (*Buteo buteo*), il gheppio (*Falco tinnunculus*) ed il falco pecchiaiolo (*Pernis apivorus*); nell'ambiente fondovallico, più antropizzato rispetto i precedenti, risulta ben adattata la cornacchia grigia (*Corvus corone cornix*).

Si riporta di seguito il patrimonio avifaunistico della zona in oggetto che ricade nella tavola IGM 42 III NE; occorre quindi considerare che i dati riportati interessano una superficie molto più vasta rispetto a quella considerata ai fini della presente analisi per cui devono essere interpretati come indicativi di una potenziale situazione.

ELENCO	NOME SCIENTIFICO	nidif	amb	lista rossa
Germano reale	<i>Anas platyrhynchos</i>	3	a	
Falco pecchiaiolo	<i>Pernis apivorus</i>	2	b	x
Biancone	<i>Circaetus gallicus</i>	3	b	x
Astore	<i>Accipiter gentilis</i>	1	b	x
Sparviere	<i>Acciiter nisus</i>	2	b	x

⁽¹⁰⁾ MINGOZZI ., BOANO G., PULCHER C: *Atlante degli uccelli nidificanti in Piemonte e Valle d'Aosta*. 1988.

Poiana	<i>Buteo buteo</i>	3	b-ru	
Aquila reale	<i>Aquila chrysaetos</i>	1	pa.m.-ru	x
Gheppio	<i>Falco tinnunculus</i>	2	pa.m.-u	
Fagiano di monte	<i>Tetrao tetrix</i>	1	m	x
Colombaccio	<i>Columba palumbus</i>	2	b	
Cuculo	<i>Cuculus canorus</i>	2	b	
Rondone	<i>Apus apus</i>	3	u	
Torcicollo	<i>Jynx torquilla</i>	2	b-p	
Picchio verde	<i>Picus viridis</i>	2	b	
Picchio rosso maggiore	<i>Picoides major</i>	3	b	
Allodola	<i>Alauda arvensis</i>	2	p-c-bru	
Rondine montana	<i>Ptyonoprogne rupestris</i>	1	pa.m.	
Rondine	<i>Hirundo rustica</i>	1	u	
Balestruccio	<i>Delichon urbica</i>	3	pa.m.-u	
Prispolone	<i>Anthus trivialis</i>	2	p-b	
Spioncello	<i>Anthus spinoletta</i>	2	p	x
Ballerina gialla	<i>Motacilla cinerea</i>	2	ff	
Ballerina bianca	<i>Motacilla alba</i>	3	u-c	
Merlo acquaiolo	<i>Cinclus cinclus</i>	1	ff	x
Scricciolo	<i>Troglodytes troglodytes</i>	2	ff-u	
Pettirosso	<i>Erithacus rubecula</i>	3	b	
Codirosso spazzacamino	<i>Phoenicurus ochruros</i>	2	m-pa.m.	
Codirosso	<i>Phoenicurus phoenicurus</i>	2	b-u	

Stiaccino	<i>Saxicola rubetra</i>	2	p	x
Saltimpalo	<i>Saxicola torquata</i>	2	p-u	
Culbianco	<i>Oenanthe oenanthe</i>	3	m-bru	
Codirossone	<i>Monticola saxatilis</i>	1	m-bru	x
Merlo	<i>Turdus merula</i>	3	b-u	
Tordo bottaccio	<i>Turdus philomelos</i>	2	b	
Tordela	<i>Turdus viscivorus</i>	2	b	
Beccafico	<i>Sylvia borin</i>	2	b	
Capinera	<i>Sylvia atricapilla</i>	3	b	
Luì bianco	<i>Phylloscopus bonelli</i>	2	b-xe	
Luì piccolo	<i>Phylloscopus collybita</i>	2	b	
Pigliamosche	<i>Muscicapa striata</i>	3	b	
Codibugnolo	<i>Aegithalos caudatus</i>	2	b	x
Cincia bigia	<i>Parus palustris</i>	2	b-u	x
Cincia mora	<i>Parus ater</i>	3	b	
Cinciarella	<i>Parus caeruleus</i>	3	b	x
Cinciallegre	<i>Parus major</i>	2	b-u	
Picchio muratore	<i>Sitta europaea</i>	2	b	
Rampichino	<i>Certhia brachydactyla</i>	2	b	
Averla piccola	<i>Lanius collurio</i>	1	c-p	x
Ghiandaia	<i>Garrulus glandarius</i>	2	b	
Taccola	<i>Corvus monedula</i>	3	ru-u	
Cornacchia nera	<i>Corvus corone corone</i>	1	c-p	

Cornacchia grigia	<i>Corvus corone cornix</i>	3	c-u	
Corvo imperiale	<i>Corvus corax</i>	3	pa.m.	
Sturno	<i>Sturnus vulgaris</i>	3	u-b	
Passera d'Italia	<i>Passer domesticus italiae</i>	3	u	
Passera mattugia	<i>Passer montanus</i>	3	u-c	
Fringuello	<i>Fringilla coelebs</i>	3	b	
Verzellino	<i>Serinus serinus</i>	2	b-u	
Verdone	<i>Carduelis chloris</i>	2	u	
Cardellino	<i>Carduelis carduelis</i>	2	b	
Fanello	<i>Carduelis cannabina</i>	3	m-b	
Ciuffolotto	<i>Pyrrhula pyrrhula</i>	2	b	
Zigolo giallo	<i>Emberiza citrinella</i>	3	b	
Zigolo nero	<i>Emberiza cirrus</i>	2	u-c	
Zigolo mucciato	<i>Emberiza cia</i>	3	ru	x

Note:

- nid. = livello probabilistico di nidificazione della specie: 3 nidificazione certa; 2 nidificazione probabile; 1 nidificazione possibile.
- ambito preferenziale di nidificazione: a – ambiente acquatico; b – area boscata; bru – brughiere; c – campi coltivati; ff – fasce fluviali; gh ghiaietti (sponde fluviali); p – prati e pascoli; pa.m. – pareti rocciose di montagna; ru – rupi; sab – sponde fluviali sabbiose; u – aree urbane e suburbane; xe – ambienti xerici; zu – zone umide.

La tabella riportata evidenzia che delle 65 specie segnalate, 15 (cioè il 23%) sono incluse nella lista rossa tra cui il falco pecchiaiolo e l'aquila reale.

In riferimento agli habitat di nidificazioni, le entità più frequenti sono quelle legate alle aree boscate (50 %) di cui le più rappresentative sono i Picidi (picchio rosso maggiore e picchio verde), la

ghiandaia, il fringuello e il pettirosso. Tra le specie presenti nelle aree urbane e suburbane (12 %) si segnalano la rondine, la passera d'Italia e lo storno; il 10 % tra le specie censite nidificano nelle fenditure e negli anfratti delle pareti rocciose frequenti nella zona, di queste si evidenziano la rondine montana, il gheppio, l'aquila reale e la taccola.

Con ugual percentuale dell'8 % sono state censite le specie presenti nelle zone montane e in quelle a prato-pascolo, mentre decisamente meno frequenti sono le specie legate agli ambienti fluviali e ai campi coltivati con una percentuale del 3 %.

Si segnala una sola specie legata all'ambiente acquatico (germano reale) ed una ai versanti ben soleggiati, boschi luminosi e secchi e interrotti da radure (luì bianco).

Per ciò che concerne la mammalofauna non si hanno notizie o fonti bibliografiche dettagliate, anche in virtù del fatto che i mammiferi hanno risentito in misura superiore rispetto agli uccelli delle trasformazioni antropiche; si rileva nel presente contesto, la potenzialità per il capriolo (*Capreolus capreolus*), la volpe (*Vulpes vulpes*), la faina (*Martes faina*), l'espansione del cinghiale (*Sus scrofa*), la presenza di piccoli roditori quali il ghio (*Glis glis*), la lepre (*Lepus capensis*), lo scoiattolo (*Sciurus vulgaris*), il riccio (*Arinaceus europeus*), il moscardino (*Moscardinus avellanarius*) ed il topo quercino (*Elyomis quercinus*).

L'analisi dell'erpetofauna, come per l'avifauna, è stata effettuata su base bibliografica ⁽¹¹⁾:

Anfibi

Salamandra pezzata (*Salamandra salamandra*)

Rospo comune (*Bufo bufo*)

Rana temporaria (*Rana temporaria*)

Rettili

Orbettino (*Anguis fragilis*)

Biacco (*Hierophis viridiflavus*)

Vipera aspide (*Vipera aspis*)

⁽¹¹⁾ SINDACO R.: *Atlante dell'erpetofauna del Piemonte e della Valle d'Aosta*. 2000. Ed. Museo di Sc. Naturali – Torino.

4.6 Uso del suolo

Un razionale progetto di recupero ambientale - paesistico non può non prescindere da una attenta analisi delle componenti territoriali esistenti in zona, mirante a fornire un'opportuna "fotografia" attuale delle vocazioni territoriali e delle utilizzazioni culturali del suolo.

L'area in oggetto, risulta caratterizzata da un sistema di colline di origine morenica, in cui il tipo di copertura vegetale dipende essenzialmente dalla morfologia e dall'evoluzione pedogenetica del relativo substrato.

Pertanto si assiste ad un "mosaico" in cui si alternano colture prative a praterie di colonizzazione, boschi evoluti di buona potenzialità produttiva a boscaglie pioniere consolidatrici; l'impronta antropica è definita principalmente dalla presenza degli abitati di Alpette e Pont Canavese, nonché delle relative frazioni, oltre che dalla presenza di alcuni insediamenti estrattivi.

La copertura forestale, come descritto nel relativo paragrafo, è principalmente rappresentata da boschi a struttura e densità irregolare, in cui sovente si assiste ad una transizione tra il bosco misto propriamente detto, il betuleto montano ed il castagneto ceduo, in alcune zone non più curato ed infiltrato dalla rinnovazione di specie climaciche.

La distribuzione di questi boschi, nell'area indagata, è limitata principalmente agli impluvi ed alle incassature dei corsi d'acqua, dove le specie che lo compongono trovano l'umidità necessaria allo sviluppo e substrati pedogeneticamente più evoluti. Risultano inoltre paesaggisticamente rilevanti alcuni filari alberati e le siepi locate lungo i canali irrigui e lungo alcuni confini interpoderali della fascia basale valliva, per lo più composti da esemplari maturi o stramaturi di rovere (*Quercus petraea*), ciliegio (*Prunus avium*), ontano nero (*Alnus glutinosa*), frassino (*Fraxinus excelsior*), acero di monte (*Acer pseudoplatanus*): si tratta in alcuni casi di semplici allineamenti, in altri, di formazioni più complesse di cui soltanto la limitata estensione non ne permette la classificazione a bosco.

Per ciò che concerne l'area indagata, sulla base della cartografia tematica esistente ⁽¹²⁾, dei rilievi effettuati, e dall'interpretazione degli stessi, si è giunti a definire i seguenti tipi d'uso del suolo, riportando gli stessi su base cartografica in scala 1: 5.000, della Carta Tecnica Regionale del Piemonte, sezioni 113150 "Sparone" e 113160 "Pont Canavese" (Cfr. Tav. 5 "Carta dell'uso del suolo e della vegetazione"):

- A) Castagneti;
- B) Boscaglie pioniere d'invasione;
- C) Acero- tiglio frassineti;
- D) Alneti planiziali e montani;
- E) Cespuglieti;
- F) Arbusteti subalpini;
- G) Rocce e macereti;
- H) Praterie;
- I) Faggete;
- J) Prato-pascoli;
- K) Querceti di rovere;
- L) Robinieti;
- M) Saliceti e pioppeti ripari;
- N) Acque;

⁽¹²⁾ S.I.F.O.R. Sistema Informativo Forestale Regionale- banche dati messe a disposizione dalla Regione Piemonte (Carta forestale, Piano Forestali Territoriali)

O) Incolti;

P) Aree urbanizzate, infrastrutture.

Per quanto concerne l'area estrattiva come è possibile osservare dalla sopraccitata cartografia, a livello di tipologia di uso del suolo vengono interessate unicamente le categorie: “aree urbanizzate, infrastrutture” e “incolti”.

4.7 Ecosistemi

Adottando la classificazione proposta da A.R.P.A. Piemonte nell'ambito del suo studio definito "NRDS", si rilevano, nell'area vasta indagata, le seguenti tipologie:

- Ecosistemi boschivi a prevalenza di specie autoctone: sono costituiti da aree boschive con vegetazione autoctona a struttura paranaturale; tali ecosistemi sono molto importanti per la salvaguardia della biodiversità, infatti la varietà di specie e la presenza di una stratificazione della vegetazione tipici di queste aree, forniscono condizioni di vita ideali per numerose specie vegetali e animali.

Ai fini della presente indagine, vengono ricompresi in tale unità i querceti di rovere, gli acero-tiglio-frassineti, i castagneti, gli alneti, le faggete, i saliceti ripari, gli arbusteti e i cespuglieti.

- Ecosistemi boschivi a prevalenza di specie alloctone: masse boschive con vegetazione prevalentemente non autoctona e struttura semplificata. Il basso valore ecosistemico di questa tipologia è legato alla perdita di biodiversità ed alla banalizzazione provocata dalla rapida diffusione delle specie esotiche, quali in particolare la robinia, capaci di soffocare e soppiantare le specie autoctone vegetali, che costituiscono elementi naturali importanti delle nicchie ecologiche di diversi animali.

Nel caso all'oggetto tale unità si identifica con i robinieti; ecosistemi arborei originati e mantenuti dall'uomo.

- Agroecosistemi a basso grado di artificializzazione: sono rappresentati da zone coltivate con prati stabili ed elementi naturali (siepi, aree incolte) che rappresentano aree a maggiore densità faunistica; la vegetazione delle zone coltivate è di tipo erbaceo (monocolture agricole) e arboreo (frutteti e vigneti). Rientrano pertanto in questa tipologia: i prato pascoli ed i coltivi abbandonati.
- Ecosistemi seminaturali prativi: in tale categoria nel caso all'oggetto rientrano le praterie.
- Altri ecosistemi naturali: tale categoria nel caso in oggetto comprende unicamente la voce rocce e macereti.

- Corridoi ripariali: si tratta di ecosistemi di acque correnti, con una configurazione dell'alveo naturale non rettilinea, e caratterizzati dalla presenza di una vegetazione ripariale ben strutturata presente e continua. Tale tipo di ecosistema non solo garantisce un'elevata biodiversità ma costituisce un elemento importante di connessione con altre aree naturali. Rientrano pertanto sia il Torrente Orco sia il Torrente Soana.
- Ecosistemi antropici: si intendono come ecosistemi antropici “in senso stretto” (tecnosistemi) tutti quegli ecosistemi propri di quello che è definito come habitat umano, comprendenti nel caso in esame: aree urbanizzate, rurali e industriali, e le principali infrastrutture viarie e pertinenze.

In quanto espressione delle differenti componenti abiotiche, fitocenotiche e zoocenotiche che li compongono, per la caratterizzazione delle strutture dei vari ecosistemi si rimanda ai paragrafi “pedologia”, “vegetazione” e “fauna”, precedentemente trattati.

Con riferimento a quanto scritto sopra si rilevano, nell'area vasta indagata, le seguenti tipologie ecosistemiche:

Unità ecosistemiche	Unità d'uso del suolo corrispondenti
Ecosistemi boschivi a prevalenza di specie autoctone	<ul style="list-style-type: none"> • Castagneti • Querceti di rovere • Boscaglie pioniere d'invasione • Acero-tiglio-frassineti • Alneti planiziali • Arbusteti subalpini • Cespuglieti • Faggete • Saliceti e pioppeti ripari
Ecosistemi boschivi a prevalenza di specie alloctone	<ul style="list-style-type: none"> • Robinieti

Agroecosistemi a basso grado di artificializzazione	<ul style="list-style-type: none">• Prato-pascoli
Altri ecosistemi naturali	<ul style="list-style-type: none">• Rocce e macereti
Ecosistemi seminaturali prativi	<ul style="list-style-type: none">• Praterie
Corridoi ripariali	<ul style="list-style-type: none">• Torrente Orco• Torrente Soana
Ecosistemi antropici	<ul style="list-style-type: none">• Aree urbanizzate• Infrastrutture viarie e pertinenze

5 RELAZIONE GEOLOGICA

5.1 Premessa

Lo studio geologico e geomorfologico dell'area interessata dalla coltivazione di cava e del suo intorno significativo è stato condotto sostanzialmente secondo tre fasi:

- raccolta del materiale di interesse esistente e relativa valutazione critica;
- indagine sul campo con ricostruzione degli affioramenti e rilievo geostutturale delle discontinuità, e cartografia delle diverse tipologie di copertura;
- ricognizioni sul terreno tese a valutare il contesto attuale e la presenza di eventuali dissesti in atto o potenziali.

In particolare, l'indagine sul campo è servita per aggiornare la documentazione geologica già predisposta per le precedenti fasi di coltivazione, alla luce delle nuove superfici naturali o artificiali messe in luce dalla coltivazione stessa e dalle opere di scopertura.

5.2 Inquadramento geologico e giacimentologico

Il tratto inferiore della Valle Orco, oggetto dell'ampliamento estrattivo in progetto, ricade nella fascia di rocce metamorfiche di età pretriassica nota come "Serie Sesia - Lanzo". Si tratta di un insieme di gneiss minuti, gneiss occhiadini e micascisti, con frequenti intercalazioni di micascisti eclogitici e talora di vere e proprie eclogiti, ed occasionali lenti di calcari cristallini o calcefiri, costituenti la più interna delle unità delle Alpi occidentali. Essa è un corpo di circa 90 per 25 km allungato in direzione NE-SW che si estende dalla Stura di Lanzo all'Ossola-Ticino. La Zona Sesia-Lanzo e la falda del Dent Blanche sono considerati frammenti di una unità tettonica composita, ascritta da Argand (1906) al dominio pennidico. Attualmente, per la presunta posizione paleogeografica e l'assenza di ofioliti nella zona del Canavese, sono considerate di origine australpina.

Il margine interno della Zona Sesia-Lanzo è marcato dalla linea tettonica del Canavese, che la separa dalla Zona del Canavese e dalla Zona di Ivrea. La Linea del Canavese è un insieme di faglie che sono state attive durante la subduzione eoalpina cretacea ma che probabilmente lo erano anche in precedenza. Dopo l'inizio dell'Oligocene si è formata una nuova linea del Canavese che separa la catena alpina, in fase di risalita isostatica, dalle Alpi meridionali (Biino & Compagnoni, 1989).

Verso l'esterno (all'incirca lungo una linea che va da Ronco Canavese a Ribordone), la Zona Sesia ricopre tettonicamente la Zona dei Calcescisti con Pietre Verdi o Zona Piemontese, falda composita a sua volta sovrascorsa sulla crosta continentale pennidica. La Zona Piemontese è formata da due unità tettoniche distinte, entrambe originatesi durante il Giurassico nel bacino oceanico esistente tra Europa e placca insubrica. L'unità di provenienza più esterna, o Zona del Combin, è caratterizzata dall'intima associazione di calcescisti e prasiniti, il che fa presupporre un'origine da una zona di crosta assottigliata (margine pennidico, placca europea). Invece l'unità di provenienza più interna, o Zona Zermatt-Saas, mostra le tipiche caratteristiche di una crosta oceanica con metaofioliti, ultramafiti, gabbri e basalti a pillow.

La Zona Sesia-Lanzo ha subito due cicli metamorfici alpini. Il primo, detto Eoalpino (90-70 M.a.), avvenne in condizioni di alta pressione e si sviluppò durante la fase di subduzione. Il secondo evento, o Lepontino, ha raggiunto il suo massimo termico a circa 38 M.a.: si sviluppò dopo il

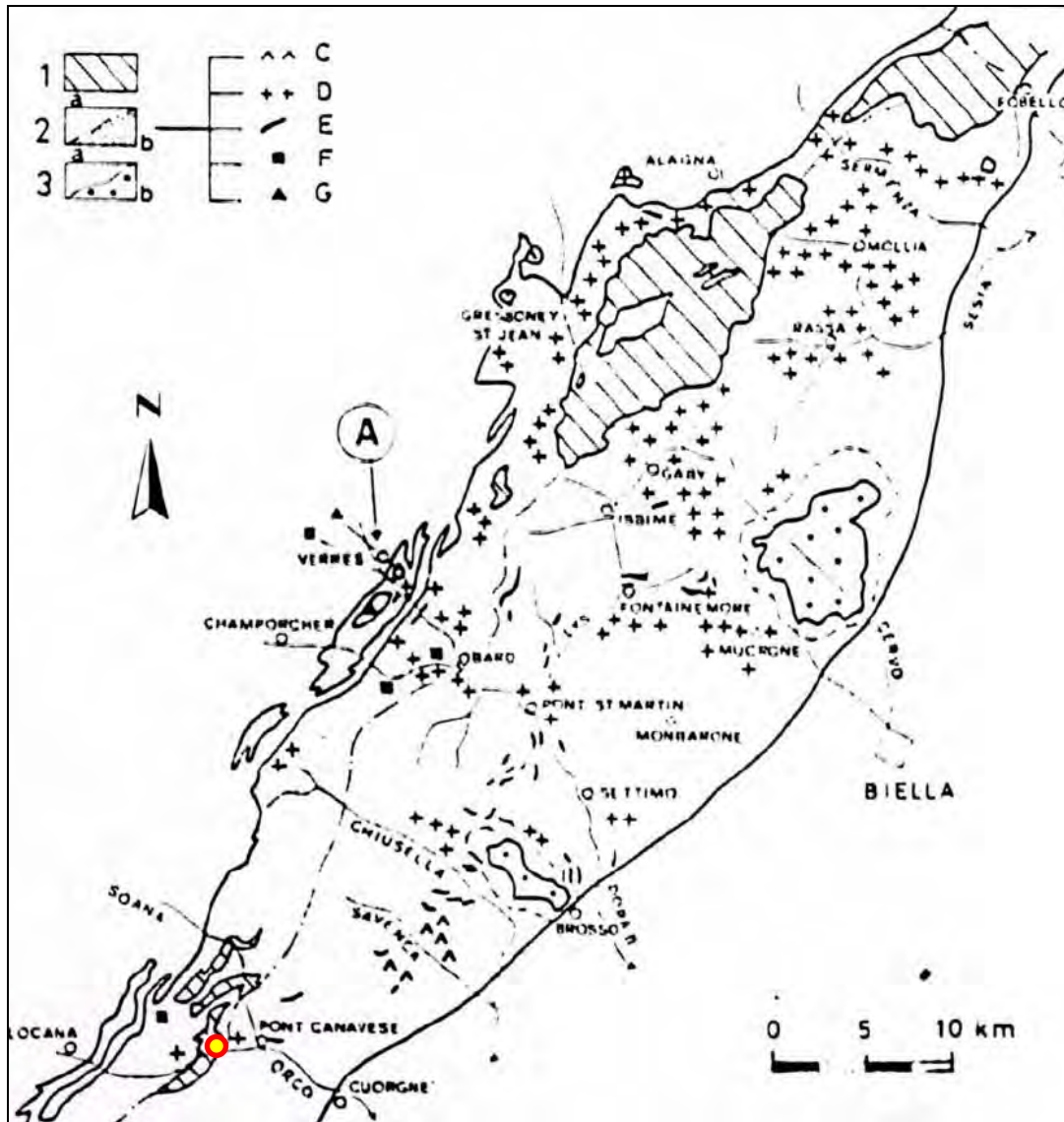
sovrascorrimento con grado compreso tra la facies scisti verdi (Alpi occidentali) e quella anfibolitica (Ossola-Ticino).

Nella Zona Sesia-Lanzo possono essere distinti tre principali complessi litologico-strutturali: il complesso dei Micascisti Eclogitici, quello degli Gneiss Minuti e la II Zona Diorito-kinzigitica (si veda la figura seguente). La II Zona Diorito-kinzigitica possiede una notevole affinità con la Zona di Ivrea ed è composta dall'associazione di kinzigiti, anfiboliti, marmi e rare ultramafiti; i litotipi risultano, talora, perfettamente preservati nonostante l'orogenesi alpina. Gli altri due complessi sono stati invece profondamente riequilibrati durante l'orogenesi alpina. Il complesso dei Micascisti Eclogitici è caratterizzato da un evento di alta pressione eoalpino contraddistinto da paragenesi eclogitiche. Il complesso degli Gneiss Minuti invece comprende metagranitoidi, gneiss occhiadini e parascisti tipicamente in facies scisti verdi.

In una monografia sulla Zona Sesia-Lanzo di Compagnoni et al. (1977) si mette in evidenza la storia tettonica, metamorfica e magmatica pre- e post- collisionale. La storia pre-collisionale, anche se paragonabile ad una evoluzione di tipo andino, ne differisce per alcuni aspetti: la subduzione infatti coinvolge crosta sia continentale che oceanica e l'attività andesitica sulla placca che sovrascorre è molto ridotta, così come mancano le tracce di un metamorfismo di alta temperatura. La fase post-collisionale è, invece, caratterizzata dallo sviluppo di un duomo termico, che si è sovrimposto alla precedente zoneografia metamorfica di alta pressione, e da un raccorciamento e ispessimento crostale associato al piegamento eoalpino. L'ultimo processo è seguito da condizioni distensive che hanno portato al sollevamento e al magmatismo andesitico. Si sottolinea inoltre che una distinzione fra il Complesso dei Micascisti eclogitici e degli Gneiss minuti non è possibile prima del metamorfismo alpino dato che precedentemente appartenevano ad un unico, sebbene eterogeneo, basamento cristallino.

L'area oggetto della coltivazione ricade all'interno dei micascisti eclogitici, nella parte più esterna della stessa, in prossimità del passaggio alle altre due formazioni. Più che un micascisto, tuttavia, la roccia in questione è classificabile come uno gneiss cloritico, a causa dell'abbondante presenza di quarzo, in lenticelle dello spessore di alcuni millimetri e dell'ampiezza di alcuni centimetri. Dal punto di vista petrografico, quindi, essa può essere considerata il prodotto della parziale

"retroceSSIONe in facies scisti verdi" che caratterizza la parte più esterna del complesso dei micascisti eclogitici.



La Zona Sesia-Lanzo (Spalla et al. 1991).

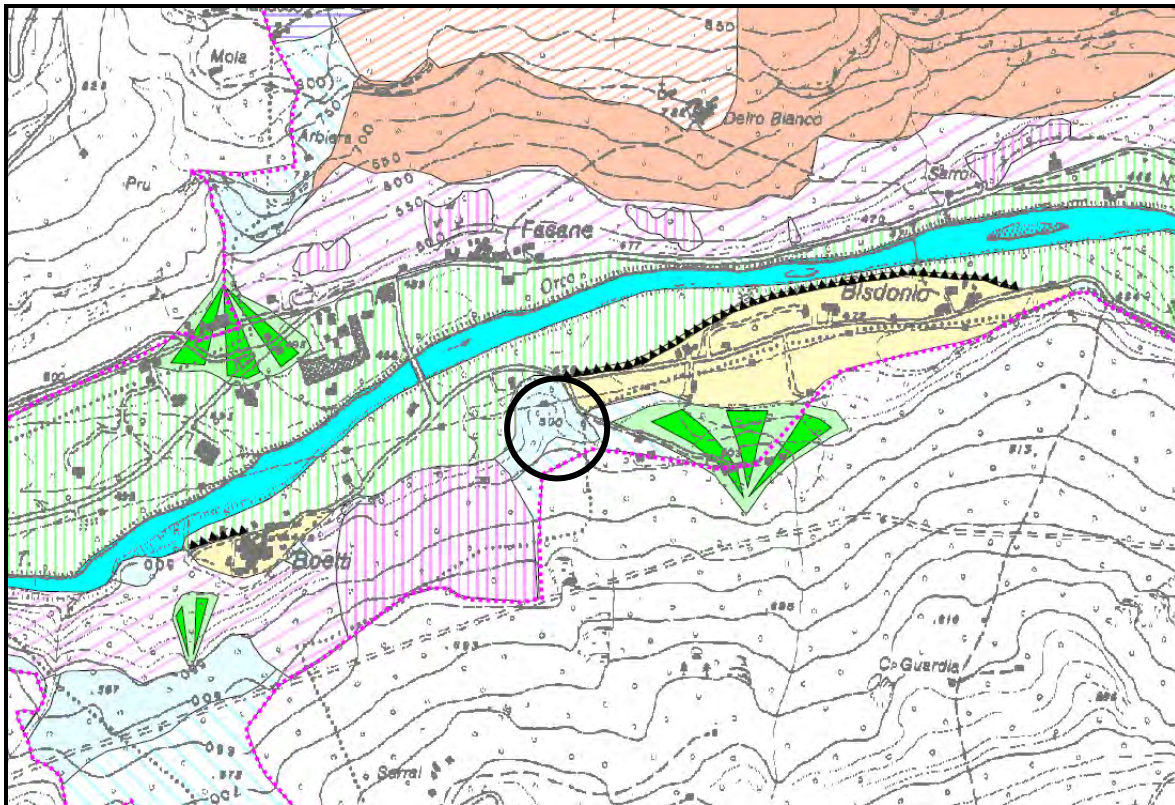
- *Elemento superiore: 1) 2a Zona dioritico-kinzigitica;*
- *Elemento inferiore: 2) complessi dei micascisti eclogitici (a) e degli gneiss minuti (b) con metagabbri (C), metagranitoidi (D), marmi (E), relitti granulitici prealpini (F), relitti eclogitici eoalpini (G) negli gneiss minuti; 3) plutoni oligocenici di Biella e Traversella (b) e aureola metamorfica di contatto.*

5.3 Studi geologici comunali

5.3.1 Comune di Pont Canavese

Il Comune di Pont Canavese è dotato di strumenti urbanistici corredati da documentazione geologica redatta ai sensi dell'art. 18 delle “Norme di Attuazione” del P.A.I. La documentazione viene riportata in allegato per la parte riguardante il settore di interesse. Dall'esame della documentazione relativa al Comune di Pont Canavese si può osservare come la cava sia regolarmente censita nello studio, e più esattamente sulla carta geomorfologica e dei dissesti.

Dalla *Carta Geologica – strutturale* appaiono confermate le indicazioni litologiche sul giacimento: l'area ricade nella formazione dei “micascisti eclogitici e gneiss minuti”, che nella zona è costituita prevalentemente da gneiss.







Estratto della Carta Geologica - Strutturale del Comune di Pont Canavese (TO).








Il cerchio nero identifica la posizione della cava in oggetto.

LEGENDA

Olocene-attuale




-  Depositi di conoide di deiezione
-  Depositi alluvionali recenti ed attuali
-  Detrito a grossi blocchi, generalmente non vegetato, caratterizzato dall'assenza di matrice fine, verosimilmente derivante dall'azione della gravità sui versanti rocciosi
-  Depositi detritici. Settori di versante generalmente occupati da depositi glaciali (fino alla quota di circa 1000 m) sui quali si sono impostate falde detritiche costituite sia da blocchi isolati sia da aree preferenziali di accumulo.

Pleistocene



-  Depositi fluvio-glaciali
-  Depositi glaciali
-  Asta principale
-  Rilevato antropico
-  Orlo di terrazzo
-  Limite comunale
-  Giacitura dei sistemi di frattura principali

PreTriassico



Complesso dei Micascisti eclogitici (Zona Sesia)

-   Micascisti e micascisti eclogitici (a: affioranti ; b:subaffioranti)
-  Eclogiti
-  Marmi e calcari cristallini
-   Metagranitoidi (a: affioranti ; b:subaffioranti)

Complesso degli Gneiss minuti (Zona Sesia)

-   Gneiss e Gneiss minuti con intercalazioni lenticolari di micascisti eclogitici (a: affioranti ; b:subaffioranti)

Seconda Zona Diorito-Kinzigitica (Zona Sesia)


-   Dioriti pirossenico-antiboliche (a: affioranti ; b:subaffioranti)

 60

Scistosità principale

 60

Scistosità verticale

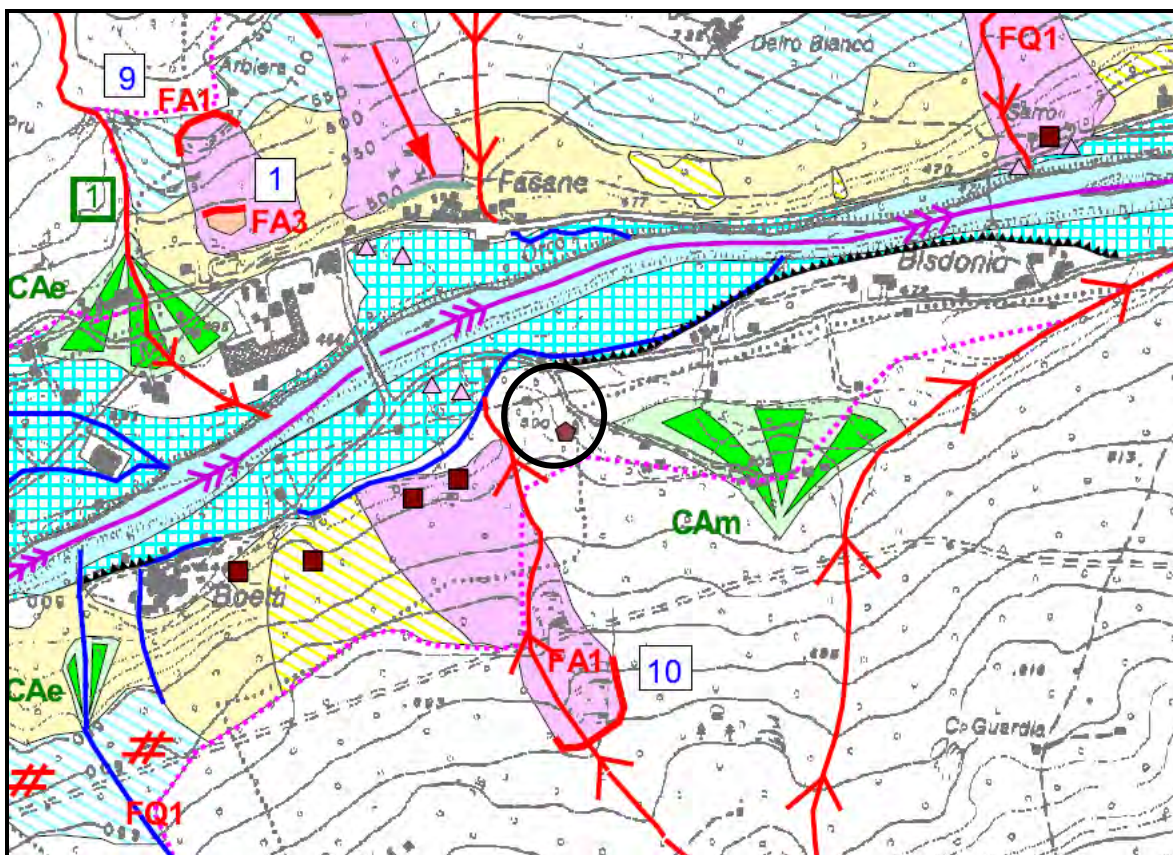
 60 Trattati di alveo ed elementi morfologici a controllo strutturale

La *Carta Geomorfologica e dei Dissesti* non evidenzia, in corrispondenza dell'area di cava, alcun indizio di fenomeni di instabilità in atto o potenziale. Viene, invece, indicata una frana da crollo, più a monte, in corrispondenza della testata del rio Corna, dalla quale si sono presumibilmente originati gli accumuli di grossi massi evidenziati sulla stessa carta al piede del versante, sul lato ovest del rio Corna: si tratta di un'area interessata da possibile caduta di massi rocciosi, già censita sui precedenti studi geologici a corredo degli strumenti urbanistici. Si tratta, in sostanza, della stessa zona cui si fa riferimento sulle precedenti relazioni tecniche del progetto di cava, ove si specifica come “*a sud - ovest, oltre il rivo Corna [...] il detrito di falda appare più "fresco" e la vegetazione risulta irregolare e meno sviluppata, ad indicare presumibili movimenti di frammenti detritici risalenti ad alcuni anni or sono. I massi presenti in questa zona derivano da una parete rocciosa strapiombante presente poco più a monte, in posizione tale da non poter interferire in alcun modo con la zona interessata dal progetto di cava*”.

In particolare, si fa notare come la stessa indicazione era già riportata sulla relazione tecnica del primo progetto per l'apertura della cava (1998), senza che ciò avesse in alcun modo interferito con la possibilità di apertura della cava stessa.

La *Carta Geomorfologica e dei Dissesti* allegata al Piano Regolatore di Pont Canavese individua anche un fenomeno lineare connesso alla dinamica torrentizia del rio Corna, ad ovest dell'area di cava; anch'esso, peraltro, non interferisce con la cava autorizzata, che mantiene un apposito diaframma in roccia a protezione della sponda del rio.

La stessa tavola individua anche, esplicitamente, l'area in esame come area di cava, come documentato dallo stralcio allegato nel seguito.



Estratto della Carta Geomorfologica e dei Dissesti del Comune di Pont Canavese (TO).

Processi lungo i versanti

- Accumulo di massi ciclopici
- Blocchi isolati
- Fenomeni di crollo, non cartografabili e/o non perimetrabili (FQ1: crollo quiescente; FA1: crollo attivo)
- Traiettorie di rotolamento dei massi
- Fenomeni gravitativi non cartografabili e/o non perimetrabili (a: stabilizzati; b: quiescenti).
- Settori di versante caratterizzati da intensa erosione superficiale ad opera del ruscellamento diffuso o concentrato, in corrispondenza dei quali possono essere osservati o possono attivarsi fenomeni gravitativi complessi
- Area con indizi di Deformazione Gravitativa Profonda di Versante (Codice: FQ8)
- Nicchia di distacco di scivolamenti rotazionali e di crollo
- Codice identificativo dei movimenti gravitativi nelle relative schede di rilevamento
- Movimenti franosi per saturazione della coltre superficiale. Codici : attivo: FA9; quiescente: FQ9; stabilizzato: FS9.
- Scivolamento rotazionale stabilizzato. Codice: FS3.
- Movimento gravitativo composito. Codice: FA10.
- Frane di scivolamento prevalentemente rotazionali. Codici: quiescente: FQ3; attivo: FA3; FQ10: movimento gravitativo composito quiescente.
- Frana di crollo. Codici : quiescente : FQ1 ; attiva : FA1.
- Settore in condizioni di dissesto diffuso.
- Pareti rocciose potenzialmente soggette a fenomeni di crollo
- Pareti rocciose stabilizzate mediante interventi di disaggancio, tirantatura, chiodatura, riempimento delle fessure con betonino, posa di reti metalliche (codice FS1).
- Detrito a grossi blocchi, generalmente non vegetato, caratterizzato dall'assenza di matrice fine, verosimilmente derivante dall'azione della gravità sui versanti rocciosi
- Depositi detritici. Settori di versante generalmente occupati da depositi glaciali (fino alla quota di circa 1000 m) sui quali si sono imposte falde detritiche costituite sia da blocchi isolati sia da aree preferenziali di accumulo.
- Settori di versante che presentano contropendenze ed ondulazioni

Processi lungo i corsi d'acqua

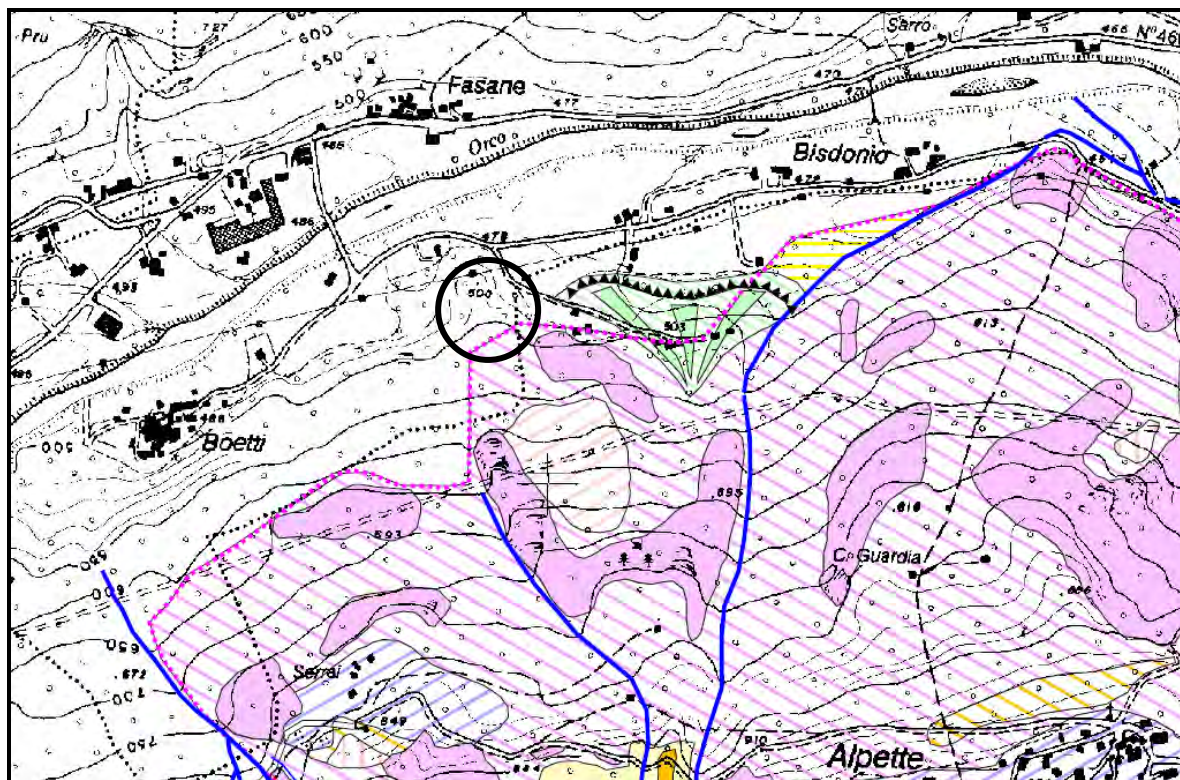
- Asta torrentizia principale
- Idrografia secondaria
- Direzione di deflusso preferenziale delle acque di ruscellamento
- Dissesti lineari legati alla dinamica torrentizia :
 - pericolosità molto elevata
 - pericolosità elevata
 - pericolosità medio-moderata
- Dissesti areali legati alla dinamica fluviale e torrentizia:
 - pericolosità molto elevata
 - pericolosità elevata
 - pericolosità medio-moderata
- Orlo di terrazzo e relativa altezza in metri
- Fenomeni di erosione alla testata
- Depositi di conoide di deiezione
- Conoide di deiezione attivo e codice identificativo nella relativa scheda di rilevamento. Pericolosità naturale:
 - CAe: molto elevata
 - CAh: elevata
 - CAM: media/moderata
- Sorgente
- Forme antropiche**
 - Cava
 - Rivestimenti di pareti rocciose o imbragamenti di massi isolati con reti metalliche
 - Reti metalliche paramassi
 - Muro paramassi
 - Interventi di stabilizzazione dei versanti: muri di contenimento e gabbionate

Il cerchio nero identifica la posizione della cava in oggetto.

5.3.2 Comune di Alpette

Il Comune di Alpette risulta anch'esso dotato di studi geologici. La documentazione viene riportata in allegato per la parte riguardante il settore di interesse.

Dalla *Carta Geologica* appaiono confermate le indicazioni litologiche sul giacimento: l'area ricade nella formazione dei "Gneiss, micascisti e micascisti eclogitici con anfiboliti associate in masse minori".



Estratto della Carta Geologica del Comune di Alpette (TO).

Il cerchio nero identifica la posizione della cava in oggetto.

LEGENDA**Olocene - Attuale**

Orlo di terrazzo



Reticolo idrografico secondario



Linea di ruscellamento concentrata



Detrito di falda costituito prevalentemente da elementi a pezzatura grossolana (a: vegetata; b: non vegetata)



Detrito a pezzatura fine



Cono detritico



Depositi di conoide e conoide di deiezione



Depositi presumibilmente originati da colata detritico-torrentizia (debris flow)



Depositi eluvio - colluviali e detritici



Copertura detritico-colluviale con numerosi blocchi isolati in superficie

Pleistocene

Depositi fluvioglaciali



Depositi di copertura glaciale e/o detritica con rari blocchi isolati in superficie di origine alloctona (gneiss occhiadini del Gran Paradiso)

Substrato (PreTriassico)*Zona Sesia-Lanzo*

Gneiss, micascisti e micascisti eclogitici con anfiboliti associate in masse minori (a: affiorante; b: subaffiorante)



Giacitura della scistosità principale

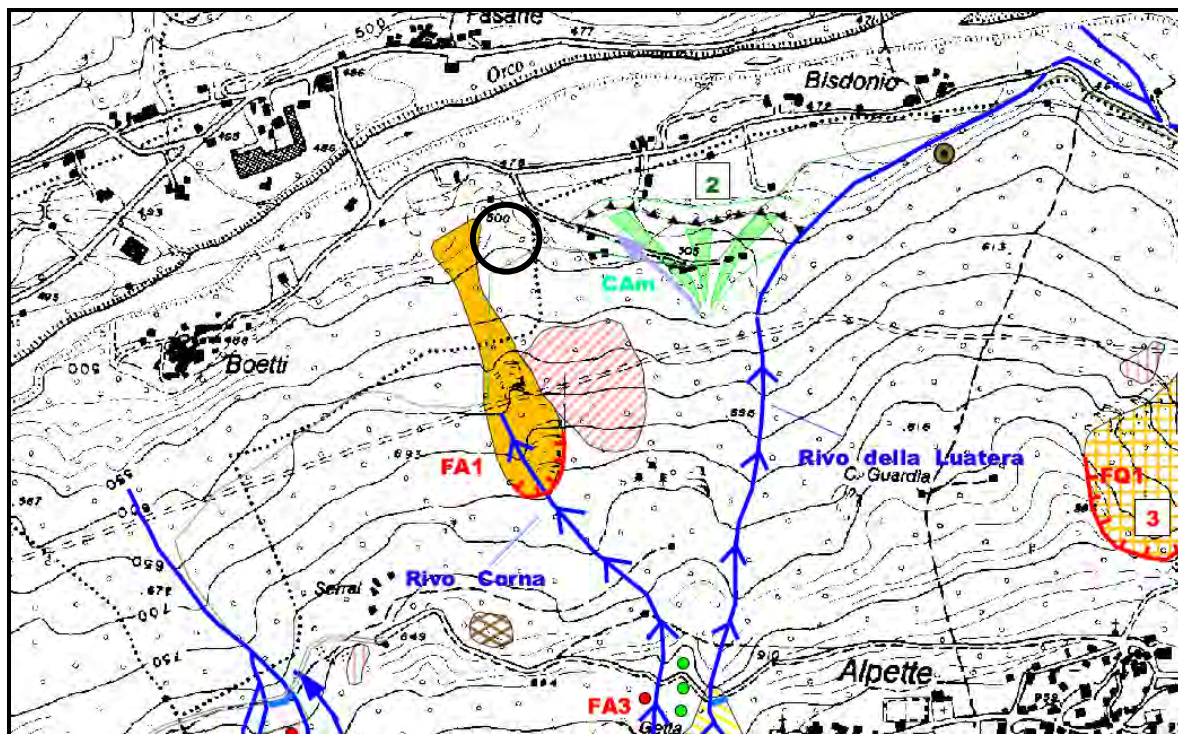


Limite comunale

La *Carta Geomorfologica e dei Dissesti* allegata al Piano Regolatore di Alpette non evidenzia, in corrispondenza dell'area di cava, alcun indizio di fenomeni di instabilità in atto o potenziale.

Viene, invece, indicata una frana da Scivolamento rotazionale connesso alla dinamica torrentizia del rio Corna, ad ovest dell'area di cava; che peraltro, non interferisce con la cava autorizzata, che mantiene un apposito diaframma a protezione della sponda del rio.







Viene inoltre indicata, a est dell'area di cava, un conoide di deiezione attivo connesso alla dinamica del Rivo della Luatera di pericolosità moderata; anch'esso non interferisce con l'area di cava.





Estratto della Carta Geomorfologica e dei Dissesti del Comune di Alpette (TO).

Il cerchio nero identifica la posizione della cava in oggetto.




Processi lungo la rete idrografica

	Battuta di sponda
	Orlo di terrazzo
	Cordone di debris flow
	Scarpata in erosione
	Reticolo idrografico secondario
	Solco di erosione
	Linea di ruscellamento concentrato
	Canale abbandonato potenzialmente riattivabile nel corso di eventi eccezionali







Dissesti lineari legati alla dinamica torrentizia :

	pericolosità molto elevata (Ee_L)
	pericolosità elevata (Eb_L)




Dissesti areali legati alla dinamica torrentizia :

	pericolosità molto elevata (Ee_A)
	Conoide di defezione attivo (con riferimento alla relativa scheda di rilevamento). Pericolosità naturale: CA _m , moderata - CA _e , elevata
	Zona con difficoltà di drenaggio

Processi lungo i versanti

	Fenomeni gravitativi non cartografabili e/o non perimetrabili (FA3: Frana di scivolamento rotazionale, attiva) (FQ3: Frana di scivolamento rotazionale, quiescente)
	Nicchia di distacco dei fenomeni gravitativi (Codice FQ1 : frana di crollo quiescente)
	Scivolamento rotazionale con numerazione riferita alla scheda di rilevamento (a: attivo, codice FA3; b: quiescente, codice FQ3)
	Frana di crollo con numerazione riferita alla scheda di rilevamento (a: attiva, codice FA1; b: quiescente, codice FQ1)
	Movimento gravitativo complesso con numerazione riferita alla scheda di rilevamento (codice FA10)
	Movimento gravitativo segnalato dalla cartografia IFFI (codice FA 5)
	Area con evidenze di dissesto (contropendenze, ondulazioni, disarticolazioni del p.c., zone di ristagno, ecc.)
	Detrito di falda (a: vegetato; b: non vegetato)
	Cono detritico

Forme antropiche

	Cava abbandonata
	Opere di sostegno (muri, gabbionate)
	Limite comunale

5.4 Estensione dell'alluvione dell'ottobre 2000

La carta geomorfologica del comune di Pont Canavese riportata al paragrafo precedente mostra come l'area a rischio di esondazione coinvolga solo il primo tratto della strada di accesso alla cava, ad ovest dello sperone roccioso. Ad est di tale sperone l'area pianeggiante antistante la cava è protetta da una scarpata di terrazzo naturale, in grado di contenere sia le esondazioni a pericolosità molto elevata, sia quelle a pericolosità elevata, media o moderata. L'area di cava ricade integralmente in aree immuni di rischi di esondazione.

La relazione illustrativa a corredo degli elaborati, a firma del dott. geol. C. Dellarole, specifica che *“per definire le aree di esondazione si è fatto riferimento [...] ai rilievi operati dai tecnici della Regione Piemonte sull'asta principale a seguito degli eventi settembre 2003 e ottobre 2000 (quest'ultimo ancora inedito [...]): tutti i dati sono stati recepiti a livello cartografico”*.

Ciò significa che anche l'alluvione del 2000, così come quella del 1993 e quella (meno gravosa per il torrente Orco), del 1994 sono state contenute dalla scarpata di terrazzo precedentemente descritta, senza interessare l'area di cava o le sue immediate vicinanze.

5.5 Analisi delle forme dissestive presenti

Come si è già avuto modo di segnalare, i terreni detritici di copertura presenti sul versante a monte del sito in esame appaiono ormai stabilizzati e privi di indizi di movimenti gravitativi.

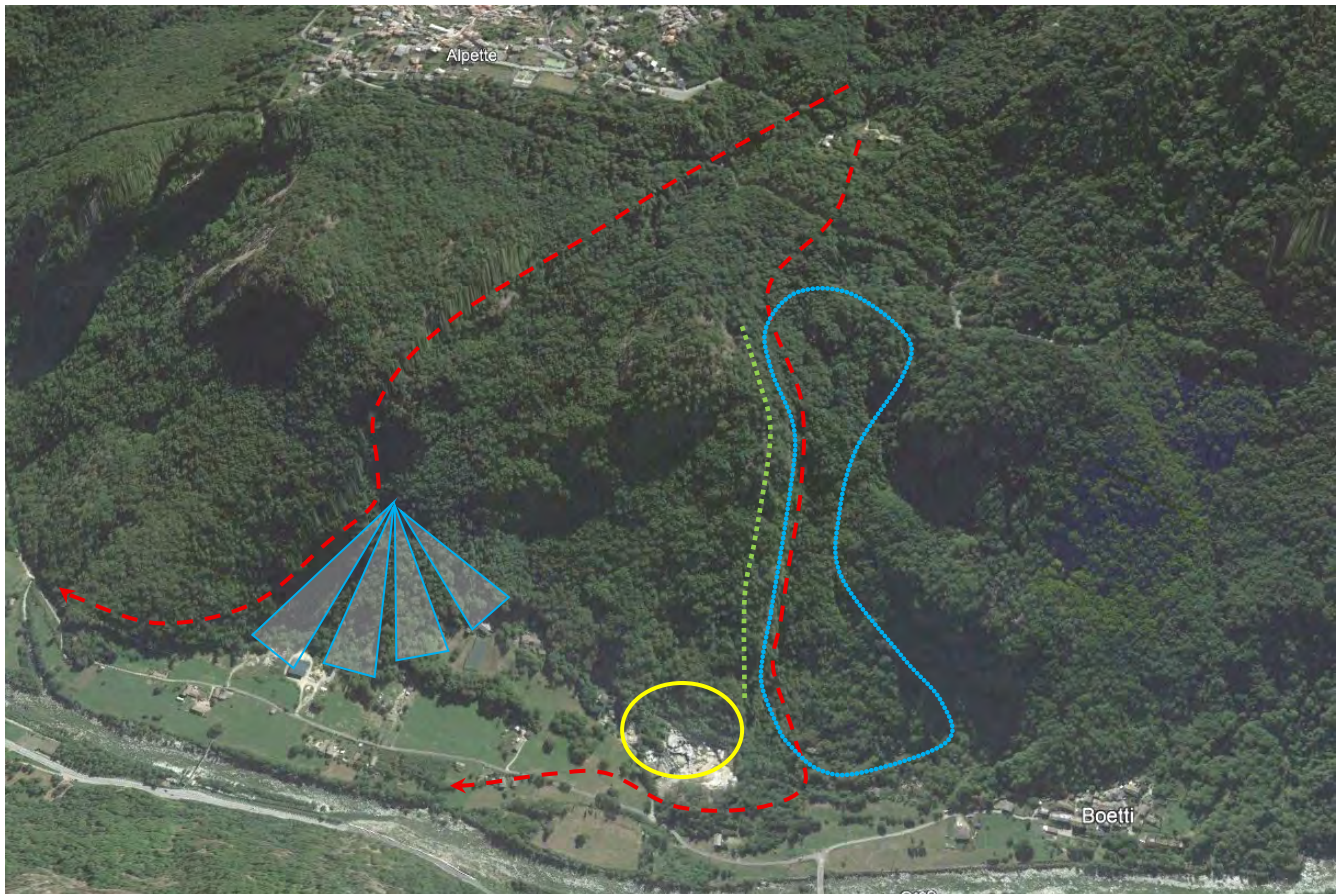
Solo alcune centinaia di metri più a sud - ovest, oltre il rivo Corna (procedendo, cioè, dall'area in esame verso la località Boetti) il detrito di falda appare più "fresco" e la vegetazione risulta irregolare e meno sviluppata, ad indicare presumibili movimenti di frammenti detritici risalenti ad alcuni anni or sono. I massi presenti in questa zona derivano da una parete rocciosa strapiombante presente poco più a monte, in posizione tale da non poter interferire in alcun modo con la zona interessata dalla coltivazione.

Per chiarire con maggior dettaglio le condizioni geomorfologiche che rendono la zona in esame sostanzialmente immune dai fenomeni di dissesto segnalati nelle aree limitrofe dagli strumenti urbanistici dei Comuni di Alpette e Pont Canavese, è opportuno fare riferimento alla fotografia panoramica allegata nel seguito (tratta da Google Earth ®). Si osserva chiaramente come sia il Rio Corna (a destra nella foto), sia il rio della Luatera (a sinistra) scorrano incassati all'interno del versante, come del resto desumibile anche dall'osservazione dell'andamento delle curve di livello sugli estratti cartografici riportati ai paragrafi precedenti.

In particolare la conoide del rio della Luatera appare ben distante dalla zona di cava ed in posizione tale da non poter interferire con essa, mentre il rio Corna si trova, per gran parte del suo percorso, delimitato in sponda destra da una parete rocciosa ad andamento quasi rettilineo (forse un piano di faglia?) dell'altezza di una decina di metri, la cui cresta è evidenziata, in fotografia, dalla linea tratteggiata verde. Tale parete rocciosa incanala il corso d'acqua praticamente fino al piede del versante, impedendogli di deviare verso destra, e costringendolo ad aggirare lo sperone roccioso che delimita la cava sul lato di valle.

L'osservazione del versante consente anche di chiarire la contraddizione relativa alla frana in corrispondenza del Rio Corna, che è classificata come "frana da crollo" sul piano regolatore di Pont Canavese, e come "scivolamento rotazionale" su quello di Alpette. Sembra infatti chiaro che la cresta rocciosa, che la stessa carta geologica del piano regolatore di Alpette evidenzia come roccia affiorante

in posto non può essere sede di uno scivolamento rotazionale. È invece ragionevole ritenere che dalla parete rocciosa subverticale possano occasionalmente staccarsi blocchi rocciosi che, per motivi geomorfologici, si accumulano a ovest (destra nella foto). Il detrito così accumulato può essere rimobilizzato dal rio Corna, oppure essere – questo sì - oggetto di un parziale scivolamento rotazionale, come evidenziato dalla presenza di una traccia di nicchia di distacco nella parte sommitale.



Vista panoramica da nord del versante. Si osservi come il Rio Corna (linea rossa a destra) e il rio della Luatera (linea rossa a sinistra) scorrano incassati in roccia. In particolare il rio Corna scorre al piede di una parete rocciosa subverticale, la cui cresta è evidenziata dalla linea verde, che protegge la zona di cava (in giallo) costringendo il rio ad aggirare lo sperone roccioso a valle della cava stessa. In azzurro sono evidenziati il conoide del rio della Luatera e l'area di frana lungo il corso del rio Corna.

In definitiva, dunque, si tratta di una frana composta (in parte da crollo e in parte da scivolamento) che tuttavia, per i motivi geomorfologici descritti, non può estendersi al versante est della dorsale rocciosa, e dunque non può coinvolgere la zona di cava.

Per quanto riguarda invece i rischi connessi con la dinamica fluviale del torrente Orco, la presenza dello sperone roccioso e la quota molto sopraelevata del piazzale fanno sì che la zona in esame sia adeguatamente protetta contro tale rischio: a tale proposito fa fede la carta geologica allegata al Piano Regolatore di Pont Canavese che riporta l'estensione delle aree interessate da fenomeni di esondazione in occasione dell'evento alluvionale del 1993 (che in Canavese fu più intenso di quello del 1994, ed in particolare sul torrente Orco comportò il crollo dei ponti di Rivarolo e di San Benigno, il danneggiamento del ponte dell'Autostrada Torino Aosta e l'aggiramento del ponte della Strada Statale "Pedemontana"). Anche in occasione di tale evento estremo la zona in esame e l'area pianeggiante circostante non risultano essere state interessate da allagamenti, a differenza di quanto avvenuto circa 1 km più a valle sullo stesso versante, in una zona depressa sull'intradosso di un meandro).

5.6 Idrogeologia

L'osservazione dei fronti di cava nel corso dei circa 25 anni di attività estrattiva ha mostrato come il versante non sia interessato da circolazioni idriche significative. Le acque provenienti dal versante, detritico, infatti, vengono intercettate dal rio Corna a ovest, e da un altro piccolo compluvio ad est, mentre lo sperone roccioso interessato dalla coltivazione funge da spartiacque e non raccoglie contributi significativi. Anche per tale motivo, non si segnalano circolazioni idriche apprezzabili all'interno delle discontinuità della roccia, e le sole acque che si raccolgono in cava sono quelle derivanti dall'accumulo nevoso nella stagione invernale.

Le sezioni di coltivazione C-C e D-D, allegate alla documentazione progettuale, illustrano i rapporti, sia di ordine topografico che geologico, fra l'area in coltivazione ed il rio Corna.

Si può osservare come fra il rio e la coltivazione venga mantenuto un setto roccioso, della larghezza di alcune decine di metri, destinato a proteggere l'area di cava da rischi alluvionali o da infiltrazioni provenienti dal rio.

In particolare, sulla carta geologica si può rilevare come il rio resti protetto, lungo tutto il tracciato, da un diaframma di altezza almeno pari a 3 metri, in roccia affiorante o con modesta copertura.

6 ANALISI SISMICA

6.1 Inquadramento normativo

Prima dell'entrata in vigore delle NTC2008 la principale normativa sismica di riferimento, per il territorio italiano, era costituita dall'Ordinanza P.C.M. 20 marzo 2003, n. 3274, avente per oggetto *“Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”*, modificata dalla successiva O.P.C.M. 2 ottobre 2003, n. 3316 *“Modifiche ed integrazioni all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003”*.

Tali norme disciplinavano la progettazione di opere di fondazione e di sostegno dei terreni soggette ad azioni sismiche, nonché i requisiti cui devono soddisfare i siti di costruzione ed i terreni di fondazione in presenza di tali azioni.

La succitata normativa di riferimento in materia sismica è stata aggiornata per effetto dell'entrata in vigore, a far data dal 1° luglio 2009, del D.M. 14/01/2008 *“Norme Tecniche per le Costruzioni”* (le cosiddette “NTC”), con la relativa Circolare esplicativa del Consiglio Superiore LL.PP. 02/02/2009, n. 617: *“Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008”* (G.U. n. 47 del 26.02.2009). L'entrata in vigore delle NTC ha sostituito le precedenti norme di cui al D.M. 11/03/88 *“Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”*.

Al momento attuale, la normativa di riferimento è il Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018 *“Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»* (c.d. “NTC2018”), pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n. 42 del 22/02/2018 (Suppl. Ordinario n. 8), con relativa Circolare esplicativa del Consiglio Superiore LL.PP. 21/01/2019, n. 7: *“Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018”* (G.U. n. 35 del 11/02/2019 - Suppl. Ordinario n. 5).

Nell'ambito del presente studio, l'analisi sismica, così come quella di stabilità dei fronti di scavo nella cava in esame, è stata sviluppata facendo riferimento ai criteri riportati nella suddetta normativa in materia di costruzioni.

6.2 Azione sismica propria dei terreni in esame secondo le NTC

6.2.1 Finalità e principi della zonazione sismica

Per effetto delle modifiche e degli aggiornamenti introdotti dal D.M. 14.01.2018 “Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»” (NTC2018), con la relativa Circolare esplicativa del Consiglio Superiore LL.PP. 21/01/2019, n. 7: “Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018” (G.U. n. 35 del 11/02/2019), l'azione sismica viene valutata in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido a superficie orizzontale, procedendo all'analisi sito per sito e costruzione per costruzione, 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 per tutte le costruzioni, come avveniva invece in precedenza.

La pericolosità sismica di un sito è descritta dalla probabilità che, in un fissato lasso di tempo, in detto sito si verifichi un evento sismico di entità almeno pari ad un valore prefissato. Nelle NTC2018 tale lasso di tempo, espresso in anni, è denominato “*periodo di riferimento*” (V_R) e la probabilità di accadimento è denominata “*probabilità di eccedenza o di superamento nel periodo di riferimento*” (P_{VR}).

Ai fini della determinazione delle azioni sismiche di progetto nei modi previsti dalle NTC2018, la pericolosità sismica del territorio nazionale è quindi definita convenzionalmente facendo riferimento ad un sito rigido (di categoria A) con superficie topografica orizzontale (di categoria T1), in condizioni di campo libero, cioè in assenza di manufatti.

I caratteri del moto sismico sul sito di riferimento rigido orizzontale sono descritti dalla distribuzione sul territorio nazionale delle seguenti grandezze, sulla base delle quali sono compiutamente definite le forme spettrali per la generica P_{VR} :

- a_g = accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_0 = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

- T_c^* = valore di riferimento per la determinazione del periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Il valore di a_g è desunto direttamente dalla pericolosità di riferimento (attualmente fornita dallo INGV – Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia), mentre F_o e T_c^* sono calcolati in modo che gli spettri di risposta elastici in accelerazione, velocità e spostamento forniti dalle NTC2018 approssimino al meglio i corrispondenti spettri di risposta elastici in accelerazione, velocità e spostamento derivanti dalla pericolosità di riferimento.

Per i valori di a_g , F_o e T_c^* , necessari per la determinazione delle azioni sismiche, si fa riferimento agli Allegati A e B al Decreto del Ministro delle Infrastrutture 14 gennaio 2008, ed eventuali successivi aggiornamenti, in cui si fornisce la rappresentazione in termini di andamento medio in funzione del periodo di ritorno (T_R) per l'intero territorio nazionale di questi valori.

6.2.2 Stati limite di riferimento

Ai sensi del par. 3.2.1. delle NTC2018, gli stati limite di riferimento nei confronti delle azioni sismiche, sia di esercizio che ultimi, sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti.

Come specificato nella relativa Circolare esplicativa del Circolare esplicativa del Consiglio Superiore LL.PP. 21/01/2019, n. 7: *“Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018”* (G.U. n. 35 del 11/02/2019), le modifiche apportate dalle NTC2018 alle precedenti disposizioni, definite in un quadro operativo finalizzato a sfruttare al meglio la puntuale definizione della pericolosità di cui si dispone, hanno portato a fare riferimento a 4 stati limite per l'azione sismica.

Sono stati dunque portati a due gli Stati Limite di Esercizio (**SLE**), facendo precedere lo Stato Limite di Danno (**SLD**) - ridefinito come stato limite da rispettare per garantire inagibilità solo temporanee nelle condizioni postsismiche - dallo Stato Limite di immediata Operatività (**SLO**), particolarmente utile come riferimento progettuale per le opere che debbono restare operative durante e subito dopo un terremoto (ospedali, caserme, centri della protezione civile, etc...), in tal modo articolando meglio le prestazioni della struttura in termini di esercizio.

Gli stati limite di esercizio sono così definiti:

- **Stato Limite di Operatività (SLO):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e le apparecchiature rilevanti in relazione 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 e 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 rigidità nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

In modo analogo, sono stati portati a due gli **Stati Limite Ultimi (SLU)** facendo seguire allo **Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV)**, individuato definendo puntualmente lo stato limite ultimo, lo **Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC)**, particolarmente utile come riferimento progettuale per alcune tipologie strutturali (strutture con isolamento e dissipazione di energia) e, più in generale, nel quadro complessivo della progettazione antisismica.

Più precisamente, gli stati limite ultimi sono così definiti:

- **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.

I quattro stati limite così definiti consentono di individuare quattro situazioni diverse che, al crescere progressivo dell'azione sismica, ed al conseguente progressivo superamento dei quattro stati

limite ordinati per azione sismica crescente (**SLO**, **SLD**, **SLV**, **SLC**), fanno corrispondere una progressiva crescita del danneggiamento all'insieme di struttura, elementi non strutturali ed impianti, per individuare così univocamente ed in modo quasi “continuo” le caratteristiche prestazionali richieste alla generica costruzione.

Ai quattro stati limite sono stati attribuiti (Cfr.: Tabella 3.2.I delle NTC2018) valori della probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} pari rispettivamente a 81%, 63%, 10% e 5%, valori che restano immutati qualunque sia la classe d'uso della costruzione considerata; tali probabilità, valutate nel periodo di riferimento V_R proprio della costruzione considerata, consentono di individuare, per ciascuno stato limite, l'azione sismica di progetto corrispondente.

Nel caso in oggetto, le verifiche di stabilità e la quantificazione preliminare dei parametri sismici sono state effettuate considerando, come stato limite di riferimento, quello di operatività (Stato Limite di Operatività - SLO) e, più precisamente, facendo riferimento allo stato limite di salvaguardia della vita (SLV).

6.2.3 Periodo di riferimento per l'azione sismica

Ai sensi del par. 2.4.3. delle NTC2018, le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale di progetto V_N per il coefficiente d'uso C_U .

A tale proposito, la vita nominale V_N di un'opera strutturale è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata.

La vita nominale dei diversi tipi di opere è quella riportata nella Tab. 2.4.I delle NTC.

Tabella 2.4.I – Vita nominale V_N di progetto per i diversi tipi di costruzioni

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

Nel caso in esame, la problematica da affrontare è decisamente specifica ed in qualche modo anche radicalmente “anomala” rispetto al contesto per cui sono state concepite e definite le normative sismiche, in quanto non si tratta di una “costruzione”, ossia di un’opera artificiale destinata ad ospitare persone e/o strutture ed impianti, bensì di una cava, ossia di un sito in cui viene asportata, da parte dell’uomo, una porzione di “geomassa” naturale rappresentata dal giacimento estrattivo.

Dal punto di vista della “vita nominale”, pertanto, nella cava in oggetto i fronti di scavo possono essere attribuiti alla tipologia individuata dalle NTC come tipo di costruzione “2 – Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari”; quale vita nominale dei fronti di coltivazione della cava in oggetto si può pertanto adottare, cautelativamente, un valore di $V_N = 50$ anni.

Per quanto riguarda invece la classe d’uso, in presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise, secondo le NTC, in classi d’uso così definite:

- *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 DM 5/11/2001, 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.

Il valore del coefficiente d'uso C_U è definito, al variare della classe d'uso, come mostrato nell'allegata Tab. 2.4.II delle NTC:

Tab. 2.4.II – Valori del coefficiente d'uso C_U

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

Anche su tale tematica, si deve ricordare il carattere assolutamente peculiare e specifico delle attività estrattive, che non possono essere assimilate concettualmente né ad una “costruzione” destinata ad ospitare persone o attività, né ad una “industria”.

Nel caso in esame, l'opera in progetto può essere attribuita, cautelativamente, alla **classe d'uso II**, in quanto non è previsto un grosso affollamento dell'area né in fase di produzione e coltivazione, né in una fase successiva; l'accesso all'area di cava, in fase di coltivazione, è anzi strettamente limitato al solo personale (peraltro in numero ridotto) che vi opererà per la coltivazione mineraria ed il recupero ambientale, con l'esplicito divieto di accesso da parte di estranei; si può pertanto adottare un valore di $C_U = 1,0$.

Il periodo di riferimento V_R che si ricava risulta quindi pari a:

$$V_R = V_N \times C_U = 50 \times 1,0 = 50 \text{ anni.}$$

Una volta valutato il periodo di riferimento V_R della costruzione (espresso in anni), ottenuto come prodotto tra la vita nominale V_N fissata all'atto della progettazione ed il coefficiente d'uso C_U che compete alla classe d'uso nella quale la costruzione ricade (par. 2.4 delle NTC), si ricava poi, 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:

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

6.3 Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche

Le condizioni di riferimento rigido citate in precedenza non corrispondono in generale a quelle effettive. È necessario, pertanto, tenere conto delle condizioni stratigrafiche del volume di terreno interessato dall'opera ed anche delle condizioni topografiche, poiché entrambi questi fattori concorrono a modificare l'azione sismica in superficie rispetto a quella attesa su un sito rigido con superficie orizzontale.

Tali modifiche, in ampiezza, durata e contenuto in frequenza, sono il risultato della “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 a causa di effetti stratigrafici e topografici.

Qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II delle NTC2018, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, V_s . I valori dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o delle velocità V_s per l'approccio semplificato costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo.

Più dettagliatamente, la normativa distingue le seguenti 5 categorie di sottosuolo (Tab. 3.2.II delle NTC2018):

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

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

I valori di V_s sono ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche.

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{s,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

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

dove h_i e V_i indicano lo spessore (in m) e la velocità (in m/s) delle onde di taglio dello strato i -esimo, N è il numero di strati costituenti il sottosuolo e H è la profondità del substrato (il substrato viene definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido caratterizzato da V_s non inferiore a 800 m/s).

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$ è definita dal parametro $V_{s,30}$, ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Per quanto riguarda invece gli effetti topografici per condizioni topografiche complesse sarebbe necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale; nel caso di configurazioni superficiali semplici, come nel caso in esame, si può adottare la classificazione riportata nella Tab. 3.2.III delle NTC2018:

Tab. 3.2.III – Categorie topografiche

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

Per quanto riguarda invece la categoria topografica, presso il sito in esame, posto sulla sponda idrografica destra del t. Orco, la coltivazione mineraria darà origine a delle scarpate subverticali aventi quindi un'inclinazione dell'ordine di circa 85-90°.

Si assume pertanto una categoria topografica pari a **T4**, relativa cioè a “*Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$* ”.

Nel caso in oggetto, per individuare la categoria di terreno ai fini della risposta sismica locale si è fatto riferimento all'assetto stratigrafico dell'area di cava, la quale è caratterizzata dall'affioramento del substrato roccioso costituito da gneiss cloritico.

Per la classificazione sismica del terreno di fondazione, i terreni oggetto del presente studio possono quindi essere classificati come appartenenti alla **categoria “A”**, relativa cioè a “*Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m*”.

6.4 Azione sismica locale

Come si è visto in precedenza, la pericolosità sismica del territorio nazionale è stata definita convenzionalmente facendo riferimento ad un sito rigido (di categoria A) con superficie topografica orizzontale (di categoria T1), in condizioni di campo libero, cioè in assenza di manufatti.

I caratteri del moto sismico sul sito di riferimento rigido orizzontale sono descritti dalla distribuzione sul territorio nazionale delle seguenti grandezze, sulla base delle quali sono compiutamente definite le forme spettrali per la generica P_{VR} :

a_g = accelerazione massima al sito;

F_0 = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

T_c^* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Il valore di a_g è desunto direttamente dalla pericolosità di riferimento (attualmente fornita dallo INGV – Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia), mentre F_0 e T_c^* sono calcolati in modo che gli spettri di risposta elastici in accelerazione, velocità e spostamento forniti dalle NTC approssimino al meglio i corrispondenti spettri di risposta elastici in accelerazione, velocità e spostamento derivanti dalla pericolosità di riferimento.

I valori di a_g , F_0 e T_c^* sono riportati in forma tabellare nell'allegato B alle NTC, nel quale di essi si fornisce la rappresentazione in termini di andamento medio in funzione del periodo di ritorno (T_R) per l'intero territorio nazionale: i parametri in questione sono stati infatti calcolati per una maglia di "punto nodali" disposti a coprire l'intero territorio nazionale (il cosiddetto "reticolo di riferimento").

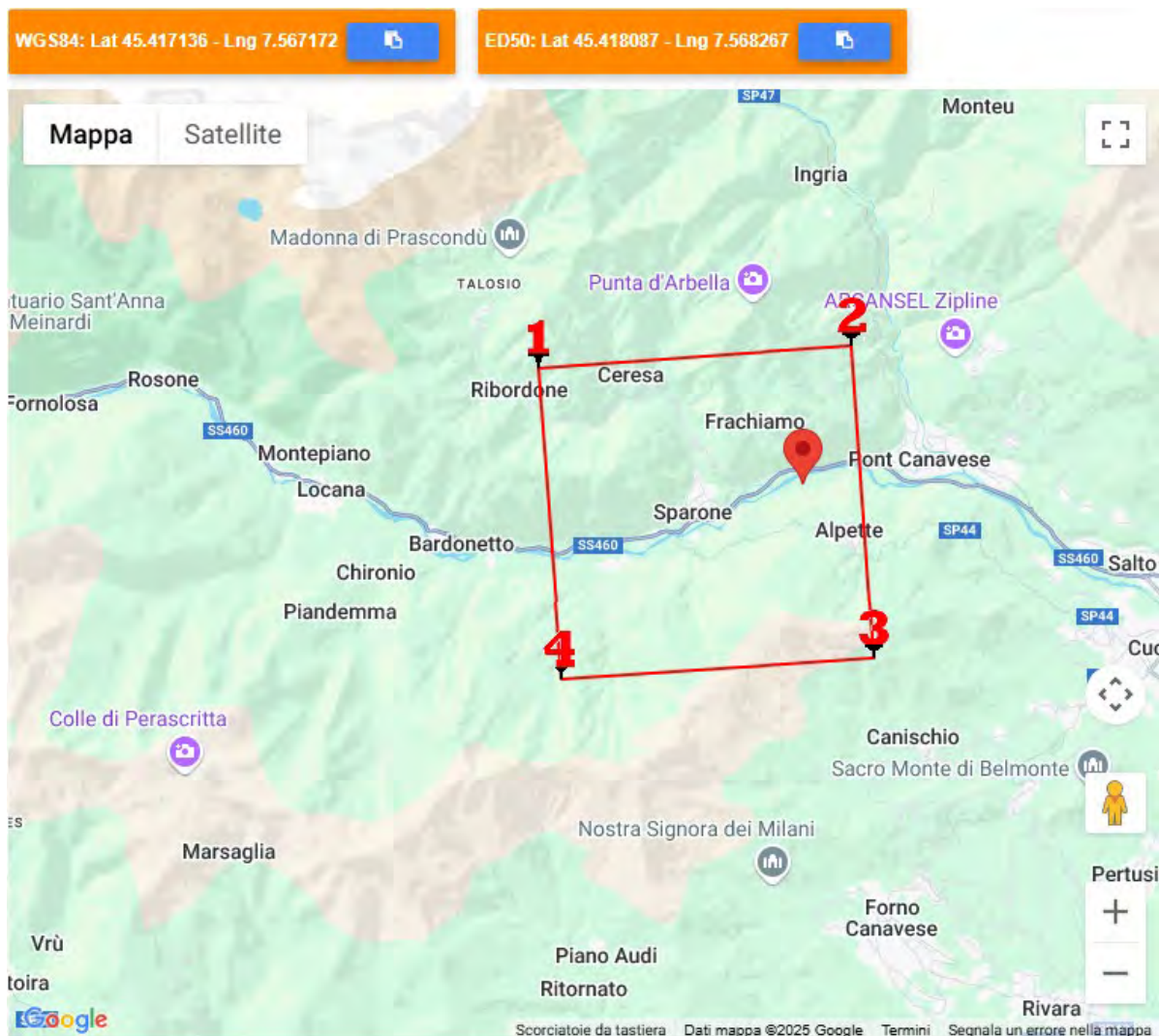
Oltre alle tabelle allegate alle NTC, sono disponibili appositi programmi di calcolo, alcuni dei quali consultabili *on line*, che procedono automaticamente, sulla base dell'esatta ubicazione di un sito, espressa mediante le sue coordinate geografiche con i dati di latitudine e longitudine, ad una quantificazione delle sollecitazioni sismiche locali, interpolando opportunamente i dati relativi ai punti nodali tra i quali viene a ricadere il sito stesso.

Di seguito vengono riportati i dati relativi all'azione sismica locale, quantificata mediante i principali parametri sismici, tra i quali K_h e K_v , ottenuti mediante l'apposito software disponibile *online* sul sito *web* della GeoStru Software (fonte: <https://geoapp.eu/parametrisismici2018/>) e calcolati presso il sito in esame (visualizzato rispetto ai quattro punti nodali del “reticolo di riferimento” che lo contornano).

Determinazione dei parametri sismici

(<https://geoapp.eu/parametrisismici2018/>)

Individuazione del sito rispetto ai “nodi” della maglia di calcolo:



Calcolo dei coefficienti sismici:

Stati limite

Classe Edificio

II. Affollamento normale. Assenza di funz. pubbliche e sociali...

Vita Nominale 50

Interpolazione Media ponderata

CU = 1

Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	Fo	T_c^* [s]
Operatività (SLO)	30	0.023	2.580	0.179
Danno (SLD)	50	0.029	2.591	0.198
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.056	2.744	0.278
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.066	2.794	0.293
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			

Coefficienti sismici

Tipo Muri di sostegno NTC 2008

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

H (m) 1

u_s (m) 0.1

Cat. Sottosuolo A

Cat. Topografica T1

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,00	1,00	1,00	1,00
CC Coeff. funz categoria	1,00	1,00	1,00	1,00
ST Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

☐ Acc.ne massima attesa al sito [m/s²]

0.6

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.005	0.006	0.011	0.013
kv	0.002	0.003	0.006	0.007
Amax [m/s ²]	0.230	0.284	0.549	0.650
Beta	0.200	0.200	0.200	0.200

7 RAPPORTO GEOTECNICO

7.1 Caratterizzazione meccanica dei litotipi

La roccia in esame è classificabile come un termine intermedio fra gli gneiss ed i micascisti eclogitici. Essa è caratterizzata da una tessitura marcatamente scistosa, dovuta alla presenza di minerali lamellari ed alla forma lenticolare dei cristalli di quarzo; a tale tessitura non fa tuttavia riscontro una particolare fissilità della pietra, che, anzi, appare assai compatta, al punto che anche le poche discontinuità strutturali giacenti lungo i piani di scistosità mostrano andamento irregolare e superficie assai corrugata. In conseguenza di ciò, oltre che più in generale della scarsità di discontinuità naturali aventi giacitura obliqua, la coltivazione è stata organizzata su piani orizzontali e verticali, non essendo individuabile una vera e propria “pioda” utilizzabile come piano di distacco delle bancate.

Dal punto di vista del comportamento meccanico il materiale è classificabile fra le rocce dure ("graniti" nell'accezione commerciale del termine) a causa della presenza delle lenti di quarzo. Ne risulta una maggior usura degli utensili di taglio (ivi compreso il filo diamantato in cava) cui fa peraltro riscontro una maggior durezza e resistenza agli agenti atmosferici ed all'abrasione.

La pietra appare, dunque, utilizzabile per una vasta gamma di applicazioni, ivi compresi i rivestimenti esterni e le aree soggette ad intenso calpestio (p. es. atri di stazioni o simili); essa, peraltro, soprattutto per il suo pregevole estetico, appare molto indicata anche per applicazioni di pregio quali piani di cucina, banconi di bar ecc..

7.2 Descrizione dell'ammasso roccioso

A differenza di quanto avviene nelle rocce gneissiche ordinarie, ove i sistemi geostretturali sono solitamente ben distinguibili e definiti, nella roccia in esame le discontinuità naturali presenti sono risultate piuttosto poche, con superfici spesso irregolari e con giacitura abbastanza dispersa, eccetto che per poche fratture subverticali che suddividono il massiccio.

La densità delle fratture tende ad aumentare procedendo da est verso ovest; le discontinuità giacenti lungo piani di scistosità sono in genere chiuse e ad andamento irregolare, mentre quelle subverticali presentano aperture di alcuni mm e talora riempimento terroso, oltre ad avere una superficie tendenzialmente più liscia.

La situazione generale del massiccio, ed in particolare il limitato numero delle discontinuità rilevate, fa sì che sia ovviamente priva di qualsiasi significato fisico un'eventuale verifica di stabilità "d'insieme" del versante roccioso basata su parametri medi della roccia (quale sarebbe applicabile, ad esempio, in una cava di pietrisco in roccia fratturata), mentre le verifiche di stabilità debbano essere effettuate sulla base dei possibili cinematismi derivanti dal confronto del rilievo geostretturale con le geometrie di coltivazione.

7.3 Parametri geomeccanici della roccia

Le caratteristiche geomeccaniche della roccia estratta sono state già dedotte in studi precedenti.

Il peso specifico (γ) della roccia in esame è stato assunto pari a **2,75 t/m³**, mentre, la resistenza al taglio della roccia intatta (quindi la coesione (C)) vale circa **150 kg/cm²**.

Sono, inoltre, considerati i valori di resistenza a compressione pari a circa **2.600 kg/cm²** per campioni in condizioni naturali e di circa **2.150 kg/cm²** per campioni sottoposti a cicli di gelività e il valore relativo alla resistenza a trazione indiretta mediante flessione variabile tra i **230 – 250 kg/cm²**.

Dato il tipo di roccia, il modulo di elasticità lineare (E) vale circa **800.000 Kg/cm²**.

Per quanto riguarda i parametri di resistenza al taglio delle discontinuità presenti nella zona di coltivazione valgono le stesse considerazioni già adottate nei precedenti progetti autorizzati dell'attività estrattiva.

Appare piuttosto arduo assegnare parametri significativi di resistenza al taglio alle diverse discontinuità, data la scarsità di misure e la difficoltà di tenere conto in modo corretto delle rugosità presenti, la cui ampiezza spazia da alcuni millimetri a parecchi centimetri, con ondulazioni a grande scala di dimensioni pluridimensionali.

In via cautelativa, si è ipotizzato la totale assenza di “ponti” di roccia, vale a dire una persistenza del 100% su tutte le discontinuità, con conseguente assenza di vera e propria coesione.

Per quanto riguarda l'angolo di attrito, occorre distinguere fra i sistemi subverticali, costituiti da discontinuità rugose, ma relativamente regolari, ed i piani di scistosità SC, che invece appaiono sempre perfettamente chiusi e spesso segmentati, con conseguente forte indentatura fra i due lembi della discontinuità.

Ammettendo un angolo di attrito “base” di circa **35°**, alle discontinuità subverticali può essere assegnato un contributo aggiuntivo dato dalla rugosità stimabile in circa **7°**, mentre per la scistosità tale contributo può essere stimato in **15°**.

Conseguentemente, l'angolo di attrito apparente risulta di **50°** per la scistosità e di **42°** per i sistemi subverticali.

Prudenzialmente, tuttavia, nelle valutazioni geostrutturali che seguono, si farà riferimento all'angolo di attrito di base, ignorando totalmente l'effetto favorevole delle rugosità.

7.4 Rilievi geostrutturali

Benché, come si è accennato, le discontinuità all'interno dell'ammasso roccioso siano poche e con giacitura non perfettamente omogenea, a grande scala la distribuzione delle famiglie si conferma valida su tutto il giacimento. Già in occasione del rinnovo autorizzativo del 2013 era stato effettuato un rilievo aggiornato delle discontinuità messe in luce dal ribasso della coltivazione. Confrontando tale rilievo con quelli precedenti, effettuati nel 2008 e nel 2003, l'orientazione delle famiglie di discontinuità risultava confermata. Erano pertanto state individuate le seguenti tre famiglie:

Famiglie	Immersione	Inclinazione
<i>Ka</i>	232	20
<i>Kb</i>	280	72
<i>Kc</i>	012	70

Durante il decennio successivo la coltivazione si è sviluppata a ritmi molto ridotti, con semplici arretramenti dei fronti di coltivazione ma nessun nuovo ribasso del piazzale. Le discontinuità che si osservano sui fronti sono, in gran parte, la prosecuzione di quelle già rilevate nelle occasioni precedenti. Ciononostante nel 2023, in vista della richiesta di proroga, si è provveduto ad un nuovo rilievo, che ha fornito i seguenti risultati:

Zona nord-ovest:

<i>Immersione (°)</i>	<i>Inclinazione (°)</i>	<i>Famiglia</i>
245	25	<i>Ka</i>
040	80	<i>Kc</i>
034	75	<i>Kc</i>

Zona sud-est:

<i>Immersione (°)</i>	<i>Inclinazione (°)</i>	<i>Famiglia</i>
010	72	<i>Kc</i>
290	67	<i>Kb</i>
270	65	<i>Kb</i>
237	22	<i>Ka</i>

Zona sud-ovest:

<i>Immersione (°)</i>	<i>Inclinazione (°)</i>	<i>Famiglia</i>
282	62	<i>Kb</i>
210	23	<i>Ka</i>
038	81	<i>Kc</i>
295	57	<i>Kb</i>

Si osserva come, pur nell'inevitabile dispersione dei valori, connesso con l'andamento irregolare delle discontinuità, le giaciture rilevate confermano l'andamento generale, e possono essere agevolmente classificate all'interno delle famiglie già individuate. La stessa conferma si può ottenere, in via qualitativa, dall'osservazione delle due fotografie seguenti, relative al fronte di cava nel 2013 e nel 2023, sulla quale sono evidenziate le tracce dell'intersezione delle discontinuità con i fronti di scavo.

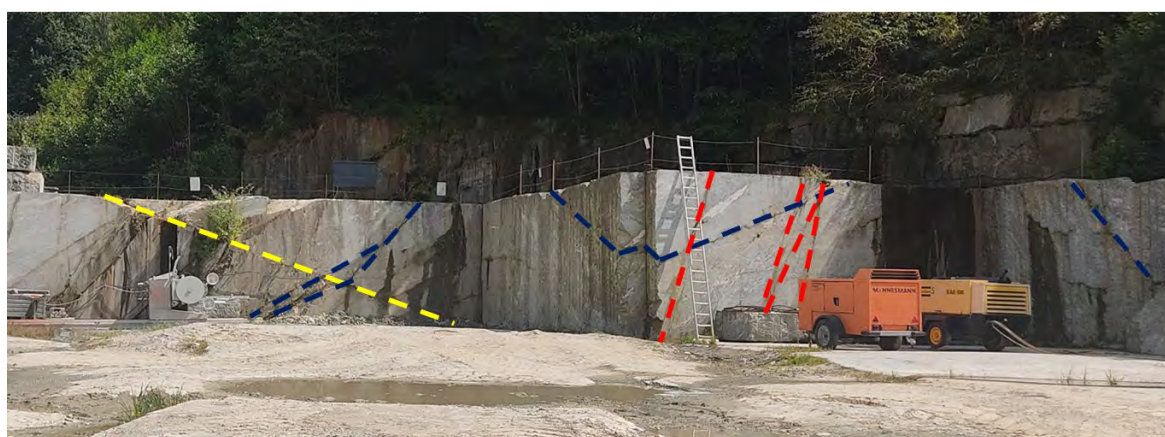


Foto 1: Veduta del fronte principale di coltivazione, con evidenziazione delle discontinuità appartenenti alle famiglie Ka (in giallo), Kb (in blu) e Kc (in rosso). In alto la situazione al 2013, in basso la situazione aggiornata al 2023. Nella prima foto, a destra, evidenziato dalla freccia, si nota un piccolo cuneo delimitato da discontinuità Kb e Kc, eliminato mediante disgaggio del fronte.

7.5 Rilievi geostrutturali precedenti

7.5.1 Premessa

Per completezza documentale si riportano di seguito i risultati ottenuti nei rilievi geostrutturali svoltisi dal 2003 al 2013.

7.5.2 Aggiornamento del rilievo (marzo 2013)

Visto l'avanzamento della coltivazione e l'accessibilità a nuove superfici affioranti dell'ammasso roccioso, rispetto agli ultimi rilievi svolti, è stato effettuato di recente un rilievo geostrutturale, atto a verificare la coerenza dei monitoraggi passati e/o l'eventuale presenza di difformità e anomalie.

A tal proposito sono state registrate le giaciture presenti nelle zone in cui si intende estendere la coltivazione tuttora in atto, in particolare nell'area SSE, nella zona SSO e sul fronte di ribasso del piazzale di cava; nonostante l'ampia estensione dell'area disponibile indagabile, sono state rilevate poche discontinuità con superfici spesso irregolari e con giacitura abbastanza dispersa, a conferma di quanto già osservato in passato.

I sistemi di discontinuità individuati sono diffusi pressoché omogeneamente nell'intera area coltivata, tuttavia, talune famiglie si denotano maggiormente in corrispondenza degli attuali fronti di scavo.

Si riportano di seguito i risultati dello stendimento effettuato recentemente presso la cava in esame e i sistemi di discontinuità così individuati:

Zona sud-est:

<i>Immersione (°)</i>	<i>Inclinazione (°)</i>
012	70

290	69
270	68
232	20

Zona sud-ovest:

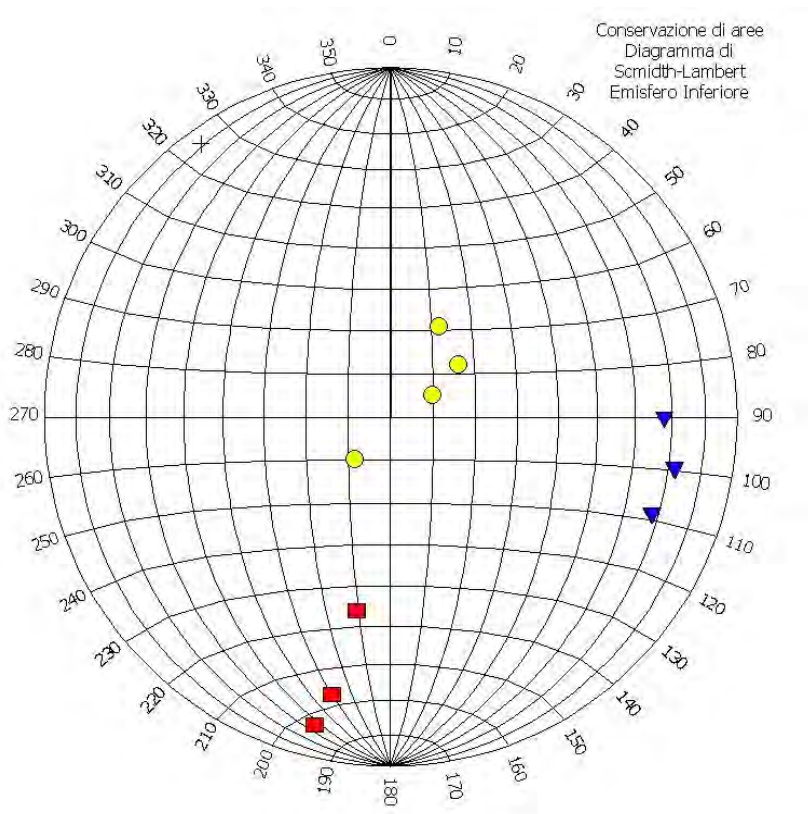
<i>Immersione (°)</i>	<i>Inclinazione (°)</i>
145	85
208	24
041	13
232	20

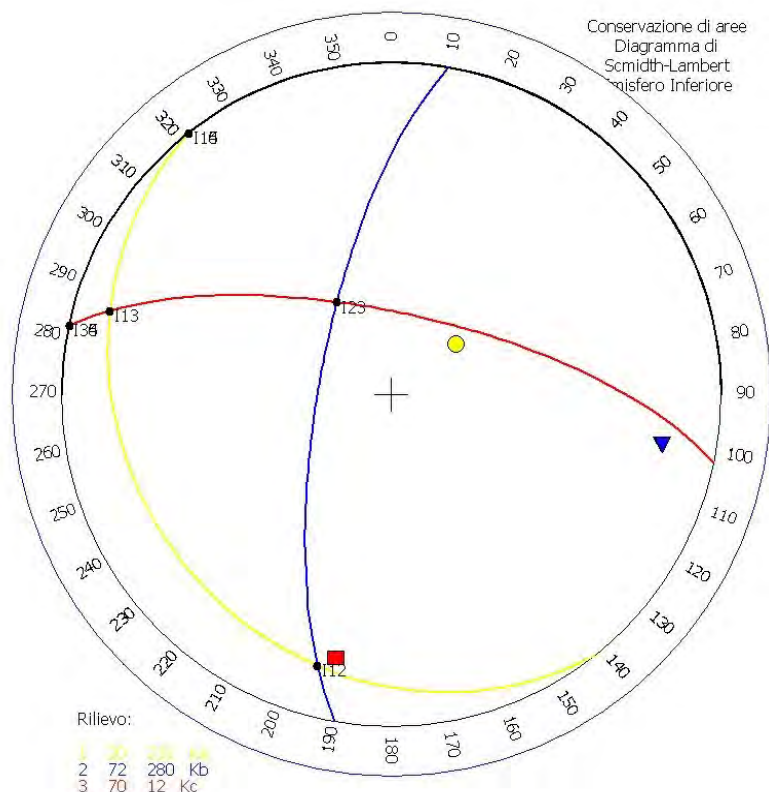
Zona sud-est:

<i>Immersione (°)</i>	<i>Inclinazione (°)</i>
242	11
014	80
280	72
010	47

Le discontinuità rilevate sono state riportate in forma polare sui diagrammi stereografici di Schmidt riportati nel seguito, così da meglio visualizzare la loro tendenza a raccogliersi in famiglie. Per ciascuna famiglia è stato possibile determinare l'orientazione più rappresentativa (quella cui corrisponde il massimo addensamento dei poli):

Famiglie	Immersione	Inclinazione
<i>Ka</i>	232	20
<i>Kb</i>	280	72
<i>Kc</i>	012	70





7.5.3 Precedente rilievo geostrutturale (settembre 2008)

Il rilievo geostrutturale è stato originariamente effettuato distinguendo il settore est dal settore ovest del fronte di cava, essendo risultato evidente nel corso del rilievo stesso che le famiglie di discontinuità presentavano un'orientazione lievemente diversa nelle due zone.

- Zona est

Sistema SC:

<i>Immersione (°)</i>	<i>Inclinazione (°)</i>
290	39
280	42

282	46
280	45
282	48

Sistema K1:

<i>Immersione (°)</i>	<i>Inclinazione (°)</i>
028	77
035	82
025	76
038	77

Sistema K2:

<i>Immersione (°)</i>	<i>Inclinazione (°)</i>
122	70

- Zona ovest

Sistema SC:

<i>Immersione (°)</i>	<i>Inclinazione (°)</i>
328	42
307	25
358	30

Sistema K1:

<i>Immersione (°)</i>	<i>Inclinazione (°)</i>
187	73
183	85
182	88

Sistema K2:

<i>Immersione (°)</i>	<i>Inclinazione (°)</i>
063	31
085	35
072	38
094	58

Sistema K2':

<i>Immersione (°)</i>	<i>Inclinazione (°)</i>
267	87
250	85
260	88
247	86

- Zona sperone roccioso

Sistema SC:

<i>Immersione (°)</i>	<i>Inclinazione (°)</i>
310	28
348	30

Sistema K1:

<i>Immersione (°)</i>	<i>Inclinazione (°)</i>
190	86

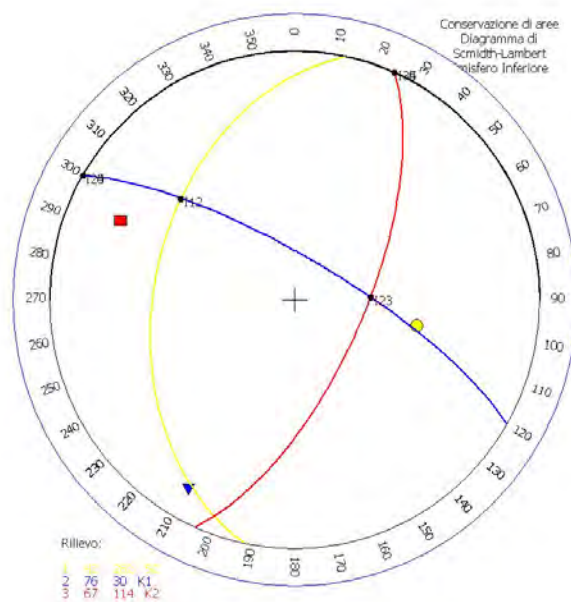
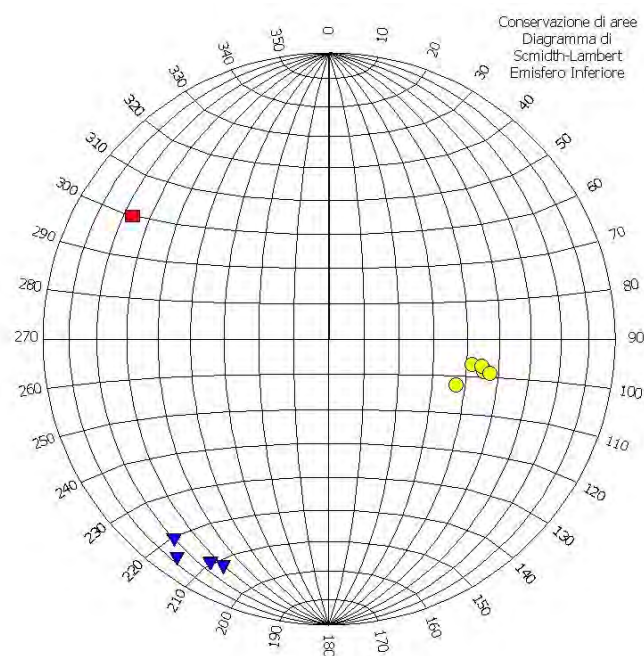
Sistema K2':

<i>Immersione (°)</i>	<i>Inclinazione (°)</i>
262	88
246	86

Come già descritto nel paragrafo precedente, mediante l'elaborazione grafica dei diagrammi stereografici di Schmidt, è stato possibile determinare le principali famiglie e l'orientazione più rappresentativa:

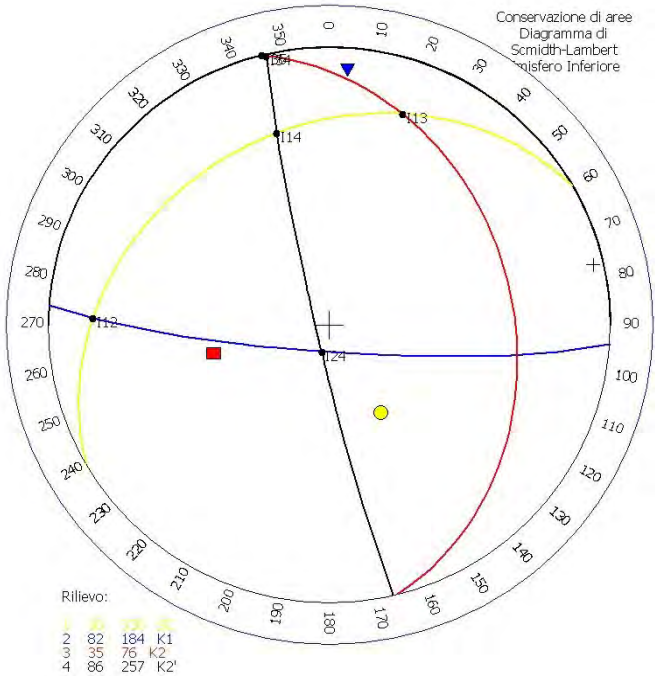
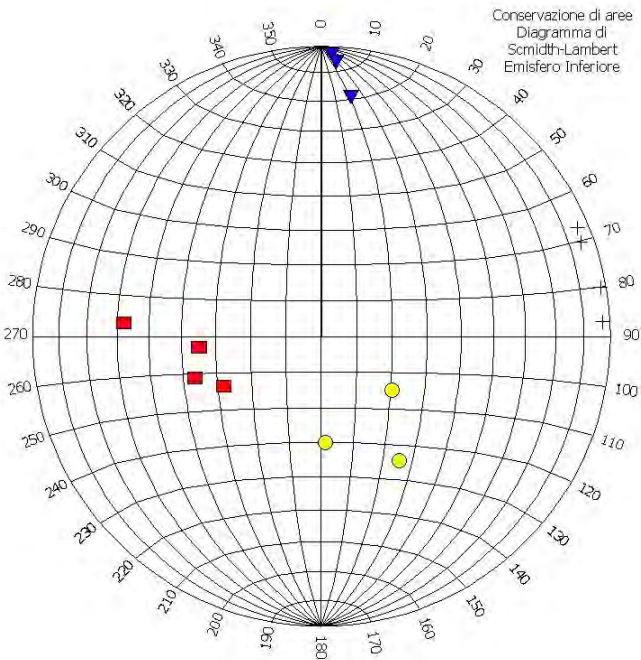
LATO EST

	Immersione	Inclinazione
Scistosità SC	282	42
Famiglia K1	030	76
Famiglia K2	114	67



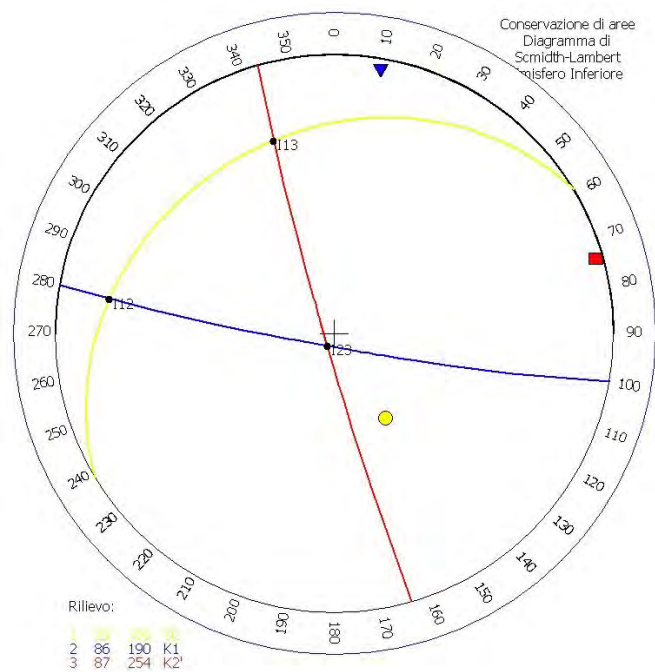
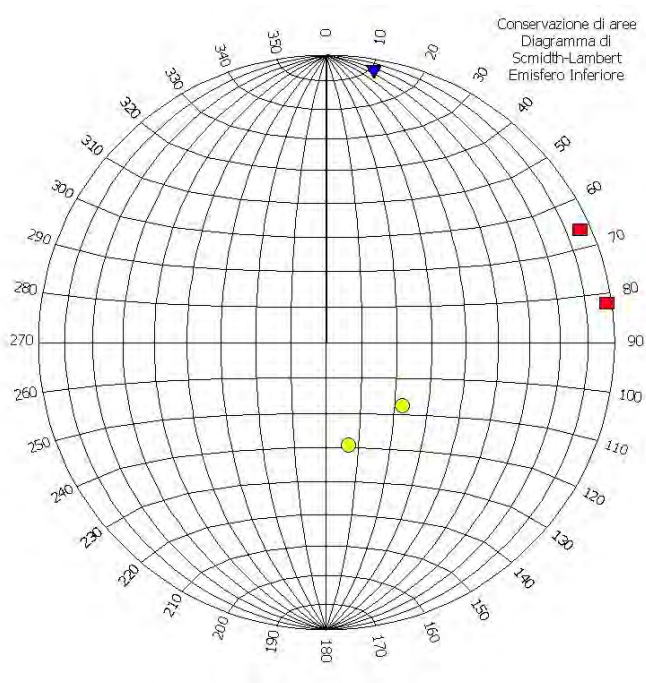
LATO OVEST

	Immersione	Inclinazione
<i>Scistosità SC</i>	330	30
<i>Famiglia K1</i>	184	82
<i>Famiglia K2</i>	076	35
<i>Famiglia K2'</i>	257	86



SPERONE ROCCIOSO

	Immersione	Inclinazione
Scistosità SC	329	29
Famiglia K1	190	86
Famiglia K2	254	87



Le giaciture rilevate in corrispondenza dello sperone roccioso sono in buon accordo con quanto individuato nel "settore ovest". Tuttavia, il numero di determinazioni sperimentali è piuttosto ridotto per consentire un'efficace elaborazione statistica. Ciò, del resto, è tipico dei giacimenti di pietra ornamentale, per i quali una delle caratteristiche più ricercate è proprio la presenza di poche discontinuità, così da consentire una buona resa in blocchi utili.

7.5.4 *Precedente rilievo geostrutturale (dicembre 2003)*

Nel mese di dicembre 2003 fu condotto, inoltre, un rilievo geostrutturale nel settore nord della cava, in corrispondenza dello sperone roccioso interessato da parte dei lavori di scavo; l'elaborazione geostrutturale fu, già allora, condotta utilizzando le elaborazioni in stereogrammi, secondo il metodo di Schmidt.

Tale rilievo geostrutturale fu svolto al fine di determinare la qualità dell'ammasso roccioso, l'orientazione delle discontinuità e le condizioni di stabilità, nell'ambito dei lavori previsti in fase di ampliamento. In particolare, furono rilevati tutti i dati giacitureali delle discontinuità visibili, sia lungo la parete Sud, che lungo la parete Est dello sperone roccioso.

Di seguito si riportano i risultati del rilievo, distinti per settore:

- Lato Sud dello sperone roccioso
- **Sistema K1a:**

<i>Immersione (°)</i>	<i>Inclinazione (°)</i>
261	88
065	19
068	83
068	80
273	83
263	87
076	88
078	90

Sistema K1b:

<i>Immersione (°)</i>	<i>Inclinazione (°)</i>
056	68
220	80
215	78
050	75

Sistema K2:

<i>Immersione (°)</i>	<i>Inclinazione (°)</i>
110	3156
110	74

Sistema K3(SCI):

<i>Immersione (°)</i>	<i>Inclinazione (°)</i>
349	55
346	49
348	10

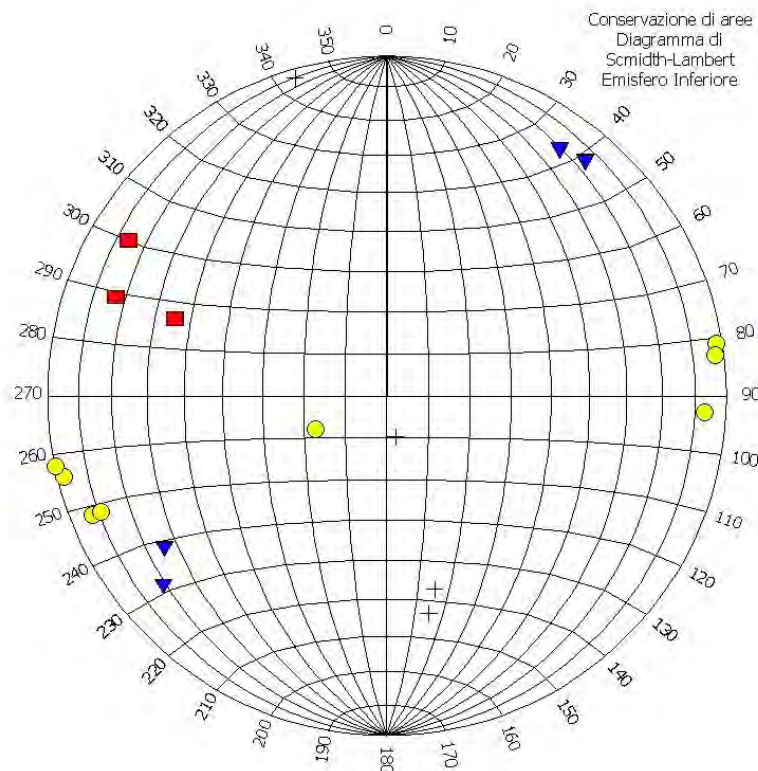
- Lato Est dello sperone roccioso

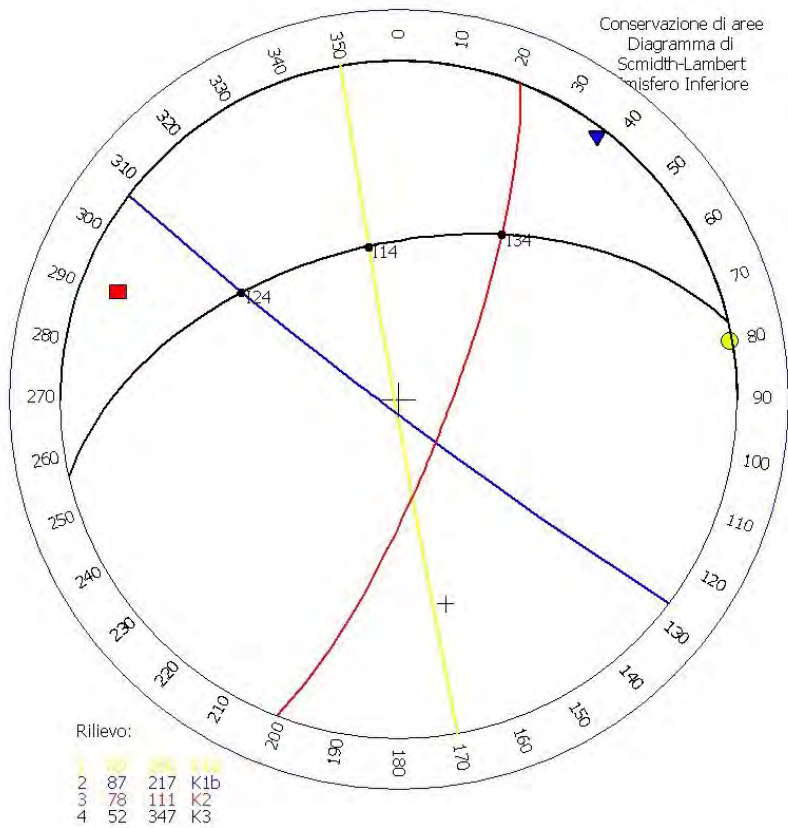
- **Sistema K2:**

<i>Immersione (°)</i>	<i>Inclinazione (°)</i>
212	78
164	87

Si riportano di seguito, quindi, le principali famiglie individuate mediante l'elaborazione dei dati svolta in base alla teoria di Schmidt:

Sistema	Immersione	Inclinazione
<i>K1a</i>	260	89
<i>K1b</i>	217	87
<i>K2</i>	111	78
<i>K3</i>	347	52





Infine, dai dati sulle discontinuità desunti durante il rilievo, tenendo conto delle indicazioni fornite dall’ISRM, si possono caratterizzare le diverse famiglie come riportato nella tabella che segue.

<i>Sistema</i>	<i>Spaziatura</i>	<i>Persistenza</i>	<i>Apertura</i>	<i>Rugosità</i>	<i>Alterazione</i>	<i>Riemp/Filtr</i>
K1a	molto larga	media	parzialm. aperta	IV	I	I
K1b	molto larga	bassa	moderat. larga	IV	I	I
K2	molto larga	medio-bassa	parzialm. aperta	IV	I	I
K3 (SCI)	larga	medio-alta	parzialm. aperta	I	I	I

7.6 Stabilità dei fronti in roccia

7.6.1 Elaborazioni con il test di Markland

Sulla base dell'ultimo rilievo effettuato sono state confermate le famiglie di discontinuità già individuate nel precedente rilievo geostrutturale che possono isolare blocchi instabili, e che potrebbero causarne lo scivolamento. A tale scopo, si è utilizzata la metodologia grafica denominata “test di Markland”, ampiamente utilizzata nella verifica di stabilità di pendii naturali ed artificiali in roccia e particolarmente adatta per l'individuazione dei possibili cinematismi di solidi removibili.

Si deve peraltro ricordare e sottolineare che il “test di Markland” impone delle condizioni molto peggiorative rispetto a quelle reali dell'ammasso roccioso: esso, infatti, considera i piani di discontinuità come se gli stessi fossero infinitamente estesi lateralmente e privi di ponti in roccia; si tratta però di condizioni puramente teoriche che, normalmente, tendono a non verificarsi.

Tale analisi ⁽¹³⁾ è stata, dunque, effettuata per i diversi fronti di scavo finali previsti dal presente progetto di rinnovo e ampliamento. Sono stati, quindi, definiti i fronti di scavo più rappresentativi al fine dello studio dei potenziali cinematismi, di scivolamento planare e di distacco di cunei, rispetto lo stato finale di coltivazione nell'intera area di cava.

Fronti	Immersione	Inclinazione
F_1	169°	88°
F_2	87°	87°
F_3	239°	89°

⁽¹³⁾ Le proiezioni stereografiche sono state effettuate mediante il software “GeoRocce” della CDM Dolmen, nei cui output grafici la giacitura dei piani di discontinuità viene riportata indicandone con il primo valore l'inclinazione rispetto all'orizzontale del piano stesso, mentre il secondo valore indica la giacitura di immersione (riferita al nord) del piano medesimo.

F_4	78°	90°
F_5	7°	88°
F_6	285°	89°
F_7	194°	88°
F_8	254°	89°
F_9	194°	90°
F_{10}	231°	89°

Le famiglie di discontinuità Ka, Kb e Kc sono state, dunque, rapportate con i suddetti fronti, in quanto caratterizzate dai valori medi di giacitura derivanti dall'analisi dei dati ottenuti dal rilievo geostrutturale di marzo 2013 e confermate dal rilievo geostrutturale svolto in occasione della richiesta di proroga nel 2023. Anche il valore dell'angolo di attrito per le diverse famiglie di discontinuità è stato assunto pari a quello già impiegato nell'analisi della resistenza al taglio svolta per il progetto attualmente autorizzato.

Infine, si riportano di seguito i diagrammi stereografici di Smidth in base ai quali è stato svolto il Test di Markland, che rappresentano gli eventuali cinematismi che potranno ipoteticamente essere originati in corrispondenza dei fronti finali di scavo.

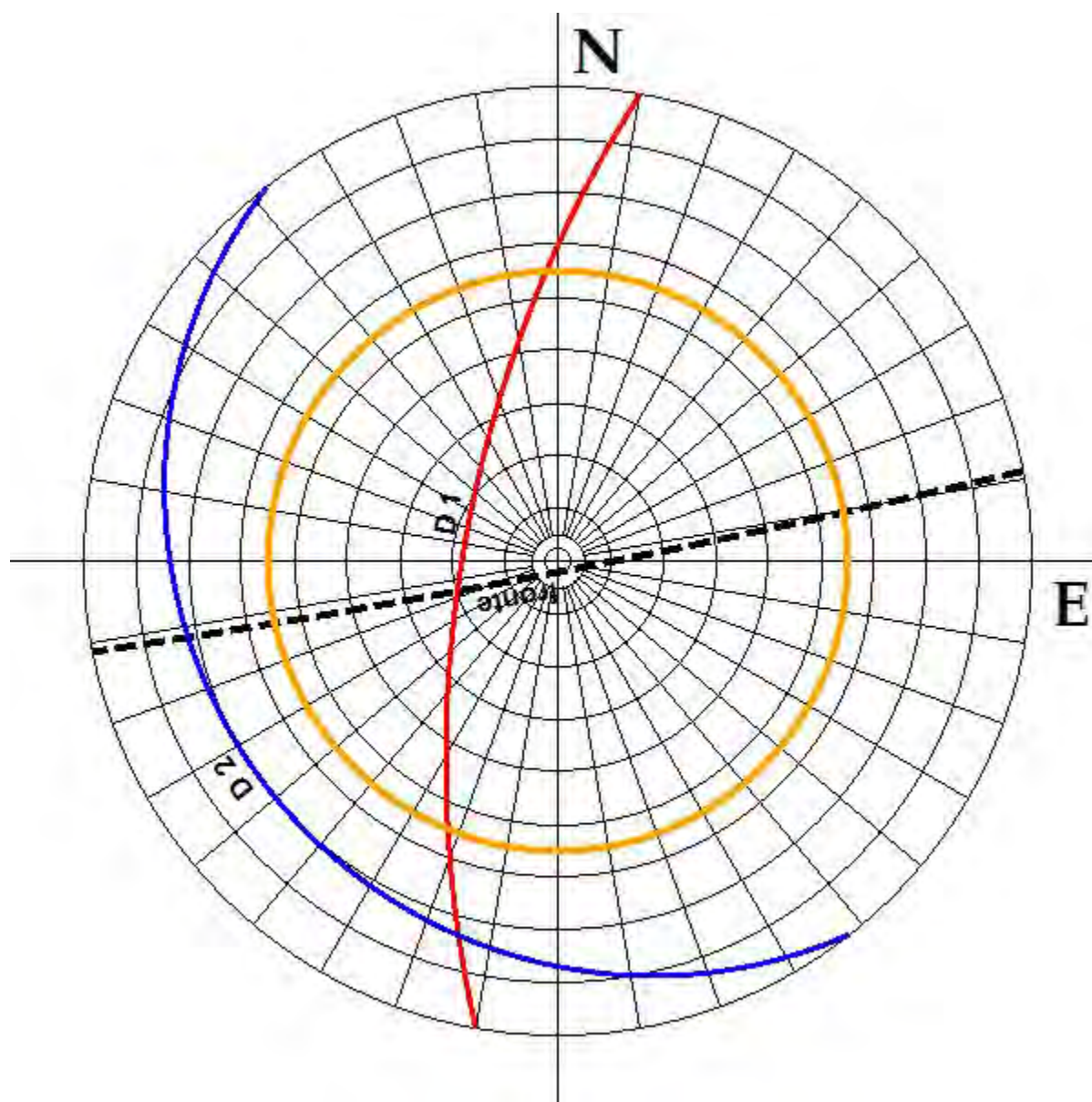


Figura 7-1. Test di Markland - Fronte di scavo principale F_1 , famiglie di discontinuità K_a e K_b

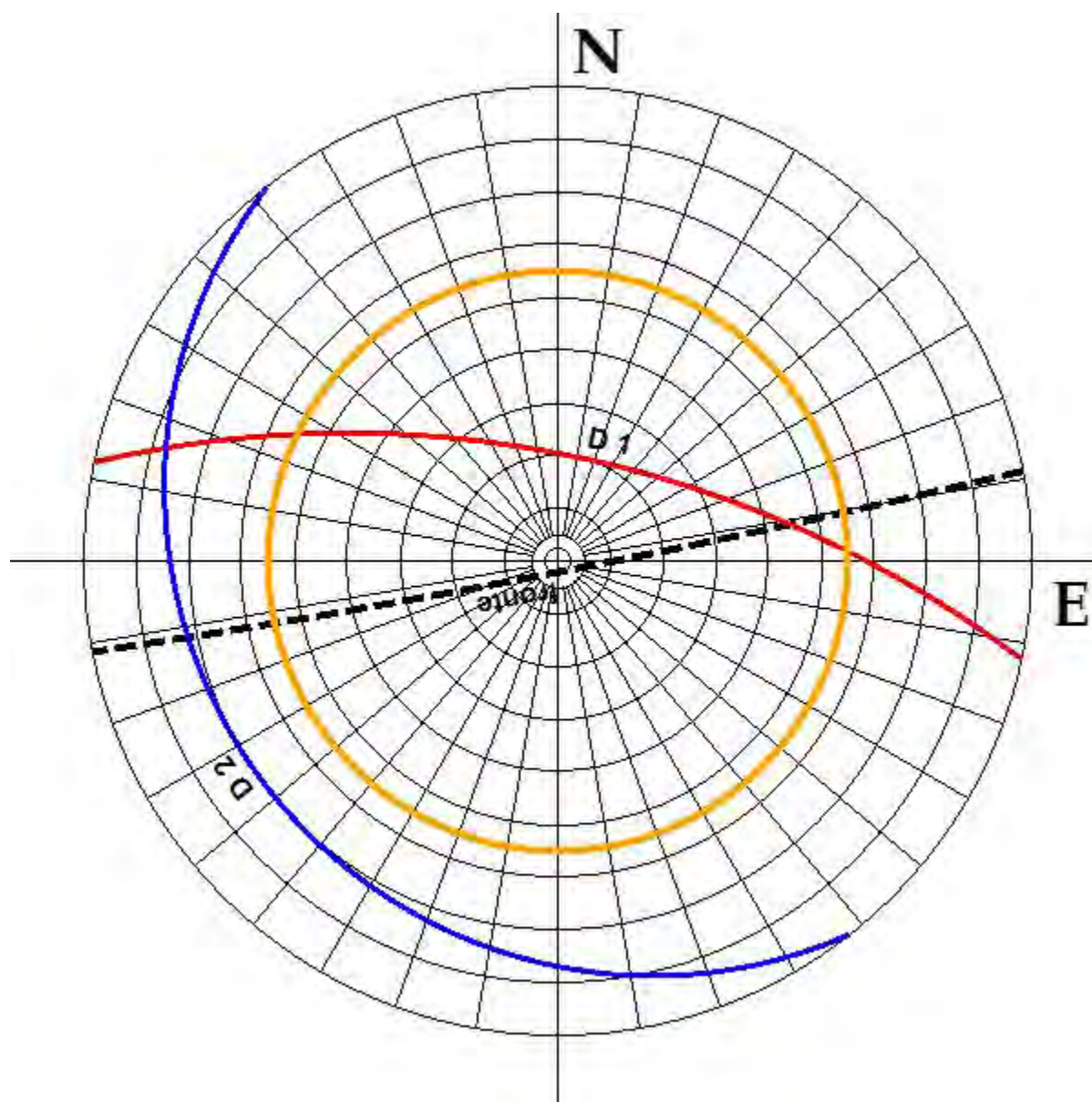


Figura 7-2. Test di Markland - Fronte di scavo principale F_1 , famiglie di discontinuità K_a e K_c

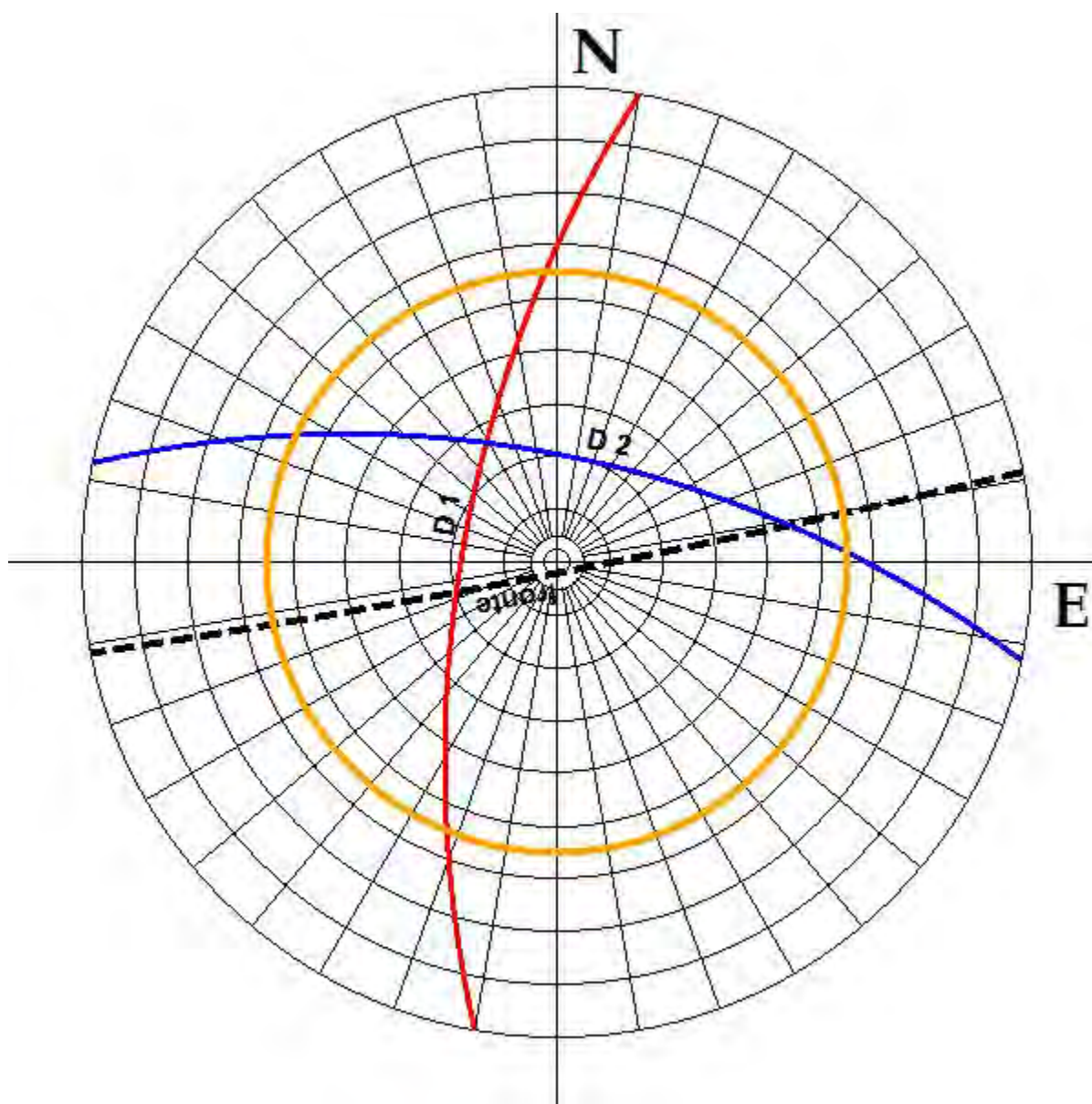


Figura 7-3. Test di Markland - Fronte di scavo principale F_1 , famiglie di discontinuità K_c e K_b

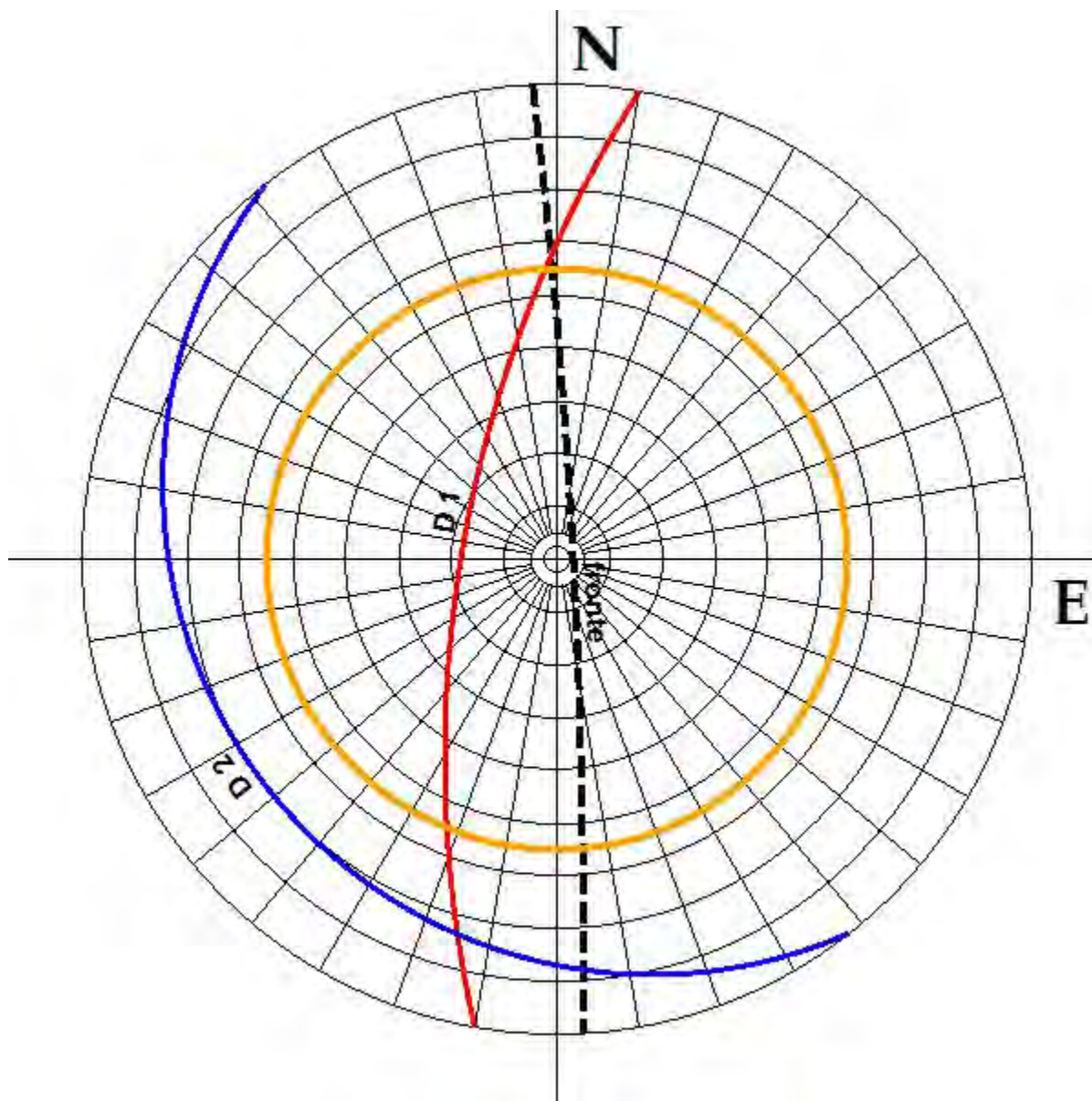


Figura 7-4. Test di Markland - Fronte di scavo principale F_2 , famiglie di discontinuità K_a e K_b

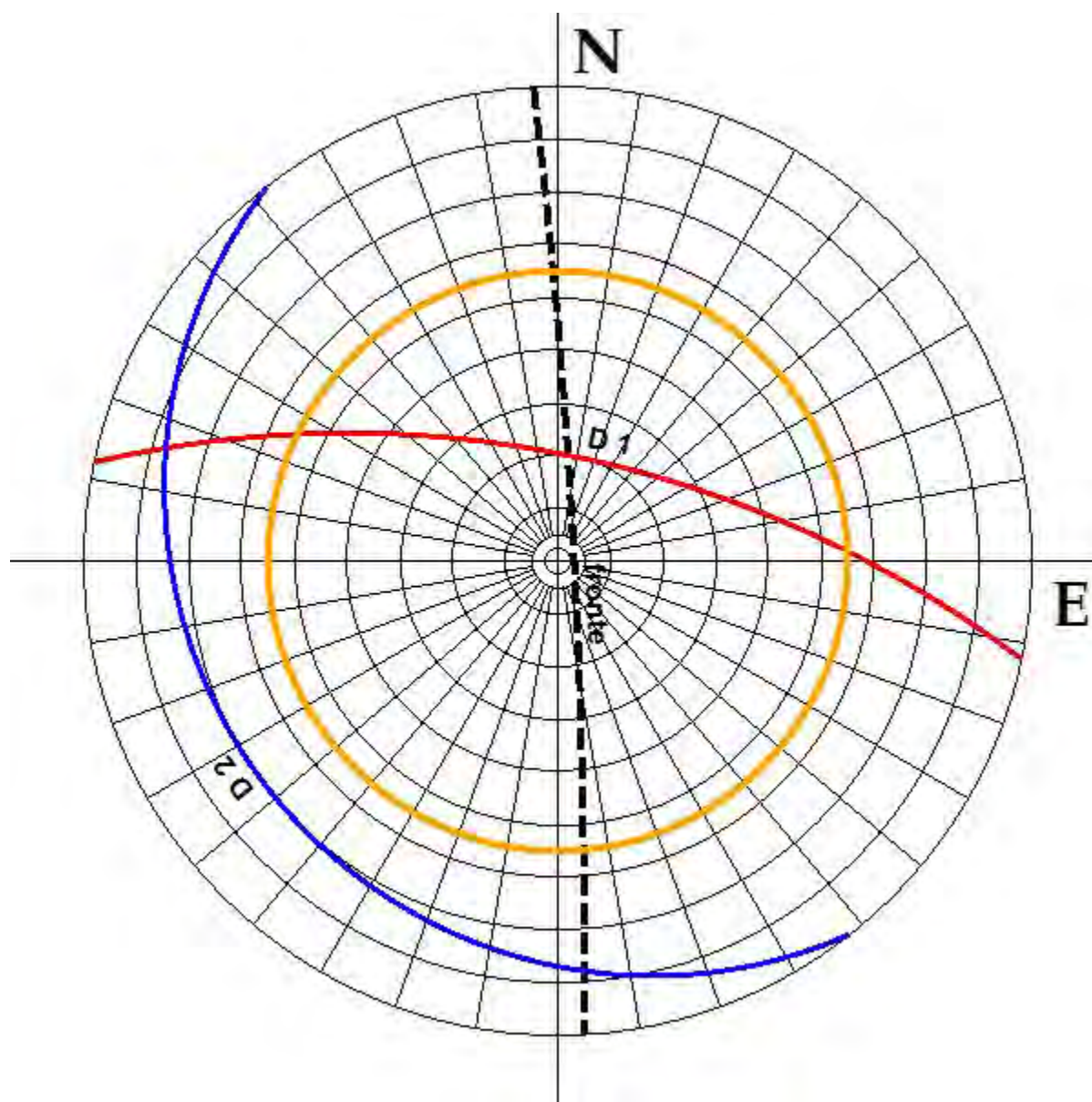


Figura 7-5. Test di Markland - Fronte di scavo principale F_2 , famiglie di discontinuità K_a e K_c

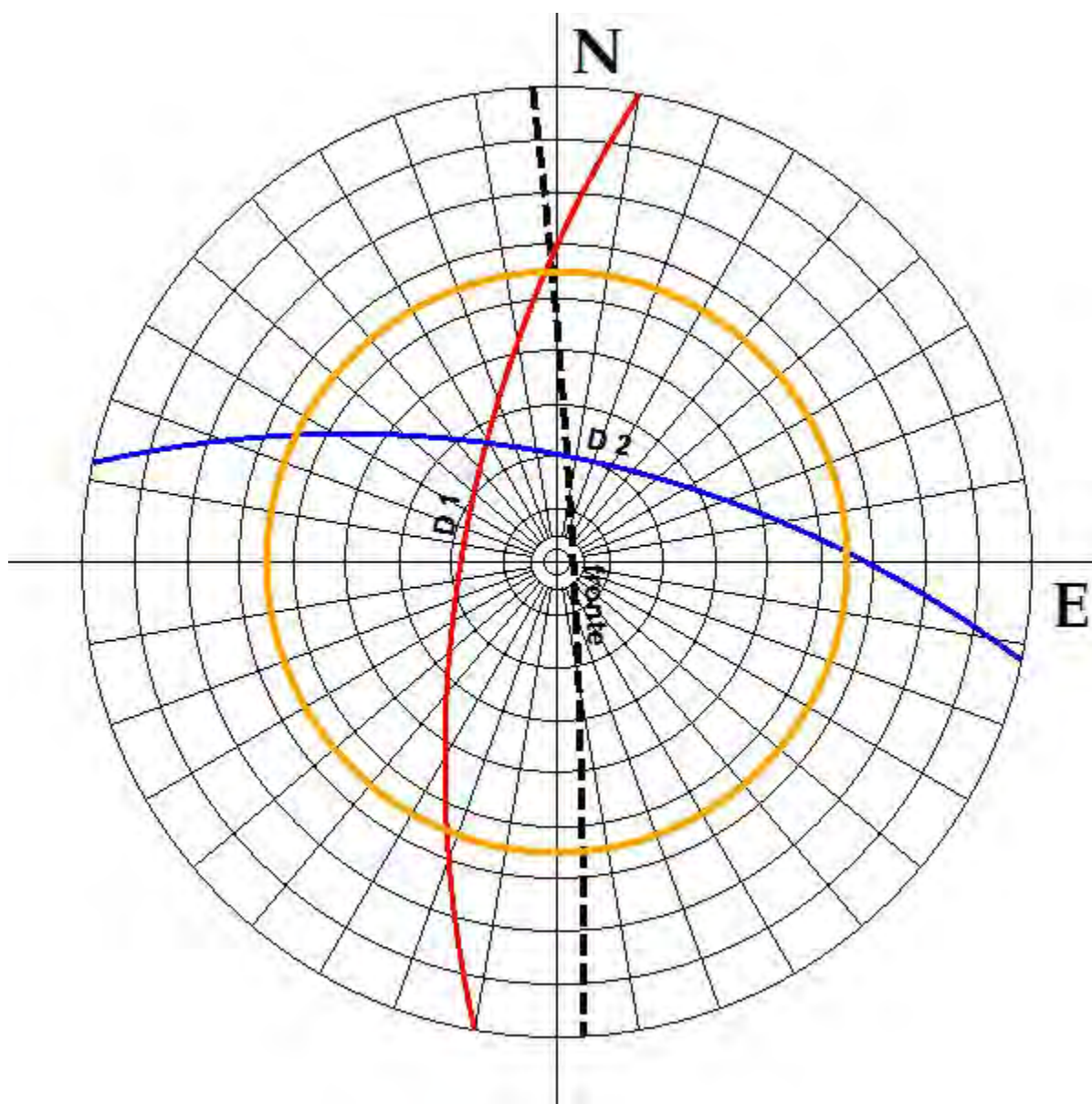


Figura 7-6. Test di Markland - Fronte di scavo principale F_2 , famiglie di discontinuità K_c e K_b

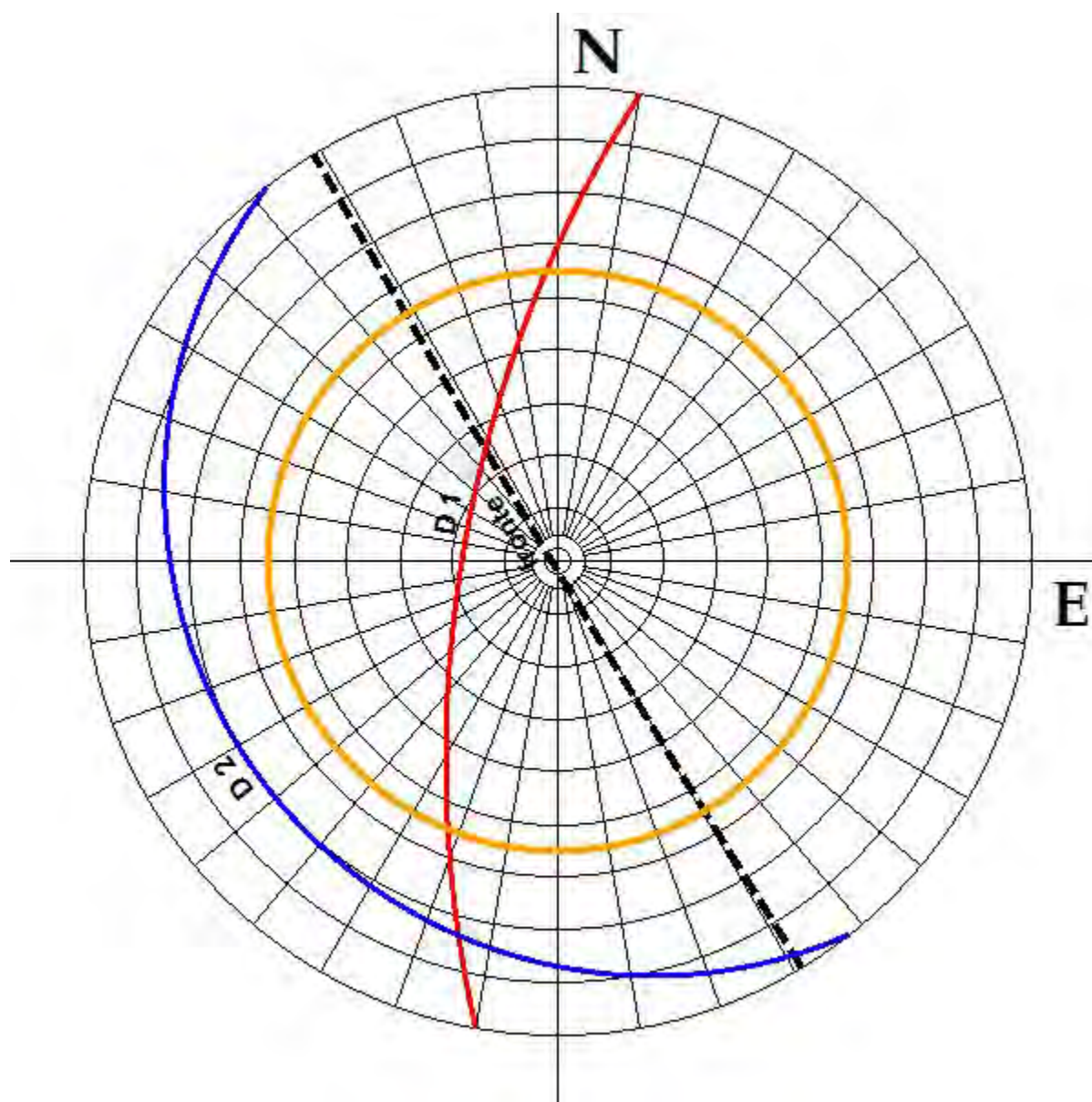


Figura 7-7. Test di Markland - Fronte di scavo principale F_3 , famiglie di discontinuità K_a e K_b

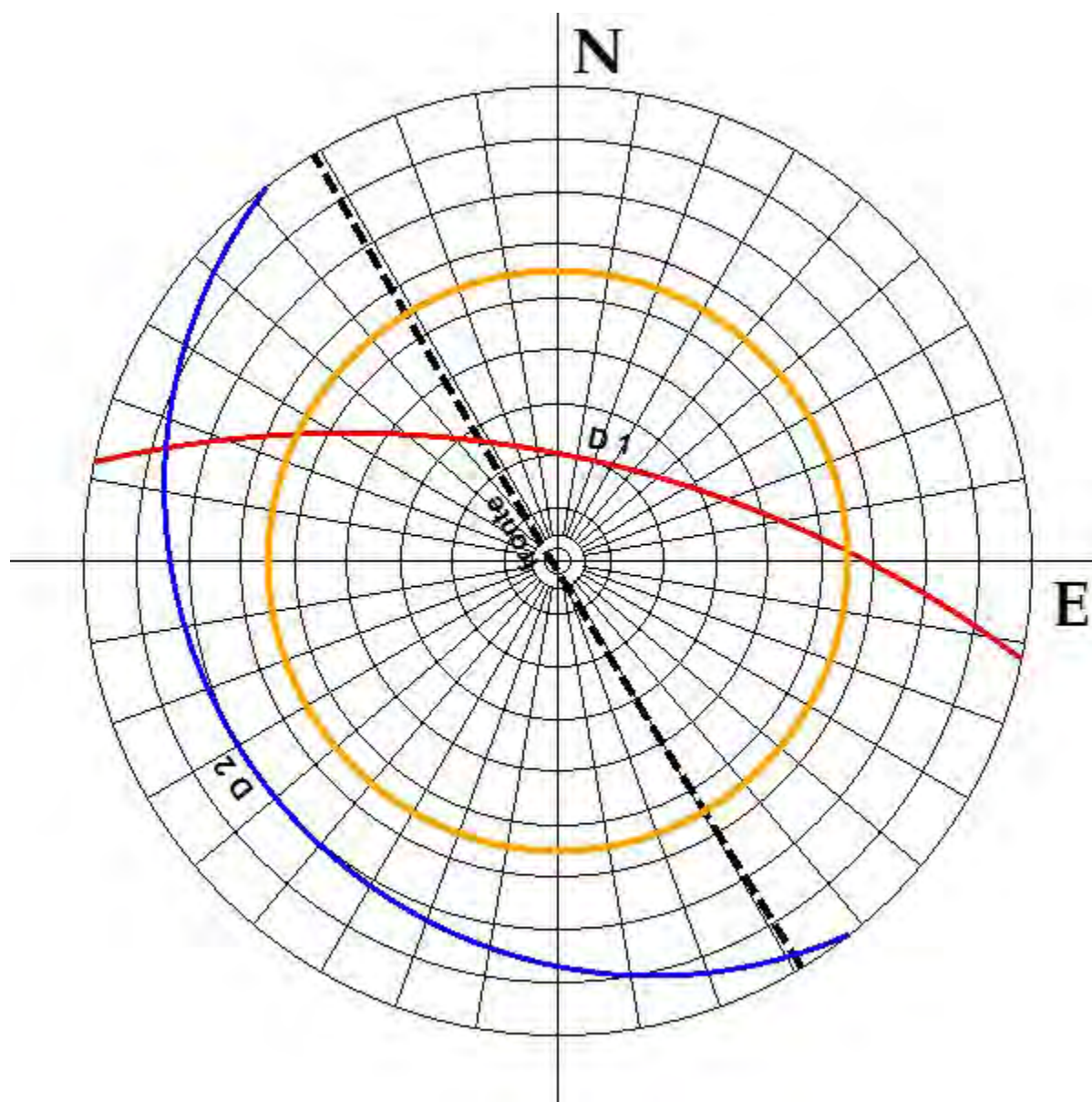


Figura 7-8. Test di Markland - Fronte di scavo principale F_3 , famiglie di discontinuità K_a e K_c

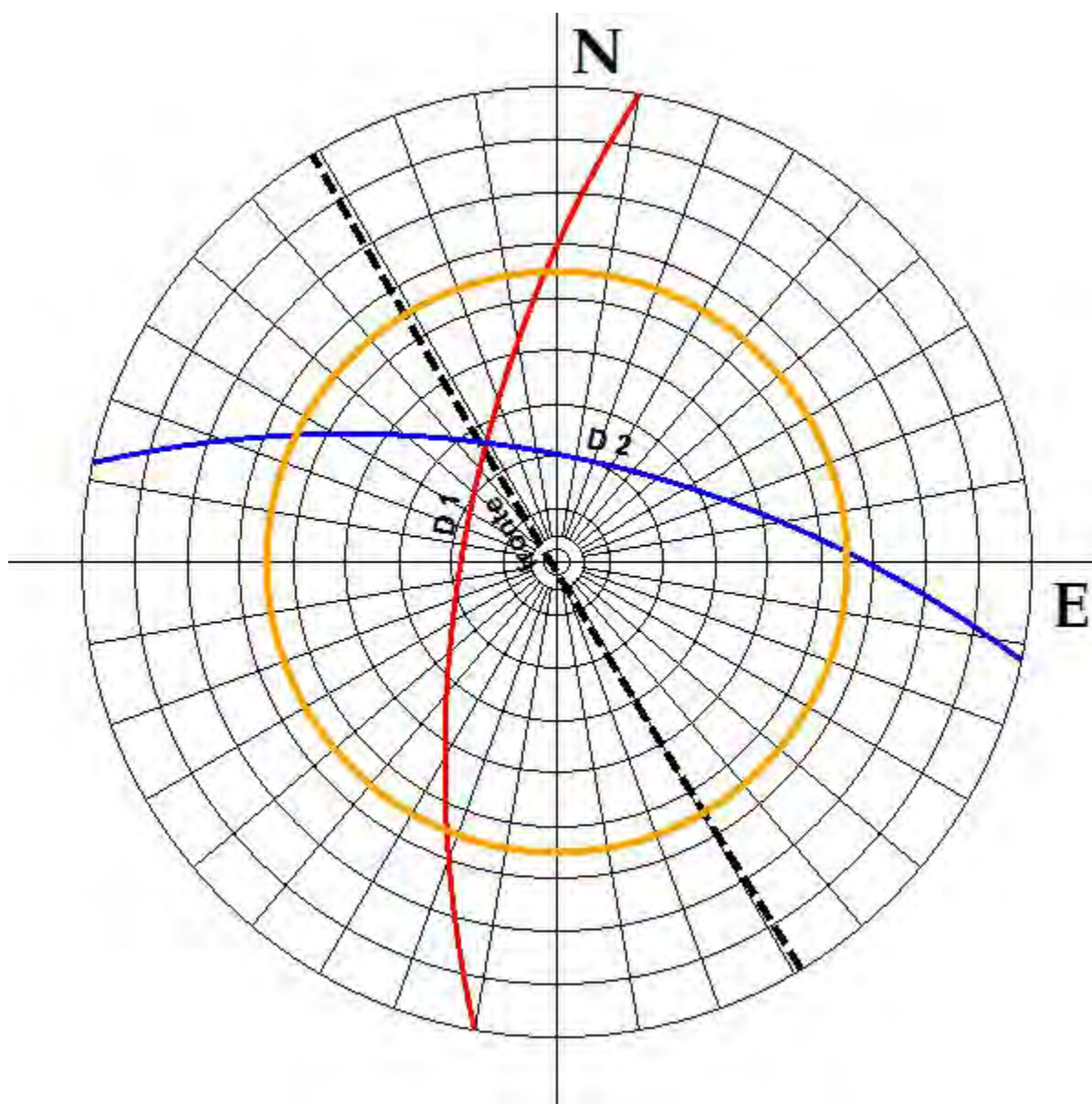


Figura 7-9. Test di Markland - Fronte di scavo principale F_3 , famiglie di discontinuità K_c e K_b

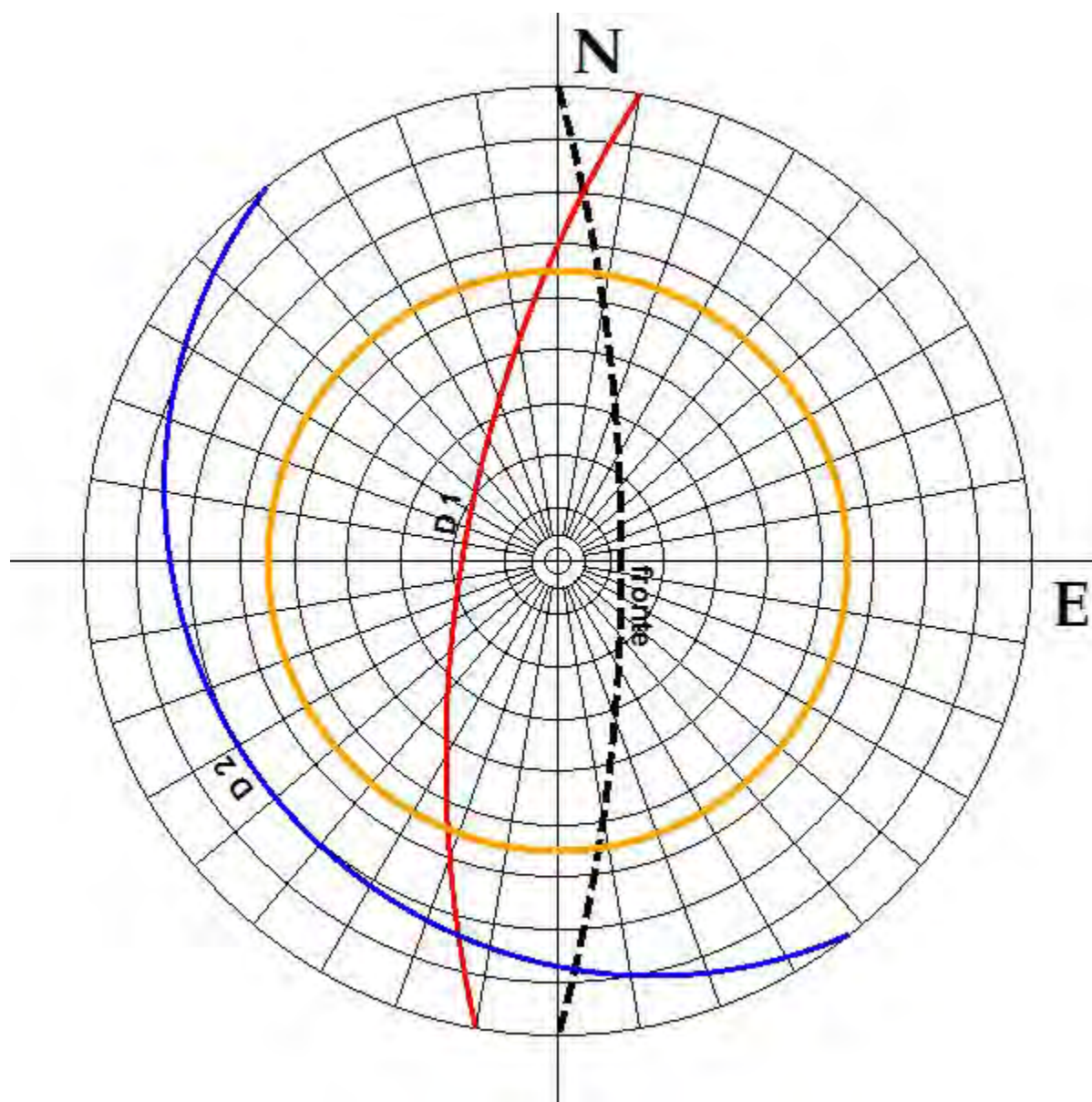


Figura 7-10. Test di Markland - Fronte di scavo principale F₄, famiglie di discontinuità K_a e K_b

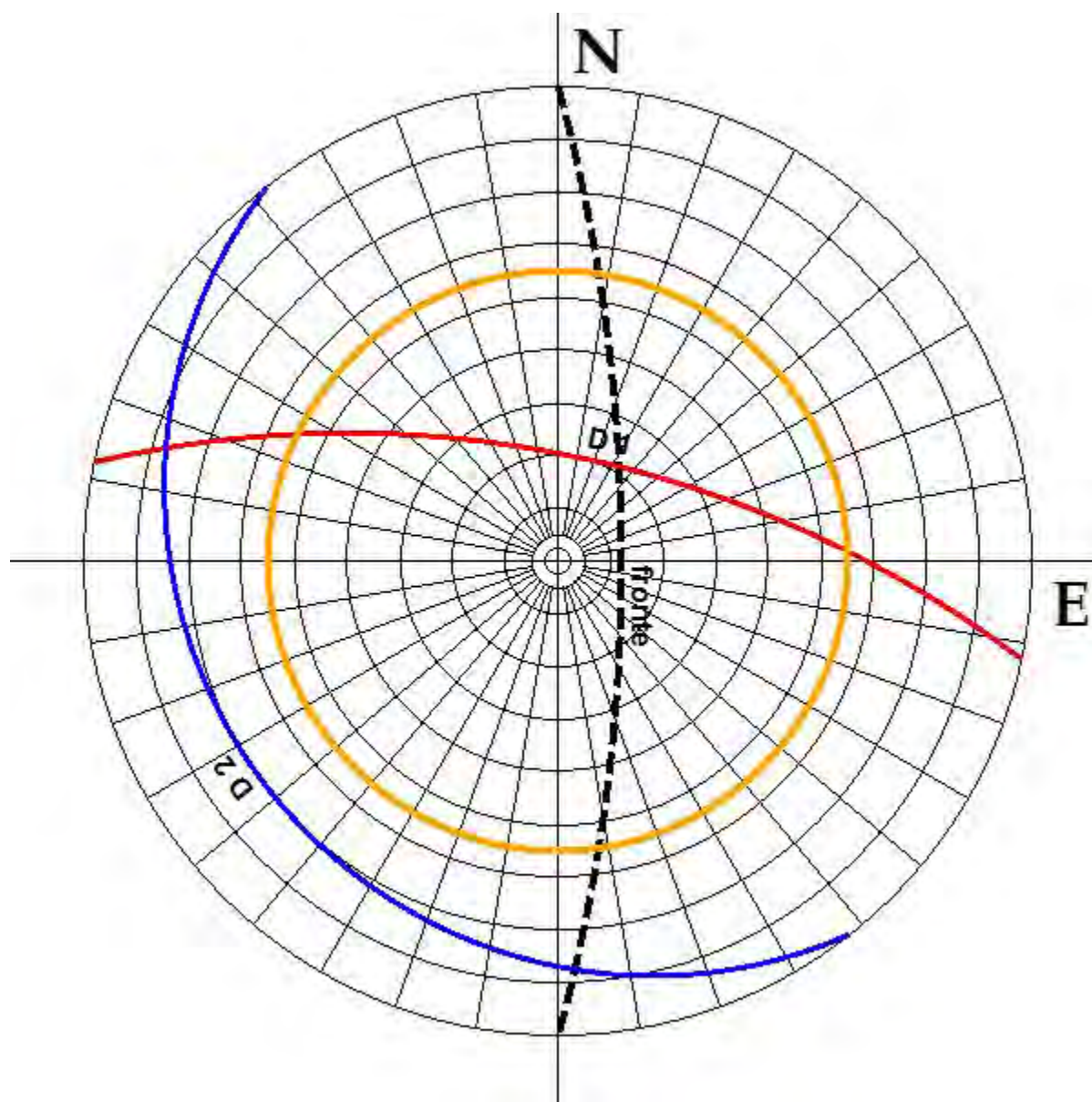


Figura 7-11. Test di Markland - Fronte di scavo principale F4, famiglie di discontinuità K_a e K_c

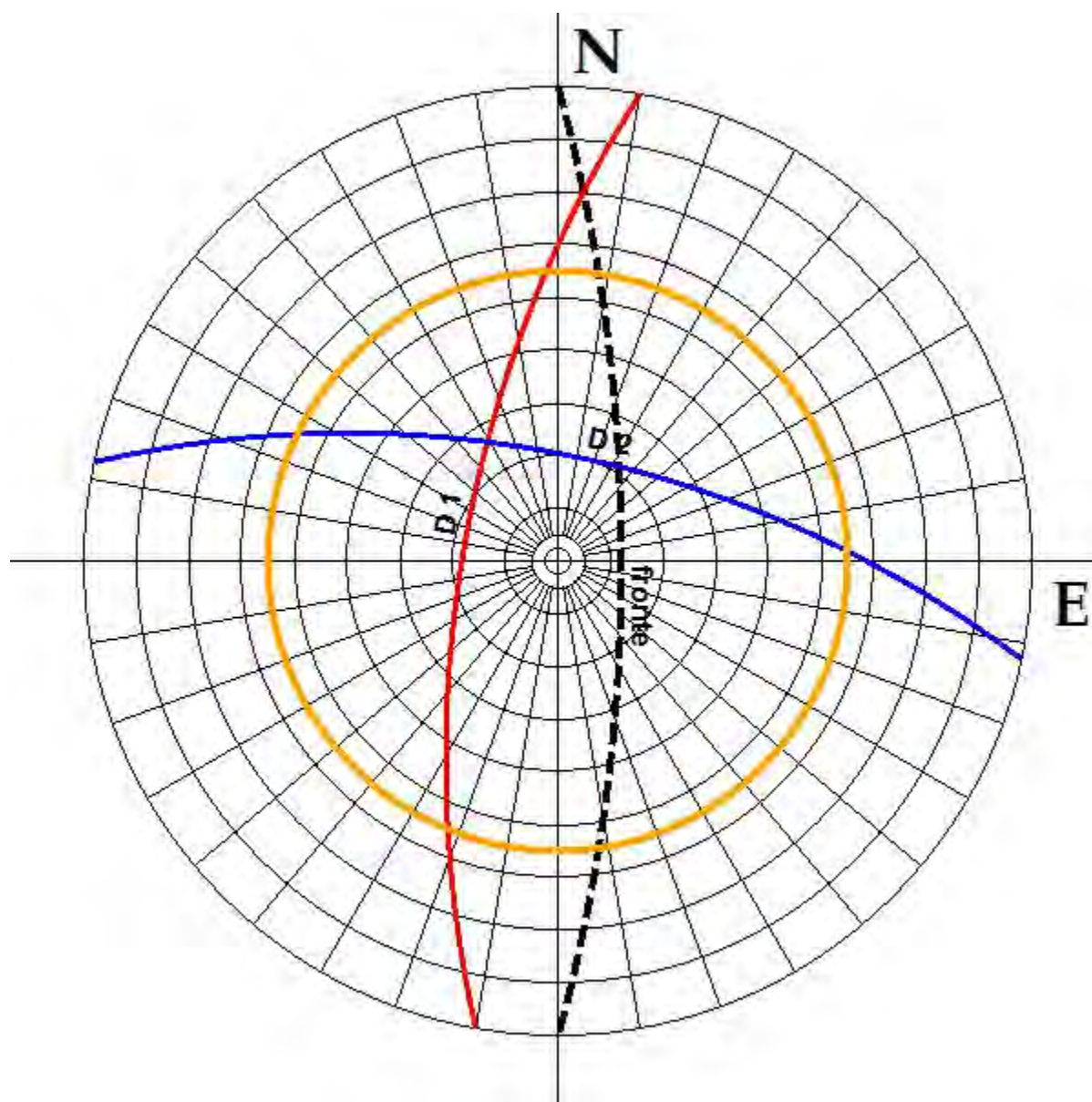


Figura 7-12. Test di Markland - Fronte di scavo principale F₄, famiglie di discontinuità K_c e K_b

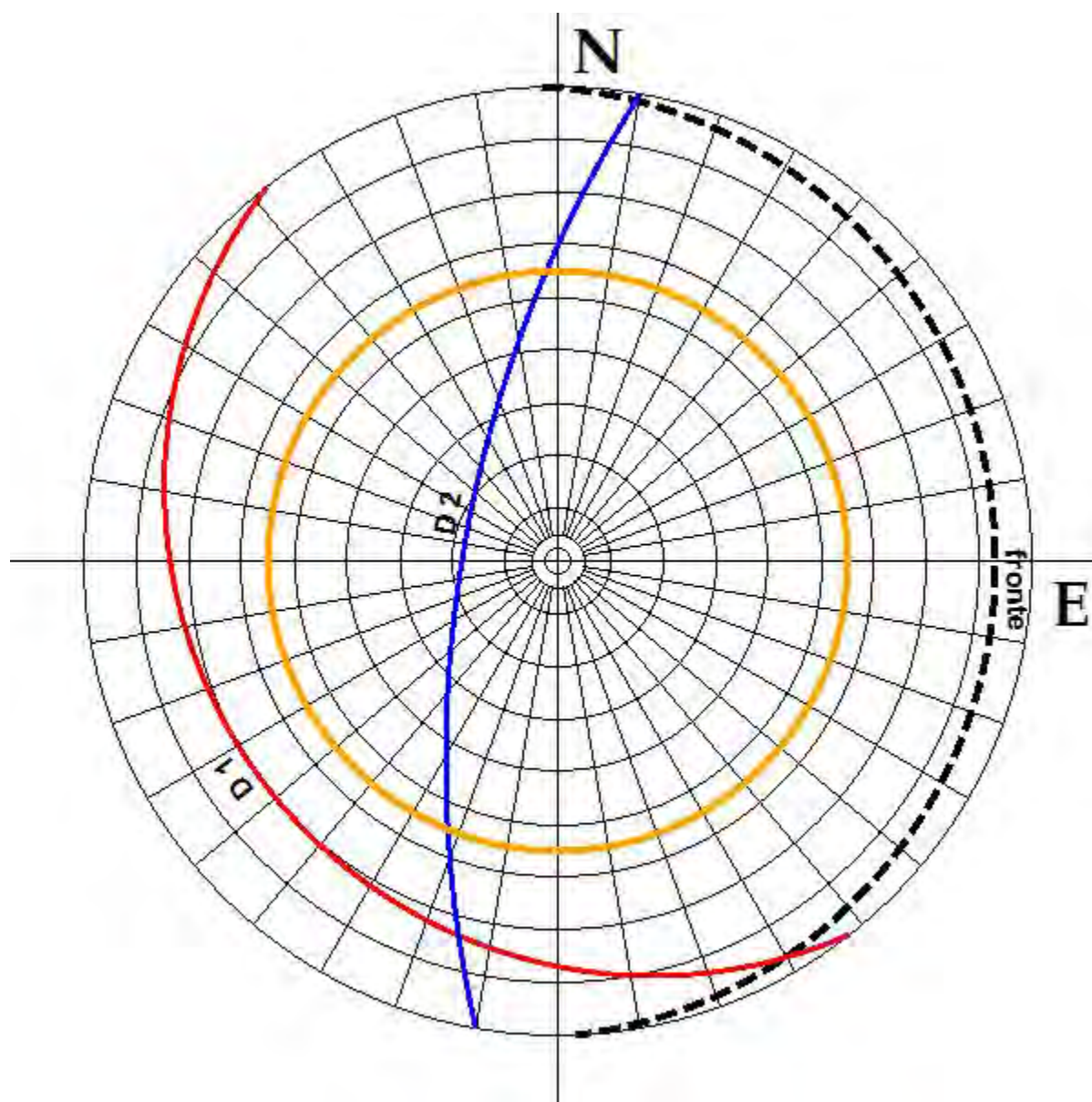


Figura 7-13. Test di Markland - Fronte di scavo principale F_5 , famiglie di discontinuità K_a e K_b

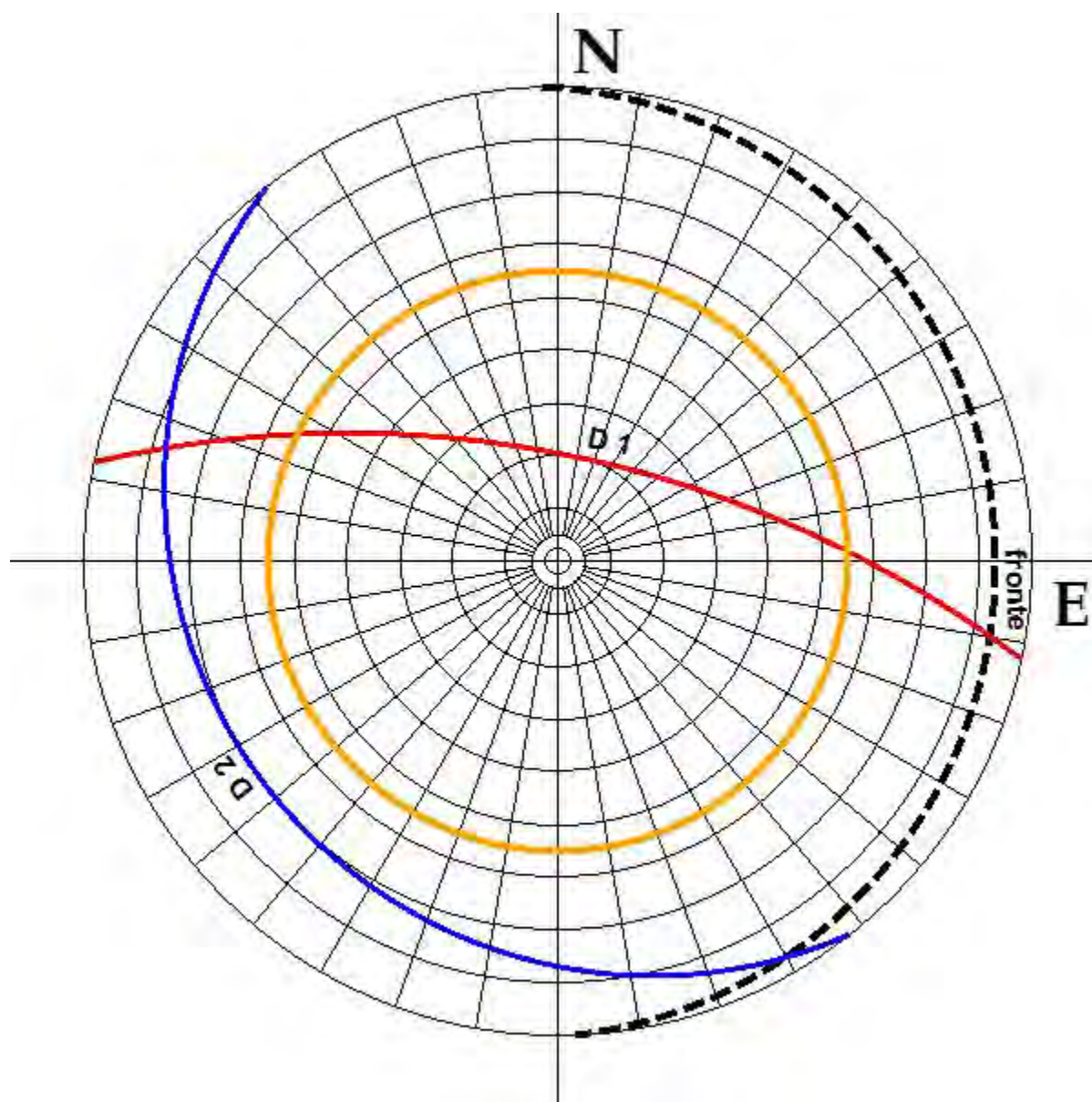


Figura 7-14. Test di Markland - Fronte di scavo principale F_5 , famiglie di discontinuità K_a e K_c

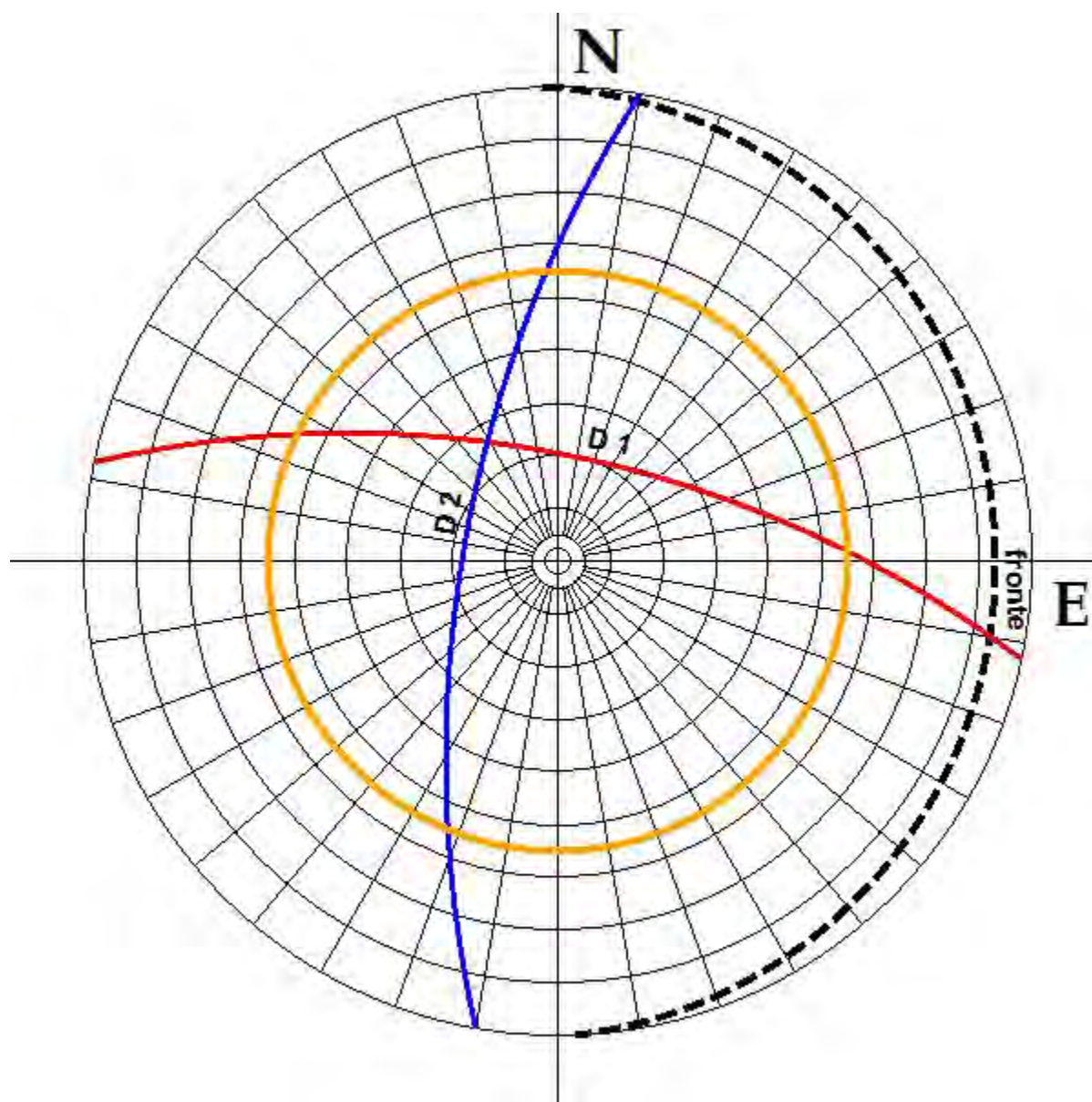


Figura 7-15. Test di Markland - Fronte di scavo principale F_5 , famiglie di discontinuità K_c e K_b

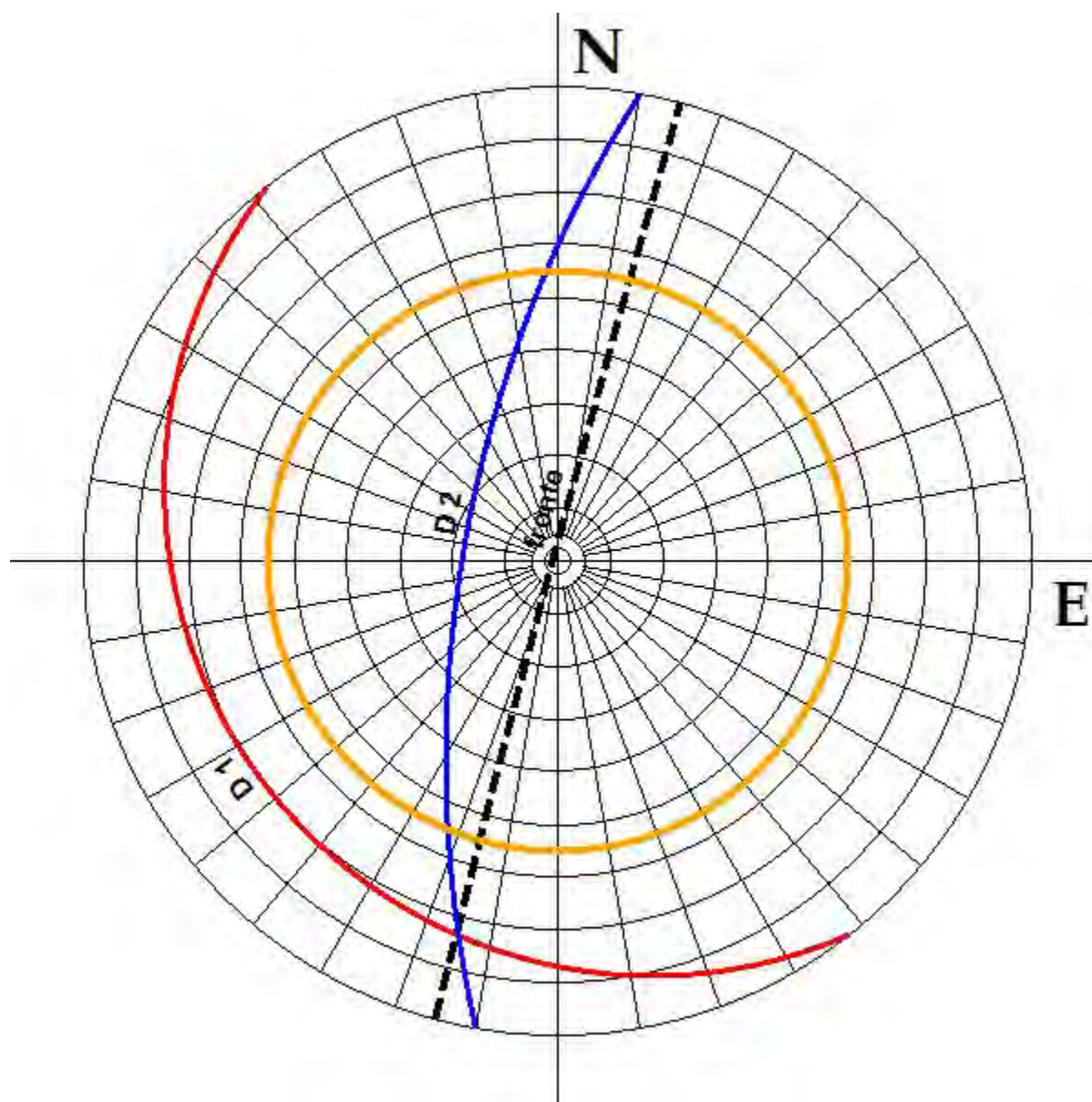


Figura 7-16. Test di Markland - Fronte di scavo principale F_6 , famiglie di discontinuità K_a e K_b

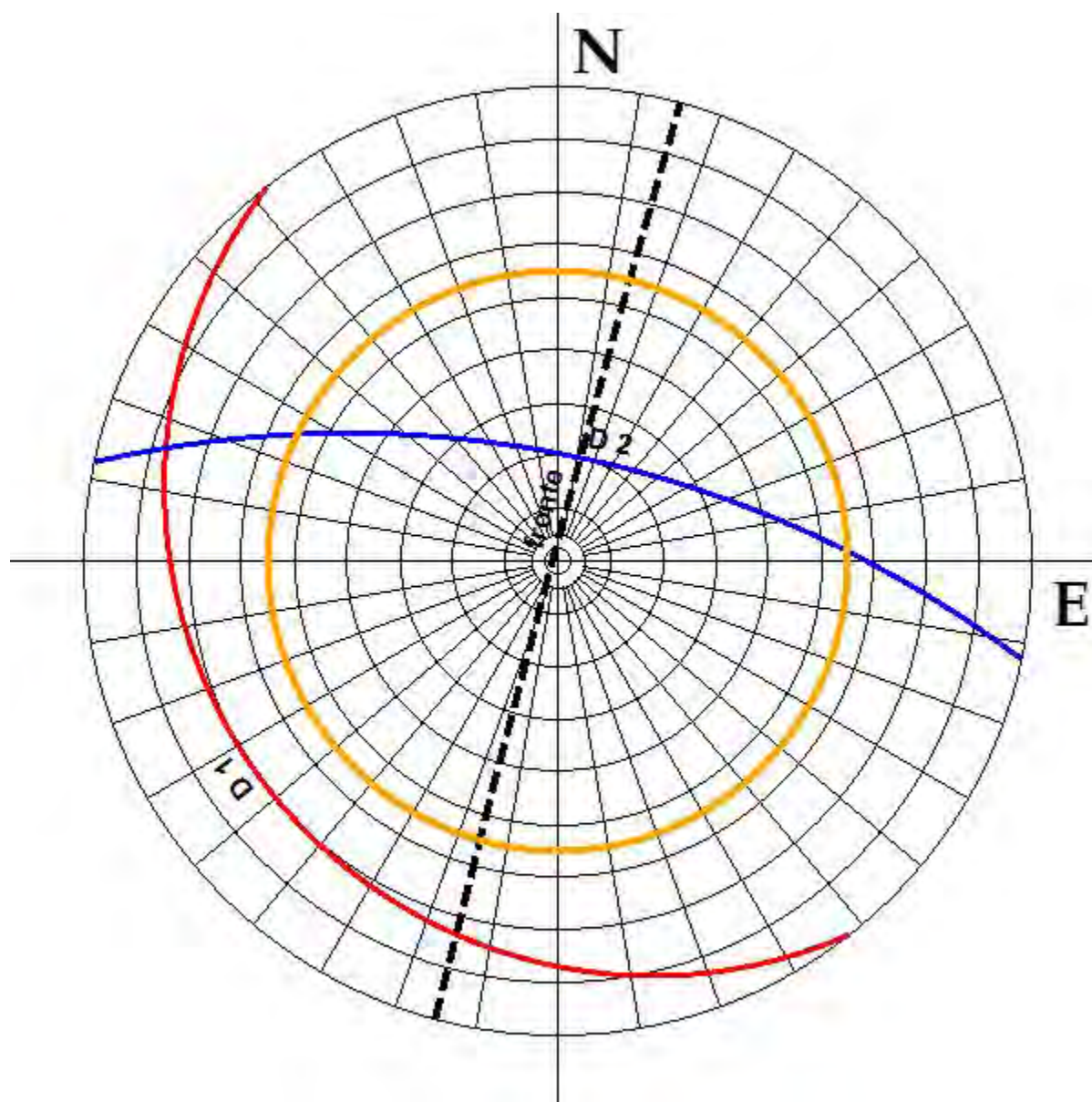


Figura 7-17. Test di Markland - Fronte di scavo principale F_6 , famiglie di discontinuità K_a e K_c

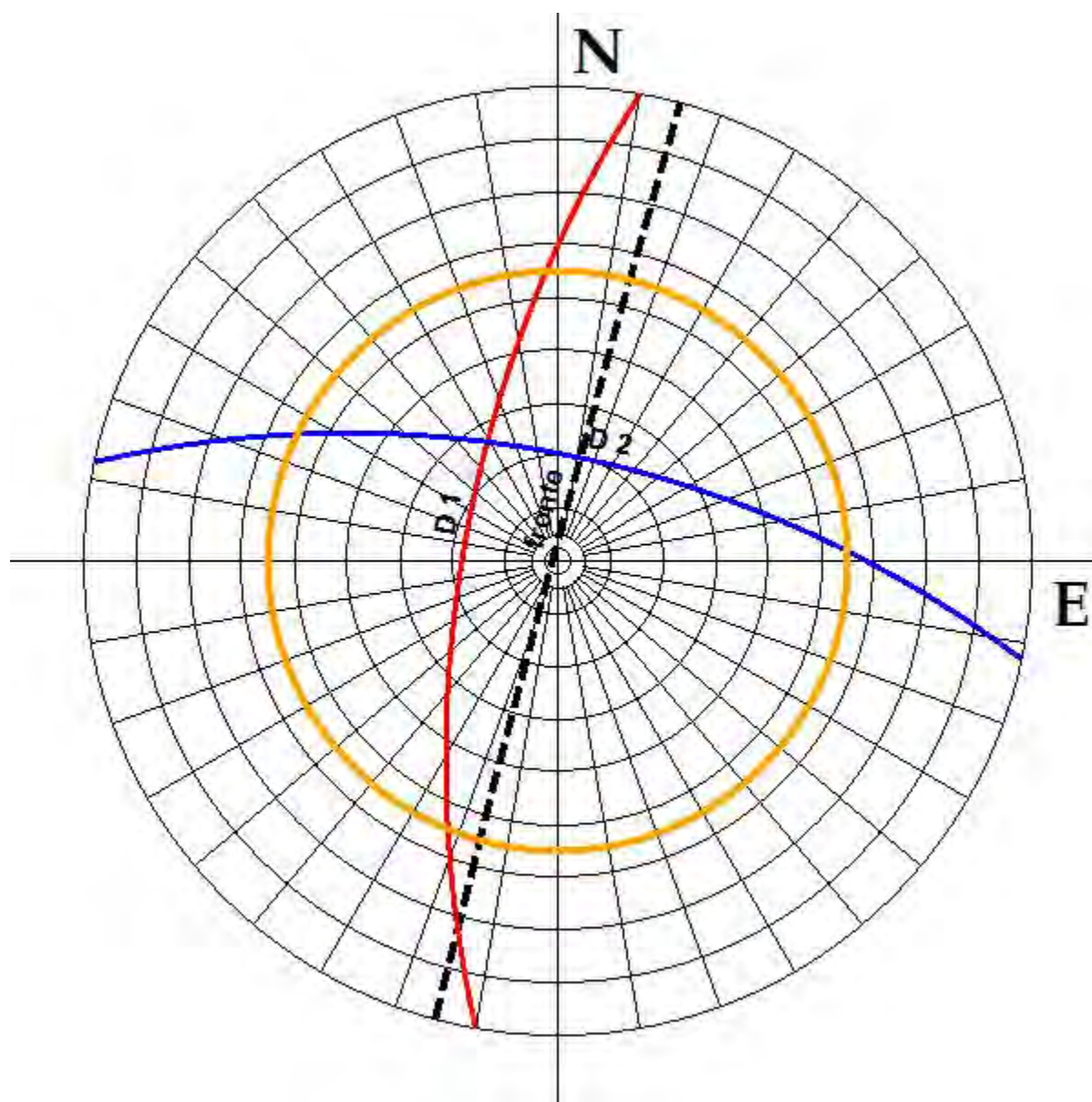


Figura 7-18. Test di Markland - Fronte di scavo principale F_6 , famiglie di discontinuità K_c e K_b

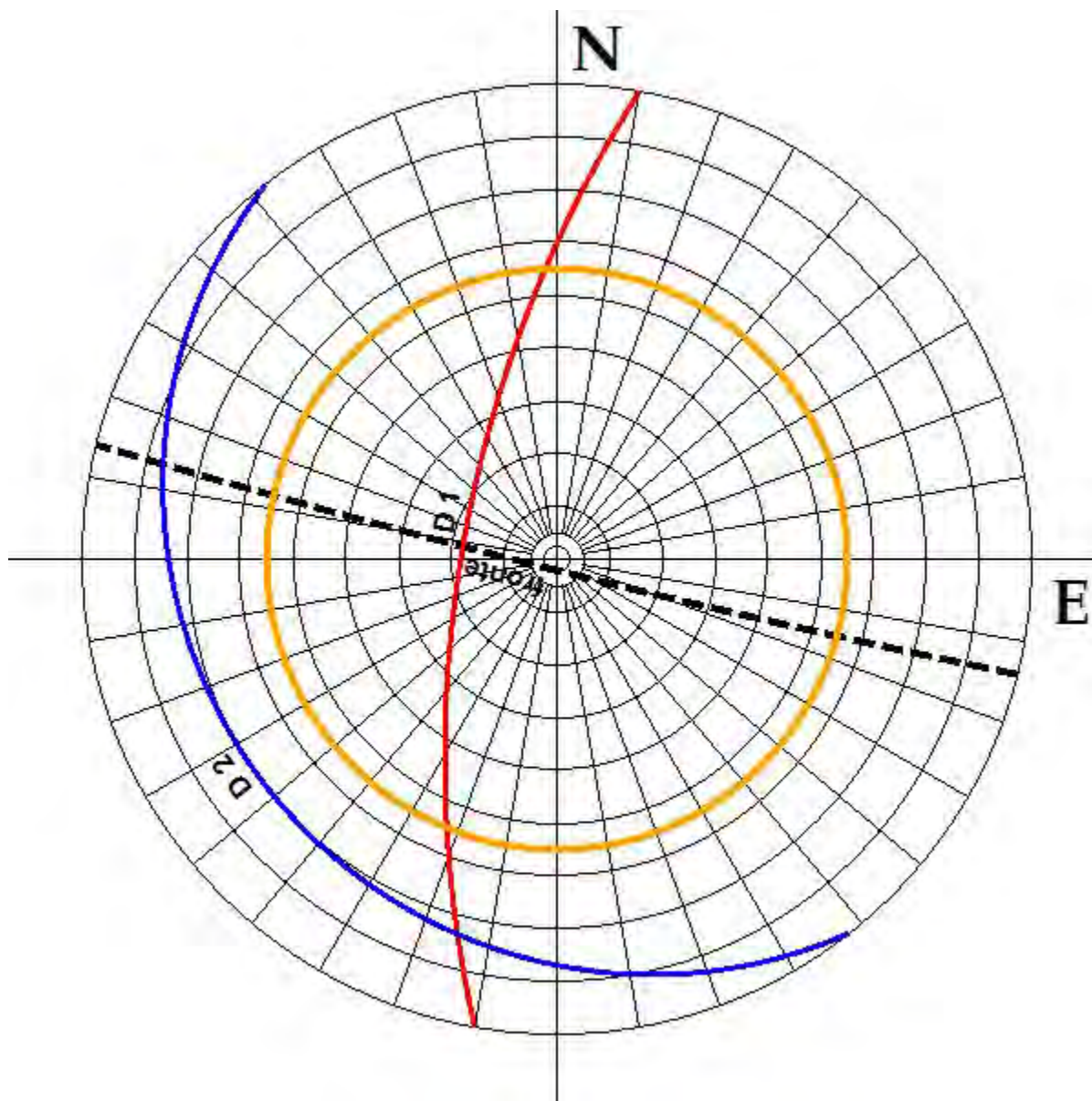


Figura 7-19. Test di Markland - Fronte di scavo principale F7, famiglie di discontinuità K_a e K_b

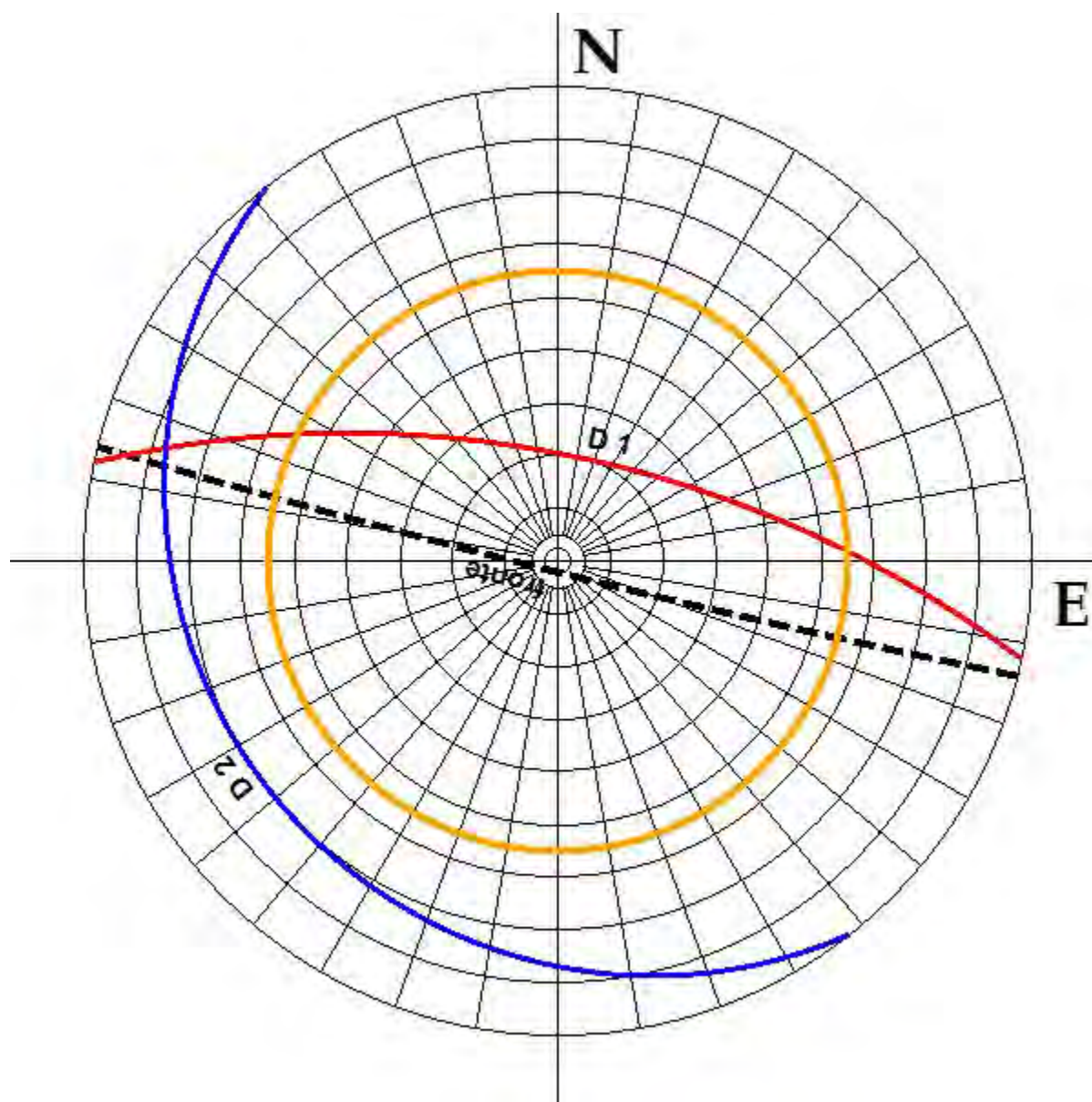


Figura 7-20. Test di Markland - Fronte di scavo principale F_7 , famiglie di discontinuità K_a e K_c

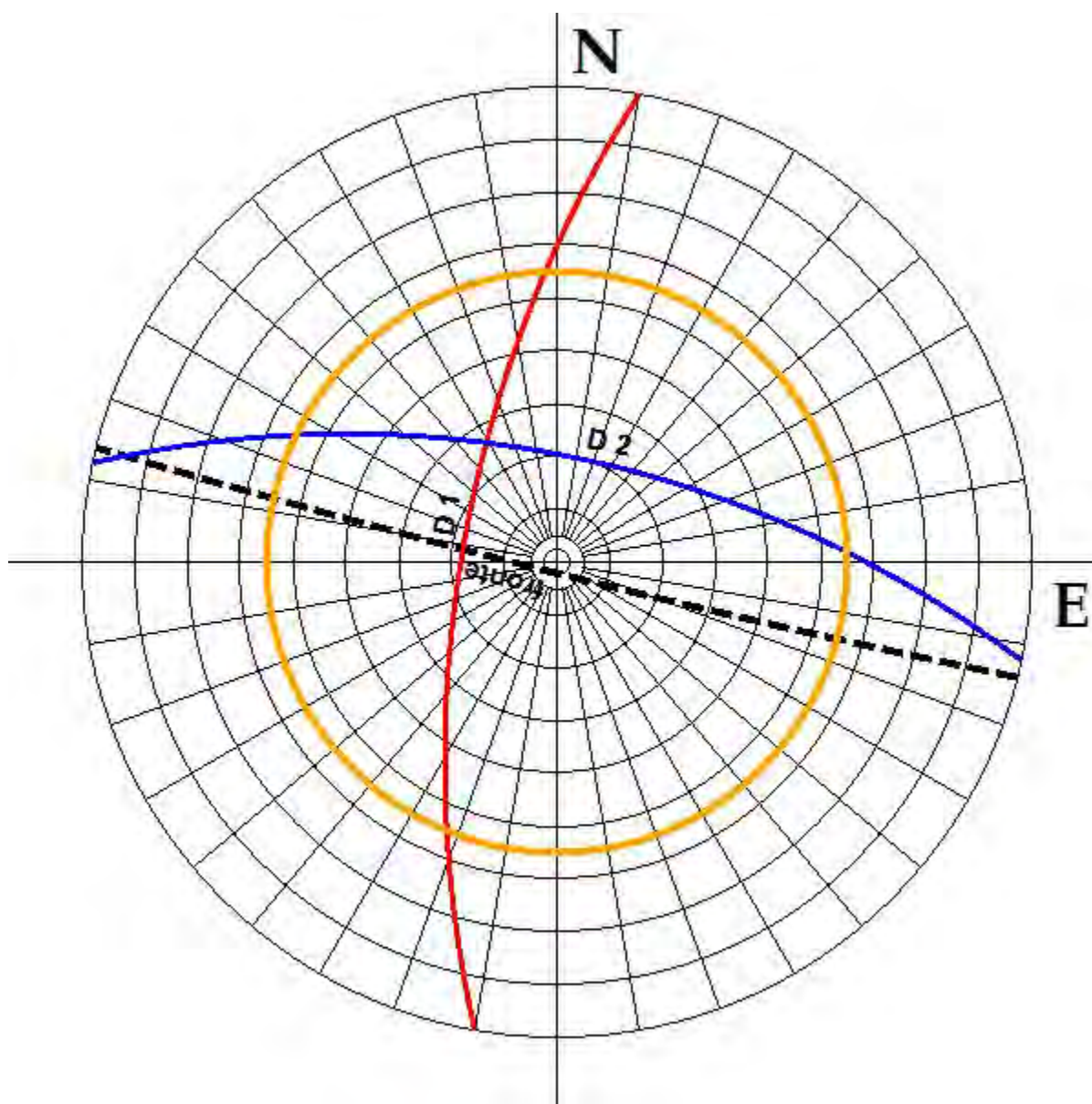


Figura 7-21. Test di Markland - Fronte di scavo principale F7, famiglie di discontinuità K_c e K_b

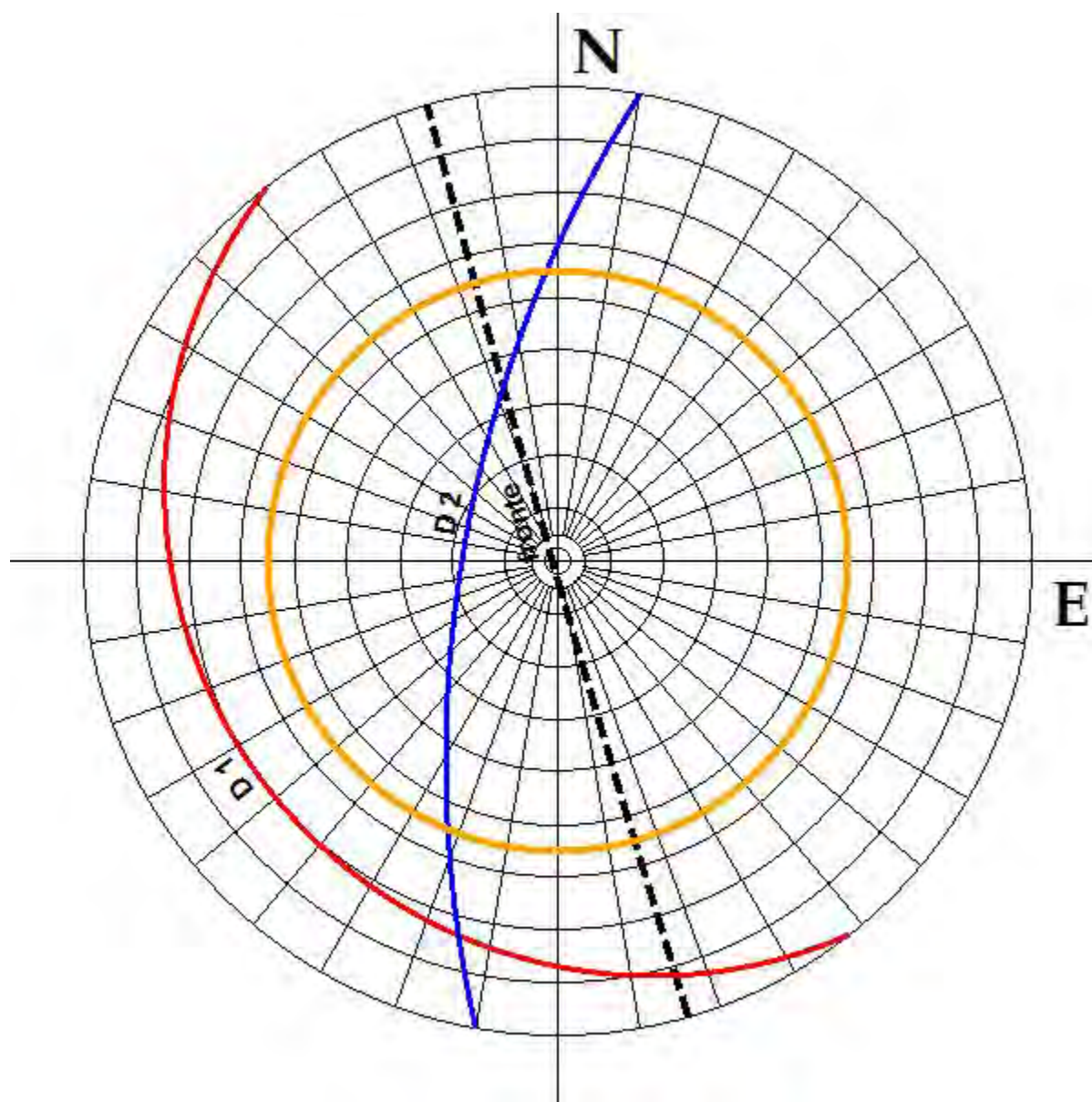


Figura 7-22. Test di Markland - Fronte di scavo principale F_8 , famiglie di discontinuità K_a e K_b

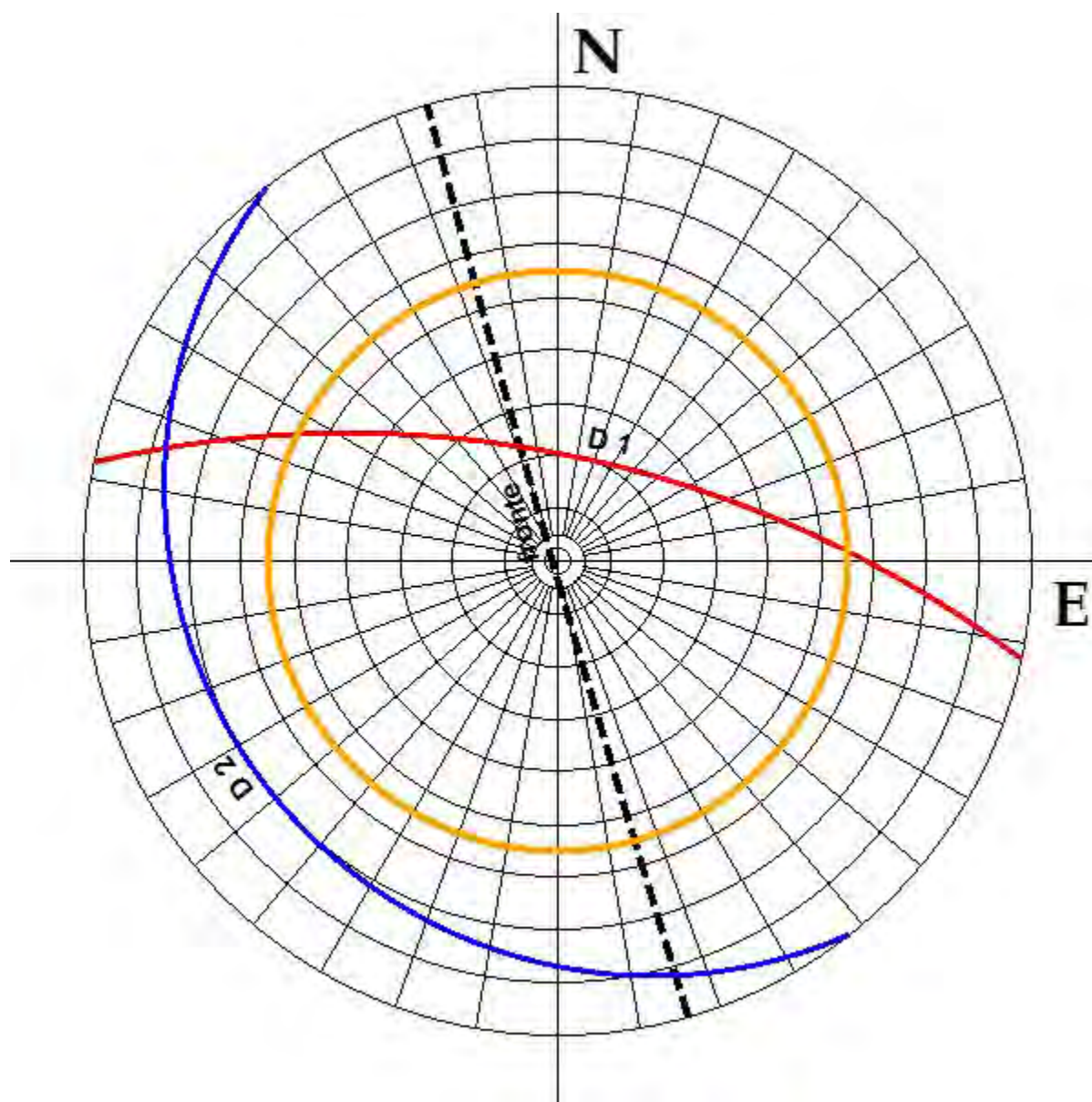


Figura 7-23. Test di Markland - Fronte di scavo principale F_8 , famiglie di discontinuità K_a e K_c

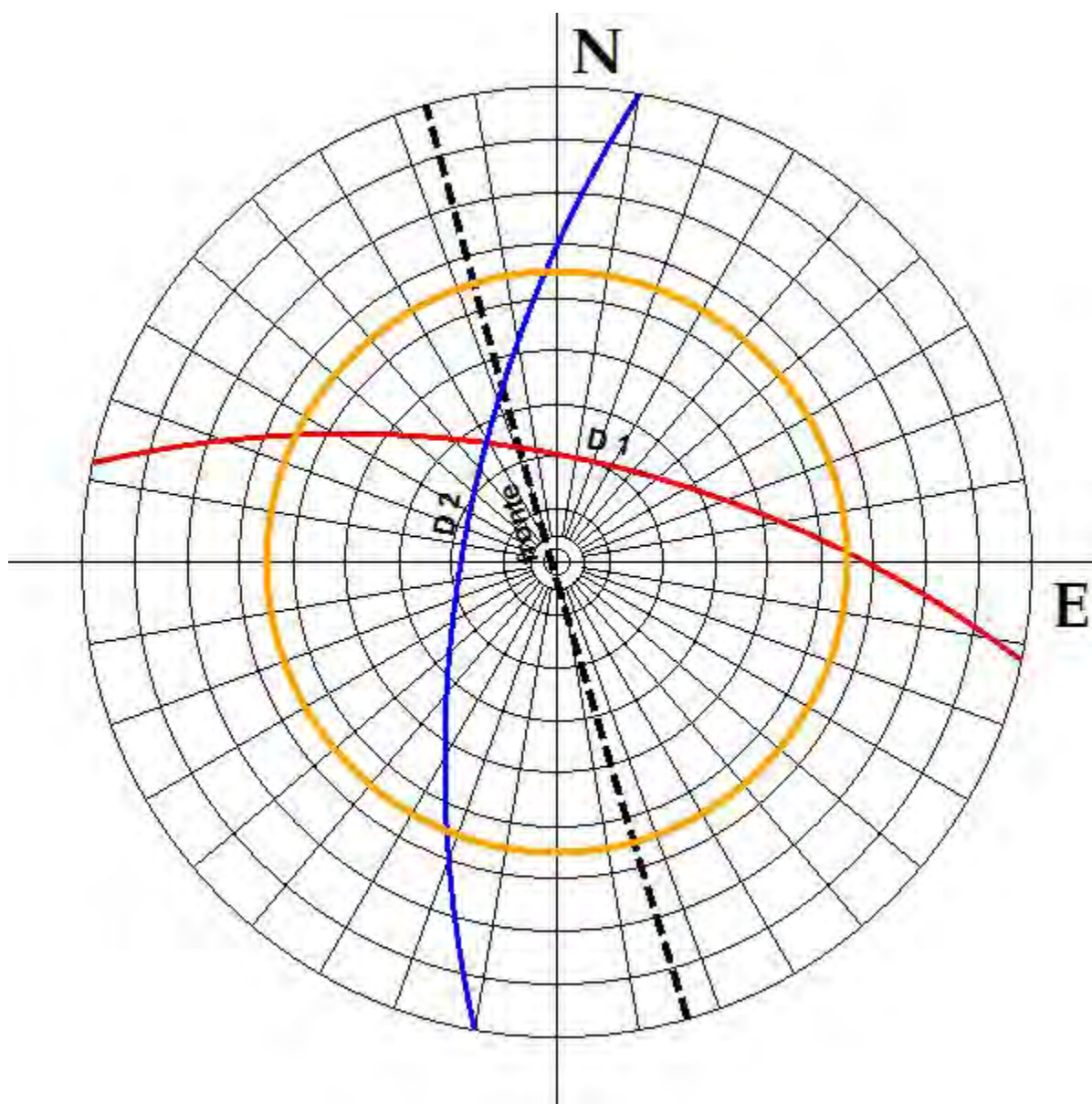


Figura 7-24. Test di Markland - Fronte di scavo principale F_8 , famiglie di discontinuità K_c e K_b

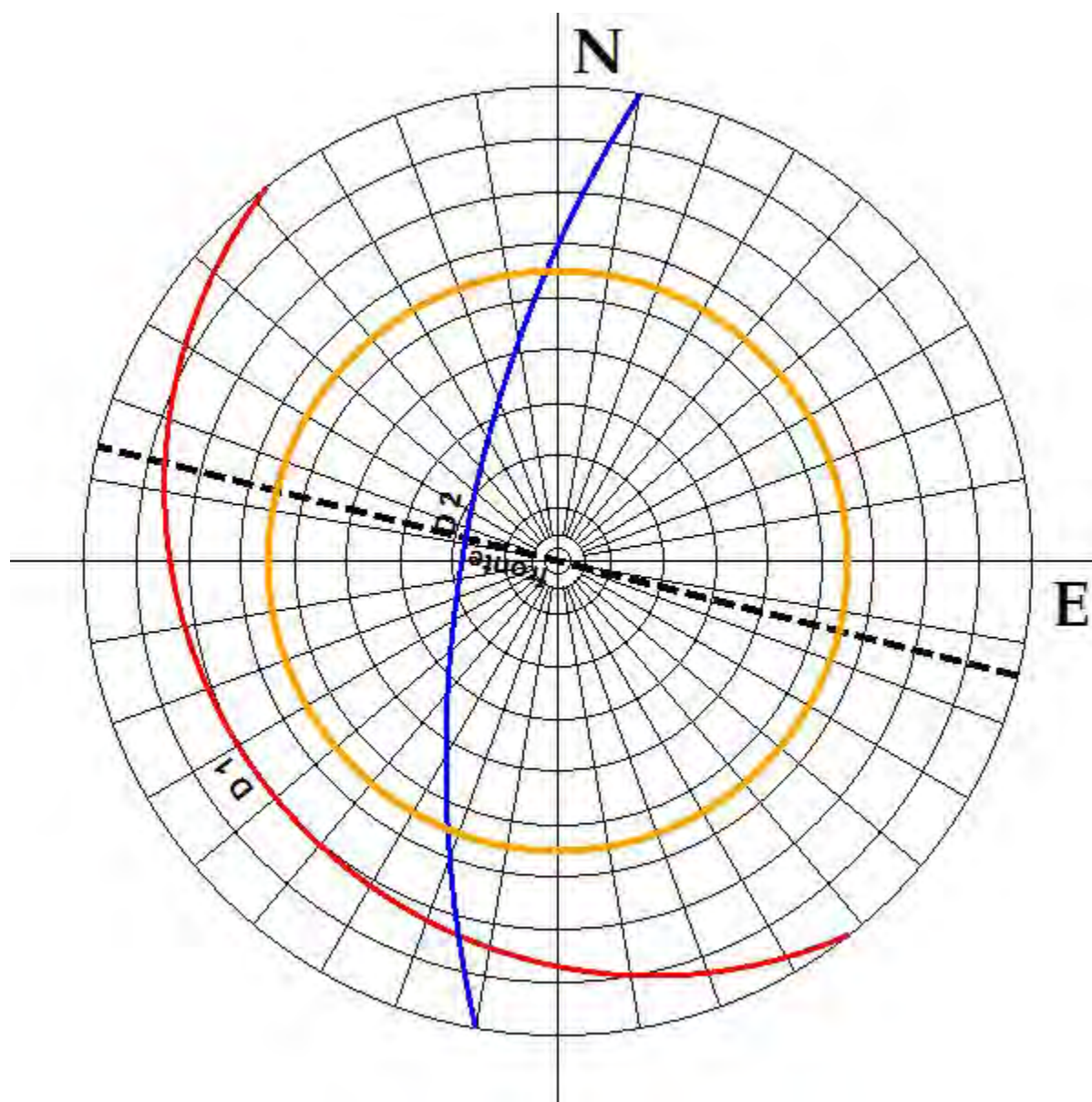


Figura 7-25. Test di Markland - Fronte di scavo principale F9, famiglie di discontinuità K_a e K_b

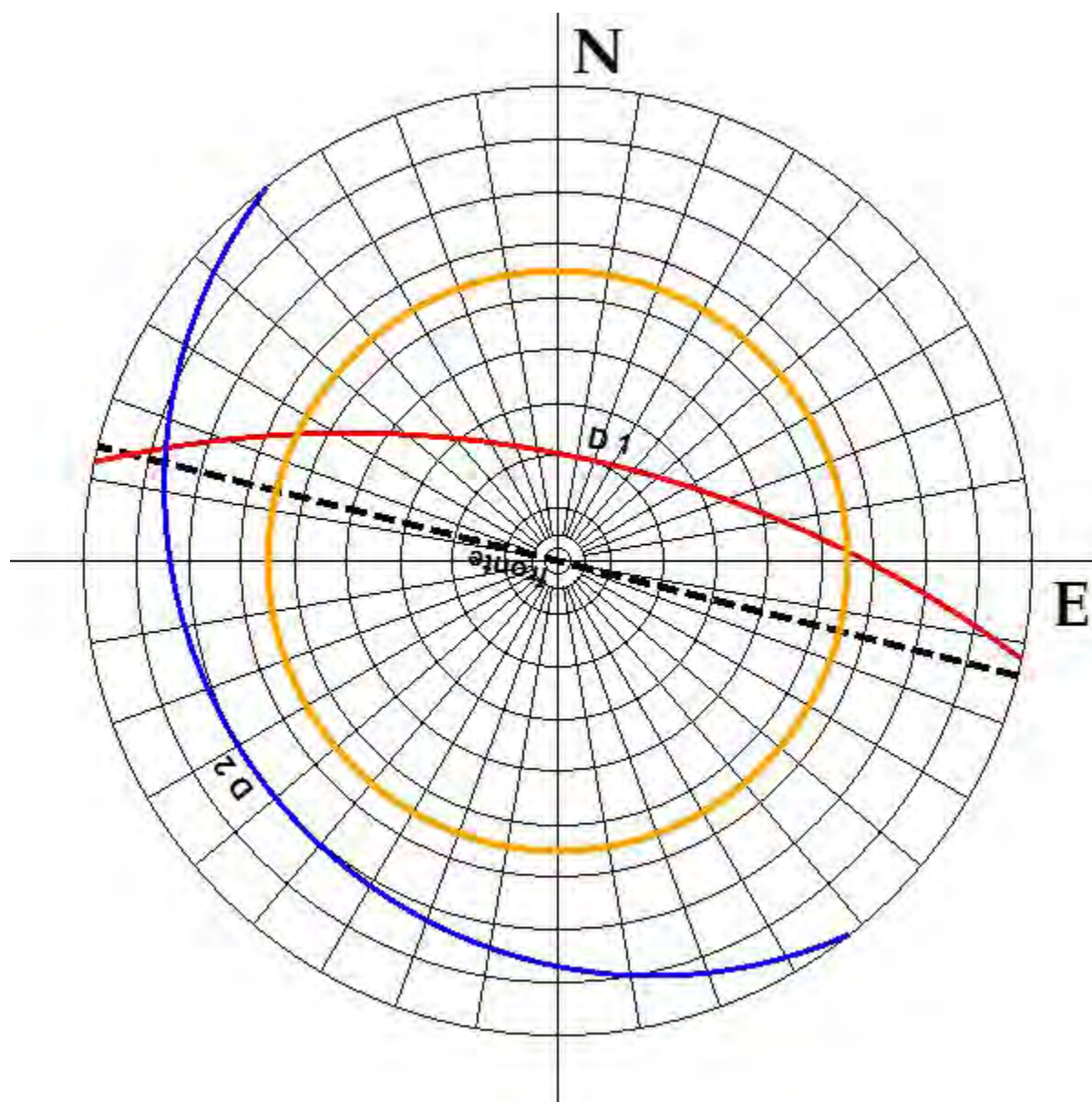


Figura 7-26. Test di Markland - Fronte di scavo principale F₉, famiglie di discontinuità K_a e K_c

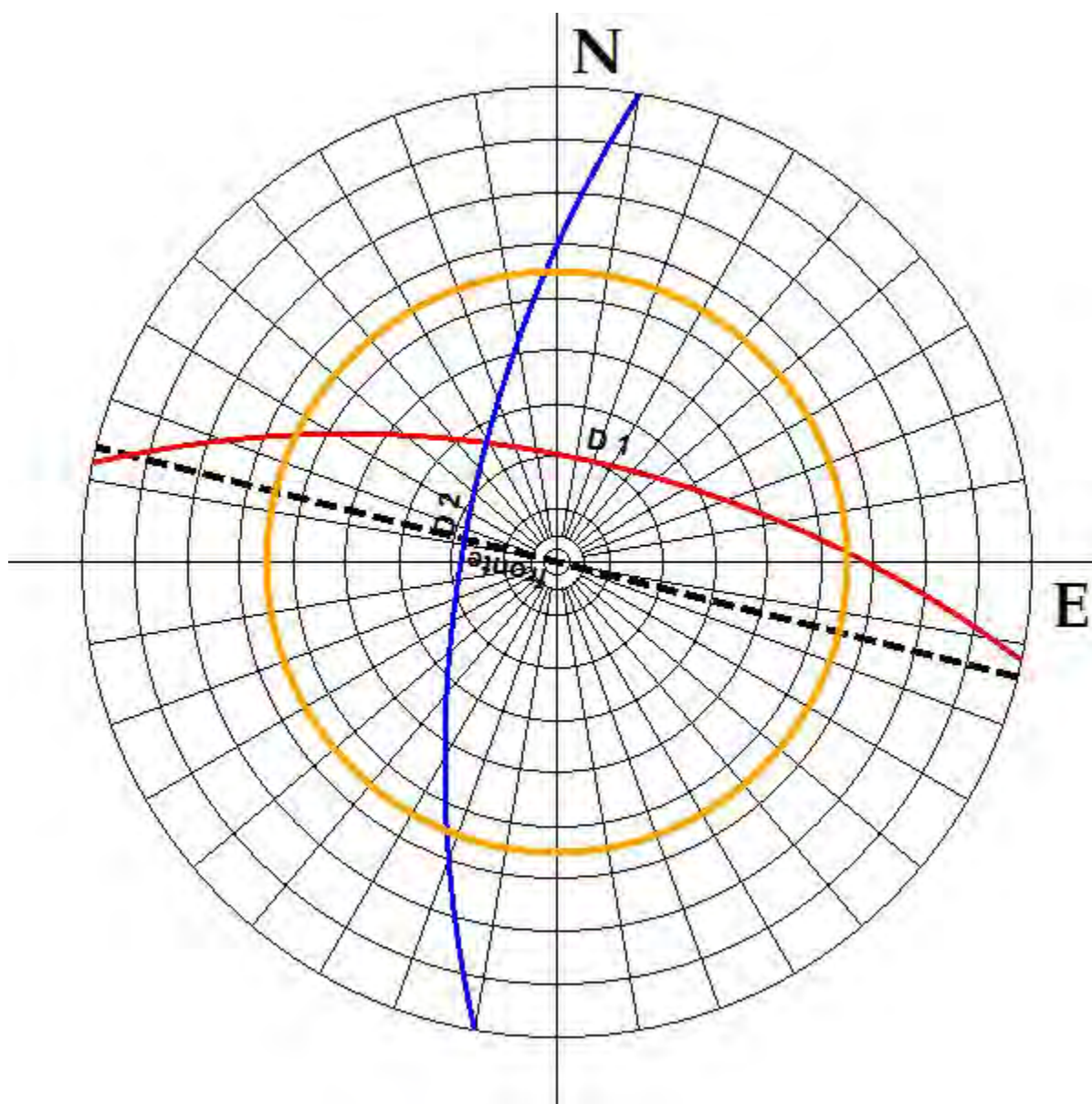


Figura 7-27. Test di Markland - Fronte di scavo principale F₉, famiglie di discontinuità K_c e K_b

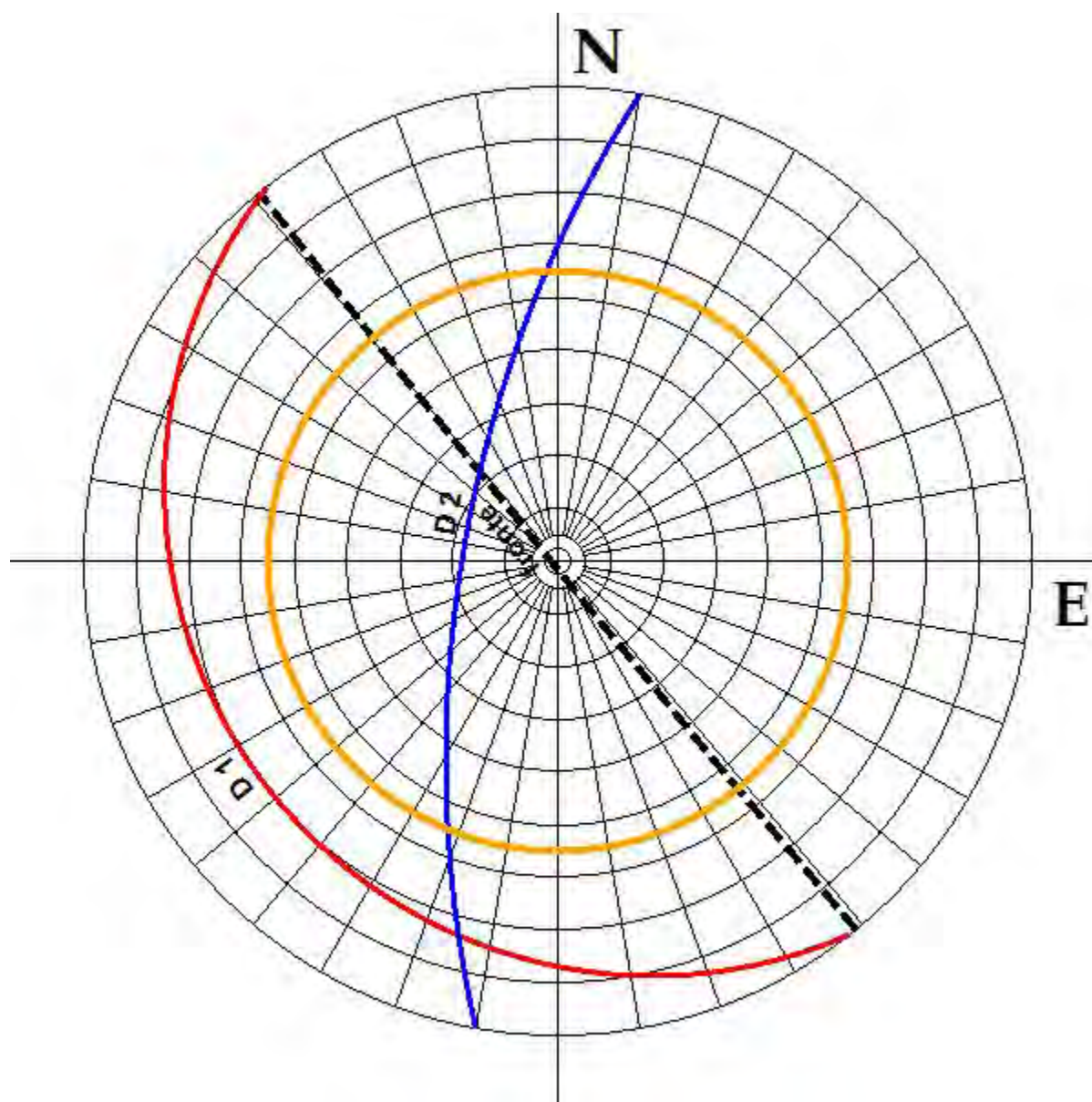


Figura 7-28. Test di Markland - Fronte di scavo principale F_{10} , famiglie di discontinuità K_a e K_b

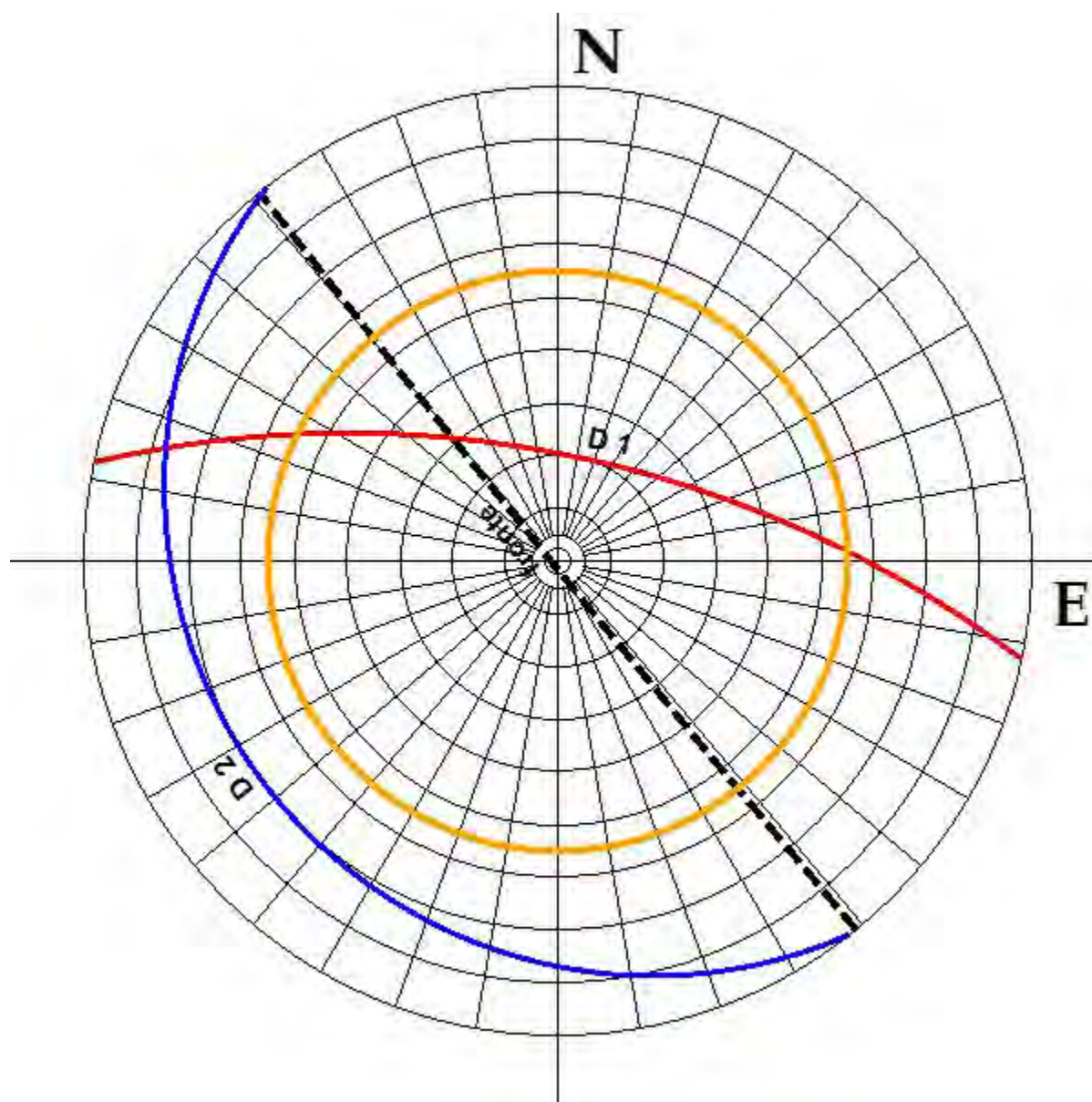


Figura 7-29. Test di Markland - Fronte di scavo principale F_{10} , famiglie di discontinuità K_a e K_c

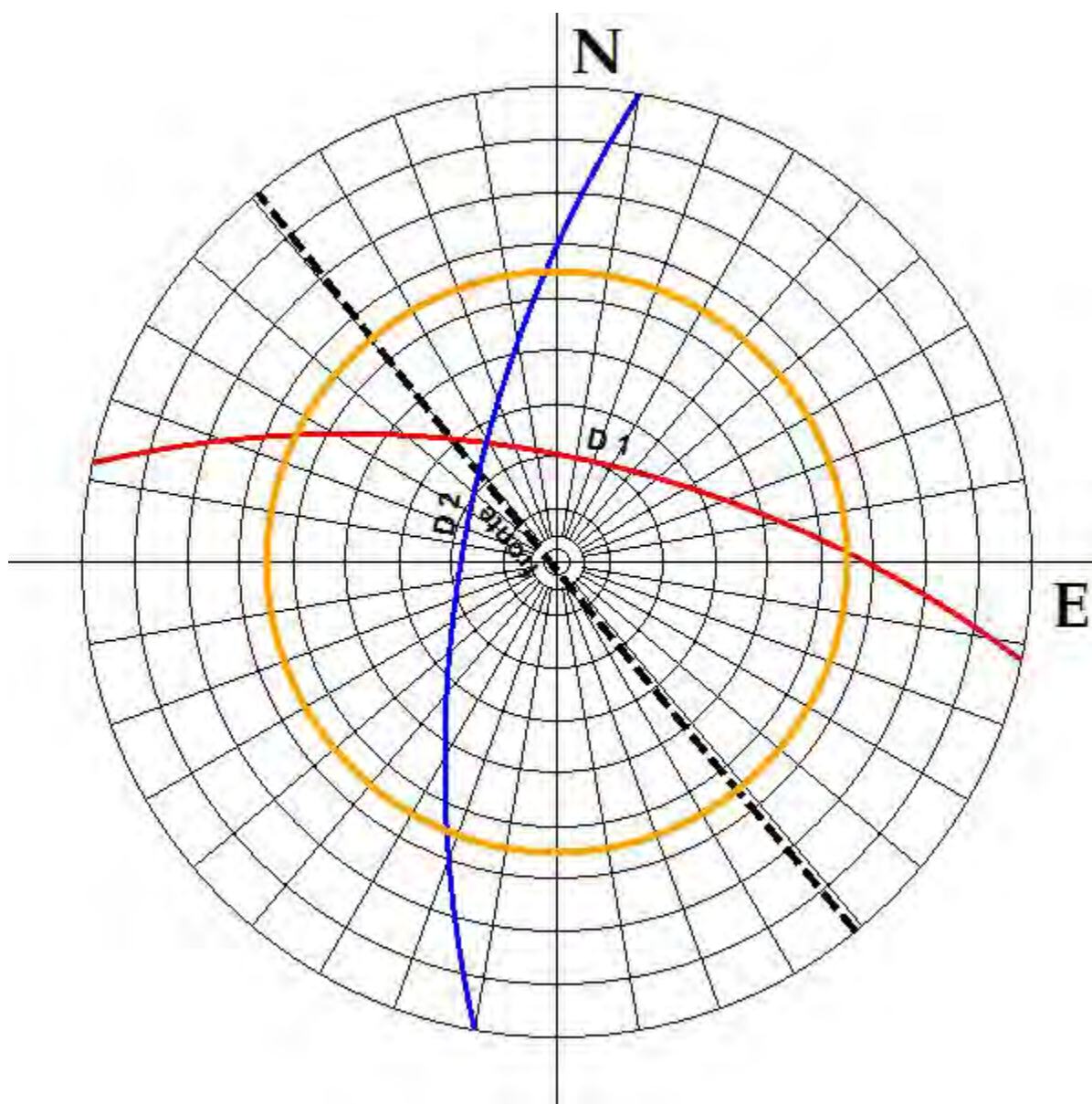


Figura 7-30. Test di Markland - Fronte di scavo principale F_{10} , famiglie di discontinuità K_c e K_b

7.6.2 Scivolamenti a cuneo

Fronte	Giacitura	Famiglie	Cinematismo individuato mediante Markland
F_3	239°/89°	$K_b \cap K_c$	<i>Possibile cuneo individuato tra K_b e K_c</i>
F_8	254°/89°	$K_b \cap K_c$	<i>Possibile cuneo individuato tra K_b e K_c</i>

Relativamente ai fronti di scavo in progetto, si segnala la medesima criticità indicata in passato relativa allo scivolamento a cuneo lungo le linee di intersezione tra i piani di discontinuità oggi denominati K_b e K_c .

Si è pertanto provveduto alla verifica di stabilità dei suddetti cunei mediante il software “*Cunei Barton 2018*”, sviluppato dal dott. ing. Mario Previale del Settore Geologico della Regione Piemonte

La verifica è stata implementata, per ciascun cinematismo, considerando la presenza di un giunto di trazione subverticale, parallelo al fronte di scavo e posto a una distanza di 0.5 dal ciglio superiore di quest’ultimo.

Considerati i risultati della verifica di stabilità di Barton da cui si sono ottenuti fattori di sicurezza decisamente superiori all’unità, considerata l’altezza ridotta dei fronti di scavo (massimo 6 metri) e le dimensioni da decimetriche a metriche dei cunei potenzialmente creati, al fine di scongiurare potenziali distacchi a cuneo, si ritiene sufficiente intervenire con un immediato disgaggio e alla riprofilatura del fronte lungo le discontinuità naturali sub verticali. A tal scopo si eseguiranno, comunque, i tagli artificiali ad una distanza di circa 1 m dal ciglio definitivo del fronte in modo da consentire le operazioni di disgaggio senza superare i limiti di coltivazione indicati in progetto.

VERIFICA DI STABILITA' SCIVOLAMENTI DI CUNEI

Comune: Località: Rif. verifica:

DATI DI INGRESSO

DATI GEOMETRICI FRONTE		
immersione fronte	(°)	239.00
inclinazione fronte	(°)	89.00
immersione piano superiore	(°)	239.00
inclinazione piano superiore	(°)	0.00
immersione giunto di trazione	(°)	239.00
inclinazione giunto di trazione	(°)	89.00
altezza fronte	(m)	4.50
distanza giunto di trazione	(m)	0.50

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	0.056
coeff. di amplific. topog S ₁	1.40
coeff. di amplific. stratig S _c	1.00
coeff. di riduzione β	0.20
coeff. sismico orizzontale k _h	0.016
coeff. sismico verticale k _v	0.008

DATI GEOMECCANICI E STRUTTURALI		
peso di volume roccia	(kN/mc)	27.50
angolo di attrito di base φ _{base}	(°)	35.00

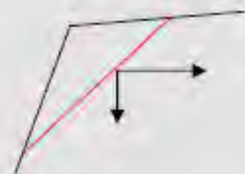
giunto A		
immersione	(°)	280.00
inclinazione	(°)	72.00
Joint Compression Strength JCS	(MPa)	0.41
Joint Roughness Coefficient JRC		4.00
persistenza (%)	%	99.90%
resistenza al taglio della roccia	(MPa)	
angolo di attrito di picco φ _p	(°)	38.98
coesione app.(ponti di roccia)	(kPa)	0.08

giunto B		
immersione	(°)	120.00
inclinazione	(°)	70.00
Joint Compression Strength JCS	(MPa)	0.41
Joint Roughness Coefficient JRC		4.00
persistenza (%)	%	99.90%
resistenza al taglio della roccia	(MPa)	
angolo di attrito di picco φ _p	(°)	38.46
coesione app.(ponti di roccia)	(kPa)	0.08

RISULTATI

coefficiente geometrico K		0.15
volume del cuneo di roccia V	(mc)	2.85
peso del cuneo di roccia W	(kN)	78
superficie cuneo su giunto A	(mq)	2.31
superficie cuneo su giunto B	(mq)	1.75
superficie cuneo su giunto trazione	(mq)	8.02
immersione linea di intersezione	(°)	199.43
inclinazione linea di intersezione	(°)	26.75

convezione segni carichi ed azioni sismiche



Forze normali alle superfici di scivolamento		
	giunto A	giunto B
peso cuneo (kN)	95	97
sotto spinta idraulica (kN)	0	0
spinta giunto trazione (kN)	0	0
azione sismica (kN)	0	1
carichi applicati (kN)	0	0
forza risultante (N)	95	97

Calcolo risultanti lungo la direzione di scivolamento		
	forze mobilizzanti (kN)	forze stabilizzanti (kN)
verifica sismica	36	154
verifica non sismica	35	123

Fattori di sicurezza		
verifica sismica	4.242	4.233
verifica non sismica	3.497	3.489

(potenzando perfetta persistenza dei giunti)
(coesione apparente = 0)

VERIFICA DI STABILITA' SCIVOLAMENTI DI CUNEI

Comune:	Località:	Rif. verifica:
---------	-----------	----------------

DATI DI INGRESSO

DATI GEOMETRICI FRONTE		
immersione fronte	(°)	254.00
inclinazione fronte	(°)	89.00
immersione piano superiore	(°)	254.00
inclinazione piano superiore	(°)	0.00
immersione giunto di trazione	(°)	254.00
inclinazione giunto di trazione	(°)	89.00
altezza fronte	(m)	5.00
distanza giunto di trazione	(m)	0.50

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	0.056
coeff. di amplific. topog S _T	1.40
coeff. di amplific. stratig S _c	1.00
coeff. di riduzione β	0.20
coeff. sismico orizzontale k _h	0.016
coeff. sismico verticale k _v	0.008

DATI GEOMECCANICI E STRUTTURALI		
peso di volume roccia	(kN/mc)	27.50
angolo di attrito di base φ _{base}	(°)	35.00

giunto A		
immersione	(°)	280.00
inclinazione	(°)	72.00
Joint Compression Strength JCS	(MPa)	0.41
Joint Roughness Coefficient JRC		4.00
persistenza (%)	%	99.90%
resistenza al taglio della roccia	(MPa)	
angolo di attrito di picco φ _p	(°)	38.95
coesione app.(ponti di roccia)	(kPa)	0.08

giunto B		
immersione	(°)	120.00
inclinazione	(°)	70.00
Joint Compression Strength JCS	(MPa)	0.41
Joint Roughness Coefficient JRC		4.00
persistenza (%)	%	99.90%
resistenza al taglio della roccia	(MPa)	
angolo di attrito di picco φ _p	(°)	38.07
coesione app.(ponti di roccia)	(kPa)	0.08

RISULTATI

convezione segni carichi ed
azioni sismiche



coefficiente geometrico K		0.15
volume del cuneo di roccia V	(mc)	3.24
peso del cuneo di roccia W	(kN)	89
superficie cuneo su giunto A	(mq)	2.58
superficie cuneo su giunto B	(mq)	1.59
superficie cuneo su giunto trazione	(mq)	14.16
immersione linea di intersezione	(°)	199.43
inclinazione linea di intersezione	(°)	26.75

Forze normali alle superfici di scivolamento		
	giunto A	giunto B
peso cuneo (kN)	108	110
sotto spinta idraulica (kN)	0	0
spinta giunto trazione (kN)	0	0
azione sismica (kN)	0	1
carichi applicati (kN)	0	0
forza risultante (N)	108	111

Calcolo risultanti lungo la direzione di scivolamento		
	forze mobilizzanti (kN)	forze stabilizzanti (kN)
verifica sismica	41	174
verifica non sismica	40	139

Fattori di sicurezza		
verifica sismica	4.239	4.231
verifica non sismica	3.470	3.463

(polizzone perfetto persistenze dei giunti
(coesione apparente = 0))

7.6.3 Conclusioni e scelte operative

Dai rilievi aggiornati emerge uno scenario sostanzialmente coerente con quanto già esaminato in occasione dei precedenti studi svolti, a conferma delle caratteristiche geostrutturali dell'ammasso roccioso di cui si intende proseguire la coltivazione.

In particolare, l'analisi effettuata mostra come i principali cinematismi individuati corrispondano a criticità già identificate e affrontate nell'ambito dell'autorizzazione precedente, nel corso della quale sono già state applicate idonee modalità operative, in grado di impedire i potenziali cinematismi di instabilità e garantire la piena sicurezza del versante.

Per il prosieguo della coltivazione si prevede, pertanto, di continuare ad assicurare la stabilità dei fronti di scavo utilizzando i sistemi di discontinuità sub-verticali come piani di distacco naturale finale dei blocchi ed effettuando un accurato disgaggio e un'idonea riprofilatura del fronte lungo le discontinuità naturali sub verticali. Anche in presenza di cunei potenzialmente instabili, la giacitura subverticale della linea di scivolamento consente un agevole disgaggio senza alterare in misura significativa la geometria d'insieme del fronte e dei gradoni.

Tali procedure, oltretutto, comporteranno un'ottimizzazione significativa per quanto concerne l'usura del filo diamantato.

Lo scopo principale del criterio di coltivazione sarà, in ogni caso, quello di eliminare ogni possibilità che si manifestino cinematismi instabili, indipendentemente dal loro fattore di sicurezza.

Di fatto, pertanto, le conclusioni del presente capitolo sono indipendenti dall'effettivo valore dell'angolo di attrito lungo le superfici di discontinuità, dato che le semplici cautele operative descritte portano alla totale eliminazione dei cinematismi.

8 STUDIO TECNICO - ECONOMICO

8.1 Opere accessorie e di servizio

La cava è già dotata di un'ideale viabilità di accesso ed interna.

L'attività estrattiva è agevolmente raggiungibile per mezzo della viabilità locale, infatti, si accede all'area di cava dalla Strada Provinciale n. 460 del Gran Paradiso (ex Strada Statale n. 460 di Ceresole Reale).

Nello specifico, all'incirca a metà strada fra Pont Canavese e Sparone si svolta a sinistra, lasciando la strada provinciale e attraversando il torrente Orco in corrispondenza della località Fasane. Circa 60 m dopo il ponte si svolta nuovamente a sinistra, lungo una strada asfaltata che discende la valle per circa 240 m, fino a costeggiare lo sperone roccioso di cui si è detto al paragrafo precedente. Deviando, infine, nuovamente a destra e aggirando lo sperone roccioso, si raggiunge l'area di cava.

Nell'insieme, pertanto, la cava risulta dotata di un'accessibilità eccellente: essa dista infatti solo 500 m circa dalla strada provinciale ed è raggiungibile da questa lungo un percorso totalmente pianeggiante ed in gran parte asfaltato, pur se costituito da strade secondarie e perciò poco trafficate.

Attualmente, nell'area di cava sono presenti quattro piazzali; il piazzale più basso, posto circa a quota 481-482 m s.l.m., ospita il capannone, la tagliatrice a filo per la segagione, nonché il derrick ed è adibito al deposito ed alla movimentazione dei blocchi, mentre, quello intermedio, sito a quota 485-486,5 m s.l.m. e i due superiori, uno ubicato sotto rilievo roccioso isolato a nord a quota 489-490 m s.l.m. e uno posto sotto il versante roccioso a sud a quota 490-491 m s.l.m., sono stati ottenuti in seguito ai lavori di scavo finora realizzati e si prevede di ribassarli nel corso della coltivazione in progetto.

All'interno dell'area di cava è presente una pista sterrata che corre nella zona nord del piazzale principale, quindi costeggia il piede del rilievo roccioso isolato, conduce fino al piazzale intermedio, da qui diparte una rampa che conduce al piazzale superiore di cava, ubicato sotto il versante roccioso nord.

In relazione allo sviluppo futuro dell'attività estrattiva occorrerà ovviamente adeguare di volta in volta la viabilità interna, realizzando rampe provvisorie che consentano ai mezzi cingolati di raggiungere agevolmente i blocchi da movimentare.

Come si può osservare dalle immagini riportate di seguito l'area di cava è delimitata da una recinzione che ne impedisce l'accesso alle persone non autorizzate oltre alla cartellonistica posta in corrispondenza del cancello d'ingresso che indica il divieto di accesso alle persone non autorizzate. Sempre in corrispondenza del cancello d'ingresso all'area di cava è anche presente la cartellonistica indicante i possibili pericoli presenti nell'area e gli obblighi se vi si accede.





8.2 Aree di stoccaggio

Il piazzale di cava posto alla quota di circa 481-482 m s.l.m. attualmente ospita il capannone, la tagliatrice a filo per la segagione, nonché il derrick ed è adibito al deposito ed alla movimentazione dei blocchi.

I blocchi in attesa di essere caricati sui mezzi e trasportati all'esterno, verranno depositati temporaneamente presso zone marginali del piazzale di cava inferiore, in modo da non intralciare la normale viabilità.

I rifiuti di estrazione, in attesa di essere riutilizzati durante la fase di recupero ambientale della cava, verranno stoccati in zone marginali del piazzale inferiore della cava, in modo da non intralciare la normale viabilità.

La movimentazione dei blocchi verrà effettuata, analogamente a quanto avvenuto finora, sia mediante pale ed escavatori, sia mediante il derrick presente nella parte orientale dell'area di cava, in prossimità del capannone. In particolare, il derrick sarà utilizzato prevalentemente per caricare il materiale cavato sui camion con i quali verrà trasportato a valle.

Eventualmente, il caricamento del pietrame di cava potrà avvenire in un secondo tempo, presso i cumuli temporanei di materiale a piccola pezzatura, in base alle esigenze di mercato.

8.3 Macchinari impiegati

Nella cava verranno utilizzati i seguenti macchinari:

- N. 1 Pala Gommata;
- N. 1 Minipala
- N. 2 Motocompressori;
- N. 4 Gruppo elettrogeno;
- N. 1 Impianto a filo diamantato fissa con accessori;
- N. 4 Tagliatrice a filo diamantato mobile;
- N. 3 Perforatori;
- N. 3 Impianti di perforazione pneumatica;
- N. 2 Impianto di perforazione per martello a fondo foro;
- N. 2 Escavatore a benna rovescia;
- N. 1 Derrick da 50 m di braccio.

L'ubicazione della gru a derrick è riportata sulle planimetrie di progetto. Nella posizione attuale, essa risulta in grado di raggiungere gran parte dell'area di cava, ed inoltre può essere utilizzata per il caricamento dei blocchi sui mezzi di trasporto.

Nelle aree esterne al raggio di azione del derrick la movimentazione dei blocchi potrà avvenire mediante i comuni mezzi di movimento terra. In particolare, il derrick sarà utilizzato prevalentemente per caricare il materiale cavato sui camion con i quali verrà trasportato a valle.

8.4 Personale occupato

La coltivazione di pietra ornamentale implica l'impiego relativamente elevato di mano d'opera, addetta alla perforazione, al taglio, alla manovra dei blocchi e dei materiali ecc.

Presso la cava in oggetto, pertanto, trovano attualmente impiego $3 \div 4$ persone in forma stabile, per circa 220 giorni l'anno, tenuto conto del clima non troppo aspro dei luoghi, ubicati relativamente a bassa quota.

8.5 Produzioni previste e tempi di esaurimento

Il presente progetto riguarda la prosecuzione e l'ampliamento dell'attività estrattiva in oggetto, per la durata complessiva di anni 10, oltre all'anno 2025, in corso al momento della stesura del presente progetto.

La produzione di materiale prevista dal presente progetto (metri cubi annui di materiale in posto), suddivisa nelle singole fasi, è riportata nella tabella che segue:

<i>Fase di coltivazione (durata)</i>	<i>Durata (anni)</i>	<i>Materiale estratto (m³)</i>	<i>Produzione annua (m³)</i>
Primo quinquennio	5	57 500	11 500
Secondo quinquennio	5	57 500	11 500
<i>Totale materiale estratto durante la realizzazione del progetto di ampliamento.</i>	<i>10</i>	<i>115 000</i>	<i>11 500</i>

La produzione media annua prevista per la cava si attesta dunque intorno a circa 11.500 m³/anno di materiale in posto.

Il materiale roccioso cavato nella suddetta cava è costituito per circa un 1/3 da blocchi per segagione di dimensioni standard e pertanto lavorati come pietra ornamentale. I restanti 2/3 dell'abbattuto sono destinati a blocchi da scogliera, informi, ecc..

Pertanto, basandosi sulla tipologia di materiale cavato negli anni passati, si ipotizza che nella realizzazione del presente progetto di coltivazione si possano ottenere i seguenti volumi di coltivazione:

	<i>Primo quinquennio</i>	<i>Secondo quinquennio</i>	<i>Totale</i>
Scopertura	7 960	0	7 960
Blocchi standard	16 515	19 200	35 715
Blocchi sottomisura	11 010	12 800	23 810
Informi	22 015	25 500	47 515
<i>TOTALE</i>	<i>57 500</i>	<i>57 500</i>	<i>115 000</i>

8.6 Metodi di coltivazione

Le operazioni di taglio al monte avverranno mediante impiego di filo diamantato, sia per i tagli laterali verticali che per il taglio orizzontale al piede, che, infine, per il successivo distacco sul lato di monte (mediante un sistema di pulegge e rinvii).

La roccia in questo settore appare molto compatta; in tali condizioni (con la zona eccezione della zona più esterna e fratturata, vicino alla strada di accesso) diventa difficile utilizzare le discontinuità naturali come piani di distacco dei blocchi. È preferibile dunque adottare una coltivazione "fuori pioda", con gradoni orizzontali e pareti di taglio al monte verticali (85°-90°).

La movimentazione dei blocchi verrà effettuata, analogamente a quanto avvenuto finora, sia mediante pale ed escavatori, sia mediante il derrick presente nella parte orientale dell'area di cava, in prossimità del capannone.

La posizione del derrick rimarrà quella attuale fino all'ultimazione delle operazioni di coltivazione mineraria.

I blocchi in attesa di essere caricati sui mezzi e trasportati all'esterno, verranno depositati temporaneamente presso in zone marginali del piazzale inferiore di cava.

I rifiuti di estrazione, in attesa di essere riutilizzati durante la fase di recupero ambientale della cava, verranno stoccati in zone marginali del piazzale inferiore della cava, in modo da non intralciare la normale viabilità.

8.7 Lavorazione del materiale

I blocchi estratti presso la cava in oggetto sono sia commercializzati prima dell'eventuale lavorazione sia sottoposti a preventiva segagione e lavorazione nell'impianto ubicato all'interno dell'area estrattiva stessa; in questo secondo caso vengono realizzate sia lastre semilavorate, di spessore medio – grande, mediante l'ausilio di una tagliatrice a filo diamantato ubicata nella zona nord del piazzale principale che funge da deposito, sia lavorazioni finite (lastre, mattonelle, “bolognini”, o veri e propri manufatti quali tavoli da giardino o colonne) mediante le macchine presenti all'interno del capannone annesso alla cava.

8.8 Area di mercato e utilizzo del materiale

La roccia coltivata nel sito in oggetto ricade fra quelle commercialmente classificate fra i "graniti" in senso lato, anche se nella realtà si tratta di uno gneiss.

Il materiale in esame ha trovato ampia richiesta sul mercato internazionale e largo impiego come pietra ornamentale, presentando una particolare predisposizione per i mercati dell'Europa Orientale e del Medio ed Estremo Oriente: si tratta infatti di un materiale che associa le buone caratteristiche meccaniche e di resistenza agli agenti atmosferici (tipiche di tutti gli gneiss, ma nel caso specifico esaltate dal fatto che il sito è costituito da roccia compatta che ha resistito all'abrasione glaciale) con un elevato pregio estetico (colore d'insieme verde variegato con venature bianche a tessitura lenticolare) che lo rende idoneo per rivestimenti esterni in edifici di pregio.

Le frazioni commerciali di minor pregio (cubetti e cordoli derivanti dai blocchi sottomisura, e, ancor più, blocchi informi per scogliere e simili) sono ovviamente destinate prevalentemente al mercato locale o, tutt'al più, regionale.

8.9 Gestione delle acque meteoriche e derivanti da lavorazioni

Dalla Tavola n.9 *Regimazione delle acque e particolari costruttivi* si evince l'assetto della regimazione idraulica previsto dal progetto, costituito da una rete di canalette di raccolta, punti di sedimentazione e punti di raccolta e riciclo delle acque di cava.

La rete di canalizzazione delle acque verrà di volta in volta adeguata in base allo sviluppo della coltivazione e al progressivo arretramento dei fronti di cava, come indicato nella planimetria, al fine di ottimizzare il convogliamento e la raccolta delle acque di cava; a tale scopo sono previste sul piazzale di cava linee di deflusso mobili di dimensioni equivalenti alle canalizzazioni presenti presso l'attività estrattiva stessa.

Il sistema di regimazione in progetto rimarrà, pertanto, sostanzialmente invariato rispetto a quanto stabilito nel progetto di coltivazione attualmente autorizzato, risultandone una mera prosecuzione.

Come peraltro già illustrato nelle relazioni tecniche del 2003, del 2008 e del 2013, la regimazione delle acque non costituisce un problema per la cava in esame: la stessa conformazione del versante, infatti, che nella zona della cava assume forma convessa, fa sì che le sole acque presenti in cava siano quelle derivanti dalle precipitazioni dirette sulla cava stessa e quelle derivanti dal taglio con filo diamantato.

Parte delle acque intercettate al piede del piazzale, poi, sono raccolte con apposita pompa da cantiere per essere riutilizzate nell'ambito dei tagli con il filo diamantato. Le eventuali acque in esubero, derivanti soprattutto da periodi caratterizzati da forti precipitazioni, defluiscono lungo la strada di accesso fino a confluire nel rio Corna a nord della cava.

Si osserva, dunque, come l'unico tratto di fosso nel quale possano, per effetto della conformazione del versante, raccogliersi le acque provenienti dalla zona a monte della cava è quello che cinge a sud - ovest il ciglio di monte della cava, defluendo poi nel rio Corna ad ovest. Esso possiede una pendenza del 20%, e drena un settore di versante, a monte della cava, la cui superficie può essere valutata in circa 3.000 m². Per bacini di così ridotte dimensioni, e privi di un vero e proprio

corso d'acqua, le tradizionali formule dell'idraulica (ad esempio la formula di Giandotti) perdono gran parte del loro significato. Qualche indicazione sulle massime portate prevedibili può comunque essere ottenuta dalle formule empiriche appositamente studiate per bacini di piccole dimensioni, quale ad esempio la formula di Forti:

$$q_{\max} = 2,25 \cdot \frac{500}{S + 125} + 0,5$$

ove S (in km^2) è la superficie del bacino, e q_{\max} (in $\text{m}^3/\text{s} \cdot \text{km}^2$) è il contributo unitario di piena. Nel caso in esame si ottiene $S = 9,5 \text{ m}^3/\text{s} \cdot \text{km}^2$, che moltiplicato per la superficie di $0,003 \text{ km}^2$ fornisce una portata $Q_{\max} = 0,0285 \text{ m}^3/\text{s}$.

Un “fosso di gronda tipo” costituito da un solco realizzato mediante escavatore, avente sezione trapezia (larghezza al fondo 0,4 m, larghezza al ciglio 0,6 m, altezza 40 cm) presenta una sezione $A = 0,25 \text{ m}^2$ ed un perimetro bagnato di 1,42 m. Applicando la formula di Gaukler - Stricler, considerando la pendenza già indicata $J = 0,20$, ed introducendo un fattore di scabrezza $K = 20 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$, tipico di canali in terreno molto scabro, la portata utile del fosso risulta:

$$Q = K \cdot A^{5/3} \cdot C^{-2/3} \cdot J^{1/2} = 20 \cdot 0,25^{5/3} \cdot 1,42^{-2/3} \cdot 0,20^{1/2} = 0,70 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Si osserva come il valore di portata ottenuto sia enormemente superiore (all'incirca di 25 volte) rispetto alla massima portata prevedibile.

Si conferma, pertanto, che comuni fossi realizzati mediante escavatore (indipendentemente dalla forma effettiva, che nella verifica è stata ipotizzata trapezoidale soltanto a titolo esemplificativo) sono ampiamente sufficienti a garantire un idoneo deflusso delle acque dai fronti di cava.

Le acque intercettate dal suddetto sistema di convogliamento vengono, dunque, laminate nei seguenti punti di raccolta:

- conche di sedimentazione naturale e/o vasche scavate nel terreno, di dimensioni variabili a seconda delle necessità, aventi lo scopo di laminare i deflussi e chiarificare le acque destinate allo scarico diretto nel Rio Corna (indicate in planimetria come punto II e IV);

- due vasche di sedimentazione mobile afferente al piazzale di cava (capacità di circa 25.000 litri), utilizzata per raccogliere le acque derivanti dall'attività di coltivazione (taglio con filo diamantato....) e riutilizzabili all'interno del ciclo produttivo stesso (individuato in planimetria come punto I);
- una vasca di sedimentazione afferente alla zona est di cava (capacità di circa 14.000 litri), utilizzata per raccogliere le acque derivanti dall'attività di coltivazione (taglio con filo diamantato...) e riutilizzabili nell'impianto di lavorazione dei blocchi (tagliatrice a filo diamantato), individuato in planimetria come punto III.

Parte delle acque intercettate dal sistema di regimazione descritto sono, dunque, raccolte per essere riutilizzate nell'ambito delle attività di coltivazione e lavorazione della pietra estratta, mentre le eventuali acque in esubero, defluiscono lungo la rete di canalizzazioni fino a confluire nel rio Corna a nord e ad ovest del Truc presente nella zona Nord-Ovest della cava in oggetto.

Tenuto conto che la coltivazione in progetto non comporta, rispetto l'attività attuale, alcun incremento delle portate destinate al Rio Corna e, oltretutto, prevede la ripartizione dei deflussi in differenti punti di scarico, si ritiene che tale recettore continui a risultare congruo allo scarico.

Per quanto attiene le acque originate dal dalle operazioni di coltivazione ciascun fronte di scavo sarà provvisto di un apposito fosso di gronda che seguirà lo sviluppo della coltivazione.

Le linee di deflusso mobile in progetto, quindi, convoglieranno le acque di lavorazione in specifici punti di raccolta dai quali, previa decantazione, verranno prelevate per essere riutilizzate per la lubrificazione e l'asportazione dei detriti, oltre all'abbattimento delle polveri, generate dalla perforazione della roccia e dal taglio mediante il filo diamantato.

Il residuo solido derivante dal taglio con filo diamantato non presenta tracce di sostanza inquinanti, come attestato dall'analisi chimica che si allega alla presente relazione, e pertanto potrà essere riutilizzato direttamente in loco nell'ambito dei lavori di risagomatura e ripristino, mescolato in piccole percentuali con i materiali morenici e detritici.

8.9.1 Piano di monitoraggio dei fanghi di lavorazione provenienti dal taglio con il filo diamantato

Come già anticipato, pertanto, si prevede il totale riciclo delle acque necessarie per i fini produttivi dell'attività estrattiva in oggetto.

Date le modeste produzioni della cava, si è verificato che, negli ultimi anni, la vasca di decantazione delle acque derivanti dal taglio con il filo diamantato è stata svuotata mediamente meno di 1 volta l'anno.

Si ritiene pertanto corretto prevedere, come già previsto nei progetti oggetto delle precedenti autorizzazioni, che prima di ogni svuotamento della vasca si provveda al prelievo di un campione di fanghi, da sottoporre ad analisi chimica per verificarne la possibilità di riutilizzo in loco. Solo dopo l'ottenimento dei risultati analitici si provvederà allo svuotamento, destinando il materiale al riutilizzo in loco se idoneo, o conferendolo come rifiuto a smaltitori autorizzati se inidoneo.

Le analisi chimiche (sia quelle idonee che quelle inidonee) saranno mantenute in un apposito registro presso gli impianti di lavorazione della ditta, e saranno allegate alle relazioni annuali sull'attività della cava, unitamente ad un breve commento sulle di svuotamento delle vasche e sulla destinazione finale adottata per i fanghi.

Con riferimento, infine, ai parametri analitici da ricercare, si ritiene di poter mantenere lo stesso elenco di parametri compresi nell'analisi già effettuata, non individuando altri parametri significativi oltre ai metalli (in primo luogo il Co, utilizzato nella sinterizzazione delle perline diamantate) ed agli idrocarburi (potenzialmente connessi con le attività dei mezzi semoventi operanti in cava). Si utilizzerà, pertanto, il seguente set di parametri:

1) Metalli:

- As
- Be
- Cd
- Co

- Cr (tot)
- Hg
- Ni
- Pb
- Cu
- Se
- Zn

2) Idrocarburi:

- Idrocarburi Leggeri $C \leq 12$
- Idrocarburi $C > 12$

9 PROGETTO DI COLTIVAZIONE DEL GIACIMENTO

9.1 Generalità

Il progetto di rinnovo e ampliamento per la cava in oggetto consiste nell'ordinaria continuazione dell'attività attualmente in corso, pertanto non differisce dalle linee guida individuate nel progetto precedentemente autorizzato, del quale si riprendono i criteri e le modalità operative.

L'intervento decennale previsto, così come i precedenti progetti autorizzati, si sviluppa in relazione alle esigenze produttive dei titolari della "Tiboldo Graniti S.r.l.". Difatti, oltre a proseguire l'opera di ampliamento e successivo ribasso del piazzale intermedio posto a quota 485-486,5 m s.l.m. e dei due piazzali superiori siti rispettivamente alla quota di circa 489,5 m s.l.m. e 491 m s.l.m., l'attività estrattiva verrà ampliata in direzione sud-est, lungo il versante sud posto al di sopra del piazzale di cava superiore posto alla quota di 491 m s.l.m..

Come peraltro avviene tuttora, le opere preparatorie quali le rampe di accesso e le infrastrutture di servizio, procederanno contemporaneamente agli scavi nei diversi fronti presenti in cava, permettendo di mantenere costanti le produzioni annue che si stabilizzeranno sui 11.500 m³/anno di soli blocchi regolari; i volumi di materiale terroso, che verranno movimentati conseguentemente ai lavori di scopertura, verranno successivamente riutilizzati per gli interventi di ricostituzione morfologica delle scarpate residue di coltivazione, in sede di recupero ambientale.

9.2 Sviluppo della coltivazione

9.2.1 Stato attuale del terreno

L'area in esame è caratterizzata dalla presenza di più fronti di cava derivanti dagli scavi condotti nell'ambito delle autorizzazioni precedentemente concesse per l'attività estrattiva.

Come documentato in tav. 3, la coltivazione avviene su più gradoni sovrapposti, ciascuno dell'altezza di circa 4,5 metri, intervallati da ampi piazzali che consentono un'agevole manovra dei mezzi ed un posizionamento sicuro degli strumenti di perforazione e di taglio al monte.

Il gradone principale attualmente in coltivazione è quello fra le quote 486,5 e 491 metri circa, che si sviluppa, con andamento a zigzag, in tutta la parte centrale della coltivazione, e prosegue poi, nella parte nordoccidentale della cava, alla base dello sperone roccioso che cinge da nord l'area estrattiva. Sopra di esso è ancora presente il fronte residuo fra le quote 491 e 495 ÷ 496 m circa, anch'esso con andamento a zig-zag, di cui si prevede un futuro arretramento a seguito dell'ampliamento in progetto. Nella zona nord – est, in prossimità dell'ingresso della cava, è infine già stato avviato il ribasso fino alla quota 481,5 ÷ 482 m circa, corrispondente alla quota finale della coltivazione.

Si rileva, infine, che nel piazzale di base a quota 481,5 - 482 m s.l.m., continuano ad essere installate le infrastrutture di servizio della cava e trovano ancora posto i blocchi di materiale cavato e le lastre lavorate ottenute mediante la tagliatrice.

9.2.2 Primo quinquennio

La coltivazione proseguirà, dunque, conformemente alle metodologie e ai criteri attualmente in uso presso la cava in oggetto, ovvero procedendo per ampi gradoni sovrapposti di regola dall'alto verso il basso.

I lavori di scavo previsti nel primo quinquennio di coltivazione comportano l'arretramento dei due gradoni che si sviluppano in direzione Ovest – Est nel settore Ovest dell'area di cava. Questo al fine di ottenere il massimo ampliamento del piazzale intermedio in direzione Ovest.

Inoltre, il piazzale intermedio raggiungerà la sua massima estensione in direzione Nord grazie al ribasso del piazzale superiore a quota 489,5-490 m s.l.m. e alla realizzazione di un altro gradone posto dal di sopra, compreso tra i 490 m s.l.m. e i 501 m s.l.m..

Durante il primo quinquennio di coltivazione verrà inoltre avviato l'ampliamento della coltivazione in direzione SSE dell'area di cava che porterà alla formazione di tre gradoni dell'altezza di circa 6 m ciascuno che permetteranno l'ampliamento del piazzale superiore a quota 491-491,5 m s.l.m..

Infine, verrà iniziato l'arretramento del fronte compreso tra i 486,5 e i 491 m s.l.m. per l'ampliamento del piazzale intermedio in direzione SSE.

I gradoni di coltivazione già esistenti manterranno l'altezza odierna di 4,5 m, mentre i nuovi gradoni di coltivazione che si andranno a realizzare durante il periodo in oggetto avranno un'altezza di 6 m. Questa variazione dell'altezza dei fronti di coltivazione permetterà il massimo sfruttamento delle potenzialità del giacimento in oggetto.

Le operazioni di sbancamento, previa scopertura, verranno effettuate in base ad un ribasso medio di circa 2,5 m e interesseranno il versante Sud-Est della cava tra le quote 495-511 m s.l.m., mentre, la scarpata Nord verrà coltivata tra le quote 489 e 501 m s.l.m, come illustrato nella Tav. 4 - Planimetria stato finale – I° quinquennio.

La situazione appena delineata è prevista all'incirca per l'anno 2031.

In tale configurazione risultano asportati 57 500 m³ di materiale in posto di cui, presumibilmente, circa 7 960 m³ di materiale di scopertura da accantonare per le opere di recupero ambientale, 16 515 m³ di blocchi per la segagione a telaio, 11 010 m³ di blocchi sottomisura (ancora utilizzabili per lastre di piccole dimensioni, oppure per cordoli, piastrelle "bolognini" e simili) ed infine un'elevata frazione, pari a 22 015 m³, di blocchi informi eventualmente commercializzabili come materiale per muretti o scogliere, ma che in sede di progetto si è cautelativamente ipotizzato di considerare sterili.

9.2.3 Secondo quinquennio

Nel secondo quinquennio la coltivazione si svilupperà in modo da assumere la configurazione finale di progetto prevista per il termine dei dieci anni di rinnovo, rappresentata in Tav. 05. Planimetria stato finale – II° quinquennio.

In questa fase si prevede di completare l'arretramento del piazzale superiore sito a 491 m s.l.m. al fine di raggiungere la massima estensione possibile del piazzale intermedio di quota 486,5 m s.l.m. in direzione Sud-Est.

Successivamente si prevede l'arretramento del piazzale intermedio sito a 486,5 m s.l.m. al fine di ampliare il piazzale inferiore di quota di circa 481,5-482 m s.l.m., in modo da conferire all'area di scavo un aspetto gradonato che, in seguito agli interventi di risagomatura e recupero ambientale in progetto, favorirà l'inserimento nel contesto paesaggistico limitrofo della cava in oggetto.

La situazione appena delineata è prevista per il termine della coltivazione decennale, pertanto all'incirca nell'anno 2036.

In tale configurazione risultano asportati 57 500 m³ di materiale in posto di cui, presumibilmente, circa 19 200 m³ di blocchi per la segagione a telaio, 12 800 m³ di blocchi sottomisura (ancora utilizzabili per lastre di piccole dimensioni, oppure per cordoli, piastrelle "bolognini" e simili) ed infine un'elevata frazione, pari a 25 500 m³, di blocchi informi eventualmente commercializzabili come materiale per muretti o scogliere, ma che in sede di progetto si è cautelativamente ipotizzato di considerare sterili.

10 STABILIZZAZIONE VERSANTE MONTANO SUD-EST DELLA CAVA

Lo studio del versante montano, ubicato nella zona sud dell'attività estrattiva, è stato effettuato esaminando la stabilità del versante in due differenti punti corrispondenti alle sezioni F-F e H-H. Ciò è stato effettuato al fine di verificare la stabilità della coltre detritica presente a monte della zona in ampliamento.

Al fine di impedire il franamento dello strato di coltre detritica presente sul pendio all'interno dell'area in coltivazione, si prevede la realizzazione di una scogliera in blocchi ciclopici, reperibili all'interno dell'area di cava stessa, a monte del gradone a quota maggiore presente in progetto, in analogia con quanto già realizzato negli anni precedenti nel settore sud-occidentale della cava (si veda la fotografia seguente).



Intervento di risagomatura del versante eseguito nel 2013 nel settore nord-ovest della cava.

La scogliera verrà realizzata a una distanza di almeno 0,5 m dal limite del gradone in modo da garantire un franco di sicurezza durante le successive fasi di coltivazione. Il materiale detritico immediatamente a monte dell'intervento in progetto verrà risagomato in modo da garantire una pendenza massima di 32-35°, corrispondenti ad un'acclività media di $\tan 33^\circ = 2:3$.

Per effettuare la verifica di stabilità della coltre detritica, una volta realizzata la scogliera, si sono svolte due verifiche in corrispondenza delle due sezioni citate precedentemente mediante l'ausilio del software specializzato IS GeoPendii di CDM Dolmen. Tale software, infatti, risulta conforme a quanto previsto dalla normativa attualmente in vigore (NTC 2018); inoltre ha permesso l'applicazione dei parametri sismici, ponendosi pertanto in condizioni maggiormente sfavorevoli.

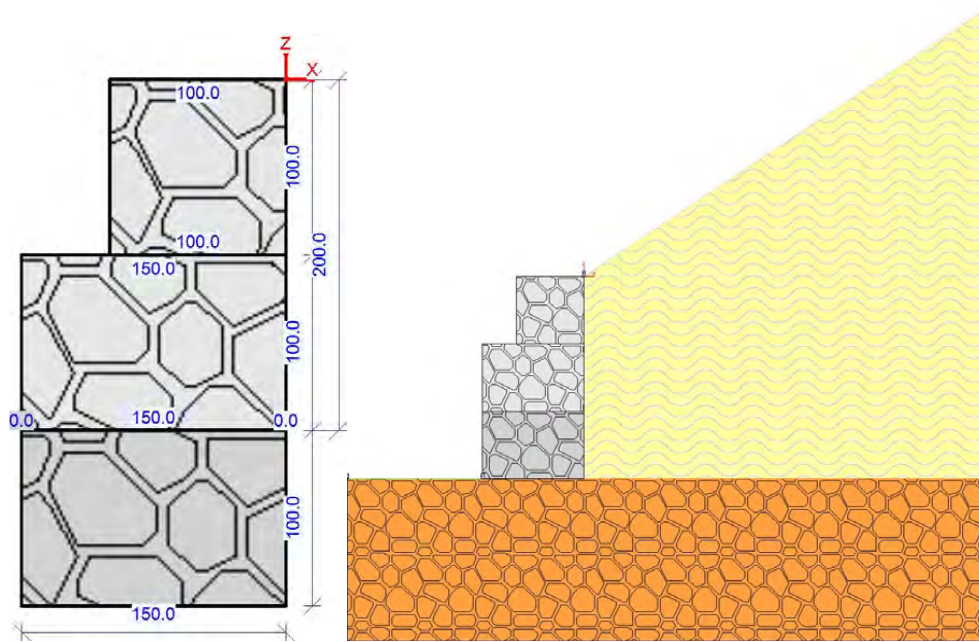
Come si evince dagli elaborati di calcolo riportati rispettivamente nell'Allegato 2 e nell'Allegato 3, benché siano stati utilizzati i parametri geotecnici ridotti e siano stati introdotti anche i parametri sismici, la condizione di stabilità della scarpata in materiale morenico rimaneggiato e risagomato è confermata, con un fattore di sicurezza minimo pari ad 1,27 in corrispondenza della sezione H-H, superiore alla soglia di 1,2.

Per effettuare la verifica di stabilità della scogliera in massi ciclopici non cementati si è invece svolta la verifica mediante l'ausilio del software specializzato IS Muri di CDM Dolmen. Tale software, infatti, risulta conforme a quanto previsto dalla normativa attualmente in vigore (NTC 2018); inoltre ha permesso l'applicazione dei parametri sismici, ponendosi pertanto in condizioni maggiormente sfavorevoli.

Come suggerito dal manuale per gli utenti del programma di calcolo succitato; la scogliera è stata assimilata, avendo un'altezza complessiva di 3 m, a un muro costituito da tre conci distinti appoggiati gli uni sugli altri, ognuno avente un'altezza pari a 1 m. A ogni concio sono quindi state assegnate le caratteristiche del singolo masso ciclopico che andrà a costituire la scogliera definitiva. Fatti tali accorgimenti è stata poi eseguita una verifica circa la tenuta di tale manufatto. Il calcolo strutturale è stato effettuato applicando i metodi agli Stati Limite Ultimi con l'ausilio dell'apposito software succitato

Da tale verifica, di cui si riporta nell'Allegato 4 il report dettagliato, è emersa l'idoneità e la validità della scogliera in progetto, visti i risultati dei fattori di sicurezza ottenuti, superiori rispetto ai valori soglia previsti dalla normativa.

Di seguito viene riportato lo schema grafico dell'intervento implementato nel programma di calcolo.



Schema progettuale scogliera in blocchi ciclopici.

11 INTERVENTI PREGRESSI DI RECUPERO AMBIENTALE

11.1 Premessa

Come accennato al capitolo precedente, nel corso del 2013 era stato effettuato un intervento di risagomatura e la stabilizzazione di una porzione del versante montano della porzione sud dell'area di cava.

In particolare, tale intervento di recupero ambientale prevedeva:

- realizzazione di una protezione al piede mediante scogliera in massi ciclopici;
- riporto e riprofilatura morfologica della porzione di versante a tergo della scogliera, mediante materiale morenico rimaneggiato;
- regimazione delle acque superficiali tramite lo scavo di due fossi di gronda localizzati rispettivamente a quota 497 m s.l.m. e a quota 502 m s.l.m., defluenti verso ovest nel Rivo Corna (a quota 490.60 m s.l.m.)
- inerbimento tecnico dell'intera superficie riprofilata, con l'impiego di un miscuglio bilanciato di specie erbacee appartenenti alle famiglie graminacee e leguminose.

Nel corso dei 12 anni trascorsi dall'intervento non si sono osservati spostamenti degli elementi costituenti la scogliera la quale risulta tutt'ora stabile.

Come si può osservare nell'immagine sottostante, il versante che era stato inerbito, dopo più di un decennio risulta completamente rimboschito.



Vista d'insieme della porzione di versante in esame allo stato attuale (2025).

Si evidenzia come nel progetto in oggetto non sono previsti interventi che possano andare ad inficiare la stabilità della scogliera. Si riportano pertanto nei paragrafi seguenti, per completezza documentale, i risultati delle verifiche geo-strutturali che erano state svolte all'epoca in corrispondenza di tale intervento.

11.2 Verifica di stabilità della scogliera

Al fine di eseguire una valutazione più accurata in merito agli eventuali cinematismi che possono interessare le scarpate risagomate e le scarpate in posto, che prenda in considerazione anche l'azione sismica, sono state svolte due verifiche mediante l'ausilio di un software specializzato⁽¹⁴⁾. Tale software, infatti, risulta conforme a quanto previsto dalla normativa attualmente in vigore (NTC 2008) relativamente all'applicazione dei parametri sismici.

Il metodo di calcolo adottato dal programma Slope 2009 è denominato “dell'equilibrio limite” e consiste nella risoluzione delle equazioni della statica attraverso la verifica di una situazione di instabilità in cui il materiale posto su di una superficie di scivolamento può muoversi a causa del superamento di un determinato sforzo di taglio sulla superficie stessa. Il calcolo è effettuato con il metodo degli stati limite: pertanto, anziché applicare un unico fattore di sicurezza globale, si applica dapprima un coefficiente riduttivo parziale (pari a 1,25) ai parametri di resistenza al taglio, e poi si confrontano le forze stabilizzanti con quelle instabilizzanti. Dal rapporto si deduce un indice relativo al grado di stabilità del pendio, che se maggiore di 1,1 (secondo la normativa NTC 2008) indica condizioni stabili del versante ⁽¹⁵⁾.

Ai fini della verifica di stabilità, dunque, è stata valutata la stabilità del materiale morenico rimaneggiato risagomato relativo alla scarpata rappresentata in sezione B-B, stabilizzata al piede mediante uno spesso setto in massi ciclopici informi, ritenendo ai fini geotecnici trascurabile la copertura in terreno agrario, avente uno spessore di 20 ÷ 30 cm. Le scarpate in materiale di riporto sono state risagomate su pendenze massime di 32-35°, corrispondenti ad un'acclività media di $\tan 33^\circ = 2:3$.

⁽¹⁴⁾) *GeoStru Software*, applicazione denominata *Slope 2009*

⁽¹⁵⁾ Di fatto, pertanto, il fattore di sicurezza globale deve risultare pari a $1,25 \times 1,1 = 1,375$, in luogo del fattore di sicurezza minimo di 1,30 previsto dalla precedente normativa.

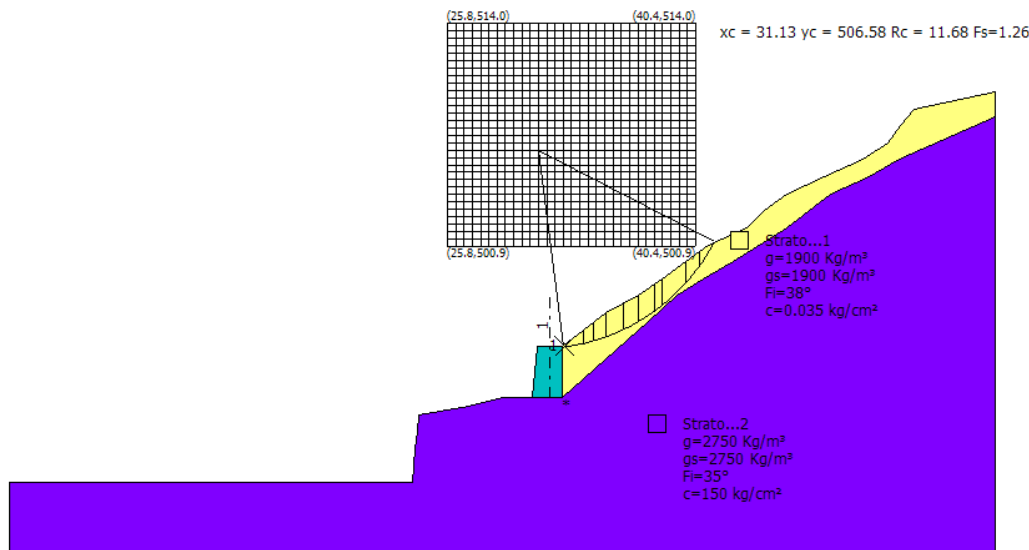


Figura 31. Verifica di stabilità sull'attuale risagomatura del fronte di scavo presente nel settore meridionale della cava.

Come si evince dall'estratto dell'elaborazione svolta (Figura 31), benché siano stati utilizzati i parametri geotecnici ridotti e siano stati introdotti anche i parametri sismici, la condizione di stabilità della scarpata in materiale morenico rimaneggiato e risagomato è confermata, con un fattore di sicurezza minimo pari ad 1,26, ampiamente superiore alla soglia di 1,1.

Assimilando poi la scogliera in massi ciclopici ad un muro di sostegno, è stata poi eseguita una verifica circa la tenuta di tale manufatto. Il calcolo strutturale è stato effettuato applicando i metodi agli Stati Limite Ultimi e alle Tensioni Ammissibili con l'ausilio dell'apposito software MDC - Muri di sostegno della GeoStru Software, che svolge la verifica delle armature in oggetto.

Da tale verifica, di cui si riporta in allegato il report dettagliato, è emersa l'idoneità e la validità della scogliera realizzata, visti i risultati dei fattori di sicurezza ottenuti, di gran lunga superiori rispetto ai valori soglia previsti dalla normativa.

Di seguito si riporta un estratto dell'elaborazione appena descritta.

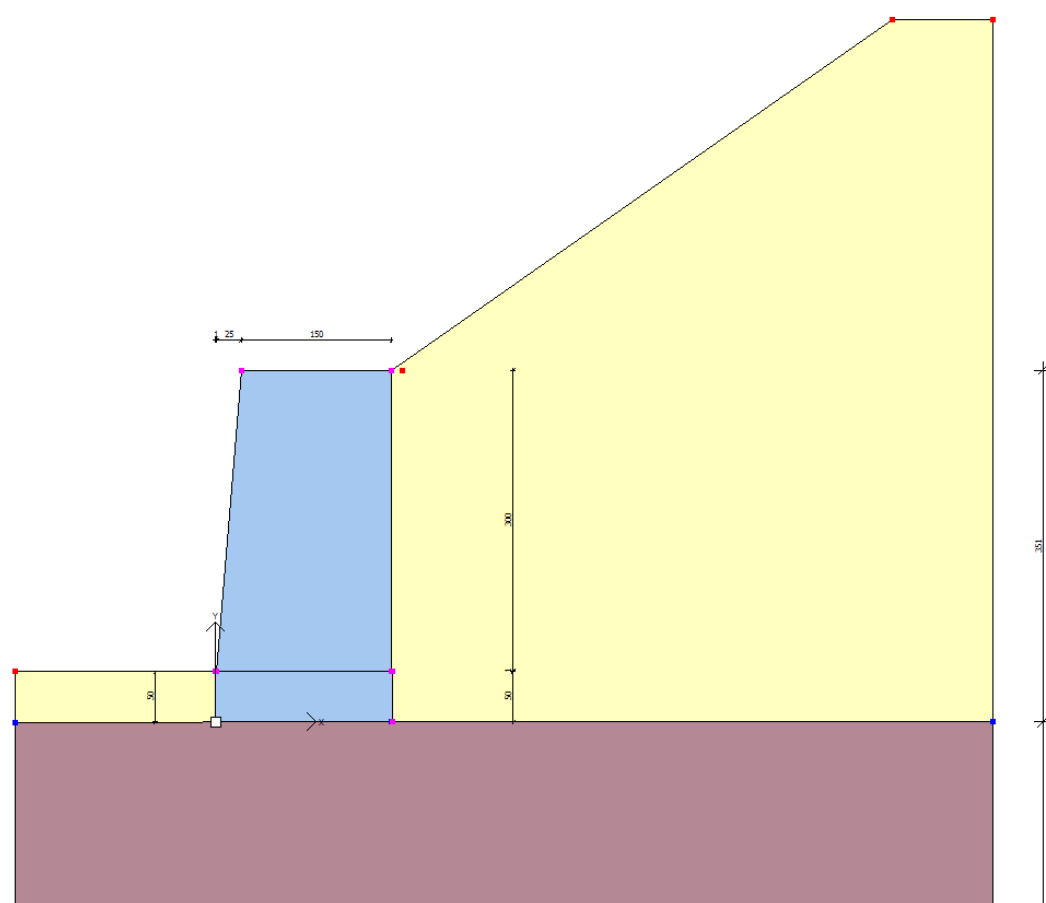


Figura 32. Verifica di stabilità svolta sul muro di sostegno

Cerca Posizione

Via n°

Comune Cap

Provincia

Coordinate WGS84

Latitudine °

Longitudine °

Isole

Determinazione dei parametri sismici

(1)^a Coordinate WGS84
 Lat. ° Long. °

(1)^a Coordinate ED50
 Lat. ° Long. °

Classe dell'edificio

Vita nominale

Opere provvisorie <= 10, Opere ordinarie >= 50,
 Grandi opere >= 100)

Interpolazione

45.416858, 7.566919

☒ Visualizza vertici della maglia di appartenenza

Stato Limite	Tr [anni]	a ₀ [g]	F ₀	T ₀ [s]
Operatività (SLO)	30	0,023	2,580	0,179
Danno (SLD)	50	0,029	2,591	0,198
Salvaguardia vita (SLV)	475	0,056	2,744	0,278
Prevenzione collasso (SLC)	975	0,066	2,794	0,293
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			

Calcolo dei coefficienti sismici

☐ Muri di sostegno ☐ Paratie

☒ Stabilità dei pendii e fondazioni

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

H (m)

us (m)

Categoria sottosuolo

Categoria topografica

	SLO	SLD	SLV	SLC
Ss *				
Amplificazione stratigrafica	1,00	1,00	1,00	1,00
Cc *				
Coeff. funz categoria	1,00	1,00	1,00	1,00
St *				
Amplificazione topografica	1,20	1,20	1,20	1,20
<input type="checkbox"/> Personalizza acc.ne massima attesa al sito [m/s²] <input type="text" value="0,5"/>				

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,006	0,007	0,013	0,016
kv	0,003	0,003	0,007	0,008
Amax [m/s²]	0,276	0,341	0,658	0,780
Beta	0,200	0,200	0,200	0,200

(1)* Il software converte i dati dal sistema WGS84 al sistema ED50, prima di elaborare i risultati è comunque possibile inserire direttamente le coordinate nel sistema ED50. I punti sulla mappa sono da considerarsi esclusivamente in coordinate WGS84.

(2)* Il file creato con "Salva file" può essere importato automaticamente negli applicativi GeoStru.

Figura 33. Parametri sismici concernenti l'area di cava (GeoStru Software).

Passando ora alla valutazione dell'aspetto vegetazionale, il tratto di versante riprofilato si presenta interamente caratterizzato da un cotico erbaceo chiuso senza eclatanti chiarie, contraddistinto oltre che dalle specie di semina, graminacee e leguminose, anche da specie non graminoidi proprie della vegetazione erbacea potenziale dell'area.

Non sono evidenti segni di erosione idrica, in quanto il buon livello di copertura del cotico, ed in particolare l'elevata presenza di graminacee, hanno ad oggi consentito un'adeguata stabilizzazione del substrato terroso superficiale, limitandone il dissesto.

12 PROGETTO DI RECUPERO AMBIENTALE

12.1 Criteri generali

12.1.1 Inquadramento progettuale

Nel presente capitolo sono illustrati i criteri per il recupero ambientale della cava, che seguono le stesse modalità già riportate sul progetto autorizzato, limitatamente a quanto concerne gli interventi non ancora realizzati, ed escludendo la descrizione delle opere già realizzate negli anni scorsi, per la quale si rimanda alle fotografie esplicative riportate nel capitolo successivo.

Le linee guida del presente progetto verteranno pertanto al conseguimento dei seguenti risultati:

- concorso all'ottenimento della stabilità del sito dal punto di vista idrogeologico, geotecnico ed erosivo;
- limitazione dell'impatto paesaggistico;
- riaffermazione degli ecosistemi presenti nell'area nell'ambito di un più specifico riequilibrio ecologico - naturalistico.

Nell'ambito della stesura del progetto autorizzato, la scelta delle specie erbacee, arbustive ed arboree da utilizzare è stata effettuata sulla base delle seguenti caratteristiche:

- contesto ecologico;
- inserimento nella dinamica vegetazionale potenziale;
- capacità germinativa e di crescita della specie;
- sviluppo dell'apparato radicale;
- rusticità.

Il contesto geomorfologico sui cui poggia il progetto di ripristino è quello descritto nel relativo progetto di coltivazione, al quale si rimanda per informazioni più particolareggiate.

12.1.2 Obiettivi e criteri degli interventi di recupero

A monte della definizione di dettaglio delle modalità di intervento, si è provveduto ad individuare gli obiettivi cui tendere ed i criteri da utilizzare nella scelta delle specie vegetali e della loro distribuzione d'impianto.

Con il recupero ambientale del sito si intendono perseguire due obiettivi: da un lato la protezione idrogeologica dei versanti interessati dalla coltivazione mineraria, dall'altro la normalizzazione, dal punto di vista paesistico, di un'area che altrimenti si presenterebbe con criticità d'impatto.

Si cercherà, pertanto e per quanto possibile, di porre le basi per l'evoluzione di una biocenosi stabile, che si integri con l'ambiente circostante.

Tale stato potrà essere ottenuto solo in tempi medio - lunghi; l'intervento dell'uomo costituisce infatti il punto di partenza di un processo di rinaturazione, coincidente con l'evoluzione naturale della vegetazione. Per contro, il corretto recupero ambientale del sito potrà accelerare i tempi di tali processi che, se esclusivamente spontanei, non potranno che essere considerevolmente lenti.

Riguardo i criteri-guida del recupero, si prevede l'utilizzo di sole specie autoctone, evitando di introdurre elementi di disturbo dal punto di vista ecologico e paesaggistico: saranno privilegiate le specie a grande amplitudine ecologica e quelle dotate di elevato potere edificatore, cioè capaci di avviare una successione naturale preparando la strada a specie più esigenti.

In particolare, si sceglieranno specie che, in virtù delle caratteristiche dell'apparato radicale, ne possano anche assicurare il consolidamento della coltre superficiale.

Il recupero avverrà in tre distinte fasi: riporto del substrato, inerbimento e impianto di specie arboree (quasi esclusivamente nelle aree a piazzale e sulle pedate dei gradoni), arbustive (sulle scarpate caratterizzate da modesta acclività) e realizzazione di opere di ingegneria naturalistica quali sistemazioni a siepe-cespuglio e palizzate di contenimento (sulle scarpate in riporto caratterizzate da acclività moderata).

Di tali interventi, quelli inerenti la rivegetazione del sito (soprattutto le opere di ingegneria naturalistica) hanno la funzione di consolidare gli strati superficiali di terreno, provvedendo ad una rapida copertura dello stesso; tramite il rimboschimento, invece, si vuole integrare l'azione consolidante cominciata con l'inerbimento e porre le basi per la ricostituzione naturale di un'area boschiva.

12.2 Aree di progetto e successione degli interventi

12.2.1 Introduzione

Nell'assunto di un migliore inserimento complessivo del sito nel contesto territoriale, per definire al meglio gli interventi specifici su cui strutturare il presente progetto di recupero è fondamentale partire dalla valutazione dell'assetto geomorfologico del sito d'intervento a fine coltivazione.

Poiché il progetto di coltivazione è suddiviso in due quinquenni, e per l'attivazione del secondo quinquennio sarà necessario il rinnovo delle autorizzazioni relative al vincolo idrogeologico ed al vincolo paesaggistico, che hanno validità quinquennale, il progetto di recupero ambientale è predisposto in due versioni, a seconda che l'attività estrattiva si concluda al termine del primo quinquennio, oppure che prosegua per tutto il decennio. Resta inteso, ovviamente, che le attività di recupero ambientale saranno contestuali alla coltivazione, e pertanto, man mano che si esauriranno gradoni, piazzali o fronti di coltivazione si procederà al loro recupero, indipendentemente dalla prosecuzione o meno dell'attività estrattiva.

Ciò detto, come è possibile valutare consultando gli elaborati grafici dello stato finale a cinque e 10 anni (Cfr.: Tav. 10, 11, 12 e 13), il sito dal punto di vista morfologico può essere suddiviso in tre distinti morfotipi d'intervento:

- a) superfici pressoché pianeggianti, ovvero i piazzali (a quota 482, 486, e 491 m s.l.m.);
- b) le scarpate in riporto caratterizzate da una modesta acclività (pendenza < 20°);
- c) le scarpate in riporto caratterizzate da acclività moderata (pendenza > 20°).

Il recupero ambientale, che risulterà differenziato a seconda che ci si trovi su una scarpata o su un'area di pianeggiante, si svolgerà in generale attraverso le seguenti fasi:

- distribuzione di sfridi e materiale inerte di cava;

- posa di uno strato di terreno fertile, ivi compreso il terreno di scotico accantonato durante le operazioni di asportazione del cappellaccio, di adeguato spessore;
- arbustamento con sistemazione di siepe-cespuglio sulle scarpate caratterizzate da moderate acclività;
- realizzazione di palizzate di contenimento sulle scarpate caratterizzate da moderata acclività ;
- inerbimento;
- impianto di alberi ed arbusti.

Si prevede, a carico del primo ambito d'intervento (a), l'inerbimento e, successivamente, l'impianto di specie arboree ed arbustive, nel secondo caso (b) si prevede l'impianto di sole specie arbustive associato ad un inerbimento tecnico di fondo, ed infine nel terzo caso (c) la messa in opera di opere di ingegneria naturalistica, quali sistemazioni a siepe-cespuglio e palizzate di contenimento, associate ad un inerbimento tecnico di fondo.

Di seguito viene riportata la tabella in cui sono evidenziati i tipi di intervento nelle diverse aree; gli interventi di rivegetazione del sito avverranno secondo le modalità e le tecniche descritte nei successivi paragrafi.

	Area di intervento	Intervento previsto
a	piazzali (a quota 486, 490 e 491 m s.l.m.)	<ul style="list-style-type: none"> • riporto di 50 cm di terreno • inerbimento • impianto di specie arboree e arbustive

	<ul style="list-style-type: none"> - pedata del gradone a quota 491 m s.l.m. 	<ul style="list-style-type: none"> • riporto di 30 cm di terreno • inerbimento • impianto di specie arboree e arbustive
b	<ul style="list-style-type: none"> - scarpata a monte del capannone (a quota 484 m s.l.m.) - scarpata in riporto a monte del piazzale posto a quota 486 - scarpata in riporto a quota 500 (porzione sud-est) - scarpata in riporto a quota 500 (porzione sud-ovest) 	<ul style="list-style-type: none"> • riporto di 30 cm di terreno • inerbimento • impianto di specie arbustive
c	<ul style="list-style-type: none"> - scarpata in riporto a monte del piazzale posto a quota 491 (porzione sud-est) 	<ul style="list-style-type: none"> • riporto di 20 cm di terreno • sistemazione siepe-cespuglio • inerbimento
	<ul style="list-style-type: none"> - scarpata in riporto a sud ovest del piazzale posto a quota 491 	<ul style="list-style-type: none"> • riporto di 20 cm di terreno • palizzate di contenimento • inerbimento

12.2.2 Riporto di substrato pedologico

Al termine delle operazioni di coltivazione si provvederà, quale primo intervento, ad effettuare una scarificazione superficiale del substrato roccioso sui piani in roccia nuda: in questo modo da un lato si realizzeranno fenditure ed irregolarità che favoriranno l'aderenza dei successivi ricarichi di terreno di riporto, dall'altro si aumenterà la percentuale di frazione fine utile per i successivi interventi di rinaturazione.

Una volta portato a termine il succitato intervento, sull'intera superficie oggetto di coltivazione e successiva riprofilatura morfologica, coincidente nel dettaglio con i tre morfotipi sopra individuati, si provvederà a realizzare un ricarico di limitata potenza in materiale detritico e terroso, utilizzando inerti di risulta di modeste dimensioni ed il terreno di scotico quale substrato fisico delle successive opere di rinverdimento; quest'ultimo, prelevato a monte delle operazioni di coltivazione mineraria, è stato accantonato in appositi cumuli.

In particolare:

- per quanto concerne le superfici comprese nel primo morfotipo d'intervento (a), lo spessore dello strato di riporto sarà circa 0,5 m sui piazzali e di 0,3 m sulla pedata del gradone posta a quota 491 m s.l.m.;
- per le scarpate in riporto aventi pendenza “modesta” (morfotipo b), il riporto avrà una potenza pari a circa 30 cm,
- per le scarpate in riporto aventi pendenza “moderata” (morfotipo c), il riporto presenterà uno spessore limitato, mai superiore a 20 cm; in questo caso uno spessore maggiore non risulta consigliabile in quanto, a causa della marcata inclinazione, rischierebbe di essere dilavato dalle acque meteoriche. Al fine di aumentarne la stabilità, il riporto verrà in tal caso consolidato mediante la messa in opera di interventi di ingegneria naturalistica, quali le sistemazioni a siepe-cespuglio e le palizzate in legname con talee.

Il terreno di ricarica sarà additivato con opportune concentrazioni di formulati organici atti ad innescare, sul substrato minerale, reazioni tali da portarlo alle condizioni idonee ad un successivo

insediamento della vegetazione. Al fine di aumentarne le caratteristiche di fertilità, tale terreno potrà quindi essere additivato di bioattivatori organici ed equilibratori nutrizionali, evitando, per quanto riguarda i gradoni, in virtù delle condizioni di lavorabilità limitanti degli stessi, di intervenire con tradizionali letamazioni o concimazioni inorganiche.

In ogni caso, il terreno dovrà essere caratterizzato da una tessitura tale da permettere un'adeguata ritenuta idrica e, allo stesso tempo, un buon drenaggio in caso di precipitazioni intense.

12.2.3 Inerbimento

Come già specificato, praticamente tutte le superfici oggetto di recupero dovranno essere interessate da interventi di idrosemina, realizzando una copertura vegetale erbacea in grado di mitigare gli effetti di erosione superficiale del suolo.

Il cotico erbaceo costituisce infatti una protezione fisica; attraverso l'aumento della scabrosità superficiale provoca la diminuzione della velocità delle acque di ruscellamento, migliora inoltre la resistenza al taglio degli strati superficiali del terreno attraverso l'azione di armatura dovuta alle radici, nonché mediante l'azione di drenaggio e pompaggio dell'acqua nel suolo attraverso l'evapotraspirazione. Da alcune prove effettuate in Svizzera (¹⁶) si è osservato un aumento fino al 55% della resistenza al taglio degli strati superficiali del terreno, in presenza di prato polifita rispetto ad un terreno avente le stesse caratteristiche pedologiche, ma privo di radici, a parità di condizioni ambientali.

Il miscuglio di semina sarà composto da specie erbacee rustiche, caratterizzate cioè da insediamento rapido, perennità o moltiplicazione naturale sufficiente, copertura adeguata, sistema radicale profondo e colonizzatore, nonché adatte alle locali condizioni climatiche.

Tra le specie erbacee, le graminacee concorreranno ad assicurare la formazione del cotico, assolvendo prevalentemente la funzioni di specie stabilizzatrici del substrato terroso e limitando l'erosione idrica dello stesso, mentre le leguminose hanno il compito di migliorare il suolo con il loro

¹⁶ TOBIAS; 1991. - *Bautechnisch nutzbare Verbundfestigketh von Boden und Wurzelp* - Diss. ETH Zurich.

apporto in azoto; le altre specie di cui si prevede l'utilizzo assolveranno il compito di indirizzare l'intervento verso la successione vegetazionale potenziale dell'area.

Sulla base di tali considerazioni, si propone l'utilizzo di un miscuglio caratterizzato dalla composizione riportata nella relativa tabella.

Oltre che alle sementi il miscuglio di idrosemina sarà così costituito:

- acqua (20.000 lt/ha)
- concime organico (2.000 Kg/ha)
- concime minerale (600 Kg/ha)
- leganti (o collanti) (80-100 g/mq)
- fitoregolatori atti a stimolare la radicazione delle sementi (1-5-g/mq)

Le modalità di esecuzione dell'idrosemina prevedono l'irrorazione con cannone idraulico; il diametro degli ugelli dovrà essere tale da non lesionare i semi e garantire l'irrorazione a distanza.

L'intervento dovrà essere effettuato durante la stagione umida (marzo-aprile, settembre-ottobre), eventualmente frazionando la semina su due periodi.

A titolo esemplificativo, si riporta, di seguito, la composizione del miscuglio di sementi.

Composizione indicativa del miscuglio di idrosemina

Specie	Composizione in %
<i>Festuca ovina</i>	5%
<i>Festuca rubra (rubina, scho)</i>	20%
<i>Festuca rubra (barnica)</i>	15%
<i>Festuca duriuscula</i>	10%

<i>Festuca pratensis</i>	3%
<i>Bromus inermis</i>	2%
<i>Lolium perenne</i>	5%
<i>Poa compressa</i>	7%
<i>Poa pratensis (baron, erte)</i>	2%
<i>Trifolium pratense</i>	1%
<i>Trifolium repens</i>	6%
<i>Lotus corniculatus</i>	4%
<i>Medicago lupulina</i>	1%
<i>Medicago sativa</i>	1%
<i>Onobrychis sativa</i>	3%
<i>Vicia sativa</i>	1%
<i>Coronilla varia</i>	2%
<i>Achillea millefolium</i>	2%
<i>Lathyrus pratensis</i>	1%
<i>Anthyllis vulneraria</i>	1%
<i>Sanguisorba minor</i>	2,8%
<i>Matricaria chamomilla</i>	0,1%
<i>Papaver rhoeas</i>	0,1%
<i>Salvia pratensis</i>	1%
<i>Plantago media</i>	1%
<i>Echium vulgare</i>	1%
<i>Calluna vulgaris</i>	1%

Quantità di semi: 30 g/m²

In linea di massima, si tratta di specie pioniere adatte a terreni grezzi e sciolti, idonee per inerbimenti su scarpate aride. Le leguminose sono fondamentali in quanto, grazie all'azione di batteri radicali azotofissatori, sono in grado di migliorare sostanzialmente il terreno in termini di azoto.

La scelta, in generale, è stata fatta anche in modo da conglobare piante con apparati radicali differenti tra loro, e quindi in modo da ridurre la concorrenza radicale e di sfruttare al meglio il suolo in tutta la sua profondità.

12.2.4 Piantamenti di specie arboree ed arbustive

Il presente ambito d'intervento interessa esclusivamente le superfici piane o sub pianeggianti (piazzali e pedate dei gradoni) e le scarpate in riporto caratterizzate da una modesta acclività (pendenza $< 20^\circ$), ovvero i morfotipi "a" e "b".

Nel dettaglio, le superfici dei piazzali e le pedate dei gradoni (morfotipo a) verranno interessate dalla messa a dimora di specie sia arboree che arbustive, mentre per le scarpate (morfotipo b) si prevede il solo impiego di specie arbustive, come verrà meglio dettagliato nel seguito.

Nel complesso si prevede di realizzare dei "corridoi" e dei "nuclei" arborei su una matrice prativa, in modo da ricostituire un paesaggio amalgamabile con l'assetto paesaggistico circostante.

L'intento è quello di realizzare le basi per una successiva ricolonizzazione naturale, creando delle macchie e dei corridoi arboreo - arbustivi in grado di fungere sia da punti di partenza per successivi processi spontanei di ricolonizzazione, sia da elementi di connessione tra i soprassuoli contigui all'area di riassetto. Si ricostruirà direttamente un soprassuolo forestale sovrapponendo i vari stadi dinamico-evolutivi, procedendo cioè alla messa a dimora contemporanea di specie appartenenti al bosco naturale, secondarie e pioniere in modo da realizzare una copertura boscata il più possibile simile, per struttura e composizione floristica, a quelle naturali, abbreviando nel contempo i tempi di recupero.

Le caratteristiche morfologiche delle superfici di intervento non sono tali, in quanto ad acclività, da limitare o impedire l'impianto; tuttavia si ritiene opportuno consigliare la messa a dimora delle specie più esigenti solo dove l'acclività sia molto contenuta.

Il concetto alla base delle succitate scelte progettuali si basa sull'assioma che, soprattutto operando in stazioni difficili, il modo migliore per assicurare un certo grado di successo dell'intervento è quello di copiare la natura, cercando di accelerarne i processi⁽¹⁷⁾; ne consegue che, poiché il processo di colonizzazione spontaneo di un bosco avviene per nuclei di differente struttura ⁽¹⁸⁾, la soluzione migliore è quella di adottare uno schema d'impianto del tipo di quello all'oggetto.

Per quanto concerne il morfotipo “a”, le piantine dovranno essere messe a dimora esclusivamente nelle parcelle come da progetto, e dovranno essere disposte con sesto d'impianto di 3x3, in modo che le piantine si riuniscano in un collettivo nel giro di 5-10 anni; si formeranno pertanto dei nuclei grosso modo raffrontabili con quelli che s'instaurano a seguito di un processo di ricolonizzazione spontanea.

Il distanziamento tra le piante tiene conto di possibili fallanze che, d'altra parte, non dovrebbero essere particolarmente incisive, tenuto conto delle caratteristiche di rusticità delle specie per le quali si prevede la messa a dimora e delle caratteristiche climatiche della zona e del particolare schema d'impianto; gli esemplari esterni dovranno distare un metro dal bordo della parcella.

La scelta di una simile tipologia d'impianto nasce dall'esigenza di ottenere da un lato una disposizione irregolare e naturaliforme delle piantine, dall'altro di facilitare le operazioni d'impianto e le successive cure colturali.

E' importante che la disposizione delle piantine sia relativamente irregolare (compatibilmente con l'esigenza d'impianto), in modo da evitare un'antiestetica ed artificiosa monotonia degli impianti; per lo stesso motivo, le diverse specie arboree messe a dimora non dovranno costituire aggruppamenti monospecifici bensì misti, ponendo in gruppi specie tra loro compatibili.

¹⁷ PIUSSI P., "Selvicoltura generale"; Ed. UTET-Torino, 1994

¹⁸ OZENDA P., "Les végétaux dans la biosphère; Doin-Paris, 1982

A tal proposito, per ciò che concerne la composizione specifica dell'impianto, al fine di aumentare il livello di naturalità si metteranno a dimora specie scelte in base alle caratteristiche ecologiche e dinamico - vegetazionali dell'area.

Le specie costituenti il rimboschimento arboreo sono le seguenti:

<i>Betula pendula</i>	40 %
<i>Fraxinus excelsior</i>	15 %
<i>Acer pseudoplatanus</i>	15 %
<i>Salix caprea</i>	10 %
<i>Populus tremula</i>	5 %
<i>Alnus incana</i>	10 %
<i>Tilia cordata</i>	5 %

Le specie scelte sono esclusivamente autoctone, come già accennato, e per lo più con caratteristiche pioniere. In particolare, per la maggior parte si tratta di specie caratterizzanti gli stadi preparatori delle dinamiche vegetazionali caratterizzanti l'ambito in cui si inserisce l'intorno dell'area in progetto, e quindi in grado di offrire alte garanzie di riuscita dell'intervento.

Volutamente non si propone l'impiego di specie caratterizzanti lo stadio climax (faggio e rovere), benché se ne auspichi la comparsa a seguito di processi naturali. Alle condizioni di progetto, l'introduzione di tali specie, più esigenti rispetto a quelle proposte, avrebbe basse probabilità di riuscita; occorrerà pertanto attendere che le specie pioniere modifichino le condizioni stazionarie dell'area.

Il materiale da rimboschimento dovrà consistere in postime da vivaio di due anni (1+1) allevato in pane di terra e commercializzato in contenitore, in modo da limitare lo stress da trapianto e di favorire le possibilità di riuscita dell'intervento.

L'impianto dovrà avvenire per buche realizzate manualmente, le quali dovranno avere dimensioni leggermente maggiori a quelle del contenitore; quest'ultimo, se non biodegradabile dovrà essere allontanato prima della messa a dimora della piantina.

Quest'ultima, una volta posta nella buca, dovrà successivamente essere interrata fino al colletto, avendo cura di ricoprire completamente il pane di terra onde evitarne l'essiccamento.

Per le specie arboree, può risultare opportuno l'utilizzo di pacciamanti biodegradabili individuali (quadretti individuali di stuoie o tavolette rigide) in fibre di cellulosa o altro materiale organico da inserire dopo l'impianto.

Si consiglia inoltre di prendere in considerazione la posa di protezioni contro danni da selvaggina, lagomorfi (lepre, coniglio selvatico, etc.) in particolare, ricorrendo a manicotti in materiale biodegradabile semitrasparenti (es. tipo Sylvitub) che, oltre a proteggere le piantine, accelera lo sviluppo delle stesse grazie ad un moderato effetto serra. Le protezioni interesseranno 50% delle piantine messe a dimora, proteggendo esclusivamente le specie arboree costruttrici.

Per ciò che concerne le cure colturali successive all'impianto, anche e soprattutto in questo caso l'obiettivo progettuale verterà non tanto sulla cura delle singole piante, ma piuttosto sull'ottenimento di un consorzio arboreo stabile; gli interventi non concerneranno quindi potature di allevamento, ma si limiteranno al risarcimento di eventuali fallanze entro tre anni dall'impianto: quest'ultimo dovrà essere effettuato in periodo autunnale o comunque nell'arco del periodo di riposo vegetativo.

A riguardo delle macchie arbustive, queste dovranno essere realizzate prevalentemente sulle scarpate caratterizzate da modesta pendenza (morfotipo b) ed a corredo delle specie arboree di cui sopra (morfotipo a), a costituire il cosiddetto mantello arbustivo.

Si prevede pertanto di realizzare delle cenosi utilizzando esclusivamente specie basso arbustive pioniere, in modo offrire una copertura e, conseguentemente, una protezione idrogeologica, più efficace del suolo innescando, nel contempo, processi spontanei di evoluzione vegetazionale.

Gli arbusti dovranno essere messi a dimora con tecniche analoghe a quelle previste per le specie arboree, mantenendo tuttavia un sesto d'impianto più fitto (2-3 piantine/m²) in modo da realizzare una copertura orizzontale continua.

Le specie arbustive che dovranno essere messe a dimora sono le seguenti:

<i>Salix purpurea</i>	5 %
<i>Corylus avellana</i>	20 %
<i>Cytisus scoparius</i>	25 %
<i>Laburnum alpinum</i>	30 %
<i>Crataegus monogyna</i>	10 %
<i>Juniperus communis</i>	10 %

12.2.5 Opere di ingegneria naturalistica: palizzate

Al fine di garantire una maggiore stabilità alla scarpata in riporto sita a sud-ovest del piazzale posto a quota 491 m s.l.m., caratterizzata da pendenze in alcuni casi superiori ai 30°, si prevede la realizzazione di una serie di opere di contenimento, quali nello specifico palizzate semplici in legname con talee.

Per la costruzione di tali elementi dovrà essere utilizzato tondame (1 o 2 ordini), reperito in loco o di provenienza esterna, del diametro di almeno 20 cm e lunghezza di almeno 1 m, fermato a valle da piloti in acciaio, in numero di 3/ml, conficcati direttamente sul piano in roccia per una profondità di 1 m circa.

Immediatamente a tergo della palizzata, una volta effettuato il ricarico di terreno, dovranno essere messe a dimora piantine di specie arbustive pioniere, quali il ginepro (*Juniperus communis*) ed il sorbo degli uccellatori (*Sorbus aucuparia*) e della ramaglia viva (talee) di *Salix purpurea* e *Salix eleagnos*, disponendo queste a pettine in elementi aventi lunghezza pari a 2 m circa, per un numero di 6-7 talee al metro lineare, e ricoprendo la stessa ramaglia con il terreno di riporto per circa 3/4 della loro lunghezza, avendo cura che le gemme apicali fuoriescano dal terreno.

Tali opere di sostegno non risultano, invece, necessarie nell'ambito degli interventi di recupero posti sulla scarpata in riporto a monte del piazzale a quota 491 (porzione sud-est) , dal momento che in tal caso i riporti necessari per la risagomatura poggiano direttamente sul piazzale di base e le pendenze risultano meno critiche.

12.2.6 Opere di ingegneria naturalistica: sistemazioni a siepe - cespuglio

Sulla scarpata in riporto a monte del piazzale posto a quota 491 (porzione sud-est) , caratterizzata da pendenza di ca. 30°, si prevede l'esecuzione di opere di ingegneria naturalistica atte ad integrare e potenziare gli effetti anti - erosivi dello stesso cotico erboso.

Si tratta di interventi trasversali di bioingegneria forestale, finalizzati sia alla mitigazione dell'erosione idrica del manto terroso, sia al contenimento dell'azione di trascinamento dei semi verso valle per ruscellamento.

Nel dettaglio, verranno effettuate sistemazioni a siepe-cespuglio, realizzate coniugando la tecnica delle cordunate secondo Coturier con quella delle sistemazioni a siepe-cespuglio secondo il metodo Schiechl⁽¹⁹⁾.

Si prevede di operare mediante lo scavo, lungo le curve di livello, di brevi tratti di banchine o di trincee ("tasche") aventi larghezze prossime a 0,2-0,3 m, in funzione della pendenza e della profondità del substrato, iniziando dal piede del pendio.

Sulle banchine scavate devono essere collocate, in piccole buche, delle piantine di 1-2 anni di nocciolo (*Corylus avellana*), salicone (*Salix caprea*), pioppo tremulo (*Populus tremula*), *Rosa canina*, ginepro (*Juniperus communis*), lantana (*Viburnum lantana*) e di *Prunus spinosa* per una densità di 2 piantine al metro lineare, in modo che esse risultino perfettamente verticali.

Ad integrazione, possono essere disposte orizzontalmente sul piano delle banchine delle talee di salice rosso (*Salix purpurea*) o salice di ripa (*Salix eleagnos*) lunghe 30-40 cm per una densità di 3-4

⁽¹⁹⁾ SCHIECHTL H.M. *Bioingegneria forestale*. Ed. Castaldi Feltre. 1988.

talee al metro lineare, in modo che esse fuoriescano per circa 1/3 all'esterno della banchina stessa: il ricoprimento di talee e piantine avverrà con il materiale proveniente dallo scavo della trincea superiore.

Benché tali opere, di consuetudine, siano realizzate in tratti continui, si consiglia di disporre tali sistemazioni "a scacchiera" con distanze irregolari, in modo da ottimizzare sia l'effetto consolidante che quello paesaggistico, evitando linee continue troppo artificiali.

Tali barriere costituiranno delle linee di sostegno formando così, nel terreno da sistemare, dei microterrazzamenti; questi ultimi, diminuendo la pendenza del terreno, ridurranno sia l'azione erosiva delle acque di ruscellamento (la cui potenza è funzione anche della lunghezza del pendio), sia la facilità del materiale terroso ad essere smosso.

12.3 Conclusioni

Gli interventi descritti hanno come obiettivo il reinserimento del sito, al termine della coltivazione, nel paesaggio ed in particolare nel contesto vegetazionale di questi. Le problematiche affrontate hanno necessariamente interessato esigenze tecniche ed ecologiche inerenti la difesa dall'erosione e la "costruzione" di ecosistemi funzionali.

Attraverso le tecniche d'intervento adottate si è pertanto inteso "seguire" le stesse vie di rivegetazione che imboccherebbe la natura, compatibilmente con quelle che sono le difficoltà tecniche legate a tali tipi di rinaturalizzazione, e con il vantaggio rappresentato, a fronte di un certo grado di artificiosità, dall'abbreviazione della naturale successione vegetativa, con uno sviluppo accelerato di questi e, di conseguenza, mitigando gli effetti sull'assetto paesaggistico.

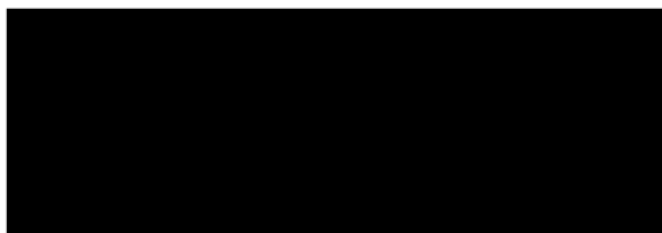
E' tuttavia palese che, con le tecniche all'oggetto, non ci si sia limitati a proporre la realizzazione di interventi "mascheranti", ma autentici interventi di ripristino ambientale con il riottenimento di una copertura forestale - prativa complessa e stabile, ad integrazione dell'assetto dinamico - vegetazionale proprio dell'area in cui il sito s'inserisce.

L'intervento di coltivazione, proseguendo per un ulteriore decennio secondo modalità simili a quelle finora adottate, consentirà il pieno raggiungimento degli obiettivi illustrati su tale progetto e ripresi e confermati nella presente relazione.

13 ELENCO DEGLI ELABORATI GRAFICI:

Tav. 01: Corografia	Scala Varie
Tav. 02: Estratto di mappa catastale	Scala 1:1.000
Tav. 03: Planimetria stato attuale	Scala 1:500
Tav. 04: Planimetria di stato finale – I° quinquennio	Scala 1:500
Tav. 05: Planimetria di stato finale – II° quinquennio	Scala 1:500
Tav. 06: Sezioni di coltivazione	Scala 1:500
Tav. 07: Carta geologica	Scala 1:500
Tav. 08: Sezioni geologiche	Scala 1:500
Tav. 09: Regimazione delle acque	Scala 1:500
Tav. 10: Planimetria di recupero ambientale – I° quinquennio	Scala 1:500
Tav. 11: Planimetria di recupero ambientale – II° quinquennio	Scala 1:500
Tav. 12: Sezioni di recupero ambientale - I° quinquennio	Scala 1:500
Tav. 13: Sezioni di recupero ambientale – II° quinquennio	Scala 1:500

Torino, 30/07/2025



ALLEGATO 1: DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Foto 2: piazzale inferiore posto alla quota di circa 481 – 482 m s.l.m., con vista dell'area di stoccaggio e del capannone annesso alla cava.



Foto 2: piazzale intermedio posto alla quota di circa 485 – 486,5 m s.l.m.



Foto 3: piazzale superiore nella porzione settentrionale dell'area di cava posto alla quota di circa 489,5 m s.l.m.



Foto 4: piazzale superiore nella porzione meridionale dell'area di cava posto alla quota di circa 491 m s.l.m.

**ALLEGATO 2: RELAZIONE DI CALCOLO STABILITÀ VERSANTE
MONTANO SUD EST – SEZIONE FF**



Relazione di Calcolo



CDM DOLMEN

CALCOLO STRUTTURALE E GEOTECNICO

11:17:24 venerdì 4 luglio 2025

	Impresa:	
	Committente: Tiboldo Graniti S.r.l.	
	Località: Case Bisdonio	Posizione pendio: S-SE
	Progetto: Rinnovo e ampliamento	Progettista: Geostudio
		

1 Dati generali del pendio.

Il presente elaborato è stato redatto dal Geostudio Studio Tecnico Associato per conto della Ditta Tiboldo Graniti S.r.l., a supporto del progetto di rinnovo e ampliamento della cava di pietre ornamentali sita in località Case Bisdonio nei Comuni di Alpette e Pont Canavese. Di seguito si riporta la verifica di stabilità del pendio montano a sud dell'area di cava, in corrispondenza della sezione FF.

2 Cenni teorici sul metodo all'equilibrio limite.

All'interno di un pendio molto esteso e sottoposto a deformazione piana si isola un volume mediante una superficie cilindrica. Il terreno è in equilibrio limite quando viene soddisfatta la condizione di rottura, che nell'ipotesi del criterio di Mohr-Coulomb è funzione della coesione, dell'angolo di resistenza al taglio e della pressione interstiziale. Se lungo la superficie la tensione tangenziale applicata, detta resistenza mobilitata, è minore della resistenza a rottura disponibile, si può determinare una condizione di equilibrio limite tramite un coefficiente di sicurezza, che rappresenta il fattore per cui dividere i parametri di resistenza del terreno ed avere la rottura del pendio lungo la superficie considerata. Questo valore è assunto per determinare la sicurezza del pendio nei confronti della rottura per taglio e viene assunto costante lungo tutta la superficie, in modo che in ogni punto di essa venga mobilitata la stessa aliquota di resistenza al taglio. Si ricava che il fattore di sicurezza è dato dal rapporto tra la resistenza disponibile e quella mobilitata. Per determinare tale valore si utilizzano le equazioni dell'equilibrio dei corpi rigidi ossia le equazioni di equilibrio alla traslazione orizzontale e verticale ed alla rotazione rispetto ad un punto del piano delle forze. Nel pendio viene definito un numero elevato di superfici, ad ognuna di queste è possibile associare un fattore di sicurezza. Il fattore di sicurezza minore definisce la cosiddetta superficie critica e viene assunto come rappresentativo delle condizioni di stabilità del pendio.

Nell'ambito della teoria dell'equilibrio limite sono stati sviluppati numerosi metodi per il calcolo del fattore di sicurezza. Fra questi vi sono i cosiddetti metodi delle strisce, che prevedono di suddividere il volume di terreno considerato in blocchi di spessore finito, ma piccolo, di cui è possibile scrivere le equazioni di equilibrio. E' possibile considerare, con questi metodi, pendii di forma complessa costituiti da terreni aventi caratteristiche fisiche e meccaniche diverse. Per mantenere le strisce in condizione di equilibrio bisogna applicare sui lati e sulla base le risultanti degli sforzi efficaci e delle pressioni interstiziali, che si trasmettono mutuamente tra i blocchi. Per il volume suddiviso in n strisce si ha che il problema è $n-2$ volte iperstatico e le incognite sono le forze di interazione tra le strisce, i bracci e le forze normali alla base. Complessivamente si hanno $4n-2$ incognite. Avendo a disposizione $3n$ equazioni di equilibrio, ossia 3 per ciascuna striscia, il problema risulta affetto da un alto grado di indeterminatezza. I metodi di calcolo vengono suddivisi in due grandi gruppi: i metodi "semplificati" ed i metodi "rigorosi". Nei primi si adottano semplificazioni che trascurano alcune forze che agiscono sulle strisce o fissano la loro direzione ed il loro punto di applicazione. Nei secondi si ricercano le $n-2$ equazioni mancanti, rispettando così l'equilibrio globale delle strisce.

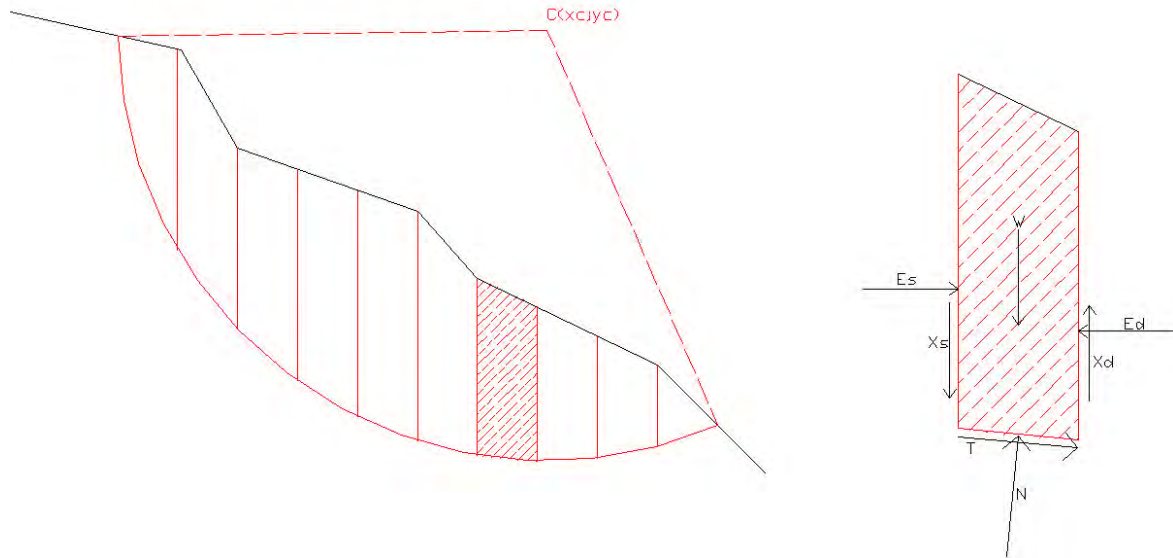


Figura 1.1: Rappresentazione della superficie di rottura circolare e suddivisione in strisce.

3 Caratteristiche terreni.

Terreno 1 (gneiss cloritico)

Coesione: 147.1 [daN/cm²]

Angolo di resistenza al taglio: 35 [°]

Peso secco: 0.0027 [daN/cm³]

Peso saturo: 0.0027 [daN/cm³]

Terreno 2 (copertura detritico colluviale)

Coesione: 0 [daN/cm²]

Angolo di resistenza al taglio: 35 [°]

Peso secco: 0.00196 [daN/cm³]

Peso saturo: 0.00196 [daN/cm³]

4 Stratigrafia.

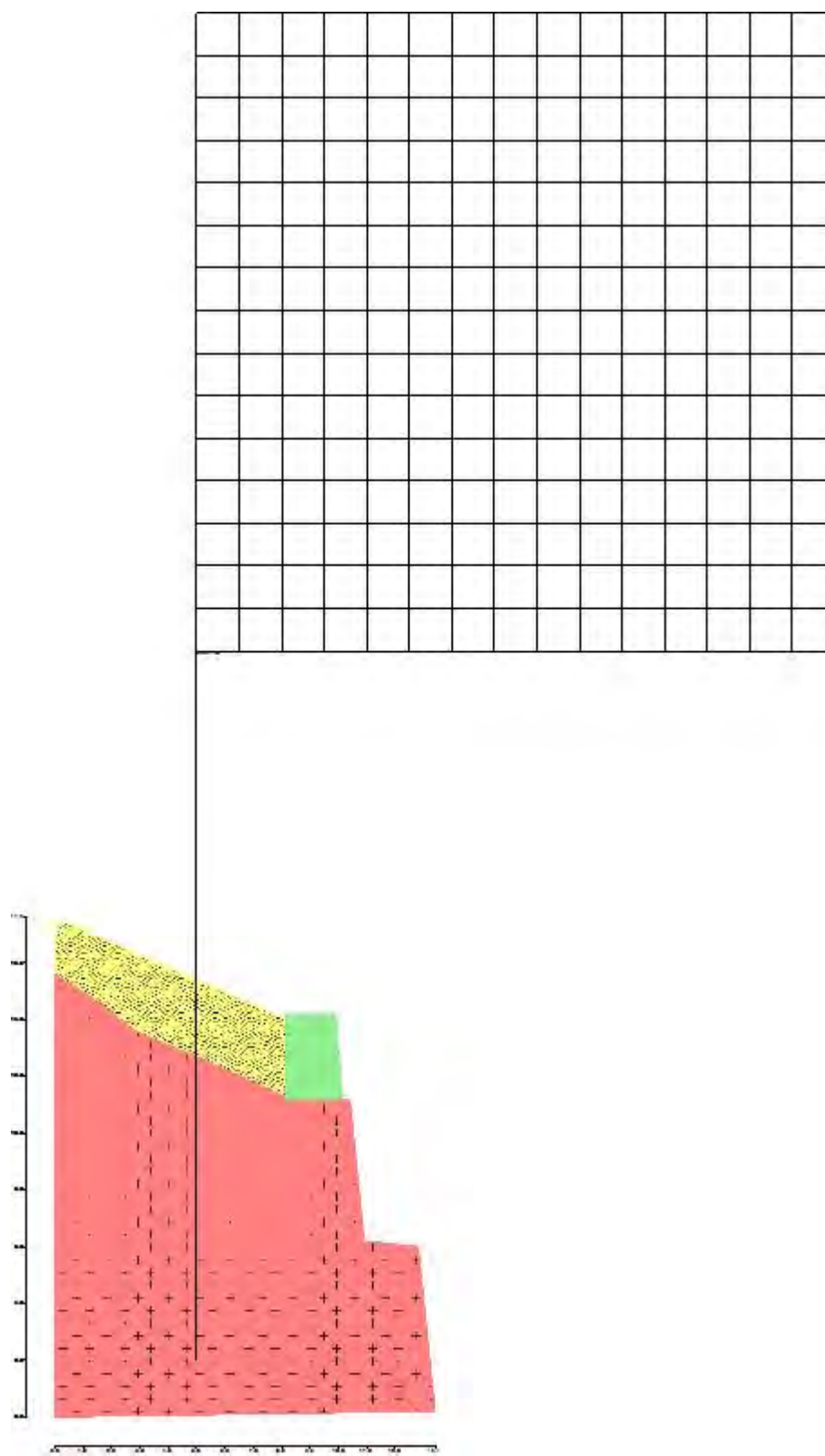


Figura 4.1: Rappresentazione del pendio.

Sono stati definiti 2 strati di cui si riportano le coordinate.

Strato 1

	x [cm]	y [cm]
1	0.02	1760
2	839.74	1391.32
3	1014.74	1116.32
4	839.74	1116.32
5	523.34	1259.95
6	280.52	1359.95
7	159.79	1459.95
8	0.02	1560

Tabella 4.1: Coordinate dello strato n. 1

Tipo di terreno presente nello strato 1: Terreno 2.

Strato 2

	x [cm]	y [cm]
1	0	0
2	0.02	1560
3	159.79	1459.95
4	280.52	1359.95
5	523.34	1259.95
6	839.74	1116.32
7	1014.74	1116.32
8	1039.71	1117
9	1090.19	620
10	1280.57	600
11	1340.69	20

Tabella 4.2: Coordinate dello strato n. 2

Tipo di terreno presente nello strato 2: Terreno 1.

5 Interventi.

5.1 Muri inseriti.

E' stato inserito un muro, le cui caratteristiche sono riportate di seguito.

Muro 1

- Altezza: 300 [cm]
 - Lunghezza base: 200 [cm]
 - Inclinazione a valle: 5[°]
 - Altezza suola: 0 [cm]
 - Lunghezza suola a valle: 0 [cm]
 - Coesione muro-terreno: 0 [daN/cm²]
 - Attrito muro-terreno: 20[°]
 - Peso di volume del muro: 0.025 [daN/cm³]
 - Inclinazione del terreno a monte del muro: 10[°]
- Posizione muro: x = 1014.74 [cm], y = 1116.32 [cm]

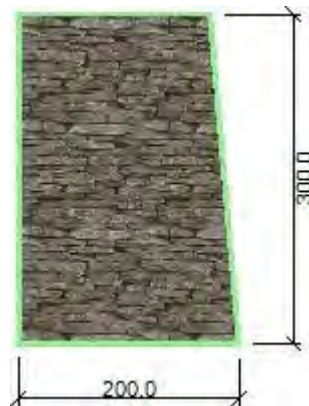


Figura 5.1 Rappresentazione del muro (Muro 1)

6 Normativa di riferimento.

La normativa utilizzata per quanto riguarda il calcolo statico è:

NTC 2018: Le presenti Norme tecniche per le costruzioni definiscono i principi per il progetto, l'esecuzione e il collaudo delle costruzioni, nei riguardi delle prestazioni loro richieste in termini di requisiti essenziali di resistenza meccanica e stabilità, anche in caso di incendio, e di durabilità.

L'approccio progettuale che è stato scelto è l'Approccio 1, la combinazione è la numero 2.

I fattori parziali sono:

- per la coesione: $\gamma_c = 1$

- per la coesione non drenata: $\gamma_{cu} = 1$
- per l'angolo di attrito: $\gamma_{\phi} = 1$
- per il peso di volume: $\gamma_{\gamma} = 1$
- per i carichi permanenti: $\gamma_g = 1$
- per i carichi variabili: $\gamma_q = 1$
- per la resistenza globale a taglio: $\gamma_R = 1.2$
- per gli ancoraggi: $\gamma_a = 1.2$, $\xi_a = 1.8$
- per i pali (trasversale): $\gamma_p = 1.6$, $\xi_p = 1.7$
- per le terre rinforzate (sfilamento): $\gamma_{T,po} = 2.5$
- per le terre rinforzate (scorrimento diretto): $\gamma_{T,ds} = 1.5$
- per le terre rinforzate (resistenza a trazione): $\gamma_{T,rt} = 1.5$
- per le opere di sostegno (scorrimento piano di posa): $\gamma_{R,h} = 1$
- per le opere di sostegno (capacità portante piano di posa): $\gamma_{R,v} = 1.2$
- per le opere di sostegno (ribaltamento): $\gamma_{R,o} = 1$

7 Calcolo sismico.

L'analisi della stabilità del pendio è eseguita in accordo con quanto previsto dalle Nuove Norme Tecniche, ossia si applica un'azione pseudostatica equivalente proporzionale al peso W del volume di terreno parzialmente instabile. Il calcolo è svolto secondo quanto previsto dal paragrafo 7.11.3.5.2 Metodi di analisi.

Il fattore di amplificazione spettrale massima è pari a 2.7432 e l'accelerazione massima orizzontale attesa dal sito è pari a 0.5465 [m/s²].

La categoria di sottosuolo è la categoria A, la categoria topografica è la categoria T4.

Il coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito β_s è ricavato dalla Tabella 7.11.I, e vale 0.20.

Il coefficiente sismico orizzontale ricavato è pari a: 0.016.

8 Generazione superfici di rottura.

Le superfici di rottura generate sono generiche e hanno forma circolare.

La maglia di centri ha origine nel punto C(500 [cm], 2700 [cm]), in direzione orizzontale ha passo pari a 150 [cm], in direzione verticale ha passo pari a 150 [cm].

Il raggio iniziale è pari a 2000 cm, si hanno 102000 [cm], si hanno 10 incrementi di 50 [cm].

Il numero di centri è 256 ed il numero di superfici circolari generate è 34.

Il numero di strisce è stato stabilito a 50.

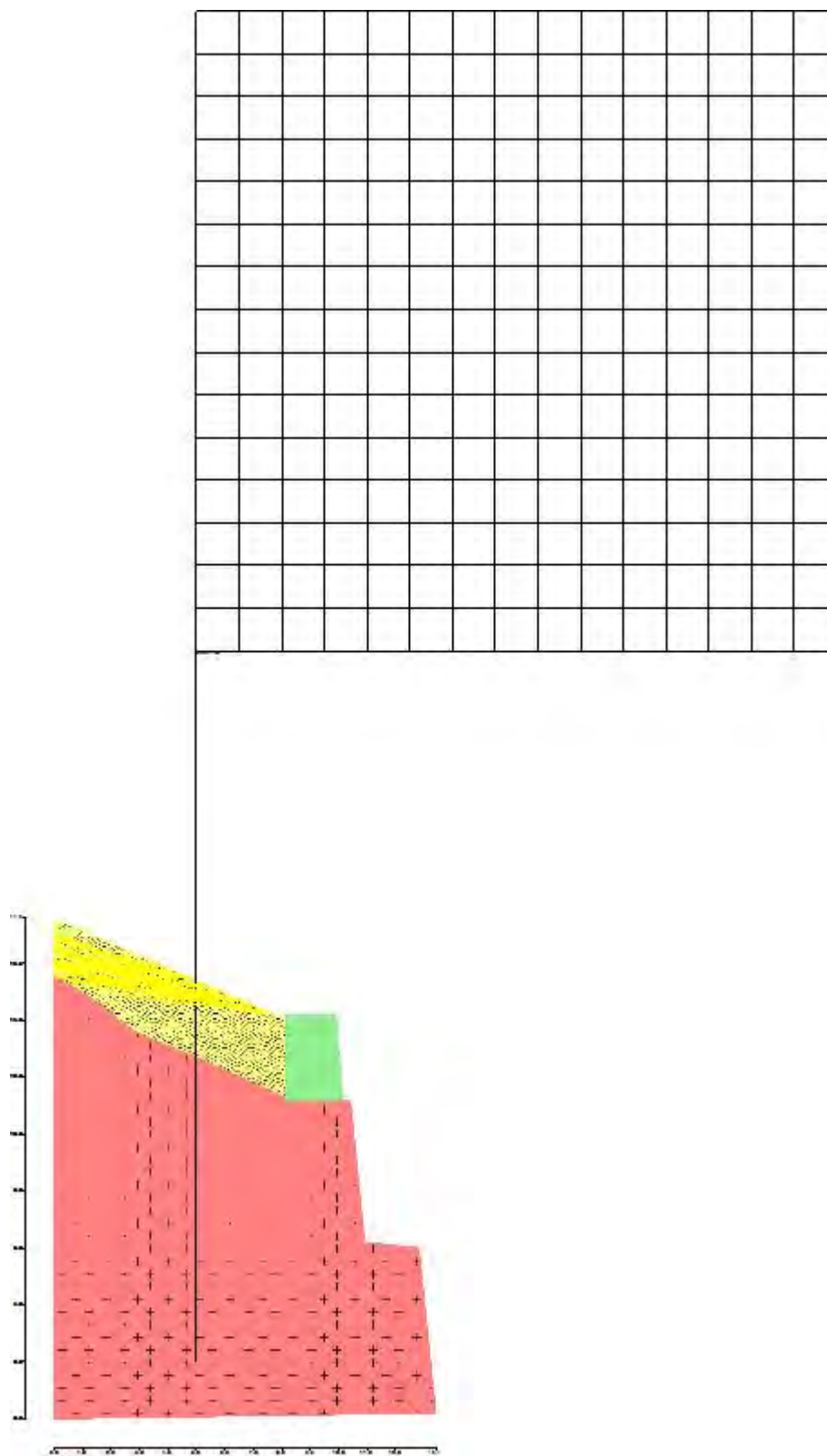


Figura 8.1 Superfici di rottura e maglia centri

La tolleranza è stata fissata a 0.001.

In fase di calcolo sono stati attivati:

- interventi
- sisma

9 Metodi utilizzati nel calcolo.

Metodo di BISHOP (1955)

Il metodo ipotizza superfici di scorrimento circolari e forze di interstriscia verticali nulle. Calcola l'equilibrio alla traslazione verticale della striscia. Non considera l'equilibrio alla traslazione orizzontale, che, quindi, non è soddisfatto. Il calcolo segue una procedura iterativa e tiene conto della falda, dei carichi, degli interventi e del sisma.

Il fattore di sicurezza critico è **1.642 (>1.200)**, si ha in corrispondenza del centro numero 70 e della superficie numero 1. Le coordinate del centro sono: C (1100 [cm] ,3450 [cm]). Il raggio della superficie critica è pari a 2050 [cm].

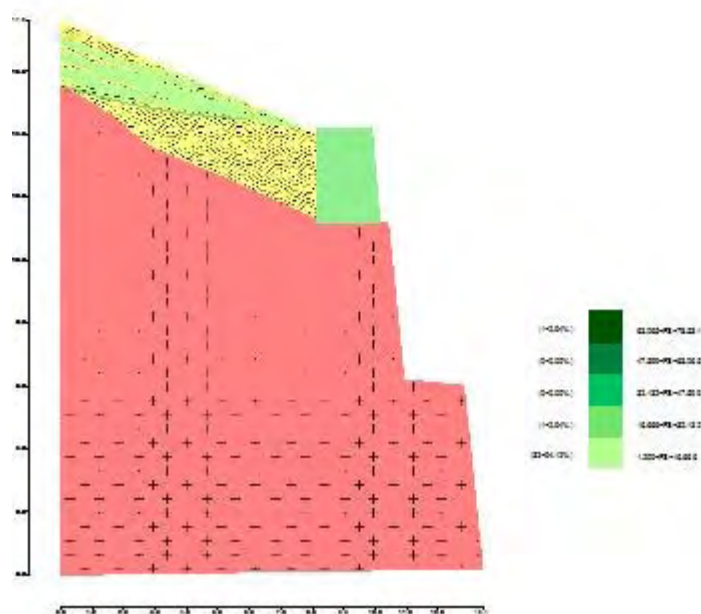
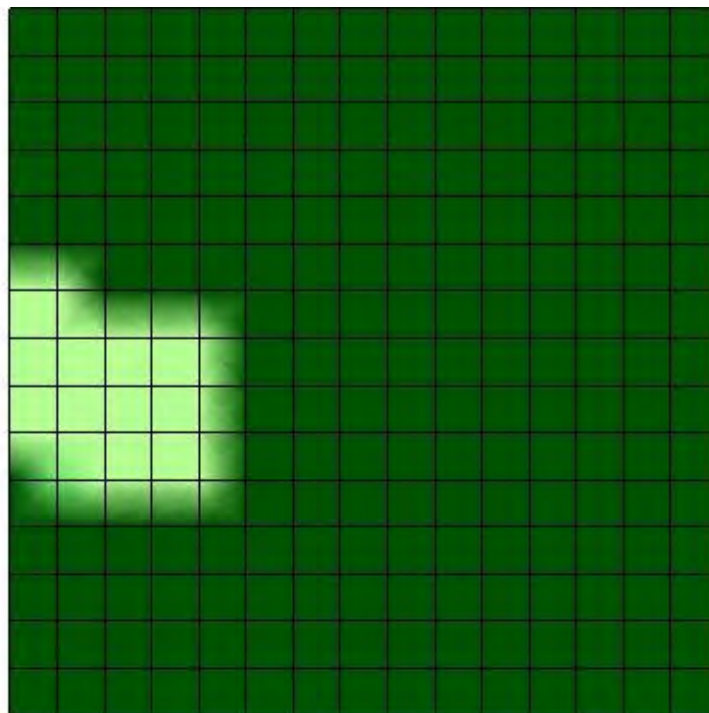


Figura 9.1 Mappa colorata delle superfici di rottura e della maglia centri

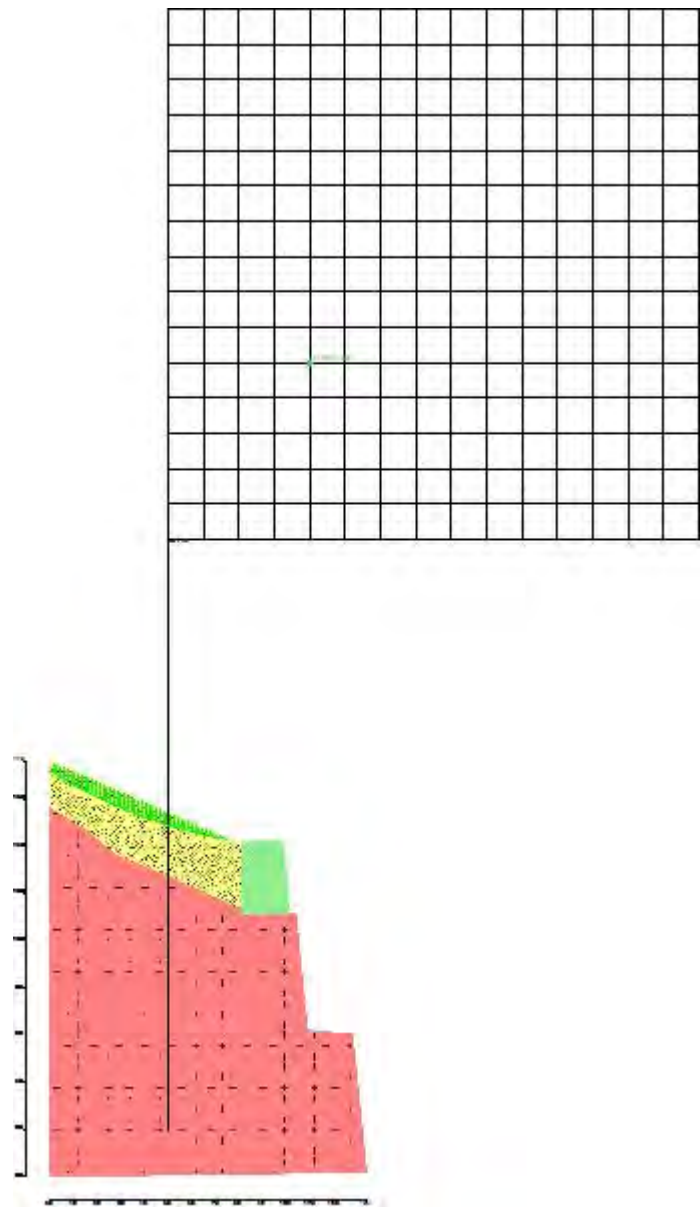


Figura 9.2 Suddivisione in strisce della superficie di rottura critica

	Larg [cm]	Incl [°]	Peso [daN]	N [daN]	T [daN]	Coes [daN/c m ²]	Phi [°]	Es [daN]	Ed [daN]	Xs [daN]	Xd [daN]
1	15.05	32	121.97	112.73	78.94	0	35	0	-30.03	0	0
2	15.05	32	130.18	120.16	84.13	0	35	30.03	-60.6	0	0

3	15.05	31	137.85	127.08	88.98	0	35	60.6	-91.42	0	0
4	15.05	31	145	133.51	93.49	0	35	91.42	-122.24	0	0
5	15.05	30	151.64	139.47	97.66	0	35	122.24	-152.8	0	0
6	15.05	30	157.77	144.97	101.51	0	35	152.8	-182.9	0	0
7	15.05	29	163.41	150	105.03	0	35	182.9	-212.32	0	0
8	15.05	29	168.55	154.59	108.24	0	35	212.32	-240.9	0	0
9	15.05	28	173.22	158.74	111.15	0	35	240.9	-268.45	0	0
10	15.05	28	177.4	162.45	113.75	0	35	268.45	-294.85	0	0
11	15.05	27	181.11	165.74	116.06	0	35	294.85	-319.94	0	0
12	15.05	27	184.36	168.62	118.07	0	35	319.94	-343.62	0	0
13	15.05	26	187.14	171.08	119.79	0	35	343.62	-365.79	0	0
14	15.05	26	189.48	173.14	121.23	0	35	365.79	-386.36	0	0
15	15.05	25	191.36	174.79	122.39	0	35	386.36	-405.26	0	0
16	15.05	25	192.8	176.06	123.28	0	35	405.26	-422.42	0	0
17	15.05	25	193.81	176.93	123.89	0	35	422.42	-437.81	0	0
18	15.05	24	194.38	177.42	124.23	0	35	437.81	-451.38	0	0
19	15.05	24	194.52	177.54	124.31	0	35	451.38	-463.12	0	0
20	15.05	23	194.24	177.27	124.13	0	35	463.12	-473.02	0	0
21	15.05	23	193.54	176.64	123.68	0	35	473.02	-481.07	0	0
22	15.05	22	192.43	175.63	122.98	0	35	481.07	-487.29	0	0
23	15.05	22	190.9	174.27	122.02	0	35	487.29	-491.71	0	0
24	15.05	21	188.96	172.54	120.81	0	35	491.71	-494.36	0	0
25	15.05	21	186.63	170.45	119.35	0	35	494.36	-495.28	0	0
26	15.05	20	183.89	168	117.64	0	35	495.28	-494.52	0	0
27	15.05	20	180.76	165.21	115.68	0	35	494.52	-492.16	0	0
28	15.05	20	177.23	162.06	113.47	0	35	492.16	-488.27	0	0
29	15.05	19	173.31	158.56	111.02	0	35	488.27	-482.92	0	0
30	15.05	19	169.01	154.71	108.33	0	35	482.92	-476.22	0	0
31	15.05	18	164.33	150.52	105.39	0	35	476.22	-468.26	0	0
32	15.05	18	159.26	145.98	102.21	0	35	468.26	-459.15	0	0
33	15.05	17	153.82	141.09	98.79	0	35	459.15	-449.02	0	0

34	15.05	17	148	135.87	95.13	0	35	449.02	-437.98	0	0
35	15.05	16	141.81	130.3	91.23	0	35	437.98	-426.19	0	0
36	15.05	16	135.25	124.38	87.09	0	35	426.19	-413.78	0	0
37	15.05	16	128.32	118.13	82.71	0	35	413.78	-400.91	0	0
38	15.05	15	121.03	111.53	78.1	0	35	400.91	-387.74	0	0
39	15.05	15	113.38	104.59	73.24	0	35	387.74	-374.44	0	0
40	15.05	14	105.37	97.31	68.14	0	35	374.44	-361.18	0	0
41	15.05	14	96.99	89.69	62.8	0	35	361.18	-348.16	0	0
42	15.05	13	88.27	81.72	57.22	0	35	348.16	-335.56	0	0
43	15.05	13	79.18	73.41	51.4	0	35	335.56	-323.6	0	0
44	15.05	13	69.75	64.75	45.34	0	35	323.6	-312.47	0	0
45	15.05	12	59.96	55.75	39.03	0	35	312.47	-302.4	0	0
46	15.05	12	49.83	46.39	32.49	0	35	302.4	-293.62	0	0
47	15.05	11	39.35	36.69	25.69	0	35	293.62	-286.36	0	0
48	15.05	11	28.52	26.64	18.65	0	35	286.36	-280.86	0	0
49	15.05	10	17.35	16.24	11.37	0	35	280.86	-277.36	0	0
50	15.05	10	5.84	5.47	3.83	0	35	277.36	-276.14	0	0

Tabella 9.1: Caratteristiche geometriche e tensionali delle strisce.

N. centro	N. Superficie	x centro [cm]	y centro [cm]	Raggio [cm]	Fs
7	1	500	3600	2050	3.904
7	2	500	3600	2100	4.502
8	1	500	3750	2200	4.160
8	2	500	3750	2250	78.531
9	1	500	3900	2350	4.414
10	1	500	4050	2500	4.664
22	1	650	3450	2000	25.231
23	1	650	3600	2050	2.692
23	2	650	3600	2100	3.061
24	1	650	3750	2200	2.883
24	2	650	3750	2250	3.263

25	1	650	3900	2350	3.073
25	2	650	3900	2400	3.462
26	1	650	4050	2500	3.260
38	1	800	3450	2000	2.371
39	1	800	3600	2100	2.254
39	2	800	3600	2150	2.536
40	1	800	3750	2200	2.120
40	2	800	3750	2250	2.413
40	3	800	3750	2300	2.701
41	1	800	3900	2350	2.277
41	2	800	3900	2400	2.571
41	3	800	3900	2450	2.865
54	1	950	3450	2000	1.822
55	1	950	3600	2150	1.953
56	1	950	3750	2250	1.841
56	2	950	3750	2300	2.086
57	1	950	3900	2400	1.976
57	2	950	3900	2450	2.220
70	1	1100	3450	2050	1.642
71	1	1100	3600	2200	1.742
72	1	1100	3750	2350	1.851
73	1	1100	3900	2450	1.755
73	2	1100	3900	2500	1.965

Tabella 9.2: Fattori di sicurezza calcolati per ogni superficie.

**ALLEGATO 3: RELAZIONE DI CALCOLO STABILITÀ VERSANTE
MONTANO SUD EST – SEZIONE HH**



Relazione di Calcolo



CDM DOLMEN

CALCOLO STRUTTURALE E GEOTECNICO

11:43:36 venerdì 4 luglio 2025

	Impresa:	
	Committente: Tiboldo Graniti S.r.l.	
	Località: Case Bisdonio	Posizione pendio: S-SE
	Progetto: Rinnovo e ampliamento	Progettista: Geostudio
		

1 Dati generali del pendio.

Il presente elaborato è stato redatto dal Geostudio Studio Tecnico Associato per conto della Ditta Tiboldo Graniti S.r.l., a supporto del progetto di rinnovo e ampliamento della cava di pietre ornamentali sita in località Case Bisdonio nei Comuni di Alpette e Pont Canavese. Di seguito si riporta la verifica di stabilità del pendio montano a sud dell'area di cava, in corrispondenza della sezione HH.

2 Cenni teorici sul metodo all'equilibrio limite.

All'interno di un pendio molto esteso e sottoposto a deformazione piana si isola un volume mediante una superficie cilindrica. Il terreno è in equilibrio limite quando viene soddisfatta la condizione di rottura, che nell'ipotesi del criterio di Mohr-Coulomb è funzione della coesione, dell'angolo di resistenza al taglio e della pressione interstiziale. Se lungo la superficie la tensione tangenziale applicata, detta resistenza mobilitata, è minore della resistenza a rottura disponibile, si può determinare una condizione di equilibrio limite tramite un coefficiente di sicurezza, che rappresenta il fattore per cui dividere i parametri di resistenza del terreno ed avere la rottura del pendio lungo la superficie considerata. Questo valore è assunto per determinare la sicurezza del pendio nei confronti della rottura per taglio e viene assunto costante lungo tutta la superficie, in modo che in ogni punto di essa venga mobilitata la stessa aliquota di resistenza al taglio. Si ricava che il fattore di sicurezza è dato dal rapporto tra la resistenza disponibile e quella mobilitata. Per determinare tale valore si utilizzano le equazioni dell'equilibrio dei corpi rigidi ossia le equazioni di equilibrio alla traslazione orizzontale e verticale ed alla rotazione rispetto ad un punto del piano delle forze. Nel pendio viene definito un numero elevato di superfici, ad ognuna di queste è possibile associare un fattore di sicurezza. Il fattore di sicurezza minore definisce la cosiddetta superficie critica e viene assunto come rappresentativo delle condizioni di stabilità del pendio.

Nell'ambito della teoria dell'equilibrio limite sono stati sviluppati numerosi metodi per il calcolo del fattore di sicurezza. Fra questi vi sono i cosiddetti metodi delle strisce, che prevedono di suddividere il volume di terreno considerato in blocchi di spessore finito, ma piccolo, di cui è possibile scrivere le equazioni di equilibrio. E' possibile considerare, con questi metodi, pendii di forma complessa costituiti da terreni aventi caratteristiche fisiche e meccaniche diverse. Per mantenere le strisce in condizione di equilibrio bisogna applicare sui lati e sulla base le risultanti degli sforzi efficaci e delle pressioni interstiziali, che si trasmettono mutuamente tra i blocchi. Per il volume suddiviso in n strisce si ha che il problema è $n-2$ volte iperstatico e le incognite sono le forze di interazione tra le strisce, i bracci e le forze normali alla base. Complessivamente si hanno $4n-2$ incognite. Avendo a disposizione $3n$ equazioni di equilibrio, ossia 3 per ciascuna striscia, il problema risulta affetto da un alto grado di indeterminatezza. I metodi di calcolo vengono suddivisi in due grandi gruppi: i metodi "semplificati" ed i metodi "rigorosi". Nei primi si adottano semplificazioni che trascurano alcune forze che agiscono sulle strisce o fissano la loro direzione ed il loro punto di applicazione. Nei secondi si ricercano le $n-2$ equazioni mancanti, rispettando così l'equilibrio globale delle strisce.

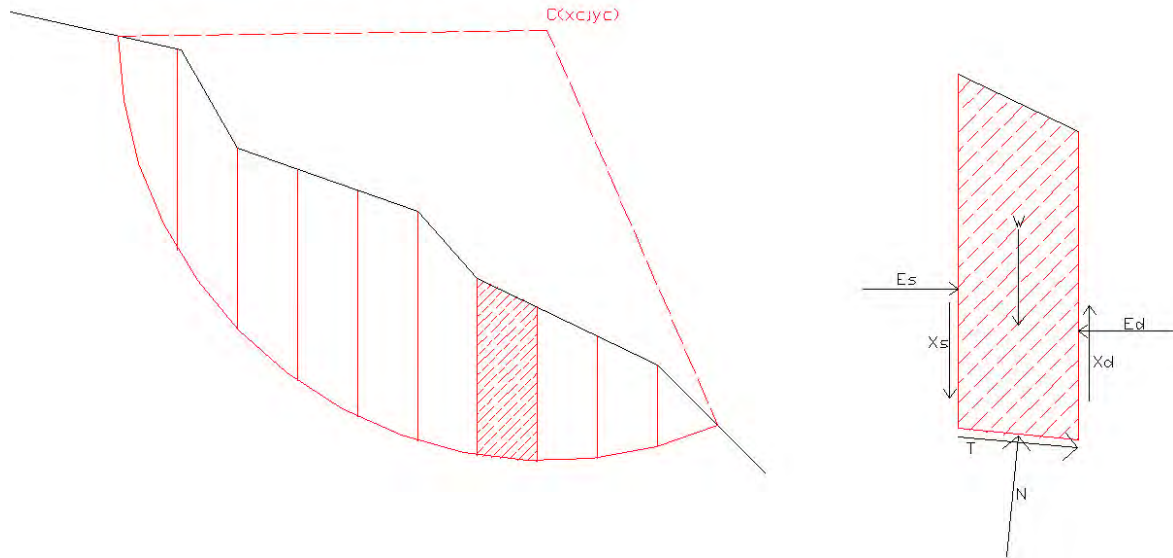


Figura 1.1: Rappresentazione della superficie di rottura circolare e suddivisione in strisce.

3 Caratteristiche terreni.

Terreno 1 (gneiss cloritico)

Coesione: 147.1 [daN/cm²]

Angolo di resistenza al taglio: 35 [°]

Peso secco: 0.0027 [daN/cm³]

Peso saturo: 0.0027 [daN/cm³]

Terreno 2 (copertura detritico-colluviale)

Coesione: 0 [daN/cm²]

Angolo di resistenza al taglio: 35 [°]

Peso secco: 0.00196 [daN/cm³]

Peso saturo: 0.00196 [daN/cm³]

4 Stratigrafia.

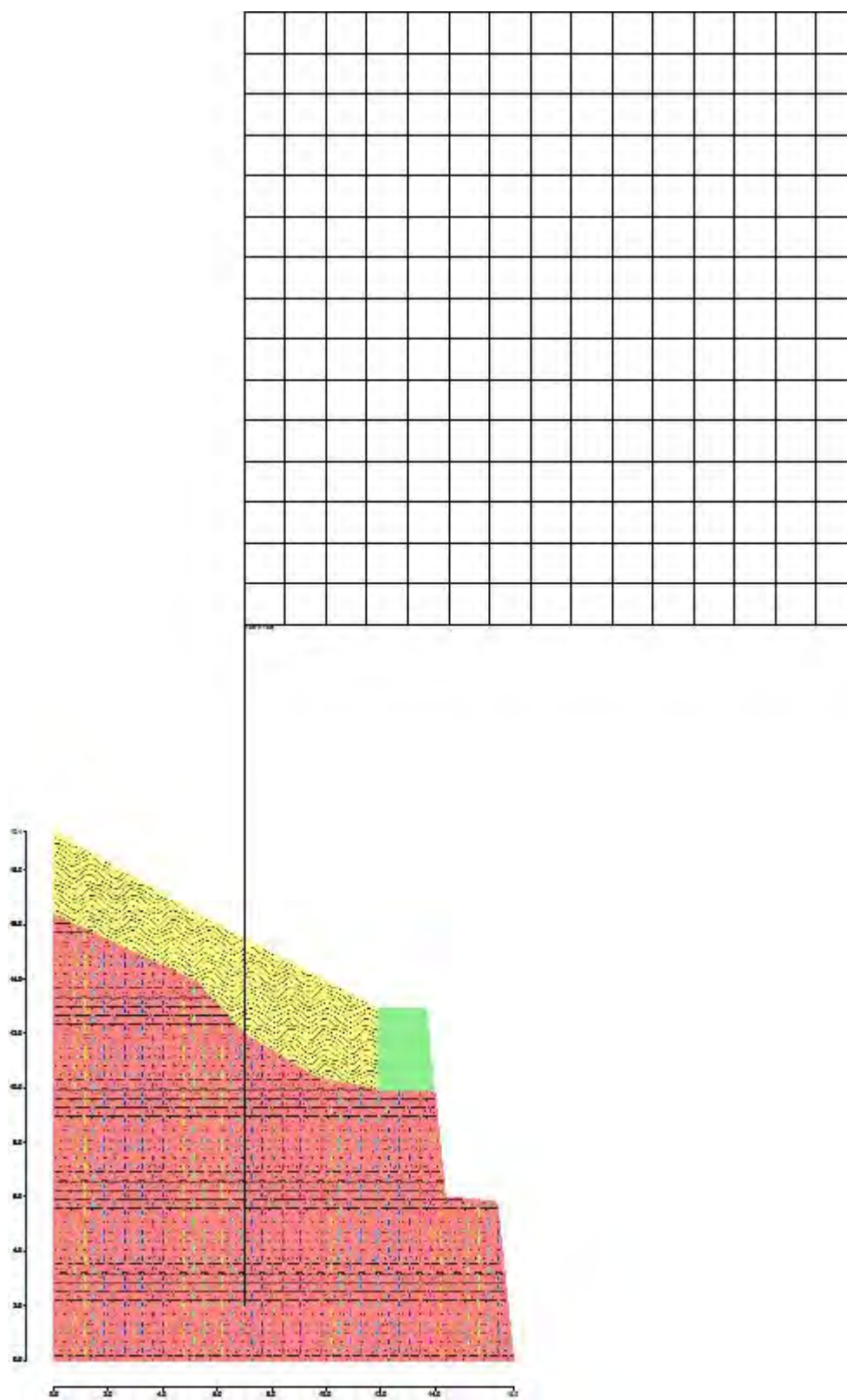


Figura 4.1: Rappresentazione del pendio.

Sono stati definiti 2 strati di cui si riportano le coordinate.

Strato 1

	x [cm]	y [cm]
1	0	1940
2	523.99	1640
3	1193.88	1290
4	1398.03	990
5	1193.88	990
6	959.59	1040
7	712.59	1190
8	523.99	1390
9	0	1635.59

Tabella 4.1: Coordinate dello strato n. 1

Tipo di terreno presente nello strato 1: Terreno 2.

Strato 2

	x [cm]	y [cm]
1	0	1635.59
2	523.99	1390
3	712.59	1190
4	959.59	1040
5	1193.88	990
6	1375.57	990
7	1398.03	990
8	1438.04	600
9	1628.07	580
10	1688.08	0
11	0	0

Tabella 4.2: Coordinate dello strato n. 2

Tipo di terreno presente nello strato 2: Terreno 1.

5 Interventi.

5.1 Muri inseriti.

E' stato inserito un muro, le cui caratteristiche sono riportate di seguito.

Muro 1

- Altezza: 300 [cm]
 - Lunghezza base: 200 [cm]
 - Inclinazione a valle: 5[°]
 - Altezza suola: 0 [cm]
 - Lunghezza suola a valle: 0 [cm]
 - Coesione muro-terreno: 0 [daN/cm²]
 - Attrito muro-terreno: 20[°]
 - Peso di volume del muro: 0.025 [daN/cm³]
 - Inclinazione del terreno a monte del muro: 10[°]
- Posizione muro: x = 1393.88 [cm], y = 990 [cm]

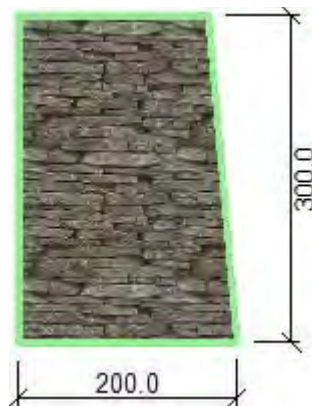


Figura 5.1 Rappresentazione del muro (Muro 1)

6 Normativa di riferimento.

La normativa utilizzata per quanto riguarda il calcolo statico è:

NTC 2018: Le presenti Norme tecniche per le costruzioni definiscono i principi per il progetto, l'esecuzione e il collaudo delle costruzioni, nei riguardi delle prestazioni loro richieste in termini di requisiti essenziali di resistenza meccanica e stabilità, anche in caso di incendio, e di durabilità.

L'approccio progettuale che è stato scelto è l'Approccio 1, la combinazione è la numero 2.

I fattori parziali sono:

- per la coesione: $\gamma_c = 1$
- per la coesione non drenata: $\gamma_{cu} = 1$
- per l'angolo di attrito: $\gamma_\phi = 1$
- per il peso di volume: $\gamma_\gamma = 1$
- per i carichi permanenti: $\gamma_g = 1$
- per i carichi variabili: $\gamma_q = 1$
- per la resistenza globale a taglio: $\gamma_R = 1.2$
- per gli ancoraggi: $\gamma_a = 1.2$, $\xi_a = 1.8$
- per i pali (trasversale): $\gamma_p = 1.6$, $\xi_p = 1.7$
- per le terre rinforzate (sfilamento): $\gamma_{T,po} = 2.5$
- per le terre rinforzate (scorrimento diretto): $\gamma_{T,ds} = 1.5$
- per le terre rinforzate (resistenza a trazione): $\gamma_{T,rt} = 1.5$
- per le opere di sostegno (scorrimento piano di posa): $\gamma_{R,h} = 1$
- per le opere di sostegno (capacità portante piano di posa): $\gamma_{R,v} = 1.2$
- per le opere di sostegno (ribaltamento): $\gamma_{R,o} = 1$

7 Calcolo sismico.

L'analisi della stabilità del pendio è eseguita in accordo con quanto previsto dalle Nuove Norme Tecniche, ossia si applica un'azione pseudostatica equivalente proporzionale al peso W del volume di terreno parzialmente instabile. Il calcolo è svolto secondo quanto previsto dal paragrafo 7.11.3.5.2 Metodi di analisi.

Il fattore di amplificazione spettrale massima è pari a 2.7432 e l'accelerazione massima orizzontale attesa dal sito è pari a 0.5465 [m/s²].

La categoria di sottosuolo è la categoria A, la categoria topografica è la categoria T4.

Il coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito β_s è ricavato dalla Tabella 7.11.I, e vale 0.20.

Il coefficiente sismico orizzontale ricavato è pari a: 0.016.

8 Generazione superfici di rottura.

Le superfici di rottura generate sono generiche e hanno forma circolare.

La maglia di centri ha origine nel punto C(700 [cm], 2700 [cm]), in direzione orizzontale ha passo pari a 150 [cm], in direzione verticale ha passo pari a 150 [cm].

Il raggio iniziale è pari a 2000 cm, si hanno 102000 [cm], si hanno 10 incrementi di 50 [cm].

Il numero di centri è 256 ed il numero di superfici circolari generate è 5.

Il numero di strisce è stato stabilito a 50.

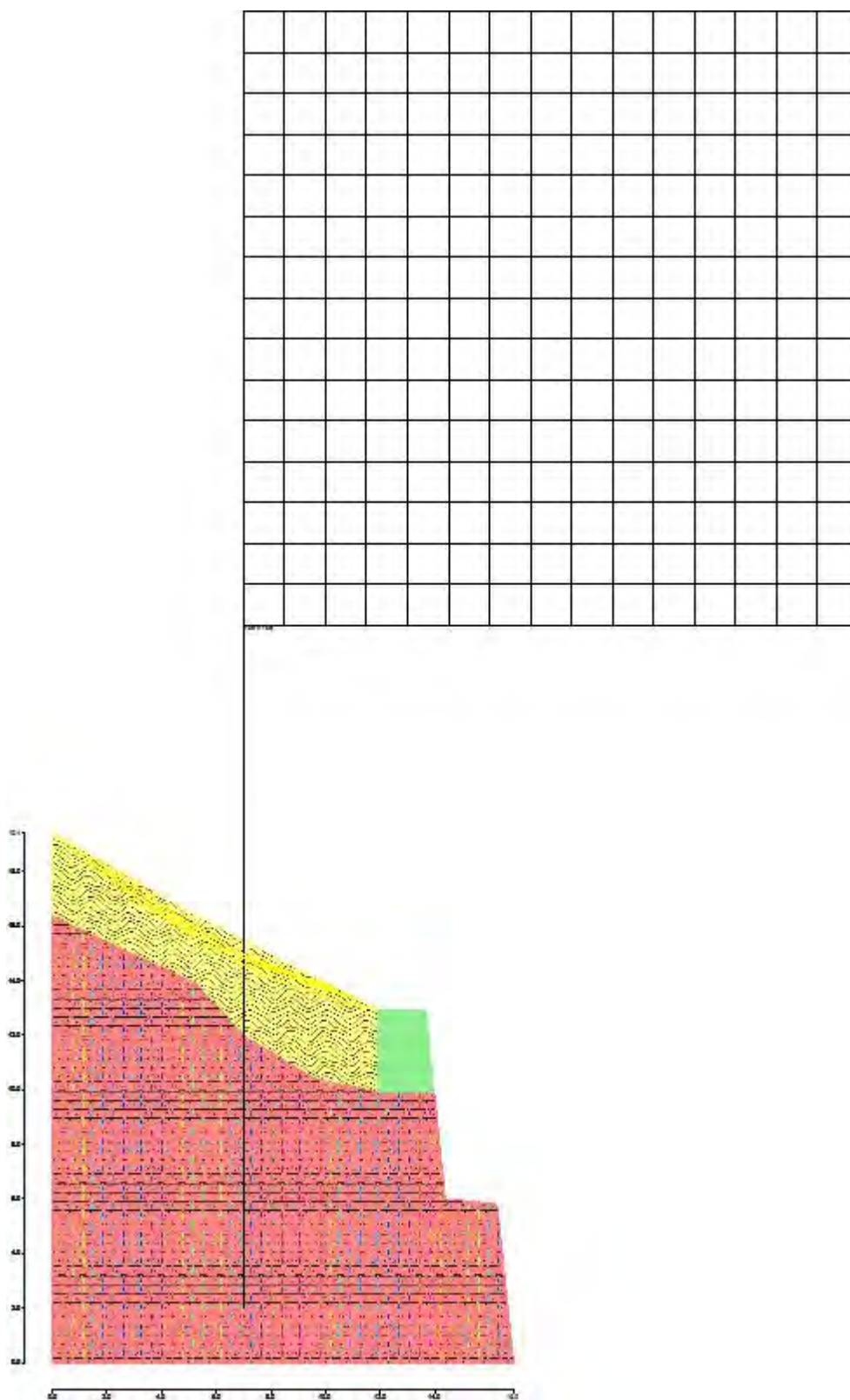


Figura 8.1 Superfici di rottura e maglia centri

La tolleranza è stata fissata a 0.001.

In fase di calcolo sono stati attivati:

- interventi
- sisma

9 Metodi utilizzati nel calcolo.

Metodo di BISHOP (1955)

Il metodo ipotizza superfici di scorrimento circolari e forze di interstriscia verticali nulle. Calcola l'equilibrio alla traslazione verticale della striscia. Non considera l'equilibrio alla traslazione orizzontale, che, quindi, non è soddisfatto. Il calcolo segue una procedura iterativa e tiene conto della falda, dei carichi, degli interventi e del sisma.

Il fattore di sicurezza critico è **1.274 (>1.200)**, si ha in corrispondenza del centro numero 103 e della superficie numero 1. Le coordinate del centro sono: C (1600 [cm] ,3600 [cm]). Il raggio della superficie critica è pari a 2300 [cm].

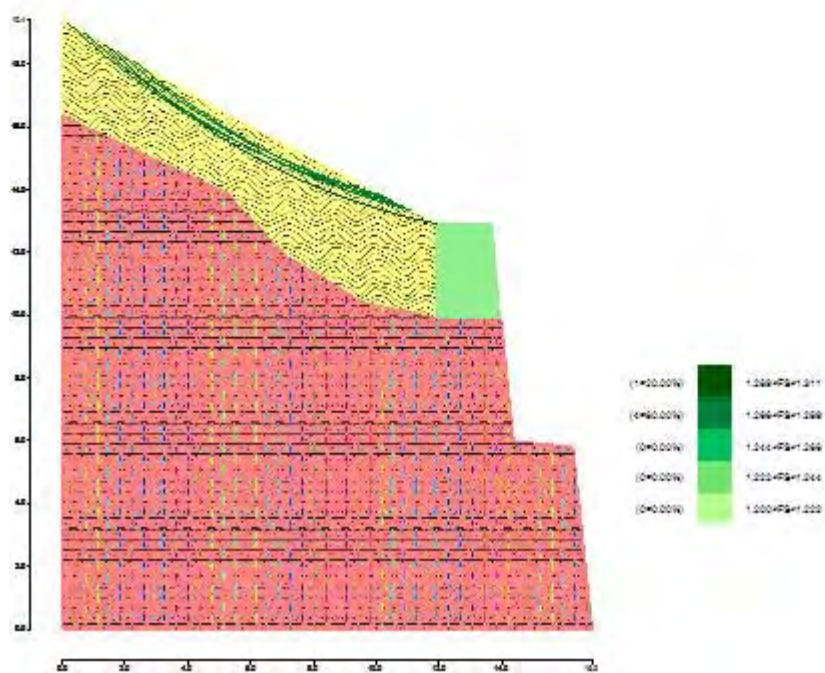
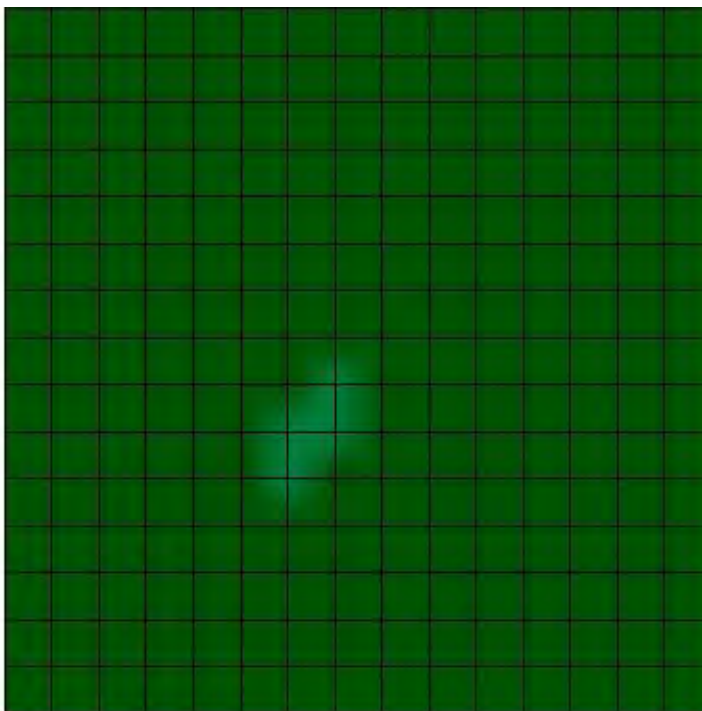


Figura 9.1 Mappa colorata delle superfici di rottura e della maglia centri

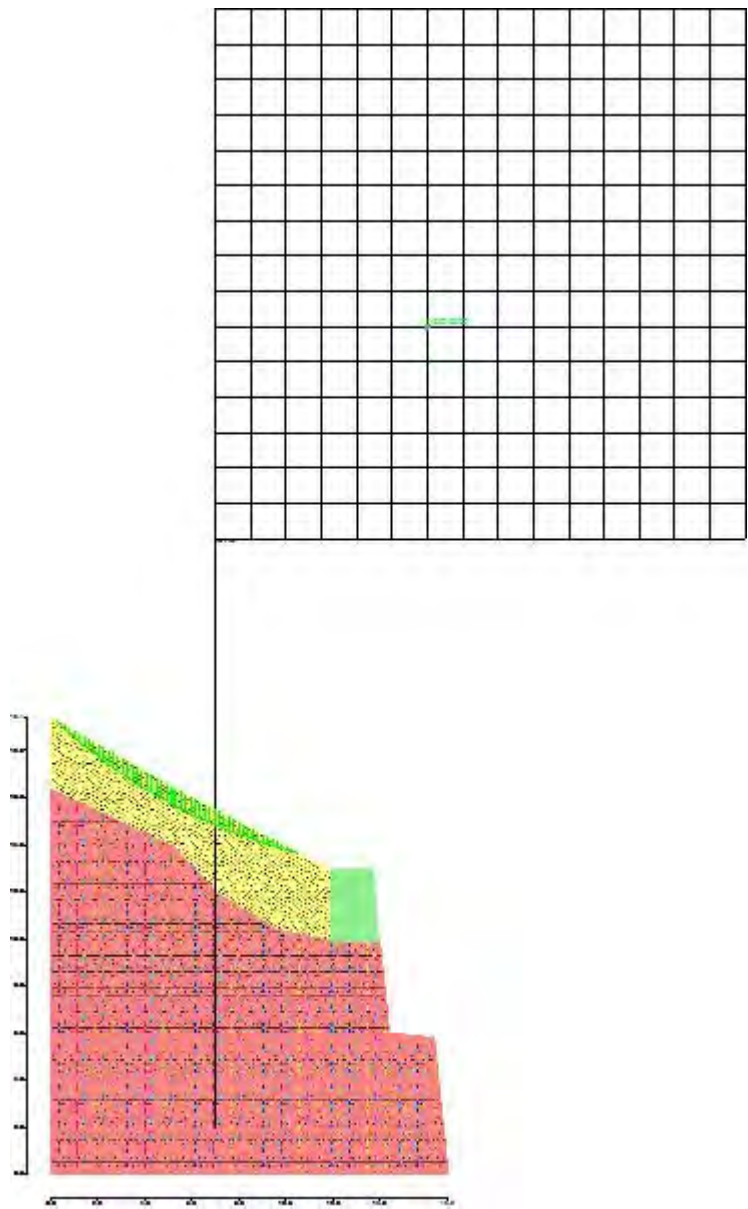


Figura 9.2 Suddivisione in strisce della superficie di rottura critica

	Larg [cm]	Incl [°]	Peso [daN]	N [daN]	T [daN]	Coes [daN/c m ²]	Phi [°]	Es [daN]	Ed [daN]	Xs [daN]	Xd [daN]
1	20.48	43	14.86	13.33	9.34	0	35	0	-6.67	0	0
2	20.48	42	43.66	39.05	27.34	0	35	6.67	-25.37	0	0

3	20.48	42	70.65	63.01	44.12	0	35	25.37	-54.19	0	0
4	20.48	41	95.88	85.28	59.72	0	35	54.19	-91.43	0	0
5	20.48	40	119.4	105.95	74.18	0	35	91.43	-135.53	0	0
6	20.48	40	141.27	125.06	87.57	0	35	135.53	-185.1	0	0
7	20.48	39	161.54	142.7	99.92	0	35	185.1	-238.86	0	0
8	20.48	38	180.24	158.91	111.27	0	35	238.86	-295.68	0	0
9	20.48	38	197.43	173.74	121.65	0	35	295.68	-354.52	0	0
10	20.48	37	213.14	187.25	131.11	0	35	354.52	-414.47	0	0
11	20.48	36	227.4	199.47	139.67	0	35	414.47	-474.69	0	0
12	20.48	36	240.26	210.46	147.36	0	35	474.69	-534.47	0	0
13	20.48	35	251.75	220.24	154.21	0	35	534.47	-593.14	0	0
14	20.48	35	261.9	228.85	160.24	0	35	593.14	-650.14	0	0
15	20.48	34	270.73	236.33	165.48	0	35	650.14	-704.96	0	0
16	20.48	33	278.29	242.71	169.95	0	35	704.96	-757.17	0	0
17	20.48	33	284.59	248.01	173.66	0	35	757.17	-806.41	0	0
18	20.48	32	289.65	252.26	176.63	0	35	806.41	-852.37	0	0
19	20.48	31	293.52	255.49	178.89	0	35	852.37	-894.8	0	0
20	20.48	31	296.2	257.71	180.45	0	35	894.8	-933.5	0	0
21	20.48	30	297.72	258.95	181.32	0	35	933.5	-968.32	0	0
22	20.48	30	298.11	259.23	181.51	0	35	968.32	-999.16	0	0
23	20.48	29	297.37	258.56	181.05	0	35	999.16	-1025.96	0	0
24	20.48	29	295.54	256.97	179.93	0	35	1025.96	-1048.71	0	0
25	12.24	28	175.37	152.49	106.78	0	35	1048.71	-1060.4	0	0
26	8.24	28	117.65	102.31	71.64	0	35	1060.4	-1067.48	0	0
27	20.48	27	292.36	254.28	178.05	0	35	1067.48	-1082.45	0	0
28	20.48	27	291.46	253.57	177.55	0	35	1082.45	-1093.68	0	0
29	20.48	26	289.52	251.98	176.44	0	35	1093.68	-1101.21	0	0
30	20.48	26	286.57	249.54	174.73	0	35	1101.21	-1105.12	0	0
31	20.48	25	282.62	246.24	172.42	0	35	1105.12	-1105.51	0	0
32	20.48	25	277.67	242.1	169.52	0	35	1105.51	-1102.51	0	0
33	20.48	24	271.76	237.13	166.04	0	35	1102.51	-1096.31	0	0

34	20.48	23	264.89	231.33	161.98	0	35	1096.31	-1087.11	0	0
35	20.48	23	257.06	224.71	157.35	0	35	1087.11	-1075.14	0	0
36	20.48	22	248.3	217.28	152.14	0	35	1075.14	-1060.66	0	0
37	20.48	22	238.61	209.04	146.37	0	35	1060.66	-1043.97	0	0
38	20.48	21	228.01	200	140.04	0	35	1043.97	-1025.39	0	0
39	20.48	21	216.51	190.16	133.15	0	35	1025.39	-1005.25	0	0
40	20.48	20	204.1	179.52	125.7	0	35	1005.25	-983.95	0	0
41	20.48	20	190.82	168.08	117.69	0	35	983.95	-961.86	0	0
42	20.48	19	176.65	155.85	109.13	0	35	961.86	-939.42	0	0
43	20.48	18	161.62	142.83	100.01	0	35	939.42	-917.08	0	0
44	20.48	18	145.73	129.01	90.33	0	35	917.08	-895.31	0	0
45	20.48	17	128.99	114.4	80.1	0	35	895.31	-874.6	0	0
46	20.48	17	111.4	98.99	69.31	0	35	874.6	-855.49	0	0
47	20.48	16	92.98	82.79	57.97	0	35	855.49	-838.51	0	0
48	20.48	16	73.73	65.78	46.06	0	35	838.51	-824.24	0	0
49	20.48	15	53.65	47.97	33.59	0	35	824.24	-813.26	0	0
50	20.48	15	32.76	29.36	20.56	0	35	813.26	-806.2	0	0
51	20.48	14	11.05	9.93	6.95	0	35	806.2	-803.7	0	0

Tabella 9.1: Caratteristiche geometriche e tensionali delle strisce.

N. centro	N. Superficie	x centro [cm]	y centro [cm]	Raggio [cm]	Fs
101	1	1600	3300	2050	1.311
102	1	1600	3450	2150	1.280
103	1	1600	3600	2300	1.274
119	1	1750	3600	2350	1.286
120	1	1750	3750	2500	1.279

Tabella 9.2: Fattori di sicurezza calcolati per ogni superficie.

**ALLEGATO 4: RELAZIONE DI CALCOLO STABILITÀ SCOGLIERA
IN PROGETTO**

Relazione di Calcolo



CDM DOLMEN
CALCOLO STRUTTURALE E GEOTECNICO

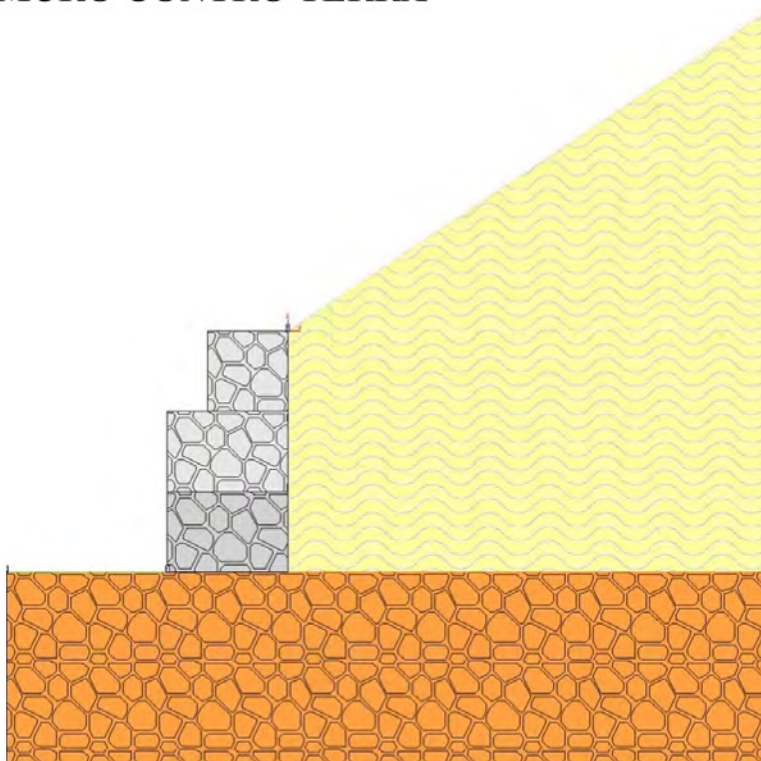
16:26:01 lunedì 7 luglio 2025



Descrizione : descrizione progetto
Committente : committente
Località : localita'
Progettista : progettista
Diretti Lavori : direttore lavori
Impresa : impresa



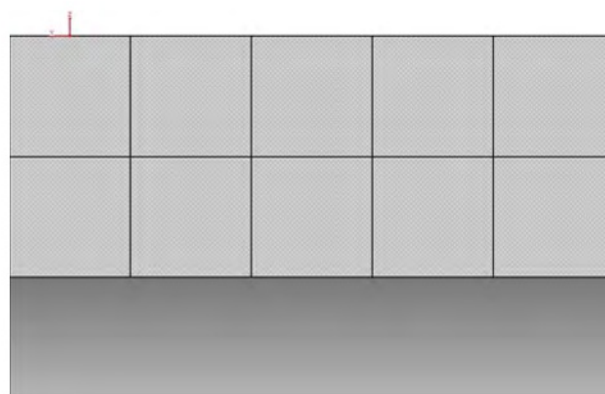
VERIFICA MURO CONTRO TERRA



pianta



prospetto



Riassunto verifiche

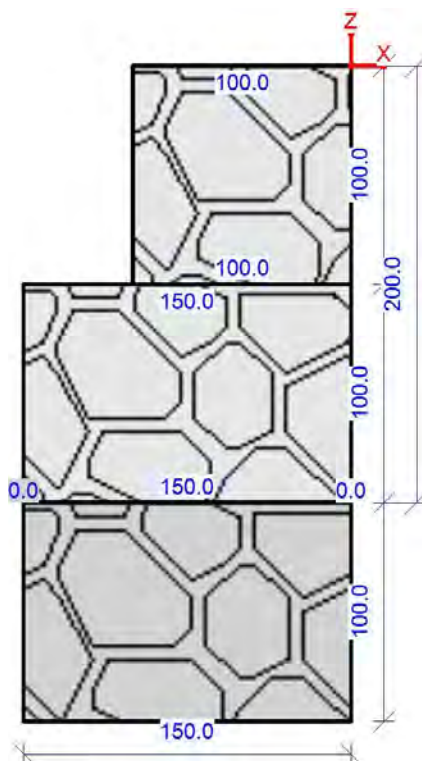
Di seguito viene riportata la tabella riassuntiva con i fattori di sicurezza minimi (= rapporto R_d/E_d o C_d/E_d) calcolati per tutte le verifiche.

La verifica si intende superata se il valore del rapporto è maggiore o uguale a 1.0.

Le caselle con i trattini indicano che la verifica corrispondente non va svolta per il relativo Caso di Carico.

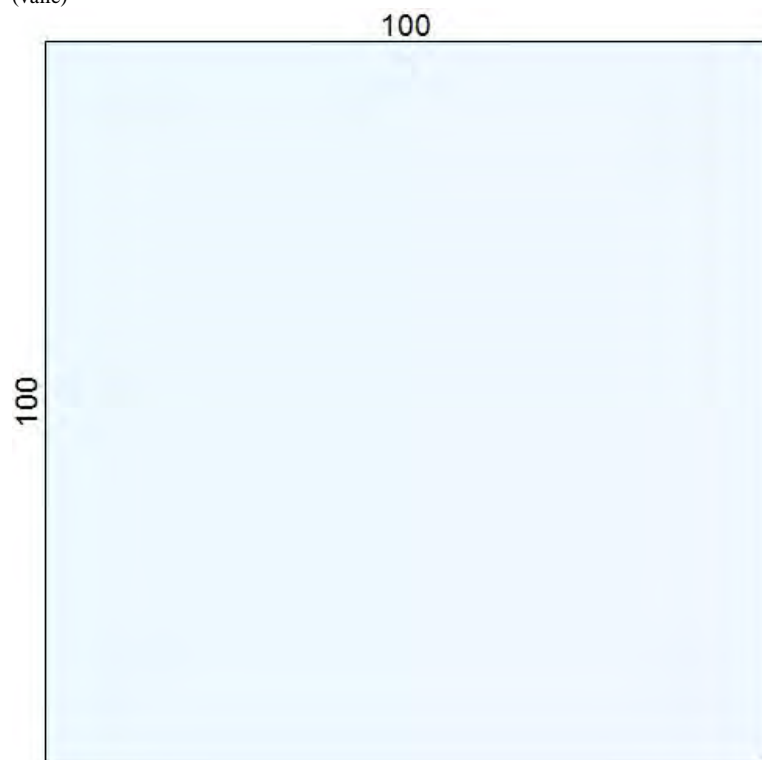
caso di carico	capacità portante	scorrimento	ribaltamento	stabilità globale	FS strutturale Fusto(pressoflessione)	FS strutturale Fusto(taglio)
1 - STR(SLU)	100	100	Stabile 1.91 (s.max.=0.82 [cm])	---	100	1.02
2 - SLV_SISMA_SU(SLV)	100	100	Stabile 1.77 (s.max.=0.92 [cm])	---	100	1.01
3 - SLV_SISMA_GIU(SLV)	100	100	Stabile 1.76 (s.max.=0.95 [cm])	---	100	1.01
4 - SLD_SISMA_SU(SLD)	100	100	---	---	---	---
5 - SLD_SISMA_GIU(SLD)	100	100	---	---	---	---

Muro Verificato! [Verifiche Superate]

MURO E FONDAZIONE

Sezione 1:

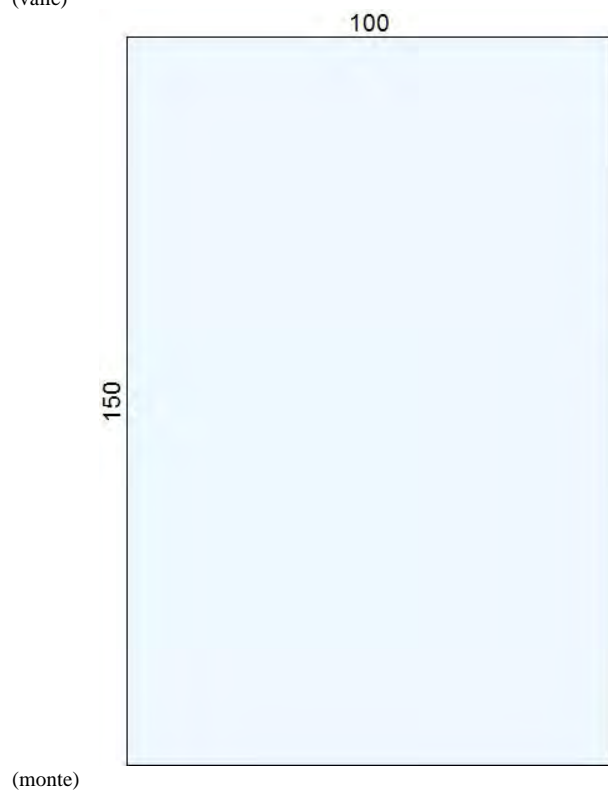
(valle)



Sezione n. 1:
Area [cm²]: 10 000.0
Jz,g [cm⁴]: 8 333 333
Jy,g [cm⁴]: 8 333 333
Zg [cm]: 0.0
Yg [cm]: 50.0

Sezione 1:

(valle)



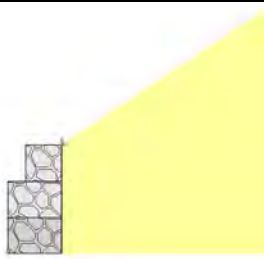


Sezione n. 3:
Area [cm²]: 15 000.0
Jz,g [cm⁴]: 28 125 000
Jy,g [cm⁴]: 12 500 000
Zg [cm]: 0.0
Yg [cm]: 75.0


PROFILI DI MONTE E VALLE

MONTE				VALLE		
punto	x [cm]	z [cm]		punto	x [cm]	z [cm]
1	0	0		1	-150	-300
2	600	400		2	-350	-300

Coordinate vertici profilo di monte e di valle.

STRATI

strato e terreno	dati inseriti	disegno strato	coord. (x;z)
- 1 - Strato 1 (strato 1) Terreno 2 (coesivo) (Sabbia) $c' = 0$ [daN/cm ²] $\gamma = 0.00196$ [daN/cm ³] $\varphi = 35^\circ$ $c_u = 0.01$ [daN/cm ²]	$h = 0$ $i = 0^\circ$		1 (600;-300)[cm] 2 (600;400)[cm] 3 (0;0)[cm] 4 (0;-100)[cm] 5 (0;-200)[cm] 6 (0;-300)[cm]
- 2 - Strato 2 (strato 2) Terreno 1 (roccia) (Gneiss cloritico) $c' = 150$ [daN/cm ²] $\gamma = 0.275$ [daN/cm ³] $\varphi = 35^\circ$ $q_u = 250$ [daN/cm ²]	$h = -300$ $i = 0^\circ$		1 (600;-540)[cm] 2 (600;-300)[cm] 3 (0;-300)[cm] 4 (-150;-300)[cm] 5 (-350;-300)[cm] 6 (-350;-540)[cm]
Riempimento Terreno 1 (roccia) (Gneiss cloritico) $c' = 150$ [daN/cm ²] $\gamma = 0.275$ [daN/cm ³] $\varphi = 35^\circ$ $q_u = 250$ [daN/cm ²]			1 (0 [cm];-200 [cm]) 2 (0 [cm];0 [cm])

Riempimento Terreno 2 (coesivo) (Sabbia) $c' = 0$ [daN/cm ²] $\gamma = 0.00196$ [daN/cm ³] $\phi = 35^\circ$ $c_u = 0.01$ [daN/cm ²]			1 (-150 [cm];-200 [cm]) 1 (-150 [cm];-200 [cm])
--	--	---	--

Stratigrafia.

Normativa, materiali e modello di calcolo

Norme Tecniche per le Costruzioni 17/01/2018

Approccio 2

Coeff. sulle azioni	Coeff. proprietà terreno	Coeff. resistenze
permanenti/favorevole = 1 permanenti/sfavorevole = 1.3 permanenti non strutturali/favorevole = 0.8 permanenti non strutturali/sfavorevole = 1.5 variabili/favorevole = 0 variabili/sfavorevole = 1.5	Coesione = 1 Angolo di attrito = 1 Resistenza al taglio non drenata = 1	Capacità portante = 1.4 Scorrimento = 1.1 Resistenza terreno a valle = 1.4 Ribaltamento = 1.15 Capacità portante (sisma) = 1.2 Scorrimento (sisma) = 1 Resistenza terreno a valle (sisma) = 1.2 Ribaltamento (sisma) = 1

Dati di progetto dell'azione sismica:

L'analisi è stata eseguita in condizioni sismiche; parametri scelti:

- località = lat. 45.41713600, lon. 7.56717200
- vita nominale = 50 anni
- classe d'uso = II
- SLU = SLV
- SLE = SLD
- categoria di sottosuolo = cat A
- categoria topografica = categoria T4
- a_g (SLV) = 0.5465 m/s^2
- F_0 (SLV) = 2.7432
- a_g (SLD) = 0.2829 m/s^2
- F_0 (SLD) = 2.5921
- β_m (SLV) = 0.38
- β_m (SLD) = 0.47
- β_r (SLV) = 0.57
- > k_h (muro,SLV) = 0.0296
- > k_v (muro,SLV) = 0.0148
- > k_h (muro,SLD) = 0.019
- > k_v (muro,SLD) = 0.0095

--> k_h (ribaltamento,SLV) = 0.0445

--> k_v (ribaltamento,SLV) = 0.0222

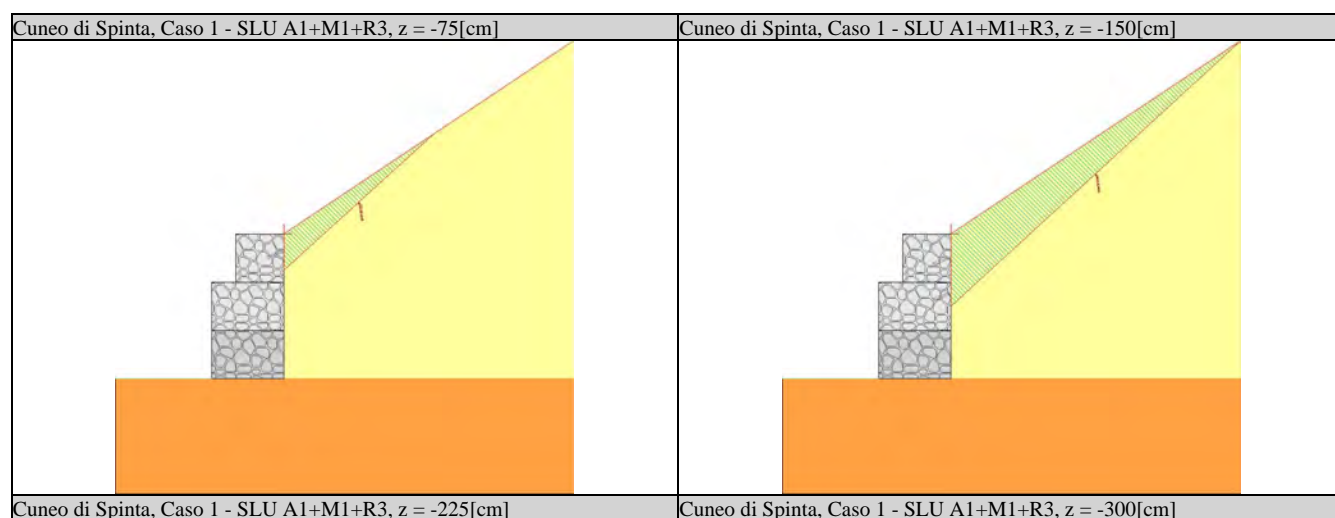
Caratteristiche dei materiali:

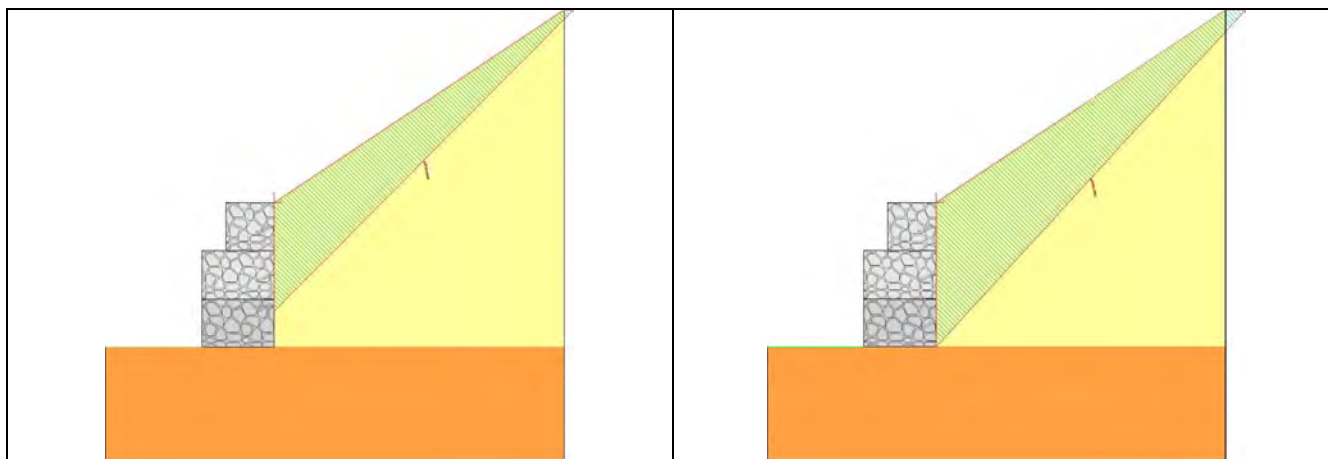
Muratura						
Descrizione	=	Scogliera	in	massi	ciclopici	
f_k	=		500			[daN/cm ²]
$f_{vk0,i}$	=		900			[daN/cm ²]
μ_i			=			0.8
$f_{vk0,e}$	=		0			[daN/cm ²]
μ_e			=			0.83
E	=		800000			[daN/cm ²]
γ_m		(statico)		=		3
γ_m		(sismico)		=		2.4
- γ (p.vol.) = 0.0025 [daN/cm ³]						

Opzioni di calcolo

Spinte calcolate con coefficiente di spinta attiva " k_a " (si considera il muro libero di traslare/ruotare al piede). Il calcolo della spinta è svolto secondo il metodo del cuneo di tentativo generalizzato (Rif.: Renato LANCELOTTO "Geotecnica" (2004) - NAVFAC Design Manual 7.02 (1986)). Il metodo è iterativo e prevede la suddivisione del terreno a monte dell'opera in poligoni semplici definiti dal paramento, dalla successione stratigrafica e dalla superficie di scivolamento di tentativo. La procedura automatica vaglia numerose superfici di scivolamento ad ogni quota di calcolo lungo il paramento, determinando la configurazione che comporta la spinta massima sull'opera.

- Attrito muro terreno / $\phi' = 0.67$
- Aderenza muro terreno / $c' = 0$
- Attrito terreno terreno / $\phi' = 0.67$
- Aderenza terreno terreno / $c' = 0$





La capacità portante della fondazione nastriforme, su suolo omogeneo, viene calcolata con la formula di Brinch-Hansen (1970) considerando separatamente i contributi dovuti alla coesione, al sovraccarico laterale ed al peso del terreno, utilizzando i coefficienti di capacità portante suggeriti da vari Autori ed i coefficienti correttivi dovuti alla forma della fondazione (s), all'approfondimento (d), alla presenza di un'azione orizzontale (i), all'inclinazione del piano di posa (b) e del piano campagna (g). La resistenza a slittamento è valutata considerando l'attrito sviluppato lungo la base della fondazione, e trascurando il contributo del terreno a lato.

- Attrito fond. terreno / ϕ' o $C_u = 1$

Il calcolo delle sollecitazioni e degli spostamenti dell'opera viene svolto con il metodo degli elementi finiti (FEM). Gli elementi schematizzanti il muro hanno peso e caratteristiche meccaniche proprie dei materiali di cui è costituito. Il terreno spingente (a monte) è rappresentato per mezzo di azioni distribuite applicate sugli elementi. Il terreno di fondazione è rappresentato per mezzo di elementi finiti non-lineari (con parzializzazione), con opportuno coefficiente di reazione alla Winkler in compressione.

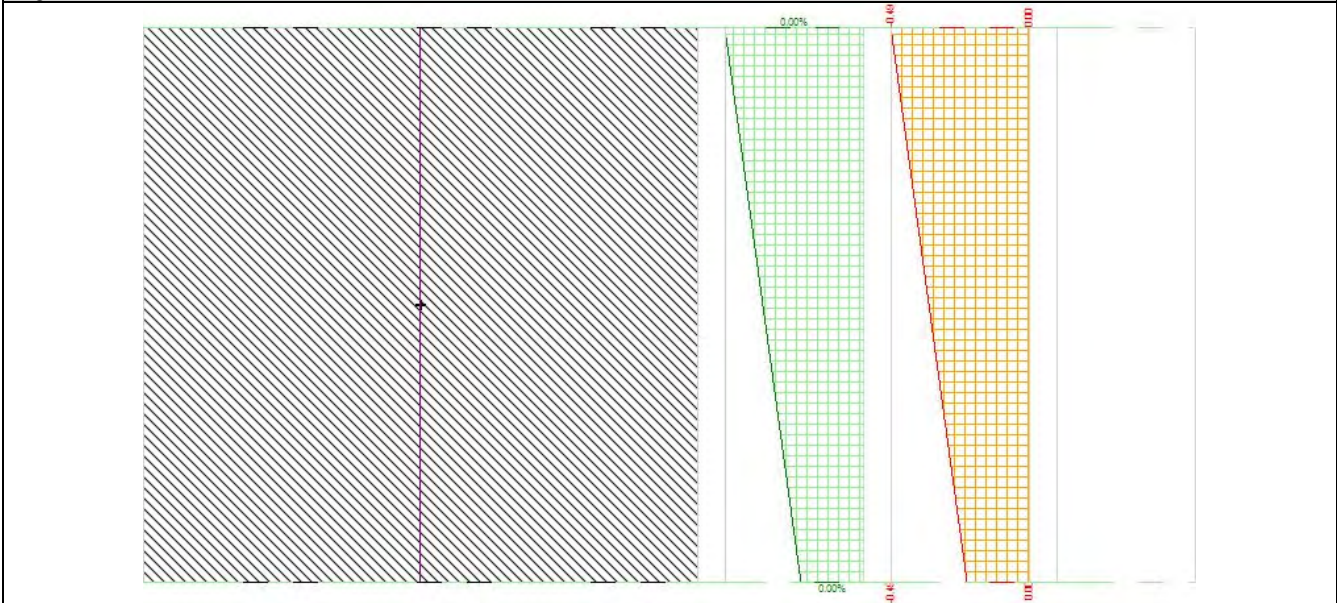
- lunghezze aste elevazione = 20 [cm]

- lunghezze aste fondazione = 10 [cm]

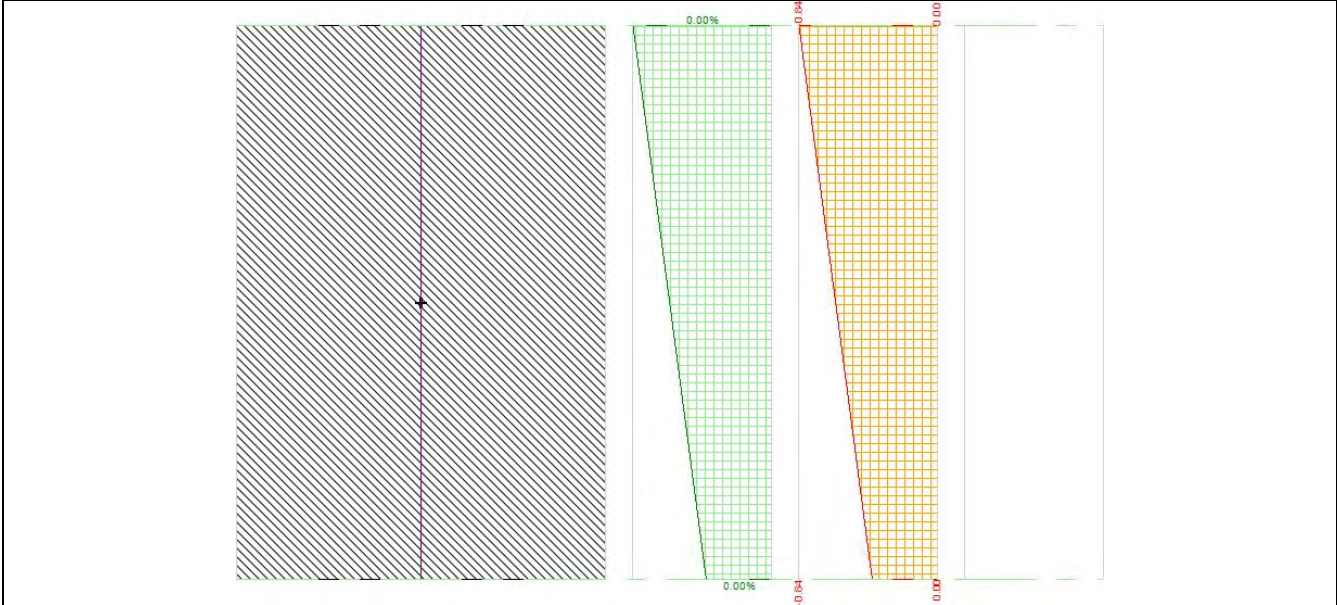
- coefficiente di reazione del terreno (Winkler) = 5 [daN/cm³]

La verifica delle sezioni in muratura viene eseguita a SLU. La pressoflessione è verificata a SLU con diagramma costitutivo lineare con parzializzazione [NTC18 4.5.6.1]. La resistenza nei confronti di sollecitazioni taglianti è verificata a SLU [NTC18 4.5.6.1].

Verifica a pressoflessione, sezione del fusto, Caso 1 - SLU A1+M1+R3, z = -100[cm]
Diagramma verde = deformazione [%], arancio = tensioni muratura [daN/cm2].



Verifica a pressoflessione, sezione del fusto, Caso 1 - SLU A1+M1+R3, z = -200[cm]
Diagramma verde = deformazione [%], arancio = tensioni muratura [daN/cm2].



CARICHI SULLA STRUTTURA

Considera come carico principale variabile (per coeff. psi [NTC18 2.5.3]) i casi di tipo: tutti

Casi di Carico

caso	coefficienti per i carichi
STR (SLU) descr. = SLU A1+M1+R3 coeff. = 1.3(pp.), 1.3(ter.m.), 1.3(fld.m.)1.3(ter.cs.), 1.3(fld.cs.)	nessun carico
SLV_SISMA_SU (SLV) descr. = Sisma_1+1+R_Su coeff. = 1(pp.), 1(ter.m.), 1(fld.m.)1(ter.cs.), 1(fld.cs.)	nessun carico
SLV_SISMA_GIU (SLV) descr. = Sisma_1+1+R_Giu coeff. = 1(pp.), 1(ter.m.), 1(fld.m.)1(ter.cs.), 1(fld.cs.)	nessun carico
SLD_SISMA_SU (SLD) descr. = Sisma_1+1+R_Su coeff. = 1(pp.), 1(ter.m.), 1(fld.m.)1(ter.cs.), 1(fld.cs.)	nessun carico
SLD_SISMA_GIU (SLD) descr. = Sisma_1+1+R_Giu coeff. = 1(pp.), 1(ter.m.), 1(fld.m.)1(ter.cs.), 1(fld.cs.)	nessun carico

Casi di Carico

Verifiche Geotecniche

caso di carico	capacità portante	scorrimento	equilibrio
1 - STR (SLU)	- Drenata - q di progetto = 1.53 [daN/cm ²] q limite = 5409.63 [daN/cm ²] --> fs = 100 [Verificato]	- Drenata - v applicato = 5385.17 [daN] v limite = 1372352.06 [daN] --> fs = 100 [Verificato]	- Ribaltamento - Stabile --> fs = 1.91 (spost.max.=0.82 [cm]) [Verificato] - Stab. globale - verifica non prevista
2 - SLV_SISMA_SU (SLV)	- Drenata - q di progetto = 1.44 [daN/cm ²] q limite = 6175.04 [daN/cm ²] --> fs = 100 [Verificato]	- Drenata - v applicato = 4958.66 [daN] v limite = 1246892.59 [daN] --> fs = 100 [Verificato]	- Ribaltamento - Stabile --> fs = 1.77 (spost.max.=0.92 [cm]) [Verificato] - Stab. globale - verifica non prevista
3 - SLV_SISMA_GIU (SLV)	- Drenata - q di progetto = 1.48 [daN/cm ²] q limite = 6175.65 [daN/cm ²] --> fs = 100 [Verificato]	- Drenata - v applicato = 5080.49 [daN] v limite = 1250804.67 [daN] --> fs = 100 [Verificato]	- Ribaltamento - Stabile --> fs = 1.76 (spost.max.=0.95 [cm]) [Verificato] - Stab. globale - verifica non prevista
4 - SLD_SISMA_SU (SLD)	- Drenata - q di progetto = 1.33 [daN/cm ²] q limite = 6216.18 [daN/cm ²] --> fs = 100 [Verificato]	- Drenata - v applicato = 4658.47 [daN] v limite = 1220390.91 [daN] --> fs = 100 [Verificato]	- Ribaltamento - verifica non prevista - Stab. globale - verifica non prevista
5 - SLD_SISMA_GIU (SLD)	- Drenata - q di progetto = 1.36 [daN/cm ²] q limite = 6215.83 [daN/cm ²] --> fs = 100	- Drenata - v applicato = 4736.86 [daN] v limite = 1220957.97 [daN] --> fs = 100	- Ribaltamento - verifica non prevista - Stab. globale -

	[Verificato]	[Verificato]	verifica non prevista
--	--------------	--------------	-----------------------

Verifiche geotecniche della fondazione.

caso di carico	p. muro (stab) [daN*cm]	p. terreno (stab) [daN*cm]	azioni muro (stab) [daN*cm]	azioni muro (instab) [daN*cm]	attrito terreno (stab) [daN*cm]	spinta terreno (instab) [daN*cm]	momento stabilizzante [daN*cm]	momento ribaltante [daN*cm]	coeff. di sicurezza
1 STR SLU	1056250	0	0	0	350393	639843	1223168	639843	1.91
2 SLV_SISMA_SU SLV	800460	0	0	0	321720	635346	1122180	635346	1.77
3 SLV_SISMA_GIU SLV	824540	0	0	0	333521	656918	1158061	656918	1.76
4 SLD_SISMA_SU SLD	804791	0	0	0	269533	553188	1074324	553188	1.94
5 SLD_SISMA_GIU SLD	820209	0	0	0	269533	558794	1089742	558794	1.95

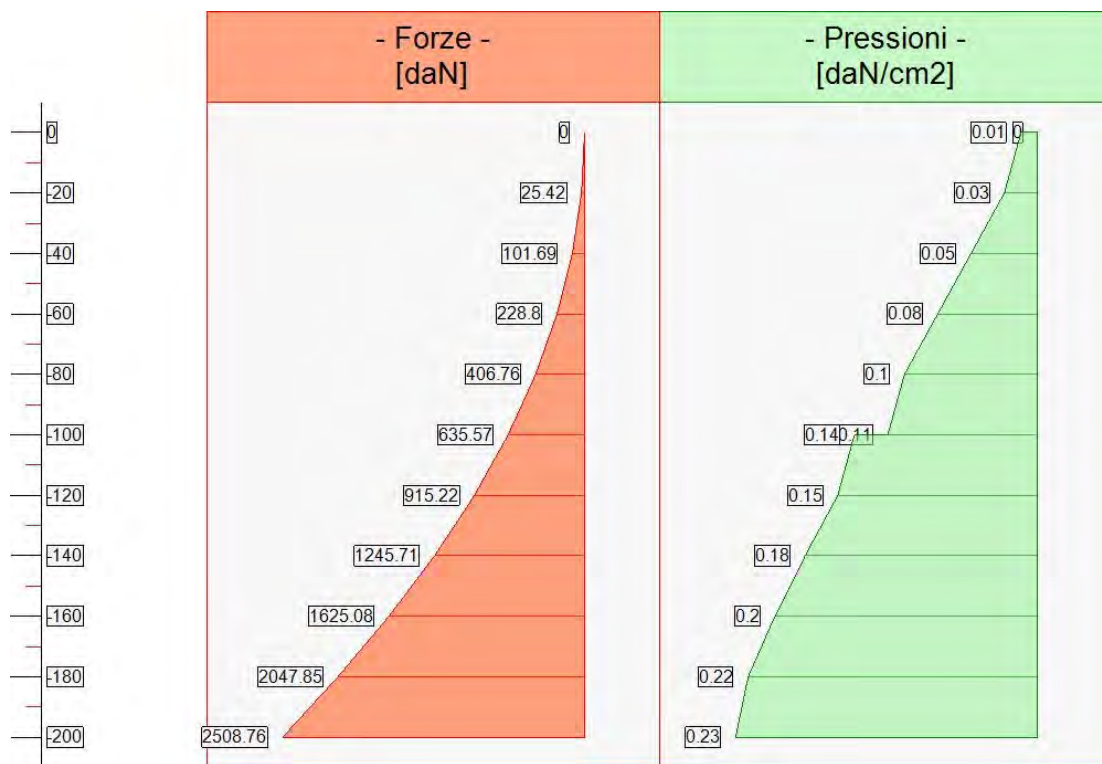
Dettaglio della verifica di ribaltamento.

DIAGRAMMI DELLE SPINTE E PRESSIONI

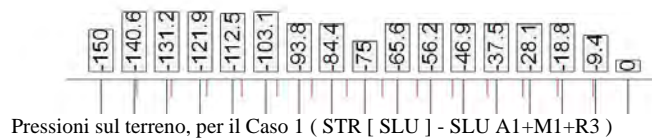
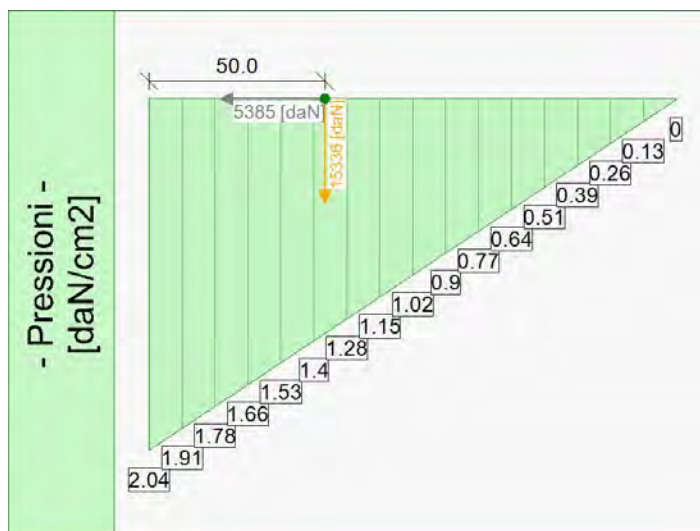
Caso 1 (STR [SLU] - SLU A1+M1+R3)

Elevazione			•	Fondazione	
quota [cm]	Pressioni [daN/cm ²]	Forze [daN]	•	quota [cm]	Pressioni [daN/cm ²]
0	0	0	•	-150	2.04
0	0.01	0	•	-140.62	1.91
-20	0.03	25.42	•	-140.62	1.91
-40	0.05	101.69	•	-131.25	1.78
-60	0.08	228.8	•	-121.87	1.66
-80	0.1	406.76	•	-112.5	1.53
-100	0.11	635.57	•	-103.12	1.4
-100	0.14	635.57	•	-93.75	1.28
-120	0.15	915.22	•	-84.37	1.15
-140	0.18	1245.71	•	-75	1.02
-160	0.2	1625.08	•	-75	1.02
-180	0.22	2047.85	•	-65.62	0.9
-200	0.23	2508.76	•	-56.25	0.77
			•	-46.87	0.64
			•	-37.5	0.51
			•	-28.12	0.39
			•	-18.75	0.26
			•	-9.37	0.13
			•	0	0

Forze e Pressioni lungo il paramento verticale e fondazione, per il Caso 1 (STR [SLU] - SLU A1+M1+R3)



Forze (totali) e Pressioni lungo il fusto, per il Caso 1 (STR [SLU] - SLU A1+M1+R3)



Pressioni sul terreno, per il Caso 1 (STR [SLU] - SLU A1+M1+R3)

Risultante delle spinte sul muro (valori da intendersi a modulo di calcolo (100 [cm])):

- attacco fusto - fondazione, forza orizzontale = 2508.76 [daN]
- attacco fusto - fondazione, forza verticale = 1088.24 [daN]

- altezza totale, forza orizzontale = 5385.17 [daN]
- altezza totale, forza verticale = 2335.95 [daN]

Risultante delle pressioni sulla fondazione (valori da intendersi a modulo di calcolo (100 [cm])):

- distanza dal bordo fondazione lato valle = 50 [cm]
- forza orizzontale = 5385 [daN]
- forza verticale = 15336 [daN]

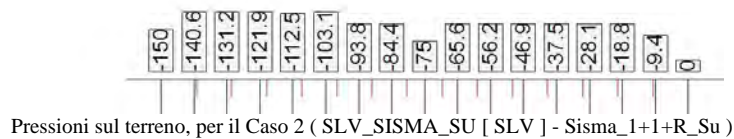
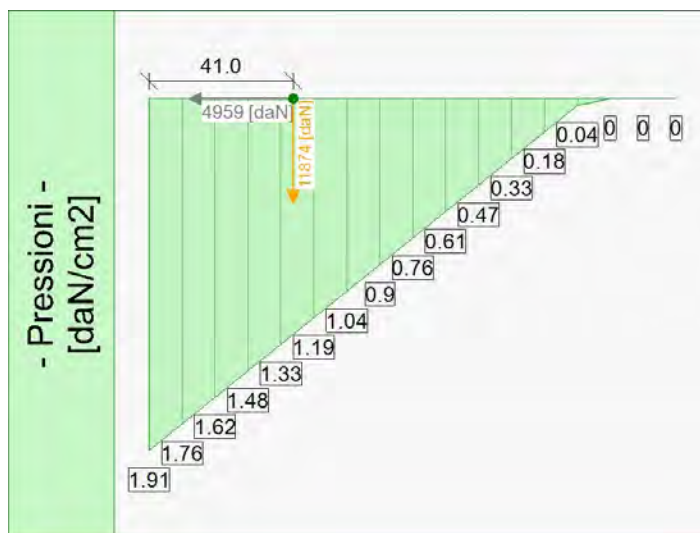
Caso 2 (SLV_SISMA_SU [SLV] - Sisma_1+1+R_Su)

Elevazione			•	Fondazione	
quota [cm]	Pressioni [daN/cm ²]	Forze [daN]	•	quota [cm]	Pressioni [daN/cm ²]
0	0.02	0	•	-150	1.91
0	0.03	0	•	-140.62	1.76
-20	0.04	19.56	•	-140.62	1.76
-40	0.06	78.22	•	-131.25	1.62
-60	0.08	176	•	-121.87	1.48
-80	0.1	312.89	•	-112.5	1.33
-100	0.1	488.9	•	-103.12	1.19
-100	0.12	488.9	•	-93.75	1.04
-120	0.13	704.01	•	-84.37	0.9
-140	0.15	958.24	•	-75	0.76
-160	0.17	1250.06	•	-75	0.76
-180	0.19	1575.27	•	-65.62	0.61
-200	0.19	1929.81	•	-56.25	0.47
			•	-46.87	0.33
			•	-37.5	0.18
			•	-28.12	0.04
			•	-18.75	0
			•	-9.37	0
			•	0	0

Forze e Pressioni lungo il paramento verticale e fondazione, per il Caso 2 (SLV_SISMA_SU [SLV] - Sisma_1+1+R_Su)



Forze (totali) e Pressioni lungo il fusto, per il Caso 2 (SLV_SISMA_SU [SLV] - Sisma_1+1+R_Su)



Risultante delle spinte sul muro (valori da intendersi a modulo di calcolo (100 [cm])):

- attacco fusto - fondazione, forza orizzontale = 2267.19 [daN]
- attacco fusto - fondazione, forza verticale = 983.45 [daN]

- altezza totale, forza orizzontale = 4662.29 [daN]
- altezza totale, forza verticale = 2022.38 [daN]

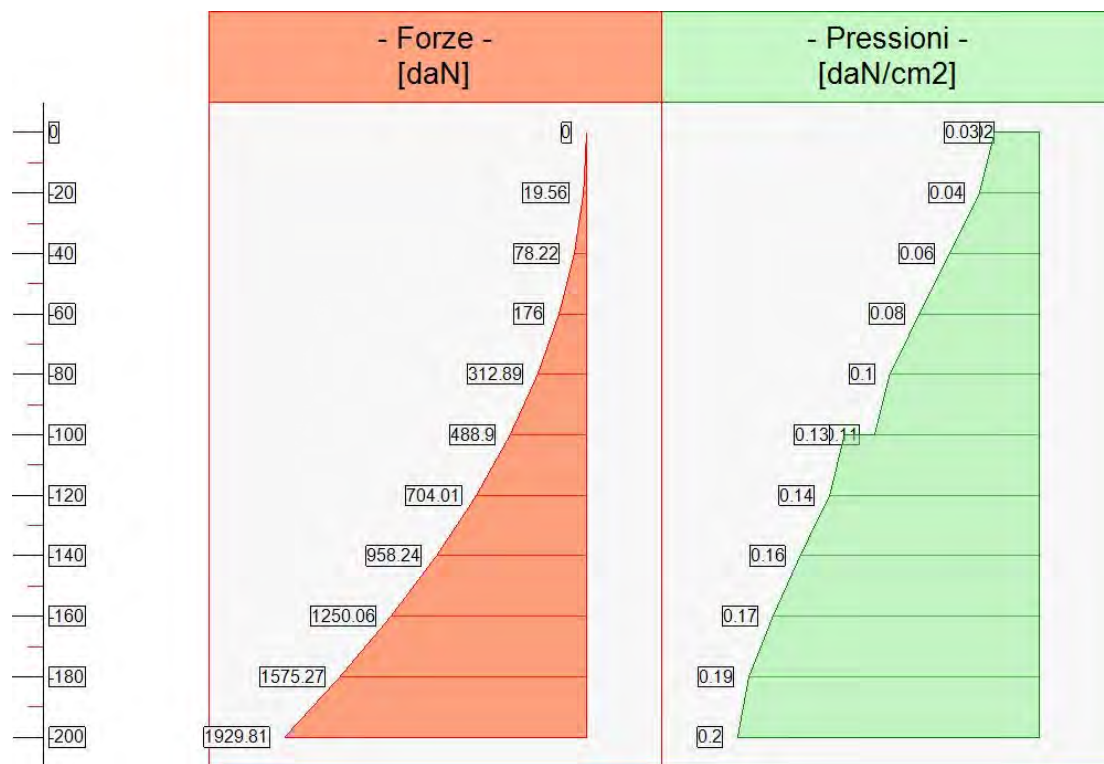
Risultante delle pressioni sulla fondazione (valori da intendersi a modulo di calcolo (100 [cm])):

- distanza dal bordo fondazione lato valle = 41 [cm]
- forza orizzontale = 4959 [daN]
- forza verticale = 11874 [daN]

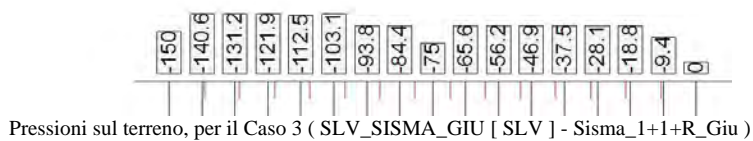
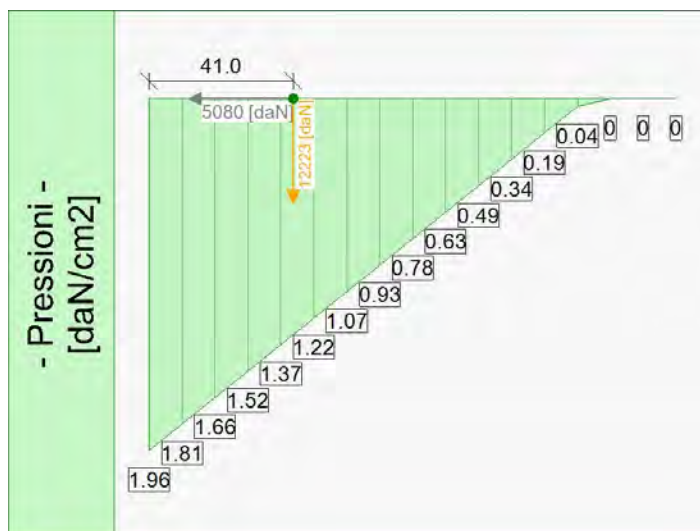
Caso 3 (SLV_SISMA_GIU [SLV] - Sisma_1+1+R_Giu)

Elevazione			•	Fondazione	
quota [cm]	Pressioni [daN/cm ²]	Forze [daN]	•	quota [cm]	Pressioni [daN/cm ²]
0	0.02	0	•	-150	1.96
0	0.03	0	•	-140.62	1.81
-20	0.04	19.56	•	-140.62	1.81
-40	0.06	78.22	•	-131.25	1.66
-60	0.08	176	•	-121.87	1.52
-80	0.1	312.89	•	-112.5	1.37
-100	0.11	488.9	•	-103.12	1.22
-100	0.13	488.9	•	-93.75	1.07
-120	0.14	704.01	•	-84.37	0.93
-140	0.16	958.24	•	-75	0.78
-160	0.17	1250.06	•	-75	0.78
-180	0.19	1575.27	•	-65.62	0.63
-200	0.2	1929.81	•	-56.25	0.49
			•	-46.87	0.34
			•	-37.5	0.19
			•	-28.12	0.04
			•	-18.75	0
			•	-9.37	0
			•	0	0

Forze e Pressioni lungo il paramento verticale e fondazione, per il Caso 3 (SLV_SISMA_GIU [SLV] - Sisma_1+1+R_Giu)



Forze (totali) e Pressioni lungo il fusto, per il Caso 3 (SLV_SISMA_GIU [SLV] - Sisma_1+1+R_Giu)



Pressioni sul terreno, per il Caso 3 (SLV_SISMA_GIU [SLV] - Sisma_1+1+R_Giu)

Risultante delle spinte sul muro (valori da intendersi a modulo di calcolo (100 [cm])):

- attacco fusto - fondazione, forza orizzontale = 2323.67 [daN]
- attacco fusto - fondazione, forza verticale = 1007.95 [daN]

- altezza totale, forza orizzontale = 4784.12 [daN]
- altezza totale, forza verticale = 2075.23 [daN]

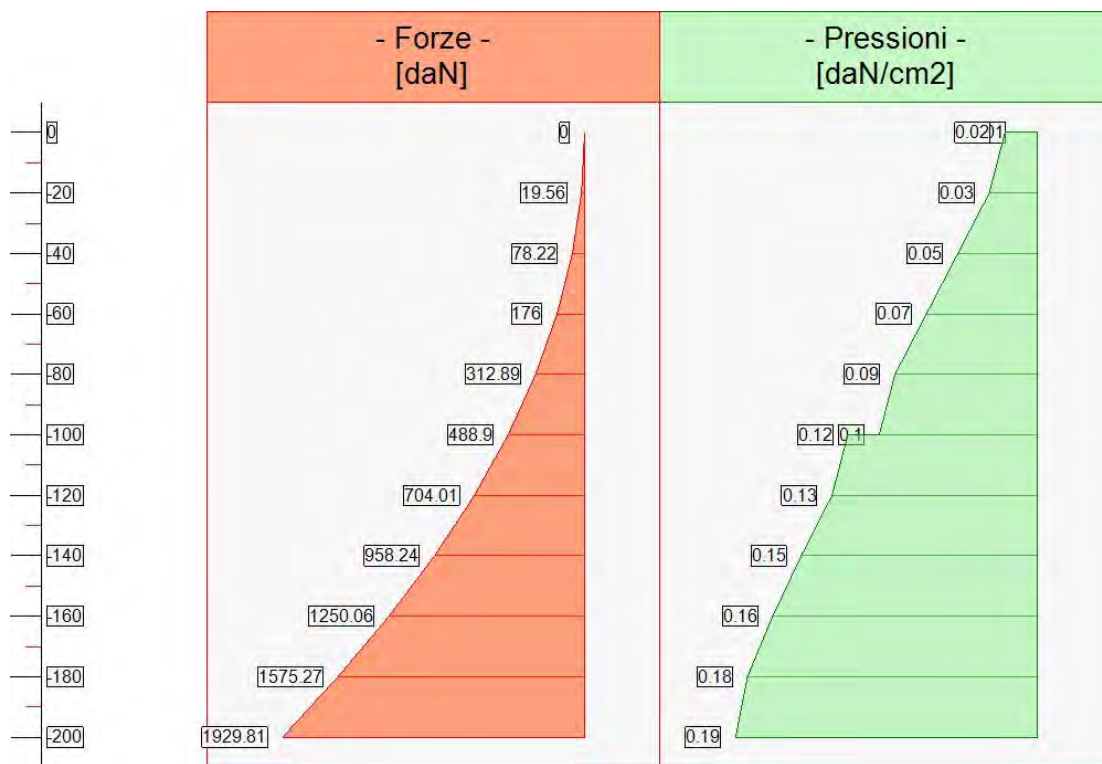
Risultante delle pressioni sulla fondazione (valori da intendersi a modulo di calcolo (100 [cm])):

- distanza dal bordo fondazione lato valle = 41 [cm]
- forza orizzontale = 5080 [daN]
- forza verticale = 12223 [daN]

Caso 4 (SLD_SISMA_SU [SLD] - Sisma_1+1+R_Su)

Elevazione			•	Fondazione	
quota [cm]	Pressioni [daN/cm ²]	Forze [daN]	•	quota [cm]	Pressioni [daN/cm ²]
0	0.01	0	•	-150	1.77
0	0.02	0	•	-140.62	1.64
-20	0.03	19.56	•	-140.62	1.64
-40	0.05	78.22	•	-131.25	1.52
-60	0.07	176	•	-121.87	1.4
-80	0.09	312.89	•	-112.5	1.27
-100	0.1	488.9	•	-103.12	1.15
-100	0.12	488.9	•	-93.75	1.03
-120	0.13	704.01	•	-84.37	0.9
-140	0.15	958.24	•	-75	0.78
-160	0.16	1250.06	•	-75	0.78
-180	0.18	1575.27	•	-65.62	0.65
-200	0.19	1929.81	•	-56.25	0.53
			•	-46.87	0.41
			•	-37.5	0.28
			•	-28.12	0.16
			•	-18.75	0.03
			•	-9.37	0
			•	0	0

Forze e Pressioni lungo il paramento verticale e fondazione, per il Caso 4 (SLD_SISMA_SU [SLD] - Sisma_1+1+R_Su)



Forze (totali) e Pressioni lungo il fusto, per il Caso 4 (SLD_SISMA_SU [SLD] - Sisma_1+1+R_Su)



Risultante delle spinte sul muro (valori da intendersi a modulo di calcolo (100 [cm])):

- attacco fusto - fondazione, forza orizzontale = 2140.8 [daN]
- attacco fusto - fondazione, forza verticale = 928.63 [daN]

- altezza totale, forza orizzontale = 4468.72 [daN]
- altezza totale, forza verticale = 1938.42 [daN]

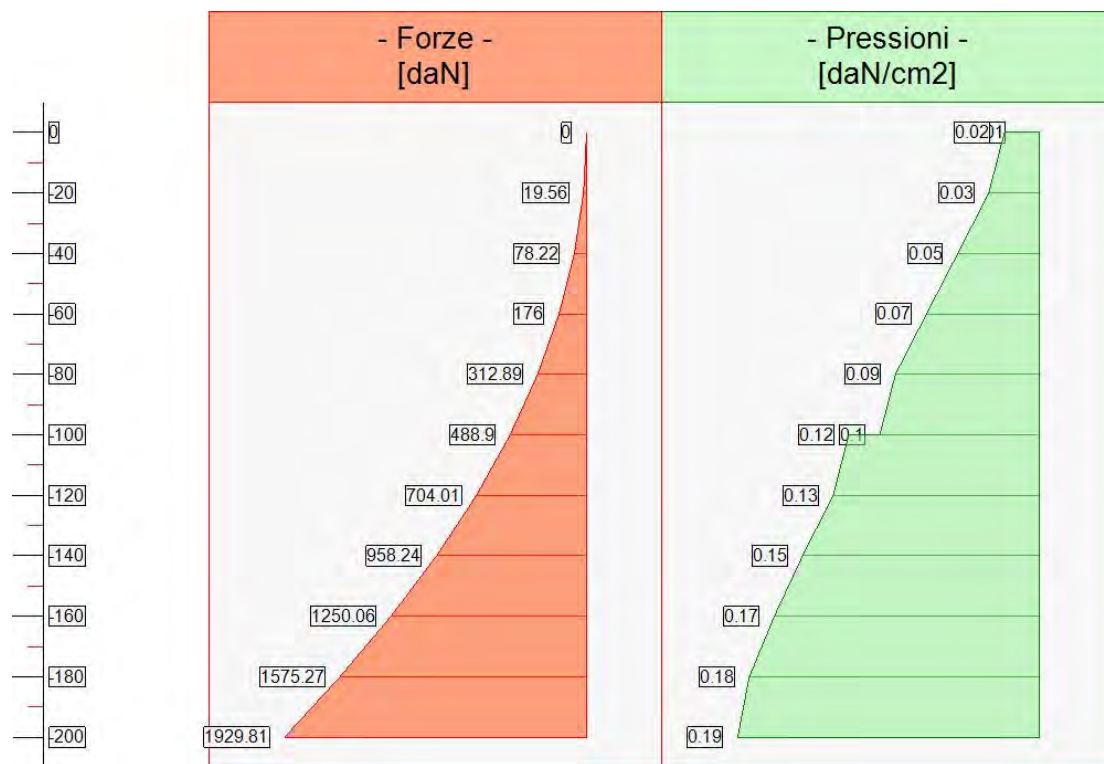
Risultante delle pressioni sulla fondazione (valori da intendersi a modulo di calcolo (100 [cm])):

- distanza dal bordo fondazione lato valle = 44 [cm]
- forza orizzontale = 4658 [daN]
- forza verticale = 11844 [daN]

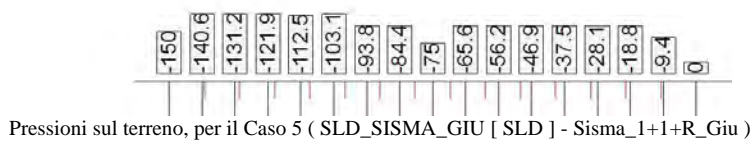
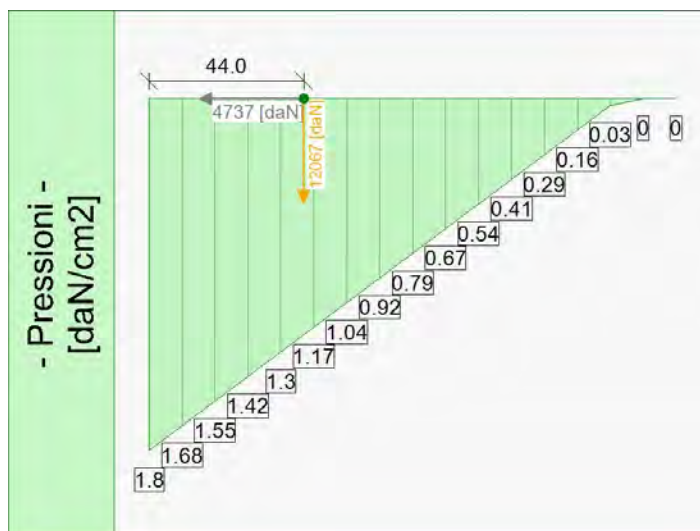
Caso 5 (SLD_SISMA_GIU [SLD] - Sisma_1+1+R_Giu)

Elevazione			•	Fondazione	
quota [cm]	Pressioni [daN/cm ²]	Forze [daN]	•	quota [cm]	Pressioni [daN/cm ²]
0	0.01	0	•	-150	1.8
0	0.02	0	•	-140.62	1.68
-20	0.03	19.56	•	-140.62	1.68
-40	0.05	78.22	•	-131.25	1.55
-60	0.07	176	•	-121.87	1.42
-80	0.09	312.89	•	-112.5	1.3
-100	0.1	488.9	•	-103.12	1.17
-100	0.12	488.9	•	-93.75	1.04
-120	0.13	704.01	•	-84.37	0.92
-140	0.15	958.24	•	-75	0.79
-160	0.17	1250.06	•	-75	0.79
-180	0.18	1575.27	•	-65.62	0.67
-200	0.19	1929.81	•	-56.25	0.54
			•	-46.87	0.41
			•	-37.5	0.29
			•	-28.12	0.16
			•	-18.75	0.03
			•	-9.37	0
			•	0	0

Forze e Pressioni lungo il paramento verticale e fondazione, per il Caso 5 (SLD_SISMA_GIU [SLD] - Sisma_1+1+R_Giu)



Forze (totali) e Pressioni lungo il fusto, per il Caso 5 (SLD_SISMA_GIU [SLD] - Sisma_1+1+R_Giu)



Pressioni sul terreno, per il Caso 5 (SLD_SISMA_GIU [SLD] - Sisma_1+1+R_Giu)

Risultante delle spinte sul muro (valori da intendersi a modulo di calcolo (100 [cm])):

- attacco fusto - fondazione, forza orizzontale = 2177.28 [daN]
- attacco fusto - fondazione, forza verticale = 944.45 [daN]

- altezza totale, forza orizzontale = 4547.1 [daN]
- altezza totale, forza verticale = 1972.42 [daN]

Risultante delle pressioni sulla fondazione (valori da intendersi a modulo di calcolo (100 [cm])):

- distanza dal bordo fondazione lato valle = 44 [cm]
- forza orizzontale = 4737 [daN]
- forza verticale = 12067 [daN]

DIAGRAMMI DI SFORZO NORMALE / TAGLIO / MOMENTO

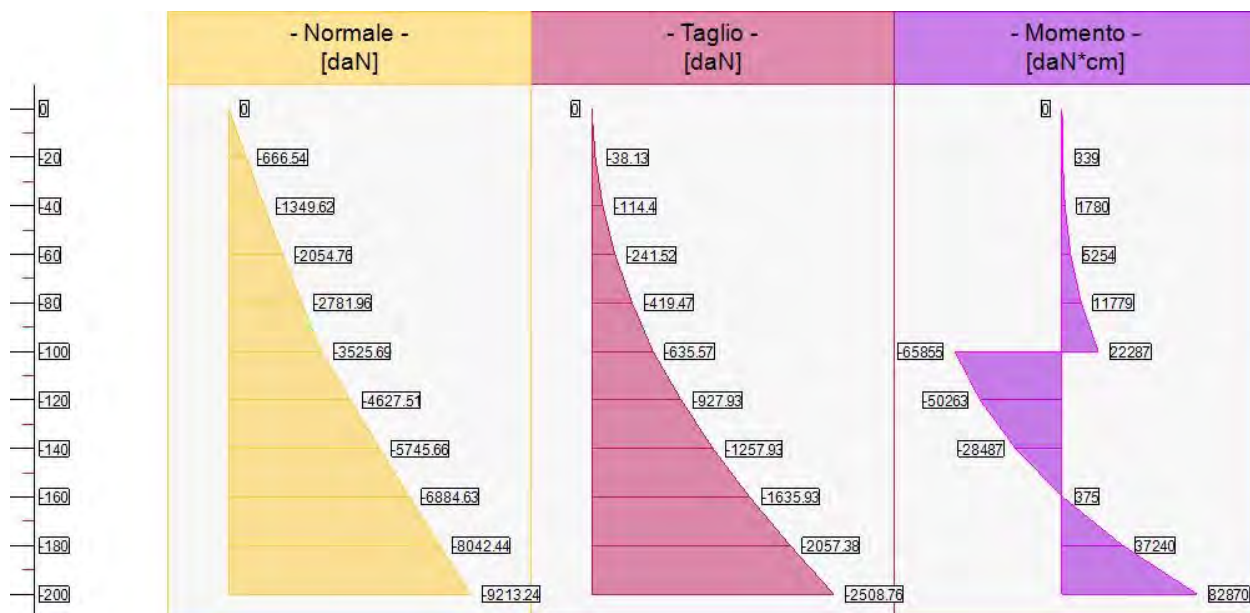
Caso 1 (STR [SLU] - SLU A1+M1+R3)

Elevazione, presso-flessione								
quota [cm]	Normale [daN]	Taglio [daN]	Momento [daN*cm]	• •	Tens. Min*Max (σ) [daN/cm²]	Tens.Res.(fd) [daN/cm²]	FS >1/<1	- -
-20	-666.54	-38.13	339	•	0.06 • 0.07	167	> 100	Verificato
-40	-1349.62	-114.4	1780	•	0.12 • 0.15	167	> 100	Verificato
-60	-2054.76	-241.52	5254	•	0.17 • 0.24	167	> 100	Verificato
-80	-2781.96	-419.47	11779	•	0.21 • 0.35	167	> 100	Verificato
-100	-3525.69	-635.57	22287	•	0.22 • 0.49	167	> 100	Verificato
-100	-3525.69	-635.57	-65855	•	0.22 • 0.49	167	> 100	Verificato
-120	-4627.51	-927.93	-50263	•	0.17 • 0.44	167	> 100	Verificato
-140	-5745.66	-1257.93	-28487	•	0.31 • 0.46	167	> 100	Verificato
-160	-6884.63	-1635.93	375	•	0.46 • 0.46	167	> 100	Verificato
-180	-8042.44	-2057.38	37240	•	0.44 • 0.64	167	> 100	Verificato
-200	-9213.24	-2508.76	82870	•	0.39 • 0.84	167	> 100	Verificato

Sforzo Normale, Taglio e Momento lungo il paramento verticale, per il Caso 1 (STR [SLU] - SLU A1+M1+R3)
La sezione del muro è ovunque interamente compressa.

Elevazione, taglio							
quota [cm]	Normale [daN]	Taglio [daN]	Momento [daN*cm]	• •	Tag.Res. [daN]	FS >1/<1	- -
-20	-666.54	-38.13	339	•	3000177.74	> 100	Verificato
-40	-1349.62	-114.4	1780	•	3000359.9	> 100	Verificato
-60	-2054.76	-241.52	5254	•	3000547.94	> 100	Verificato
-80	-2781.96	-419.47	11779	•	3000741.86	> 100	Verificato
-100	-3525.69	-635.57	22287	•	975.44	1.53	Verificato
-100	-3525.69	-635.57	-65855	•	975.44	1.53	Verificato
-120	-4627.51	-927.93	-50263	•	4501234	> 100	Verificato
-140	-5745.66	-1257.93	-28487	•	4501532.18	> 100	Verificato
-160	-6884.63	-1635.93	375	•	4501835.9	> 100	Verificato
-180	-8042.44	-2057.38	37240	•	4502144.65	> 100	Verificato
-200	-9213.24	-2508.76	82870	•	2549	1.02	Verificato

Sforzo Normale, Taglio e Momento lungo il paramento verticale, per il Caso 1 (STR [SLU] - SLU A1+M1+R3)



Sollecitazioni lungo il fusto, per il Caso 1 (STR [SLU] - SLU A1+M1+R3)

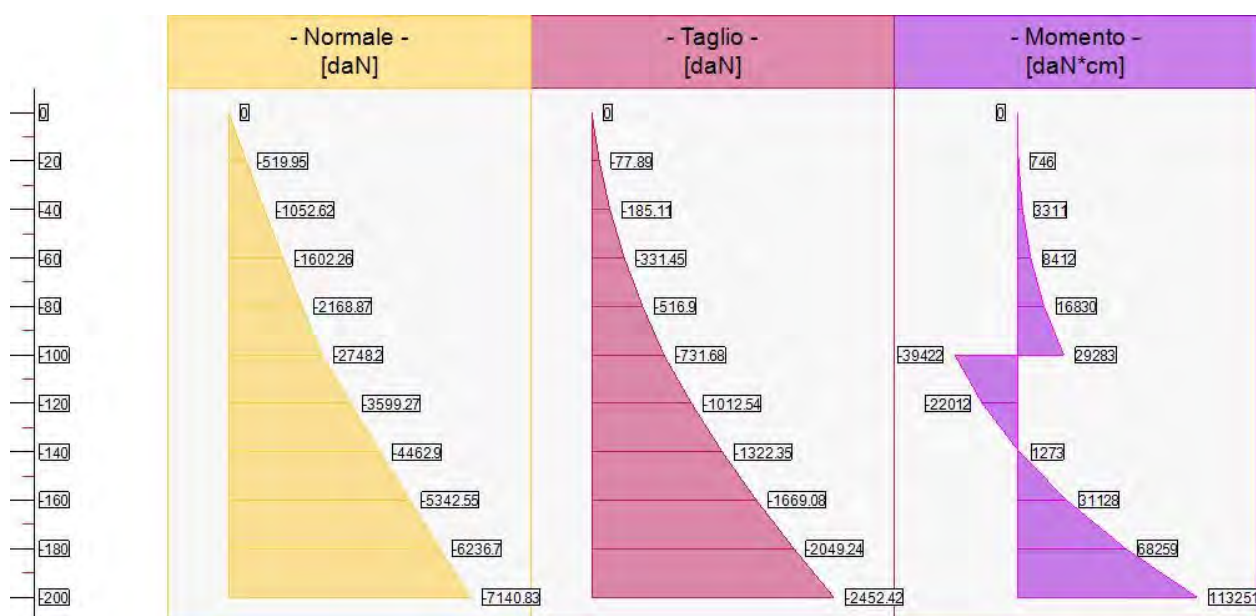
Caso 2 (SLV_SISMA_SU [SLV] - Sisma_1+1+R_Su)

Elevazione, presso-flessione								
quota [cm]	Normale [daN]	Taglio [daN]	Momento [daN*cm]	•	Tens. Min*Max (σ) [daN/cm ²]	Tens.Res.(fd) [daN/cm ²]	FS >1/<1	-
-20	-519.95	-77.89	746	•	0.05 • 0.06	208	> 100	Verificato
-40	-1052.62	-185.11	3311	•	0.09 • 0.13	208	> 100	Verificato
-60	-1602.26	-331.45	8412	•	0.11 • 0.21	208	> 100	Verificato
-80	-2168.87	-516.9	16830	•	0.12 • 0.32	208	> 100	Verificato
-100	-2748.2	-731.68	29283	•	0.1 • 0.45	208	> 100	Verificato
-100	-2748.2	-731.68	-39422	•	0.1 • 0.45	208	> 100	Verificato
-120	-3599.27	-1012.54	-22012	•	0.18 • 0.3	208	> 100	Verificato
-140	-4462.9	-1322.35	1273	•	0.29 • 0.3	208	> 100	Verificato
-160	-5342.55	-1669.08	31128	•	0.27 • 0.44	208	> 100	Verificato
-180	-6236.7	-2049.24	68259	•	0.23 • 0.6	208	> 100	Verificato
-200	-7140.83	-2452.42	113251	•	0.17 • 0.78	208	> 100	Verificato

Sforzo Normale, Taglio e Momento lungo il paramento verticale, per il Caso 2 (SLV_SISMA_SU [SLV] - Sisma_1+1+R_Su)
La sezione del muro è ovunque interamente compressa.

Elevazione, taglio							
quota [cm]	Normale [daN]	Taglio [daN]	Momento [daN*cm]	•	Tag.Res. [daN]	FS >1/<1	-
-20	-519.95	-77.89	746	•	3750173.32	> 100	Verificato
-40	-1052.62	-185.11	3311	•	3750350.87	> 100	Verificato
-60	-1602.26	-331.45	8412	•	3750534.09	> 100	Verificato
-80	-2168.87	-516.9	16830	•	3750722.96	> 100	Verificato
-100	-2748.2	-731.68	29283	•	950.42	1.3	Verificato
-100	-2748.2	-731.68	-39422	•	950.42	1.3	Verificato
-120	-3599.27	-1012.54	-22012	•	5626199.76	> 100	Verificato
-140	-4462.9	-1322.35	1273	•	5626487.63	> 100	Verificato
-160	-5342.55	-1669.08	31128	•	5626780.85	> 100	Verificato
-180	-6236.7	-2049.24	68259	•	5627078.9	> 100	Verificato
-200	-7140.83	-2452.42	113251	•	2469.54	1.01	Verificato

Sforzo Normale, Taglio e Momento lungo il paramento verticale, per il Caso 2 (SLV_SISMA_SU [SLV] - Sisma_1+1+R_Su)



Sollecitazioni lungo il fusto, per il Caso 2 (SLV_SISMA_SU [SLV] - Sisma_1+1+R_Su)

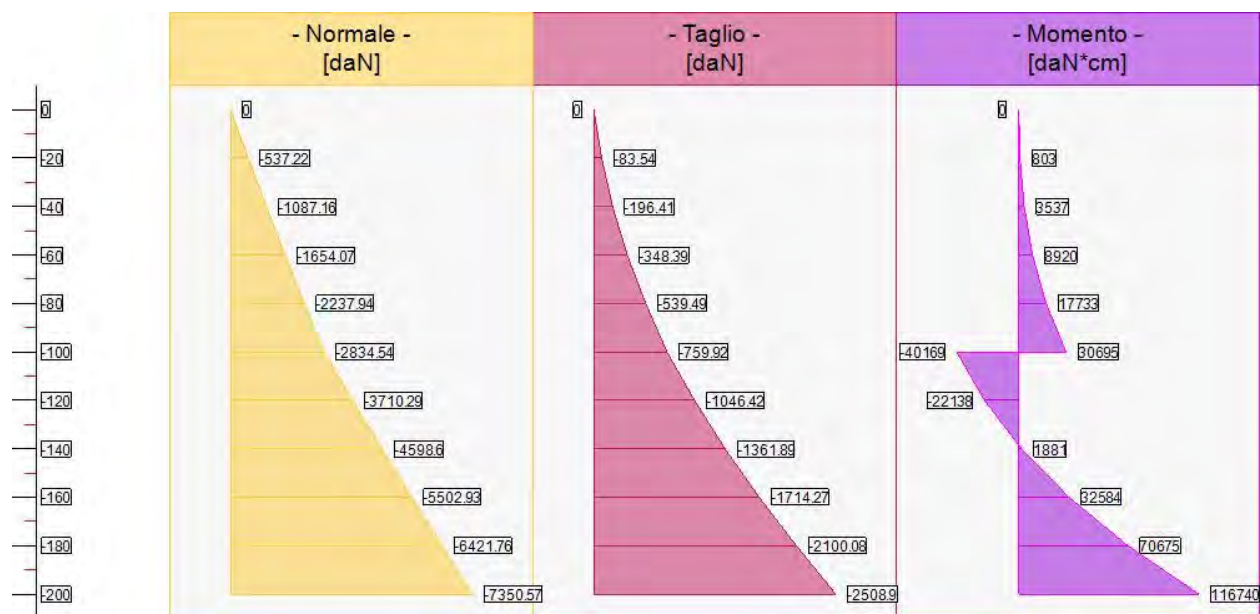
Caso 3 (SLV_SISMA_GIU [SLV] - Sisma_1+1+R_Giu)

Elevazione, presso-flessione								
quota [cm]	Normale [daN]	Taglio [daN]	Momento [daN*cm]	•	Tens. Min*Max (σ) [daN/cm²]	Tens.Res.(fd) [daN/cm²]	FS >1/<1	-
-20	-537.22	-83.54	803	•	0.05 • 0.06	208	> 100	Verificato
-40	-1087.16	-196.41	3537	•	0.09 • 0.13	208	> 100	Verificato
-60	-1654.07	-348.39	8920	•	0.11 • 0.22	208	> 100	Verificato
-80	-2237.94	-539.49	17733	•	0.12 • 0.33	208	> 100	Verificato
-100	-2834.54	-759.92	30695	•	0.1 • 0.47	208	> 100	Verificato
-100	-2834.54	-759.92	-40169	•	0.1 • 0.47	208	> 100	Verificato
-120	-3710.29	-1046.42	-22138	•	0.19 • 0.31	208	> 100	Verificato
-140	-4598.6	-1361.89	1881	•	0.3 • 0.31	208	> 100	Verificato
-160	-5502.93	-1714.27	32584	•	0.28 • 0.45	208	> 100	Verificato
-180	-6421.76	-2100.08	70675	•	0.24 • 0.62	208	> 100	Verificato
-200	-7350.57	-2508.9	116740	•	0.18 • 0.8	208	> 100	Verificato

Sforzo Normale, Taglio e Momento lungo il paramento verticale, per il Caso 3 (SLV_SISMA_GIU [SLV] - Sisma_1+1+R_Giu)
La sezione del muro è ovunque interamente compressa.

Elevazione, taglio							
quota [cm]	Normale [daN]	Taglio [daN]	Momento [daN*cm]	•	Tag.Res. [daN]	FS >1/<1	-
-20	-537.22	-83.54	803	•	3750179.07	> 100	Verificato
-40	-1087.16	-196.41	3537	•	3750362.39	> 100	Verificato
-60	-1654.07	-348.39	8920	•	3750551.36	> 100	Verificato
-80	-2237.94	-539.49	17733	•	3750745.98	> 100	Verificato
-100	-2834.54	-759.92	30695	•	980.28	1.29	Verificato
-100	-2834.54	-759.92	-40169	•	980.28	1.29	Verificato
-120	-3710.29	-1046.42	-22138	•	5626236.76	> 100	Verificato
-140	-4598.6	-1361.89	1881	•	5626532.87	> 100	Verificato
-160	-5502.93	-1714.27	32584	•	5626834.31	> 100	Verificato
-180	-6421.76	-2100.08	70675	•	5627140.59	> 100	Verificato
-200	-7350.57	-2508.9	116740	•	2542.07	1.01	Verificato

Sforzo Normale, Taglio e Momento lungo il paramento verticale, per il Caso 3 (SLV_SISMA_GIU [SLV] - Sisma_1+1+R_Giu)



Sollecitazioni lungo il fusto, per il Caso 3 (SLV_SISMA_GIU [SLV] - Sisma_1+1+R_Giu)

Caso 4 (SLD_SISMA_SU [SLD] - Sisma_1+1+R_Su)

Nessuna verifica per questo Caso di Carico.

Caso 5 (SLD_SISMA_GIU [SLD] - Sisma_1+1+R_Giu)

Nessuna verifica per questo Caso di Carico.