COMUNE di MILLESIMO

PROVINCIA DI SAVONA



INTERVENTO DI SISTEMAZIONE FINALE E RECUPERO AMBIENTALE DELLA CAVA "BINE""

COMMITTENTE

BAGNASCO EDOARDO S.r.l.
Via Cosseria 15
17056 - CENGIO (SV)

PROGETTISTI INCARICATI:

Geom. Tomaso Cerruti - Cerruti 1981 S.r.l.
Via Castellani 20 - 17043 Carcare (SV)

Dott. Geol. Marcello Brancucci
Via XX Settembre 5 - 17100 Savona
MARCELLO BRANCUCCI
-Geologo-
Via XX Settembre 5/5 Tel/Fax: 019.2216824
17100 Savona Cell: 347/6021021
E-mail:geologo@marcellobrancucci.it

Ing. Roberto Desalvo - StAigeS Ingegneria S.r.l.
Corso Italia 22/6 - 17100 Savona
StAigeS Ingegneria S.r.l.
Corso Italia 22/6 - 17100 Savona (SV) email: info@staiges.com
tel. 019.80.54.20 p.iva/c.f.: 01582920094

Dott. Fabio Palazzo
Dottore Agronomo, Guida Alpina-maestro di alpinismo
Landscape & Mountain design & planning
Via XX Settembre 28 10A - 16121 Genova

REV.	DATA	DESCRIZIONE
00	OTTOBRE 2019	PRIMA EMISSIONE

RELAZIONE GEOLOGICA

INDICE

1 PREMESSA 2
1.1 Oggetto dell'incarico. 2
1.2 Descrizione degli interventi a progetto. 3
2 QUADRO NORMATIVO 7
3 DESCRIZIONE DELL'AREA 9
4 RILIEVI MORFOLOGICI ED IDROGEOLOGICI DI CAMPAGNA 11
5 INQUADRAMENTO GEOLOGICO 14
5.1 Assetto litostratigrafico ed analisi geo-strutturale. 15
5.1.1 Dolomie si Monte Rossotta 16
5.1.2 Quarziti di Ponte di Nava 19
5.1.3 Terre rosse 21
5.2 Caratterizzazione ammasso roccioso. 21
5.2.1 Dolomie si Monte Rossotta 23
5.2.2 Quarziti di Ponte di Nava 24
6 INQUADRAMENTI SISMICO 26
6.1 Definizione della categoria sismica del sottosuolo. 26
6.2 Azione sismica di progetto. 26
6.3 Definizione dei parametri di partenza 27
6.4 Calcolo dei parametri sismici. 30
7 INDICAZIONI E PRESCRIZIONI PROGETTUALI RELATIVI ALL'ABBANCAMENTO IN MATERIALI SCIOLTI FUNZIONALI ALLA RIQUALIFICAZIONE MORFOLOGICA DELLA CAVA 31
8 DESCRIZIONE DEI MATERIALI COSTITUENTI IL RIEMPIMENTO A PROGETTO 32
9 SINTESI PARAMETRI GEOTECNICI 33
10 CONTROLLI IN CORSO D'OPERA 34
11 CONCLUSIONI 36

ELENCO ALLEGATI

TAV. 1: Corografia (scala 1:10.000)

TAV. 2: Carta Geologica (scala 1:500)

TAV. 3: Sezioni geologiche interpretative (scala 1:1.000)

Dott. Geol. Marcello Brancucci Via XX Settembre 5/5 17100 Savona (SV) - Tel./Fax 019/2216824 Cell. 347/6021021

1 PREMESSA

1.1 Oggetto dell'incarico.

La ditta Bagnasco Edoardo s.r.l. ha incaricato lo scrivente, dott. Geol. Marcello Brancucci, di eseguire la presente relazione geologica ai sensi della *Legge Regionale n°31 del 12/11/2014 Norme per il recupero e la valorizzazione dei siti estrattivi a fini museali, turistici e ricreativi* al fine di ottenere dagli enti competenti l'autorizzazione del progetto di sistemazione ambientale dell'ambito di cava conseguente alla cessazione dell'attività estrattiva.

Nel dettaglio si è proceduto alla verifica della compatibilità *dell'"Intervento di sistemazione finale e recupero ambientale della cava Binè in Comune di Millesimo (SV)"* con l'assetto geologico, geomorfologico ed idrogeologico dell'ambito di cava e dei terreni posti al suo contorno.

Il presente documento viene redatto acquisendo tutta la documentazione geologica e geomeccanica connessa con la relazione geologica a firma del dott. geol. Sergio Rolfo redatta nel 2013 a supporto della richiesta di rinnovo con variante dell'autorizzazione della cava di calcare dolomitico sita in località "Binè" nel Comune di Millesimo (SV).

Si è fatto riferimento, pertanto, al modello geologico e geomeccanico approvato in fase di rinnovo della già menzionata autorizzazione, integrandolo con un rilievo di campagna sia morfologico finalizzato all'individuazione di eventuali forme e/o processi gravitativi ed erosivi sia in forma attiva che quiescente e ad un rilievo geomeccanico di dettaglio, secondo gli standard del I.S.R.M., ad integrazione di quello esistente.

Gli elaborati di progetto redatti dallo studio StaigeS ingegneria s.r.l. sulla base del rilievo topografico del geom. Tomaso Cerruti.

1.2 Descrizione degli interventi a progetto.

Come richiesto dagli enti competenti, si riporta nel seguito la descrizione del progetto di sistemazione e messa in sicurezza morfologica, definito nella sua forma geometrica dal geom. Tomaso Cerruti e descritto nelle tavole grafiche 03 e 04, nonché di recupero ambientale a cui fanno riferimento la relazione agronomica a firma del dott. Fabio Palazzo e la tavola 10.

Gli interventi proposti risultano essere i seguenti:

1) **sistemazione idraulica di un tratto del rio Sardo**: data la presenza di il progetto di sistemazione finale dell'area di cava qui proposto prevede la realizzazione di un nuovo alveo per il rio Sardo, tale da garantire il deflusso della portata con tempo di ritorno 200-ennale con adeguato franco di sicurezza. Il tratto di intervento, avente lunghezza pari a circa 400 m, è posto in corrispondenza alla porzione di versante interessata dai lavori di escavazione. Il nuovo tracciato sarà tale da riportare il corso d'acqua all'interno dei confini demaniali; l'andamento longitudinale del nuovo alveo sarà tale da rispettare il più possibile l'andamento dei confini catastali garantendo al contempo il raggiungimento di una certa naturalità, evitando bruschi cambi di direzione e la conseguente formazione di spigoli vivi. Le nuove linee spondali saranno realizzate mediante posa di gabbionate.
   Nell'ambito della sistemazione idraulica del rio Sardo si prevede inoltre la realizzazione di una vasca di sedimentazione posta a valle della zona di intervento, finalizzata alla captazione del materiale solido eventualmente trasportato dalla corrente, specie durante eventi meteorici di elevata intensità. La vasca stessa sarà dotata di briglia selettiva, realizzata in profili metallici, allo scopo di intercettare il materiale flottante ed evitarne il trasporto fino all'attraversamento della S.P. n. 51. Tale vasca rivestirà particolare importanza specie durante le fasi di ricostruzione del versante (così come descritte al successivo punto), durante le quali il pendio stesso potrà essere soggetto all'azione erosiva delle acque meteoriche data l'assenza di una copertura vegetale stabile e pienamente sviluppata. Nel periodo transitorio richiesto dalla riprofilatura del versante, quindi, sarà necessario provvedere ad una costante manutenzione della vasca di sedimentazione, al fine di garantirne l'efficienza, mediante svuotamenti periodici, specie a seguito di eventi piovosi particolarmente intensi e comunque ove necessario;

2) **ricostituzione della morfologia originaria del versante alterata dalle passate operazioni di escavazione, mediante riempimento in materiale sciolto:** la sistemazione finale dell'area di cava avverrà attraverso la ricostruzione dell'andamento del pendio precedente

all'apertura della cava, tramite realizzazione di un riempimento eseguito con terre e rocce da scavo provenienti da siti idonei. I terreni utilizzati dovranno presentare caratteristiche geotecniche tali da garantire la stabilità del nuovo versante e dovranno essere ambientalmente compatibili con il sito, secondo quanto prescritto dalle vigenti normative. La posa del materiale sciolto dovrà essere eseguita per strati di spessore massimo pari a 1 m, seguita dalla rullatura dello stesso, in modo da ottenere il massimo addensamento possibile in fase di costruzione ed evitare successivi eventuali cedimenti. In generale i materiali che andranno a costituire il riempimento dovranno essere caratterizzati dai seguenti parametri minimi:

γ_n (peso dell'unità di volume):	20 kN/m³
φ_p (angolo di resistenza al taglio in condizioni di picco):	33°
c' (coesione drenata):	5 kN/m² (cautelativa)

Preventivamente all'esecuzione del riempimento è prevista la realizzazione di due ordini di terre armate poste al piede del nuovo versante, in aderenza alla pista di accesso, tra le quote +452 m e +490 m s.l.m. Tali opere (aventi altezza pari a 3 m, profondità pari a 4,5 m ed inclinazione del paramento pari a 70°) costituiranno il piede del pendio e consentiranno di realizzare i livelli inferiori del riempimento in totale sicurezza, salvaguardando l'integrità della sottostante pista di accesso. Si rimanda alla relazione geotecnica per quanto riguarda il dimensionamento delle terre armate ed alla tavola grafica 08 per i dettagli esecutivi delle stesse. Il piano di posa delle terre armate sarà costituito, ove necessario, da un rilevato costituito da materiale drenante realizzato a strati di 60 cm circa di spessore rullati.

Al fine di consentire l'accesso alle parti sommitali della cava ai mezzi d'opera utilizzati durante le fasi di riempimento, si prevede il tracciamento di due piste, che, dipartendosi dalla quota +495 m, arriveranno rispettivamente alle quote +500 m e + 541 m con pendenza media rispettivamente pari al 2% ed al 12% circa. Tali piste operative si raccorderanno con la viabilità sterrata esistente che prosegue all'esterno del limite di cava;

3) **realizzazione di un sistema di drenaggio delle acque meteoriche:** essendo fondamentale garantire la corretta regimazione delle acque superficiali, specie durante le fasi di ricostruzione del versante quando la mancanza di una copertura vegetale pienamente sviluppata non consente la protezione del terreno dal dilavamento e dall'erosione indotti dallo scorrimento delle acque piovane, si procederà alla realizzazione di un sistema di regimazione delle acque meteoriche costituito dai seguenti elementi:

- strato di materiale drenante dello spessore medio di 1 m alla base del riempimento, da realizzarsi anche lungo i fronti oggetto di escavazione, al fine di convogliare le acque

infiltratesi nel riempimento verso il rio Sardo ed evitarne il ristagno al di sotto del nuovo riempimento;

- canalette a sezione trapezia poste lungo il filo di monte delle due piste operative, scavate nel materiale utilizzato per il riempimento e rivestite in geotessuto tipo trench-mat. L'attraversamento della pista in corrispondenza dei cambi di direzione della stessa avverrà mediante realizzazione di un solco in terra, opportunamente raccordato con il piano carrabile per consentire il transito dei mezzi d'opera. Le due canalette si congiungeranno alla quota +495 m in un unico canale disposto longitudinalmente alla pista di accesso, lungo il suo margine di monte. Quest'ultimo convoglierà le acque fino ad una vasca di decantazione posta alla quota di circa +445 m, dedicata alla chiarificazione per sedimentazione naturale delle acque eventualmente intorbidate dalla presenza di materiale fine in sospensione. La presenza della vasca risulta particolarmente importante durante le fasi di ricostituzione del versante, ancora privo della copertura vegetale. La vasca di decantazione sarà posta in adiacenza alla pista di accesso, immediatamente a monte delle sezioni terminali di un piccolo rio secondario, posto a confine dell'area di cava che confluisce a sua volta nel rio Sardo; le acque chiarificate in uscita dalla vasca saranno scaricate nel rio Sardo attraverso la nuova tubazione sottostradale (diametro 1000 mm) posizionata per cons entire il deflusso del rio laterale;
- fosso di guardia da realizzarsi in testa alle terre armate, anch'esso rivestito in geotessuto tipo trench-mat;
- posa di tubo microfessurato al piede delle terre armate, lungo il lato posteriore, per l'intera lunghezza dell'opera di sostegno;

4) **recupero ambientale del sito mediante rinaturalizzazione del versante ricostituito:** parallelamente alle operazioni di riempimento, man mano che si raggiungeranno le quote di progetto, si procederà alla stesa di uno strato di terreno vegetale propedeutica all'inerbimento ed alla messa a dimora di specie vegetali autoctone, secondo quanto indicato nella relazione agronomica a firma del dott. Fabio Palazzo.

L'intervento di ricostituzione del versante e contestuale rinaturalizzazione dello stesso sarà suddiviso in due fasi successive, di seguito descritte (rif. tavola grafica 9):

FASE 1: la prima fase sarà costituita dai seguenti interventi:

- realizzazione degli interventi di sistemazione idraulica del rio Sardo;
- realizzazione delle terre armate poste alla base del riempimento;
- esecuzione del riempimento fino alla quota pari a circa +503 m s.l.m. e della pista di accesso intermedia;

FASE 2: la fase conclusiva sarà costituita dal completamento del riempimento, con contestuale ultimazione della pista di accesso fino alla quota +541 m.

Ogni fase dovrà prevedere la contemporanea realizzazione delle opere di drenaggio delle acque meteoriche e degli interventi di rinverdimento e rinaturalizzazione.

(Tratto dalla relazione tecnica illustrativa a firma dell'Ing. Desalvo Roberto, amministratore unico e direttore tecnico della StAigeS Ingegneria S.r.l.)

2 QUADRO NORMATIVO

Gli accertamenti sono stati eseguiti in ottemperanza delle seguenti normative:

- **D.M. 17/01/2018**, pubblicato sulla gazzetta ufficiale n. 42 del 20/02/2018, Supplemento Ordinario n. 30. Al Par. 6.2.1 tale normativa prevede che: gli interventi a progetto devono essere corredati da un elenco di elaborati volti a definire i seguenti assetti locali: geologico, geomorfologico, idrogeologico e geotecnico. In particolare, attraverso il modello geologico devono essere evidenziati i caratteri stratigrafici, litologici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici e più in generale, di pericolosità geologica del territorio oggetto dell'intervento.

- **Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici**: Pericolosità sismica e criteri generali per la classificazione sismica del territorio Nazionale. Allegato al voto n. 36 del 27/07/2007.

- **Eurocodice 8 (1998)** Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture. Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici (stesura finale 2003).

- **Eurocodice 7.1 (1997)**: Progettazione geotecnica –Parte I: Regole Generali. UNI.

- **Eurocodice 7.2 (2002)**: Progettazione geotecnica–Parte II: Progettazione assistita da prove di laboratorio (2002). UNI.

- **Eurocodice 7.3 (2002)**: progettazione geotecnica–Parte II: Progettazione assistita con prove in sito (2002). Uni.

- **Piano Territoriale di Coordinamento Paesaggistico (PTCP)**, approvato con delibera del Consiglio Regionale del 25 febbraio 1990, n°6 e s.m. e i. .

- **Piano Territoriale di Coordinamento dell'Area Centrale Ligure**, approvato con deliberazione del Consiglio Regionale del 31 luglio 1992, n°95 e s.m. e i. .

- **Dlgs. 3 aprile 2006, n°152 e s.m. e i.** recante "Norme in materia ambientale".

- **Legge Regionale 5 aprile 2012, n°12**, recante "Testo Unico sulle Disciplina dell'Attività estrattiva" e s.m. e i., in particolare Art.2 c.2, che prevede l'approvazione da parte della Giunta Regionale della proposta di Piano Territoriale regionale delle Attività Estrattive (PTRAC).

- **Legge Regionale 10 agosto 2012, n°32 e s.m. e i.**, recante disposizioni in materia di Valutazione Ambientale Strategica (VAS).

- **Legge regionale 12 novembre 2014, n°31:** "Norme per il recupero e la valorizzazione dei siti estrattivi a fini museali, turistici e ricreativi.

3 DESCRIZIONE DELL'AREA

Il sito estrattivo di Binè è costituito da una cava di calcare a cielo aperto, posta a sud del centro abitato di Millesimo, a cui si accede attraverso una breve pista sterrata con sbocco sulla viabilità provinciale (S.P. n. 51) che collega Millesimo a Calizzano.

La cava è posta sul versante sud-est del bric San Bernardo, ad una quota compresa tra 450 e 550 m s.l.m., e si estende su un'area di circa 5,5 ha. Essa risulta identificata con la sigla 24 SV nell'Ambito 5 (Bormide) del PTRAC.

Il sito estrattivo risulta ubicato in una zona scarsamente urbanizzata, caratterizzata da una copertura boscata continua costituita principalmente da castagneti.

L'area delimitata dal PTRAC racchiude i mappali identificati catastalmente al foglio 7 mappali 81, 86, 87, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 153, 154, 155, 196, 199, 217, 238, 239, 241, 255, 256 dell'NCT. Le attività estrattive hanno interessato solo i mappali 86, 87, 123, 124, 125, 126, 127, 199, 217, 238, 239, 255, 256.

Il litotipo estratto dalla cava è calcare classificabile come **dolomia di Monte Rossotta**, alternato ad altre tipologie sempre calcaree ed inframmezzato alle **quarziti di Ponte di Nava** che risultano concentrate nella parte orientale della cava. Il substrato roccioso risulta piuttosto prossimo alla superficie, essendo ricoperto da una coltre eluvio-colluviale di spessore mediamente inferiore al metro.

Il limite sud dell'area di cava, lungo cui è posta la pista di accesso all'area estrattiva, confina con il rio Sardo, corso d'acqua appartenente al reticolo idrografico di secondo livello (in base a quanto indicato all'art. 3 del R.R. 3/2011 e s.m.i.) che nasce dalle pendici del bric Sardo poco a monte della cava. Il rio Sardo confluisce a sua volta nel fiume Bormida di Millesimo, circa 140 m a valle della S.P. n. 51. Come meglio descritto nella relazione idraulica, allo stato attuale l'alveo del rio Sardo presenta alcune criticità legate all'insufficienza delle sezioni trasversali nel tratto compreso tra le sezioni 25 e 30 (rif. tavola 02), che determinano il deflusso incontrollato delle portate lungo la pista di accesso all'area di cava con conseguente forte erosione della stessa, come evidenziato anche nella documentazione fotografica allegata.

L'autorizzazione originaria alla conduzione dell'attività estrattiva è stata rilasciata dalla Regione Liguria con D.G.R. n. 1755 dell'01/04/1982. Successivamente sono state richieste ed autorizzate alcune varianti al programma di coltivazione. L'attività estrattiva, effettuata con utilizzo di esplosivo e abbattimento meccanico, è proseguita fino al 2008. A partire da tale data, il sito non è più stato oggetto di estrazione: lo stato dei luoghi risulta pertanto sostanzialmente immutato rispetto al momento della sospensione dell'attività.

Allo stato attuale la fisionomia della cava è caratterizzata dalla presenza di due piazzali principali, alle quote +454 m e +475 m s.l.m., raggiungibili a partire dalla pista di accesso e posti alla base dei fronti interessati dalla passata escavazione. Si individuano altre aree sub-pianeggianti, di dimensioni inferiori rispetto alle precedenti, alle quote +465 m, +510 m, +518 m e +526 m s.l.m. I fronti interessati dall'escavazione sono disposti in direzione sud/sud-est; dato il loro andamento subverticale, essi risultano totalmente privi di vegetazione ed esposti all'azione erosiva espletata dagli agenti atmosferici. Le uniche aree in cui si osserva uno sporadico rinverdimento spontaneo sono quelle pianeggianti o con pendenze inferiori e caratterizzate dalla presenza di uno strato di terreno idoneo allo sviluppo della vegetazione.

All'interno dell'area di cava non sono presenti strutture fisse, ad esclusione di una piccola baracca realizzata in pannelli lignei posta lungo la strada di accesso alla quota di circa +478 m s.l.m.

4 RILIEVI MORFOLOGICI ED IDROGEOLOGICI DI CAMPAGNA

Il territorio pedemontano in cui si inserisce l'area di cava presenta aspetti assai diversificati dal punto di vista morfologico, caratterizzati essenzialmente da aree di fondovalle coincidenti con la piana del Torrente Bormida di Millesimo e da zone collinari, boscate, raramente coltivate e di norma disabitate.

Il paesaggio morfologico è in gran parte determinato dalle condizioni geologiche quali litologia, stato di conservazione della roccia e dalle strutture tettoniche.

Nell'ambito dell'area in esame affiorano essenzialmente litotipi appartenenti al "Dominio Prepiemontese", costituiti da dolomie con intercalazioni calcaree (**Dolomie di Monte Rossotta**), quarziti (**Quarziti di Ponte di Nava**) e conglomerati poligenici (**Formazione di Monte Pianosa**).

Tali litotipi sono generalmente associati a speroni e falesie ad elevata acclività che si stagliano nettamente rispetto alla morfologia circostante e sono sovente visibili da notevoli distanze.

Decisamente più blandi appaiono i versanti a lato dell'area di cava dove le quarziti lasciano spazio a metasedimenti fini (Formazione di Murialdo) attribuiti al "Dominio Brianzonese", a loro volta sottostanti in trasgressione ai conglomerati ed arenarie della Formazione di Molare.

I versanti a lato della cava sono, infine, interessati da corsi d'acqua minori, affluenti del Rio Sardo, che mostrano una spiccata capacità erosiva evidenziata da una serie di erosioni concentrate di fondo. Tale capacità erosiva risulta accentuata anche dal fatto che il reticolo idrografico è spesso impostato lungo lineamenti strutturali.

La maggior parte dell'area di cava è interessata da roccia affiorante o subaffiorante al di sotto di 1÷3 m di copertura in materiale sciolto. Le coltri eluvio-detritiche hanno, infatti, spessore normalmente modesto (fino a 3 m), generalmente asportato nelle porzioni in cui "affiorano" i gradoni in roccia.

Esternamente all'area di cava, viceversa, le coltri eluvio-colluviali occupano un vasto areale di affioramento interrotto solamente da sporadici tratti di roccia affiorante.

In generale (sia internamente, sia esternamente all'area di cava) si osserva che sul substrato calcareo predominano le terre rosse che, nelle zone meno acclivi, possono anche raggiungere anche i 10 ÷ 30 metri di potenza. Sono costituite soprattutto dagli elementi insolubili del calcare, come l'ossido di ferro (FeO) che attribuisce il colore ruggine al terreno agrario, in seguito alla degradazione delle rocce calcaree e da sostanze argillose e impurità, presenti in origini nelle rocce calcaree stesse.

Sui substrati quarzitici si osservano invece suoli sabbiosi, generalmente sottili, composizionalmente eterogenei, con scheletro abbondante ad elevata pietrosità, e frammenti litici a spigoli vivi di varia dimensione in una matrice limosa talora abbondante.

I corsi d'acqua di basso ordine gerarchico, che interessano l'area in esame, scorrono lungo i versanti a pendenza elevata e tendono ad approfondire i loro alvei mediante erosione concentrata di fondo. Il fenomeno si verifica talora in maniera molto marcata, sia per le condizioni di conservazione del substrato roccioso, sia probabilmente anche per effetto della neotettonica.

Sono infine presenti, esternamente all'area di cava, colate di piccole o medie dimensioni, con circoscritta nicchia di distacco e con materiale fluidificato, che determina tipiche ondulazioni della superficie topografica. Si tratta di fenomeni localizzati nei quali il limite tra massa in movimento ed il materiale in posto può essere una superficie netta di movimento differenziale, oppure una zona di scorrimenti distribuiti. Il movimento varia da estremamente rapido ad estremamente lento.



Fig.2: Piazzale basso cava fotografato dell'ingresso della stessa.

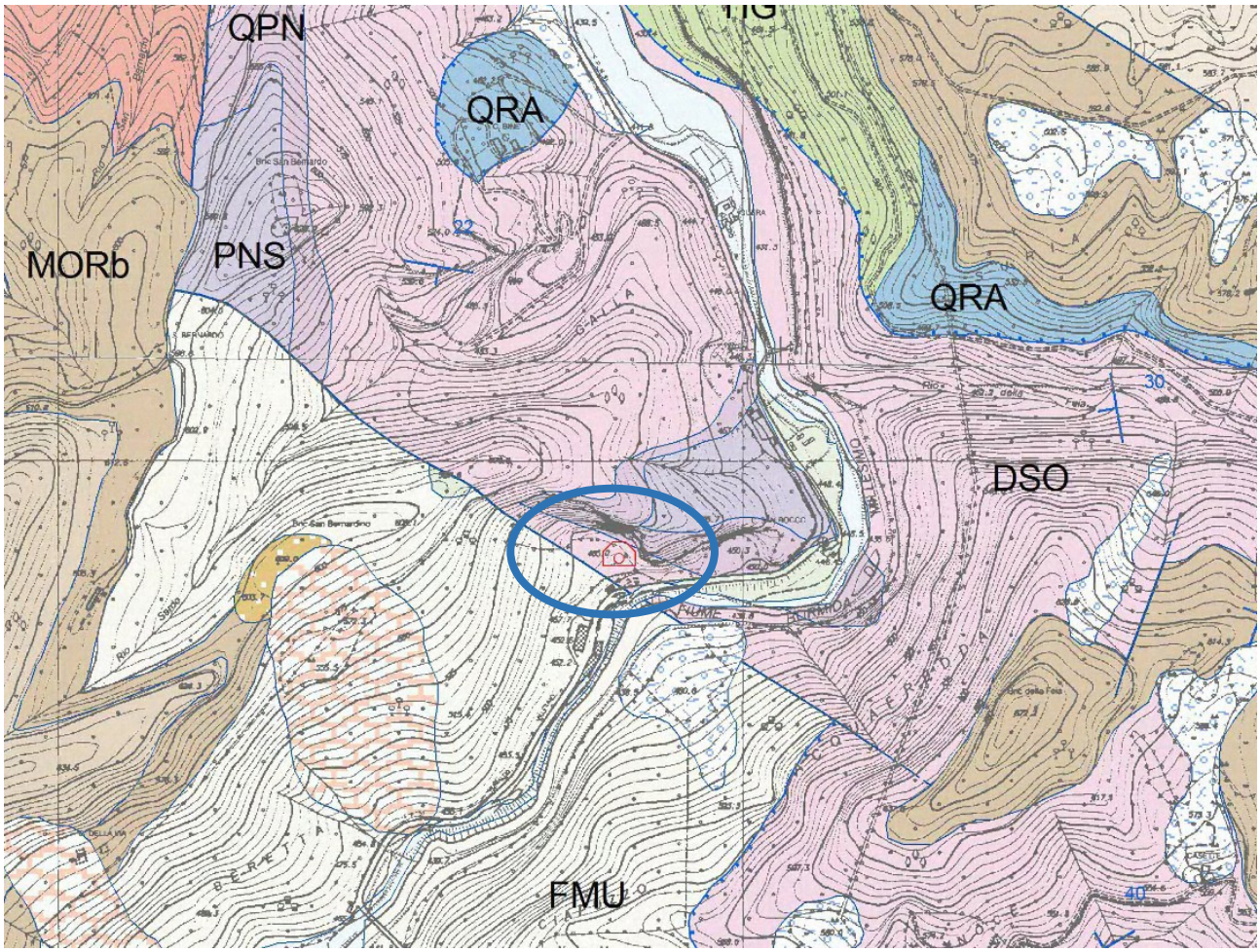


Fig.4: Fronte di cava in dolomie al cui apice si nota la presenza delle Terre rosse, fotografato dal piazzale intermedio della cava.

5 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Dal punto di vista geologico generale i litotipi presenti nell'area sono riconducibili a formazioni geologiche di età ed evoluzione strutturale molto diverse, variamente coinvolte nelle fasi deformative che caratterizzano l'orogenesi alpina ed in seguito negli eventi successivi, fino a quelli che recentemente, e anche attualmente, interessarono l'evoluzione neotettonica della zona.

La zona analizzata, infatti rappresenta la porzione terminale del Bacino Terziario ligure Piemontese (BTP) al contatto con il Dominio Brianzonese (Unità Tettonostratrigrafica di Pamparato – Murialdo) ed il Dominio Prepiemontese (Unità tettonostratigrafica di Monte Sotta).



BACINO TERZIARIO LIGURE-PIEMONTESE

FORMAZIONE DI MOLARE

MOR_d

Siltiti grigio azzurrognole con locale presenza di lenti microconglomeratiche. Stratificazione difficilmente riconoscibile e scarsa organizzazione ad eccezione di intervalli con accenni di laminazione a basso angolo. Bioturbazione pervasiva, abbondante materia organica e fossili: macroforaminiferi (*Eulepidina dilatata, E. roberti, Operculina complanata, Hetherostegina papirata var. gigantea, Nephrolepidina tournoueri, Nummulites intermedius, N. fichteli*), microforaminiferi (*Tritaxia szaboi, Uvigerina mexicana, Heterolepa mexicana, H. cushmani, H. perlucida, Spiroplectammina carinata*), echinodermi (*Echinolampas*), gasteropodi (*Cerithium, Turritella*), lamellibranchi (*Pecten, Chlamys, Meretrix, Pectunculus, Lucina, Ostrea, Cardium*), coralli, briozoi. Depositi di mare sottile che evidenziano un graduale approfondimento al limite transizionale con i termini pelitici della formazione sovrastante.

DOMINIO PREPIEMONTESE

UNITÁ TETTONOSTRATIGRAFICA DI MONTE SOTTA

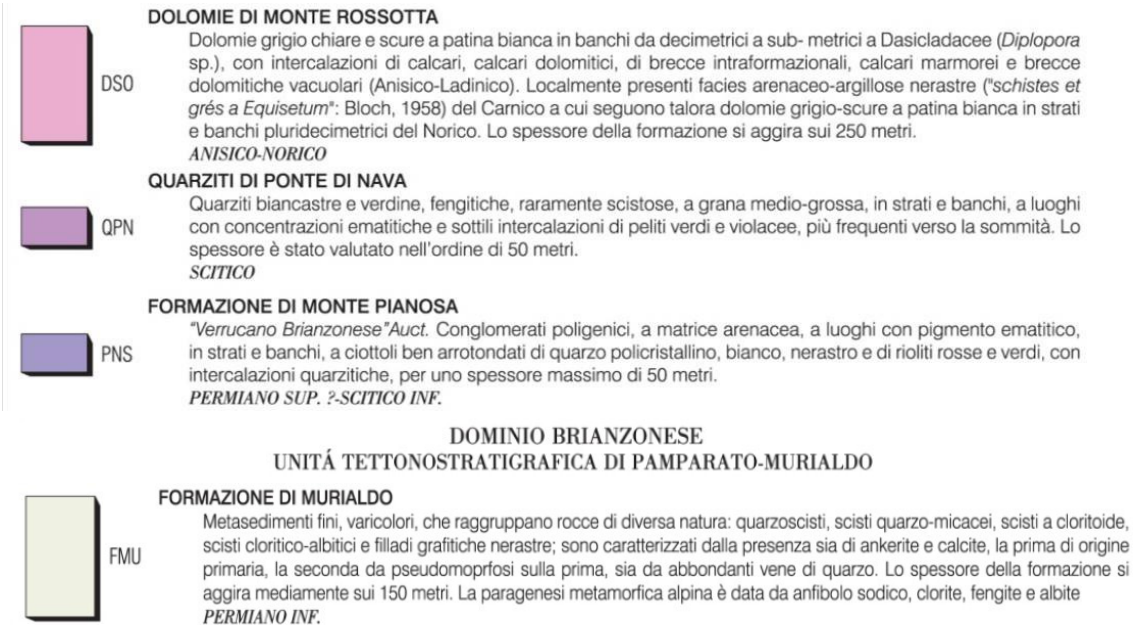


Fig.3: Stralcio Foglio CARG 228 Cairo Montenotte

5.1 Assetto litostratigrafico ed analisi geo-strutturale.

L'assetto litostratigrafico ipotizzato nel 2013 è stato verificato a seguito del rilevamento geologico di dettaglio svolto nel corso del mese di Settembre 2019 che ha permesso di individuare, nell'area di intervento oggetto della presente, le unità litologiche e le loro caratterizzazione geomeccaniche. Nella fattispecie il comportamento meccanico dell'ammasso roccioso è funzione essenzialmente delle discontinuità (fratture, faglie, stratificazione residua, ev. scistosità).

La valutazione dei parametri caratterizzanti le discontinuità è stata quindi svolta in conformità alle norme I.S.R.M.; di ciascuna frattura sono stati presi in considerazione i seguenti fattori:

- orientazione spaziale (giacitura definita da inclinazione del piano e verso di immersione lungo la linea di massima pendenza dello stesso);
- continuità (si prende in considerazione, come valore rappresentativo del sistema di discontinuità, il valore più frequente e non il valore medio);
- spaziatura (intesa come distanza media tra le discontinuità dello stesso sistema di giunti);
- rugosità: (JRC = Joint Roughnes Coefficient - variabile da 0 a 20, fattore rappresentativo dell'irregolarità delle superfici a contatto, determinata per raffronto con profili standard;
- resistenza di parete (MPa): misurata con il "martello di Schmidt" (sclerometro); il valore misurato è correlabile alla resistenza a compressione monoassiale su giunto;
- apertura: risulta definita dalla distanza, tra le due pareti di una discontinuità; occorre completare la misurazione con l'indicazione dell'eventuale riempimento o presenza di acqua.

5.1.1 Dolomie si Monte Rossotta

Il litotipo è rappresentato da dolomie, dolomie calcaree, calcari dolomitici, appartenenti alla formazione mesotriassica delle Dolomie di Monte Rossotta.

In generale il litotipo più frequente della copertura mesotriassica è costituito da alternanze di calcari dolomitici grigio chiaro e scuro disposti secondo strati di potenza da decimetrica a plurideci-metrica con giunti di strato evidenziati da spalmature argillose nerastre; sono inoltre frequenti inter-calazioni decimetriche di peliti siltose e di brecce intraformazionali autoclastiche.

Le rocce calcareo-dolomitico, che erano il materiale principale della coltivazione, affiorano nella porzione centro-orientale della cava.

Sotto il profilo geomeccanico le rocce calcareo-dolomitiche presentano in generale discreta tenacità e compattezza nonostante il grado di fratturazione che localmente può diventare anche as-sai ingente con block sizing anche subdecimetrico. Analogamente alle rocce quarzitiche anche quel-le calcareo-dolomitiche appaiono alterabili per detrizione termoclastica con formazione di materassi detritici a spigoli vivi ed elevato angolo d'attrito.

E' stata verificata la presenza di 5 famiglie principali di discontinuità così descritte:

- **Famiglia di discontinuità 1 (201/77):** sistema diretto prevalentemente est ovest, inclinato di 77° verso sud. A tale sistema si associano delle faglie caratterizzate da evidenti specchi con crescita di fibre (calcite) indicanti un movimento diretto. Tali faglie evidenziano superfici sca-bre, talora umide, con apertura variabile nell'ordine del centimetro e riempimento costituito da materiale limoso-sabbioso. Presentano lunghezza superiore a 20 m con una spaziatura compresa tra i 4 ÷ 6 m.

- **Famiglia di discontinuità 2 (311/84):** sistema subverticale, immergente a nord-ovest, costi-tuito essenzialmente da giunti. Presenta superfici da piane-ondulate a scabre, con deboli aperture (<1 mm), asciutte, con assenza di riempimento. Le discontinuità maggiori hanno una lunghezza intorno ai 3 m con una spaziatura di 25 cm. E' un sistema poco pervasivo.

- **Famiglia di discontinuità 3 (35/25):** sistema corrispondente alla stratificazione, definita dall'alternanza di livelli a competenza differente (Foto 3). E' costituito da superfici, general-mente immer-genti verso nord nord-est, con inclinazioni comprese tra 15° ÷ 35°. La famiglia di discontinuità 3 presenta una buona continuità, ma con superfici molto scabre e general-mente chiuse, con una spaziatura variabile compresa tra pochi centimetri e alcuni decimetri.

- **Famiglia di discontinuità 4 (189/37):** Sistema costituito in prevalenza da giunti talora passanti a faglie transtensive sinistre look to nord. Le superfici si presentano scabre, talora umide, con apertura variabile nell'ordine del centimetro e riempimento costituito da materiale breccia- to. Presentano lunghezza inferiore a 10 m con una spaziatura di 80 cm.

- **Famiglia di discontinuità 5 (28/66):** sistema immergente a nord nord-est, inclinato di 66°. A tale sistema si associano delle faglie caratterizzate da evidenti specchi con crescita di fibre (calcite) indicanti un movimento diretto. Tali faglie evidenziano superfici scabre, talora umide, con apertura variabile nell'ordine del centimetro e riempimento costituito da materiale sbrecciato, talora argilloso. Presentano lunghezza superiore a 20 m con una spaziatura compresa tra i 4 ÷ 6 m.

Di seguito si riporta uno schema riassuntivo delle caratteristiche delle famiglie rilevate:

Famiglie	Orientazione	Persistenza (Continuità)	Apertura	Rugosità (Scabrezza)	Alterazione delle pareti	Riempimento	Spaziatura
1	201/77	> 20 m	1 ÷ 5 mm	Molto scabri	Alterate	Sabbioso	200 ÷ 600 cm
2	311/84	da 1 a 3 m	0,1 ÷ 1 mm	Scabri	Non alterate	Assente	20 ÷ 60 cm
3	35/25	da 10 a 20 m	0,1 ÷ 1 mm	Molto scabri	Non alterate	Assente	6 ÷ 20 cm
4	189/37	da 3 a 10 m	1 ÷ 5 mm	Molto scabri	Alterate	Mineralizzato	20 ÷ 60 cm
5	28/66	da 10 a 20 m	> 5 mm	Molto scabri	Alterate	Mineralizzato	200 ÷ 600 cm

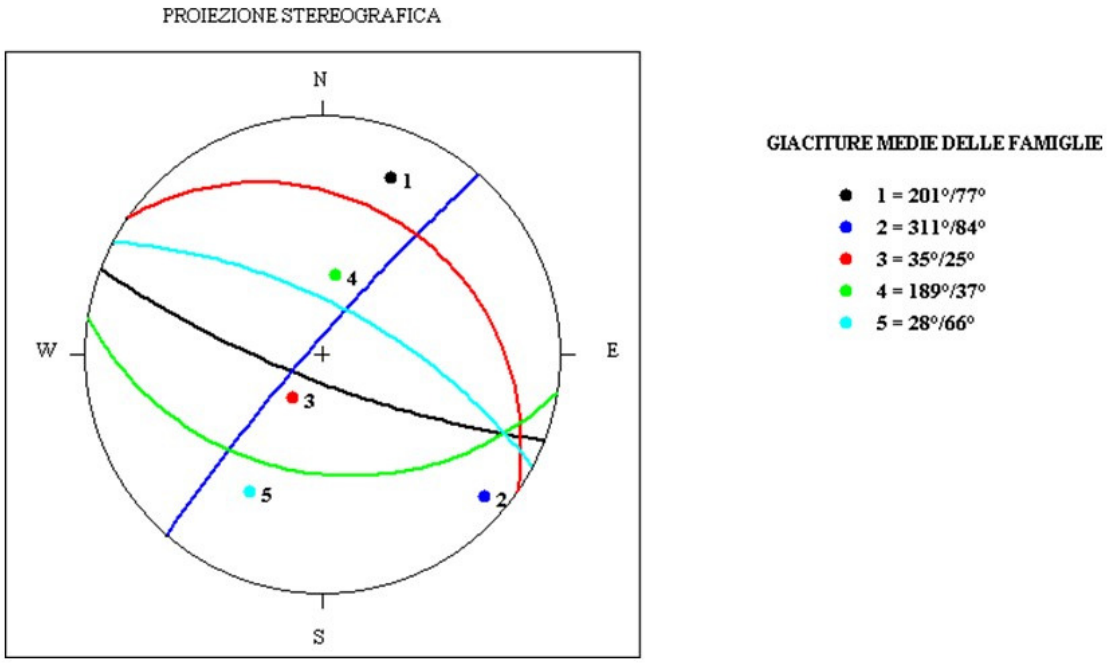


Fig.4: Proiezione stereografica delle giaciture medie delle dolomie

5.1.2 Quarziti di Ponte di Nava

Tali rocce testimoniano la cessazione dell'attività vulcanica permiana e la fase iniziale di ingressione marina triassica. Come accade in molte altre zone, risulta molto difficile distinguere, e quindi delimitare arealmente, le facies spiccatamente conglomeratiche o arenaceo-pelitiche, attribuibili alla Formazione di Monte Pianosa (Verrucano Brianzonese Auct.) di età permiana da quelle arenaceo-conglomeratiche delle quarziti triassiche delle Quarziti di Ponte di Nava. Infatti, anche se in generale, si ha la sottoposizione dei conglomerati verrucani rispetto alle quarziti, è frequente una certa eteropia fra le due facies, complicata anche da episodi conglomeratici intercalati all'interno della facies arenacea.

Le Quarziti di Ponte di Nava, che affiorano nelle vicinanze del contatto con le dolomie si presentano relativamente omogenee, sebbene localmente si possono avere degli arricchimenti in clorite, miche bianche o sericite tali da portare a facies eminentemente quarzo-scistiche.

Sotto il profilo geomeccanico le rocce del complesso quarzitico presentano, ad eccezione della facies cataclasitica, un'elevata tenacità e buona compattezza nonostante il grado di fratturazione che localmente può diventare anche assai ingente.

Altra caratteristica comune alle rocce del complesso quarzitico è la loro elevata alterabilità per detrizione termoclastica spesso associata alla formazione di notevoli spessori di coltri detritico-colluviali.

Sono state individuate 4 famiglie principali di discontinuità così descritte:

Famiglia di discontinuità 1 (187/81): sistema subverticale, immergente a sud, costituito essenzialmente da giunti, talora faglie. Presenta superfici da piane-ondulate a scabre, con deboli aperture (<1 mm), asciutte, con assenza di riempimento. Le discontinuità maggiori hanno una lunghezza intorno ai 3 m con una spaziatura di 20 cm.

Famiglia di discontinuità 2 (114/74): sistema diretto prevalentemente nord sud, inclinato di 77° verso est. A tale sistema si associano delle faglie caratterizzate da evidenti specchi con crescita di fibre (calcite) indicanti un movimento diretto. Tali faglie evidenziano superfici scabre, talora umide, con apertura variabile nell'ordine del centimetro e riempi- mento costituito da materiale limoso-sabbioso. Presentano lunghezza superiore a 20 m con una spaziatura compresa tra i 4 ÷ 6 m.

Famiglia di discontinuità 3 (18/35): sistema corrispondente alla stratificazione, definita dall'alternanza di livelli a composizione granulometrica differente. E' costituito da superfici, generalmente immergenti verso nord nord-est, con inclinazioni comprese tra 20° ÷ 40°. La famiglia di di-

scontinuità 3 presenta una buona continuità, ma con superfici molto scabre e generalmente chiuse, con una spaziatura variabile compresa tra pochi centimetri e alcuni decimetri.

Famiglia di discontinuità 4 (136/42): sistema costituito in prevalenza da giunti talora passanti a faglie dirette. Le superfici si presentano scabre, talora umide, con apertura variabile nell'ordine del centimetro e riempimento costituito da materiale brecciato. Presentano lunghezza inferiore a 10 m con una spaziatura di 25 cm.

Di seguito si riporta uno schema riassuntivo delle caratteristiche delle famiglie rilevate

Famiglie	Orientazione	Persistenza (Continuità)	Apertura	Rugosità (Scabrezza)	Alterazione delle pareti	Riempimento	Spaziatura
1	187/81	da 1 a 3 m	1 ÷ 3 mm	Scabri	Non alterate	Assente	6 ÷ 20 cm
2	114/74	> 20 m	1 ÷ 5 mm	Molto scabri	Alterate	Sabbioso	200 ÷ 600 cm
3	18/35	da 10 a 20 m	0,1 ÷ 1 mm	Molto scabri	Non alterate	Assente	6 ÷ 20 cm
4	136/42	da 3 a 10 m	0,1 ÷ 1 mm	Molto scabri	Non alterate	Assente	6 ÷ 20 cm

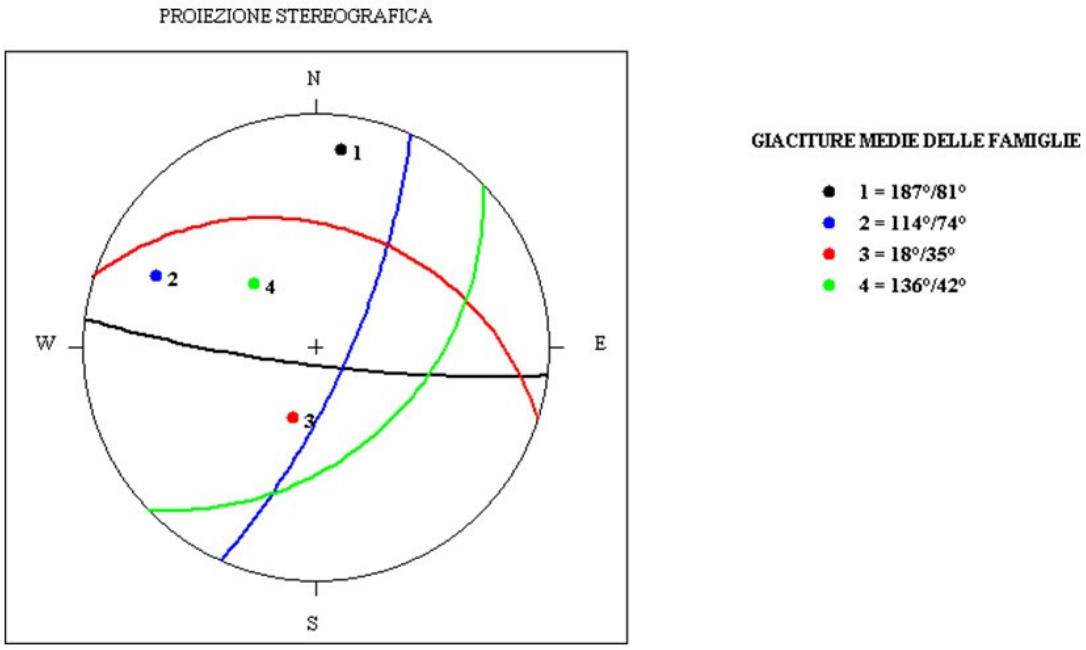


Fig.5: Proiezione stereografica delle giaciture medie delle quarziti

5.1.3 Terre rosse

Le cosiddette "Terre rosse", derivano dal processo d'alterazione delle dolomie e sono costituite da suoli rossastri di potenza variabile essenzialmente costituiti da argille residuali più o meno siltose, sabbiose o clastiche, prodotte per dissoluzione chimica per decalcificazione dei carbonati.

Costituiscono il suolo della porzione calcareo-dolomitica occidentale della cava e presentano spessori variabili nell'ordine di 3 ÷ 5 m. Il deposito è databile a partire dal Villafranchiano "caldo" ed è costituito dai residui insolubili (per lo più argillosi) derivanti dall'opera di dissoluzione chimica dei calcari da parte delle acque piovane.

5.2 Caratterizzazione ammasso roccioso.

Le caratteristiche dell'ammasso roccioso in corrispondenza dei fronti di coltivazione sono state valutate tramite la classificazione tecnica di Bieniawski, che tiene conto di cinque parametri fondamentali:

- resistenza della roccia intatta;
- Indice R.Q.D, valutabile tramite la seguente relazione (di BARISONE et al., 1980):
- RQD = 100 - 4.5Jv (dove Jv rappresenta il numero di discontinuità per unità di volume);
- spaziatura delle discontinuità;
- stato delle discontinuità (scabrezza, alterazione delle pareti, apertura, riempimento, persistenza);
- presenza di acqua.

A ciascun parametro, valutato in modo quantitativo, è stato assegnato un coefficiente numerico in base alla tabella tratte da Z.T. BIENIAWSKI (1989). Inoltre si è fatto riferimento al numero di sistemi cinematicamente sfavorevoli (in rapporto all'orientazione dei fronti) apportando delle modifiche alla parametrizzazione originale secondo quanto proposto nello schema di Z.T. BIENIAWSKI (1989) che introduce un coefficiente (indice 6).

Sulla base della valutazione numerica dei parametri sopra evidenziati è possibile pervenire alla classificazione dell'ammasso roccioso (secondo Bieniawski) .

Dalla somma dei coefficienti numerici dei primi cinque parametri si ottiene:

$$R.M.R._{base} = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5$$

Il sesto parametro, R6 stabilisce una correzione dell' RMRbase in funzione dell'orientamento delle discontinuità, rispetto alla direzione in cui si sviluppa l'opera progettata. Sommando il coefficiente numerico (negativo) di R6 al valore numerico dell'RMRbase si ottiene il valore numerico:

$$R.M.R._{corretto} = R.M.R._{base} + R_6$$

La somma algebrica dei coefficienti numerici dei sei parametri può variare in un intervallo di valori compresi tra 0 e 100 suddiviso in cinque parti uguali a cui corrispondono cinque classi dell'ammasso roccioso.

Indice	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	< 20
Classe n°	**I**	**II**	**III**	**IV**	**V**
Descrizione	Ottimo	Buono	Discreto	Scadente	Pessimo
Coesione (KPa)	> 400	300 - 400	200 - 300	200 - 100	< 100
Kg/cm²	> 3.0	2.0 - 3.0	1.5 - 2.0	1.0 - 1.5	< 1.0
Angolo di attrito	> 45°	35° - 45°	25° - 35°	15° - 25°	< 15°

Dal valore di RMR_b si derivano i parametri caratteristici dell'ammasso, che secondo BIENIAWSKI assumono il valore:

- coesione di picco c_p (kPA) = 5 RMR_{base}
- angolo di attrito di picco ϕ_p = 0,5 RMR_{base} + 5
- modulo di deformazione E (GPa) = 2 RMR_{base} – 100

I valori della coesione residua e dell'angolo di attrito residuo si ricavano introducendo nelle formule sopra indicate un valore di RMR_b modificato secondo la:

- $RMR_b = RMR_b(originario) – [0,2\ \phi\ RMR_b(originario)]$ (Priest, 1983)

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

- $E\ (GPa) = 10^{(RMR_b – 10\ /\ 40)}$

Il valore di GSI (Geological Strength Index) viene ricavato dalla:

- GSI = RMR – 5

dove RMR viene calcolato tenendo conto dei punteggi assegnati ai primi quattro parametri e assumendo condizioni idrauliche asciutte (A_5 = 15). Tale relazione è da ritenersi valida per RMR > 23

La resistenza a compressione uniassiale delle pareti della discontinuità (Joint Compressive Strength, JCS) è un parametro di fondamentale importanza per la stima del- la resistenza al taglio della discontinuità.

Per ogni serie di 10 misure effettuate con lo sclerometro su un piano di discontinuità sono stati scartati i 5 valori più bassi del rimbalzo. I restanti valori sono stati cumulati e quindi riportati i parametri statistici di base delle distribuzioni

Il valore di JCS, non disponendo di risultanze di prove di laboratorio, è stata derivata, secondo quanto indicato nel seguito, dai risultati delle prove sclerometriche eseguite con martello di Schmidt di tipo L sulle pareti delle discontinuità.

Di seguito si riportano i risultati ottenuti per entrambe le litologie:

Dolomie

Valore di R = 24

Resistenza a compressione monoassiale della roccia intatta = 39.9 Mpa

Quarziti

Valore di R = 39

Resistenza a compressione monoassiale della roccia intatta = 51.5 Mpa

5.2.1 Dolomie si Monte Rossotta

Determinazione dei parametri di ingresso

PARAMETRO		Valori di stima
R1	Resistenza a compressione uniassiale della roccia intatta	4,6
R2	R.Q.D	12,5
R3	Spaziatura	9,8
R4	Stato discontinuità	14
R5	Presenza di acqua	10
R6	Sistemi sfavorevoli	---

Dai risultati ottenuti è possibile ricavare in prima analisi:

$R.M.R._{base} = R_1+R_2+R_3+R_4+R_5 =$ 50,9

Il parametro $RMR_{corretto}$ consente di entrare nella classificazione di Bieniawski classificando l'ammasso roccioso in questione come segue:

Litotipo: **Dolomie Monte Rossotta**
Località: **Millesimo (Savona)**
Classe: **III**
Qualità: **AMMASSO ROCCIOSO MEDIOCRE**

Determinazione parametri di uscita

Dalle relazioni proposte da BIENIAWSKI viste nel **paragrafo 4.2** le caratteristiche geomeccaniche dell'ammasso roccioso in esame possono essere quindi così sintetizzate:

Modulo di deformazione (GPa)	Geological Strenght Index (GSI)	Coesione di picco (kPa)	Angolo di attrito di picco (°)	Coesione residua (kPa)	Angolo di attrito residuo (°)
1,8	50,9	254,5	30,5	203,6	25,4

Tali valori, da ritenere cautelativi, sono in accordo, sia con quanto riconosciuto in sito in situazioni strutturali analoghe a quella in esame.

5.2.2 Quarziti di Ponte di Nava

Determinazione dei parametri di ingresso

PARAMETRO		Valori di stima
R1	Resistenza a compressione uniassiale della roccia intatta	5,6
R2	R.Q.D	10,4
R3	Spaziatura	12,3
R4	Stato discontinuità	18
R5	Presenza di acqua	10
R6	Sistemi sfavorevoli	---

Dai risultati ottenuti è possibile ricavare in prima analisi:

$$R.M.R._{base} = R_1+R_2+R_3+R_4+R_5 = 56,2$$

Il parametro $RMR_{corretto}$ consente di entrare nella classificazione di Bieniawski classificando l'ammasso roccioso in questione come segue:

Litotipo: Quarziti Ponte di Nava
Località: **Millesimo (Savona)**
Classe: **III**
Qualità: **AMMASSO ROCCIOSO MEDIOCRE**

Determinazione parametri di uscita

Dalle relazioni proposte da BIENIAWSKI viste nel **paragrafo 4.2** le caratteristiche geomeccaniche dell'ammasso roccioso in esame possono essere quindi così sintetizzate:

Modulo di deformazione (GPa)	Geological Strenght Index (GSI)	Coesione di picco (kPa)	Angolo di attrito di picco (°)	Coesione residua (kPa)	Angolo di attrito residuo (°)
12,4	56,2	281,0	33,1	224,8	27,5

6 INQUADRAMENTI SISMICO

In base alla Delibera della Giunta Regionale Ligure n°216 del 17/03/2017 (O.P.C.M. 3519/2006. Aggiornamento classificazione sismica del territorio della Regione Liguria), pubblicata sul Bollettino Ufficiale della Regione Liguria il 19/04/2017, il **Comune di Millesimo è stato classificato in zona 4**.

Con il D.M. 17/01/2088 l'azione sismica di riferimento viene definita mediante un approccio "sito dipendente" e non più un criterio "zona dipendente".

L'azione sismica di progetto in base alla quale valutare il rispetto dei diversi stati limite presi in considerazione sarà determinata, pertanto, partendo dalla "pericolosità di base" del sito di costruzione.

6.1 Definizione della categoria sismica del sottosuolo.

Le informazioni sulla stratigrafia del sottosuolo corredate dalle risultanze dei rilevamenti in situ hanno permesso di definire il seguente andamento sismo stratigrafico interpretativo:

A – *Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m*

6.2 Azione sismica di progetto.

Le azioni sismiche di progetto si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione. Sono descritte dalla probabilità che, in un fissato lasso di tempo ("*periodo di riferimento*" $V_{R,}$ espresso in anni), nel sito di interesse si verifichi un evento sismico di entità almeno pari ad un valore prefissato; la probabilità è denominata *"probabilità di eccedenza o di superamento nel periodo di riferimento* P_{VR}".

La pericolosità sismica è definita in termini di:

- accelerazione orizzontale massima attesa *"ag"* in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido (categoria "A"), con superficie topografica orizzontale (categoria "T1").
- Ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente Se(T), con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} nel periodo di riferimento $V_{R.}$

Le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- ag: *accelerazione orizzontale massima al sito.*
- F_0: *valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale*.
- T*C: *periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontal*e.

La stima della pericolosità sismica è basata su una griglia di 10751 nodi ove viene fornita la terna di valori ag, F_0 e T*C per nove distinti periodi.

6.3 Definizione dei parametri di partenza.

Vita Nominale

La *vita nominale di un'opera strutturale* V_N è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta a manutenzione ordinaria, deve poter essere usata per lo scopo per la quale è destinata.

Evidenziata in giallo la vita nominale a cui si fa riferimento:

TIPI DI COSTRUZIONE	**Vita Nominale V_N (in anni)**
1. Opere provvisorie, opere provvisionali, strutture in fase esecutiva[1].	≤ 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

Classe d'uso dell'opera

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in 4 Classi d'uso (corrispondenti alle Classi di importanza dell'Eurocodice 8).

Evidenziata in giallo la classe d'uso a cui si fa riferimento:

[1] **Le verifiche sismiche di opere provvisorie o strutture in fase costruttiva possono omettersi quando le relative durate previste in progetto siano inferiori a 2 anni.**

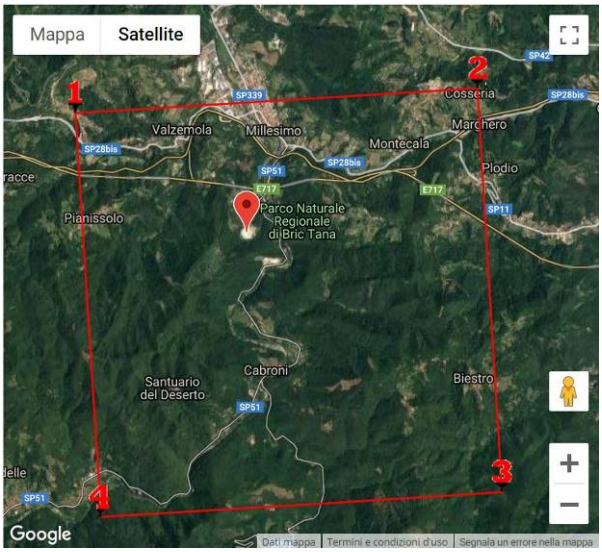
CLASSE I	Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
CLASSE II	Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industri con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere 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. Ambienti ad uso residenziale. Sono compresi in questa categoria i locali di abitazione e relativi servizi, gli alberghi (ad esclusione delle aree suscettibili di affollamento), gli uffici, i negozi.
CLASSE III	Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industri 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 conseguenze di un loro eventuale collasso.
CLASSE IV	Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, 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.

Coefficiente d'uso

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0.7	1.0	1.5	2.0

Qualora la vita nominale e/o la classe d'uso dovessero essere differenti da quelle sopra indicate, sarà responsabilità del progettista provvedere a ricalcolare i nuovi coefficienti alla luce delle variazioni effettuate.

Coordinate geografiche del sito di intervento

Millesimo, Provincia di Savona	
	**Latitudine** (gradi decimali)
	44,3449962° wgs84 44,350933° ed50
	Longitudine (gradi decimali)
	8,203155° wgs84 8,204216° ed50

Categoria topografica

Evidenziata in giallo la categoria topografica a cui si fa riferimento:

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media i < 15°[2].
T2	Pendii con inclinazione media i > 15°.
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media 15°≤ i ≤ 30°.
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media i >30°.

[2] **Da considerare solo H > 30 m**

6.4 Calcolo dei parametri sismici.

Stati limite

Classe Edificio

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

Vita Nominale 50

Interpolazione Media ponderata

CU = 1

Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	Fo	Tc* [s]
Operatività (SLO)	30	0.019	2.607	0.157
Danno (SLD)	50	0.026	2.549	0.195
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.059	2.613	0.304
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.076	2.646	0.325
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			

Coefficienti sismici

Tipo: Stabilità dei pendii e fondazioni

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

H (m): 1 us (m): 0.1

Cat. Sottosuolo: A

Cat. Topografica: T4

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,00	1,00	1,00	1,00
CC Coeff. funz categoria	1,00	1,00	1,00	1,00
ST Amplificazione topografica	1,40	1,40	1,40	1,40

☐ Acc.ne massima attesa al sito [m/s²] 0.6

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.005	0.007	0.017	0.021
kv	0.003	0.004	0.008	0.011
Amax [m/s²]	0.267	0.354	0.816	1.044
Beta	0.200	0.200	0.200	0.200

7 *INDICAZIONI E PRESCRIZIONI PROGETTUALI RELATIVI ALL'ABBANCAMENTO IN MATERIALI SCIOLTI FUNZIONALI ALLA RIQUALIFICAZIONE MORFOLOGICA DELLA CAVA.*

Gli interventi progettuali di riqualificazione della cava prevedono la realizzazione di un rilevato in materiale sciolto.

Di seguito sono illustrate le indicazioni/prescrizioni da adottare in fase esecutiva per la realizzazione di detto rilevato.

Alla base del rilevato e lungo i fronti delle pareti in elevazione al contatto con i materiali di riempimento oggetto di escavazione sarà posto uno strato di materiale arido di cava con funzionalità di dreno di spessore non inferiore ai 100 cm. Tale strato dovrà essere realizzato con terre dei gruppi A1 e A2-4 (Classificazione dei terreni HRB-AASHTO –CNR UNI 10006).

Nella formazione del corpo del rilevato potranno essere utilizzate, in ordine di priorità, le terre dei gruppi A2-4, A2-5, A1, A3, con indice di gruppo 0. Il materiale dovrà essere tutto passante al setaccio 125 mm e il trattenuto al setaccio 63 mm non deve essere maggiore del 35%.

Non sono da considerarsi idonei materiali/terre con quantitativi in massa maggiori del 2% di sostanze organiche e vegetali ed elementi solubili o comunque instabili nel tempo.

La stesa dei materiali dovrà essere eseguita con regolarità per strati di spessore costante, non superiore ad 1 m, con modalità e attrezzature atte a evitarne la segregazione e variazioni nella granulometria e nel contenuto d'acqua.

Per evitare disomogeneità dovute alla segregazione che si verifica durante lo scarico dai mezzi di trasporto, il materiale dovrà essere depositato subito a monte del luogo di impiego, predisposto per la successiva stesa. I materiali costituenti strati immediatamente sovrapposti dovranno avere assortimenti granulometrici il più possibile simili.

La compattazione avverrà con modalità tali da consentire di raggiungere una densità relativa pari al 90% di quella massima ottenibile.

Le scarpate dovranno avere pendenza **non superiore a 35°** ed essere protette dall'azione diretta degli agenti atmosferici mediante inerbimento e piantagioni e/o con l'apporto di un opportuno strato di terreno vegetale.

Il rispetto delle prescrizioni riportate in precedenza è propedeutico al raggiungimento delle condizioni di addensamento, del valore della coesione drenata e della resistenza al taglio efficace previste nella parametrizzazione geotecnica dei materiali costituenti il riempimento previsto a progetto.

8 DESCRIZIONE DEI MATERIALI COSTITUENTI IL RIEMPIMENTO A PROGETTO.

I materiali utilizzati per il riempimento della cava saranno costituiti esclusivamente da:

- **terre e rocce da scavo (sottoprodotti) in esclusione dal regime dei rifiuti,** per il corpo del rilevato
- **materie prime seconde:** materiali cioè che hanno perso la qualifica di rifiuto in quanto trattati in idoneo impianto di recupero acquisendo la qualifica di materie prime seconde (MPS) (riciclato) per i drenaggi, i sottofondi della viabilità interna,
- **materie prime:** inerti derivanti direttamente dall'attività di cava (blocchi, massi, ghiaia, sabbia ecc.). essenzialmente come massi da scogliera in corrispondenza delle opere di sostegno.

Sarà sempre garantita la condizione minima e necessaria che:

1. siano rispettate le concentrazioni soglia di contaminazione compatibili con il sito di destinazione col. "A" Tab I Allegato IV Titolo V del D.Lgs 152/06,
2. non vi sia pericolo di contaminazione per le acque di falda;
3. l'utilizzo non comporti rischi per la salute o variazioni negative delle emissioni rispetto alle normali materie prime;

In tal senso tutti i materiali in ingresso dovranno essere accompagnati da idonee analisi per la verifica del rispetto dei parametri di legge di cui al precedente punto 1. Le materie prime e seconde dovranno provenire da impianti di recupero certificati ai sensi del D.M. 5 Febbraio 1998 e della *Circolare del Ministero dell'Ambiente e della tutela del territorio 15 Luglio 2005, n. UL/2005/5205.*

9 SINTESI PARAMETRI GEOTECNICI

La caratterizzazione geotecnica delle varie unità litotecniche naturali, riscontrate nell'area di cava, è stata desunta dalla precedente relazione geologica a firma del Dott. Geol. Rolfo, integrata dai rilievi eseguiti dallo scrivente nel 2019 e dalla bibliografia.

Per quanto riguarda invece i ***materiali di Riporto in progetto*** e le "**Terre rosse**" sono stati caratterizzati utilizzando valori da bibliografia.

Riporti a progetto

Parametri spaziali medi:

γ_n (peso dell'unità di volume):	20 kN/m³
φ_p (angolo di resistenza al taglio in condizioni di picco):	33°
c' (coesione drenata):	5 kN/m² (cautelativa)

Terre rosse

Parametri spaziali medi:

γ_n (peso dell'unità di volume):	18.0 kN/m³
φ_p (angolo di resistenza al taglio in condizioni di picco):	30°
c' (coesione drenata):	5 kN/m²

Dolomie M.te Rossotta

Parametri spaziali medi:

γ_n (peso dell'unità di volume):	26.0 kN/m³
φ_p (angolo di resistenza al taglio residuo):	25,2°
c' (coesione drenata):	203,6 kN/m²
Modulo di deformazione	1,8 Gpa

Quarziti Ponte di Nava

Parametri spaziali medi:

γ_n (peso dell'unità di volume):	27.0 kN/m³
φ_p (angolo di resistenza al taglio residuo):	27,5°
c' (coesione drenata):	224,8 kN/m²
Modulo di deformazione	12,4 Gpa

10 CONTROLLI IN CORSO D'OPERA

I controlli di qualità nel corso dell'esecuzione dei lavori dovranno prevedere misure di densità e di portanza finalizzate alla verifica del grado di compattazione ed addensamento del rilevato.

I requisiti minimi dovranno essere:

Piano di posa del rilevato (rif. paragrafo 5.3 UNI 11531-1)

Modulo di deformazione Md, determinato, al primo ciclo di carico (0.05 e 0.15 MPa) deve risultare non minore di:

- **15 MPa** (valore minimo per consentire il corretto costipamento degli strati soprastanti). Valore di riferimento quando, come nel caso in questione, la distanza del piano di posa del rilevato rispetto al piano di appoggio della pavimentazione è maggiore di 2.00 m

Corpo del rilevato. (rif. Prospetto 5b par. 5.3 UNI 11531-1).

Modulo di deformazione Md, determinato al primo ciclo di carico (0.05 e 0.15 MPa) deve risultare non minore di:

- **40 MPa**

La prova di portanza con piastra è da considerarsi significativa solo se eseguita appena terminato il costipamento. Qualora sia eseguita successivamente, occorre valutare i risultati tenendo conto dell'influenza delle possibili variazioni di comportamento dipendenti dalle alterazioni dell'umidità e delle altre caratteristiche geotecniche.

Le prove di carico statico su piastra potranno essere sostituite da prove di carico dinamico su piastra. Una maggiore efficienza in fase di controllo sarà ottenuta eseguendo un campo prove attraverso la misura della portanza mediante misure deflettometriche di rigidezza, operando con mezzi ad elevato rendimento come il Light Weight Deflectometer LWD[3] (piastra dinamica).

Le soglie da raggiungere saranno determinate, preliminarmente, sulla base delle correlazioni stabilite in un campo prove con il modulo di deformazione **Md**.

[3] ASTM E2583/07 (2011) Standard Test Method for Measuring Deflections with a light Weight Deflectometer (LWD)

Le misure dinamiche risultano in generale assai più rapide delle misure di portanza statiche[4], pertanto, possono essere convenientemente predisposte per ottenere una rappresentazione della portanza sull'intera estensione del piano esaminato, sia in senso longitudinale che trasversale. (Par. 5.3 Controlli UNI 11531-1 2014).

Dovrà essere eseguite una campagna di prove su piastra (statica e dinamica) con cadenza minima ogni **due metri** di altezza del rilevato costituita da almeno:

- **n° 5 prove di carico su piastra statica**
- **n° 50 prove di carico su piastra dinamica**

Al fine di verificare a scala maggiore il comportamento meccanico del rilevato, a metà dell'opera di riempimento e al termine della sua realizzazione, dovranno essere eseguite **prove penetrometriche dinamiche pesanti** finalizzate all'ottenimento del valore dell'angolo di attrito del terreno costituente il rilevato. Si prevede la realizzazione di:

- **n° 5 prove penetrometriche dinamiche** spinte fino alla base dell'abbancamento (indicativamente a metà dell'altezza massima del rilevato).
- **n° 5 penetrometriche dinamiche** prove spinte fino alla base dell'abbancamento (indicativamente alla quota di ultimazione lavori).

Infine al fine di verificare l'omogeneità del costipamento e l'eventuale presenza di zone a minor indice di costipazione e/o di vuoti dovranno essere eseguiti stendimenti sismici, elaborati con tecnica tomografica, che si estendano per tutta la lunghezza/larghezza del rilevato. Si prevede la realizzazione di:

- **n° 3 stese sismiche a rifrazione con interpretazione tomografica** (indicativamente a metà dell'altezza massima del rilevato).
- **n° 3 stese sismiche a rifrazione con interpretazione tomografica** (indicativamente alla quota di ultimazione lavori).

[4] CNR B.U. n. 146/92

11 CONCLUSIONI

E' possibile affermare quanto segue:

- Dall'analisi dei dati geologici, geomorfologici, idrogeologici rilevati le opere in progetto risultano sostanzialmente fattibili sotto il profilo geologico-geotecnico, compatibili con la normativa vigente e non pregiudizievoli dell'assetto idrogeologico locale.
- I rilievi di campagna hanno verificato l'assenza di significative criticità geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche che possano interferire con la realizzazione delle opere previste.
- Stabilità complessiva del sito confermata anche dall'attuale stato dei luoghi che sono esenti da attestazioni o evidenze di fenomeni gravitati in atto e/o quiescenti. Si evidenzia che l'attuale conformazione del sito è stata ultimata 11 anni fa e che lo stato dei luoghi risulta sostanzialmente immutato.
- Le criticità relative alla regimazione delle acque superficiali sono state risolte con la progettazione di una idonea rete di captazione dimensionata dal punto di vista idraulico per i cui dettagli si rimanda agli specifici elaborati progettuali.
- Quali indicazioni operative si suggerisce di immorsare le terre armate in seno al substrato roccioso in buone condizioni di conservazione.

Savona li 15/10/2019

Dott. Geol. Marcello Brancucci

