Regione LIGURIA
Comune di VADO LIGURE (SV)

GIUGGIA COSTRUZIONI s.r.l.

CAVA TREVO

Progetto di coltivazione e recupero ambientale

RELAZIONE ILLUSTRATIVA



a cura di: *Vincenzo PIOVANO geologo*
Pierpaolo BASIGLIO agronomo



Consulenze specialistiche
Regimazione acque: *Guido GOLA ingegnere minerario*

Relazione C3480-S11

Cuneo, novembre 2015

GEOMIN srl

INDICE DEL TESTO

1. PREMESSA 1
2. GENERALITA' 3
2.1 Ubicazione della cava 3
2.2 Terreni interessati 3
2.3 Situazione delle autorizzazioni 4
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO 5
3.1 Assetto geologico 5
3.2 Assetto strutturale 5
4. PROGETTO DI COLTIVAZIONE 9
4.1 Aggiornamento della topografia della cava 9
4.2 Situazione attuale dell'area interessata dal progetto 10
4.3 Livelli produttivi 11
4.4 Limiti di coltivazione 11
4.5 Metodo di coltivazione 12
4.6 Geometria dei fronti 12
4.7 Fasi di coltivazione 13
4.7.1 I fase (preparazione) 13
4.7.2 II fase 13
4.7.3 III fase 14
4.8 Viabilità interna alla cava 15
4.9 Tutela della fruibilità della Strada vicinale Trevo 15
4.10 Regimazione delle acque superficiali 16
4.11 Impianto di produzione di inerti e fabbricati di servizio 19
4.12 Valutazione tecnico-economica dell'attività 21
4.12.1 Volumi estraibili di minerale 21
4.12.2 Ciclo di lavorazione 21
4.12.3 Ciclo delle acque di impianto 21
4.12.4 Prodotti e mercati 22
4.12.5 Manodopera impiegata 22
4.12.6 Mezzi impiegati 22
5. VERIFICHE DI STABILITA' 23
5.1 Introduzione 23
5.2 Caratterizzazione geomeccanica 25
5.3 Classificazione GSI e criterio di rottura di Hoek - Brown 29
5.4 Caratterizzazione sismica del sito 33
5.4.1 Classificazione 33
5.4.2 Categorie di suolo e condizioni topografiche 34
5.4.3 Azione sismica 34
5.5 Analisi dei cinematismi 35

5.5.1 Generalità 35
5.5.2 Risultati dei test di Markland 36
5.5.3 Scivolamento su cunei 36
5.6 Parametri geomeccanici caratteristici 42
5.6.1 Gradoni 42
5.6.2 Verifiche dell'intero fronte di cava 42
5.7 Calcolo di stabilità dei cinematismi potenziali 43
5.7.1 Stati limite 43
5.7.2 Parametri di progetto 43
5.7.3 Metodo di calcolo e risultati 44
5.8 Conclusioni 46
5.9 Verifiche di stabilità del rilevato di limi di lavaggio 53
5.9.1 Introduzione 53
5.9.2 Caratterizzazione sismica 53
5.9.3 Caratterizzazione geotecnica 54
5.9.4 Metodi di analisi 55
5.9.5 Risultati delle verifiche 58
5.10 Verifiche di stabilità del rilevato di rimodellamento finale 58
5.11 Caratterizzazione sismica 58
5.12 Caratterizzazione geotecnica 59
5.12.1 Premessa 59
5.12.2 Parametri geotecnici caratteristici 59
5.12.3 Parametri geotecnici di progetto 60
5.13 Metodo di analisi 60
5.14 Risultati 61
6. VERIFICHE IDRAULICHE 64
6.1 Premessa 64
6.2 Caratteristiche delle opere idrauliche sul Rio Fornace 65
6.3 Regimazione delle acque meteoriche all'interno dell'area di cava 67
6.4 Calcolo delle portate di progetto 71
6.4.1 Caratteristiche del bacino di cava 71
6.4.2 Parametri di calcolo della portata dei bacini 71
6.4.3 Calcolo della portata di progetto dei bacini di cava 73
6.5 Verifica delle opere idrauliche 74
6.5.1 Procedura di verifica 74
6.5.2 Verifica del fosso collettore al piede del fronte, sul piazzale di base 76
6.5.3 Verifica delle canalette lungo i gradoni 77
6.5.4 Verifica dell'alveo del Rio Fornace nella configurazione finale 77
6.5.5 Conclusione 78
6.6 Verifica della capacità di decantazione dei bacini 78

6.6.1 Introduzione 78
6.6.2 Calcolo della capacità di decantazione 79
7. PROGETTO DI RECUPERO AMBIENTALE 83
7.1 Caratteristiche ambientali del sito di cava 83
7.1.1 Morfologia e suoli 83
7.1.2 Caratteristiche pedologiche 83
7.1.3 Cenni sul clima 85
7.1.4 Popolamenti vegetali 87
7.1.5 Popolamenti animali 89
7.1.6 Ecosistemi 91
7.2 Esame degli interventi di recupero ambientale eseguiti nel passato 94
7.2.1 Valutazioni e proposte 95
7.3 Interventi di recupero ambientale a breve termine 97
7.3.1 Obbiettivi di intervento 97
7.3.2 Zonizzazione degli interventi 98
7.3.3 Profilatura finale e modellamento delle superfici 101
7.3.4 Preparazione del terreno, sistemazioni idrauliche e miglioramento del substrato 102
7.3.5 Inerbimenti 105
7.3.6 Sistemazioni intensive 108
7.3.7 Impianto di specie legnose 109
7.3.8 Impianto di irrigazione 114
7.4 Interventi di recupero ambientale a lungo termine 118
7.4.1 Obbiettivi di intervento 118
7.4.2 Rimodellamento finale del fronte 119
7.4.3 Zonizzazione degli interventi 120
7.4.4 Preparazione del substrato 121
7.5 Cadenza stagionale e programma degli interventi 123
7.6 Costi previsti 125

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

INDICE DELLE FIGURE NEL TESTO

Fig. 1 Piega ad asse sub - orizzontale a monte del piazzale di quota 140 m s.l.m. circa
Fig. 2 Dispersione delle misure della stratificazione nell'area della piega
Fig. 3 Distribuzione delle faglie nell'intero ambito di cava
Fig. 4 Protezione della strada vicinale Trevo

Fig. 5 Schema dell'impianto di lavorazione
Fig. 6 Impianto di lavorazione inerti. Ciclo delle acque
Fig. 7 Localizzazione degli stendimenti eseguiti sui fronti di cava
Fig. 8 Settore di quota inferiore. Proiezione equiareale delle discontinuità (stratificazione)
Fig. 9 Settore di quota inferiore. Proiezione equiareale delle discontinuità (faglie e fratture)
Fig. 10 Settore di quota superiore. Proiezione equiareale delle discontinuità (stratificazione)
Fig. 11 Settore di quota superiore. Proiezione equiareale delle discontinuità (faglie e fratture)
Fig. 12 Ammasso roccioso dolomitico con GSI=45. Parametri di Hoek-Brown
Fig. 13 Ammasso roccioso dolomitico con GSI=35. Parametri di Hoek-Brown
Fig. 14 Zonazione dell'ammasso roccioso
Fig. 15 Localizzazione del sito di cava e del reticolo di riferimento
Fig. 16 Ubicazione delle sezioni di verifica di stabilità
Fig. 17 Fronte 070°/35°
Fig. 18 Gradone 070°/50°
Fig. 19 Fronte 270°/45°
Fig. 20 Gradone 270°/65°
Fig. 21 Fronte 340°/35°
Fig. 22 Gradone 340°/55°. S immergente a NE.
Fig. 23 Gradone 340°/55° S immergente a SO.
Fig. 24 Fronte 270°/45° (settore superiore)
Fig. 25 Gradone 270°/55° (settore superiore)
Fig. 26 Gradone 270°. Geometria del cuneo K1'/K2
Fig. 27 Sezione 1-1' del fronte Est. Caratteristiche geometriche e stratigrafiche
Fig. 28 Sezione 1-1'. Verifiche di stabilità. E' rappresentato il valore minimo del coefficiente di sicurezza
Fig. 29 Sezione 2-2' del fronte Est. Caratteristiche geometriche e stratigrafiche
Fig. 30 Sezione 2-2'. Verifiche di stabilità
Fig. 31 Sezione 3-3' del fronte Sud. Caratteristiche geometriche e stratigrafiche
Fig. 32 Sezione 3-3'. Verifiche di stabilità.
Fig. 33 Sezione 4-4' del rilevato in materiali sterili di cava
Fig. 34 Sezione 4-4' del rilevato in materiali sterili di impianto. Verifiche di stabilità

Fig. 35 Sezione A-A' del rilevato in materiali inerti. Caratteristiche geometriche e stratigrafiche
Fig. 36 Sezione A-A' del rilevato in materiali inerti. Verifiche di stabilità. E' rappresentato il valore minimo del coefficiente di sicurezza
Fig. 37 Carta della vegetazione scala 1 : 5.000
Fig. 38 Rappresentazione schematica dell'impianto di irrigazione

DISEGNI FUORI TESTO

D31 Carta catastale scala 1 : 2.000
D32 Confronto tra limiti del progetto autorizzato, del nuovo progetto e del PTCP (su carta attuale) scala 1 : 1.000
D33 Carta geologico-strutturale con sezione scala 1 : 2.000
D34 Situazione attuale (adeguata a rilievo laser scanner) scala 1 : 1.000
D35 I e II fase: situazioni intermedie di coltivazione scala 1 : 1.000
D36 III fase: situazione finale di coltivazione scala 1 : 1.000
D37 Sezioni topografiche scala 1 : 1.000
D38 Regimazione delle acque superficiali in corso e al termine della coltivazione scala 1 : 2.000
D39 Regimazione delle acque superficiali dopo rimodellamento finale delle superfici scala 1 : 2.000
D40 Impianto di produzione inerti e filtropressa scala 1 : 1.000 / 1 : 500
D41 Recupero ambientale a breve termine Zonizzazione e particolari degli interventi scala 1 : 2.000
D42 Recupero ambientale definitivo – Rimodellamento finale del fronte - Planimetria e sezioni scala 1 : 1.000
D43 Recupero ambientale definitivo - Zonizzazione e particolari degli interventi scala 1 : 2.000
D44 Sovrapposizione del rilievo laser scanner sulla situazione attuale aggiornata (verifica di congruenza) scala 1 : 1.000
D45 Rapporti visivi tra cava e autostrada. Sezioni significative scala 1 : 1.000
D46 Stralcio mappa catastale. Aree demaniali e di pertinenza scala 1 : 500
D47 Opere di sistemazione della parte inferiore del Rio Fornace scala 1 : 500
D48 Bacini imbriferi nell'evoluzione dei lavori di coltivazione scala 1 : 2.500

1. PREMESSA

La relazione tecnica esposta nel seguito illustra il progetto di coltivazione e recupero ambientale della Cava Trevo, cava di proprietà del Comune di Vado L., il cui sfruttamento è stato dato in Concessione all'Impresa Giuggia Costruzioni a seguito di gara pubblica.
La cava, in attività da oltre 30 anni, è attribuita nel Piano Territoriale Regionale delle Attività di Cava alla tipologia "A", per la quale è possibile completare lo sfruttamento nell'ambito dei limiti del progetto autorizzato.

Il progetto esposto di seguito propone l'esaurimento delle riserve ancora disponibili e la sistemazione finale del sito; il progetto è soggetto alla procedura di Valutazione di Impatto Ambientale, ai sensi del D.lgs. 152/2006 e della Legge Regionale 38 del 30 dicembre 1998 (*Disciplina della valutazione di impatto ambientale*).

La relazione illustrativa comprende:

- presentazione del progetto
- inquadramento geologico
- progetto di coltivazione
- progetto di recupero ambientale.

In fascicoli a parte sono inoltre forniti:

- Piano di Gestione dei Rifiuti di estrazione
- Relazione paesaggistica.

Va precisato che la pratica di autorizzazione del progetto fu attivata in data 02 luglio 2013 e con provvedimento n. 911 del 18 luglio 2014 fu ottenuto un Parere interlocutorio negativo, che tuttavia lasciava aperta la possibilità di ripresentare la domanda e di ottenere il riavvio della procedura, a condizione di ottemperare ad alcune specifiche richieste di integrazione/adeguamento/approfondimento riguardo alla documentazione progettuale.

La relazione illustrativa che segue, oltre a rispondere puntualmente alle richieste, riprende e riunisce in un testo omogeneo i vari testi presentati in origine e nelle successive integrazioni. Analoga operazione di revisione e integrazione dei testi originari viene effettuata per i rapporti specialistici allegati al progetto.

Va sottolineato infine che il progetto recepisce la richiesta di introdurre un rimodellamento radicale della morfologia determinata dagli scavi, proponendo all'esaurimento della coltivazione la ricarica del piazzale di base e della fascia medio-inferiore dei fronti con un cospicuo riporto di materiali sterili (essenzialmente terre e rocce da scavo) e la sistemazione delle nuove superfici con ricostituzione di una copertura vegetale continua.
Dato che i tempi di realizzazione del rimodellamento completo dei fronti sono stimati in almeno 10-15 anni, si prevede comunque la realizzazione di un recupero ambientale a breve termine da attuare in stretta successione alle operazioni di coltivazione sulle superfici residuate dagli scavi, con modeste modifiche morfologiche, al fine di garantire una tempestiva ed efficace mitigazione dell'impatto paesaggistico dei fronti attivi oggi e nell'immediato futuro; successivamente si prevede il potenziamento dell'effetto di mitigazione con l'intervento di recupero a lungo termine da attuare sulle superfici che saranno modificate radicalmente con i riporti.

2. GENERALITA'

2.1 Ubicazione della cava

Il sito di cava è ubicato in territorio di Vado Ligure, in frazione S. Ermete, situata nell'entroterra montano, ad una distanza di circa 3 km dalla linea di costa. Il sito ricade nell'ambito del bacino del Torrente Segno, in corrispondenza della testata del tributario di destra Rio Fornace. L'esposizione dei fronti attuali è prevalentemente a NNW.
Nelle immediate vicinanze della cava, sul lato Ovest, si segnala il tracciato dell'Autostrada Genova – Ventimiglia, parte in esterno parte in galleria.

Il sito è raggiungibile attraverso la Strada Comunale Vado L. – S. Ermete e quindi, a partire da questo abitato, attraverso un breve tratto della Strada Vicinale Pria.

L'area estrattiva si sviluppa tra le quote 100 e 280 circa, su un versante con esposizione media verso Nord.

2.2 Terreni interessati

La cava è di proprietà del Comune di Vado Ligure; Giuggia Costruzioni ha la disponibilità di sfruttamento del giacimento e di installazione di impianti di lavorazione sulla base di un Atto di Concessione rilasciato dal Comune stesso.
I terreni in disponibilità della cava sono individuati sull'estratto di Carta Catastale del dis. D31; in particolare sono interessati i mappali 12, 14 (parte) e 154 del Foglio 39.

Va precisato che all'interno dell'area in Concessione e dell'area di cava già interessata dai lavori pregressi sono comprese porzioni di superfici di pertinenza demaniale ospitanti l'alveo del Rio Fornace. Attualmente tali superfici, in particolare quelle ricadenti sulla fascia Ovest del piazzale di base, sono interessate esclusivamente dagli accessi alle zone operative e non saranno in nessun caso toccate dai futuri lavori di coltivazione. Nell'ambito della pratica di autorizzazione del progetto è prevista anche la regolarizzazione dei titoli di disponibilità per i terreni demaniali coinvolti; a tal fine è già stata impostata e sarà presentata da parte del Comune, proprietario dei terreni limitrofi, una pratica di Concessione demaniale corredata da un progetto di sistemazione e adeguamento dell'alveo con relative verifiche di compatibilità idraulica: tali opere sono state recepite anche nel presente progetto, al fine di raccordare correttamente alla rete naturale le opere di regimazione delle acque proposte in cava.

La superficie complessivamente interessata dalla cava, pari a 148.100 m², è così suddivisa:

- area già sfruttata e sistemata 44.000 m²
- area in attività ancora da sfruttare 79.500 m²
- area di piazzale operativo 16.200 m²
- aree marginali di deposito e strade 8.400 m².

La superficie complessiva dell'area in Concessione dal Comune ammonta a 153.200 m². Nella superficie complessiva sono comprese anche le aree demaniali ricadenti nei limiti della Concessione comunale.

Nel dis. D32 è rappresentato il quadro delle aree interessate dal progetto confrontate con le aree attualmente autorizzate e con i limiti della pianificazione territoriale.

2.3 Situazione delle autorizzazioni

L'esercizio della cava della cava risulta sino ad ora autorizzato alla ditta CAVA TREVO s.r.l., con sede in Vado Ligure, in virtù del provvedimento della G.R. n. 658 del 17.06.2005 (successivamente integrato con D.G.R. n° 796 del 15.07.2005); con tale provvedimento è stata rinnovata per anni 10 l'autorizzazione all'esercizio dell'attività estrattiva subordinata all'osservanza delle ulteriori prescrizioni riportate nel verbale della Conferenza dei servizi decisoria del 16.02.2005 e alle condizioni a suo tempo stabilite con la deliberazione G.R. n. 7267 del 21.10.94 che recepiva gli elaborati progettuali già approvati con provvedimento n. 3819 del 26.07.1991. L'atto autorizzativo del 2005 assorbe anche l'autorizzazione regionale sul vincolo idrogeologico di cui alla L.R. 4/1999.

Risulta invece appena scaduta l'autorizzazione paesaggistica, ai sensi del D.Lgs. 42/2004 "Codice dei beni culturali e del paesaggio", rinnovata con decreto Dir. Dipartimento Urbanistica - Tutela del Paesaggio della Regione Liguria n. 3458 del 9.11.2010 con validità di 5 anni.

Va precisato che il progetto approvato è conforme al Piano Regionale Territoriale delle Attività di Cava (PTRAC), ricadendo all'interno dell'area individuata nella scheda di progetto cave n. 52 (sigla 36 SV), sottoposta a regime normativo di "cava di tipo A".

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

3.1 Assetto geologico

L'inquadramento geologico-geomorfologico del sito di cava è rappresentato nel dis. D33.
La cava Trevo è situata sul versante settentrionale del M. Mao, all'interno del bacino del torrente Segno. Il versante è inciso da una serie di solchi vallivi che si sviluppano in direzione NNO verso il corso d'acqua principale. Le dorsali che separano le vallecole secondarie, all'interno di una delle quali è aperta la cava, sono caratterizzate da morfologia acclive, con pendenze dell'ordine di 30°-35°. Gli affioramenti rocciosi sono tuttavia relativamente rari; una vegetazione boschiva più o meno fitta si sviluppa su una copertura di suolo generalmente sottile.

I fronti di cava sono aperti all'interno di una sequenza dolomitica di pertinenza Brianzonese appartenente alla formazione Anisico – Ladinica delle Dolomie di San Pietro dei Monti[1]. Alla base della sequenza dolomitica, nel primo tratto della pista di arroccamento della cava, affiora una sottile successione quarzitica (Quarziti di Ponte Nava), in continuità stratigrafica con le dolomie. La sequenza quarzitico – dolomitica è in gran parte sovrascorsa sulle successioni permiane della formazione degli Scisti di Gorra, affioranti lungo il rio che costeggia la pista di arroccamento a monte degli affioramenti di quarzite.

Da un punto di vista idrogeologico il substrato dolomitico ha una permeabilità medio - alta per fratturazione e carsismo, e rappresenta un acquifero dotato di buone risorse idriche. Le quarziti hanno permeabilità media per fratturazione; gli scisti di Gorra hanno caratteristiche di bassa permeabilità per fratturazione, con caratteristiche di *aquitard - aquiclude*.

3.2 Assetto strutturale

La sequenza dolomitica, costituita da dolomie in strati da sottili a medi, affiora sui fronti meridionali ed orientali della cava. Nel settore occidentale le dolomie poggiano sulla successione permo-carbonifera degli Scisti di Gorra rappresentata, lungo il rio che delimita ad ovest la cava e lungo il quale è in gran parte impostato il contatto, da scisti quarzo-sericitici e da meta vulcaniti di colore verdastro. Tale geometria conferma il sovrascorrimento della sequenza dolomitica sugli Scisti di Gorra.

[1] I riferimenti stratigrafici ed i nomi formazionali sono tratti dal foglio 92-93 Albenga-Savona a scala 1:100.000 della Carta Geologica d'Italia.

Quarziti ed associati scisti quarzoso micacei affiorano a monte del piazzale di base di quota 105 m s.l.m., lungo il primo tratto della pista di arroccamento.

L'assetto strutturale, a traversopoggio con orientazione grosso modo costante nel fronte orientale ed in gran parte dei gradoni del fronte meridionale (immersione verso NE ed inclinazione variabile, da sub-verticale a 45°), muta a reggipoggio nella parte inferiore del fronte meridionale e nelle scarpate del breve fronte occidentale, che scende sul piazzale di quota 105 m s.l.m.
Nel settore superiore del fronte orientale la stratificazione ha un assetto monoclinale con inclinazione media significativamente più bassa dei valori che caratterizzano il settore inferiore del fronte.



Fig. 1 – Piega ad asse sub - orizzontale sulle scarpate dei gradoni a monte del piazzale di quota 140 m s.l.m. circa (in blu la stratificazione, in rosso una delle faglie principali).

La variazione di immersione della stratificazione può essere fatta risalire ad una piega antiforme coricata di dimensioni ettometriche, a fianchi piani (tendenzialmente di tipo *chevron*), caratterizzata da numerose pieghe parassite, che deforma la sequenza dolomitica. La cerniera, con asse circa orizzontale e di direzione ESE – ONO, è collocabile nella parte centrale del fronte Sud, grosso modo intorno a quota 170-180 m s.l.m.; il piano assiale, di difficile misurazione, immerge verosimilmente verso N – NE. Il fianco

superiore ha immersione verso NE, quello inferiore verso SO. La struttura è complicata, oltre che da pieghe minori di scala metrica, da numerose faglie, più frequenti verso il limite con la successione permo-carbonifera, con andamento prevalente NO - SE ed immersione orientale, sia nella parte superiore che nella parte inferiore del fronte meridionale e nel piazzale di base, dove la zona di cerniera risulta anche in gran parte coperta.

Nel gradone inferiore del fronte orientale si osserva solamente una flessura, per variazione della pendenza della stratificazione, da mediamente inclinata (50°-60°) a sub verticale (85°-90°).

Complessivamente le faglie rilevate appartengono a due sistemi principali (fig. 3). Per analogia con la denominazione dei sistemi di frattura, il sistema F1 ha orientazione NNE-SSO; il sistema F2 ha direzione variabile, da NO-SE a ONO-ESE, con elevata immersione sia a N che a S.

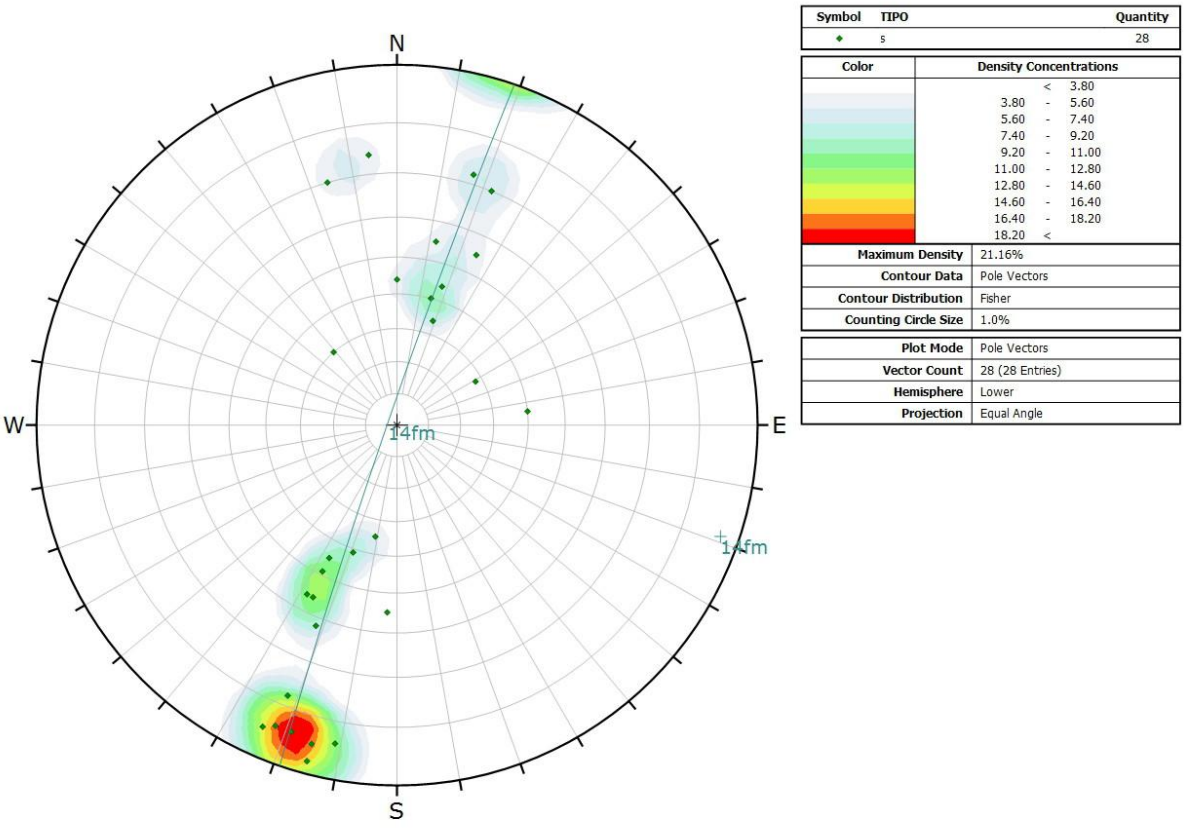


Fig. 2 – Dispersione delle misure della stratificazione nell'area della piega; la disposizione rappresentata indica un asse orientato in direzione ESE-ONO con inclinazione di pochi gradi verso ESE (sigla 14fm).

Le faglie sono sovente associate a brecce e cataclasiti prevalentemente coerenti. L'effetto sulle caratteristiche di resistenza dell'ammasso roccioso è significativo a scala locale, cioè del singolo gradone, ma non appare rilevante, tenuto conto della giaciture prevalentemente sub-verticali, alla scala del versante nel suo insieme.

La carta geologico-strutturale è riportata nel dis. D33.

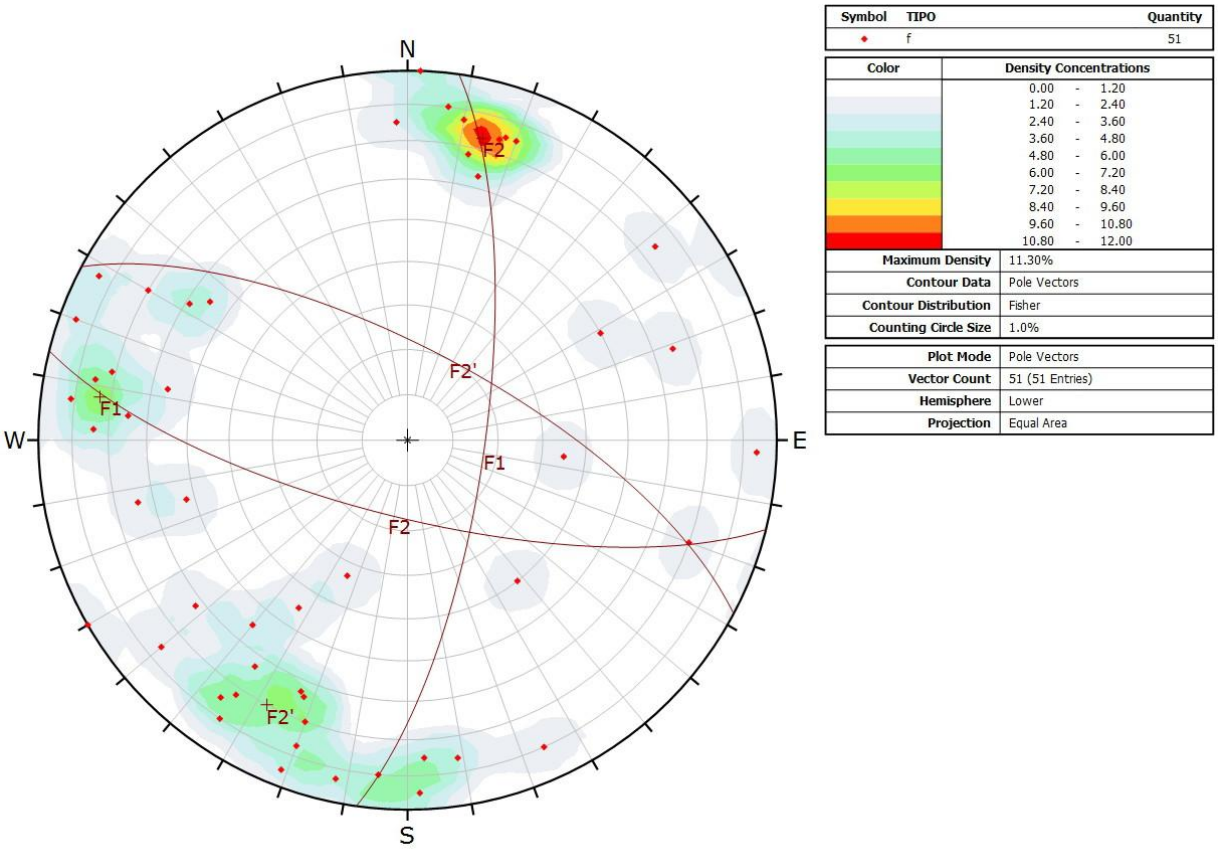


Fig. 3 – Distribuzione delle faglie nell'intero ambito di cava.

4. PROGETTO DI COLTIVAZIONE

Il progetto illustrato di seguito, essendo la cava in avanzato stato di sfruttamento, si pone l'obiettivo di:

- esaurire le riserve residue ancora disponibili nell'ambito del progetto precedentemente autorizzato
- effettuare, in contemporanea con la coltivazione, il rimodellamento e il recupero ambientale tempestivo dei fronti esauriti con una profilatura leggera della morfologia residuata dallo scavo e con il ripristino della coltre vegetale
- eseguire, nella fase successiva all'esaurimento della coltivazione, ulteriori e più massici interventi di rimodellamento sul settore inferiore dei fronti mediante riporto di un grande volume di materiali provenienti dall'esterno e completare la sistemazione morfologica e il recupero ambientale delle nuove superfici di riporto (in accordo con quanto richiesto in sede di Conferenza dei Servizi della precedente procedura di VIA).

4.1 Aggiornamento della topografia della cava

Il rilievo dello stato attuale della cava contenuto nel dossier di progetto presentato in data 02 luglio 2013 al SUAP di Vado Ligure con domanda di Valutazione di Impatto Ambientale deriva da un rilievo aerofotogrammetrico originario elaborato dalla soc. Alifoto di Torino sulla base delle riprese aeree del 21 maggio 2010, aggiornato successivamente con rilievo a terra in data gennaio 2013.
Nel corso dell'istruttoria di VIA, essendo emerse difformità tra il progetto autorizzato e la configurazione dei fronti riscontrata in date più recenti, su richiesta della Commissione VIA, a scopo di verifica, è stato eseguito in data 15 maggio 2014 da parte di ARPAL una ripresa mediante tecnica Laser-Scanner, sulla base della quale è stata restituita la carta a curve di livello relativa alla stretta area dei fronti di cava.
Tale carta, messa a disposizione da parte del Comune di Vado L., è stata quindi utilizzata per aggiornare ulteriormente la cartografia di progetto in corrispondenza delle zone difformi, che mostravano locali modifiche della morfologia dei fronti in corrispondenza dell'alzata sopra quota 105 e della spianata di quota 140 circa con relativa alzata.
L'aggiornamento è stato eseguito mediante sovrapposizione dei due rilievi, verifica delle aree difformi e successiva correzione delle curve di livello secondo la configurazione più recente.

La carta corretta è stata utilizzata come base della situazione attuale per i disegni di progetto.

Al fine di confermare la congruenza tra il rilievo assunto come base di progetto e quello ricavato dalla ripresa Laser-Scanner, nel dis. D44 viene fornita la sovrapposizione tra le due carte, evidenziando le relative curve di livello con diverso colore. Dal confronto si osserva che:

- la delimitazione delle pedate e delle alzate dei gradoni mostra una buona coincidenza, pur con le inevitabili leggere differenze nella forma delle isoipse, dovute alle diverse tecniche di restituzione (automatica, mediante software di elaborazione delle superfici, nel caso del Laser-Scanner, manuale nel caso dell'aerofotogrammetria)
- la rappresentazione dei manufatti presenti sul piazzale di base e sulla spianata di quota 140 circa sulla carta Laser-Scanner mostra forti anomalie di forma, non essendo evidentemente stato fatto il lavoro di rielaborazione manuale normalmente richiesto per restituire le linee rette e le forme geometriche artificiali
- la rappresentazione del fronte inferiore a SW dell'impianto di betonaggio mostra una difformità rispetto al rilievo aerofotogrammetrico (costituita da un maggior avanzamento della scarpata e una minore inclinazione), non giustificata dalla morfologia riscontrabile oggi anche solo con un esame macroscopico o con confronto di fotografie; tale difformità potrebbe dipendere dalle condizioni di copertura locale (parziale) del fronte rispetto al punto di ripresa con Laser-Scanner terrestre.

Sulla base delle osservazioni sopra esposte per l'area del piazzale di base e della spianata di quota 140 circa, interessate da impianti e fabbricati, e per il settore del fronte a SW dell'impianto di betonaggio sulla cartografia di progetto è stato mantenuto valido il rilievo aerofotogrammetrico, mentre per le altre aree è stata recepita, come detto, la configurazione derivata dal rilievo Laser-Scanner.

4.2 Situazione attuale dell'area interessata dal progetto

Attualmente la cava si presenta in stato avanzato di sfruttamento, avendo coinvolto con i fronti di scavo la quasi totalità della superficie contenuta all'interno del limite di Piano Cave.
I fronti si sviluppano con una forma ad imbuto tra l'asse del Rio Fornace ad Ovest e l'asse di un rio secondario disposto secondo la direzione SE-NW lungo un'incisione rettilinea ben marcata; in verticale i fronti occupano un dislivello di quasi 200 metri, tra la quota minima 105 m circa e la quota massima 195 m circa.
Nella tavola di zonizzazione (dis. D34) si distinguono:

- la fascia sommitale compresa tra le quote 170 e 295 circa, esaurita e rimodellata a gradoni parte in roccia e parte in riporto; l'inclinazione media della superficie è intorno a 35° sull'orizzontale; sulla superficie rimodellata non è stato ricostituito lo strato agrario e pertanto la vegetazione è limitata ad una rada cotica erbosa che presenta uno sviluppo estremamente lento e una copertura discontinua
- la fascia intermedia compresa tra la spianata di quota 140 circa e il limite della fascia rimodellata disposta a quote variabili da 170 a 230 m; si tratta di un settore sagomato secondo una geometria a gradoni irregolari ad alzate di altezza variabile e con pedate discontinue, collegati da rampe di raccordo ad inclinazione elevata
- la spianata intermedia a quota 140 circa della larghezza media di circa 50 m, raccordata al piazzale di base attraverso un'alzata unica di circa 35 m; la spianata nel settore Ovest ospita un cumulo di limi di lavaggio alto una quindicina di metri ed ospita inoltre le residue strutture di un impianto di frantumazione
- il piazzale di base a quota 105 m circa che ospita, oltre all'impianto di un'impresa esterna, cumuli vari di materiali inerti; sempre sullo stesso piazzale, in area esterna alla Concessione, al limite Nord, è presente un secondo impianto di trattamento e stoccaggio di inerti.

La spianata attiva di quota 140 è raggiungibile attraverso la pista che si sviluppa alle spalle dell'impianto dell'impresa esterna e quindi corre lungo il limite Ovest dell'area in Concessione; la pista raggiunge poi la sommità del cumulo di limi e successivamente prosegue con un tracciato a forte pendenza fino alla sommità della cava.

4.3 Livelli produttivi

Il minerale estratto dalla cava è destinato ad approvvigionare la materia prima all'impianto di produzione di inerti che sarà realizzato nell'ambito del sito.
Il quantitativo annuo di materiale richiesto alla cava in funzione dei fabbisogni previsti è pari a 150.000 m^3 di roccia in posto, pari a 375.000 t.

4.4 Limiti di coltivazione

Il progetto prevede la coltivazione della cava nell'ambito dei limiti stabiliti con i precedenti progetti, peraltro già in buona parte definiti con i lavori pregressi di sfruttamento.
Solo nel settore NE, dove i fronti attivi non hanno ancora raggiunto il limite di progetto, al fine di ridurre l'inclinazione della scarpata finale, migliorare il

raccordo delle superfici di scavo con il versante naturale adiacente e creare migliori condizioni morfologiche per gli interventi di recupero ambientale, si prevede di introdurre un modesto arretramento della linea stabilita originariamente. Il modesto ampliamento della superficie di scavo rimane in ogni caso all'interno del limite di Piano Cave e mantiene un franco di almeno 10 metri rispetto alla linea di impluvio secondaria presente immediatamente a NE.

4.5 Metodo di coltivazione

Nel futuro la coltivazione della cava sarà sviluppata con il metodo per fette orizzontali discendenti già adottato almeno nel passato recente in cava.
Secondo tale metodo la coltivazione viene iniziata a partire dall'alto e viene sviluppata operando per ribassi successivi di singole fette di giacimento; in ogni momento il fronte attivo è limitato ad una singola fetta dello spessore di 15 metri; sui due piani che delimitano la fetta superiormente ed inferiormente si svolgono rispettivamente le operazioni di perforazione dei fori da mina ed il carico dell'abbattuto: all'esaurimento di ogni fetta di giacimento è possibile intervenire immediatamente con le operazioni di recupero ambientale sulle superfici in abbandono.

Il ciclo operativo di cava comprende le seguenti operazioni:

- abbattimento al fronte, impiegando esplosivo (prevalentemente tipo slurry ed anfo) collocato in fori da mina a chiodo
- carico al fronte mediante pala gommata, invio per gravità alla spianata di quota 140, ripresa con pala meccanica e camion e trasporto all'impianto di frantumazione.

4.6 Geometria dei fronti

La configurazione proposta per il fronte in abbandono prevede un profilo a gradoni disposti ad intervalli di 15 metri, caratterizzati da inclinazione media variabile in funzione dell'esposizione:

- fronte esposto mediamente a NNW (fronte principale) e fronte esposto a ENE (fronte minore): inclinazione della superficie di inviluppo pari a circa 35° con pedate larghe circa 6-8 m ed alzate inclinate a circa 65°, ricaricate per buona parte con materiale grossolano ricoperto con uno strato di terra
- fronte esposto a Ovest (fronte secondario): inclinazione della superficie di inviluppo intorno a 32-33° con pedate larghe circa 8-10 m; anche in questo caso si prevede la ricarica dell'alzata con materiale grossolano e terra in superficie

- fronte di transizione tra i due fronti precedenti: inclinazione della superficie di inviluppo pari a circa 45° con pedate larghe circa 3-4 m ed alzate inclinate a circa 65°; l'inclinazione è condizionata dallo stato attuale, già fortemente arretrato, che non consente margini di rimodellamento, se non la riprofilatura secondo un assetto a gradoni.

Gli schemi di modellamento del fronte sono rappresentati nel dis. D41.

4.7 Fasi di coltivazione

4.7.1 I fase (preparazione)

Nella fase di preparazione sono previsti (vedi diss. D35 e D37):

- l'arretramento del fronte principale– settore Ovest, tra le quote 140 e 105 per ricavare lo spazio per il nuovo impianto di lavorazione e per i cumuli di stoccaggio
- l'installazione dell'impianto di comminuzione e selezione del materiale
- il ribasso parziale della spianata 140 per l'avvio della produzione di materiale utile
- il rimodellamento del deposito di limi esistente sulla fascia Ovest della cava tra le quote 140 e 155 circa: l'intervento ha semplicemente lo scopo di migliorare il tratto inferiore della pista di arroccamento, realizzando una rampa su riporto dotata di dimensioni e pendenza idonea per il transito dei mezzi d'opera; l'intervento comporterà la riprofilatura della scarpata attuale mediante un leggero arretramento per ricavare una rampa obliqua ed un gradino alla sommità; tutte le nuove scarpate di scavo saranno modellate secondo pendenze stabili ed idonee per il successivo recupero a verde.

4.7.2 II fase

Le operazioni di coltivazione previste nella II fase comprendono essenzialmente (vedi dis. D35 e D37):

- sistemazione dell'accesso al gradone di quota 230 già in parte tracciato sul fronte Est e prosecuzione del tracciamento in direzione NE fino al limite di ampliamento stabilito in progetto con contemporanea profilatura definitiva dell'alzata residua soprastante
- sfruttamento mediante ribasso del gradone 230, operando su una fetta di 15 m di spessore per tutta la lunghezza del fronte Est e profilando in via definitiva l'alzata residua

- prosecuzione del ribasso, operando per singole fette di 15 metri e profilatura secondo la geometria di progetto delle scarpate man mano esaurite (inclinazione media variabile da 45° a 32° andando da SW a NE); alla quota 190 rappresentata nel dis. D35 la spianata di coltivazione raggiungerà un'ampiezza idonea per garantire la produzione a regime della cava.

A partire dalla nuova rampa su riporto realizzata nella I fase, per l'accesso alla sommità del fronte Est sarà utilizzata la pista esistente, impostata in prossimità dell'impluvio del Rio Fornace, transitando sulle diverse pedate dei gradoni esauriti.
Per la movimentazione del materiale abbattuto sarà attivato un cono di gettito tra la spianata attiva e il piazzale intermedio di quota 140-135 m; la ripresa e il trasporto del materiale fino all'impianto di frantumazione sarà effettuato con pala gommata più camion.
All'esaurimento di ogni fetta di coltivazione sarà effettuato il rimodellamento definitivo, secondo la geometria di progetto, della relativa alzata ed il recupero ambientale della superficie finale (vedi dis. D35 – II fase di coltivazione).
Dati gli spazi di manovra piuttosto esigui, soprattutto in corrispondenza del settore di transizione tra fronte Sud e fronte Est, le operazioni di riporto di materiale grossolano e terra contro le scarpate residue a fini di rimodellamento e i successivi interventi di rinverdimento saranno effettuati prima dell'esaurimento di ciascuna fetta di coltivazione. In tal modo, oltre ad una maggior efficacia di intervento, si potrà anticipare la sistemazione del fronte esaurito con evidenti benefici di mitigazione, già nel corso dei lavori, dell'impatto visivo delle superfici artificiali create con l'intervento.

4.7.3 III fase

Le operazioni di coltivazione previste nella III fase comprendono essenzialmente:

- prosecuzione del ribasso della spianata attiva limitatamente al settore Est fino al raggiungimento della quota di ribasso 140-135 m, dove si realizzerà il ricongiungimento con la spianata già oggi tracciata e solo parzialmente ribassata nella I fase
- ripresa della coltivazione su tutta la larghezza del fronte da Ovest a Est e prosecuzione dei ribassi per fette di 15 metri
- esaurimento della coltivazione al raggiungimento della quota del piazzale di base (quota 100 m).

La situazione prevista al termine della coltivazione è rappresentata in pianta e sezioni rispettivamente nei dis. D36 e D37.

Per quanto riguarda la sistemazione delle superfici esaurite si sottolinea che lavori di rimodellamento e recupero ambientale procederanno in immediata successione ai lavori di coltivazione, rilasciando ad ogni ribasso una nuova porzione di fronte sistemata in via definitiva. Considerando che le superfici di cava maggiormente responsabili dell'impatto visivo sono quelle relative ai fronti superiori, mentre la fascia inferiore della cava già oggi non è quasi percepibile dai punti di vista più significativi della zona (percorso autostradale e zona abitata di S. Ermete), si può affermare che, una volta raggiunta la quota della spianata intermedia (quota 140 m), l'impatto residuo della cava sarà sensibilmente ridotto, grazie alla copertura visiva del cantiere attivo, e sarà destinato a ridursi ulteriormente in conseguenza della graduale affermazione delle opere a verde introdotte con gli interventi di recupero.

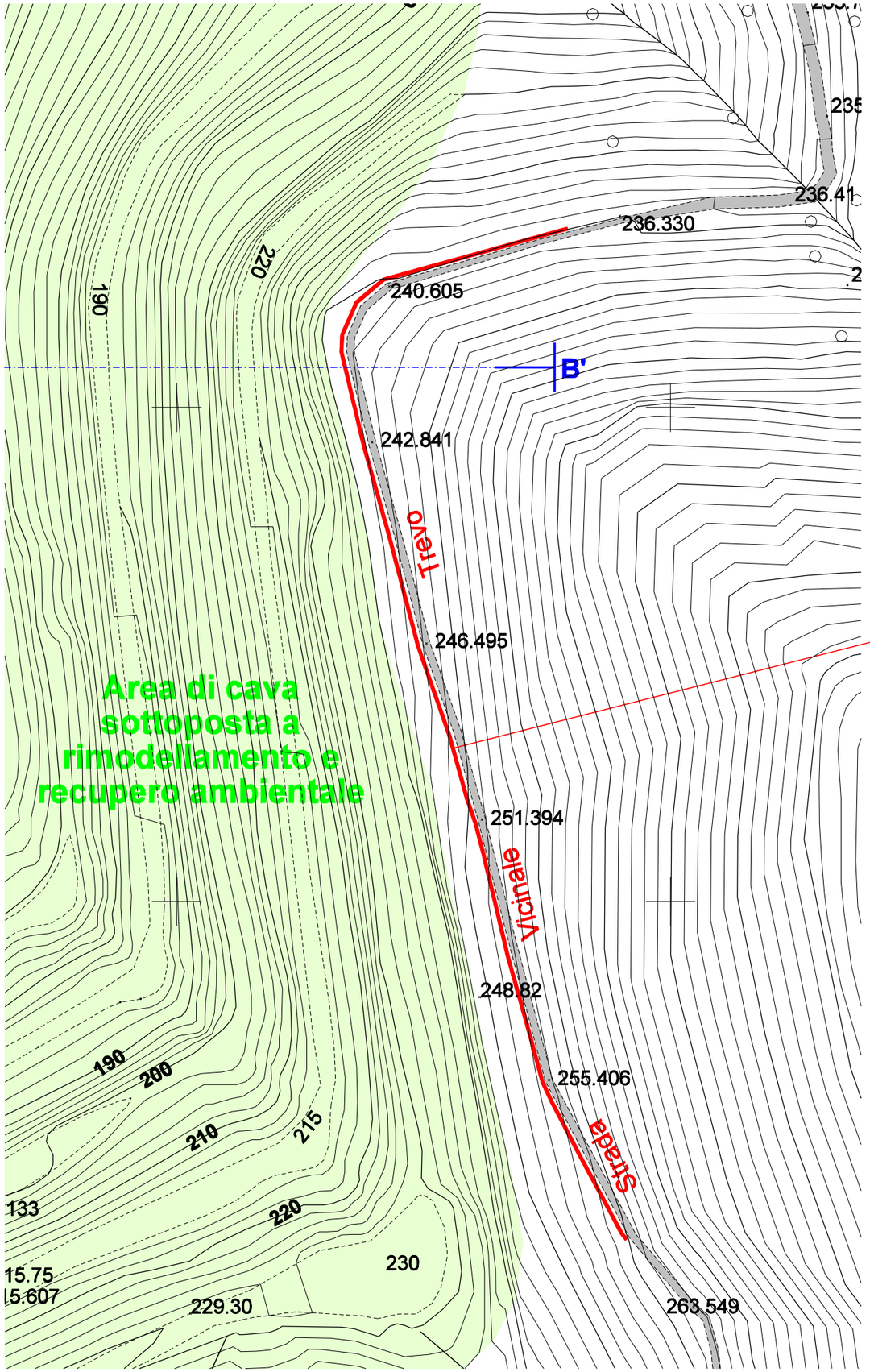
4.8 Viabilità interna alla cava

La viabilità attuale di accesso ai fronti è stata tracciata nel corso della coltivazione pregressa e sarà mantenuta, con i dovuti adeguamenti e sistemazioni anche per le operazioni future.
In particolare si prevede il rimodellamento del cumulo di limi esistente sopra quota 140 – settore Ovest - allo scopo di modificare nel senso di una minore pendenza la rampa esistente e ripristinare l'accesso al gradone di quota 155.
Per raggiungere le quote superiori del settore Est sarà utilizzata la pista di arroccamento presente sul limite Ovest della cava e sarà man mano ripristinata l'agibilità dei diversi gradoni fino al livello 215, attraverso il quale mediante la rampa esistente sarà raggiunta la quota 230 costituente il limite superiore di ripresa del fronte.

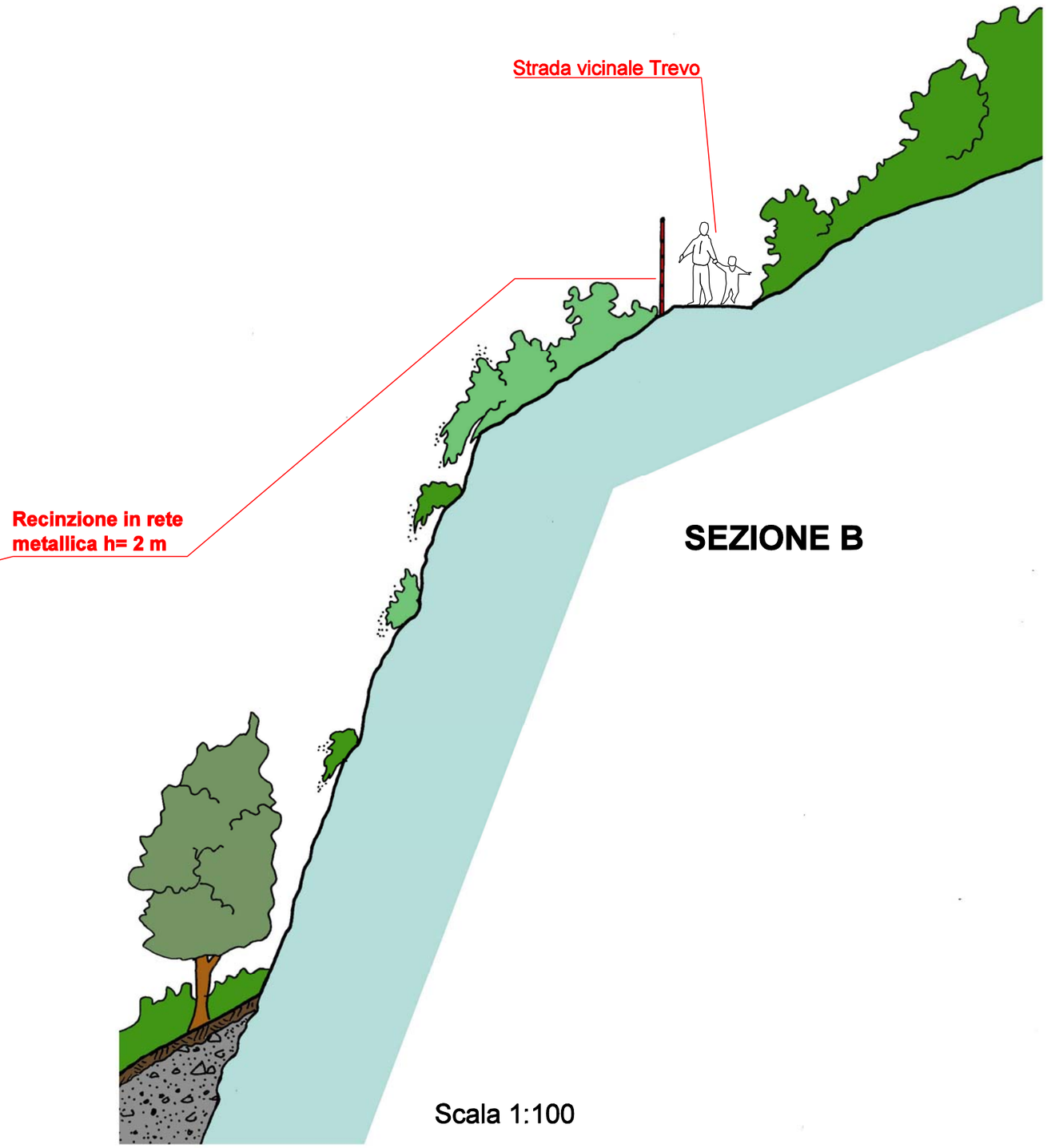
Nelle fasi successive di coltivazione il settore Est del fronte sarà sempre accessibile attraverso la spianata attiva che si abbasserà progressivamente con il ribasso della coltivazione.

4.9 Tutela della fruibilità della Strada vicinale Trevo

E' stata fatta la verifica del rischio di interferenza tra l'area di futura coltivazione e il tracciato della Strada Vicinale Trevo che contorna la cava, prima sul lato Est quindi sul lato Sud, per raggiungere poi la sommità della dorsale Bric Colombino – M. Mortou. Si tratta di una strada sterrata, priva di protezioni e segnalazioni particolari, utilizzata prevalentemente da mezzi fuoristrada.



Scala 1:1.000



Scala 1:100

GEOMIN srl geologia cave miniere	*GIUGGIA COSTRUZIONI srl* - **Cava TREVO** Protezione della strada vicinale Trevo	FIG. N° : **4**

Nel tratto compreso tra i punti quotati 240,605 m e 255,406 m, in cui si ha la minima distanza tra limite di cava (fronti Est) e piano viabile, la strada è separata rispetto al ciglio del fronte superiore mediante una fascia di bosco di media taglia della larghezza di circa 5 metri.
Per segnalare la presenza della cava, impedire l'accesso di persone estranee e materializzare il limite della carreggiata per la sicurezza dei veicoli in transito si prevede di installare una recinzione metallica alta 2 metri lungo il ciglio stradale nel tratto di circa 240 metri rappresentato in fig. 4. Lungo tutto il tratto indicato saranno inoltre posti i cartelli ammonitori previsti dalla normativa, a distanze tali da consentirne la visibilità continua per tutto il percorso.

4.10 Regimazione delle acque superficiali

Generalità

L'area interessata dalla cava occupa la porzione medio-superiore del bacino idrico secondario drenato dal Rio Fornace, tributario di sinistra del T. Segno. Tale parte del bacino è quasi interamente impostata sul substrato calcareo-dolomitico altamente permeabile per fratturazione, mentre la parte inferiore ricade su rocce scistoso-filladiche poco o nulla permeabili.
La circolazione superficiale nel settore medio-superiore del bacino risulta molto limitata e saltuaria, in relazione all'alta permeabilità del substrato; se ne ha conferma dall'osservazione dei rii naturali, privi di indizi di deflusso ed erosione e normalmente invasi dalla vegetazione, e delle superfici dei fronti esauriti che anche nelle aree interessate da riporti superficiali non mostrano effetti di ruscellamento concentrato o di dissesti di origine idraulica.
I lavori di coltivazione pregressi hanno coinvolto, in accordo con il progetto approvato, alcuni rami minori della rete idrica naturale, aventi peraltro il carattere di linee di deflusso temporaneo, normalmente secche, attive solo in occasione di eventi meteorici intensi e prolungati. La cava pertanto riceve attualmente il contributo della modesta porzione di bacino naturale sovrastante il limite di scavo, corrispondente alla fascia compresa tra le quote 270-290 e le quote 340-370 del crinale spartiacque.

Situazione attuale della rete idrica

La rete idrica attuale di pertinenza della cava consiste essenzialmente in (vedi dis. D38):

- un collettore laterale lungo il limite Ovest, ricavato lungo il tracciato della pista di arroccamento, che segue approssimativamente l'asse del

rio naturale originario (Rio Fornace) e costituisce una sorta di canale di guardia, raccogliendo le acque di parte del versante a sinistra della cava e convogliandole lungo il limite Ovest del fronte fino al piazzale di base; sopra quota 190 circa il collettore si interrompe e le acque provenienti dal bacino naturale soprastante e dai fronti vengono convogliate mediante scaricatori in roccia sulla spianata di quota 144 e poi nell'area infossata di quota 138, dove vengono smaltite per infiltrazione

- un collettore laterale impostato lungo la linea di intersezione tra fronte principale e fronte Est, poggiante direttamente sul substrato roccioso; questo collettore è alimentato da due rii minori estesi brevemente sopra il limite di cava e dai gradoni adiacenti modellati con immersione verso l'impluvio; anche in questo caso il sistema di raccolta termina sulla spianata 140 e confluisce nella fossa di quota 138
- un collettore terminale impostato sul settore Nord del piazzale di base, costituito da due manufatti scatolari in c.a. separati da un setto (sezione singolo scatolare 2 m x 1,85 m) della lunghezza complessiva di circa 80 m, aventi scarico nell'alveo naturale del Rio Fornace; il collettore riceve attraverso griglie di raccolta le acque superficiali provenienti dalla rete di cava e dal ruscellamento sul piazzale; inoltre riceve le acque di una tubazione proveniente dall'impianto di betonaggio presente sul piazzale e di due tubazioni alimentate da un bacino esterno alla cava, ubicato in sinistra idrografica.

Va rilevato che la rete si trova attualmente in uno stato precario e necessita di interventi di adeguamento sia a livello dei fronti di cava che soprattutto a livello del piazzale di base.

Situazione della rete idrica in corso di coltivazione

Nel corso della I fase di coltivazione si prevede innanzitutto di ripristinare, a partire dalla quota 215 circa, la continuità dell'alveo del Rio Fornace sulla fascia Ovest della cava mediante (vedi dis. D38):

- formazione di un canale in scavo approssimativamente sull'asse del rio naturale, passante, dall'alto verso il basso, sul limite Ovest del fronte, poi sulla sommità del cumulo di riporto, quindi a lato della pista di arroccamento per scaricarsi nel bacino di calma previsto alla base del fronte
- realizzazione, a partire dal bacino di calma, di un alveo artificiale, parte a cielo aperto parte intubato, collegato al collettore terminale esistente.

Nello stesso alveo ripristinato sarà fatta confluire la quota di deflussi proveniente dalla rete naturale e dall'area superiore della cava, realizzando un canale di gronda sulla pedata del gradone 215.

Nella parte di cava sotto quota 215 sarà mantenuto l'assetto attuale della rete, semplicemente adeguandolo alle modifiche morfologiche man mano prodotte dalla coltivazione; in particolare si prevede:

- ripristino del collettore Ovest sul cumulo di riporto
- formazione di un invaso di raccolta sulla spianata 135 (modellando il piano in contropendenza verso il fronte), dotandolo di uno sfioro verso il piazzale di base
- formazione sul fronte Est di aree di raccolta al piede dei fronti con sfioro a cascata sulle spianate sottostanti fino all'invaso principale sul piazzale di base
- realizzazione lungo tutto il piede del fronte, di una canaletta di raccolta con derivazione dall'invaso principale e scarico nel bacino di calma a SW; la canaletta raccoglierà tutti i contributi dai fronti.

Situazione della rete idrica all'esaurimento della coltivazione

Nell'evoluzione futura della morfologia della cava verrà mantenuta la separazione tra l'alveo ripristinato del Rio Fornace e il bacino di cava e sui fronti verrà gradualmente realizzata la rete temporanea, destinata a permanere attiva durante la fase di rimodellamento definitivo della cava.
In particolare si prevede la suddivisione del fronte in 3 bacini mediante conferimento di un'opportuna pendenza longitudinale alle pedate dei gradoni (vedi dis. D38):

- bacino SW (formato dal fronte Ovest e da parte del fronte Sud): mantenimento del collettore realizzato su riporto e integrazione nella parte inferiore con uno scaricatore in roccia in corrispondenza dell'intersezione tra fronte Ovest e fronte Sud; il deflusso sarà regimato in corrispondenza delle pedate dei gradoni mediante due ali in blocchi da scogliera (vedi particolare nel dis. D38)
- bacino SE (formato da parte del fronte Sud e del fronte Est): nel corso della profilatura definitiva del fronte, ricostruzione graduale del collettore attuale secondo una configurazione di scaricatore in roccia, in analogia con quello previsto sul settore SE
- bacino Est (formato da parte del fronte Est): modellamento delle pedate dei gradoni con pendenza longitudinale idonea per scaricare le acque nella linea di impluvio naturale immediatamente adiacente, parcellizzandone la portata a livello di ogni gradone

- piazzale di base: formazione di due invasi di raccolta e laminazione delle acque nella fascia alla base del fronte in corrispondenza dei collettori in roccia; realizzazione di una canaletta di sfioro e scarico collegata al bacino di calma presente a SW alla testa del collettore terminale.

Situazione della rete idrica al completamento del rimodellamento finale

Al termine delle operazioni di rimodellamento del fronte mediante formazione del grande cumulo di riporto tra la quota del piazzale di base e la pedata di quota 155 la rete idrica artificiale creata sul piazzale a servizio delle fasi di coltivazione potrà essere smantellata ed essere sostituita con una rete a cielo aperto idonea per restituire il sito all'uso naturalistico.
La sistemazione finale della rete prevede (vedi dis. D39):

- formazione della rete definitiva sulla scarpata mediante canalette di livello sui gradini residui, cunette di raccolta a lato della pista, scaricatori verticali protetti sul pendio; la protezione sarà realizzata con traverse in legname e pietrame
- ricostruzione dell'alveo del Rio Fornace a cielo aperto sulla fascia demaniale occupata in precedenza dall'alveo naturale; il tracciato planimetrico per ovvi motivi di funzionalità sarà ricostruito con andamento lineare; la sezione di deflusso sarà ricavata con scavo parte in riporto parte in roccia, realizzando una forma a trapezio molto svasato per ottenere sponde con bassa pendenza
- formazione, al piede della scarpata ricostruita, di una vasca di smorzamento e di raccolta del deflusso, avente anche funzione di decantazione del solido trasportato; la vasca sarà limitata a valle da una soglia rialzata di sfioro con funzione di trattenuta, sulla quale si innesterà l'alveo ricostruito
- collegamento all'alveo naturale del rio all'estremità Nord del piazzale attraverso una soglia in roccia; si rileva che a valle del raccordo l'alveo prosegue incassato in roccia, quindi in condizione stabile, fino all'innesto nella tombinatura che sottopassa il rilevato dell'autostrada.

4.11 Impianto di produzione di inerti e fabbricati di servizio

L'illustrazione degli impianti e dei fabbricati da realizzare a servizio dell'attività estrattiva sono illustrati nella documentazione progettuale specifica contenuta nel fascicolo monografico a sé stante facente parte del dossier di progetto.

Impianto di lavorazione inerti

Il processo di lavorazione del minerale sarà attuato mediante un impianto ubicato sul piazzale di base impostato secondo lo schema rappresentato in fig. 5 (vedi anche rappresentazioni in pianta e sezioni nel dis. D40):

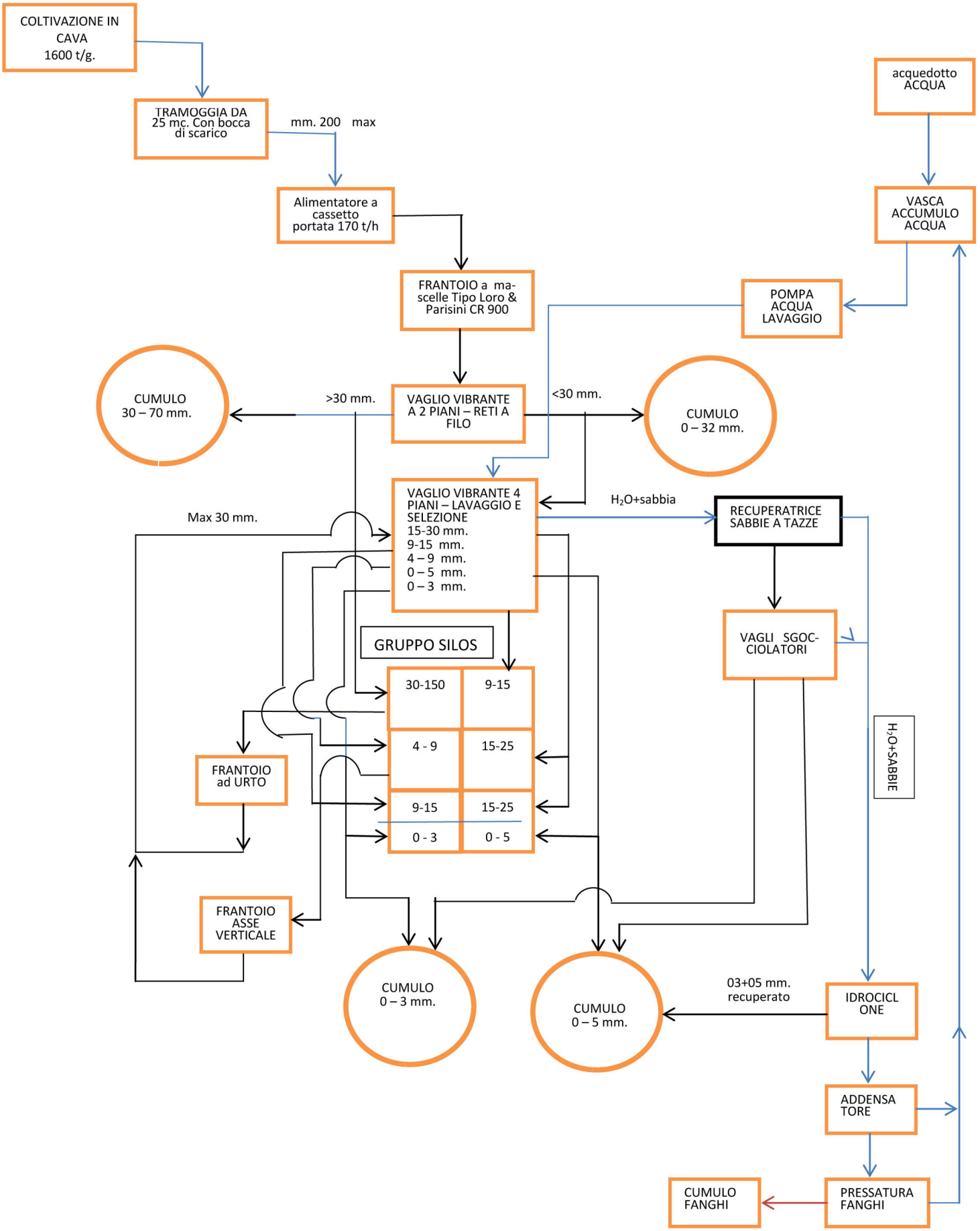
- frantumazione primaria in frantoio a mascelle (impianto primario)
- vagliatura grossolana e stoccaggio dei prodotti
- ripresa da cumulo e frantumazione secondaria della frazione sopra vaglio
- lavaggio, vagliatura e classificazione
- stoccaggio in sili e/o in cumuli a terra dei prodotti finiti
- trattamento delle acque di lavaggio mediante addensamento e trattamento con filtropressa
- recupero dei limi e miscelazione con le frazioni "stabilizzate"
- recupero e riciclo delle acque depurate in testa all'impianto.

A parte sono previsti i servizi accessori all'impianto costituiti da impianto di pesatura e impianto di lavaggio dei mezzi in uscita.

Fabbricati di servizio

In funzione delle esigenze operative della richiedente ditta Giuggia Costruzioni si prevede la realizzazione delle seguenti opere (vedi rappresentazione in pianta nel dis. D35):

- demolizione del basso fabbricato e delle n. 3 tettoie esistenti in zona accesso cava
- realizzazione di un fabbricato a due piani fuori terra di dimensioni in pianta pari a circa 8.60 m x 8.00 m, destinato ad ospitare gli uffici (piano terra) e gli spogliatoi (piano primo); si prevede la realizzazione di una struttura portante in acciaio e tamponamenti in muratura del tipo a cassa-vuota finita ad intonaco
- realizzazione di una tettoia di dimensioni in pianta pari a 17.10 m x 7.85 m, destinata ad ospitare uno spazio coperto per la manutenzione dei mezzi d'opera, comprensivo di un piccolo locale di ricovero attrezzature e un wc di servizio; si prevede la realizzazione di una struttura portante in acciaio e tamponamenti laterali, copertura e faldaleria in pannelli in lamiera coibentata preverniciata
- re-installazione di n. 1 pesa con una leggera traslazione rispetto alla sede in cui era stata installata dal precedente gestore
- basamenti in c.a. in opera e strutture accessorie degli impianti di produzione inerti e filtropressa, a servizio dell'attività di cava.



GEOMIN srl geologia cave miniere	*GIUGGIA COSTRUZIONI srl* - **Cava TREVO** Schema dell'impianto di lavorazione	FIG. N° : **5**

Si prevede di mantenere la cabina elettrica posta sul primo gradone di coltivazione della cava.

Infine si precisa che alla scadenza della concessione la ditta richiedente procederà a rimuovere le nuove strutture realizzate.

4.12 Valutazione tecnico-economica dell'attività

4.12.1 Volumi estraibili di minerale

Il volume di materiale estraibile entro i limiti stabiliti nel progetto autorizzato in precedenza, sulla base del confronto tra situazione topografica attuale situazione finale di progetto, ammonta a 950.000 m^3, pari a circa 2.375.000 t.

4.12.2 Ciclo di lavorazione

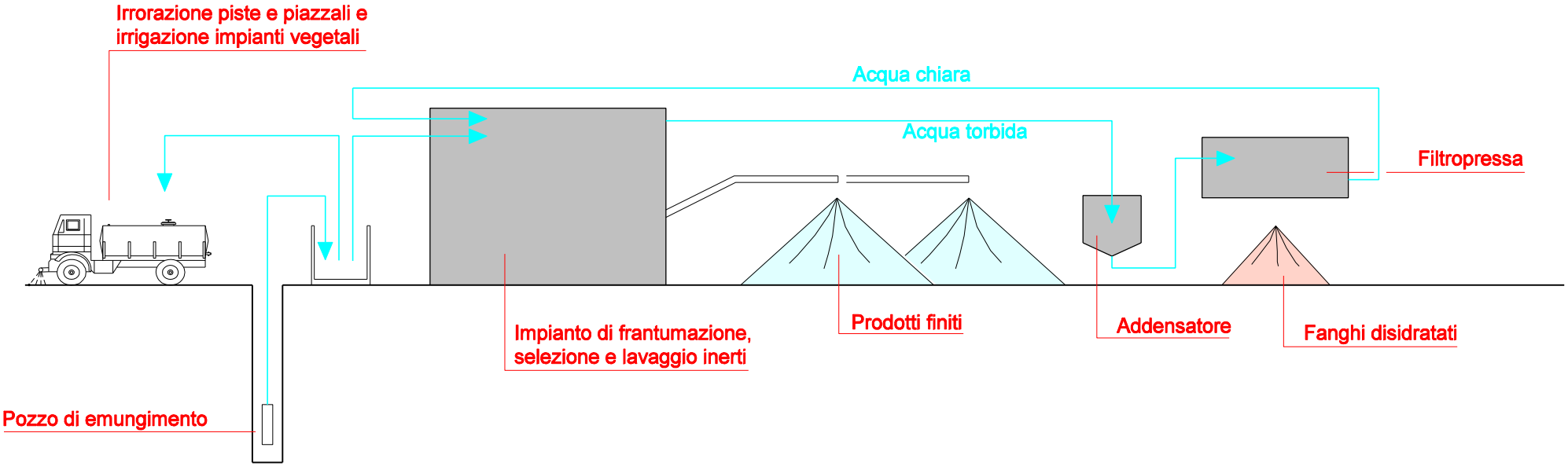
Il ciclo delle lavorazioni di cava a regime prevede le seguenti operazioni:

- perforazione dei fori da mina a chiodo con maglia di 3,5 x 3 m^2 e profondità di circa 17 m
- esecuzione dell'abbattimento mediante esplosivo di tipo slurry od anfo suddiviso in cariche microritardate per quantità massima 35-40 kg per ritardo
- disgaggio del fronte mediante escavatore
- smarino del materiale con pala gommata e trasporto al cono di gettito con invio per gravità alla spianata di quota 140
- ripresa con pala meccanica e camion, trasporto e alimentazione dell'impianto di frantumazione
- carico al fronte mediante pala gommata, invio per gravità alla spianata di quota 140, ripresa con pala meccanica e camion e trasporto all'impianto di frantumazione.

4.12.3 Ciclo delle acque di impianto

Il ciclo delle acque dell'impianto di lavorazione degli inerti è rappresentato in fig. 6.
In sintesi il ciclo prevede:

- pompaggio dell'acqua dal pozzo
- stoccaggio in serbatoio polmone
- ripresa con pompa e alimentazione dell'impianto di vagliatura e classificazione



GEOMIN srl
geologia cave miniere

GIUGGIA COSTRUZIONI srl - Cava TREVO

Impianto di lavorazione inerti. Ciclo delle acque

FIG. N° :
6

- recupero delle acque torbide
- condizionamento e addensamento dei fanghi
- filtropressatura dei fanghi addensati
- recupero dell'acqua chiarificata e riciclo in testo all'impianto.

4.12.4 Prodotti e mercati

Il materiale estratto dalla cava sarà in parte minima utilizzato tal quale (blocchi da scogliera sezionati al fronte) e in buona parte lavorato nell'impianto di comminuzione e classificazione per la produzione di inerti; i prodotti della cava saranno così ripartiti:

- blocchi da scogliera 5%
- detriti stabilizzati 25%
- pietrischi 35%
- sabbie da macinazione 30%
- limi di lavaggio 5%.

La produzione annua totale è prevista in circa 220.000 m^3 (in mucchio).

4.12.5 Manodopera impiegata

L'attività delle cava occuperà stabilmente i seguenti addetti:

- 1 direttore di cava
- 1 minatore
- 3 operatori alle macchine movimento terra
- 1 autista
- 2 addetti all'impianto di frantumazione e servizi vari

per un totale di 8 occupati.

4.12.6 Mezzi impiegati

La dotazione di macchinari adibiti ai lavori di cava è elencata di seguito.

- 1 carro di perforazione con perforatrice down-the-hole per le preparazione dei fori da mina (130 kW)
- 1 escavatore cingolato per disgaggio dei fronti e carico del materiale (potenza 160 kW)
- 2 pale gommate per la movimentazione al fronte e per l'alimentazione dell'impianto (potenza 175 kW)
- 1 autocarro per movimentazioni e trasporti in cava (280 kW)
- 1 autocarro con cisterna per irrorazione di fronti e piazzali (180 kW).
- 2 autovetture di servizio (potenza 90 kW).

5. VERIFICHE DI STABILITA'

5.1 Introduzione

In febbraio e novembre 2013 sono stati effettuati rilievi geomeccanici sulle scarpate dei fronti principali della cava. Gli stendimenti, di 20 m di lunghezza, sono stati realizzati alla base delle scarpate dei gradoni, compiendo osservazioni sistematiche lungo l'allineamento. L'ubicazione, rappresentata in fig. 7, è stata scelta, compatibilmente con le condizioni di accesso e di affioramento, allo scopo di studiare fronti ad orientazione spaziale differente e di coprire in modo il più possibile omogeneo l'area di coltivazione. In totale sono state raccolte circa 400 misure di discontinuità.

Per ogni discontinuità rilevata sono stati descritti i parametri geometrici e fisico-meccanici principali (giacitura, persistenza, spaziatura, scabrezza, apertura, condizioni d'alterazione, presenza d'acqua, riempimento). Le classi in cui sono stati suddivisi i valori misurati per i differenti parametri sono quelle suggerite da ISRM (2007)[2].

Sono state eseguite misure della rugosità di alcune famiglie di discontinuità per mezzo di uno *Shape Tracer* (con passo di lettura inferiore a 1 mm).
Misure della resistenza meccanica delle pareti dei giunti delle famiglie principali sono state effettuate con uno sclerometro di tipo L.

L'orientazione spaziale delle superfici di discontinuità è stata rappresentata mediante proiezioni stereografiche equiareali su reticolo di Schmidt (semisfera inferiore). La giacitura di una superficie è espressa, nelle proiezioni stereografiche, come direzione dell'immersione, con valore variabile da 0° a 360°.

[2] Ulusay R., Hudson J. A. (2007) – The complete ISRM suggested methods for rock characterization, testing and monitoring: 1976-2006. ISRM Turkish National Group, Ankara.

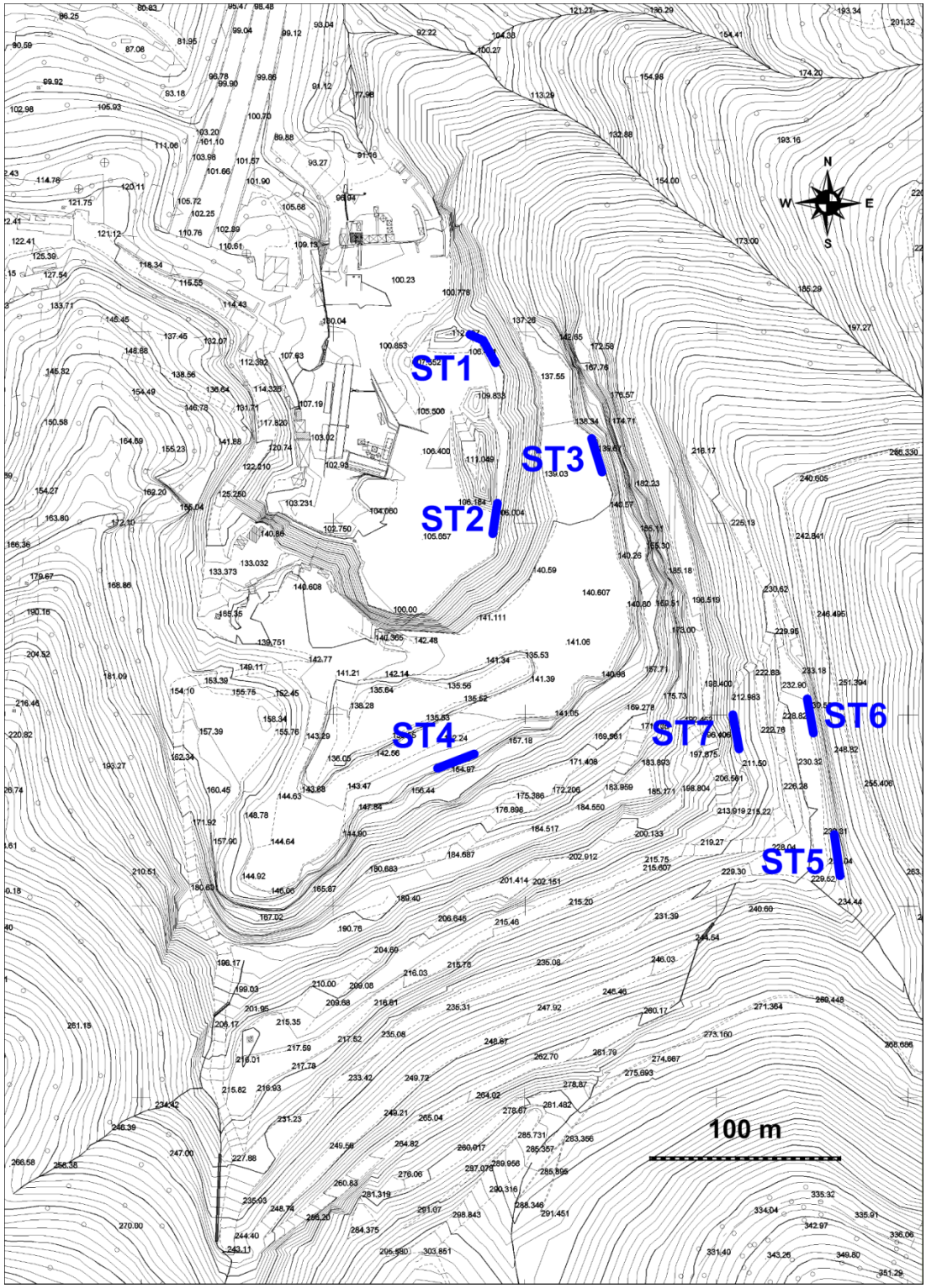


Fig. 7 – Localizzazione degli stendimenti eseguiti sui fronti di cava.

5.2 Caratterizzazione geomeccanica

La serie carbonatica affiorante nell'area di coltivazione è costituita da dolomie, di colore grigio scuro, più chiaro all'alterazione, in strati prevalentemente sottili, talora medi, e da rare intercalazioni di argilliti da verdastre a nere, con alterazione bruno – rossastra, presenti soprattutto nel fronte occidentale tra i piazzali di quota 100 e 140 circa s.l.m. Nei gradoni di quota più alta sono presenti anche intercalazioni di calcari marnosi rossastri. Le rocce carbonatiche hanno buona resistenza meccanica, stimata con misure sclerometriche (90 ± 35 MPa).

Il comportamento geomeccanico dell'ammasso roccioso così definito, tenendo conto delle caratteristiche di elevata resistenza della matrice rocciosa, è riferibile al modello di un mezzo discontinuo, in cui la resistenza complessiva dell'ammasso è determinata principalmente dalle caratteristiche delle discontinuità. Tale modello è applicabile sia alla scala dei gradoni che dei fronti; per le verifiche alla scala dell'intero versante è stato adottato un modello continuo equivalente (vedi paragrafo seguente).

I dati di orientazione spaziale delle discontinuità, ricavati dal rilevamento strutturale dei fronti di cava, sono stati sottoposti ad un'elaborazione statistica di *cluster analysis*, eseguita con il programma *Dips 6.0* della Rocscience di Toronto.

Nel settore di quota inferiore dei due fronti principali (orientale e meridionale, stendimenti ST1-ST4) sono stati riconosciuti 4 sistemi di discontinuità significativi, denominati S, K1, K1' e K2, ed a ciascun sistema è stato attribuito un valore centrale della distribuzione delle misure, rappresentativo della giacitura media (fig. 8 e 9).

Nel settore di quota superiore del fronte orientale (stendimenti ST5-ST7), dei 4 sistemi di discontinuità significativi, oltre alla stratificazione S (fig. 10), risultano presenti solamente K1 e K2, mentre K1' manca (fig. 11).

Nella tabella 1 sono riportate le caratteristiche geomeccaniche essenziali dei sistemi di discontinuità. I dati giaciturali medi relativi al settore del fronte orientale di quota superiore sono indicati nella tabella 2.

S, la stratificazione, è un sistema sostanzialmente ubiquitario. Come già osservato, poiché l'assetto non è monoclinale, la stratificazione ha un grado di dispersione significativo. Per tener conto dell'immersione verso SO rilevata nei gradoni inferiori del meridionale è stata stimata una seconda giacitura rappresentativa (S').

K1 è il sistema di frattura a frequenza nettamente più elevata (70% circa) e con relativamente minore dispersione; K1' e K2 sono caratterizzati da frequenza più bassa, di valore sostanzialmente analogo (circa 15%).
K1 e K2 sono associati a sistemi di faglie di simile orientazione. Il sistema più frequente, associato a K2, ha orientazione ONO-ESE con immersione elevata verso SSO e persistenza da metrica a decametrica. Il sistema associato a K1 con orientazione NNE-SSO ed immersione verso ESE ha minore persistenza.
Un terzo sistema, con direzione NO-SE ed immersione verso NE, sub parallelo alla giacitura prevalente della stratificazione, è presente nel settore occidentale della cava ed è caratterizzato da persistenza frequentemente elevata (pluridecametrica).

Modesto, quando presente, è anche lo spessore della breccia o della cataclasite associata. Tenuto conto dell'orientazione prevalente a traversopoggio l'influenza delle faglie sulle condizioni di stabilità può considerarsi modesta.

	K1	**K1'**	**K2**	**S**
Orientazione	110°/74°	283°/67°	193°/75°	024°/84°
Lunghezza	<1 m prevalente 1 – 3 m rara; 3-10 m rara	<1 m prevalente 1 – 3 m molto rara	>1 m; 1 – 3 m; 3-10 m	10-20 m; 3-10 m più rara
Spaziatura	2 – 6 cm prevalente; 6-20 cm frequente	2 – 6 cm prevalente; 6-20 cm frequente	2 – 6 cm	Da 2-6 cm a 60cm – 2m
Scabrezza	Piana liscia (preval.); Ond rugosa (rara)	Piana liscia (preval.); Ond rugosa (rara)	Piana o ondulata; Liscia prevalente, Rugosa più rara	Piana, liscia
JRC	4-6	2-4	-	Da 0-2 a 14-16 (rara)
Apertura	Chiusa	Chiusa	Chiusa	Chiusa
Condizioni d'alterazione	Non alterata Debol. alterata (rara)	Non alterata Debol. alterata (rara)	Debolmente alterata	Non alterata
Riempimento	Raramente calcite	Assente	Assente	Assente
Presenza d'acqua	Asciutta	Asciutta	Asciutta	Asciutta
JCS	90 ± 35 MPa	-	-	95 ± 35 MPa

Tabella 1 - Caratterizzazione delle famiglie di discontinuità dell'ammasso roccioso in dolomie del settore di quota inferiore

Sistema	**Orientazione**
S	12°/44°
K1	107/82
K2	169°/47°

Tabella 2 - Giacitura delle famiglie di discontinuità dell'ammasso roccioso in dolomie del settore di quota superiore

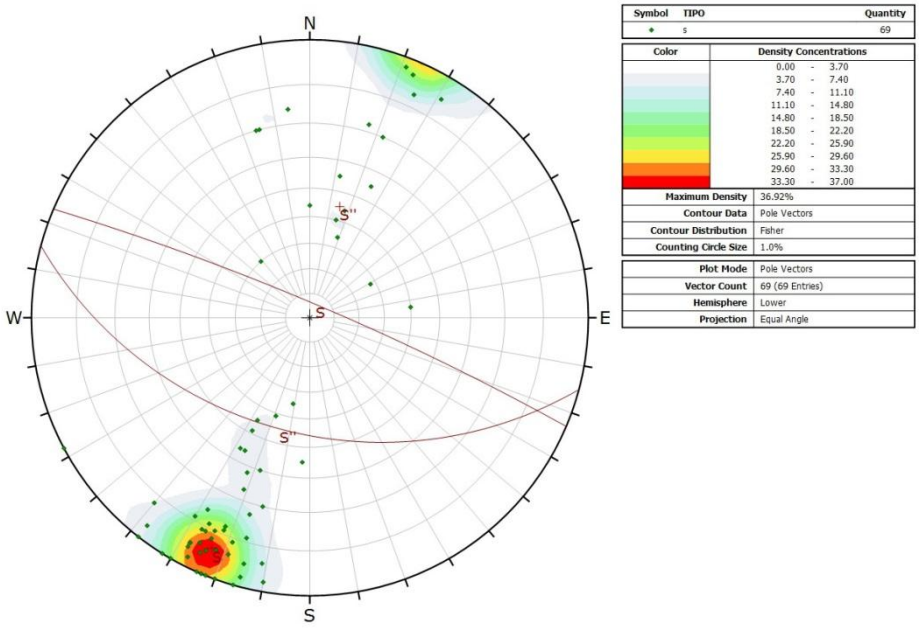


Fig. 8 – Settore di quota inferiore. Proiezione equiareale sulla semisfera inferiore delle discontinuità rilevate (stratificazione) ed elaborazione statistica della densità di distribuzione.

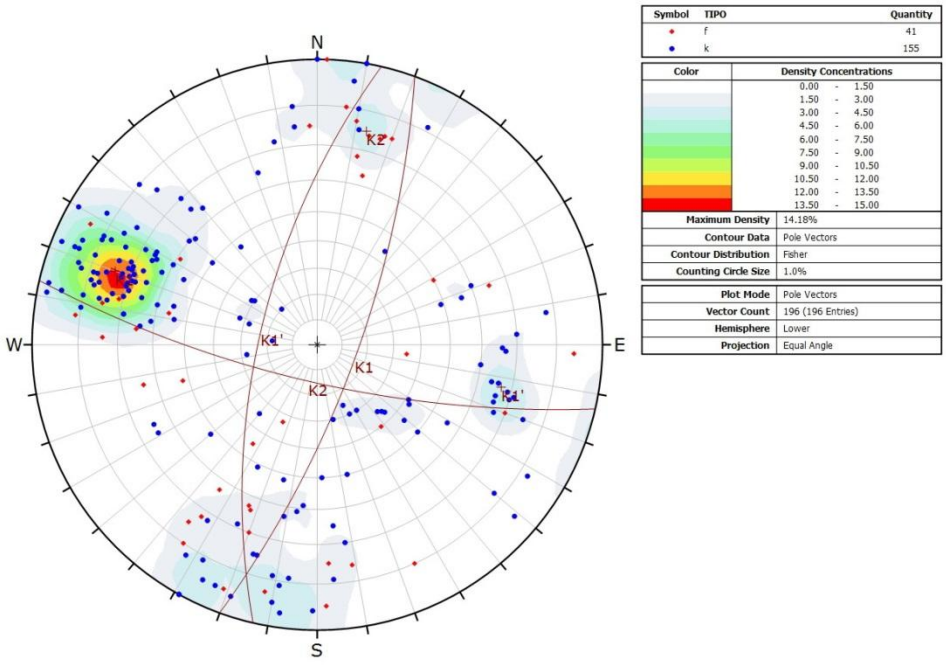


Fig. 9 - Settore di quota inferiore. Proiezione equiareale sulla semisfera inferiore delle discontinuità rilevate (faglie, in rosso, e fratture in blu) ed elaborazione statistica della densità di distribuzione.

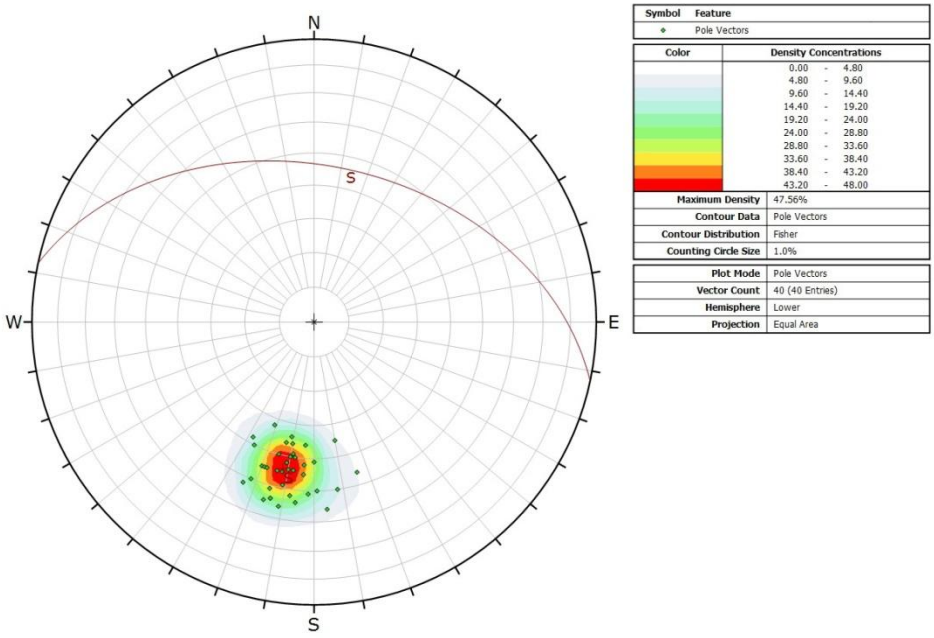


Fig. 10– Settore di quota superiore. Proiezione equiareale sulla semisfera inferiore delle discontinuità rilevate (stratificazione) ed elaborazione statistica della densità di distribuzione.

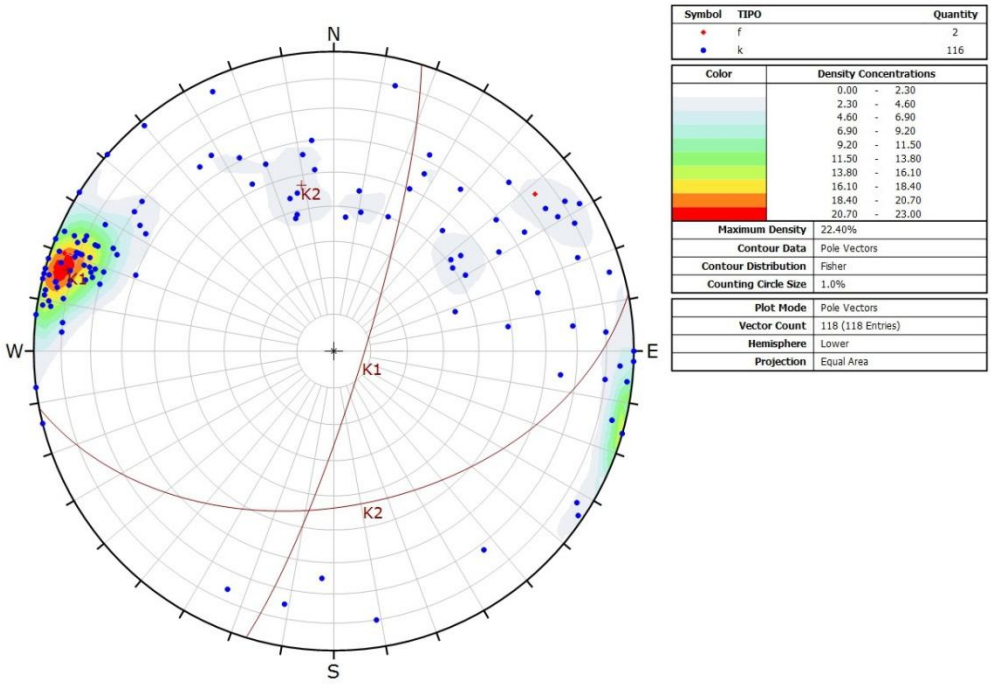


Fig. 11 - Settore di quota superiore. Proiezione equiareale sulla semisfera inferiore delle discontinuità rilevate (faglie, in rosso, e fratture in blu) ed elaborazione statistica della densità di distribuzione.

.

5.3 Classificazione GSI e criterio di rottura di Hoek - Brown

Per eseguire le verifiche di stabilità alla scala dell'intero versante il comportamento dell'ammasso roccioso dolomitico è stato assimilato a un mezzo continuo equivalente, applicando il criterio di rottura di Hoek-Brown e la classificazione GSI.

Il criterio di rottura generalizzato di Hoek – Brown, formulato su base empirica, esprime con una relazione non lineare la resistenza dell'ammasso roccioso in funzione degli sforzi principali a rottura (σ_1 e σ_3), utilizzando le proprietà di resistenza della roccia intatta e le caratteristiche geologiche dell'ammasso roccioso.

Gli sforzi principali a rottura sono messi in relazione con la resistenza a compressione uniassiale della roccia integra (σ_{ci}), introducendo fattori di riduzione per mezzo di alcune costanti empiriche, legate alle caratteristiche geologiche dell'ammasso roccioso (GSI, Geological Strength Index, Hoek et al., 2005[3], funzione dei parametri strutturali e del grado di alterazione, e l'indice m_i, funzione delle caratteristiche litologiche) e tenendo conto del fattore di disturbo D, che stima gli effetti dell'uso di esplosivi.

Il programma *RocLab* di *Rocscience Inc.* (Toronto, Canada) consente di calcolare le costanti empiriche e quindi la curva di rottura dell'ammasso roccioso dolomitico. Dalla curva così ottenuta si possono poi calcolare i parametri di resistenza che meglio la approssimano secondo il criterio di rottura lineare di Mohr-Coulomb.

Nell'ammasso roccioso dolomitico di cava Trevo, tre dei quattro parametri (m_i, D, σ_{ci}) possono essere considerati sostanzialmente costanti: il parametro m_i perché funzione delle caratteristiche litologiche, che non variano all'interno della cava, D perché sui fronti non si osservano differenze significative nel grado di disturbo prodotto dagli esplosivi. Per quanto riguarda σ_{ci}, i valori misurati negli stendimenti della prima campagna (4 serie di misure), sono stati confermati anche nella seconda campagna (4 serie di misure). Si è pertanto assunto per σ_{ci} un vale medio di 90 MPa.

Per quanto riguarda l'indice GSI, l'ammasso roccioso della cava può esser fatto rientrare nella classe *Blocky/disturbed/seamy*, che è definita dalla presenza di strutture plicative, che deformano un prevalente sistema di discontinuità (scistosità o stratificazione), e da diversi sistemi di

[3] E. Hoek, P. Marinos and V. Marinos. 2005. *Characterization and engineering properties of tectonically undisturbed but lithologically varied sedimentary rock masses*. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, 42/2, 277- 285

discontinuità di frattura che scompongono l'ammasso roccioso in blocchi angolari.

In questa classe sono stati definiti due differenti valori di GSI, legati a variabile grado di interconnessione dei volumi unitari e di alterazione delle superfici di discontinuità. Il primo valore (GSI=45, fig. 12) è stato attribuito all'ammasso roccioso affiorante nei settori centrale e inferiore di entrambi i fronti principali (orientale e meridionale), il secondo (GSI=35, fig. 13) riguarda l'ammasso roccioso affiorante nel fronte Est al di sopra di quota 190 m s.l.m. circa, e nel fronte sud a monte di quota 235 m s.l.m. circa. Le caratteristiche di maggiore alterazione e fratturazione dell'ammasso roccioso con GSI=35 sono riferibili alla vicinanza con la superficie topografica, mentre l'ammasso con GSI=45 occupa una posizione più profonda, meno coinvolta dai processi di detensionamento e di alterazione superficiale.

In conclusione si può ritenere che la complessità strutturale dell'ammasso roccioso di cava Trevo, legata a deformazioni plicative e fragili che pure determinano condizioni di elevata anisotropia ed eterogeneità, non ha una ricaduta misurabile, se non grossolanamente, nella definizione dei parametri di resistenza meccanica, che si basano su caratteristiche geologiche soprattutto qualitative.

Zonazione dell'ammasso roccioso

La distribuzione all'interno del perimetro di cava delle due classi dell'ammasso roccioso definite sulla base dei valori di GSI è riportata in figura 14.
Per quanto riguarda l'andamento nel sottosuolo del limite tra le due classi, nelle verifiche di stabilità si è assunto, per la classe GSI=35 dell'ammasso roccioso superficiale, uno spessore costante, pari a quello risultante dal limite ricavato in superficie.

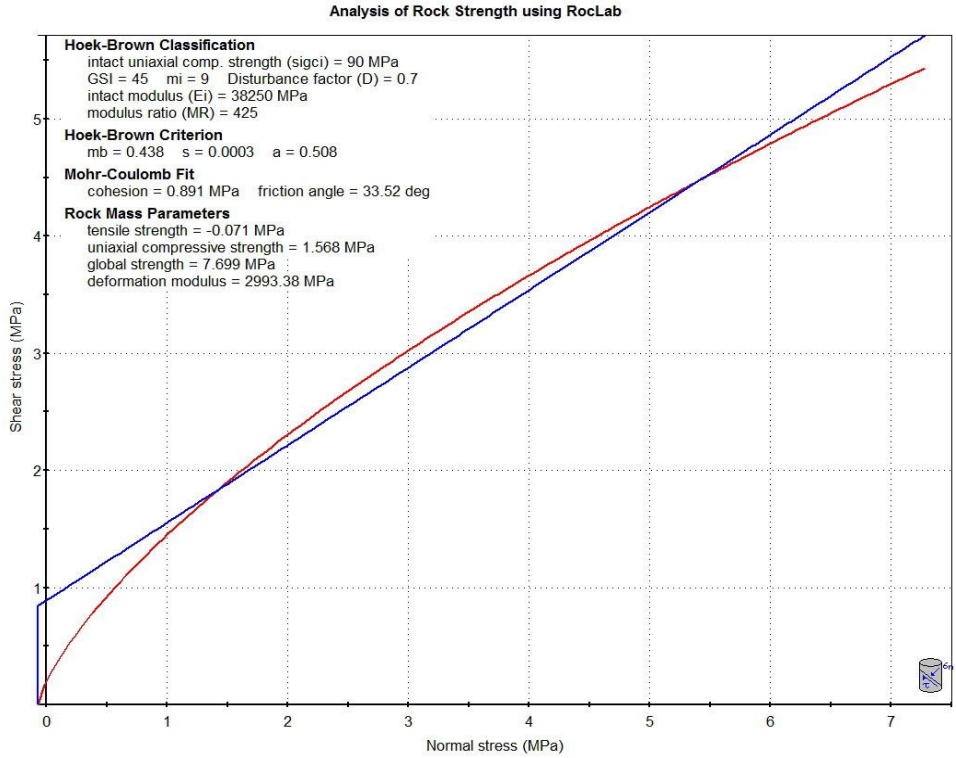


Fig. 12 – Ammasso roccioso dolomitico con GSI=45. Parametri di Hoek-Brown.

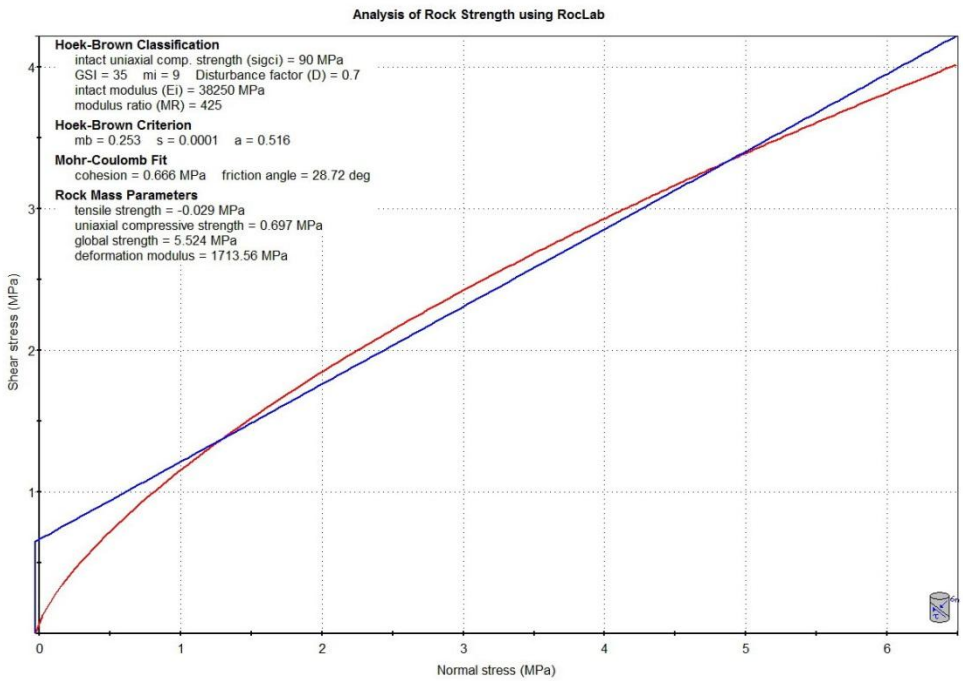


Fig. 13 – Ammasso roccioso dolomitico con GSI=35. Parametri di Hoek-Brown.

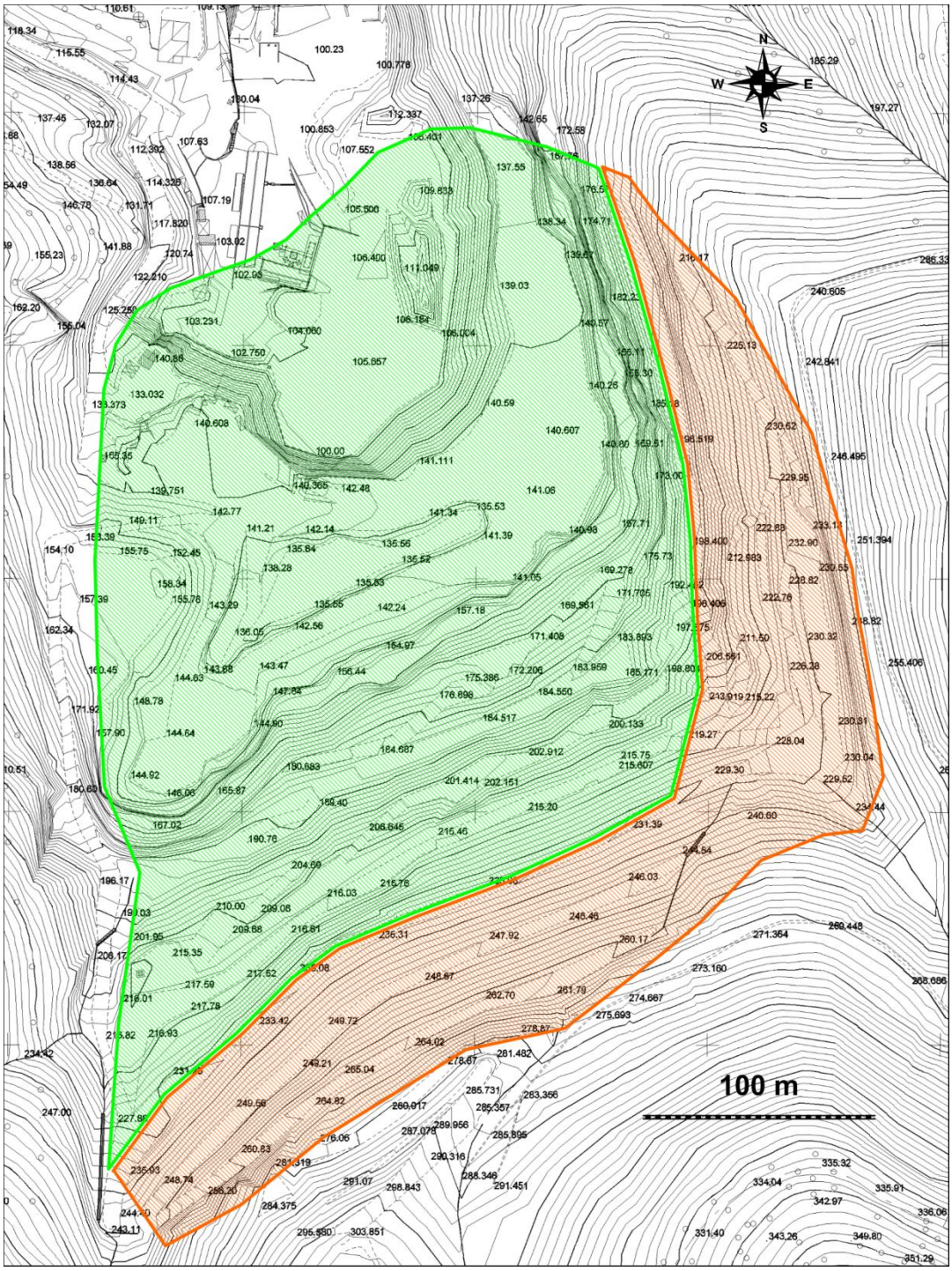


Fig. 14 – Zonazione dell'ammasso roccioso. In colore verde l'ammasso roccioso con GSI=45, in colore rosa l'ammasso roccioso con GSI=35.

5.4 Caratterizzazione sismica del sito

5.4.1 Classificazione

La pericolosità sismica di riferimento è stata ricavata, sulla base dei dati forniti a livello nazionale nel sito web dell'INGV, con il software NCTSISMA (Castalia Srl).
Le coordinate geografiche decimali del centroide del sito della cava nel sistema ED 50 sono le seguenti:

latitudine: 44,250218
longitudine: 8,408923

I risultati ottenuti sono riportati in fig. 15 e nella tabella 3. Sulla base delle indicazioni delle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14/01/2008, § 2.4), nella stima dei parametri sismici si è tenuto conto cautelativamente di una Vita Nominale di 50 anni (opera ordinaria) e di una Classe d'uso I, per costruzioni con presenza occasionale di persone. E' stata assunta di conseguenza un periodo di riferimento, V_r, uguale a 35 anni (D.M. 14/01/2008, § 2.4.3).

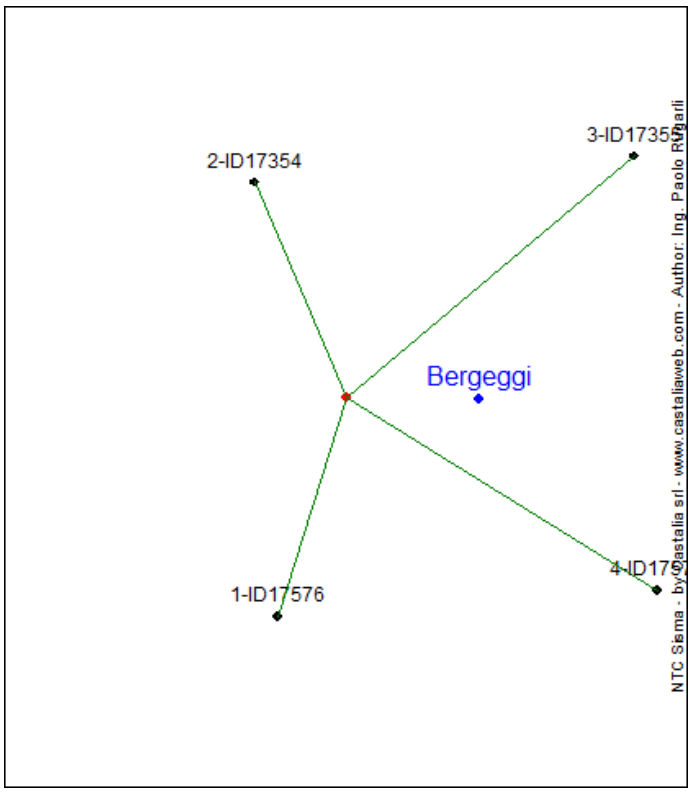


Fig. 15 – Localizzazione del sito di cava (in rosso) e dei punti della maglia elementare del reticolo di riferimento entro la quale si trova il sito.

Parametri	SLO	SLD	SLV	SLC
Probabilità di superamento nel Vr	0.81	0.63	0.1	0.05
T_r	35 anni	35 anni	332 anni	682 anni
a_g	0.0186 g	0.0204 g	0.0530 g	0.0694 g
F_o	2.5782	2.5661	2.5830	2.6106
T_c	0.1600 sec	0.1697 sec	0.2890 sec	0.3117 sec

Tabella 3 – Parametri sismici ottenuti per le condizioni degli stati limite del collasso (SLC), del danno (SLD), di operatività (SLO) e di salvaguardia della vita (SLV). (Vr periodo di riferimento, Tr tempo di ritorno, ag accelerazione massima di riferimento, F_o fattore di amplificazione spettrale, Tc periodo relativo all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro)

5.4.2 Categorie di suolo e condizioni topografiche

Il profilo stratigrafico del substrato roccioso nei fronti di cava è assimilabile ai sottosuoli compresi nella categoria A, per la quale il parametro di amplificazione stratigrafica SS vale 1 (D.M. 14/01/2008, Tabella 3.2.V).
Per pendii con inclinazione media superiore ai 15°, le condizioni topografiche del sito rientrano nella categoria T2 della tabella 3.2.VI delle citate Norme Tecniche per le Costruzioni, cui corrisponde un valore di ST = 1,20.

5.4.3 Azione sismica

Poiché mancano analisi specifiche riguardanti la risposta sismica locale, l'accelerazione massima attesa nel sito può essere calcolata (§ 7.11.3.5.2 delle Norme Tecniche per le Costruzioni) con la relazione

$$a_{max} = SS\ ST\ a_g$$

che, utilizzando i parametri ottenuti nei paragrafi precedenti, fornisce per il sito i valori di a_{max} riportati nella tabella sottostante.

	SLO	SLD	SLV	SLC
a_{max}	0.0223 g	0.0245 g	0.0636 g	0.0833 g

Tabella 4 – Valori di a_{max} ottenuti per i diversi stati limite

Nel metodo di verifica di stabilità pseudo - statico che è stato adottato, l'azione sismica è rappresentata da un'azione statica equivalente, i cui coefficienti sismici orizzontale e verticale possono calcolarsi secondo le relazioni:

$$k_h = \beta_s \, a_{max}/g$$
$$k_v = 0.5 \, k_h$$

in cui k_h è il coefficiente della componente orizzontale della forza, k_v il coefficiente della componente verticale e β_s il coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa, valutato secondo i valori riportati nella tabella 7.11.I delle Norme Tecniche per le Costruzioni e pari nel caso attuale a 0.20 in tutti i casi. I valori finali ottenuti sono riportati nella tabella che segue.

	SLO	SLD	SLV	SLC
k_h	0.0045	0.0049	0.0127	0.0167
k_v	0.0023	0.0025	0.0064	0.0084

Tabella 5 – Coefficienti sismici ottenuti per le condizioni degli stati limite del collasso (SLC), del danno (SLD), di operatività (SLO) e di salvaguardia della vita (SLV).

5.5 Analisi dei cinematismi

5.5.1 Generalità

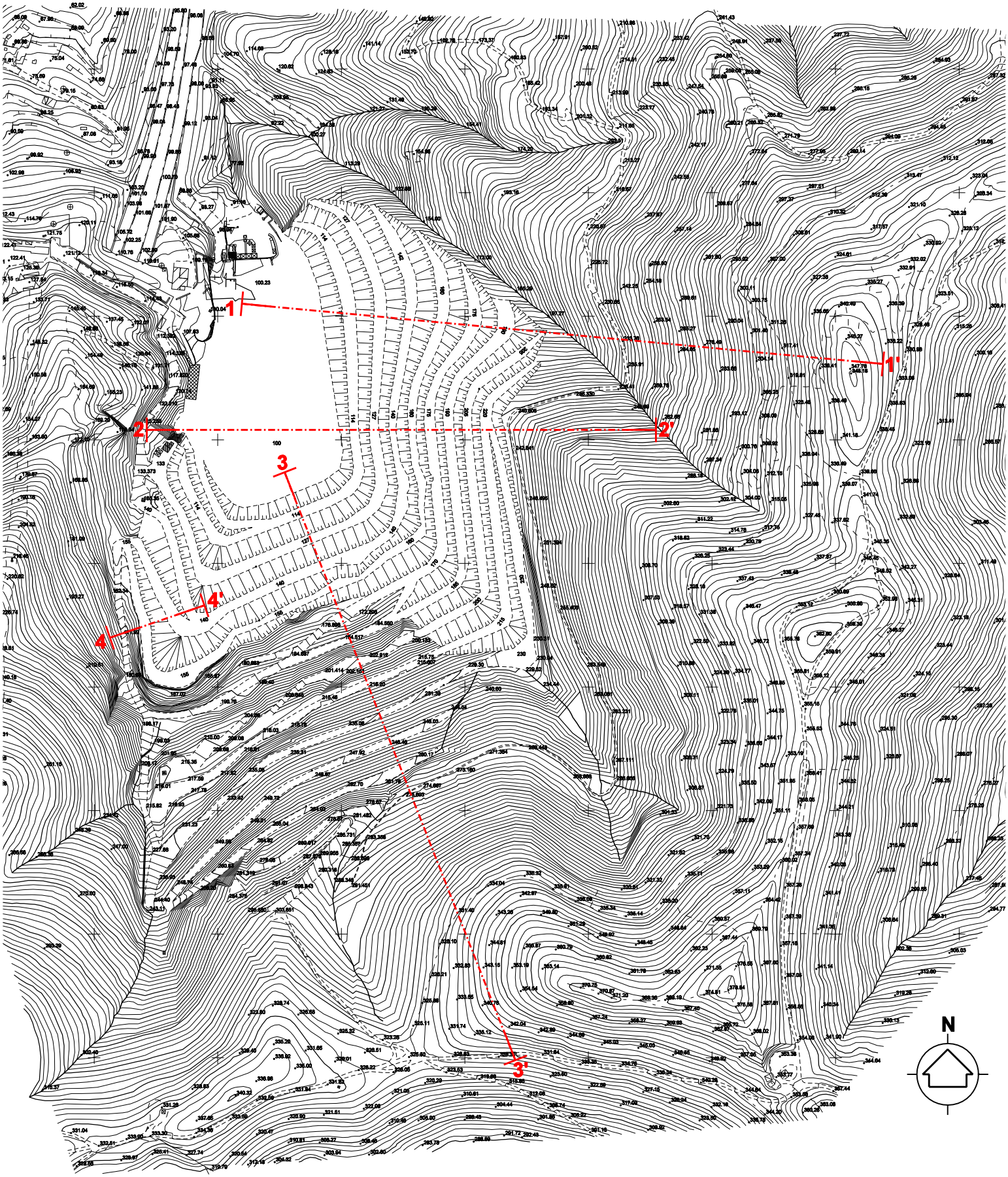
Per analizzare i possibili meccanismi di instabilità sono stati eseguiti i *test* di Markland, utilizzando i valori medi di giacitura dei sistemi di discontinuità principali e l'orientazione media dei fronti di cava prevista dal progetto di coltivazione nella configurazione finale.

Per le singole famiglie di discontinuità sono stati utilizzati i valori centrali della distribuzione delle misure di orientazione, calcolati secondo gli algoritmi statistici di *cluster analysis* del programma *Dips 6.0* di Rocscience, Toronto.

Nel *test* è stato introdotto, come valore dell'angolo di attrito di base delle discontinuità, un cerchio d'attrito di 30°.

La configurazione dei fronti di cava nella situazione finale è schematizzabile attraverso tre orientazioni medie (vedi le sezioni di fig. 16). Le caratteristiche geometriche dei fronti e dei gradoni rappresentativi, sottoposti ad analisi di stabilità, sono riportate nella tabella sottostante.

Immersione del fronte o del gradone	Inclinazione	Altezza
070°	35°	40 m
070°	50°	15 m
270°	45°	135 m



GEOMIN srl
geologia cave miniere

GIUGGIA COSTRUZIONI srl - **Cava TREVO**

Ubicazione delle sezioni di verifica di stabilità
Scala 1:4.000

FIG. N° :
16

270°	65°	20 m
340°	35°	170 m
340°	55°	15 m

Tabella 6 – Geometria della configurazione finale dei fronti e dei gradoni

5.5.2 Risultati dei test di Markland

Le verifiche sono state eseguite per lo scivolamento su cunei, per lo scivolamento planare, per il ribaltamento flessurale (*flexural toppling*). Nelle figure relative ai fronti ed ai gradoni, in assenza di cinematismi potenzialmente instabili è stato riprodotto come rappresentativo solamente il caso dello scivolamento su cunei.

Fronte 070°/30°

Non è possibile alcun cinematismo (fig. 17).

Gradone 070°/50°

Non è possibile alcun cinematismo (fig. 18).

Fronte 270°/45°

Non è possibile alcun cinematismo, né nel settore di quota inferiore (fig. 19), né in quello di quota superiore (fig. 24).

Gradone 270°/65°

Esiste un solo possibile cinematismo, il cuneo K1'/K2 (fig. 20), nel settore di quota inferiore.

Fronte 340°/35°

Non è possibile alcun cinematismo. (fig. 21).

Gradone 340°/55°

Sono state esaminate due giaciture della stratificazione, l'una immergente a NE e l'altra immergente a SO, quest'ultima caratteristica dei gradoni inferiori del fronte. Non è possibile alcun cinematismo (figg. 22 e 23).

5.5.3 Scivolamento su cunei

Nei diagrammi che riproducono i *test* di Markland (vedi le pagine seguenti) l'area in colore rosso indica la zona critica primaria, compresa tra la traccia ciclografica della superficie del fronte o del gradone e il cono d'attrito, il cui valore è stabilito nell'analisi cinematica in 30° per tutti i sistemi di

discontinuità. I punti di intersezione tra due superfici di discontinuità che cadono all'interno dell'area in colore rosso rappresentano cunei che soddisfano le condizioni geometriche e d'attrito per lo scivolamento. Lo scivolamento può avvenire lungo una delle due superfici o lungo la linea di intersezione.
L'area in colore giallo indica la zona critica secondaria, compresa tra la superficie del fronte o del gradone e la traccia ciclografica del piano inclinato di un angolo pari all'angolo del cono di attrito. I punti di intersezione di due superfici di discontinuità che cadono all'interno dell'area in colore giallo rappresentano cunei il cui scivolamento avviene su una delle due superfici di discontinuità. Tali punti di intersezione hanno un'inclinazione inferiore all'angolo d'attrito; tuttavia il cinematismo può verificarsi se l'inclinazione della superficie di discontinuità su cui avviene lo scivolamento ha un'inclinazione superiore all'angolo di attrito.

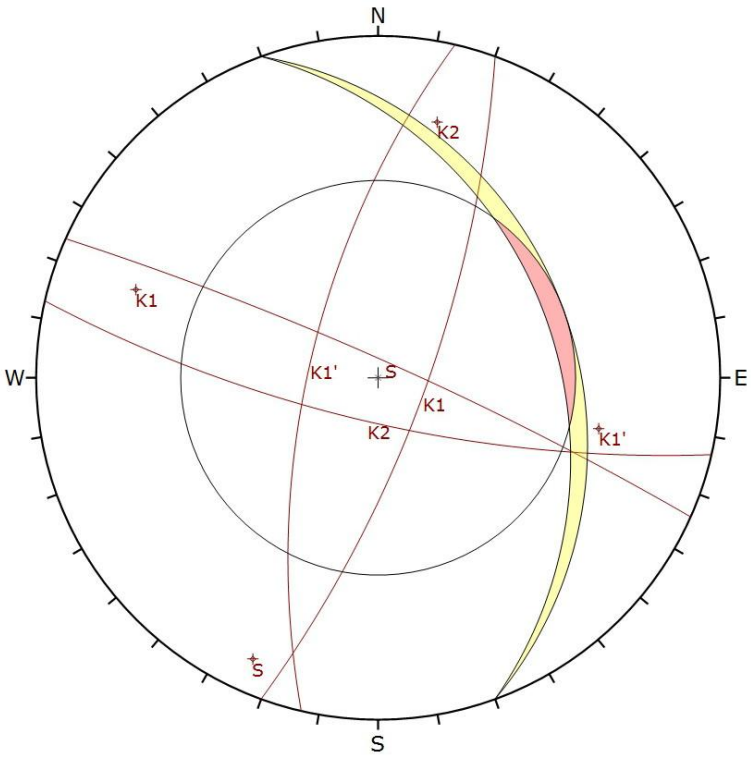


Fig. 17 –Fronte 070°. Test di Markland per lo scivolamento su cunei.

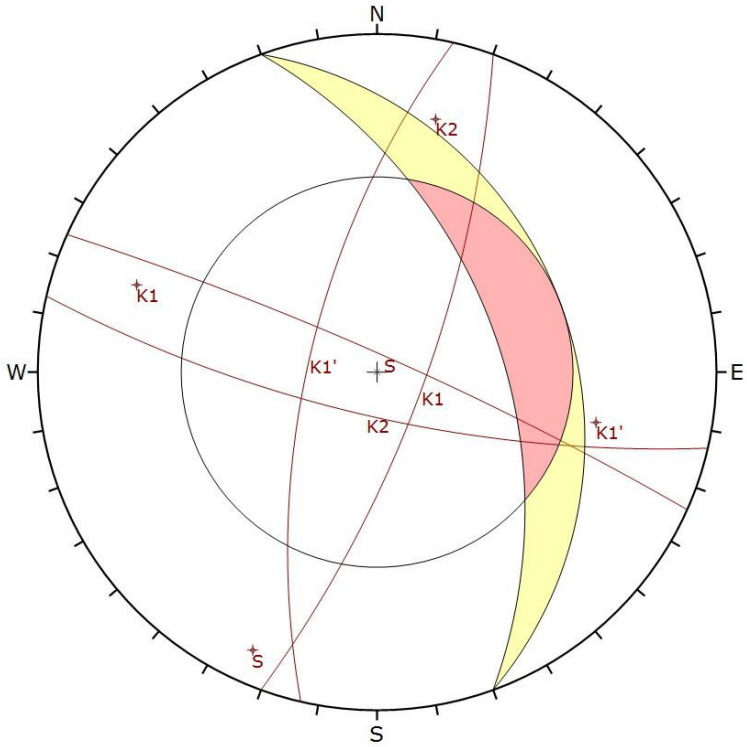


Fig. 18 –Gradone 070°. Test di Markland per lo scivolamento su cunei.

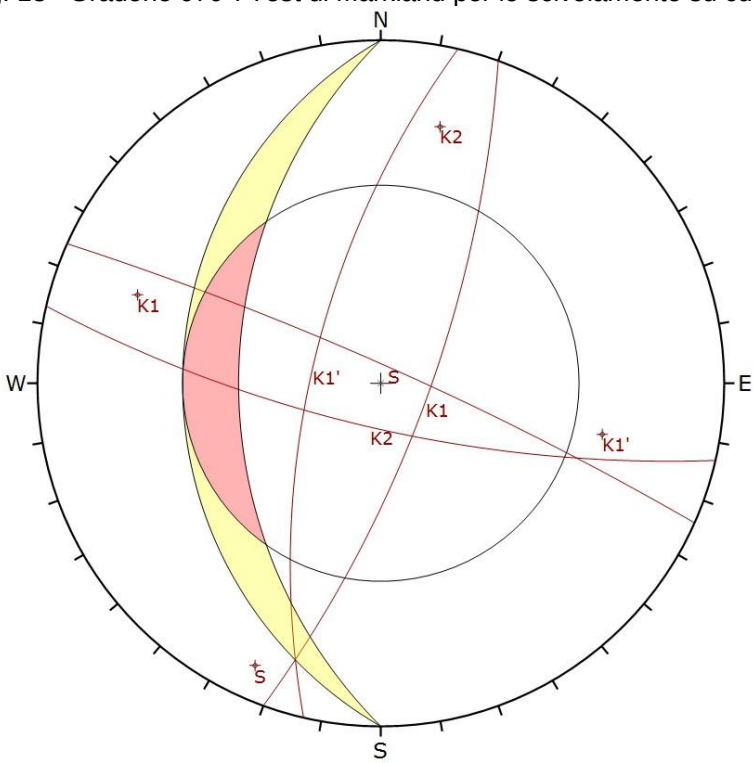


Fig. 19 –Fronte 270°. Test di Markland per lo scivolamento su cunei.

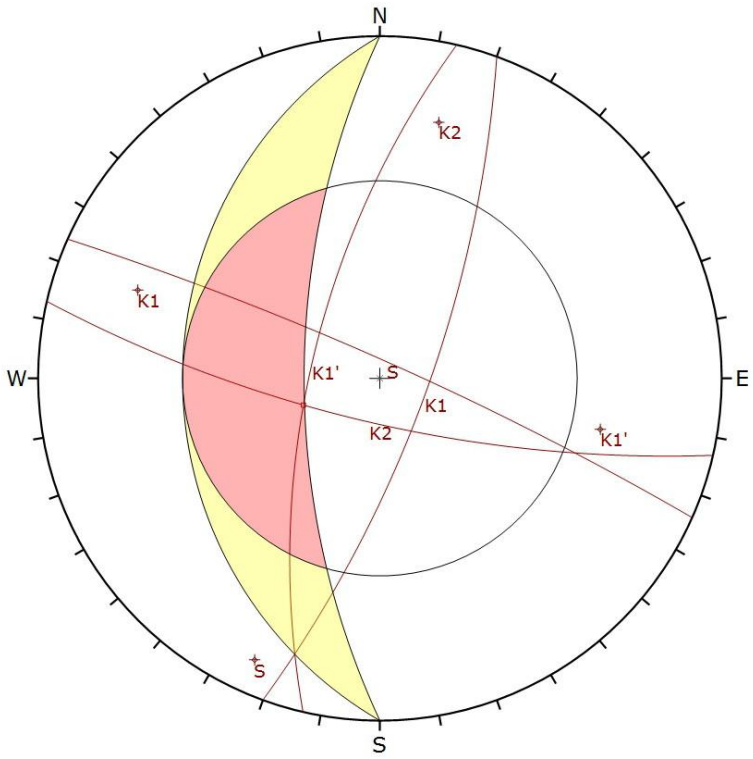


Fig. 20 –Gradone 270°. Test di Markland per lo scivolamento su cunei.

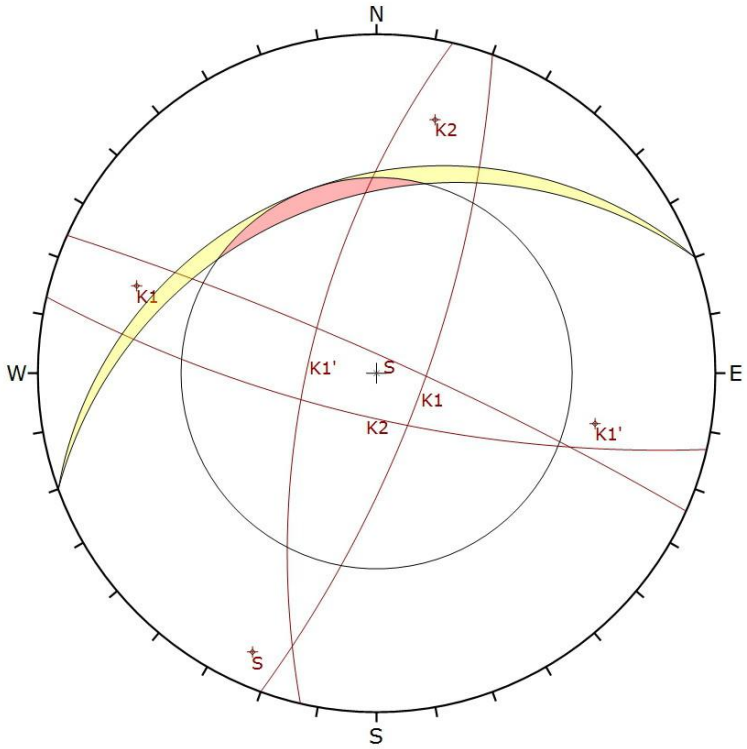


Fig. 21 –Fronte 340°. Test di Markland per lo scivolamento su cunei.

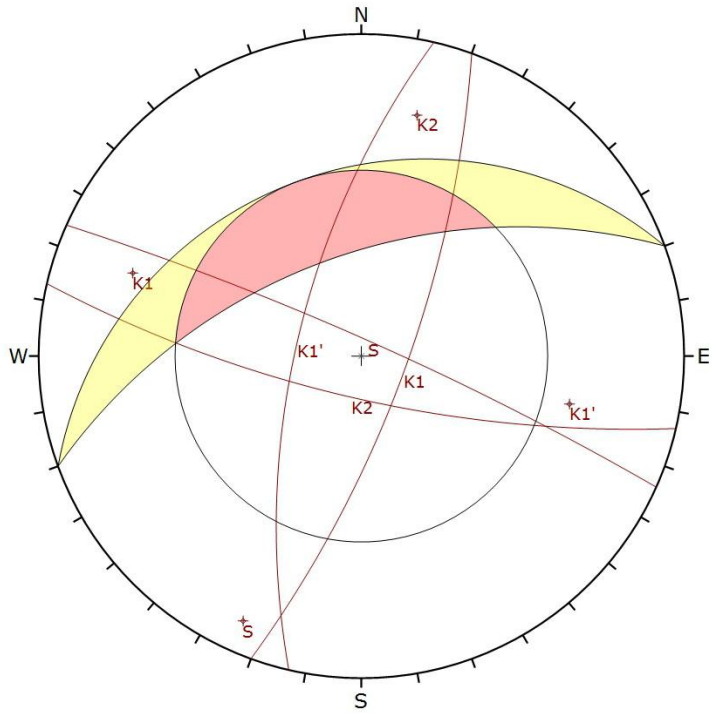


Fig. 22 –Gradone 340°. Test di Markland per lo scivolamento su cunei con S immergente a NE.

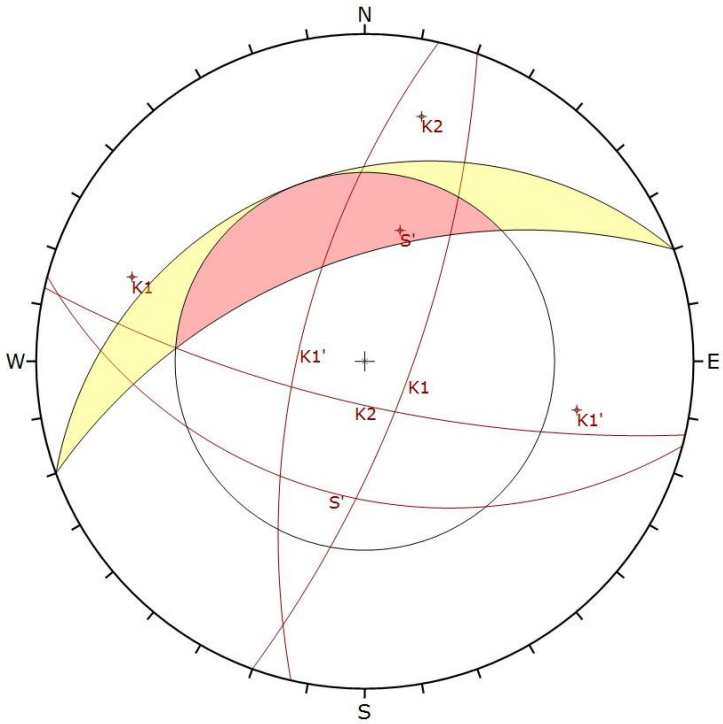


Fig. 23 –Gradone 340°. Test di Markland per lo scivolamento su cunei con S immergente a SO.

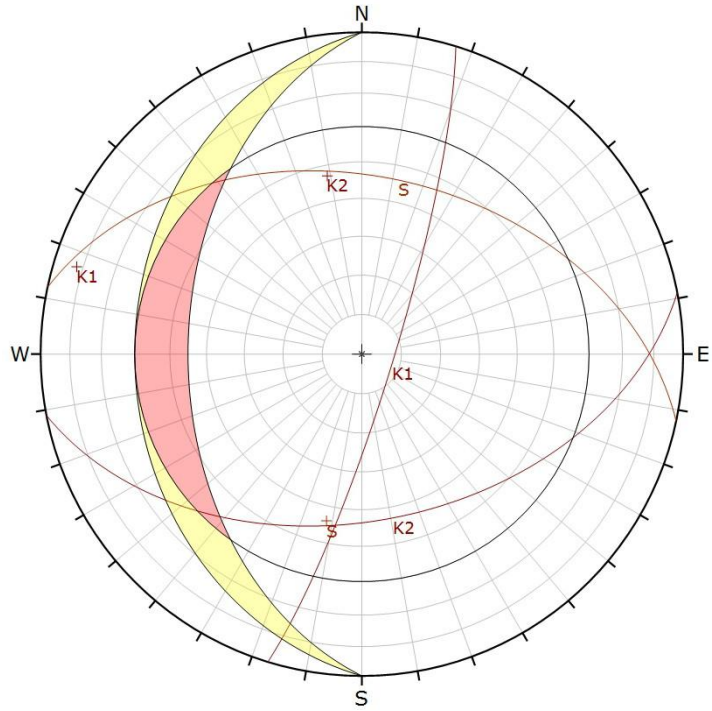


Fig. 24 – Fronte 270°. Test di Markland per lo scivolamento su cunei (settore di quota superiore).

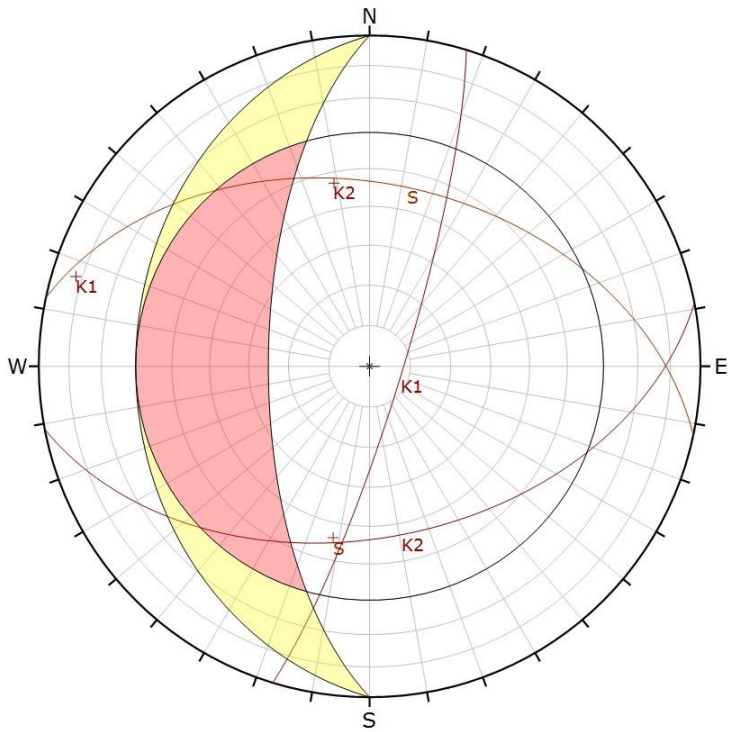


Fig. 25 – Gradone 270°. Test di Markland per lo scivolamento su cunei (settore di quota superiore).

5.6 Parametri geomeccanici caratteristici

5.6.1 Gradoni

Nei calcoli di stabilità relativi ai gradoni, la resistenza al taglio dei giunti dei diversi sistemi di discontinuità riconosciuti è stata stimata ricorrendo al criterio empirico di Barton[4] (1976),

$$\tau = \sigma_n \tan [JRC \log_{10} (JCS/\sigma_n) + \phi_b]$$

in cui τ è la resistenza al taglio del giunto, σ_n lo sforzo normale agente sul piano, ϕ_b l'angolo d'attrito di base, JRC e JCS i parametri che tengono conto rispettivamente della rugosità della superficie e della resistenza a compressione delle pareti del giunto.
Tenendo conto dei valori di JRC e JCS misurati o stimati, dello sforzo normale medio riferibile alle condizioni geometriche dei gradoni, sono stati ricavati i valori di ϕ_p (angolo d'attrito di picco, corrispondente al termine contenuto in parentesi quadra nell'equazione di Barton), riportati nella tabella 7.

Sistema di discontinuità	ϕ_p (°)
K1	45.7
K1'	39.4
K2	48.9
S	45.7

Tabella 7 - Angolo d'attrito di picco su giunto

I valori così ottenuti per l'angolo d'attrito di picco sono stati assunti come parametri caratteristici, dai quali sono stati poi derivati i parametri di progetto adottati nei calcoli di stabilità in sostituzione del valore dell'angolo d'attrito di base utilizzato in prima approssimazione nei *test* di Markland.

5.6.2 Verifiche dell'intero fronte di cava

Le verifiche di stabilità alla scala dell'intero fronte sono state eseguite su tre sezioni rappresentative, due tracciate sul versante orientale ed una sul versante meridionale (vedi ubicazione in fig. 16 e schema stratigrafico in fig. 27, 29, 31).

Applicando il criterio di rottura di Hoek-Brown e sulla base della classificazione GSI sono stati ottenuti i parametri di resistenza dei due ammassi rocciosi dolomitici, riportati in tabella 8.

[4] Barton N. – The shear strength of rock and rock joints – Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr., 1976

Ammasso roccioso	c' (kPa)	φ'(°)
Dolomie GSI = 45	890	33,5
Dolomie GSI = 35	665	28,7

Tabella 8 – Parametri caratteristici degli ammassi rocciosi

5.7 Calcolo di stabilità dei cinematismi potenziali

5.7.1 Stati limite

Secondo le Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14/01/2008, § 7.1) il rispetto degli stati ultimi in condizioni sismiche si considera soddisfatto quando siano state eseguite le verifiche relative agli stati limite SLD, stato limite di danno, e SLV, stato limite di salvaguardia della vita.
Non essendo valutabile per un fronte in roccia uno stato limite di esercizio, nelle verifiche di stabilità è stato preso in considerazione solo lo stato limite ultimo SLV.

5.7.2 Parametri di progetto

Per ottenere i parametri di progetto sono stati adottati i coefficienti parziali dell'Approccio 1 Combinazione 2 previsti dalle Norme Tecniche per le Costruzioni per i fronti di scavo. Pertanto ai valori caratteristici della coesione intercetta e della tangente dell'angolo di resistenza al taglio sono stati applicati i coefficienti parziali (1,25 in entrambi i casi, secondo la tabella 6.2.II delle citate norme). Alla resistenza globale deve essere applicato il coefficiente 1,1 (tabella 6.8.I).

Sistema di discontinuità	ϕ_p (°)
K1	39.3
K1'	33.3
K2	42.5
S	39.3

Tabella 9 - Angolo d'attrito di progetto su giunto

Ammasso roccioso	c' (kPa)	φ'(°)
Dolomie GSI = 45	710	27,9
Dolomie GSI = 35	530	23,7

Tabella 10 – Parametri di progetto degli ammassi rocciosi

5.7.3 Metodo di calcolo e risultati

I potenziali cinematismi risultanti dai *test* di Markland sono stati sottoposti a verifica, eseguendo i calcoli di stabilità con il programma *Swedge 5.0* (Rocscience, Toronto) che utilizza le equazioni di Hoek[5], ed applicando i parametri di progetto.
Per la generalità dei casi sono state assunte condizioni idrauliche drenate. Il peso specifico apparente è stato assunto pari a $\gamma = 2{,}7$ t/m^3. L'azione sismica è stata simulata con il metodo pseudo - statico, per mezzo di un'azione statica equivalente, espressa dai coefficienti sismici calcolati nel capitolo precedente.
Per quanto riguarda le dimensioni dei cunei potenzialmente instabili, la stima è stata eseguita assumendo il valore massimo della persistenza dei diversi sistemi di discontinuità, come risultante dal rilievo di terreno (vedi fig. 26).

Cinematismo	Fattore di sicurezza	Volume (m^3)	Peso (t)
Gradone 270°			
Cuneo K1'/K2	0,62	0,031	0,08

Tabella 11 - Fattori di sicurezza calcolati per i cinematismi potenziali

Il fattore di sicurezza del cuneo K1'/K2 risulta inferiore al limite di 1,1. Se si considerano però le dimensioni del cuneo instabile, calcolate assumendo come persistenza dei due sistemi di discontinuità i valori massimi misurati nel rilievo geomeccanico, si ottiene un volume molto modesto, largamente inferiore al metro cubo. Va poi tenuto ancora conto che, essendo K1' e K2 i due sistemi a minore frequenza, la probabilità che tale cuneo si verifichi effettivamente è bassa.
I tabulati dei calcoli di stabilità sono riportati negli allegati.

[5] Hoek E., Bray J. – Rock Slope Engineering – IMM, Londra, 1977.

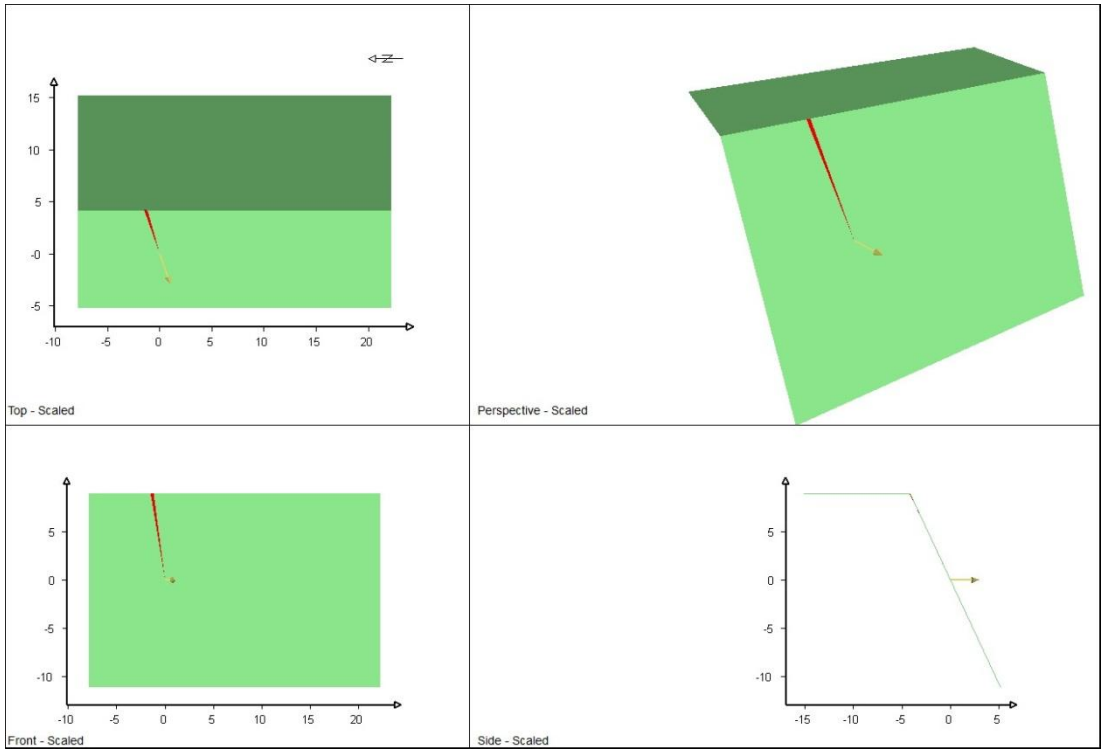


Fig. 26 – Gradone 270°. Geometria del cuneo K1'/K2.

Nei calcoli sono stati applicati i parametri sismici ricavati nella relazione di progetto per la categoria di sottosuolo di tipo A. Tenuto conto del quadro idrogeologico delineato nella relazione del SIA, si è ritenuto verosimile assumere condizioni drenate fino alle profondità dell'ammasso roccioso interessata dalle potenziali superfici di scivolamento.

Per quanto riguarda le verifiche di stabilità alla scala dell'intero versante, i calcoli sono stati eseguiti applicando il metodo dell'equilibrio limite nelle versioni di Bishop, Lowe - Karafiath e GLE/Morgenstern-Price, per potenziali superfici di scorrimento non circolari, con il programma *Slide 5.0* (Rocscience Inc.- Toronto, Canada). Le superfici non circolari sono state prodotte con il metodo *Path Search*, che genera superfici di potenziale scorrimento non circolari (*piece-wise linear*) con un metodo casuale. Per ciascuna superficie vengono generati casualmente il punto di inizio sul profilo della sezione, un angolo iniziale di inclinazione e l'angolo di inclinazione dei successivi segmenti che compongono la superficie.

Sono stati calcolati i fattori di sicurezza di 5000 superfici di scivolamento potenziale. I valori dei fattori di sicurezza sono rappresentati nelle rispettive figure (figg. 28, 30 e 32) con una scala di colore che comprende i centri delle superfici di scorrimento e le superfici stesse. Sono inoltre riprodotte le

superfici di scorrimento con il coefficiente di sicurezza più basso, calcolato con il metodo di Bishop. I coefficienti di sicurezza calcolati con gli altri metodi hanno valori del tutto analoghi (vedi tabulati di calcolo).

5.8 Conclusioni

Per quanto riguarda la stabilità dei fronti, l'assenza di possibili cinematismi in tutti i casi esaminati indica che la configurazione geometrica di progetto è intrinsecamente stabile, in ragione della bassa inclinazione delle superfici d'inviluppo e dei valori medi elevati di inclinazione dei principali sistemi di discontinuità.
Relativamente alle condizioni di stabilità dei gradoni, si osserva che nei fronti immergenti verso 070° e 340° non esistono potenziali cinematismi neppure a carico delle singole alzate. Nei gradoni immergenti verso 270°, il fattore di sicurezza del cuneo K1'/K2 risulta inferiori ad 1,1. Si tratta tuttavia di un cuneo definito da due sistemi a bassa frequenza, con un volume molto ridotto.
E' pertanto ragionevole ritenere che, nel caso in cui durante la coltivazione si verifichino in tali gradoni condizioni di rischio, cioè che le discontinuità componenti il cuneo si intersechino sul bordo superiore del gradone per dar luogo ad un blocco rimuovibile, i volumi instabili possano essere eliminati attraverso le consuete operazioni di disgaggio delle scarpate, senza che la stabilità e la configurazione geometrica del gradone nel suo insieme vengano in alcun modo compromesse.

In quanto alle condizioni di stabilità alla scala dell'intero versante, in tutte e tre le sezioni esaminate sono stati ottenuti fattori di sicurezza ampiamente superiori al limite di 1,1 indicato dalla normativa delle NTC 2008. Le superfici caratterizzate da un minor coefficiente di sicurezza sono in tutti i casi superfici profonde, sulle quali l'influenza degli scavi e le modifiche della geometria del versante, di entità limitata rispetto ai volumi in gioco, hanno scarso peso.

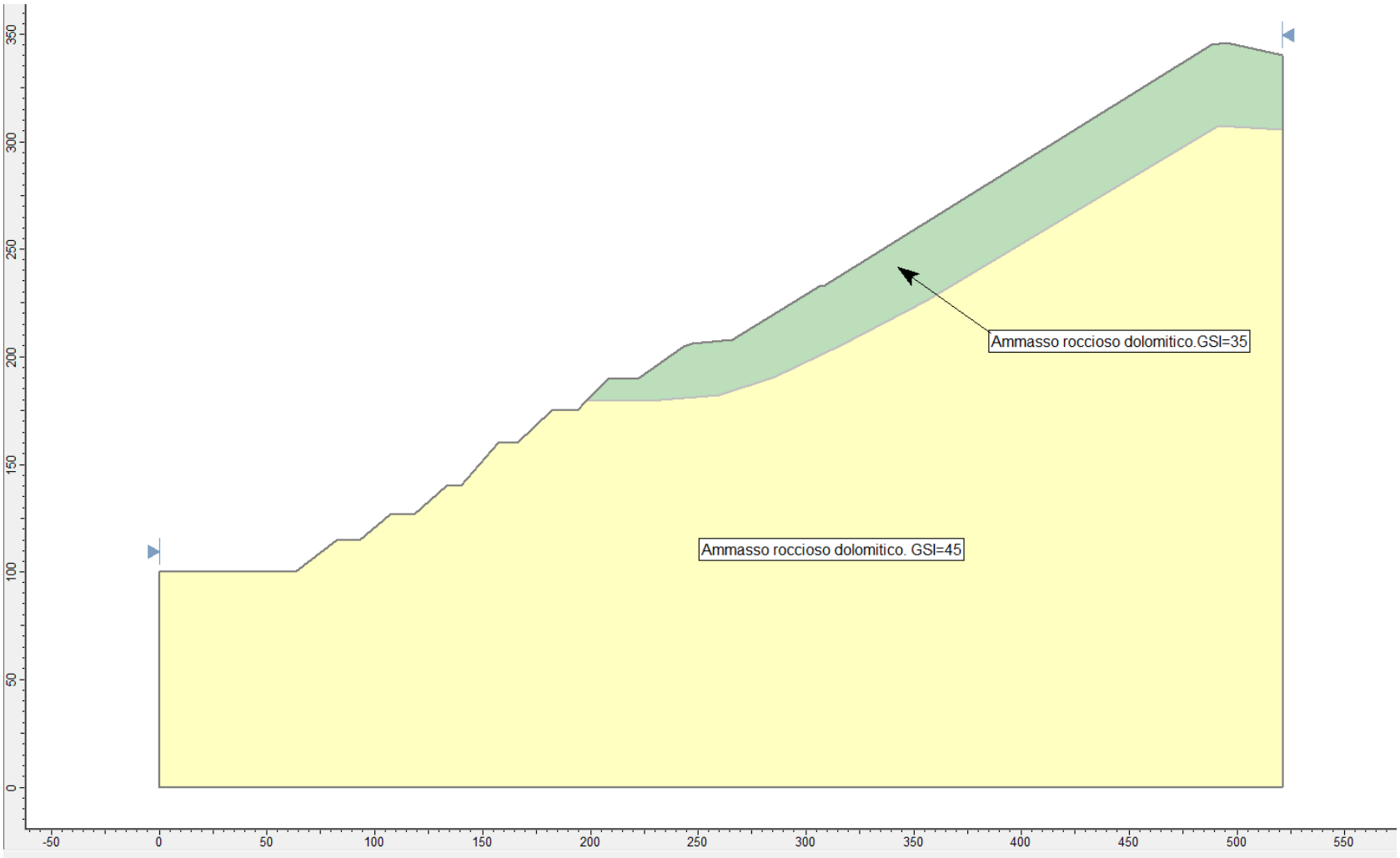


Fig. 27 – Sezione 1-1' del fronte Est. Caratteristiche geometriche e stratigrafiche

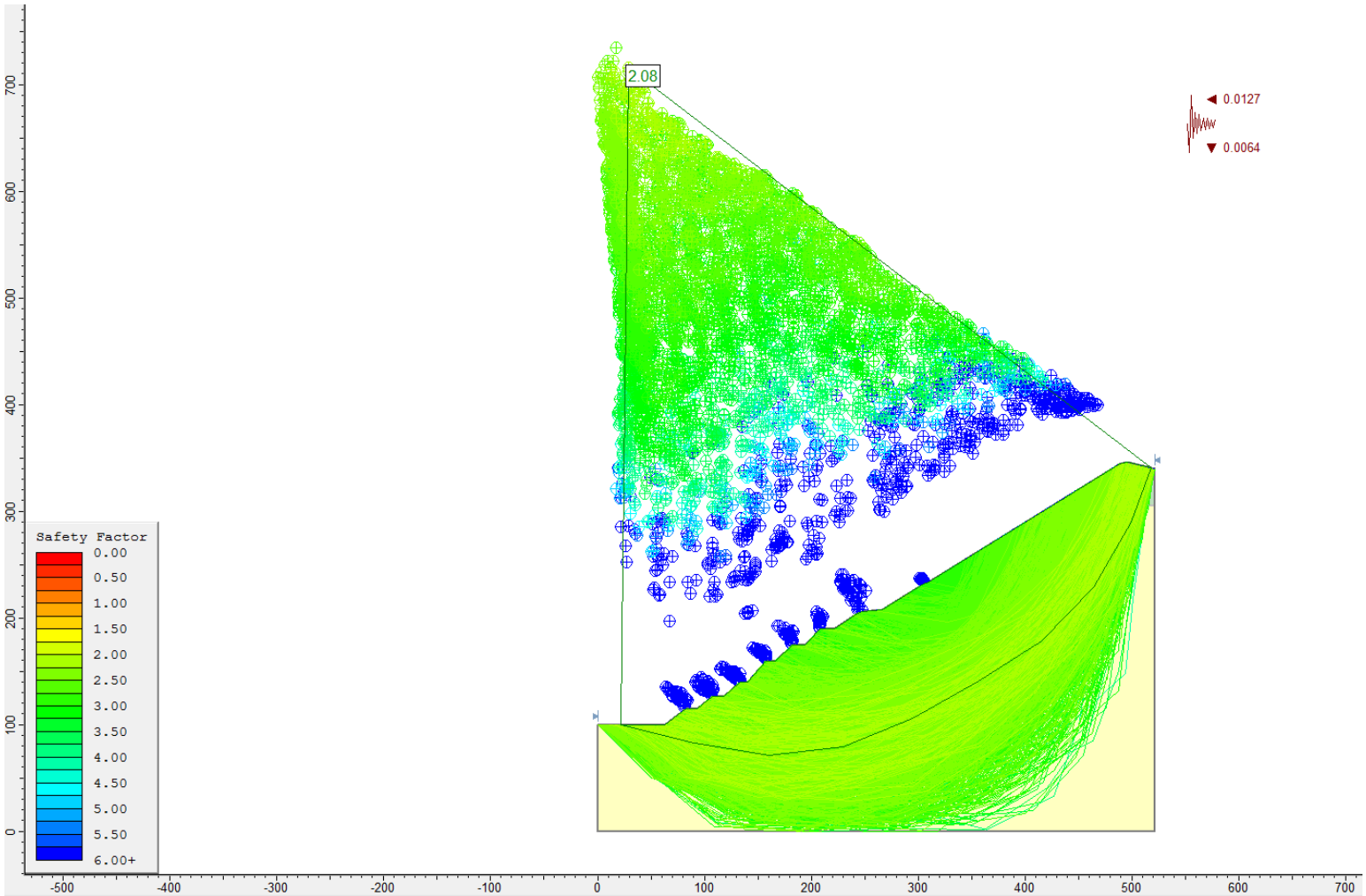


Fig. 28 - Sezione 1-1'. Verifiche di stabilità. E' rappresentato il valore minimo del coefficiente di sicurezza

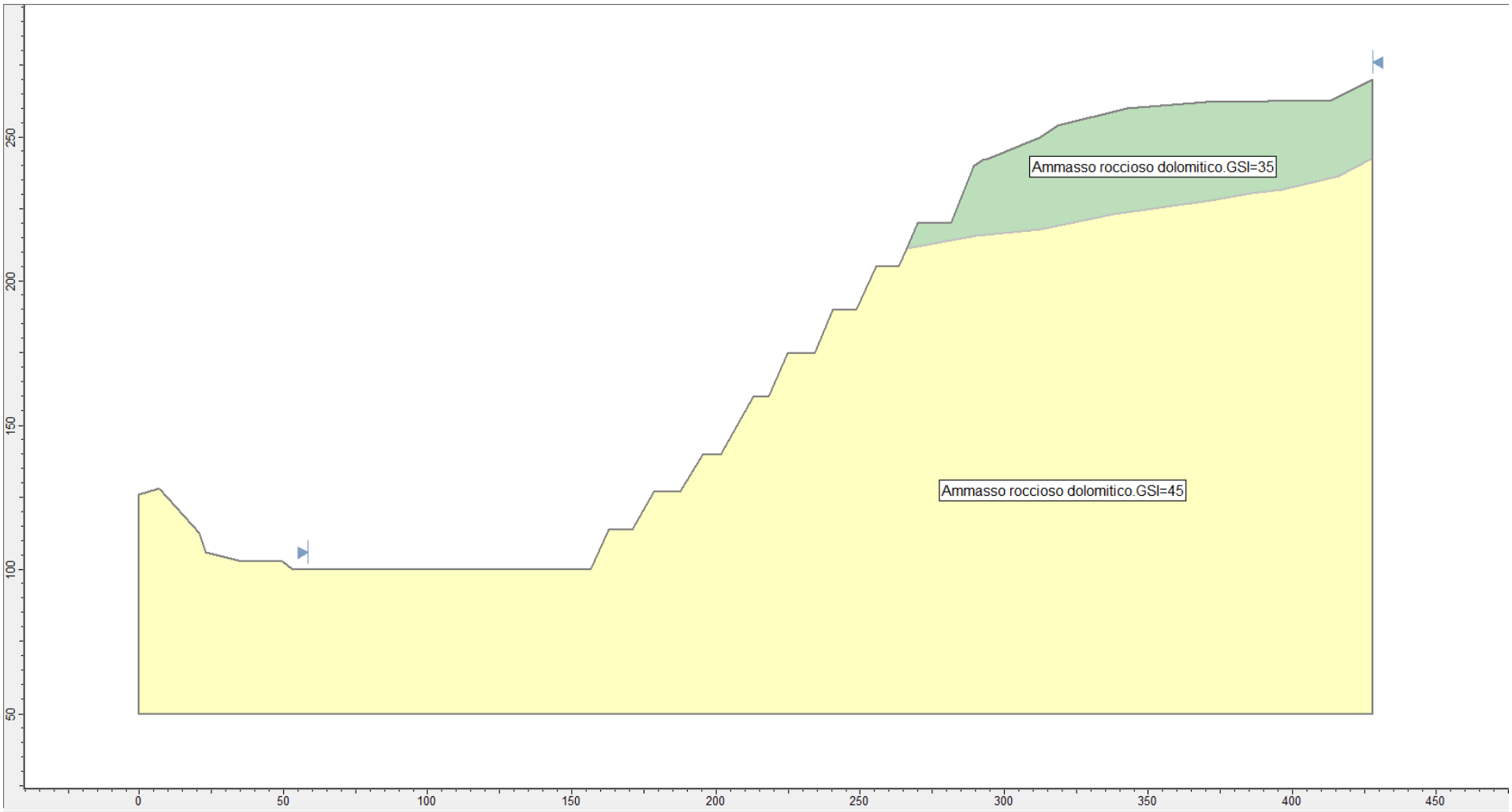


Fig. 29 – Sezione 2-2' del fronte Est. Caratteristiche geometriche e stratigrafiche

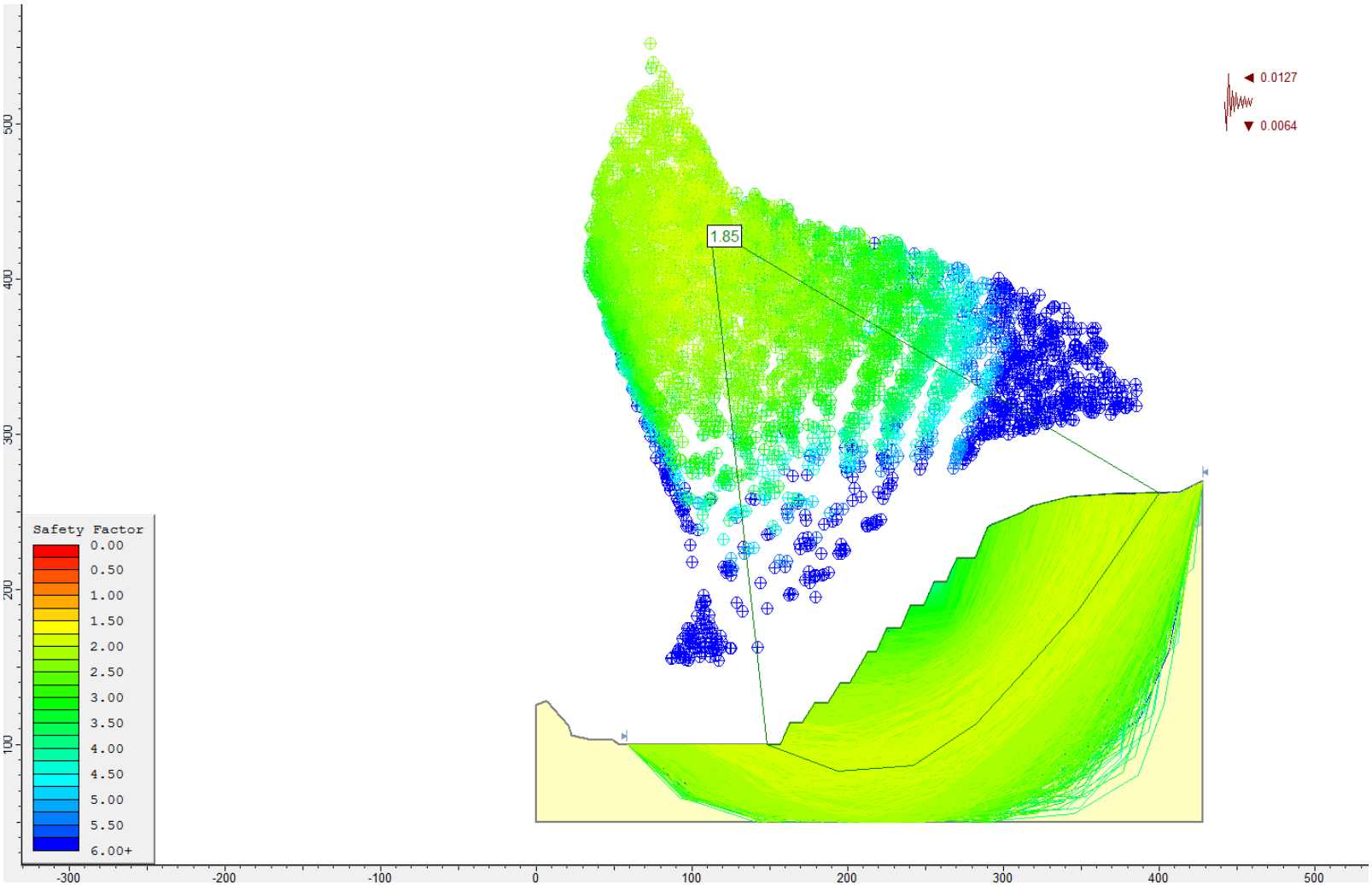


Fig. 30 - Sezione 2-2'. Verifiche di stabilità. E' rappresentato il valore minimo del coefficiente di sicurezza

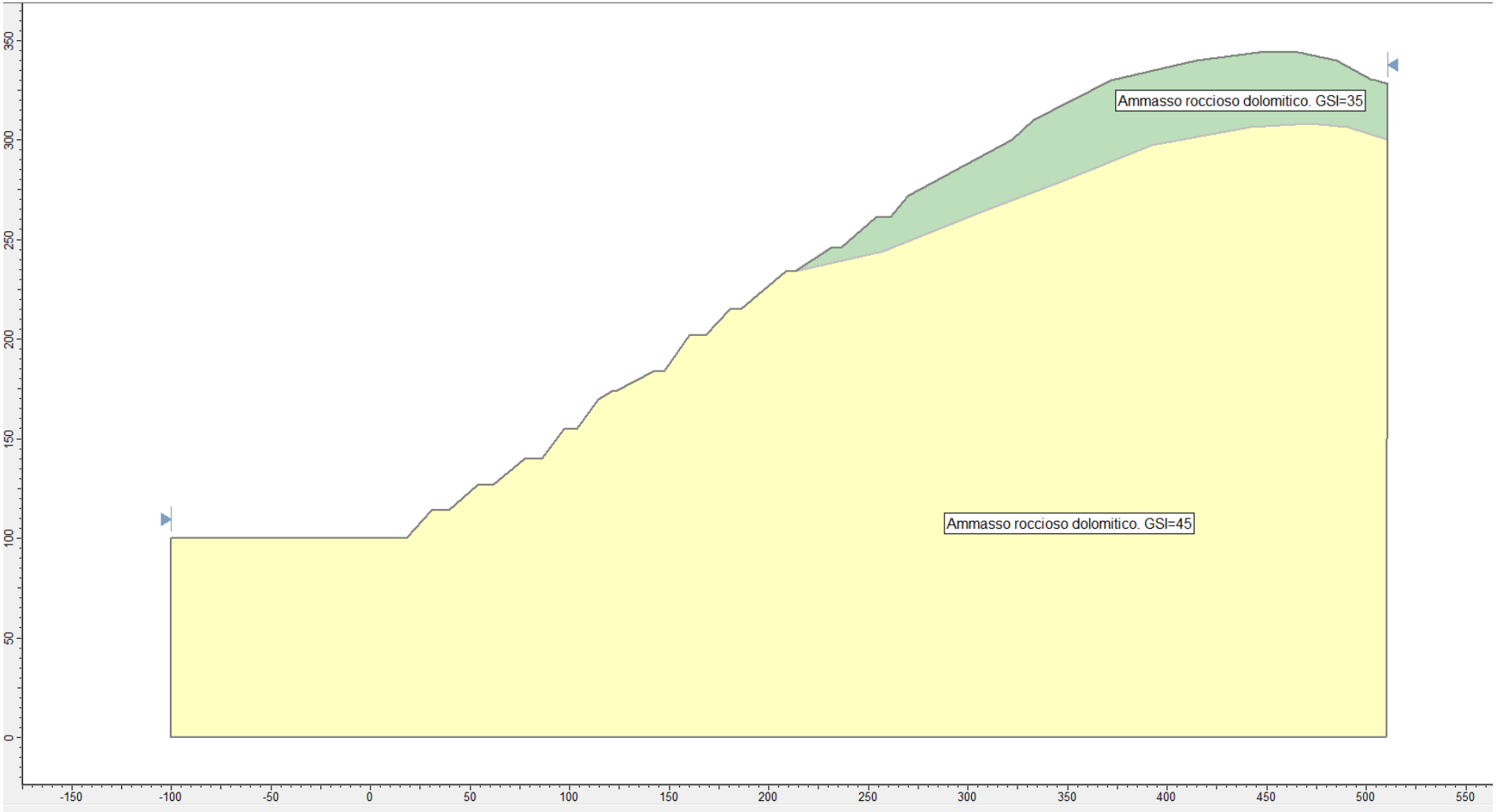


Fig. 31 – Sezione 3-3’ del fronte Sud. Caratteristiche geometriche e stratigrafiche

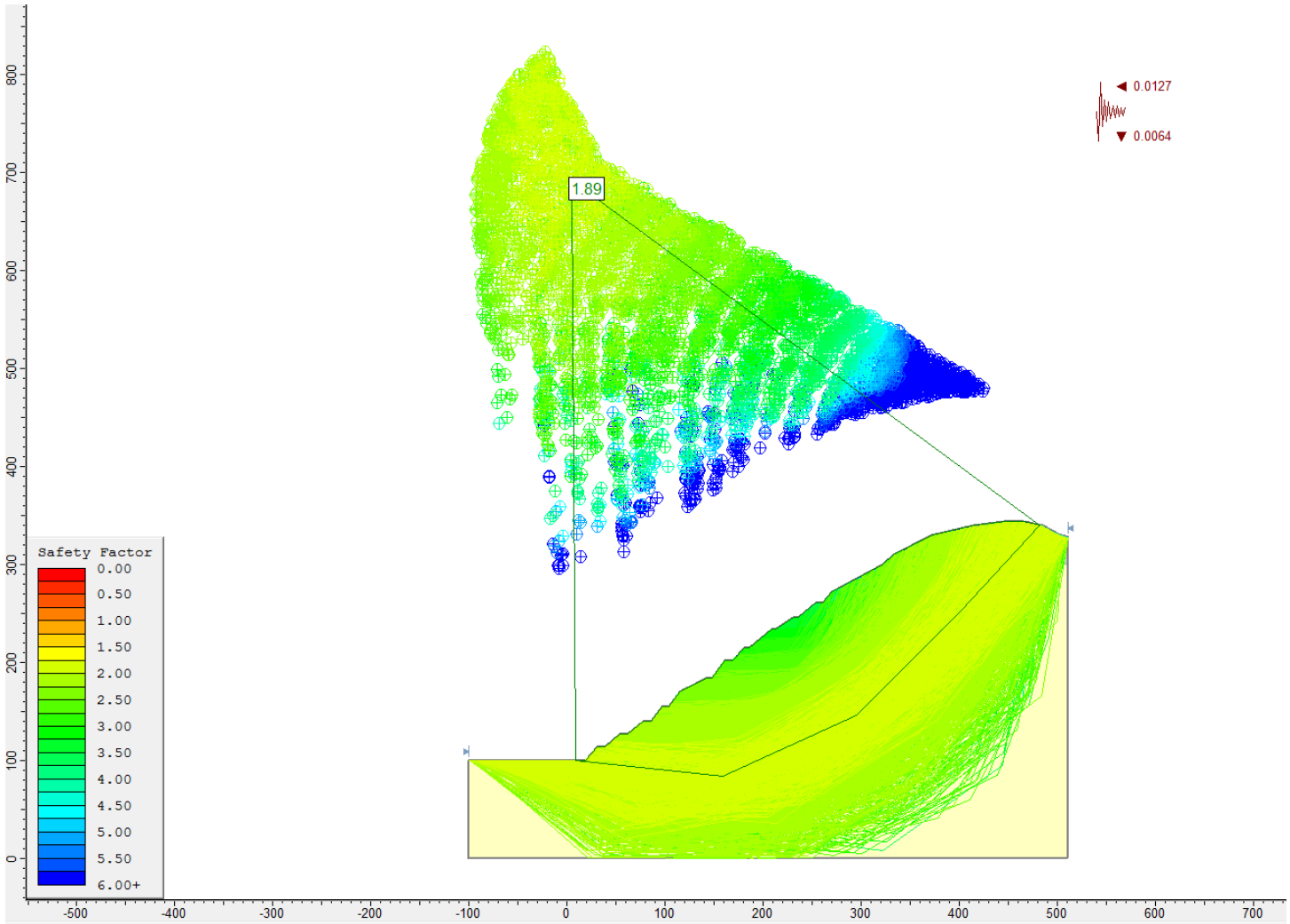


Fig. 32 - Sezione 3-3'. Verifiche di stabilità. E' rappresentato il valore minimo del coefficiente di sicurezza

5.9 Verifiche di stabilità del rilevato di limi di lavaggio

5.9.1 Introduzione

Nel settore Ovest della cava il fronte gradonato in dolomia tra le quote 140 e 155 è ricoperto da un cumuli di limi di lavaggio, che nella I fase di coltivazione sarà rimodellato per ricavare una rampa di accesso ai fronti superiori ed un gradino sommitale; si prevede una pendenza massima della singola scarpata pari a 32° ed una pendenza di inviluppo dell'intero pendio pari a 27° circa. La traccia della sezione rappresentativa è riportata in fig. 16; la relativa sezione stratigrafica è rappresentata in fig. 33.

5.9.2 Caratterizzazione sismica

Gli sterili di cava del cumulo non appartengono alla categoria di suolo A per la quale valgono i parametri sismici a_{max}, k_v e k_h ricavati nella relazione di progetto.

Il profilo stratigrafico del cumulo dei materiali di risulta è assimilabile ai sottosuoli della categoria E. Il parametro di amplificazione stratigrafica SS per suoli di tipo E vale 1,6 (D.M. 14/01/2008, Tabella 3.2.V).
Per pendii con inclinazione media superiore ai 15°, le condizioni topografiche del cumulo rientrano nella categoria T2 della tabella 3.2.VI delle citate Norme Tecniche per le Costruzioni, cui corrisponde un valore di ST = 1,20.
Poiché mancano analisi specifiche riguardanti la risposta sismica locale, l'accelerazione massima attesa nel sito può essere calcolata (§ 7.11.3.5.2 delle Norme Tecniche per le Costruzioni) con la relazione

$$a_{max} = SS\ ST\ a_g$$

che, utilizzando i valori di a_g ottenuti nella relazione di progetto e i parametri di amplificazione calcolati per i terreni di categoria E, fornisce i valori di a_{max} riportati nella tabella sottostante.

	SLO	SLD	SLV	SLC
a_{max}	0.0357g	0.0392 g	0.1018 g	0.1332 g

Tabella 12 – Valori di a_{max} ottenuti per i diversi stati limite

Nel metodo di verifica di stabilità pseudo - statico che è stato adottato, l'azione sismica è rappresentata da un'azione statica equivalente, i cui coefficienti sismici orizzontale e verticale possono calcolarsi secondo le relazioni:

$$k_h = \beta s\ a_{max}/g$$
$$k_v = 0.5\ k_h$$

in cui k_h è il coefficiente della componente orizzontale della forza, k_v il coefficiente della componente verticale e βs il coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa, valutato secondo i valori riportati nella tabella 7.11.I delle Norme Tecniche per le Costruzioni e pari nel caso attuale a 0.20 in tutti i casi. I valori finali ottenuti sono riportati nella tabella che segue.

	SLO	SLD	SLV	SLC
k_h	0.0071	0.0078	0.0204	0.0266
k_v	0.0036	0.0049	0.0102	0.0133

Tabella 13 – Coefficienti sismici ottenuti per le condizioni degli stati limite del collasso (SLC), del danno (SLD), di operatività (SLO) e di salvaguardia della vita (SLV).

5.9.3 Caratterizzazione geotecnica

Introduzione

Secondo le Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14/01/2008, § 7.1) il rispetto degli stati ultimi in condizioni sismiche si considera soddisfatto quando siano state eseguite le verifiche relative agli stati limite SLD, stato limite di danno, e SLV, stato limite di salvaguardia della vita.
Non essendo valutabile per un fronte in roccia uno stato limite di esercizio, nelle verifiche di stabilità è stato preso in considerazione solo lo stato limite ultimo SLV.

Parametri geotecnici caratteristici

I materiali di riporto del cumulo sono formati da coltri di copertura e da roccia dello strato superficiale, in minor misura da limi delle vasche di sedimentazione. Si tratta di materiali fortemente eterometrici, con ampia distribuzione granulometrica, che va da ghiaie a sabbie e limi. Nella valutazione dei parametri di resistenza al taglio si è assunta una coesione nulla; la stima dell'angolo d'attrito di picco è basata sui valori indicativi derivati da Lambe e Whitman (1969)[6] per materiali sabbiosi ben assortiti ed addensati. Come parametro caratteristico, tenendo conto della presenza della componente ghiaiosa, è stato assunto uno dei valori centrali dell'intervallo, pari a 40°. I parametri di resistenza del substrato lapideo indicati in tabella sono quelli ricavati dalla classificazione di Bieniawski.

Unità litologica	γ (kN/m^3)	c (kPa)	φ (°)
Sterili di cava	18	0	38-46
Substrato lapideo	27	275	32,5

Tabella 14 – Parametri geotecnici caratteristici

[6] Lambe W. T., Williams R. V. (1969) – *Soil mechanics* – John Wiley & Sons, Inc.

Parametri geotecnici di progetto

Per ottenere i parametri di progetto sono stati adottati i coefficienti parziali dell'Approccio 1 Combinazione 2 previsti dalle Norme Tecniche per le Costruzioni per i fronti di scavo ed i rilevati. Pertanto ai valori caratteristici della coesione intercetta e della tangente dell'angolo di resistenza al taglio sono stati applicati i coefficienti parziali (1,25 in entrambi i casi, secondo la tabella 6.2.II delle citate norme). Alla resistenza globale deve essere applicato il coefficiente 1,1 (tabella 6.8.I).

Unità litologica	c (kPa)	φ (°)
Sterili di cava	0	33.9
Substrato lapideo	220	27

Tabella 15 – Parametri geotecnici di progetto

5.9.4 Metodi di analisi

I calcoli di stabilità sono stati eseguiti applicando il metodo dell'equilibrio limite nelle versioni di Bishop, Spencer, Lowe - Karafiath e GLE/Morgenstern-Price, per potenziali superfici di scorrimento circolari, con il programma *Slide 5.0* (Rocscience Inc.- Toronto, Canada). Sono stati adottati i parametri geotecnici e sismici definiti nei paragrafi precedenti.

Per quanto riguarda le condizioni idrauliche, è stata ipotizzata la soggiacenza minima compatibile con un coefficiente di sicurezza adeguato (superiore a 1,1). Si osserva che con questa ipotesi la superficie piezometrica risulta posta in prossimità della berma del gradone inferiore (a profondità inferiore a 0,5 m), posizione cautelativa tenuto conto che la permeabilità delle dolomie sottostanti è di grado elevato.

In entrambe le sezioni sono stati calcolati i fattori di sicurezza di oltre 4800 superfici di scivolamento potenziale, distribuite sull'intera sezione rappresentativa. I valori dei fattori di sicurezza sono rappresentati nella fig. 34 con aree di diverso colore nel quadrato che racchiude i centri dei cerchi di scorrimento. Il cerchio riprodotto è relativo al fattore di sicurezza minimo calcolato con il metodo di Bishop.

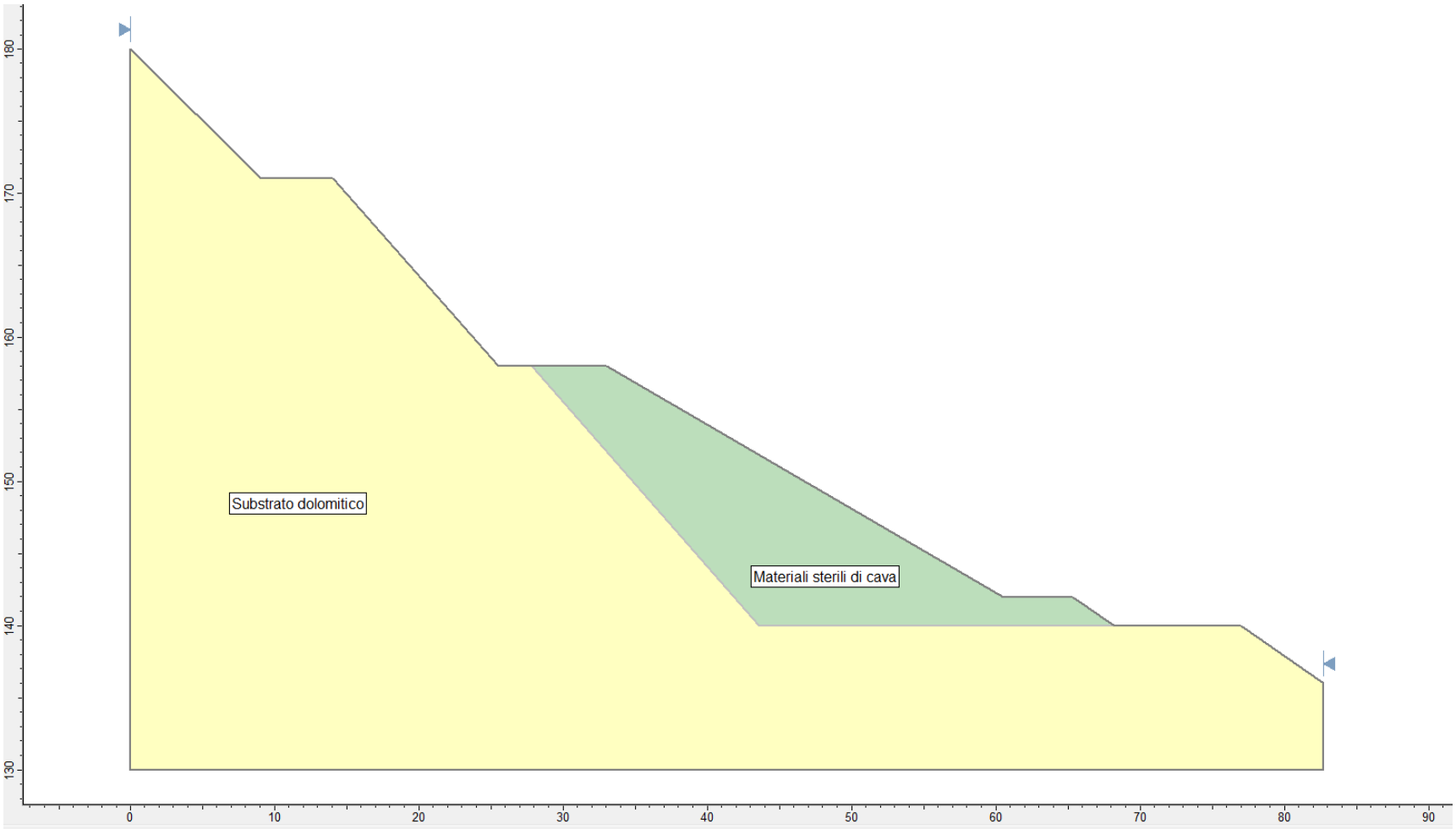


Fig. 33 – Sezione 4-4’ del rilevato in materiali sterili di cava. Caratteristiche geometriche e stratigrafiche

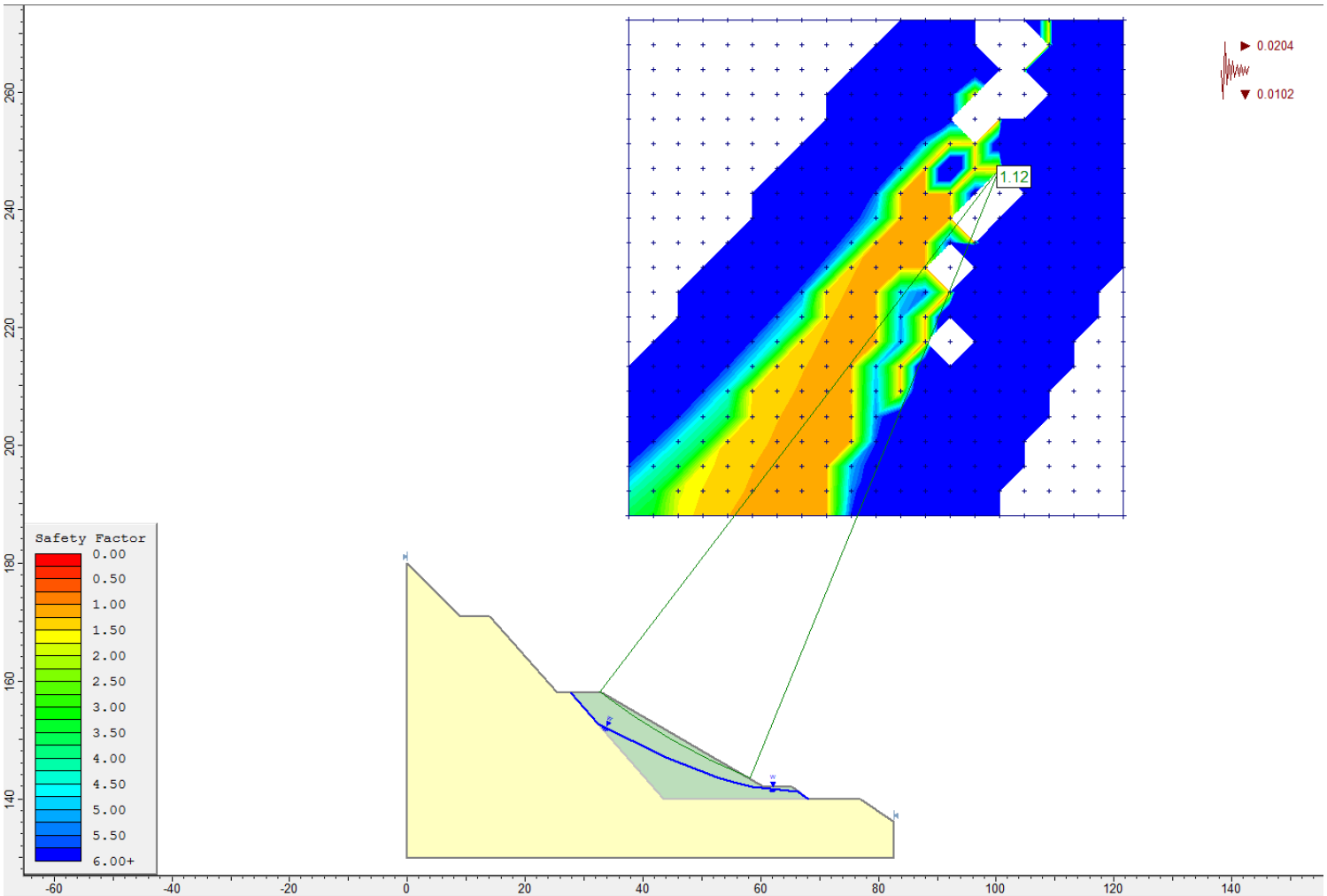


Fig. 34 - Sezione 4-4’ del rilevato in materiali sterili di impianto. Verifiche di stabilità. E’ rappresentato il valore minimo del coefficiente di sicurezza

5.9.5 Risultati delle verifiche

I risultati delle verifiche hanno fornito in tutte le superfici esaminate (escludendo le superfici che intersecano il fronte per profondità limitata, dello spessore di circa 1 m) fattori di sicurezza superiori a 1,1. Il rilevato previsto dal progetto è pertanto in grado di garantire le condizioni di sicurezza richieste dalla normativa attualmente in vigore.

I tabulati delle verifiche di stabilità sono riportati in allegato.

5.10 Verifiche di stabilità del rilevato di rimodellamento finale

Come illustrato in precedenza, al termine della coltivazione si prevede la formazione di un rilevato di riporto appoggiato sul piazzale di base e addossato al fronte esaurito per un'altezza massima di 55 m.
Il cumulo sarà modellato con una scarpata inclinata mediamente intorno a 23°, interrotta da due gradini intermedi. Le singole scarpate avranno un'inclinazione leggermente maggiore (compresa tra 23° e 24,5°).
Il cumulo è rappresentato in planimetria e sezioni nel dis. D42.

5.11 Caratterizzazione sismica

Da un punto di vista sismico il profilo stratigrafico del cumulo dei materiali inerti è assimilabile ai sottosuoli della categoria E. Il parametro di amplificazione stratigrafica SS per suoli di tipo E vale 1,6 (D.M. 14/01/2008, Tabella 3.2.V).
Per pendii con inclinazione media superiore ai 15°, le condizioni topografiche del cumulo rientrano nella categoria T2 della tabella 3.2.VI delle citate Norme Tecniche per le Costruzioni, cui corrisponde un valore di ST = 1,20.
Poiché mancano analisi specifiche riguardanti la risposta sismica locale, l'accelerazione massima attesa nel sito può essere calcolata (§ 7.11.3.5.2 delle Norme Tecniche per le Costruzioni) con la relazione

$$a_{max} = SS\ ST\ a_g$$

che, utilizzando i valori di a_g ottenuti nella relazione di progetto e i parametri di amplificazione calcolati per i terreni di categoria E, fornisce i valori di a_{max} riportati nella tabella sottostante.

	SLO	SLD	SLV	SLC
a_{max}	0.0357g	0.0392 g	0.1018 g	0.1332 g

Tabella 16 Valori di a_{max} ottenuti per i diversi stati limite

Nel metodo di verifica di stabilità pseudo - statico che è stato adottato, l'azione sismica è rappresentata da un'azione statica equivalente, i cui coefficienti sismici orizzontale e verticale possono calcolarsi secondo le relazioni:

$$k_h = \beta_s \, a_{max}/g$$
$$k_v = 0.5 \, k_h$$

in cui k_h è il coefficiente della componente orizzontale della forza, k_v il coefficiente della componente verticale e β_s il coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa, valutato secondo i valori riportati nella tabella 7.11.I delle Norme Tecniche per le Costruzioni e pari nel caso attuale a 0.20 in tutti i casi. I valori finali ottenuti sono riportati nella tabella che segue.

	SLO	SLD	SLV	SLC
k_h	0.0071	0.0078	0.0204	0.0266
k_v	0.0036	0.0049	0.0102	0.0133

Tabella 17 – Coefficienti sismici ottenuti per le condizioni degli stati limite del collasso (SLC), del danno (SLD), di operatività (SLO) e di salvaguardia della vita (SLV).

5.12 Caratterizzazione geotecnica

5.12.1 Premessa

Secondo le Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14/01/2008, § 7.1) il rispetto degli stati ultimi in condizioni sismiche si considera soddisfatto quando siano state eseguite le verifiche relative agli stati limite SLD, stato limite di danno, e SLV, stato limite di salvaguardia della vita.
Non essendo valutabile per un fronte in roccia uno stato limite di esercizio, nelle verifiche di stabilità è stato preso in considerazione solo lo stato limite ultimo SLV.

5.12.2 Parametri geotecnici caratteristici

I materiali inerti di riporto saranno formati principalmente da terre e rocce da scavo. Data l'incertezza riguardo alla provenienza e quindi alla natura litologica, si è ipotizzato che il rilevato sia formato da materiali fortemente eterometrici, con ampia distribuzione granulometrica, che vada da ghiaie a sabbie e limi. Nella valutazione dei parametri di resistenza al taglio si è assunta una coesione nulla; la stima dell'angolo d'attrito di picco è basata sui valori indicativi derivati da Lambe e Whitman (1969)[7] per materiali sabbiosi ben assortiti ed addensati. Come parametro caratteristico, tenendo conto

[7] Lambe W. T., Williams R. V. (1969) – *Soil mechanics* – John Wiley & Sons, Inc.

della presenza della componente ghiaiosa, è stato assunto il valore inferiore dell'intervallo, pari a 38°. I parametri di resistenza del substrato lapideo indicati in tabella sono quelli ricavati dalla classificazione di Bieniawski.

Unità litologica	γ (kN/m^3)	c (kPa)	φ (°)
Materiali inerti	18	0	38-46
Substrato lapideo	27	275	32,5

Tabella 18 – Parametri geotecnici caratteristici

5.12.3 Parametri geotecnici di progetto

Per ottenere i parametri di progetto sono stati adottati i coefficienti parziali dell'Approccio 1 Combinazione 2 previsti dalle Norme Tecniche per le Costruzioni per i fronti di scavo ed i rilevati. Pertanto ai valori caratteristici della coesione intercetta e della tangente dell'angolo di resistenza al taglio sono stati applicati i coefficienti parziali (1,25 in entrambi i casi, secondo la tabella 6.2.II delle citate norme). Alla resistenza globale deve essere applicato il coefficiente 1,1 (tabella 6.8.I).

Unità litologica	c (kPa)	φ (°)
Materiali inerti	0	32
Substrato lapideo	220	27

Tabella 19 – Parametri geotecnici di progetto

5.13 Metodo di analisi

I calcoli di stabilità sono stati eseguiti applicando il metodo dell'equilibrio limite nelle versioni di Bishop, Spencer, Lowe - Karafiath e GLE/Morgenstern-Price, per potenziali superfici di scorrimento circolari, con il programma *Slide 5.0* (Rocscience Inc.- Toronto, Canada). Sono stati adottati i parametri geotecnici e sismici definiti nei paragrafi precedenti.
Le verifiche sono state eseguite sulla sezione rappresentativa A-A' (vedi dis. D42); la schematizzazione stratigrafica della sezione è rappresentata in fig. 35.

Per quanto riguarda le condizioni idrauliche, è stata ipotizzata la soggiacenza minima compatibile con un coefficiente di sicurezza adeguato (superiore a 1,1). Si osserva che con questa ipotesi la superficie piezometrica raggiunge soggiacenze molto basse, dell'ordine di 5-10 m, nel settore centrale della sezione, condizione nettamente cautelativa, tenuto conto che la permeabilità delle dolomie sottostanti è di grado elevato.

In entrambe le sezioni sono stati calcolati i fattori di sicurezza di oltre 4800 superfici di scivolamento potenziale, distribuite sull'intera sezione rappresentativa. I valori dei fattori di sicurezza sono rappresentati nella fig. 3 con aree di diverso colore nel quadrato che racchiude i centri dei cerchi di scorrimento. Il cerchio riprodotto è relativo al fattore di sicurezza minimo calcolato con il metodo di Bishop.

5.14 Risultati

I risultati delle verifiche hanno fornito in tutte le superfici esaminate (escludendo le superfici che intersecano il fronte per profondità limitata, dello spessore di circa 1 m) fattori di sicurezza superiori a 1,1. Il rilevato previsto dal progetto è pertanto in grado di garantire le condizioni di sicurezza richieste dalla normativa attualmente in vigore.

I risultati delle verifiche di stabilità sono rappresentati graficamente in fig. 36; i relativi tabulati sono riportati in allegato.

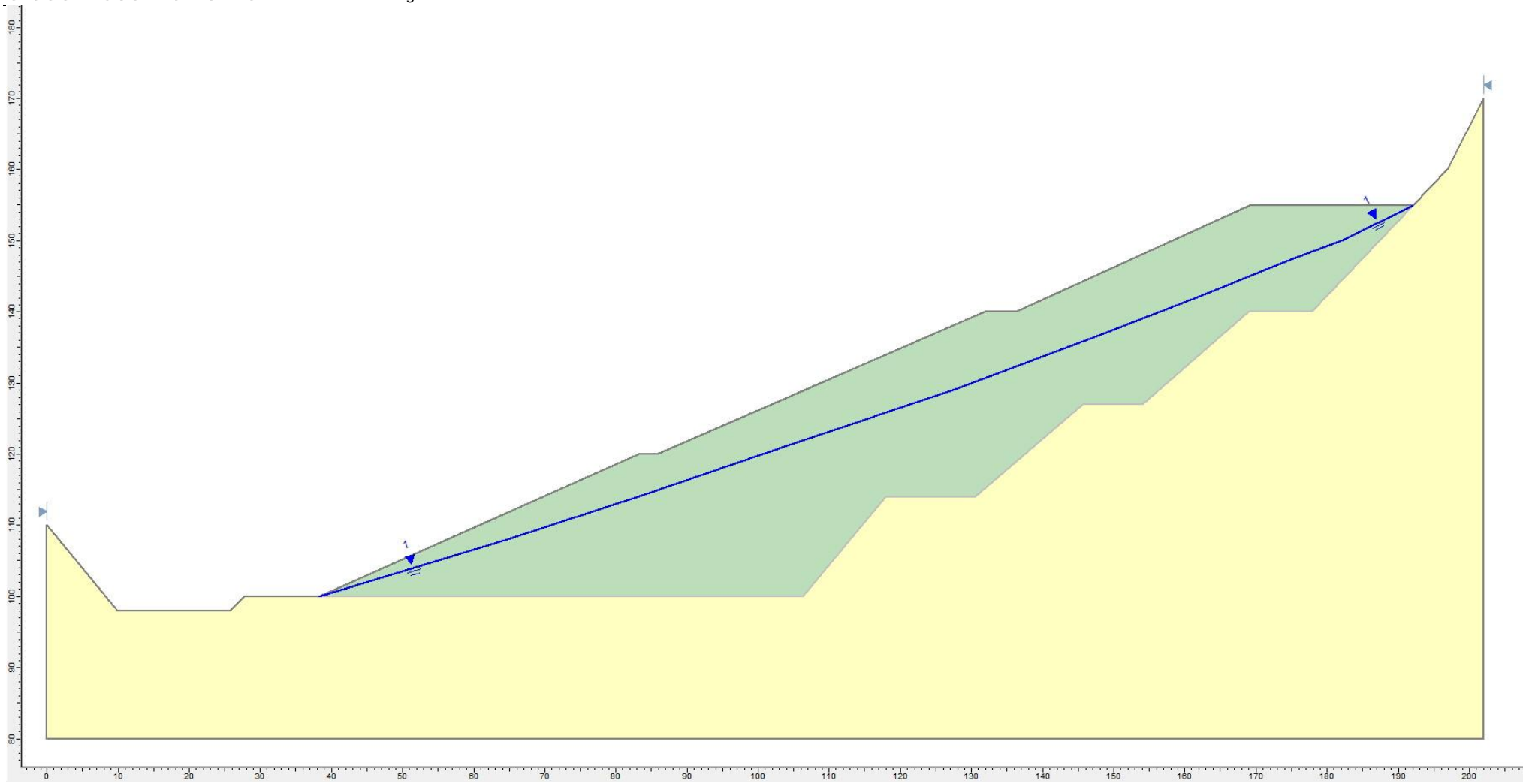


Fig. 35 – Sezione A-A' del rilevato in materiali sterili. Caratteristiche geometriche e stratigrafiche

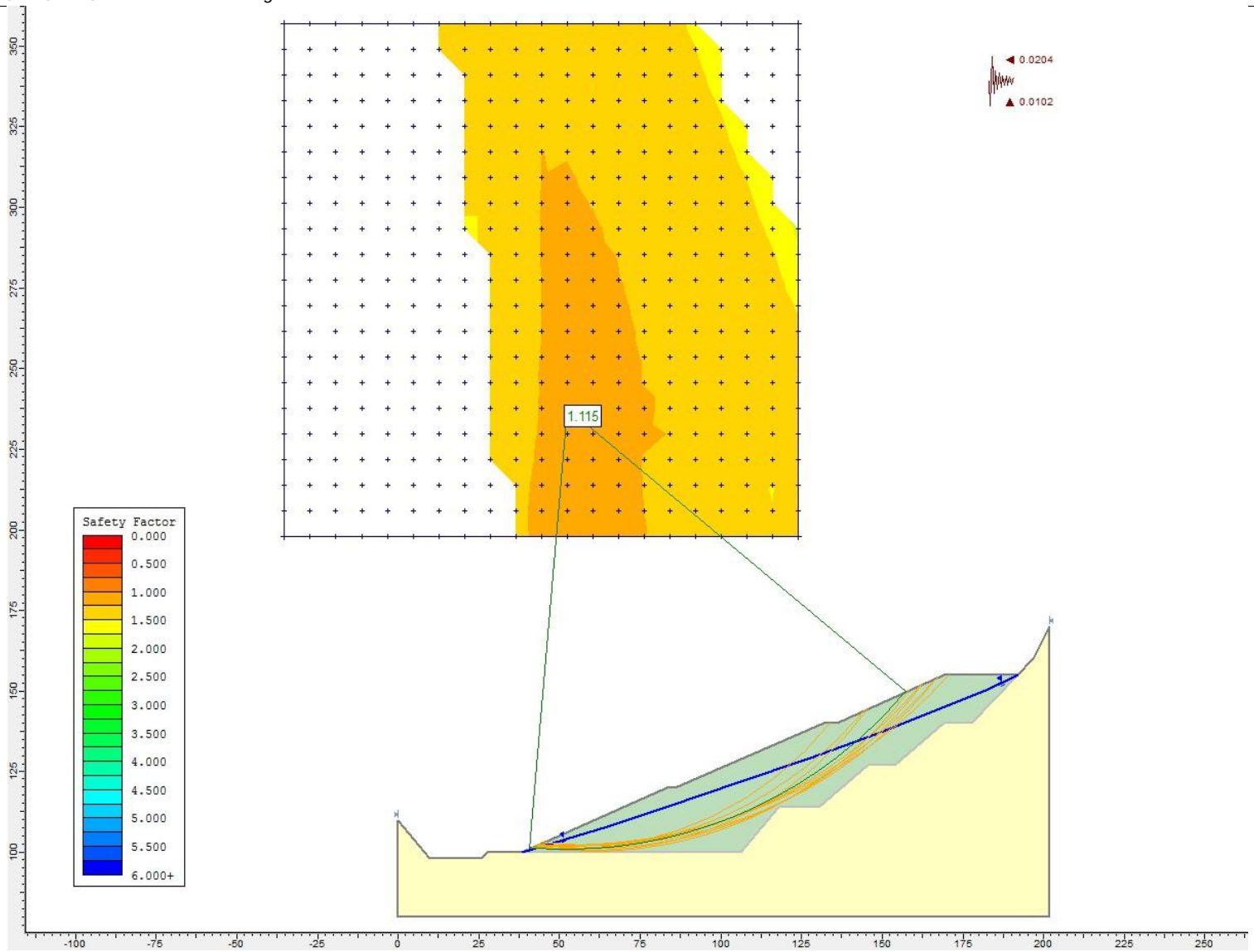


Fig. 36 - Sezione A-A' del rilevato in materiali sterili. Verifiche di stabilità. E' rappresentato il valore minimo del coefficiente di sicurezza

6. VERIFICHE IDRAULICHE

6.1 Premessa

Di seguito saranno sviluppate in dettaglio le verifiche idrauliche relative agli interventi di regimazione delle acque all'interno dell'area di cava in funzione dello sviluppo del progetto estrattivo.
Dapprima si riferisce in merito alle opere idrauliche da realizzare per la sistemazione idraulica del Rio Fornace, soprattutto per quanto attiene il suo corso medio-inferiore, a partire dalla quota 215, sino alle opere idrauliche già in opera sul piazzale di base, all'esterno dell'area di concessione di cava.
Il progetto delle opere idrauliche relativo al Rio Fornace viene recepito nel presente progetto di coltivazione, in quanto funzionale al progetto di regimazione delle acque di cava, ma sarà presentato come pratica separata di autorizzazione idraulica e demaniale al competente Servizio Demanio Idrico Regionale.

Per quanto attiene in particolare alla concessione demaniale essa risulta necessaria per garantire la disponibilità delle aree destinate all'esercizio della cava e dell'impianto in progetto da parte di Giuggia Costruzioni s.r.l, oltre che dell'attività dell'impresa Bagnasco Edoardo s.r.l. che gestisce l'impianto di confezionamento di calcestruzzo ubicato sul piazzale di base, sempre su terreno comunale in Concessione.

Al fine di uniformità e semplificazione delle procedure è previsto che la concessione demaniale suddetta venga richiesta direttamente dal Comune di Vado Ligure, proprietario dei terreni di cava in adiacenza al Rio Fornace dati in Concessione ai diversi soggetti citati, in considerazione anche del fatto che il Comune, dopo la scadenza della Concessione a favore di Giuggia Costruzioni, oggi fissata tra 6 anni, sarà impegnato ad eseguire in proprio o per mezzo di terzi il completamento del progetto di recupero ambientale della cava secondo quanto stabilito nella Deliberazione CC Vado Ligure n° 52 del 31/07/2015 e nella scrittura sottoscritta in data 14/4/2014 tra la Giuggia Costruzioni S.r.l. ed il Comune stesso.
Inoltre con la medesima deliberazione CC Vado Ligure n° 52 /2015 è stata deliberata la costituzione di servitù di passaggio relativa alle aree di proprietà comunale, rispettivamente a favore dell'impresa Bagnasco Edoardo s.r.l. e Giuggia Costruzioni s.r.l.: gli stessi accessi in parte ricadono su area demaniale.

6.2 Caratteristiche delle opere idrauliche sul Rio Fornace

Situazione attuale

L'alveo del Rio Fornace ha subito nella sua evoluzione morfologica recente variazioni rispetto alla posizione riportata sulle mappe catastali con l'area demaniale di pertinenza.
La parte di monte del rio corre in alveo indisturbato, per poi confluire nell'area di cava alla quota di circa 215 m s.l.m.

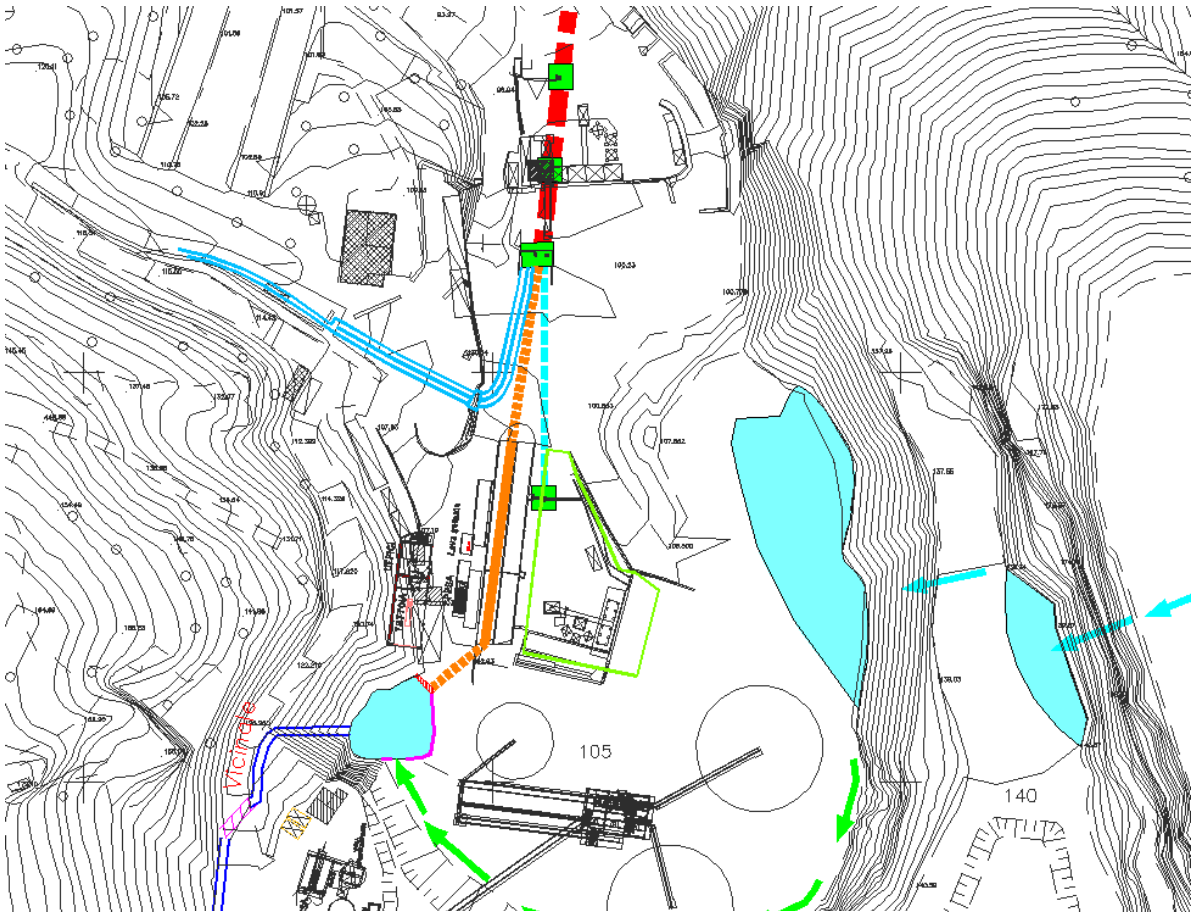
Lo sviluppo ultratrentennale dei lavori di cava ha modificato la morfologia su un'area estesa; attualmente l'area di cava presenta una configurazione delimitata su 3 lati da fronti e scarpate rocciose che tendono a convogliare tutte le acque meteoriche sul piazzale di base a quota 105 m s.l.m., da cui esse scorrono in buona parte per ruscellamento superficiale (in modo non regimentato correttamente) sino a confluire in 2 condotte interrate in cls. a sezione scatolare rettangolare di sezione 2 x 1.85 m^2, e vengono reimmesse nel corso inferiore naturale del rio a valle (vedi Tav. D38 e Tav. D47).

Le condotte esistenti, completate all'inizio degli anni 2000 in base ad un progetto del 1998, presentano due salti di quota intermedi, attrezzati con vasche per la dissipazione dell'energia cinetica con dimensioni planimetriche di 6 x 2 m^2.
Alla confluenza con l'alveo di valle del Rio Fornace, i condotti scatolari sono protetti da una scogliera, che ha anche funzione di contenimento del rilevato su cui poggia l'impianto di valle dell'impresa Bagnasco.

Dalla zona a monte dell'autostrada confluiscono nei suddetti scatolati anche due tubazioni circolari con diametro 1.50 m, proveniente da un fosso di raccolta acque a monte dell'imbocco delle gallerie autostradali e un'altra tubazione (con diametro 1.0 m), proveniente dall'interno dell'area dell'impianto di calcestruzzo della ditta Bagnasco (all'interno dell'area della concessione di cava).

Opere idrauliche principali in progetto

Durante la prima fase dell'attività estrattiva è prevista una serie di opere per la sistemazione dell'alveo del Rio Fornace a partire dalla quota 215 m s.l.m.
La ricostruzione dell'alveo del Rio Fornace a monte del piazzale di cava sarà eseguita secondo il tracciato riportato in tavola D 38 e nello stralcio catastale di tav. D46.
Il nuovo alveo raccoglierà le acque del Rio Fornace sopra quota 215 m s.l.m. e le porterà sul piazzale principale di cava alla quota di 105 m s.l.m. seguendo approssimativamente il tracciato naturale originario, con una sezione utile di deflusso di circa 4 m^2.



Schema delle opere idrauliche esistenti a valle dell'area di cava.

Lungo tale tracciato sono previste n° 3 tubazioni di sottopasso della pista di arroccamento della cava aventi ciascuna uno sviluppo inferiore a 12 m.

Sul piazzale al piede del fronte è previsto, all'interno del sedime demaniale esistente, la formazione di un bacino di dissipazione dell'energia del deflusso (superficie circa 350 m²), a partire dal quale sarà ricostruito un alveo artificiale costituito da:

- un primo tratto scatolato autoportante lungo 16 metri, completamente interrato, con pendenza minima del 2%, larghezza 2 m ed altezza 2,5 m
- un secondo tratto a cielo aperto, appoggiato al lato Ovest delle vasche esistenti, con larghezza 3,5 m ed altezza 1,25 m

– un terzo tratto lungo 44,5 m con caratteristiche analoghe al primo (interrato con sezione 2 x 2,5 m^2) e con innesto sulla vasca di dissipazione e quindi sulla tubazione scatolata già oggi esistenti a valle.

Le costruzione del nuovo alveo artificiale comporterà la demolizione delle due vasche esistenti sul piazzale di cava ad Ovest dell'impianto dell'impresa Bagnasco.
Nella ristrutturazione dei fabbricati ad Ovest del Rio Fornace, satrà mantenuta una distanza minima di 10 m dal limite demaniale ai sensi dell'art. 96 RD 523/1904 e relative disposizioni regionali.

6.3 Regimazione delle acque meteoriche all'interno dell'area di cava

Situazione nel corso della coltivazione

Con il procedere della coltivazione il sistema di raccolta e smaltimento sarà sviluppato in funzione dell'evoluzione dei fronti, facendo confluire le acque nelle canalizzazioni principali di base.

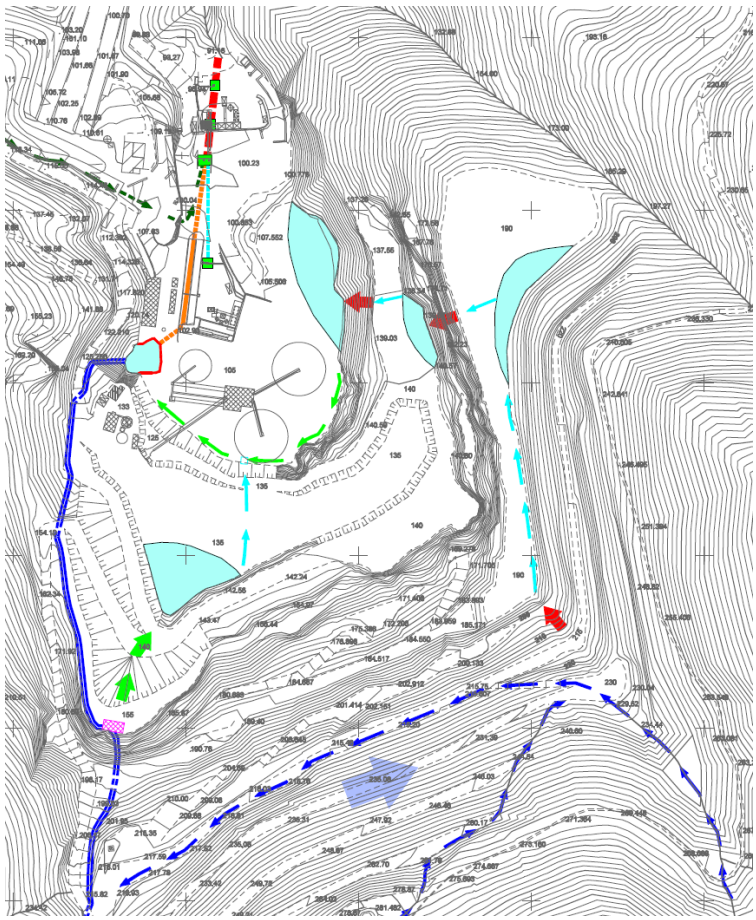
La rete prevista comprenderà:

- una serie di canalette sui gradoni e lungo le piste residue, realizzate in roccia, sul lato di monte, defluenti verso i collettori principali
- due collettori in roccia (scaricatori), a profilo gradinato, ricavati alle intersezioni dei fronti principali, impostati lungo linee di massima pendenza
- due bacini principali disposti al piede del fronte con la funzione di laminazione e decantazione delle acque raccolte dalla rete superiore prima dell'immissione nella rete terminale di scarico
- un fosso collettore principale al piede del fronte per il convogliamento delle acque raccolte dai bacini all'alveo del Rio Fornace.

Gli interventi di raccolta lungo i fronti, che si evolveranno con lo sviluppo della coltivazione, sono concepiti nell'ottica di minimizzare gli impatti pur assicurando un'adeguata efficacia ai fini dello smaltimento delle acque meteoriche. Tali opere, pur essendo in concreto destinate a far fronte a precipitazioni intense a carattere ordinario, riferibili ad un tempo di ritorno statistico Tr = 20 anni, sono state dimensionate in funzione di una portata di progetto con Tempo di ritorno statistico Tr = 200 anni.

Lo schema della rete idrica di seguito riportato è stralciato dalle tavole di progetto tav. D38 - Regimazione delle acque superficiali in corso e al termine della coltivazione, tav. D39 – Regimazione delle acque superficiali dopo

rimodellamento finale delle superfici, e Tav D47 – Opere di sistemazione della parte inferiore del Rio Fornace.



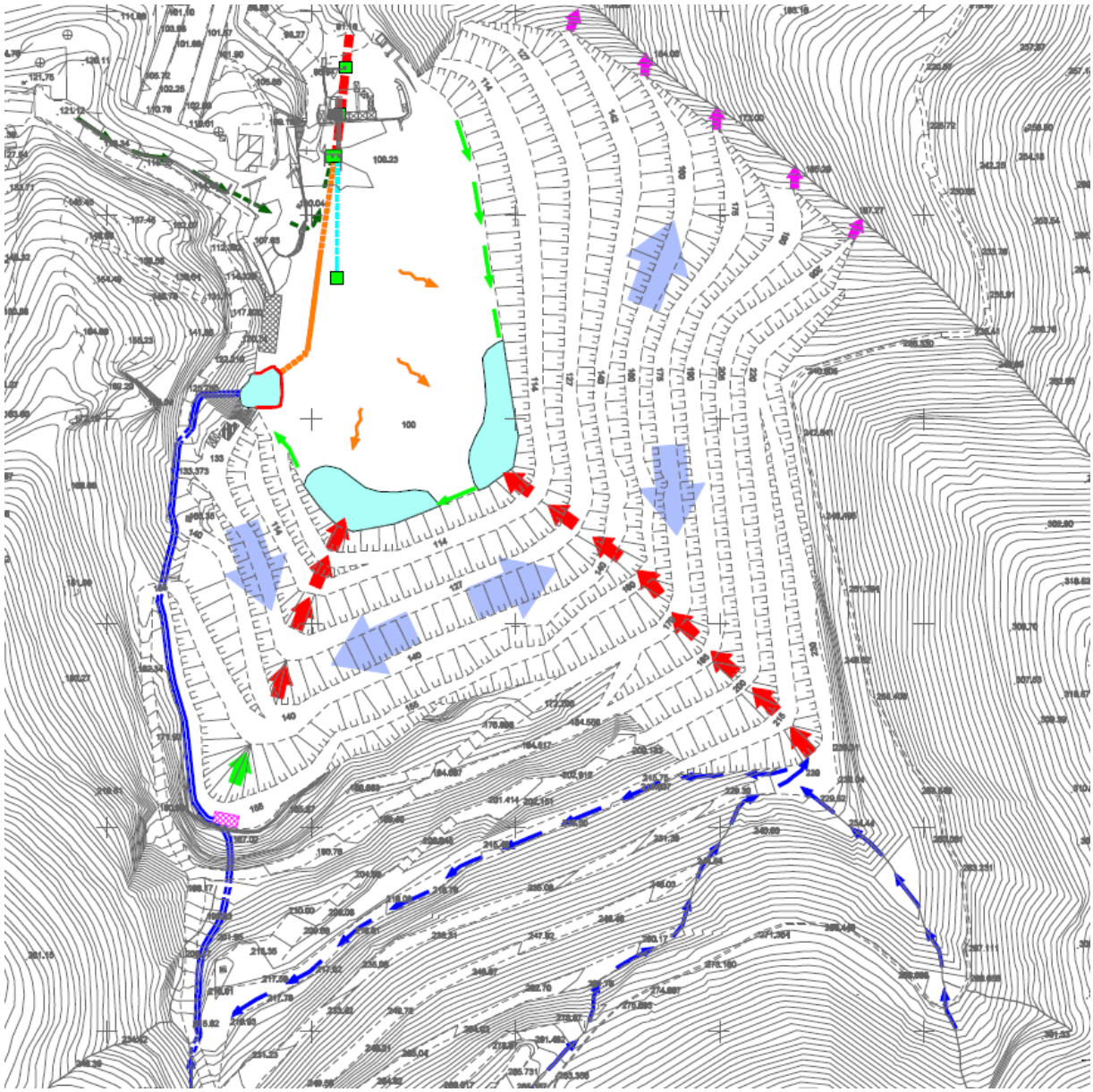
Schema della rete idrica nel corso della coltivazione

Situazione al termine della coltivazione

Al termine dei lavori di coltivazione la configurazione della rete idrica seguirà lo schema di base impostato in precedenza, semplicemente adeguandolo alla morfologia finale del fronte a gradoni.
In particolare (vedi schema seguente tratto dalla cartografia di progetto):

- saranno prolungati fino al piazzale di base i due scaricatori verticali in roccia, facendo convergere su tali linee di impluvio le canalizzazioni sulle pedate dei gradoni
- la parte più esterna del fronte Est sarà drenata verso l'impluvio naturale adiacente sul fianco Est, senza determinare incremento al bacino imbrifero di cava

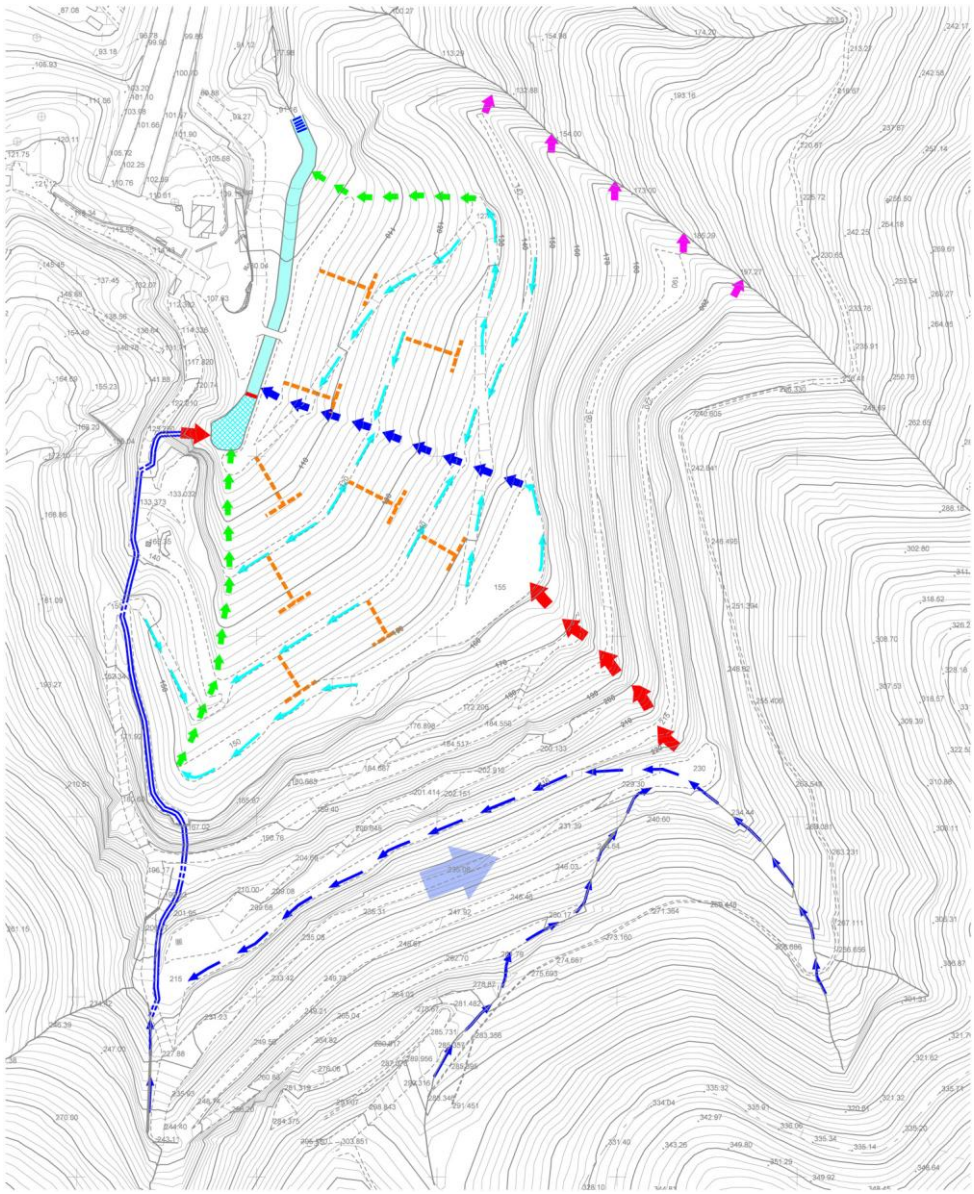
– sul piazzale di base saranno conservati due bacini di raccolta, laminazione e decantazione con relativo collettore di scarico verso il Rio Fornace.



Schema della rete idrica nella configurazione finale di scavo

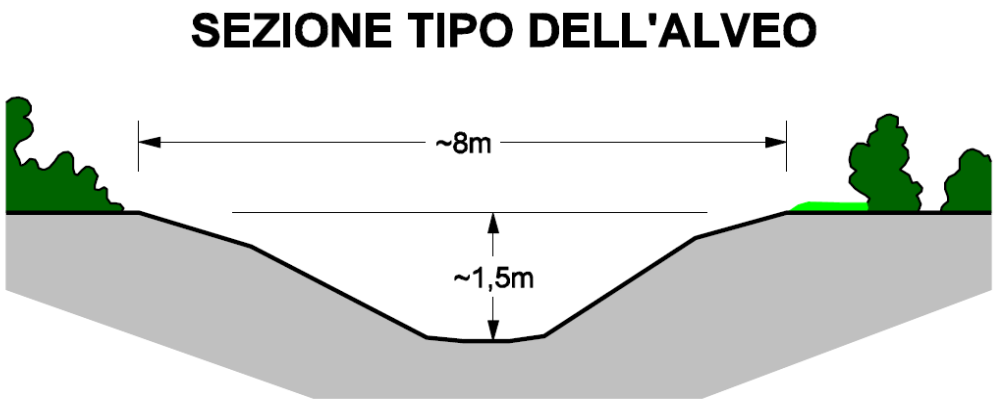
Sistemazione dopo il rimodellamento finale dei fronti

Dopo l'esaurimento della coltivazione si prevede lo smantellamento delle strutture impiantistiche e dei fabbricati di servizio e il rimodellamento del piazzale di base e della fascia inferiore dei fronti mediante formazione di un grande rilevato di materiali inerti (tipo terre e rocce da scavo), al fine di migliorare ulteriormente il recupero e il reinserimento ambientale del sito estrattivo (vedi schemi seguenti tratti dalla cartografia di progetto.



Assetto finale della rete idrica dopo rimodellamento dei fronti

Al completamento di tale intervento si prevede il ripristino dell'alveo del Rio Fornace a cielo aperto e la rinaturalizzazione delle relative sponde: il nuovo alveo dovrà essere oggetto di una specifica autorizzazione idraulica da richiedere al momento opportuno da parte del Comune proprietario dei terreni adiacenti; inoltre eventuali opere di attraversamento da realizzare o mantenere sull'alveo dovranno essere oggetto di Concessione demaniale.



Sezione tipo dell'alveo del Rio Fornace ripristinato a cielo aperto

6.4 Calcolo delle portate di progetto

6.4.1 Caratteristiche del bacino di cava

L'area di cava si posiziona nella parte superiore del bacino del rio Fornace, ove la pendenza media originaria del versante, è di ca. il 60%.
L'evoluzione dei lavori di cava secondo il progetto previsto non modifica sostanzialmente la superficie del bacino di alimentazione delle acque affluenti alla zona di cava.

E' da considerare che con lo sviluppo della coltivazione per ribasso successivo di gradoni si determinano generali condizioni di rallentamento del flusso idrico per effetto dell'introduzione di spianate sub orizzontali e per ripartizione dei deflussi su diverse linee di impluvio con conseguente riduzione dell'azione erosiva.

6.4.2 Parametri di calcolo della portata dei bacini

Le analisi delle portate di piena sono elaborate sulla scorta delle caratteristiche morfologiche e pluviometriche locali e delle indagini svolte per lo studio idraulico del T. Segno anche nell'ambito del PAI.

In relazione ad un ottimale smaltimento delle acque meteoriche il dimensionamento della rete drenante viene verificato, come già prima

accennato, nell'evenienza di precipitazioni particolarmente intense (tempo di ritorno statistico **Tr = 200 anni**).

Per le verifiche delle opere idrauliche si fa riferimento alla relazione generale relativa al "*Piano Di Bacino Stralcio Sul Rischio Idrogeologico*" , sviluppato ai fini della tutela dal rischio idrogeologico nei bacini idrografici della Provincia di Savona scolanti nel Mar Tirreno.

L'elaborazione dello studio idraulico tiene conto delle verifiche sulla compatibilità dell'utilizzo delle aree demaniali con i livelli di pericolosità idraulica e con la normativa di piano di bacino del T. Segno, in conformità al Regolamento Regionale 14/07/2011 n. 3, "*Disposizioni in materia di tutela delle aree di pertinenza dei corsi d'acqua*", con gli aggiornamenti dell'allegato A "*Normativa del Piano di Bacino Stralcio sul rischio idrogeologico*", approvati con la Deliberazione Consiglio Provinciale Savona n° 38 del 30/6/2015.

In ottemperanza alle disposizioni normative suindicate, si adotta, per bacini aventi area minore di 2 km^2, un contributo unitario costante pari a quello relativo a superfici scolanti aventi area minima drenata pari a 2 km^2.

In questo caso il valore di portata è calcolato con la relazione

$$QT=K_T \times A \times U_{A=2} \qquad [m^3 s^{-1}]$$

nella quale

A	superficie drenata [km^2],
$U_{A=2}$	contributo unitario per area pari a 2 km^2, [$m^3 s^{-1} km^{-2}$]
K_T	fattore di frequenza delle portate fornito in Tabella 20.

Il valore di K_T si ricava dalla seguente tabella:

***T* [anni]**	5	10	30	50	100	200	500
K_T	1.29	1.79	2.90	3.47	4.25	5.02	6.04

Tabella 201 Fattore di frequenza delle portate per i tempi di ritorno di interesse tecnico

Il coefficiente $U_{A=2}$ è ricavato dalla seguente tabella in funzione del tipo di bacino e della sua posizione geografica.

Longitudine		Bacino Tipo			
Gradi	primi	A	B	C	D
8	20	8.85	7.39	5.66	4.97
8	22.5	8.96	7.48	5.73	5.03
8	25	9.07	7.57	5.79	5.09
8	27.5	9.17	7.66	5.86	5.15

Tabella 21 Contributo unitario, UA=2 in funzione del tipo di bacino e della sua posizione

Si assumono pertanto i seguenti parametri

- K_T = 5.02 (Tr 200 anni)
- A = Aree dei sottobacino (vedi Tavola Bacini Idrici)
- $U_{A=2}$ = 5.09 $m^3/(s\ Km^2)$ rif. bacino tipo D e longitudine di 8°, 25'

6.4.3 Calcolo della portata di progetto dei bacini di cava

Nella Tavola D48 "Bacini imbriferi nell'evoluzione dei lavori di coltivazione" è illustrata la suddivisione nei vari bacini idrografici individuati all'interno dell'area di cava nelle situazioni in corso d'opera (bacino A) ed al termine degli scavi (bacino B); sulla stessa tavola è inoltre rappresentato il bacino del Rio Fornace con chiusura all'immissione nelle opere in progetto sul piazzale principale di cava (bacino C).

Bacino A

Si tratta del bacino di cava nella configurazione in corso di coltivazione.
Si sviluppa su una estensione massima di 0.115 Km^2, tra le quote ca. 100 m e 340 m s.l.m..
Per esso risulta una portata alla sezione di chiusa

$$Q_A = 5.02 \times 0.115 \times 5.09 = 2.94\ m^3/s$$

Bacino B

Si tratta del bacino di cava nella configurazione al termine delle operazioni di scavo; esso si sviluppa su una estensione di 0.114 Km^2, tra le quote ca. 100 m e 340 m s.l.m..
Per esso risulta una portata alla sezione di chiusa

$$Q_B = 5.02 \times 0.114 \times 5.09 = 2.91\ m^3/s$$

In base ai calcoli sopra riportati si desume che con l'evoluzione dei lavori non si hanno sensibili variazioni di portata nell'area scolante all'interno della cava.

Bacino afferente il singolo gradone

Si tratta del bacino sotteso dal singolo gradone.
Dalle verifiche sulla cartografia di progetto risulta, nel caso di massima estensione, una superficie di 7.000 m^2 corrispondenti a 0.007 Km^2.
Per esso risulta una portata pari a

$$Q_B = 5.02 \times 0.007 \times 5.09 = 0.18 \ m^3/s$$

Bacino C

Comprende l'intero bacino imbrifero naturale del Rio Fornace a monte dell'immissione nelle opere in progetto sul piazzale di cava.
Per esso risulta una portata alla sezione di chiusa

$$Q_B = 5.02 \times 0.406 \times 5.09 = 10.37 \ m^3/s$$

6.5 Verifica delle opere idrauliche

Di seguito si verifica il dimensionamento delle opere idrauliche in funzione delle portate di progetto calcolate, relativamente ai sottobacini A, B e bacino C.

Come già detto, la sistemazione di monte del Rio Fornace separerà le acque di pertinenza della cava da quelle del versante naturale esterno.
Le acque di pertinenza della cava saranno quindi raccolte in una rete appositamente realizzata e reimmesse nell'alveo del Rio Fornace alla base del fronte.

Per la descrizione della rete idrica nelle configurazioni in corso d'opera e al termine dell'attività si rimanda al capitolo 4.9 della presente relazione.

6.5.1 Procedura di verifica

La verifica del dimensionamento delle opere idrauliche è fatta nella sezione terminale, considerando l'intero apporto idrico del sottobacino di competenza. Si trascurano quindi in via cautelativa i rallentamenti (con dispersione di energia) che si verificano a monte, dovuti alla presenza di bacini di laminazione ed alle discontinuità costituite dalle pedate dei gradoni.

Data la notevole disomogeneità morfologica della superficie, il criterio adottato risulta quindi assai prudenziale.

Per la verifica del dimensionamento dei condotti in terra (o roccia) è stata utilizzata la relazione di Chezy

$$\mathbf{V = X * (R * J)^{0.5}}$$

dove: **V** = (m/s) , velocità di deflusso

S = (m^2/s) , sezione del flusso idrico

P = (m/s) , perimetro bagnato

R (m) raggio idraulico

J = pendenza minima delle canalizzazioni [m/m]

X = coefficiente di scabrezza [$m^{1/3}$/s]

Si valuta il coefficiente X secondo il criterio di Strickler il funzione del raggio idraulico:

$$\mathbf{X = Ks * R^{1/6}}$$

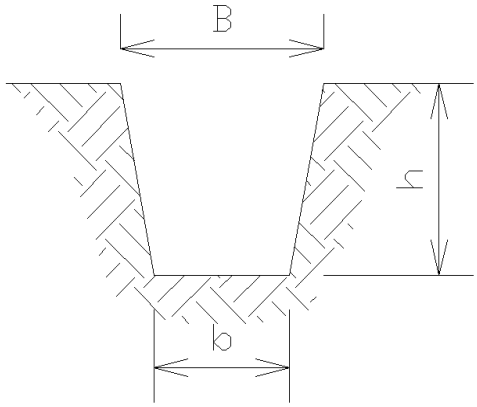
Per il parametro di scabrezza si adottano i seguenti valori:

Ks = 28 riferibile ad canale in terreno naturale o in roccia scavata, in condizioni di cattiva manutenzione

Ks = 60 riferibile ad un condotto rivestito in cls. o roccia liscia.

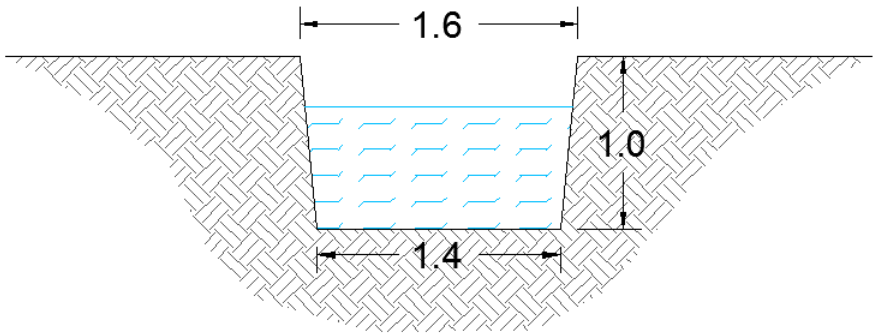
Considerando le canalette e i fossi collettori di sezione trapezia e o rettangolare a seconda dei casi, si determina la relativa portata smaltibile in condizioni cautelative:

$$\mathbf{Q = S^* V = [m^3/s]}$$



6.5.2 Verifica del fosso collettore al piede del fronte, sul piazzale di base

Si esegue la verifica della capacità di acqua smaltibile dal fosso in roccia previsto lungo il margine Sud del piazzale di base durante gli scavi.



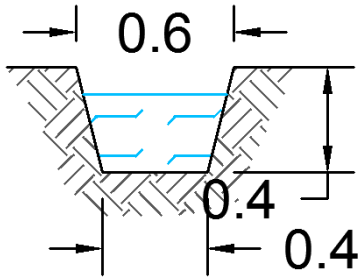
B [m] = 1.6 b [m] 1.4 h [m] = 1

S	Sezione	m^2	1.50
Pb	Perimetro bagnato	m	3.41
R	Raggio idraulico	m	0.44
Ks	param. di scabrezza		28.00
X	Coeff. di scabrezza (Strickler)	$m^{1/2}/s$	24.42
i	Pendenza longitudinale	m/m	2%
V	Velocità di deflusso	m/s	2.29
Q	***Portata defluibile***	m^3/s	***3.44***

Il fosso risulta in grado di smaltire tutta la portata calcolata per il bacino nella configurazione A e B (rispettivamente di 2.94 mc/s e di 2.91 mc/s).

6.5.3 Verifica delle canalette lungo i gradoni

Si esegue la verifica della capacità di acqua smaltibile dalle canalette in progetto lungo la base dei gradoni.



B [m] = 0.6 b [m] 0.4 h [m] = 0.4

S	Sezione	m^2	0.20
Pb	Perimetro bagnato	m	1.22
R	Raggio idraulico	m	0.16
Ks	param. di scabrezza		28.00
X	Coeff. di scabrezza (Strickler)	$m^{1/2}/s$	20.70
i	Pendenza longitudinale	m/m	2%
V	Velocità di deflusso	m/s	1.18
Q	***Portata defluibile***	m^3/s	***0.24***

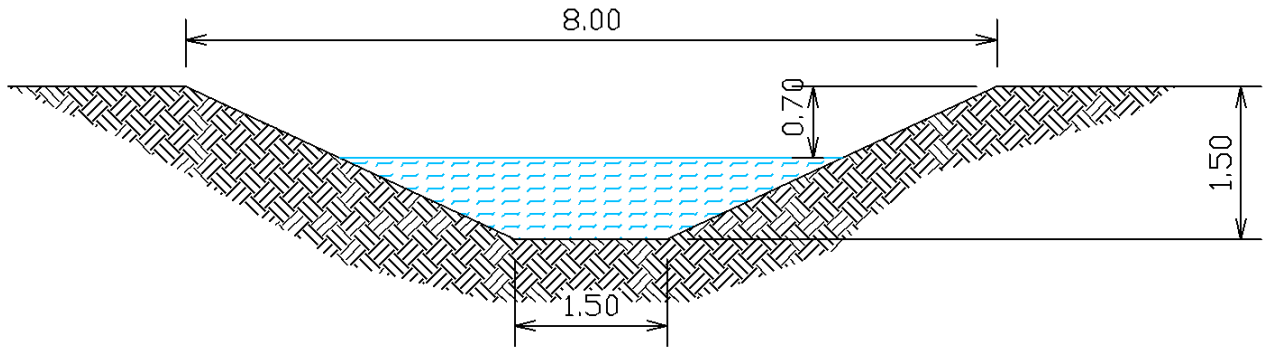
Le canalette risaltano in grado di smaltire tutta la portata calcolata per il bacino afferente il singolo gradone che risulta pari a 0.18 mc/s

6.5.4 Verifica dell'alveo del Rio Fornace nella configurazione finale

E' stata infine eseguita la verifica della portata di acqua smaltibile dal nuovo alveo del Rio Fornace, relativamente al tratto impostato sul piazzale finale di cava, dopo la ricostruzione a seguito del prospettato smantellamento delle opere idrauliche interrate, assumendo la sezione rappresentata sotto con sponde rinaturalizzate a bassa pendenza.

B [m] = 8 b [m] 1,5 h [m] = 0,8

S	Sezione	m^2	3,80
Pb	Perimetro bagnato	m	8,19
R	Raggio idraulico	m	0,46
Ks	param. di scabrezza		28,00
X	Coeff. di scabrezza (Strickler)	$m^{1/2}/s$	24,63
i	Pendenza longitudinale	m/m	5%
V	Velocità di deflusso	m/s	3,75
Q	***Portata defluibile***	m^3/s	***14,25***



6.5.5 Conclusione

Sulla base delle verifiche esposte sopra risulta che le sezioni delle opere idrauliche in progetto sono dimensionate in modo da garantire con sufficiente margine di riserva lo smaltimento delle portate di progetto calcolate.

6.6 Verifica della capacità di decantazione dei bacini

6.6.1 Introduzione

Nell'ambito della cava il progetto prevede la realizzazione di bacini di laminazione e decantazione che intercettano i deflussi idrici provenienti dai fronti. Tali bacini hanno la funzione di controllo e abbattimento dei solidi sospesi nelle acque prima della loro reimmissione nell'asta fluviale del Rio Fornace.

A tale proposito va premesso che la funzione dei bacini, in caso di portate elevate, è quella di intrappolare il detrito grossolano ed evitare che si

diffonda nella rete a valle, creando rischi di incremento della forza erosiva della corrente e di intasamento delle sezioni di deflusso; in tali condizioni è sufficiente che il bacino realizzi un "taglio granulometrico" grossolano, in quanto l'eventuale torbidità residua immessa nella rete nel contesto di un fenomeno di piena costituisce un fattore "fisiologico" normalmente presente in tutta la rete naturale del bacino imbrifero di cui la cava fa parte e pertanto non ne può modificare in modo apprezzabile i parametri medi. Per contro in condizioni di morbida (fenomeno peraltro di durata molto breve in una rete in cui sono frequenti le situazioni di forte magra o assenza di deflusso) i bacini svolgeranno comunque una funzione di abbattimento totale del trasporto solido, prevenendo efficacemente l'intorbidamento della rete a valle.

Fatta questa premessa, è stata la riduzione di concentrazione di solidi sospesi ottenibile attraverso tali bacini in condizioni di piena ordinaria (Tr = 5 anni).

6.6.2 Calcolo della capacità di decantazione

La verifica è stata condotta assumendo che la capacità di decantazione sia proporzionale al tempo di permanenza dell'acqua nelle vasche; nel caso specifico si considera un regime di flusso laminare, definito in base al numero di Reynolds *Re* (per il significato dei simboli vedi tabella sotto)

$Re = 2r * Vi * \delta'a/\mu'$

dove:
$\delta a = \gamma * \delta s + (1 - \gamma)\, \delta a$
$\mu' = \mu * (1 + 2.5\, \gamma)$

Essendo in questo caso Re < 0.6, si applica la legge di Stokes, che consente di calcolare la velocità limite di caduta (*Vi)* di particelle minerali in acqua secondo la seguente relazione

$$Vi = \frac{g}{18\mu} \cdot (\delta s - \delta' a) \cdot r^2$$

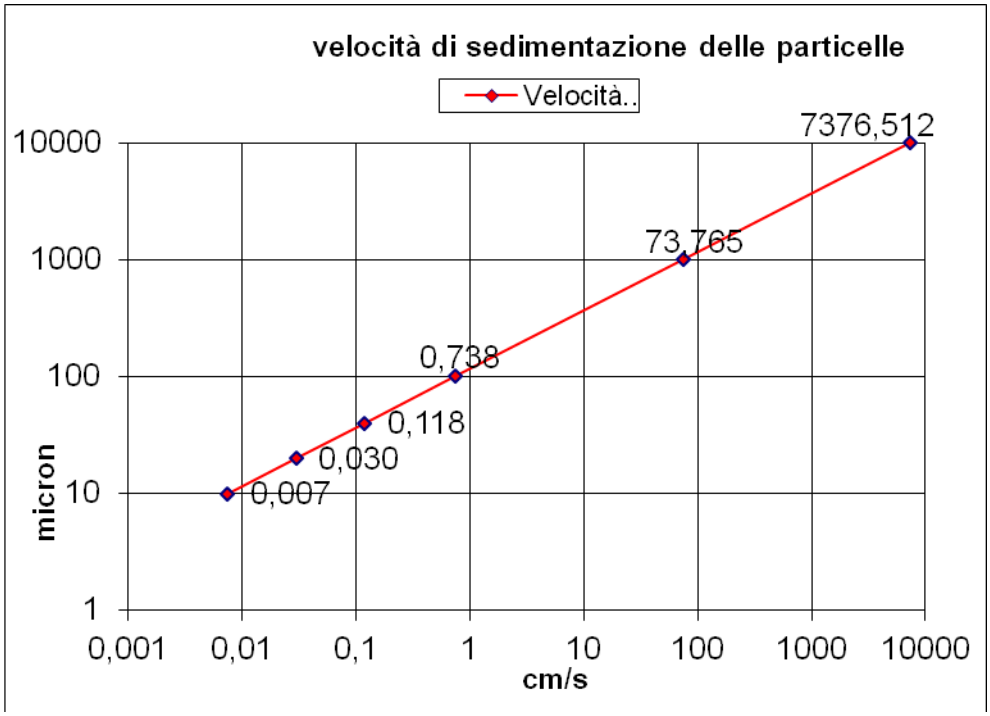
Le definizione delle grandezze fisiche utilizzate nella relazione e dei relativi valori è riportata nella tabella seguente:

γ	concentrazione di solido in sospensione	%	0.03
μ	viscosità dinamica dell'acqua (poise)	g*s / cm^2	0.010
μ'	viscosità dinamica della torbida	g*s / cm^2	0.011
δa	densità (peso di volume) dell'acqua	g / cm^3	1.00
δs	densità (peso di volume) del solido in sospensione	g / cm^3	2.50
$\delta' a$	densità del liquido (torbida)	g / cm^3	1.045
r	raggio minimo della particella da decantare	10-2 m	0.0010
g	accelerazione di gravità	cm/s^2	981

Nella tabella, per tener conto della maggiore densità della sospensione dovuta alla concentrazione di solido (torbida), è stata considerata in via prudenziale una concentrazione della torbida del 3%, ampiamente cautelativa rispetto alle normali condizioni riscontrabili nei corsi d'acqua naturali. Risulta dalla formula suindicata la seguente tabella

r		**V_1**		**Re**
[cm]	*[μm]*	*[m*10^{-2}/s]*	*[m/min]*	
1	10.000	7.377	4.426	1.434.131
0.1	1.000	74	44	1.434
0.01	100	0.7	0.44	0.011
0.004	40	0.118	0.07	0.092
0.002	20	0.030	0.02	0.011
0.001	10	0.007	0.004	0.001

Tabella 22 - Velocità di sedimentazione in funzione del diametro del particolato in sospensione



Curva della velocità di decantazione delle particelle in sospensione in funzione del diametro

Ai fini del processo di decantazione si considera che la velocità di caduta dei grani minerali è data dal rapporto tra la portata di torbida transitante nel bacino e la superficie del bacino.

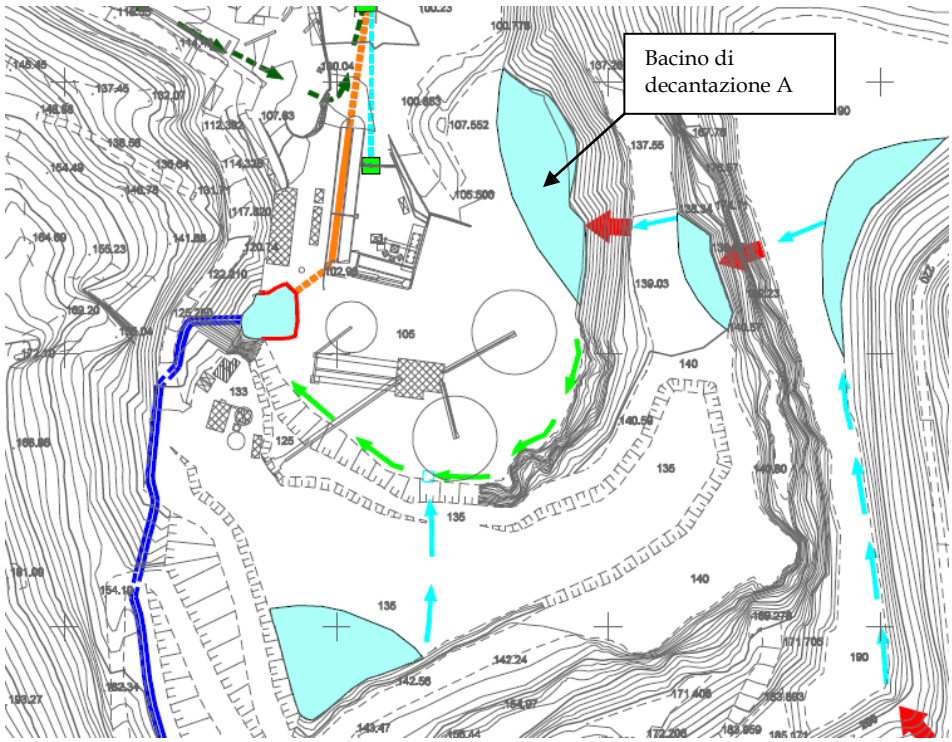
Nel caso del Bacino imbrifero A (area di cava in corso di attività), con Tr = 5 anni, applicando la relazione già utilizzata per le verifiche precedenti, si ha una portata pari a

$$Q_A = 1.29 \times 0.115 \times 5.09 = 0.75 \text{ m}^3/\text{s}$$

Considerando l'area del bacino di decantazione previsto sul piazzale di base nel corso della coltivazione, pari a 1.400 m² con una profondità media di 1.5 metri, si ottiene un tempo di permanenza medio dell'acqua nel bacino

$$t = 1.400 \times 1.5 / 0.75 = 2.800 \text{ sec}$$

Introducendo tale tempo di permanenza nella relazione di Stokes, si verifica che il diametro minimo delle particelle sedimentabili è pari a 28 μm (0,028 mm); la velocità di caduta che ne la decantazione è pari a V_i = 0. 54 cm/s (vedi anche diagramma sopra).



Bacini di decantazione all'interno dell'area di cava

Nelle condizioni di piena ordinaria considerate i bacini in progetto sono pertanto in grado di far sedimentare particelle con dimensione ricadente nella media della classe granulometrica dei limi. Dato che la roccia calcarea presente in cava per sola disgregazione naturale non dà origine a limi e le azioni di frantumazione e comminuzione determinate dalla coltivazione producono una quota minima di materiali fini e finissimi di granulometria paragonabile ai limi e alle argille, si ritiene che il taglio granulometrico a 28 μm determinato dai bacini di decantazione sia ampiamente sufficiente per garantire il rilascio, anche in condizioni di piena ordinaria, di una quota di materiali in sospensione assolutamente trascurabile e ininfluente sul contenuto di solidi sospesi rilevabile nella rete naturale a valle.

7. PROGETTO DI RECUPERO AMBIENTALE

7.1 Caratteristiche ambientali del sito di cava

7.1.1 Morfologia e suoli

La vallecola ospitante il sito di cava è ubicata sul versante esposto a Nord e Ovest che degrada dalla dorsale che congiunge il Monte Mao (440 m s.l.m.) al Bric Colombino (433 m s.l.m.); il sito estrattivo è compreso fra le quote 100 e 300 m s.l.m. Si tratta della parte medio-superiore di un impluvio che afferisce al rio Fornace in destra idrografica del Torrente Segno; l'area estrattiva è occupata nella sua parte inferiore da superfici di roccia nuda e nella sua parte superiore da arbusteti termofili sotto rada pineta di pino marittimo e nella parte apicale da pino d'Aleppo.
L'acclività media dei versanti dei versanti naturali interessati dalla cava e limitrofi varia dal 30 al 40%, con settori isolati di oltre il 50%. Benché la zona sia tutelata per l'alternarsi di formazioni geologiche che originano differenti habitat, la parte media e sommitale della vallecola si presenta vegetazionalmente uniforme, anche se solcata da impluvi molto incisi delimitati da stretti speroni collinari. Le coltri si presentano in buone condizioni di stabilità e i terrazzi fluviali sono ben sviluppati in fondovalle.

L'uso del suolo mostra i segni di una marcata antropizzazione, presente sul versante in modo significativo con le attività estrattive e nel fondovalle con insediamenti civili ed industriali, le reti tecnologiche e le aree di servizio.
L'attività agricola è in forte regresso con una progressiva contrazione delle superfici a coltivi e prati in evoluzione verso le praterie xeriche e gli arbusteti. I boschi cartografati presentano situazioni di degrado da attribuirsi a cause parassitarie ed agli incendi oltre che all'abbandono delle pratiche selvicolturali.

L'area d'intervento è ubicata in adiacenza al SIC N°IT1323203, "Rocca dei Corvi-Mao-Mortou.

In questo contesto diventa assai importante l'intervento di recupero con la ricostituzione degli habitat di maggior interesse conservazionistico per elevare la qualità ambientale dell'intera area.

7.1.2 Caratteristiche pedologiche

Il substrato litologico nell'area vasta circostante il sito, come evidenzia lo studio geologico, si presenta estremamente variabile, condizionando il processo pedogenetico in relazione tessitura ed alla reazione dei suoli stessi.
Tale variabilità è testimoniata dalla diversa copertura vegetale che è possibile osservare nell'intorno dell'area estrattiva.

Così a N/N-W del sito estrattivo, su matrice scistoso-filladica, si osservano suoli maggiormente evoluti, più profondi e freschi, con un discreto tenore in sostanza organica a reazione da subacida a acida. La copertura vegetale rappresentata dal bosco misto di latifoglie è costituita da cenosi forestali più esigenti e produttive rispetto alla vegetazione osservata nell'area d'impatto diretto.
La porzione di versante che ospita la cava si presenta sostanzialmente uniforme, essendo costituita, da rocce carbonatiche o dai detriti originatisi da queste rocce.
I suoli interessati dalla futura attività mineraria in virtù della loro posizione sommitale, a contatto con gli affioramenti dei banchi carbonatici sono poco profondi (raramente più di 20 cm), come testimonia l'immagine riportata di seguito, ripresa in un punto di rilievo, nell'immediato intorno del perimetro dell'area estrattiva.



Rilievi pedologici in prossimità dell'area di impatto diretto

In questo settore il processo pedogenetico indica la presenza di un suolo con un profilo A, localmente AC, che poggia sul substrato roccioso R costituito da dolomie di S. Pietro dei Monti.

Nel caso dei suoli più evoluti si ha inoltre la formazione di un orizzonte B cambico, che tuttavia non è stato rilevato nelle osservazioni condotte nell'area d'impatto diretto. Manca in ogni caso l'orizzonte organico O.
Secondo il sistema FAO (WRB, 1998) i suoli sono classificabili come Cambisols in condizioni intermedie di evoluzione, mentre, più frequentemente, si hanno Lithic Leptosols nei suoli più superficiali e rocciosi.
Lo scheletro è sempre presente ma generalmente non abbondante, tendendo ad aumentare a maggiore profondità, nelle situazioni ove la roccia madre si presenta maggiormente disgregata. Il drenaggio è quindi in ogni caso rapido e talora eccessivo tanto da causare condizioni di stress idrico nella vegetazione. Si tratta di suoli a reazione sub alcalina, sui quali si sono insediate formazioni forestali basifile frammiste alla macchia alta e a cenosi xerofile proprie dei detriti calcarei.
La tessitura, sulla base di un'analisi empirica in campo è franco-limosa.

In relazione a quanto appena osservato, ai fini del recupero ambientale, occorre porre la massima attenzione nella conservazione della modesta quantità di suolo derivante dalla scopertura delle aree ancora intatte ed effettuare inoltre un'accurata preparazione delle superfici oggetto di recupero per garantire il buon esito degli interventi di rivegetazione.

7.1.3 Cenni sul clima

L'analisi dei dati climatici riferiti all'area in esame è stata desunta dalle fonti bibliografiche che riportano i valori delle serie storiche riferite a stazioni limitrofe all'area d'interesse.
Per quanto concerne la pluviometria, nell'area di studio è possibile fare riferimento per i valori costieri alle stazione di Savona mentre per il settore collinare più interno alla stazione di Segno, identificabili sulla carta delle isoiete (vedi SIA), rispettivamente con i numeri 47 e 43.

Valori pluviometrici medi mensili stazioni di Savona e Segno

N° staz	Località Medie 1961-1990	Altitudine (m s.l.m.)	Mesi												Anno
			Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	
43	Segno	250	110	116	128	129	91	60	32	57	95	147	125	85	1175
47	Savona	5	79	79	90	94	70	44	23	55	74	144	100	61	913

Come si può osservare l'andamento complessivo della piovosita' presenta un massimo assoluto autunnale nel mese di novembre, mentre il minimo cade nel mese di luglio. La piovosità mostra inoltre un massimo relativo ad aprile - marzo ed un minimo relativo a gennaio.
Considerando la piovosità media, la stagione più piovosa è senz'altro quella autunnale mentre la meno piovosa è l'estate.
Dalle rilevazioni realizzate presso la stazione meteo del Boscaccio (anni 1994 - 1999) si ricavano i seguenti dati pluviometrici medi, in linea con l'andamento precedentemente descritto:

- piovosità media di 1.046 mm/anno
- media annua dei giorni piovosi: 60 ÷ 80.

Per quanto riguarda la termometria i valori di cui si dispone sono quelli riferiti alla stazione di Savona, riportati nella tabella seguente.

Valori termometrici medi mensili stazione di Savona

N° staz	Località Medie 1961-1990	Altitudine (m s.l.m.)	Mesi												Anno
			Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	
47	Savona	5	6.9	8.1	10.7	14.1	17.8	21.2	24.2	22.7	20.8	16.8	11.4	8.3	15.2

Stagionalmente la temperatura oscilla tra i 7,5°di gennaio ed i 23,8 °C di luglio ed agosto. A Capo Vado nel periodo 1950-1984 le temperature hanno avuto una variazione compresa tra i 7,2°(gennaio) ed i 23,5 °C (agosto).
Le escursioni medie annue della temperatura risultano pertanto contenute e comprese tra 15,5 e 16,5 °C mentre per non più di quattro mesi presentano una temperatura media superiore od uguale a 20 °C. Un evento assai raro è il verificarsi nei mesi invernali di temperature inferiori a 0 °C, mentre nei mesi estivi solo eccezionalmente e per breve tempo si sono superati i 30 °C.

I dati anemometrici disponibili sono quelli rilevati dalla stazione meteorologica dell'ENEL ubicata a Capo Vado a quota 250 m e dall'anemometro installato presso la discarica del Boscaccio.

In generale, i dati raccolti dalla stazione di Capo Vado,indicano un regime anemometrico assai attivo e fortemente direzionalizzato, contraddistinto specialmente nei mesi invernali dalla presenza di venti forti e molto forti da NW.

Sulla base dei dati anemometrici disponibili, il regime dei venti nella parte terminale della valle del Segno risulta sempre molto attivo lungo il corso dell'anno ed è così riassumibile.
I periodi di calma di vento sono assai ridotti e si presentano con maggior frequenza nei mesi invernali. Questa situazione è conseguente ad un ben strutturato sistema di brezze che, nei mesi estivi, mantiene attiva la circolazione nella valle quando si registra calma nei venti sinottici.
I venti mostrano una notevole direzionalità, spirando pressoché costantemente lungo l'asse della valle con prevalenza per quelli che risalgono la valle rispetto a quelli che la discendono.
Questa prevalenza è più netta nei mesi freddi, mentre in estate, ancora a causa del regime delle brezze, anche i venti provenienti da SW hanno una frequenza significativa.
Le maggiori velocità sono raggiunte nel periodo compreso tra Ottobre e Febbraio, con punte superiori ai 30m/sec (40,4 m/sec il 37/01/95).
In questa stagione sono abbastanza frequenti velocità superiori ai 20 m/sec., velocità viceversa inconsuete nella stagione estiva.

In relazione alla classificazione bioclimatica (fonte Regione Liguria-Agriligurianet) l'area di studio è inquadrata come Temperato continentale, termotipo mesotemperato, ombrotipo umido-subumido.
Dal punto di vista fitoclimatico l'area rientra generalmente nella fascia fitoclimatica del *Lauretum*, sottozona fredda (Pavari 1916).

7.1.4 Popolamenti vegetali

In riferimento ai valori altimetrici e meteo-climatici la vegetazione dell'area vasta che abbraccia il sito oggetto degli interventi in progetto è ascrivibile al piano basale ed include fitocenosi appartenenti prevalentemente all'orizzonte delle sclerofille sempreverdi mediterranee ed a quello delle latifoglie termofile. Negli impluvi, in condizioni di maggiore freschezza, si osservano elementi del bosco di latifoglie mesofile.
Le diverse formazioni rappresentate nella carta della vegetazione (fig. 37) possono essere ricondotte sinteticamente ai seguenti gruppi di vegetazione:

- Boschi misti termofili
- Formazioni miste di conifere
- Praterie termofile arbustate
- Vegetazione rupestre e gariga

I boschi misti termofili sono presenti a SW del sito estrattivo dove risalgono le pendici del Bric Colombino sino alla linea displuviale con formazioni miste di latifoglie termofile caratterizzate in prevalenza da carpino nero

(*Ostrya carpinifolia*) e castagno (*Castanea sativa*), accanto ai quali si rinvengono in forma subordinata il leccio (*Quercus ilex*) e l'orniello (*Fraxinus Ornus*) e, più sporadicamente, la roverella (*Quercus pubescens*) ed il ciliegio (*Prunus avium*).
Queste cenosi rappresentano, in relazione alla composizione specifica caratterizzata da specie autoctone dotate da un buon livello di pionierismo, un modello per la rinaturalizzazione dei siti estrattivi nelle aree destinate alla ricostituzione del bosco.

Negli impluvi freschi è presente l'ontano nero (*Alnus glutinosa*) che dà origine ad esili formazioni lineari sulle sponde dei modesti rii presenti sul rilievo.
Piccoli lembi di lecceta xerofila si rinvengono in posizione sommitale in corrispondenza del colle Trevo.
Scendendo di quota sul medesimo versante si osserva una maggior presenza di conifere che localmente danno origine a fustaie di pino marittimo nelle quali, questa specie risulta predominante. Più a NW, sino al fondovalle abitato, la rarefazione della pineta a causa di incendi e attacchi parassitari ha determinato l'evoluzione di un bosco ceduo di latifoglie sotto fustaia di resinose che si presentano spesso deperienti o secche.

Le formazioni miste di conifere presenti ad E della zona estrattiva sono caratterizzate pressoché esclusivamente da boschi di conifere, in condizioni di conservazione pessime a fronte degli attacchi parassitari e dei danni causati dagli incendi. Ciò ha determinato nel tempo la compresenza in un variegato mosaico di relitti lembi della pineta orginaria alternata a formazioni arboree rade su macchia mediterranea o meglio su gariga.
Le specie arboree costituenti questi popolamenti sono il pino marittimo (*Pinus pinaster*), il pino d'Aleppo (*Pinus halepensis*), al di sotto della fustaia compaiono sia come individui a radicazione singola che ceppaie l'orniello ed il leccio e, solo in prossimità degli impluvi, il carpino nero.

Il piano arbustivo è costituito dalle specie della macchia: lentisco (*Pistacia lentiscus*), terebinto (*Pistacia terebinthus*), fillirea (*Phyllirea angustifolia*), ginestra odorosa (*Spartium junceum*), ginestra spinosa (*Calycotome spinosa*) e cisti (*Cistus salvifolius e C. incanus*), che formano locali aggregazioni anche dense. Ad essi si aggiunge il pero corvino (*Amelachier ovalis*) localizzato soprattutto sulla roccia affiorante.
Queste formazioni arbustive si trovano in nuclei insediati anche in anfratti e spaccature della roccia e costituiscono pertanto un interessante riferimento nell'ambito delle tecniche di rivegetazione delle alzate in roccia del fronte gradonato o delle scarpate in zone povere di substrato.

LEGENDA

- Lecceta
- Ostrieto
- Pineta di pino marittimo e pino d'Aleppo
- Macchia alta a corbezzo ed eriche
- Prateria xerofila
- Prati magri
- Aree urbanizzate
- Autostrada
- Cave e discariche:
  - TR: cava TREVO
  - TE: discarica Tecci
  - BC: discarica Bancaccio

TE

TR

BC

CAVA TREVO

GALLERIA FORNACI

CASCINA TREVO

Bric Colombino

Bric Fornaci

T R E V O

CANTALUPO

Rio Rivassa

Rio Mulini

AUTOSTRADA

GEOMIN srl
geologia cave miniere

GIUGGIA COSTRUZIONI srl - Cava TREVO

Carta della vegetazione - Scala 1:5.000

FIG. N° : 37

Sia al di sotto degli alberi e degli arbusti, sia negli spazi aperti fra gli affioramenti rocciosi sono presenti i suffrutici che formano la gariga, fra i quali dominano le labiate quali il timo (*Thymus vulgaris*), l'origano (*Origanum vulgare*), la santoreggia montana (*Satureja montana*), il camedrio comune (*Teucrium chamaedrys*), la lavanda selvatica (*Lavandula stoechas*).

Le praterie termofile arbustate, diffuse principalmente sulla parte sommitale del rilievo, sul versante opposto al sito estrattivo, sono di origine antropica, in quanto legate alle attività silvopastorali pregresse e si sono mantenute nel tempo in conseguenza degli incendi. Corrispondono principalmente all'habitat "6210 Formazioni erbose secche seminaturali e facies coperte da cespugli su substrato calcareo (*Festuco-Brometalia).* Gli aspetti presenti nell'area interessata corrispondono ai subtipi più xerofili, particolarmente sul lato meridionale. Le specie dominanti sono *Brachypodium rupestre*, *Bromus erectus*.

In base alla classificazione dei tipi forestali della Liguria le cenosi forestali presenti possono essere sostanzialmente ricondotte alle seguenti:

Ostrieto termofilo: tipo forestale individuato OS20X, codice CORINE 41.811, codice NATURA 2000 ---
Tipo forestale presente:"**Ostrieto Termofilo" var. con castagno** (tipo forestale codice OS20B).

Lecceta xerofila: tipo forestale codificato LE10X codice CORINE 45.31, codice NATURA 2000 9340
Tipo forestale presente :"**Lecceta xerofila**" var. con castagno (tipo forestale codice LE10B).

Pineta costiera di pino d'Aleppo: tipo forestale codificato **PC10X,** codice CORINE **42.84,** codice NATURA 2000 **9540**
Tipo forestale presente **:**"**Pineta costiera di pino d'Aleppo**"st. rupestre (tipo forestale codice PC11X).

Per gli approfondimenti si rimanda allo specifico paragrafo del SIA contenente i rilievi vegteazionali e floristici per le formazioni sopra elencate.

7.1.5 Popolamenti animali

In linea generale si può affermare che la variabilità di ambienti presente nell'area vasta consente la presenza di un elevato numero di specie animali,

alcune di particolare rarità e perciò protette dalle direttive comunitarie e nazionali.
Il DIPTERIS – Università degli Studi di Genova ha realizzato nel 2005 uno studio che ha evidenziato come quest'area sia particolarmente interessante a livello ornitologico per le peculiarità stazionali, sia geologiche alternanza di substrati, sia orografiche altopiano a ridosso del mare, sia ecologiche presenza di zone rupestri e di aree a gariga e macchia mediterranea nei differenti stati, alta e bassa, nonché di boschi sia di latifoglie che di angiosperme entrambe termofile. Tutto ciò fa sì che vi sia un consistente flusso di specie migratrici, da cui l'importanza del Corridoio Ecologico id. 65, in special modo in primavera, ma anche una importante e cospicua presenza di uccelli nidificanti svernanti o stanziali.

Il suddetto "censimento" ha permesso di avvistare 128 diverse specie di cui 100 migratrici. Nell'ambito di quest'ultime sono stati avvistati 25 rapaci diurni migratori al giorno, tra i quali spiccano per frequenza il falco pecchiaiolo (*Pernis apivorus*) e l'albanella di palude(*Circus aeruginosus*), rimarcando che la zona di maggior avvistamento risulta essere l'area attorno al Monte S. Elena, posto a circa 1,9 Km dall'area di cava.
Il medesimo studio ha evidenziato la presenza di tre specie di chirotteri nell'area: pipistrello comune (*Pipistrellus pipistrellus*), pipistrello albolimbato (*Pipistrellus kuhlii*), pipistrello di Savi (*Hypsugo savii*), specie incluse nell'allegato IV della direttiva 92/43/CE "Habitat", specie con basso rischio (rientranti nella categoria IUCN = LR) in quanto plastiche, ovvero molto adattabili e antropofile, ma comunque sensibili alle alterazioni degli habitat, come la perdita di aree di foraggiamento e alla scomparsa dei siti rifugio.

Riguardo alla presenza di rettili si è potuto osservare direttamente la presenza di lucertola muraiola (*Podarcis muralis*) e geco comune (*Tarentola mauritanica*), specie comuni non importanti dal punto di vista scientifico e di conservazione, ma comunque incluse fra le specie protette ai sensi della legge regionale 29/2009 sulla biodiversità e la prima inclusa nell'allegato IV della direttiva 92/43/CE "Habitat". Da differenti studi consultati sono segnalate altre specie come il geco verrucoso (*Hemidactylus turcicus*), il colubro lacertino (*Malpolon monspessulanus*), diffuso abbondantemente nel ponente ligure nell'area costiera e tutelato dalla L. R. 29/2009.

Fra gli invertebrati oltre la Stregona dentellata(*Saga pedo*) individuata nel Corridoio Ecologico, sono segnalati tre coleotteri endemici con areale ristretto *Bioplanes meridionalis, Opatrum sculpturatum, Meira stierlini*, la segnalazione di queste specie di dimensione così minuscola lascia sperare che ulteriori ricerche possano portare anche alla scoperta di nuove specie.

Inoltre è segnalato uno pseudoscorpione,*Chthonius crf nanus*,di tassonomia incerta.
Nel corso dello studio per la valutazione d'incidenza è stata effettuata un analisi volta all'individuazione delle specie di maggiore interesse conservazionistico del quale si riporta di seguito un estratto.
Vengono descritte le specie potenzialmente influenzabili dal progetto in esame, di cui sono note segnalazioni nell'area di studio. Sono citate le specie tutelate dalle Direttive 92/43/CEE e 79/409/CEE e dalla L.R 4/92, incluse nella scheda del SIC IT 1323203 o nel Piano dell'Area Protetta Provinciale "Monte Mao.

7.1.6 Ecosistemi

Habitat presenti nell'intorno e nell'area SIC

Formazioni erbose secche seminaturali e facies coperte da cespugli su substrato calcareo (Festuco -Brometalia) (cod. 6210 Natura 2000)

Nell'area indagata questo habitat si estende principalmente all'interno del SIC, su lversante meridionale del monte Mao e ad ovest di questo, verso il colle Trevo sul versante in esposizione sud (territorio comunale di Spotorno). Nelle aree interessate direttamente dall'attività di cava, o in prossimità di essa, non èstato individuato. Tra le specie botaniche guida che lo caratterizzano, sono segnalate *Helianthemum nummularium* ed orchidee dei generi *Orchis* (*O. morio, O. provincialis,O. tridentata*) ed *Ophrys (O. apifera, O. fuciflora, O. scolopax*). Sono inoltre presenti *Campanula sabatia*, specie inclusa nell.All. II della Direttiva "Habitat" 92/43/CEE,nonché specie tutelate dalla L.R 9/1984 come *Echinops ritro, Leuzea conifera e Lilium bulbiferum.*

Percorsi substeppici di graminacee e piante annue dei Thero-Brachypodietea (cod. 6220 Natura 2000)

L'habitat è presente nell'area interna del territorio del SIC, soprattutto sul versante meridionale ed occidentale del monte Mao, in mosaico con l'habitat 6210. Nelle aree interessate direttamente dall'attività di cava, o in prossimità di essa, non èstato individuato.

Tra le specie botaniche guida sono segnalate *Aphyllantesmonspeliensis, Leuzea conifera, Linum spp., Ophrys fuciflora., O. sphegodes e Thymus vulgaris*.

Dehesas con Quercus spp. sempreverdi (cod. 6310 Natura 2000)

Habitat presente nel SIC, in mosaico con gli habitat 6210 e 6220, interessa il monte Mao. Sul versante meridionale del monte, questa tipologia di habitat risulta degradata per effetto di incendi. La specie guida leccio (*Quercus ilex)*

costituisce parte dello strato arboreo-arbustivo insieme all' erica (E*rica arborea*), al corbezzolo (*Arbutus unedo*), al pino marittimo (*Pinus pinaster*), allo scotano (*Cotinus coggygria*), all'orniello (*Fraxinus ornus*), il pero corvino (*Amelanchier ovalis*). Come definito nell'"Atlante degli Habitat" 6310 è caratterizzato da un'alternanza di aree soggette a pascolo e macchie arborescenti. Le specie botaniche menzionate sono presenti anche lungo le pendici nord del monte Mao, che digradano verso la cava, tuttavia si tratta di una struttura vegetazionale non tipica dell'habitat 6310, in quanto priva di aree erbose aperte.

Boschi pannonici di Quercus pubescens (cod. 91HO Natura 2000)

Questo habitat interessa principalmente le aree del monte S. Elena (ad est) e quelle del Bric Colombino (ad ovest) questa un area estesa a mosaico non definibile in modo esteso come tipologia forestale, comunque non è interessata direttamente all'attività estrattiva. La cenosi è edificata dalla roverella (*Quercus pubescens*), qui associata ad altre specie arboree come il castagno (*Castanea sativa*), che forse è quella di maggior estensione ma di espansione antropica e soggetta a forte regressione per tutte le patologie che al di fuori del climax sembrano essere maggiormente recrudescenti, il leccio (*Quercus ilex*), l'orniello (*Fraxinus ornus*), eil carpino nero (*Ostrya carpinifolia*), nonché rari esemplari di pino marittimo (*Pinus pinaster*) aggrediti da *Matsococcus feytaudi*. Sono presenti inoltre *Erica arborea, Erica scoparia, Cistus albidus, Cistus salvifolius* e *Cytisus sessilifolius*, nonché due orchidee citate nel Formulario Standard del SIC "Rocca dei Corvi-Mao-Mortou", *Limodorum abortivum* e *Cephalanthera longifolia*.

Foreste di Quercus suber (cod. 9330 Natura 2000)

L'habitat a carattere puntiforme è localizzato sulle pendici del monte Rocchetto (336 m s.l.m.), nel versante sud-est del comune di Bergeggi, ad oltre 3 km ad est della cava e perciò non risulta interessato dall'attività di cava. Singoli individui di *Quercus suber* sono inoltre presenti nell'area del monte S. Elena.

Foreste di Quercus ilex e Quercus rotundifolia (cod. 9340 Natura 2000)

Habitat localizzato e presente con un piccolo nucleo evoluto sul versante nord del colle Trevo. Il leccio è la specie edificatricee può essere inteso in questo caso come stadio preclimacico della lecceta, anche se posizionato orograficamente in alto versante e non in fondovalle come normalmente è riscontrabile. Lo stadio evolutivo è ancora definito dalla pregressa attività

umana (ceduazione), ma la fisionomia del bosco verso la lecceta è evidente soprattutto per la regressione delle specie arbustive, contenute ad esemplari eziolati di erica (*Erica arborea* e *E. scoparia*), con inizio di sviluppo delle caratteristiche lianose della lecceta: *Smilax aspera, Rubia peregrina, Asparagus acutifolius e A. tenuifolius, Hedera elix, Tamus comunis*.

Pinete mediterranee di pini mesogeni endemici (cod. 9540 Natura 2000)

Le cenosi interessano il versante la zona superiore all'area di cava fino al Monte Mao. La pineta, estremamente aperta, è il popolamento edificato dapino marittimo (*Pinus pinaster*) e pino d'Aleppo (*Pinus halepensis*), con il primo in regressione, per il *Matsococcus* e gli incendi, ed il secondo in consolidamento, in quanto specie autoctona. Altre specie arboree sono presenti:orniello (*Fraxinus ornus*), leccio (*Quercus ilex*), e carpino nero (*Ostrya carpinifolia*) quest'ultima localizzata negli impluvi.Tra le altre specie della macchia sono presenti erica (*Erica arborea*),pero corvino (*Amelachier ovalis*) corbezzolo (*Arbutus unedo*), fillirea (*Phillyrea angustifolia*), lentisco (*Pistacia lentiscus*) e terebinto (*P. terebinthus*), ginestra odorosa (*Spartium junceum*) e spinosa (*Calicotome spinosa*), cisti (*Cistus salvifolius* e *C. albidus*).

Gli spazi aperti sono colonizzati da pulvini di timo (*Thymus vulgaris*), origano (*Origanum vulgare*),santoreggia (*Satureja montana*), camedrio (*Teucrium chamaedrys*), lavanda selvatica (*Lavandula stoechas)*, *Aphyllantes monspeliensis*, fra cui emergono gli steli di diverse graminacee, bromi e seslerie, ma soprattutto riveste particolare interesse per via della presenza di *Campanula sabatia*.

Habitat nell'area di cava

Habitat di zone aperte con vegetazione rada o assente

Cenosi in parte naturale ed in parte di origine antropica, impianto, presente sui gradoni rinaturalizzati dell'area di cava. L'habitat è caratterizzato da una copertura arbustiva discontinuain cui le specie prevalenti sono la ginestra odorosa (Spartium junceum), l'enula cepittoni (*Dittrichia viscosa*), i cisti (*Cistus salvifolius eC. albidus*). Vi è una presenza di specie arboree a livello di rinnovazione sia naturale che antropica, in primis di orniello (*Fraxinu sornus*) e di ginestra sia naturale che impiantati, di leccio (*Quercus ilex*), di carpino nero (*Ostrya carpinifolia*), di lentaggine (*Viburnum lantana*), di sanguinello (*Cornus sanguinea*) e di salice (*Salix daphnoides*) tutte specie impiantate di cui alcune con evidenti limiti di attecchimento, specie il salice che è presente con individui morti.

7.2 Esame degli interventi di recupero ambientale eseguiti nel passato

L'attività estrattiva pregressa ha determinato l'esaurimento della coltivazione nel settore meridionale della Cava tra le quote 300 e 200 metri, dove il fronte gradonato ha raggiunto la sua configurazione definitiva.
Il recupero ambientale ha di conseguenza interessato questo settore con il riporto di sterili di cava e terra sulle pedate dei gradoni, la riprofilatura delle scarpate di raccordo tra le pedate e la regimazione delle acque.
Sulla modesta spianata sommitale e sui due sottostanti gradoni a quota 280 e 265 sono stati eseguiti interventi di rivegetazione con la semina di un miscuglio di erbacee e la messa a dimora sulle aree a giacitura sub pianeggiante di specie arboree ed arbustive.

Sulle scarpate sono state ricavate alcune nicchie di circa 4-5 m^2, anch'esse rivegetate con specie legnose.
Le sistemazioni intensive hanno interessato le scarpate sulle quali è stata posata una rete in polietilene a maglia tridimensionale, al fine di trattenere la terra di scotico, preventivamente accantonata e quindi stesa sulle stesse.

E' stato inoltre realizzato un impianto di irrigazione di soccorso costituito da due cisterne collocate nella parte sommitale, alimentate da una pompa ed una rete di tubi per la microirrigazione distesi sulla parte sommitale del fronte.
L'impianto delle specie arboreee ed arbustive è stato effettuato con la posa di un tutore e reti di polietilene a protezione dalla fauna selvatica.
Complessivamente la superficie del fronte sistemata morfologicamente in via definitiva è di circa 44.500 m^2, dei quali solo circa il 30 % nella porzione sommitale risulta rivegetato.

La regimazione delle acque è stata realizzata con il conferimento di una lieve contropendenza verso monte delle pedate, in modo da raccogliere le acque meteoriche in eccesso, in parte smaltite per infiltrazione e per la parte residua convogliate nei collettori laterali afferenti alla rete naturale di scolo.
Nel tratto più acclive la cunetta di raccolta delle acque provenienti dalla sommità del fronte è stata protetta dall'erosione con la posa di una canaletta semicircolare in acciaio.

7.2.1 Valutazioni e proposte

L'area oggetto di sistemazione morfologica si presenta nel complesso stabile e priva di fenomeni erosivi.
Le pedate dei gradoni oggetto degli interventi di più antico recupero risultano generalmente stabilizzate da una copertura erbaceo-arbustiva diffusa, anche se non completamente chiusa ma in corso di progressiva affermazione.
Si può ritenere che l'impianto delle specie legnose abbia fornito nel complesso risultati soddisfacenti, anche se con qualche fallanza dovuta a scelte improprie delle specie da utilizzare (*Salix spp., Cornus sanguinea*) o a problemi di crescita stentata legati a localizzazioni in microambienti non consoni (carpino nero). Le specie che hanno risposto meglio sono l'orniello, la lentaggine e la ginestra.

L'irrigazione, probabilmente anche a causa di un utilizzo non corretto, non ha garantito l'attecchimento delle specie più mesofile, che sono morte o si presentano stentate, come ad esempio il carpino che presenta dimensioni modeste dei ricacci che sono sopravvissuti all'ombra degli arbusti, mentre la pianta in piena luce è seccata. Di contro le specie più xerofile sono attecchite ed espanse o si sono infiltrate; l'orniello, ad esempio, è presente come impianto e come semenzali naturali.
Di sicuro la costituzione di una cenosi mista, ovvero un impianto a gruppi (collettivi costituiti da più specie diverse), è in grado di fornire maggiori garanzie di attecchimento.

Gli interventi di stabilizzazione superficiale con le reti in polietilene delle scarpate volti a mantenere un sottile strato di terra su tutta la superficie delle scarpate attuati a suo tempo con la realizzazione di palizzate non hanno sortito appieno l'effetto voluto. La rivegetazione è discontinua e a tratti si presentano superfici di suolo detritico nudo o scarsamente vegetato Ciononostante si può affermare che nel complesso le superfici in esame risultano stabilizzate e neppure i recenti eventi meteorici di portata eccezionale hanno determinato l'innesco di nuovi fenomeni erosivi. Si ritiene inoltre che il processo di ricolonizzazione spontanea innescatosi nelle aree limitrofe sarà ragionevolmente in grado di "ricucire" anche queste zone.

Complessivamente si può affermare che è in atto un attivo processo di rinaturalizzazione, come dimostra l'elenco floristico del rilievo effettuato nella parte recuperata e come si può osservare dalle immagini sottostanti.

Sulle pedate riprofilate e non inerbite dei gradoni inferiori si è insediata una colonia di *Dittrichia viscosa* che ha colonizzato l'intera superficie.



Immagini della parte sommitale del fronte recuperato

7.3 Interventi di recupero ambientale a breve termine

Come detto in premessa, il progetto proposto suddivide gli interventi di recupero in due fasi: una fase a breve termine concomitante con lo sviluppo e l'esaurimento della coltivazione, una fase a lungo termine concomitante con lo sviluppo e il completamento delle operazioni di rimodellamento dei fronti con riporto.
La prima fase, avente lo scopo di ottenere in tempi brevi la mitigazione dell'impatto visivo dei fronti con interventi leggeri (in termini di movimentazione di materiali) da attuare sulla morfologia originata dallo scavo, riguarderà tutte le superfici di cava; la seconda fase, avente un obbiettivo più ambizioso di ricomposizione delle forme del terreno con interventi più massicci di rimodellamento e di reinserimento paesaggistico, riguarderà essenzialmente le superfici di nuova formazione previste nella fascia sotto la quota 155, quota massima che potrà essere raggiunta con il futuro grande cumulo di riporto contro il fronte.

7.3.1 Obbiettivi di intervento

La sistemazione a breve termine del sito estrattivo prevede, in accordo con gli strumenti di pianificazione vigenti, il recupero a verde dell'intero fronte gradonato e del piazzale di base per la parte in disponibilità dell'impresa proponente.

L'obbiettivo prioritario, in relazione anche alla vicinanza di un sito di interesse comunitario, è quello del reinserimento del sito d'estrazione nel contesto naturalistico di cui fa parte.

I criteri da adottare nella rinaturalizzazione scaturiscono dall'indagine specifica condotta dalla Valutazione d'Incidenza sugli habitat del SIC N°IT1323203, "Rocca dei Corvi-Mao-Mortou"e dall'esame complessivo degli impatti condotto nell'ambito del SIA, esaminando le diverse componenti ambientali coinvolte

Tali criteri possono essere sinteticamente così individuati:

- massima attenzione alla provenienza del materiale vegetale da utilizzare con particolare attenzione all'uso di specie autoctone
- esaltazione della biodiversità ecosistemica con la massima diversificazione degli habitat
- valorizzazione degli habitat di maggiore pregio naturalistico all'interno dell'area di espansione mineraria coincidente con il SIC
- coordinamento con gli interventi di compensazione volti a tutelare l'integrità del SIC.

Gli aspetti considerati al fine del recupero dell'area estrattiva hanno però interessato altri due ambiti fondamentali, ossia l'assetto idrogeologico e quello paesaggistico; dall'esame delle problematiche ad essi collegate sono scaturiti i criteri guida che hanno determinato le scelte operative proposte nel progetto.

Assetto idrogeologico: la priorità nella scelta degli interventi è legata alla stabilizzazione del versante interessato ed è conseguente a:

- coltivazione del fronte studiata per il rilascio di una morfologia finale caratterizzata da angoli di inclinazione inferiori al valore limite di stabilità
- ricostituzione dello strato di suolo superficiale idoneo allo sviluppo della vegetazione
- regimazione delle acque di scorrimento superficiale
- interventi antierosivi estensivi mediante l'inerbimento delle superfici rimodellate
- interventi localizzati a fini antierosivi, con tecniche dell'ingegneria naturalistica.

Riqualificazione paesaggistica: la visibilità del sito impone una particolare attenzione a questa problematica; l'obbiettivo è perseguibile attraverso la riduzione dell'impatto negativo con:

- rimodellamento dei gradoni mediante riporto di sterili in modo da ridurre sensibilmente la parete subverticale delle alzate
- rottura della linearità del fronte con lo smusso del ciglio dei gradoni
- ricostituzione della copertura vegetale con funzione di mascheramento, esaltandone la variabilità morfologica ed i cromatismi.

Nell'ottica di una visione globale delle varie problematiche si è cercato, con gli interventi pianificati, di conciliare le esigenze non sempre coincidenti del recupero naturalistico e paesaggistico con quelle irrinunciabili dell'assetto idrogeologico, quanto mai importante in un contesto ambientale piuttosto delicato sotto questo profilo.
Va peraltro sottolineato che la riqualificazione idrogeologica e paesaggistica perseguita nella prima fase di intervento costituisce il primo passo di un'operazione che sarà completata e resa molto più efficace con una fase successiva di rimodellamento morfologico e ricomposizione vegetazionale.

7.3.2 Zonizzazione degli interventi

In rapporto alla morfologia finale, il progetto di recupero ambientale ripartisce le operazioni di rinaturalizzazione su più zone d'intervento, individuabili in funzione della diversa giacitura ed esposizione, che, pur

mantenendo comune la destinazione finale di tipo naturalistico suggerita dal presente progetto di recupero, comportano il ricorso a tipologie di sistemazione diverse tra loro (vedi dis. D41).

I morfotipi derivanti da quanto previsto dal progetto di coltivazione sono descritti di seguito.

Fronti gradonati con inclinazione a 32° e 35°

Sono individuabili due comparti caratterizzati entrambi da una pendenza contenuta che consente il quasi completo ricoprimento delle alzate in roccia con materiale di riporto (vedi sezioni particolareggiate nel dis. D41); i comparti sono così definiti:

1) il primo, disposto con esposizione NW, con una serie regolare di alzate e di pedate, che dalla sommità del rilievo digradano sul piazzale basale, in continuità con la sovrastante porzione di fronte recuperata; l'area interessata dai nuovi interventi di recupero è compresa tra le quote 280 m e 100 m s.l.m. del piazzale di base. Occupa la superficie maggiore tra le diverse aree oggetto di recupero, pari a 29.000 m^2.
2) il secondo, posto al limite settentrionale con esposizione variabile, mediamente verso W, avente dimensioni inferiori, pari a 16.700 m^2.

Fronte gradonato con inclinazione a 45°

E' caratterizzato anche questo da una successione regolare di alzate e pedate come il precedente, ma con un angolo d'inviluppo del fronte maggiore, che origina una superficie nuda delle alzate in roccia più ampia rispetto al fronte con inclinazione a 35°.
Anche in questo caso sono presenti due sottosettori, uno con esposizione W, di 21.500 m^2, che da quota 230 raggiunge il piazzale di base ed il secondo, opposto al primo, ma di dimensioni più contenute (5.000 m^2).

Cumulo di limi

Il morfotipo sul quale si andrà ad operare è rappresentato da un'area di modesto sviluppo (5.750 m^2), presente al limite occidentale dell'area estrattiva che verrà riprofilata per la sistemazione della pista di accesso ai fronti e consisterà pertanto in un pendio frammentato in due scarpate dalla pista di arroccamento.

Piazzale di base

E' una superficie sub pianeggiante di 15.900 m² a quota 100 m s.l.m con lieve inclinazione verso il fronte per la raccolta delle acque meteoriche.

Aree marginali

Si tratta delle aree di raccordo e di servizio: comprendono le zone di contatto tra l'area estrattiva e l'intorno indisturbato, le scarpate della viabilità di servizio e le aree circostanti la rete di smaltimento delle acque meteoriche.

La zonizzazione prevede la coesistenza di formazioni arboree pioniere alternate ad arbusteti e radure prative, in conseguenza di una precisa scelta di tipo naturalistico, che scaturisce dall'esame degli habitat presenti all'interno del SIC che abbraccia l'area estrattiva.

L'intervento sui gradoni è stato infatti studiato con l'intento di diversificare al massimo gli habitat, creando situazioni ecotonali di transizione dalle praterie verso gli arbusteti ed il bosco misto di latifoglie termofile e cercando quindi di armonizzare le esigenze di conservazione-ricostruzione degli habitat tutelati dalla direttiva 92/43 con quelle di difesa del suolo.

Con l'inerbimento si intende ricostituire le cenosi erbacee delle praterie xerofile e mesoxerofile che costituiscono nell'ambito dell'area protetta un ambiente di elevata naturalità e importanza conservazionistica.

Sulle pedate dei gradoni con inclinazione a 45° verranno messe a dimora specie **arbustive ed erbacee** dei seguenti habitat:

6210 "Formazioni erbose secche seminaturali e facies coperte da cespugli su substrato calcareo (*Festuco-Brometalia*)
6220 Formazioni erbose secche seminaturali e facies coperte da cespugli: percorsi substeppici di graminacee e piante annue (*Thero-Brachypodietea)*
9340 Foreste di *Quercus ilex*
9540 Pinete mediterranee di pini mesogeni endemici.

Sulle alzate dei gradoni le pareti meglio soleggiate potranno essere sfruttate creando piccole irregolarità (tasche) per inserirvi *Pinus halepen*sis e *Amelanchier ovalis* e ricostituire condizioni favorevoli all'insediamento dell'habitat 8210: Pareti rocciose calcaree con vegetazione casmofitica.

Sulle scarpate dei fronti a minore inclinazione si prevede la costituzione di un bosco rado di latifoglie mesofile con l'impiego di carpino nero (*Ostrya carpinifolia*) e orniello *(Fraxinus ornus*), oltre a roverella (*Quercus pubescens*) e

più sporadici Pino d'Aleppo (P*inus halepensis*), nelle parti sommitali e nicchie in roccia delle alzate, e leccio (*Quercus ilex*), nella parte basale del fronte in esposizioni più fresche, in continuità con il vicino ostrieto presente a W della cava.

Sulle scarpate del modesto cumulo di limi di lavaggio le tecniche di recupero prevedono la costituzione di lembi di macchia arbustiva con l'impianto mediante siepi cespugliate di ginestra odorosa (*Spartium junceum*).
Sul piazzale di base si procederà all'impianto con piantumazioni discontinue, tese a creare situazioni erbaceo-arbustive tipiche dell' habitat delle "Formazioni erbose secche seminaturali e facies coperte da cespugli su substrato calcareo (*Festuco-Brometalia)* (6210) oppure a situazioni assimilabili all'habitat 6310 Boschi di sclerofille utilizzati come terreni di pascolo (*dehesas*).

Gli interventi di sistemazione, seguiranno di pari passo le fasi di coltivazione, al fine di anticipare al massimo il recupero ed accelerare la minimizzazione degli impatti.

7.3.3 Profilatura finale e modellamento delle superfici

La configurazione proposta per il fronte in abbandono prevede un profilo a gradoni disposti ad intervalli di 15 metri, caratterizzati da inclinazione di inviluppo variabile nei diversi settori; in particolare con lo scavo si realizzeranno i seguenti profili:

- fronte esposto mediamente a NNW (fronte principale) e fronte esposto a ENE (fronte minore): inclinazione della superficie di inviluppo pari a circa 35° con pedate larghe circa 6-8 m ed alzate inclinate a circa 65°
- fronte esposto a Ovest (fronte secondario): inclinazione della superficie di inviluppo intorno a 32-33° con pedate larghe circa 8-10 m
- fronte di transizione tra i due fronti precedenti: inclinazione della superficie di inviluppo pari a circa 45° con pedate larghe circa 3-4 m ed alzate inclinate a circa 65°.

Nel corso della coltivazione su tutte le pedate dotate di spazio di manovra sufficiente sarà fatto un riporto di materiale disposto in scarpata contro le alzate residue in modo da mascherare efficacemente le superfici di roccia nuda originate dallo scavo: in funzione dell'inclinazione media del fronte finale si avranno altezze di riporto variabili da 2-3 m a 8-10 m.
I riporti saranno realizzati con materiale grossolano ricavato dalla roccia abbattuta con l'ultima volata mista a materiale di granulometria più fine di origine diversa (limi di impianto e terre e rocce da scavo provenienti

dall'esterno), avente la funzione di intasamento dei vuoti e miglioramento della trattenuta idrica. Sul corpo di riporto di base sarà quindi steso uno strato di terreno agrario destinato ad ospitare la vegetazione.
Le scarpate di riporto saranno profilate con inclinazione non superiore a 30°.

Per quanto riguarda il piazzale di base, previa incisione del substrato residuale con *ripper*, verrà steso uno strato di materiale misto di limi, terre e rocce da scavo di mezzo metro di spessore; in superficie verrà quindi steso lo strato di terra vegetale.

7.3.4 Preparazione del terreno, sistemazioni idrauliche e miglioramento del substrato

La ricostruzione di suoli idonei a garantire la rinaturalizzazione delle aree oggetto di recupero dipende in primo luogo da un'attenta operazione di scotico e accantonamento dello strato superficiale di suolo.
Questa operazione, limitata ad una superficie di circa 20.000 m^2 nella estrema fascia NE del fronte, oggi ancora vegetata, fornirà tuttavia una quantità di terra insufficiente a soddisfare il fabbisogno ai fini delle sistemazioni previste dal progetto, rendendo perciò necessario il ricorso a forniture esterne.
Nella tabella sottostante sono riportati i volumi di terra necessari al ripristino, calcolati in relazione alla morfologia di progetto.

Area	Superficie (m^2)	Volume terra scotico (m^3)	Volume terra riporto (m^3)	Bilancio volumi terra (m^3)
Fronte gradonato 45° con esposizione W	21.500	750	1.505	
Fronte gradonato 45° con esposizione E	5.000		350	
Fronte gradonato 32/35° con esposizione SW	29.000		2.465	
Fronte gradonato 32/35° con esposizione W	16.700	5.010	1.420	
Cumulo di limi	5.750		489	
Fronte sistemato da recuperare	15.000		381	
Piazzale di base	15.900		1.590	
TOTALE	108.850	5.760	8.199	-.2439

Bilancio volumi di terra impiegati nel ripristino ambientale

Le limitazioni al reimpiego del suolo originario, derivanti dal saldo negativo tra la terra proveniente dalle operazioni di scotico e quella ritenuta

indispensabile alla ricostituzione di un adeguato substrato di radicazione, comportano il ricorso all'approvvigionamento esterno di terra naturale.

Questo fatto ha determinato necessariamente l'adozione di scelte di fondo legate all' utilizzo della terra di scotico, in virtù della sua maggiore valenza ambientale rispetto a quella proveniente dall'esterno del sito.
Pertanto il criterio guida, in funzione degli obbiettivi di rinaturalizzazione è stato quello di privilegiare le aree di maggior pregio naturalistico proprie degli habitat 6210 "*Formazioni erbose secche seminaturali e facies coperte da cespugli su substrato calcareo (Festuco-Brometalia).*
Per quanto concerne la determinazione dello spessore dello strato da riportare sulle superfici rimodellate ricaricate con sterili le scelte operate derivano fondamentalmente dalle situazioni effettivamente riscontrate in campo.

I rilievi pedologici condotti sul sito hanno infatti messo in evidenza la presenza, specie nel settore sommitale del pendio, di suoli molto superficiali, con potenze dell'orizzonte A frequentemente prossime ai 5-10 cm e poggianti direttamente sulla roccia madre disgregata. Non è stato osservato come già affermato un orizzonte organico B.
La vegetazione presente è quella legata a questo tipo di ambienti con prevalenza di specie rustiche e frugali, in grado di sopravvivere in condizioni estreme in termini di nutrienti ed umidità del suolo.
Situazioni più favorevoli sono state riscontrate limitatamente a zone a giacitura sub pianeggiante alla base del pendio, più fresche e meno soggette agli effetti di dilavamento.
Si tratta comunque di suoli ancora superficiali con potenza che non supera generalmente i 20 cm.

Per quanto appena esposto si è ritenuto corretto prevedere un diverso spessore della coltre di riporto come di seguito riportato:

- distribuzione differenziata del suolo di scotico in spessori variabili dai 5 ai 10 cm nelle situazioni per le quali è previsto il ripristino dei prati magri e degli arbusteti xerofili.
- maggiore apporto di terreno (15-20 cm) nelle aree dove è prevista la realizzazione del bosco, apporto comunque localizzato nell'area di effettivo impianto dei gruppi di piante. In tale situazione, dovendo necessariamente ricorrere ad apporti esterni, è preferibile l'impiego di terre di scavo provenienti da aree limitrofe alla cava e non di terreno vegetale esterno. Per motivi naturalistici il ricorso a quest'ultimo dovrebbe essere limitato, eventualmente con funzione ammendante, all'impiego all'interno della buchetta che ospita la pianta, opportunamente miscelato con il terreno di riporto.

Tale scelta è suffragata dalle seguenti considerazioni:

1) Dal punto di vista pedologico un generalizzato intervento di ricostituzione di un cospicuo riporto di terreno, in particolare di terreno vegetale appare limitante dei naturali processi pedogenetici, che già sul materiale calcareo risultano comunque rallentati rispetto ad altre tipologie litiche: si otterrebbe paradossalmente un risultato opposto a quello atteso.
   L'introduzione di terreno alloctono, come dovrebbe essere quello di ricoprimento, costituisce per la pedogenesi quello che per la botanica è costituito dalla messa a dimora di specie alloctone.
2) Sotto il profilo floristico-vegetazionale il concetto fondamentale è che la vegetazione di un determinato habitat deve svilupparsi a partire da un congruo substrato pedogenetico, compatibile con le caratteristiche geologiche e vegetazionali dell'area.
   Nella ricostituzione degli habitat delle praterie e degli arbusteti un consistente apporto di terreno vegetale risulta inutile alla rivegetazione ed anche controproducente dal punto di vista naturalistico, in quanto tende ad innescare dinamiche vegetazionali diverse da quelle naturali.
3) Nella maggior parte dei casi la pendenza elevata non consente di garantire la stabilizzazione di un riporto di terreno vegetale di una certa potenza, essendo questo inevitabilmente soggetto a processi di dilavamento.
4) Il riporto generalizzato su tutta la superficie da recuperare impone anche una riflessione su aspetti pratici ed economici: il reperimento di una notevole quantità di terreno di coltivo, come quello necessario a ricoprire con uno strato di 20-30 cm l'intera superficie di cava, non è cosi agevole, vista la scarsità di tale risorsa sul territorio regionale, oltre a costituire un notevole dispendio di risorse economiche, una quota delle quali potrebbe essere utilizzata con maggiore probabilità di successo negli interventi manutentivi durante il biennio successivo al recupero.

Come già osservato la qualità del substrato dipende dagli accorgimenti posti in essere nelle fasi che precedono il recupero vero e proprio.
Per quanto concerne lo scotico, l'operazione dovrà essere effettuata con la massima attenzione, evitando il possibile rimescolamento dello strato superficiale più fertile con quello immediatamente sottostante.
Per conservare intatte le caratteristiche del suolo sarà opportuna la conservazione in piccoli cumuli destinati ad un riutilizzo nel più breve tempo possibile.

Qualora ciò non sia possibile, al fine di evitare dilavamenti ed erosioni i cumuli temporanei dovranno essere inerbiti con la semina di un miscuglio di graminacee e leguminose del tipo di seguito riportato:

GRAMINACEE	
Dactylis glomerata (erba mazzolina)	6 g/m^2
Phleum pratense (coda di topo)	4 g/m^2
LEGUMINOSE	
Onobrichis viciifolia (lupinella)	3 g/m^2
Lotus corniculatus (ginestrino)	3 g/m^2

TOTALE	16 g/m^2

La costante presenza di spianate nelle diverse fasi di coltivazione consentirà di accantonare i cumuli di terra in posizioni prossime ai siti di impiego.
Per integrare i fabbisogni è consigliabile l'impiego di terra, preferibilmente proveniente dalla valle, che in relazione alla matrice del substrato di riporto, dovrà avere una tessitura da franco limosa a franco-limoso-argillosa, un tenore in sostanza organica prossimo al 2% ed un pH subalcalino.

Al fine di migliorare la garanzia di attecchimento, si propone la vagliatura del materiale destinato a ricoprire la buca stessa con l'eliminazione del materiale inerte a pezzatura grossolana e la realizzazione di una depressione del terreno di riporto, in modo da consentire il massimo immagazzinamento dell'acqua piovana.

Per quanto concerne le sistemazioni idrauliche, l'argomento è stato diffusamente trattato nel paragrafo 4.9 relativo alla regimazione delle acque superficiali. Nel paragrafo 7.3.7 vengono analizzati gli aspetti del recupero delle aree a stretto contatto delle opere di regimazione, che prevedono sistemazioni intensive con tecniche dell'ingegneria naturalistica finalizzate a garantire la funzionalità delle opere stesse ed alla loro rinaturalizzazione.

7.3.5 Inerbimenti

L'inerbimento viene previsto come intervento antierosivo da estendere a tutte le superfici scoperte ove sia oggettivamente possibile l'insediamento della cotica erbosa; per lo stesso motivo esso andrà eseguito tempestivamente, appena ultimati il modellamento delle superfici e l'affinamento del terreno di riporto.

Si ritiene preferibile, almeno sui gradoni, l'utilizzo dell'idrosemina che consente di intervenire in periodi anche meno favorevoli, riduce il compattamento del terreno provocato dal calpestio e, differenziando l'utilizzo dei componenti, consente maggiore flessibilità.

L'idrosemina, del tipo bianco-verde, dovrà prevedere l'impiego nella miscela base dei seguenti componenti:

Componente	Caratteristiche	Quantità
Sementi	Miscuglio graminacee- leguminose	25-30 g/m²*
Collanti	Idrocolloide organico di origine vegetale con funzione anche fertilizzante	15-20 g/m²
Concime	Organo-minerale con apporto di sostanza organica e elementi minerali in rapporto indic. NPK 7/5/6	100 g/m²
Acqua		1-1,5 l/m²

** 18 g/m² al primo passaggio, 8-12 g/m² al secondo*

In condizioni di estrema povertà del substrato, qualora le priorità assolute siano quelle della stabilizzazione delle superfici, occorrerà valutare l'impiego aggiuntivo nella miscela di un mulch composto da fibre di cellulosa (dose 40-80 g/m²) e da un ammendante organico (a base di letame), alla dose di 80-120 g/m².
La corretta esecuzione dell'idrosemina prevede un'unica passata con un eventuale secondo intervento, localizzato su aree con copertura insufficiente.

I criteri generali seguiti nella scelta delle specie da inserire nella composizione del miscuglio sono stati i seguenti:

- utilizzazione di specie presenti nelle cotiche erbose di superfici limitrofe a quelle d'intervento, proprie degli habitat di pregio del SIC
- uso di più specie appartenenti alle famiglie delle graminacee e delle leguminose per aumentare la plasticità ecologica del miscuglio e per sfruttare appieno i vantaggi derivanti dal comportamento complementare dei due raggruppamenti
- inserimento di specie poco longeve, ma in grado di fornire una rilevante quantità di biomassa ed una pronta protezione delle superfici scoperte accanto ad altre ad insediamento lento ma di lunga durata cui tocca il compito di costituire il "fondo" del manto erboso
- inserimento di specie tolleranti il calcare, l'aridità e la povertà del substrato.

In ogni caso la ricchezza di specie presenti nel miscuglio, individuate per la loro adattabilità alle specifiche condizioni pedoclimatiche oltre a favorire l'azione antierosiva rappresenta di per sè un significativo contributo alla rinaturalizzazione dei versanti in termini di aumento della biodiversità delle cenosi vegetali reintrodotte sul sito.

Un possibile elenco delle specie da utilizzare, finalizzato al recupero degli habitat erbacei del SIC è il seguente:

Graminacee: *Dactylis glomerata, Phleum pratense, Bromus catharticus, Brachypodium rupestre, Brachipodium pinnatum, Bromus erectus, Oryzopsis coerulescens*, *Ampelodesmos mauritanica, Melica ciliata.*

Leguminose: *Lotus corniculatus, Onobrychis viciifolia, Coronilla varia, Trifolium angustifolium, , Hippocrepis comosa.*

Alcune delle specie individuate sono presenti in commercio, per le altre è necessario il reperimento o la specifica raccolta in loco e l'eventuale riproduzione.
La riproduzione del materiale in sito rappresenta senza dubbio la soluzione migliore sulla garanzia dell'utilizzo di specie autoctone e quindi del rapido conseguimento degli obbiettivi di rinaturalizzazione. L'aspetto pratico concerne l'organizzazione della raccolta e riproduzione in vivaio delle sementi al fine di garantire il costante approvvigionamento delle stesse in ogni fase del recupero ambientale.

Allo stato attuale non risultano vivai che producano le sementi locali con miscugli contenenti le specie sopra indicate rendendo necessaria per la fattibilità di un intervento del genere la creazione di una struttura ad hoc.
Una soluzione che concilia le esigenze di rinaturalizzazione con quelle di stabilizzazione dei pendii sistemati è quella dell'impiego di un formulato commerciale non standard ma preparato ad hoc con l'impiego delle specie reperibili in commercio tra quelle sopra elencate abbinato alla raccolta di una minima quantità di semente locale.

L'epoca di semina da preferirsi è la primavera precoce (terza decade di marzo-prima decade di aprile) e secondariamente la tarda estate (seconda decade di settembre). Con l'idrosemina, come già affermato, il periodo utile si amplia sensibilmente specie per quanto riguarda l'intervento primaverile.

Per quanto concerne l'utilizzo di materiale propagativo locale nella ricostituzione dello strato erbaceo e suffruticoso pare proponibile l'intervento di posa di piote erbose derivante da materiale prelevato in cava, nell'area ancora da scoticare e propagato in piccoli vivai all'interno dell'area di cava come descritto nel paragrafo seguente.

7.3.6 Sistemazioni intensive

Le sistemazioni intensive riguardano interventi puntuali, previsti sulle scarpate del cumulo di limi dove si prevede il consolidamento delle scarpate della pista di arroccamento con fitti cespugliamenti consolidanti di ginestra odorosa *(Spartium junceum*) con la tecnica della gradonata con piantine radicate (vedi particolari di progetto nel dis. D08).

La proposta progettuale richiede una certa attenzione nel recupero delle aree circostanti la rete di smaltimento delle acque meteoriche, al fine di evitare fenomeni di sifonamento e scalzamento delle opere di regimazione, che possono alterarne la funzionalità innescando fenomeni erosivi.
Per quanto concerne la regimazione delle acque, nella sistemazione proposta per il fronte gradonato, occorrerà intervenire nella stabilizzazione delle scarpate di raccordo con l'alveo degli scaricatori in roccia.
Al piede di dette scarpate si interverrà con la realizzazione di gradonate vive, disposte a breve distanza tra loro (1 metro circa), in modo da ottenere una fitta fascia cespugliata con funzione consolidante del riporto. Le due file di blocchi, disposte lateralmente sulla pedata a confinamento del collettore, verranno intasate con terreno e rivegetate con piantine radicate (in relazione alle condizioni ambientali si ritiene di non ricorrere alle talee per evitare eccessivi problemi di attecchimento).
Anche le scarpate laterali dei collettori verranno protette da possibili scalzamenti sempre con la realizzazione di siepi cespuglio.

Un altro intervento di sistemazione intensiva che riveste contestualmente un ruolo di riqualificazione naturalistica è quello previsto nella parte basale delle scarpate della porzione di fronte esaurito e sistemato secondo le morfologie di progetto, ma non ancora rivegetato.
Su di esse è prevista la realizzazione di 6 piccole aree per una superficie complessiva di circa 600 m^2 che avranno la funzione di vivaio, realizzato con materiale vegetale autoctono.
Queste aree saranno realizzate con le modalità di seguito descritte.

Per la preparazione del substrato di radicazione si prevede una sistemazione della scarpata con un triplo ordine di palizzate, realizzate con tondoni di pino recuperati in loco, abbinati alla posa di georete in cocco, avente lo scopo di trattenere uno strato di terra variabile dai 5 ai 10 cm, sul quale verranno posate le piote erbose raccolte nella porzione di cava non ancora denudata (nel disegno D 08 è riportato il particolare costruttivo).

Le palizzate saranno disposte a circa 1 - 1,5 metri di distanza, in modo da contribuire a fissare la georete al suolo ed evitare la formazione di sacche con

perdite di suolo. La distanza ravvicinata dei tondoni consentirà nel contempo di garantire un minimo spessore della terra di riporto necessario a garantire il successo del trapianto.
La terra da utilizzare sarà prelevata in loco dalle aree scoticate per la coltivazione, in modo da aumentare le garanzie di attecchimento delle piote erbose messe a dimora.
Le piote andranno raccolte manualmente e prontamente sistemate nell'arco della giornata stessa.
Ai fini di garantire un minimo tenore di umidità alla cotica erbosa nella fase di adattamento verrà ripristinato il sistema di irrigazione esistente, dotando le aree di vivaio di un sistema di microirrigazione costituito da una rete di tubi in polietilene forati.
La realizzazione con le modalità sopra descritte prevede l'utilizzo di materiale biodegradabile, parzialmente prelevabile in loco (tondoni di pino), destinato nel tempo a scomparire senza lasciare residui indecomposti.

Ad affermazione delle cotiche così impiantate verranno a crearsi delle aree di prelievo per la realizzazione di nuovi nuclei di rinaturalizzazione da distribuire sui vari settori del fronte man mano che si procederà con il recupero.
Ogni area funzionerà direttamente fornitore di materiale vegetale per i nuovi trapianti e come nucleo di diffusione dei semi delle specie spontanee nell'immediato intorno.

7.3.7 Impianto di specie legnose

Obbiettivi dell'intervento

Nella successione degli interventi di sistemazione l'impianto delle specie arboree ed arbustive rappresenta l'operazione finale, oltremodo importante per avviare sul sito un attivo processo di rinaturalizzazione e di riqualificazione paesaggistica.

L'obbiettivo dell'intervento è la ricostituzione di un bosco naturaliforme costituito da cenosi arboreo arbustive, in evoluzione verso associazioni stabili e durature nel tempo.

Per questo motivo, partendo dall'osservazione delle cenosi presenti nell'intorno, sono state individuate delle associazioni arboreo-arbustive in grado di eliminare nel tempo la soluzione di continuità del bosco determinata dall'attività estrattiva e riospitare le specie animali allontanatesi in conseguenza dell'eliminazione dei naturali ambienti di rifugio.

Le combinazioni proposte nel progetto sono diversificate in relazione alle varie situazioni prospettabili sull'area da recuperare e sono state riassunte in funzione della zonizzazione nella figura riportata nelle pagine seguenti.

La schematizzazione esemplifica una realtà che presenta, in relazione ai fattori ambientali, una certa variabilità. Infatti i condizionamenti edafici, congiuntamente ad altri fattori quali l'esposizione e la giacitura, determinano condizioni locali di transizione tra microambienti caratterizzati da una certa asprezza ed altri nei quali è possibile la crescita di specie più esigenti. In virtù di queste considerazioni è parso opportuno ridurre i rischi di insuccesso, individuando un ampio numero di specie, perlopiù rustiche e frugali e strettamente autoctone, in grado di garantire un rapido sviluppo della vegetazione su tutte le superfici oggetto del recupero.

Tecniche d'impianto

Le tecniche d'impianto si diversificano in relazione all'intervento sulle pedate dei gradoni rispetto alle scarpate dei cumuli di limi.
Nel secondo caso si interviene, trattandosi di una superficie non molto estesa con fitte siepi cespuglio, caratterizzate da una inevitabile iniziale linearità, ma destinate nel tempo a chiudersi creando una macchia relativamente densa con funzione di stabilizzazione del cumulo.
Nel caso del fronte gradonato si evidenziano due situazioni morfologiche che impongono approcci diversificati in relazione all'inclinazione dei fronti.

Gradoni con inclinazione a 45°

Sui gradoni con inclinazione a 45° per attenuare l'eccessiva geometrizzazione si ritiene possibile un contributo positivo anche da parte degli interventi di piantumazione con la messa dimora di piccoli gruppi plurispecifici di 15-20 esemplari arbustivi, con un sesto medio d'impianto di 60 x60 cm, distanziati tra loro in modo irregolare, ricoprendo all'incirca il 40% della superficie delle pedate.

Sulle alzate in roccia si cercherà di interrompere la regolarità della parete, sfruttando anfratti e nicchie di maggiore ampiezza con l'impianto di piccoli nuclei di *Pinus halepensis* e di *Amelanchier ovalis* che tra le specie legnose sono quelle caratterizzate dal maggiore pionierismo; in questo caso, in funzione degli spazi ridotti, i gruppi saranno monospecifici e composti da 4-6 esemplari.

Gradoni con inclinazione a 32-35°

Per garantire le migliori condizioni di naturalità l'impianto è stato studiato per adattarsi in modo adeguato alla morfologia del luogo; pertanto i contorni

del bosco presenteranno un andamento sinuoso ed il bosco avrà all'interno alcune radure erbacee.
Per lo stesso motivo si è scelto di escludere l'impianto a sesto geometrico, in funzione della geometricità dello schema, optando per l'impianto a gruppi secondo il modello per microcollettivi descritto da W. Frey, W. Schonenberger, F. Leuenberger,(1991) per i rimboschimenti nel piano subalpino ed adattato alla diversa situazione pedoclimatica dell'ambito mediterraneo.

I vantaggi di una simile tecnica rispetto al sesto regolare sono in generale quelli di evitare le aree microstazionali sfavorevoli, ma nel caso in esame, caratterizzato da una sostanziale uniformità, i vantaggi sono da mettere in relazione all'ottenimento di un popolamento adulto ben strutturato, stratificato e maggiormente stabile.

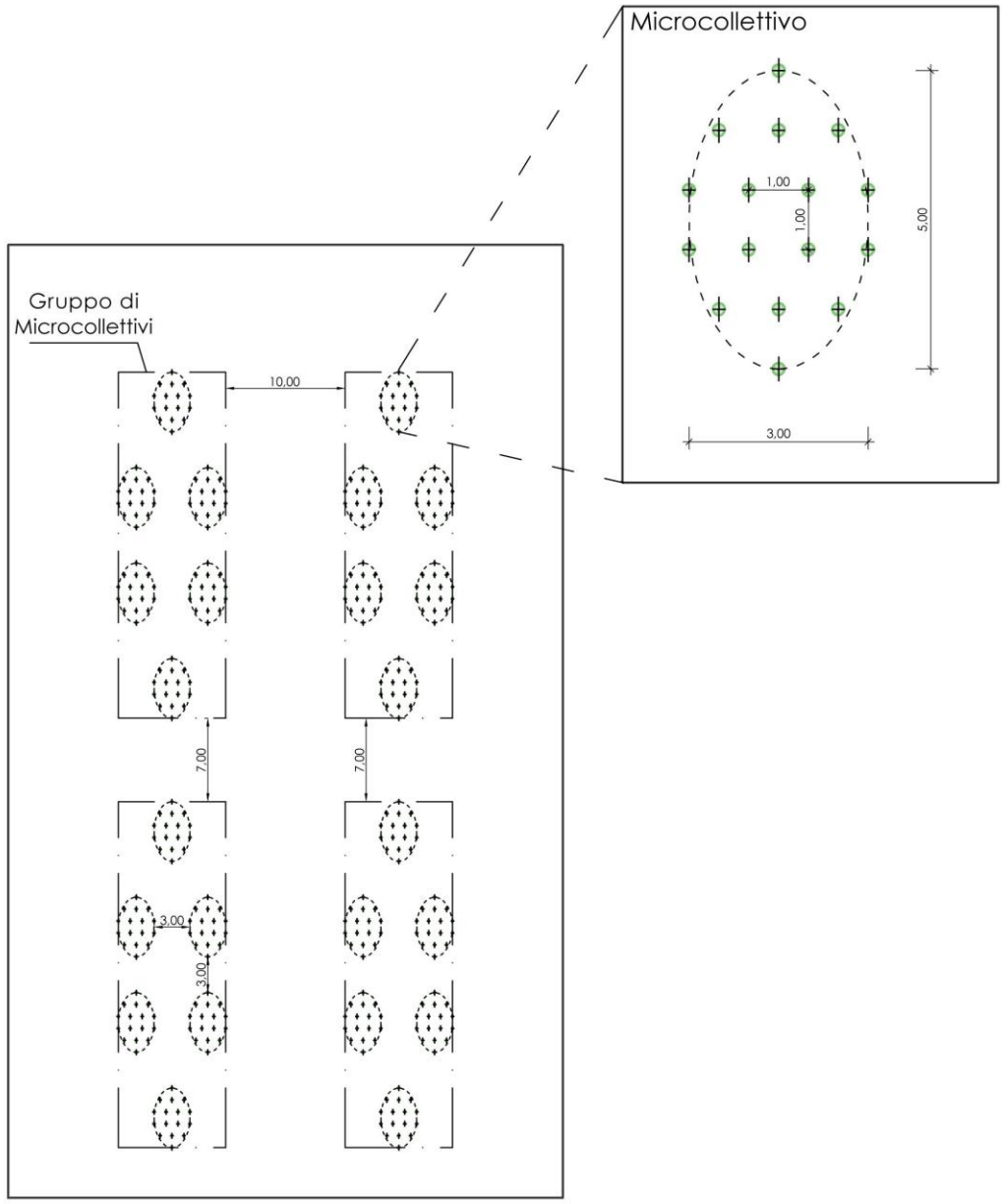
Le dimensioni e forma dei piccoli gruppi non saranno uniformi ma dipenderanno dalle caratteristiche microstazionali.
Con queste modalità sarà possibile ridurre in modo sensibile le fallanze.
Inoltre, questa tecnica consente di limitare, all'interno dei gruppi, la concorrenza della vegetazione erbacea nei primi stadi di sviluppo delle piante.

A partire dallo stadio di spessina le piante al centro del piccolo gruppo godranno della protezione delle piante periferiche nei confronti dello sfregamento e brucamento ad opera della fauna selvatica, che non potrà penetrare facilmente al loro interno. Tra i gruppi si manterrà invece una disponibilità di pascolo contribuendo così a conservare la variabilità ecologica.
I vantaggi del rimboschimento a piccoli gruppi rispetto a quello a sesto regolare sotto il profilo della variabilità ecologica derivano inoltre dalla penetrazione irregolare di luce, calore e precipitazioni e dal mantenimento della chioma sino alla base degli alberi.
La densità fitta dei piccoli gruppi consente inoltre una migliore protezione dai possibili danni da schianti per vento.

Le dimensioni ottimali della formazione adulta corrispondono a circa 0,5 -1 volta l'altezza degli alberi. La forma può essere circolare o ellittica con l'asse maggiore lungo la linea di massima pendenza. La formazione dei piccoli gruppi avviene tramite la formazione al momento dell'impianto di più microcollettivi temporanei.

I microcollettivi (vedi figura seguente) devono essere distanziati fra loro, facendo salve le caratteristiche micromorfologiche del terreno, per non più di 3 metri; in questo modo nel giro di alcuni decenni essi si chiudono a formare

il gruppo definitivo. All'interno dei microcollettivi temporanei il sesto di impianto risulta variabile da 100 x 100-120 cm per l'impiego delle specie arboree nelle situazioni più favorevoli sino ad un minimo di 60 x 60 cm per le specie arboree di piccola taglia e per quelle arbustive nelle situazioni più difficili.



Ogni microcollettivo sarà caratterizzato da 10-15 piante, della medesima specie; il numero di microcollettivi di ciascuna specie sarà determinato in misura delle proporzioni volute.
Per limitare e distribuire il rischio è necessario utilizzare o creare differenziazioni stazionali; realizzare una mescolanza di specie tra i singoli gruppi, alternando specie arboree con arbustive.

Ipotizzando un piccolo gruppo costituito da 6 microcollettivi contenenti ciascuno 15 piante messe a dimora a 1 metro di distanza tra loro, una distanza tra micro collettivi di 3 metri e tra piccoli gruppi di 7-10 metri, si ottiene una densità di 360 piante per piccolo gruppo e ipotizzando una distribuzione regolare dei piccoli gruppi stessi, si ottiene una superficie di 1.820 metri quadri occupata da un gruppo formato da 4 piccoli gruppi come schematizzato nella figura. Questo comporta in linea teorica la disposizione di 5-6 gruppi ad ettaro, pari ad una densità teorica di 3.000-3.500 piante ad ettaro.
La densità d'impianto derivante dai sesti proposti risulta adeguata a garantire la progressiva rivegetazione delle aree rimboschite, anche in funzione della prevista realizzazione di un impianto di irrigazione che avrà la funzione di compensare gli stress idrici nel delicato periodo post impianto (l'impianto è descritto nel paragrafo 7.3.9).
Un sesto più ristretto è impiegabile unicamente nella realizzazione delle sistemazioni intensive con i cespugliamenti consolidanti previsti nella stabilizzazione del cumulo di limi e in quella delle sponde dei canali artificiali realizzati per lo smaltimento delle acque superficiali.

Scelta delle specie

Le specie che vengono proposte rappresentano un'associazione di specie pioniere in grado di costituire una cenosi in evoluzione verso la lecceta. Viene proposto di conseguenza un ampio ricorso a specie rustiche e frugali, come orniello e carpino nero e lo stesso pino d'aleppo, mentre la specie climax, più esigente, è introdotta in quantitativi limitati.
Per quanto concerne la composizione percentuale delle diverse specie è ipotizzabile la situazione riportata nelle sottostanti tabelle.

Arboree

Orniello (Fraxinus ornus)	*45%*
Carpino nero (Ostrya carpinifolia)	*35%*
Roverella (Quercus pubescens)	*10%*
Pino d'Aleppo (Pinus halepensis)	*5%*
Leccio (Quercus ilex)	*5%*

Arbustive

Le specie arbustive proposte sono quelle tipiche della macchia mediterranea e della foresta di querce sempreverdi.
L'utilizzo è pressochè in purezza sui gradoni a 45° mentre sui fronti ad inclinazione minore è in alternanza ai gruppi di arboree per ricreare le situazioni ecotonali di transizione tra prateria, macchia arbustiva e bosco.

In entrambi i casi si prevede la seguente composizione percentuale:

Lentisco *(Pistacia lentiscus)*	30%
Ilatro sottile*(Phillyrea angustifolia)*	*10%*
Terebinto *(Pistacia terebinthus)*	*20%*
Ginestra *(Spartium junceum)*	*30%*
Alaterno *(Rhamnus alaternus)*	*10%*

Anche per le arboreo-arbustive è da preferirsi l'impiego di materiale strettamente autoctono, ricorrendo a materiale propagativo in fitocella proveniente dai vivai regionali o prelevato e allevato in loco.

Al fine di ridurre questa crisi si suggerisce di procedere agli impianti in autunno, in modo da arrivare alla primavera successiva con piante ben "ambientate" a livello della rizosfera; sarà inoltre importante provvedere all'apertura di buche di dimensioni adeguate (almeno cm 40x 40, profondità almeno 40 cm) che mettano a disposizione delle piante il maggior volume possibile di terra smossa.

Un contributo alla rinaturalizzazione potrà avvenire dal prelievo all'interno delle aree a vivaio di piantine nate da seme, nell'intento di introdurre nelle aree da recuperare anche quelle specie arbustive e suffruticose di difficile o improbabile reperimento in commercio. Si prevede in tal caso l'introduzione nelle aree d'intervento di specie come *Calycotome spinosa, Cistus albidus, Cistus salvifolius,Thimus vulgaris, Origanum vulgare, satureja montana,Teucrium chamaedrys*.

7.3.8 Impianto di irrigazione

Tenuto conto da un lato della scarsa disponibilità di risorse idriche in zona di cava e dall'altro lato della necessità di intervenire con un'irrigazione di soccorso per contrastare i periodi di deficit idrico estivo, è stata valutata la possibilità di realizzare un impianto di irrigazione in grado di soddisfare ai seguenti requisiti di base:

1. minimo consumo di acqua
2. massima automazione
3. basso costo di impianto
4. basso costo di esercizio
5. semplicità di installazione
6. facilità di utilizzo
7. elasticità modulare.

In relazione alle caratteristiche morfologiche del sito e ai requisiti di base sopra elencati si prospetta l'utilizzo di un sistema di irrigazione di soccorso del tipo a goccia, con ala gocciolante fissa dotata di gocciolatori autocompensanti.

La soluzione prospettata prevede la completa automazione dell'impianto con possibilità di variare la durata dell'adacquamento e la quantità di acqua somministrata.
L'impianto è stato dimensionato per funzionare automaticamente in continuo nell'ipotesi di alimentazione diretta del serbatoio di accumulo o con autonomia settimanale in caso di riempimento del serbatoio con autobotte.
Il dislivello che separa il piazzale degli impianti (quota 100) dal punto nel quale sarà sistemato il serbatoio (quota 230 m) impone l'adozione di una pompa di rilancio e di un secondo serbatoio in alternativa a soluzioni più onerose, come l'adozione di una pompa con maggiore potenza e una tubazione di adduzione in acciaio anziché in polietilene.

Nell'ipotesi più restrittiva il dimensionamento è stato effettuato considerando i seguenti parametri medi:

Numero di gradoni da irrigare: 1
Lunghezza media del gradone: 200 m
Larghezza media della fascia da recuperare sulla pedata: 6 metri
Sesto impianto sul gradone: 1 x 1 m
Numero di piante per gradone: 400
Fabbisogno giornaliero di acqua: 4 litri/pianta
Fabbisogno giornaliero totale: 1600 litri
Fabbisogno settimanale: 11.200 litri
Numero di giorni /stagione: 90
Fabbisogno complessivo stagionale: 144.000 litri.

Come osservato il dimensionamento tiene conto della situazione minima automatizzabile; il serbatoio di accumulo sarà in tal caso sovradimensionato per avere un ulteriore margine di sicurezza che consenta una maggiore

flessibilità nel turno di caricamento, qualora quest'ultimo venga effettuato con autobotte.
Utilizzando invece un sistema di approvvigionamento idrico mediante pompa e tubazione di alimentazione, il contenitore potrà avere capacità inferiore (10.000 litri). In questo caso esso dovrà essere dotato di sistemi di regolazione meccanica per il controllo del flusso idrico in entrata. In tal caso, per coprire l'intero dislivello anche nella fase iniziale, occorrerà come già detto ricorrere ad una seconda pompa di rilancio e ad serbatoio di carico intermedio posti indicativamente a quota 150 m.

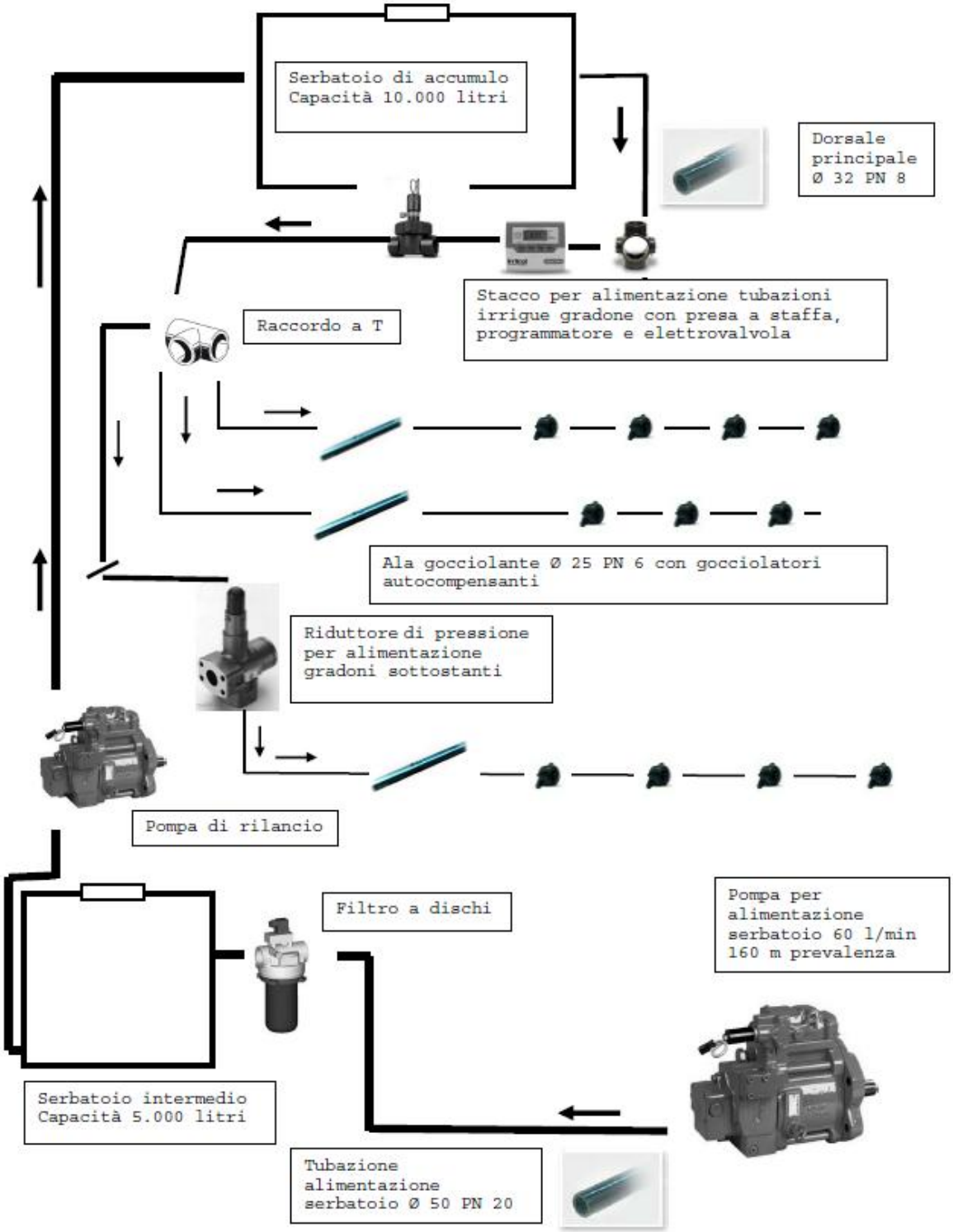
L'adozione del sistema basato su pompa consente un maggior livello di automazione, garantendo la massima autonomia e limitando al minimo l'intervento del personale addetto al funzionamento dell'impianto.

Di seguito viene brevemente descritto il sistema automatizzato che prevede l'irrigazione per il primo biennio dall'impianto di uno o due gradoni contemporaneamente.
L'impianto è schematizzato nella figura 3.

L'alimentazione del serbatoio di accumulo sarà effettuata dal piazzale di base della cava con una pompa verticale multistadi da 60 l/min e 16 bar di prevalenza, dalla quale un tubo in polietilene diametro esterno Ø 50'', PN 20 raggiungerà il primo serbatoio della capacità di 5.000 litri.
Il serbatoio sarà equipaggiato con un filtro a dischi (120 mesh) per eliminare l'ingresso di eventuali impurità nel serbatoio stesso che potrebbero causare l'occlusione dei gocciolatori. Da questo una pompa di rilancio manderà l'acqua nel serbatoio principale di carico posto alla sommità del fronte.

Il serbatoio principale dovrà avere una capacità minima di 10.000 litri e verrà posizionato a monte dell'area di intervento, in modo da ottenere una pressione di esercizio minima di 1 bar sul primo gradone da irrigare.
Dal serbatoio si originerà la dorsale principale costituita da un tubo in polietilene ad alta densità PN8, Ø 32''.
Ogni gradone irrigato sarà dotato di una derivazione dalla dorsale costituita da una presa a staffa 32 x 1'', equipaggiata con un'elettrovalvola comandata da un programmatore, il tutto inserito in un pozzetto di polietilene interrato.
A valle dell'elettrovalvola mediante un raccordo a T dotato di due riduzioni si innesteranno le due tubazioni irrigue che verranno disposte sul gradone distanziate di 3 metri.
Le tubazioni irrigue sono costituite da due tubi di polietilene a bassa densità PN6, Ø 25'', sulle quali si innestano i gocciolatori.
Questi ultimi sono gocciolatori autocompensanti, dotati cioè di membrana di regolazione della pressione di esercizio per garantire l'uniformità della distribuzione durante l'irrigazione.

Fig. 38 Rappresentazione schematica modulo impianto di irrigazione ad ala gocciolante



I gocciolatori, dimensionati per la distribuzione di 4 l/h, saranno distribuiti sulle due tubazioni irrigue, secondo lo schema proposto, alla distanza di 2 metri in modo da servire ciascuno una pianta.

I vantaggi di risparmio idrico, efficienza di distribuzione dell'acqua, aumento del tasso di attecchimento e possibilità di fertirrigare le piante, forniscono rapidamente un ritorno più grande dei costi per l'automazione.
L'elasticità del sistema consente di variare senza difficoltà la quantità di acqua somministrata giornalmente, di aumentare o diminuire il numero di ali gocciolanti o di irrigatori sul gradone per adattarlo a variazioni nel sesto di impianto, a seconda delle esigenze, con semplici e poco onerosi interventi.
E' possibile prevedere in caso di necessità di irrigare contemporaneamente un maggior numero di gradoni: in tal caso sarà opportuno prevedere un serbatoio di capienza minima di 15.000 litri e si renderà necessario, a partire dal terzo gradone alimentato, l'inserimento sulla dorsale principale di un riduttore di pressione (cfr. fig. 3).

7.4 Interventi di recupero ambientale a lungo termine

7.4.1 Obbiettivi di intervento

La sistemazione a lungo termine del sito estrattivo prevede la formazione di un grande cumulo di riporto in appoggio contro il fronte gradonato, la sua profilatura secondo una pendenza contenuta e il successivo recupero a verde della scarpata. Questa operazione comporterà la ricopertura e l'obliterazione di una parte delle superfici già recuperate con gli interventi a breve termine: considerato tuttavia che la formazione del cumulo di riporto contro il fronte richiederà tempi stimabili oggi nell'ordine di almeno 10-15 anni, si ritiene giustificata la scelta di attuare un recupero provvisorio destinato ad essere distrutto nel medio periodo, ma avente in tale lasso di tempo una importante funzione di mitigazione di impatto.

L'obbiettivo dell'intervento è il miglioramento e il completamento del reinserimento paesaggistico e del recupero naturalistico del sito di estrazione, tenendo conto del contesto ambientale di cui fa parte.

Per i criteri di intervento si conferma quanto già definito per il progetto a breve termine, in particolare:

- massima attenzione alla provenienza del materiale vegetale da utilizzare con particolare attenzione all'uso di specie autoctone
- esaltazione della biodiversità ecosistemica con la massima diversificazione degli habitat

- valorizzazione degli habitat di maggiore pregio naturalistico all'interno dell'area di espansione mineraria coincidente con il SIC
- coordinamento con gli interventi di compensazione volti a tutelare l'integrità del SIC.

7.4.2 Rimodellamento finale del fronte

L'intervento di rimodellamento riguarderà sia l'area di coltivazione futura fino alla quota massima 155 sia il piazzale di base, comprese le aree al di fuori dell'area in Concessione alla ditta Giuggia, oggi occupate da impianti di betonaggio di impresa esterna, che dovranno essere smantellati; sarà esclusa la fascia Ovest del piazzale, in quanto interessata dalla risistemazione dell'alveo del Rio Fornace.

La configurazione finale proposta per il cumulo di riporto, rappresentata in planimetria e sezioni nel dis. D42, prevede:

- formazione del rilevato per sovrapposizione di strati dell'ordine di 2-3 metri di spessore, a partire dal basso per un'altezza totale di circa 55 m
- introduzione di strutture di drenaggio (prismi drenanti) alla base e sui livelli intermedi del cumulo
- profilatura graduale della scarpata secondo un'inclinazione media pari a 23° sull'orizzontale
- interruzione della scarpata con due gradini ad intervallo di 20 m di quota e con un ripiano più ampio alla sommità
- rilascio di una pista residua di accesso
- ricopertura completa della scarpata con uno strato di terra destinato ad essere rivegetato.

Il rimodellamento potrà essere realizzato con terre e rocce da scavo provenienti da lavori di costruzione di edilizia privata e da eventuali opere pubbliche.
Il volume totale di materiale accumulabile è pari a circa 580.000 m^3.

Tenuto conto dei quantitativi in gioco, la durata dell'operazione può essere stimata in almeno 10-20 anni: in presenza di una durata della Concessione del terreno in capo a Giuggia limitata a 6 anni, come già detto, al momento attuale l'operazione può essere presa in carico solo dal Comune, in quanto soggetto proprietario del terreno, titolato a scegliere al momento opportuno il modo per gestire e far fruttare l'attività di messa a dimora dei materiali in questione.

7.4.3 Zonizzazione degli interventi

Introduzione

Alla luce delle variazioni indotte nella morfologia finale dalla formazione del rilevato di riporto sulla fascia inferiore del fronte gradonato, che originerà un pendio continuo ricoprendolo completamente sino alla quota di m 155 s.l.m., è stato necessario fare un'integrazione alla zonizzazione degli interventi di recupero ambientale prevista a breve termine (vedi dis. D43).

Essendo mantenuto prioritario l'obiettivo del recupero naturalistico del sito, la zonizzazione integrativa prevede la coesistenza di formazioni arboree pioniere alternate ad arbusteti e radure prative, in analogia agli habitat presenti all'interno del SIC che abbraccia l'area estrattiva.
L'intento è quello di diversificare al massimo gli habitat, creando situazioni ecotonali di transizione dalle praterie verso gli arbusteti ed il bosco misto di latifoglie termofile, al fine di armonizzare le esigenze di conservazione/ricostruzione degli habitat tutelati dalla direttiva 92/43 con quelle di difesa del suolo.

Questa impostazione, che prevede una presenza significativa di aree aperte a prevalente copertura erbaceo arbustiva, ha non solo una valenza naturalistica, ma riveste un significato importante anche ai fini paesaggistici nell'ottica della diversificazione del paesaggio stesso.

I morfotipi che saranno introdotti con la creazione del rilevato sono descritti di seguito.

Fronte gradonato

Come si può osservare dai disegni D42 e D43, il nuovo profilo nella parte basale del sito estrattivo comporta una significativa modifica della morfologia del fronte con il completo mascheramento dei gradoni e la formazione di un profilo ad acclività più contenuta (23-25°), idoneo per efficaci interventi di recupero a verde.

Sulla superficie finale è proponibile la ricostituzione del bosco misto di latifoglie termofile con un diverso grado di copertura a seconda delle condizioni microclimatiche e della necessità di mantenere pur sempre delle radure e di raccordarsi al meglio con l'intorno.
Così, nelle aree più fresche al piede del pendio, in continuità con il vicino ostrieto presente a W della cava si prevede di intensificare la densità d'impianto interessando, con la piantumazione dei gruppi di piante, il 70% della superficie recuperata.
Diversamente nel raccordo con i ripiani caratterizzati da una prevalente copertura erbacea e a contatto con le aree dei gradoni a maggiore

inclinazione dove è prevista la costituzione di arbusteti, la densità sarà mantenuta bassa (30%), al fine di ricreare situazioni ecotonali tra il bosco e la prateria.
Infine, nelle zone a contatto con i fronti a minore inclinazione, si adotterà una densità intermedia prossima al 50% della superficie recuperata.
Il disegno rappresenta forzatamente una schematizzazione di quanto sopra descritto; nella realtà il passaggio dalla densità d'impianto più elevata prevista nelle aree più fresche a quella più bassa sarà più sfumato e terrà conto della necessità di creare un raccordo graduale con le aree circostanti.

Le specie, in continuità con il vicino ostrieto presente a W della cava, sono le medesime previste per la rivegetazione delle scarpate dei fronti gradonati a minore inclinazione (32-35°) con l'impiego di carpino nero (*Ostrya carpinifolia*), orniello *(Fraxinus ornus*), roverella (*Quercus pubescens*) e più sporadici Pino d'Aleppo (*Pinus halepensis*) nelle parti sommitali del rilevato e leccio (*Quercus ilex*) nella parte basale del fronte in esposizioni più fresche).

Piazzale di base e ripiani sul fronte

La sensibile riduzione di superficie del piazzale di base in seguito alla formazione del rilevato contro il fronte impone di individuare ulteriori aree da destinare a prateria nell'ambito della nuova sistemazione. Sono stati perciò esclusi dall'impianto di specie arboree i ripiani posti a quota 150 e 155 m, mentre nella parte del rilevato immediatamente a ridosso del ripiano basale è stata prevista una piantumazione rada (30% della superficie) per mantenere una sufficiente quota di spazi aperti.

E stata inoltre pianificata nell'ambito della sistemazione finale la realizzazione di un'area umida sul residuo piazzale di base, ottenuta con l'impermeabilizzazione del bacino di raccolta delle acque provenienti dalla rete idrica naturale e da quella ricostruita sulle superfici residuate dalla cava. La naturale infiltrazione nel sottosuolo sarà contrastata con il riporto sul fondo del bacino di uno strato di materiale a granulometria fine (limo e argilla), mentre le sponde, dopo ricarica con uno strato di terra, verranno inerbite. L'area umida cosi preparata sarà abbandonata alla libera evoluzione con la progressiva affermazione delle specie più igrofile.

7.4.4 Preparazione del substrato

Criteri di intervento

Per quanto concerne la preparazione del substrato sul pendio ricostituito con il riporto di materiale tra il piazzale di base e il fronte gradonato sino alla

quota limite di riporto (155 m) valgono sostanzialmente le considerazioni effettuate per il recupero a breve termine.

Come già evidenziato in precedenza, il successo della rinaturalizzazione è affidato alla corretta esecuzione degli interventi di preparazione del substrato e delle operazioni di impianto, oltre che alla scelta di idoneo materiale propagativo.
Anche nella sistemazione finale del sito estrattivo l'obbiettivo alla base delle scelte effettuate è quello di ricreare in tempi ragionevolmente brevi con il recupero ambientale le condizioni di massima naturalità delle aree oggetto di intervento.

Per questo motivo, confermando l'impostazione assunta nel progetto di sistemazione a breve termine, si prevede una preparazione differenziata tra le aree a giacitura pianeggiante destinate ad ospitare le praterie magre e gli arbusteti e quelle destinate alla ricostituzione del bosco.
Nel secondo caso le aree sul pendio basale ricostituito con il riporto saranno trattate in analogia come quelle a minore pendenza (30°-35°) individuate nella zonizzazione del recupero a breve termine.
Per continuità di trattazione di seguito si riprende sinteticamente quanto già proposto per tali situazioni.

- Distribuzione differenziata del suolo di scotico in spessori variabili dai 5 ai 10 cm nelle situazioni per le quali è previsto il ripristino dei prati magri e degli arbusteti xerofili (aree pianeggianti)
- Maggiore apporto di terreno (15-20 cm) nelle aree dove è prevista la realizzazione del bosco, apporto comunque localizzato solo nell'area di effettivo impianto dei gruppi di piante. In tale situazione, dovendo necessariamente ricorrere ad apporti esterni, è preferibile l'impiego di terre di scavo provenienti da aree limitrofe alla cava e non di terreno vegetale esterno. Per motivi naturalistici il ricorso a quest'ultimo dovrebbe essere limitato, eventualmente con funzione ammendante, all'impiego all'interno della buchetta destinata ad ospitare la pianta, opportunamente miscelato con il terreno di riporto.

Impianto delle specie arbustive ed arboree

La rivegetazione con le specie arboree, finalizzata alla ricostituzione del bosco sul pendio basale, verrà eseguita con le stesse modalità previste per i pendii ricostituiti sui gradoni del fronte a minore acclività del recupero intermedio.

Verrà di conseguenza adottata la tecnica d'impianto a gruppi secondo il modello per microcollettivi precedentemente descritta.
Anche in questo caso le dimensioni e forma dei piccoli gruppi che caratterizzano questa tecnica di rimboschimento non saranno uniformi, ma dipenderanno dalle caratteristiche microstazionali.

La densità d'impianto all'interno di ciascun piccolo gruppo risulta ancora caratterizzata da sesti di 100 x 100-120 cm per l'impiego delle arboree nelle situazioni più favorevoli sino ad un minimo di 60x 60 cm per le specie arboree di piccola taglia e per quelle arbustive nelle situazioni più difficili.
La densità media d'impianto sarà di 3.500 piante ad ettaro mentre il grado di copertura risulterà differenziato tra il 30 ed il 70 % della superficie recuperata in base alle considerazioni fatte per la zonizzazione degli interventi (la ripartizione delle aree è riportata nel disegno D43)

Le specie che si prevede d'impiegare sono quelle individuate nel recupero intermedio ossia: Orniello *(Fraxinus ornus),* Carpino nero *(Ostrya carpinifolia),* Roverella *(Quercus pubescens), Pino d'Aleppo (Pinus halepensis),* Leccio *(Quercus ilex*) per quanto concerne le specie arboree; Lentisco *(Pistacia lentiscus),* Ilatro sottile*(Phillyrea angustifolia),* Terebinto *(Pistacia terebinthus),* Ginestra *(Spartium junceum)* Alaterno *(Rhamnus alaternus)* per quanto riguarda invece le arbustive.
Per quanto concerne la qualità del materiale propagativo, la composizione percentuale delle diverse specie e le tecniche d'impianto si rimanda a quanto già previsto nei paragrafi precedenti.

7.5 Cadenza stagionale e programma degli interventi

Per quanto concerne il recupero a breve termine, i vari interventi di recupero procederanno dall'alto verso il basso mano a mano che la coltivazione abbandonerà i gradoni esauriti e pertanto seguiranno a breve scadenza dalle fasi coltivazione.
Questa tecnica d'intervento ha i vantaggi di avviare in tempi rapidi il processo di rinaturalizzazione, evitando l'esposizione di ampie superfici scoperte ai fenomeni erosivi ad opera degli eventi metereologici (piogge e vento). La presenza di spianate di coltivazione abbastanza ampie consente inoltre agli addetti ed ai mezzi deputati al recupero di lavorare agevolmente e in condizioni di massima sicurezza, diminuendo conseguentemente i costi del recupero.
In linea di massima, all'esaurimento di ciascuna fetta di coltivazione, saranno eseguite nell'arco di 1-1,5 anni tutte le opere di sistemazione e recupero a verde del fronte abbandonato; successivamente dovranno essere previsti gli

interventi di manutenzione e di risarcimento delle fallanze, indispensabili per il successo degli interventi.
La realizzazione dei vivai sulle aree del fronte esaurito dovrà precedere lo scotico delle aree ancora vegetate all'interno dell'area estrattiva per recuperare sia lo strato superficiale di suolo che costituirà il substrato di radicazione che il materiale vegetale da trapiantare.

Per quanto riguarda il recupero finale del sito valgono le stesse considerazioni, ma il recupero verrà eseguito procedendo dal basso verso l'alto, in accordo con lo schema evolutivo previsto per la realizzazione del cumulo, rivegetando in sequenza le superfici progressivamente ricaricate e rimodellate secondo la morfologia definitiva.

In merito alle le stagioni di intervento le diverse operazioni dovranno seguire il seguente calendario:

- sistemazione superficiale: estate
- impianto delle specie legnose e sistemazioni intensive: tardo autunno inerbimenti: semina manuale in primavera precoce; idrosemina in primavera inoltrata o inizio autunno
- sostituzione delle fallanze: autunno (in subordine primavera precoce).

7.6 Costi previsti

I costi previsti per l'esecuzione degli interventi a breve termine ammonta a un **totale di 244.290 Euro**, ripartiti in base alle diverse operazioni come riportato nella sottostante tabella.

OPERAZIONE	Costi unitari	Quantità	Importo (Euro)
Riprofilatura del materiale sterile grossolano in abbandono sulle pedate dei gradoni e riporto di limi	0,3	170.000	51.000
Riporti di terra, stesura, livellamento, creazione canalette regimazione acqua	2,8	5.760	16.128
Fornitura e stesa di terra agraria proveniente dall'esterno	6	2.439	14.634
Concimazione e semina potenziata di specie erbacee	1,02	71.590	73.021
Impianto di specie arboree	3,35	3.412	11.429
Impianto di specie arbustive	3,35	5.378	18.015
Interventi di impianto di piote erbose	800	32	25.644
Sistemazioni intensive con georete e palizzate	7,56	540	4.082
Sistemazioni intensive con siepi cespuglio	34	350	11.900
Impianto di irrigazione di soccorso	7000	1	7.000
Manutenzione degli impianti			11.436
TOTALE			**244.290**

I costi previsti per l'esecuzione degli interventi a lungo termine ammonta a un **totale di 260.938 Euro**, ripartiti in base alle diverse operazioni come riportato nella sottostante tabella.

OPERAZIONE	Costi unitari	Quantità	Importo (Euro)
Riprofilatura del materiale sterile grossolano in abbandono sulle pedate dei gradoni e riporto di limi	0,3	500.000.m^2	11.458
Riporti di terra, stesura, livellamento, creazione canalette regimazione acqua	2,8	38.195m^2	106.946
Fornitura e stesa di terra agraria proveniente dall'esterno	6	8.385	50.310
Realizzazione area umida con riporto di materiale inerte, rivestimento con telo impermeabile, riporto limo impermeabile, riporto terra su argini, inerbimento	15.000	1	15.000
Concimazione e semina potenziata di specie erbacee	1,02	38.195m^2	38.958
Impianto di specie arboree	3,35	5975	20.016
Impianto di specie arbustive	3,35	5448	18.250
TOTALE			**260.938**

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Foto 1 Panoramica dei fronti di cava



Foto 2 Panoramica dei fronti superiori rimodellati



Foto 3 Panoramica del fronte Est



Foto 4 Particolare di gradone modellato in contropendenza per il controllo delle acque



Foto 5 Particolare di pedata di gradone recuperata a verde (fronte superiore)



Foto 6 Ramo superiore del Rio Fornaci - Particolare dell'alveo: l'invasione da parte della vegetazione e l'assenza di fenomeni erosivi conferma l'estrema scarsità dei deflussi

TABULATI DI CALCOLO DELLE VERIFICHE DI STABILITA'

GRADONE 270/65
CUNEO K1'/K2

Swedge Analysis Information

Analysis Results:

- Analysis type: Deterministic
- Wedge is scaled, scale factor: 0.4469
- Safety Factor: 0.6241
- Wedge height (on slope) [m]: 8.94
- Bench width (on upper face) [m]: 0.07
- Wedge volume [m^3]: 0.031
- Wedge weight [tonnes]: 0.081
- Wedge area (joint1) [m^2]: 1.46
- Wedge area (joint2) [m^2]: 0.32
- Wedge area (slope) [m^2]: 1.52
- Wedge area (upper face) [m^2]: 0.01

Effective Normal and Strength Properties:

	Joint 1	**Joint 2**
Effective Normal force [tonnes]	0.03	0.02
Effective Normal stress [t/m^2]	0.02	0.05
Shear Strength [t/m^2]	0.02	0.06
Strength due to Waviness [t/m^2]	0.00	0.00

- Driving force [tonnes]: 0.07
- Resisting force [tonnes]: 0.05

Seismic Force:

- Seismic force [tonnes]: 0.00

Failure Mode:

- Sliding on intersection line (joints 1&2)

Joint Sets 1&2 line of Intersection:

Plunge [deg]	**Trend [deg]**	**Length [m]**
63.34	250.74	10.00

Trace Lengths:

	Slope Face [m]	**Upper Face [m]**
Joint 1	9.93	0.30
Joint 2	9.97	0.07

Persistence:

- Joint 1 [m]: 10.00
- Joint 2 [m]: 10.00

Intersection Angles:

	Slope Face	Upper Face
Joint 1 & Joint 2	1.76	90.00
Joint 1 & Crest	96.86	13.00
Joint 2 & Crest	81.38	77.00

Dip and Dip Direction:

	Dip [deg]	Dip Direction [deg]
Joint Set 1	67.00	283.00
Joint Set 2	75.00	193.00
Slope	65.00	270.00
Upper Face	0.00	270.00

Joint Set 1 Data:

- Cohesion [t/m^2]: 0.00
- Friction Angle [deg]: 39.40

Joint Set 2 Data:

- Cohesion [t/m^2]: 0.00
- Friction Angle [deg]: 48.90

Slope Data:

- Slope height [m]: 20.00
- Rock unit weight [t/m^3]: 2.60
- Water pressures in the slope: NO
- Overhanging slope face: NO
- Externally applied force: NO
- Tension crack: NO

Seismic Data:

- Direction: line of intersection J1&J2 but horizontal
- Seismic coefficient: 0.013
- Trend [deg]: 250.74, Plunge [deg]: -0.00

Wedge Vertices:

- Coordinates in Easting,Northing,Up Format
- 1=Joint1, 2=Joint2, 3=Upper Face, 4=Slope

Point	x	y	z
124	0.000	0.000	0.000
134	4.167	1.187	8.937
234	4.167	1.496	8.937
123	4.235	1.480	8.937

Sezione 1-1

Slide Analysis Information

Analysis Methods

Analysis Methods used:
Bishop simplified
GLE/Morgenstern-Price with interslice force function: Half Sine
Lowe-Karafiath

Number of slices: 25
Tolerance: 0.005
Maximum number of iterations: 50

Surface Options

Surface Type: Non-Circular Path Search
Number of Surfaces: 5000
Pseudo-Random Surfaces: Enabled
Convex Surfaces Only: Disabled
Segment Length: Auto Defined
Minimum Elevation: Not Defined
Minimum Depth: Not Defined
Upper Angle: Auto Defined
Lower Angle: Auto Defined

Loading

Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.0127
Seismic Load Coefficient (Vertical): 0.0064

Material Properties

Material: dolomie_classe_1
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 27 kN/m3
Cohesion: 710 kPa
Friction Angle: 27.9 degrees
Water Surface: None

Material: dolomie_classe_2
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 27 kN/m3
Cohesion: 530 kPa
Friction Angle: 23.7 degrees
Water Surface: None

Global Minimums

Method: bishop simplified
FS: 2.081050

Axis Location: 29.298, 716.068
Left Slip Surface Endpoint: 22.166, 100.000
Right Slip Surface Endpoint: 517.873, 340.722
Resisting Moment=6.62916e+008 kN-m
Driving Moment=3.18548e+008 kN-m

Method: lowe-karafiath
FS: 2.287300
Axis Location: 83.839, 589.183
Left Slip Surface Endpoint: 111.291, 127.000
Right Slip Surface Endpoint: 470.056, 333.835
Resisting Horizontal Force=566508 kN
Driving Horizontal Force=247676 kN

Method: gle/morgenstern-price
FS: 2.168910
Axis Location: 31.117, 700.166
Left Slip Surface Endpoint: 33.444, 100.000
Right Slip Surface Endpoint: 512.646, 341.928
Resisting Moment=6.11471e+008 kN-m
Driving Moment=2.81925e+008 kN-m
Resisting Horizontal Force=831564 kN
Driving Horizontal Force=383401 kN

Valid / Invalid Surfaces

Method: bishop simplified
Number of Valid Surfaces: 4939
Number of Invalid Surfaces: 61
Error Codes:
Error Code -106 reported for 14 surfaces
Error Code -107 reported for 11 surfaces
Error Code -108 reported for 1 surface
Error Code -112 reported for 35 surfaces

Method: lowe-karafiath
Number of Valid Surfaces: 1220
Number of Invalid Surfaces: 3780
Error Codes:
Error Code -106 reported for 14 surfaces
Error Code -107 reported for 11 surfaces
Error Code -108 reported for 3134 surfaces
Error Code -111 reported for 621 surfaces

Method: gle/morgenstern-price
Number of Valid Surfaces: 4184
Number of Invalid Surfaces: 816
Error Codes:
Error Code -106 reported for 14 surfaces
Error Code -107 reported for 11 surfaces
Error Code -108 reported for 398 surfaces
Error Code -111 reported for 355 surfaces
Error Code -112 reported for 38 surfaces

Error Codes

The following errors were encountered during the computation:

-106 = Average slice width is less than
0.0001 * (maximum horizontal extent of soil region).
This limitation is imposed to avoid numerical errors
which may result from too many slices, or too
small a slip region.

-107 = Total driving moment or
total driving force is negative. This will occur
if the wrong failure direction is specified,
or if high external or anchor loads are applied
against the failure direction.

-108 = Total driving moment
or total driving force < 0.1. This is to
limit the calculation of extremely high safety
factors if the driving force is very small
(0.1 is an arbitrary number).

-111 = safety factor equation did not converge

-112 = The coefficient M-Alpha = cos(alpha)(1+tan(alpha)tan(phi)/F)
< 0.2 for the final iteration of the safety factor calculation. This screens out some slip surfaces which may not be valid in the context of the analysis, in particular, deep seated slip surfaces with many high negative base angle slices in the passive zone.

List of All Coordinates

Material Boundary

198.181	179.480
232.655	180.249
259.698	182.273
285.481	190.485
316.992	205.764
355.992	226.389
491.103	307.579
521.272	305.804

External Boundary

0.000	0.000
521.000	0.000
521.272	305.804
521.000	340.000
495.000	346.000
488.000	345.000
308.000	233.000
306.000	233.000
266.000	208.000
247.000	206.000
243.000	205.000
222.000	190.000

208.000	190.000
198.181	179.480
194.000	175.000
182.000	175.000
166.000	160.000
157.000	160.000
140.000	140.000
133.000	140.000
118.000	127.000
107.000	127.000
93.000	115.000
82.000	115.000
63.000	100.000
0.000	100.000

Verifica di stabilità dei fronti in roccia
Sezione 2-2

Slide Analysis Information

Analysis Methods

Analysis Methods used:
Bishop simplified
GLE/Morgenstern-Price with interslice force function: Half Sine
Lowe-Karafiath

Number of slices: 25
Tolerance: 0.005
Maximum number of iterations: 50

Surface Options

Surface Type: Non-Circular Path Search
Number of Surfaces: 5000
Pseudo-Random Surfaces: Enabled
Convex Surfaces Only: Disabled
Segment Length: Auto Defined
Minimum Elevation: Not Defined
Minimum Depth: 2
Upper Angle: Auto Defined
Lower Angle: Auto Defined

Loading

Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.0127
Seismic Load Coefficient (Vertical): 0.0064

Material Properties

Material: dolomia_classe_1
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 27 kN/m3
Cohesion: 710 kPa
Friction Angle: 27.9 degrees
Water Surface: None

Material: Dolomia_classe_2
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 27 kN/m3
Cohesion: 530 kPa
Friction Angle: 23.7 degrees
Water Surface: None

Global Minimums

Method: bishop simplified
FS: 1.854070
Axis Location: 111.618, 433.192
Left Slip Surface Endpoint: 148.215, 100.000
Right Slip Surface Endpoint: 400.130, 262.554
Resisting Moment=1.61142e+008 kN-m
Driving Moment=8.69126e+007 kN-m

Method: lowe-karafiath
FS: 1.959120
Axis Location: 104.282, 433.110
Left Slip Surface Endpoint: 140.748, 100.000
Right Slip Surface Endpoint: 392.650, 262.417
Resisting Horizontal Force=329363 kN
Driving Horizontal Force=168118 kN

Method: gle/morgenstern-price
FS: 1.933190
Axis Location: 109.601, 415.624
Left Slip Surface Endpoint: 154.730, 100.000
Right Slip Surface Endpoint: 389.178, 262.353
Resisting Moment=1.31283e+008 kN-m
Driving Moment=6.79098e+007 kN-m
Resisting Horizontal Force=325311 kN
Driving Horizontal Force=168277 kN

Valid / Invalid Surfaces

Method: bishop simplified
Number of Valid Surfaces: 4963
Number of Invalid Surfaces: 37
Error Codes:
Error Code -112 reported for 37 surfaces

Method: lowe-karafiath
Number of Valid Surfaces: 1227
Number of Invalid Surfaces: 3773
Error Codes:
Error Code -108 reported for 2917 surfaces
Error Code -111 reported for 856 surfaces

Method: gle/morgenstern-price
Number of Valid Surfaces: 3545
Number of Invalid Surfaces: 1455
Error Codes:
Error Code -108 reported for 830 surfaces
Error Code -111 reported for 588 surfaces
Error Code -112 reported for 37 surfaces

Error Codes

The following errors were encountered during the computation:

-108 = Total driving moment
or total driving force < 0.1. This is to

limit the calculation of extremely high safety factors if the driving force is very small (0.1 is an arbitrary number).

-111 = safety factor equation did not converge

-112 = The coefficient M-Alpha = cos(alpha)(1+tan(alpha)tan(phi)/F) < 0.2 for the final iteration of the safety factor calculation. This screens out some slip surfaces which may not be valid in the context of the analysis, in particular, deep seated slip surfaces with many high negative base angle slices in the passive zone.

List of All Coordinates

Material Boundary

266.191	211.210
289.955	215.700
312.428	218.035
338.111	223.288
371.675	227.958
385.683	230.584
396.483	231.752
416.037	236.422
428.000	242.843

External Boundary

0.000	50.000
428.000	50.000
428.000	242.843
428.000	247.263
428.000	270.000
413.500	262.800
370.000	262.000
342.800	260.000
318.500	254.000
312.800	250.000
293.500	242.000
292.600	242.000
289.600	240.000
281.800	220.000
270.000	220.000
266.191	211.210
263.500	205.000
255.500	205.000
248.700	190.000
240.500	190.000
234.200	175.000
225.000	175.000
218.200	160.000
213.000	160.000
201.600	140.000
195.500	140.000
187.500	127.000
178.500	127.000

171.000	114.000
163.000	114.000
156.600	100.000
53.000	100.000
49.600	103.000
35.500	103.000
23.000	106.000
21.000	112.500
7.000	128.000
6.000	128.000
0.000	126.000

Verifica di stabilità dei fronti in roccia
Sezione 3-3

Slide Analysis Information

Analysis Methods

Analysis Methods used:
Bishop simplified
GLE/Morgenstern-Price with interslice force function: Half Sine
Janbu simplified
Spencer

Number of slices: 25
Tolerance: 0.005
Maximum number of iterations: 50

Surface Options

Surface Type: Non-Circular Path Search
Number of Surfaces: 5000
Pseudo-Random Surfaces: Enabled
Convex Surfaces Only: Disabled
Segment Length: 150
Minimum Elevation: Not Defined
Minimum Depth: 2
Upper Angle: Auto Defined
Lower Angle: Auto Defined

Loading

Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.0127
Seismic Load Coefficient (Vertical): 0.0064

Material Properties

Material: dolimia_classe_1
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 27 kN/m3
Cohesion: 710 kPa
Friction Angle: 27.9 degrees
Water Surface: None

Material: dolomia_classe_2
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 27 kN/m3
Cohesion: 530 kPa
Friction Angle: 23.7 degrees

Water Surface: None

Global Minimums

Method: bishop simplified
FS: 1.886910
Axis Location: 4.625, 692.795
Left Slip Surface Endpoint: 9.132, 100.000
Right Slip Surface Endpoint: 481.565, 340.723
Resisting Moment=5.76442e+008 kN-m
Driving Moment=3.05495e+008 kN-m

Method: janbu simplified
FS: 1.787990
Axis Location: 16.438, 689.161
Left Slip Surface Endpoint: 18.814, 100.682
Right Slip Surface Endpoint: 488.646, 337.974
Resisting Horizontal Force=886463 kN
Driving Horizontal Force=495787 kN

Method: spencer
FS: 1.966720
Axis Location: 18.145, 689.646
Left Slip Surface Endpoint: 19.255, 101.172
Right Slip Surface Endpoint: 489.590, 337.450
Resisting Moment=4.69745e+008 kN-m
Driving Moment=2.38847e+008 kN-m
Resisting Horizontal Force=708963 kN
Driving Horizontal Force=360480 kN

Method: gle/morgenstern-price
FS: 1.976820
Axis Location: 18.145, 689.646
Left Slip Surface Endpoint: 19.255, 101.172
Right Slip Surface Endpoint: 489.590, 337.450
Resisting Moment=4.70922e+008 kN-m
Driving Moment=2.38222e+008 kN-m
Resisting Horizontal Force=709745 kN
Driving Horizontal Force=359034 kN

Valid / Invalid Surfaces

Method: bishop simplified
Number of Valid Surfaces: 4987
Number of Invalid Surfaces: 13
Error Codes:
Error Code -112 reported for 13 surfaces

Method: janbu simplified
Number of Valid Surfaces: 4986
Number of Invalid Surfaces: 14
Error Codes:
Error Code -111 reported for 4 surfaces
Error Code -112 reported for 10 surfaces

Method: spencer
Number of Valid Surfaces: 4543
Number of Invalid Surfaces: 457
Error Codes:
Error Code -108 reported for 52 surfaces
Error Code -111 reported for 387 surfaces
Error Code -112 reported for 18 surfaces

Method: gle/morgenstern-price
Number of Valid Surfaces: 4928
Number of Invalid Surfaces: 72
Error Codes:
Error Code -108 reported for 15 surfaces
Error Code -111 reported for 43 surfaces
Error Code -112 reported for 14 surfaces

Error Codes

The following errors were encountered during the computation:

-108 = Total driving moment
or total driving force < 0.1. This is to
limit the calculation of extremely high safety
factors if the driving force is very small
(0.1 is an arbitrary number).

-111 = safety factor equation did not converge

-112 = The coefficient M-Alpha = cos(alpha)(1+tan(alpha)tan(phi)/F)
< 0.2 for the final iteration of the safety factor calculation. This screens out some slip surfaces which may not be valid in the context of the analysis, in particular, deep seated slip surfaces with many high negative base angle slices in the passive zone.

List of All Coordinates

Material Boundary

212.900	234.000
256.766	244.133
310.252	265.361
347.573	279.309
392.057	297.405
441.442	306.452
471.977	308.337
490.827	306.453
511.000	300.044

External Boundary

-100.000	0.000
510.000	0.000
511.000	300.044
511.000	328.000
505.000	330.000
503.000	330.000

485.000	340.000
466.000	344.000
446.000	344.000
415.000	340.000
372.000	330.000
333.000	310.000
322.000	300.000
270.000	272.000
261.200	261.000
254.000	261.000
236.200	246.000
231.000	246.000
212.900	234.000
208.500	234.000
186.000	215.000
180.500	215.000
168.300	202.000
160.300	202.000
147.300	184.000
142.200	184.000
123.100	174.000
121.400	174.000
114.300	170.000
103.800	155.000
97.200	155.000
86.000	140.000
77.300	140.000
61.500	127.000
54.000	127.000
39.200	114.000
30.800	114.000
18.200	100.000
0.000	100.000
-100.000	100.000

Verifica di stabilità del rilevato in materiali sterili di cava

Slide Analysis Information

Analysis Methods

Analysis Methods used:
Bishop simplified
GLE/Morgenstern-Price with interslice force function: Half Sine
Janbu simplified
Spencer

Number of slices: 25
Tolerance: 0.005
Maximum number of iterations: 50

Surface Options

Surface Type: Circular
Search Method: Grid Search
Radius increment: 10
Composite Surfaces: Disabled
Reverse Curvature: Create Tension Crack
Minimum Elevation: Not Defined
Minimum Depth: 1.2

Loading

Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.0204
Seismic Load Coefficient (Vertical): 0.0102

Material Properties

Material: substrato dolomitico
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 27 kN/m3
Cohesion: 220 kPa
Friction Angle: 27 degrees
Water Surface: None

Material: sterili di cava
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 18 kN/m3
Cohesion: 0 kPa
Friction Angle: 33.9 degrees
Water Surface: Water Table
Custom Hu value: 1

Global Minimums

Method: bishop simplified

FS: 1.116270
Center: 100.596, 246.975
Radius: 111.962
Left Slip Surface Endpoint: 32.634, 158.000
Right Slip Surface Endpoint: 58.128, 143.380
Resisting Moment=25400.9 kN-m
Driving Moment=22755.2 kN-m

Method: janbu simplified
FS: 1.110380
Center: 96.394, 234.367
Radius: 99.088
Left Slip Surface Endpoint: 33.878, 157.489
Right Slip Surface Endpoint: 60.455, 142.026
Resisting Horizontal Force=222.555 kN
Driving Horizontal Force=200.431 kN

Method: spencer
FS: 1.112610
Center: 100.596, 246.975
Radius: 111.962
Left Slip Surface Endpoint: 32.634, 158.000
Right Slip Surface Endpoint: 58.128, 143.380
Resisting Moment=25317.6 kN-m
Driving Moment=22755.2 kN-m
Resisting Horizontal Force=196.011 kN
Driving Horizontal Force=176.173 kN

Method: gle/morgenstern-price
FS: 1.112740
Center: 100.596, 246.975
Radius: 111.962
Left Slip Surface Endpoint: 32.634, 158.000
Right Slip Surface Endpoint: 58.128, 143.380
Resisting Moment=25320.5 kN-m
Driving Moment=22755.2 kN-m
Resisting Horizontal Force=196.017 kN
Driving Horizontal Force=176.158 kN

Valid / Invalid Surfaces

Method: bishop simplified
Number of Valid Surfaces: 3192
Number of Invalid Surfaces: 1659
Error Codes:
Error Code -106 reported for 16 surfaces
Error Code -115 reported for 323 surfaces
Error Code -1000 reported for 1320 surfaces

Method: janbu simplified
Number of Valid Surfaces: 3166
Number of Invalid Surfaces: 1685
Error Codes:
Error Code -106 reported for 16 surfaces
Error Code -108 reported for 2 surfaces

Error Code -111 reported for 24 surfaces
Error Code -115 reported for 323 surfaces
Error Code -1000 reported for 1320 surfaces

Method: spencer
Number of Valid Surfaces: 2925
Number of Invalid Surfaces: 1926
Error Codes:
Error Code -106 reported for 16 surfaces
Error Code -108 reported for 6 surfaces
Error Code -111 reported for 261 surfaces
Error Code -115 reported for 323 surfaces
Error Code -1000 reported for 1320 surfaces

Method: gle/morgenstern-price
Number of Valid Surfaces: 2992
Number of Invalid Surfaces: 1859
Error Codes:
Error Code -106 reported for 16 surfaces
Error Code -108 reported for 4 surfaces
Error Code -111 reported for 196 surfaces
Error Code -115 reported for 323 surfaces
Error Code -1000 reported for 1320 surfaces

Error Codes

The following errors were encountered during the computation:

-106 = Average slice width is less than
0.0001 * (maximum horizontal extent of soil region).
This limitation is imposed to avoid numerical errors
which may result from too many slices, or too
small a slip region.

-108 = Total driving moment
or total driving force < 0.1. This is to
limit the calculation of extremely high safety
factors if the driving force is very small
(0.1 is an arbitrary number).

-111 = safety factor equation did not converge

-115 = Surface too shallow, below the minimum depth.

-1000 = No valid slip surfaces are generated
at a grid center. Unable to draw a surface.

List of All Coordinates

Search Grid

37.554	188.136
121.610	188.136
121.610	272.192
37.554	272.192

Material Boundary

27.800	158.000
43.600	140.000
68.200	140.000

External Boundary

0.000	130.000
82.700	130.000
82.700	136.000
77.000	140.000
68.200	140.000
65.300	142.000
60.500	142.000
33.000	158.000
27.800	158.000
25.500	158.000
14.000	171.000
9.000	171.000
0.000	180.000

Water Table

27.800	158.000
32.478	152.670
43.945	147.061
52.693	143.599
56.034	142.627
58.646	142.019
66.346	141.279
68.200	140.000

Verifica di stabilità della scarpata di riporto in materiale inerti - Sezione A-A'

Slide Analysis Information

Analysis Methods

Analysis Methods used:
Bishop simplified
GLE/Morgenstern-Price with interslice force function: Half Sine
Lowe-Karafiath
Spencer

Number of slices: 25
Tolerance: 0.005
Maximum number of iterations: 50

Surface Options

Surface Type: Circular
Search Method: Grid Search
Radius increment: 10
Composite Surfaces: Disabled
Reverse Curvature: Create Tension Crack
Minimum Elevation: Not Defined
Minimum Depth: Not Defined

Loading

Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.0204
Seismic Load Coefficient (Vertical): -0.0102

Material Properties

Material: Dolomie
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 27 kN/m3
Cohesion: 220 kPa
Friction Angle: 27 degrees
Water Surface: None

Material: Inerti
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 18 kN/m3
Cohesion: 0 kPa
Friction Angle: 32 degrees
Water Surface: Piezometric Line 1
Hu value: automatically calculated

Global Minimums

Method: bishop simplified

FS: 1.115070
Center: 52.357, 237.606
Radius: 137.093
Left Slip Surface Endpoint: 40.588, 101.019
Right Slip Surface Endpoint: 157.608, 149.760
Resisting Moment=1.38516e+006 kN-m
Driving Moment=1.24221e+006 kN-m

Method: spencer
FS: 1.125220
Center: 52.357, 237.606
Radius: 137.093
Left Slip Surface Endpoint: 40.588, 101.019
Right Slip Surface Endpoint: 157.608, 149.760
Resisting Moment=1.39776e+006 kN-m
Driving Moment=1.24221e+006 kN-m
Resisting Horizontal Force=9275.98 kN
Driving Horizontal Force=8243.7 kN

Method: lowe-karafiath
FS: 1.117340
Center: 52.357, 237.606
Radius: 137.093
Left Slip Surface Endpoint: 40.588, 101.019
Right Slip Surface Endpoint: 157.608, 149.760
Resisting Horizontal Force=9254.25 kN
Driving Horizontal Force=8282.36 kN

Method: gle/morgenstern-price
FS: 1.119210
Center: 52.357, 237.606
Radius: 137.093
Left Slip Surface Endpoint: 40.588, 101.019
Right Slip Surface Endpoint: 157.608, 149.760
Resisting Moment=1.3903e+006 kN-m
Driving Moment=1.24221e+006 kN-m
Resisting Horizontal Force=9257.13 kN
Driving Horizontal Force=8271.09 kN

Valid / Invalid Surfaces

Method: bishop simplified
Number of Valid Surfaces: 2867
Number of Invalid Surfaces: 1984
Error Codes:
Error Code -103 reported for 1 surface
Error Code -106 reported for 14 surfaces
Error Code -1000 reported for 1969 surfaces

Method: spencer
Number of Valid Surfaces: 2860
Number of Invalid Surfaces: 1991
Error Codes:
Error Code -103 reported for 1 surface
Error Code -106 reported for 14 surfaces

Error Code -108 reported for 7 surfaces
Error Code -1000 reported for 1969 surfaces

Method: lowe-karafiath
Number of Valid Surfaces: 2841
Number of Invalid Surfaces: 2010
Error Codes:
Error Code -103 reported for 1 surface
Error Code -106 reported for 14 surfaces
Error Code -108 reported for 11 surfaces
Error Code -111 reported for 15 surfaces
Error Code -1000 reported for 1969 surfaces

Method: gle/morgenstern-price
Number of Valid Surfaces: 2860
Number of Invalid Surfaces: 1991
Error Codes:
Error Code -103 reported for 1 surface
Error Code -106 reported for 14 surfaces
Error Code -108 reported for 7 surfaces
Error Code -1000 reported for 1969 surfaces

Error Codes

The following errors were encountered during the computation:

-103 = Two surface / slope intersections,
but one or more surface / nonslope external polygon
intersections lie between them. This usually occurs
when the slip surface extends past the bottom of the
soil region, but may also occur on a benched
slope model with two sets of Slope Limits.

-106 = Average slice width is less than
0.0001 * (maximum horizontal extent of soil region).
This limitation is imposed to avoid numerical errors
which may result from too many slices, or too
small a slip region.

-108 = Total driving moment
or total driving force < 0.1. This is to
limit the calculation of extremely high safety
factors if the driving force is very small
(0.1 is an arbitrary number).

-111 = safety factor equation did not converge

-1000 = No valid slip surfaces are generated
at a grid center. Unable to draw a surface.

List of All Coordinates

Search Grid
-35.209 197.803

124.002	197.803
124.002	357.014
-35.209	357.014

Material Boundary

38.300	100.000
106.300	100.000
117.900	114.000
130.400	114.000
145.600	127.000
154.000	127.000
169.000	140.000
177.800	140.000
192.000	155.000

External Boundary

0.000	80.000
202.000	80.000
202.000	170.000
196.900	160.000
192.100	155.000
192.000	155.000
186.200	155.000
169.100	155.000
136.200	140.000
131.900	140.000
85.800	120.000
83.200	120.000
38.300	100.000
27.700	100.000
25.700	98.000
9.900	98.000
0.000	110.000

Piezo Line

38.300	100.000
64.856	108.100
84.052	114.380
105.144	121.608
127.776	129.191
148.631	137.012
162.968	142.581
174.343	147.202
182.282	150.164
192.000	155.000