REGIONE PIEMONTE | COMUNE DI VILLADOSSOLA | PROVINCIA DEL VCO

RINNOVO CON VARIANTE IN RIDUZIONE PIANO DI COLTIVAZIONE DELLA CAVA "FONTANA VERDE" IN LOCALITÀ PIANASCA

L.R. n° 40/1998 e s.m.i. - artt. 4 e 10

Fase di Verifica della procedura di V.I.A.

RELAZIONE TECNICA E GEOLOGICO-TECNICA

Committente:

Ditta
GEMMA S.r.l.
Via Fabbri, 42
28844 Villadossola (VB)

Data:

Dicembre 2016

STUDIO GEOLOGICO MARANGON
Via Bonomelli N°16
28845 Domodossola (VB)
tel. +39 0324 249100 fax. +39 0324 249100
e-mail: marageo@libero.it

Il tecnico
Dott. Geol. Paolo Marangon

RELAZIONE TECNICA

- PREMESSA 3
- INQUADRAMENTO TERRITORIALE DEL SITO 3
- VINCOLI ESISTENTI ED ESTREMI AUTORIZZATIVI 4
- STATO ATTUALE 4
- PROGETTO DI COLTIVAZIONE 4
- SISTEMA DI ABBATTIMENTO 5
- METODO DI COLTIVAZIONE 6
- CUBATURA DEL GIACIMENTO 7
- DISCARICA 7
- VALUTAZIONE TECNICO-ECONOMICA 7
- OPERE DI PREVENZIONE E COMPATIBILITA' AMBIENTALE 8
- DICHIARAZIONE DI CONFORMITA' 9
- GENERALITA' 9
- INQUADRAMENTO GEOLOGICO 9
- INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO 10
- IDROGRAFIA 15
- CARATTERISTICHE LITOLOGICHE 16
- CARATTERISTICHE CHIMICO-FISICHE E TECNICHE DEL GIACIMENTO 17
- ANALISI GEOSTRUTTURALE DEL GIACIMENTO 18
  - DESCRIZIONE DEL METODO ADOTTATO 18
  - ANALISI STRUTTURALE 18
  - VERIFICHE DI STABILITÀ IN ROCCIA 20
    - *Descrizione del metodo adottato* 20
    - *Risultati conseguiti* 20

Studio Geologico Paolo Marangon
Via Bonomelli, 16 – 28845 Domodossola (VB)
Tel. +39 0324 249100 – Fax. +39 0324 249100 – ✉ marageo@libero.it

- CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA DELL'AMMASSO ROCCIOSO 22

VERIFICHE DI STABILITA' GLOBALI E LOCALI 25

- OPERE DI REGIMAZIONE E SMALTIMENTO DELLE ACQUE METEORICHE 31

- VASCHE DI DECANTAZIONE ESISTENTI 31

- CRITERI TECNICO-ESECUTIVI 31

- CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE 31

Studio Geologico Paolo Marangon
Via Bonomelli, 16 – 28845 Domodossola (VB)
Tel. +39 0324 249100 – Fax. +39 0324 249100 – ✉ marageo@libero.it

RELAZIONE TECNICA

- PREMESSA

Il presente studio ed i relativi elaborati grafici costituiscono il progetto preliminare a corredo dell'istanza formulata ai sensi nell'art.10 della L.R. 40/98, al fine di sottoporre alla fase di verifica ai sensi dell'art.4 della L.R. sopra citata, il progetto per il rinnovo del piano di coltivazione con variante in riduzione dello stesso relativo ad una cava di gneiss (beola) denominata "Fontana Verde", sita in Località Pianasca, nel territorio del Comune di Villadossola (VB), e condotta dalla Ditta Gemma s.r.l. con sede in Via Fabbri, 42 – Villadossola (VB).

Tale richiesta si rende necessaria in quanto ad oggi la coltivazione del giacimento ha fortemente disatteso le previsioni circa gli aspetti qualitativi del giacimento, difatti la coltivazione non ha consentito di estrarre del materiale commerciale di pregio ma solo dei sottoprodotti privi di valore commerciale impiegabili solo per rilevati o scogliere.

Gli intenti delle Soc. esercente sono quelli di focalizzare la coltivazione nel banco principale che ad oggi costituisce il cuore del giacimento, nella speranza di addivenire ad una miglioria delle caratteristiche qualitative, in caso contrario si abbandonerà definitivamente il giacimento e si procederà con il recupero ambientale del sito secondo le modalità dettate dalla relazione di recupero allegato al presente progetto.

Per ciò che concerne gli aspetti normativi riferiti alla L.R. 40/98, Il progetto proposto rientra nell'Allegato B_2 di cui al Pto. n.59 della L.R. n° 40 del 14 dicembre 1998 "*Disposizioni concernenti la compatibilità ambientale e le procedure di valuta*zione " riguardante i casi di progetti di competenza della Provincia sottoposti alla fase di verifica.

In particolare trattasi di progetto riguardante la ripresa di cava storica di pietra ornamentale non appartenente a Poli Estrattivi individuati ai sensi del D.P.A.E.

Qui di seguito verrà illustrato il progetto di coltivazione previsto, nonché esaminate le modalità di estrazione, la situazione attuale del sito e l'evoluzione temporale della cava nelle varie fasi evolutive, per un arco temporale di anni cinque.

- INQUADRAMENTO TERRITORIALE DEL SITO

L'area in oggetto è ubicata lungo il versante orografico destro del torrente Ovesca, nel territorio del Comune di Villadossola (VB) in località Pianasca.

Attualmente, il territorio si presenta boscato, ed in corrispondenza del sito di specifico di estrazione si osservano due aree di antica coltivazione aventi tipica forma a ferro di cavallo ed attualmente colmate con materiale di scarto di lavorazione e detritico di scopertura.

Topograficamente la cava è localizzata sulla tavoletta I.G.M. in scala 1:25.000 "Villadossola" II S.O. del Foglio 15 della Carta d'Italia, nonché sulla Carta Tecnica Regionale CTR in scala 1:10.000 - sezione n° 051120 "Villadossola".

I terreni interessati dall'attività estrattiva sono censiti al NCT del Comune di Villadossola (VB), al Foglio 56, mappale 56

Il progetto autorizzato prevedeva una superficie complessiva in disponibilità di 40.000 mq, all'interno della quale si prevedeva di sviluppare la coltivazione su una superficie di 19.950 mq; con la presente variante si chiede di ridurre l'area di cava ad una superficie di 5270 mq nonché l'area di estrazione ad una superficie pari a 1.255 mq, come meglio specificato nell'allegata "tavola di raffronto superfici".

Studio Geologico Paolo Marangon
Via Bonomelli, 16 – 28845 Domodossola (VB)
Tel. +39 0324 249100 – Fax. +39 0324 249100 – ✉ marageo@libero.it

- VINCOLI ESISTENTI ED ESTREMI AUTORIZZATIVI

Sotto l'aspetto vincolistico l'area interessata dalla coltivazione ricade in una zona sottoposta a vincolo idrogeologico L.R. n° 45 del 9 agosto 1989 s.m.i. (ex R.D.L. 3267/23).

Poiché l'area in oggetto risulta parzialmente boscata, è altresì sottoposta a vincolo paesaggistico-ambientale ai sensi del D.Lgs. 42/2004.

Dal punto di vista autorizzativo, la cava risulta autorizzata dal Comune di Villadossola fino al 12/04/2017 con Autorizzazione di protocollo n°4490 dell'18/04/2012 rilasciata dal Responsabile del Servizio del Comune di Villadossola a seguito del giudizio di compatibilità ambientale ex. art.12 e 13 della L.R.40/89 e s.m.i. rilasciato dalla Provincia del VCO con Determinazione n. 2813 del 26.11.2010.

Dall'analisi della carta delle aree in dissesto del Piano di Assetto idrogeologico (*Atlante dei rischi idraulici ed idrogeologici - Delimitazione delle aree in dissesto*) si rileva come l'area di cava ed un suo intorno non interferiscono con aree in dissesto censite.

Per ciò che concerne la normativa a livello di P.R.G.C., l'attività di cava è normata dall'art. 2.3.4 "*coltivazione di cave*".

- STATO ATTUALE

La situazione plano-altimetrica dell'area, è stata aggiornata mediante un rilievo celerimetrico corredato dall'esecuzione di sezioni topografiche.

Nella planimetria a curve di livello e nelle relative sezioni, è stata evidenziata la morfologia dell'area di cava e del territorio circostante, nonché di un intorno significativo dello stesso, mettendo in evidenza la viabilità di accesso esistente le strutture presenti ed i fronti di cava attuali.

L'accesso all'area di cava avviene dalla porzione nord del giacimento mediante una rampa sterrata che si sviluppa in direzione est.

La cava presenta due distinti piazzali di coltivazione, il più basso si trova alla quota di 495 metri s.l.m. e risulta limitato da un fronte roccioso lineare poco potente verso sud-est e dalla parete subverticale verso sud-ovest.

Il secondo piazzale è posto alla quota di 502 metri s.l.m. e risulta limitato verso sud dal fronte superiore modellato secondo una serie di riseghe successive mentre a sud-ovest confina con il fronte subverticale.

La quota di fondo scavo (490,80) è posta in adiacenza al secondo piazzale e costituisce il punto di arrivo della pista di accesso.

- PROGETTO DI COLTIVAZIONE

Le elaborazioni cartografiche prodotte, corredate con le relative sezioni di scavo, consentono di visualizzare il piano dei lavori previsto fino all'esaurimento del programma di coltivazione proposto, in particolare quanto proposto rappresenta una significativa riduzione rispetto al progetto autorizzato, difatti il nuovo piano interesserà esclusivamente il cuore del giacimento ovvero il ribasso dei due citati piazzali.

Nella porzione frontale della bancata di cava, alla quota di 490,80 metri s.l.m. l'attuale piazzale risulta impostato su una porzione detritica fortemente alterata e fratturata, che dovrà essere asportata mano a mano che i ribassi del fronte di scavo arriveranno ad una quota prossima a questa.

Il progetto di coltivazione prevede esclusivamente il ribasso dell'attuale fronte di scavo posto alla quota di 502 metri s.l.m. (piazzale superiore) secondo bancate di circa

Studio Geologico Paolo Marangon
Via Bonomelli, 16 – 28845 Domodossola (VB)
Tel. +39 0324 249100 – Fax. +39 0324 249100 – ✉ marageo@libero.it

5/6 metri cadauna, fino al raggiungimento della quota di fondo scavo prevista al livello di 480 metri s.l.m.

Si prevede di esaurire le volumetrie di scavo in lasso temporale di 5 anni, in particolare tale tempistica è legata soprattutto agli aspetti qualitativi del giacimenti, difatti se in questi anni non vi sarà una miglioria del giacimento la cava verrà recuperata definitivamente.

Durante tale piano, è intenzione della Ditta istante estrarre circa 18.292 mc di materiale presumibilmente utile, per una volumetria annuale di circa 3.660 mc annui, mentre nella porzione antistante il fronte attuale di cava occorre asportare circa 14.150 mc di materiale fortemente alterato e fratturato, il cui abbattimento avverrà minando per porzioni successive e/o asportando lo stesso direttamente mediante l'escavatore meccanico, ovvero senza l'adozione di un metodi di taglio finalizzati alla creazioni di blocchi.

Di quest'ultima volumetria si prevede di mantenere in cava una quantità di circa 3000-5000 mc al fine di riutilizzare la stessa nelle operazioni di recupero finale della cava.

Al fine di contenere il più possibile le dimensione delle volate, e quindi ridurre drasticamente l'impiego di sostanze esplosive, la larghezza della singola volata (intesa come dimensioni lineare secondo l'asse est-ovest) verrà contenuta in 5-6 metri.

- SISTEMA DI ABBATTIMENTO

Il sistema di abbattimento previsto, è del tipo misto, difatti contempla sia il taglio continuo con tagliatrici a filo diamantato, che il taglio con fori ravvicinati caricati con polvere nera:

- per il taglio di testa o detto anche di trincante, viene impiegata la tagliatrice a filo diamantato;
- il taglio al contro di norma coinciderà con superfici di discontinuità normali alla scistosità, pertanto potrà essere eseguito mediante l'ausilio di cunei americani. Qualora le discontinuità interessate siano caratterizzate da una bassa persistenza, il taglio potrà essere eseguito mediante fori ravvicinati complanari e paralleli, il cui diametro è in genere pari a 40 mm, e l'interasse è di circa 25 centimetri.

Tali fori verranno poi caricati con polvere nera e borrati con terra, nonché innescati con detonatori.

Qualora l'ammasso roccioso si presentasse particolarmente integro, il taglio verrà eseguito tramite tagliatrice a filo diamantato, al fine di conservare la qualità del blocco estratto.

- il taglio lungo pioda, grazie alle caratteristiche peculiari della beola e quindi all'elevato sfaldabilità, potrà essere eseguito per mezzo di fori (diametro 32 millimetri) distanziati di 20-40 centimetri e cunei americani, operazione facilitata dalla scistosità dell'ammasso roccioso.

Il sistema di abbattimento previsto è possibile grazie alle limitate dimensioni delle bancate (120-180 mc), nonché alle caratteristiche litologiche dell'ammasso roccioso.

Tale sistema viene adottato per due principali motivi:

- il primo fattore consiste nell'ottimale utilizzazione della beola, in funzione della caratteristica scistosità, lo sfruttamento ottimale del giacimento potrà ottenersi limitando l'uso di sostanze esplosive, al contrario di ciò che avviene normalmente nella coltivazione del serizzo. Usando limitatissime quantità di polvere nera, la deflagrazione risulta estremamente contenuta e permette di controllare perfettamente gli effetti

Studio Geologico Paolo Marangon
Via Bonomelli, 16 – 28845 Domodossola (VB)
Tel. +39 0324 249100 – Fax. +39 0324 249100 – ✉ marageo@libero.it

dell'esplosione. Anche il rumore prodotto è caratterizzato da valori estremamente ridotti.
- Il secondo fattore è la necessità di mantenere integra la bancata coltivata, difatti la debolezza dell'ammasso roccioso è tale da danneggiare seriamente la struttura della beola nel caso di grosse volate, e quindi con l'impiego di notevoli quantità di esplosivo.

L'impiego di esplosivo diverrà indispensabile durante la creazione del canale di taglio, difatti occorrerà realizzare un prisma per intestare la fetta in avanzamento.

Si procederà mediante il taglio a filo lungo i lati di trincante (est ed ovest), mentre al contro ed al sottomano verranno eseguite perforazione con fori del diametro di 32 millimetri distanziati di 20 centimetri. Questi verranno caricati con miccia e polvere nera, in modo da staccare il prisma spostare lo stesso verso in avanti. Qualora tale prisma non dovesse presentare caratteristiche qualitative di pregio, potrà essere ridotto sul posto eseguendo una serie di fori all'interno del clasto e caricando gli stessi con miccia detonante e gelatina.

In funzione della metodo di abbattimento adottato, per il corretto esercizio dell'attività di coltivazione mineraria, si conferma un consumo massimo giornaliero di esplosivo pari a:

5 Kg polvere nera
2.5 Kg gelatina
10 detonatori
1000 metri di miccia detonante

- METODO DI COLTIVAZIONE

Il metodo di coltivazione viene dettato dalle esigenze morfologiche e strutturali del giacimento.

La coltivazione del giacimento avverrà, come detto, attraverso fasi successive, che contemplano per ognuna di queste l'abbassamento di circa cinqie/sei metri.

L'abbattimento del materiale avverrà attaccando il banco da est verso ovest, sfruttando il lato libero verso nord.

L'avanzamento avverrà per fette disposte lungo l'asse est-ovest, aventi larghezza compresa tra 4 e 5, e lunghezza del singolo taglio di circa 5-6 metri .

Il taglio secondo la lunghezza viene determinato dalla presenza di discontinuità ortogonali alla direzione di avanzamento, riferibili alle superfici di scistosità dell'ammasso roccioso.

L'avanzamento per fette successive consentirà di ottenere sempre bancate di modeste dimensioni e fronti di scavo contenuti, preservando la qualità del materiale estratto.

Si otterranno in tal modo una serie di bancate di forma regolare e di dimensioni medie comprese tra 120 e 180 mc.

Le fette orizzontali ottenute, verranno ridotte sul posto, in modo da ottenere dimensioni tali (da 3 a 5 mc) da poter essere sia trasportate tramite mezzi meccanici che immesse direttamente sul mercato.

Tale operazione, che prende il nome di riquadratura, verrà effettuata con l'ausilio di fori complanari ravvicinati e paralleli disposti lungo il piano di pioda, e tramite cunei americani (raramente e solo in casi particolare verrà fatto uso di esplosivo).

E' infine importante sottolineare come adottando il metodo descritto la coltivazione avverrà sfruttando superfici piane coltivate dall'alto verso il basso, e soprattutto non verranno prodotti, neppure momentaneamente, fronti in aggetto.

Studio Geologico Paolo Marangon
Via Bonomelli, 16 – 28845 Domodossola (VB)
Tel. +39 0324 249100 – Fax. +39 0324 249100 – ✉ marageo@libero.it

- CUBATURA DEL GIACIMENTO

Le quantità riportate, sono il risultato di una valutazione del materiale movimentato derivante dal rapporto tra l'attuale morfologia e la situazione evolutiva del giacimento in riferimento alle fasi di coltivazione e configurazione finale prevista.

Il materiale movimentato durante il piano di coltivazione proposto può essere riassunto in:

Bancate di scavo
- Materiale abbattuto 18.292 mc

Materiale fratturato e/o alterato:
- Materiale abbattuto 14.149 mc

L'intera quantità di materiale coltivato verrà completamente sfruttata, la parte commerciale sottoforma di blocchi da taglio mentre la parte informe, a pezzatura varia fino a minuta, come sottoprodotto.

- DISCARICA

Nell'ottica di completo utilizzo del materiale estratto, non si prevede la realizzazione delle discarica di cava in quanto tutto il materiale verrà allontanato e sfruttato ai fini produttivi anche sopportando costi superiori rispetto ai ricavi, il tutto al fine di non produrre impatti negativi sull'ambiente.

- VALUTAZIONE TECNICO-ECONOMICA

La valutazione tecnico-economica, viene eseguita comparndo i macchinari impiegati per l'esercizio della cava, ed il personale addetto alla stessa, con la produzione prevista nell'esercizio dell'attività estrattiva.

- **Macchinari impiegati e personale addetto**

I lavori di coltivazione, sgombero e trasporto verranno attuati con le descritte tecniche di abbattimento e con il seguente impegno di macchine:

1) N° 1 escavatore
2) N° 1 macchine a filo diamantato
4) N° 1 generatore
5) N° 1 compressore
6) N° 1 autocarro per il trasporto
7) N° 1 martello fondo foro
8) N° 2 martelli perforatori
9) N° 2 tagliablocchi
10) Attrezzature varie di completamento e materiali di consumo

Il personale impiegato nell'attività estrattiva sarà presumibilmente costituito da:

N° 1 capo cava
N° 1 operai
N° 1 autista a chiamata

Studio Geologico Paolo Marangon
Via Bonomelli, 16 – 28845 Domodossola (VB)
Tel. +39 0324 249100 – Fax. +39 0324 249100 – ✉ marageo@libero.it

- Produzione prevista

Nel premettere che fino ad oggi non sono emerse bancate in cui è stato possibile estrarre materiale di pregio, e quindi si è ancora in una fase di ricerca dell'effettiva presenza di bancate qualitativamente di pregio, la Soc. esercente ripone le proprie speranze nei futuri ribassi del piazzale di cava, dove si ipotizza una miglioria delle caratteristiche qualitative nel materiale gneissico. L'obbiettivo è quello ottenere la seguente produzione :

Blocchi da telaio:	10%
Materiale da fresa e spaccatello:	20%
Cubetti per pavimentazione, mosaico e pietra per muratura:	20%
Materiale per frantoio e/o scogliera e/o riempimenti:	50%

- OPERE DI PREVENZIONE E COMPATIBILITA' AMBIENTALE

Al fine di effettuare l'attività di coltivazione mineraria in un ottica preventiva per il contesto ambientale, si prevede di operare secondo i seguenti punti:

- lo stoccaggio provvisorio degli olii contemplerà quantitativi sempre inferiori a 10 mc (come stabilito dal Decreto Ronchi), e la tenuta degli stessi avverrà in un'idonea vasca sopraelevata dal terreno ed adeguatamente impermeabilizzata, in modo da inibire qualsiasi eventuale percolazione del rifiuto; gli olii verranno stoccati in idonei contenitori a perfetta tenuta (fusti metallici o serbatoi) ed il bacino di contenimento dovrà avere una capacità minima pari a ½ della quantità massima stoccabile. Sarà inoltre cura della ditta compilare l'apposito M.U.D. (modello unico di denuncia) inviando lo stesso alla C.C.I.A.A. di competenza, sul quale saranno indicate le quantità di rifiuto prodotte in un anno e quelle smaltite;
- l'operazione di bagnatura delle aree di lavoro nei periodi secchi, verranno eseguite nel piazzale di cava e nella pista di accesso (nonché in eventuali rampe provvisorie) in modo da inibire la produzione e la diffusione del particolato sospeso;
- le operazioni di perforazione avverranno sempre con l'ausilio di aspiratori meccanici posti sui perforatori, o in alternativa mediante perforazione ad acqua in foro, in modo da inibire la formazione di polveri nei luoghi di lavoro;
- la chiarificazione delle acque verrà garantita da una vasca adeguatamente dimensionata a permettere la decantazione del particolato in sospensione, le acque così chiarificate verranno smaltite nella linea di impluvio esistente;
- si provvederà alla tenuta in cantiere di "panne contenitive" o seppiolite in modo da poter intervenire in modo tempestivo in caso di accidentali sversamenti di sostanze chimiche nel suolo;
- tutte le operazioni di coltivazione verranno effettuate con mezzi ed attrezzature a norma CE, in modo da utilizzare mezzi operativi silenziati e dotati delle migliori tecniche di riduzione del rumore in commercio.

Per ciò che concerne le operazioni di ripristino ambientale e di inserimento nel contesto territoriale, si fa riferimento alle tecniche operative ed agli accorgimenti riportati nella relazione di recupero ambientale allegata al presente progetto.

Studio Geologico Paolo Marangon
Via Bonomelli, 16 – 28845 Domodossola (VB)
Tel. +39 0324 249100 – Fax. +39 0324 249100 – ✉ marageo@libero.it

RELAZIONE GEOLOGICO-TECNICA

- DICHIARAZIONE DI CONFORMITA'

Si dichiara che la presente relazione geologico-tecnica è stata eseguita secondo quanto previsto dal D.M. 11/03/1988 e dal D.M. 14/01/2008.

- GENERALITA'

La presente relazione geologico-tecnica è mirata a stabilire la compatibilità dell'intervento di rinnovo con variante in riduzione al piano di coltivazione della cava di beola denominata "Fontana Verde" sita in località Pianasca, nel Comune di Villdadossola (VB), nei confronti dell'equilibrio idrogeologico del territorio, ed in particolare il rilievo geostrutturale e le relative analisi di stabilità hanno permesso di dettare i criteri tecnico-esecutivi fondamentali per la stesura della relazione tecnica generale, al fine di realizzare il progetto di variante alla coltivazione secondo le modalità tecniche ed economiche ottimali per i terreni in oggetto.

- INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Ai fini di tale inquadramento è stato preso, quale riferimento, il foglio n° 15 "Domodossola" della carta geologica d'Italia in scala 1:100.000.

Per meglio comprendere l'ubicazione del territorio in oggetto dal punto di vista geologico, è opportuno fare riferimento ad una visione generale delle Alpi.

L'attuale struttura delle Alpi è come noto il risultato dell'orogenesi sviluppatasi attraverso tappe che partono dal Cretaceo ed arrivano fino al Pliocene.

Le alpi sono, tra le catene montuose di più recente corrugamento, quelle tettonicamente più complicate. Le principali unità strutturali sono:

- *all'estremità nord: l'avampaese della Catena Alpina;*
- *ai margini settentrionali e meridionali delle Alpi si trovano i sedimenti terrigeni attuali e recenti (Molasse);*
- *confinanti con questi, si trova a nord la catena del Giura, seguita poco più a sud, dalle Unità Elvetico-Definesi;*
- *confinanti con le Unità Elvetiche, poco più a sud, si trovano le Unità Pennidiche; queste, in associazione con le precedenti, formano le Alpi Orientali, all'interno delle quali sono collocate le "finestre" entro cui vengono a giorno le Unità Pennidiche (Finestra dell'Engadina, Finestra Insubrica);*
- *più a Sud, delimitate dalla "Linea Insubrica", si hanno le Alpi Meridionali.*

La valle in oggetto risulta essere modellata entro le formazioni metamorfiche delle Pennidi; queste costituiscono un complesso di terreni molto antichi e molto tormentati, piegati durante l'orogenesi Alpina (terziario) e localizzate alla base dell'intero sistema di falde che caratterizzano l'area alpina.

Siamo proprio nel territorio in cui studi hanno fatto trionfare le teorie faldistiche; infatti, per mezzo del traforo del Sempione si è appurato che questo tratto di Alpi è costituito da un complesso di grandi pieghe coricate verso Nord-Ovest ed accavallate le une sulle altre sul basamento cristallino indeformato. Si distinguono almeno sei falde "pennidiche":

Antigorio
Lebendum
Monte Leone e calcescisti dei Devero;
Gran San Bernardo;

Studio Geologico Paolo Marangon
Via Bonomelli, 16 – 28845 Domodossola (VB)
Tel. +39 0324 249100 – Fax. +39 0324 249100 – ✉ marageo@libero.it

Monte Rosa;
Sesia Lanzo e Dent Blanche.

Considerando una teorica disposizione verticale delle Falde Pennidiche, si nota, alla base, la "zona infrapennidica" composta dalla Cupola di Verampio, sopra di cui vi sono i Ricoprimenti Pennidici Inferiori formati dalle Falde Pennidiche Antigorio, Lebendum e Monte Leone; ancora più sopra, vi sono i ricoprimenti "pennidici medi", composti dalle falde del Gran San Bernardo oppure dall'Unità del Camughera; appena sopra si trovano le "Ofioliti di Antrona", seguite dai "ricoprimenti pennidici superiori", rappresentati dalla "Falda del Monte Rosa".

Si conclude il teorico schema verticale con le "Unità del Dent Blanche" e "del Sesia Lanzo", considerate già facenti parte del sistema Austro-Alpino.

In particolare l'area indagata risente della collisione tra la Val d'Ossola e la Val d'Aosta, che si manifesta con una con una serie di deformazioni tra le quali fanno spicco l'antiforme di Vanzone, la sinforme di Antrona-Bognanco e l'antiforme -piega retroflessa del Weissmies-Mischabel.

Tale strutture tettoniche ripiegano una preesistente pila di falde e la loro età è posteriore all'accavallamento della crosta continentale paleoafricana su quella europea ed alla sutura dell'interposto bacino ofiolitico piemontese.

Nel territorio esaminato si assiste ad una successione di falde che hanno come elemento centrale una sequenza di metafioliti costituenti l'unità di Antrona o sinclinale di Antrona, interposta tra la sovrastante falda pennidica superiore del Monte Rosa e le sottostanti unità di Camughera o Moncucco, in particolare queste ultime costituiscono gran parte del territorio indagato e sono composte prevalentemente da parascisti, locali anfiboliti e serpentine e da importanti intercalazioni concordanti di ortogneiss. La successione ha subito una profonda sovraimpressione alpina in facies anfibolitico di medio grado che va via via crescendo verso Est, in perfetto accordo con la datazione dell'evento Lepontino.

I terreni in oggetto, di origine pretriassica, fanno parte della serie dei massicci gneissici attribuiti alla zona del Monte Rosa, appartenente alla falda del Mischabel.

Si tratta di ortogneiss tabulari a grana fine, posizionati strutturalmente nella zona di radice e quindi caratterizzati da tessitura da finemente a parzialmente listata, con scistosità pervasiva e con piani ravvicinati a giacitura medio-elavata (40°-60° ca.).

La roccia presenta un fondo chiaro, biancastro ed argenteo per la presenza rispettivamente di quarzo e feldspati e mica bianca, con un disegno a fini punteggiature e macchie allungate dato dalla biotite.

La coltre detritica di copertura che prevale in un ampio intorno della fascia territoriale in analisi, è costituita da depositi morenici di medio-moderata potenza, in parte rielaborati e frammisti a detrito di versante ed eluvio-colluviale.

Tale coltre rappresenta il residuo di una più ampia placca morenica, erosa e rimodellata nel corso del tempo dagli agenti esogeni.

- INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

La morfologia del territorio risulta condizionata dai fenomeni evolutivi di carattere dapprima glaciale e poi fluvio-torrentizio, i quali hanno modificato e modellato il territorio incidendo l'intero fondovalle; difatti, a seguito delle erosioni glaciali, il ritiro dei ghiacci ha permesso lo sviluppo della circolazione idrica superficiale, la quale con il passare del tempo ha inciso sia i detriti lasciati in posto dai ghiacciai, che in substrato roccioso sottostante.

Studio Geologico Paolo Marangon
Via Bonomelli, 16 – 28845 Domodossola (VB)
Tel. +39 0324 249100 – Fax. +39 0324 249100 – ✉ marageo@libero.it

L'evoluzione di tali fenomeni, ed in particolare dell'attuale Fiume Ovesca, ha permesso di modellare il territorio secondo una linea profondamente incisa ad andamento ondulato, limitata ai lati da pareti rocciose caratterizzate da acclività sempre significative, modellate sia dalle fasi erosive dei ghiacciai, che da quelle di origine torrentizia.

Un'importante forma morfologica del territorio, è rilevabile in prossimità dello sbocco di valle di tale corso d'acqua, e si manifesta con un'ampia conoide torrentizia disposta per lo più lungo la lineazione est-ovest; su queste si è impostato l'importante nucleo abitato di Villadossola.

L'area di cava è posta sul versante che si eleva dalla sponda idrografica destra del torrente Diveria, morfologicamente caratterizzato da una pendenza di ordine medio, talora medio-elevato, terrazzato ad ampia scala e solcato da una numerosa serie di vallecole e canali morfologici sub-paralleli tra loro e con sviluppo orientato circa lungo la linea di massima pendenza del versante.

Tali forme possono divenire sede di deflusso concentrato in occasione di eventi meteorici di una certa intensità, convogliando verso valle, e quindi nel collettore idrografico principale (torrente Ovesca), le acque raccolte.

A monte del sito è osservabile una dorsale morfologica che costituisce lo spartiacque naturale tra il bacino idrografico superficiale del torrente Ovesca ed alcuni tributari minori di destra del Fiume Toce; la dorsale è orientata N.E.-S.W. e si sviluppa dall'abitato di Gaggio alla Testa di Basciumo (1276 m.s.l.m.).

La morfologia dell'area in oggetto, risente dell'attività di coltivazione mineraria in essere, difatti si rilevano chiaramente le teste delle bancata orientate secondo il sistema Ks, la cui disposizione in successione determina un andamento del fronte secondo una serie di riseghe successive.

Le bancate sono limitate verso il basso dal piazzale alto di cava posto alla quota di 502 metri s.l.m., a sua volta limitato verso nord dallo sviluppo della pista di accesso all'area di cava.

Verso l'alto le bancate sono limitate dal deposito di copertura detritico, in particolare le operazioni di sbancamento hanno consentito di apprezzare la potenza di ordine metrico dello stesso, nonché l'andamento del substrato secondo ondulazioni disposte con andamento NW-SE, ovvero secondo le superfici di debolezza dell'ammasso corrispondenti al piano di scistosità.

Fenomeni valanghivi: in funzione della morfologia circostante il territorio indagato, e soprattutto della posizione plano-altimetrica del sito in oggetto, è possibile evidenziare come l'area di cava non risulti soggetta a potenziali pericoli causati dall'evolversi di fenomeni valanghivi.

- CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO (D.M. 14/01/2008)

La definizione degli spettri di risposta relativi ad uno Stato Limite è articolata in 3 distinte fasi, ciascuna delle quali prevede la scelta dei valori di alcuni parametri da parte del progettista; le tre fasi vengono di seguito esplicate.

Individuazione della pericolosità del sito

La pericolosità sismica di base del sito di intervento è definita in termini sia di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido di categoria di sottosuolo A con superficie topografica orizzontale, sia in termini di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa

Studio Geologico Paolo Marangon
Via Bonomelli, 16 – 28845 Domodossola (VB)
Tel. +39 0324 249100 – Fax. +39 0324 249100 – ✉ marageo@libero.it

corrispondente S_e (T), con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} nella vita di riferimento dell'opera V_R.
In particolare, le forme spettrali sono definite per ciascuna delle probabilità di superamento P_{VR} nel periodo di riferimento V_R, a partire dai valori di alcuni parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

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

Tali parametri sono forniti per i 10751 nodi del reticolo di riferimento in cui è suddiviso il territorio italiano e per 9 valori del periodo di ritorno T_R. Per i punti non ricadenti in corrispondenza dei nodi del reticolo, il valore dei parametri sopra indicati viene ricavato per interpolazione, utilizzando il valore ottenuto dalla media pesata dei valori assunti da tali parametri nei quattro vertici della maglia del reticolo di riferimento contenente il punto in esame.
Il primo passo dell'analisi è stato quindi quello di calcolare le coordinate geografiche del sito di intervento in modo da acquisire successivamente le azioni sismiche locali (proprie del sito specifico) sulla base di un reticolo di riferimento.
I parametri sismici del sito sono stati ricavati dalla media ponderata dei i valori noti nei 4 punti di riferimento all'intorno del sito stesso. L'analisi viene svolta con l'utilizzo del software "Spettri NTC", messo a disposizione dal Consiglio Superiore del Lavori Pubblici, che fornisce gli spettri di risposta rappresentativi delle componenti (orizzontali e verticale) delle azioni sismiche di progetto per il generico sito del territorio nazionale.
Ad ogni stato limite considerato corrispondono valori differenti di tali parametri.
Le elaborazioni effettuate con apposito software in riferimento alle coordinate del sito di intervento, per lo stato limite ultimo SLV forniscono i seguenti dati:

a_g	0,071
F_o	2,558
T_c^*	0,291
T_R	475

Scelta della strategia di progettazione
In questa fase vengono definiti i parametri fondamentali di seguito indicati, sulla scorta dei coefficienti che definiscono la tipologia e la classe d'uso dell'opera in progetto.

Vita nominale della costruzione
La vita nominale di un'opera strutturale V_N è intesa come il numero di anni nel quale l'opera, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata. La vita nominale dei diversi tipi di opere è quella riportata nella seguente tabella:

	Tipi di costruzione	Vita Nominale V_N (in anni)
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva	≤10
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	≥ 50
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	≥ 100

Studio Geologico Paolo Marangon
Via Bonomelli, 16 – 28845 Domodossola (VB)
Tel. +39 0324 249100 – Fax. +39 0324 249100 – ✉ marageo@libero.it

Coefficiente d'uso della costruzione

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso così definite:

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

Periodo di riferimento per la costruzione

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U

$$V_R = V_N * C_U$$

Il valore del coefficiente d'uso C_U è definito, al variare della classe d'uso, come mostrato nella seguente tabella:

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

Se $V_R \leq 35$ anni si pone comunque VR = 35 anni.

In riferimento all'intervento di coltivazione si sono attribuiti i seguenti parametri:

V_N	Vita nominale	**≥ 50 anni**
Classe d'uso		**II**
C_U	Coefficiente d'uso	1
P_{VR}	63% per SLD	
P_{VR}	10% per SLV	

Determinazione dell'azione di progetto

In questa fase di analisi viene definito il valore di progetto dell'azione sismica massima orizzontale preventivabile sul sito in esame con prefissati T_R e P_{VR}.

L'azione sismica è caratterizzata da 3 componenti traslazionali, due orizzontali contrassegnate da X e Y e da una verticale Z, da considerare tra loro indipendenti.

Generalmente, come nel caso in esame, per le opere ed i sistemi geotecnici la

Studio Geologico Paolo Marangon
Via Bonomelli, 16 – 28845 Domodossola (VB)
Tel. +39 0324 249100 – Fax. +39 0324 249100 – ✉ marageo@libero.it

componente verticale risulta trascurabile. Le componenti possono essere descritte mediante una delle seguenti rappresentazioni:

- accelerazione massima attesa in superficie;
- accelerazione massima e relativo spettro di risposta attesi in superficie;
- accelerogramma.

Le due componenti orizzontali, ortogonali tra loro, sono caratterizzate dal medesimo spettro di risposta.
Tale spettro in accelerazione è utilizzato per strutture con periodo fondamentale ≤ 4,0 s ed è espresso da una forma spettrale (spettro normalizzato) moltiplicata per il valore della accelerazione massima orizzontale ag, ottenuto in precedenza su sito di riferimento rigido orizzontale: sia la forma spettrale che il valore di ag si differenziano al variare della probabilità di superamento (PVR) nel periodo di riferimento TR.

Risposta sismica locale
La risposta sismica in ambito strettamente locale viene valutata sulla base dei seguenti parametri:

- categoria di sottosuolo (A, B, C, D, E, S1, S2);
- amplificazione stratigrafica S_S;
- amplificazione topografica S_T.

Categoria di sottosuolo
Il territorio del Comune di Villadossola (VB) risulta ascritto alla Zona 3, caratterizzata da un'accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni compresa tra 0,05 e 0,15 ag/g, e da un'accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico pari a 0,15 ag/g.
Il materiale roccia oggetto di coltivazione è ascrivibile alla categoria di suolo tipo "A", definita come "Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di Vs,30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m".

Amplificazione stratigrafica
Per sottosuolo di categoria A i coefficienti SS e CC valgono 1.
Per le categorie di sottosuolo B, C, D ed E i coefficienti SS e CC possono essere calcolati, in funzione dei valori di ag, Fo e TC* relativi al sottosuolo di categoria A, mediante le espressioni tabulate sotto e nelle quali "g" rappresenta l'accelerazione di gravità ed il tempo è espresso in secondi.

Studio Geologico Paolo Marangon
Via Bonomelli, 16 – 28845 Domodossola (VB)
Tel. +39 0324 249100 – Fax. +39 0324 249100 – ✉ marageo@libero.it

Categoria sottosuolo	SS	CC
A	1,00	1,00
B	$1,00 \le 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \le 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \le 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \le 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \le 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \le 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \le 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \le 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

Amplificazione topografica

Per superfici topografiche semplici si può adottare la seguente classificazione:

Categoria topografica	Caratteristiche della superficie topografica	Ubicazione dell'opera	$S_{t\ max}$
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media i≤15°.	-	1,00
T2	Pendii con inclinazione media i>15°.	Sommità del pendio	1,20
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media 15°≤ i≤ 30°.	Cresta del rilievo	1,20
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media i>30°.	Cresta del rilievo	1,40

La variazione spaziale del coefficiente di amplificazione topografica è definita da un decremento lineare con l'altezza del pendio o rilievo, dalla sommità fino alla base dove ST assume valore pari a 1.

Accelerazione massima di progetto

Avendo acquisito i parametri essenziali all'analisi della risposta sismica locale, è ora possibile definire l'accelerazione massima di progetto attesa al suolo Amax, valore che verrà adottato per i successivi calcoli di verifica analitica, mediante la seguente relazione:

$$\mathbf{A_{max}} = a_g * S_S * S_T = [0,071g * 1,0 * 1,136] = \mathbf{0,08\ g}$$

- IDROGRAFIA

Idrografia superficiale: il collettore principale delle acque superficiali è rappresentato dal Torrente Ovesca, il quale scorre circa a 300 metri a nord dell'area di cava.

Il regime idraulico del torrente citato, è caratterizzato da periodi di magra alternati ad ondate di piena in concomitanza con eventi meteorici significativi.

Nel tratto in oggetto la forza di trasporto risulta ancora marcata, difatti si evidenzia la mancanza di componente fine, e la predominanza della porzione grossolana (ciottoli e ghiaia grossa).

Studio Geologico Paolo Marangon
Via Bonomelli, 16 – 28845 Domodossola (VB)
Tel. +39 0324 249100 – Fax. +39 0324 249100 – ✉ marageo@libero.it

Una linea di impluvio non perenne scorre alla distanza minima di circa 80 metri ad Est dell'area di cava, e coincide con il limite orientale in disponibilità.

Tale colatore presenta generalmente un debolissimo deflusso, anche se sono visibili segni di scorrimento delle acque riferibili esclusivamente ad eventi meteorici di durata e/o di intensità rilevante.

L'impluvio risulta ben inciso nella coltre detritica di copertura sino alla roccia in posto, che infatti affiora lungo tutto il tratto d'asta, e a partire dalle quote inferiori ai 450 m.s.l.m. circa, si presenta ben incassato tra le sponde rocciose sub-verticali. L'asta assume un tipico andamento anarchico, con sviluppo lineare pari a circa 500 metri, ed il bacino imbrifero ha forma molto stretta e relativamente allungata; l'origine del colatore avviene intorno alla quota topografica di 550 m.s.l.m. e costituisce un tributario di destra del torrente Ovesca.

In alveo si rilevano scaglie rocciose e ciottoli cm/dm, oltre ad alcuni rari elementi litoidi pluri-decimetrici

In un ristretto intorno del sito estrattivo si rilevano, inoltre, alcuni canali morfologici naturali, che possono essere sede di deflusso in occasione di eventi piovosi, alcuni di maggiore ed altri di minore importanza.

Tra quelli più marcati, si segnala l'esistenza di due collettori di drenaggio posti rispettivamente a 50 metri e 140 metri ad ovest dell'area di cava, entrambe presentano un asta rettilinea e poco marcata e costituiscono i collettori di deflusso delle acque meteoriche riscellanti all'intorno dell'area di indagine.

Il regime degli stessi è alimentato esclusivamente da precipitazioni meteoriche di una certa intensità mentre in periodi ascitti risultano entrambe completamente secchi, ad esclusione del periodo immediatamente successivo allo scioglimento delle nevi, durante il quale si riscontra un modesto colaticcio costituente il deflusso superficiale delle acque.

Idrografia sotterranea: la circolazione idrica sotterranea è legata ai fenomeni di infiltrazione delle acque superficiali che, a loro volta, risultano condizionati dalla tipologia della coltre di copertura, dallo stato di fessurazione del substrato roccioso e dalla morfologia del territorio.

L'analisi del sistema di alimentazione dell'acquifero sotterraneo deve essere ricercato nel complesso sistema idraulico che caratterizza l'intera zona territoriale esaminata; pertanto, in riferimento alle caratteristiche geolitologiche della coltre di copertura, nonché geomorfologiche del territorio, la circolazione idrica sotterranea, nel suo complesso, risulta molto limitata e discontinua.

Nel complesso, quindi, la circolazione idrica sotterranea risulta pertanto possibile solo a seguito di eventi meteorici di una certa intensità e per lo più lungo la superficie di contatto roccia-detrito, mentre l'esaurimento della stessa avviene in periodi immediatamente successivi al termine delle precipitazioni.

Ovviamente non è da escludere una circolazione profonda delle acque, che può avvenire per porosità secondaria, ovvero lungo fratturazioni e/o fessure della roccia; tale fenomeno è strettamente legato alle caratteristiche della roccia stessa quali scitosità, grado di fratturazione, etc.

- CARATTERISTICHE LITOLOGICHE

Il territorio interessato dei lavori di coltivazione è caratterizzato dalle seguenti litologie.

Studio Geologico Paolo Marangon
Via Bonomelli, 16 – 28845 Domodossola (VB)
Tel. +39 0324 249100 – Fax. +39 0324 249100 – ✉ marageo@libero.it

Substrato roccioso: è costituito da ortogneiss a grana fine, con scistosità pervasiva e con piani ravvicinati.

Coltri di copertura: i depositi detritici superficiali sono prevalentemente composti da una coltre di origine glaciale caratterizzata da ghiaie, ciottoli e blocchi fortemente eterometrici immersi in una matrice fine sabbioso-limosa a media coesione. La potenza di tali depositi, in un ristretto intorno dell'area indagata, è sempre piuttosto contenuta, stimabile nell'ordine decimetrico/metrico.

Gli stessi possono localmente risultare frammisti a materiale gravitativo di versante e/o a coltri eluvio-colluviali.

In particolare in corrispondenza delle due incisioni di antiche cave, si rileva la presenza di sfridi di coltivazione frammisti al materiale di copertura.

- CARATTERISTICHE CHIMICO-FISICHE E TECNICHE DEL GIACIMENTO

Le caratteristiche specifiche che permettono di differenziare i litotipi rocciosi, possono riassumersi in:

- *Analisi modale: composizione mineralogica (secondo Streckeisen) che esprime la percentuale in volume dei minerali componenti la roccia.*
- *Analisi chimica: esprime la percentuale in peso degli ossidi degli elementi chimici costituenti la roccia.*
- *Caratteristiche tecniche.*

Da analisi di laboratorio eseguite su campioni similari al quelle del litotipo in oggetto, sono stati ricavati i seguenti dati:

Analisi modale:

Quarzo	= 30 %
Plagioclasi	= 13 %
Feldspati	= 40 %
Biotite	= 10 %
Muscovite	= 5 %
Epidoto	= 2 %

Analisi chimica:

SiO_2	= 72.8
TiO_2	= 0.4
Al_2O_3	= 16,1
Fe_2O_3	= 1.4
FeO	= 0.1
MgO	= 0.4
CaO	= 1.4
Na_2O	= 4.7
K_2O	= 3.5

Caratteristiche tecniche:

Ccs	= 178 MPa
Ccg	= 172 MPa
Kip	= 2.90 %.
Ru	= 97 cm
Ka	= 0.81
P	= 26,3 MPa
Mk	= 5181 MPa

Studio Geologico Paolo Marangon
Via Bonomelli, 16 – 28845 Domodossola (VB)
Tel. +39 0324 249100 – Fax. +39 0324 249100 – ✉ marageo@libero.it

- ANALISI GEOSTRUTTURALE DEL GIACIMENTO

Le analisi di stabilità successivamente riportate, fanno riferimento ai dati strutturali rilevati lungo i fronti rocciosi attualmente oggetto di coltivazione; in particolare sono state condotte una serie di misure giaciturali lungo uno stendimento con estensione sufficientemente ampia, ed in tal modo è stato possibile ottenere un buon numero di misure da cui estrapolare i set rappresentativi delle discontinuità.

Descrizione del metodo adottato

L'analisi strutturale consiste nell'individuazione delle superfici di discontinuità e dei principali piani di debolezza presenti in un affioramento roccioso. Le discontinuità ricorrenti o sistematiche riscontrate possono essere raggruppate in set comprendenti giaciture tra di loro comparabili.
Tali set vengono a loro volta rappresentati mediante un unico piano caratterizzante l'intera famiglia di discontinuità. Ciascun piano può essere rappresentato nello spazio mediante la misurazione di due angoli:

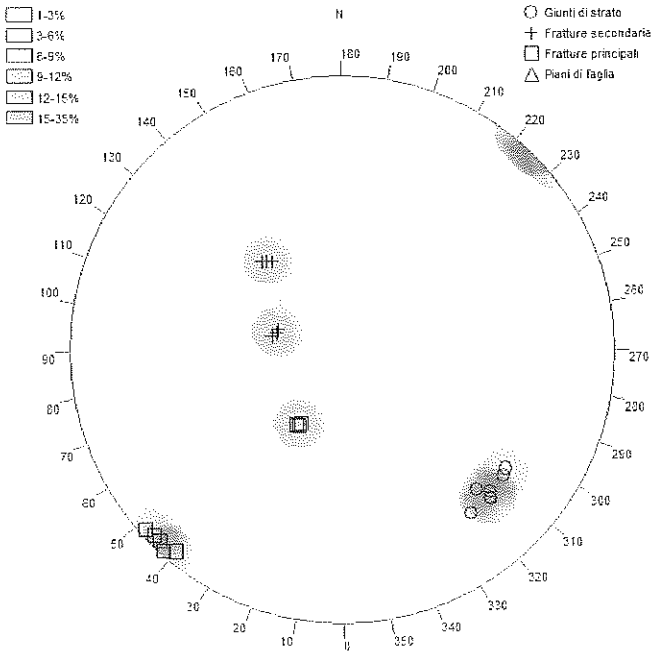
- Direzione di immersione
- Inclinazione

rispettivamente individuati dall'angolo compreso tra le direzioni del Nord e le proiezioni sul piano orizzontale delle linee di massima pendenza e dell'angolo che la retta di massima pendenza del piano forma con un piano orizzontale.
La rappresentazione grafica di tali discontinuità avviene mediante la proiezione stereografica; infatti, tale tecnica permette di visualizzare rapidamente, su di un reticolo stereografico equatoriale, la disposizione spaziale dei vari piani di discontinuità rappresentati per comodità mediante i poli corrispondenti.
Tali poli permettono, in un secondo tempo, l'individuazione dei piani caratterizzanti le singole famiglie di discontinuità presenti nell'affioramento che a loro volta vengono rappresentate mediante la loro direzione e inclinazione.
La direzione è l'angolo tra la traccia del piano e la direzione del Nord, ossia è individuata da uno dei due punti dell'orizzonte verso cui è diretta l'intersezione tra il piano stesso ed un piano orizzontale.

Analisi strutturale

Il rilevamento geostrutturale, eseguito in corrispondenza dell'attuale areale ristretto oggetto di coltivazione, ha permesso di misurare una serie di discontinuità nell'ammasso roccioso; data l'omogeneità dei risultati ottenuti, è stata considerata un'unica stazione globale di riferimento per le successive analisi di stabilità.
I dati giaciturali sono riportati nella scheda successivamente riportata, dalla quale possono evincersi anche le caratteristiche specifiche di ogni discontinuità.
L'analisi si è articolata dapprima nella misura delle caratteristiche giaciturali delle singole discontinuità incontrate, ciascuna di esse corredata dalle peculiarità inerenti spaziatura, riempimenti, aperture, persistenza, condizioni idrauliche; successivamente le diverse misurazioni sono state riportate in un diagramma polare equiareale di Schmidt al fine di estrapolarne i set rappresentativi che emergono da una maggior concentrazione dei poli, necessari per l'analisi di stabilità con il Test di Markland.

Studio Geologico Paolo Marangon
Via Bonomelli, 16 – 28845 Domodossola (VB)
Tel. +39 0324 249100 – Fax. +39 0324 249100 – ✉ marageo@libero.it



Il rilievo dei dati ha permesso di distinguere 5 distinte famiglie di discontinuità sistematiche, una delle quali (Ks) rappresenta la scistosità e le altre 4 i sistemi di fratturazione principali e secondari/locali.

N°	Imm.	Inc.	Spz.	Scab.	Riemp.	Apert.	Acqua	Tipo	Set	Pers.
1	316	60	cm	RUG	T	mm	A	SC	Ks	ME
2	315	65	pluri-dm	RUG	0/T	0/mm	A	SC	Ks	ME
3	308	64	cm	LIS	\	0/mm	A	SC	Ks	E
4	322	65	dm	LIS	T	mm	A	SC	Ks	E
5	306	63	pluri-dm	RUG	0/T	0/mm	A	SC	Ks	ME
6	314	64	pluri-dm	LIS	\	0/mm	A	SC	Ks	ME
7	315	66	pluri-dm	RUG	T	mm	U	SC	Ks	ME
8	41	86	cm	LIS	T	mm	A	GN	K1	M
9	40	85	cm/dm	LIS	0/T	mm/cm	A	GN	K1	E
10	40	88	cm	RUG	T	mm	A	GN	K1	E
11	38	87	cm	LIS	0/T	mm	A	GN	K1	M
12	36	86	cm/dm	RUG	0/T	mm	A	GN	K1	M
13	42	88	cm	RUG	\	0	A	GN	K1	E
14	142	34	cm	RUG	0/T	mm	A	GN	K2	B
15	138	36	cm/dm	RUG	0/T	mm	U	GN	K2	B
16	140	35	cm	RUG	0/T	mm	A	GN	K2	M
17	32	26	m	RUG	\	mm	A	GN	K3	B
18	30	25	m	RUG	\	\	A	GN	K3	MB
19	30	26	m	RUG	\	mm	A	GN	K3	B
20	102	21	m	RUG	\	\	A	GN	K4	MB
21	105	20	dm	RUG	0/T	mm	A	GN	K4	B
22	108	20	m	RUG	\	mm	A	GN	K4	MB

Spaziatura Aperta	Riempimento	Tipo	Persistenza
mm/millimetrica	A/Argilla	GN/Giunto	ME/molto elevata
cm/centimetrica	B/Breccia	St/Stratificazione	E/elevata
dm/decimetrica	C/Calcite	Ct/Contatto	M/media
m/metrica	D/Detrito	FA/Faglia	B/bassa
0/serrata	O/Ossidi di ferro	SC/Scistosità	MB/molto bassa
	Q/Quarzo-Feldspati	Sh/Shear	
	S/Sabbia	VN/Vena	
	T/Terra	FR/Frattura	

Scabrezza	Acqua
LEV/levigata	A/asciutto
LIS/liscia	U/umido
SEG/segmentata	S/stilicidio
OND/ondulata	V/venute
RUG/rugosa	P/acqua in pressione

Studio Geologico Paolo Marangon
Via Bonomelli, 16 – 28845 Domodossola (VB)
Tel. +39 0324 249100 – Fax. +39 0324 249100 – ✉ marageo@libero.it

Ciascuna delle famiglie di discontinuità è caratterizzata da un insieme sistematico di piani di fratturazione, i quali una volta raggruppati in sistemi possono essere rappresentati mediante un unico piano:

Ks -> 313 N 64
K1 -> 40 N 87
K2 -> 140 N 35
K3 -> 30 N 25
K4 -> 105 N 20

Dalle risultanze emerse si ravvisa una buona omogeneità dei dati rilevati. Dopo aver individuato le caratteristiche giaciturali e strutturali dell'ammasso roccioso, è possibile produrre le relative analisi di stabilità per mezzo del Test di Markland.

VERIFICHE DI STABILITÀ IN ROCCIA

Descrizione del metodo adottato

Le analisi di stabilità effettuate sull'affioramento roccioso presi in esame sono state svolte mediante il test Markland.

Tale test per mezzo delle proiezioni stereografiche consente di stabilire, considerando solo la geometria del pendio e delle discontinuità e l'angolo di attrito di queste, la possibilità che si verifichino scivolamenti a cuneo, a blocco e ribaltamenti in un ammasso roccioso fratturato, cioè permette di identificare le discontinuità che rappresentano potenziali piani di movimento, separandole da quelle che non influiscono direttamente sulla stabilità del pendio.

I piani rappresentanti i set di discontinuità e l'orientazione dei pendio sul quale sono state effettuate le misure, vengono rappresentati mediante i grandi cerchi su di un reticolo equatoriale ad ugual-area, mentre l'angolo di attrito (*FRICTION ANGLE*) delle discontinuità con un cerchio rappresentante gli infiniti piani nello spazio indicati un angolo pari allo stesso.

Il fattore di sicurezza dipende dalla inclinazione della linea di intersezione dei piani che isolano il prisma roccioso rispetto all'inclinazione del pendio e dalla resistenza al taglio lungo le superfici di discontinuità. Eventuali scivolamenti a cuneo possono verificarsi qualora vengano soddisfatte contemporaneamente le seguenti condizioni:

a) l'inclinazione della linea di intersezione delle due discontinuità deve essere minore dell'inclinazione del pendio misurata nella direzione della linea di intersezione;

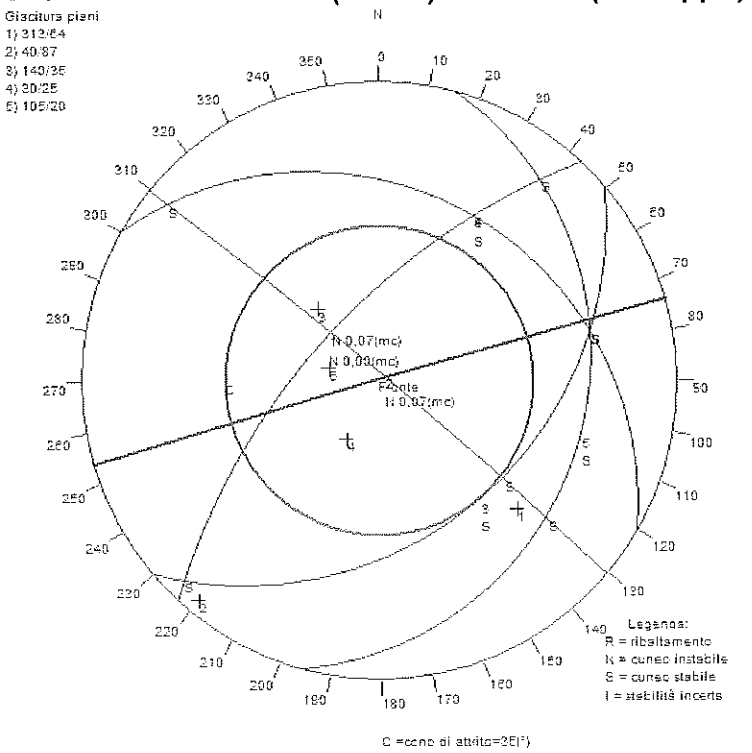
b) l'inclinazione della linea di intersezione deve essere maggiore dell'angolo di attrito delle discontinuità.

Dopo aver rappresentato sul reticolo stereografico i piani relativi alle famiglie di discontinuità, la geometria del pendio e le caratteristiche geomeccaniche dell'ammasso roccioso, si passa alla fase di interpretazione dei dati ottenuti.

Risultati conseguiti

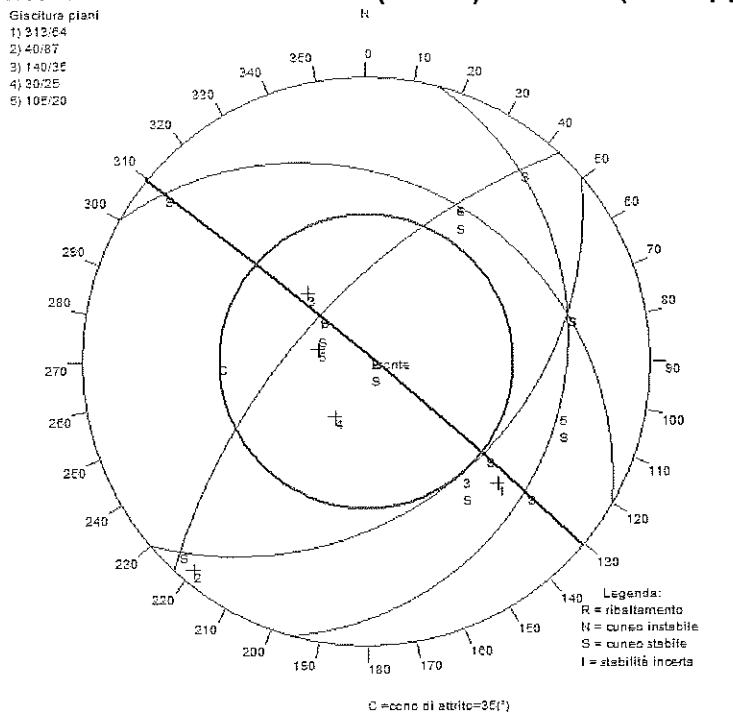
Studio Geologico Paolo Marangon
Via Bonomelli, 16 – 28845 Domodossola (VB)
Tel. +39 0324 249100 – Fax. +39 0324 249100 – ✉ marageo@libero.it

Fronte SUD – 344N87 (alzata) e 344N82 (inviluppo)



I risultati ottenuti dall'analisi geometrica con il test di Markland permettono di evidenziare un fenomeno di scivolamento a cuneo cinematicamente possibile, dovuto all'intersezione dei set Ks/K1 con direzione di movimento verso circa Nord-Ovest.
La verifica numerica dei cinematismi emersi è riportata nel successivo capitolo (*Verifiche di stabilità cinematismi a cuneo*).

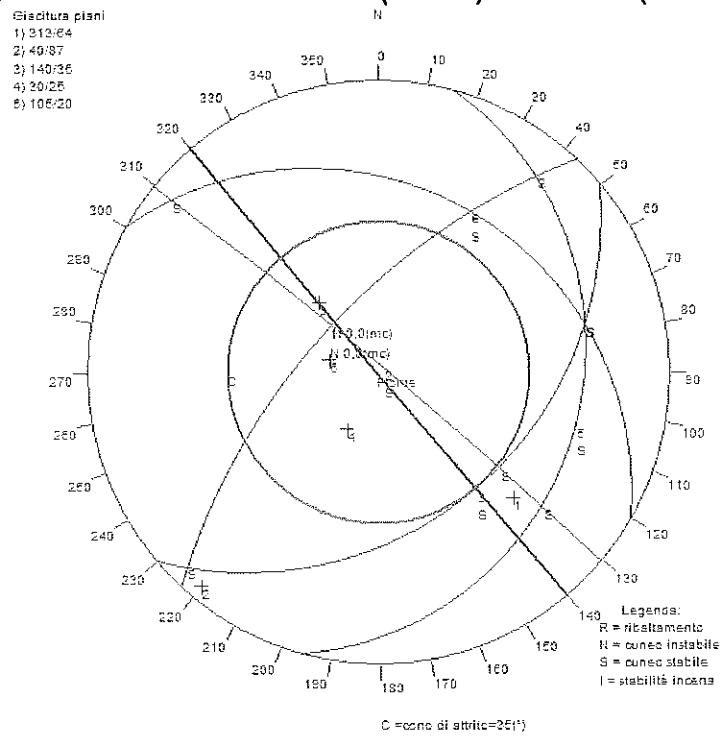
Fronte SUD-OVEST – 40N87 (alzata) e 40N82 (inviluppo)



Studio Geologico Paolo Marangon
Via Bonomelli, 16 – 28845 Domodossola (VB)
Tel. +39 0324 249100 – Fax. +39 0324 249100 – ✉ marageo@libero.it

I risultati ottenuti dall'utilizzo del metodo geometrico di Markland non mettono in evidenza particolari fenomeni di cinematismo.
Si raccomanda, in ogni caso, di seguire fedelmente l'andamento dei sistemi di discontinuità dell'ammasso, con particolare riferimento al set K1 per la direzione del fronte S.W., anche per i tagli intermedi di ribasso/avanzamento.

Fronte NORD-EST – 230N87 (alzata) e 230N82 (inviluppo)



I risultati ottenuti dall'utilizzo del metodo geometrico di Markland non mettono in evidenza particolari fenomeni di cinematismo.
Si esclude infatti la possibilità geometrica del toppling del giunto K1 in quanto non è presente un piano basale a bassa inclinazione disposto a franappoggio che pemetta scivolamenti verso il fronte di lastre sub-verticali delimitate dal sistema K1.

- CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA DELL'AMMASSO ROCCIOSO

La caratterizzazione geomeccanica dell'ammasso roccioso è stata eseguita in riferimento alle analisi effettuate lungo i fronti residuali ad oggi in affioramento nell'area di cava.

A tal fine è stato adottato l'ormai diffuso metodo di Z.T. Bieniawski, il quale assegnando dei Rating a delle classi di grandezze, permette di suddividere l'ammasso roccioso secondo cinque classi per ognuno delle quali viene dettata una tipologia di comportamento.

E' bene specificare come tale metodo, associato ad altri altrettanto famosi (vedasi Q system di Barton), sono stati contemplati con specifico riferimento alle gallerie, dopo di che hanno trovato applicazione in una serie sempre più ampia di campi.

Passando alla descrizione delle classi di grandezza si ha:

Studio Geologico Paolo Marangon
Via Bonomelli, 16 – 28845 Domodossola (VB)
Tel. +39 0324 249100 – Fax. +39 0324 249100 – ✉ marageo@libero.it

1) Resistenza a compressione uniassiale: la determinazione del parametri di resistenza alla compressione uniassiale è avvenuta mediante l'utilizzo di sclerometro (o Martello di Schmidt) opportunamente tarato. Lo strumento misura la resistenza alla compressione della porzione più superficiale della roccia, ovvero la resistenza alla compressione apparente. Lo strumento fornisce un valore locale della resistenza e consiste nel misurare il rimbalzo di un pistone metallico che percuote violentemente la roccia mediante una spinta conferitagli da una molla. La campagna di rilevamento si è svolta prendendo in riferimento una stazione di misura ed effettuando alcuni gruppi di misura per ciascun set di discontinuità, secondo le modalità descritte di seguito.
Le prove sono state eseguite in numero di 10 in corrispondenza di ogni superficie di discontinuità rilevata, scartando i 2 valori più bassi di ogni misura e calcolando il valore di rimbalzo significativo come media aritmetica dei cinque valori maggiori. I risultati così ottenuti sono stati nuovamente mediati al fine di ottenere un unico valore rappresentativo per l'ammasso roccioso. Nella sottostante tabella sono sintetizzati i dati di campagna ottenuti dalle prove con sclerometro.

	Valore medio	[MPa]
K_s	45,4 →	101
K_1	44,2 →	90
K_2	42,8 ↘	92
K_3	45,4 ↓	106
K_4	42,2 ↘	91

I valori ottenuti sono stati successivamenti riportati su un diagramma che mette in relazione il rimbalzo con la resistenza alla compressione semplice, espressa in MPa, tenendo conto sia dell'inclinazione del martello rispetto all'orizzontale che della densità della roccia testata.

Ammasso sano

RIMBALZO									
50	48	54	36	42	40	48	50	52	44
Valore medio rappresentativo									
48,5 →									

Tale valore è stato successivamente riportato su un diagramma che mette in relazione il rimbalzo con la resistenza alla compressione semplice, espressa in MPa, tenendo conto sia dell'inclinazione del martello rispetto all'orizzontale che della densità della roccia testata. In tal modo si è giunti alla determinazione della resistenza alla compressione monoassiale (MPa) che, nel caso specifico, è appunto valutabile in 116 MPa. I dati ottenuti sono:
Resistenza materiale: 100-250 MPa
RATING: 12

2) RQD (recupero percentuale modificato): non avendo a disposizione carotaggi per la valutazione della percentuale di recupero modificato, si è optato per una stima del parametro RQD, espresso in percentuale, mediante l'ausilio di un grafico che pone in correlazione la spaziatura delle discontinuità dell'area omogenea presa in esame con l'indice RQD. Avendo rilevato un valore medio di spaziatura di circa 930 mm, ne consegue un valore minimo di RQD pari al 100%.

Studio Geologico Paolo Marangon
Via Bonomelli, 16 – 28845 Domodossola (VB)
Tel. +39 0324 249100 – Fax. +39 0324 249100 – ✉ marageo@libero.it

RQD = 90% - 100%
RATING = 20

3) Spaziatura delle discontinuità: si intende la distanza fra due discontinuità adiacenti, misurata lungo una linea retta di orientamento prefissato.
Avendo rilevato un valore medio di spaziatura pari a 930 mm circa, si ha:
RATING = 15

4) Condizioni delle discontinuità: tale parametro è stato stimato in seguito a prove di campagna con utilizzo del "pettine di Barton" sulle diverse superfici di discontinuità rilevate. Il confronto dei profili rilevati con i profili standard (typical roughness profiles for JRC range) ha consentito, nel caso specifico, di individuare la corrispondenza con il profilo 5 per le discontinuità Ks, K2, e K3 e con il profilo 4 per il set K1 e K4, rispettivamente con valori del parametro JRC compreso tra 8 e 10 e tra 6 e 8 (set K2).
Le discontinuità risultano prevalentemente con apertura serrata o di ordine sub millimetrico/millimetrico ed alterazione delle superfici generalmente assente (solo localmente visibile una debole alterazione).
Si ottiene quindi:
RATING 25

5) Acqua: si intende la presenza o meno di acqua nelle discontinuità, intesa anche come umidità.
Dalle indagini eseguite non sono state rilevate venute d'acqua, se non moderate condizioni locali di modestissima umidità; in via cautelativa viene comunque considerata la condizione umida.
Si ottiene quindi:
RATING = 10

La classificazione di Bieniawski prevede a questo punto la valutazione di un parametro relativo alla *"Compensazione in funzione dell'orientamento delle discontinuità"*, il quale modifica il valore ottenuto dalla somma dei sopra riportati coefficienti.

Tale parametro viene definito per mezzo del Test di Markland, il cui metodo verrà ampiamente descritto dalle successive verifiche di stabilità; pertanto, la scelta effettuata deriva dall'anticipazione dell'analisi con il del test di Markland.

In considerazione di quanto sopra riportato, nonché della globale situazione di stabilità dell'ammasso roccioso, è possibile assegnare un rating ritenuto piuttosto cautelaticvo pari a -15.
Sommando tale valore all'RMR_{base} precedente (82) si ottiene un RMR di 67 che permette di classificare l'ammasso roccioso come appartenente alla classe II (BUONA), la quale riporta i seguenti parametri di resistenza:
- coesione = 300÷400 KPa
- angolo di attrito = 35÷45 gradi

Il parametro ***RMR (Rock Mass Rating system)*** fornisce il valore della Classe dell'ammasso roccioso e quindi il parametro che ne caratterizza la qualità.
Sulla base della classificazione di Bieniawsky, è stato possibile attribuire all'ammasso roccioso un valore dell'angolo di attrito di picco φ_p compreso tra 35 e 45 gradi.
I parametri geomeccanici possono essere correlati direttamente al BRMR attraverso le seguenti relazioni:

Studio Geologico Paolo Marangon
Via Bonomelli, 16 – 28845 Domodossola (VB)
Tel. +39 0324 249100 – Fax. +39 0324 249100 – ✉ marageo@libero.it

$$\varphi(°) = 5 + \frac{BRMR}{2}$$
$$c(MPa) = 0{,}005 * BRMR$$
$$E(GPa) = 10^{\frac{BRMR-10}{40}}$$

dove:
φ(°)= angolo d'attrito dell'ammasso roccioso
c(Mpa)= coesione dell'ammasso roccioso
E(Gpa)= modulo elastico dell'ammasso roccioso

In base al parametro BRMR ricavato dalla classificazione geomeccanica, pari a 82, si ottengono i seguenti valori:

φ = 46°
c = 0,41 MPa
E = 63,10 GPa

Risulta interessante confrontare quanto ottenuto, con il **Q system di Barton** (1974), calcolando l'indice Q che permette di ottenere il Rock Mass Quality:

Q = RQD/Jn * Jr/Ja * Jw/SRF

Individuando i valori relativi sulle rispettive tabelle si ha:
1) RQD = eccellente -> 100%
2) Jn = tre sets + random -> 12
3) Jr = rought and ondulating -> 3
4) Ja = bordi fratture leggermente alterati -> 2
5) Jw = condizioni asciutte o afflussi minimi -> 1
6) SRF = tensione media in rocce competenti -> 1
Eseguendo il calcolo relativo si ottiene:

Q = 12,5

dove il parametro Q rappresenta il coefficiente Q System della classificazione di Barton. Un tale valore del parametro Q consente di classificare l'ammasso roccioso come **BUONO**.

In definitiva, si può dire che tali risultati confermano quanto già ottenuto con i calcoli dell'indice RMR, in quanto, come si può osservare, i valori dell'indice RMR, calcolati a partire dall'indice Q mediante la relazione:

RMR = 9* ln (Q) + 44 = 67

permettono di classificare l'ammasso roccioso con risultati molto simili (analoghi in questo caso) a quelli ottenuti con il criterio di Bieniawsky.

- VERIFICHE DI STABILITA' GLOBALI E LOCALI

Le verifiche di stabilità sono state condotte sui 3 fronti residui finali di cava (Sud, SW w NE). Il profilo di ciascuna sezione di progetto verificata è stato importato nel modello di calcolo a seguito di conversione in formato .dxf.
Il modello di calcolo utilizzato contempla la variazione dei parametri di resistenza al taglio in relazione all'effettivo stato tensionale, valutato sulla base della reale geometria del cinematismo verificato.

Studio Geologico Paolo Marangon
Via Bonomelli, 16 – 28845 Domodossola (VB)
Tel. +39 0324 249100 – Fax. +39 0324 249100 – ✉ marageo@libero.it

Nel caso di verifica dei cinematismi potenziali il modello considera parametri di resistenza al taglio lungo il giunto (o lungo i giunti) nei casi in cui l'inclinazione della base del concio è compresa fra ±20° rispetto all'inclinazione del giunto e l'immersione della sezione è compresa fra ±20° rispetto all'immersione del giunto.
Inoltre, nei casi di giunti aperti, considerati dal software qualora di apertura ≥ 10 mm, il modello utilizza i parametri di resistenza del riempimento.
In tutti gli altri, e nelle analisi di tipo continuo equivalente a livello globale, vengono considerati i parametri dell'ammasso.
Tale condizioni sono ben esplicitate nei dati di output delle verifiche allegati alla presente relazione.
Sempre nei report di calcolo, in un'apposita sezione tabellare, sono indicati chiaramente i parametri phi_{base}, JCS, JRC e stato tensionale di riferimento.
Si chiarisce, infine, che il software B-Rock utilizzato per le verifiche applica la riduzione dei parametri di resistenza secondo i coefficienti parziali di cui al DM'08; inoltre nell'introduzione dell'input (JCS) si è applicata la riduzione del parametro della compressione monoassiale secondo il coefficiente γ_{qu}.
Tutti i dati di input e di output sono riportati negli allegati report di calcolo, accompagnati dall'unità di misura di ciascun parametro dimensionale secondo il Sistema Internazionale (SI) come previsto dal D.P.R. 802/1982.

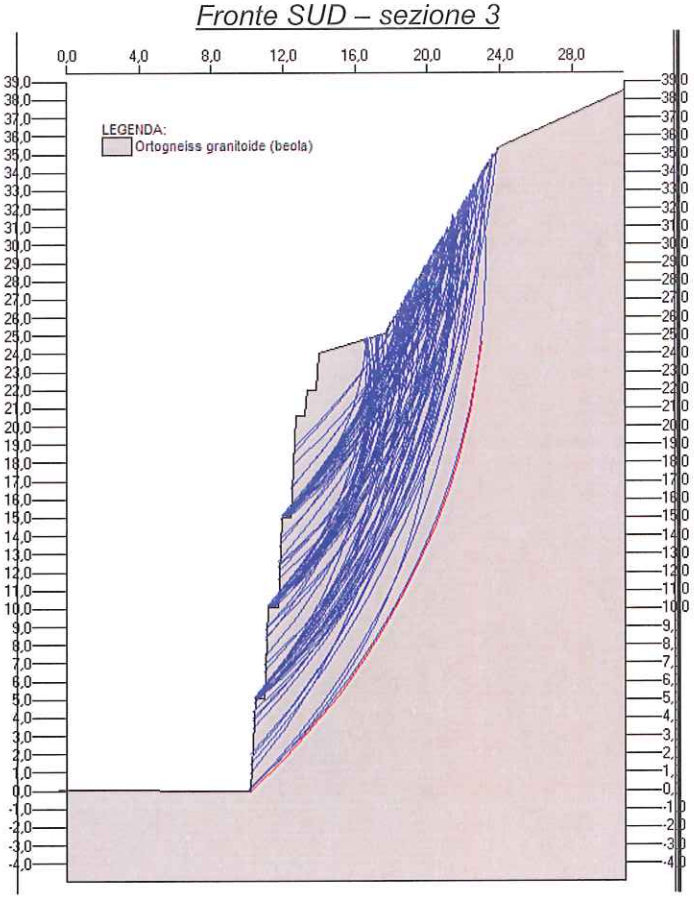
Principali parametri di input utilizzati
L'*angolo di attrito di base* è stato desunto dai valori bibliografici di riferimento per litotipi analoghi a quello oggetto di coltivazione; tale parametro assume valore comune pari a 29°±5, pertanto si è ritenuto sufficientemente cautelativo considerare in phi_{base} pari a 29°.
La scelta del parametro "*mi*", costante per i vari litotipi, si è basata sui valori integrati nel database del software RocLab (vers. 1.031) della Rocscience, che per rocce gneissiche viene indicato pari a 28±5; anche in questo caso si è optato per un valore di 28 ritenuto cautelativo.
Il *fattore di disturbo* dell'ammasso è un parametro che indica il grado di disturbo della roccia scavata artificialmente e varia da 0 (roccia non disturbata) a 1 (roccia fortemente disturbata). Nel caso della cava in esame si è optato per un valore pari a 0,7 da considerarsi sufficientemente cautelativo.
Il parametro *GSI* (Geological Strength Index) è stato ricavato dalla relazione GSI = RMR-5 = 67-5 = 62.
L'*indice Q* della qualità dell'ammasso roccioso deriva dalla classificazione geomeccanica effettuata secondo il metodo Q system di Barton (1974).
Il valore del *coefficiente di Poisson* e del *peso di volume* derivano dai parametri ricavati da prove di laboratorio e da analisi fisico-meccaniche condotte sulla beola grigia (massa prevalente nel giacimento in esame; in subordine beola bianca), le cui risultanze sono riportate nelle schede tecniche dei materiali reperibili sul sito web di Assograniti.
Il valore del *Modulo elastico* dell'ammasso viene automaticamente calcolato dal software di calcolo sulla scorta dei dati geomeccanici di input dell'ammasso.
La *resistenza alla compressione semplice* deriva da una serie di prove sclerometriche effettuate sull'ammasso roccioso sano.

VERIFICHE DI STABILITA' GLOBALE DEI FRONTI

Studio Geologico Paolo Marangon
Via Bonomelli, 16 – 28845 Domodossola (VB)
Tel. +39 0324 249100 – Fax. +39 0324 249100 – ✉ marageo@libero.it

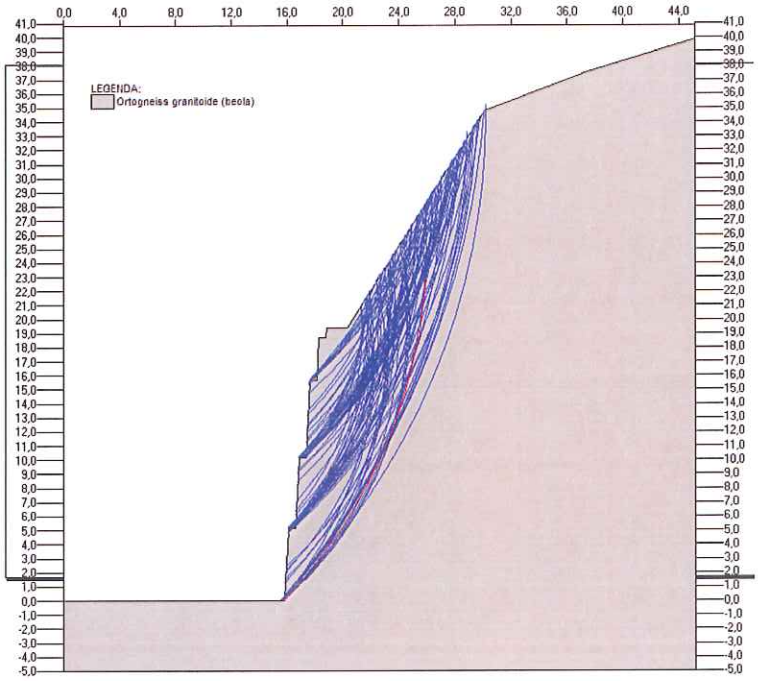
L'analisi è stata effettuata in corrispondenza dei 3 fronti nella configurazione maggiormente critica dello stato finale previsto.
Le azioni sismiche di progetto sono state considerate nel modello di calcolo secondo quanto indicato in precedenza nell'apposito paragrafo "*Caratterizzazione sismica del sito (D.M. 14/01/2008)*".
I parametri geotecnici-geomeccanici dell'ammasso roccioso e dei giunti di discontinuità sono chiaramente indicati nel listati di calcolo in allegato alla presente; per la scelta dei parametri si rimanda a quanto indicato al precedente paragrafo "*Principali parametri di input utilizzati*".
Il modello di calcolo prevede la verifica con i metodi all'equilibrio limite; nel caso specifico si sono condotte le verifiche secondo i metodi di Bishop semplificato (basato sull'equilibrio dei momenti agenti), nel quale si pone la condizione che le forze verticali agenti sulle superfici di separazione dei conci siano trascurabili e che quindi i conci interagiscono fra di loro solo attraverso forze orientate lungo l'orizzontale, e secondo il metodo di Janbu semplificato, dove viene posta la condizione che le forze verticali agenti sulle superfici di separazione dei conci siano trascurabili e di conseguenza i singoli conci interagiscono fra di loro solo attraverso forze orientate lungo l'orizzontale.
Nell'analisi il modello di calcolo valuta i parametri di resistenza al taglio dell'ammasso secondo il criterio di Hoek&Brown che esprime una curva di tipo non lineare, ed i valori di coesione e angolo di resistenza al taglio variano in funzione dello sforzo normale efficace ($\sigma n'$) agente sulla base del concio.
Si precisa infine che i casi in cui per alcune superfici non vengono indicati i relativi coefficienti di sicurezza rappresentano la situazione in cui le stesse superfici "escono" dal profilo topografico e quindi vengono scartate dall'analisi.

Fronte SUD – sezione 3

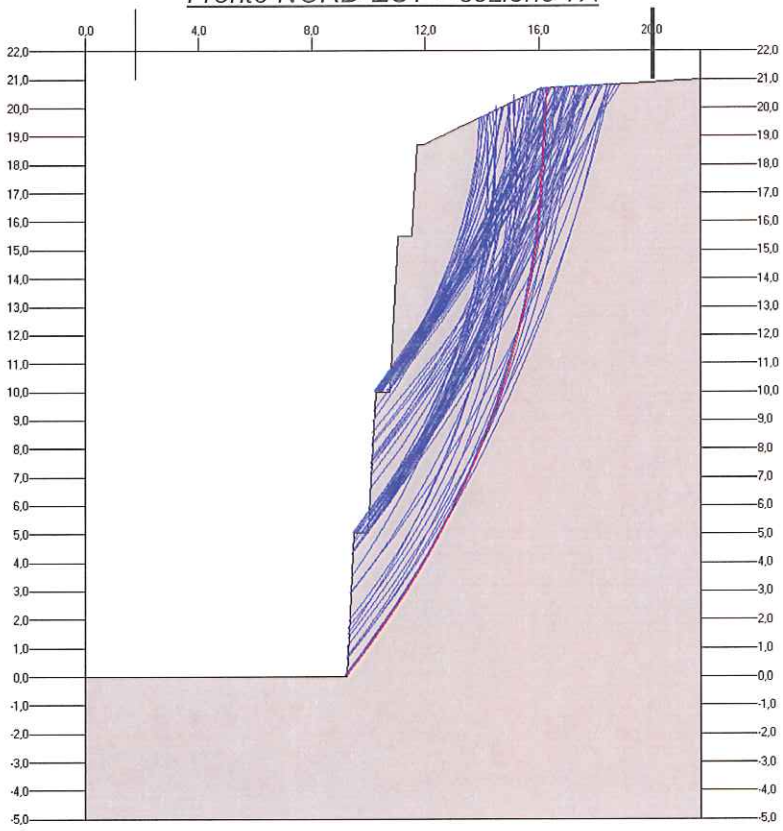


Studio Geologico Paolo Marangon
Via Bonomelli, 16 – 28845 Domodossola (VB)
Tel. +39 0324 249100 – Fax. +39 0324 249100 – ✉ marageo@libero.it

Fronte SUD-OVEST – sezione 7A



Fronte NORD-EST – sezione 7A



I dati di calcolo mettono in evidenza fattori di sicurezza conformi ai minimi di Legge. Si allegano in calce alla presente relazione i dati di calcolo delle verifiche eseguite.

Studio Geologico Paolo Marangon
Via Bonomelli, 16 – 28845 Domodossola (VB)
Tel. +39 0324 249100 – Fax. +39 0324 249100 – ✉ marageo@libero.it

VERIFICHE DI STABILITA' CINEMATISMI A CUNEO

Come nei casi precedenti, le verifiche sono state svolte con supporto del software B-Rock2 della ProgramGeo nella versione 2.6 appositamente aggiornata che tiene conto delle 4 diverse combinazioni delle forze in condizioni sismiche e considera quella più sfavorevole. Il modello di calcolo adottato si basa sui metodi all'equilibrio limite. Le verifiche dei cinematismi a cuneo sono state effettuate in riferimento alla massima altezza raggiunta dal fronte allo stato finale, nonché in riferimento alla singola alzata ed al ribasso.

Le azioni sismiche di progetto sono state considerate nel modello di calcolo secondo quanto indicato in precedenza nell'apposito paragrafo "*Caratterizzazione sismica del sito (D.M. 14/01/2008)*".

Si specifica che nelle verifiche il coefficiente riduttivo "beta" è stato considerato pari a 0,2 (Tab. 7.11.I del D.M. 14/1/08 - cat. A - $a_g \leq 0,1$).

I parametri geotecnici-geomeccanici dell'ammasso roccioso e dei giunti di discontinuità sono chiaramente indicati nel listati di calcolo in allegato alla presente; per la scelta dei parametri si rimanda a quanto indicato al precedente paragrafo "*Principali parametri di input utilizzati*".

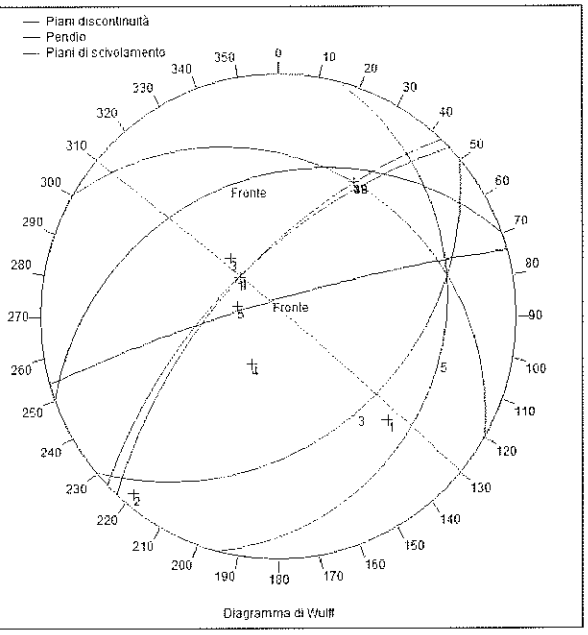
La resistenza al taglio lungo i giunti di discontinuità coinvolti viene calcolata dal modello secondo il criterio di Barton.

Per quanto concerne lo stato tensionale si rimanda agli output di calcolo delle verifiche eseguite.

Si specifica quindi che i valori dell'angolo d'attrito (phi1 e phi2) mobilitati sui piani di scivolamento del cuneo e riportati negli allegati di verifica (stato tensionale) sono già corretti secondo i coefficienti parziali di cui al DM'08.

I dati di input e di output del modello sono dettagliati negli elaborati di calcolo allegati alla presente relazione; in particolare dalle risultanze ottenute emergono fattori di sicurezza sempre compatibili con quanto previsto dalla legislazione vigente.

1 - FRONTE SUD

Immersione pendio superiore (°): 340 Immersione pendio inferiore (°): 344 Inclinazione pendio superiore (°): 30 Inclinazione pendio inferiore (°): 82 Altezza parete di verifica(m): 24,0 Tabella parametri geometrici altezza max fronte blocco 1 Fs min = 0,61 (non verificato senza coesione-ponti di roccia) blocco 1 Fs min = 3,64 (verificato con coesione-ponti di roccia del giunto K1)	

Il cuneo cinematicamente possibile a cui fare riferimento negli output di calcolo allegati è il "blocco 1" – intersezione set Ks e K1.

Studio Geologico Paolo Marangon
Via Bonomelli, 16 – 28845 Domodossola (VB)
Tel. +39 0324 249100 – Fax. +39 0324 249100 – ✉ marageo@libero.it

I dati di calcolo allegati in calce alla presente relazione mettono in evidenza fattori di sicurezza conformi ai minimi di Legge anche nell'ipotesi massimamente cautelativa di giunti privi di ponti di roccia.

L'analisi dei cinematismi locali precedentemente svolta è stata condotta considerando cautelativamente, in prima istanza, l'assenza di ponti di roccia; in una seconda fase, appurato che i risultati ottenuti non soddisfacevano (in tale condizione di massima cautela) i fattori minimi di Legge, sono state rielaborate considerando la presenza di ponti di roccia, ossia utilizzando un valore ponderato e cautelativo di tale parametro in base alla persistenza rilevata di alòmeno uno dei giunti conivolti (K1).

Valutazione della coesione tra i giunti in termini di ponti di roccia

I dati di calcolo allegati in calce mettono in evidenza come la verifica numerica dei cinematismi a cuneo del fronte Sud, in condizioni sismiche, fornisce valori del Fs < 1,1 non compatibile con il valore minimo indicato dalla normativa.

Sulla base delle condizioni geometriche e geostrutturali della discontinuità che determina il cinematismo oggetto di verifica, ed in particolare sulla scorta dei dati di campagna acquisiti durante i rilievi (prevalentemente persistenza ed apertura dei sets coinvolti), si è proceduto con la stima della coesione lungo il giunto K1 interessato (insieme a Ks), in termini di ponti di roccia, al fine di poter riformulare le verifiche dei cinematismi in condizioni più realistiche.

Per la valutazione di tale parametro il primo step è stato quello di adottare un valore di coesione pari al 20% del valore di JCS. Si sono ottenuti i seguenti dati primari:

	JCS [MPa]	c ponti di roccia = 20% JCS
K_1	90	18

Tuttavia il valore "corretto" sopra indicato rappresenta la resistenza totale lungo il giunto in condizioni ideali di pieno contatto tra la superficie della discontinuità.

Considerando quindi in via ragionevolmente cautelativa che sulla superficie totale di contatto tra i giunti, solamente una percentuale del 5% si caratterizzi per la presenza di ponti di roccia ($C'_{\text{ponti di roccia}} = [5\% * c_{\text{ponti di roccia}}]$), si ottiene:

	c ponti di roccia [MPa]	C' ponti di roccia [MPa]
K_1	18	0,9

Ricavando cautelativamente il valore caratteristico del parametro coesione, come 5° percentile, si ottiene:

dati	media	Y
0,90	0,90	-0,148
	COV %	S
	30	0,294
	n° dati	
	1	

Xk: 0,53 Valore caratteristico

Xd: 0,4 Valore di progetto

K1 -> $c_{k\ \text{ponti di roccia}}$ = 0,53 MPa

Il valore finale ottenuto viene ulteriormente "corretto", ai sensi delle NTC'08, nel seguente modo:

K1 -> $c = c_{k\ \text{ponti di roccia}} * (1{,}25/1{,}6) = \underline{0{,}41\ \text{MPa}}$

Studio Geologico Paolo Marangon
Via Bonomelli, 16 – 28845 Domodossola (VB)
Tel. +39 0324 249100 – Fax. +39 0324 249100 – ✉ marageo@libero.it

Tale valore verrà introdotto come coesione in termini di ponti di roccia relativamente alla discontinuità K1 coinvolta dal potenziale cinematismo a cuneo al fronte Sud, come emerso dall'analisi geometrica di Markland.
I dati di calcolo allegati in calce alla presente relazione mettono in evidenza fattori di sicurezza conformi ai minimi di Legge considerando ragionevolmente una coesione lungo il giunto K1 (in via cautelativa invece assente nel giunto Ks) per effetto dei ponti di roccia.

- OPERE DI REGIMAZIONE E SMALTIMENTO DELLE ACQUE METEORICHE

Per quanto riguarda il sistema di regimazione delle acque meteoriche interferenti con l'area di cava, e le relative verifiche di compatibilità idraulica, si rimanda a quanto previsto nel progetto autorizzato.

- VASCHE DI DECANTAZIONE ESISTENTI

Anche per quanto concerne il sistema di raccolta e sedimentazione delle acque intercettate dalla rete di regimazione delle acque meteoriche interferenti con l'area di cava nonché delle acque di lavorazione, si rimanda a quanto previsto nel progetto autorizzato.

- CRITERI TECNICO-ESECUTIVI

Dopo aver analizzato le caratteristiche geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche dell'area in oggetto, nonché aver eseguito le opportune verifiche di stabilità sia sull'ammasso roccioso che sui depositi detritici, possono esprimersi i seguenti criteri tecnici e le modalità esecutive da adottarsi per realizzare il lavori di escavazione compatibilmente con l'assetto geostatico ed idrogeologico del territorio.

Scavi in roccia: viste le caratteristiche geomeccaniche e la giacitura dei set di fratturazione del substrato roccioso, i lavori di scavo dovranno essere eseguiti secondo abbattimenti controllati, possibilmente coincidenti con i piani di debolezza individuati dalle superfici di discontinuità. In particolare lo sviluppo del fronte Sud-Ovest dovrà seguire l'effettivo andamento giaciturale (direzione e inclinazione) del giunto K1.
Con lo sviluppo dell'attività di coltivazione, si dovrà procedere all'aggiornamento geostrutturale dell'ammasso roccioso, in modo da controllare i dati giaciturali rilevati ad oggi.

Opere di regimazione delle acque superficiali: per ciò che concerne le gestione delle acque all'interno dell'area di cava si rimanda a quanto previsto nel progetto autorizzato.

- CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

L'attività estrattiva e le opere accessorie alla stessa, se eseguite secondo quanto riportato nel progetto di coltivazione e secondo quanto emerso dalla presente indagine geologico-tecnica, possono ritenersi compatibili con l'assetto idrogeologico del territorio e con la stabilità dello stesso.

Domodossola, dicembre 2016

Studio Geologico Paolo Marangon
Via Bonomelli, 16 – 28845 Domodossola (VB)
Tel. +39 0324 249100 – Fax. +39 0324 249100 – ✉ marageo@libero.it

DATI DI CALCOLO
VERIFICA DI STABILITA' GLOBALE

Fronte Sud

CONDIZIONI SISMICHE

Studio geologico Marangon
Via Bonomelli, 16-28845 Domodossola (VB)-0324 249100

Committente: Gemma S.r.l.

Località: Pianasca - Villadossola

Data: Dicembre2016

Riferimenti: Stab Globale Fronte Sud

Coordinate del profilo topografico

Ascisse X (m)	*Ordinate Y (m)*
0	0,04
10,15	0
10,42	5,03
10,92	5,03
11,18	10,06
11,68	10,06
11,94	15,03
12,44	15,03
12,73	20,53
13,23	20,53
13,3	21,97
13,8	21,98
13,93	24,05
17,66	25,1
23,95	35,4
30,92	38,47

Studio geologico Marangon
Via Bonomelli, 16-28845 Domodossola (VB)-0324 249100

Committente: Gemma S.r.l.

Località: Pianasca - Villadossola

Data: Dicembre2016

Riferimenti: Stab Globale Fronte Sud

Parametri geomeccanici dell'ammasso roccioso

Parametri ammasso roccioso (valori caratteristici):

Descrizione litologica:

Ortogneiss granitoide (beola)	
Strato n.	1
G.S.I. (Geological Strength Index):	62
Indice Q della classificazione di Barton:	12,5
Coefficiente di Poisson:	0,22
Peso di volume sopra falda(kN/mc):	26,3
Peso di volume sotto falda(kN/mc):	26,3
Costante mi della roccia:	28
Resistenza compressione monoassiale(MPa):	72,5
Modulo elastico ammasso roccioso(MPa):	26382,5
Fattore di disturbo dell'ammasso roccioso:	0,7
Caratteristiche idrogeologiche:	Livello impermeabile

Studio geologico Marangon
Via Bonomelli, 16-28845 Domodossola (VB)-0324 249100

Committente: Gemma S.r.l.

Località: Pianasca - Villadossola

Data: Dicembre2016

Riferimenti: Stab Globale Fronte Sud

Parametri geomeccanici del terreno: strato n.1

Parametri giunti meccanici (valori caratteristici):

Immersione(°)	*Inclinazione(°)*	*JCS (MPa):*	*JRC*	*Phi base(°)*	*Spaziatura(cm)*	*Apertura(mm)*	*Phi riempimento(°)*	*C riempimento (MPa):*
313	64	101	8	29	20	2	0	0
40	87	90	6	29	30	3	0	0
140	35	92	8	29	35	1	0	0
30	25	106	10	29	180	2,5	0	0
105	20	91	8	29	200	1,5	0	0

Studio geologico Marangon
Via Bonomelli, 16-28845 Domodossola (VB)-0324 249100

Committente: Gemma S.r.l.

Località: Pianasca - Villadossola Data: Dicembre2016

Riferimenti: Stab Globale Fronte Sud

Analisi di stabilità: riepilogo dei coefficienti di sicurezza

Numero	X valle m	Y valle m	X monte m	Y monte m	Fellenius	Bishop	Janbu	G.L.E.	Sarma	Spencer
1	12,28	15,03	20,47	29,7		6,797	7,879			
2	12,28	15,03	23,67	34,94		6,208	7,167			
3	11,68	10,13	20,88	30,37		4,284	5,385			
4	10,36	3,96	19,08	27,43		3,369	3,593			
5	10,99	6,42	21,81	31,89		3,759	4,572			
6	11,37	10,06	18,59	26,62						
7	10,49	5,03	22,13	32,42						
8	11,36	10,06	21,8	31,87						
9	10,55	5,03	19,5	28,11						
10	10,12	0	22,15	32,45		2,921	3,186			
11	12,23	15,03	16,68	24,83						
12	10,66	5,03	19,39	27,94						
13	11,22	10,06	19,29	27,77						
14	10,35	3,8	21,38	31,2		3,455	4,122			
15	10,22	1,35	23,23	34,22		3,158	3,777			
16	12,19	15,03	20,25	29,35						
17	12,38	15,03	20,9	30,41		6,817	7,881			
18	11,02	6,9	21,47	31,34		3,689	4,714			
19	11,21	10,06	22,69	33,33						
20	10,25	1,79	21,44	31,3		3,23	3,92			
21	10,47	5,03	18,31	26,17						
22	12,37	15,03	18,65	26,72		6,499	7,497			
23	10,6	5,03	23,02	33,88						
24	12,14	15,03	23,19	34,15						
25	11,98	15,03	20,83	30,29						
26	10,46	5,03	21,22	30,94						
27	12,3	15,03	20,31	29,43		6,437	7,666			
28	11,88	13,81	18,88	27,1		6,007	7,188			
29	10,7	5,03	18,27	26,1						
30	10,57	5,03	23,92	35,36						
31	10,95	5,58	20,9	30,41		3,645	4,482			
32	10,65	5,03	17,77	25,28						
33	11,11	8,79	22,66	33,28		4,157	4,993			
34	11,35	10,06	21,51	31,41						
35	10,59	5,03	22,06	32,3						
36	12,62	18,45	23,52	34,7		16,688	18,361			
37	11,12	8,88	16,76	24,85		4,274	6,262			
38	10,13	0	19,91	28,79		2,898	4,124			
39	11,8	12,29	23,64	34,9		4,974	5,831			
40	11,09	8,4	22,16	32,47		4,155	4,985			
41	12,3	15,03	18,93	27,18		6,753	7,695			
42	11,93	14,82	19,92	28,8		7,217	8,233			
43	12,06	15,03	17,45	25,04						
44	11,59	10,06	19,46	28,05		4,507	5,53			
45	10,15	0	23	33,85		2,837	2,956			
46	10,2	0,88	18,43	26,36		3,083	3,383			
47	11,37	10,06	22,89	33,67						
48	11,78	12,03	19,1	27,46		5,046	6,259			
49	11,03	7,25	18,92	27,16		4,035	5,064			
50	12,04	15,03	21,14	30,8						
51	10,38	4,26	21,39	31,21		3,419	4,388			
52	11,44	10,06	23,22	34,2		4,447	5,237			
53	11,7	10,41	22,48	33		4,39	5,272			
54	11,09	8,26	17,43	25,04		4,338	5,481			

Studio geologico Marangon
Via Bonomelli, 16-28845 Domodossola (VB)-0324 249100

Numero	X valle m	Y valle m	X monte m	Y monte m	Fellenius	Bishop	Janbu	G.L.E.	Sarma	Spencer
55	12,33	15,03	20,29	29,41		6,353	7,621			
56	11,66	10,06	18,21	26		4,189	5,102			
57	12,27	15,03	22,04	32,27		6,595	7,705			
58	12,52	16,58	20,65	29,99		9,044	10,146			
59	12,19	15,03	19,46	28,04						
60	11,8	12,36	23,73	35,04		5,037	5,882			
61	12,52	16,53	23,17	34,12		9,942	10,974			
62	12,22	15,03	22,69	33,34		7,253	8,198			
63	10,95	5,53	17,23	24,98		3,44	5,307			
64	10,45	5,03	20,7	30,07						
65	10,25	1,95	19,95	28,85		3,187	4,171			
66	10,33	3,37	22,82	33,55		3,412	4,088			
67	11,76	11,55	21,01	30,59		4,714	5,855			
68	12,37	15,03	20,86	30,33		7,448	8,365			
69	11,32	10,06	17,34	25,01						
70	10,8	5,03	20,87	30,36		3,501	4,413			
71	11,81	12,55	22,07	32,32		5,929	6,704			
72	10,94	5,48	22,29	32,68		3,734	4,415			
73	10,41	4,77	19,93	28,82		3,501	4,678			
74	12,25	15,03	18,04	25,72						
75	11,43	10,06	16,7	24,83						
76	10,45	5,03	19,05	27,37						
77	11,71	10,63	17,43	25,03		4,585	5,805			
78	11,49	10,06	17,18	24,96						
79	12,2	15,03	21,97	32,16						
80	10,51	5,03	16,59	24,8						
81	12,01	15,03	21,55	31,47						
82	11,27	10,06	16,78	24,85						
83	11,85	13,38	21,22	30,93		6,593	7,409			
84	10,73	5,03	21,56	31,49		3,369	3,611			
85	11,26	10,06	22,57	33,15						
86	11,43	10,06	16,95	24,9						
87	12,04	15,03	17,45	25,04						
88	12,59	17,82	21,54	31,45		10,42	11,893			
89	12,64	18,76	22,1	32,36		16,1	18,012			
90	12,03	15,03	20,17	29,21						
91	12,46	15,44	20,47	29,7		7,486	8,477			
92	11,71	10,56	17,57	25,07		4,239	6,037			
93	12,42	15,03	21,45	31,31		6,233	7,433			
94	11,46	10,06	18,99	27,28						
95	11,31	10,06	21,56	31,49						
96	12,23	15,03	23,4	34,5		6,545	7,489			
97	11,47	10,06	20,62	29,94		4,705	5,587			
98	11,36	10,06	17,29	25						
99	12,14	15,03	19	27,29						
100	11,97	15,03	22,51	33,04						

Accelerazione sismica orizzontale (g):..... 0,08

Coefficiente beta.....:0,2

Accelerazione sismica verticale (g):..... 0,04

Normativa di riferimento: D.M.14.01.2008 (Appr.I Comb.2)

Studio geologico Marangon
Via Bonomelli, 16-28845 Domodossola (VB)-0324 249100

Committente: Gemma S.r.l.

Località: Pianasca - Villadossola

Data: Dicembre2016

Riferimenti: Stab Globale Fronte Sud

Analisi di stabilità: riepilogo delle superficie con coefficiente di sicurezza minimo

Superf.	Fs minimo	Metodo di calcolo	Concio	X base m	Y base m	Lunghezza m	Inclinazione °	Volume mc	Peso kN	Altezza falda m	Carichi N	Carichi T	Phi (°)	C(MPa)	Parametri	Fs parziale
45	2,837	Bishop semplificato		10,15	0											
			1	10,792	0,586	0,87	42,4	1,428	37,18	0	0	0	67,4	0,2335	ammasso	7,117
			2	11,435	1,199	0,89	43,6	4,275	111,54	0	0	0	64,6	0,2511	ammasso	4,067
			3	12,077	1,84	0,91	45	7,085	184,22	0	0	0	62,8	0,2711	ammasso	3,353
			4	12,72	2,513	0,93	46,3	9,966	260,27	0	0	0	61,3	0,292	ammasso	2,98
			5	13,363	3,218	0,95	47,7	11,753	307,59	0	0	0	60,6	0,3036	ammasso	2,808
			6	14,005	3,96	0,98	49,1	12,487	326,18	0	0	0	60,5	0,3064	ammasso	2,728
			7	14,648	4,74	1,01	50,5	12,731	332,94	0	0	0	60,5	0,3056	ammasso	2,68
			8	15,29	5,564	1,04	52	12,332	322,8	0	0	0	60,8	0,3	ammasso	2,669
			9	15,933	6,436	1,08	53,6	11,903	310,97	0	0	0	61,2	0,294	ammasso	2,666
			10	16,576	7,36	1,13	55,2	11,442	299,14	0	0	0	61,6	0,2881	ammasso	2,667
			11	17,218	8,346	1,18	56,9	10,945	287,31	0	0	0	62	0,2823	ammasso	2,674
			12	17,861	9,401	1,24	58,7	10,493	275,48	0	0	0	62,4	0,2765	ammasso	2,686
			13	18,503	10,537	1,31	60,5	10,273	268,72	0	0	0	62,7	0,2719	ammasso	2,692
			14	19,146	11,77	1,39	62,5	10,188	265,34	0	0	0	63,1	0,2679	ammasso	2,696
			15	19,789	13,123	1,5	64,6	10,033	261,96	0	0	0	63,4	0,2637	ammasso	2,708
			16	20,431	14,628	1,64	66,9	9,791	256,89	0	0	0	63,8	0,259	ammasso	2,733
			17	21,074	16,338	1,83	69,4	9,434	246,75	0	0	0	64,4	0,2534	ammasso	2,783
			18	21,716	18,349	2,11	72,3	8,915	231,54	0	0	0	65,1	0,2472	ammasso	2,866
			19	22,359	20,876	2,61	75,7	8,133	211,26	0	0	0	66	0,2408	ammasso	2,997
			20	23,002	24,704	3,88	80,5	6,767	175,77	0	0	0	67,3	0,2339	ammasso	3,27

Superf.	Fs minimo	Metodo di calcolo	Concio	X base m	Y base m	Lunghezza m	Inclinazione °	Volume mc	Peso kN	Altezza falda m	Carichi N	Carichi T	Phi (°)	C(MPa)	Parametri	Fs parziale

LEGENDA

Carichi N= Carichi normali (kN)

Carichi T= Carichi tangenziali (kN)

Phi= Angolo di resistenza al taglio (°)

C= Coesione (MPa)

N.B.: dove il fattore di sicurezza parziale è <1 viene usata la resistenza al taglio residua.

Accelerazione sismica orizzontale (g):..... 0,08

Accelerazione sismica verticale (g):..... 0,04

Coefficiente beta.....:0,2

Normativa di riferimento: D.M.14.01.2008 (Appr.I Comb.2)

DATI DI CALCOLO
VERIFICA DI STABILITA' GLOBALE

Fronte Sud-Ovest

CONDIZIONI SISMICHE

Studio geologico Marangon
Via Bonomelli, 16-28845 Domodossola (VB)-0324 249100

Committente: Gemma S.r.l.

Località: Pianasca - Villadossola

Data: Dicembre2016

Riferimenti: Stab Globale Fronte SW

Coordinate del profilo topografico

Ascisse X (m)	*Ordinate Y (m)*
0	0
15,82	0
16,09	5,16
16,59	5,16
16,85	10,13
17,35	10,13
17,64	15,63
18,14	15,63
18,3	18,72
18,8	18,72
18,84	19,4
20,32	19,4
30,12	34,76
37,23	37,45
45,18	39,87

Studio geologico Marangon
Via Bonomelli, 16-28845 Domodossola (VB)-0324 249100

Committente: Gemma S.r.l.

Località: Pianasca - Villadossola

Data: Dicembre2016

Riferimenti: Stab Globale Fronte SW

Analisi di stabilità: riepilogo dei coefficienti di sicurezza

Numero	X valle m	Y valle m	X monte m	Y monte m	Fellenius	Bishop	Janbu	G.L.E.	Sarma	Spencer
1	17,42	11,37	23,89	24,99		4,874	4,446			
2	17,11	10,13	27,85	31,2		3,337	3,019			
3	17,62	15,3	28,42	32,1		19,875	20,84			
4	16,07	4,71	29,87	34,36		2,933	2,56			
5	16,09	5,16	22,48	22,79						
6	16,09	5,09	21,69	21,55						
7	16,68	6,96	27,72	30,99		3,373	3,047			
8	15,79	0	24,21	25,5		2,226	1,975			
9	17,72	15,63	23,04	23,66						
10	17,34	10,13	28,8	32,68		4,253	3,966			
11	15,93	2,09	27,05	29,95		2,523	2,111			
12	15,9	1,45	21,6	21,41		2,756	2,454			
13	17,07	10,13	23,63	24,59						
14	17,05	10,13	28,71	32,56						
15	17,63	15,48	29,55	33,87						
16	16,91	10,13	29,42	33,67						
17	17,74	15,63	26,72	29,43						
18	17,44	11,87	24,51	25,97		4,839	4,38			
19	15,76	0	23,86	24,96		2,269	2,086			
20	16,8	9,2	22,77	23,24		3,743	3,307			
21	16,97	10,13	27,96	31,37						
22	17,63	15,38	26,44	29		21,916	23,429			
23	15,68	0	22	22,04		2,347	1,939			
24	17,23	10,13	25,48	27,49		4,424	4,06			
25	15,71	0	22,44	22,72		2,605	2,327			
26	17,11	10,13	28,98	32,97		4,085	3,708			
27	15,82	0,08	24,14	25,39		2,307	2,036			
28	16,46	5,16	26,37	28,89		2,711	2,324			
29	16,44	5,16	26,95	29,8		2,859	2,422			
30	16,19	5,16	21,74	21,62						
31	16,56	5,16	21,77	21,67		3,003	2,538			
32	15,94	2,36	23,23	23,96		2,595	2,344			
33	17,36	10,38	29,28	33,44		3,422	3,156			
34	17,47	12,43	23,18	23,88		5,845	5,397			
35	17,25	10,13	27,71	30,98		3,503	3,145			
36	15,67	0	23,32	24,1		2,395	2,183			
37	16,79	9,04	28,79	32,67		3,413	3,017			
38	15,84	0,31	29,72	34,13		2,415	2,089			
39	17,67	15,63	25,02	26,76						
40	17,41	11,22	28,48	32,2		4,803	4,497			
41	15,63	0	30,16	34,78		2,415	2,1			
42	17,12	10,13	25,99	28,29						
43	16,43	5,16	24,7	26,27		2,991	2,546			
44	16,52	5,16	26,39	28,91		2,702	2,326			
45	17,51	13,12	24,51	25,97		7,341	7,157			
46	17,24	10,13	25,07	26,85		3,392	3,036			
47	17,05	10,13	21,36	21,04						
48	15,72	0	29,33	33,52		2,251	1,932			
49	15,72	0	30,26	34,81		2,372	2,044			
50	15,88	1,21	28,96	32,94		2,479	2,125			
51	15,92	1,98	23,23	23,96		2,482	2,029			
52	16,21	5,16	25,33	27,26						
53	17,65	15,63	26,54	29,14						
54	17,06	10,13	26,06	28,39						

Studio geologico Marangon
Via Bonomelli, 16-28845 Domodossola (VB)-0324 249100

Numero	X valle m	Y valle m	X monte m	Y monte m	Fellenius	Bishop	Janbu	G.L.E.	Sarma	Spencer
55	16,47	5,16	21,8	21,71		2,85	2,505			
56	16,45	5,16	22,02	22,06						
57	16,21	5,16	26,19	28,6						
58	17,72	15,63	27,92	31,31						
59	16,51	5,16	28,32	31,94		2,867	2,493			
60	16,4	5,16	25,35	27,28		2,909	2,447			
61	16,92	10,13	26,95	29,8						
62	16,32	5,16	24,53	25,99						
63	16,51	5,16	28,94	32,91		2,474	2,176			
64	17,16	10,13	21,8	21,72						
65	15,82	0	29,7	34,11		2,237	1,912			
66	17,33	10,13	26,15	28,53		3,845	3,415			
67	16,35	5,16	25,92	28,17						
68	17,31	10,13	25,71	27,85		4,343	3,961			
69	16,23	5,16	28,18	31,72						
70	16,9	10,13	21,79	21,71						
71	16,65	6,34	21,34	21		3,128	2,592			
72	16,29	5,16	22,73	23,18						
73	17,65	15,63	29,07	33,12						
74	16,33	5,16	26,78	29,52						
75	17,46	12,23	25,65	27,75		6,32	6,165			
76	16,45	5,16	28,03	31,49		2,921	2,543			
77	15,78	0	29,31	33,49		2,232	1,908			
78	17,11	10,13	26,95	29,8						
79	16,08	5,03	23,4	24,22						
80	15,72	0	23,03	23,64		2,409	2,027			
81	15,6	0	22,82	23,33						
82	16,76	8,4	23,59	24,53		3,425	2,926			
83	17,59	14,63	28,03	31,48		8,232	8,093			
84	16,07	4,83	29,44	33,69		2,741	2,369			
85	17,01	10,13	22	22,03						
86	17,19	10,13	26,68	29,36		4,302	3,901			
87	17,33	10,13	28,04	31,49		4,029	3,627			
88	16,94	10,13	26,37	28,88						
89	17,35	10,18	27,07	29,98		3,488	3,109			
90	15,69	0	25,96	28,24		2,301	1,896			
91	15,8	0	23,56	24,48		2,328	1,93			
92	17,78	15,63	27,45	30,57						
93	17,63	15,5	22,77	23,24						
94	17,35	10,13	24,97	26,69		3,883	3,425			
95	17,53	13,47	22,98	23,57		8,006	7,846			
96	17,28	10,13	28,04	31,5		4,376	4,106			
97	16,87	10,13	29,7	34,1						
98	16,44	5,16	28,35	31,99		2,874	2,501			
99	16,64	6,02	23,78	24,82		3,023	2,519			
100	17,21	10,13	27,74	31,03		3,838	3,445			

Accelerazione sismica orizzontale (g):..... 0,08

Coefficiente beta.....:0,2

Accelerazione sismica verticale (g):..... 0,04

Normativa di riferimento: D.M.14.01.2008 (Appr.I Comb.2)

Studio geologico Marangon
Via Bonomelli, 16-28845 Domodossola (VB)-0324 249100

Committente: Gemma S.r.l.

Località: Pianasca - Villadossola Data: Dicembre2016

Riferimenti: Stab Globale Fronte SW

Analisi di stabilità: riepilogo delle superficie con coefficiente di sicurezza minimo

Superf.	Fs minimo	Metodo di calcolo	Concio	X base m	Y base m	Lunghezza m	Inclinazione °	Volume mc	Peso kN	Altezza falda m	Carichi N	Carichi T	Phi (°)	C(MPa)	Parametri	Fs parziale
90	1,896	Janbu semplificato		15,692	0											
			1	16,205	0,542	0,75	46,5	1,186	31,07	0	0	0	67,5	0,2333	ammasso	5,285
			2	16,719	1,107	0,76	47,7	2,859	74,29	0	0	0	65,5	0,2444	ammasso	3,387
			3	17,232	1,696	0,78	48,9	3,839	99,95	0	0	0	64,6	0,2517	ammasso	2,978
			4	17,746	2,311	0,8	50,2	5,586	145,87	0	0	0	63,2	0,2655	ammasso	2,6
			5	18,26	2,955	0,82	51,4	7,267	189,1	0	0	0	62,3	0,2783	ammasso	2,387
			6	18,773	3,63	0,85	52,7	7,722	201,25	0	0	0	62,1	0,2804	ammasso	2,315
			7	19,287	4,338	0,87	54,1	7,743	202,6	0	0	0	62,2	0,2788	ammasso	2,278
			8	19,8	5,083	0,91	55,4	7,544	197,2	0	0	0	62,5	0,2751	ammasso	2,262
			9	20,314	5,87	0,94	56,9	7,151	186,39	0	0	0	62,9	0,2699	ammasso	2,264
			10	20,827	6,703	0,98	58,4	6,939	180,99	0	0	0	63,2	0,2663	ammasso	2,253
			11	21,341	7,59	1,02	59,9	6,908	180,99	0	0	0	63,4	0,2641	ammasso	2,228
			12	21,854	8,537	1,08	61,5	6,85	179,64	0	0	0	63,6	0,2615	ammasso	2,211
			13	22,368	9,557	1,14	63,3	6,759	176,94	0	0	0	63,9	0,2585	ammasso	2,199
			14	22,882	10,664	1,22	65,1	6,626	172,89	0	0	0	64,2	0,2551	ammasso	2,195
			15	23,395	11,878	1,32	67,1	6,443	167,48	0	0	0	44,7	0,0007	giunto	1,23
			16	23,909	13,232	1,45	69,2	6,197	160,73	0	0	0	45	0,0006	giunto	1,258
			17	24,422	14,778	1,63	71,6	5,866	152,63	0	0	0	45,5	0,0005	giunto	1,297
			18	24,936	16,613	1,91	74,4	5,411	141,82	0	0	0	46,1	0,0004	giunto	1,351
			19	25,449	18,972	2,41	77,7	4,748	124,26	0	0	0	47,1	0,0003	giunto	1,434
			20	25,963	23,018	4,08	82,8	3,516	91,85	0	0	0	49,3	0,0002	giunto	1,597

Superf.	Fs minimo	Metodo di calcolo	Concio	X base m	Y base m	Lunghezza m	Inclinazione °	Volume mc	Peso kN	Altezza falda m	Carichi N	Carichi T	Phi (°)	C(MPa)	Parametri	Fs parziale

LEGENDA

Carichi N= Carichi normali (kN)

Carichi T= Carichi tangenziali (kN)

Phi= Angolo di resistenza al taglio (°)

C= Coesione (MPa)

N.B.: dove il fattore di sicurezza parziale è <1 viene usata la resistenza al taglio residua.

Accelerazione sismica orizzontale (g):..... 0,08

Accelerazione sismica verticale (g):..... 0,04

Coefficiente beta.....:0,2

Normativa di riferimento: D.M.14.01.2008 (Appr.I Comb.2)

DATI DI CALCOLO
VERIFICA DI STABILITA' GLOBALE

Fronte Nord-Est

CONDIZIONI SISMICHE

Studio geologico Marangon
Via Bonomelli, 16-28845 Domodossola (VB)-0324 249100

Committente: Gemma S.r.l.

Località: Pianasca - Villadossola

Data: Dicembre2016

Riferimenti: Stab Globale Fronte NE

Coordinate del profilo topografico

Ascisse X (m)	*Ordinate Y (m)*
0	0
9,24	0
9,5	5,03
10	5,03
10,26	10
10,76	10
11,05	15,5
11,55	15,5
11,71	18,68
11,94	18,69
16,1	20,69
21,71	21

Studio geologico Marangon
Via Bonomelli, 16-28845 Domodossola (VB)-0324 249100

Committente: Gemma S.r.l.

Località: Pianasca - Villadossola

Data: Dicembre2016

Riferimenti: Stab Globale Fronte NE

Analisi di stabilità: riepilogo dei coefficienti di sicurezza

Numero	X valle m	Y valle m	X monte m	Y monte m	Fellenius	Bishop	Janbu	G.L.E.	Sarma	Spencer
1	9,87	5,03	15,64	20,47		4,53	5,842			
2	10,04	5,76	14,51	19,92		4,852	6,926			
3	9,49	4,78	17,14	20,75						
4	10,47	10	18,59	20,83						
5	9,29	1,03	18,58	20,83		3,794	4,161			
6	10,52	10	13,95	19,66						
7	10,72	10	14,25	19,8		6,572	8,685			
8	9,47	4,39	17,91	20,79		4,775	5,069			
9	10,22	9,32	16,8	20,73		6,853	7,141			
10	10,14	7,67	15,61	20,45		5,605	6,659			
11	10,48	10	16,01	20,65						
12	10,29	10	16,68	20,72						
13	10,26	10	17,74	20,78						
14	9,65	5,03	17,55	20,77						
15	9,17	0	16,16	20,69		3,544	4,698			
16	10,28	10	18,32	20,81						
17	10,46	10	17,06	20,74						
18	10,66	10	18,98	20,85						
19	9,93	5,03	18,49	20,82		4,497	4,797			
20	9,48	4,66	15,88	20,58						
21	10,5	10	15,04	20,18						
22	9,94	5,03	17,47	20,77		4,6	4,988			
23	10,2	8,95	14,75	20,04		7,042	8,138			
24	9,75	5,03	14,1	19,73						
25	9,27	0,67	15,14	20,23		3,643	5,383			
26	10,69	10	16,24	20,7		6,437	7,035			
27	9,98	5,03	16,4	20,71		4,701	5,387			
28	10,31	10	18,07	20,8						
29	10,36	10	14,59	19,96						
30	9,59	5,03	17,07	20,74						
31	10,46	10	15,56	20,43						
32	10,54	10	14,03	19,69						
33	10,38	10	18,81	20,84						
34	10,41	10	17,56	20,77						
35	10,76	10	16,78	20,73		6,323	6,675			
36	9,24	0,08	16,31	20,7		3,533	4,589			
37	10,27	10	14,28	19,81						
38	10,54	10	17,08	20,74						
39	10,13	7,53	17,69	20,78		5,513	5,759			
40	10,39	10	16,31	20,7						
41	10,16	8,17	17,36	20,76		5,736	6,073			
42	10,46	10	15,96	20,62						
43	9,32	1,49	15,16	20,24		4,134	5,468			
44	10,45	10	14,07	19,71						
45	10,44	10	16,75	20,73						
46	9,78	5,03	15,22	20,27						
47	9,46	4,27	16,38	20,71		4,776	5,513			
48	9,65	5,03	17,58	20,77						
49	10,29	10	18,08	20,8		8015501	2365714			
50	9,34	1,92	14,31	19,83		3,89	6,646			
51	9,46	4,3	14,54	19,94		4,935	6,878			
52	9,94	5,03	16,34	20,7		4,66	5,429			
53	10,67	10	16,02	20,65		6,52	7,181			
54	10,29	10	16,48	20,71						

Studio geologico Marangon
Via Bonomelli, 16-28845 Domodossola (VB)-0324 249100

Numero	X valle m	Y valle m	X monte m	Y monte m	Fellenius	Bishop	Janbu	G.L.E.	Sarma	Spencer
55	9,54	5,03	15,05	20,18						
56	9,42	3,45	14,52	19,93		4,881	6,262			
57	10,49	10	16,79	20,73						
58	10,49	10	16,31	20,7						
59	9,31	1,31	17,45	20,76		3,878	4,412			
60	10,16	8,08	18,33	20,81		5,533	5,761			
61	10,28	10	16,89	20,73						
62	10,12	7,34	17,68	20,78		5,321	5,63			
63	10,67	10	15,54	20,42		6,552	7,399			
64	10,12	7,42	18,79	20,84		5,335	5,508			
65	9,82	5,03	16,79	20,73						
66	10,77	10,24	17,77	20,78		6,352	6,551			
67	9,67	5,03	17,02	20,74						
68	10,12	7,28	17,97	20,79		5,388	5,601			
69	9,77	5,03	14,42	19,88						
70	9,39	2,89	18,48	20,82		4,157	4,504			
71	10,02	5,44	17,83	20,79		4,57	4,979			
72	10,72	10	17,64	20,77		6,206	6,409			
73	9,58	5,03	18,2	20,81						
74	10,2	8,81	18,97	20,85		6,27	6,341			
75	10,1	6,99	18,28	20,81		5,178	5,386			
76	9,39	2,89	15,73	20,51		4,301	5,456			
77	9,27	0,59	16,6	20,72		3,69	4,59			
78	10,33	10	16,98	20,74						
79	10,19	8,71	18,73	20,84		6,26	6,338			
80	9,98	5,03	15,51	20,4		4,475	5,776			
81	9,78	5,03	14,19	19,77						
82	9,79	5,03	16,65	20,72						
83	9,22	0	16,89	20,73		3,635	4,403			
84	9,27	0,63	17,33	20,76		3,641	4,32			
85	10,45	10	16,65	20,72						
86	10,42	10	16,16	20,69						
87	10,42	10	14,81	20,07						
88	10,03	5,59	16,11	20,69		4,827	5,684			
89	10,66	10	14,76	20,04						
90	10,74	10	16,98	20,74		6,076	6,511			
91	9,24	0	18,48	20,82		3,644	4,022			
92	9,5	5,03	18,62	20,83						
93	10,18	8,53	18,94	20,85		5,82	5,978			
94	10,08	6,56	14,96	20,14		4,991	6,754			
95	10,36	10	14,78	20,05						
96	10,37	10	17,87	20,79						
97	9,33	1,69	14,98	20,15		3,767	4,083			
98	9,93	5,03	17,81	20,78		4,643	4,969			
99	9,84	5,03	15,4	20,35						
100	10,45	10	14,15	19,75						

Accelerazione sismica orizzontale (g):..... 0,08

Coefficiente beta.....:0,2

Accelerazione sismica verticale (g):..... 0,04

Normativa di riferimento: D.M.14.01.2008 (Appr.I Comb.2)

Studio geologico Marangon
Via Bonomelli, 16-28845 Domodossola (VB)-0324 249100

Committente: Gemma S.r.l.

Località: Pianasca - Villadossola Data: Dicembre2016

Riferimenti: Stab Globale Fronte NE

Analisi di stabilità: riepilogo delle superficie con coefficiente di sicurezza minimo

Superf.	Fs minimo	Metodo di calcolo	Concio	X base m	Y base m	Lunghezza m	Inclinazione °	Volume mc	Peso kN	Altezza falda m	Carichi N	Carichi T	Phi (°)	C(MPa)	Parametri	Fs parziale
36	3,533	Bishop semplificato		9,244	0,081											
			1	9,597	0,525	0,57	51,5	0,795	20,43	0	0	0	67,7	0,2325	ammasso	6,953
			2	9,95	0,987	0,58	52,6	1,509	39	0	0	0	66,5	0,2379	ammasso	4,889
			3	10,303	1,467	0,6	53,6	2,22	57,57	0	0	0	65,5	0,2442	ammasso	4,115
			4	10,656	1,966	0,61	54,7	2,925	76,14	0	0	0	64,7	0,2508	ammasso	3,696
			5	11,009	2,486	0,63	55,9	3,58	93,78	0	0	0	64	0,257	ammasso	3,439
			6	11,362	3,03	0,65	57	4,363	114,21	0	0	0	63,4	0,264	ammasso	3,234
			7	11,716	3,599	0,67	58,2	4,863	127,21	0	0	0	63,1	0,2676	ammasso	3,135
			8	12,069	4,197	0,69	59,4	5,231	136,49	0	0	0	62,9	0,2694	ammasso	3,076
			9	12,422	4,826	0,72	60,7	5,057	131,85	0	0	0	63,2	0,2657	ammasso	3,106
			10	12,775	5,491	0,75	62	4,889	128,14	0	0	0	63,5	0,2624	ammasso	3,135
			11	13,128	6,196	0,79	63,4	4,707	123,49	0	0	0	63,8	0,2589	ammasso	3,176
			12	13,481	6,949	0,83	64,9	4,509	117,92	0	0	0	64,2	0,2551	ammasso	3,23
			13	13,834	7,759	0,88	66,4	4,294	112,35	0	0	0	64,6	0,2515	ammasso	3,293
			14	14,187	8,636	0,95	68,1	4,056	105,85	0	0	0	65	0,2478	ammasso	3,374
			15	14,54	9,598	1,02	69,9	3,791	98,42	0	0	0	65,5	0,2441	ammasso	3,48
			16	14,893	10,671	1,13	71,8	3,492	90,99	0	0	0	66	0,2406	ammasso	3,608
			17	15,246	11,9	1,28	74	3,145	81,71	0	0	0	66,6	0,2373	ammasso	3,792
			18	15,599	13,368	1,51	76,5	2,729	70,57	0	0	0	67,2	0,2342	ammasso	4,065
			19	15,952	15,293	1,96	79,6	2,19	56,64	0	0	0	68	0,2316	ammasso	4,537
			20	16,305	20,701	5,42	86,3	0,94	24,14	0	0	0	69,2	0,2296	ammasso	7,359

Studio geologico Marangon
Via Bonomelli, 16-28845 Domodossola (VB)-0324 249100

Superf.	Fs minimo	Metodo di calcolo	Concio	X base m	Y base m	Lunghezza m	Inclinazione °	Volume mc	Peso kN	Altezza falda m	Carichi N	Carichi T	Phi (°)	C(MPa)	Parametri	Fs parziale

LEGENDA

Carichi N= Carichi normali (kN)

Carichi T= Carichi tangenziali (kN)

Phi= Angolo di resistenza al taglio (°)

C= Coesione (MPa)

N.B.: dove il fattore di sicurezza parziale è <1 viene usata la resistenza al taglio residua.

Accelerazione sismica orizzontale (g):..... 0,08

Accelerazione sismica verticale (g):..... 0,04

Coefficiente beta.....:0,2

Normativa di riferimento: D.M.14.01.2008 (Appr.I Comb.2)

DATI DI CALCOLO
VERIFICA CINEMATISMI A CUNEO

Fronte Sud

CONDIZIONI SISMICHE

Studio geologico Marangon
Via Bonomelli, 16-28845 Domodossola (VB)-0324 249100

Committente: Gemma S.r.l.

Località: Pianasca - Villadossola

Data: Dicembre2016

Riferimenti: Stab cunei Fronte Sud

Verifica di stabilità di blocchi isolati: coefficienti di sicurezza

Blocco	*Famiglie*	*Immersione*	*Inclinazione*	*Volume (mc)*	*Fs*	*Deficit di forza(kN):*
1	1/2	316	64	455,4018	0,61	-4287,2
2	1/3	225	4	57497,5226	n.c.	0
3	1/4	30	25	10828,9493	2,44	180018,5
4	1/5	39	8	34301,4882	n.c.	0
5	2/3	128	34	1403,9239	n.c.	0
6	2/4	310	5	65357,3028	n.c.	0
7	2/5	129	18	7334,1256	n.c.	0
8	3/4	77	18	563,9745	n.c.	0
9	3/5	77	18	313,5589	n.c.	0
10	4/5	77	18	197,4555	n.c.	0
11	1/2+3	316	64	532,5585	n.c.	0
12	1/2+4	316	64	520,4703	n.c.	0
13	1/2+5	316	64	532,5584	n.c.	0
14	1/3+2	225	4	8259,9629	n.c.	0
15	1/3+4	225	4	12013,3032	n.c.	0
16	1/3+5	225	4	6184,3426	n.c.	0
17	1/4+2	30	25	19238,8184	n.c.	0
18	1/4+3	30	25	21098,4395	2,42	340629,4
19	1/4+5	30	25	28684,6934	2,44	471021,8
20	1/5+2	39	8	10664,4619	n.c.	0
21	1/5+3	39	8	49079,5307	n.c.	0
22	1/5+4	39	8	22541,0577	n.c.	0
23	2/3+1	128	34	2852,221	n.c.	0
24	2/3+4	128	34	3871,0375	n.c.	0
25	2/3+5	128	34	21779,356	n.c.	0
26	2/4+1	310	5	21751,9045	n.c.	0
27	2/4+3	310	5	14372,0029	n.c.	0
28	2/4+5	310	5	32115,9197	n.c.	0
29	2/5+1	129	18	2016,1254	n.c.	0
30	2/5+3	129	18	61841,5736	n.c.	0
31	2/5+4	129	18	59,1048	n.c.	0
32	3/4+1	77	18	39,4676	n.c.	0
33	3/4+2	77	18	354,0056	n.c.	0
34	3/4+5	77	18	10137,2345	n.c.	0
35	3/5+1	77	18	180,5526	n.c.	0
36	3/5+2	77	18	71,058	n.c.	0
37	3/5+4	77	18	12461,7848	n.c.	0
38	4/5+1	77	18	240,199	n.c.	0
39	4/5+2	77	18	229,0631	n.c.	0
40	4/5+3	77	18	6826,068	n.c.	0

Studio geologico Marangon
Via Bonomelli, 16-28845 Domodossola (VB)-0324 249100

Committente: Gemma S.r.l.

Località: Pianasca - Villadossola

Data: Dicembre2016

Riferimenti: Stab cunei Fronte Sud

Verifica di stabilità di blocchi isolati: stato tensionale.

N1 = forza normale agente sul piano 1; N2 = forza normale agente sul piano 2; A1 = area del piano 1; A2 = area del piano 2; Phi1 = angolo di attrito mobilitato sul piano 1; Phi2 = angolo di attrito mobilitato sul piano 2.

Blocco	*N1(kN):*	*N2(kN):*	*A1(mq)*	*A2(mq)*	*Phi1(°)*	*Phi2(°)*
1	5068,6	135	181,3	100,9	47,3	47,2
2	0	0	3077	6785,8	0	0
3	-2533	255666	841,8	1251,2	60,7	44,9
4	0	0	2341,8	3653,7	0	0
5	0	0	32,4	195	0	0
6	0	0	3437,2	9340,5	0	0
7	0	0	237,7	941,5	0	0
8	0	0	285,6	236,3	0	0
9	0	0	299,3	248,9	0	0
10	0	0	191,1	189,5	0	0
11	5910,8	225,5	217,5	118	47,3	47,2
12	0	0	204,2	115,3	0	0
13	5910,8	225,5	217,5	118	47,3	47,2
14	0	0	177,1	974	0	0
15	0	0	718	1417,7	0	0
16	0	0	200,7	728,6	0	0
17	0	0	227,9	2225,8	0	0
18	-3587,8	493401	1262,8	2180,6	60,7	44,4
19	-4841,3	670815,1	1751,1	3149,8	60,7	44,7
20	0	0	199,2	1134,8	0	0
21	0	0	1574,6	5233,7	0	0
22	0	0	1315,3	2400,8	0	0
23	0	0	84,4	394,6	0	0
24	0	0	87,9	536,7	0	0
25	0	0	435,2	3039,7	0	0
26	0	0	106,1	3116	0	0
27	0	0	402,1	2059,7	0	0
28	0	0	712,7	4599,6	0	0
29	0	0	92,6	262,1	0	0
30	0	0	925,3	7965,2	0	0
31	0	0	46,4	10,1	0	0
32	0	0	270,7	15,6	0	0
33	0	0	173,3	149,9	0	0
34	0	0	5179,3	4264,2	0	0
35	0	0	282,2	142,8	0	0
36	0	0	168,3	55,6	0	0
37	0	0	5839,6	9928	0	0
38	0	0	222,3	230,5	0	0
39	0	0	199,3	219,7	0	0
40	0	0	3191	6633,7	0	0

DATI DI CALCOLO
VERIFICA CINEMATISMI A CUNEO

Fronte Sud

modello di calcolo con coesione dell'ammasso in termini di ponti di roccia (lungo giunto K1)

CONDIZIONI SISMICHE

Studio geologico Marangon
Via Bonomelli, 16-28845 Domodossola (VB)-0324 249100

Committente: Gemma S.r.l.

Località: Pianasca - Villadossola

Data: Dicembre2016

Riferimenti: Stab cunei Fronte Sud

Parametri geomeccanici dell'ammasso roccioso

Parametri ammasso roccioso (valori caratteristici):

Descrizione litologica:

Ortogneiss granitoide (beola)

Strato n.	1
G.S.I. (Geological Strength Index):	62
Indice Q della classificazione di Barton:	12,5
Coefficiente di Poisson:	0,22
Peso di volume sopra falda(kN/mc):	26,3
Peso di volume sotto falda(kN/mc):	26,3
Costante mi della roccia:	28
Resistenza compressione monoassiale(MPa):	72,5
Modulo elastico ammasso roccioso(MPa):	26382,5
Fattore di disturbo dell'ammasso roccioso:	0,7
Caratteristiche idrogeologiche:	Livello impermeabile

Studio geologico Marangon
Via Bonomelli, 16-28845 Domodossola (VB)-0324 249100

Committente: Gemma S.r.l.

Località: Pianasca - Villadossola

Data: Dicembre2016

Riferimenti: Stab cunei Fronte Sud

Parametri geomeccanici del terreno: strato n.1

Parametri giunti meccanici (valori caratteristici):

Immersione(°)	*Inclinazione(°)*	*JCS (MPa):*	*JRC*	*Phi base(°)*	*Spaziatura(cm)*	*Apertura(mm)*	*Phi riempimento(°)*	*C riempimento (MPa):*
313	64	101	8	29	20	2	0	0
40	87	90	6	29	30	3	0	0,41
140	35	92	8	29	35	1	0	0
30	25	106	10	29	180	2,5	0	0
105	20	91	8	29	200	1,5	0	0

Studio geologico Marangon
Via Bonomelli, 16-28845 Domodossola (VB)-0324 249100

Committente: Gemma S.r.l.

Località: Pianasca - Villadossola Data: Dicembre2016

Riferimenti: Stab cunei Fronte Sud

Verifica di stabilità di blocchi isolati: coefficienti di sicurezza

Blocco	*Famiglie*	*Immersione*	*Inclinazione*	*Volume (mc)*	*Fs*	*Deficit di forza(kN):*
1	1/2	316	64	455,4018	3,64	28801,8
2	1/3	225	4	57497,5226	n.c.	0
3	1/4	30	25	10828,9493	2,44	180018,5
4	1/5	39	8	34301,4882	n.c.	0
5	2/3	128	34	1403,9239	n.c.	0
6	2/4	310	5	65357,3028	n.c.	0
7	2/5	129	18	7334,1256	n.c.	0
8	3/4	77	18	563,9745	n.c.	0
9	3/5	77	18	313,5589	n.c.	0
10	4/5	77	18	197,4555	n.c.	0
11	1/2+3	316	64	532,5585	n.c.	0
12	1/2+4	316	64	520,4703	n.c.	0
13	1/2+5	316	64	532,5584	n.c.	0
14	1/3+2	225	4	8259,9629	n.c.	0
15	1/3+4	225	4	12013,3032	n.c.	0
16	1/3+5	225	4	6184,3426	n.c.	0
17	1/4+2	30	25	19238,8184	n.c.	0
18	1/4+3	30	25	21098,4395	2,42	340629,4
19	1/4+5	30	25	28684,6934	2,44	471021,8
20	1/5+2	39	8	10664,4619	n.c.	0
21	1/5+3	39	8	49079,5307	n.c.	0
22	1/5+4	39	8	22541,0577	n.c.	0
23	2/3+1	128	34	2852,221	n.c.	0
24	2/3+4	128	34	3871,0375	n.c.	0
25	2/3+5	128	34	21779,356	n.c.	0
26	2/4+1	310	5	21751,9045	n.c.	0
27	2/4+3	310	5	14372,0029	n.c.	0
28	2/4+5	310	5	32115,9197	n.c.	0
29	2/5+1	129	18	2016,1254	n.c.	0
30	2/5+3	129	18	61841,5736	n.c.	0
31	2/5+4	129	18	59,1048	n.c.	0
32	3/4+1	77	18	39,4676	n.c.	0
33	3/4+2	77	18	354,0056	n.c.	0
34	3/4+5	77	18	10137,2345	n.c.	0
35	3/5+1	77	18	180,5526	n.c.	0
36	3/5+2	77	18	71,058	n.c.	0
37	3/5+4	77	18	12461,7848	n.c.	0
38	4/5+1	77	18	240,199	n.c.	0
39	4/5+2	77	18	229,0631	n.c.	0
40	4/5+3	77	18	6826,068	n.c.	0

Studio geologico Marangon
Via Bonomelli, 16-28845 Domodossola (VB)-0324 249100

Committente: Gemma S.r.l.

Località: Pianasca - Villadossola

Data: Dicembre2016

Riferimenti: Stab cunei Fronte Sud

Verifica di stabilità di blocchi isolati: stato tensionale.

N1 = forza normale agente sul piano 1; N2 = forza normale agente sul piano 2; A1 = area del piano 1; A2 = area del piano 2; Phi1 = angolo di attrito mobilitato sul piano 1; Phi2 = angolo di attrito mobilitato sul piano 2.

Blocco	*N1(kN):*	*N2(kN):*	*A1(mq)*	*A2(mq)*	*Phi1(°)*	*Phi2(°)*
1	5038,3	182,7	181,3	100,9	47,3	47,2
2	0	0	3077	6785,8	0	0
3	-2533	255666	841,8	1251,2	60,7	44,9
4	0	0	2341,8	3653,7	0	0
5	0	0	32,4	195	0	0
6	0	0	3437,2	9340,5	0	0
7	0	0	237,7	941,5	0	0
8	0	0	285,6	236,3	0	0
9	0	0	299,3	248,9	0	0
10	0	0	191,1	189,5	0	0
11	5958,3	229,4	217,5	118	47,3	47,2
12	0	0	204,2	115,3	0	0
13	5958,3	229,4	217,5	118	47,3	47,2
14	0	0	177,1	974	0	0
15	0	0	718	1417,7	0	0
16	0	0	200,7	728,6	0	0
17	0	0	227,9	2225,8	0	0
18	-3587,8	493401	1262,8	2180,6	60,7	44,4
19	-4841,3	670815,1	1751,1	3149,8	60,7	44,7
20	0	0	199,2	1134,8	0	0
21	0	0	1574,6	5233,7	0	0
22	0	0	1315,3	2400,8	0	0
23	0	0	84,4	394,6	0	0
24	0	0	87,9	536,7	0	0
25	0	0	435,2	3039,7	0	0
26	0	0	106,1	3116	0	0
27	0	0	402,1	2059,7	0	0
28	0	0	712,7	4599,6	0	0
29	0	0	92,6	262,1	0	0
30	0	0	925,3	7965,2	0	0
31	0	0	46,4	10,1	0	0
32	0	0	270,7	15,6	0	0
33	0	0	173,3	149,9	0	0
34	0	0	5179,3	4264,2	0	0
35	0	0	282,2	142,8	0	0
36	0	0	168,3	55,6	0	0
37	0	0	5839,6	9928	0	0
38	0	0	222,3	230,5	0	0
39	0	0	199,3	219,7	0	0
40	0	0	3191	6633,7	0	0