



HGT Design & Execution



GRE CODE

GRE.EEC.R.14.IT.H.16071.00.036.00

TITLE:

AVAILABLE LANGUAGE: IT

Impianto idroelettrico di PIZZONE II

Progetto Definitivo per Autorizzazione

RELAZIONE GEOLOGICA GENERALE

FILE NAME: GRE.EEC.R.14.IT.H.16071.00.036.00.docx

ORDINE APPARTENENZA			Geologo	Ingegnere
PROVINCIA/REGIONE			Piemonte	Verona
NUM. MATRICOLA			499 Sez.A	1542
00	29-11-22	REVISIONE	A. Santambrogio	G.Coduri
				G. Sembenelli
REV.	DATE	DESCRIPTION	PREPARED	CHECKED
				APPROVED

GRE VALIDATION

		F. Torasso
COLLABORATORS	VERIFIED BY	VALIDATED BY

PROJECT PLANT	GRE CODE																		
	GROUP	FUNCTION	TYPE	ISSUER	COUNTRY	TEC.	PLANT				SYSTEM	PROGRESSIVE	REVISION						
	GRE	EEC	R	1	4	I	T	H	1	6	0	7	1	0	0	0	3	6	0

CLASSIFICATION: **PUBLIC**

UTILIZATION SCOPE: **PROGETTO DEFINITIVO PER AUTORIZZAZIONE**

INDEX

1. INTRODUZIONE	4
1.1. DOCUMENTAZIONE CONSULTATA	4
2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO	5
2.1. Inquadramento geologico generale	5
2.2. Unità significative dell'area di studio	7
2.3. Inquadramento geologico di dettaglio	8
2.3.1. Basi documentali	8
2.3.2. Unità geologiche presenti lungo il tracciato	8
2.3.3. Inquadramento geologico strutturale.....	11
3. FORMAZIONI GEOLOGICHE E STRUTTURE TETTONICHE INTERFERENTI CON IL TRACCIATO	15
3.1. Quadro d'insieme	15
3.2. Area dell'invaso di Montagna Spaccata	16
3.3. Tratto centrale	17
3.4. Area dell'invaso di Castel San Vincenzo	21
4. ASPETTI IDRO-GEOMORFOLOGICI	23
4.1. Geomorfologia	23
4.2. Aspetti idrogeologici ed idrologici	27
5. INQUADRAMENTO SISMICO	29
5.1. Aspetti generali.....	29
5.2. Inquadramento sismico dell'area	29
5.3. Zonazione Sismogenetica	30
5.4. Sismicità storica e pericolosità sismica del territorio Comunale.....	31
6. RILIEVO GEOLOGICO-TECNICO	33
6.1. DESCRIZIONE DELLE ATTIVITÀ DI CAMPO.....	33
6.1.1. Quadro delle indagini condotte	33
6.1.2. Dati e parametri raccolti	35
6.1.3. Ispezioni sui fronti esposti di roccia superficiale	35
6.1.4. Ispezione alla finestra di servizio della condotta forzata	35
6.2. RILIEVI GIACITURALI DEI PIANI DI DISCONTINUITÀ.....	36
6.3. CLASSIFICAZIONE DEGLI AMMASSI ROCCIOSI	38
6.3.1. Criteri di classificazione	38
6.3.2. Valori sintetici rilevati nei punti di misura	39
7. PROFILO GEOLOGICO LUNGO L'ASSE DEL TRACCIATO	41
7.1. PREMESSA	41
7.2. DESCRIZIONE DELLE PRINCIPALI LITOLOGIE DELL'AREA	41
7.2.1. Calcari e calcareniti intatti	41
7.2.2. Facies calcaree cataclastica (tettonizzata)	44
7.2.3. Flysch	46
7.3. Cambi di litologia	49
7.4. Discontinuità	50
7.4.1. Faglie e discontinuità principali	50
7.4.2. Fratture.....	51
7.5. Potenziale presenza di gas	51
7.6. Pendii	51



HGT Design & Execution



GRE CODE

GRE.EEC.R.14.IT.H.16071.00.036.00

PAGE

3 di/of 52

7.6.1. Zone di imbocco sommerse.....	51
7.6.2. Imbocchi lato centrale.....	51
7.6.3. Imbocco gallerie di accesso alla torre piezomerica di monte	51
8. CONCLUSIONI	52

ALLEGATI

ALLEGATO 1: FONTI BIBLIOGRAFICHE CONSULTATE

ALLEGATO 2: REPORT FOTOGRAFICO RILIEVI DI CAMPO – MAGGIO 2022

ALLEGATO 3: MODULI DI CAMPO

1. INTRODUZIONE

Enel è proprietaria e gestore del Sistema Idroelettrico di Montagna Spaccata che consiste in una serie di invasi in cascata che alimentano altrettante centrali. Nel tratto di monte di questo sistema esiste oggi l'invaso di Montagna Spaccata, che alimenta la centrale di Pizzone e l'Invaso di Castel San Vincenzo, che riceve le acque dalla Centrale di Pizzone e alimenta quella di Rocchetta.

Nell'ambito delle strategie di investimento per ampliare la produzione di energia rinnovabile Enel sta considerando la possibilità di intervenire sul Sistema esistente per migliorarne l'efficienza o incrementarne la potenza installata.

Stantec S.p.A. (di seguito "**Stantec**"), in qualità di Consulente Tecnico, è stata incaricata da Enel Green Power S.p.A. (di seguito "**EGP**") di produrre uno studio di prefattibilità e successivamente il presente Progetto Definitivo per Autorizzazione per valutare la possibilità di convertire lo schema idroelettrico tradizionale esistente in un nuovo impianto di pompaggio / generazione preservando i due bacini di Montagna Spaccata e Castel San Vincenzo.

Nell'ambito dello studio di pre-fattibilità Stantec ha indagato anche gli aspetti geologici che concernono l'area dell'impianto esistente, potenziale sede di intervento, includendo in questo il Lago di Montagna Spaccata, a monte, l'area del Lago di Castel San Vincenzo, a valle, e il tratto che collega i due laghi.

Il presente documento, facente parte del Progetto Definitivo per Autorizzazione, presenta e discute gli elementi geomorfologici, geologici e idrogeologici più significativi ai fini della autorizzazione degli interventi; le valutazioni riportate nel presente documento sono state eseguite per mezzo di quanto ottenuto a seguito di rilievo geologico - tecnico di campo, condotto nelle aree in studio tra maggio e giugno 2022.

Per mezzo di tali rilievi è stato possibile accrescere le conoscenze dei rapporti geologici e strutturali tra le litologie affioranti in sito, oltre che a raccogliere un discreto numero di dati relativamente alle resistenze dei materiali litoidi e alle giaciture dei piani di bedding stratigrafico e dei principali piani di fratture caratterizzanti gli affioranti studiati.

Sono dunque riportate e descritte anche le elaborazioni numeriche e grafiche che è stato possibile eseguire a seguito di tali rilievi.

1.1. DOCUMENTAZIONE CONSULTATA

Per la elaborazione della presente relazione sono stati consultati i seguenti documenti (in parte disponibili in Allegato 1):

- "Interventi di adeguamento e potenziamento del depuratore a servizio dei comuni di barrea e villetta barrea - Relazione Geologica; Comune di Barrea, marzo 2018"
- "Analisi di caduta blocchi nell'area di Pizzone (IS) in relazione all'assetto geologico-strutturale; G. Bianchi-Fasani, V. Chiessi, A. Di Ludovico, C. Esposito, G. Scarascia-Mugnozza; Società Geologica Italiana, Gennaio 2006"
- Piano regolatore generale Comune di Barrea
- Piano regolatore generale Comune di Alfedena
- Carta Geologica d'Italia alla scala 1: 100 000; Foglio 153 "Agnone" e 161 "Isernia"

2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

2.1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE

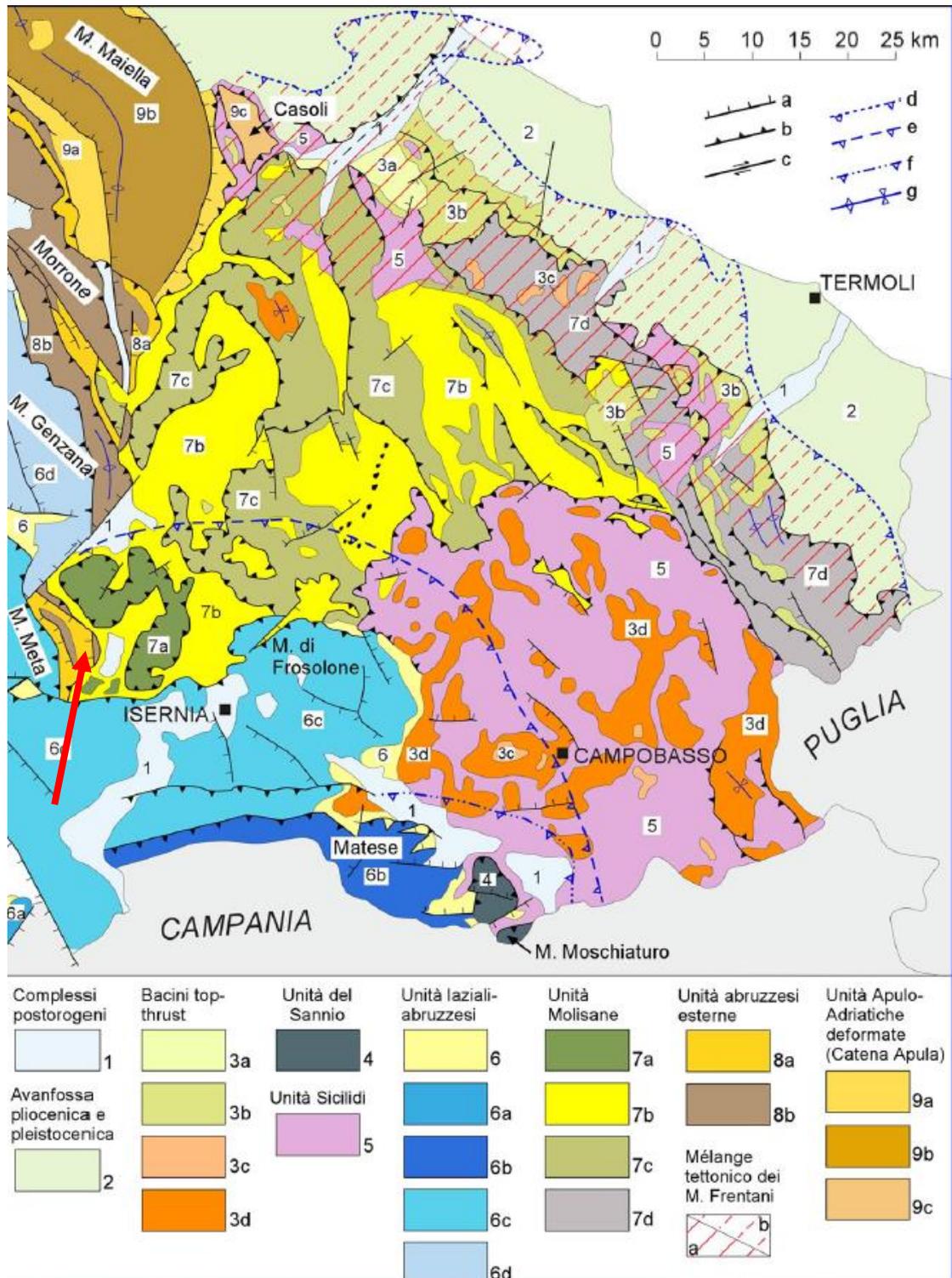
L'area in cui sorgono gli invasi di Montagna Spaccata e Castel San Vincenzo e la Centrale di Pizzone è ubicata nell'Appennino Abruzzese-Molisano, tra i Comuni di Castel San Vincenzo e Pizzone in Provincia di Isernia e Alfedena, in Provincia dell'Aquila.

L'Appennino Abruzzese-Molisano nel suo complesso è rappresentato in Figura 2-1 e Figura 2-2. Un tratto strutturale significativo è costituito dal fatto che le unità geologico-strutturali sono giustapposte in un sistema di scaglie tettoniche accavallatesi nel corso dell'orogenesi neogenica sull'avampaese indeformato secondo geometrie di tipo duplex (Figura 2-3) e determinando un assetto attuale che mostra notevoli variabilità litologiche e tettoniche.

La complessità dell'assetto strutturale è sicuramente legata, oltre che ai differenti cinematismi delle varie unità, ad alcune antiche linee tettoniche sulle quali si sono impostati i thrust neogenici.

Un ruolo di fondamentale importanza è stato svolto dalla tettonica trascorrente del Pliocene superiore, a prevalente direzione WSW-ENE e N-S, che si è imposta sui precedenti lineamenti compressivi.

L'ultima fase tettonica è rappresentata dalla distensione quaternaria che, unitamente alle fluttuazioni climatiche quaternarie, ha determinato l'attuale assetto morfostrutturale.



- a. Faglie normali;
- b. Faglie inverse e sovrascorrimenti;
- c. Faglie trascorrenti;
- d. Fronte esterno sepolto del prisma di accrezione appenninico;
- e. Fronte sepolto dell'Unità della Montagnola di Frosolone;
- f. Fronte sepolto dell'Unità del Matese;
- g. Assi di pieghe.

Figura 2-1 - Schema strutturale dell'Appennino abruzzese-molisano (la freccia rossa indica l'area studio)

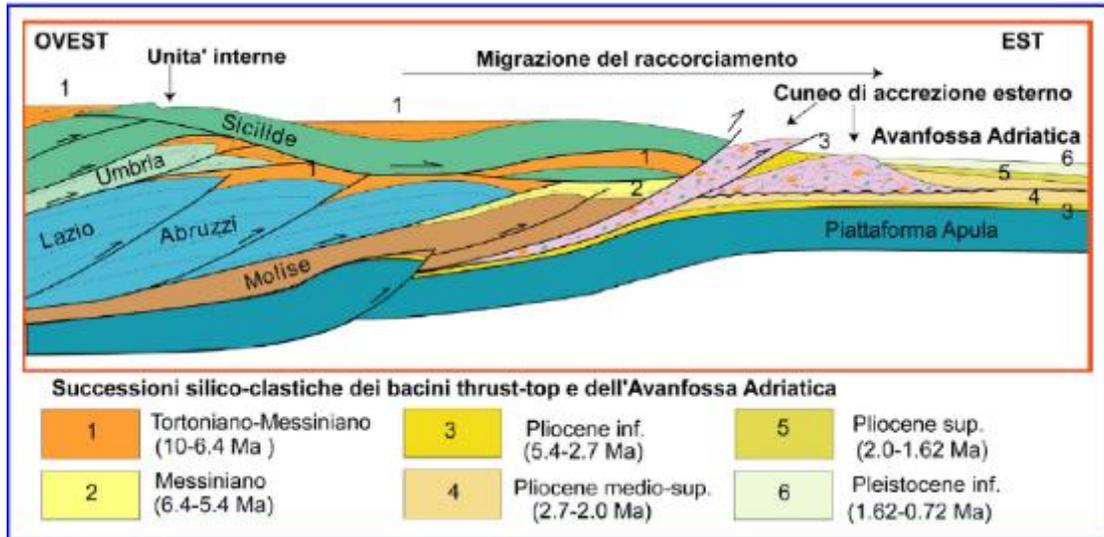


Figura 2-2 - Sezione schematica della catena appenninica

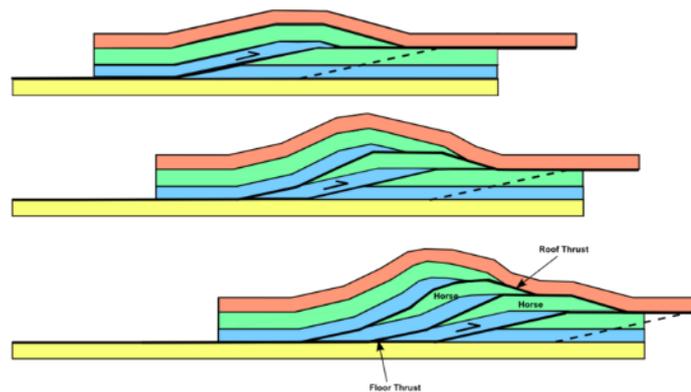


Figura 2-3 - Schema faglie tipo duplex

2.2. UNITA' SIGNIFICATIVE DELL'AREA DI STUDIO

Il settore dell'Appennino interessato dal Progetto di Montagna Spaccata è caratterizzato dalla presenza di unità geologico-strutturali appartenenti a differenti domini paleogeografici:

- la piattaforma carbonatica laziale-abruzzese
- la piattaforma carbonatica apula
- i bacini Molisano e del Greco-Genzana che rappresentavano l'elemento di separazione tra le due piattaforme carbonatiche.

In relazione all'area di studio, le successioni e le unità presenti nell'area sono riferibili a:

- 6. Depositi sintettonici dei bacini di avanfossa a tetto delle unità carbonatiche laziali-abruzzesi (Messiniano - Tortoniano p.p.), in particolare la successione 6c, carbonatica prerrirogena meso-cenozoica in facies da piattaforma a scarpata-bacino (Unità dei M. della Meta e di Venafro, del Matese Nord-occidentale e della Montagnola di Frosolone)
- 7. Unità Molisane: Le unità di interesse risultano essere le seguenti:
 - o 7a. Successione prerrirogena in facies di scarpata-bacino dell'Unità di Montenero Val Cocchiara (Tortoniano superiore - Albiano)
 - o 7b. Flysch di Agnone (Messiniano)
- 8. Unità della piattaforma carbonatica Abruzzese esterna:
 - o 8a. Flysch di M. Porrara (Messiniano)

- o 8b. Successione carbonatica preterrigena meso-cenozoica dell'Unità di M. Morrone, M. Porrara, M. Arazzecca e delle "Rocchette"

Nell'area di studio illustrata in Figura 2-4, ci troviamo quindi in corrispondenza dell'Unità della Piattaforma carbonatica Abruzzese esterna, che si sviluppa in un lungo e stretto corridoio orientato circa N-S, sormontata, ad Ovest, dalla Unità della Piattaforma Laziale-Abruzzese e dalle sue facies di transizione a bacino (M. Genzana) e sovrascorsa, ad Est, dalle Unità Molisane.

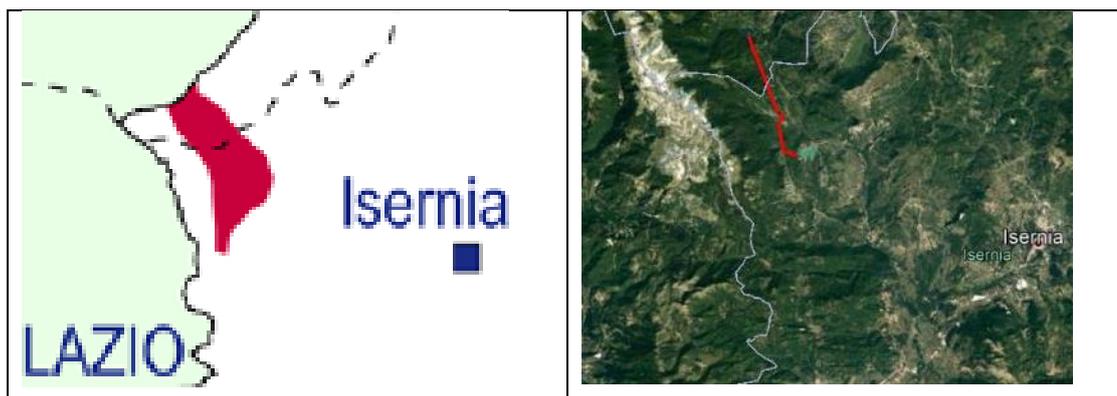


Figura 2-4 - Distribuzione degli affioramenti della Piattaforma carbonatica Abruzzese esterna; a dx tracciato attuale condotta.

2.3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO DI DETTAGLIO

2.3.1. BASI DOCUMENTALI

Come base cartografica iniziale, è stata utilizzata la cartografia 1:100.000 della Carta Geologica d'Italia, richiamata in Figura 2-5, integrata con letteratura disponibile relativa ad alcune porzioni dell'area in esame.

L'esame della documentazione è stato inoltre completato con analisi attraverso Google Earth e i dati raccolti nel corso di rilievi di campo.

2.3.2. UNITÀ GEOLOGICHE PRESENTI LUNGO IL TRACCIATO

Le unità geologiche attraversate dalla condotta esistente sono le seguenti:

- A) **Formazione di M. Mattone:** con un'età compresa tra il Titoniano ed il Valanginiano ed uno spessore in affioramento di circa 200m, depositasi prevalentemente in un ambiente di piattaforma carbonatica subsidente e soggetta a brevi periodi di emersione; si tratta di calcari e calcareniti ad ooidi con gasteropodi, alghe dasicladacee e foraminiferi bentonici.

Nella parte bassa si rinvencono ostracodi, miliolidi e frammenti di gasteropodi, mentre nella parte superiore si segnala la presenza di echinidi ed alghe calcaree.

Tutta la serie risulta caratterizzata da una stratificazione ben riconoscibile, con spessore degli strati variabile da 45cm a 2,5m circa; in alcune zone sono visibili livelli bauxitici e breccie arrossate.

- B) **Formazione di Pizzone:** sono calcareniti e calcari marnosi a briozoi e litotamni sedimentatisi in facies di rampa carbonatica nel periodo Langhiano-Tortoniano, con uno spessore di circa 130m; tali litotipi, sono in concordanza angolare con i sottostanti calcari della formazione di Monte Mattone e mostrano spessori di strato in affioramento pari a 50-70cm. Verso l'alto, con l'aumento della componente terrigena, si osservano

strati fogliettati con presenza di macroforaminiferi, anellidi e rari brachiopodi.

- C) **Flysch di Castelnuovo:** sono depositi terrigeni messiniani di avanfossa, che risultano costituiti da associazioni silicoclastiche prevalentemente pelitico-arenacee e sono caratterizzati da un livello basale di marne calcaree e glauconitiche (*hard ground*) a foraminiferi planctonici e bivalvi di circa 2m di spessore.

Le peliti si presentano sottilmente stratificate, mentre le arenarie risultano organizzate in strati con spessore massimo di 50cm.

Lo spessore massimo in affioramento è difficilmente valutabile a causa della giacitura che varia da zona a zona; da calcoli approssimativi, la potenza della formazione risulta attorno ai 200-250m.

- D) **Depositi continentali e morenici:** i depositi continentali presenti nell'area sono dovuti a processi di erosione e sedimentazione ai quali hanno contribuito fenomeni glaciali, periglaciali, di dinamica fluviale e gravitativi.

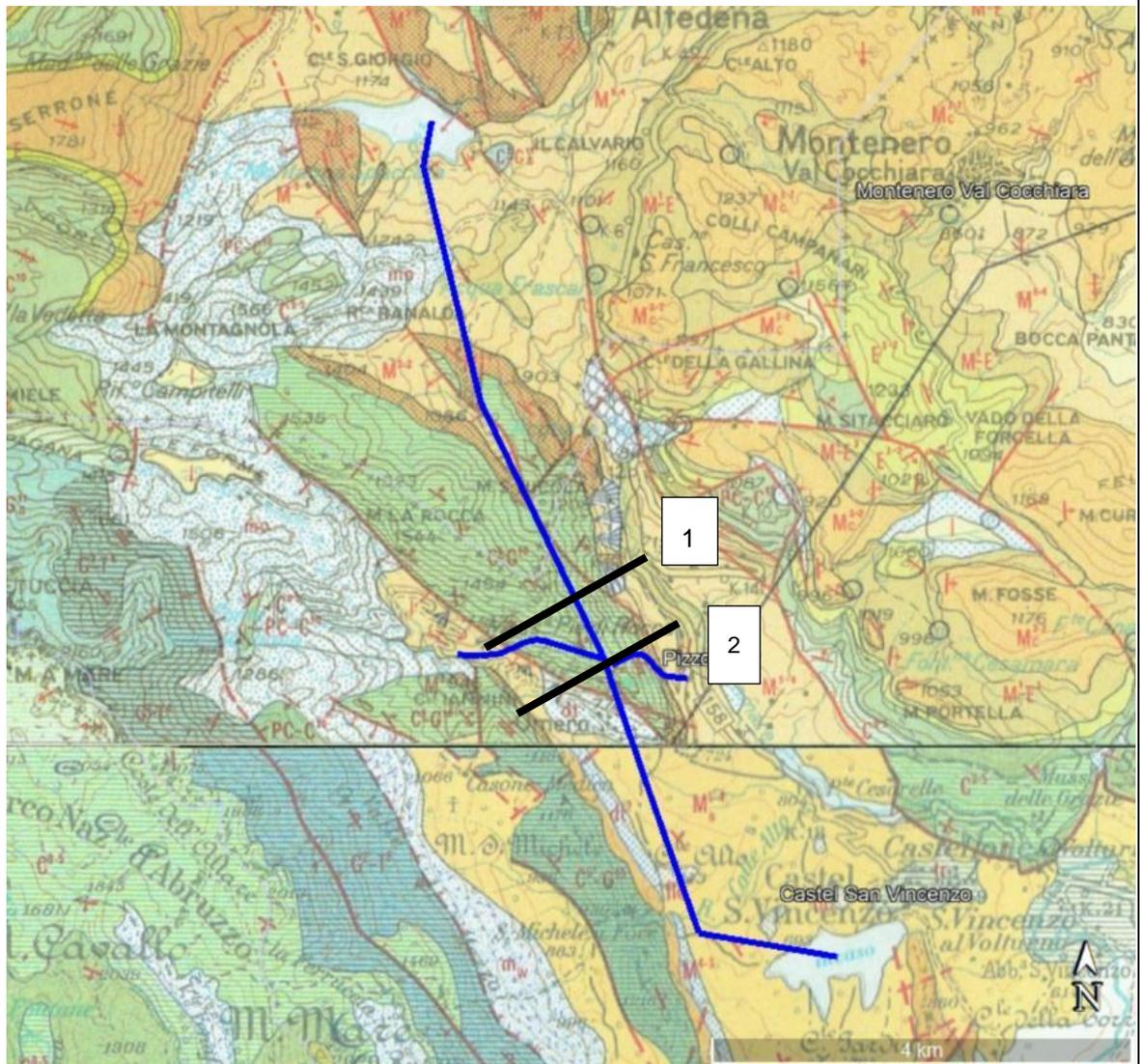
I depositi morenici si estendono in un'area relativamente vasta e sono costituiti in prevalenza da coltri di materiale carbonatico di diversa origine ed età.

Gli affioramenti sono caratterizzati da brecce poligeniche, mal classate, debolmente cementate e talvolta con matrice rossastra, i cui clasti hanno dimensioni variabili da pochi millimetri a diversi metri con spessori locali del deposito che superano i 15m.

Depositi estesi sono anche quelli di natura gravitativa presenti alla base dei versanti.

Il detrito di versante, non cementato, è costituito da blocchi di dimensioni variabili e, a differenza dei depositi morenici, non presenta materiale fino ma pezzame con dimensioni da decimetriche a metriche.

Spesso tale detrito è organizzato in coni che si sovrappongono ai depositi morenici.



	<p>Flish di Castelnuovo: Arenarie micacee alternate ad argille siltose e calcari marnosi. (M5-4 / Ma5-4)</p>		<p>Formazione di Pizzone: Calcari organogeni (M3-2) -Calcari debolmente marnosi (M1-E3)</p>
	<p>Formazione M. Mattone: Calcari micritici (C2-G11)</p>		
<p>Depositi detritici (dt)</p>		<p>morenici (mo)</p>	

Figura 2-5 - Estratto Carta Geologica d'Italia scala 1:100.000; con Legenda, linee blu condotte in progetto, linee nere sezioni geologiche (presentate al paragrafo 3.3)

2.3.3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO STRUTTURALE

In base ai dati di letteratura, le unità sopra descritte appaiono soggette ad un campo di discontinuità articolato a tratti intensamente, conseguente alla complessa storia geologica dell'area.

Al fine di presentare i principali lineamenti desunti dalla cartografia geologica nazionale, si è provveduto ad integrare questi dati con studi condotti nelle vicinanze e analisi di foto aeree.

Nelle immagini proposte da Figura 2-6 a Figura 2-8 vengono indicati i principali sistemi di fratture/faglie che possono interferire con le opere in progetto.

Dove i versanti sono acclivi, e con vegetazione rada, si riesce ad individuare un quadro fessurativo intenso, mentre nelle aree a bassa pendenza, con copertura più spessa, è probabile che si riescano ad evidenziare solo i lineamenti principali, dando l'impressione che esista una differente densità di fratturazione lungo il percorso

Evidenze legate al grado di fratturazione sono presenti nell'area di Pizzone, ubicata all'estremità meridionale della dorsale calcarea di M. Mattone e contraddistinta da una situazione geologico-strutturale particolarmente complessa con numerosi fenomeni di crollo storicamente documentati che hanno coinvolto blocchi fino ad una dimensione massima di circa 10 m3.

A valle di Pizzone, sebbene la documentazione disponibile non identifichi scenari geologico-strutturali complessi, si ritiene che il tracciato attraverserà aree con lineamenti tettonici potenzialmente importanti, evidenti dagli elementi morfologici riconoscibili sul terreno

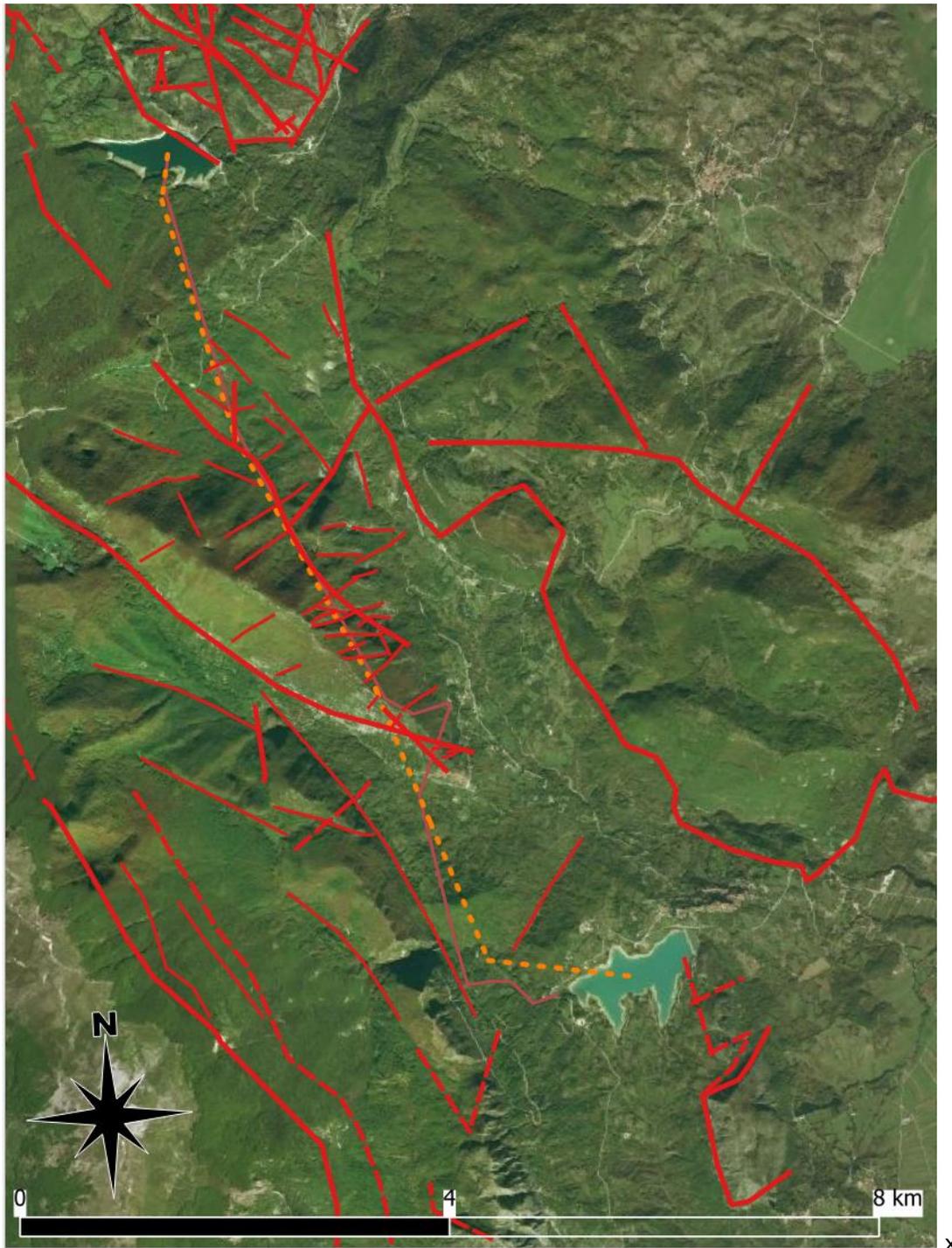


Figura 2-6 - Principali lineamenti rilevati da letteratura e foto aeree

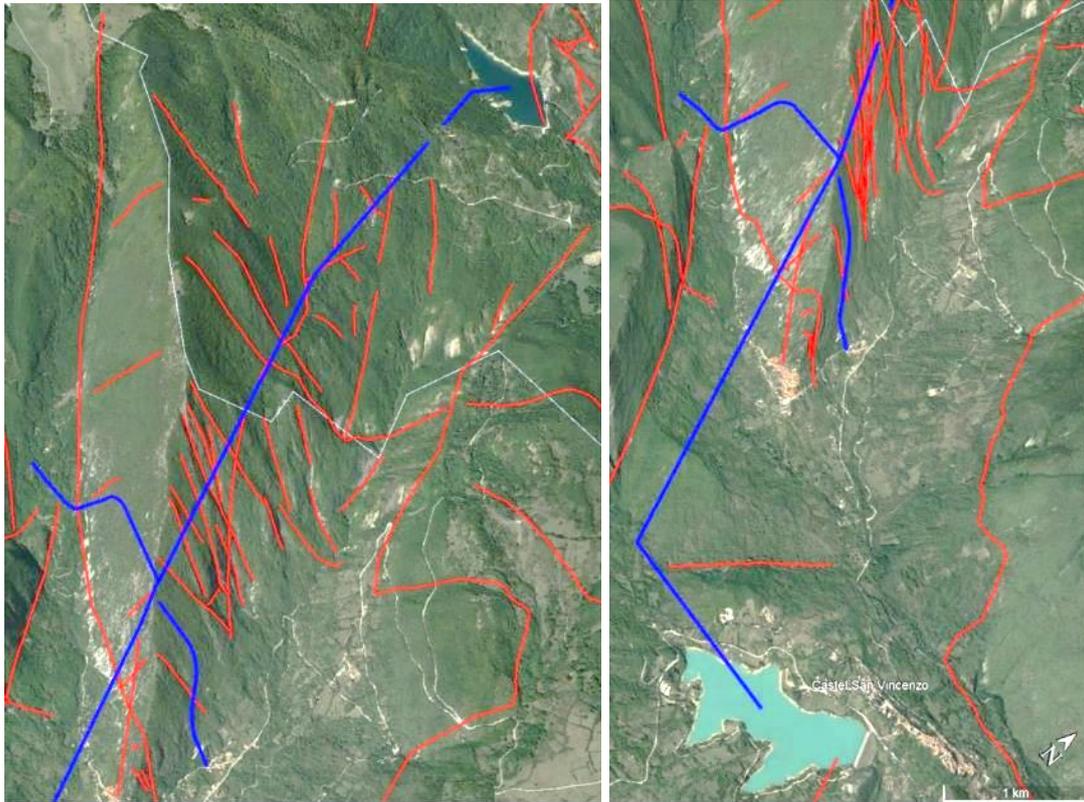


Figura 2-7 - Vista 3D d lago Montagna Spaccata al bacino di Castel'San Vincenzo. Linea blu tracciato in progetto

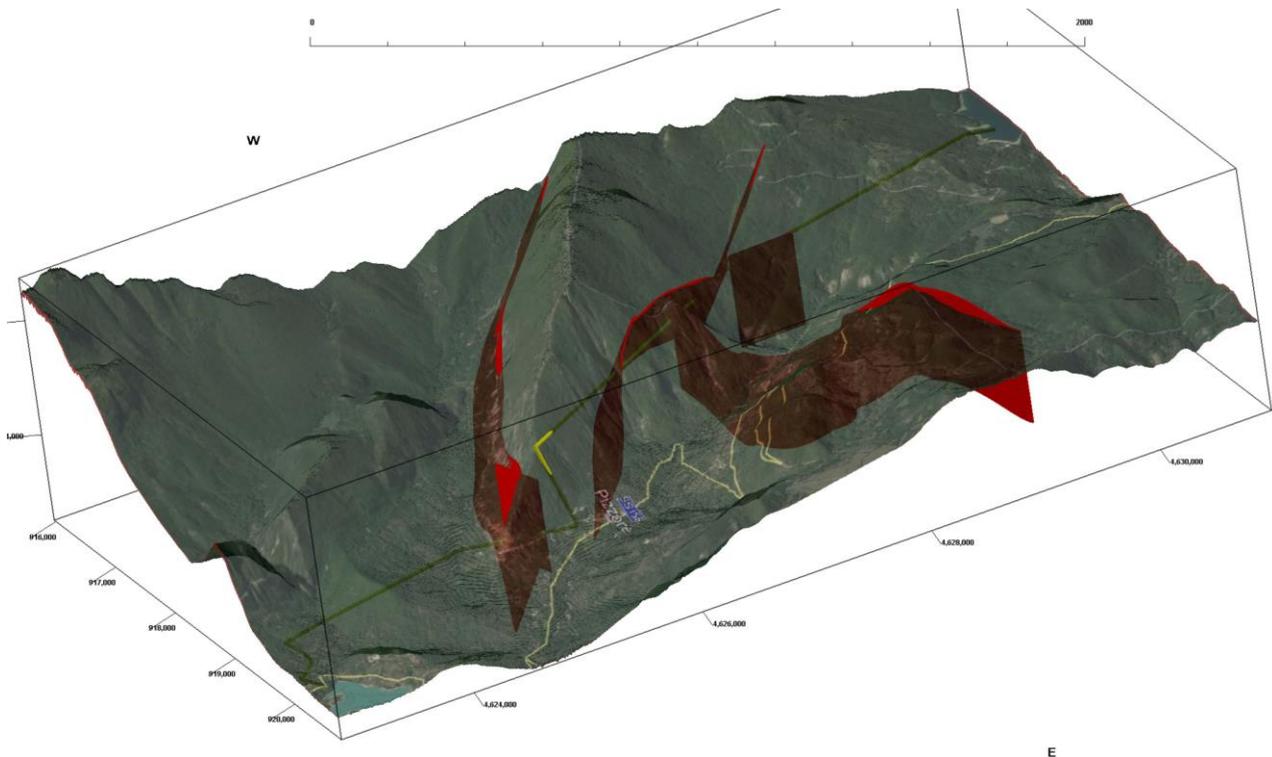


Figura 2-8 - Disposizione 3D dei principali sistemi di fagliazione con dati di giacitura disponibili

Da letteratura gli unici dati geomeccanici disponibili riguardano uno studio condotto sulla «formazione di Pizzone» e sulla «formazione di M. Mattone».

I valori ottenuti corrispondono alla categoria «very poor» nella classificazione Q-System.

Il punteggio RMR relativo a ciascuna delle 5 stazioni permette di ascrivere l'ammasso roccioso alla classe 3, caratterizzata da condizioni generali comprese tra il discreto e lo scadente.

Riportando sui plot relativi alle famiglie di discontinuità rilevate nell'area di Pizzone, è stato possibile, tramite il test di Markland, individuare le famiglie di discontinuità lungo cui sussistono condizioni di potenziale instabilità (scivolamenti su superfici piane, ribaltamenti, rotture per cunei); appare evidente che il meccanismo iniziale di rottura più frequente è quello per scivolamento planare e solo subordinatamente per ribaltamento.

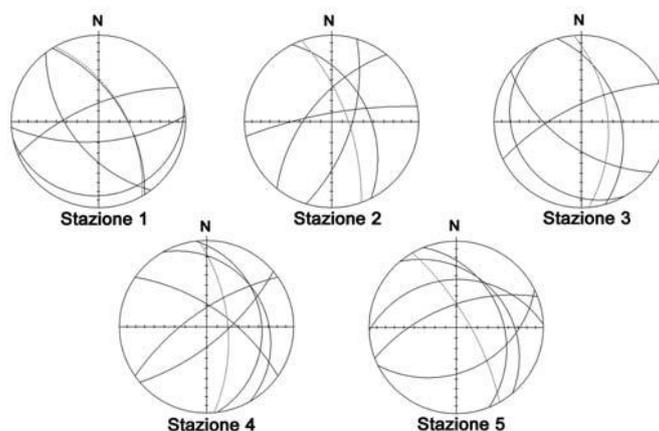


Figura 2-9 - Plot delle famiglie di discontinuità individuate (emisfero inferiore); la ciclografica tratteggiata rappresenta l'orientazione del versante.

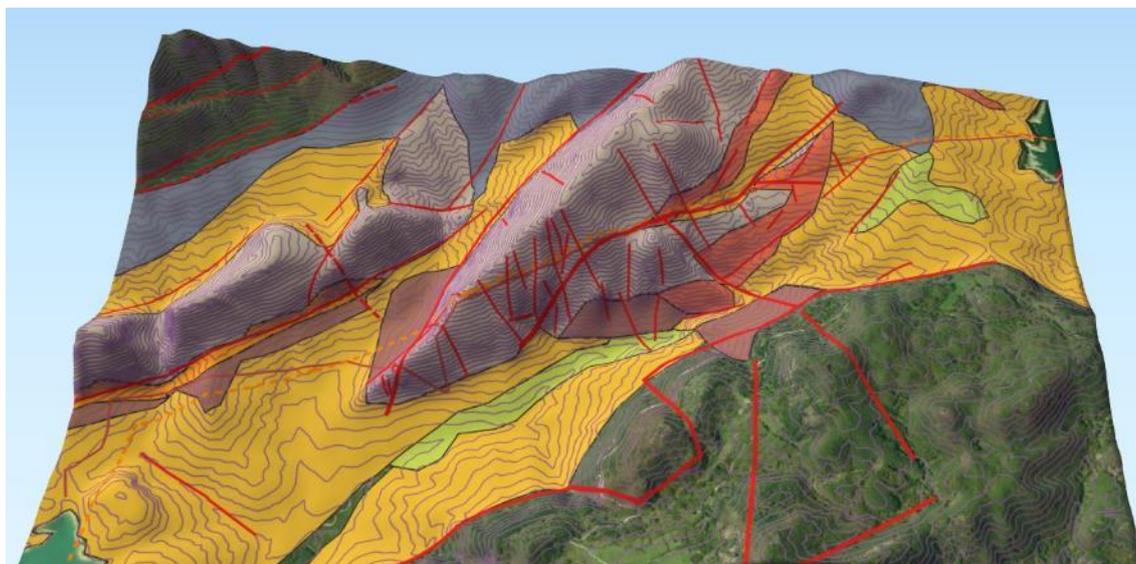
3. FORMAZIONI GEOLOGICHE E STRUTTURE TETTONICHE INTERFERENTI CON IL TRACCIATO

3.1. QUADRO D'INSIEME

L'insieme delle informazioni introdotte nei paragrafi precedenti è stato messo in relazione con le installazioni esistenti e quelle proposte.

Di seguito viene proposto un modello dell'area che mostra oltre alla superficie il tracciato delle opere in progetto e l'assetto strutturale/tettonico, confrontato con la cartografia geologica

Per semplicità descrittiva, suddividiamo il tracciato in tre porzioni da monte verso valle.



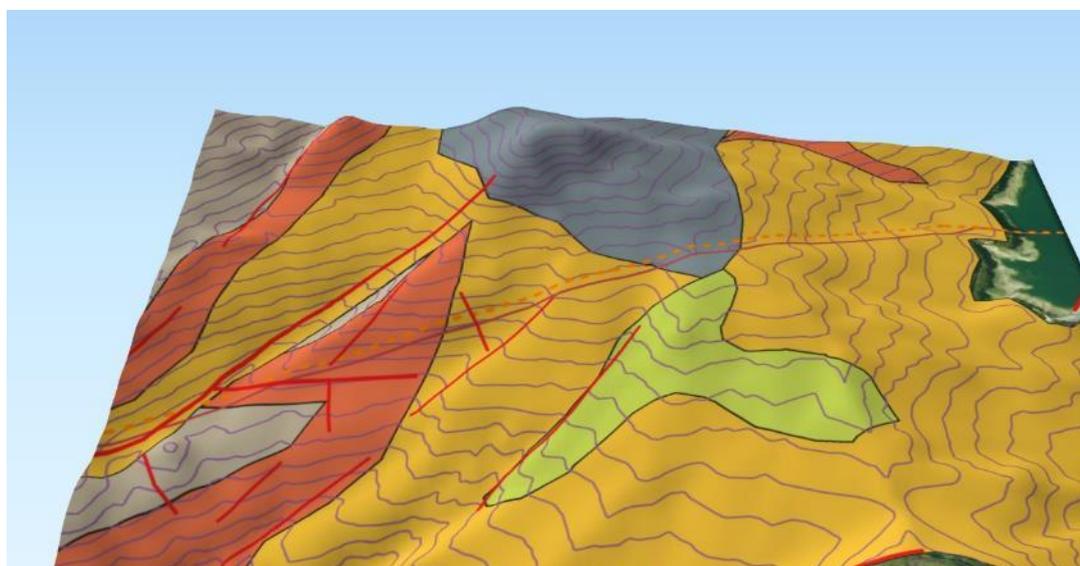
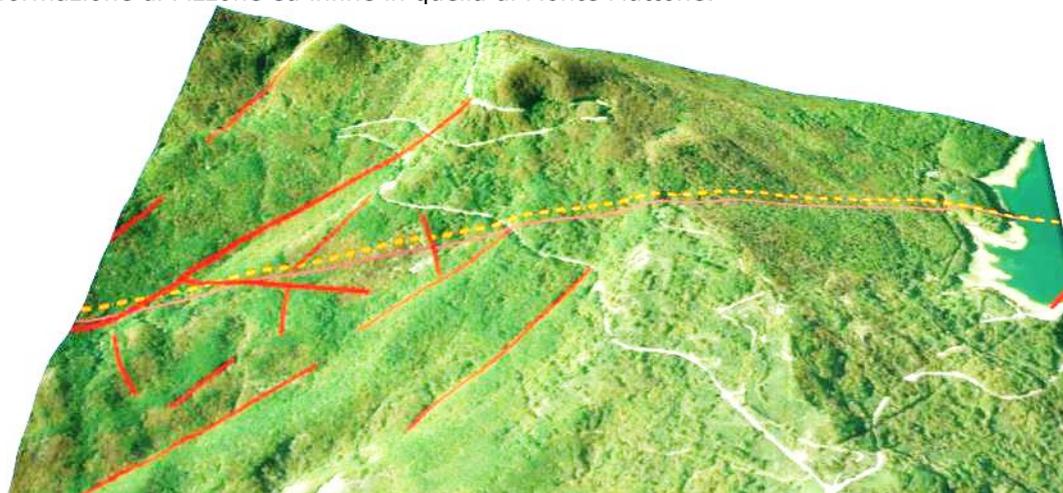
- Morene (mo)
- conoidi frane
- M4-3
- Formazione Pizzone (M3-2)
- M1-E
- Flysh Castelnuovo_M 5-4
- Formazione Monte Mattone_C4-G10

Figura 3-1 - Visione da sud-est verso nord-ovest dell'area di studio e cartografia geologica

3.2. AREA DELL'INVASO DI MONTAGNA SPACCATA

Il tratto iniziale della condotta verrà realizzato all'interno dei Flysh di Castelnuovo (arenarie micacee alternate ad argille), che in base alla cartografia risulta essere la stessa formazione su cui insiste la diga e la porzione principale dell'invaso di Montagna Spaccata.

In generale le porzioni superiori di questa formazione sono prevalentemente pelitiche, mentre la frazione calcareo marnosa si trova alla base. Anche il primo tratto di condotta attraversa passa attraverso gli scisti di Castelnuovo. A circa 1,5 km di distanza dal Lago di Montagna Spaccata si appropria un'area che appare complessa dal punto di vista strutturale, intensamente fratturata e con faglie e possibili sovrascorrimenti, in cui passiamo attraverso la formazione di Pizzone poi ancora nei Flysh di Castelnuovo, per rientrare ancora nella formazione di Pizzone ed infine in quella di Monte Mattone.



-  Morene (mo)
-  conoidi frane
-  M4-3
-  Formazione Pizzone (M3-2)
-  M1-E
-  Flysh Castelnuovo_M 5-4
-  Formazione Monte Mattone_C4-G10

Figura 3-2 - Carta strutturale e geologica del tratto di monte

3.3. TRATTO CENTRALE

Rifacendosi ad uno studio condotto nei dintorni di Pizzone, viene proposto uno schema geologico dell'area di maggiore interesse, coincidente con la fascia compresa tra lago di montagna spaccata e Pizzone.

La sezione geologica di riferimento è rappresentata dalla colonna stratigrafica proposta di seguito.

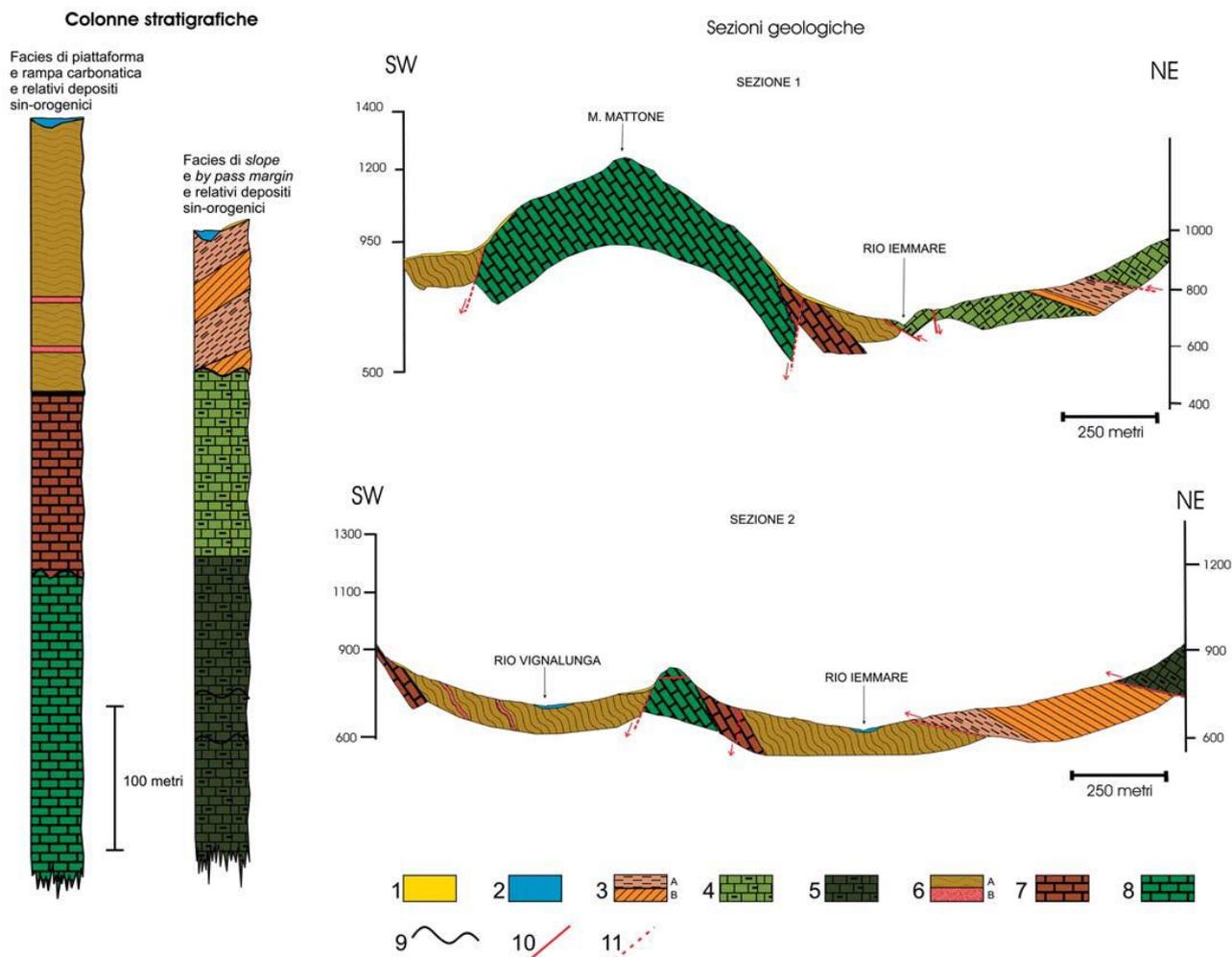
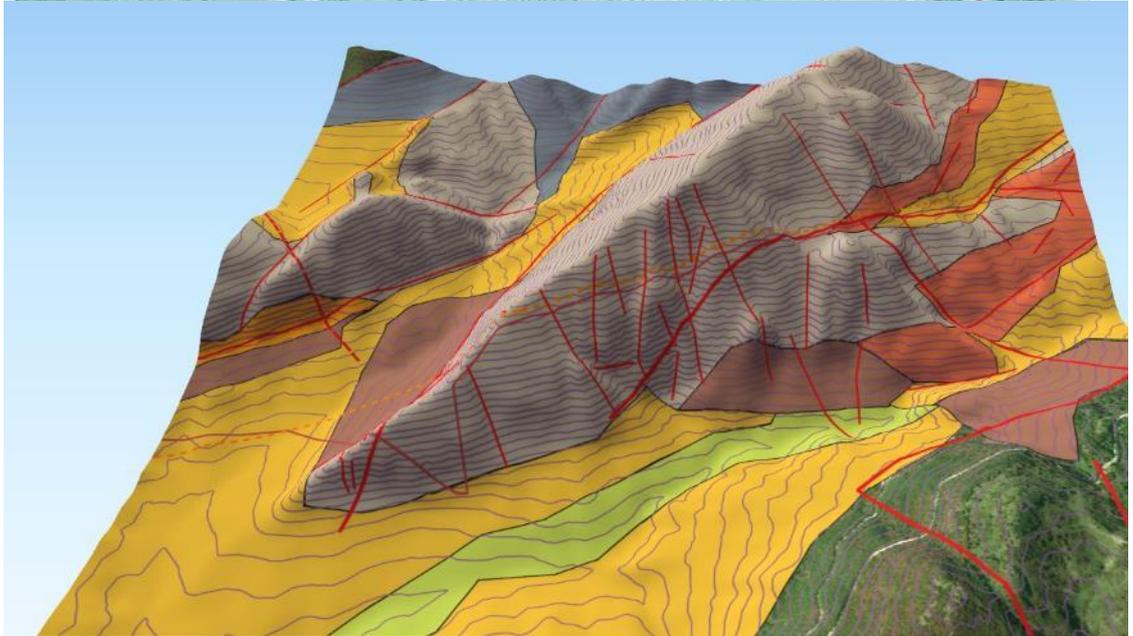


Figura 3-3 - Sezioni geologiche (ubicazione riportata in figura precedente) e colonne stratigrafiche dell'area di studio. LEGENDA: 1) Detrito di falda; 2) Depositi fluviali; 3a) Flysch di Frosolone-facies pelitica; 3b) Flysch di Frosolone-facies arenacea; 4) Formazione di Macchiagodena; 5) Formazione dell'Omero; 6a) Flysch di Castelnuovo; 6b) Orizzonti pelitici all'interno del Flysch di Castelnuovo; 7) Formazione di Pizzone; 8) Formazione di M. Mattone; 9) Lacuna stratigrafica; 10) Lineamento tettonico; 11: Lineamento tettonico presunto).

In questo tratto, lo scavo previsto, in base alla documentazione disponibile, passa attraverso la Formazione di Monte Mattone. All'interno della formazione di Monte Mattone si trova sia il pozzo piezometrico che la centrale. E' dunque il tratto dove verranno realizzate le opere principali.



-  Morene (mo)
-  conoidi frane
-  M4-3
-  Formazione Pizzone (M3-2)
-  M1-E
-  Flysh Castelnuovo_M 5-4
-  Formazione Monte Mattone_C4-G10

Figura 3-4 - Carta strutturale e geologica del tratto centrale

Come visibile dalle immagini proposte, il grado di fratturazione dell'ammasso roccioso carbonatico è molto alto, in carta sono stati riportati soltanto i principali lineamenti (fratture/faglie), ma a piccola scala la distanza tra piani di frattura è spesso submetrica.

Al fine di avere una prima indicazione tra i rapporti tra questi piani di debolezza e lo scavo previsto, è stato realizzato un modello tridimensionale in cui sono stati plottati i piani di faglia e le opere.

La pendenza delle faglie è indicativa, in quanto estratta da una cartografia a grande scala che riporta una scala per range di pendenza, e non si esclude quindi che la pendenza possa variare nell'ordine dei +/- 10-15°.

Sono state comunque proiettate le principali faglie riportate in cartografia, in sintesi quelle che hanno un'alta probabilità di avere al loro intorno fasce di roccia disarticolata, con conseguenti possibili problematiche di stabilità dello scavo.

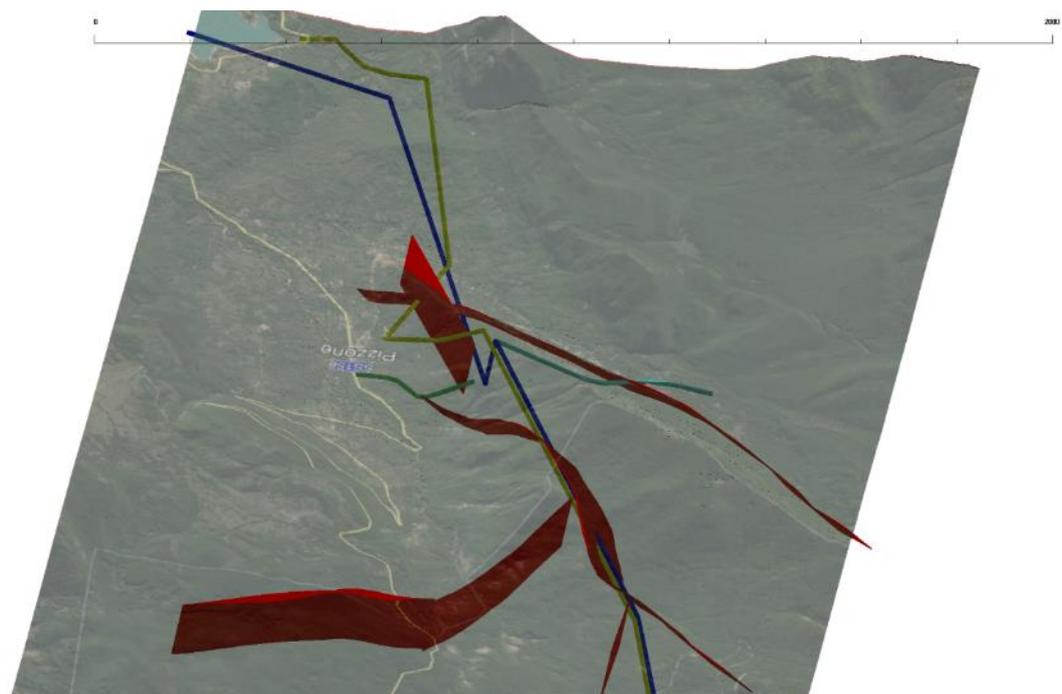
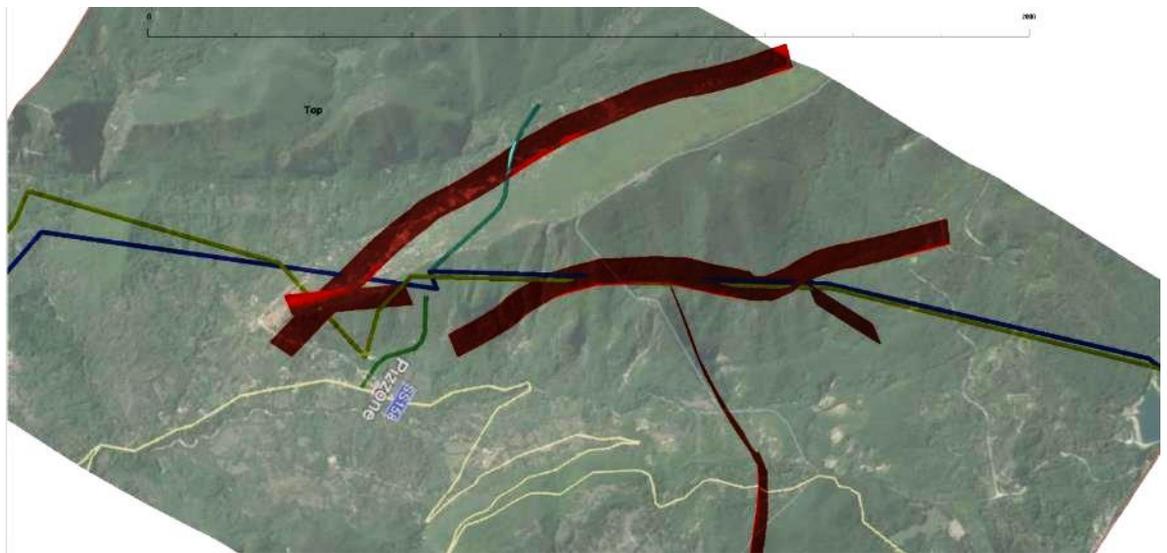


Figura 3-5 - Vista da est verso ovest (in alto) e da nord verso sud (in basso) dell'opera complessiva. Linee blu e gialla condotte in progetto ed esistenti, fasce rosse faglie principali

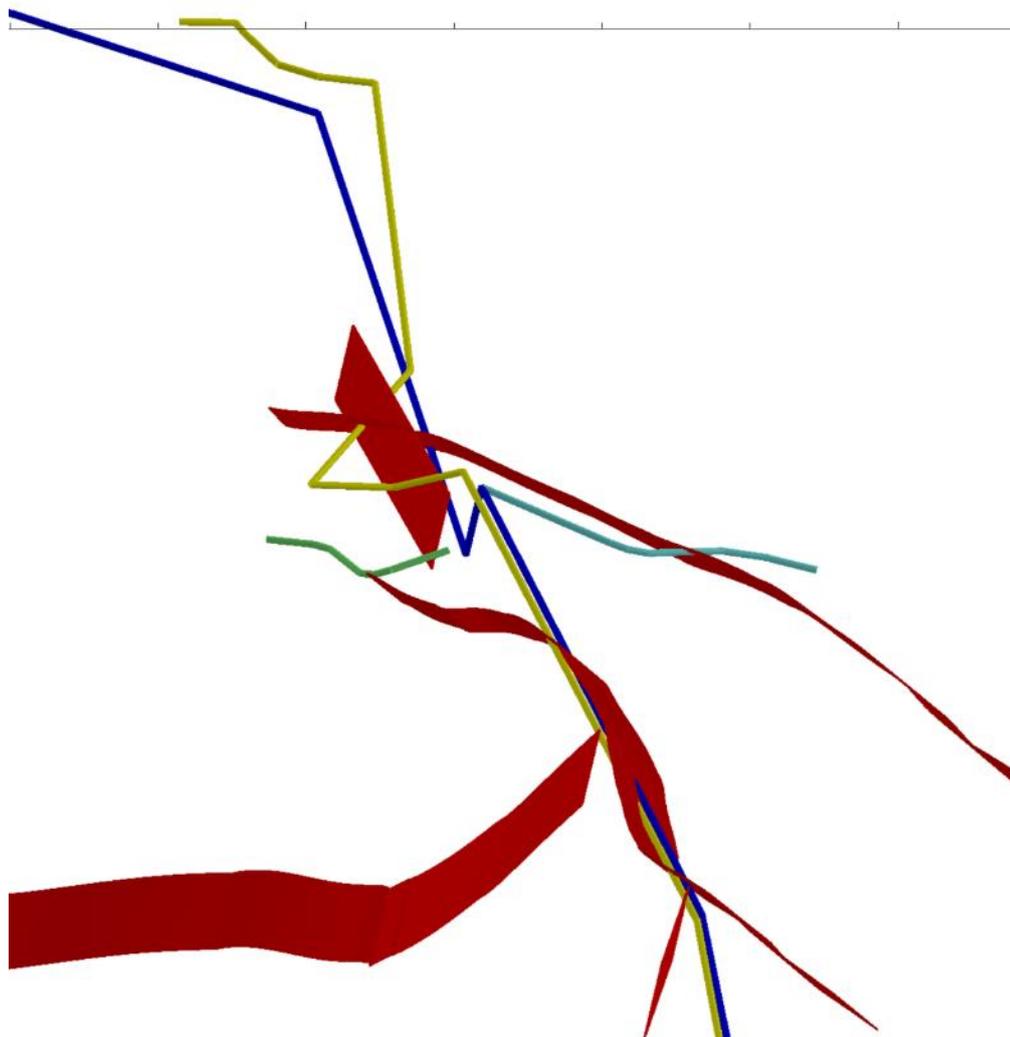


Figura 3-6 - Rapporti tra faglie e condotte. Vista da nord verso sud. Linee blu e gialla condotte in progetto ed esistenti, fasce rosse faglie principali

In questo tratto, grazie alla ripidità dei versanti del Monte Marrone e ad una minore copertura vegetale, è più agevole ricostruire l'andamento dei principali lineamenti tettonici e delle principali fratture, come evidenziato nei paragrafi precedenti.

Si ritiene opportuno in particolare concentrarsi sulla porzione che sarà interessata dal pozzo piezometrico e dal camerone sotterraneo.

In base alle modellazioni condotte, il volume della centrale dovrebbe essere esterno ai principali piani cartografati, ma è indubbio che un prolungamento del lineamento di faglia più prossimo, al momento non visibile o non cartografato in superficie, potenzialmente potrebbe interessare il volume dello scavo.

Di seguito sono riportati due dettagli di questa porzione del progetto. Le caratteristiche dei lineamenti principali sono quelle riportate in cartografia ufficiale.

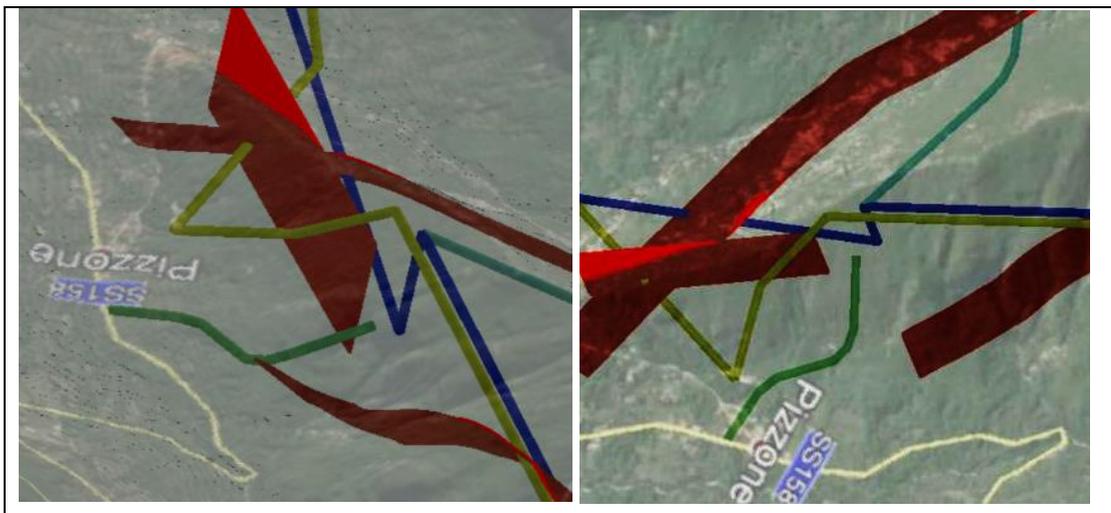


Figura 3-7 - Assetto strutturale area pozzo piezometrico e centrale sotterranea. Linee blu e gialla condotte in progetto ed esistenti, fasce rosse faglie principali

3.4. AREA DELL'INVASO DI CASTEL SAN VINCENZO

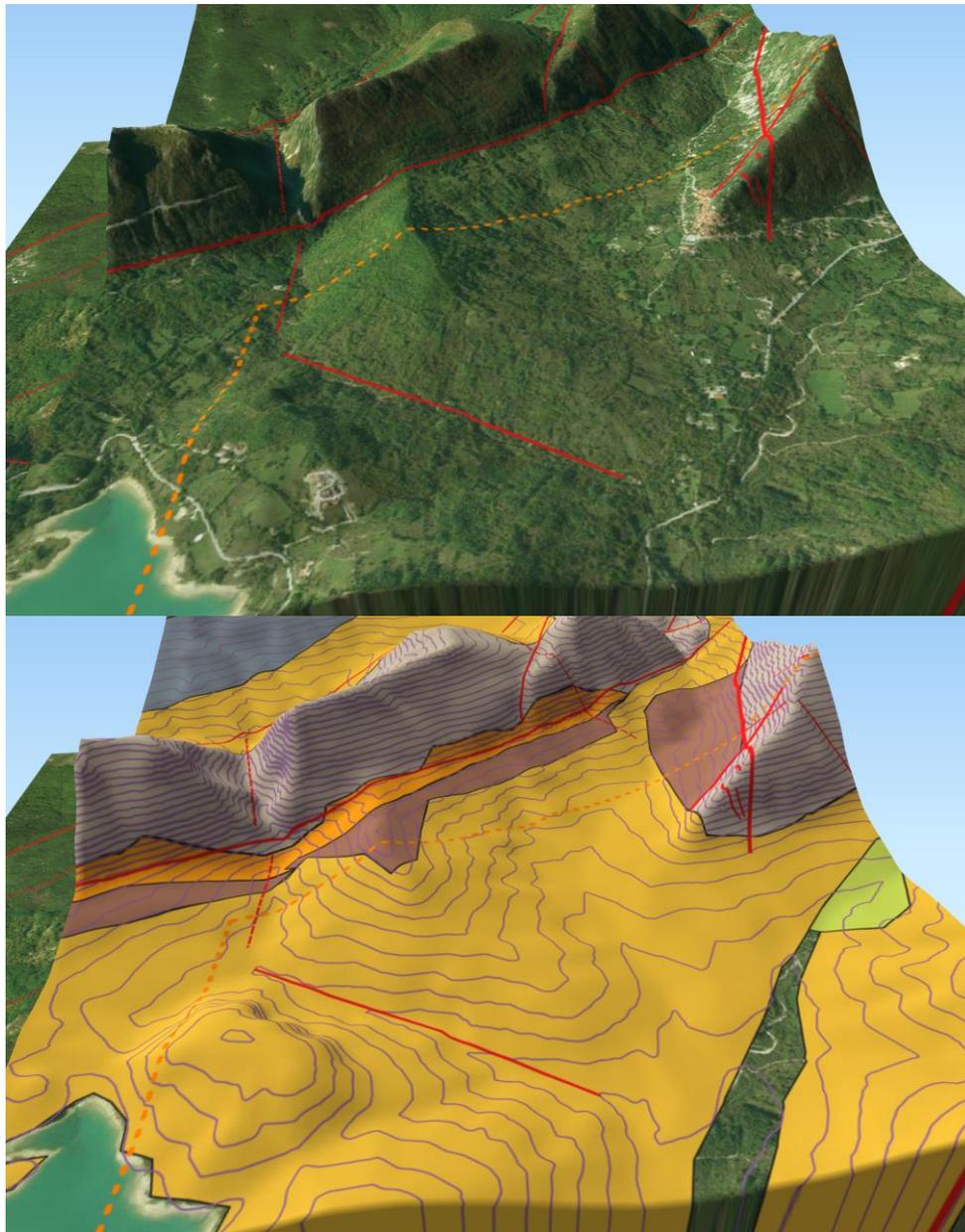
Dalla centrale sotterranea, si prosegue ancora nella formazione di Monte Mattone, per poi rientrare nelle arenarie e nelle calcareniti.

E' da segnalare il passaggio della condotta di progetto lungo un'area importante dal punto di vista idrologico e idrogeologico.

L'asse della condotta interferisce con alvei torrentizi, di cui alcuni impostati lungo linee di faglia o frattura, quindi in materiali fratturati e con buona probabilità di avere venute di acqua durante lo scavo.

Il rischio di incontrare forti venute d'acqua appare estremamente concreto nella porzione terminale della condotta, dove si attraversa un lineamento che, anche se indicato come probabile, coincide con evidenti elementi riconducibili ad un lineamento importante, quali una forra di dimensioni notevoli e l'andamento del torrente a valle della stessa forra, che appare coincidente con il prolungamento di questo lineamento tettonico.

Di conseguenza la possibilità di incontrare un ammasso roccioso disarticolato e saturo appare probabile.



- Morene (mo)
- conoidi frane
- M4-3
- Formazione Pizzone (M3-2)
- M1-E
- Flysh Castelnuovo_M 5-4
- Formazione Monte Mattone_C4-G10

Figura 3-8 - Carta strutturale e geologica del tratto finale

4. ASPETTI IDRO-GEOMORFOLOGICI

4.1. GEOMORFOLOGIA

I caratteri morfologici dell'area, sembrano dettati dall'intensa attività tettonica che ha interessato l'area, a seguito della quale, le sequenze calcareo-cristalline competenti connotano l'area con pendici ad acclività sensibile (di rado inferiore ai 15°) e marcano il territorio con linee aspre e dai caratteri geometrici netti e ben definiti, rispetto a tutto il settore di fondovalle.

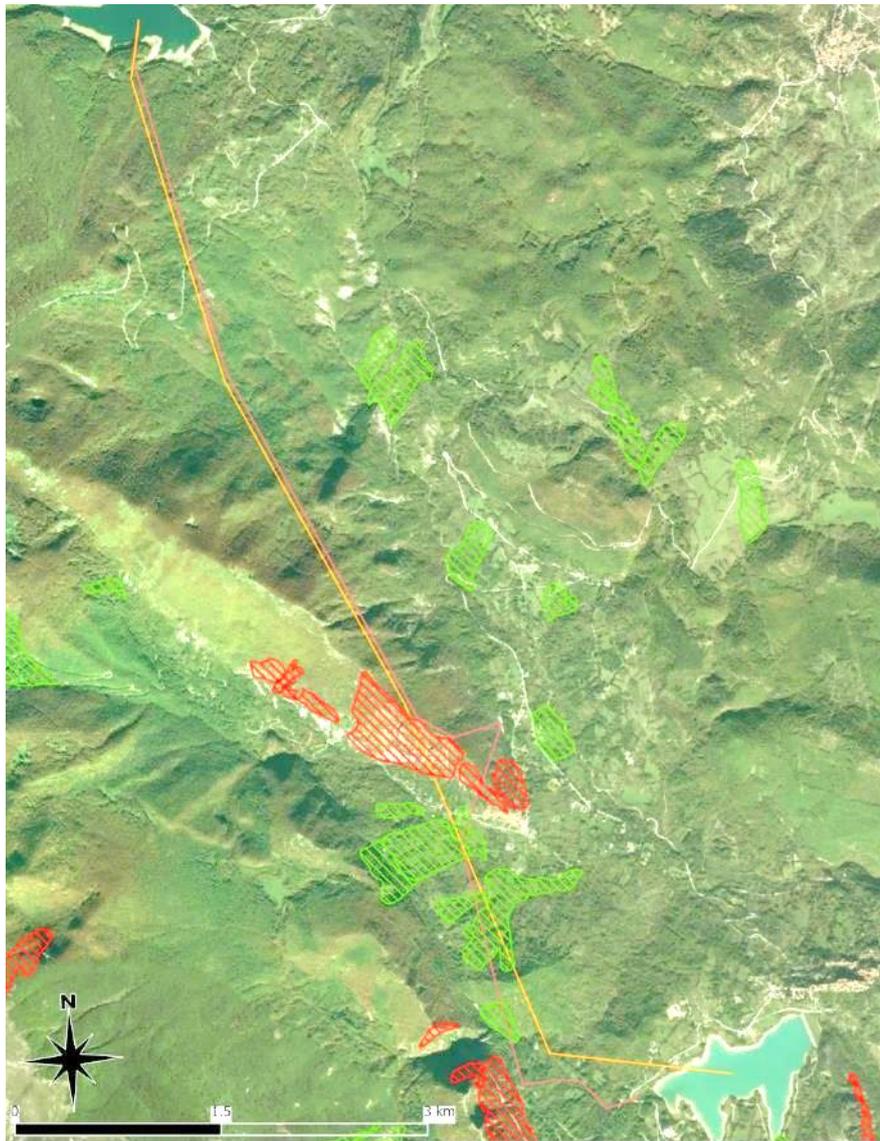
Meno marcata è l'azione degli agenti esogeni, visto che i tipi litologici attraversati presentano una rilevante resistenza all'erosione.

I processi di disfacimento chimico-fisico e meccanico della parete lapidea hanno comunque portato all'accumulo di coltri detritiche, sia prettamente rocciose alla base del crinale carbonatico, che rocciose e terrose nelle aree non solo di fondovalle.

Nei settori con dominio delle sequenze sedimentarie alto-mioceniche, per lo più pelitico-arenacee, si riscontra una sensibile generale diminuzione delle acclività delle pendici, morfologie caratterizzate da lineamenti dolci ed "arrotondati", maggior omogeneità di paesaggio con montonature ed avvallamenti.

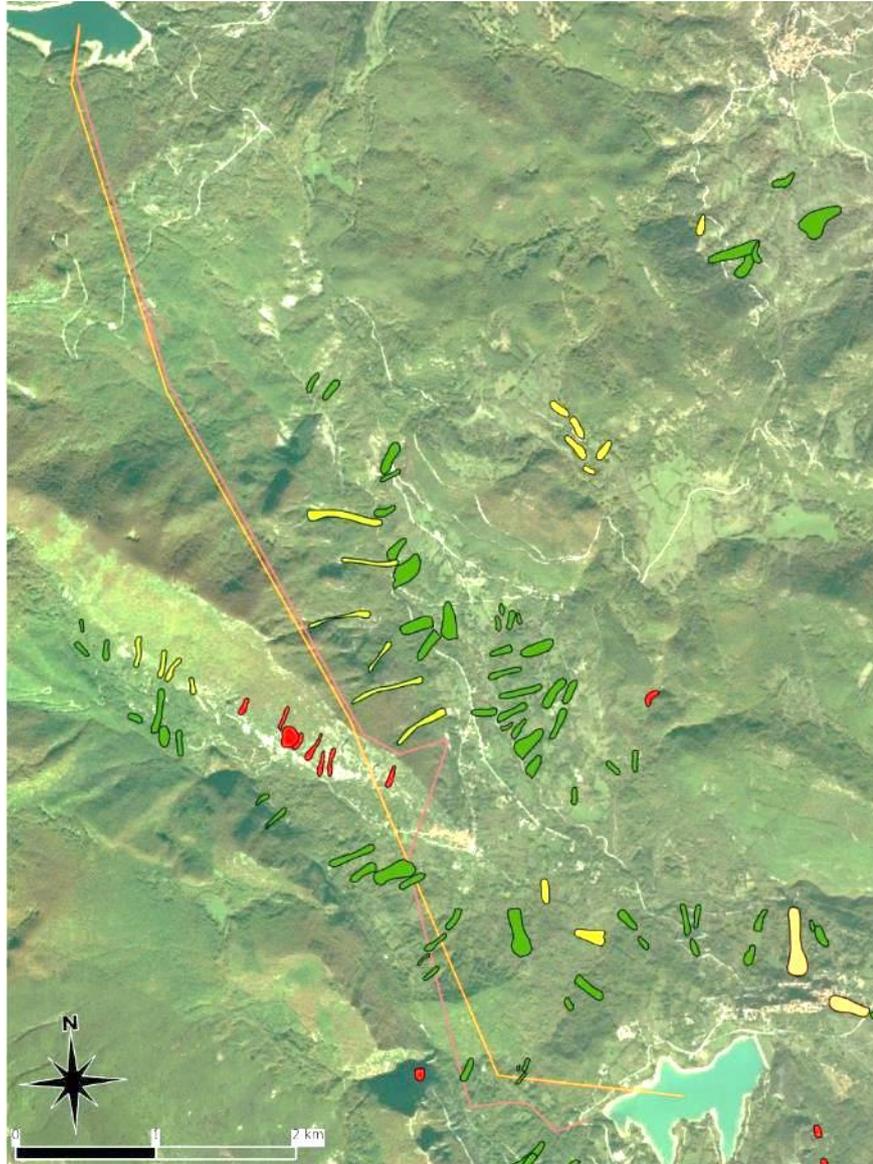
In sintesi, i processi morfodinamici che interessano le sequenze sedimentarie in affioramento agiscono in funzione della competenza dei sedimenti in posto, rinvenendosi esclusivamente fenomeni di crollo e/o ribaltamento di poliedrici blocchi rocciosi eterometrici interessanti i rilievi calcareo-cristallini e prevalenza di fenomeni deformativo-gravitativi di tipo viscoso-plastico diffusamente sparsi e concentrati negli spessori più superficiali delle facies a litologia flyschoidale.

Per quanto attiene la stabilità morfologica dell'area, possiamo riferire che, in prossimità delle aree interessate dagli interventi, sono censiti dissesti gravitativi in atto nella forma di movimenti più o meno superficiali favoriti dalla presenza della coltre detritica e da caduta massi. Questo è meglio chiarito nelle Figura 4-1, Figura 4-2 e Figura 4-3.



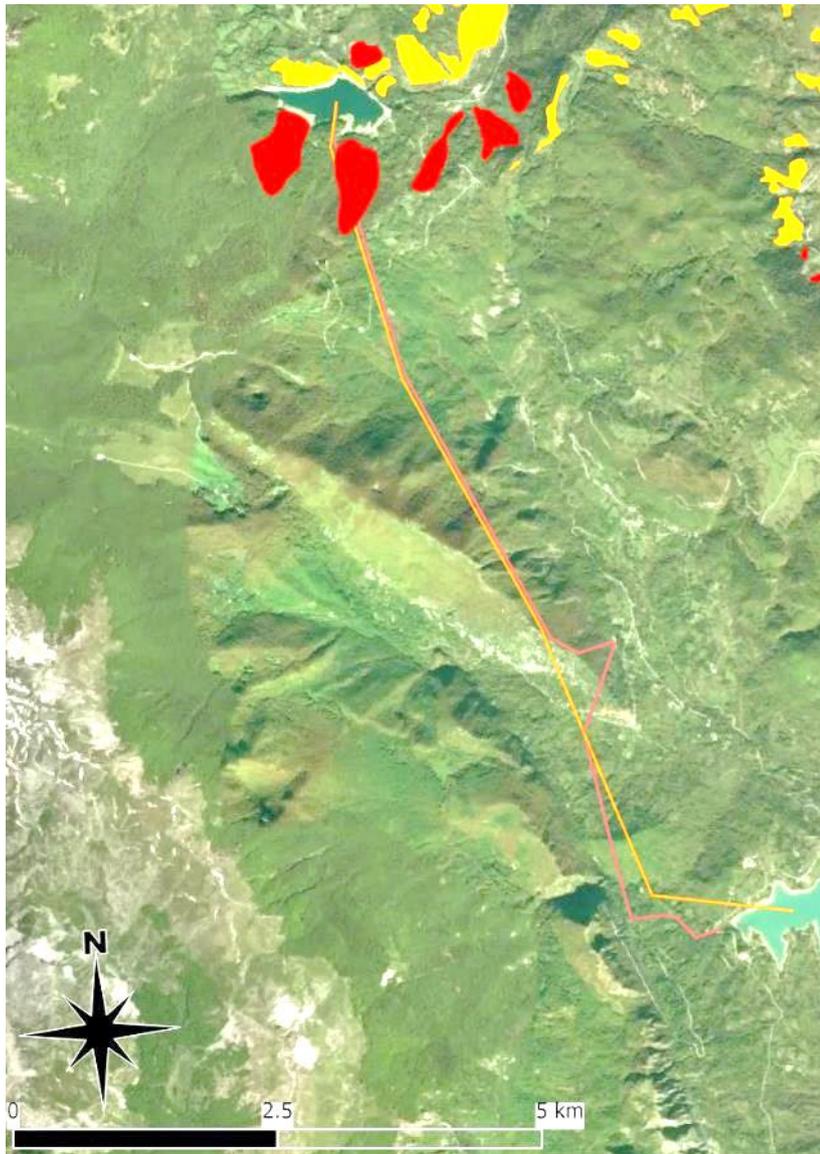
-  Aree soggette a crolli/ribaltam
-  Aree soggette a sprofondame
-  Aree soggette a frane superfic

Figura 4-1 - Catalogo frane; aree soggette a franosità diffuse. Linee marrone ed arancione tracciato attuale e di progetto della nuova condotta



- Crollo/ribaltamento
- Scivolamento rotazionale
- Espansione
- Colamento lento
- Colamento rapido
- Sprofondamento
- Complesso

Figura 4-2 - Catalogo frane; frane poligonali. Linee marrone ed arancione tracciato attuale e di progetto della nuova condotta



- MOLTO ELEVATA
- ELEVATA
- MEDIA
- MODERATA
- SITO DI ATTENZIONE

Figura 4-3 - PAI: carta pericolosità frana. Linee marrone ed arancione tracciato attuale e di progetto della nuova condotta

4.2. ASPETTI IDROGEOLOGICI ED IDROLOGICI

Sotto il profilo idrologico l'area si mostra superficialmente ben drenata con buona densità della rete idrografica.

Le aste principali, anche se di modesta lunghezza, risultano adeguatamente alimentate da tributari minori dotati, però, di bassi valori del rapporto lunghezza biforcazione e di scarso grado di gerarchizzazione.

Questi corsi d'acqua, in prevalenza a carattere torrentizio, sono soggetti a forti variazioni di portata in relazione ai cicli stagionali delle precipitazioni.

La loro accentuata acclività fa sì che siano marcatamente attivi fenomeni erosivi che conducono ad un continuo approfondimento delle incisioni, all'interno delle quali essi scorrono, ed a una continua variazione del loro profilo d'equilibrio.

Secondo i dati bibliografici, nelle formazioni carbonatiche esiste una circolazione idrica (spesso discontinua) con direzione di flusso che varia più in base all'assetto tettonico piuttosto che a quello geomorfologico;

Questa circolazione può essere importante e, anche se non si hanno dati sufficienti per conoscere correttamente i rapporti tra gli acquiferi nell'ammasso roccioso e i principali corsi d'acqua presenti, possono portare a sorgenti di una certa importanza come ad esempio quelle del Volturno, appena a valle di Castel San Vincenzo.

La circolazione di acqua nelle formazioni carbonatiche e flyschoidi dell'area di Montagna Spaccata è essenzialmente dovuta alla permeabilità secondaria, ossia lungo le discontinuità e le fasce di fratturazione, del materiale lapideo. In questo senso, particolare importanza è rivestita dalla stratificazione che determina una anisotropia, più o meno marcata.

Quindi, anche se esiste la possibilità che il futuro tracciato delle opere interagisca con una circolazione sotterranea anche importante, il posizionamento della piezometrica possa variare localmente come segue:

- Locali venute d'acqua concentrate saranno possibili in corrispondenze delle principali faglie e fasce cataclasate
- Nel Tratto di galleria a monte è pensabile che per la presenza dell'azione drenante legata al sistema di fratture aperte e incisioni che tagliano delle pendici ripide, la piezometrica possa essere mediamente bassa e con poca interferenza rispetto alle opere
- Nel tratto di opere a quota più bassa, comprendenti parte della condotta forzata, la centrale e opere accessorie e la galleria di scarico, è probabile che si sia interazione più o meno marcata con la falda.

L'eventuale interazione ha potenziale impatto sia in fase di costruzione che di esercizio.

Indicazioni circa le caratteristiche e l'assetto della falda dovranno essere oggetto delle prossime fasi di approfondimento della progettazione.

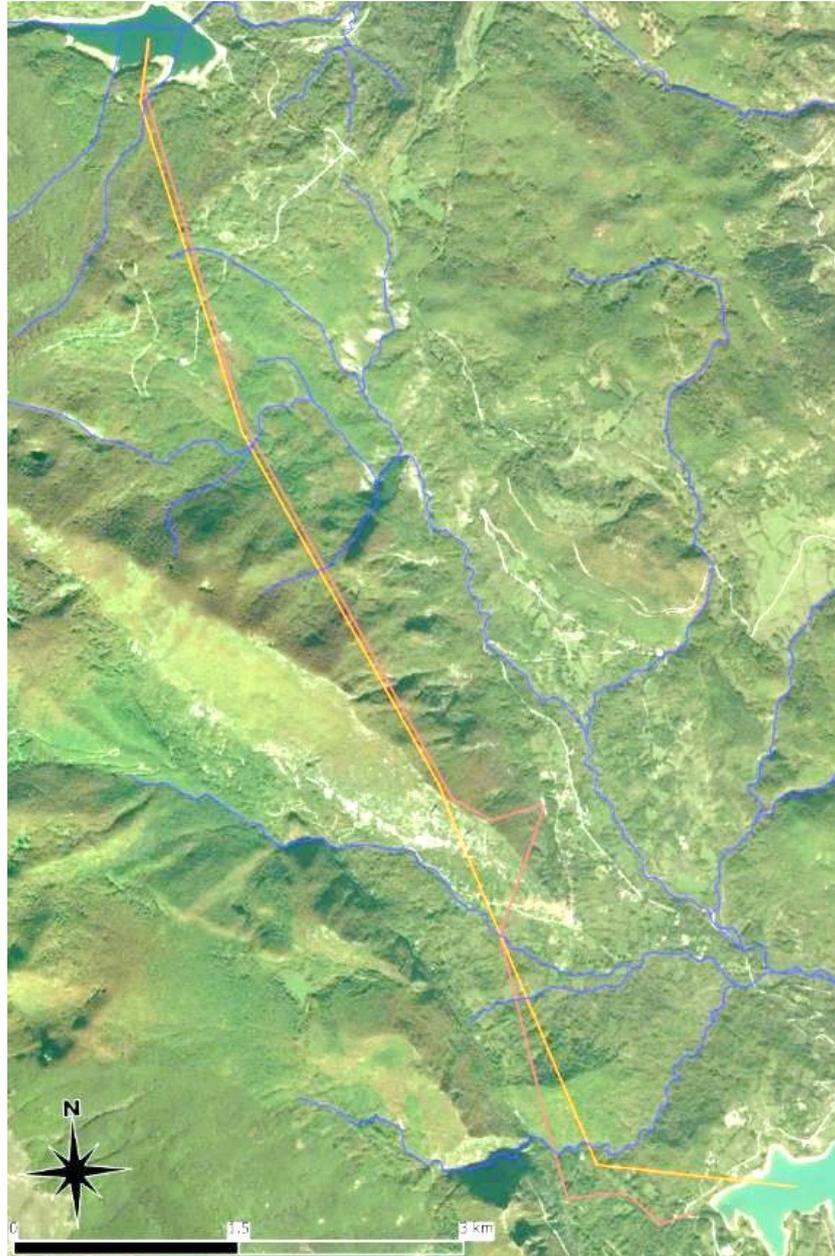


Figura 4-4 - Corsi d'acqua. Linee marrone ed arancione tracciato attuale e di progetto della nuova condotta

5. INQUADRAMENTO SISMICO

5.1. ASPETTI GENERALI

L'Appennino meridionale presenta una storia sismica tra le più severe dell'Italia, sia in termini di intensità che di frequenza di terremoti.

Le zone sismogenetiche sono caratterizzate da un'elevata pericolosità sia per il livello di sismicità che per l'elevata attività neotettonica.

Nell'area dell'Appennino meridionale, nella quale è compreso il territorio indagato, le zone maggiormente interessate nel tempo da eventi sismici con magnitudo superiore a 5 sono quelle ubicate in corrispondenza della catena montuosa appenninica.

L'allineamento degli epicentri di questi eventi sismici è evidentemente collegato con la struttura geologica della regione, in particolare gli epicentri si concentrano prevalentemente a ridosso del confine tra la catena Appenninica e l'Avanfossa Bradanica, mentre il loro numero decresce nei settori interni della catena (prossimi al Mar Tirreno) e nel settore adriatico.

In base alla mappa della zonazione sismogenetica ZS9 di figura 1 redatta dall'INGV (2004) nell'Appennino Meridionale sono state individuate due aree:

- La prima caratterizzata dal massimo rilascio di energia legata ai processi distensivi che hanno interessato l'Appennino Meridionale a partire da 0,7 Ma circa. Tali aree coincidono con il settore assiale della catena. Per queste aree il meccanismo di fogliazione più diffuso è del tipo faglia diretta (in prevalenza sistemi di faglie ad andamento NW-SE), la magnitudo degli eventi sismici non è inferiore a 5 e la profondità epicentrale è compresa tra 8-12 km. I settori occidentali dei bacini del Bradano, Basento; dell'Agri, del Sinni ed il settore orientale del bacino del Noce ricadono in questo tipo di zona sismogenetica;

- La seconda area caratterizzata dal rilascio di energia imputabile a meccanismi di fogliazione tipici delle faglie trascorrenti. La magnitudo non è inferiore a 5 e la profondità degli epicentri oscilla tra i 12 e 20 km. Queste zone sismogenetiche sono connesse a lineamenti tettonici ad andamento W-E.

5.2. INQUADRAMENTO SISMICO DELL'AREA

Come baricentro abbiamo il comune di Pizzone, che risulta essere inserito in Zona Sismica 1, a cui corrisponde un'accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico superiore a 0.25 ag/g.

I calcoli sismici sono stati eseguiti come da normativa utilizzando il quadrante di riferimento rispetto all'ubicazione del sito, che come osservabile nella figura sottostante, indica per il sito valori nel range 0,250-0,275 ag/g

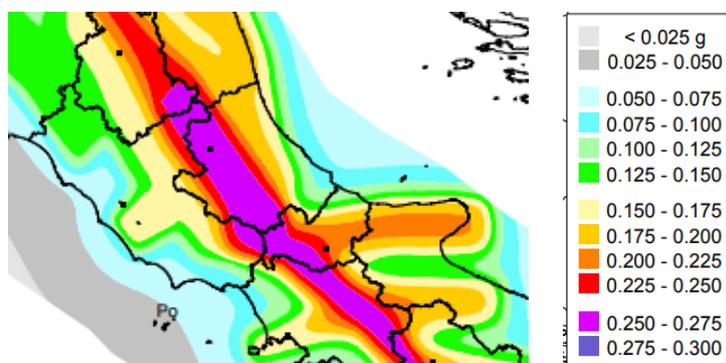


Figura 5-1 - Mappa della pericolosità sismica del territorio nazionale - Estratto non in scala

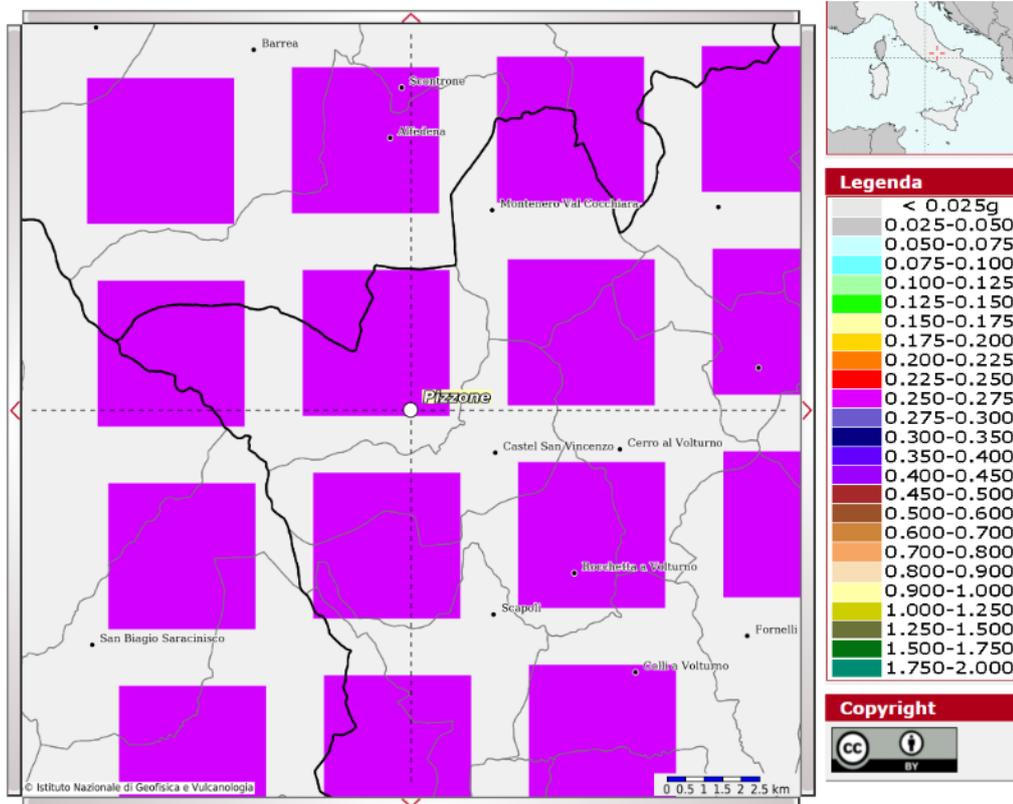


Figura 5-2 - Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale espressa in termini accelerazione massima al suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli molto rigidi (Ordinanza 3519-06)

5.3. ZONAZIONE SISMOGENETICA

Da un punto di vista sismogenetico l'area si trova nei pressi di un'area nota come "Salto Lake-Ovindoli-Barrea" a sigla (ITCS025).

Questa sorgente composita si colloca a cavallo della dorsale dell'Appennino centrale tra i rilievi a SE della pianura reatina (a nord-ovest) e l'alta valle del Sangro R. (a sud-est), attraverso la pianura del Fucino.

Questa Sorgente rientra nel nucleo del sistema di faglie normali interne abruzzesi, a immersione SW, che segna il confine estensivo occidentale dell'Appennino centrale.

I cataloghi storici e strumentali (Boschi et al., 2000; Gruppo di Lavoro CPTI, 2004; Pondrelli et al., 2006; Guidoboni et al., 2007) mostrano un intermedio particolarmente denso ($4,5 < Mw < 5,0$) alla sismicità dannosa all'interno dell'area.

Inoltre, questa sorgente è stata colpita da alcuni complessi e distruttivi terremoti; i principali sono il 9 settembre 1349 (Mw 6.5, Aquilano), e il 13 gennaio 1915 (Mw 7.0, Avezzano), uno dei terremoti più studiati della storia sismica italiana.

Infine, il terremoto del 7 maggio 1984 (Mw 5,9) dell'Appennino abruzzese si è verificato all'estremità meridionale di questa sorgente.

Un segmento di questa Fonte è stato responsabile del catastrofico evento del 1915.

A sud della Sorgente, un'ulteriore faglia causò l'evento del 1984, che si rivela piuttosto significativo per la sua posizione al passaggio tra i grandi sistemi di faglie normali a SW (in Abruzzo) e a NE (in Molise) da l'Appennino centro-meridionale.

Alcuni segmenti di questa sorgente sono stati associati a terremoti distruttivi chiave che si sono verificati in quest'area.

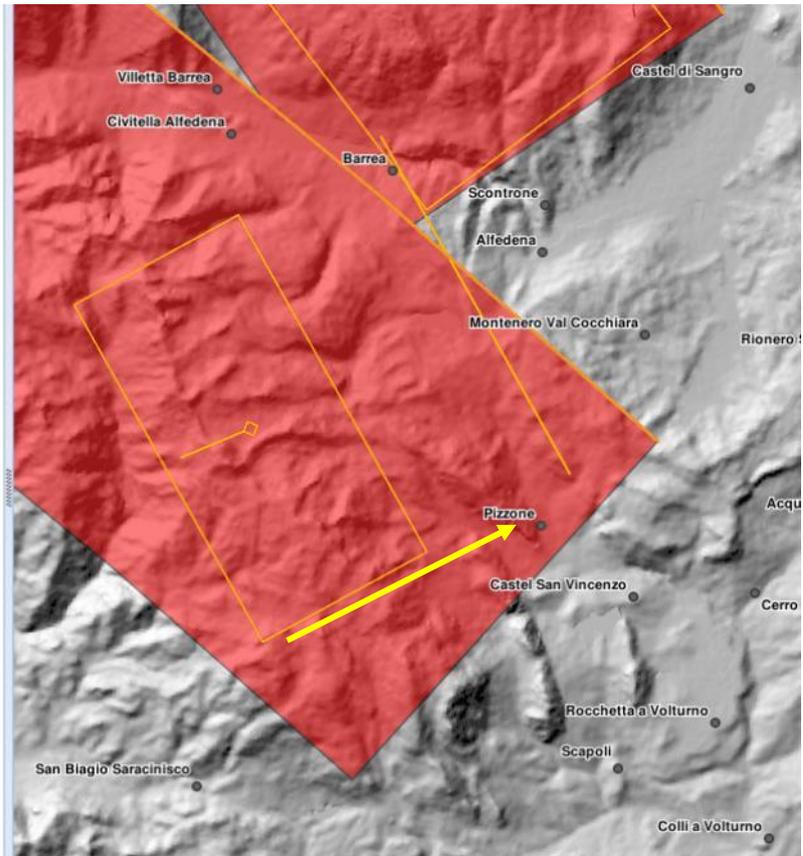
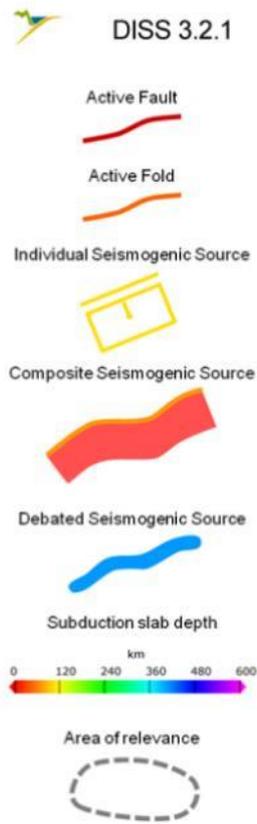


Figura 5-3 - Estensione della zona sismogenetica di riferimento che interessa l'area in studio (freccia ubicazione area)

5.4. SISMICITÀ STORICA E PERICOLOSITÀ SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE

Di seguito sono descritti gli eventi principali che dal XVII secolo hanno avuto effetti macrosismici significativi nell'area di studio.

L'area di interesse è stata storicamente interessata da sismi anche di media - forte intensità.

Il database macrosismico, utilizzato nel 2004 per la compilazione del catalogo CPTIO4 (Gruppo di lavoro CPTI, 2004), permette di visionare la storia sismica delle località italiane presenti almeno tre volte in DBMI04 (5325 località in totale).

Le informazioni contenute nel database hanno consentito una prima individuazione dei "centri sismici" rilevanti per il sito in esame e delle relative potenzialità in termini di intensità epicentrali storicamente documentate.

Dalla consultazione del Database Macrosismico Italiano 2015 dell'INGV (DBMI15), sono stati individuati i terremoti storici registrati nel territorio di Pizzone, riportati di seguito.

Tra i terremoti elencati, mancano alcuni sismi di minore impatto, avvenuti in tempi recenti e non ancora inclusi nei database. Notiamo in particolare il Sisma del 16 febbraio 2013, nel Comune di Alfedena (AQ), le cui caratteristiche, Magnitudo $M_w = 4.8$, Distanza minima dagli impianti $D = 36$ km, circa, $I = 3.94$, $PGA = 0.022$ g, lo pongono all'interno dell'involuppo considerato.

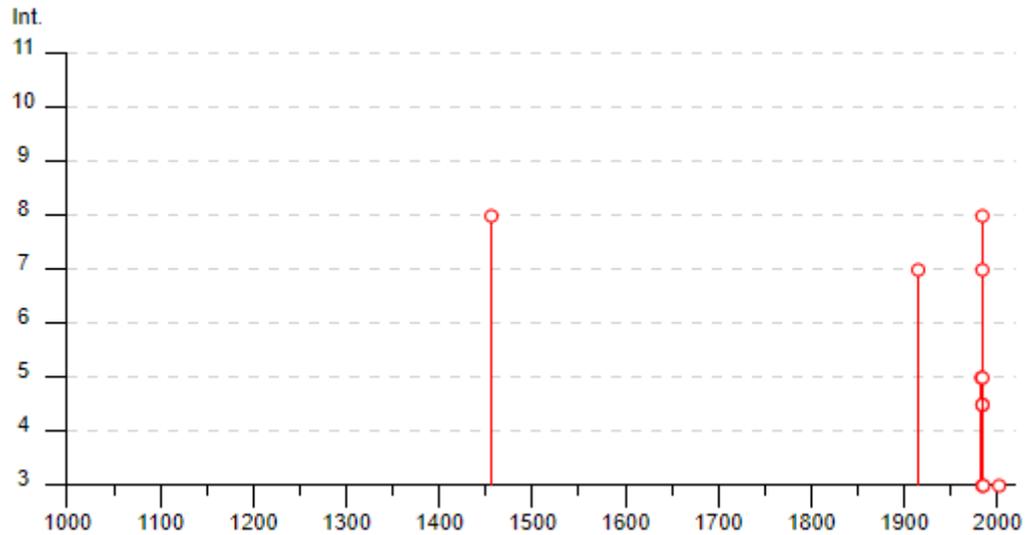


Figura 5-4 - Grafico rappresentante i principali sismi avvenuti in passato nell'area di Pizzone

Effects	Reported earthquakes									
Int.	Year	Mo	Da	Ho	Mi	Se	Epicentral area	NMDP	Io	Mw
8	1456	12	05				Appennino centro-meridionale	199	11	7.19
7	1915	01	13	06	52	43	Marsica	1041	11	7.08
5	1983	08	12	19	36	30	Monti della Meta	53	5	4.76
8	1984	05	07	17	50		Monti della Meta	911	8	5.86
7	1984	05	11	10	41	4	Monti della Meta	342	7	5.47
4-5	1984	06	19	01	27	21	Monti della Meta	14	5	4.23
4-5	1984	06	24	22	02	4	Monti della Meta	79	6	4.57
5	1984	07	01	07	47	1	Monti della Meta	74	6	4.63
3	1984	12	03	18	05	3	Monti della Meta	19	4	4.05
3	1985	03	14	23	03	5	Isernino	41	6	4.37
NF	1990	05	05	07	21	2	Potentino	1375		5.77
NF	1992	03	15	23	44	3	Alta Valle del Volturno	52	5-6	3.78
NF	1997	03	19	23	10	5	Sannio-Matese	284	6	4.52
NF	1998	03	07	03	27	0	Isernino	63	5	3.75
NF	2000	10	25	08	42	0	Marsica	57	5	3.90
3	2002	11	01	15	09	0	Molise	638	7	5.72
NF	2003	06	01	15	45	1	Molise	501	5	4.44

Figura 5-5 - Contenente i principali sismi avvenuti in passato nell'area di Pizzone

6. RILIEVO GEOLOGICO-TECNICO

6.1. DESCRIZIONE DELLE ATTIVITA' DI CAMPO

6.1.1. QUADRO DELLE INDAGINI CONDOTTE

A fine maggio 2022 è stata condotta una campagna di rilievo geologico tecnico nelle aree interessate dalle opere in progetto, allo scopo di:

- osservare sul campo lo stato dei luoghi dal punto di vista delle morfologie, delle coperture vegetazionali, delle emergenze idriche e delle condizioni di stabilità e dissesto dei versanti
- studiare i rapporti stratigrafici delle litologie affioranti, seguirne lo sviluppo laterale e l'effettiva estensione areale
- osservare e caratterizzare per mezzo di specifici test e rilievi le componenti strutturali e geomeccaniche delle rocce

Nella seguente Figura 6-1 e Figura 6-2, sono riportati i punti di rilievo in cui è stata effettuata la caratterizzazione degli ammassi rocciosi. I punti sono stati scelti in modo da poter essere direttamente o indirettamente riferiti alle caratteristiche della roccia lungo il tracciato.

In allegato 2 è riportato un report fotografico relativo ai rilievi eseguiti.

In Allegato 3 è riportata una scheda sintetica di osservazione, relativa al rilievo geomeccanico di dettaglio RG1.

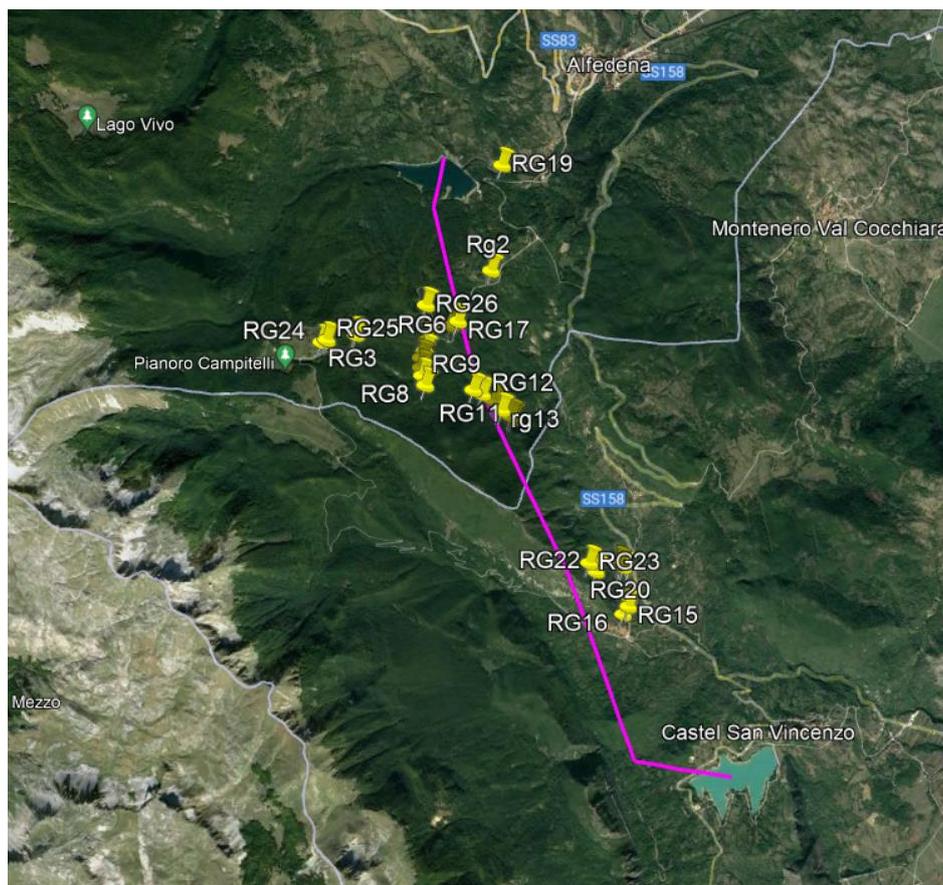


Figura 6-1: ubicazione dei punti di rilievo geomeccanico eseguiti; in viola è riportato il tracciato approssimativo della galleria in progetto

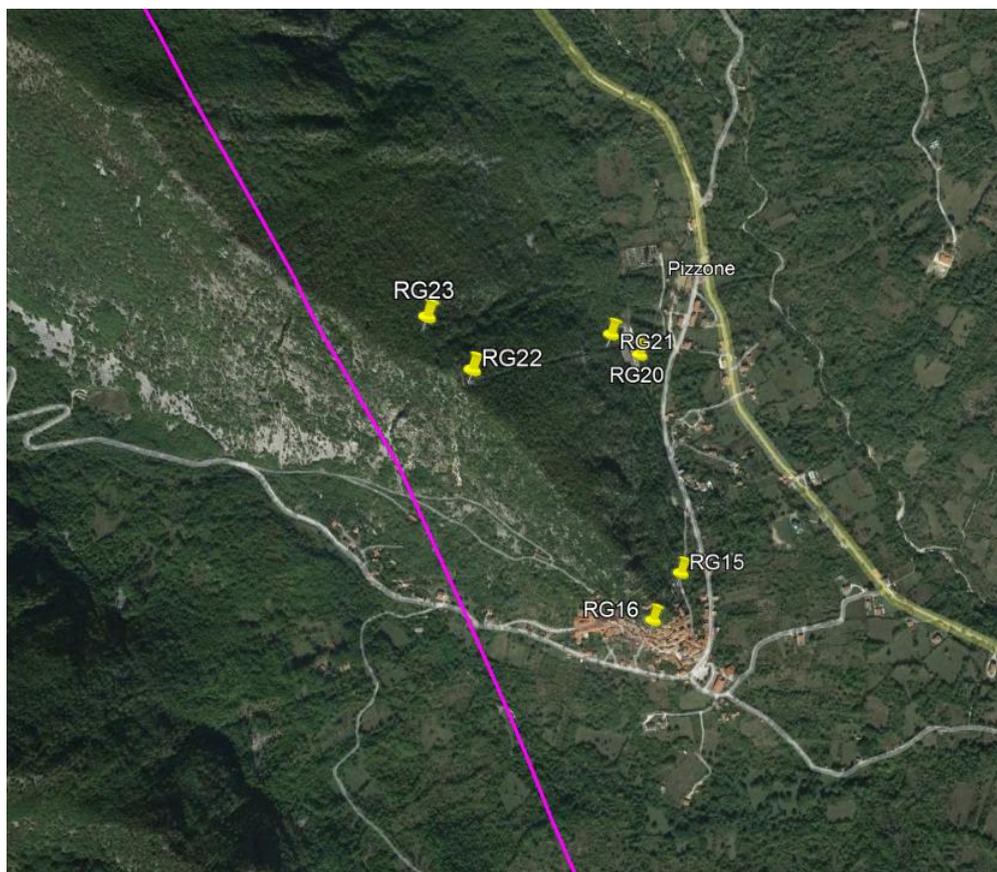
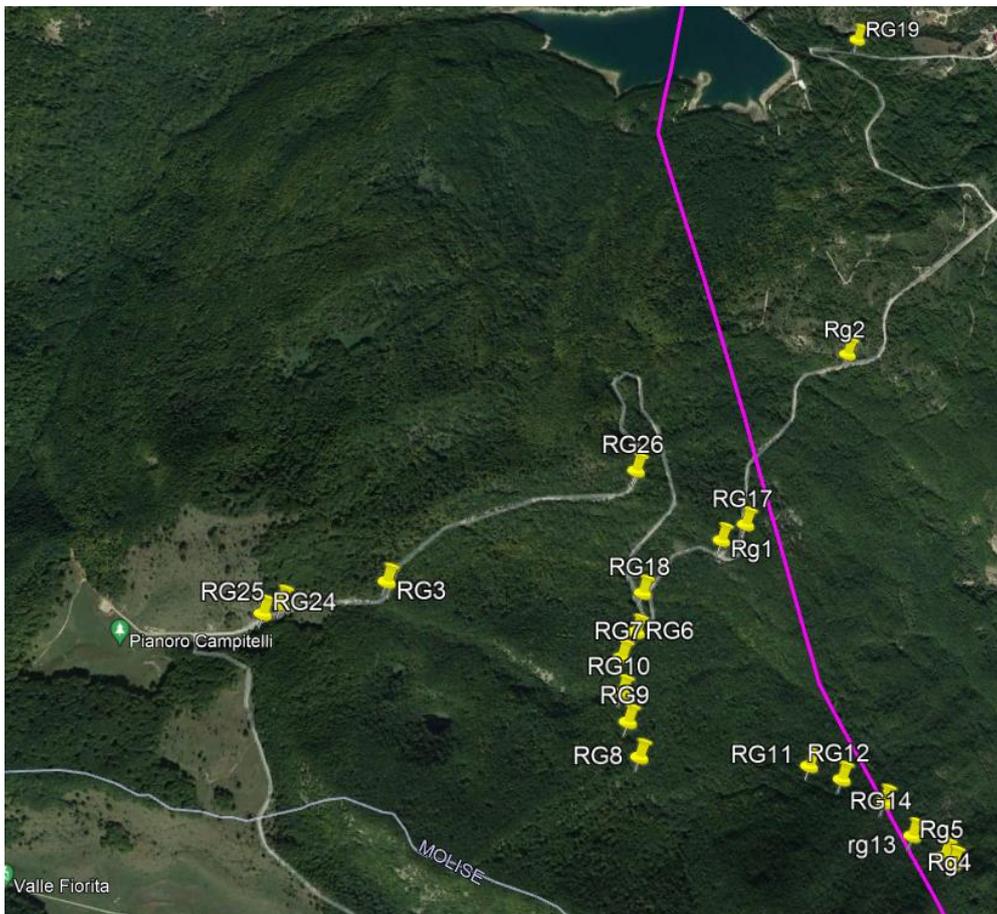


Figura 6-2: dettaglio a maggiore scala dell'ubicazione dei punti di rilievo

6.1.2. DATI E PARAMETRI RACCOLTI

I rilievi geomeccanici condotti sugli affioramenti rocciosi hanno consentito la raccolta dei seguenti dati:

- Descrizione delle rocce esposte
- misurazione della giacitura (inclinazione e immersione) dei principali piani di discontinuità individuati zona per zona
- quantificazione della resistenza a compressione della roccia lapidea e dei giunti per mezzo di esecuzione di test con sclerometro
- misurazione della rugosità e asperità dei giunti che influenzano la resistenza al taglio lungo discontinuità
- caratterizzazione globale dal punto di vista della resistenza e del grado di frattura degli ammassi rocciosi per mezzo di classificazione GSI (categoria rocce carbonatiche) ed RMR (a seguito di elaborazione dati RGM)
- rilievi morfologici con drone in aree circoscritte, al fine di poter plottare, in fase di elaborazione, i piani delle superficie ed elementi geologici rilevati su aerofotogrammetrie e DEM 3D.

6.1.3. ISPEZIONI SUI FRONTI ESPOSTI DI ROCCIA SUPERFICIALE

Si osserva che il maggior numero di punti di rilievo è ubicato nei calcari e calcareniti, nei versanti orientali del Monte Mattone, in quanto queste sono risultate le litologie più frequentemente esposte, anche in zone accessibili.

La roccia esposta sul versante occidentale del Monte Mattone risulta in genere non accessibile, per la grande acclività e per la presenza di un dissesto diffuso, in forma di distacco di massi. In tale zona, ci si è limitati ad osservare le condizioni di fratturazione degli ammassi.

La qualità degli ammassi rocciosi carbonatici risulta buona in modo omogeneo nell'area di interesse, ad eccezione del grado di fratturazione che, nelle zone di faglia, aumenta notevolmente per la presenza di fasce cataclastiche.

La matrice lapidea costituita da calcare e calcareniti di colore avana con buona resistenza, si presenta in genere ben cementata, con totale assenza di una patina di alterazione esterna.

I tratti interessati dai flysch sono generalmente ricoperti da coltri di alterazione, che ne impediscono in genere la visione diretta, con eccezione per pochissimi e sporadici punti, di modesta estensione.

In particolare, nelle aree a sud, tra l'abitato di Pizzone e il lago di Castel San Vincenzo, gli unici affioramenti che è stato possibile osservare si riferiscono alle bancate esposte lungo la linea di drenaggio costituita dal Rio Colle Alto. Le bancate qui appaiono in uno stato disturbato dall'azione delle acque e non offrono che un'idea della possibile qualità dell'ammasso.

Ancora meno evidenze sono derivabili dalla zona di flysch a monte, a ridosso del lago, dove l'assenza di incisioni significative e la presenza di bosco rendono ancora più rara la possibilità di trovare anche piccole finestre di osservazione.

Il solo punto di quest'area, dove è risultato possibile osservare il flysch, si trova spostato di qualche kilometro a Est dell'asse galleria, verso l'abitato di Alfedena.

6.1.4. ISPEZIONE ALLA FINESTRA DI SERVIZIO DELLA CONDOTTA FORZATA

Un punto speciale di osservazione che è stato possibile ispezionare è costituito dalla finestra di servizio della condotta forzata, sul pendio sovrastante la centrale.

Tale finestra penetra all'interno della roccia, consentendo la sua visione in uno stato praticamente indisturbato o comunque più confinato che in superficie.

E' stato osservato (Figura 6-3) che la qualità della matrice lapidea profonda è notevolmente migliore rispetto alla superficie, presentando un grado di fratturazione meno elevato e

tendenzialmente più localizzato nei dintorni di grandi faglie/fratture (tuttavia con ristrette fasce cataclastiche).

Le immagini mostrano bene come la matrice rocciosa risulta intatta e non fittamente fratturata. Sono comunque presenti dei giunti che, da osservazione preliminari, non sembrano caratterizzate da tettofoli (elementi strutturali indicanti cinematiso di scorrimento), ma con fasce di fratturazione limitata al più al metro. Infatti, a breve distanza dalla frattura la matrice torna ad essere compatta.



Figura 6-3: Finestra di ispezione lungo la Condotta Forzata. a) qualità roccia in galleria a monte dell'impianto di pizzone; b) frattura osservata nella stessa galleria

6.2. RILIEVI GIACITURALI DEI PIANI DI DISCONTINUITÀ

Nella seguente tabella 6-1, si riportano i valori giacaturali dei principali piani di discontinuità rilevati negli affioramenti rocciosi che permettevano di eseguire misurazioni in sicurezza e che presentavano dei piani ben distinguibili. Gli stessi giunti sono stati presentati anche negli stereogrammi polari di **Figura 6-4**, Figura 6-5e Figura 6-6.

L'attività di rilievo ha consentito di identificare il trend generale di stratificazione, individuato con orientazione prevalente verso E/NE e inclinazione con valore mediamente rappresentativo compreso entro i 25/30°, con la sola eccezione della zona della centrale dove è risultata 40-80°.

Per quanto riguarda i giunti, 3 piani principali di discontinuità sono stati individuati in modo ripetitivo su tutta l'area, mentre altri risultano circoscritti solo a certi affioramenti. Ciò appare in qualche misura sorprendente, in considerazione dell'alto livello di tettonizzazione e complessità strutturale dell'area.

Tabella 6-1: rilievi delle giaciture piani di discontinuità; S: stratificazione; K giunto/frattura

ID punto	S		k		k		k		k		k	
	imm	incl										
RG1	122	32	342	78	172	75	233	42				
	110	27	342	80	192	60	230	35				
	110	40	338	70	196	60	236	45				
	96	25	340	90	200	83						
	92	25	328	85	196	85						
	78	23	352	70	192	70						
	112	35			208	60						
					200	83						
					196	85						
					190	50						
RG2	77	22	60	75	125	70						
RG3			250	55	200	85	70	35				
RG8			35	40	115	80	210	50				
RG9			296	65	292	75	324	65	80	40	180	65
RG11	45	35										
RG12	72	35	260	72	165	78						
RG13	72	35	350	85	260	50						
RG15	50	50	340	65	258	50	205	63				
RG17	62	10	120	82	10	85	292	78	64	80	90	27
RG18	52	12	82	10	160	72	112	25	10	90	302	52
RG20	80	79	190	60	300	72						
RG22	80	42	65	45	210	49	320	89				
RG24	103	15	230	85	160	85						
RG25	135	25	337	63	256	88						

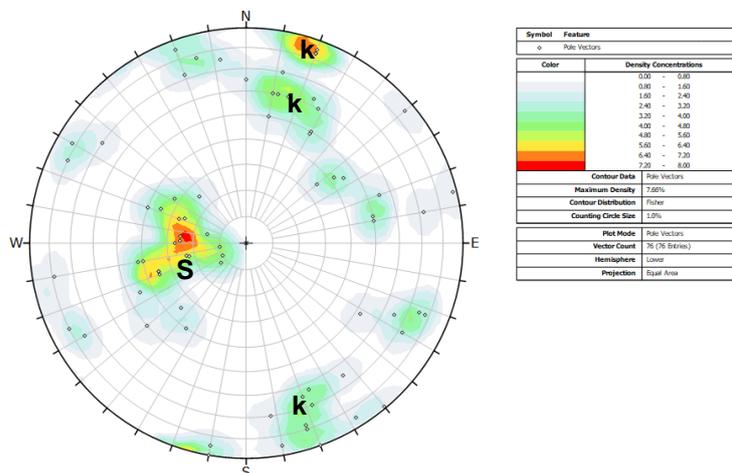


Figura 6-4: Rilievo geomeccanico. Rappresentazione stereografica equiareale dei poli di tutti i giunti rilevati nelle rocce carbonatiche;

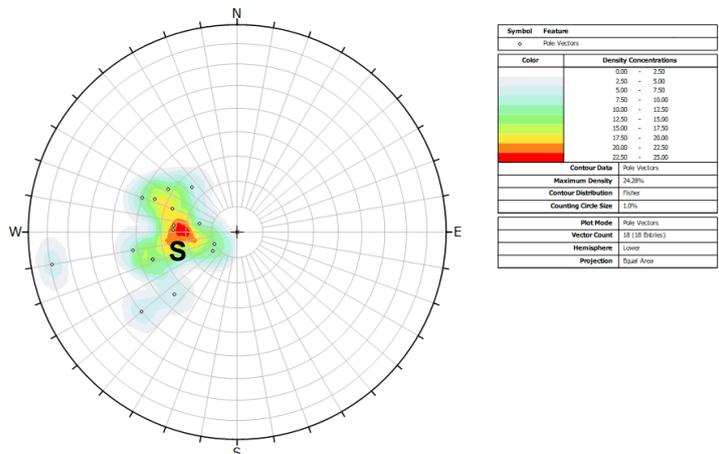


Figura 6-5 - Rilievo geomeccanico. Rappresentazione stereografica equiareale dei poli della stratificazione, rilevata nelle rocce carbonatiche

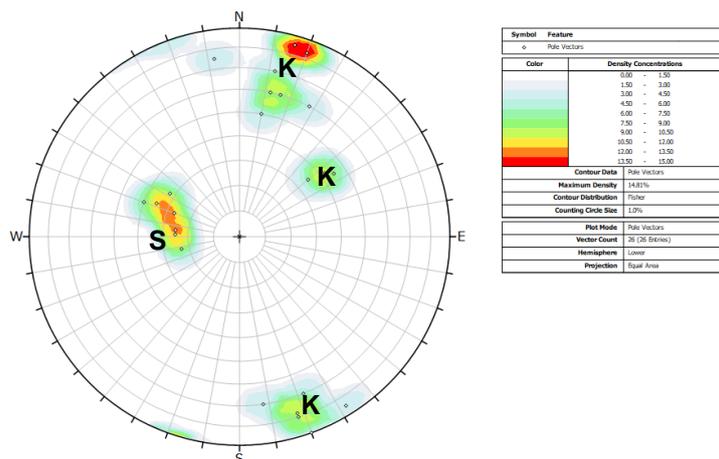


Figura 6-6 - Rilievo geomeccanico. Rappresentazione stereografica equiareale dei poli di tutti i giunti rilevati nelle rocce carbonatiche nella zona di rilievo RG1 (cava lungo la strada alta a nord di monte Mattone)

6.3. CLASSIFICAZIONE DEGLI AMMASSI ROCCIOSI

6.3.1. CRITERI DI CLASSIFICAZIONE

Sono state considerate 2 metodologie di classificazione, ossia la Metodologia RMR di Bieniawsky e la Metodologia GSI di Hoek.

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

- A1 = resistenza a compressione uniassiale;
- A2 = Rock Quality Designation Index (Indice RQD);
- A3 = spaziatura delle discontinuità;
- A4 = condizioni delle discontinuità;
- A5 = condizioni idrauliche;

A6 = orientamento delle discontinuità.

Da questi sei parametri si ricava l'Rock Mass Rating (RMR, Beniauskis) e con le dovute correzioni apportate da Romana nel 1985 lo Slope Mass Rating (SMR). Per tale studio si è fatto uso prevalente della prima classificazione.

L'RMR, nella pratica, viene differenziato come:

RMR di base = RMR_b = A1 + A2 + A3 + A4 + A5

RMR corretto = RMR_c = (A1 + A2 + A3 + A4 + A5) + A6

Le misure effettuate per mezzo di sclerometro (o Martello di Schmidt) eseguite sulle superfici dei piani di discontinuità, sono state corrette per l'angolo di inclinazione con la quale la misura è stata effettuata rispetto all'orizzontale; l'elaborazione di tali dati ha consentito la definizione del valore caratteristico di JCS (Joint Compressive Strength). La scabrezza delle discontinuità (JRC), parametro che principalmente insieme a JCS e alle condizioni di alterazione influenzano la resistenza al taglio delle discontinuità, è stata calcolata a seguito delle elaborazioni dei profili di rugosità rilevati per mezzo di pettine di Barton.

Le ulteriori valutazioni condotte nei confronti degli altri parametri rilevati (apertura, spaziatura, alterazione e condizioni idriche), hanno permesso di definire il valore di RMR e GSI per ciascun affioramento studiato.

Attribuiti tutti i coefficienti, sulla base del valore RMR_c calcolato si identificano 5 intervalli a cui corrispondono 5 classi di ammasso roccioso e altrettante valutazioni di qualità della roccia:

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

Il valore di GSI (Geological Strength Index), proposto da E. Hoek (1994) è ottenibile con apposite tabelle di confronto, disponibili in letteratura, o derivandolo a partire da una determinazione del valore di RMR. Nella pratica tale parametro si basa sulla descrizione di 2 fattori: struttura della roccia e condizioni dei blocchi rocciosi caratterizzanti l'ammasso. Il GSI si può ricavare in maniera empirica per mezzo della seguente formula:

$$GSI = RMR - 5$$

dove RMR viene calcolato tenendo conto dei punteggi assegnati ai primi quattro parametri e assumendo condizioni idrauliche asciutte (A5 = 15). Tale relazione è da ritenersi valida per RMR > 23.

Questo parametro è sfruttato per stimare direttamente resistenza della roccia e del modulo di deformazione.

6.3.2. VALORI SINTETICI RILEVATI NEI PUNTI DI MISURA

Le risultanze sono riportate di seguito (Tabella 6-2). Il rilievo geomeccanico di dettaglio eseguito presso l'affioramento RG1 ha permesso di calcolare il valore di RMR e di conseguenza di GSI. A seguito di osservazione di condizioni omogenee delle litologie affioranti nell'area in esame, le restanti valutazioni sugli ammassi sono state condotte per mezzo della classificazione GSI.

La spaziatura tipica tra le discontinuità rilevate nei calcari è tale da identificare blocchi di media dimensione fino a oltre 1 m³ e solo localmente la roccia appare cataclasata per la presenza di faglie, con l'ammasso ridotto in clasti di dimensioni decimetriche.

Tuttavia, la qualità degli ammassi rocciosi carbonatici risulta abbastanza omogenea nell'intera area del sito, presentando condizioni e valori di GSI e RMR del tutto confrontabili con quanto osservato e i valori riportati al precedente paragrafo 6.5.1. In genere, la qualità degli ammassi rocciosi risulta globalmente individuata intorno a valori medi di GSI e RMR

nell'intervallo 45-50, ed anche i valori di resistenza a compressione misurata per mezzo di test sclerometrici in campo risultano sempre collocati intorno a valori tra 38 e 48 MPa e confrontabili sull'intera estensione del tracciato della galleria

Meno evidente è l'andamento della spaziatura di strati e discontinuità nel Flysch litoide a causa delle limitate finestre di osservazioni disponibili; in profondità è possibile ipotizzare che la consolidazione del Flysch possa portare ad ottenere aspetti stratigrafici (spaziatura, spessore strati, indice di fratturazione e alterazione) di miglior qualità. Tale elemento sarà da verificare per mezzo di accurate indagini dirette in quanto in superficie, come già accennato, gli affioramenti rilevabili sono di limitata entità.

Tabella 6-2: Impianto di Montagna Spaccata. Rilievo Geomeccanico: valori medi di RMR e GSI, stimati nei vari punti di osservazione

Rilievo	Formazione	Metodo di qualificazione	Range (min – max)	
RG1	Calcare	RMR	46	51
RG1	Calcare	GSI	55	65
RG2	Calcare	GSI	40	50
RG3	Calcare	GSI	50	60
RG4	Calcare	GSI	40	50
RG5	Calcare	GSI	35	45
RG7	Calcare	GSI	35	45
RG8	Calcare	GSI	50	60
RG9	Calcare	GSI	45	55
RG10	Calcare	GSI	45	55
RG11	Calcare	GSI	35	45
RG12	Calcare	GSI	50	60
RG13	Calcare	GSI	35	45
RG14	Calcare	GSI	50	60
RG15	Calcare	GSI	50	60
RG16	Calcare	GSI	45	55
RG17	Calcare	GSI	50	60
RG18	Calcare	GSI	50	60
RG19	Flysch	GSI	15	25
RG20	Calcare	GSI	50	60
RG21	Calcare	GSI	50	60
RG22	Calcare	GSI	45	55
RG23	Calcare	GSI	45	55
RG24	Calcare	GSI	40	50
RG25	Calcare	GSI	50	60

7. PROFILO GEOLOGICO LUNGO L'ASSE DEL TRACCIATO

7.1. PREMESSA

La descrizione che segue illustra la scansione geologica lungo il profilo della galleria di progetto, compreso tra il lago Montagna Spaccata e il lago Castel San Vincenzo. La sezione geologica descritta è illustrata nelle *Sezioni geologiche interpretative (da site survey)* GRE.EEC.D.14.IT.H.16071.00.037.00, GRE.EEC.D.14.IT.H.16071.00.038.00 e GRE.EEC.D.14.IT.H.16071.00.039.00.

Le evidenze disponibili sono state basate su limitate osservazioni dirette, da interpretazione delle fonti e risultanze dei dati bibliografici e su elaborazioni dei dati dei rilievi condotti in campo.

Va notato che la quasi totalità delle osservazioni fatte si riferisce nella maggior parte dei casi a roccia superficiale, sicuramente detensionata e in qualche caso più o meno alterata o erosa dagli agenti atmosferici. E' pensabile che le condizioni medie degli ammassi migliorino con la profondità, come suggeriscono del resto le osservazioni fatte sulla galleria di servizio della condotta forzata.

Le evidenze ottenute saranno dunque da verificare per mezzo di indagini dirette di campo volte a indagare la natura e le caratteristiche dei litotipi coinvolti nelle opere di progetto. Maggiori informazioni dovranno essere acquisite sia con sondaggi relativamente profondi o corti lungo la galleria esistente, al fine di confermare le caratteristiche attendibili per questi materiali.

7.2. DESCRIZIONE DELLE PRINCIPALI LITOLOGIE DELL'AREA

7.2.1. CALCARI E CALCARENITI INTATTI

Rispetto alla descrizione fornita dal foglio geologico alla scala 1:100 000 della carta geologica d'Italia, queste litologie sono riconducibili ai termini carbonatici appartenenti alla facies Molisana (M⁵⁻⁴) e di Soglia e Avansoglia (C⁶ - G¹⁰). Tali formazioni sono costituite da litologie passanti da Calcareniti talora ben stratificate a Calcari micritici; si osservano inoltre alternanze in livelli marnosi.

Come già affermato in precedenza, tali formazioni presentano caratteristiche di resistenza omogenee negli affioramenti che presentano un basso livello di fratturazione, nell'intera area in esame. Le buone caratteristiche generali di queste rocce sono anche deducibili dalle Figura 7-1, Figura 7-2, e Figura 7-3.

A seguito dei rilievi eseguiti ed in particolare al rilievo di dettaglio eseguito nel punto RG1 è stato possibile definire la qualità meccanica della matrice roccia caratterizzante gli affioramenti dell'area in esame.



Figura 7-1 - Impianto di Montagna Spaccata. Calcarea osservata nell'Area RG1 (tratto di monte della galleria di carico)



Figura 7-2 - Impianto di Montagna Spaccata. Calcarea e calcarenite osservati nell'Area RG2 (tratto di monte della galleria di carico)



Figura 7-3 - Impianto di Montagna Spaccate. Calcare microcristallino della Formazione Monte Mattone osservato in prossimità della Centrale di Pizzone (in corrispondenza della centrale e dei suoi accessi, della condotta forzata e dei pozzi piezometrici di monte e valle)

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

- Indice di rimbalzo (R)=40
- Numero di fratture per mc di roccia (Jv)=17.3999996185303
- Spaziatura delle discontinuità (s)=0.230000004172325 m
- Persistenza (continuità) del giunto = 3 - 10 m
- Apertura del giunto = 0,1 - 1 mm
- Giunto liscio
- Pareti leggermente alterate
- Riempimento compatto < 5 mm
- Roccia umida
- Orientamento delle discontinuità applicato alle gallerie
- Orientamento mediocre

Parametri sintetici della roccia

Resistenza a compressione monoassiale q (MPa)	Rock Quality Designation (RQD)
52.3	57.5

V1	V2	V3	V4	V5
2	4	1	5	4

- V1 è un parametro che dipende dalla persistenza (continuità) del giunto
- V2 è un parametro che dipende dall'apertura del giunto
- V3 è un parametro che dipende dalla rugosità del giunto
- V4 è un parametro che dipende dal grado di alterazione delle pareti
- V5 è un parametro che dipende dal materiale di riempimento presente

A1	A2	A3	A4	A5	A6
5.62	11.46	8.30	16.00	10.00	-5.00

- A1 è un valore numerico derivato dalla resistenza della roccia intatta
- A2 è un valore numerico derivato dall'indice RQD
- A3 è un valore numerico derivato dalla spaziatura delle discontinuità
- A4 è un valore numerico derivato dalle condizioni delle discontinuità
- A5 è un valore numerico derivato dalle condizioni idrauliche
- A6 è un indice di correzione per la giacitura delle discontinuità

Classificazione dell'ammasso roccioso

RMRbase	RMRcorretto	Classe	Descrizione
51.37	46.37	Terza	Mediocre

7.2.2. FACIES CALCAREE CATACLASTICA (TETTONIZZATA)

La formazione litologica è la medesima di quella descritta al precedente paragrafo, ma si fa riferimento a quelle porzioni di affioramenti rocciosi affioranti nelle fasce cataclastate di faglia. In tali zone la fratturazione gioca un ruolo fondamentale nella definizione della resistenza geomeccanica dei materiali, in quanto risulta di maggiore entità a causa degli stress tettonici

che hanno interessato l'area. Seppure la matrice lapidea risulti la stessa, la disgregazione degli ammassi si presenta elevata e gli affioramenti presentano uno sblocchettamento in clasti di dimensioni decimetriche.

Di seguito i valori di resistenza definiti darilievi geomeccanici per lavori di consolidamento versanti eseguiti nell'abitato di Pizzone.

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

- Indice di rimbalzo (R)=40
- Numero di fratture per mc di roccia (Jv)=17.3999996185303
- Spaziatura delle discontinuità (s)=0.230000004172325 m
- Persistenza (continuità) del giunto = 3 - 10 m
- Apertura del giunto = 0,1 - 1 mm
- Giunto liscio
- Pareti leggermente alterate
- Riempimento compatto < 5 mm
- Rocca umida
- Orientamento delle discontinuità applicato alle gallerie
- Orientamento mediocre

Parametri sintetici della roccia

Resistenza a compressione Su (MPa)	Rock Quality Designation (RQD)
52.3	20

V1	V2	V3	V4	V5
2	0	1	5	2

- V1 è un parametro che dipende dalla persistenza (continuità) del giunto
- V2 è un parametro che dipende dall'apertura del giunto
- V3 è un parametro che dipende dalla rugosità del giunto
- V4 è un parametro che dipende dal grado di alterazione delle pareti
- V5 è un parametro che dipende dal materiale di riempimento presente

A1	A2	A3	A4	A5	A6
5.62	5.26	8.00	10.00	15.00	-5.00

- A1 è un valore numerico derivato dalla resistenza della roccia intatta
- A2 è un valore numerico derivato dall'indice RQD
- A3 è un valore numerico derivato dalla spaziatura delle discontinuità
- A4 è un valore numerico derivato dalle condizioni delle discontinuità
- A5 è un valore numerico derivato dalle condizioni idrauliche
- A6 è un indice di correzione per la giacitura delle discontinuità

Classificazione dell'ammasso roccioso

RMRbase	RMRcorretto	Classe	Descrizione

43.87

38.87

Quarta

Scadente

E' possibile che nelle zone di faglia i valori di classificazione geomeccanica (GSI) possano, dunque, diminuire fortemente fino anche a valori di 30 - 35.

7.2.3. FLYSCH

La formazione geologica di più recente deposizione (termini di età Miocenica) è rappresentata da unità Flyschoidi, che presentano verso l'alto stratigrafico una spessa copertura in Peliti e rocce terrigene argillose-marnose, mentre passando verso il bottom ad arenarie micacee grigiastre, a volte fogliettate, alternate ad argille siltose plumbee o subordinatamente a calcari marnosi chiari.

Tale formazione, essendo l'ultimo elemento deposto, copre uniformemente l'area in esame ad eccezione degli alti stratigrafici e non permette dunque di apprezzare i rapporti geologici tra le formazioni più antiche, che la cui osservazione diretta è in genere preclusa.

In base alle informazioni disponibili, ai rilievi condotti e alle evidenze bibliografiche è presumibile che la formazione flyschoidi possa presentare, da piano campagna, un iniziale spessore da metrico a decimetrico di coperture sciolte per passare poi a facies stratificate arenacee marnose, con bancate più o meno spesse.

Lo spessore di tale successione fornito da bibliografia è variabile, in modo significativo. In quanto i depositi originari disposti sulle morfologie preesistenti più antiche sono stati successivamente modificati dalla tettonica, peraltro ancora attiva nell'area.

Per questa litologia, possiamo individuare 3 termini:

- Coperture di alterazione
- Flysch fittamente stratificato
- Flysch a bancate più spesse

7.2.3.1. COPERTURE

I termini descritti nel presente paragrafo si riferiscono alla facies di copertura terrigena, frequentemente diffusa in particolare nelle zone di valle, dove possono localmente sovrapporsi anche fenomeni di natura gravitativa dai pendii. Nelle zone in cui affiorano, tali depositi forniscono una morfologia blanda con pendii poco inclinati.

La facies di copertura del Flysch di monte può essere interpretata come la porzione di alterazione del substrato ubicato a maggiori profondità (> 5, 10 m da p.c.), e presenta dunque litotipi di terreni siltoso-argillosi con clasti poligenici, spesso disposti lungo gli allineamenti di strato originari (Figura 7-4)



Figura 7-4: Spiaggia meridionale del Lago di Montagna Spaccata. Dettaglio delle coperture flyschoide

Di seguito sono riportati i caratteri di resistenza, ottenuti da bibliografia in quanto risultano necessarie specifiche prove geotecniche al fine di poterli caratterizzare in maniera sito-specifica.

Flysch di copertura			
γ	2	Ton/m ³	(Peso di volume)
γ_{sat}	2.2	Ton/m ³	(Peso di volume immerso)
c'	0	Kg/cm ²	(Coesione)
ϕ	35	°	(Angolo di attrito interno)
C_u	80	Kg/cm ²	(Coesione non drenata)
C_c	0.2		(indice compressibilità)
Q_c	20	Kg/cm ²	(Resistenza alla punta)

7.2.3.2. FLYSCH FITTAMENTE STRATIFICATI (RG19)

Tale facies del Flysch è stata osservata unicamente in un punto di rilievo (RG19), corrispondente ad un taglio di pendio lungo la strada che sale da Alfedena verso il lago di Montagna Spaccata. Si è potuto apprezzare una leggera stratificazione della componente arenacea marnosa e che presentava una bassa cementazione e una elevata tendenza a sfaldarsi. I livelli di strato avevano uno spessore massimo di 1-3 cm.



Figura 7-5: dettaglio della facies competente del flysch; taglio stradale a nord di Alfedena

Formazione argilloso-marnosa parametri medi			
γ	2.15	Ton/m ³	(Peso di volume)
γ_{sat}	2.21	Ton/m ³	(Peso di volume immerso)
c'	0.2	Kg/cm ²	(Coesione)
ϕ	22	°	(Angolo di attrito interno)
C_u	0.8	Kg/cm ²	(Coesione non drenata)
C_c	0.06		(indice compressibilità)
Formazione argilloso-marnosa - membri marnosi o argilloso marnosi			
γ	2.1	Ton/m ³	(Peso di volume)
γ_{sat}	2.5	Ton/m ³	(Peso di volume immerso)
c'	0	Kg/cm ²	(Coesione)
ϕ	37	°	(Angolo di attrito interno)
M	400	Kg/cm ²	(Modulo di compressibilità)

7.2.3.3. FLYSCH A BANCATE

Come discusso il flysch a bancate più spesse è presumibilmente presente in profondità, mentre evidenze dirette sono rare e presumibilmente confinate alla sola zona compresa tra Pizzone e il Lago di Castel San Vincenzo (Figura 7-6).

Qui infatti è stato possibile individuare le testate delle bancate affioranti, anche solo lungo l'asse di drenaggio del Rio.

L'estensione è comunque limitata e non consente di fare una vera e propria classificazione anche se le caratteristiche visibili appaiono migliori di quelle osservate altrove.



Figura 7-6: Zona a tra il lago di Castel San Vincenzo e Pizzone. L'affioramento della facies competente del flysch avviene lungo il Rio.

7.3. CAMBI DI LITOLOGIA

La definizione dei cambi di litologia è stata basata sulle evidenze raccolte, elaborandole con riferimento alla cartografia geologica e alle immagini Google Earth. Per questi motivi, le indicazioni fornite vanno lette più in senso qualitativo, ossia come potenziale presenza di un certo tipo di passaggio lito-stratigrafico, e dovranno essere approfondite e confermate o perfezionate, sulla base di indagini ad hoc, da eseguire prima del successivo sviluppo progettuale.

L'imbocco nord dello scavo è collocato nella parte sommersa del bacino di monte.

Nei primi 800-900 m, l'asse di progetto attraversa l'unità Flyschoide, identificabile con una facies di soglia e avansoglia (verso la facies Molisana) qui sepolta e presumibilmente piegata, ricoperta dalla facies Molisana, più recente, formata da marne e calcareniti. La porzione più superficiale, che interagisce con il tracciato lungo la spiaggia e il fondo del lago, è in ogni caso fortemente meteorizzata e decompressa e priva di aspetto litoide.

Da indicazioni cartografiche, si può pensare che la piega, antiforme in zona di cerniera, sia

ben sviluppata e possa correre parallela al crinale del monte Mattone, lungo tutta valle che risale da Castel SanVincenzo verso il Lago di Montagna Spaccata. Il contatto di questa formazione verso i calcari del Monte Mattone non è in genere ben descritto e andrà indagato con più precisione, nei tratti di interferenza con il tracciato.

Per effetto della piega, il tracciato attraverserà successivamente una porzione di calcare e calcareniti della facies Molisana (M^{3-2}), che in questa zona non risulterebbe interessata da importanti fenomeni tettonici. Dunque, l'indice di fratturazione degli ammassi rocciosi dovrebbe essere basso. L'immersione del bedding stratigrafico è circa tra $35 - 50^\circ$ (nord est) mentre l'immersione tra i 15 e 25° .

Il tratto di attraversamento della piega potrebbe interessare circa $150-200$ m, con roccia prevalente costituita dai calcari debolmente marnosi appartenenti alla litologia denominata nella cartografia geologica come $M^1 - E^2$.

Prima e dopo la piega, il tracciato attraversa i calcari e calcareniti della facies Molisana (M^{5-4} e M^{3-2} , prima della piega e M^{3-2} , dopo la piega). Solo il tratto a valle della piega potrebbe essere in una certa misura interessato da fenomeni tettonici o deformativi, in parte legati alla piega stessa e in parte alla transizione verso i calcari del Monte Mattone.

Questo tratto appare nel suo insieme più complesso di altri e andrà adeguatamente studiato nelle prossime fasi di progettazione.

Per i successivi 4800 m, in cui sorgeranno il resto della galleria di carico, il pozzo piezometrico di monte, la condotta forzata con la relativa biforcazione, la centrale in canverna e relativi accessi e un piccolo tratto della galleria di scarico con incluso pozzo piezometrico di valle, lo scavo interesserà i calcari del Monte Mattone, che nella legenda cartografica risultano essere i calcari della facies di soglia C^6-G^{10} . L'immersione della stratificazione è mediamente $E - NE$, con immersione tra $100-120^\circ$ e modesta inclinazione; la variabilità è di seguito illustrata:

- a monte immersione $40-70^\circ$ e inclinazione leggermente maggiore
- nella zona centrale circa 80° con inclinazione 40° in alto e 75° dalla quota 730 in giù, (nell'ultima parte - centrale di Pizzone)

La zona limitrofa alla centrale di Pizzone rappresenta una eccezione rispetto alle zone più a monte, in quanto gli strati subiscono un forte basculamento, con aumento della pendenza per probabili cause tettoniche.

L'ultimo tratto di galleria di 3500 m risulta impostato all'interno dell'unità Flysch, che, come nella zona di monte, potrebbe presentare sia la facies di copertura, sia la facies a bancate maggiormente competenti, in funzione della profondità dal piano campagna (che risulta variabile lungo tutto lo svolgimento di quest'ultimo tratto a causa della presenza di numerosi rilievi e alti topografici).

7.4. DISCONTINUITÀ

7.4.1. FAGLIE E DISCONTINUITÀ PRINCIPALI

Le principali faglie individuate per mezzo sia dello studio della cartografia geologica, sia per mezzo di verifica diretta in campo, sono collocate circa alle seguenti progressive rispetto al fronte di imbocco nord:

- $800 - 900$ m: cambio di litologia importante, e discordante, che potrebbe derivare dalla presenza di una faglia,
- 2750 m: sistema di faglie coniugate, molto inclinate che dislocano le litologie calcaree, accomodando anche in superficie la formazione M^{5-4} ; dunque, è da considerare una eventuale attività anche di età recente (miocene) della faglia.
- 3750 m: faglia molto inclinata
- 4750 m: per circa 1500 si entra in una zona che presenta in superficie un elevato grado di fratturazione degli ammassi; la condizione della roccia in profondità potrebbe risultare tuttavia di migliori condizioni ma con maggiore frequenza di giunti e/o fratture aperte (ma limitate porzioni cataclate). Tale aspetto è stato verificato per mezzo di sopralluogo nella galleria di servizio dell'attuale condotta in esercizio, ubicata a monte della centrale di Pizzone.

- 5950 m: faglia ubicata nella zona dell'abitato di Pizzone, impostata a valle della centrale in progetto.

Tutte le discontinuità sopra elencate presentano negli affioramenti in superficie delle fasce fortemente fratturate (cataclasate), con spessore circa del centinanaio di metri lineari, in cui la qualità degli ammassi diminuisce fortemente. La variabilità di tale aspetto sarà, come già accennato, da verificare per mezzo di indagini in situ dirette.

7.4.2. FRATTURE

Si osservano nel Calcare di Monte Mattone vere e proprie spaccature per decompressione circa perpendicolari al tracciato.

Inoltre, anche la porzione nel tratto iniziale in $M^1 - E^2$ essendo ubicata in zona di cerniera di piega può presentare un'aumento della fratturazione indotta dalla tipica presenza di scistosità, fenomeno che può provocare una diminuzione della qualità degli ammassi rocciosi e la presenza di venute d'acqua.

7.5. POTENZIALE PRESENZA DI GAS

Nella documentazione geologica disponibile e consultata non si ha evidenze di presenze di gas. Si raccomanda tuttavia di eseguire accurate indagine per verificare tale questione.

7.6. PENDII

7.6.1. ZONE DI IMBOCCO SOMMERSE

Le zone di imbocco nord e sud risultano collocate in condizioni sommerse entro i bacini artificiali; inoltre, i relativi fronti di scavo interessano le unità flyschoidi nella facies di copertura.

Saranno dunque da prevedere sistemi di prevenzione di dissesti in particolare relativamente all'instaurazione di colate (debris flow) per la presenza di materiali non consolidati e saturi.

7.6.2. IMBOCCHI LATO CENTRALE

Pendio subparallelo a stratificazione presenta cambio pendenza circa nella porzione centrale

Formazione di blocchi potenzialmente instabili, per cui sono già stati predisposti sistemi di protezione passiva in corrispondenza delle installazioni esistenti (reti paramessi e sistemi di infilaggio e chiodature).

Necessario eseguire verifiche di stabilità dei fronti di scavo approfondite per mezzo di rilievi geomeccanici di dettaglio sugli imbocchi.

7.6.3. IMBOCCO GALLERIE DI ACCESSO ALLA TORRE PIEZOMERICA DI MONTE

Pendio medio in direzione opposta alla stratificazione, con potenziale formazione di instabilità per cunei e per toppling (ribaltamento).

Necessario eseguire verifiche di stabilità dei fronti di scavo approfondite per mezzo di rilievi geomeccanici di dettaglio sugli imbocchi.

8. CONCLUSIONI

Lo studio geologico eseguito si è basato su materiale di letteratura e fotointerpretazione, integrato per mezzo di evidenze ed elaborazioni ottenute da rilievi condotti in sito. Sono disponibili i dati delle indagini e quelli di monitoraggio relative agli invasi di monte e valle, anche se questi risultano in genere lontani dall'asse del nuovo intervento.

In sintesi, allo stato attuale delle conoscenze, le ipotesi progettuali prevedono di raddoppiare la condotta esistente, tra gli invasi di Montagna Spaccata e Castel San Vincenzo, secondo un tracciato che correrà parallelo all'esistente circa fino in corrispondenza dell'abitato di Pizzone, per poi divergere, seguendo un altro tracciato, e ricongiungersi con l'attuale nel tratto finale, fino al bacino inferiore.

L'area che verrà attraversata possiede una storia geologica complessa, caratterizzata da fagliamenti e sovrascorrimenti, alcuni dei quali interferiscono con il tracciato di progetto.

In particolare, ricostruendo un modello geologico tridimensionale, basato sui dati disponibili, si è osservata la potenziale interazione tra diversi lineamenti principali e superfici di faglia, confermata anche dalla sostanziale coincidenza di alcune di queste fasce di contatto con sezioni di rivestimento rinforzate durante lo scavo della condotta esistente. Le fasce individuate, che sono state evidenziate in relazione, richiederanno approfondimenti futuri, nell'ambito dello sviluppo della progettazione.

Morfologia e struttura concorrono a creare un quadro idrogeologico complesso, specie nel tratto compreso tra Pizzone e il Lago di Castel San Vincenzo. Infatti, oltre ad attraversare ammassi rocciosi fratturati e importanti fagliazioni localizzate, il tracciato passa anche nell'impronta di corsi d'acqua, alcuni dei quali impostati lungo piani di frattura o faglia o lungo impluvi morfologici. Il quadro illustrato e la conseguente potenziale circolazione d'acqua sotterranea vanno debitamente considerati nella analisi delle opere in sottoterraneo, nel tratto a valle del pozzo.

Dal punto di vista sismico, ci troviamo all'interno di un'area sismogenetica conosciuta e classificata, anche nella Documentazione INGV, che ha dato origine a terremoti importanti in passato.

I dati geotecnici e geomeccanici riportati in relazione, sono stati acquisiti in area di tracciato per quanto riguarda la caratterizzazione geomeccanica degli ammassi rocciosi, mentre le caratteristiche geotecniche delle coperture quaternarie Flyschoidi sono state desunte da bibliografia.

I futuri sviluppi progettuali dovranno necessariamente essere basati su risultati di indagini geotecniche in sito e per mezzo di test di laboratorio. Permangono ancora, infatti, lacune per quel che riguarda lo spessore dei litotipi incontrati dal tracciato della galleria e la posizione dei passaggi tra litologie diverse, oltre a definire le caratteristiche della roccia in profondità.

Particolare attenzione andrà dedicata a chiarire il profilo geologico, strutturale e geotecnico della porzione posta tra la centrale e il Lago di Castel San Vincenzo, con particolare riferimento alla ubicazione di potenziali zone di debolezza e alla circolazione di acque sotterranee.

Dall'integrazione con dati geologico strutturali e geotecnici, sarà possibile controllare l'interazione tra i lineamenti geologici principali e le opere previste, in modo da ottimizzare gli aspetti che lo richiedessero eventualmente.



Green Power

HGT Design & Execution



GRE CODE

GRE.EEC.R.14.IT.H.16071.00.036.00

PAGE

TITLE:

AVAILABLE LANGUAGE: IT

Impianto idroelettrico di PIZZONE II

Progetto Definitivo per Autorizzazione

RELAZIONE GEOLOGICA

ALLEGATO 1

Fonti bibliografiche consultate



HGT Design & Execution



GRE CODE

GRE.EEC.R.14.IT.H.16071.00.036.00

PAGE

2 di/of 7

INDEX

1. INTRODUZIONE	3
2. ELEMENTI DI CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DERIVABILI DAL PAI MOLISE	4
3. ELEMENTI DI CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DESUNTI DA STUDI CONDOTTI IN PROSSIMITÀ AL TRACCIATO DI PROGETTO	5
3.1.1. Dati da Comune di Barrea.....	5
3.1.2. Dati da Comune Castel di Sangro	6
3.1.3. Dati da Comune Pizzone	7



HGT Design & Execution



GRE CODE

GRE.EEC.R.14.IT.H.16071.00.036.00

PAGE

3 di/of 7

1. INTRODUZIONE

Il presente Allegato riporta un estratto della documentazione tecnica consultata al fine dell'esecuzione dell'elaborazione riguardo la componente geologico-geotecnica relativa ai materiali in studio, presentata all'interno della relazione principale.

2. ELEMENTI DI CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DERIVABILI DAL PAI MOLISE

A carattere puramente indicativo sono riportati, nella seguente Tabella i range più frequenti di alcuni parametri geotecnici, per terreni con caratteristiche geotecniche assimilabili a quelli presenti nell'area in esame, tratti dalla relazione tecnica allegata al PAI, ma non sito specifici.

Purtroppo l'area in particolare ed il Molise in generale, non hanno letteratura geotecnica disponibile, anche i principali progetti consultati, si rifanno quasi sempre a dati di letteratura, ma difficilmente verificabili.

In particolare si sottolinea come in generale manchi una caratterizzazione geotecnica e geomeccanica adeguata.

CLASSE LITOLOGICA	γ^2 (t/m ³)	D ₁₀ ¹ (%)	c ²² (kg/cm ²)	ϕ^{23} (°)
CUMULI DI FRANE	1.2+1.5	-	0.0-0.1	8-12
SABBIE DELLE SPIAGGE ATTUALI: sabbie e sabbie ghiaiose	1.6+2.1	45+65	0.0	28+35
DEPOSITI FLUVIALI ATTUALI E RECENTI: ghiaie e sabbie degli alvei attuali; alluvioni limoso-argilloso-ghiaiose dei terrazzi recenti (III e IV ordine di terrazzi)	1.7+2.1	40+70	0.0+0.1	18+35
DEPOSITI SABBIOSI: depositi sabbiosi recenti di elaborazione litorale, con lenti di ciottoli (piane costiere)	1.8+2.2	40+80	0.0	28+45
DETRITO DI FALDA SCIOLTO O POCO CEMENTATO	1.2+2.1	40+60	0.0+0.1	25+45
DETRITO DI CONOIDE DI DEIEZIONE	1.5+2.2	30+50	0.0	18+45
DEPOSITI FLUVIALI ANTICHI (II ordine di terrazzi): limi argilloso-sabbiosi con lenti di ghiaie, talvolta leggermente cementate	1.4+1.9	50+75	0.0+0.1	20+40
DEPOSITI FLUVIO-LACUSTRI ANTICHI (I ordine di terrazzi): ghiaie sabbiose leggermente cementate, intercalate da strati e lenti di argille sabbiose	1.4+2.0	45+70	0.0+0.1	18+35
DEPOSITI FLUVIO-LACUSTRI E PALUSTRI DELLE AREE INTERNE: limi argillosi e argille sabbiose varvate con lenti di ghiaia e livelli torbosi o lignitiferi; riempimenti detritici delle conche intermontane con coperture di limi e sabbie lacustri-palustri	1.1+2.2	15+80	0.0+0.2	10+38
TRAVERTINI DA LITOIDI A TERROSI	1.7+2.5	-	0.1+...	20+...
CONGLOMERATI: conglomerati sabbiosi (puddinghe), generalmente poco cementati	1.9+2.5	50-70	0.0+0.1	28+45
SABBIE E ARENARIE: sabbie e arenarie poco cementate, intercalate da argille sabbiose e lenti di sabbie conglomeratiche	1.7+2.4	50+80	0.0+...	20+...
COMPLESSO ARGILLOSO-SABBIOSO: argille marnose siltoso-sabbiose, intercalate da sabbie argillose e lenti di sabbie conglomeratiche	1.7+2.3	50+75	0.0+0.1	18+35
COMPLESSO GESSOSO SOLFIFERO: calcari gessosi e gessi cristallini o pulverulenti	1.9+2.6	-	-	-
ARENARIE: arenarie in strati e banchi, con rare intercalazioni di marna argillosa	-	-	-	-
COMPLESSO ARENACEO-PELITICO: arenarie variamente cementate alternate ad argille marnose e marna argillose grigie	-	-	-	-
COMPLESSO PELITICO-ARENACEO: argille marnose e marna argillose grigie intercalate o alternate ad arenarie variamente cementate, talora prevalenti	1.6+2.1	-	0.1+0.3	15+30
COMPLESSO CALCAREO-MARNOSO: alternanza di calcari marnosi, calciruditi, calciruditi, marna e marna argillose	1.7+2.5	-	0.1+0.5	15+30
COMPLESSO MARNOSO-CALCAREO: alternanza di argille marnose, marna e marna calcarea, con orizzonti di calcareniti e calciruditi	1.6+2.2	-	0.1+0.4	15+30
ORIZZONTI CALCAREI DISCONTINUI: calcari, calcareniti e calciruditi, talora in associazione con marna e marna calcarea; olistoliti di prevalente natura carbonatica inglobati nel Complesso Caotico delle Argille Varicolori	2.2+2.7	-	-	-
COMPLESSO CAOTICO DELLE ARGILLE VARICOLORI: argille e argille marnose, policrome e scagliose, in assetto caotico, con intercalazioni discontinue di calcari marnosi e calcareniti; nell'ammasso argilloso sono frequenti blocchi o pacchi di strati scompaginati	1.6+2.1	-	0.1+0.3	13+28
COMPLESSO CALCAREO-DOLOMITICO: calcari, calcareniti, calciruditi, calcari dolomitici e dolomie, da stratificati a massivi	2.1+2.7	-	-	-

Tabella 2 - Intervalli di variazione dei parametri fisici e meccanici dei litotipi appartenenti alle diverse classi litologiche individuate (vengono proposti il limite minimo e quello massimo di variazione del parametro).

1 - parametro riferito alla frazione grossolana

2 - parametro riferito alla frazione fine

3 - parametro riferito sia ai materiali a comportamento coesivo (min) che granulare (max)

3. **ELEMENTI DI CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DESUNTI DA STUDI CONDOTTI IN PROSSIMITÀ AL TRACCIATO DI PROGETTO**

Le principali unità dell'ammasso roccioso che saranno interessate dalle opere sono i Flysch di Castelnuovo e i calcari della Formazione di Monte Marrone.

Di seguito vengono riportati i dati disponibili in letteratura, ottenuti sulle stesse formazioni in cui si sviluppano le opere in progetto, ma solo in un caso in coincidenza del tracciato di progetto.

Pur essendo dunque dati riferibili alle stesse formazioni, si consiglia di utilizzarli solo per prime approssimazioni, in attesa dei dati sito specifici necessari per la progettazione.

I dati geotecnici/geomeccanici disponibili sono i seguenti:

- Comune di Barrea: dati su coperture e substrato roccioso (Flysch di Castelnuovo)
- Comune Oizzone: Rilievi geomeccanici sulla Formazione di Monte Mattone
- Comune Castel di Sangro: Parametri geomeccanici relativi a flysch e calcari

3.1.1. **DATI DA COMUNE DI BARREA**

PGT Barrea			
i terreni rappresentati in affioramento sono costituiti prevalentemente da calcari, calcareniti e calciruditi in facies di "scarpata" e di "bacino", di età Eocene - Miocene (v. Carta Geologica al!); i terreni sono ascritti alle Unità del Gran Sasso, M. Cappucciata, M. Mentina, M. Genzana - Forca Caruso. (Vezzani e Ghisetti, 1998 - Carta Geologica dell'Abruzzo, ed. Regione Abruzzo)			

Coperture			
Qc	20	Kg/cm ²	(Resistenza alla punta)
Fr	0.5	%	(Rapporto di attrito Fs/Qc)
γ	1.8	Ton/m ³	(Peso di volume)
γ_{sat}	1	Ton/m ³	(Peso di volume immerso)
cu	1	Kg/cm ²	(Coesione non drenata)
Mo	50	Kg/cm ²	(Modulo di comp. confinato)

Substrato roccioso centro storico Barrea – Riferibile ai flysch di Castelnuovo

γ	2.2	Ton/m ³	(Peso di volume)
γ_{sat}	1.2	Ton/m ³	(Peso di volume immerso)
ϕ	45	°	(Angolo di attrito interno)
e	0	Ton/m ²	(Coesione)

3.1.2. DATI DA COMUNE CASTEL DI SANGRO

Peliti e rocce terrigene (Flish)- La formazione argilloso-marnosa largamente affiorante su tutto il territorio del Comune di Castel Di Sangro) è caratterizzata da una successione di livelli con differenti caratteristiche meccaniche. E' **Riferibile ai flysh di Castelnuovo**
Si distinguono:

Terreni di copertura eluvio-colluviale

γ	2	Ton/m ³	(Peso di volume)
γ_{sat}	2.2	Ton/m ³	(Peso di volume immerso)
c'	0	Kg/cm ²	(Coesione)
ϕ	35	°	(Angolo di attrito interno)
Cu	80	Kg/cm ²	(Coesione non drenata)
Cc	0.2		(indice compressibilità)

Formazione argilloso-marnosa parametri medi

γ	2.15	Ton/m ³	(Peso di volume)
γ_{sat}	2.21	Ton/m ³	(Peso di volume immerso)
c'	0.2	Kg/cm ²	(Coesione)
ϕ	22	°	(Angolo di attrito interno)
Cu	0.8	Kg/cm ²	(Coesione non drenata)
Cc	0.06		(indice compressibilità)

Formazione argilloso-marnosa - membri marnosi o argilloso marnosi

γ	2.1	Ton/m ³	(Peso di volume)
γ_{sat}	2.5	Ton/m ³	(Peso di volume immerso)
c'	0	Kg/cm ²	(Coesione)
ϕ	37	°	(Angolo di attrito interno)
M	400	Kg/cm ²	(Modulo di compressibilità)

Calcari e calcari marnosi

Allineamenti montuosi e le scaglie tettoniche del "Castello" e dei rilievi di Rocca cinquemiglia.

γ	2.5	Ton/m ³	(Peso di volume)
c'	33	Ton/m ²	(Coesione)
ϕ	38	°	(Angolo di attrito interno)

3.1.3. DATI DA COMUNE PIZZONE

In prossimità dell'abitato di Pizzone sono disponibili dati geomeccanici provenienti da rilievi superficiali, finalizzati alla valutazione della stabilità dei blocchi rocciosi.

I rilievi sono stati condotti sulla Formazione di Monte Mattone e di Pizzone.

Pur considerando che superficialmente le condizioni geomeccaniche sono tendenzialmente peggiori che in profondità, si reputa ammissibile per prime valutazioni utilizzare questi dati, al fine di considerare possibili fasce disarticolate connesse con lineamenti tettonici importanti.

I dati sono stati elaborati utilizzando le classificazioni maggiormente in uso ovvero Rock Mass Rating – RMR, di Z. T. Bieniawsky, 1989 e Q-system di Barton, 1974.

L'impiego del modello ha permesso di esprimere la qualità dell'ammasso roccioso in termini quantitativi e quindi numerici.

Geomeccanica Pizzone					
Numero stazione	Stazione 1	Stazione 2	Stazione 3	Stazione 4	Stazione 5
Valore Q-System	0,748	0,746	0,294	0,333	0,476
Categoria (Q-System)	very poor				
Punteggio (RMR-System)	49	45	48	47	43
Classe RMR-System	3	3	3	3	3
Jv	4,3	4,3	4,1	3,9	4,5

L'elaborazione è stata condotta in modo separato per ciascuno dei due sistemi e poi confrontata con le note equazioni di correlazione tra le due classificazioni.

I dati di RMRb sono stati utilizzati per ricavare i parametri d'angolo d'attrito e coesione e per determinare il valore di GSI (Geological Strength Index); queste correlazioni sono utilizzabili in assenza di prove sperimentali di laboratorio, anche se normalmente risultano molto cautelative.

I range di valori ottenuti sono riportati nelle tabelle alle pagine seguenti.

	1	2	3	4	5
Q=	0.748	0.746	0.294	0.333	0.476
RMRb=	49	45	48	47	43

RMR=	41.39	41.36	32.98	34.10	37.32	DA Q
Φ° =	29.5	27.5	29	28.5	26.5	
c (MPa)=	0.245	0.225	0.24	0.235	0.215	
GSI =	44	40	43	42	38	DA RMR
GSI =	41.39	41.36	32.98	34.10	37.32	DA Q

In sintesi, i dati da letteratura forniscono le seguenti classi di qualità dell'ammasso roccioso:

- Q system: range valori ottenuti 0,294-0,748, qualità dell'ammasso molto scadente
- RMR: range di valori tra 43 e 49, qualità dell'ammasso discreto
- GSI: range di valori da 33 a 44, qualità dell'ammasso discreto

Sono stati stimati anche coesione ed angolo d'attrito.

Si sottolinea come i risultati ottenuti tramite Qsystem risultino sensibilmente più cautelativi rispetto a quelli ottenuti tramite RMR



Green Power

HGT Design & Execution



GRE CODE

GRE.EEC.R.14.IT.H.16071.00.036.00

PAGE

TITLE:

AVAILABLE LANGUAGE: IT

Impianto idroelettrico di PIZZONE II

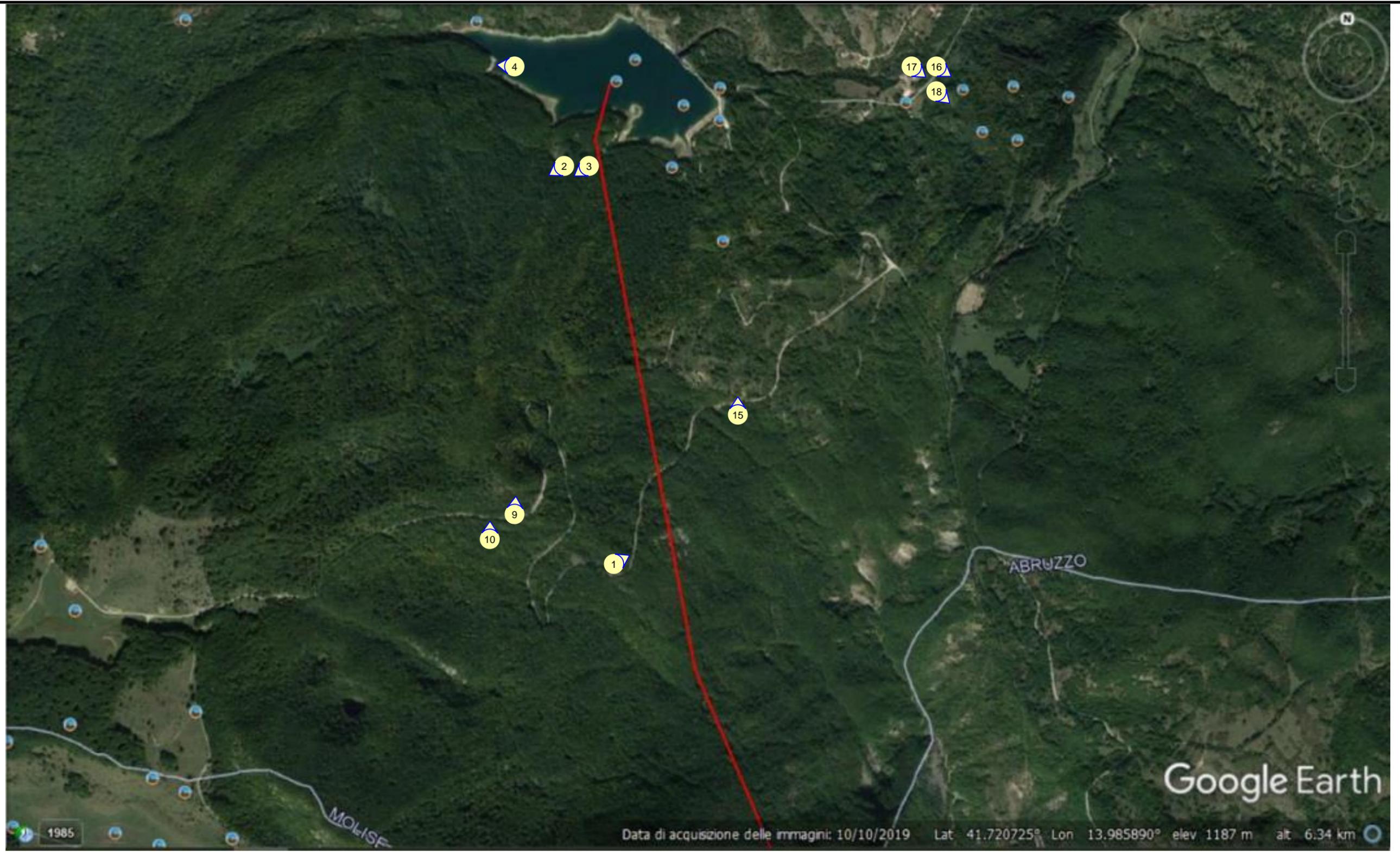
Progetto Definitivo per Autorizzazione

RELAZIONE GEOLOGICA

ALLEGATO 2

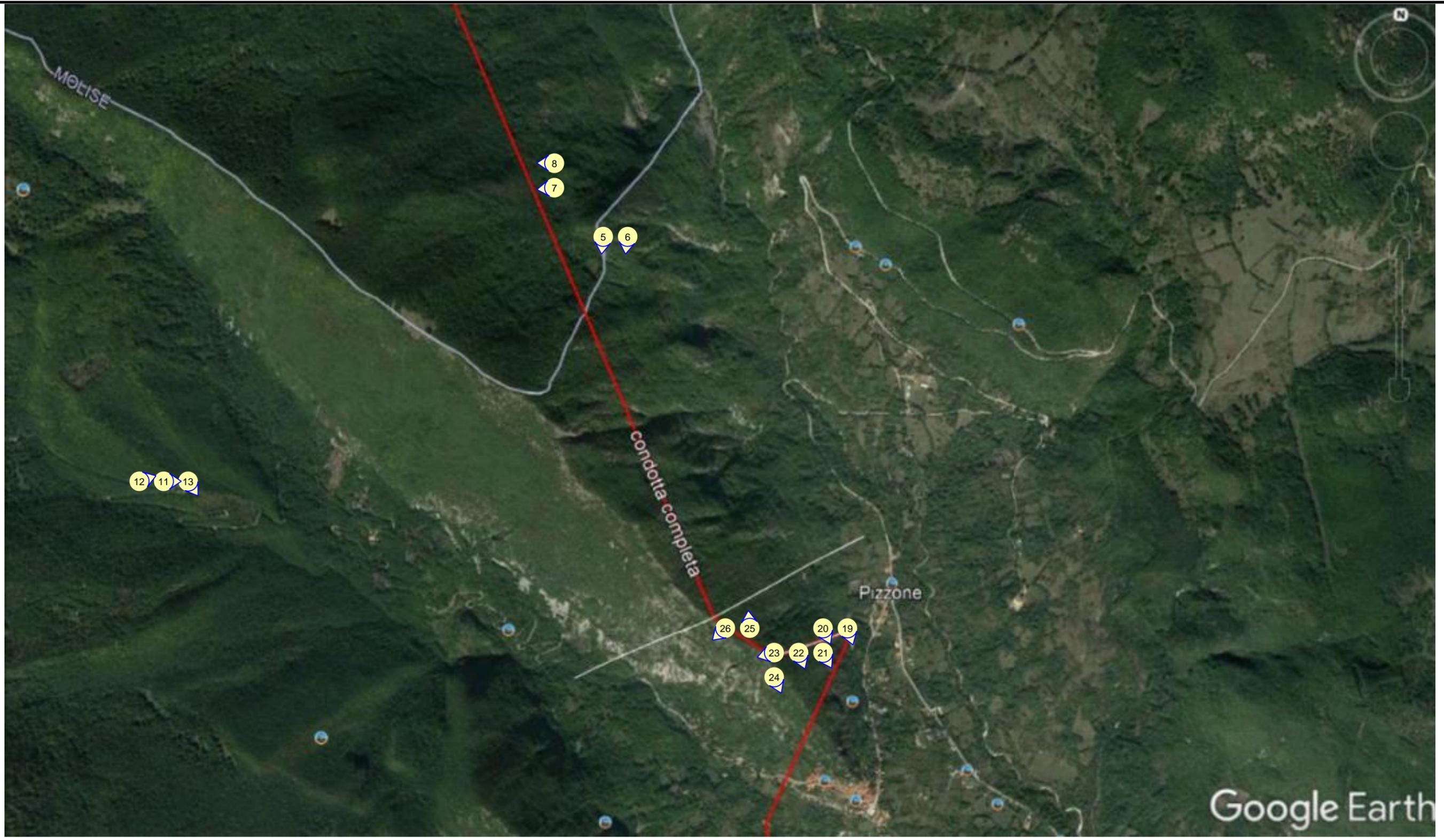
Report fotografico

rilievi di campo – maggio 2022



Legend

#> Photo Location and Direction



Google Earth

Legend

#> Photo Location and Direction



14 ott 2022



Legend



Photo Location and Direction



14 ott 2022

Client:		Project:	
Site Name:		Site Location:	
Photograph ID: 1			
Photo Location:			
Direction: nord est			
Survey Date: 28/05/2022			
Comments: affioramento in C6-G10 - RG1; calcare massivo ben stratificato con spessore strati decimetrico (in 20 cm), colore grigio con intercalazioni biancastre giallognole (avana).			
Photograph ID: 2			
Photo Location:			
Direction: sud ovest			
Survey Date: 28/05/2022			
Comments: affioramento in M5-4; arenarie mioceniche, con alternanze in sabbie siltose e clasti di varia natura. trovati clasti con conglomerati ma per lo più calcari. sedimento sciolto, forma morfologie con topografie blande e poco pendenti.			

Client:		Project:	
Site Name:		Site Location:	
Photograph ID: 3			
Photo Location:			
Direction: sud ovest			
Survey Date: 28/05/2022			
Comments: affioramento in M5-4; arenarie mioceniche, con alternanze in sabbie siltose e clasti di varia natura. trovati clasti con conglomerati ma per lo più calcari. sedimento sciolto, forma morfologie con topografie blande e poco pendenti.			
Photograph ID: 4			
Photo Location:			
Direction: ovest			
Survey Date: 28/05/2022			
Comments: affioramento in M5-4; arenarie mioceniche, con alternanze in sabbie siltose e clasti di varia natura. trovati clasti con conglomerati ma per lo più calcari. sedimento sciolto, forma morfologie con topografie blande e poco pendenti.			

Client:		Project:	
Site Name:		Site Location:	
Photograph ID: 5			
Photo Location:			
Direction: sud			
Survey Date: 29/05/2022			
Comments: Panoramica da Monte la Rocca con affioramento dei calcari C6-G10 e osservazione di immersione strati			
Photograph ID: 6			
Photo Location:			
Direction: sud			
Survey Date: 29/05/2022			
Comments: Panoramica da Monte la Rocca con affioramento dei calcari C6-G10 e osservazione di immersione strati			

Client:		Project:	
Site Name:		Site Location:	
Photograph ID: 7 Photo Location: Direction: ovest Survey Date: 29/05/2022 Comments:			
Photograph ID: 8 Photo Location: Direction: ovest Survey Date: 29/05/2022 Comments:			

Client:		Project:	
Site Name:		Site Location:	
Photograph ID: 9			
Photo Location:			
Direction: nord			
Survey Date: 29/05/2022			
Comments: Depositi morenici, come indicato in carta 100 000 ISPRA. Sedimenti molto fine, con dentro annegzti blocchi anche metrici di clasti, per lo più calcarei. Formano pendii molto acclivi, probabilmente posseggono buona consolidazione e angolo di attrito interno elevato.			
Photograph ID: 10			
Photo Location:			
Direction: nord			
Survey Date: 28/05/2022			
Comments: Depositi morenici, come indicato in carta 100 000 ISPRA. Sedimenti molto fine, con dentro annegzti blocchi anche metrici di clasti, per lo più calcarei. Formano pendii molto acclivi, probabilmente posseggono buona consolidazione e angolo di attrito interno elevato.			

Client:		Project:	
Site Name:		Site Location:	
Photograph ID: 11			
Photo Location:			
Direction: est			
Survey Date: 29/05/2022			
Comments: Panoramica del monte mattone da ovest verso est in valle ad ovest del monte.			
Photograph ID: 12			
Photo Location:			
Direction: est			
Survey Date: 29/05/2022			
Comments: Panoramica del monte mattone da ovest verso est in valle ad ovest del monte. particolare con osservazione immersione strati di C6-G10			

Client:		Project:	
Site Name:		Site Location:	
Photograph ID: 13			
Photo Location:			
Direction: sud est			
Survey Date: 29/05/2022			
Comments: Panoramica del monte mattone da ovest verso PIZZONE. particolare con osservazione immersione strati di C6-G10			
Photograph ID: 14			
Photo Location:			
Direction: sud			
Survey Date: 29/05/2022			
Comments: panoramica da castel san vincenzo verso pendio sopra invaso. osservazione immersione strati in M3-2c			

Client:		Project:	
Site Name:		Site Location:	
Photograph ID: 15			
Photo Location:			
Direction:			
Survey Date: 30/05/2022			
Comments: Affioramento in M1-E2			
Photograph ID: 16			
Photo Location:			
Direction:			
Survey Date: 30/05/2022			
Comments: Dettaglio del flysch, litologia M5-4 con visibile leggera stratificazione dei livellini di arenarie e argilliti siltitiche con vergenza verso Est circa			

Client:		Project:	
Site Name:		Site Location:	
Photograph ID: 17			
Photo Location:			
Direction:			
Survey Date: 30/05/2022			
Comments: Flysch, litologia M5-4 con visibile leggera stratificazione dei livellini di arenarie e argilliti siltitiche con vergenza verso Est circa			
Photograph ID: 18			
Photo Location:			
Direction:			
Survey Date: 30/05/2022			
Comments: Dettaglio del flysch, litologia M5-4 con visibile leggera stratificazione dei livellini di arenarie e argilliti siltitiche con vergenza verso Est circa			

Client:		Project:	
Site Name:		Site Location:	
Photograph ID: 19			
Photo Location:			
Direction:			
Survey Date: 31/05/2022			
Comments: Salita lungo condotta forzata centrale enel pizzone per osservazione giacitura strati di calcare, verso EST			
Photograph ID: 20			
Photo Location:			
Direction:			
Survey Date: 31/05/2022			
Comments: Salita lungo condotta forzata centrale enel pizzone per osservazione giacitura strati di calcare, verso EST			

Client:		Project:	
Site Name:		Site Location:	
Photograph ID: 21			
Photo Location:			
Direction:			
Survey Date: 31/05/2022			
Comments: Salita lungo condotta forzata centrale enel pizzone per osservazione giacitura strati di calcare, verso EST			
Photograph ID: 22			
Photo Location:			
Direction:			
Survey Date: 31/05/2022			
Comments: Salita lungo condotta forzata centrale enel pizzone per osservazione giacitura strati di calcare, verso EST			

Client:		Project:	
Site Name:		Site Location:	
Photograph ID: 23			
Photo Location:			
Direction:			
Survey Date: 31/05/2022			
Comments: Affioramento sopra locale condotta in vetta a monte mattone, calcari in litologia C6-G10			
Photograph ID: 24			
Photo Location:			
Direction:			
Survey Date: 31/05/2022			
Comments: Affioramento sopra locale condotta in vetta a monte mattone, calcari in litologia C6-G10			

Client:		Project:	
Site Name:		Site Location:	
Photograph ID: 25			
Photo Location:			
Direction:			
Survey Date: 31/05/2022			
Comments: Galleria di ispezione alla condotta esistente, osservazione della qualità degli ammassi rocciosi con dettaglio di frattura cementata			
Photograph ID: 26			
Photo Location:			
Direction:			
Survey Date: 31/05/2022			
Comments: Galleria di ispezione alla condotta esistente, osservazione della qualità degli ammassi rocciosi con dettaglio di faglia aperta, assenza di circolazione idrica.			



Green Power

HGT Design & Execution



GRE CODE

GRE.EEC.R.14.IT.H.16071.00.036.00

PAGE

TITLE:

AVAILABLE LANGUAGE: IT

Impianto idroelettrico di PIZZONE II

Progetto Definitivo per Autorizzazione

RELAZIONE GEOLOGICA

ALLEGATO 3

Moduli di campo

Scheda di presentazione n° 1-1				Descrizione del sito e dell'ammasso roccioso				Id: RG1	
Rilevatore:	A. Santambrogio / G. Coduri			Data:	28/05/2022		Stazione n°	RG1	
Località	Cava Tornante strada Nord Monte Mattone				Quota [m] s.l.m.		1220 m		
Rif. Cartografico				Coordinate	Long.		Lat.		
VERSANTE	Direzione 290° - 110°			Imm/Incl		° / °			
AFFIORAMENTO	Giacitura			Imm/Incl		190° / ° 80			
	Altezza (H) [m]	6		Larghezza (L) [m]	20		Area [m ²]	120	
ESPOSIZIONE	NATURALE / AFFIORAMENTO				ARTIFICIALE				
DESCRIZIONE GEOLOGICA				Foto e/o schizzo geologico				Foto n°	
Calcare micritico grigio con intercalazione colore avana									
NOME FORMAZIONALE									
CLASSE LITOTECNICA (M.I.T.)¹	estr. debole	molto debole		debole	med. resis.	resistente	molto resis.	estremamente resis.	
	Sbriciola a mano	Sbriciola a martellate		difficile da sbriciolare a martellate	frattura con un colpo di martello	frattura con pochi colpi di martello	Frattura con molti colpi di martello	Scheggiato dal martello	
AMMASSO²	massivo	blocchi		lastriforme		colonnare	irregolare	frantumato	
V.R.U	massimo					medio			
ALTERAZIONE³	inalterato	decolorato		decomp. < 50 %		decomp. > 50 %		comp. decomp.	
INSTABILITA'	scivolamenti:			planari		a cuneo		rotazionali	
	ribaltamenti:			di blocchi			per flessione		
GSI⁴									
CARATTERISTICHE DISCONTINUITA'									
SET	S	K1			K2		K3		K random
Giacitura									
Spaziatura (cm)									
Persistenza lineare (%)									
Ondulazione									
Rugosità' (JRC)									
Resistenza JCS (MPa)									
Apertura (mm)									
Riempimento (assente/matrice fine)									
Alterazione									
Condizione umidità									
*asciutta/umida/venute acqua									

GSI = Range 55 / 70

Scheda di presentazione n° 2-1		CARATTERISTICHE DELLE DISCONTINUITA'				Id:		
Località	RGT				Quota [m] s.l.m.			
SET	S	Tipo di discontinuità ⁵		STRT		Imm/Incl media [°]		
Giacitura								
Spaziatura (cm)	<1mm	CHIUSE						
Rugosità (JRC)								
Resistenza JCS (MPa)	36T	39T	41T	40T	36T	38T	45T	44T
Apertura (mm)								
Condizione umidità								
LINEAZIONI tipo ⁷		Pitch [°]						
PERSISTENZA	PI<50%	50%<PI<90%			PI>90%			
	Pa<25%	25%<Pa<80%			Pa>80%			
		Tr %		Td%		Tx%		
Lungo direzione	Lunghezza		Terminazioni					
Lungo immersione	Lunghezza		Terminazioni					
RIEMPIMENTO	spessore [cm]		% freq.		Tipo ⁹			
	Resistenza M.I.T. ¹		dislocazione		SI		NO	
	Pocket Penetrometer [KPa]							
ALTERAZIONE ¹⁰	Inalterata	Legg. Decolorata		Fortemente decolorata		Molto alterata		
FILTRAZIONE	Classe ¹¹			Condizioni climatiche				

SPAZIATURA	
K 1	
< 2	1
2-6	20
6-20	18
20-60	6
60-200	0
200-600	0
> 600	0

APERTURA [cm]	
K 1	
0-0,2	2
0,2-0,4	1
0,4-0,6	1
0,6-0,8	1
0,8-1	0
1-1,2	0
1,2-1,4	0
1,4-1,6	0
1,6-1,8	0
1,8-2,0	1
2,0-2,2	0
2,2-2,4	0
2,4-2,6	0
2,6-4,0	1
>4,0	1

EVIDENTE PIANO SCORRIMENTO LUNGO S,

122/32
 110/27
 110/40
 96/25
 92/25
 78/23
 112/35

SRC



SPAZIATURA: 3 X 100cm
 5 X 150cm
 7 X 150cm
 7 X 100cm

Scheda di presentazione n° 2-1		CARATTERISTICHE DELLE DISCONTINUITA'				Id:
Località				Quota [m] s.l.m.		
SET	K1	Tipo di discontinuità ⁵		Imm/Incl media [°]		
Giacitura						
Spaziatura (cm)						
Rugosità (JRC)						
Resistenza JCS (MPa)	38	34	44	46	48	36
Apertura (mm)						
Condizione umidità						
LINEAZIONI tipo ⁷		Pitch [°]				
PERSISTENZA	PI<50%	50%<PI<90%		PI>90%		
	Pa<25%	25%<Pa<80%		Pa>80%		
			Tr %	Td%	Tx%	
Lungo direzione	Lunghezza	Terminazioni				
Lungo immersione	Lunghezza	Terminazioni				
RIEMPIMENTO	spessore [cm]	% freq.		Tipo ⁹		
	Resistenza M.I.T. ¹	dislocazione		SI	NO	
	Pocket Penetrometer [KPa]					
ALTERAZIONE ¹⁰	Inalterata	Legg. Decolorata	Fortemente decolorata		Molto alterata	
FILTRAZIONE	Classe ¹¹	Condizioni climatiche				

SPAZIATURA	
K 1	
< 2	1
2-6	20
6-20	18
20-60	6
60-200	0
200-600	0
> 600	0

APERTURA [cm]	
K 1	
0-0,2	2
0,2-0,4	1
0,4-0,6	1
0,6-0,8	1
0,8-1	0
1-1,2	0
1,2-1,4	0
1,4-1,6	0
1,6-1,8	0
1,8-2,0	1
2,0-2,2	0
2,2-2,4	0
2,4-2,6	0
2,6-4,0	1
>4,0	1

AREA FUORI RG

172/75
192/60
196/60
(192/70)
(208/60)

200/80
196/85

233/42
230/35

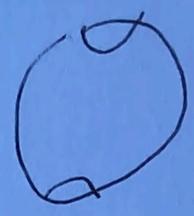
(236/45)
(190/150) → AREA FUORI RG

K1 → FRATT. x m (MAX 1)
BOSVBSN6

GIUNTO RANDOM 245/70

JRC₁

2



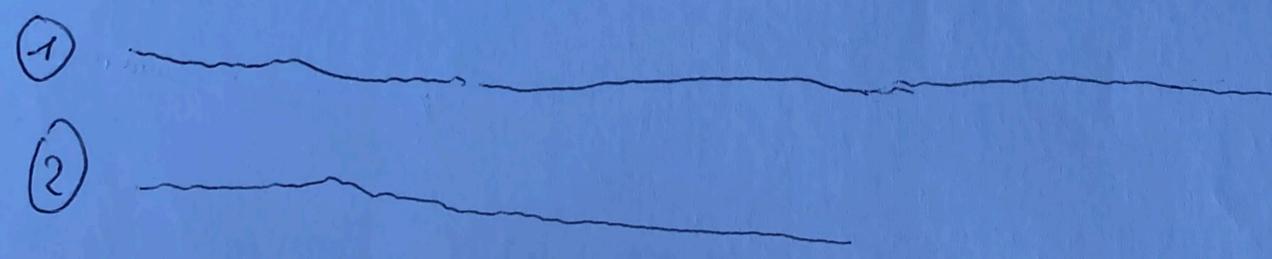
Scheda di presentazione n° 2-1		CARATTERISTICHE DELLE DISCONTINUITA'				Id:	
Località	MBOVA RG1				Quota [m] s.l.m.		
SET	K2	Tipo di discontinuità ⁶		Imm/Incl media [°]			
Giacitura							
Spaziatura (cm)							
Rugosità (JRC)							
Resistenza JCS (MPa)	(28)	42	(26)	34	40	(21)	38
Apertura (mm)							38 > 42
Condizione umidità							
LINEAZIONI tipo ⁷				Pitch [°]			
PERSISTENZA	Pl < 50%		50% < Pl < 90%		Pl > 90%		
	Pa < 25%		25% < Pa < 80%		Pa > 80%		
				Tr %	Td %	Tx %	
Lungo direzione	Lunghezza		Terminazioni				
Lungo immersione	Lunghezza		Terminazioni				
RIEMPIMENTO	spessore [cm]		% freq.		Tipo ⁹		
	Resistenza M.I.T. ¹		dislocazione		SI	NO	
	Pocket Penetrometer [KPa]						
ALTERAZIONE ¹⁰	Inalterata	Legg. Decolorata	Fortemente decolorata		Molto alterata		
FILTRAZIONE	Classe ¹¹			Condizioni climatiche			

SPAZIATURA	
K 1	
< 2	1
2-6	20
6-20	18
20-60	6
60-200	0
200-600	0
> 600	0

APERTURA [cm]	
K 1	
0-0,2	2
0,2-0,4	1
0,4-0,6	1
0,6-0,8	1
0,8-1	0
1-1,2	0
1,2-1,4	0
1,4-1,6	0
1,6-1,8	0
1,8-2,0	1
2,0-2,2	0
2,2-2,4	0
2,4-2,6	0
2,6-4,0	1
>4,0	1



~~155/80~~
 342/78
 342/80
 338/70
 390/90
 328/85
 352/70



APERTURA 0-1 m SEKRATE

15 FRATT. IN 50 cm

9SI (55-70 RANGE)