

■ REGIONE FRIULI VENEZIA GIULIA

PROVINCIA DI
UDINE

COMUNE DI
PREONE

COMUNE DI
SOCCHIEVE

ELABORATO DA:
DOTT.SA GEOL. MARIA NAGOSTINIS

COMMITTENTE:
CONSORZIO BOSCHI CARNICI

OGGETTO:

CUP: B34E24002270002

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO - ECONOMICA E ESECUTIVO PER LA
REALIZZAZIONE DELLA STRADA FORESTALE CAMIONABILE "PLAN VIDAL
- SIELUTA" NEI COMUNI DI PREONE E SOCCHIEVE

CODICE	REVISIONE	DATA	REDAZIONE	DESCRIZIONE
2454	00	02/02/2025	MN	Emissione

DOTT.SA GEOL. MARIA NAGOSTINIS
ORDINE GEOLOGI FVG N. 427 A

I: Via Venzone 13/E, 33028 Tolmezzo UD
T: +39 389 4227006
E: geo.marianagostinis@gmail.com

PEC: maria.nagostinis@pec.it
P.IVA: 03019040306
C.F: NGSMRA95E52D962I

Sommario

1.	PREMESSA.....	4
1.1.	Quadro normativo di riferimento	5
2.	ANALISI TERRITORIALE.....	6
2.1.	Inquadramento geografico	6
2.2.	Inquadramento geologico.....	8
2.2.1.	Assetto geologico generale.....	8
2.2.2.	Contesto geologico locale.....	11
2.3.	Analisi geomorfologica	12
2.4.	Idrogeologia e idrologia	16
2.4.1.	Definizione reticolo idrografico.....	16
3.	NORMATIVA DI CARATTERE GEOLOGICO.....	18
4.	CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA DEGLI AMMASSI ROCCIOSI.....	23
4.1.	Stazione di rilievo n.1.....	27
4.2.	Stazione di rilievo n.2.....	28
4.3.	Stazione di rilievo n.3.....	29
5.	CLASSIFICAZIONI GEOMECCANICHE DEGLI AMMASSI ROCCIOSI.....	30
5.1.	RMR (Rock Mass Rating).....	30
5.2.	Parametri della classificazione di Barton.....	31
5.2.1.	Valore di A1	31
5.2.2.	Valore di A2	32
5.2.3.	Valore di A3	33
5.2.4.	Valore di A4	33
5.2.5.	Valore di A5	34
5.2.6.	Valore di A6	34
5.2.7.	Metodo SMR (Slope Mass Rating, Romana 1985).....	35
5.3.	Calcolo dei parametri della classificazione di Beniaowski.....	37
5.3.1.	Stazione di rilievo n.1.....	37
5.3.2.	Stazione di rilievo n.2.....	38
5.3.3.	Stazione di rilievo n.3.....	39
5.4.	Geological Strenght Index (GSI).....	39
6.	SISMICITÀ DELL'AREA	41
7.	ASPETTI GEOLOGICO-TECNICI	44

7.1. Caratterizzazione geotecnica dei terreni.....	44
7.2. Scavi provvisionali.....	45
8. CONCLUSIONI.....	46

LISTA ALLEGATI

ALL.1	INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO	Scala 1:7 000
ALL.2	RAPPRESENTAZIONE RETICOLO IDROGRAFICO	Scala 1:5 000
ALL.3	DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA	Scala 1: 3 000

1. Premessa

La presente relazione su incarico della committenza è stata redatta allo scopo di valutare gli aspetti geologici, geologico – tecnici, idrogeologici nell'ambito dei lavori di realizzazione di una viabilità forestale camionabile principale di secondo livello ricadente nei territori comunali di Preone e Socchieve (UD) denominata "Plan Vidal - Sieluta".

Secondo quanto riportato dal progettista sulla relazione tecnica *"Obiettivo del progetto è il completamento della viabilità forestale in località "Plan Vidal-Sieluta" nei comuni di Preone e Socchieve e contemporaneamente l'adeguamento della viabilità esistente lungo l'omonimo asse viario.*

Gli interventi di progetto sono a servizio di superfici boscate di proprietà dei comuni di Preone, Socchieve e del Consorzio Boschi Carnici. Il completamento della viabilità darà non solo la possibilità di realizzare utilizzazioni forestali in particelle forestali scarsamente servite da viabilità forestale ma anche il collegamento turistico-escursionistico delle zone di fondo della Valle del Tagliamento con quelle di medio ed alto versante.

I lavori in progetto per la realizzazione del completamento della viabilità forestale Plan Vidal-Sieluta prevedono i seguenti interventi:

- *Lavori di scavo e sbancamento prevalentemente in roccia;*
- *Posa di tubazioni per lo sgrondo di acque meteoriche;*
- *Formazione e stabilizzazione del fondo stradale;*
- *Realizzazione di opere di sostegno (scogliere).*

L'intervento di progetto di nuova realizzazione interessa il tratto compreso tra le sezioni 9 e 36 per una lunghezza di 1.095,10 m e prevede la costruzione secondo parametri tecnici realizzativi di una viabilità camionabile principale di secondo livello. L'intervento di progetto di adeguamento interessa due tratti e rispettivamente quello dalla sezione 0 alla sezione 9 per 346,30 m e quello dalla sezione 36 alla sezione 60 per 1.267,41 m per un totale di 1.613,71 m. Gli interventi di adeguamento prevedono fundamentalmente la modifica di alcuni brevi tratti attualmente caratterizzati da una pendenza trasversale eccessiva e la modifica della larghezza dagli attuali 3,00 m a 3,50 m. Complessivamente il progetto interessa una infrastruttura viaria di 2.708,81 metri."

A seguito di un attento studio "a tavolino", nell'area in esame e nei suoi intorno è stato effettuato un rilievo geologico di dettaglio, compresa l'individuazione degli elementi morfologici ed idrogeologici.

Come indicato dalle NTC 18, si ritiene che il modello del sottosuolo verrà confermato e perfezionato seguendo il principio "osservazionale" in fase esecutiva.

Partendo dalle risultanze dei rilievi effettuati, opportunamente contestualizzati, viene definito il modello geologico, geotecnico e sismico su cui impostare la progettazione degli interventi.

La relazione si compone di una prima parte caratterizzata dalla esposizione delle principali caratteristiche geologiche, idrogeologiche e geomorfologiche generali del territorio in esame e da una seconda parte in cui si affrontano più dettagliatamente le caratteristiche fisico-meccaniche peculiari dei terreni coinvolti direttamente dall'intervento in progetto.

1.1. Quadro normativo di riferimento

La presente relazione costituisce l'adempimento finale dell'incarico, allo scopo di consentire una valutazione della fattibilità geologica del progetto in esame, oltre a fornire indicazioni per la scelta delle soluzioni progettuali, ed è redatta in ottemperanza alle seguenti norme:

QUADRO NORMATIVO NAZIONALE

- Circ. Min. LL.PP. 24/09/88 n. 30483 - "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione".
- Eurocodice 8. Progettazione delle strutture per la resistenza sismica (UNI EN 1998 -1)
- O.P.C.M 20 marzo 2003, n. 3274 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica".
- D.Lgs. n.56/2017 "Disposizioni integrative e correttive al D.Lgs. n.50/2016";
- Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 17 gennaio 2018: Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni», pubblicato in Supplemento Ordinario alla "Gazzetta Ufficiale" n. 42 del 20 febbraio 2018 – Serie generale).
- Ministero Delle Infrastrutture e Dei Trasporti - Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP.: Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018 (GU Serie Generale n.35 del 11-02-2019 - Suppl. Ordinario n. 5).

QUADRO NORMATIVO REGIONALE

- Legge regionale 31 dicembre 1986, n. 64.
- Legge regionale 9 maggio 1988, n.27 – Norme sull'osservanza delle disposizioni sismiche ed attuazione dell'articolo 20 della legge 10 dicembre 1981, n.741 (Pur essendo abrogata, vige nelle more dell'approvazione dei regolamenti attuativi previsti dalla stessa L.R. 16/2009)
- Legge regionale 11 agosto 2009, n.16 – Norme per la costruzione in zona sismica e per la tutela fisica del territorio (art. 20).

QUADRO NORMATIVO COMUNALE

- Norme Tecniche di Attuazione allegate al PRGC;
- Regolamento edilizio ed urbanistico.

2. Analisi territoriale

2.1. Inquadramento geografico

L'area interessata dall'intervento in progetto si colloca a cavallo dei territori comunali di Preone e Socchieve (UD). L'intervento di progetto di nuova realizzazione interessa il tratto compreso tra le sezioni 9 e 36 per una lunghezza di 1095.10 m e prevede la costruzione secondo parametri tecnici realizzativi di una viabilità camionabile principale di secondo livello. L'intervento di progetto di adeguamento interessa due tratti e rispettivamente quello dalla sezione 0 alla sezione 9 per 346.30 m e quello dalla sezione 36 alla sezione 60 per 1267.41 m per un totale di 1613.71 m. Gli interventi di adeguamento prevedono fondamentalmente la modifica di alcuni brevi tratti attualmente caratterizzati da una pendenza trasversale eccessiva e la modifica della larghezza dagli attuali 3.00 m a 3.50 m. Complessivamente il progetto interessa una infrastruttura viaria di 2708.81 metri.

Dal punto di vista cartografico l'area è contenuta nell'elemento n. 048033 (Monte Pezzzeit), e per un inquadramento a più ampia scala è stato utilizzato l'elemento n. 048034 (Socchieve – Preone) della Carta Tecnica Regione Friuli-Venezia Giulia alla scala 1:5 000 (**Figura 1**). Si riportano le coordinate di inizio e fine dei tratti in adeguamento/trasformazione ed ex-novo in progetto:

Riferimenti geografici di inizio tracciato adeguamento – Punto A

Quota	Coordinate	Latitudine	Longitudine
1056 m s.l.m.	Nazionali Gauss-Boaga, fuso Est	N 5137733.2	E 2354794.6
	Geografiche piane (ED50)	46.373654°	12.852888°

Riferimenti geografici di inizio tracciato ex – novo – Punto B

Quota	Coordinate	Latitudine	Longitudine
1073 m s.l.m.	Nazionali Gauss-Boaga, fuso Est	N 5137418.5	E 2354714.8
	Geografiche piane (ED50)	46.370804°	12.851963°

Riferimenti geografici di fine tracciato ex – novo – Punto C

Quota	Coordinate	Latitudine	Longitudine
1161 m s.l.m.	Nazionali Gauss-Boaga, fuso Est	N 5136680.7	E 2354680.7
	Geografiche piane (ED50)	46.364161°	12.851780°

Riferimenti geografici di fine tracciato adeguamento – Punto D

Quota	Coordinate	Latitudine	Longitudine
1206 m s.l.m.	Nazionali Gauss-Boaga, fuso Est	N 5136098.6	E 2355516.6
	Geografiche piane (ED50)	46.359130°	12.862842°

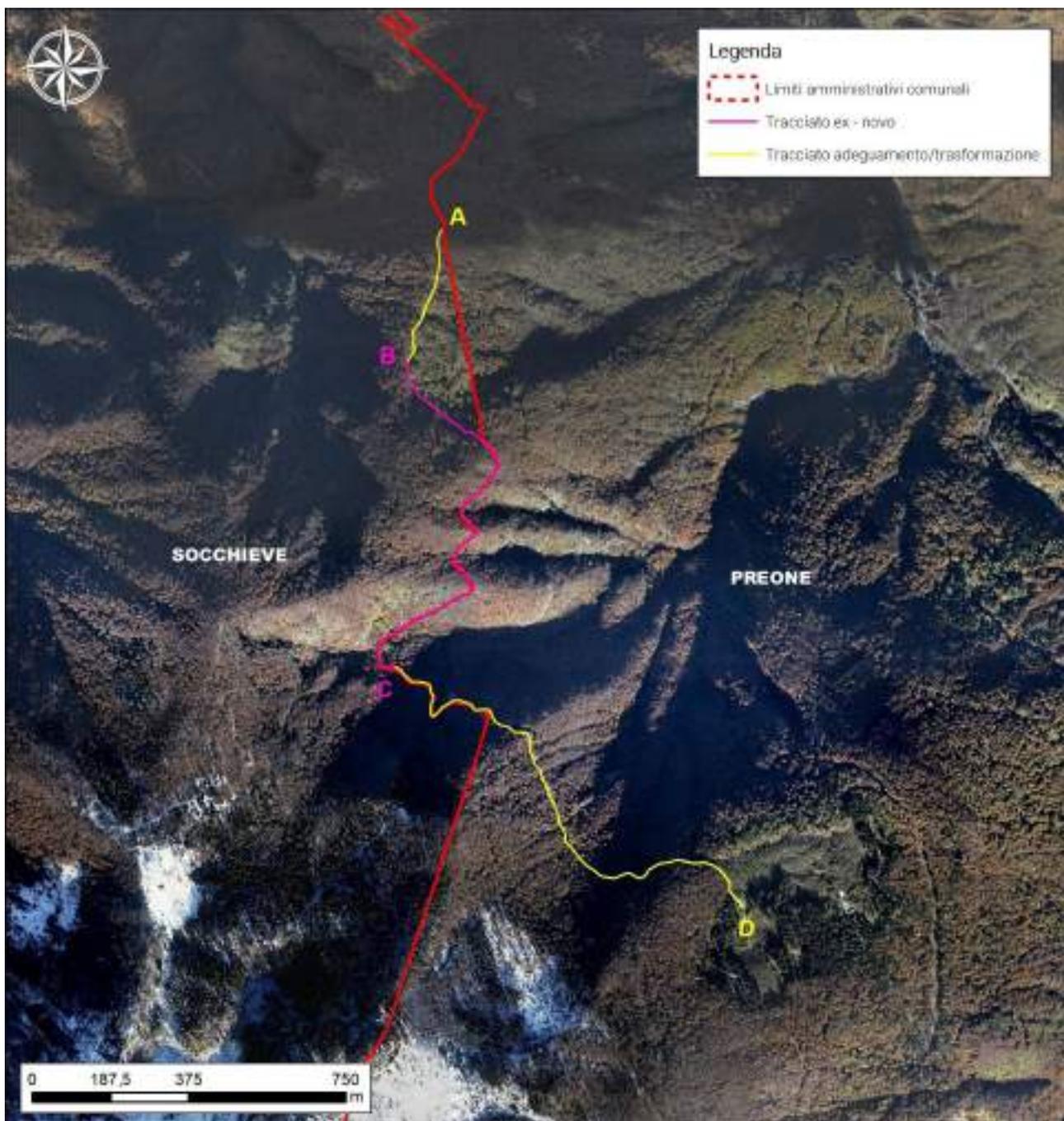


Figura 1. Ubicazione dell'area oggetto di studio su base ortofoto in scala 1:15 000 – Elementi n. 048033 (Monte Pezzait) e n.048034 (Socchieve – Preone).

2.2. Inquadramento geologico

2.2.1. Assetto geologico generale

Da un punto di vista geologico secondo la cartografia geologica di riferimento, la viabilità in progetto ricade in un'area in cui sono presenti rocce appartenenti alla Dolomia di Forni (DF) ed al Calcare di Chiampomano (Figura 2).

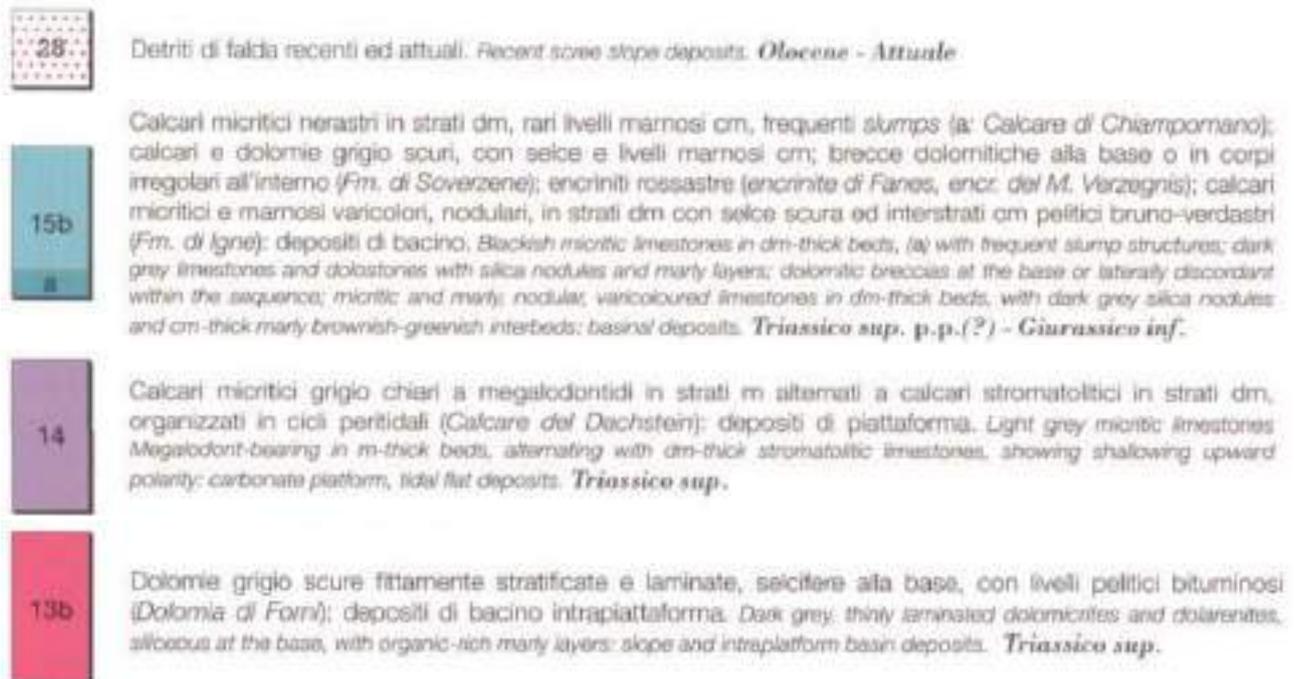
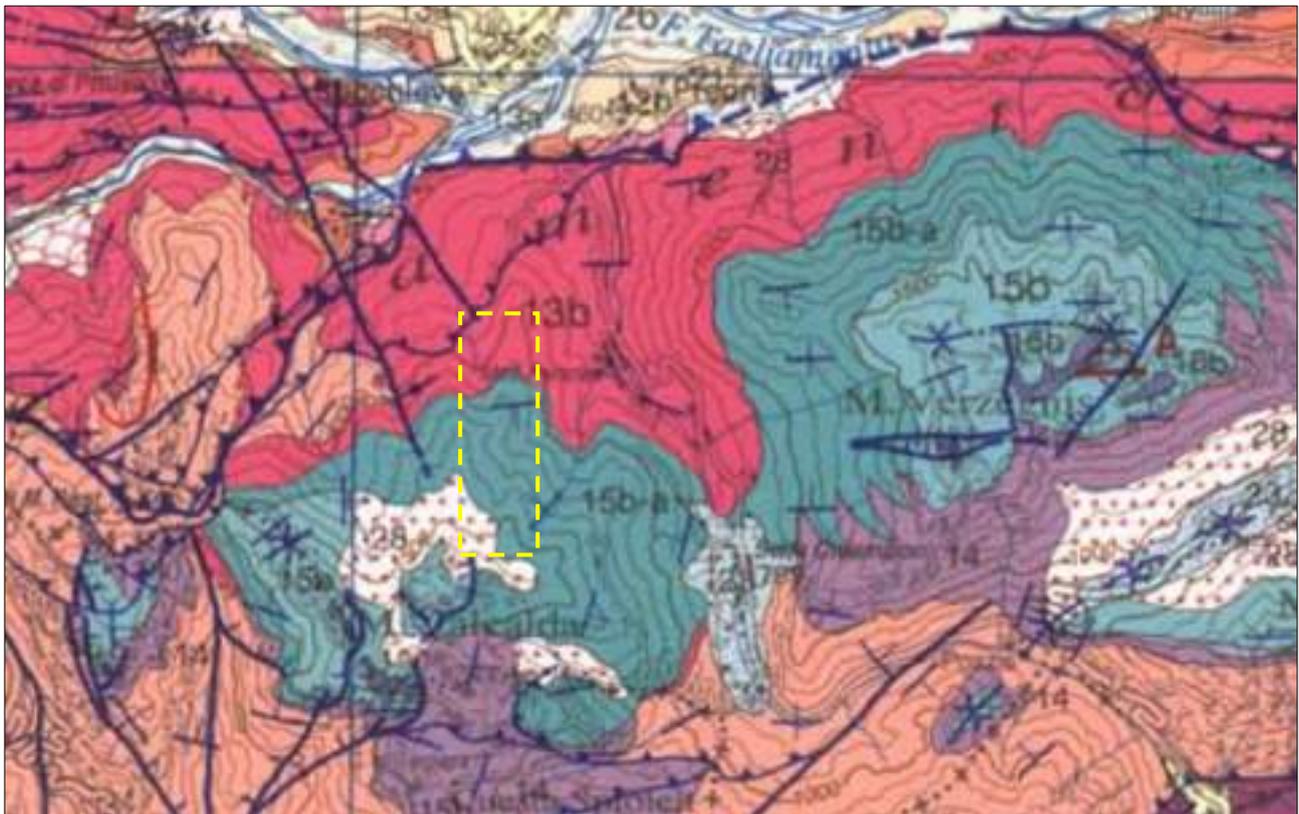
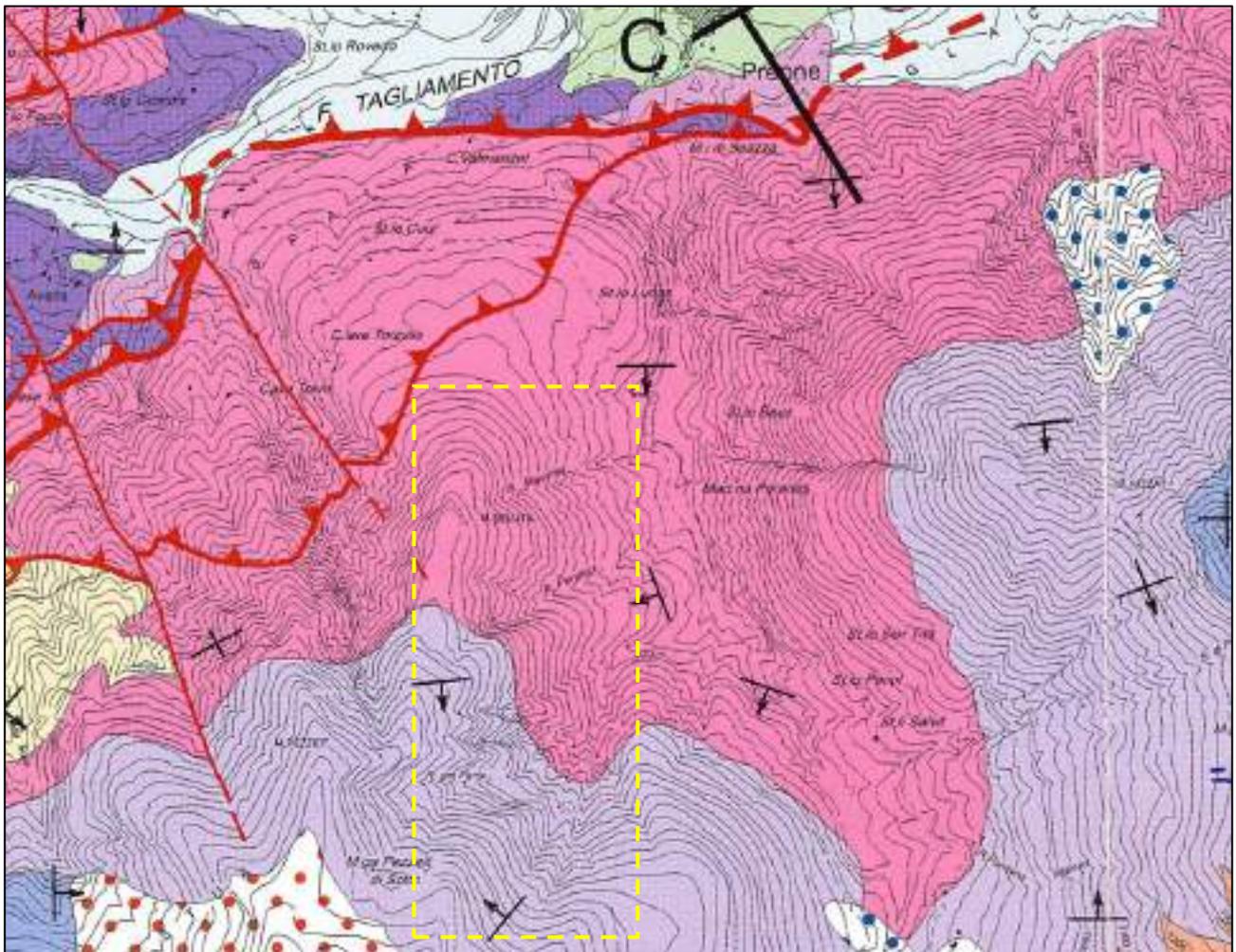


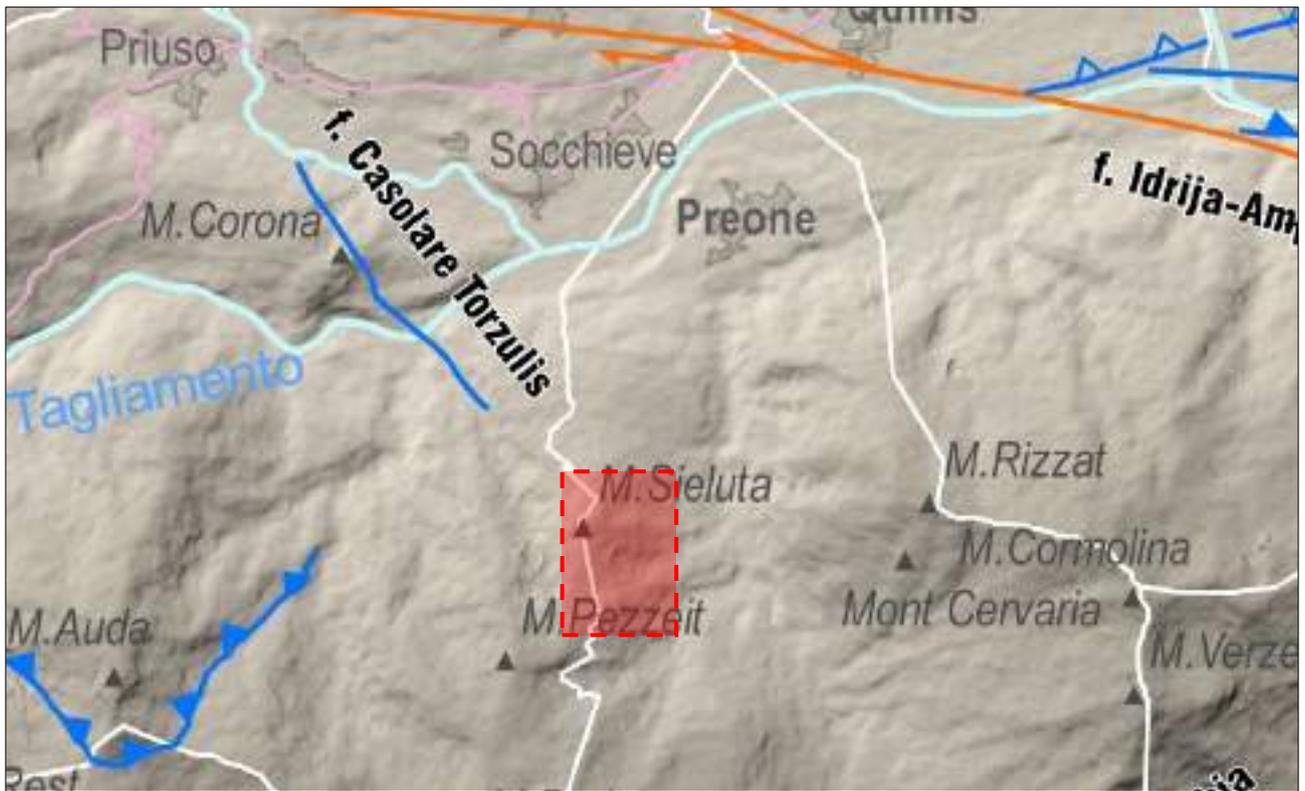
Figura 2. Estratto fuori scala della Carta Geologica del Friuli-Venezia Giulia in scala 1:150 000 (A cura di G.B. Carulli).



- C** **CALCARE DI CHIAMPOMANO (C):** calcari micritici nerastri in strati decimetrici, raramente selciferi, alternati localmente a livelli marnosi centimetrici. Presenti saltuarie intercalazioni di calcareniti fini con laminazioni parallele od oblique; frequenti *stumps*. **RETICO**
- D** **CALCARE DEL DACHSTEIN (D):** calcari micritici grigio chiari in strati metrici con megalodonti alternati a calcari stromatolitici con *fenestrae* ed *oncoidi* in strati decimetrici, organizzati in cicli peritidali. Presenti *Triasina henkleri*, *Aulotortus sinuosus*, *A. friedli* e sporadici livelli con gasteropodi, coralli (*Retiophyllia clathrata*), *Dimyodon intusstriatum*, alghe *dasycladaceae*. **RETICO**
- DF** **DOLOMIA DI FORNI (DF):** dolomicriti e doloareniti grigio scure in strati decimetrici, gradate e con laminazioni piano-parallele, spesso intercalate a livelli pelitici ricchi di sostanza organica, selciferi alla base. Numerosi livelli fossiliferi con crostacei, pesci, rettili volanti, resti di vegetali, pollini e conodonti. Breccie e megabreccie non classate, ruditi intra-bioclastiche, doloareniti granoclassate organizzate spesso in sequenze torbiditiche, depositi da colate fangose associati a *stumps*; (DFs, facies di scarpata della piattaforma carbonatica). **NORICO**

Figura 3. Estratto fuori scala della Carta Geologica delle Prealpi Carniche (Carulli et al., 2000 – Pubblicazione n.44 Edizioni del Museo Friulano di Storia Naturale), l'area di studio è identificata con un cerchio viola in trasparenza.

Secondo l'Allegato C della Banca dati delle Faglie Attive del Friuli-Venezia Giulia, riportato nella Carta delle faglie attive, l'area si trova in prossimità di una faglia di attività quaternaria indeterminata denominata faglia Casolare Torzulis (Figura 4).



Banca dati Faglie Attive - faglie attive

per classificazione di attività

- attiva
- potenzialmente attiva
- attività quaternaria indeterminata
- attività indeterminata

per tipo

- sovrascorrimento
- faglia inversa
- faglia diretta
- faglia trascorrente
- faglia trascorrente destra
- faglia trascorrente sinistra
- faglia transpressiva
- faglia transpressiva destra
- faglia transpressiva sinistra
- faglia transtensiva sinistra

Figura 4. Estratto fuori scala dell'Allegato C della Carta delle Faglie Attive (caratterizzate per classificazione di attività e tipo) dalla Banca Dati delle faglie attive del Friuli Venezia – Giulia (novembre 2021).

2.2.2. Contesto geologico locale

Sulla base dei rilievi geologici e geomorfologici svolti in sito, l'area è caratterizzata dalla presenza depositi quaternari di origine eluvio – colluviale e da rocce del substrato appartenenti in parte alla Dolomia di Forni e al Calcarea di Chiampomano.

Depositi eluvio – colluviali

Sono il prodotto dell'alterazione in loco di morene di fondo o del substrato roccioso (eluvio), oppure derivano dal rimaneggiamento di detriti causato da fenomeni di versante (colluvio). Dalle osservazioni effettuate sul sito, lungo lo sviluppo del nuovo tracciato, sono stati identificati depositi eluvio-colluviali costituiti da ghiaia e ciottoli in matrice limo – sabbiosa.

In questa area, i depositi presentano spessori variabili e si trovano direttamente a contatto con il substrato roccioso. Sono caratterizzati da un basso grado di consolidazione e addensamento, oltre che da una bassa permeabilità, stimata nell'ordine di 10^{-6} - 10^{-7} m/s.

Substrato roccioso

Calcarea di Chiampomano

Litologicamente l'unità è costituita da calcari micritici nerastri e fetidi alla percussione, in strati generalmente sottili (spessori prevalenti 5 – 25 cm) (**Figura 5b**), separati a volte da interstrati marnosi che si riducono verso l'alto della successione. Localmente si rinvencono noduli e liste di selce scura che si fanno più frequenti al tetto. Sono presenti saltuarie intercalazioni di calcareniti fini a piccola scala. I giunti di strato sono generalmente piano – paralleli. Alla base della successione sono stati localmente osservati orizzonti di brecce intraformazionali, ben cementate, con clasti prevalentemente tabulari. Gran parte della successione è interessata da fenomeni di *slumping*.

Dolomia di Forni

Rappresenta la più importante ed estesa unità bacinale presente nell'area delle Prealpi Carniche. È costituita da dolomie grigio scure, ben stratificate, spesso laminate e gradate, con frequenti intercalazioni marnose e livelli selciferi particolarmente diffusi nella parte inferiore della sequenza. Gli strati, con spessore medio sui 20 – 25 cm, presentano all'alterazione colore marrone da chiaro a scuro che tende al grigio scuro alla frattura fresca. Sono costituiti da dolomicriti o doloarenitici talora gradate (**Figura 5a**). Hanno geometria prevalentemente tabulare, a volte lenticolare, e si alternano a quelli sottili, molto frequenti, costituiti da dolomie grigio scure, fittamente laminate.

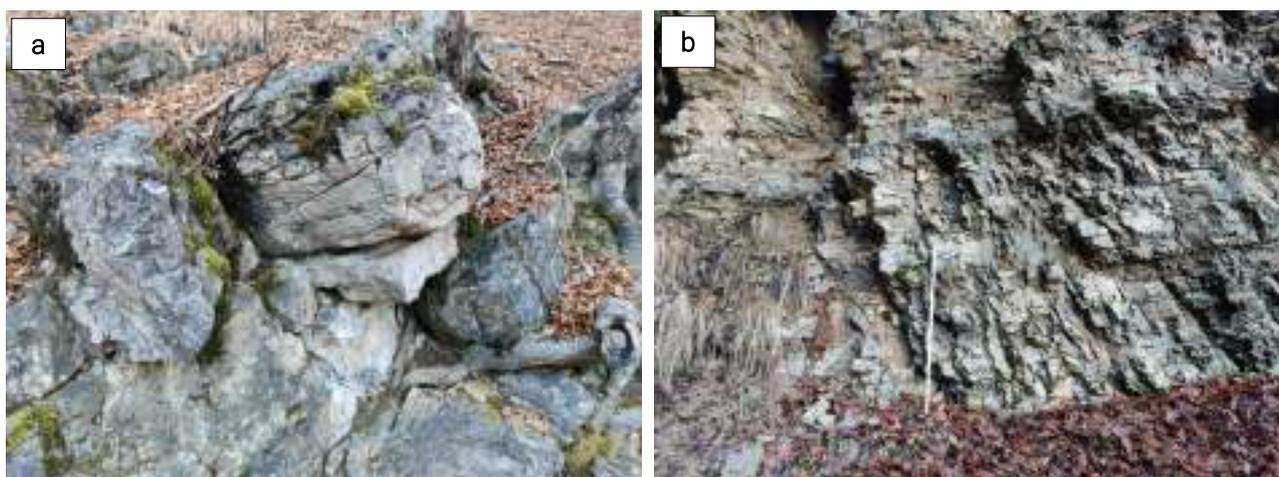


Figura 5. a) Substrato roccioso appartenente alla Dolomia di Forni, b) Substrato roccioso appartenente al Calcarea di Chiampomano nelle aree intercettate dal tracciato in progetto.

2.3. Analisi geomorfologica

L'area interessata dall'intervento in progetto si colloca tra i territori comunali di Preone e di Socchieve (UD). L'intervento di progetto di nuova realizzazione interessa il tratto compreso tra le sezioni 9 e 36 per una lunghezza di 1095.10 m e prevede la costruzione secondo parametri tecnici realizzativi di una viabilità camionabile principale di secondo livello. L'intervento di progetto di adeguamento interessa due tratti e rispettivamente quello dalla sezione 0 alla sezione 9 per 346.30 m e quello dalla sezione 36 alla sezione 60 per 1267.41 m per un totale di 1613.71 m. Gli interventi di adeguamento prevedono fondamentalmente la modifica di alcuni brevi tratti attualmente caratterizzati da una pendenza trasversale eccessiva e la modifica della larghezza dagli attuali 3.00 m a 3.50 m. Complessivamente il progetto interessa una infrastruttura viaria di 2708.81 metri.

L'aspetto morfologico predominante dell'area è senza dubbio da attribuire all'azione dei ghiacciai che, con un movimento principale in direzione N – S, hanno determinato un paesaggio montuoso tipicamente alpino. Una volta ritirati i ghiacci, lo scorrimento delle acque superficiali è stato ed è tuttora l'agente che più interviene sulle superfici topografiche del territorio oggetto di studio. Il reticolo drenante mette in evidenza uno stadio giovanile dello stesso. Notevole azione di modellamento è prodotta anche da fenomeni di ruscellamento diffuso e concentrato che provocano lungo i pendii delle incisioni più o meno profonde, luogo di scorrimento preferenziale delle acque, soprattutto in occasione di abbondanti precipitazioni. In numero elevato sono le vallecole a V e a U. Le prime sono interpretabili come effetto di una prevalente erosione lineare; le seconde sono il risultato di una tendenza all'accumulo di materiale.

In seguito al sopralluogo è stato possibile visionare il tracciato proposto e trarre le opportune considerazioni sulla stabilità dei luoghi, l'individuazione dei principali caratteri morfologici ed idrologici dell'area e valutare la presenza di instabilità che potessero interferire con il tracciato in oggetto.

Nella **Figura 6**, **Figura 7** e **Figura 8** è rappresentato il tracciato su base *hillshade*, evidenziando le aree che richiedono particolare attenzione sia in fase progettuale che esecutiva. Successivamente, verranno analizzate in dettaglio le criticità riscontrate e/o potenziali.

Le zone evidenziate in blu lungo il tracciato indicano le intersezioni con il reticolo idrografico, calcolato utilizzando il modello digitale del terreno (DTM) con risoluzione spaziale di 1 metro. Come descritto nel capitolo §2.4.1, è importante sottolineare che tale modello non corrisponde necessariamente ai corsi d'acqua attualmente attivi. La cartografia così ottenuta offre una visione chiara dei percorsi potenziali del ruscellamento, basata sulle caratteristiche morfologiche esistenti, e rappresenta un utile supporto per il progettista nel posizionamento delle opere necessarie al convogliamento e smaltimento delle acque superficiali.

In **Figura 6** è rappresentata la parte iniziale del tracciato: il percorso in adeguamento è evidenziato in rosso, per una lunghezza complessiva di 346.30 metri, mentre il tratto di nuova realizzazione è indicato in verde. In questa sezione iniziale, il tracciato non presenta particolari problematiche di natura geostatica o geologica e si sviluppa lungo la dorsale del Monte Sieluta, dove le pendenze risultano generalmente inferiori a 10°. Si rilevano soltanto due punti in cui il tracciato in progetto potrebbe interferire con il reticolo idrografico calcolato su base GIS. A causa delle basse pendenze, si segnala la possibilità di ristagno idrico diffuso.

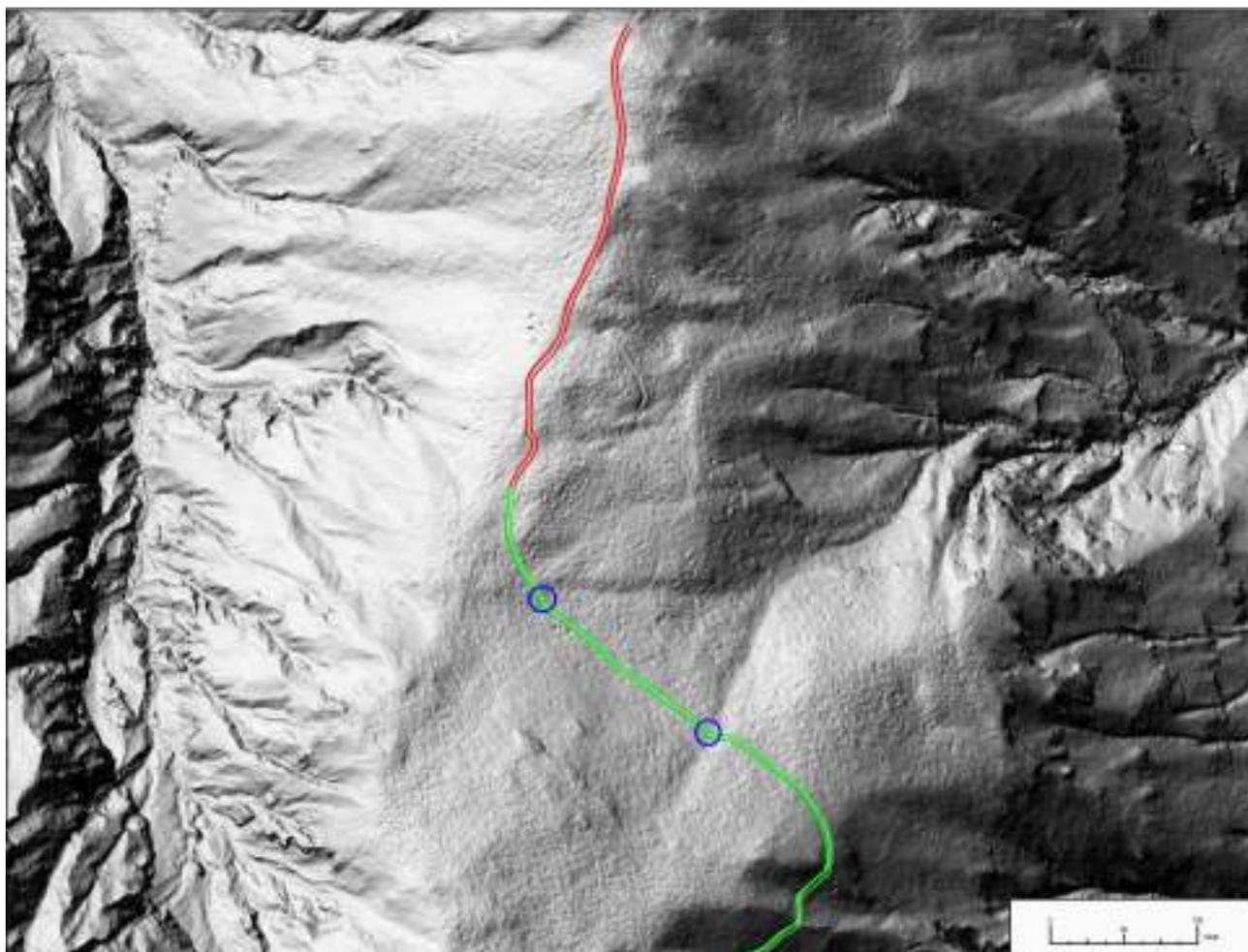


Figura 6. Analisi geomorfologica del tracciato su base *hillshade* (rilievo ombreggiato) e CTRN, in scala 1:5 000.

La **Figura 7** sintetizza tutte le problematiche che possono emergere lungo il tracciato, principalmente riconducibili a fenomeni di crollo e ribaltamento diffuso. In particolare, il tracciato nel tratto ex-novo intercetta due punti critici, identificati nei poligoni A e B in **Figura 7**. In questi punti, i fronti scavo rivelano un substrato roccioso stratificato con inclinazione leggermente a frana-poggio.

Dove i fronti di scavo superano i 2 metri di altezza, esiste il rischio che si verifichino fenomeni di crollo e ribaltamento di blocchi di piccole dimensioni, che potrebbero interferire con la viabilità. Per mitigare tali rischi, si raccomanda di evitare fronti scavo verticali, adottando invece una pendenza adeguata per ridurre la possibilità di instabilità. Le sezioni proposte dal progettista già incorporano questa indicazione, la cui adozione è pertanto motivata dai fenomeni osservati.

Il punto più critico individuato lungo la viabilità è rappresentato dal punto C, evidenziato in **Figura 7**. Le fotografie riportate nell'**Allegato 3** offrono una panoramica complessiva dei fenomeni di instabilità presenti. La viabilità esistente attraversa un'area di versante caratterizzata da una forte acclività, accentuata dalla presenza di substrato roccioso affiorante o sub-affiorante. Avvicinandosi all'impluvio, le condizioni di instabilità peggiorano progressivamente: il substrato roccioso presenta un elevato stato di fratturazione, che favorisce il disgregamento della roccia e l'accumulo di detriti lungo il percorso, attualmente ostacolandone il transito.

L'elevata pendenza del versante, unitamente all'adeguamento della viabilità e al conseguente allargamento del tracciato, comporterà la necessità di effettuare sbancamenti a monte. Questi interventi daranno luogo a fronti di scavo di altezza considerevole, soggetti a fenomeni di crollo e ribaltamento diffuso, prevalentemente con blocchi di piccole dimensioni. Si consiglia, ove possibile e compatibilmente con le risorse economiche disponibili, di prevedere opere di mitigazione del rischio, come l'installazione di reti in aderenza con chiodatura

lungo tutto il tratto analizzato. Approfondimenti specifici sono stati effettuati in corrispondenza della stazione geomeccanica SG3.

Una situazione analoga si osserva nel punto D della **Figura 7**, caratterizzato da un fronte di scavo di notevole altezza. Tuttavia, rispetto al punto C descritto in precedenza, la qualità del substrato roccioso risulta superiore, consentendo di mantenere un'inclinazione sub-verticale del taglio stradale. In questa zona, il substrato roccioso presenta una stratificazione con spessori variabili tra il centimetro e il decimetro, determinando la formazione di blocchi di piccole dimensioni che potrebbero eventualmente interessare la sottostante viabilità forestale.

L'ultimo punto in cui sono state osservate dinamiche di crollo è rappresentato dal punto E nella **Figura 7**. Come evidenziato dalle fotografie riportate nell'**Allegato 3**, in questo punto si è verificato un detensionamento del substrato roccioso in prossimità del taglio stradale, con il conseguente accumulo di detriti sulla viabilità forestale esistente.

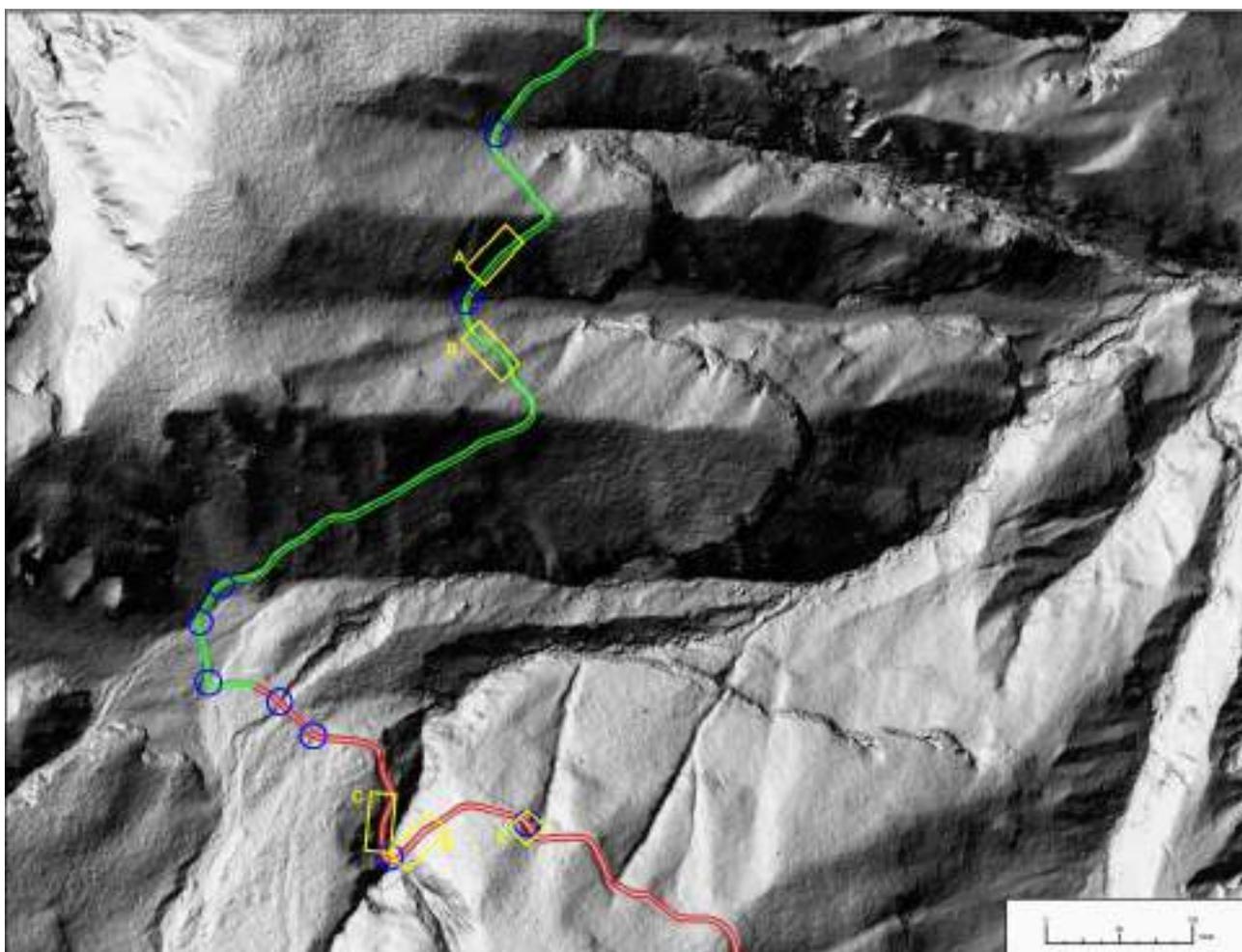


Figura 7. Analisi geomorfologica del tracciato su base *hillshade* (rilievo ombreggiato) e CTRN, in scala 1:5 000.

La **Figura 8** mostra la parte terminale del tracciato oggetto di analisi, costituita da una viabilità esistente sottoposta a interventi di adeguamento. Non sono emerse criticità geostatiche o geologiche significative che possano compromettere la fattibilità dell'opera. Tuttavia sono state segnalate le interferenze tra il tracciato e il reticolo idrografico derivato dall'analisi GIS. In corrispondenza del rettangolo blu di grandi dimensioni (**Figura 8**) è indicata un'area di ruscellamento diffuso, più simile a una zona di ristagno idrico. Dalle osservazioni sul campo, infatti, non è stata rilevata la presenza di impluvi particolarmente incisi, confermando l'ipotesi di un'ampia area soggetta a ristagno idrico.

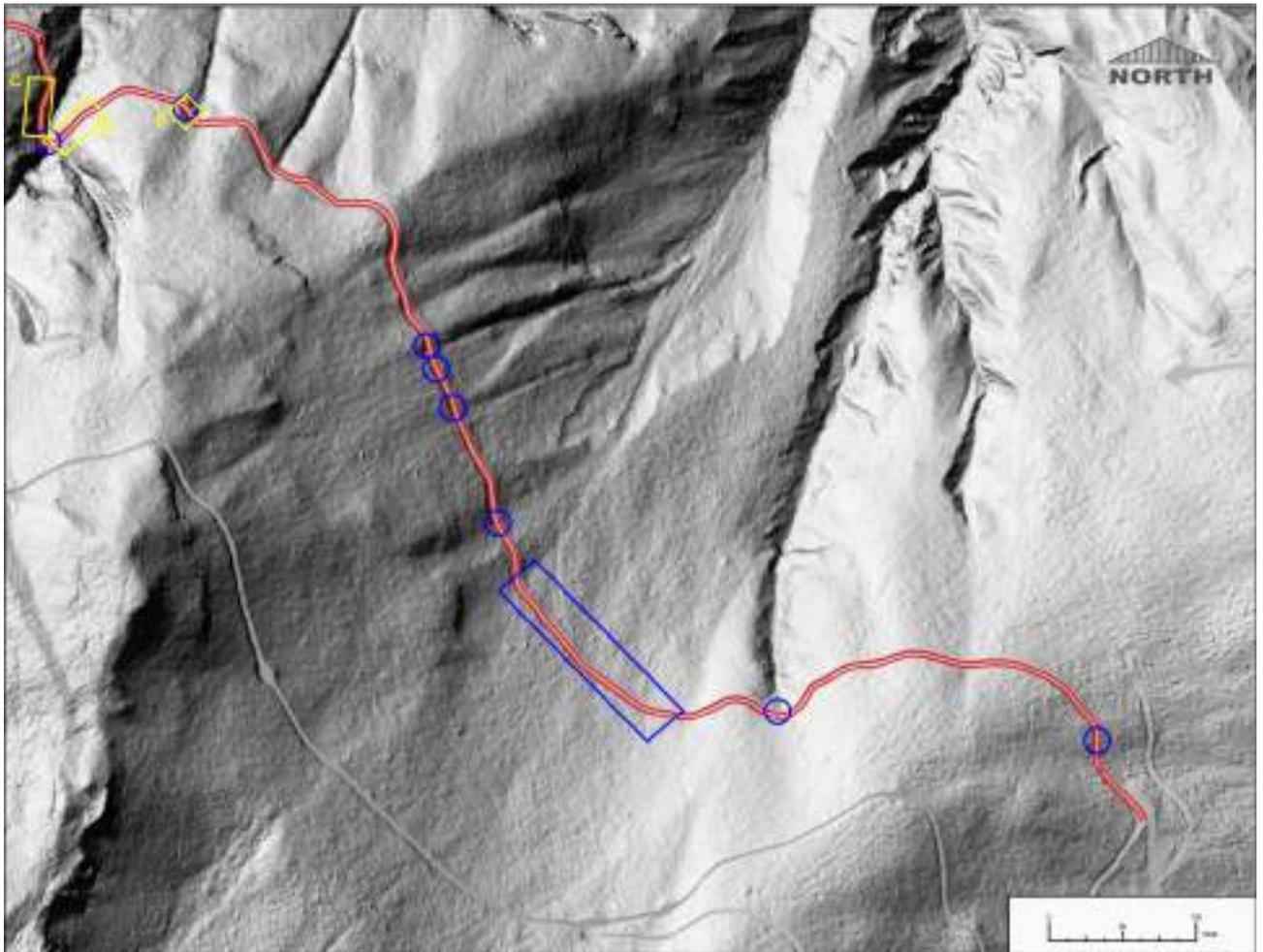


Figura 8. Analisi geomorfologica del tracciato su base *hillshade* (rilievo ombreggiato) e CTRN, in scala 1:5 000.

È stato consultato il catasto speleologico regionale (<https://catastogrotte.regione.fvg.it/>) al fine di verificare la presenza di cavità o grotte conosciute nell'area. L'area di studio risulta priva di segnalazioni di questo tipo, mentre nel versante nord del Monte Verzegnis caratterizzato da una simile stratigrafia riporta diverse evidenze di cavità.

2.4. Idrogeologia e idrologia

Il tracciato si sviluppa lungo la dorsale del Monte Sieluta e lungo il versante est dello stesso, fino a giungere al Ricovero Plan Vidal. Sono presenti numerosi rii che solcano il versante est del Monte Sieluta e del Monte Burlat, lungo la Val Preone, il tracciato intercetta alcuni di questi, tra cui: il Rio Peraries, Rio Secco, Rio del Ferro e Rio Spizzulon. Questi ultimi si trovano in uno stadio giovanile, presentano fenomeni erosivi e, in alcuni tratti a pendenza ridotta, depositano materiale.

Sono presenti poi diversi rii effimeri secondari, interessati da deflusso superficiale solo in caso di precipitazioni eccezionali, le cui portate variano in funzione delle precipitazioni. Durante il sopralluogo non sono stati osservati rii attivi, ma piuttosto risultano attivi solo in occasione di forti precipitazioni.

Dove le pendenze sono moderate ($> 20^\circ$) è favorito lo scorrimento superficiale delle acque meteoriche, diversamente le aree caratterizzate da pendenze fino a 20° , unitamente alla litologia dei depositi da poco a discretamente permeabili, sono suscettibili al ristagno idrico.

Dal punto di vista idrogeologico, la coltre detritica superficiale risulta avere una permeabilità generalmente bassa (nell'ordine di 10^{-6} a 10^{-7} m/s). Nelle rocce del substrato sono possibili scorrimenti puntuali presso zone fratturate. In ogni caso non ci si può riferire ad una vera e propria falda, bensì alla presenza di scorrimenti puntuali lungo vie preferenziali, specie al contatto tra materiali caratterizzati da diverse caratteristiche di permeabilità e al contatto roccia – coperture. È possibile la formazione di falde freatiche sospese a carattere temporaneo in occasione dei fenomeni meteorologici più intensi ed in fase di disgelo primaverile al contatto tra il detrito e la roccia. Considerato che nella zona c'è il contatto stratigrafico tra coperture e rocce del substrato, dovranno essere prevista opportune opere di raccolta ed allontanamento delle acque intercettate dalle superfici di progetto verso recapiti sicuri, a garanzia della stabilità delle pertinenze.

2.4.1. Definizione reticolo idrografico

Per una definizione migliore del reticolo idrografico presente nell'area di studio è stata condotta un'analisi idrologica in ambito GIS, tale elaborazione è partita dall'utilizzo del DTM (*Digital Terrain Model*) con risoluzione spaziale di 1 m fornito dalla Regione Friuli-Venezia Giulia. Questa risoluzione è stata ritenuta sufficiente per garantire l'efficacia dell'analisi.

Prima di procedere alle principali analisi idrologiche, si è dovuto rendere "utilizzabile" il DTM, in quanto è comune il problema delle "depressioni locali", anche chiamate *pit*. In sintesi un *pit* è una cella racchiusa da altre celle di quota più elevata che non presenta pertanto una via di uscita superficiale per il deflusso dell'acqua. Queste depressioni possono sia esistere nella realtà sotto forma di laghi, doline o particolari conformazioni topografiche, che non esistere in natura, in quanto possono essere prodotti in modo accidentale durante la costruzione del DTM.

Dopo aver dovutamente filtrato il DTM si è proseguito cercando le direzioni preferenziali di deflusso (*Flow directions*) dei numerosi sottobacini identificati. In queste elaborazioni si è utilizzato il "D-8", la via comunemente più seguita per la ricerca delle direzioni di deflusso. Questo algoritmo parte dal presupposto che il deflusso segua le direzioni di massima pendenza e viene definito in base al gradiente tra la differenza di quota e la lontananza tra i centri delle celle. L'elaborazione delle direzioni di deflusso risulta necessaria per definire l'area drenata o area contribuyente (*Flow accumulation*). Essa viene calcolata tramite la somma progressiva del numero di tutte le celle che contribuiscono nel proprio percorso (dallo spartiacque) alla sezione di chiusura. Si avrà quindi che ogni cella del raster dell'area drenata assumerà un valore pari al numero di celle che la precedono nel percorso di deflusso. Moltiplicando l'area della cella (pixel) per il numero delle celle che la precedono è quindi possibile ricavare la superficie del bacino idrografico ad essa riferito.

Analizzando il versante su cui si imposta la viabilità in progetto e ponendo come sezione di chiusura il Fiume Tagliamento, si è ricavato il reticolo idrografico dell'area. Il reticolo idrografico risulta ben sviluppato. La viabilità interseca il reticolo idrografico in diversi punti, i quali in fase di sopralluogo non presentavano acque di ruscellamento, ma non è possibile escludere la presenza di acqua in occasione di eventi meteorologici abbondanti.

La mappa in **Figura 9** offre una visione d'insieme del reticolo idrografico presente nell'area, ricavato sulla base del modello digitale del terreno. È importante notare che tale modello non corrisponde necessariamente ai rii attualmente attivi. La cartografia ottenuta fornisce una visione più chiara dei possibili percorsi preferenziali del ruscellamento, tenendo conto delle morfologie esistenti. Questo permette di offrire al progettista un supporto più efficace nel posizionamento delle opere per il convogliamento e lo smaltimento delle acque superficiali.

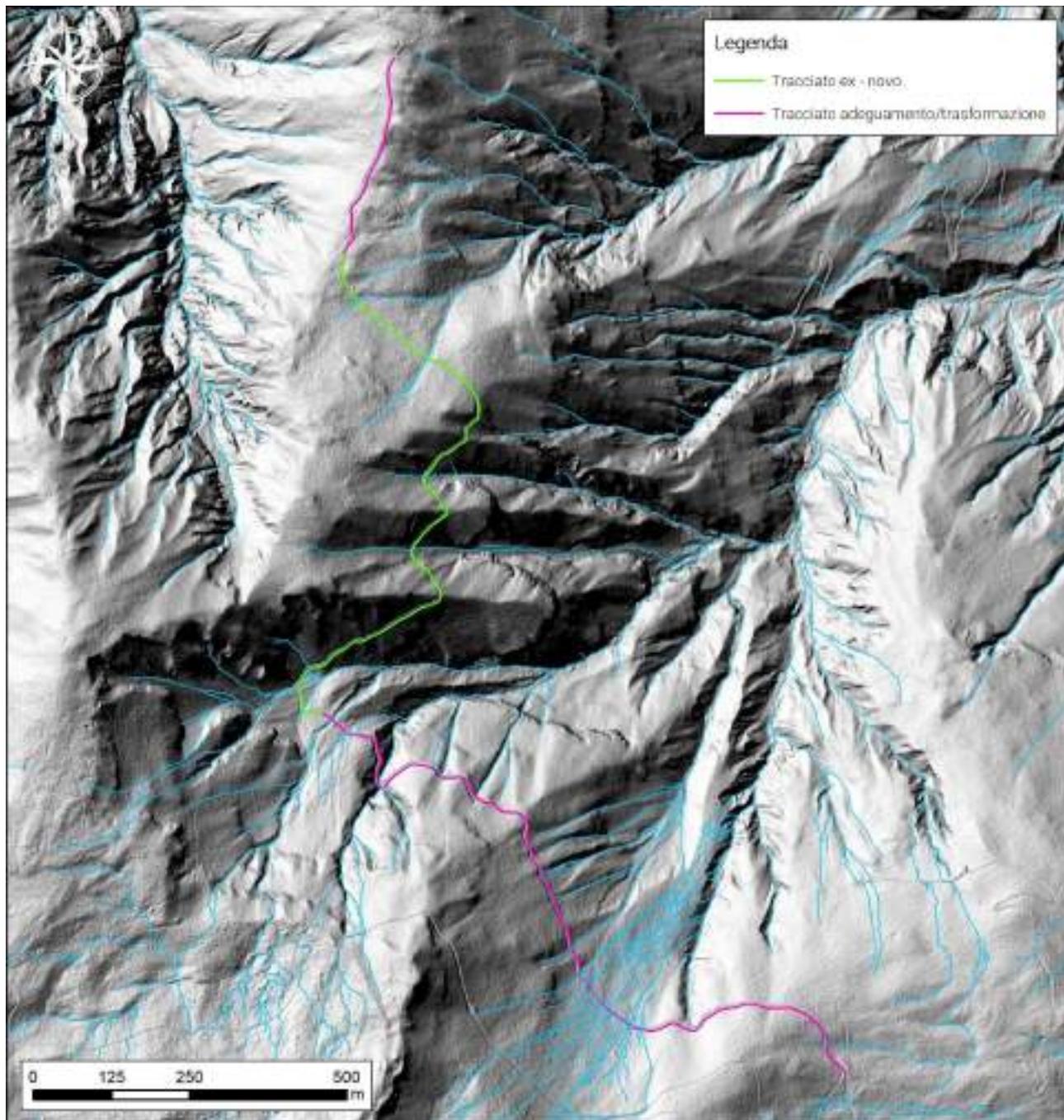


Figura 9. Estratto in scala 1:8 000 su base hillshade (rilievo ombreggiato) del reticolo idrografico presente in corrispondenza e nelle aree adiacenti al tracciato proposto.

3. Normativa di carattere geologico

L'area interessata dai lavori in progetto risulta esterna al PAI¹ per la pericolosità geologica (Figura 10) ed alle zone di attenzione di cui all'art. 5 delle NT dello stesso Piano. Nella cartografia del "Progetto IFFI²" l'area non risulta soggetta a frane di alcun tipo.

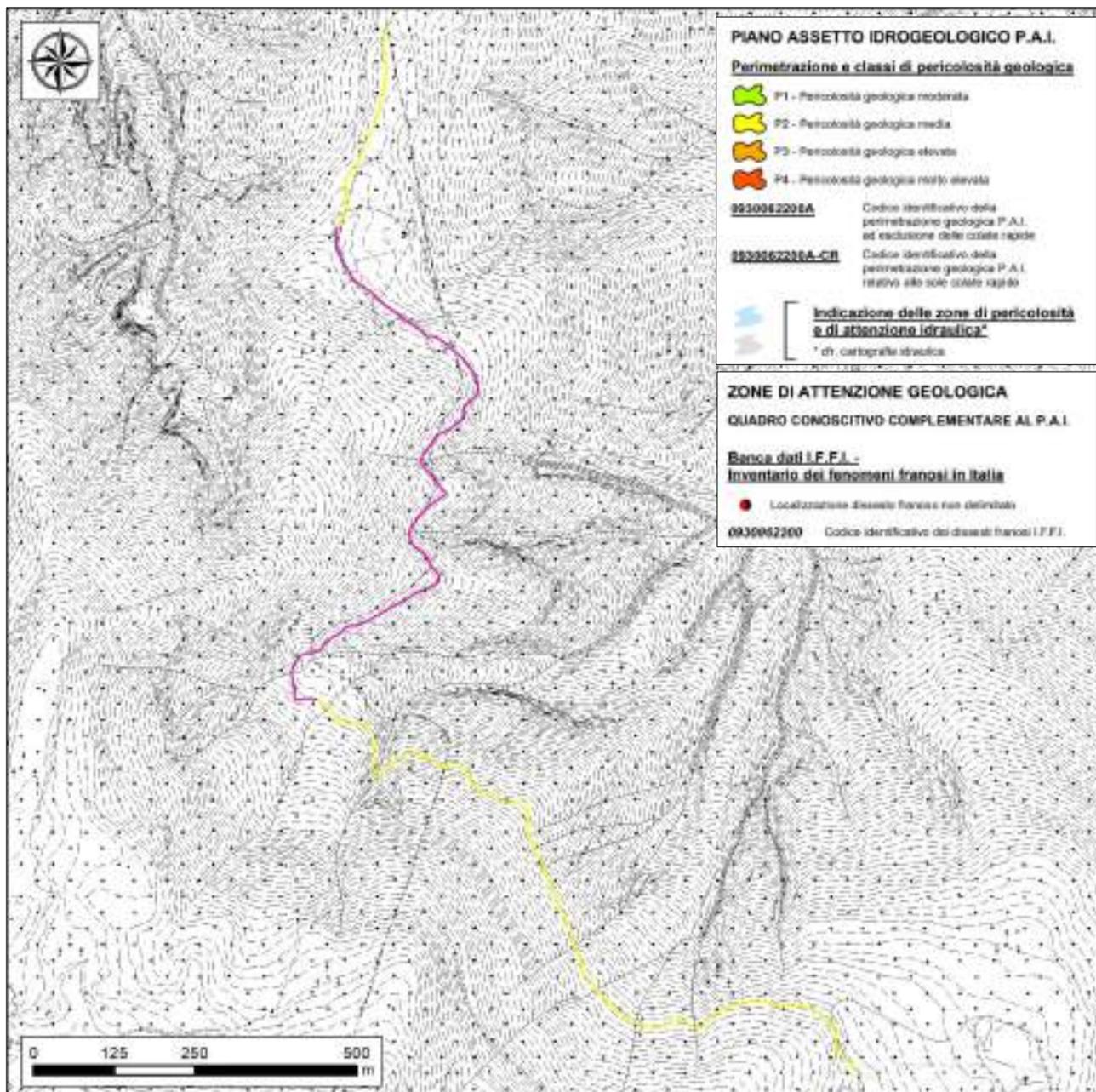


Figura 10. Estratto in scala 1:10 000 della Carta della Pericolosità Geologica, indicazione del tracciato in progetto (shp file dall'Autorità del Bacino del Distretto Alpi Orientali) – Preone (UD), Tavola 1 di 1.

Per quanto riguarda la pericolosità legata alle valanghe, il tracciato intercetta diverse aree a pericolosità moderata (P2) e pericolosità elevata (P3), la maggior parte coincidenti con gli impluvi presenti (Figura 11). Alcune di queste perimetrazioni ricadono in corrispondenza del tratto ex – novo, ma diverse perimetrazioni ricadono anche laddove la viabilità è già esistente e sono previsti interventi di adeguamento e trasformazione.

¹ PAI – Progetto di Piano Stralcio per l'assetto idrogeologico del bacino idrografico del Fiume Tagliamento.

² IFFI – Progetto IFFI (Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia), ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale) consultabile sulla piattaforma web IdroGEO.

Secondo la normativa regionale (L.R. 34/88) per le aree soggette a pericolo di valanghe si applica la disciplina prevista per le aree a pericolosità molto elevata (P4) definita dal piano stralcio del distretto per l'assetto idrogeologico (PAI) ai sensi dell'articolo 67 del Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n.152 (art. 3, L.R. 34/88).

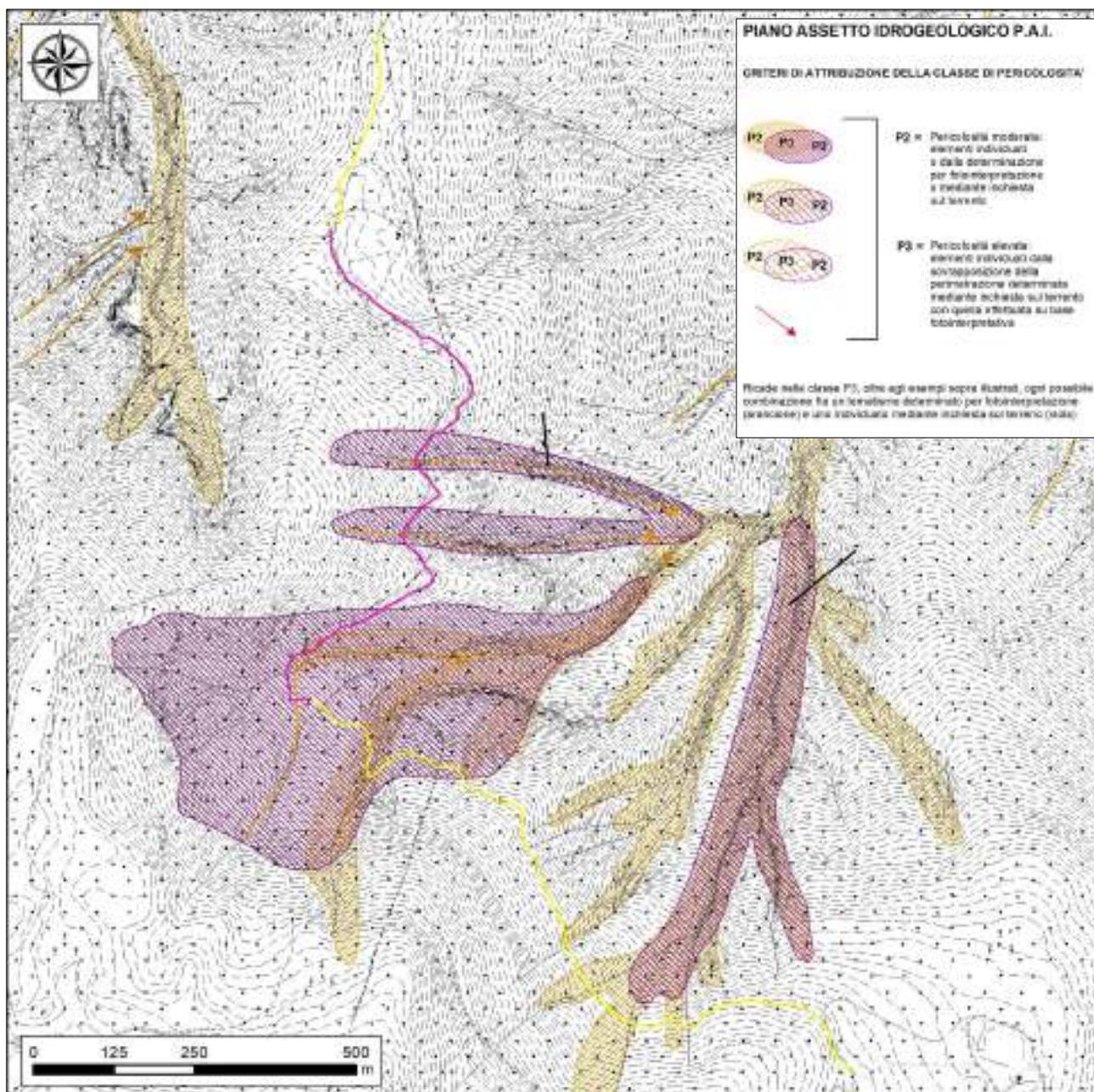


Figura 11. Estratto in scala 1:10 000 della Carta della Pericolosità da valanga, indicazione del tracciato in progetto (shp file dall'Autorità del Bacino del Distretto Alpi Orientali) – Preone e Verzegnis (UD), Tavola 1 di 1.

Per le zone ricadenti in aree caratterizzate da "pericolosità moderata - P2" e "pericolosità elevata P3" le Norme Tecniche di Attuazione del P.A.I. riportano al "Titolo II: disciplina dell'assetto idrogeologico del territorio" le seguenti disposizioni:

ART. 8 – Disposizioni comuni per le aree a pericolosità idraulica, geologica, valanghiva e per le zone di attenzione

1. Le Amministrazioni comunali non possono rilasciare concessioni, autorizzazioni, permessi di costruire od equivalenti, previsti dalle norme vigenti, in contrasto con il Piano.

2. Possono essere portati a conclusione tutti i piani e gli interventi i cui provvedimenti di approvazione, autorizzazione, concessione, permessi di costruire od equivalenti previsti dalle norme vigenti, siano stati rilasciati prima della pubblicazione sulla Gazzetta Ufficiale dell'avvenuta adozione del presente Piano, fatti salvi gli effetti delle misure di salvaguardia precedentemente in vigore.

3. Nelle aree classificate pericolose e nelle zone di attenzione, ad eccezione degli interventi di mitigazione della pericolosità e del rischio, di tutela della pubblica incolumità e di quelli previsti dal Piano di bacino, è vietato, in rapporto alla specifica natura e tipologia di pericolo individuata: a. eseguire scavi o abbassamenti del piano di campagna in grado di compromettere la stabilità delle fondazioni degli argini, ovvero dei versanti soggetti a fenomeni franosi; b. realizzare tombinature dei corsi d'acqua; c. realizzare interventi che favoriscano l'infiltrazione delle acque nelle aree franose; d. costituire, indurre a formare vie preferenziali di veicolazione di portate solide o liquide; e. realizzare in presenza di fenomeni di colamento rapido (CR) interventi che incrementino la vulnerabilità della struttura, quali aperture sul lato esposto al flusso; f. realizzare locali interrati o seminterrati nelle aree a pericolosità idraulica o da colamento rapido.

4. Al fine di non incrementare le condizioni di rischio nelle aree fluviali e in quelle pericolose, fermo restando quanto stabilito al comma precedente ed in rapporto alla specifica natura e tipologia di pericolo individuata, tutti i nuovi interventi, opere, attività consentiti dal Piano o autorizzati dopo la sua approvazione, devono essere tali da:

a. mantenere le condizioni esistenti di funzionalità idraulica o migliorarle, agevolare e comunque non impedire il normale deflusso delle acque;

b. non aumentare le condizioni di pericolo dell'area interessata nonché a valle o a monte della stessa;

c. non ridurre complessivamente i volumi invasabili delle aree interessate tenendo conto dei principi dell'invarianza idraulica e favorire, se possibile, la creazione di nuove aree di libera esondazione;

d. minimizzare le interferenze, anche temporanee, con le strutture di difesa idraulica, geologica o valanghiva.

5. Tutte le opere di mitigazione della pericolosità e del rischio devono prevedere il piano di manutenzione.

6. Tutti gli interventi consentiti dal presente Titolo non devono pregiudicare la definitiva sistemazione né la realizzazione degli altri interventi previsti dalla pianificazione di bacino vigente.

ART. 11 - Disciplina degli interventi nelle aree classificate a pericolosità media P2

1. Nelle aree classificate a pericolosità idraulica, geologica e valanghiva media P2, possono essere consentiti tutti gli interventi di cui alle aree P4 e P3.

2. L'attuazione delle previsioni e degli interventi degli strumenti urbanistici vigenti alla data di adozione del Piano (01.12.2012) è subordinata alla verifica da parte delle amministrazioni comunali della compatibilità con le situazioni di pericolosità evidenziate dal Piano e deve essere conforme alle disposizioni indicate dall'art. 8. Gli interventi dovranno essere realizzati secondo soluzioni costruttive funzionali a rendere compatibili i nuovi edifici con la specifica natura o tipologia di pericolo individuata.

3. Nelle aree classificate a pericolosità media P2 la pianificazione urbanistica e territoriale può prevedere:

a. nuove zone di espansione per infrastrutture stradali, ferroviarie e servizi che non prevedano la realizzazione di volumetrie edilizie, purché ne sia segnalata la condizione di pericolosità e tengano conto dei possibili livelli idrometrici conseguenti alla piena di riferimento;

b. nuove zone da destinare a parcheggi, solo se imposti dagli standard urbanistici, purché compatibili con le condizioni di pericolosità che devono essere segnalate;

c. piani di recupero e valorizzazione di complessi malghivi, stavoli e casere senza aumento di volumetria diversa dall'adeguamento igienico-sanitario e/o adeguamenti tecnico-costruttivi e di incremento dell'efficienza energetica, purché compatibili con la specifica natura o tipologia di pericolo individuata. Tali interventi sono ammessi esclusivamente per le aree a pericolosità geologica;

d. nuove zone su cui localizzare impianti per la produzione di energia da fonti rinnovabili, non diversamente localizzabili ovvero mancanti di alternative progettuali tecnicamente ed economicamente sostenibili, purché compatibili con le condizioni di pericolo riscontrate e che non provochino un peggioramento delle stesse.

In riferimento al PGRA3, per quanto concerne la pericolosità idraulica ed il tirante idrico modellato con un TR pari a 100 anni correlato al rischio alluvioni, l'area di studio risulta esterna alle perimetrazioni (**Figura 12** e **Figura 13**).

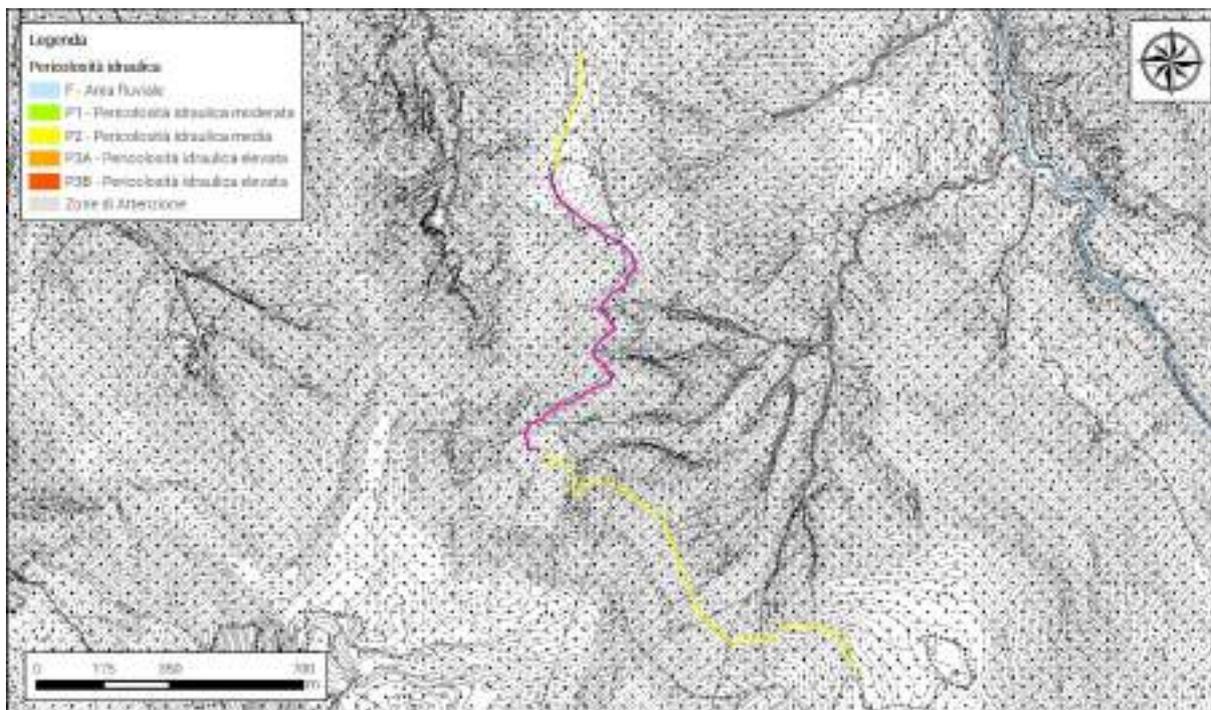


Figura 12. Estratto in scala 1:20 000 della Carta della pericolosità idraulica allegata al PGRA (shp file portale SIGMA) – Riquadri N32, N33, O32 e O33.

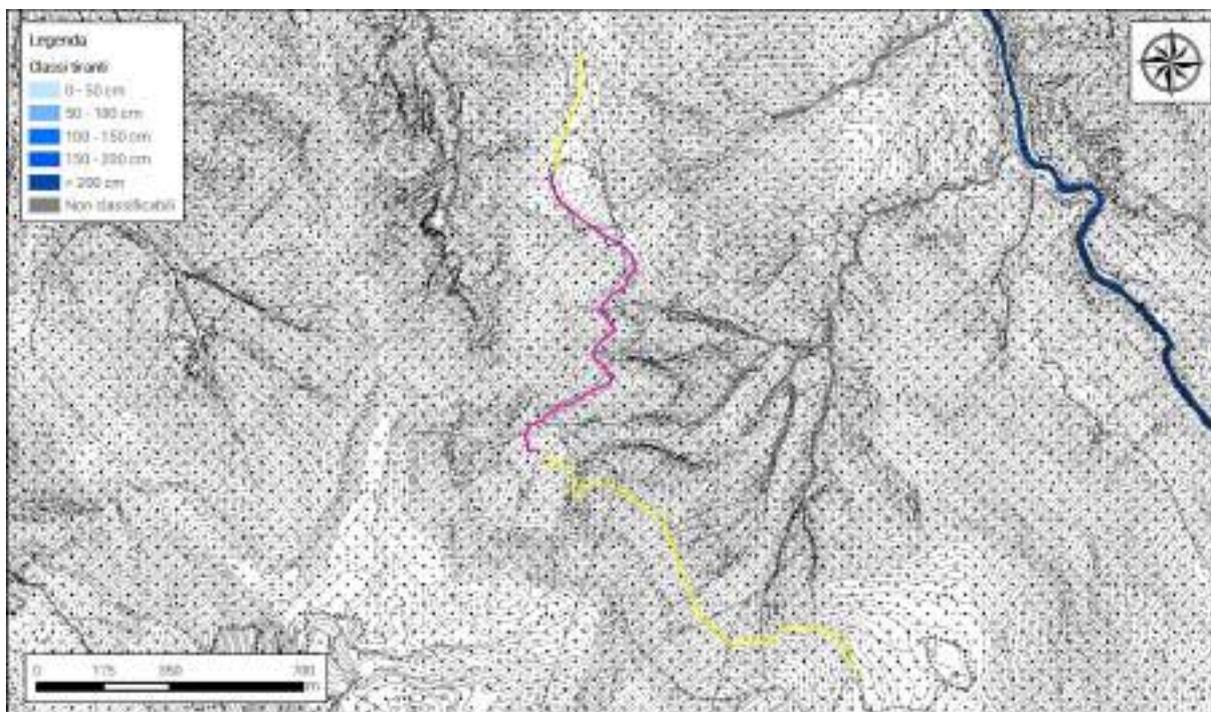


Figura 13. Estratto in scala 1:20 000 della Carta delle altezze idriche scenario di media probabilità TR 100 anni (shp file portale SIGMA) – Riquadri N32, N33, O32 e O33.

³ PGRA – Piano di Gestione del Rischio Alluvioni adottato con delibera n.3 del 21/12/2021 ai sensi degli art. 65 e 66 del D.Lgs n.152/2006 e pubblicato in G.U. n.29 del 04/02/2022. Approvato con D.P.C.M. 01/12/2022 pubblicato in G.U. n.31 del 07/02/2023.

L'area oggetto del presente studio risulta sottoposta a vincoli paesaggistici previsti dal Piano Paesaggistico Regionale (PPR⁴) adottati con delibera della Giunta Regionale n.0111/Pres. del 24 aprile 2018 e successive modifiche (**Figura 14**). In particolare, dalla consultazione della cartografia informatizzata l'area interessata dagli interventi rientra in "territori coperti da foreste e boschi" (art.28 NTA). Risulta pertanto necessaria l'attivazione della procedura di Richiesta di Autorizzazione Paesaggistica ai sensi della normativa vigente (D.Lgs 42/2004 – DPCM 12/12/2005).

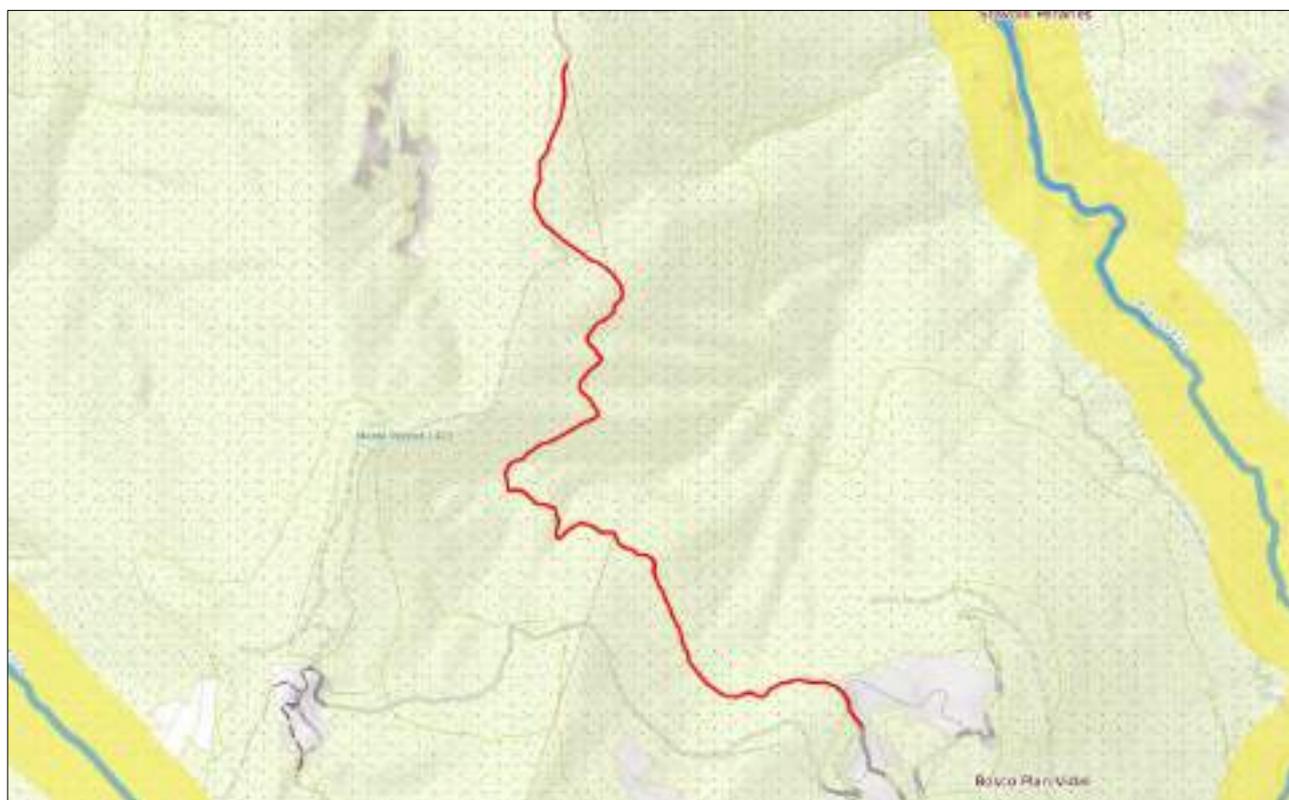


Figura 14. Estratto fuori scala del Piano Paesaggistico Regione Friuli-Venezia Giulia (PPR-FVG) (fonte WebGIS), il tracciato in progetto è identificato con la poligonale rossa.

Alla luce di quanto riportato, gli interventi in progetto sono compatibili con il quadro normativo PAI vigente e con il quadro normativo del PGRA, fermo restando il rispetto delle prescrizioni sopra riportate.

⁴ PPR – Piano Paesaggistico Regionale, approvato con D.P.G.Reg. 24 aprile 2018 n.0111/Pres. e successivamente aggiornato con la Variante n.1 approvata con D.P.Reg. n.060/Pres del 21 marzo 2023 pubblicata sul Supplemento ordinario n.13 al B.U.R. della Regione n.14 del 05/04/2023.

4. Caratterizzazione geomeccanica degli ammassi rocciosi

Al fine di caratterizzare gli ammassi rocciosi presenti in corrispondenza e/o nelle vicinanze del percorso della viabilità forestale in progetto dal punto di vista geomeccanico, il rilievo ha previsto l'esecuzione di n.3 stazioni di misura. Tale operazione ha consentito di analizzare le principali superfici di discontinuità che caratterizzano l'ammasso roccioso e che, costituendo potenziali piani di debolezza, ne condizionano largamente il comportamento meccanico.

In accordo con le indicazioni dell'ISRM (*International Society for Rock Mechanics*) sono stati acquisiti i dati necessari alla descrizione geomeccanica dell'ammasso roccioso mediante le classiche tecniche di caratterizzazione. In **Figura 15** sono indicati il numero e la posizione dei punti di scansione.

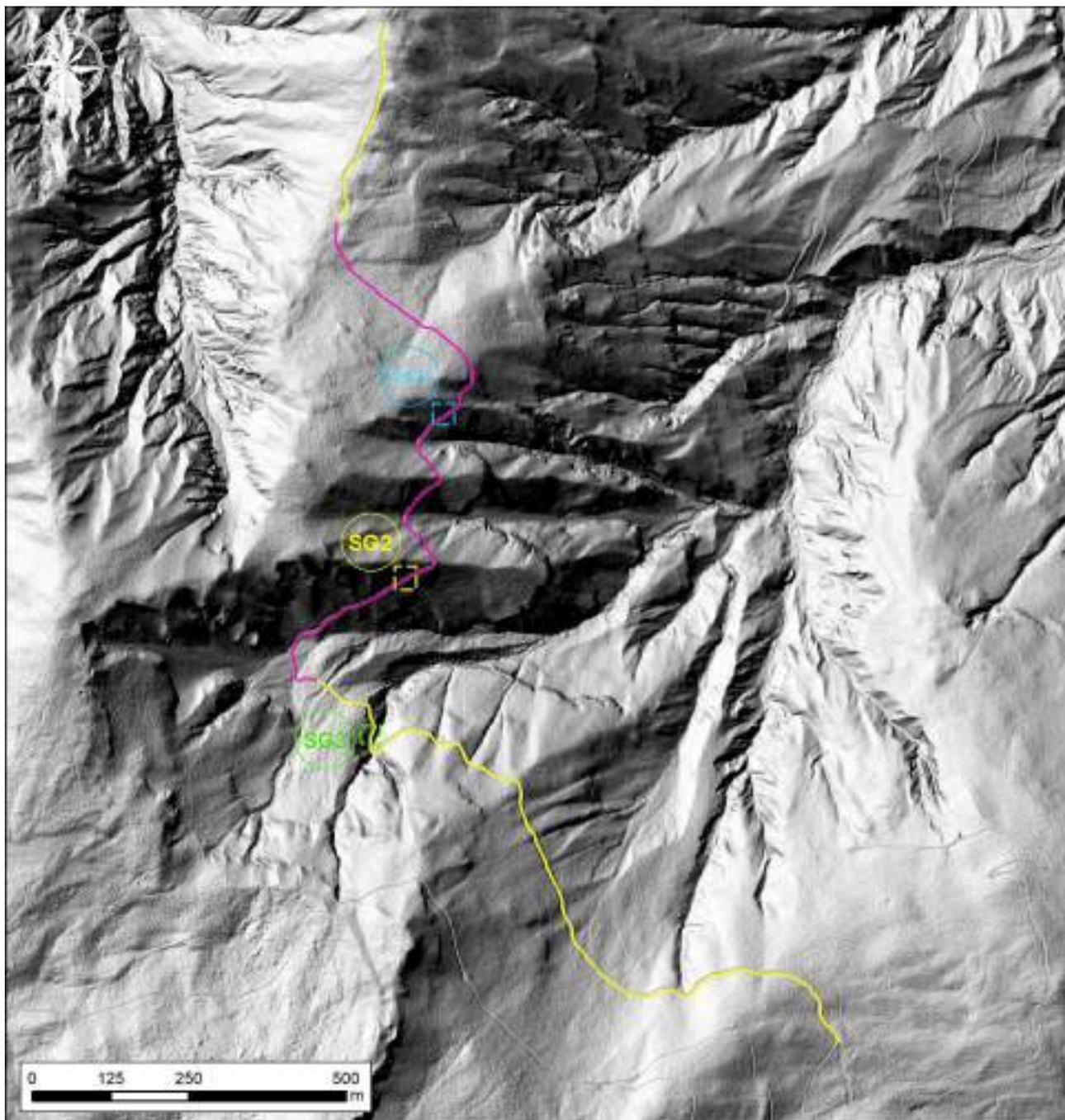


Figura 15. Inquadramento su base hillshade (rilievo ombreggiato) in scala 1:10 00 delle stazioni geomeccaniche effettuate lungo il tracciato.

Il rilievo geomeccanico rappresenta una fase molto importante, in quanto consente di individuare le principali famiglie di discontinuità presenti in affioramento e di ipotizzare le possibili relazioni esistenti tra le stesse. Col termine discontinuità (*joint*) si indica qualsiasi superficie di debolezza strutturale. Queste possono essere distinte in primarie (giunti di strato, scistosità, piani di strutture sedimentarie) e secondarie (deformazioni tettoniche, dissoluzione carsica, discontinuità di alterazione, di detensionamento, di raffreddamento). Le discontinuità sono generalmente raggruppabili in sistemi o famiglie.

Il comportamento meccanico dell'ammasso roccioso dipende dalle proprietà della roccia intatta (resistenza e deformabilità), dalle caratteristiche geometriche (orientazione, frequenza) e meccaniche (resistenza) delle discontinuità, dallo stato di sforzo in sito e dalla scala del problema. In generale un ammasso roccioso si presenta quindi discontinuo, non omogeneo, anisotropo e dipende dalla scala. Maggiore è la densità di discontinuità, e quindi più piccoli i blocchi, la persistenza, l'alterazione, maggiore è la deformabilità e duttilità della roccia.

La caratterizzazione degli ammassi rocciosi è un'operazione complessa, a causa della grande varietà di condizioni e di proprietà che è possibile incontrare sul terreno; tale varietà si amplia nel caso di aree che abbiano subito intensi fenomeni tettonici, come d'altra parte risulta tutto l'arco alpino, ed anche nelle aree particolarmente soggette a fenomeni geomorfologici relativamente recenti, come possono essere i movimenti gravitativi su vasta scala.

Nella descrizione degli ammassi rocciosi è dunque importante prendere in considerazione la maggior quantità possibile di informazioni, raccolte però in maniera logica e sistematica. Per fare ciò, durante lo svolgimento di questa attività sono state utilizzate schede di lavoro pre-impostate, focalizzate soprattutto sull'analisi delle discontinuità degli ammassi. Come già accennato, le discontinuità condizionano in modo decisivo le proprietà fisiche meccaniche e idrauliche degli ammassi rocciosi. Per questo è importante fornire una descrizione dettagliata che ne consideri i diversi aspetti, misurando in sito:

- Numero di famiglie;
- Orientazione;
- Spaziatura;
- Persistenza;
- Ondulazione;
- Alterazione;
- Riempimento;
- Apertura;
- Presenza d'acqua.

Inoltre, per ogni rilievo è importante descrivere le caratteristiche di rugosità (*JRC, joint roughness coefficient*) e resistenza superficiale (*JCS, joint wall compressive stress*) delle discontinuità rispettivamente tramite Pettine di Barton e Martello di Schmidt. Un ultimo, ma non meno importante, parametro da prendere in considerazione per un rilievo geomeccanico è la valutazione del volume roccioso unitario (VRU). Esso definisce la dimensione dei blocchi che dipende dalla spaziatura delle discontinuità e dalla forma dei blocchi (a sua volta dipendente dal numero di famiglie di discontinuità). Questa valutazione può essere condotta "a vista", cercando di stimare l'ordine di grandezza dei volumi unitari significativi (ossia quelli massimi, medi e minimi).

Data la difficoltà di accesso alle porzioni di parete da analizzare, è stato necessario in alcuni casi operare su fune, mediante tecniche alpinistiche. Per ognuna di queste stazioni geomeccaniche è stato valutato e caratterizzato il litotipo, le discontinuità e l'ammasso roccioso nella sua integrità.

I dati strutturali raccolti sono stati rielaborati con l'ausilio del programma "Dips" che permette di eseguire la proiezione equiareale polare di Schmidt dei poli e piani di discontinuità misurati, dalla quale è possibile evidenziare le aree a maggior densità dei poli. La proiezione ciclografica che utilizziamo per questo scopo non è altro che la rappresentazione in due dimensioni di quello che noi vediamo in tre dimensioni tramite tre semplici dati: immersione, direzione e inclinazione di una superficie. Il principio è semplice e consiste nel proiettare i punti di intersezione della superficie considerata (passante per il centro della sfera) con la sfera

proiezione sul piano equatoriale della stessa. Ciò che ne risulta sono delle linee curve sempre più vicine al centro del cerchio equatoriale, più è elevata l'inclinazione della superficie. Dai dati ottenuti sull'affioramento principale otteniamo lo stereo-plot.

Secondo le NTC 2018 le verifiche di sicurezza devono essere effettuate con metodi che tengono conto del tipo di cinematismo, considerando forma e posizione dell'eventuale superficie di scorrimento, le proprietà meccaniche dei terreni e degli ammassi rocciosi ed il regime delle pressioni interstiziali. La ricostruzione di un modello di deformazione gravitativa per un versante in roccia più vicino alla realtà consente di effettuare interpretazioni sia sul possibile cinematismo che sui possibili interventi di stabilizzazione e ciò è possibile farlo mediante rappresentazioni stereografiche delle discontinuità. Infatti, siccome gli assetti strutturali dei giunti presenti in un fronte roccioso condizionano i possibili cinematismi di rottura risulta essere importante analizzare le famiglie di discontinuità individuate durante il rilevamento strutturale e per un'interpretazione semplificata di tali dati si ricorre ai reticoli stereografici. I modelli di rottura più frequenti, che interessano i versanti in roccia sono: rottura planare, rottura a cuneo, ribaltamento e scorrimento rotazionale (Figura 16).

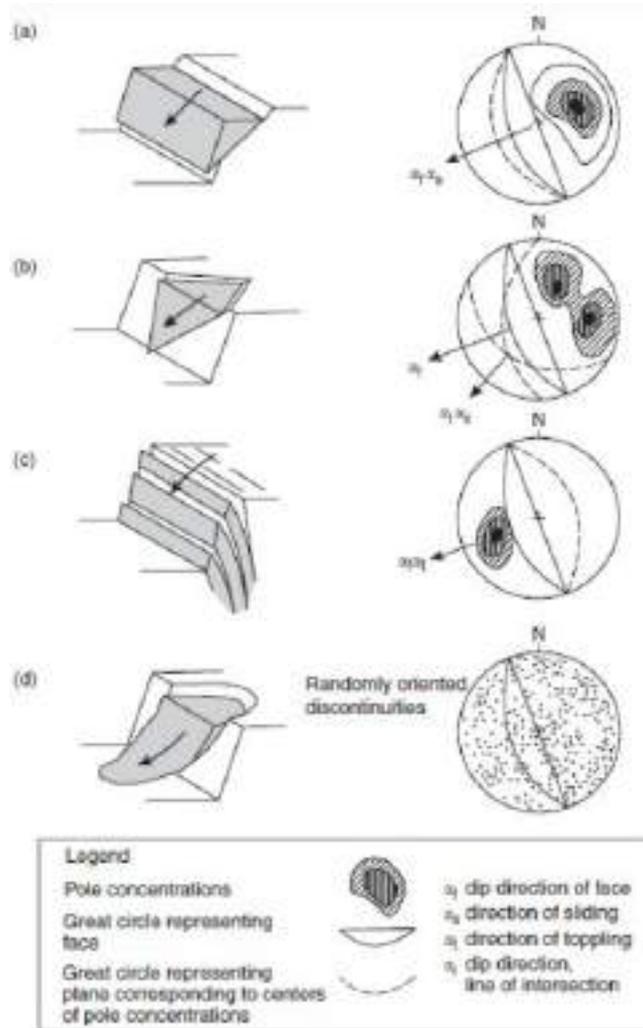


Figura 16. Principali tipi di deformazioni gravitative su versanti in roccia (Hoek and Bray, 1981).

A supporto del rilievo è stato utilizzato lo sclerometro, come strumento non distruttivo, regolato dalla norma UNI EN 12504 – 2. Le indagini sclerometriche permettono, attraverso una taratura dello strumento, di ottenere una stima della resistenza a compressione del materiale. Esse sono finalizzate alla determinazione della resistenza dell'ammasso roccioso tramite misura della durezza superficiale, mediante valutazione del rimbalzo di una sfera metallica contenuta in apposito cilindro cavo. Come indicato nelle norme di riferimento, l'indice di rimbalzo deve essere valutato come la media di una serie di misure eseguite nella stessa area di indagine (e non sullo stesso identico punto fisico). Su ogni faccia delle superfici di materiale indagate vanno eseguite

almeno n°10 misurazioni (o battute) non sovrapposte e distanti non meno di 25 mm tra loro o dal bordo di eventuali difetti superficiali presenti, preventivamente localizzati. Successivamente può essere individuato un valore medio o selezionati dei valori rappresentativi. Il risultato della prova è fornito dall'indice che compare sulla scala graduata dello sclerometro, il quale si riferisce al massimo valore del rimbalzo della massa, e corrisponde all'indice "r" se la misura è condotta su roccia allo stato naturale o all'indice "R" (rebound number o rebound strength) se la misura è stata eseguita su superficie levigata e ripulita dall'alterazione superficiale con una pietra abrasiva.

La determinazione della resistenza a compressione del materiale si basa sull'utilizzo di curve di correlazione, emanate dal costruttore dello strumento, le quali mettono in relazione l'indice di rimbalzo (r o R) letto sullo sclerometro con la resistenza a compressione. Le curve sono diverse e vanno scelte a seconda dell'orientazione (rispetto al piano orizzontale) dello strumento e di conseguenza del giunto su cui si è svolta la misura (durante la prova lo strumento va sempre spinto perpendicolarmente alla superficie).

Nello specifico lo strumento utilizzato è lo sclerometro per roccia della Proceq (original Schmidt), certificato secondo lo standard ISO 9001:2015 e realizzato in accordo con la taratura Original Schmidt (ISO/DIS 8045, EN 12 504-2, ENV 206, ASTM D5873, ASTM C805).

Di seguito, le relazioni utilizzate per correlare le misure degli indici di rimbalzo ottenuti con lo sclerometro ai valori di resistenza a compressione semplice espressi in N/mm².

ORIENTAZIONE SCLEROMETRO	0°	90°	-90°
Correlazione utilizzata	$0.0232 \cdot R^{2.2637}$	$0.0074 \cdot R^{2.5172}$	$0.0775 \cdot R^{1.9823}$

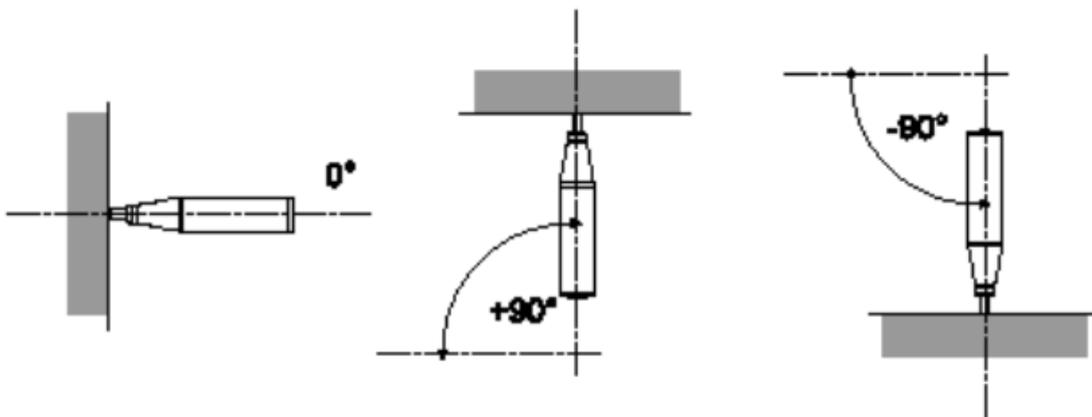


Figura 17. Indicazione orientamento sclerometro (martello di Schmidt).

La prova sclerometrica non va intesa come un'alternativa per la determinazione della resistenza a compressione del materiale roccioso ma, con una opportuna correlazione, può fornire una stima della resistenza in sito. Si ravvisa che negli ammassi rocciosi lo stato di sollecitazione locale è quello di "elementi confinati" e quindi pluriassiali, sicché per una corretta interpretazione degli indici sclerometrici, occorre, in generale, disporre di ulteriori curve di correlazione tra gli stati tensionali mono e pluriassiali.

4.1. Stazione di rilievo n.1

La stazione di rilievo n.1 prevede una linea di scansione di lunghezza pari a 5.0 m. Di seguito si riporta la tabella con i dati strutturali rilevati:

TIPO	IMMERSIONE	INCLINAZIONE	SPAZIATURA (cm)	PERSISTENZA (cm)	APERTURA (mm)	RIEMPIMENTO	RUGOSITA'
S	180	45	20 – 40	10 – 20	5 – 10	-	10
S	190	40	10 – 15	20 – 40	2 – 5	Incoerente	12
S	175	42	20 – 40	20 – 40	2 – 5	Incoerente	10
S	200	50	15 – 25	20 – 40	5 – 10	-	8
K1	350	60	30 – 40	10 – 20	2 – 5	Argilloso	14
K1	355	65	20 – 40	10 – 20	1 – 5	-	12
K1	0	62	30 – 50	15 – 25	1 – 5	-	14
K2	45	47	30 – 50	10 – 20	2 – 5	-	12
K2	40	42	20 – 40	20 – 40	5 – 10	Argilloso	14
K2	52	50	20 – 40	10 – 20	5 – 10	-	10

Di seguito vengono riassunti in formato tabulare i valori dell'indice di rimbalzo del martello di Schmidt e di resistenza a compressione, ricavati tramite le correlazioni esposte nei precedenti capitoli. È stato ricavato un valore medio per ciascuna famiglia di discontinuità. Utilizzando l'indice *r* è stata ottenuta la resistenza a compressione del giunto alterato (JCS), mentre con l'indice *R* si è ricavata la resistenza a compressione della roccia (UCS). I dati sono riferiti alla porzione più superficiale dell'ammasso roccioso, alterata e fratturata.

TIPO	INDICE DI RIMBALZO (Schmidt)		JCS	UCS
	Superficie alterata (<i>r</i>)	Superficie non alterata (<i>R</i>)	MPa	MPa
S	40, 42, 38, 30, 34, 40, 26, 44, 40, 24	44, 42, 44, 46, 50, 52, 48, 30, 32, 34	76	111
K1	28, 30, 32, 34, 36, 36, 32, 30, 28, 28	30, 32, 30, 36, 34, 32, 42, 40, 42, 36	57	74
K2	30, 30, 32, 28, 28, 36, 36, 34, 32, 30	32, 34, 28, 28, 26, 30, 34, 36, 38, 40	58	62

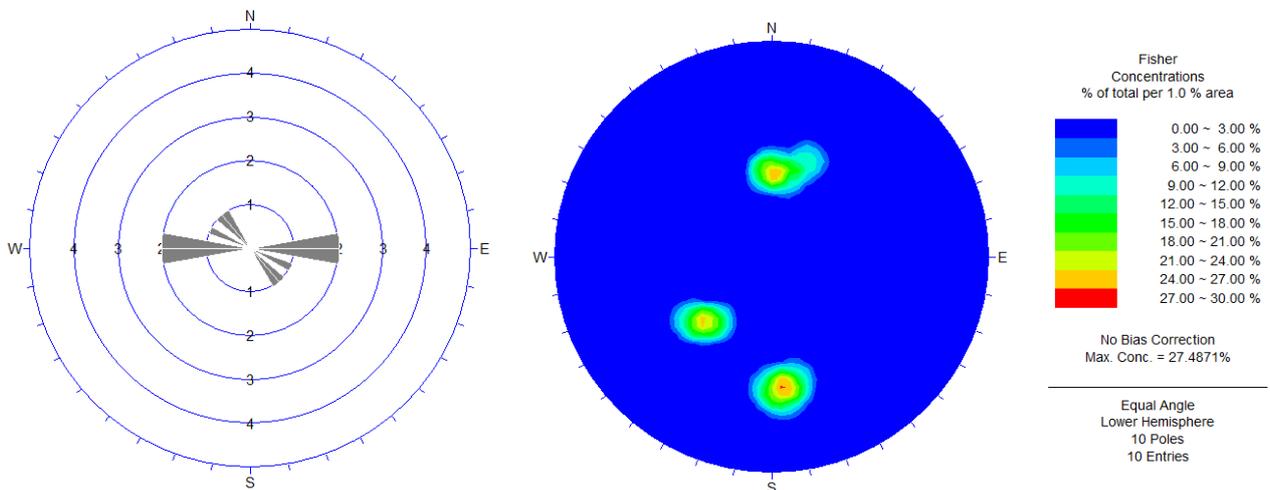


Figura 18. A sinistra la rappresentazione della direzione di strike delle fratture intercettate, a destra il reticolo polare di Schmidt.

4.2. Stazione di rilievo n.2

La stazione di rilievo n.2 prevede una linea di scansione di lunghezza pari a 5.0 m. Di seguito si riporta la tabella con i dati strutturali rilevati:

TIPO	IMMERSIONE	INCLINAZIONE	SPAZIATURA (cm)	PERSISTENZA (cm)	APERTURA (mm)	RIEMPIMENTO	RUGOSITA'
S	330	21	2 – 5	10 – 20	2 – 5	Incoerente	14
S	320	20	5 – 10	10 – 20	1 – 5	-	12
S	305	15	5 – 10	20 – 50	1 – 5	-	10
S	312	26	20 – 30	20 – 50	2 – 5	Incoerente	12
K1	215	75	10 – 20	30 – 40	5 – 10	-	8
K1	200	70	20 – 30	10 – 20	5 – 10	-	8
K1	222	73	20 – 30	5 – 10	2 – 5	Incoerente	10
K2	45	78	30 – 40	5 – 10	2 – 5	Incoerente	12
K2	40	80	30 – 40	5 – 10	1 – 5	-	14
K2	35	71	30 – 40	5 – 10	1 – 5	-	12

Di seguito vengono riassunti in formato tabulare i valori dell'indice di rimbalzo del martello di Schmidt e di resistenza a compressione, ricavati tramite le correlazioni esposte nei precedenti capitoli. È stato ricavato un valore medio per ciascuna famiglia di discontinuità. Utilizzando l'indice *r* è stata ottenuta la resistenza a compressione del giunto alterato (JCS), mentre con l'indice *R* si è ricavata la resistenza a compressione della roccia (UCS). I dati sono riferiti alla porzione più superficiale dell'ammasso roccioso, alterata e fratturata.

TIPO	INDICE DI RIMBALZO (Schmidt)		JCS	UCS
	Superficie alterata (<i>r</i>)	Superficie non alterata (<i>R</i>)	MPa	MPa
S	28, 28, 26, 28, 32, 26, 50, 34, 30, 36	30, 36, 38, 40, 38, 42, 26, 24, 28, 30	74	80
K1	26, 24, 28, 22, 26, 30, 32, 34, 36, 32	26, 24, 28, 28, 30, 32, 34, 42, 36, 40	47	59
K2	32, 30, 28, 28, 26, 22, 34, 32, 36, 32	32, 30, 28, 24, 24, 26, 40, 38, 34, 28	51	53

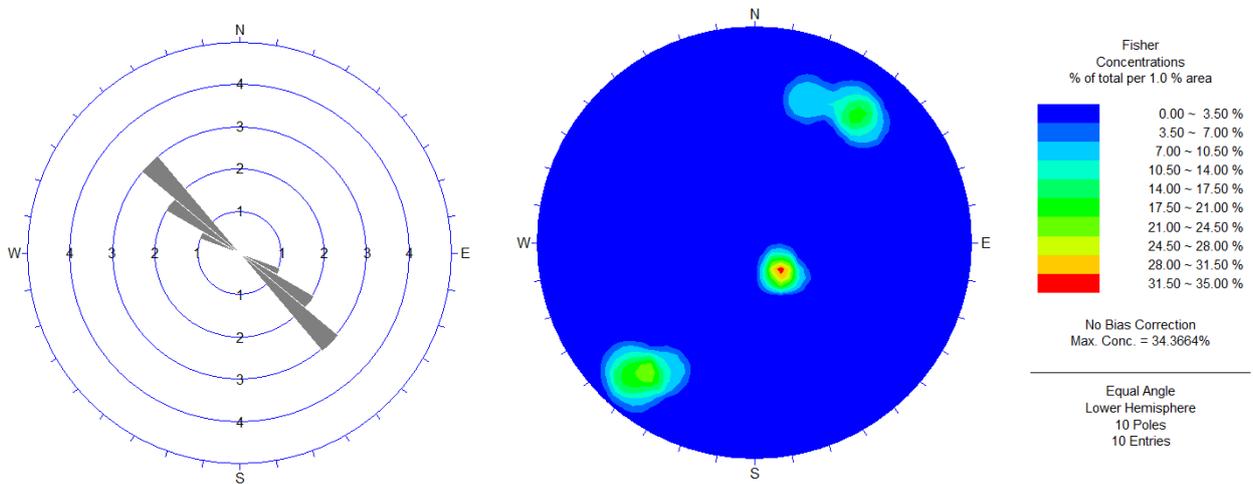


Figura 19. A sinistra la rappresentazione della direzione di strike delle fratture intercettate, a destra il reticolo polare di Schmidt.

4.3. Stazione di rilievo n.3

La stazione di rilievo n.3 prevede una linea di scansione di lunghezza pari a 7.0 m. Di seguito si riporta la tabella con i dati strutturali rilevati:

TIPO	IMMERSIONE	INCLINAZIONE	SPAZIATURA (cm)	PERSISTENZA (cm)	APERTURA (mm)	RIEMPIMENTO	RUGOSITA'
S	145	5	2 - 5	5 - 10	1 - 5	-	8
S	132	10	2 - 5	5 - 10	1 - 5	-	10
S	157	7	5 - 10	5 - 10	2 - 5	Argilloso	8
S	146	5	5 - 10	10 - 15	5 - 10	Argilloso	6
K1	30	75	5 - 10	10 - 15	10 - 20	-	8
K1	27	70	2 - 5	2 - 5	10 - 15	-	10
K1	39	72	5 - 10	2 - 5	2 - 5	Argilloso	12
K2	165	80	5 - 10	5 - 10	2 - 5	Argilloso	14
K2	170	84	15 - 20	5 - 10	5 - 10	Argilloso	10
K2	182	76	15 - 20	5 - 10	10 - 15	-	14

Di seguito vengono riassunti in formato tabulare i valori dell'indice di rimbalzo del martello di Schmidt e di resistenza a compressione, ricavati tramite le correlazioni esposte nei precedenti capitoli. È stato ricavato un valore medio per ciascuna famiglia di discontinuità. Utilizzando l'indice r è stata ottenuta la resistenza a compressione del giunto alterato (JCS), mentre con l'indice R si è ricavata la resistenza a compressione della roccia (UCS). I dati sono riferiti alla porzione più superficiale dell'ammasso roccioso, alterata e fratturata.

TIPO	INDICE DI RIMBALZO (Schmidt)		JCS	UCS
	Superficie alterata (r)	Superficie non alterata (R)	MPa	MPa
S	10, 12, 18, 16, 20, 22, 24, 18, 16, 10	12, 12, 14, 20, 22, 18, 16, 14, 16, 26	13	14
K1	10, 12, 14, 10, 16, 18, 14, 20, 22, 18	16, 16, 12, 20, 20, 16, 14, 16, 14, 12	11	12
K2	10, 20, 10, 12, 14, 12, 14, 10, 18, 16	12, 14, 14, 16, 20, 24, 14, 12, 10, 10	9	10

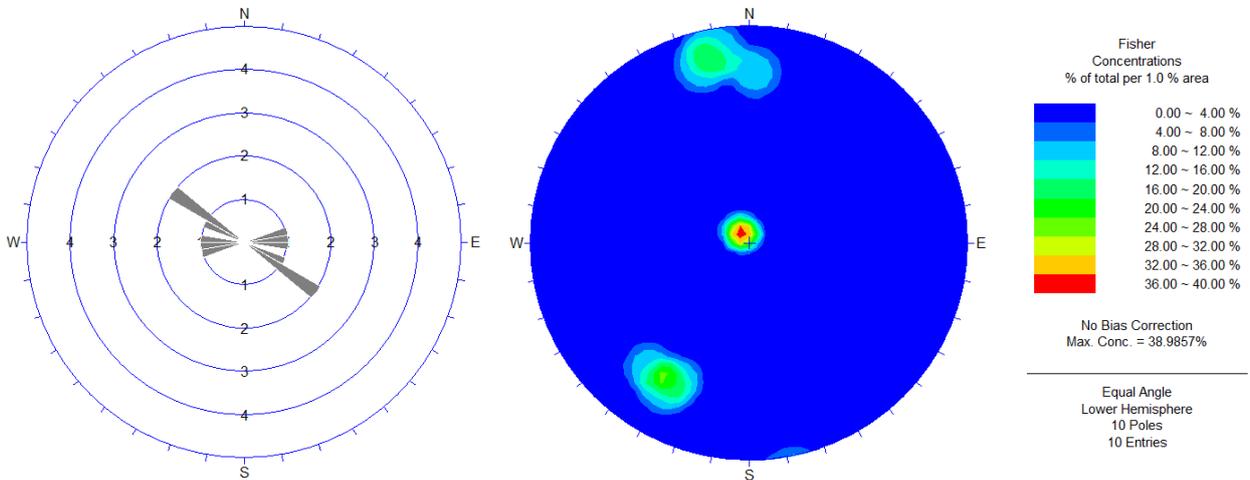


Figura 20. A sinistra la rappresentazione della direzione di strike delle fratture intercettate, a destra il reticolo polare di Schmidt.

5. Classificazioni geomeccaniche degli ammassi rocciosi

Le classificazioni tecniche degli ammassi rocciosi si sono sviluppate a partire dal 1879, anno in cui Ritter tentò di formalizzare un sistema empirico di classificazione finalizzato alla progettazione dei tunnel, in particolare per determinare in maniera rapida i più idonei interventi di sostegno. Le classificazioni più usate sono schemi multi-parametrici ottenuti a partire da un numero significativo di *case studies* in cui caratteristiche degli ammassi rocciosi, caratteristiche dei progetti, osservazioni tecniche e misure dirette sono stati correlati al fine di sviluppare relazioni empiriche tra caratteristiche degli ammassi rocciosi acquisibili tramite rilievi geomeccanici di dettaglio e qualità generale dell'ammasso roccioso.

Questi schemi di classificazione, creati per un grande numero di problemi ingegneristici, sono validi se applicati a condizioni simili a quelle per le quali sono stati sviluppati; se invece si utilizzano in diversi contesti geomeccanici ed ingegneristici occorre prestare maggiore cautela nel loro impiego. Come detto, sul campo è stato usato l'indice GSI per dare una prima stima della qualità degli ammassi rocciosi. Solo in un secondo tempo sono state impiegate altre classificazioni per caratterizzarli geomeccanicamente, ovvero: l'indice RQD (*Rock Quality Designation*, proposto da Deere et al. nel 1967), il metodo RMR (*Rock Mass Rating*, proposto da Bieniawski nel 1976 e aggiornato nel 1989), il Q-System (*Rock Tunneling Quality Index*, proposto da Barton et al. nel 1974), il metodo SMR (*Slope Mass Rating System*, proposto da Romana nel 1985).

5.1. RMR (Rock Mass Rating)

Il sistema di classificazione RMR (*Rock Mass Rating*) sviluppato da Z.T. Bieniawski nel 1973 è uno dei metodi più diffusi e consolidati per la valutazione della qualità di ammassi rocciosi, utilizzato principalmente nel campo dell'ingegneria geotecnica e mineraria. L'RMR si basa su una serie di parametri che caratterizzano l'ammasso roccioso, tra cui la resistenza della roccia, la qualità delle discontinuità, l'orientamento delle fratture, la presenza di acqua e la condizione dei giunti. Ogni parametro viene valutato con un punteggio specifico, che consente di ottenere un valore complessivo della qualità della roccia. Questo valore, compreso tra 0 e 100, permette di classificare l'ammasso roccioso in diverse categorie, utili per progettare scavi, tunnel, fondazioni e altre opere sotterranee. L'RMR è apprezzato per la sua semplicità e versatilità, offrendo agli ingegneri una guida pratica per prendere decisioni sulla stabilità e il comportamento degli ammassi rocciosi.

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, Bieniawsky) e con le dovute correzioni apportate da Romana nel 1985 lo *Slope Mass Rating* (SMR). 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 tabelle che seguono indicano i coefficienti numerici che vengono assegnati ai vari parametri.

5.2. Parametri della classificazione di Barton

5.2.1. Valore di A1

Il valore A1 si può ricavare sia da prove di laboratorio (Point Load Test), sia da prove di campagna mediante sclerometro o da prove speditive (Standard ISRM), definendo la resistenza a compressione uniassiale S_u . Di seguito sono elencate le varie casistiche per il calcolo del parametro.

La prova Point Load Test

La prova Point Load ha il vantaggio di essere portatile; da essa si deriva l'indice di carico puntuale I_s che viene correlato alla resistenza alla compressione uniassiale S_u mediante la relazione:

$$S_u = K I_s$$

K è un coefficiente moltiplicativo per il quale l'ISRM consiglia il valore 24, ma nella pratica si è evidenziato come tale valore non è univoco ma largamente variabile. Palmström suggerisce di variare K in funzione di I_s secondo lo schema seguente:

I_s (MPa)	K
< 3.5	14
3.5 – 6.0	16
6.0 – 10	20
> 10	25

Le prove sclerometriche

Il martello di Schmidt, noto come sclerometro, è ampiamente utilizzato come prova non distruttiva e volta a misurare la "durezza di rimbalzo" della roccia. Dalla prova si ricava l'indice di rimbalzo R che è possibile correlare alla resistenza alla compressione uniassiale mediante la relazione di Irfan e Dearman (1978):

$$S_u = 0.775 R + 21.3$$

Standard ISRM

In una fase preliminare delle indagini, mancando prove di campagna o di laboratorio, il valore di S_u può essere stimata osservando la risposta della roccia alla sua percussione con il martello da geologo. Dalla risposta della roccia si possono ricavare i seguenti valori:

La roccia si incide con l'unghia o si sbriciola con le mani	0.25 – 1 MPa
Si sbriciola sotto i colpi della punta, lastre sottili si rompono con facilità con le mani	1 – 5 MPa
La punta lascia deboli buchi, lastre sottili si rompono con forti pressioni delle mani	5 – 25 MPa
La roccia si frattura con un colpo	25 – 50 MPa
Si frattura dopo due – tre colpi	50 – 100 MPa
Si frattura solo dopo molti colpi	100 – 200 MPa
Si scheggia solamente	> 200 MPa

Definita la resistenza a compressione (S_u) è possibile ricavare il valore del primo parametro A1. Se si utilizzano prove Point Load o prove sclerometriche risulta più agevole, rispetto alle tabelle ed ai grafici proposte da Beniauskis, ricavare il valore di A1 trasformando i grafici in forma di equazioni:

VALORE DI S_u (MPa)	EQUAZIONE
≤ 44.5	$A_1 = \frac{4}{44.5} S_u + 1$
44.5 – 93.75	$A_1 = \frac{4}{49.25} S_u + 1.368$
93.75 – 140	$A_1 = \frac{3}{46.25} S_u + 2.919$

140 – 180	$A_1 = 0.0375S_u + 6.75$
180 – 240	$A_1 = 0.025S_u + 9$
> 240	$A_1 = 15$

Qualora si utilizzi lo Standard ISRM si usa la tabella proposta da Beniauskis nell'ultima versione del sistema (1989):

S_u (MPa)	> 250	100 – 250	50 – 100	25 – 50	5 – 25	1 – 5	< 1
Coefficiente A1	15	12	7	4	2	1	0

5.2.2. Valore di A2

Se si effettuano sondaggi è possibile ricavare il valore di RQD, da cui si ottiene il coefficiente A2, dal recupero di percentuale di carotaggio riferito alla somma degli spezzoni di carota con lunghezza maggiore o uguale a 100 mm:

$$RQD = \frac{\sum L_c}{L_t} \times 100$$

dove:

L_c = somma delle lunghezze degli spezzoni di carota > 100 mm

L_t = lunghezza totale del tratto in cui si è misurata L_c .

In mancanza di carote di sondaggio, RQD si ricava dal numero di famiglie di discontinuità caratterizzanti l'ammasso roccioso e dalla misura della loro spaziatura. Dalla relazione di Palmström (1982) si ha:

$$RQD = 115 - 3.3J_v$$

dove J_v è il numero di fratture per metro cubo di roccia.

In forma alternativa RQD si può ricavare dalla formula di Priest e Hudson (1981):

$$RQD = 100 e^{(0.1n)}(0.1n + 1)$$

con n numero medio di giunti per metro.

Calcolato RQD con uno di questi metodi, si ricava il coefficiente A2 mediante le equazioni, che derivano sempre dai grafici di Beniauskis:

VALORE DI RDQ (%)	EQUAZIONE
≤ 26.5	$A_2 = \frac{3}{26.6} RQD + 3$
26.5 – 39	$A_2 = \frac{2}{12.4} RQD + 1.71$
39 – 76.6	$A_2 = \frac{7}{37.6} RQD + 0.739$
> 76.6	$A_2 = \frac{5}{23.4} RQD - 1.367$

5.2.3. Valore di A3

Una volta calcolata la spaziatura media, cioè la distanza media tra due discontinuità adiacenti, è possibile ricavare il valore del coefficiente A3, mediante le seguenti relazioni:

SPAZIATURA (m)	EQUAZIONE
≤ 0.2	$A_3 = 15s + 5$
0.2 – 0.4	$A_3 = 10s + 6$
0.4 – 0.66	$A_3 = 7.752s + 5.9$
0.66 – 0.94	$A_3 = 7.067s + 7.35$
0.94 – 1.60	$A_3 = 6.07s + 8.288$
1.60 – 2.0	$A_3 = 15s + 10$
> 2.0	$A_3 = 20$

5.2.4. Valore di A4

Determinare dalle tavole di classificazione di Beniawsky il valore numerico relativo alla condizione delle discontinuità, invece, risulta molto soggettivo.

Perciò per valutare correttamente A4 conviene procedere sommando alcuni parametri numerici attribuibili alla persistenza del giunto, all'apertura del giunto, alla rugosità dello stesso, all'alterazione delle pareti, e al materiale di riempimento:

$$A_4 = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + V_5$$

I valori da assegnare sono:

V1 – Persistenza del giunto

PERSISTENZA (m)	V1
< 1.0	6
1 – 3	4
3 – 10	2
10 – 20	1
> 20	0

V2 – Apertura del giunto

APERTURA (mm)	V2
Completamente chiuso	6
< 0.1	5
0.1 – 1	4
1 – 5	1
> 5	0

V3 – Rugosità del giunto

RUGOSITA'	V3
Molto rugosa	6
Rugosa	5
Leggermente rugosa	3
Liscia	1
Levigata	0

V4 – Alterazione delle pareti

ALTERAZIONE	V4
Non alterate	6
Leggermente alterate	5
Mediamente alterate	3
Molto alterate	1
Decomposte	0

V5 – Riempimento delle discontinuità

RIEMPIMENTO (mm)	RIEMPIMENTO	V5
-	Assente	6
< 5	Compatto	4
> 5	Compatto	2
< 5	Soffice	2
> 5	Soffice	0

5.2.5. Valore di A5

Questo valore viene derivato dalle condizioni idrauliche riferite ad un fronte di 10 m. Dalle tabelle fornite da Beniauskis si ottiene:

Venute d'acqua su 10 m di lunghezza	Nessuna	< 10 l/min	10 – 25 l/min	25-125 l/min	> 125 l/min
Condizione	Asciutta	Umida	Bagnata	Deboli venute	Forti venute
Coefficiente A5	15	10	7	4	0

5.2.6. Valore di A6

Per l'orientamento delle discontinuità si applica un coefficiente di correzione A6, a seconda che si tratti di gallerie o fondazioni.

APPLICAZIONE	Molto favorevole	Favorevole	Mediocre	Sfavorevole	Molto sfavorevole
Gallerie	0	- 2	- 5	- 10	- 12
Fondazioni	0	- 2	- 7	- 15	- 25
Pendii	0	- 5	- 25	- 50	- 60

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	< 21
Classe	I	II	III	IV	V
Descrizione	Ottimo	Buono	Discreto	Scadente	Molto scadente

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

$$\text{coesione } c \text{ (kPa)} = 5 RMR_b$$

$$\text{angolo di attrito } \phi = 0.5 RMR_b + 5$$

$$\text{modulo di deformazione } E \text{ (GPa)} = 2 RMR_b - 100$$

Per quanto riguarda i versanti il coefficiente A_6 proposto da Beniawsky risulta troppo conservativo e pertanto nel calcolo di RMR si utilizza la metodologia proposta da Romana.

5.2.7. Metodo SMR (Slope Mass Rating, Romana 1985)

Romana propone di aggiungere al valore di RMR (di base), alcuni fattori di aggiustamento sulla base dell'orientamento relativo fra discontinuità e fronte del versante e aggiungere un ulteriore fattore che tiene conto del metodo di scavo:

$$SMR = RMR_b + (F_1 \cdot F_2 \cdot F_3) + F_4$$

Il primo fattore di aggiustamento è il prodotto di tre fattori:

- F_1 dipende dal parallelismo fra l'immersione del fronte e l'immersione dei giunti;
- F_2 è riferito all'inclinazione del giunto nell'ipotesi di rottura planare;
- F_3 mantiene le relazioni proposte da Beniawsky per l'inclinazione fra fronte e giunti;
- F_4 rappresenta un fattore di correzione legato al metodo di scavo ed è stato fissato empiricamente.

Le condizioni di stabilità verificate sono relative rotture planari e per ribaltamento (toppling); il metodo è stato esteso anche alle rotture a cuneo di recente da Anbalagan et al.. Sulla base della tabella che segue si attribuiscono i valori ai fattori:

ROTTURA	CINEMATISMO	CONDIZIONE				
		Molto favorevole	Favorevole	Mediocre	Sfavorevole	Molto sfavorevole
Planare Toppling Cuneo	$\alpha_j - \alpha_f$ $\alpha_j - \alpha_f - 180^\circ$ $\alpha_i - \alpha_f$	$> 30^\circ$	$30^\circ - 20^\circ$	$20^\circ - 10^\circ$	$10^\circ - 5^\circ$	$< 5^\circ$
F1		0.15	0.40	0.70	0.85	1.00
Planare Cuneo	β_j β_i	$< 20^\circ$	$20^\circ - 30^\circ$	$30^\circ - 35^\circ$	$35^\circ - 45^\circ$	$> 45^\circ$
F2		0.15	0.40	0.70	0.85	1.00
Toppling	F2	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Planare Cuneo	$\beta_j - \beta_f$ $\beta_i - \beta_f$	$> 10^\circ$	$10^\circ - 0^\circ$	0°	$0^\circ - (-10^\circ)$	$< -10^\circ$
Toppling	$\beta_j - \beta_f$	$< 110^\circ$	$110^\circ - 120^\circ$	$> 120^\circ$	-	-
F3		0	- 6	- 25	- 50	- 60

dove:

- α_j immersione del giunto;
- α_i immersione delle rette di intersezione di due piani per la rottura a cuneo;
- α_f immersione del fronte del versante;
- β_j inclinazione del giunto;
- β_i inclinazione della retta di intersezione di due piani per la rottura a cuneo;
- β_f inclinazione del fronte.

Il fattore F4 vale invece:

METODO DI SCAVO	F4
Scarpata naturale	15
Abbattimento con pretaglio	10
Abbattimento controllato	8
Abbattimento normale	0
Abbattimento non controllato	- 8

Calcolato il valore di SMR, si possono avere indicazioni generali, fornite da Romana, sul grado di stabilità della scarpata, sul tipo di cinematismo di rottura che si può instaurare e su quanto possano pesare eventuali interventi di stabilizzazione:

SMR	100 – 81	80 – 61	60 – 41	40 – 21	20 – 0
CLASSE	I	II	III	IV	V
DESCRIZIONE	Molto buona	Buona	Mediocre	Scadente	Molto scadente
STABILITA'	Sicuramente stabile	Stabile	Parzialmente stabile	Instabile	Sicuramente instabile
MODO DI ROTTURA	Assente	Possibili blocchi	Lungo piani o per cunei	Lungo piani o su grandi cunei	Su grandi piani o rototraslazionali
STABILIZZAZIONE	Nessuna	Occasionale	Sistematica	Estesa	Riprofilare la scarpata

5.3. Calcolo dei parametri della classificazione di Beniaowski

5.3.1. Stazione di rilievo n.1

Viene di seguito classificato l'ammasso roccioso sulla base dell'elaborazione dei dati rilevati.

Indice		Descrizione parametro	Valore	Valore attribuito
A1		Resistenza compressione uniassiale	82 MPa	8.3
A2		RDQ	30 %	6.6
A3		Spaziatura discontinuità	0.35 m	9.5
A4	V1	Persistenza del giunto	< 1 m	6
	V2	Apertura discontinuità	1 – 5 mm	1
	V3	Rugosità	Rugosa	5
	V4	Alterazioni delle pareti	Leggermente alterate	5
	V5	Riempimento delle discontinuità	> 5 mm, compatto	2
A5		Condizioni idrauliche	Asciutta	15
A6		Orientamento discontinuità (pendio)	Mediocre	-25
			RMR_b	58.4

Indice RMR _c	Classe	Descrizione	Coesione c (kPa)	Angolo di attrito ϕ (°)
33.4	IV	Scadente	292	34



Figura 21. a) Panoramica dell'affioramento, b) dettaglio di un'area di rilievo in SG1.

5.3.2. Stazione di rilievo n.2

Viene di seguito classificato l'ammasso roccioso sulla base dell'elaborazione dei dati rilevati.

Indice		Descrizione parametro	Valore	Valore attribuito
A1		Resistenza compressione uniassiale	64 MPa	7.1
A2		RDQ	23 %	5.6
A3		Spaziatura discontinuità	0.25 m	8.5
A4	V1	Persistenza del giunto	< 1 m	6
	V2	Apertura discontinuità	1 - 5 mm	1
	V3	Rugosità	Rugosa	5
	V4	Alterazioni delle pareti	Mediamente alterate	3
	V5	Riempimento delle discontinuità	> 5 mm, compatto	2
A5		Condizioni idrauliche	Asciutta	15
A6		Orientamento discontinuità (pendio)	Mediocre	-25
			RMR_b	53.2

Indice RMR _c	Classe	Descrizione	Coesione c (kPa)	Angolo di attrito ϕ (°)
28.2	IV	Scadente	266	32

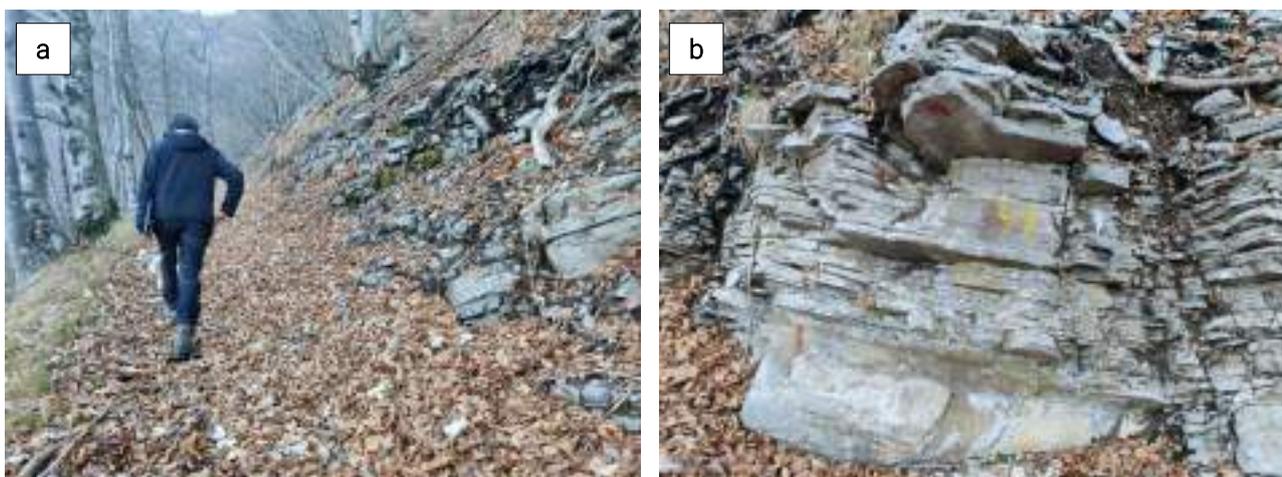


Figura 22. a) Panoramica dell'affioramento, b) dettaglio di un'area di rilievo in SG2.

5.3.3. Stazione di rilievo n.3

Viene di seguito classificato l'ammasso roccioso sulla base dell'elaborazione dei dati rilevati.

Indice		Descrizione parametro	Valore	Valore attribuito
A1		Resistenza compressione uniassiale	12 MPa	3.8
A2		RDQ	10 %	4.1
A3		Spaziatura discontinuità	0.05 m	5.75
A4	V1	Persistenza del giunto	< 1 m	6
	V2	Apertura discontinuità	1 – 5 mm	1
	V3	Rugosità	Rugosa	5
	V4	Alterazioni delle pareti	Molto alterate	1
	V5	Riempimento delle discontinuità	> 5 mm, soffice	0
A5		Condizioni idrauliche	Umida	10
A6		Orientamento discontinuità (pendio)	Sfavorevole	-50
			RMR_b	36.65

Indice RMR _c	Classe	Descrizione	Coesione c (kPa)	Angolo di attrito ϕ (°)
< 21	V	Molto scadente	183	23

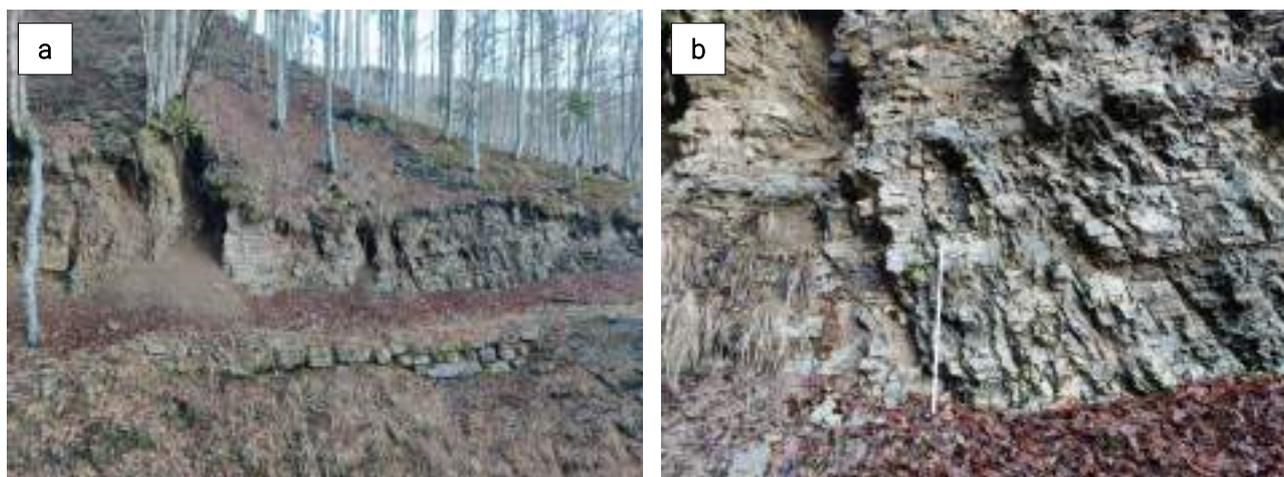


Figura 23. a) Panoramica dell'affioramento, b) dettaglio di un'area di rilievo in SG3.

5.4. Geological Strength Index (GSI)

Per eseguire una corretta verifica di stabilità è necessario valutare il comportamento tenso – deformativo degli ammassi rocciosi attraverso un approccio del continuo, così da ricavare loro le proprietà meccaniche del mezzo continuo "equivalente" (es. parametri di resistenza e deformabilità), il più possibile realistici rispetto alle caratteristiche lito-strutturali reali.

La determinazione delle proprietà meccaniche globali di rocce attraversate da discontinuità rimane una delle problematiche maggiori nel campo della meccanica delle rocce. Questo è dovuto ai numerosi parametri che possono influenzare la resistenza e deformabilità di un ammasso roccioso ad alla impossibilità di tenerne conto nell'ambito di prove in laboratorio e a fattori di scala. Al fine di superare tali problematiche, Hoek et al. (1995, 2002) hanno messo a punto un sistema di descrizione e classificazione degli ammassi rocciosi basato sulla caratterizzazione della struttura dell'ammasso e delle condizioni delle discontinuità.

Tale sistema, che consente la valutazione dell'indice quantitativo "Geological Strength Index" (GSI), è stato sviluppato a supporto della parametrizzazione degli ammassi rocciosi tramite l'approccio di Hoek e Brown (1980, 1997). Esso utilizza le proprietà della roccia intatta e fratturata per determinare/stimare la deformabilità e resistenza dell'ammasso roccioso. I valori di GSI possono essere attribuiti basandosi esclusivamente sulla

descrizione geologica dell'affioramento senza dover raccogliere specifici dati, che in alcuni casi risulterebbe complicato e oneroso.

La classificazione GSI è basata esclusivamente sulla descrizione di due fattori: la struttura dell'ammasso e le condizioni delle superfici delle discontinuità. Tali aspetti possono essere descritti e parametrizzati utilizzando una semplice tabella, che consente l'attribuzione di valori di GSI alle diverse situazioni. Il GSI è stato per ogni stazione di rilevamento lungo il percorso. I dati raccolti sono stati informatizzati ed analizzati statisticamente per studiare la variabilità e l'andamento dei valori in funzione della localizzazione e del dominio geomeccanico di appartenenza. Nella tabella seguente sono riportate le statistiche generali.

	Struttura	Condizioni delle superfici	GSI
SG1	Blocky-Disturbed-Seamy / Blocky	Fair	37 – 57
SG2	Blocky-Disturbed-Seamy / Blocky	Fair	37 – 52
SG3	Disintegrated / Blocky-Disturbed-Seamy	Poor / Fair	25 – 37

Nella **Figura 24** sono riportati i valori medi di GSI per stazione; in questo modo è possibile visualizzare le maggiori differenze e la distribuzione generale.

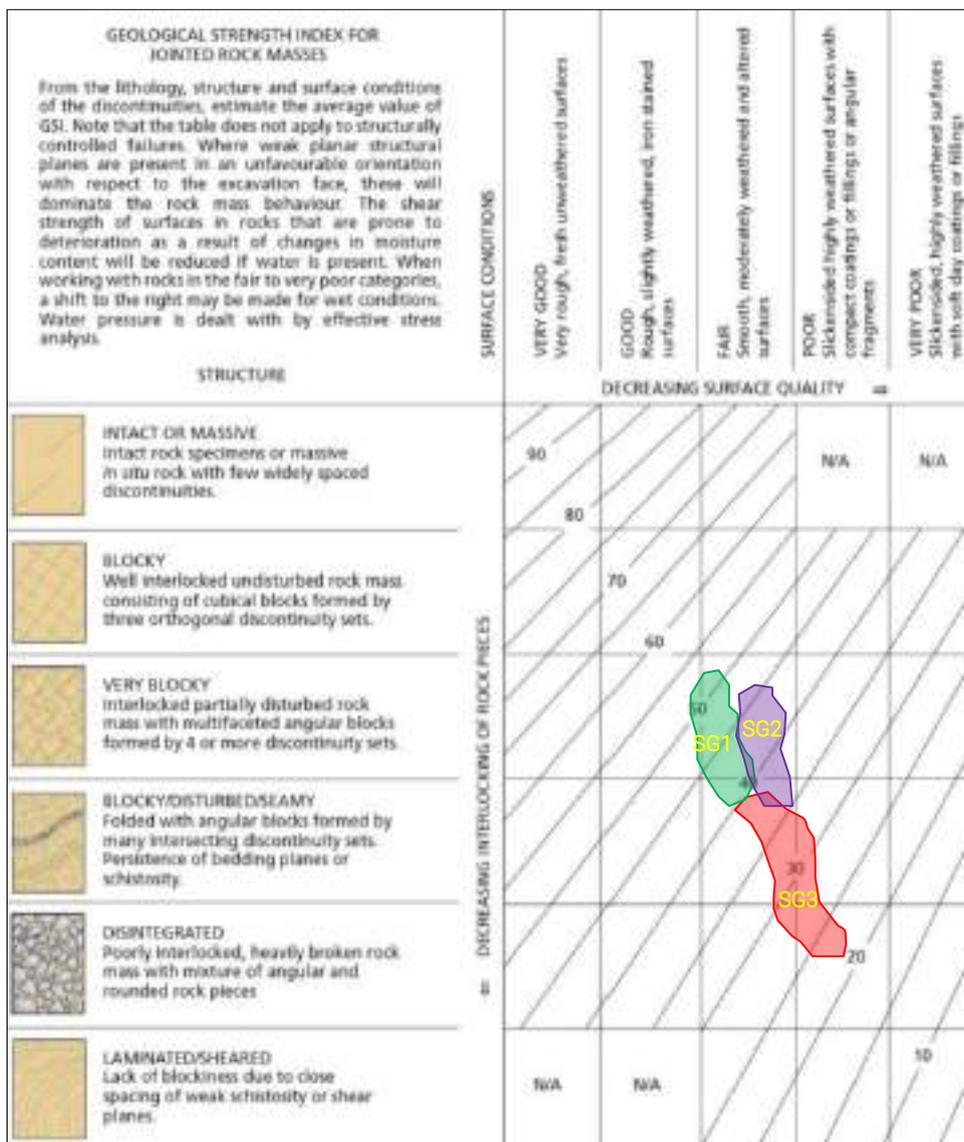


Figura 24. Grafico per la determinazione dell'indice GSI con l'indicazione della stazione di rilievo.

6. Sismicità dell'area

Con Ordinanza n. 3274/2003⁵ e recepimento a livello regionale con il DGR 845/2010⁶ i Comuni di Preone e Socchieve (UD) sono stati inseriti in **zona sismica 2** ($0.175 < a_g \leq 0.25$) (Figura 25).

In merito alla pericolosità di base (Ordinanza n. 3519/2006⁷, ripresa nell'Allegato A del D.M. 17/01/2018) il sito oggetto dell'intervento risulta compresa tra punti con accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A come definita al § 3.2.2 delle NTC 18)) di $a_g = 0.225 - 0.250$ g (cod. ID 8760, 8538 e 8539) e di $a_g = 0.250 - 0.275$ g (cod. ID 8761) (Figura 26).

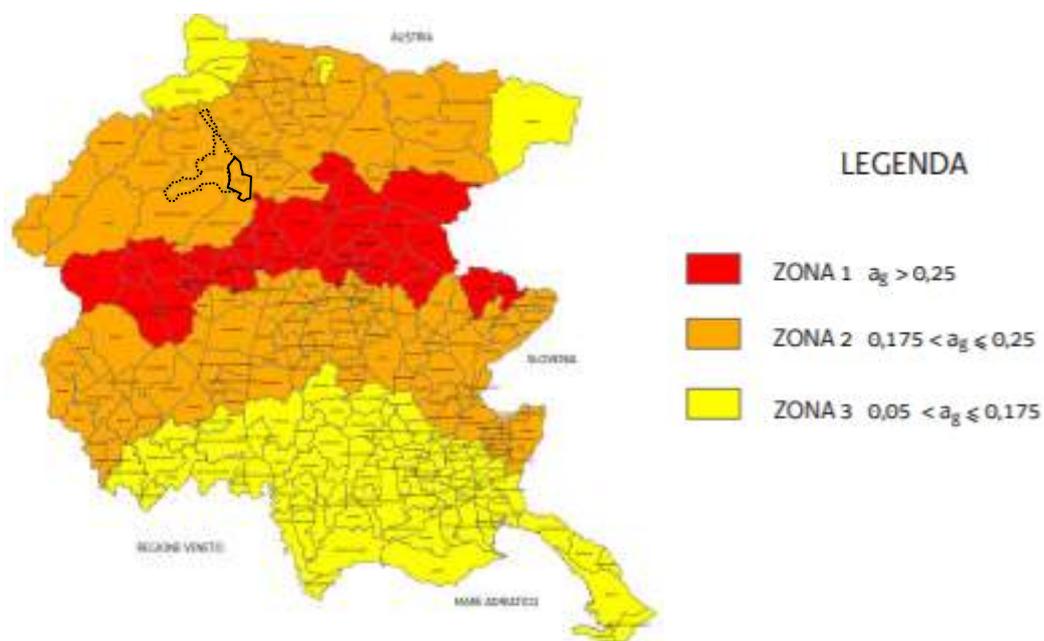


Figura 25. Estratto (fuori scala) della Classificazione del territorio del Friuli-Venezia Giulia (da Allegato alla Delibera della Giunta Regionale n.845 del 6 maggio 2010, B.U.R. n.20 del 19 maggio 2010).

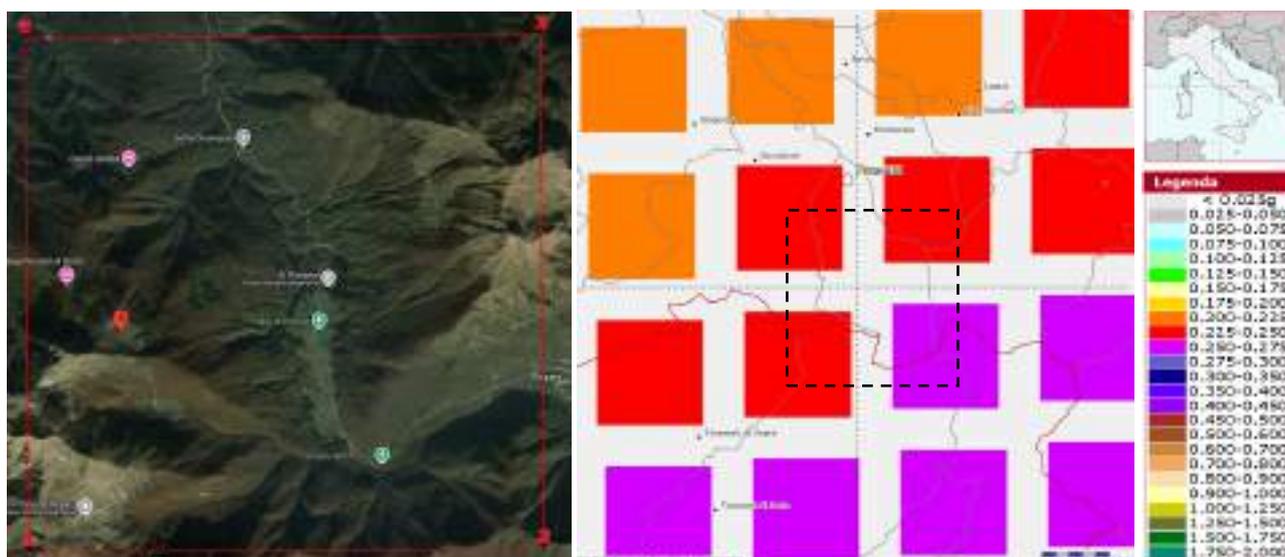


Figura 26. Vertici della maglia di appartenenza (a_g) in riferimento all'Ordinanza n.3519/2006.

⁵ Ordinanza n. 3274 del 20.03.2003 della Presidenza del Consiglio dei Ministri (Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica).

⁶ D.G.R. 845 del 6/5/2010 "classificazione delle zone sismiche e indicazione delle aree di alta e bassa sismicità".

⁷ Ordinanza n. 3519 del 28.04.2006 della Presidenza del Consiglio dei ministri (Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone).

Sito	ID	Latitudine	Longitudine
Sito 1	8760	46.3332°	12.8393°
Sito 2	8761	46.3336°	12.9116°
Sito 3	8539	46.3835°	12.9111°
Sito 4	8538	46.3832°	12.8388°

Tabella 1. Riferimenti geografici dei vertici della maglia di appartenenza rappresentata in **Figura 26**. I dati sono stati ottenuti dalla geoapp di geostru.

La verifica a liquefazione viene omessa in quanto le litologie in esame non rientrano fra quelle sensibili al fenomeno. Dal punto di vista morfologico, la stessa zona risulta prossima a orli di scarpata tali da provocare un'amplificazione sismica.

Sulla base dei rilievi svolti, delle informazioni in possesso della scrivente, in ottemperanza alla normativa vigente (DM 17/01/2018), i terreni di fondazione lungo il tracciato in esame possono essere inseriti nella **categoria di sottosuolo E** (Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m) e nella **categoria di sottosuolo A** (Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m) e, per quanto riguarda le condizioni topografiche, nella **categoria T1** (Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$) e nella **categoria T2** (Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$).

Categoria di sottosuolo	A – E
Categoria topografica	T1 - T2

Nella **Figura 27** viene fornita un'indicazione generale, sul tracciato in progetto, della categoria di sottosuolo e topografica in cui potrebbero ricadere i terreni di fondazione. **Se si ritiene necessario un maggior approfondimento per la realizzazione di opere specifiche, si dovranno verificare puntualmente le suddette categorie mediante l'esecuzione di opportune indagini.**

Dal punto di vista normativo la viabilità in progetto rientra in **Classe II – Cu=1.0** (Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in classe d'uso III o in classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti) e di Vita nominale V_N pari a 50 anni, come definiti dalle NTC 2018. La Vita nominale deve comunque essere stabilita in fase progettuale ed i valori minimi di V_N da adottare per i diversi tipi di costruzione sono riportati in Tab. 2.4.I al § 2.4.1 delle NTC 18 (per costruzioni con livelli di prestazioni ordinari in valore minimo è di 50 anni).

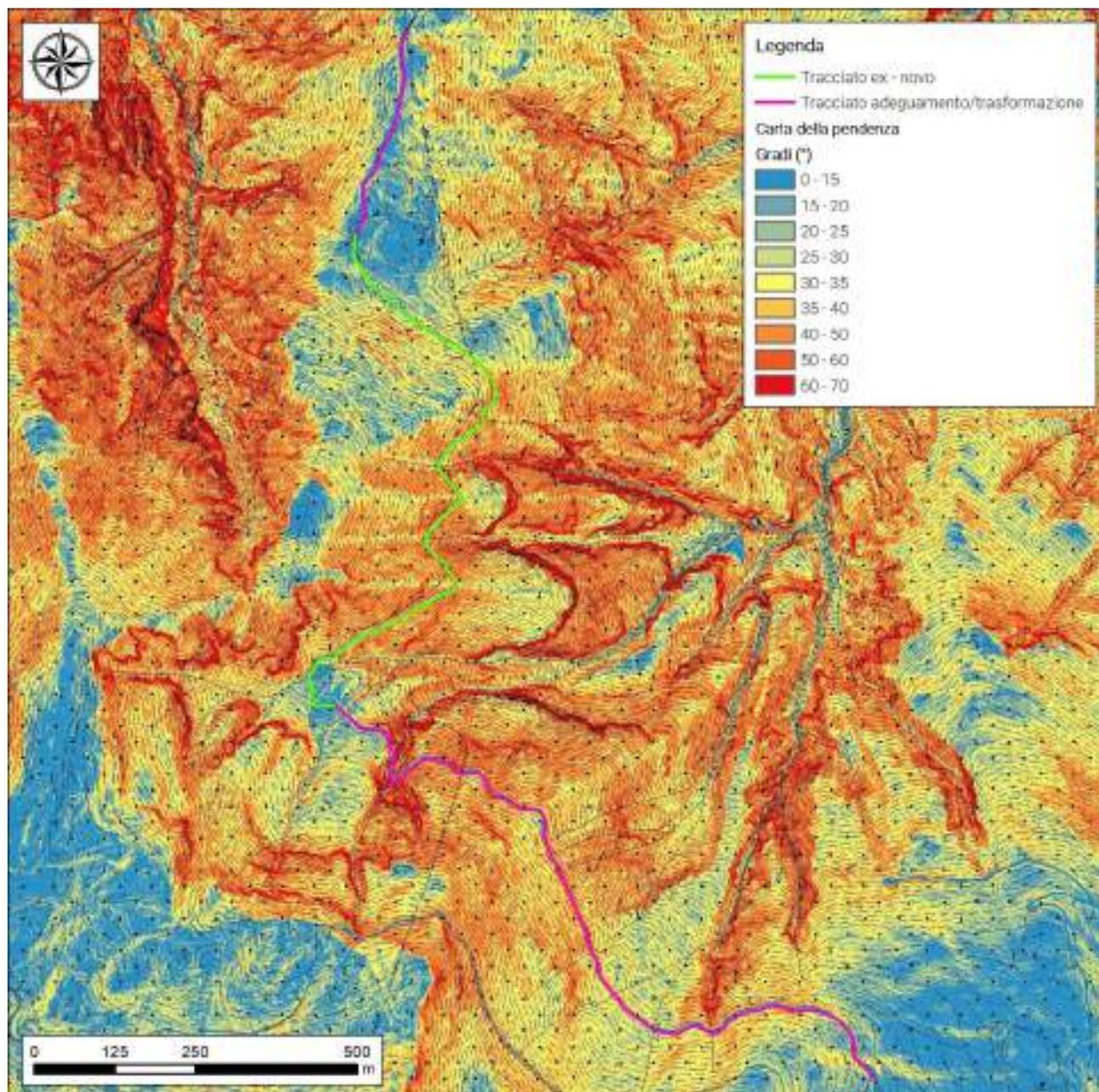


Figura 27. Estratti in scala 1:10 000 della carta delle pendenze per l'area interessata dai lavori, da cui è possibile dedurre la categoria topografica.

7. Aspetti geologico-tecnici

7.1. Caratterizzazione geotecnica dei terreni

Il progetto consiste nella realizzazione di una strada forestale denominata "Plan Vidal - Sieluta" nei territori comunali di Preone e Socchieve (UD). L'intervento di progetto di nuova realizzazione interessa il tratto compreso tra le sezioni 9 e 36 per una lunghezza di 1095.10 m e prevede la costruzione secondo parametri tecnici realizzativi di una viabilità camionabile principale di secondo livello. L'intervento di progetto di adeguamento interessa due tratti e rispettivamente quello dalla sezione 0 alla sezione 9 per 346.30 m e quello dalla sezione 36 alla sezione 60 per 1267.41 m per un totale di 1613.71 m. Gli interventi di adeguamento prevedono fondamentalmente la modifica di alcuni brevi tratti attualmente caratterizzati da una pendenza trasversale eccessiva e la modifica della larghezza dagli attuali 3.00 m a 3.50 m. Complessivamente il progetto interessa una infrastruttura viaria di 2708.81 metri.

L'area presenta ampie coperture quaternarie di origine eluvio - colluviale (UL01) che si estendono su tutta l'area di indagine, con spessori variabili e generalmente esigui (tra 0.1 e 1.5 metri). Queste coperture sono generalmente in contatto diretto con il substrato roccioso appartenente al Calcarea del Dachstein (UL03) e del Calcarea di Chiampomano (UL02).

Data la variabilità dell'andamento del substrato roccioso e delle loro caratteristiche geomeccaniche - geotecniche, si forniscono di seguito dei valori medi relativi ai depositi quaternari e dell'ammasso roccioso (UL02 e UL03). Per quanto riguarda la caratterizzazione geotecnica dei terreni, ci si è basati essenzialmente sull'analisi dei tagli artificiali e naturali: in tal modo si è potuto ricostruire la stratigrafia dell'area, utilizzando poi le caratteristiche tipiche dei terreni incontrati attribuendone dei valori desunti da prove effettuate dalla scrivente su terreni in situazioni geologiche analoghe. In considerazione della natura decisamente eterogenea dei depositi sciolti risulta comunque piuttosto problematico individuare dei valori precisi per i loro parametri geotecnici.

Unità litotecnica UL01

DESCRIZIONE: <i>Depositi eluvio - colluviali: ghiaia e ciottoli in matrice limo - sabbiosa</i>		
ϕ'	Angolo di attrito interno	32° - 34°
c'	Coazione efficace	0.04 - 0.08 kg/cm ²
c_u	Coazione non drenata	- kg/cm ²
γ	Peso di volume insaturo	18.5 - 19.5 kN/m ³
E_{ed}	Modulo edometrico	300 - 350 kg/cm ²
k	Coefficiente di permeabilità	10 ⁻⁶ - 10 ⁻⁷ m/s

Unità litotecnica UL02

DESCRIZIONE: <i>Substrato roccioso fratturato ed alterato (Calcarea di Chiampomano)</i> <i>Failure Envelope Range: General</i>		
γ	Peso di volume della roccia intatta	24.0 kN/m ³
σ_c	Resistenza a compressione (media)	12 MPa
GSI	<i>Geological Strength Index</i> (medio)	25 - 37
σ_{cm}	Resistenza a compressione monoassiale della massa rocciosa	1.08 MPa
T_m	Resistenza a trazione	-0.005 MPa
E_m	Modulo elastico	822 MPa
C_m	Coazione	183 kPa
Φ_m	Angolo di attrito	23.0°

Unità litotecnica UL03

DESCRIZIONE: <i>Substrato roccioso fratturato ed alterato (Dolomia di Forni)</i> <i>Failure Envelope Range: General</i>			
γ	Peso di volume della roccia intatta	25.0	kN/m ³
σ_c	Resistenza a compressione (media)	64 – 82	MPa
GSI	<i>Geological Strenght Index</i> (medio)	37 – 57	
σ_{cm}	Resistenza a compressione monoassiale della massa rocciosa	2.5	MPa
T_m	Resistenza a trazione	-0.062	MPa
E_m	Modulo elastico	3785	MPa
C_m	Coesione	260 – 290	kPa
Φ_m	Angolo di attrito	32° - 34°	

Si ritiene che i dati forniti siano adeguati alla verifica di stabilità globale del pendio in relazione alla realizzazione della strada forestale, poiché sono previsti sbancamenti e scavi principalmente su terreno roccioso lungo il percorso. Tuttavia, i diversi affioramenti rocciosi posti a monte del tracciato della strada, secondo le osservazioni sul campo, presentano un potenziale rischio di caduta massi che potrebbe interessare la strada stessa. Pertanto, si è considerato necessario condurre un'analisi più dettagliata dei parametri relativi alla formazione rocciosa, specialmente considerando possibili interventi di consolidamento per garantire la sicurezza. Attraverso i rilievi effettuati, è stato possibile individuare le principali discontinuità e studiarne i cinematismi di rottura, in relazione all'orientazione del versante ed al tracciato previsto della strada.

Dalle analisi è emerso che i tagli naturali lungo la viabilità presentano diversi meccanismi di rottura, come sintetizzato nella tabella di seguito. In particolare, nelle stazioni geomeccaniche SG1 e SG2 i meccanismi principali di rottura sono riconducibili al ribaltamento diretto e rottura cuneiforme e sono caratterizzati dalla presenza della Dolomia di Forni, mentre nella stazione geomeccanica SG3 caratterizzata dal Calcare di Chiampomano, si registrano prevalentemente due meccanismi di rottura, il primo dovuto alla rottura planare lungo la discontinuità di strato e la seconda dovuta a rottura cuneiforme tra le discontinuità K1 e K2.

Di seguito si forniscono le caratteristiche principali ed i parametri geomeccanici - geotecnici lungo le discontinuità precedentemente illustrate, utili al dimensionamento delle opere:

Stazione geomeccanica	SG1	SG2	SG3
Cinematismo di rottura principale	Rottura cuneiforme	Rottura cuneiforme (K1 – K2) Ribaltamento (S)	Rottura planare (S) Rottura cuneiforme (K1 – K2)
Discontinuità interessata dal cinematismo di rottura	S – K2 K1 – K2	K1 – K2 S	S K1 – K2
Inclinazione media (<i>i</i>) della famiglia di discontinuità	<i>i</i> = 44° (S) <i>i</i> = 62° (K1) <i>i</i> = 46° (K2)	<i>i</i> = 21° (S) <i>i</i> = 73° (K1) <i>i</i> = 76° (K2)	<i>i</i> = 7° (S) <i>i</i> = 72° (K1) <i>i</i> = 80° (K2)
Coesione (c)	c = 0 kPa	c = 0 kPa	c = 0 kPa
Angolo di attrito (Φ)	Φ = 34°	Φ = 32°	Φ = 23°

7.2. Scavi provvisionali

Si ricorda che, in base a quanto disposto al punto 6.8.6.2 del D.M. 17/01/2018, “[...] per scavi in trincea a fronte verticale di altezza superiore ai 2.0 m, nei quali sia prevista la permanenza di operai, e per scavi che ricadano in prossimità di manufatti esistenti, deve essere prevista una armatura di sostegno delle pareti di scavo”.

È perciò necessario eseguire gli scavi con adeguate pendenze eventualmente ricorrendo ad opere di sostegno provvisorie, ad ogni modo con l'accorgimento di proteggere con teli impermeabili i fronti di scavo lasciati temporaneamente liberi. Per gli stessi lavori di sbancamento è sufficiente un normale escavatore, fatta salva la necessità di ricorrere ad un mezzo meccanico munito di martello demolitore per la riduzione di volume di eventuali blocchi di grosse dimensioni e del substrato roccioso.

8. Conclusioni

Le indagini e lo studio effettuato hanno avuto come scopo quello di conoscere la geologia e la geomorfologia dell'area, nonché la parametrizzazione fisica e geotecnica dei terreni del sito nel quale sono previsti degli interventi realizzazione di una viabilità forestale denominata "Plan Vidal - Sieluta" nei territori comunali di Preone e Socchieve (UD). L'intervento di progetto di nuova realizzazione interessa il tratto compreso tra le sezioni 9 e 36 per una lunghezza di 1095.10 m e prevede la costruzione secondo parametri tecnici realizzativi di una viabilità camionabile principale di secondo livello. L'intervento di progetto di adeguamento interessa due tratti e rispettivamente quello dalla sezione 0 alla sezione 9 per 346.30 m e quello dalla sezione 36 alla sezione 60 per 1267.41 m per un totale di 1613.71 m. Gli interventi di adeguamento prevedono fondamentalmente la modifica di alcuni brevi tratti attualmente caratterizzati da una pendenza trasversale eccessiva e la modifica della larghezza dagli attuali 3.00 m a 3.50 m. Complessivamente il progetto interessa una infrastruttura viaria di 2708.81 metri.

Lo studio si è sviluppato con un attento e dettagliato rilevamento di campagna volto a definire le caratteristiche generali e particolari dell'area, con l'individuazione delle caratteristiche idrogeologiche e l'eventuale presenza di falde idriche superficiali. Da quanto emerso dalle indagini effettuate, si può asserire che i dati acquisiti siano sufficienti per poter responsabilmente estrapolare quanto necessario alla fase progettuale dell'opera in progetto.

Preso in considerazione quanto detto, viste le caratteristiche geologiche ed idrogeologiche del sito, non si riscontrano specifiche pregiudiziali alla realizzazione degli interventi previsti dal progetto, fatte salve le prescrizioni sopra riportate e di cui dovrà tener conto in modo particolare la relazione di progetto, come prescritta al 6.2.2 del D.M. 17/01/2018, non interagendo né direttamente né indirettamente con il contesto in cui si inseriscono, sotto il profilo geologico, secondo quanto previsto dalla normativa vigente.

Si consiglia altresì:

- Livellare ed inghiaiare con materiale arido il tracciato di nuova apertura. L'inghiaiatura su terreni prevalentemente fini (limi sabbiosi) dovrà essere adeguatamente potenziata prevedendo l'utilizzo di un manto di tessuto non tessuto a separazione fra il fondo naturale e il manto in ghiaia, se le condizioni di portanza risultano particolarmente sfavorevoli;
- L'eventuale eccesso di materiale di scavo, dovuto dall'apertura del tracciato, potrà essere riutilizzato per inghiaiare la viabilità e/o essere collocato all'interno di discariche autorizzate;
- Di prevedere delle opportune opere per la raccolta e lo smaltimento delle acque meteoriche, evitando in ogni modo di favorire infiltrazioni a valle strada causando instabilità della viabilità. Per mantenere la funzionalità nel tempo dovranno essere periodicamente oggetto di manutenzione ordinaria, pena la divagazione delle acque di ruscellamento sul piano stradale ed il suo conseguente precoce degrado;
- Per la realizzazione delle opere di sostegno, dovranno essere adottati tutti gli accorgimenti cantieristici previsti dallo stato dell'arte in materia. In fase di realizzazione potrà valutarsi la possibilità di modificarne localmente le dimensioni o la tipologia, o ancora di inserirne di nuove non previste in progetto, in funzione delle caratteristiche tecniche/idrauliche e del grado di stabilità dei terreni naturali emersi durante scavi effettuati in corso d'opera;
- Per rendere accettabile la sicurezza delle scarpate di rilevato, si dovrà procedere alla preparazione con scorticamento dello strato vegetale, del fondo di deposito e la preparazione alla base del riporto di un gradino su cui alloggiare i materiali di maggiori dimensioni. Le superfici delle scarpate artificiali in riporto e in scavo nei terreni sciolti potranno essere oggetto, oltre al loro immediato rinverdimento, di locali interventi integrativi di sistemazione e messa in sicurezza (gradinate vive, posa di terra vegetale e geostuoie, etc.);
- Dopo la realizzazione di tutti gli interventi si dovrà procedere con un rapido inerbimento e naturalizzazione delle scarpate.

Inoltre, dai rilievi geomeccanici eseguiti e dalle analisi condotte (vedi **Capitolo 4** e **Capitolo 5**), è emerso come l'ammasso roccioso, presente diffusamente lungo il tracciato proposto, presenti condizioni di instabilità.

L'analisi geologica, geomorfologica e geomeccanica ha permesso di individuare un'area, compresa indicativamente tra le sezioni 38 e 41, in cui il substrato roccioso risulta fortemente fratturato e detensionato. Le condizioni di stabilità peggiorano progressivamente verso la sezione 41, dove l'intensa fratturazione della roccia ne facilita il disgregamento e l'accumulo di detriti lungo il tracciato. L'elevata pendenza del versante, unitamente all'adeguamento della viabilità e al conseguente ampliamento del percorso, renderà necessari interventi di sbancamento a monte. In questo tratto specifico, la viabilità richiederebbe opere di mitigazione, come l'installazione di reti in aderenza con chiodature passive, compatibilmente con le risorse economiche disponibili.

Le ispezioni sui fronti di scavo e le diverse stazioni geomeccaniche analizzate hanno evidenziato variazioni significative nelle caratteristiche dell'ammasso roccioso e nel grado di fratturazione. In particolare, tra le stazioni SG1 e SG2, costituite da Dolomia di Forni, la roccia risulta più competente e presenta migliori caratteristiche geomeccaniche. Al contrario, nella stazione SG3, costituita da Calcere di Chiampomano, le proprietà geomeccaniche risultano notevolmente inferiori. Qui, le alternanze tra dolomie, calcari e livelli più marnosi determinano una maggiore predisposizione al disgregamento. Per maggiori approfondimenti si rimanda ai **capitoli 5 e 6** ed al **paragrafo § 2.3**.

In fase di realizzazione degli scavi sarà opportuno controllare che la situazione geologica corrisponda a quella delineata su tutta la superficie di intervento.

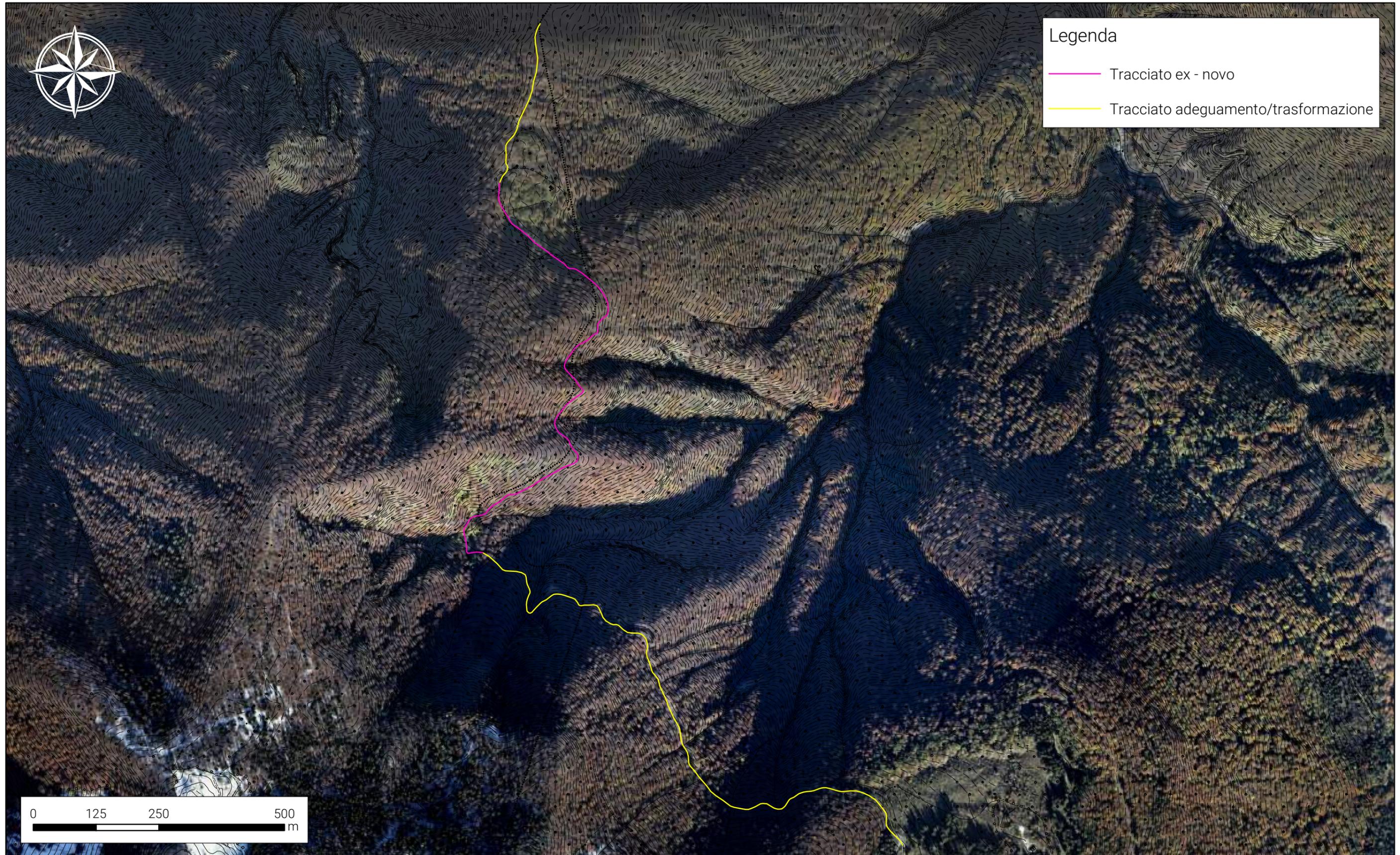
Tolmezzo, 02 febbraio 2025.

Dott.ssa Geol. Maria Nagostinis



INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO

Base cartografica ortofoto e CTRN: elemento n.048033 (Monte Pezzait)



REGIONE FRIULI VENEZIA GIULIA
PROVINCIA DI UDINE
COMUNE DI PREONE
COMUNE DI SOCCHIEVE

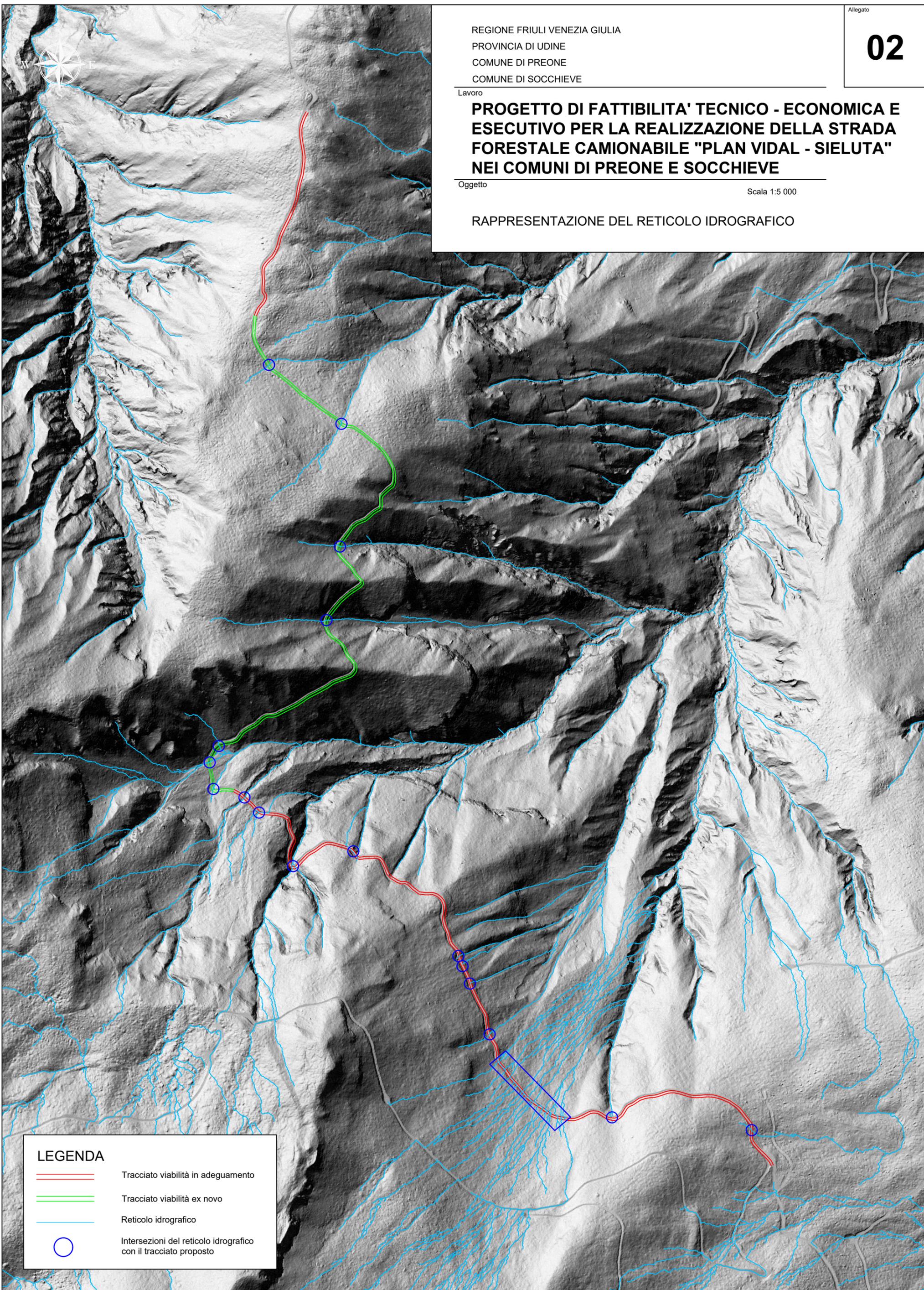
Lavoro

**PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO - ECONOMICA E
ESECUTIVO PER LA REALIZZAZIONE DELLA STRADA
FORESTALE CAMIONABILE "PLAN VIDAL - SIELUTA"
NEI COMUNI DI PREONE E SOCCHIEVE**

Oggetto

Scala 1:5 000

RAPPRESENTAZIONE DEL RETICOLO IDROGRAFICO

**LEGENDA**

-  Tracciato viabilità in adeguamento
-  Tracciato viabilità ex novo
-  Reticolo idrografico
-  Intersezioni del reticolo idrografico con il tracciato proposto

REGIONE FRIULI VENEZIA GIULIA
PROVINCIA DI UDINE
COMUNE DI PREONE
COMUNE DI SOCCHEVE

Lavoro

**PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO - ECONOMICA E
ESECUTIVO PER LA REALIZZAZIONE DELLA STRADA
FORESTALE CAMIONABILE "PLAN VIDAL - SIELUTA"
NEI COMUNI DI PREONE E SOCCHEVE**

Oggetto

Scala 1:2.000

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

LEGENDA

-  **FOTO x** Riprese da terra
-  Viabilità oggetto di intervento

