

DOLOMITI ENGINEERING
STUDIO ASSOCIATO
Uff. ALBIGNASEGO - PD
Galleria Roma, 10 - 35020 ☎ 320 7829248
Uff. CORTINA D'AMPEZZO - BL
Loc. Pian da Lago, 64 - 32043 ☎ 349 4992417
e-mail: dolomiti.engineering@gmail.com

Regione Veneto Provincia di Vicenza
Comune di Lastebasse



TITOLO:

Relazione geologica e
geotecnica

**PROGETTO DEGLI INTERVENTI PER LA RICOMPOSIZIONE
AMBIENTALE DELL'AREA DI "CAVA CIVETTA" MEDIANTE LA
REALIZZAZIONE DI UN "HUB TURISTICO" PER L'ALTA
VALDASTICO, UN'AREA PARCHEGGIO, VIABILITA'
CICLOPEDONALE DI COLLEGAMENTO LASTEBASSE
(VALDASTICO) CON L'ALTOPIANO DEI FIORENTINI**

PROGETTO DEFINITIVO

ALLEGATO:

R/02

Committente:



COMUNE DI LASTEBASSE

Via Roma, 1
36040 – Lastebasse (VI)

DATA: MARZO 2021

Revisione: 00

Codice progetto: 13ING2004

File: R02_REL_GEO

Esecutore: PZ

Progettisti:



DOLOMITI ENGINEERING

STUDIO ASSOCIATO

Dott. Ing. Francesco MENEGUS Dott. Ing. Alberto GASPARI
Dott. Geol. Piera ZANIN Dott. Geol. Daniela GRIGOLETTO

Studio Associato Architetti

Massimo BENETOLLO e Pietro MENEGUS

Via Previtali, 30 - Abano Terme (PD) - 35031 email: archbm.asso@iol.it

Arch. Maria Chiara BARIN

Via. Colombo, 8 - Vigonza (PD)

INDICE

1. PREMESSA.....	1
2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO.....	2
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO	3
3.1. CENNI DI GEOLOGIA REGIONALE E STRUTTURALE.....	3
3.2. CARATTERI LITOLOGICO – STRATIGRAFICI.....	4
3.2.1. Formazioni lapidee pre Quaternarie.....	4
3.2.2. Formazioni quaternarie.....	4
3.3. GEOMORFOLOGIA.....	5
4. DISSESTI E VALANGHE.....	6
5. ASPETTI CLIMATICI	9
5.1. PLUVIOMETRIA.....	9
5.2. TERMOMETRIA.....	10
6. IDROGRAFIA E IDROGEOLOGIA.....	10
6.1. PERMEABILITÀ DEI TERRENI.....	11
6.2. CIRCOLAZIONE IDRICA SOTTERRANEA.....	12
7. SISMICITÀ.....	13
7.1. DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA DI BASE.....	14
7.2. STIMA DELLA MAGNITUDO ASSOCIATA AI DIFFERENTI STATI LIMITE.....	16
8. INDAGINI GEOLOGICHE, GEOTECNICHE E SISMICHE.....	17
8.1. CLASSIFICAZIONE DEGLI AMMASSI ROCCIOSI.....	19
8.1.1. STAZIONE 1	20
8.1.2. STAZIONE 2.....	24
9. MODELLO GEOLOGICO.....	30
9.1. AREA DI CAVA:.....	30
9.2. CICLOPEDONALE (TRATTI 2-14).....	32

10. DESCRIZIONE DEL PROGETTO E RELATIVI ASPETTI GEOTECNICI	33
10.1. SVINCOLO STRADALE, VIABILITÀ INTERNA E AREA CAMPER.....	33
10.1.1. Modello geotecnico.....	33
10.2. HUB TURISTICO.....	34
10.2.1. Modello geotecnico.....	34
10.2.2. Verifica capacità portante.....	35
10.3. PISTA CICLOPEDONALE.....	35
10.3.1. Tratto 1.....	36
10.3.2. Tratto 2.....	36
10.3.3. Tratto 3.....	37
10.3.4. Tratto 4.....	38
10.3.5. Tratto 5.....	38
10.3.6. Tratto 6.....	39
10.3.7. Tratto 7.....	40
10.3.8. Tratto 8.....	40
10.3.9. Tratto 9.....	41
10.3.10. Tratto 10.....	42
10.3.11. Tratto 11.....	42
10.3.12. Tratto 12.....	43
10.3.13. Tratto 13.....	43
10.3.14. Tratto 14.....	44
10.3.15. Verifiche della stabilità globale delle scarpate in rilevato.....	44
10.4. PIANO DELLE INDAGINI PROPEDEUTICHE ALLA PROGETTAZIONE ESECUTIVA.....	46
11. CONCLUSIONI	47

Allegati:

ALLEGATO 1: CARTA GEOLITOLOGICA CON ELEMENTI GEOMORFOLOGICI SALIENTI PER
GLI INTERVENTI IN PROGETTO.....SCALA 1:5.000

ALLEGATO 2: MODELLO DI PERICOLOSITÀ SISMICA

ALLEGATO 3: SEZIONI TIPO: DETTAGLI SISTEMAZIONI SCARPATE.....SCALA 1:100

RELAZIONE GEOLOGICA E RELAZIONE GEOTECNICA

1. PREMESSA

La presente relazione è a corredo del progetto degli interventi per la ricomposizione ambientale dell'area di Cava Civetta, in comune di Lastebasse (VI).

Il progetto, così come le relazioni geologica e geotecnica, dopo procedura di gara, sono stati affidati al RTI composto da Dolomiti Engineering Studio Associato, cui appartiene la scrivente, Studio Associato Architetti M.Benetollo e P.Menegus e l'Arch. Maria Chiara Barin, con convenzione di incarico prot. 2725 del 28/10/2020.

Il progetto prevede sia la sistemazione dell'area di cava, che a breve avrà esaurito la coltivazione, sia la realizzazione di un tracciato ciclo pedonale, che consente di raggiungere l'altopiano dei Fiorentini, a partire dall'attuale area di cava.

La presente relazione è stata redatta in conformità alla normativa vigente:

- D.P.R. 5 ottobre 2010, n. 207 art. 26 Relazioni tecniche e specialistiche del progetto definitivo
- OPCM 20/03/2003 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" - succ. integrazioni e modifiche;
- D.M. 17/01/2018 "Norme tecniche per le costruzioni" e circolare 21 gennaio 2019 , n.7 C.S.LL.PP

Il presente elaborato si compone di due parti, la prima con i contenuti della relazione geologica (fino al capitolo 9 compreso), la seconda con quelli della relazione geotecnica (D.P.R. 5 ottobre 2010, n. 207 art. 26 comma 1 lettera a) e lettera d)).

Con riferimento alla caratterizzazione geotecnica dei terreni dove verrà realizzato il nuovo Hub turistico si sottolinea che, essendo la cava ancora in fase di coltivazione, non è stato possibile eseguire delle prove geotecniche direttamente in corrispondenza dei terreni di fondazione della struttura e, pertanto, le specifiche indagini in situ verranno rimandate alla fase esecutiva.

2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

La cava Civetta si trova poco a valle della sede municipale del paese di Lastebasse, ad una quota media di circa 530 m s.l.m., in destra idrografica della Valle dell'Astico, che in questo tratto scorre circa ovest – est. Essa giace ai piedi delle ripide pendici rocciose che caratterizzano i versanti della valle, di chiara influenza glaciale (cfr figura 2.1).

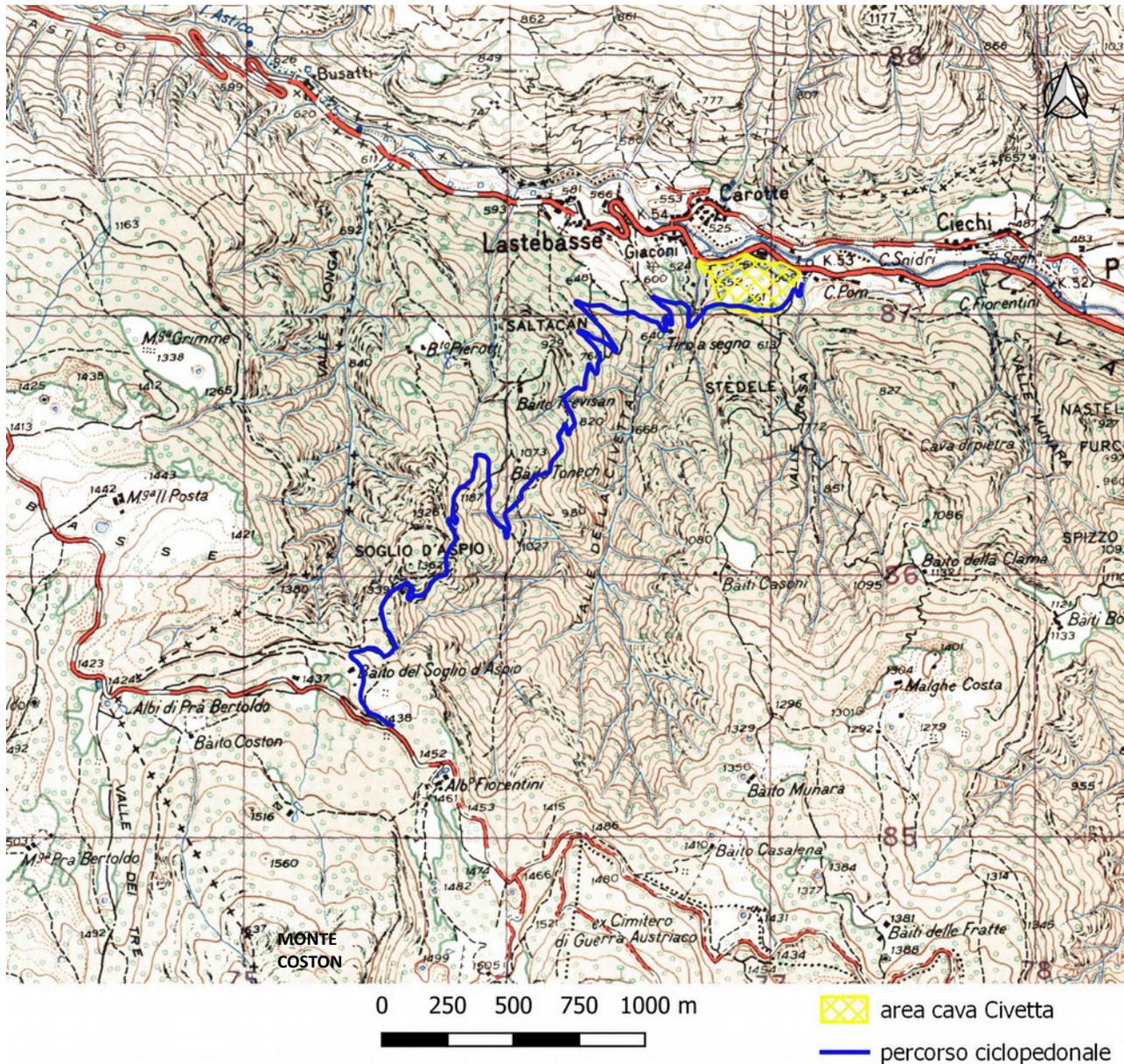


Figura 2.1: Estratto IGMI – scala 1:25.000 con individuazione degli elementi progettuali

L'area di cava è delimitata a ovest e a est da due valli minori, tributarie dell'Astico, denominate rispettivamente Val Civetta e Valle Rasa; di queste solo la prima è interessata da un corso d'acqua di regime perenne, mentre la seconda si attiva solo nei periodi più piovosi e/o durante il disgelo.

Il percorso ciclopedonale, invece, si sviluppa in gran parte all'interno del bacino della Val Civetta, rimanendo in sinistra idrografica della stessa, ad eccezione del primo tratto (partendo dal basso) che costeggia la sommità dell'area di cava, prima di infilarsi nella

Val Civetta ed attraversarla in corrispondenza di un ponte che conduce ad una delle gallerie di servizio dell'impianto idroelettrico val Civetta.

Lo sviluppo altimetrico del percorso è piuttosto significativo, essendo compreso tra i 520 m s.l.m. della zona di partenza, in corrispondenza dell'area di Cava, E i 1436 m s.l.m. della zona di arrivo, sull'Altopiano dei Fiorentini.

Le coordinate di riferimento nel sistema ED50 (EPSG 4230) di un punto rispettivamente baricentrico all'interno dell'area di cava e di un punto situato all'immissione del nuovo tracciato ciclabile nella strada provinciale 64 dell'Altopiano dei Fiorentini, sono le seguenti:

Area Cava Civetta Est =11.2816 Nord =45.9139

Arrivo strada provinciale 64 Est =11.2620 Nord =45.8982

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

3.1. Cenni di geologia regionale e strutturale

Da un punto di vista geologico regionale gli altipiani vicentini, entro cui l'area in oggetto si colloca, costituiscono un'ampia "piattaforma" strutturale all'interno dell'unità delle Alpi Meridionali.

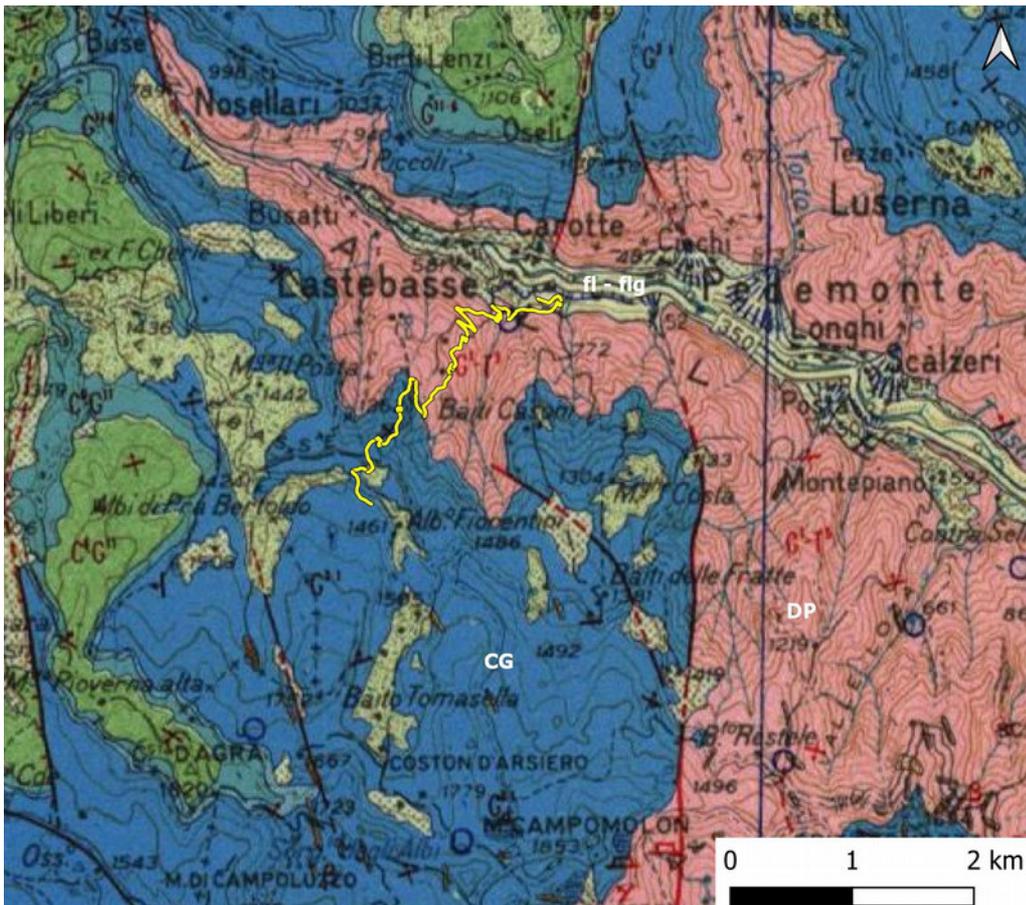


Figura 3.1:
Estratto foglio geologico Schio - scala originale 1:100.000 - in giallo il tracciato ciclopedonale.
Dp:Dolomia Principale; CG: Calcari Grigi; fl - flg: depositi fluviali e/o fluvioglaciali.

La caratteristica più saliente di tale "piattaforma" è data dalla presenza di una serie di pieghe ad ampio raggio, di estensione regionale, con asse orientato circa N70° - 80°E. Qualche chilometro a Nord dell'area in esame si individua la *Sinclinale di Folgaria*, che, verso est, si estende nell'Altopiano di Lavarone e nell'Altopiano di Vezena; verso Ovest,

Sud – Ovest dell'area si sviluppa l'*Anticlinale del Monte Lisser*, con andamento parallelo alla *Sinclinale di Folgaria*, riconoscibile fino allo Spitz di Tonezza e al Monte Campomolon. L'andamento generale monoclinale del Monte Coston (ai piedi del quale termina il tracciato ciclopedonale), verso N-NW può leggersi, come il fianco di raccordo tra queste due strutture.

Questa serie di pieghe si inserisce nel contesto delle compressioni Neogeniche Alpine, in cui la direzione di massima compressione è orientata da N a N40°W.

Una serie di faglie subverticali, con direzioni medie comprese tra N10°E e N20°W, di età Paleogenica, quindi preesistenti alle strutture neogeniche, ha causato, nella zona in studio, un ripiegamento differenziato, da cui è derivata una struttura complessa, costituita da pieghe troncate da faglie.

I lineamenti tettonici più recenti appartengono al "*sistema scledense*": si tratta di un fascio di faglie subverticali orientate mediamente N45°W, che hanno dislocato in senso sinistro tutte le strutture precedenti.

3.2. Caratteri litologico – stratigrafici

Con riferimento agli studi bibliografici e ai rilievi geologici eseguiti, di seguito vengono descritti i caratteri litologici principali delle rocce affioranti nell'area e rappresentate nella "Carta geolitologica con elementi geomorfologici salienti per gli interventi di progetto– scala 1:5000" (allegato 1 a fine testo).

3.2.1. FORMAZIONI LAPIDEE PRE QUATERNARIE

Dolomia principale (Retico - Norico): è composta da una successione ciclica di dolomie fittamente stratificate, lamellari, stromatolitiche, alternate a dolomie massicce che a volte presentano grana lutitica, mentre altre volte assumono un aspetto cristallino saccaroide. Il colore prevalente è grigio chiaro, la stratificazione è da decimetrica a metrica. Lo spessore totale della formazione supera i 1.000 metri. Nell'ambito dell'area in oggetto il limite inferiore non è visibile; quello superiore è invece graduale con la soprastante formazione dei *Calcari Grigi*.

Calcari Grigi (Giurassico inferiore): si tratta di calcari massicci, spesso dolomitizzati, stratificati in banchi di potenza variabile (foto n.°8), di colore variabile da nocciola chiaro al grigio. La porzione inferiore della formazione è costituita da bancate di calcari micritici - fossiliferi potenti 1-2 metri, separate da superfici nette, talora caratterizzate da livelletti pelitici verdastri. Successivamente compaiono calcareniti oolitiche, calcari micritici a molluschi, foraminiferi e alghe, calcari marnosi e marne nere o grigie, a stratificazione più fitta, con conseguente diminuzione della potenza degli strati. Infine sono presenti calcari a *Lithiotis* e lumachelle, in bancate di spessore metrico o plurimetrico. La potenza complessiva della formazione è di circa 300 - 350 m.

3.2.2. FORMAZIONI QUATERNARIE

Depositi fluvioglaciali: sono caratterizzati da blocchi, ciottoli e ghiaia, prevalentemente carbonatici, in matrice sabbioso limosa. Localmente si rinvengono trovanti, anche di dimensioni significative (0,5 – 1 mc). Sono presenti locali livelli cementati. Costituiscono il corpo del materiale di cava.

Corpo di frana: si tratta di un ammasso caotico di grossi blocchi lapidei dolomitici, probabilmente derivati da un fenomeno di detensionamento postglaciale.

3.3. Geomorfologia

Come accennato in precedenza l'area in esame è situata all'interno del bacino dell'Astico e più precisamente l'area di cava interessa una parte del fondovalle principale, mentre il sentiero ciclo pedonale risale il versante sinistro della valle Civetta, tributaria di destra del solco vallivo dell'Astico .

La valle dell'Astico manifesta la sua genesi glaciale con il caratteristico profilo trasversale a U, con fondovalle ampio e terrazzato e versanti ripidi (cfr. figura 3.2) ai piedi dei quali si rilevano cospicui depositi di natura glaciale e/o fluvioglaciale (che costituiscono anche il materiale di cava) o anche depositi di frana post glaciale, legati al detensionamento successivo al ritiro glaciale.

La valle Civetta presenta invece il caratteristico profilo a V delle valli di erosione fluviale con fianchi regolarmente ripidi fino allo stretto e inciso fondovalle; la morfologia quasi rettilinea della linea del fondovalle suggerisce la presenza di una discontinuità tettonica che ha guidato l'azione erosiva del torrente; l'elevata energia del rilievo e la profonda incisione della valle sono invece legate alla profondità del livello di base, costituito dalla Valle dell'Astico, conseguente all'erosione glaciale.

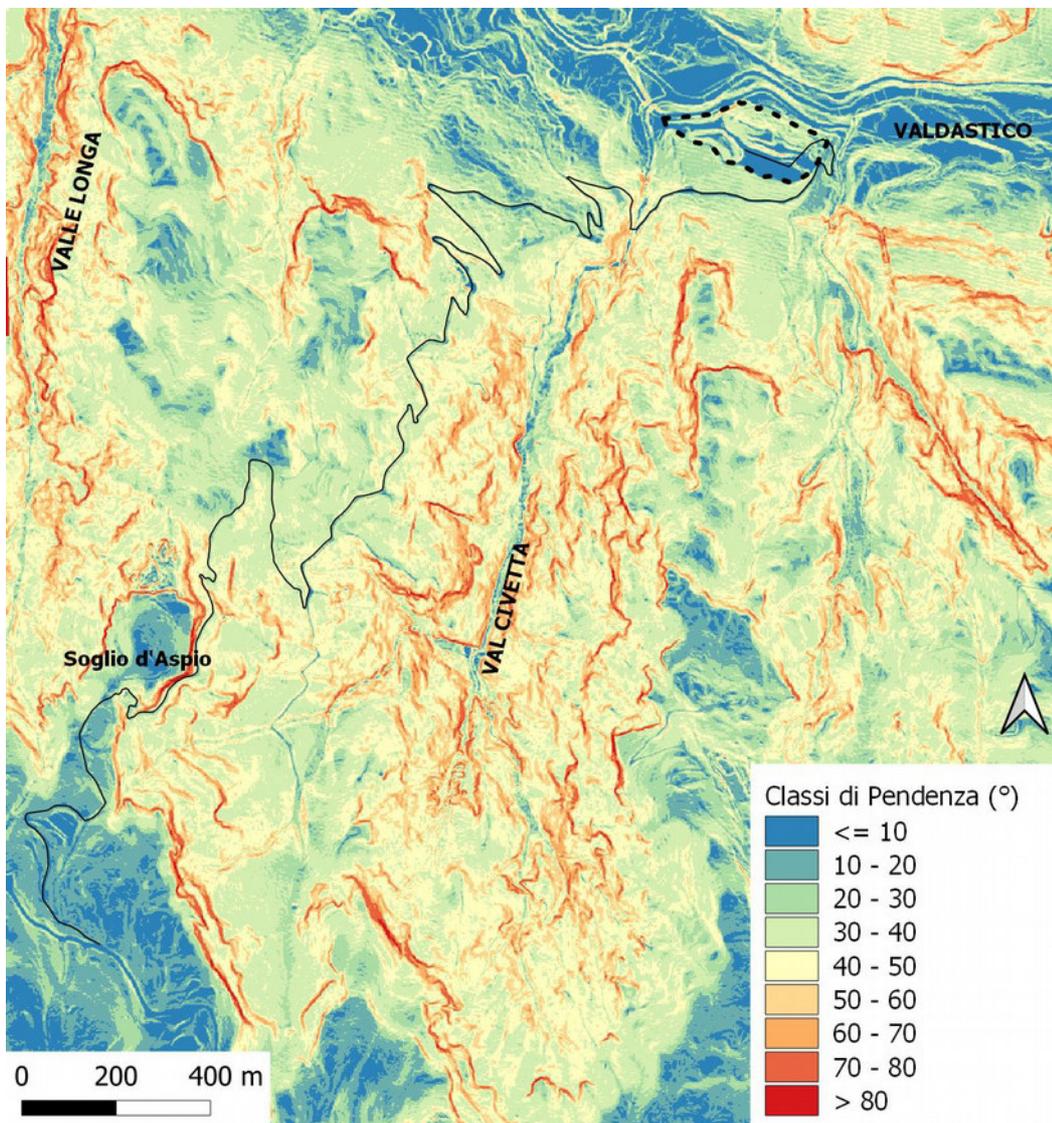


Figura 3.2:
Carta delle pendenza (realizzata da DTM derivante da rilievo lidar distribuito dal Ministero dell'Ambiente con licenza Creative Commons - Attribuzione - Condividi allo stesso modo 3.0 Italia (CC BY-SA 3.0 IT)).

La carta permette di riconoscere la morfologia ampia e piatta del fondovalle dell'Astico (in colore azzurro scuro) e di percepire la stretta incisione della Val Civetta. Il Soglio d'Aspio appare come un margine slabbrato dell'altopiano dei Fiorentini che si sviluppa più a sud.

Ad eccezione dei depositi prossimi al fondovalle dell'Astico, il substrato roccioso di natura calcarea o dolomitica è, nell'area, quasi ovunque affiorante o subaffiorante; i principali solchi vallivi che collegano il fondovalle dell'Astico con l'Altopiano dei Fiorentini, tra cui si annovera la Val Civetta, sono tutti tendenzialmente rettilinei e incisi secondo direzioni compatibili con le direttrici tettoniche principali e ne testimoniano la deformazione fragile.

La dorsale che collega il Soglio d'Aspio con l'altopiano vero e proprio funge da spartiacque tra la testata della Valle Longa, a ovest, e la Val Civetta a est e testimonia come, con l'evolversi dell'erosione regressiva da valle a monte (da nord a sud), il margine dell'altopiano si sia progressivamente spostato verso sud.

4. DISSESTI E VALANGHE

Lo strumento urbanistico di riferimento per i fenomeni di dissesto e valanghivi è il Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico, denominato PAI, dove sono riportate le aree a rischio per frane e /o valanga.

Si riportano pertanto due stralci della relativa cartografia centrati sull'area in studio, su cui sono stati individuati il tracciato ciclopedonale e l'area di cava in ricomposizione.

Per quanto concerne la pericolosità geologica (cfr. figure 4.1 e 4.2) gli interventi in progetto ricadono solo molto marginalmente all'interno di un'area a pericolosità elevata: si tratta di un tornante di strada esistente, che sarà utilizzata nel percorso ciclopedonale che rientra nella zonizzazione P3, per potenziale dissesto per caduta massi dalle pendici di località Saltacan.

Sotto il Soglio d'Aspio, invece, la presenza di pareti rocciose alte e subverticali è stata



Figura 4.1: Legenda PAI - pericolosità geologica

classificata come elemento geomorfologico connesso a fenomeni di instabilità.

La morfologia a conoide, altro potenziale elemento di instabilità secondo il PAI, allo sbocco della Val Civetta, data la profondità del corso d'acqua rispetto agli elementi circostanti interessati dal progetto, è totalmente influente.

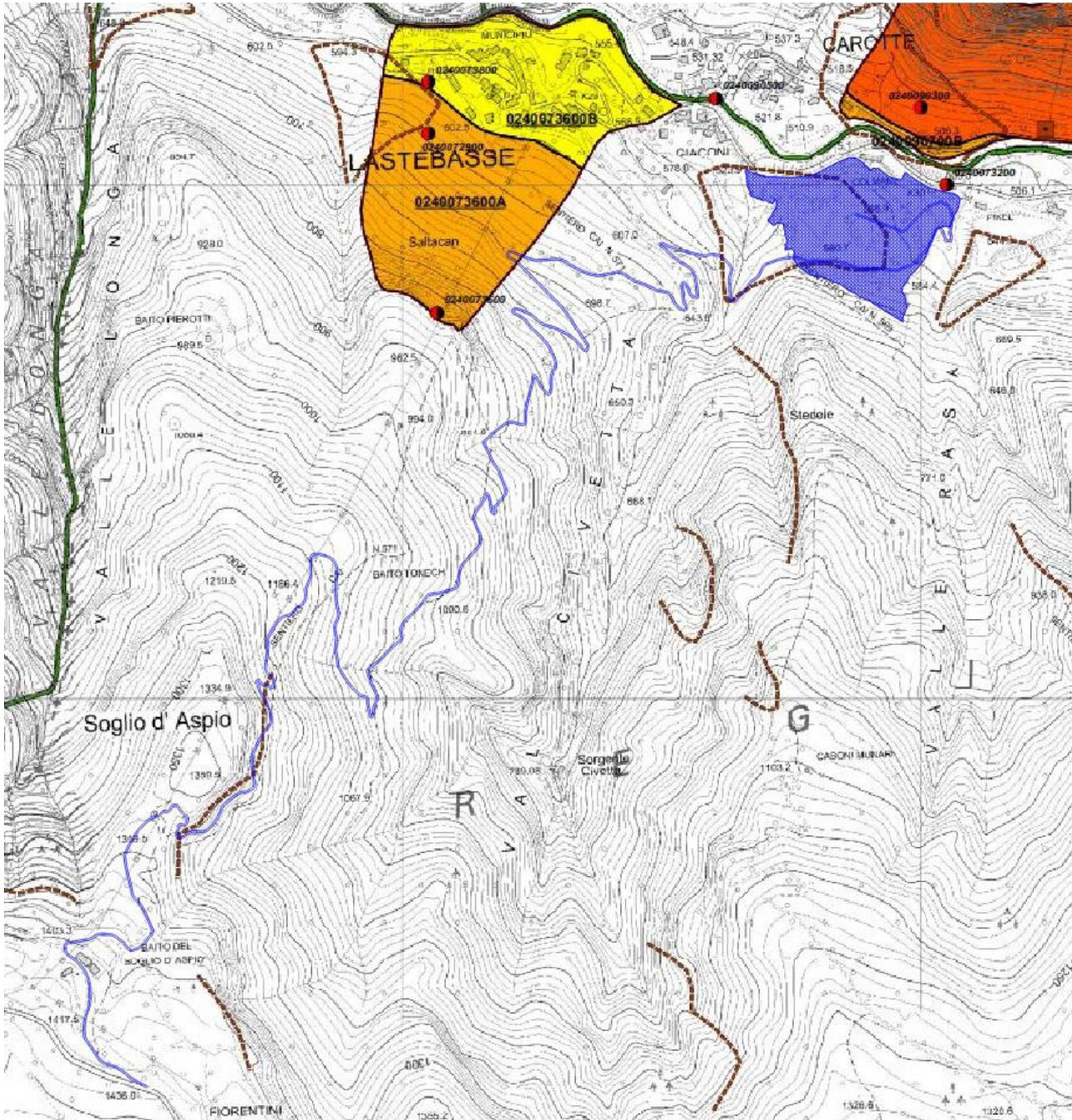


Figura 4.2: Estratto PAI - pericolosità geologica. In blu l'area di cava e il tracciato ciclo pedonale in progetto, mentre la legenda è riportata nella figura 4.1

CARTA DI LOCALIZZAZIONE PROBABILE DELLE VALANGHE - C.L.P.V.

TEMATISMI RAPPRESENTANTI ELEMENTI DI PERICOLOSITA' DETERMINATI PER FOTINTERPRETAZIONE

-  Valanghe
-  Zone di scaricamento
-  Zone presunte pericolose
-  Pericolo localizzato
-  Possibili continuazioni e collegamenti di valanghe

TEMATISMI RAPPRESENTANTI ELEMENTI DI PERICOLOSITA' INDIVIDUATI MEDIANTE INCHIESTA SUL TERRENO

-  Valanghe
-  Zone di scaricamento
-  Zone presunte pericolose
-  Pericolo localizzato
-  Possibili continuazioni e collegamenti di valanghe

Con riferimento invece al rischio valanghivo (cfr. figura 4.4) l'area di cava è totalmente esente, mentre si rileva la presenza di un'area valanghiva che attraversa il tracciato ciclopedonale.

I fenomeni citati verranno opportunamente trattati e approfonditi nell'analisi di dettaglio relativa ai diversi tratti di percorso ciclopedonale.

Figura 4.3: Legenda PAI - rischio valanghivo

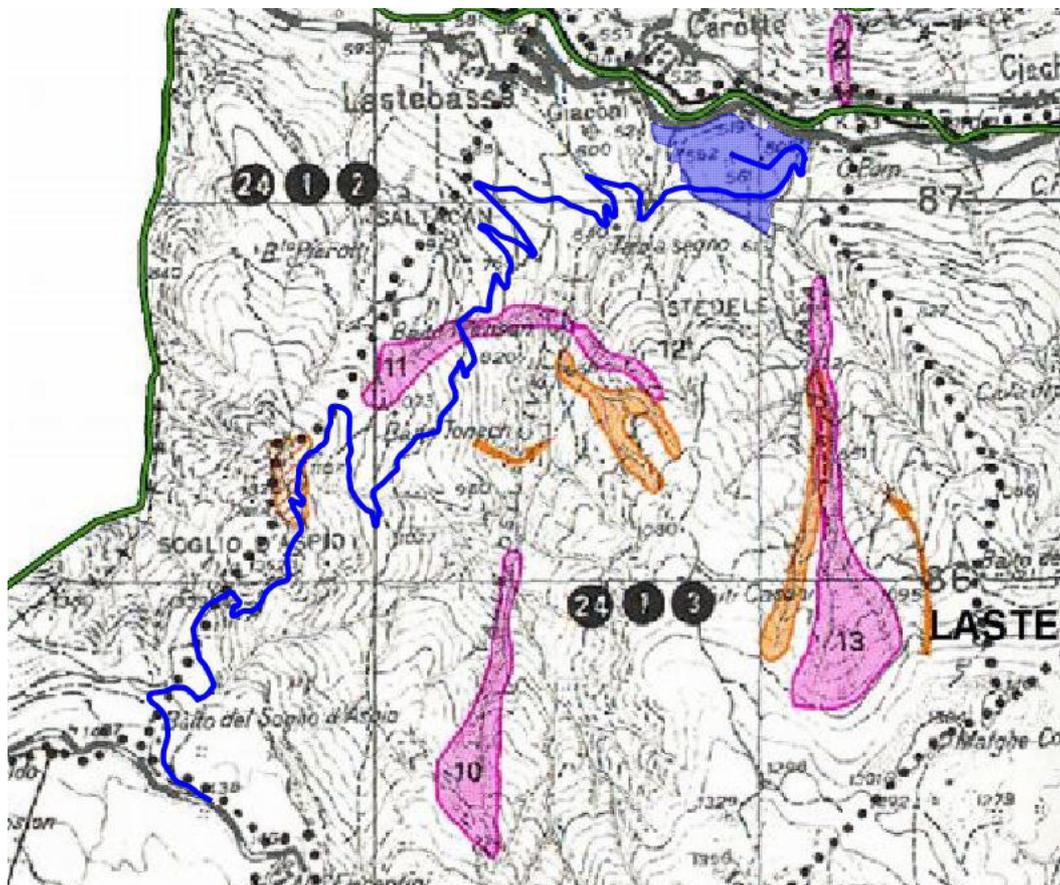


Figura 4.4: PAI - Carta di localizzazione probabile delle valanghe, in blu gli elementi di progetto

5. ASPETTI CLIMATICI

Per la caratterizzazione climatica dell'area in studio si è fatto riferimento alle due stazioni termopluviometriche più vicine, situate a quote differenti, che si approssimano alle quote massima e minima dell'area di intervento:

Stazione	Est [m]	Nord [m]	Quota [m s.l.m.]	Periodo misure
ASTICO A PEDESCALA (VI)	1683840	5079537	307	1994 - 2019
PASSO SOMMO (TN)	1671099	5087398	1360	1999 - 2021

I dati per il Veneto sono disponibili nel sito di Arpav al seguente indirizzo: <https://www.arpav.veneto.it/dati-ambientali/open-data/clima>;

I dati in provincia di Trento sono invece scaricabili al seguente indirizzo: <http://storico.meteotrentino.it/web.htm?ppbm=T0369&rs&1&df>

5.1. Pluviometria

I grafici delle precipitazioni medie mensili, riportati nella figura 5.1, evidenziano un regime pluviometrico sostanzialmente analogo per le due stazioni di misura, con un massimo assoluto autunnale e un massimo relativo primaverile. In termini di precipitazioni totali la stazione di Astico e Pedescala fa registrare mediamente valori più elevati in tutti i mesi, salvo dicembre e agosto dove i valori sono quasi i medesimi.

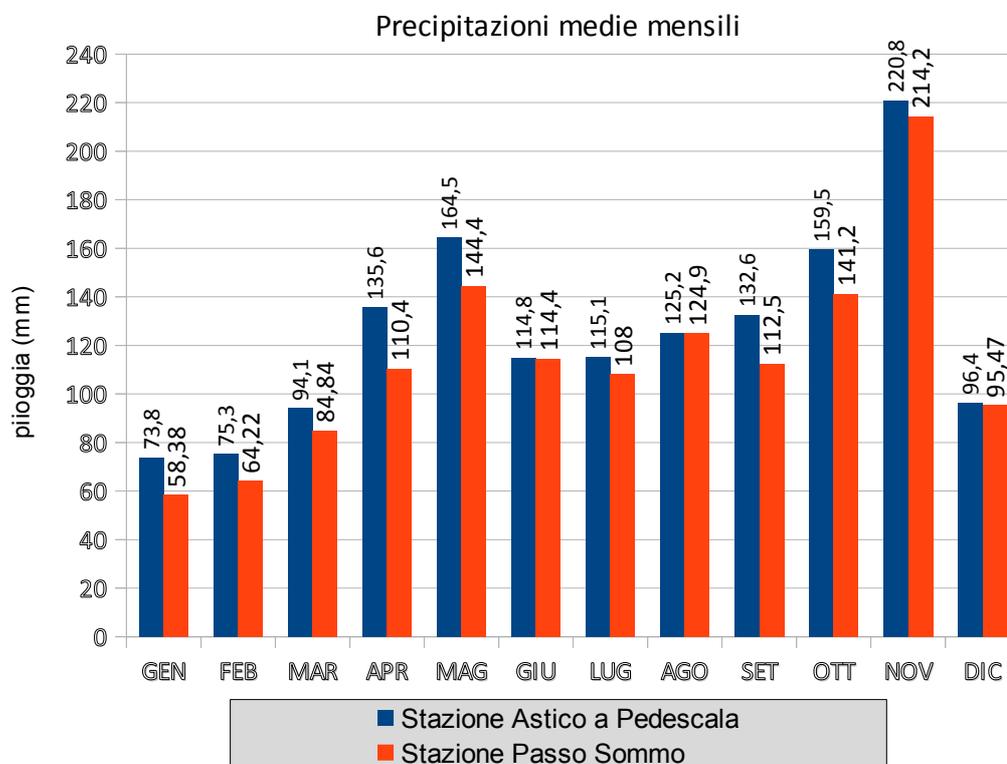


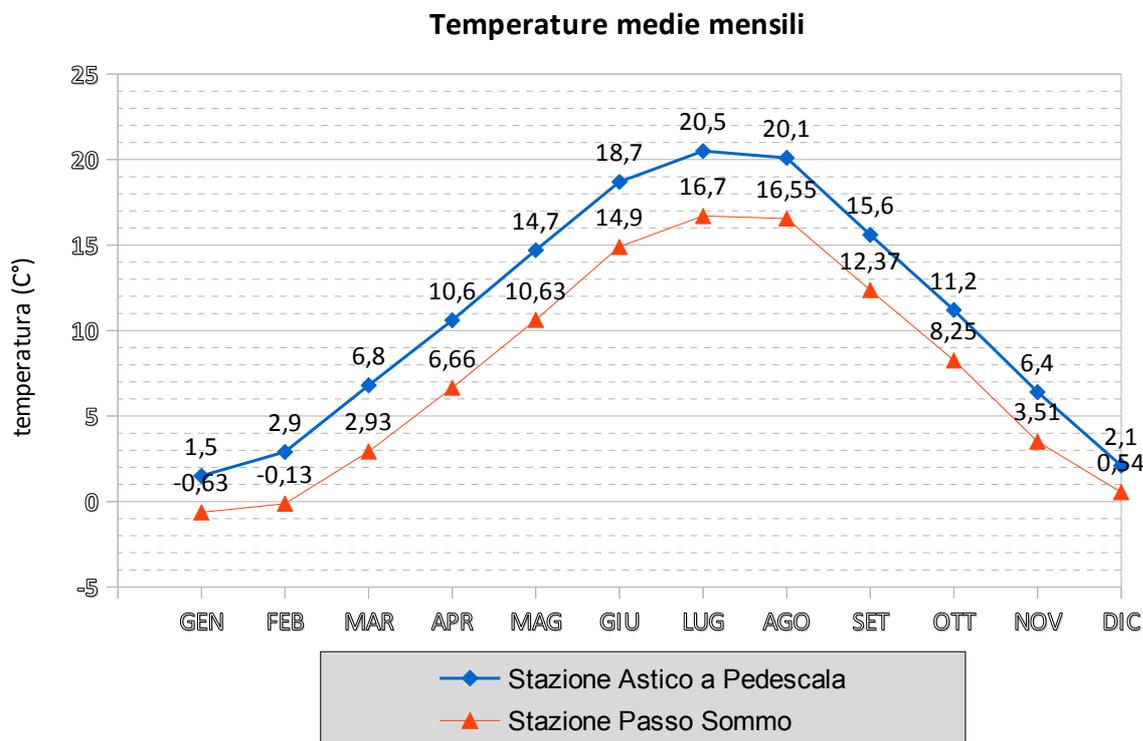
Figura 5.1: Diagramma delle precipitazioni medie mensili

Le precipitazioni, comunque, sono ben distribuite durante tutto l'anno anche nel periodo invernale dove si registrano i valori più bassi.

La precipitazione media annua per la stazione di Astico e Pedescala è pari a 1570,6 mm, mentre per la stazione di Passo Sommo è di 1372,91 mm.

5.2. Termometria

Anche per quanto riguarda il regime delle temperature, l'andamento registrato per le due stazioni è sostanzialmente il medesimo, con massimo in luglio e minimo a dicembre; la differenza di temperatura media mensile, tra le due stazioni è generalmente compresa tra 2 e 4 gradi, coi valori inferiori per la stazione di Passo Sommo.



6. IDROGRAFIA E IDROGEOLOGIA

Come accennato in precedenza i due elementi idrografici principali dell'area sono il Fiume Astico e il torrente della Val Civetta. L'Astico scorre in senso ovest est a nord dell'area in esame e non ha alcun tipo di interferenza con gli interventi in oggetto, scorrendo incassato tra i suoi sedimenti, ad una quota compresa tra i 507 e 495 m s.l.m., inferiore quindi di almeno 15 m rispetto al piano cava di progetto.

Il torrente che solca la Val Civetta, diretto in senso sud nord, discende dall'altopiano dei Fiorentini, ha carattere perenne e portate significative, tanto da essere sfruttato (alla sorgente) a scopo idro potabile, ed anche per la produzione di energia elettrica. Esso si immette quasi perpendicolarmente nell'Astico, a nord ovest dell'area di cava, anche in questo caso ad una quota che non consente interferenze con gli interventi in esame.

Il reticolo idrografico del bacino della Val Civetta, a valle delle sorgenti (850 m s.l.m.

circa) è poco sviluppato e caratterizzato quasi esclusivamente dal solco principale (cfr. figura 6.1), più a monte è invece articolato secondo un *pattern* parallelo, palesemente guidato dall'assetto tettonico del substrato. A monte delle sorgenti, tuttavia, la presenza idrica è solo temporanea, legata agli episodi di precipitazione più intensa e prolungata o durante il disgelo.

Per quanto concerne la Valle Rasa, situata invece a est dell'area di Cava, il suo bacino è molto meno profondo e articolato della Val Civetta; non essendo alimentata da sorgenti di carattere perenne, l'attività torrentizia si manifesta solo in concomitanza con gli eventi meteorici più rilevanti.

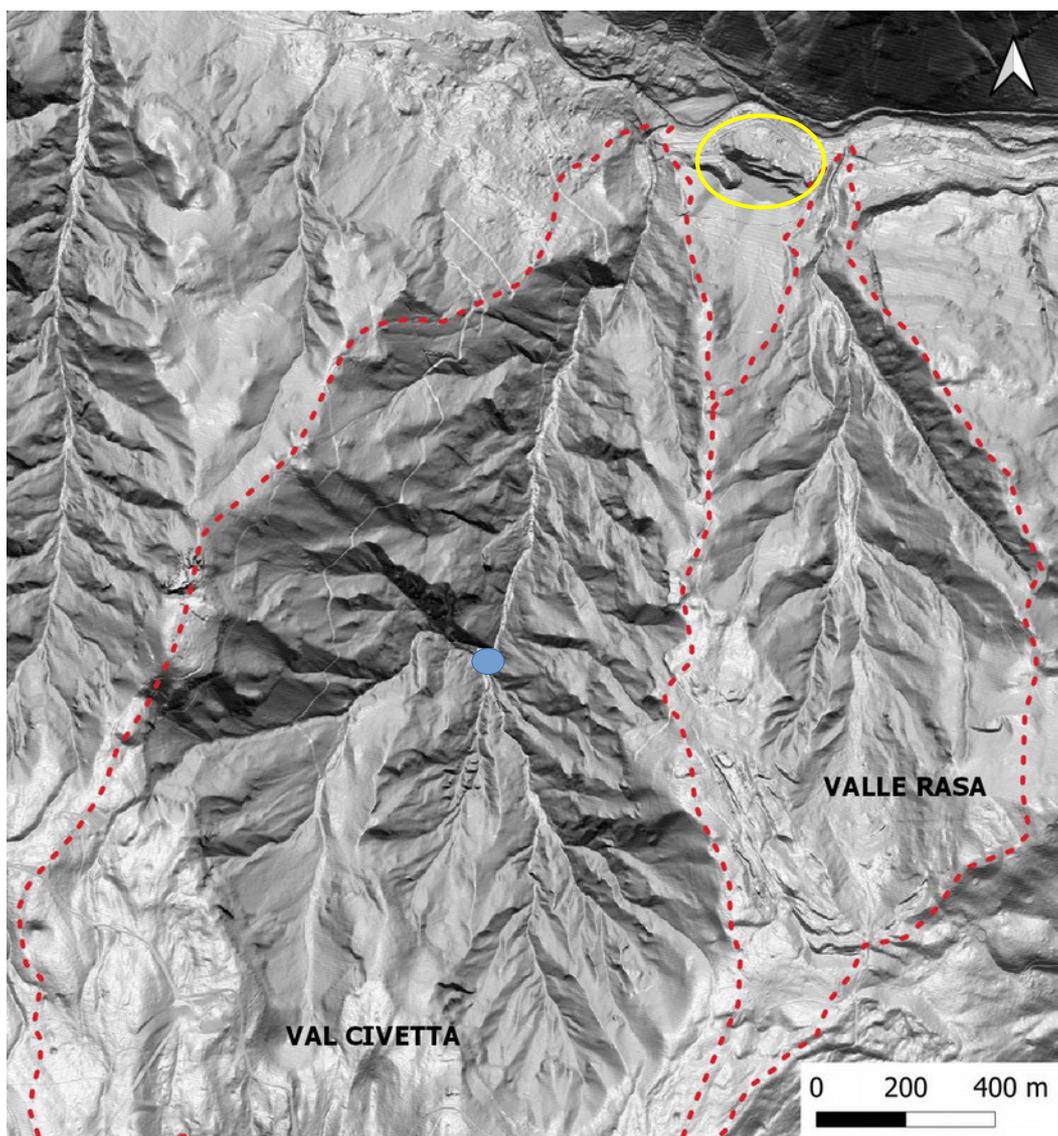


Figura 6.1: Modello ombreggiato (realizzato a partire da DTM derivante da rilievo lidar 2015 distribuito dal Ministero dell'Ambiente). Il pallino azzurro indica la posizione delle sorgenti, mentre in rosso tratteggiato sono le linee di spartiacque. Si noti come l'area di cava (evidenziata in giallo) si trovi sullo spartiacque tra le due valli, Civetta e Rasa, in prossimità dell'immissione di entrambe nell'Astico.

6.1. Permeabilità dei terreni

L'area in studio è dominata dalla presenza di substrato roccioso calcareo o dolomitico generalmente subaffiorante, ad eccezione della zona ai piedi dei versanti della valle dell'Astico, dove si rinvengono depositi quaternari fluviali o fluvio-glaciali (area di cava) e

vecchi depositi di frana per crollo (Saltacan).

Le rocce del substrato manifestano una permeabilità secondaria legata allo sviluppo delle fratture e, trattandosi di rocce carbonatiche, al fenomeno della dissoluzione carsica.

Alla formazione dei Calcari Grigi, si può attribuire una permeabilità secondaria elevata ($K \geq 10^{-2}$ m/s), mentre alla sottostante Dolomia Principale, per la minore propensione allo sviluppo del fenomeno carsico, si attribuisce una permeabilità secondaria media ($10^{-2} \geq K \geq 10^{-6}$ m/s).

Per quanto riguarda i depositi quaternari, caratterizzati prevalentemente da ghiaie e sabbie, la permeabilità, primaria per porosità è generalmente media compresa tra $10^{-2} \geq K \geq 10^{-6}$ m/s, valori più bassi possono riscontrarsi in corrispondenza di livelli cementati o dove c'è commistione con depositi morenici a matrice più fine.

6.2. Circolazione idrica sotterranea

Il modello di circolazione idrica sotterranea dell'area è condizionato principalmente dai seguenti fattori:

- elevata quota altimetrica della testata del bacino idrografico (situata in zona di altopiano per la Val Civetta – cfr. figura 6.2), che determina da una parte precipitazioni intense e frequentemente a carattere nevoso, dall'altra una prevalenza di movimenti delle acque sotterranee in senso verticale, verso punti di recapito a quote topografiche notevolmente inferiori;
- affioramento quasi ovunque di formazioni rocciose calcareo - dolomitiche caratterizzate da diffusi ed estesi fenomeni carsici, che favoriscono il drenaggio in profondità delle acque meteoriche;
- presenza di numerosi disturbi tettonici che, oltre a favorire l'infiltrazione e la percolazione delle acque in profondità, condizionano le direzioni di deflusso delle acque sotterranee all'interno dell'ammasso roccioso;
- assenza di un "livello di base" all'interno dell'ammasso roccioso, rappresentato o da un orizzonte sufficientemente continuo di rocce impermeabili, che possa favorire la venuta a giorno delle acque sotterranee.

Secondo il modello di circolazione delle acque sotterranee in presenza di gruppi montuosi costituiti prevalentemente da rocce calcareo - dolomitiche carsificate, quale quello in oggetto, la maggior parte delle precipitazioni, sia a carattere piovoso, sia a carattere nevoso, alimenta in minima parte il ruscellamento superficiale; la percentuale maggiore si infiltra nella roccia e, attraverso i condotti carsici, con moto prevalentemente verticale, si dirige verso il livello di base, che può essere rappresentato da rocce impermeabili o dall'"acqua di fondo". Nel caso in esame, l'acqua di fondo si situa presumibilmente poco al di sopra della quota dei fiumi che bordano l'altopiano calcareo: tale considerazione è confermata dalla presenza di sorgenti lungo le valli dell'Astico e del Posina.

All'interno dell'ammasso roccioso sono comunque presenti, anche a livelli intermedi, alcune importanti variazioni di permeabilità che determinano la venuta a giorno delle acque sotterranee a quote più elevate dei fondovalle principali: in questo senso, l'esempio di maggiore importanza è rappresentato dalla sorgente della Val Civetta.

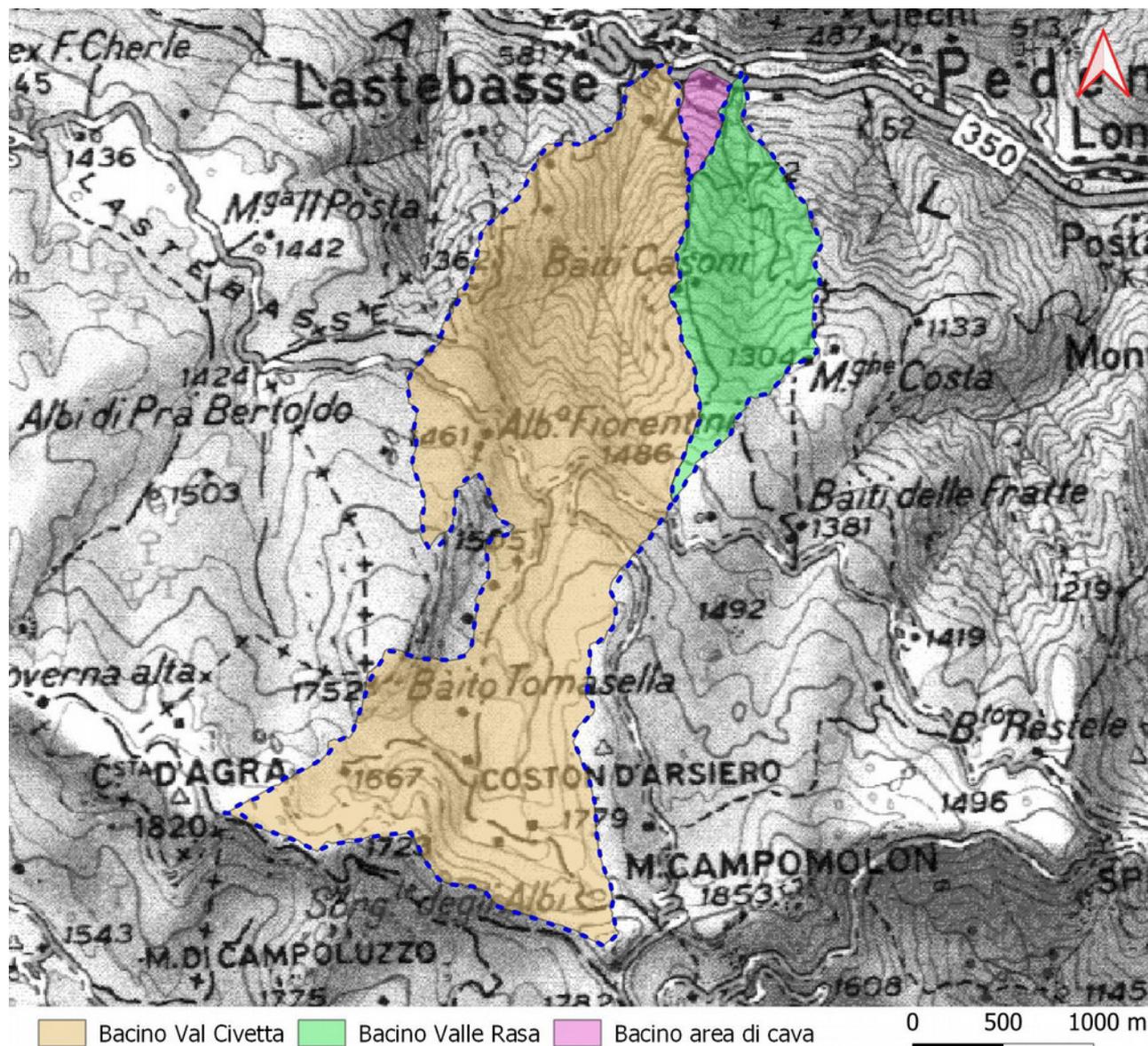


Figura 6.2: Estensione dei bacini idrografici della Val Civetta, della Valle Rasa e di quello sotteso all'area di cava (in blu tratteggiato le linee di spartiacque superficiali). La morfologia irregolare del bacino della Val Civetta è legata alla presenza di depressioni carsiche, nella zona di altopiano, che intercettano parte delle acque di ruscellamento meteorico, immettendole direttamente in profondità.

7. SISMICITÀ

Con riferimento alla pericolosità sismica di base, con ordinanza della Presidenza del Consiglio dei Ministri n.° 3274/2003 (ripresa nell'Allegato A del DM 14/01/2008 s.m.i., cui fanno riferimento anche le NTC 2018), il Comune di Lastebasse è stato inserito tra le zone 3.

In tali zone sono possibili forti terremoti ma con valori di probabilità inferiori alle zone 1 e 2; il valore dell'accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (a_g - riferita a suoli rigidi caratterizzati da $VS_{30} > 800$ m/s) è compreso tra $0,15 < a_g \leq 0,25$. Più precisamente (cfr. figura 7.1) il sito in esame ricade tra vertici di punti griglia con valori

di accelerazione $a_g = 0,075 \div 0,150$.

Modello di pericolosità sismica MPS04-S1

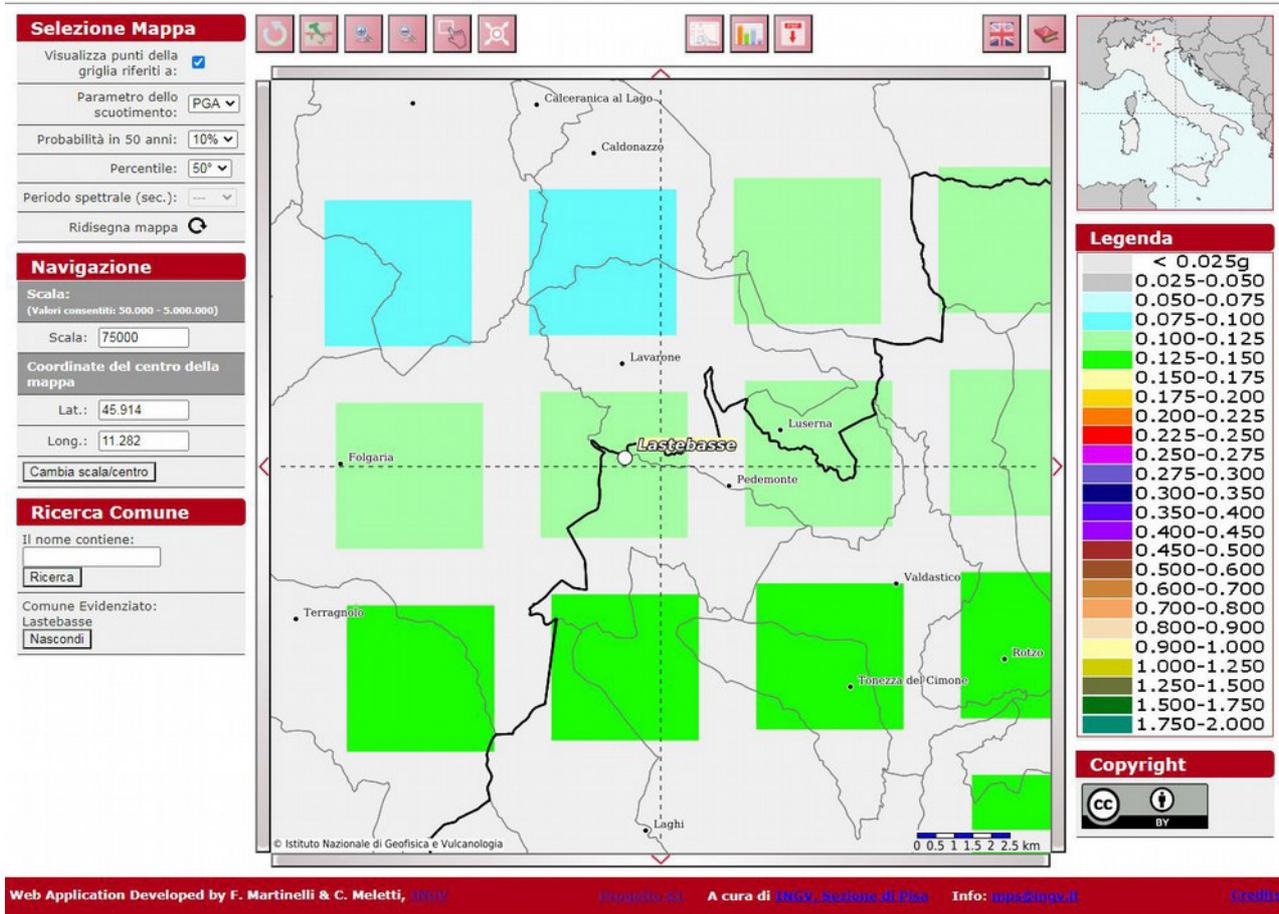


Figura 7.1: Estratto modello di pericolosità sismica INGV, centrata sul sito di intervento: (<http://esse1-gis.mi.ingv.it>)

Con riferimento alla categoria sismica dei terreni di fondazione delle strutture in esame, in particolare ci si riferisce alla struttura dell'Hub turistico, in prima analisi si ritiene possano essere attribuiti alla classe **B**: "Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 e 800 m/s". Tuttavia tale dato dovrà essere verificato in fase di progettazione esecutiva, quando il piano di cava sarà stato portato alla quota di progetto.

7.1. Definizione dell'azione sismica di base

La pericolosità sismica di un sito è descritta dalla probabilità che, in un fissato lasso di tempo, in detto sito si verifichi un evento sismico di entità almeno pari ad un valore prefissato. Nelle NTC, tale lasso di tempo, espresso in anni, è denominato "periodo di riferimento" V_R e la probabilità è denominata "probabilità di eccedenza o di superamento nel periodo di riferimento" P_{VR} .

Ai fini della determinazione delle azioni sismiche di progetto nelle modalità previste dalle

NTC, la pericolosità sismica del territorio nazionale è definita convenzionalmente facendo riferimento ad un sito rigido (di categoria A) con superficie topografica orizzontale (di categoria T1), in condizioni di campo libero, cioè in assenza di manufatti.

Le caratteristiche del moto sismico atteso al sito di riferimento, per una fissata probabilità di superamento P_{VR} , si ritengono individuate quando se ne conosca l'accelerazione massima ed il corrispondente spettro di risposta elastico in accelerazione.

In particolare, i caratteri del moto sismico su sito di riferimento rigido orizzontale sono descritti dalla distribuzione sul territorio nazionale delle seguenti grandezze, sulla base delle quali sono compiutamente definite le forme spettrali per la generica P_{VR} :

a_g = accelerazione massima al sito;

F_o = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

T_C^* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Il valore di a_g è desunto direttamente dalla pericolosità di riferimento, attualmente fornita dallo INGV, mentre F_o e T_C^* sono calcolati in modo che gli spettri di risposta elastici in accelerazione, velocità e spostamento forniti dalle NTC approssimino al meglio i corrispondenti spettri di risposta elastici in accelerazione, velocità e spostamento derivanti dalla pericolosità di riferimento.

Utilizzando il documento Excel SPETTRI-NTC v 1.0.3 (del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici), si sono calcolati gli spettri di risposta rappresentativi delle componenti (orizzontali e verticale) delle azioni sismiche di progetto per il sito in esame, considerando la vita nominale della struttura in esame pari a $V_n = 50$ anni e un coeff. d'uso $C_u = 1$, da cui deriva un periodo di riferimento $V_R = V_n * C_u = 50$ anni

Nella tabella 1 sono riassunti i principali parametri risultanti per i diversi stati limite, mentre a fine testo l'allegato 2, modello di pericolosità – derivante dall'applicativo web del INGV (<http://esse1-gis.mi.ingv.it/>): riassume le caratteristiche del nodo più vicino al sito di interesse appartenente al modello di pericolosità sismica del territorio nazionale, con rappresentazione della curva di pericolosità, il grafico degli spettri a pericolosità uniforme e il grafico di disaggregazione riferito allo stato limite di salvaguardia della vita.

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
SLO	30	0.034	2.591	0.222
SLD	50	0.044	2.535	0.255
SLV	475	0.115	2.482	0.293
SLC	975	0.150	2.500	0.296

TABELLA 1: VALORI DEI PARAMETRI SISMICI PER I DIVERSI STATI LIMITE

In assenza di analisi specifiche della risposta sismica locale, l'accelerazione massima attesa al sito può essere valutata con la relazione:

$a_{max} = S \times a_g = SS \times ST \times a_g$ (formula 7.11.5 - NTC2018) dove:

S = coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica (SS) e dell'amplificazione topografica (ST), di cui al § 3.2.3.2 - NTC2018;

Nel caso in esame i valori dei due coefficienti sono:

SS = 1,0 (per terreni di fondazione di categoria B)

ST = 1,2 (categoria topografica T2 - scelta prudenziale per la prossimità ad una scarpata)

Per i quattro stati limite sopra elencati si ottengono pertanto altrettanti valori di a_{max}

STATO LIMITE	a_{max} (g)	a_{max} (m/s ²)
SLO	0,049	0,480
SLD	0,063	0,622
SLV	0,166	1,625
SLC	0,216	2,119

TABELLA 2: VALORI DI ACCELERAZIONE MASSIMA PER I DIVERSI STATI LIMITE

7.2. Stima della magnitudo associata ai differenti stati limite

Per definire il valore della magnitudo associata ai diversi stati limite si è utilizzato l'applicativo web del INGV (<http://esse1-gis.mi.ingv.it/>) - Mappa interattiva della pericolosità sismica del territorio italiano.

La tabella che segue riassume in valori di magnitudo stimato per le diverse condizioni di evento sismico:

CONDIZIONE EVENTO SISMICO	P(%) IN 50 ANNI	Mw media	R (km)
SLD	63	5,24	42,6
SLV	10	5,20	22,8
SLC	5	5,27	19,3

Le figure 7.2, 7.3 e 7.4 visualizzano invece i differenti grafici di disaggregazione riferiti al nodo di griglia più vicino al sito in esame.

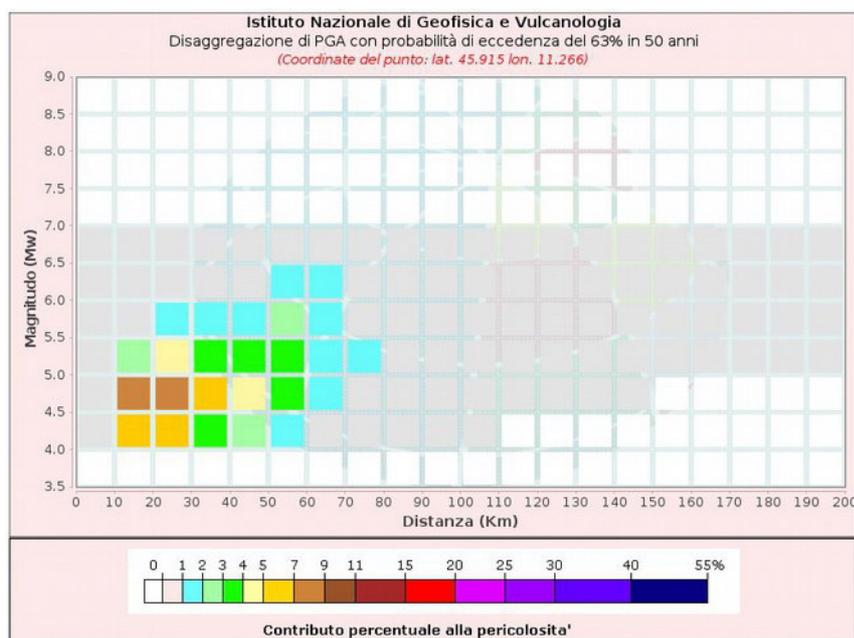


Figura 7.2: Grafico di disaggregazione per lo stato limite di danno (SLD)

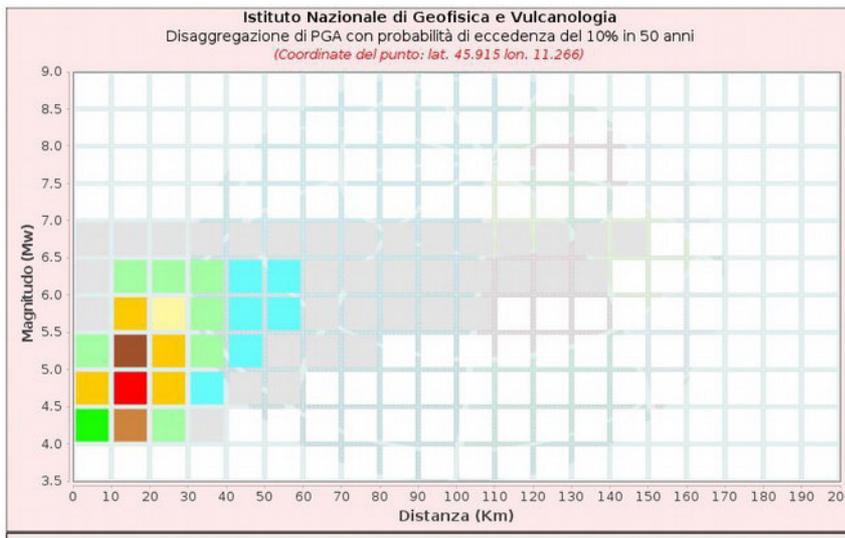
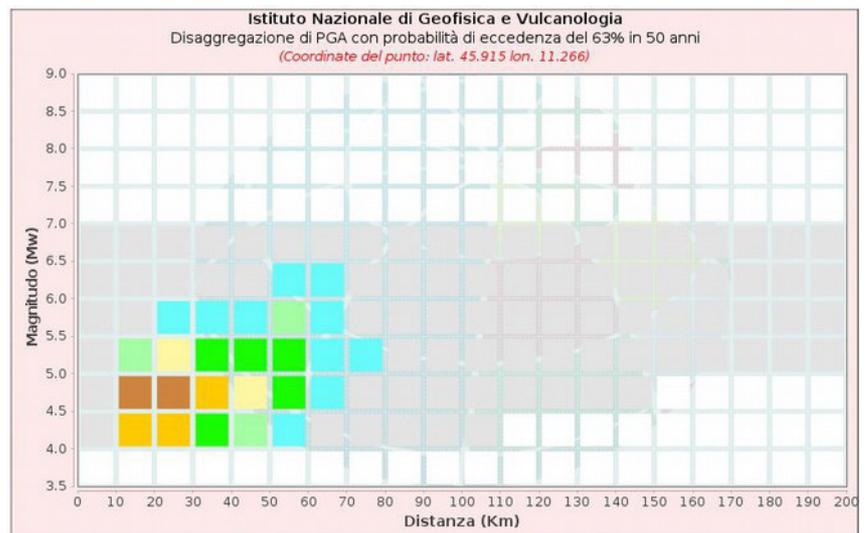


Figura 7.3 Grafico di disaggregazione per lo stato limite di salvaguardia della vita (SLV)

Figura 7.4: Grafico di disaggregazione per lo stato limite di collasso (SLC)



8. INDAGINI GEOLOGICHE, GEOTECNICHE E SISMICHE

L'indagine per il presente studio si è articolata in:

- Rilievo di campagna lungo tutto lo sviluppo del percorso ciclopedonale e nei dintorni dell'area di cava;
- Analisi delle sezioni stratigrafiche esposte nell'area di cava;
- Stazioni geomeccaniche per la caratterizzazione del substrato roccioso lungo il percorso ciclopedonale;
- Analisi multitemporale delle ortofoto disponibili nei portali cartografici della regione Veneto del ministero dell'ambiente;
- Riprese fotografiche da drone teleguidato delle pareti rocciose meno accessibili.

Per quanto riguarda l'area di cava si rammenta che essa è ancora in fase di coltivazione e non è stata ancora raggiunta la quota di progetto per la realizzazione dell'Hub turistico;

tuttavia le sezioni esposte durante gli scavi e anche a valle della cava, lungo la SP 350, consentono di caratterizzare molto bene l'area. I depositi fluvioglaciali, ubiquitari e bene esposti, arrivano ben al disotto del piano di modellazione previsto in progetto, essendovi delle sezioni esposte anche lungo la strada sottostante.



Figura 8.1: Ripresa fotografica di una sezione di scavo all'interno della cava; sono evidenti le tracce

deposizionali che alternano livelli più fini a livelli più grossolani.



Figura 8.2: Dettaglio della sezione precedente: l'abbondanza di matrice fine e i ciottoli poco smussati sono caratteristici dei depositi fluvioglaciali.

La caratterizzazione geotecnica dei terreni per la realizzazione dell'Hub turistico, all'interno dell'area di cava, sarà eseguita in fase di progettazione esecutiva, in quanto il piano di posa delle fondazioni non è ancora accessibile; in questa fase si farà riferimento a parametri desunti dalla bibliografia per terreni di natura e granulometria analoghi a quelli rilevati.

Per quanto riguarda i parametri sismici si farà riferimento a quelli contenuti nella relazione geologica del progetto di fattibilità tecnico economica, in attesa di poter effettuare le misure direttamente in corrispondenza del piano di posa dell'Hub.



Figura 8.3 La ripida sezione di scavo evidenzia la coesione dei terreni che risultano quasi cementati

8.1. Classificazione degli ammassi rocciosi

Per la caratterizzazione del substrato roccioso, che interessa quasi tutto il tracciato ciclopedonale, si sono eseguite due stazioni geomeccaniche, la cui ubicazione è riportata nella carta geolitologica allegata a fine testo (allegato1).

Lo studio geomeccanico degli ammassi rocciosi, pertanto, si è focalizzato in corrispondenza dei due tratti che dovranno essere realizzati ex novo, ovvero il tratto 2 e il tratto 7. Le due stazioni geomeccaniche sono state ubicate, prudenzialmente su ammassi che rappresentano le condizioni più scadenti (tra quelle rilevabili), in prossimità dei due nuovi tratti.

In termini di metodologia di studio, si è dapprima classificato speditivamente l'ammasso, facendo riferimento all'indice geologico di resistenza GSI (Geological Strength Index), basato sulla valutazione visiva della struttura dell'ammasso in rapporto alle condizioni dei giunti e, in secondo luogo, ove possibile, si è realizzata una stazione di rilevamento geomeccanico con stima dell'indice RMR (Rock Mass Rating), basato sul calcolo più rigoroso dei parametri distintivi della roccia e delle discontinuità.

Si precisa che per entrambe le stazioni il litotipo riscontrato appartiene alla formazione rocciosa della Dolomia Principale, variamente fratturata e/o alterata, a tale litotipo si può attribuire un peso di volume $\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$.

Si distinguono, di seguito, le due stazioni geomeccaniche rilevate.

8.1.1. STAZIONE 1

Ubicazione: tratto 6 - quota 1005 m s.l.m.

Relativamente all'**indice GSI**, questo esprime la qualità dell'ammasso in funzione del grado e delle caratteristiche delle fratturazioni, della struttura geologica, della dimensione dei blocchi e l'alterazione delle discontinuità. La stima del GSI avviene confrontando la struttura dell'affioramento (figura 8.4) con la figura 8.5.

L'ammasso roccioso si presenta tendenzialmente massivo con struttura variabile, tendenzialmente colonnare da un ammasso a blocchi a uno irregolare, con presenza locale di fasce cataclastiche intensamente fratturate, circoscritte ai settori di maggiore deformazione tettonica.

La matrice rocciosa nel suo insieme può essere considerata "leggermente alterata" – (Grado II di alterazione – ISRM 1978), ovvero la "la decolorazione indica un'alterazione della roccia e delle superfici di discontinuità. Tutto il materiale roccioso è decolorato per alterazione degli agenti atmosferici e talvolta può essere all'esterno meno resistente della roccia fresca all'interno". Si osserva, infatti, che la struttura originaria della roccia è rimasta preservata e non si presenta decomposta in terra.



*Figura 8.4:
Ammasso in
corrispondenza
alla stazione
geomeccanica, a
sinistra la fascia
più fratturata (GSI
medio 45), a
destra quella più
massiva (GSI
medio 60)*

GEOLOGICAL STRENGTH INDEX FOR JOINTED ROCKS	SURFACE CONDITIONS				
	VERY GOOD	GOOD	FAIR	POOR	VERY POOR
STRUCTURE	DECREASING SURFACE QUALITY →				
 INTACT OR MASSIVE-intact rock specimens or massive in situ rock with few widely spaced discontinuities	90	80			
 BLOCKY-well interlocked undisturbed rock mass consisting of cubical blocks formed by three intersecting discontinuity sets		70			
 VERY BLOCKY-interlocked, partially disturbed mass with multi-faceted angular blocks formed by 4 or more joint sets			60		
 BLOCKY/DISTURBED/SEAMY -folded with angular blocks formed by many intersecting discontinuity sets. Persistence of bedding planes or schistosity				40	
 DISINTERATED-poorly interlocked, heavily broken rock mass with mixture of angular and rounded rock pieces					20
 LAMINATED/SHEARED-Lack of blockiness due to close spacing of weak schistosity or shear planes					10

Figura 8.5 Stima visiva dell'indice GSI con individuazione del range di valori individuato nel corso dei rilievi.

La stima dell'indice di qualità **RMR (rock mass rating)** avviene attraverso la somma di 5 parametri, 2 relativi allo stato della roccia (A1 e A2) e 3 relativi all'ammasso roccioso (A3, A4 e A5).

$$RMR = (A1 + A2 + A3 + A4 + A5)$$

I parametri sono:

- A1 Co (Resistenza a compressione uniassiale della roccia);
- A2 RQD% (Recupero percentuale modificato);
- A3 s (Spaziatura delle discontinuità);
- A4 Condizioni dei giunti
- A5 Condizioni d'acqua

Ad ognuno di essi viene assegnato un indice parziale a seconda del valore (per RQD%, Co e s) o della condizione. Di seguito vengono riportate le tabelle con i valori discreti dei parametri associati ad ogni range di variazione del valore stesso.

A1: Resistenza alla compressione uniassiale:

J.C.S. (Joint Coefficient Strength) del litotipo: è stata determinata tramite prove eseguite in situ con il martello di Schmidt. In ciascuna prova la resistenza risulta dalla media dei 5 valori più alti, sui 10 rilevati, misurati con lo sclerometro; il valore ottenuto in questo caso è stato di 61. La risposta elastica della roccia è stata correlata al J.C.S attribuendo al litotipo una densità pari a 25 KN/m³; valore ricavato dalla letteratura considerando un ammasso roccioso fratturato anziché integro. Si ottiene pertanto un valore di resistenza alla compressione monoassiale pari a 200 Mpa. Tale valore va tuttavia ridotto in quanto, per valori elevati di resistenza, la prova tende a sovrastimare la risposta dell'ammasso (la dispersione media del dato è ± 100 MPa) Si considera pertanto un valore di 100 Mpa.

Resist. Compress. Uniassiale	Co. (MPa)	>250	100- 250	50- 100	25 - 50	5 - 25	1- 5	<1
Parametro Corrispondente	A1	15	12	7	4	2	1	0

Nel caso specifico, sulla base di tali valori il parametro risulta tra 7 e 12, si assume perciò A1 = 10

A2: Rock Quality Designation:

L'indice R.Q.D. della roccia deriva dall'analisi visiva dell'affioramento. Sono state considerate alcune sezioni verticali di circa 1,50 m e lungo esse sono stati sommati gli spezzoni di roccia di dimensioni maggiori ai 10 cm.

RQD %	90-100	75-90	50-75	25-50	<25
A2	20	17	13	8	3

Nel caso specifico, trattandosi di una struttura con giunti a spaziatura variabile dai 5 ai 40 cm, si è ottenuto un recupero percentuale medio del 50%, cui corrisponde un valore del parametro A2 pari a 8.

Analisi delle discontinuità:

all'interno dell'ammasso sono riconoscibili 3 sistemi di discontinuità oltre alla stratificazione: due ad alto angolo fra essi coniugati (quasi ortogonali) ed uno mediamente inclinato, meno frequente. Si riportano i valori di inclinazione e immersione azimutali (Dip/Dipdirection) ricavati dall'analisi statistica dei dati raccolti in campagna:

- **Sistema K1:** Dip/Dipdirection: 77°/ 130°N ; Spaziatura 5 - 40cm
- **Sistema K2:** Dip/Dipdirection: 79°/ 50°N; Spaziatura 5 - 40 cm
- **Sistema K3:** Dip/Dipdirection: 50°/ 240°N; Spaziatura >100 cm
- **Sistema K4 (stratificazione):** Dip/Dipdirection: 15°/ 340° N; Spaziatura 5-100 cm.

A3: Spaziatura delle discontinuità:

riferita alla normale al piano di orientazione della famiglia:

Spaziatura giunti (m)	>2	0.6-2	0.2-0.6	0.06-0.2	<0.06
A3	20(30)	15(25)	10(20)	8(10)	5(5)

I valori tra parentesi sono stati proposti da altri autori.

All'interno del fronte esposto le spaziature variano dai 5 ai 40 cm, ne deriva un valore del

parametro A3 pari a compreso tra 8 e 10.

A4. Condizioni dei giunti

Trattandosi del parametro di più incerta definizione, si è preferito far riferimento a cinque parametri elementari ai quali è stato assegnato un indice parziale, in modo da renderne meno soggettiva la valutazione.

1) Rugosità

La stima della rugosità deriva dal confronto visivo delle superfici esposte dei giunti con i profili di scabrezza tipici definiti da Barton:

Rugosità	20-17	16-10	12-9	8-5	4-0
Indice	12	8	4	2	0

Per le superfici in esame, i giunti possono considerarsi del tipo seghettato liscio, cui corrisponde un coefficiente di scabrezza compreso fra 4-6, ovvero un valore dell'indice di rugosità pari a 2.

2) Apertura delle discontinuità:

distanza perpendicolare fra le pareti dello stesso giunto

Apertura	chiuse	<1mm	1-3mm	3-5mm	>5mm
Indice	5	4	2	0.5	0

I giunti si presentano tendenzialmente chiusi o con aperture inferiori al millimetro, corrispondenti a un indice pari a 5 nelle porzioni più sane, mentre in quelle cataclastiche possono superare il centimetro, pertanto il valore dell'indice si abbassa a 0.

3) Alterazione

σ/JCS	<1.5	1.5-2.5	2.5-5	5-10	>10
Indice parziale	8	6	4	2	0

La roccia si presenta poco alterata, ad esclusione delle fasce cataclastiche, il valore dell'indice, considerando per la Dolomia un σ medio pari a 120MPa, si ottiene un indice pari a $120/100 = 1,2$ ovvero un indice parziale pari a 8.

4) Riempimento

Riempimento	Assente	Incoerente	Coesivo
Indice parziale	5	2	0

I giunti in genere non presentano riempimento, salvo nelle fasce cataclastiche ove localmente presenta riempimento incoerente. Indice parziale perciò varia da 5 a 2

5) Persistenza laterale

lunghezza della traccia in affioramento:

Persistenza	<1m	1-3m	3-10m	10-20m	>20m
--------------------	-----	------	-------	--------	------

Indice parziale	6	4	2	1	0
------------------------	---	---	---	---	---

Nel caso specifico la persistenza media è pari a 2- 4m. Indice parziale pari a 3.

A5. Condizioni d'acqua

Condizioni	asciutto	umido	bagnato	stillicidio	venute
A5	15	10	7	4	0

L'ammasso si presenta asciutto, per quanto in seguito ad eventi meteorici significativi sussisterà certamente un moto di percolazione all'interno del reticolo di fratture interconnesse. A5=15.

INDICE R.M.R.

La somma algebrica degli indici parziali fornisce l'indice RMR, variabile da 0 a 100. Questo range è suddiviso in 5 intervalli ai quali corrispondono le diverse classi dell'ammasso roccioso, caratterizzate da determinati valori di coesione e di angolo di attrito. Nel caso considerato si ottengono:

R.M.R. = 10+8+10+2+5+8+5+3+15 = 66 nella porzione più sana

R.M.R. = 10+8+8+2+0+8+2+3+15 = 56 nella porzione più alterate

L'ammasso, complessivamente si colloca al limite tra le classi di qualità discreta e buona.

CLASSE	QUALITA'	INDICE RMR	COESIONE	ANGOLO DI ATTRITO
I	Molto buona	100 - 81	> 400 kPa	> 45°
II	Buona	80 - 61	300 - 400 kPa	35 - 45°
III	Discreta	60 - 41	200 - 300 kPa	25 - 35°
IV	Scadente	40 - 21	100 - 200 kPa	15 - 25°
V	Pessima	< 20	<100 kPa	< 15°

Tale valore è compatibile con quanto suggerito dall'indice GSI, correlabile all'indice RMR dall'equazione $GSI = RMR - 5$, ovvero $GSI = 61 - 5 = 56$

8.1.2. STAZIONE 2

Ubicazione: tratto 3 in prossimità dell'immissione del tratto 2 - quota 615 m s.l.m.

Relativamente all'**indice GSI**, ottenuto confrontando la struttura dell'affioramento (figura 8.6) con la figura 8.7, si visualizza all'interno del cerchio rosso l'area di pertinenza: in questo caso si ottiene un valore medio compreso fra 55 e 65; sono sempre presenti almeno 3 sistemi di discontinuità e sono presenti fasce più intensamente fratturate che riducono l'interconnessione fra frammenti di roccia, tuttavia, le condizioni dei giunti sono generalmente molto buone, con prevalenza di giunti chiusi e poco persistenti



Figura 8.6: Ammasso in corrispondenza alla stazione geomeccanica, in basso la fascia più fratturata (GSI medio 50), sopra quella più massiva (GSI medio 60)

GEOLOGICAL STRENGTH INDEX FOR JOINTED ROCKS	SURFACE CONDITIONS				
	VERY GOOD	GOOD	FAIR	POOR	VERY POOR
STRUCTURE	DECREASING SURFACE QUALITY →				
INTACT OR MASSIVE-intact rock specimens or massive in situ rock with few widely spaced discontinuities	90				
BLOCKY-well interlocked undisturbed rock mass consisting of cubical blocks formed by three intersecting discontinuity sets	80				
VERY BLOCKY-interlocked, partially disturbed mass with multi-faceted angular blocks formed by 4 or more joint sets		70			
BLOCKY/DISTURBED/SEAMY-folded with angular blocks formed by many intersecting discontinuity sets. Persistence of bedding planes or schistosity			60		
DISINTERATED-poorly interlocked, heavily broken rock mass with mixture of angular and rounded rock pieces			40		
LAMINATED/SHEARED-Lack of blockiness due to close spacing of weak schistosity or shear planes				20	
					10

Figura 8.7: Stima visiva dell'indice GSI con individuazione del range di valori individuato nel corso dei rilievi.

L'ammasso roccioso si presenta tendenzialmente massivo con struttura prevalentemente romboedrica; la stratificazione suborizzontale, con spessore variabile da centimetrico a metrico, fa sì che la porzione superiore dell'affioramento risulti decisamente meno suddivisa di quella inferiore, dove, appunto, la stratificazione è più fitta. La presenza di apparati radicali del bosco soprastante ha localmente enfatizzato il detensionamento superficiale dell'ammasso.

La matrice rocciosa, appartenente alla Dolomia Principale, si presenta solo "leggermente alterata" – (Grado II di alterazione – ISRM 1978), ovvero la "decolorazione indica l'alterazione del materiale roccioso e delle superfici di discontinuità". Si osserva, infatti, che la struttura originaria della roccia è rimasta preservata e non si presenta decomposta in terra.

Si procede di seguito, in analogia a quanto riportato per la stazione 1, alla stima dell'indice di qualità **RMR (rock mass rating)**.

A1: Resistenza alla compressione uniassiale:

In questo caso, i risultati ottenuti dalle prove sclerometriche hanno un valore medio di 51 da cui si ottiene una parametro di resistenza pari a 120 ± 40 Mpa; si considera pertanto un valore di 80 Mpa, cui corrisponde un valore del parametro **A1=7**

Resist. Compress. Uniassiale	Co. (MPa)	>250	100- 250	50- 100	25 - 50	5 - 25	1 - 5	<1
Parametro Corrispondente	A1	15	12	7	4	2	1	0

A2: Rock Quality Designation:

L'indice R.Q.D. della roccia deriva dall'analisi visiva dell'affioramento.

RQD %	90-100	75-90	50-75	25-50	<25
A2	20	17	13	8	3

Nel caso specifico, considerando cautelativamente i settori maggiormente fratturati, si è ottenuto un recupero percentuale medio del 60%, cui corrisponde un valore del parametro A2 pari a 13.

Analisi delle discontinuità:

All'interno dell'ammasso sono riconoscibili 5 sistemi di discontinuità oltre alla stratificazione: due ad alto angolo fra essi coniugati e due mediamente inclinati, anch'essi coniugati, questi ultimi due meno persistenti e individuabili soprattutto nella parte basale dell'affioramento, caratterizzata da stratificazione più fitta. Si riportano i valori di inclinazione e immersione azimutali (Dip/Dipdirection) ricavati dall'analisi statistica dei dati raccolti in campagna:

- **Sistema K1:** Dip/Dipdirection: 88°/ 070°N ; Spaziatura 5-40cm
- **Sistema K2:** Dip/Dipdirection: 88°/ 000°N; Spaziatura 5-40 cm
- **Sistema K3:** Dip/Dipdirection: 50°/ 110°N; Spaziatura 5-10 cm
- **Sistema K4 :**Dip/Dipdirection: 60°/ 270° N; Spaziatura 5-10 cm
- **Sistema K4 (stratif.):** Dip/Dipdirection: 8°/ 060° N; Spaziatura 2-40 cm.

A3: Spaziatura delle discontinuità:

riferita alla normale al piano di orientazione della famiglia:

Spaziatura giunti (m)	>2	0.6-2	0.2-0.6	0.06-0.2	<0.06
A3	20(30)	15(25)	10(20)	8(10)	5(5)

All'interno del fronte esposto le spaziature medie variano dai 5 ai 40 cm, con una dominanza del valore compreso fra 5 e 20cm, ne deriva un valore del parametro A3 pari a 8.

A4. Condizioni dei giunti

1) Rugosità

La stima della rugosità deriva dal confronto visivo delle superfici esposte dei giunti con i profili di scabrezza tipici definiti da Barton:

Rugosità	20-17	16-10	12-9	8-5	4-0
Indice	12	8	4	2	0

Per le superfici in esame, i giunti possono considerarsi del tipo ondulati lisci, cui corrisponde un coefficiente di scabrezza compreso fra 4-6, ovvero un valore dell'indice di rugosità pari a 2.

2) Apertura delle discontinuità:

distanza perpendicolare fra le pareti dello stesso giunto

Apertura	chiuse	<1mm	1-3mm	3-5mm	>5mm
Indice	5	4	2	0.5	0

I giunti si presentano tendenzialmente chiusi o con aperture inferiori a 3 millimetri, corrispondenti a un indice pari a 2.

3) Alterazione

σ/JCS	<1.5	1.5-2.5	2.5-5	5-10	>10
Indice parziale	8	6	4	2	0

La roccia si presenta poco alterata, ad esclusione delle fasce cataclastiche, il valore dell'indice, considerando per la Dolomia un σ medio pari a 120MPa, si ottiene un indice pari a $120/80=1,5$ ovvero un indice parziale pari a 6.

4) Riempimento

Riempimento	Assente	Incoerente	Coesivo
Indice parziale	5	2	0

I giunti non presentano riempimento. Indice parziale pari a 5.

5) Persistenza laterale

lunghezza della traccia in affioramento:

Persistenza	<1m	1-3m	3-10m	10-20m	>20m
Indice parziale	6	4	2	1	0

Nel caso specifico la persistenza media del sistema principale è superiore a 3 m, perciò l'indice parziale pari a 2.

A5. Condizioni d'acqua

Condizioni	asciutto	umido	bagnato	stillicidio	venute
A5	15	10	7	4	0

L'ammasso si presenta asciutto, per quanto in seguito ad eventi meteorici significativi sussisterà certamente un moto di percolazione all'interno del reticolo di fratture interconnesse. A5=15.

INDICE R.M.R.

Nel caso considerato si ottiene: R.M.R.= 7+13+8+2+2+6+5+2+15= **60**

L'ammasso si colloca all'interno della classe di qualità discreta (cfr. tabella seguente), vicino al limite con quella buona.

Tale valore è compatibile con quanto suggerito dall'indice GSI, correlabile all'indice RMR dall'equazione $GSI=RMR - 5$, ovvero $GSI = 60 - 5 = 55$, attribuibile alle porzioni maggiormente fratturate.

CLASSE	QUALITA'	INDICE RMR	COESIONE	ANGOLO DI ATTRITO
<i>I</i>	Molto buona	100 - 81	> 400 kPa	> 45°
<i>II</i>	Buona	80 - 61	300 - 400 kPa	35 - 45°
<i>III</i>	Discreta	60 - 41	200 - 300 kPa	25 - 35°
<i>IV</i>	Scadente	40 - 21	100 - 200 kPa	15 - 25°
<i>V</i>	Pessima	< 20	<100 kPa	< 15°

Per quanto riguarda gli ammassi rocciosi posti a quote più elevate, che interessano i tratti da 9 a 12, le condizioni della roccia sono generalmente migliori, la formazione dei Calcari Grigi si presenta sotto forma di bancate da pluridecimetriche a metriche, prevalentemente suborizzontali o poco inclinate. I sistemi di fratturazione sono meno evidenti e generalmente poco persistenti, conferendo all'ammasso una qualità per lo più buona o molto buona (cfr. figure 8.8 e 8.9).



Figura 8.8: Ripresa fotografica da drone del versante orientale del Soglio d'Aspio: la parete subverticale sovrasta parte del tratto 10 (evidenziato con tratteggio arancione).

A conferma di tale considerazione si può fare riferimento all'indice GSI (cfr. figura 8.10).

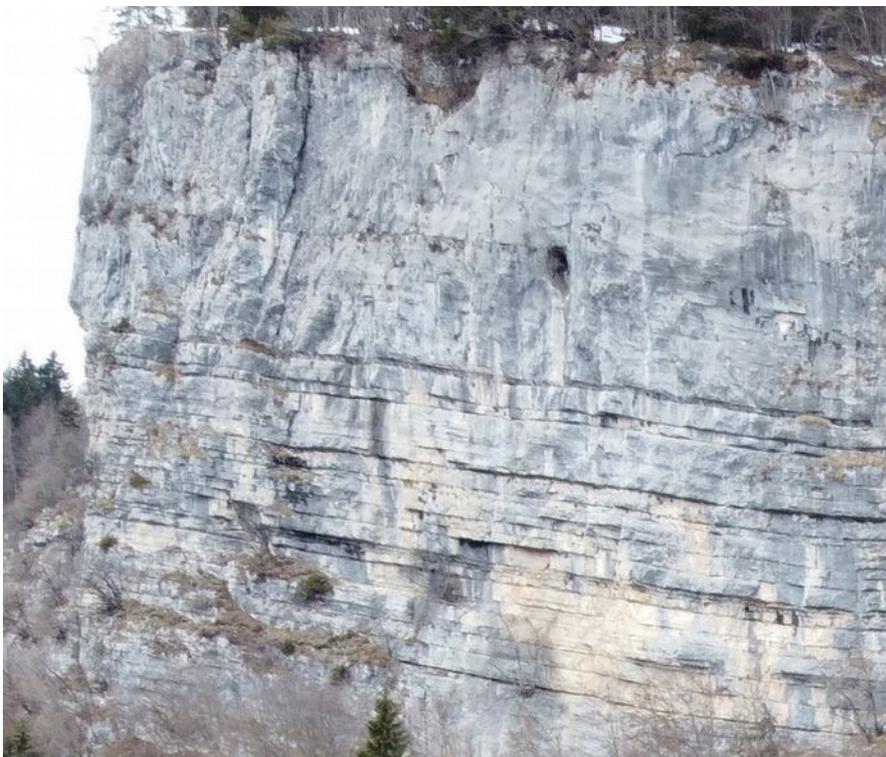


Figura 8.9: Dettaglio della parete rocciosa che sovrasta il tratto 10; si noti la stratificazione della parte inferiore, che diventa indistinta nella parte sommitale.

GEOLOGICAL STRENGTH INDEX FOR JOINTED ROCKS	SURFACE CONDITIONS				
	VERY GOOD	GOOD	FAIR	POOR	VERY POOR
STRUCTURE	DECREASING SURFACE QUALITY →				
 INTACT OR MASSIVE—intact rock specimens or massive in situ rock with few widely spaced discontinuities	90	80			
 BLOCKY—well interlocked undisturbed rock mass consisting of cubical blocks formed by three intersecting discontinuity sets		70			
 VERY BLOCKY—interlocked, partially disturbed mass with multi-faceted angular blocks formed by 4 or more joint sets		60			
 BLOCKY/DISTURBED/SEAMY—folded with angular blocks formed by many intersecting discontinuity sets. Persistence of bedding planes or schistosity			40		
 DISINTERATED—poorly interlocked, heavily broken rock mass with mixture of angular and rounded rock pieces				20	
 LAMINATED/SHEARED—Lack of blockiness due to close spacing of weak schistosity or shear planes					10

Figura 8.10: Stima visiva dell'indice GSI con individuazione del range di valori attribuibili alle pareti rocciose in Calcari grigi sovrastanti i tratti 9 -11 della pista ciclopedonale, che consente di definire la qualità dell'ammasso come buona o molto buona

9. MODELLO GEOLOGICO

Il modello geologico dell'area ove sono previsti gli interventi in progetto può essere suddiviso in due parti: l'area di cava con il primo tratto del tracciato ciclopedonale e la seconda comprendente tutta la restante parte del tracciato ciclopedonale.

9.1. Area di cava:

L'area è situata ai piedi del versante di una valle di origine glaciale, dominata dalla presenza di potenti depositi sciolti, di natura prevalentemente calcareo dolomitica, di origine fluvioglaciale, oggetto di coltivazione. Si tratta di depositi poco classati, dove la granulometria comprende blocchi, ciottoli e ghiaia, in matrice sabbioso limosa; la tessitura è alternativamente grano sostenuta o matrice sostenuta. Sono diffusamente presenti anche trovanti di dimensioni che superano il metro cubo. La potenza originaria dei depositi supera ampiamente i 40 m.

Con riferimento alla circolazione idrica il deposito si presenta prevalentemente asciutto, tuttavia lungo il versante che digrada verso il piano di cava, in corrispondenza dei periodi più piovosi, si manifestano delle emergenze idriche temporanee, la cui quota massima rilevata nel periodo di indagine è stimabile a circa 525 m s.l.m.

Si tratta comunque di una presenza temporanea, in quanto gli scavi in profondità (fino a 518 m s.l.m.) in alcune parti della cava non hanno rilevato la presenza continua di acqua a fondo scavo, ma solo nei periodi più piovosi. In ogni caso nell'ambito degli interventi in progetto la regimazione delle acque meteoriche dovrà essere debitamente considerata.

Con riferimento al versante che sovrasta la cava è presente una scarpata in roccia dolomitica, che non sembra manifestare, allo stato attuale, segni di dissesto né forme fresche di distacco lapideo; l'analisi multitemporale delle ortofoto dal 1994 al 2018 (disponibili nei geoportali del ministero dell'ambiente e della regione Veneto) non evidenzia segni di dissesto macroscopici.



Figura 9.1 Ripresa fotografica dal piano di cava: gli accumuli di blocchi lungo il versante rimodellato indicano le zone di emergenza idrica - i blocchi fungono da dreno e consentono la periodica emergenza idrica evitando l'erosione del versante



Figura 9.2 : Fotografia del versante a monte della cava, ripresa dal tratto di strada sterrata a monte della stessa: si noti l'assenza di forme fresche e la vegetazione rupestre che ricopre la parete, testimoniando l'assenza di fenomeni di distacco recente.

9.2. Ciclopedonale (tratti 2-14)

Il tracciato della pista ciclopedonale si snoda prevalentemente lungo il versante sinistro (idrografico) della Valle Civetta e in minima parte sulla dorsale che collega il Soglio d'Aspio alla zona di altopiano (dei Fiorentini) vera e propria. Tutto il versante manifesta un pendenza piuttosto elevata, prevalentemente superiore ai 30°, con presenza di ripide pareti subverticali, che si fanno più continue in prossimità della sommità.

Il substrato roccioso è prevalentemente affiorante o subaffiorante, di natura calcarea o dolomitica; la qualità degli ammassi rocciosi è generalmente buona o molto buona nella porzione più a monte, interessata dagli ultimi tratti del tracciato (da 8 a 14), mentre è di qualità discreta alle quote inferiori (tratti da 2 a 7).

Il tratto n.3 attraversa il corpo di un'antica frana di crollo (cfr. figura 9.3), stabilizzata, probabilmente legata ai fenomeni di detensionamento della roccia a seguito del ritiro glaciale, caratterizzata in superficie dalla presenza di massi ciclopici; blocchi franati di grosse dimensioni (5-10 mc) si trovano anche nel tratto di versante posto tra il segmento n. 6 e il nuovo tratto n. 7, anch'essi residuo di un antico crollo.

L'osservazione dei cigli della scarpate a margine del Soglio d'Aspio, mediante rilievo con drone, non ha evidenziato la presenza, allo stato attuale, di volumi di roccia particolarmente problematici dal punto di vista della propensione al distacco.

Con riferimento alla circolazione idrica, ad eccezione dell'attraversamento del torrente della Val Civetta, che avviene su un ponte esistente, non sono presenti, lungo tutto il tracciato, altri corsi d'acqua a regime perenne.



*Figura 9.3:
Massi ciclopici
lungo il tratto
n. 3 - residui
di antico
crollo*

Lungo il tratto 4 si è rilevata invece la presenza di un impluvio (in attraversamento), che si attiva durante gli episodi di precipitazione più intensa e prolungata e che necessita di sistemazioni.

Alcune emergenze idriche, definibili quasi stillicidi si evidenziano anche tra le bancate rocciose che caratterizzano il versante orientale del Soglio d'Aspio, senza peraltro comportare interferenze significativa con gli interventi in progetto.

10. DESCRIZIONE DEL PROGETTO E RELATIVI ASPETTI GEOTECNICI

Come accennato in precedenza il progetto prevede la ricomposizione del piano di cava con realizzazione di un'area parcheggio, un'area di sosta camper e un'ampia area verde, con funzione turistico ricreativa. L'area sarà dotata di una struttura turistico ricettiva denominata Hub turistico. Per l'accesso all'area sarà realizzato uno svincolo dalla strada provinciale N. 350. Infine, a partire dall'area parcheggio sarà realizzata una viabilità ciclo pedonale che consentirà di raggiungere l'altopiano dei Fiorentini.

Nel seguito si descrivono le caratteristiche salienti dei diversi interventi e, per ciascuno di essi saranno analizzati gli aspetti geotecnici significativi.

10.1. Svincolo stradale, viabilità interna e area camper

Il progetto prevede la realizzazione di un'intersezione a T tra la nuova viabilità di accesso all'area e la SP 350. Le corsie di ingresso ed egresso sono definite da aiuole spartitraffico delimitate da cordoli. Le corsie hanno una larghezza tra i 3,50 e i 4,00 m a cui vanno sommate le banchine laterali mentre la strada di accesso ha una larghezza di 7 m nel tratto a doppio senso.

Dalla viabilità di accesso si arriva all'area dei parcheggi e qui si prevede di realizzare un anello a senso unico antiorario che percorre il perimetro dell'area servizi fino ad arrivare all'accesso all'area di parcheggio per camper. La viabilità a senso unico ha una larghezza di 6,50 m composta da 4,50 m di corsia a cui sommare una banchina esterna di 0,50 m e una banchina interna di 1 m, funzionale al transito dei pedoni.

L'area dell'intersezione è in un tratto tra due curve e la provinciale ha una pendenza variabile tra il 6.50% del tratto più a monte al 4% del tratto più a valle. L'andamento altimetrico prevede che l'area dell'intersezione sia complanare con la provinciale e successivamente, in corrispondenza del tratto in cui la varice si stringe, la nuova strada avrà una pendenza del 4,5% per circa 60 m fino a raggiungere la quota dell'area servizi. La viabilità interna poi ha un andamento dettato dallo stato di fatto e coordinato con le funzioni previste.

10.1.1. MODELLO GEOTECNICO

Gli interventi interessano esclusivamente terreni sciolti granulari, di origine fluvioglaciale, costituenti attualmente il materiale di cava.

La realizzazione dello svincolo e della viabilità di ingresso richiedono la modellazione di scarpate di raccordo, sia tra la strada provinciale e la viabilità interna, sia tra quest'ultima e il versante a monte. L'altezza massima delle scarpate è prevista dell'altezza di circa 5 m.

In definitiva per la realizzazione della viabilità l'unica problematica geotecnica da affrontare riguarda la stabilità delle scarpate.

Come accennato in precedenza, una volta terminata la coltivazione della cava, in sede di progetto esecutivo, si procederà all'esecuzione di indagini geotecniche in situ e al prelievo e all'analisi di campioni rappresentativi dei terreni alle quote di progetto.

Una prima caratterizzazione è comunque possibile in base alle osservazioni di campagna nell'area di cava. Trattandosi di terreni costituiti da miscele di ciottoli, ghiaia e sabbia, di natura prevalentemente carbonatica, come valori riferimento per i parametri geotecnici, desunti dalla bibliografia e da analisi eseguite su campioni prelevati in contesti simili si possono assumere:

- angolo d'attrito $\phi' = 40 - 45^\circ$
- coesione $c' = 10 - 12 \text{ kPa} = 1,02 - 1,22 \text{ t/m}^2$
- peso di volume $\gamma = 1,9 - 2,0 \text{ t/m}^3$

Representative values for angle of internal friction ϕ

Soil	Type of test*		
	Unconsolidated-undrained U	Consolidated-undrained CU	Consolidated-drained CD
Gravel			
Medium size	40–55°		40–55°
Sandy	35–50°		35–50°
Sand			
Loose dry	28–34°		
Loose saturated	28–34°		
Dense dry	35–46°		43–50°
Dense saturated	1–2° less than dense dry		43–50°
Silt or silty sand			
Loose	20–22°		27–30°
Dense	25–30°		30–35°
Clay	0° if saturated	3–20°	20–42°

Figura 10.2:
Valori di angolo d'attrito da Foundation analysis and design - Joseph E. Bowles -ed. McGraw - Hill - 1988

* See a laboratory manual on soil testing for a complete description of these tests, e.g., Bowles (1986b).

Notes:

1. Use larger values as γ increases
2. Use larger values for more angular particles
3. Use larger values for well-graded sand and gravel mixtures (EGW, SW)
4. Average values for

Con tali valori la modellazione di scarpate a $40^\circ/45^\circ$ è da ritenersi, in prima istanza, ammissibile. Tuttavia la verifica di stabilità sarà eseguita in fase di progettazione esecutiva, con i parametri geotecnici valori derivanti da specifiche prove geotecniche in sito e di laboratorio.

10.2. Hub turistico

L'Hub turistico è una struttura a due piani, compreso il piano terra, realizzato con struttura in calcestruzzo armato e solai in legno, delle dimensioni in pianta di circa 7m x 15,8 m. Le fondazioni sono previste del tipo rettangolare a platea, delle dimensioni indicative di 9 m x 16 m.

10.2.1. MODELLO GEOTECNICO

Gli interventi interessano esclusivamente terreni sciolti granulari, di origine fluvioglaciale, costituenti attualmente il materiale di cava. Anche in questo caso le caratteristiche puntuali dei terreni, in corrispondenza del piano di posa delle fondazioni, potranno essere saranno indagate solo dopo la chiusura dell'attività di cava, quando sarà realizzato il piano di posa della struttura.

In questo caso la problematica geotecnica da affrontare riguarda essenzialmente l'interazione terreno - fondazioni.

In ogni caso, in questa sede può essere eseguita una prima analisi speditiva dell'interazione terreno fondazioni, sulla base delle caratteristiche dei terreni indicate al capitolo 10.1.1.

10.2.2. VERIFICA CAPACITÀ PORTANTE

La presente verifica viene eseguita secondo l'approccio 2 combinazione unica, ai sensi delle NTC 17/01/2018, che prevede coefficienti parziali unitari per il peso di volume e per la tangente dell'angolo di attrito.

Si è utilizzata la formula generale di Terzaghi per la verifica della capacità portante, valida per fondazioni a base rettangolare:

$$q_{lim} = (1 + 0,2 \frac{B}{L}) c N_c + \gamma D N_q + (1 - 0,2 \frac{B}{L}) \gamma \frac{B}{2} N_\gamma$$

dove i termini N_c , N_q ed N_γ sono stati definiti fattori di capacità portante e risultano funzione dell'angolo di resistenza al taglio del terreno di fondazione (nel caso in esame assunto prudenzialmente pari a 40°) e delle assunzioni fatte sulla geometria della superficie di rottura.

Nel caso in esame si è prudenzialmente considerata nulla la coesione (c), per cui il primo termine della formula va trascurato e la formula si riduce a:

$$q_{lim} = \gamma D N_q + (1 - 0,2 \frac{B}{L}) \gamma \frac{B}{2} N_\gamma$$

$N_q = 64,2$ (secondo BRINCH HANSEN - 1970) e

$N_\gamma = 2(N_q - 1) \operatorname{tg} \phi' = 106,1$ (secondo la formulazione suggerita dell'Eurocodice 7).

Assunte le seguenti geometrie di progetto:

$D = 0,5$ m, $B = 9,00$ m e $L = 16$ m si ottiene

$$q_{LIM} = (64,2 + 847,5) \text{ t/m}^2 = 911,7 \text{ t/m}^2 \approx 8,93 \text{ MPa}$$

applicando il fattore di sicurezza $\gamma_R = 2,3$ si ottiene

$$q_{AMM} = q_{LIM} / 2,3 = 396,4 \text{ t/m}^2 \approx 3,88 \text{ Mpa}$$

Tali valori sono ampiamente compatibili con i carichi prevedibili per la struttura in progetto, tuttavia in fase esecutiva si procederà alle opportune verifiche, confrontando le resistenze di progetto con le azioni derivanti dalla struttura.

10.3. Pista ciclopedonale

Il tracciato della pista ciclopedonale di collegamento all'Altopiano dei Fiorentini si sviluppa su una lunghezza complessiva di 5.109 m, escludendo il tratto che percorre il piano di cava risistemato, come descritto sopra.

La tavola di progetto T08 illustra l'intero tracciato, alla scala 1:2.000, assieme ad alcune riprese fotografiche che meglio evidenziano le diverse tipologie di intervento prese in esame. La viabilità ciclo pedonale in progetto, infatti, sfrutta ove possibile tracciati esistenti, quali la viabilità di accesso alla centralina idroelettrica della Val Civetta, la

viabilità di cantiere per l'opera di presa della centralina e la sentieristica esistente.

L'intero percorso è stato perciò suddiviso in 14 differenti tratti, a partire da valle verso monte, sulla base del tipo tracciato esistente (o meno) che sfruttano come punto di partenza. Per ciascun tratto è stato realizzato un fascicolo di progetto (da T/08.1 a T08.14), contenente planimetria, profilo e sezioni, cui si può dare riferimento per le descrizioni che seguono.

10.3.1. TRATTO 1

Caratteristiche tecniche:

TRATTO	N.°	1
Lunghezza	m	568,7
Lunghezza inclinata	m	574,2
Larghezza media	m	3,5
Pendenza massima	%	17,3
Pendenza media	%	14,1
Quota massima	m s.l.m.	580,5
Quota minima	m s.l.m.	520,5

Tipo di tracciato: realizzato su strada sterrata esistente in ottime condizioni

Caratteristiche morfologiche: dopo due brevi tornanti, il tracciato si snoda, in salita, da est verso ovest prevalentemente a mezzacosta a monte dell'area di cava, fino ad infilarsi in val Civetta ove, dopo un breve tratto in discesa, termina con un ponte che, attraversato il torrente, conduce ad una delle gallerie di servizio dell'impianto idroelettrico della val Civetta.

Nel segmento a monte della cava la pendenza del versante è dell'ordine dei 23 - 26° (40-50%), mentre all'interno della val Civetta la pendenza media del versante aumenta sensibilmente fino a valori di 45°

Problematiche geologiche: il tracciato è già esistente e insiste su di un'area stabile che non presenta, attualmente, segni di dissesto in atto o recenti; a monte dell'area di cava ci sono salti di roccia, che al momento non mostrano segni di distacchi recenti, tuttavia l'elevata energia del rilievo, in caso di crollo potrebbe causare il rotolamento di massi lungo il versante fino alla strada. La copertura boschiva soprastante ha, in ogni caso, sicuramente un effetto di mitigazione in tal senso.

Interventi previsti: non è previsto alcun intervento, la strada è già oggetto di manutenzione periodica per l'accesso alle strutture dell'impianto idroelettrico.

10.3.2. TRATTO 2

Caratteristiche tecniche:

TRATTO	N.°	2
Lunghezza	m	216,9
Lunghezza inclinata	m	222,4
Larghezza media	m	2,0
Pendenza massima	%	31,7
Pendenza media	%	22,1
Quota massima	m s.l.m.	611,6
Quota minima	m s.l.m.	563,6

Tipo di tracciato: realizzato completamente ex novo a partire dal ponte sulla val Civetta

Caratteristiche morfologiche: il segmento di pista, in costante salita, interessa nella prima parte (circa un terzo) il ripido versante sinistro della Val Civetta, in direzione sud nord; successivamente piega decisamente a ovest, rimanendo a mezzacosta sul versante destro della valle dell'Astico, meno acclive.

Il substrato roccioso dolomitico è generalmente affiorante o sub affiorante nel primo tratto, poi dove la pendenza è inferiore, si fa più rilevante la copertura detritica, ma sempre su spessori ridotti.

Problematiche geologiche: l'intero tracciato sarà realizzato in un'area stabile che non presenta segni di dissesto in atto, tuttavia l'elevata pendenza delle scarpate, soprattutto nella prima parte del tracciato, richiede un'adeguata pulizia a monte prima dell'esecuzione dei lavori e la posa di rete corticale di protezione di tutte le nuove scarpate di altezza superiore ai 2 m.

Interventi previsti: il tracciato è completamente nuovo, per il primo tratto, che dal ponte sul torrente va ad innestarsi lungo il versante sinistro della val Civetta, si prevede la realizzazione di una struttura portante per un ulteriore tratto sospeso, fino a raggiungere la prima sezione di appoggio sul versante roccioso.

Per minimizzare i movimenti terra il sedime pista è previsto della larghezza di 2 m fino alla sezione 14, per poi passare a 2,5 m per il restante tratto, lungo il versante meno acclive. Le sezioni, per quanto possibile, sono state disegnate in modo da bilanciare, complessivamente, sterri e rilevati. Le scarpate di valle, in riporto, dovranno essere tutte sostenute da scogliera di massi e/o gabbioni in rete metallica riempiti con materiale detritico (cfr: allegato 3 . sezioni tipo).

10.3.3. TRATTO 3

Caratteristiche tecniche:

TRATTO	N.°	3
Lunghezza	m	1180,0
Lunghezza inclinata	m	1193,8
Larghezza media	m	3,5
Pendenza massima	%	19,5
Pendenza media	%	14,4
Quota massima	m s.l.m.	781,0
Quota minima	m s.l.m.	611,6

Tipo di tracciato: realizzato su strada esistente parzialmente asfaltata in ottime condizioni

Caratteristiche morfologiche: questo tratto di viabilità risale con alcuni (6) tornanti lungo il versante destro della valle dell'Astico, tra lo sperone di località Saltacan (a ovest) e la val Civetta a est. Fino a quota 700 m circa, la pendenza del versante è dell'ordine dei 25°, poi aumenta progressivamente, attestandosi tra i 30 e 40°

Problematiche geologiche: i tornanti n.4 e n. 6 (partendo dal basso) sono potenzialmente esposti alla caduta di massi dallo sperone roccioso di Saltacan; la centralina idroelettrica è infatti protetta da rete paramassi. Lungo strada vi sono alcune sistemazioni superficiali del versante eseguite mediante traverse di legno sostenute da tondini di ferro o tubi in ferro, di cui va verificata la manutenzione.

Interventi previsti: non è previsto alcun intervento sostanziale, la strada è già oggetto di manutenzione periodica per l'accesso alle strutture dell'impianto idroelettrico.

10.3.4. TRATTO 4

Caratteristiche tecniche:

TRATTO	N.°	4
Lunghezza	m	432,8
Lunghezza inclinata	m	453,3
Larghezza media	m	3,0
Pendenza massima	%	34,8
Pendenza media	%	31,0
Quota massima	m s.l.m.	915,3
Quota minima	m s.l.m.	781,0

Tipo di tracciato: realizzato su strada sterrata esistente, dismessa, con fondo non stabilizzato e scarpata di monte prevalentemente in roccia nuda.

Caratteristiche morfologiche: questo tratto di viabilità risale a mezza costa, con pendenze anche rilevanti e con un paio di tornanti, lungo il versante sinistro della val Civetta; l'acclività del versante è mediamente compresa tra 30 e 40°. Il substrato roccioso dolomitico o calcareo è affiorante o subaffiorante.

Il tracciato attraversa inoltre un paio di impluvi naturali, generalmente asciutti, attivi solo in concomitanza di eventi meteorici.

Problematiche geologiche: le scarpate di monte prevalentemente in roccia affiorante o subaffiorante, quantunque globalmente stabili, sono soggette a degrado per distacco lapideo, che tende progressivamente a ridurre il sedime utile; il tracciato è attraversato da un solco da ruscellamento concentrato molto inciso (progressiva 2265,63 – sez. 7), evidentemente attivo solo in corrispondenza di fenomeni meteorologici intensi e/o prolungati, esso va mantenuto pervio, per evitare che possa deviare andando ad intaccare il sedime del tracciato (come già di recente accaduto); sul lato di valle (progressiva 2310 – poco prima della sez. 8) un fenomeno di erosione superficiale ha intaccato parzialmente il sedime ed è stato già oggetto di sistemazione mediante posa di biostuoia in iuta e rinverdimento che sembra aver attecchito, ma va comunque monitorato ed eventualmente migliorato.

Interventi previsti: si prevede la stabilizzazione del sedime, la pulizia generale delle scarpate con locali interventi di protezione superficiale, protezione con rete a corticale in aderenza e/o impiego di biostuoie, la realizzazione di canalette di sgrondo acque meteoriche lato monte e di canalette taglia acqua lungo tutto il tracciato.

Per quanto riguarda l'attraversamento dell'impluvio (sez. 7) si prevede la realizzazione di un cunettone in pietrame annegato in cls (corda molla) per consentire lo scorrimento delle acque meteoriche senza intaccare il sedime della pista ciclopedonale.

10.3.5. TRATTO 5

Caratteristiche tecniche:

TRATTO	N.°	5
Lunghezza	m	172,4
Lunghezza inclinata	m	179,2
Larghezza media	m	3,0
Pendenza massima	%	34,5
Pendenza media	%	28,2
Quota massima	m s.l.m.	964,0
Quota minima	m s.l.m.	915,3

Tipo di tracciato: realizzato ex novo su traccia di sentiero esistente.

Caratteristiche morfologiche: questo tratto di viabilità risale a mezza costa, con pendenze anche rilevanti e con un paio di tornanti, lungo il versante sinistro della val Civetta; l'acclività del versante è mediamente compresa tra 30 e 40°. Il substrato roccioso dolomitico è affiorante o subaffiorante. Il tracciato, che ha comunque una pendenza rilevante, consente di superare un tratto della viabilità sterrata esistente, che presenta pendenza prossima ai 40°.

Problematiche geologiche: il tracciato sarà realizzato su substrato roccioso carbonatico affiorante o subaffiorante; non sono presenti segni dissesto o instabilità pregresse; le scarpate di monte dovranno essere protette adeguatamente con rete corticale in aderenza.

Interventi previsti: la realizzazione del tracciato è agevolata dalla presenza di un sentiero; anche se l'adeguamento ad una larghezza di 3 m comporta, soprattutto nella realizzazione dei tornanti, alcuni tratti di scarpata di altezza prossima a 3 m.

Per questo tratto si sono mantenuti 3 m di larghezza per rimanere in linea con le dimensioni del tracciato esistente di cui, il tracciato in progetto andrà a costituire parte integrante, sostituendo il tratto più ripido che verrà abbandonato.

Le scarpate in rilevato saranno in parte sostenute da scogliera di massi e/o gabbioni in rete metallica riempiti con materiale e in parte protette e inerbite (cfr: allegato 3 . sezioni tipo)

10.3.6. TRATTO 6

Caratteristiche tecniche:

TRATTO	N.°	6
Lunghezza	m	441,2
Lunghezza inclinata	m	453,9
Larghezza media	m	3,0
Pendenza massima	%	38,0
Pendenza media	%	22,0
Quota massima	m s.l.m.	1061,0
Quota minima	m s.l.m.	964,0

Tipo di tracciato: realizzato su strada sterrata esistente, dismessa, con fondo non stabilizzato e scarpata di monte prevalentemente in roccia nuda.

Caratteristiche morfologiche: questo tratto di viabilità risale a mezza costa lungo il versante sinistro della val Civetta; l'acclività del versante è mediamente compresa tra 30° e 40°. Il substrato roccioso dolomitico o calcareo è generalmente affiorante o subaffiorante, anche se vi sono lunghi tratti di scarpata (lato monte) che evidenziano la presenza di una discreta copertura detritica.

Il tracciato attraversa inoltre un impluvio naturali, generalmente asciutto.

Problematiche geologiche: i tratti di monte in roccia affiorante o subaffiorante, quantunque globalmente stabili, sono soggette a degrado per distacco lapideo, che tende progressivamente a ridurre il sedime utile; lo stesso dicasi per i tratti di scarpata più alti in materiale detritico; l'impluvio naturale che attraversa il tracciato (progressiva 2235 – dopo al sez. 8), non presenta, invece, segni di erosione attiva.

Interventi previsti: si prevede la stabilizzazione del sedime, la pulizia generale delle scarpate con locali interventi di protezione superficiale, protezione con rete a corticale in aderenza e/o impiego di biostuoie e rinverdimento superficiale, la realizzazione di canalette di sgrondo acque meteoriche lato monte e di canalette taglia acqua lungo tutto il tracciato.

10.3.7. TRATTO 7

Caratteristiche tecniche:

TRATTO	N.°	7
Lunghezza	m	363,0
Lunghezza inclinata	m	371,6
Larghezza media	m	2,0
Pendenza massima	%	32,8
Pendenza media	%	20,0
Quota massima	m s.l.m.	1133,6
Quota minima	m s.l.m.	1061,0

Tipo di tracciato: realizzato completamente ex novo a mezzacosta su versante boscato.

Caratteristiche morfologiche: il versante lungo cui è prevista la realizzazione di questo tratto è caratterizzato da una pendenza abbastanza regolare, compresa tra 35 – 45° intervallata da locali piccoli dossi o speroni in roccia che fungono da spartiacque locale all'interno del medesimo versante (sinistro) della val Civetta.

Il substrato roccioso, di natura carbonatica, è generalmente subaffiorante o affiorante.

Problematiche geologiche: questo tratto di versante è globalmente stabile, caratterizzato localmente dall'affioramento di modesti speroni rocciosi che possono essere agevolmente aggirati. La realizzazione del tracciato non presenta particolari problematiche o controindicazione di tipo geologico.

Interventi previsti: la realizzazione del tracciato è prevista su sezione ristretta a 2 m, per limitare i movimenti terra e minimizzare lo sviluppo della scarpate di monte e valle.

Le scarpate di valle, in riporto, saranno in parte sostenute da scogliera di massi e/o gabbioni in rete metallica riempiti con materiale detritico e in parte rinverdate; mentre quelle di monte saranno in buona parte protette da rete corticale in aderenza.

10.3.8. TRATTO 8

Caratteristiche tecniche:

TRATTO	N.°	8
Lunghezza	m	267,6
Lunghezza inclinata	m	278,7
Larghezza media	m	2,0
Pendenza massima	%	41,4
Pendenza media	%	26,8
Quota massima	m s.l.m.	1205,4
Quota minima	m s.l.m.	1133,6

Tipo di tracciato: realizzato lungo sentiero esistente

Caratteristiche morfologiche: la prima parte di questo tratto (salendo) si avvicina alla cresta che collega è Saltacan con il Soglio d'Aspio, successivamente risale a mezzacosta lungo il versante orientale di questo, che si fa via via più ripido e caratterizzato dalla presenza di bancate rocciose calcaree affioranti, che localmente danno luogo a scarpate molto ripide che superano i 70°.

Problematiche geologiche: questo tratto di versante è globalmente stabile, caratterizzato localmente dall'affioramento di bancate rocciose di buone caratteristiche geomeccaniche. Data la presenza, soprastante, di pareti rocciose nude ripide, è sempre possibile la caduta di qualche elemento lapideo, soprattutto durante gli episodi meteorici più rilevanti.

Interventi previsti: il sedime del tracciato esistente verrà regolarizzato e pulito, tagliando se necessario, qualche pianta sul lato monte, in modo da renderlo fruibile in tutta la sua larghezza, che localmente è inferiore ai 2 m. Lungo la prima metà del tracciato, dove è presente un debole coltre detritica superficiale, saranno messe in opera canalette taglia acqua per lo sgrondo delle acque meteoriche.

La seconda parte del tracciato, prevalentemente in roccia, presenta alcuni punti più stretti che, se possibile, saranno allargati con piccoli interventi di riprofilatura puntuale della scarpata di monte.

10.3.9. TRATTO 9

Caratteristiche tecniche:

TRATTO	N.°	9
Lunghezza	m	145,0
Lunghezza inclinata	m	151,1
Larghezza media	m	2,0
Pendenza massima	%	39,8
Pendenza media	%	28,8
Quota massima	m s.l.m.	1247,2
Quota minima	m s.l.m.	1205,4

Tipo di tracciato: realizzato lungo sentiero esistente.

Caratteristiche morfologiche: il tracciato risale sinuosamente e con l'ausilio di un tornante un tratto di versante caratterizzato dall'affioramento di bancate rocciose che ne elevano la pendenza media.

Problematiche geologiche: questo tratto di versante è globalmente stabile, caratterizzato dall'affioramento di bancate rocciose di buone caratteristiche geomeccaniche. Data la presenza, soprastante, di pareti rocciose nude ripide, è sempre possibile la caduta di qualche elemento lapideo, soprattutto durante gli episodi meteorici più rilevanti.

Interventi previsti: il sedime del tracciato esistente verrà regolarizzato, pulito e parzialmente riprofilato per la presenza di salti di roccia; verrà inoltre sagomato un piccolo tornante per rendere ciclabile una curva troppo angolata. Come per il tratto precedente, se necessario, sarà tagliata qualche pianta, in modo da allargare il più possibile il sedime, che localmente è inferiore ai 2 m. I punti più stretti, se possibile, saranno allargati con piccoli interventi di riprofilatura puntuale della scarpata di monte.

10.3.10. TRATTO 10

Caratteristiche tecniche:

TRATTO	N.°	10
Lunghezza	m	325,4
Lunghezza inclinata	m	329,5
Larghezza media	m	2,0
Pendenza massima	%	21,1
Pendenza media	%	13,8
Quota massima	m s.l.m.	1292,0
Quota minima	m s.l.m.	1247,2

Tipo di tracciato: realizzato lungo sentiero esistente.

Caratteristiche morfologiche: il tracciato corre a mezzacosta ai piedi delle pareti rocciose che delimitano il margine orientale del Soglio d'Aspio. Il substrato roccioso calcareo è quasi ovunque affiorante, con bancate di roccia potenti, spesso subverticali. In particolare il tratto in esame percorre un'ampia cengia tra due salti di roccia, di cui il più alto, a monte, si sviluppa su pareti subverticali che raggiungono uno sviluppo di 70 m di altezza.

Problematiche geologiche: questo tratto di versante è globalmente stabile, caratterizzato dall'affioramento di bancate rocciose di buone o ottime caratteristiche geomeccaniche. L'altezza e lo sviluppo delle pareti rocciose a monte lascia aperta la possibilità di cadute occasionali di elementi lapidei durante gli episodi meteorici più rilevanti.

In alcuni punti lungo le scarpate di monte si rinvengono segni di venute idriche/cascate effimere che possono attivarsi in concomitanza dei periodi più intensamente e prolungatamente piovosi.

Interventi previsti: il sedime del tracciato esistente verrà regolarizzato e pulito, tagliando se necessario, qualche pianta sul lato monte, in modo da renderlo fruibile in tutta la sua larghezza, che localmente è inferiore ai 2 m.

10.3.11. TRATTO 11

Caratteristiche tecniche:

TRATTO	N.°	11
Lunghezza	m	177,7
Lunghezza inclinata	m	184,7
Larghezza media	m	2,8
Pendenza massima	%	42,1
Pendenza media	%	26,1
Quota massima	m s.l.m.	1338,4
Quota minima	m s.l.m.	1292,0

Tipo di tracciato: realizzato lungo sentiero esistente.

Caratteristiche morfologiche: il tracciato risale un anfratto roccioso che interrompe la continuità delle ripide scarpate delimitanti il versante orientale del Soglio d'Aspio e consente di guadagnarne la cresta. Il substrato roccioso calcareo è esposto quasi ovunque e delimita la zona con ripide pareti verticali; la porzione centrale dell'anfratto è però caratterizzata da blocchi e massi lapidei sciolti.

Problematiche geologiche: nonostante il sito sia piuttosto articolato, esso si presenta globalmente stabile; vanno verificate le condizioni delle pareti rocciose incombenti per disgiungere o mettere in sicurezza eventuali blocchi pericolanti.

Interventi previsti: il sedime del tracciato esistente verrà riprofilato per eliminarne i gradini di roccia e renderlo percorribile con le biciclette; saranno eliminate le piante schiantate (effetto della tempesta Vaia dell'ottobre 2018) e, se necessario, qualche pianta per poter sagomare il sedime su una larghezza minima di 2,5 m (salvo i per i primi 20 m meno ripidi). Le sezioni più lunghe e/o ripide, sia in sterro, sia in rilevato, verranno sostenute e protette secondo gli schemi riportati a fine testo (cfr. allegato 3 - sezioni tipo). Sarà predisposto un idoneo sistema di sgrondo delle acque meteoriche ponendo in opera, ove necessario, le consuete canalette taglia acqua.

10.3.12. TRATTO 12

Caratteristiche tecniche:

TRATTO	N.°	12
Lunghezza	m	317,9
Lunghezza inclinata	m	323,1
Larghezza media	m	3,0
Pendenza massima	%	19,7
Pendenza media	%	16,6
Quota massima	m s.l.m.	1391,1
Quota minima	m s.l.m.	1338,4

Tipo di tracciato: realizzato lungo sentiero esistente.

Caratteristiche morfologiche: questo tratto si snoda lungo l'ampia cresta che collega la zona di altopiano vera e propria, con lo sperone roccioso del Soglio d'Aspio. La morfologia è dolce e le pendenze in gioco sono decisamente ridotte rispetto ai precedenti segmenti di tracciato. Il substrato roccioso calcareo rimane in condizioni di affioramento o subaffioramento.

Problematiche geologiche: non vi sono particolari problematiche di carattere geologico relative a questo segmento.

Interventi previsti: il sedime del tracciato esistente verrà regolarizzato e pulito e saranno predisposte le canalette per la regimazione delle acque meteoriche.

10.3.13. TRATTO 13

Caratteristiche tecniche:

TRATTO	N.°	13
Lunghezza	m	150,0
Lunghezza inclinata	m	296,3
Larghezza media	m	3,0
Pendenza massima	%	25,0
Pendenza media	%	8,5
Quota massima	m s.l.m.	1403,9
Quota minima	m s.l.m.	1391,1

Tipo di tracciato: realizzato ex novo su ampia zona prativa

Caratteristiche morfologiche: il tratto in esame è ubicato ormai all'interno della zona d'altopiano , caratterizzata da morfologia molto dolce e pendenza bassa. Il substrato roccioso calcareo è subaffiorante, caratterizzato da ubiquitaria copertura eluviale o colluviale.

Problematiche geologiche: nessuna

Interventi previsti: il sedime della pista ciclopedonale sarà realizzato mediante movimenti terra molto limitati, mirati a raddrizzarne la sezione. Non sono necessarie opere di sostegno o protezione di alcun tipo.

10.3.14. TRATTO 14

Caratteristiche tecniche:

TRATTO	N.°	14
Lunghezza	m	350,5
Lunghezza inclinata	m	352,3
Larghezza media	m	3,0
Pendenza massima	%	11,9
Pendenza media	%	9,4
Quota massima	m s.l.m.	1436,9
Quota minima	m s.l.m.	1403,9

Tipo di tracciato: su strada sterrata esistente in ottime condizioni.

Caratteristiche morfologiche: il tratto in esame è ubicato ormai all'interno della zona d'altopiano , caratterizzata da morfologia molto dolce e pendenza bassa.

Problematiche geologiche: nessuna.

Interventi previsti: nessuno attinente ad aspetti geologici.

10.3.15. VERIFICHE DELLA STABILITÀ GLOBALE DELLE SCARPATE IN RILEVATO

Come sopra illustrato nei tratti di nuova realizzazione le scarpate in rilevato saranno realizzate su pendenze rilevanti e richiederanno l'impiego di strutture di sostegno quali scogliere di massi ciclopici (pezzatura 0,5/0,8 mc) o gabbioni in rete metallica riempiti di materiale arido di adeguata pezzatura e peso di volume.

A titolo d'esempio, nel seguito si allega una verifica di stabilità eseguita su una sezione rappresentativa, tra le più ripide, del tratto 2 (corrispondente alla n.12 di progetto).

Ai sensi delle NTC 2018 la presente verifica viene effettuata secondo la Combinazione 2 (A2+M2+R2) dell'Approccio 1.

Per tale verifica si è impiegato il software freeware SSAP2010 v 5.0. – distribuito via web : <http://www.ssap.eu>.; il software consente di utilizzare simultaneamente i criteri di rottura delle terre (Mohr Coulomb) e quelli degli ammassi rocciosi (Hoeck e altri), in particolare permette di trattare le scogliere di massi e i muri a secco, assimilandoli a rocce, fratturate, di caratteristiche note.

Si può pertanto verificare la stabilità della scogliera di massi negli stessi termini di una stabilità globale del pendio.

Le figure 10.3 e 3.2 riportano le geometrie degli elementi del pendio su cui verrà realizzata la scogliera (in corrispondenza della sezione 12 tratto 2 - desunta dal progetto), e i relativi parametri geotecnici/geomeccanici utilizzati nel programma di calcolo.

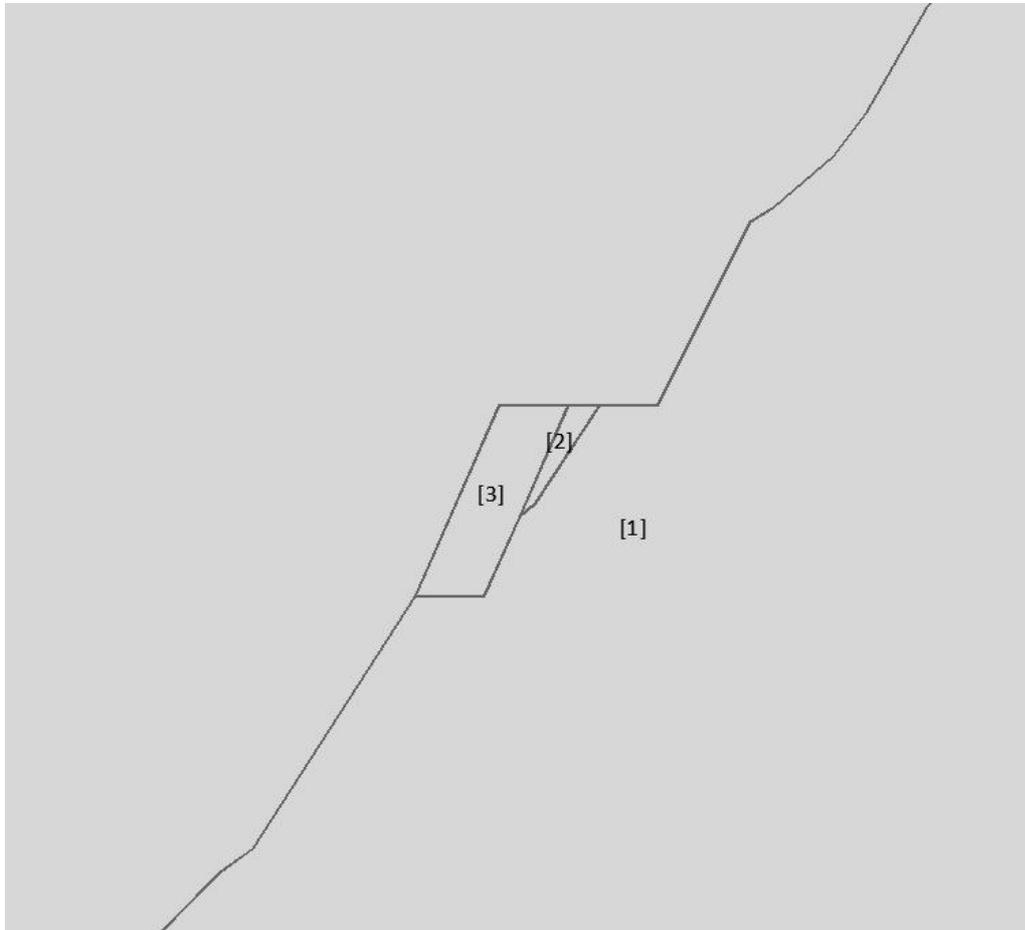


Figura 10.3: Geometria degli elementi del pendio

N.	phi` deg	C` kPa	Cu kPa	Gamm kN/m3	GammSat kN/m3	sgci MPa	GSI ..	mi ..	D ..
1	0	0	0	25.00	26.00	120.00	50.00	9.00	0
2	30.00	0	0	19.00	20.00	0	0	0	0
3	0	0	0	24.00	25.00	70.00	30.00	12.00	0.30

Figura 10.4: Parametri geotecnici e geomeccanici utilizzati per la verifica di stabilità

Lo strato n. 1 si riferisce alla roccia in posto, costituita da dolomie appartenenti alla formazione della Dolomia Principale, caratterizzato da peso di volume 25 kN/m^3 , resistenza alla compressione semplice 120 Mpa , di caratteristiche discrete $\text{GSI} = 50$ (criterio GSI di Hoek et.al. - 2002,2006).

Lo strato n. 3 costituisce la scogliera di massi ciclopici dolomitici o calcarei, con peso di volume secco 24 kN/m^3 , assimilabile ad un ammasso roccioso fratturato, dotato di resistenza alla compressione semplice 70 Mpa , di caratteristiche scadenti $\text{GSI} = 30$ (criterio GSI di Hoek et.al. - 2002,2006).

Lo strato n.3 costituisce il riporto in materiale lapideo arido e drenante, di ottime caratteristiche geotecniche peso di volume secco 19 kN/m^3 , angolo d'attrito minimo 35° . Nel caso in esame si è considerato il parametro ridotto $\text{tg}35^\circ/1,25$ ai sensi delle NTC; per i parametri geomeccanici il programma contiene un'opzione in grado di tenere conto direttamente dei parametri ridotti.

Le verifiche, come evidenziato nella figura, ha fornito fattori di sicurezza minimi ampiamente superiori a $F_s \geq 1,1$ richiesto dalla normativa.

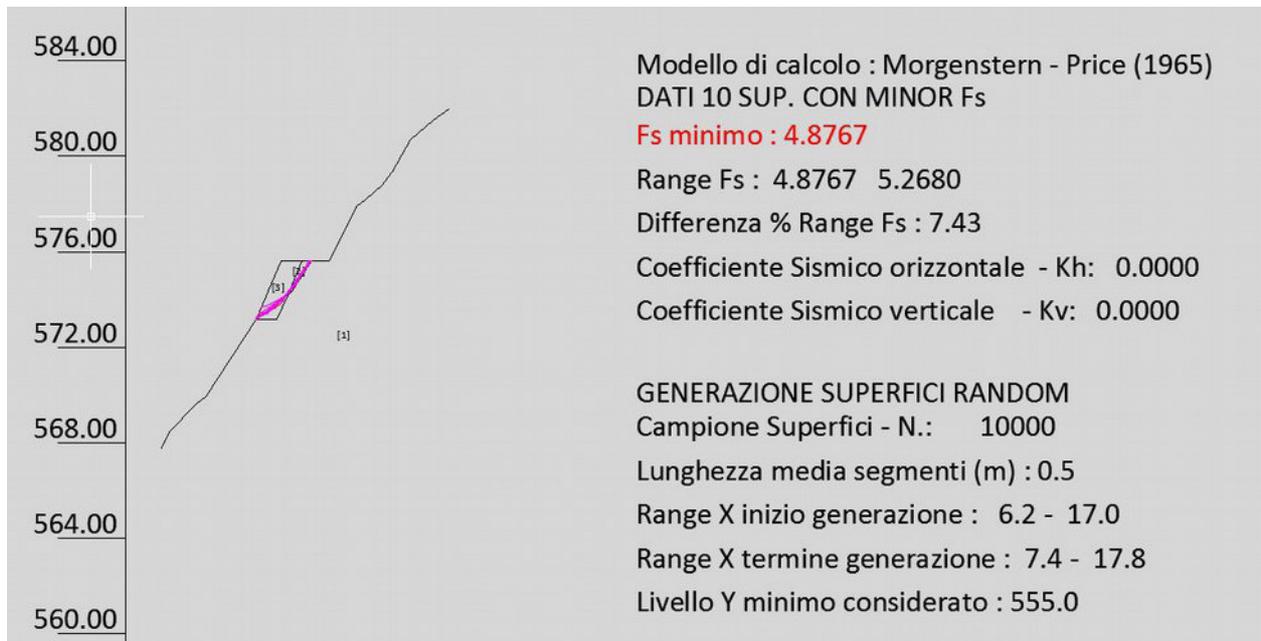


Figura 10.5: Superfici con fattore di sicurezza minimo e relativi valori

10.4. Piano delle indagini propedeutiche alla progettazione esecutiva

Con riferimento alla progettazione esecutiva le indagini geognostiche necessarie per le successive verifiche geotecniche sono:

- 3 prove penetrometriche dinamiche in corrispondenza del piano di fondazione del nuovo hub turistico;
- 2/3 prove di permeabilità in sito, da eseguire in corrispondenza del fossato di raccolta delle acque meteoriche;
- caratterizzazione geotecnica di laboratorio (granulometria, angolo d'attrito, coesione, peso di volume) su almeno 2 campioni rappresentativi dell'area di cava, da prelevarsi in corrispondenza dell'area del nuovo hub turistico e in prossimità della scarpata di raccordo con la strada provinciale;
- indagini sismiche in corrispondenza del piano di imposta dell'Hub turistico ai fini della definizione della categoria sismica alla nuova quota di campagna e individuazione delle frequenze di risonanza dei terreni.

11. CONCLUSIONI

La presente relazione è a corredo del progetto degli interventi per la ricomposizione ambientale dell'area di Cava Civetta, in comune di Lastebasse (VI).

Il progetto, così come le relazioni geologica e geotecnica, dopo procedura di gara, sono stati affidati al RTI composto da Dolomiti Engineering Studio Associato, cui appartiene la scrivente, Studio Associato Architetti M. Benetollo e P. Menegus e l'Arch. Maria Chiara Barin, con convenzione di incarico prot. 2725 del 28/10/2020.

Il progetto prevede sia la sistemazione dell'area di cava, che a breve avrà esaurito la coltivazione, sia la realizzazione di un tracciato ciclo pedonale, che consente di raggiungere l'altopiano dei Fiorentini, a partire dall'attuale area di cava.

Il presente elaborato si compone di due parti, la prima con i contenuti della relazione geologica (fino al capitolo 9 compreso) la seconda con quelli della relazione geotecnica (D.P.R. 5 ottobre 2010, n. 207 art. 26 comma 1 lettera a) e lettera d))

L'indagine per il presente studio si è articolata in:

- Rilievo di campagna lungo tutto lo sviluppo del percorso ciclopedonale e nei dintorni dell'area di cava;
- Analisi delle sezioni stratigrafiche esposte nell'area di cava;
- Stazioni geomeccaniche per la caratterizzazione del substrato roccioso lungo il percorso ciclopedonale;
- Analisi multitemporale delle ortofoto disponibili nei portali cartografici della regione Veneto del ministero dell'ambiente;
- Riprese fotografiche da drone teleguidato delle pareti rocciose meno accessibili.

Con riferimento alla sistemazione dell'area di cava lo studio ha evidenziato che:

- l'area è caratterizzata dalla presenza di terreni sciolti, di origine fluvioglaciale, caratterizzati da ciottoli e ghiaie prevalentemente carbonatici, in matrice sabbioso limosa, localmente cementati; sono presenti locali massi ciclopici;
- i terreni si presentano generalmente asciutti e non vi è una falda idrica che interferisca direttamente con i terreni di fondazione della struttura turistico ricettiva in progetto;
- le caratteristiche geotecniche dei terreni, sulla base delle osservazioni dirette in cava, possono essere considerate in prima analisi buone o ottime, tuttavia in sede di progettazione esecutiva, quando il piano di fondazione della struttura sarà accessibile, una volta terminata la coltivazione di cava, saranno eseguite le opportune indagini in sito, corredate da prelievo di campioni rappresentativi da analizzare in laboratorio geotecnico;
- per quanto riguarda lo smaltimento delle acque meteoriche, dato che il progetto prevede di convogliarle in un ampio fossato posto ai piedi del versante (margine sud dell'area di cava), dovrà essere verificata in sito la permeabilità dei terreni, in corrispondenza del fossato; questo consentirà di dimensionare correttamente la prevista condotta di scarico (troppo pieno) verso la Valle Rasa;
- in relazione alla caratterizzazione sismica del sito si è fatto riferimento, per ora,

alle indagini del progetto preliminare, che attribuiscono i terreni alla categoria B. In fase esecutiva, una volta raggiunta la quota del piano di fondazione del nuovo Hub turistico, dovranno essere eseguite le specifiche indagini di caratterizzazione sismica, indispensabili ai fini della progettazione, con definizione della categoria sismica alla nuova quota di campagna e individuazione delle frequenze di risonanza dei terreni.

Con riferimento alla pista ciclopedonale lo studio ha evidenziato che:

- l'intero tracciato interessa essenzialmente il substrato roccioso di caratteristiche geomeccaniche da discrete a molto buone;
- l'entità degli interventi per la realizzazione dei tratti che non insistono su viabilità presistente (n. 2 e 7 di progetto) è contenuta, le geometrie delle scarpate in sterro e in rilevato sono compatibili con la natura dei terreni; per le scarpate di valle l'impiego di scogliere in massi ciclopici (o gabbioni in rete riempiti con materiale lapideo grossolano) ne garantirà la stabilità globale anche su pendenze rilevanti (2:1 - 2,5:1);
- il tracciato non interferisce con corsi d'acqua attivi e nel corso dei sopralluoghi non si sono rilevate emergenze idriche significative, tuttavia alcuni impluvi possono attivarsi durante gli episodi meteorici più rilevanti, dando luogo a fenomeni erosivi, pertanto gli attraversamenti dovranno essere affrontati prevedendo la realizzazione di appositi cunettoni in pietra annegata in cls;
- in generale tutte le scarpate dovranno essere rinverdite, eventualmente anche con l'impiego di biostuoie antierosive, per limitare l'erosione ad opera delle acque meteoriche. Per quanto riguarda le scarpate di monte in roccia, ove è poco probabile l'attecchimento della vegetazione, è opportuno prevedere la posa di rete corticale rinforzata a doppia torsione, per limitare il distacco di elementi lapidei che potrebbero invadere progressivamente la sede viaria;
- sempre per prevenire fenomeni di ruscellamento concentrato, lungo l'intero tracciato si devono prevedere idonee canalette taglia acqua;
- più in generale, considerando l'elevata pendenza media dell'intero tracciato, si sottolinea l'importanza della manutenzione periodica di tutti gli elementi volti alla regimazione delle acque meteoriche e alla protezione dall'erosione;

Con riferimento alla carta di localizzazione probabile delle valanghe (cfr. fig. 4.4), è individuato un sito valanghivo che attraversa il tracciato ciclopedonale nel tratto 4. Questo non comporta la necessità di interventi strutturali lungo il percorso, tuttavia tale interferenza dovrà essere debitamente segnalata nella cartellonistica posta all'inizio del tracciato, sia a valle, sia a monte, per avvisare eventuali fruitori invernali del percorso.

LEGENDA INTERVENTI

- | | |
|---------------|---------------------------------------|
| tratti | 8 |
| ciclopedonale | 9 |
| 1 | 10 |
| 2 | 11 |
| 3 | 12 |
| 4 | 13 |
| 5 | 14 |
| 6 | limite area di
ricomposizione cava |
| 7 | |

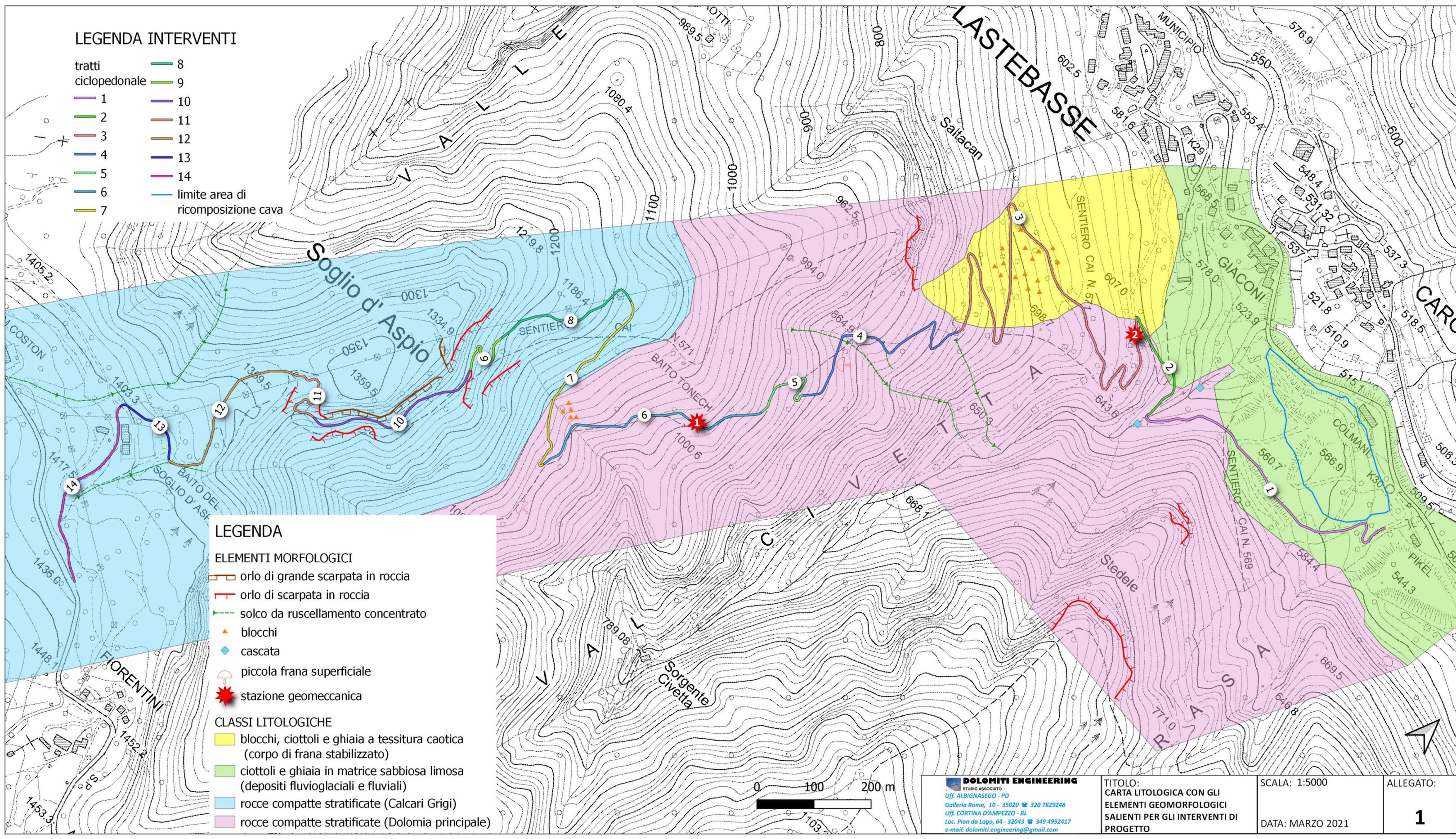
LEGENDA

ELEMENTI MORFOLOGICI

- orlo di grande scarpata in roccia
- orlo di scarpata in roccia
- solco da ruscellamento concentrato
- blocchi
- cascata
- piccola frana superficiale
- stazione geomeccanica

CLASSI LITOLOGICHE

- blocchi, ciottoli e ghiaia a tessitura caotica (corpo di frana stabilizzato)
- ciottoli e ghiaia in matrice sabbiosa limosa (depositi fluvioglaciali e fluviali)
- rocce compatte stratificate (Calcari Grigi)
- rocce compatte stratificate (Dolomia principale)



DOLOMITI ENGINEERING
 STUDIO ASSOCIATO
 Uff. ALBIGNASEGO - PD
 Galleria Roma, 10 - 35020 ☎ 320 7829248
 Uff. CORTINA D'AMPEZZO - BL
 Loc. Pian da Lago, 64 - 32043 ☎ 349 4992417
 e-mail: dolomiti.engineering@gmail.com

TITOLO:
 CARTA LITOLOGICA CON GLI
 ELEMENTI GEOMORFOLOGICI
 SALIENTI PER GLI INTERVENTI DI
 PROGETTO

SCALA: 1:5000
DATA: MARZO 2021

ALLEGATO:
1



DOLOMITI ENGINEERING

STUDIO ASSOCIATO

Uff. ALBIGNASEGO - PD

Galleria Roma, 10 - 35020 ☎ 320 7829248

Uff. CORTINA D'AMPEZZO - BL

Loc. Pian da Lago, 64 - 32043 ☎ 349 4992417

e-mail: dolomiti.engineering@gmail.com

TITOLO:

**MODELLO DI
PERICOLOSITÀ SISMICA**

DATA: MARZO 2021

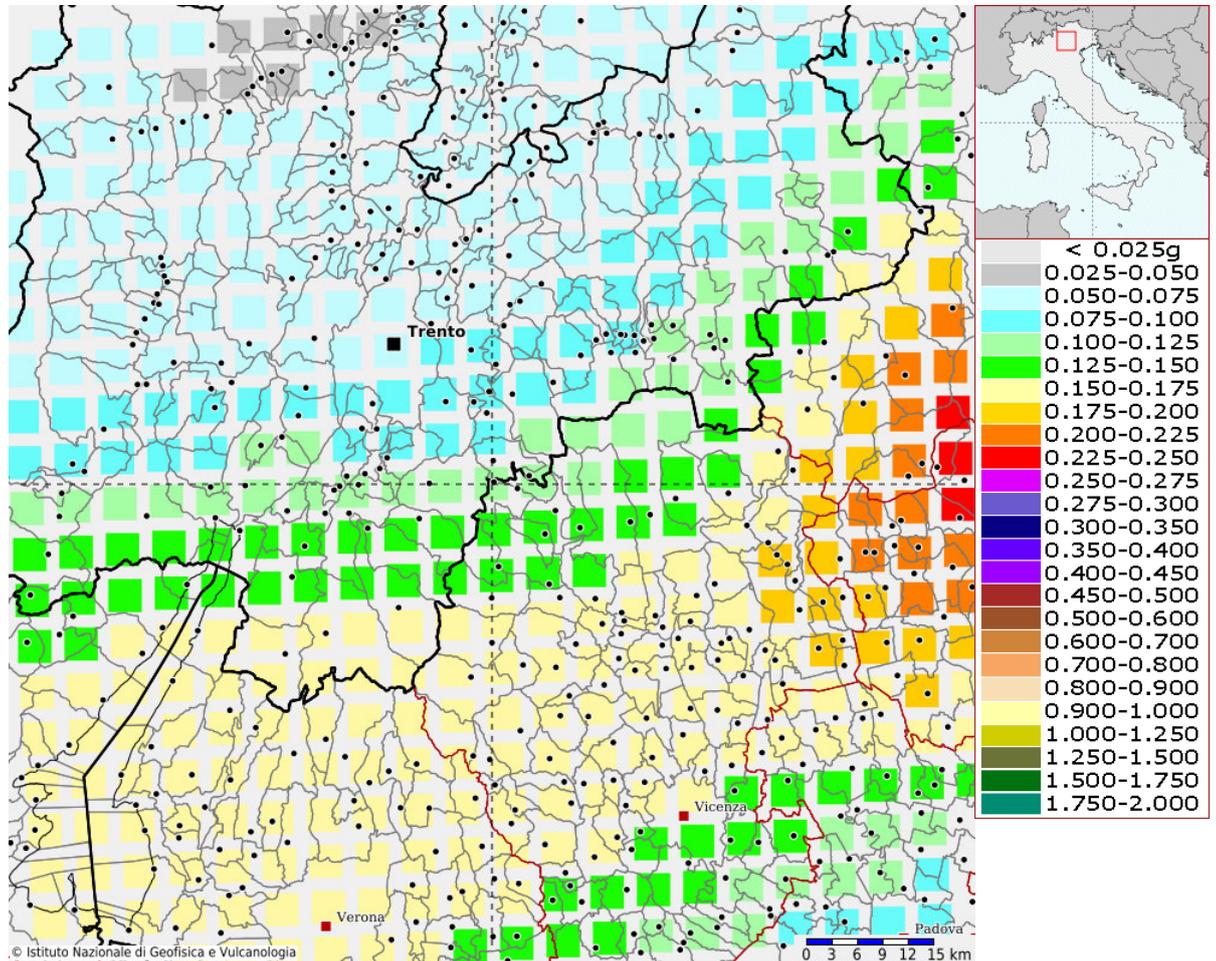
ALLEGATO:

2



Modello di pericolosità sismica del territorio nazionale MPS04-S1 (2004)

Informazioni sul nodo con ID: 10514 - Latitudine: 45.915 - Longitudine: 11.266



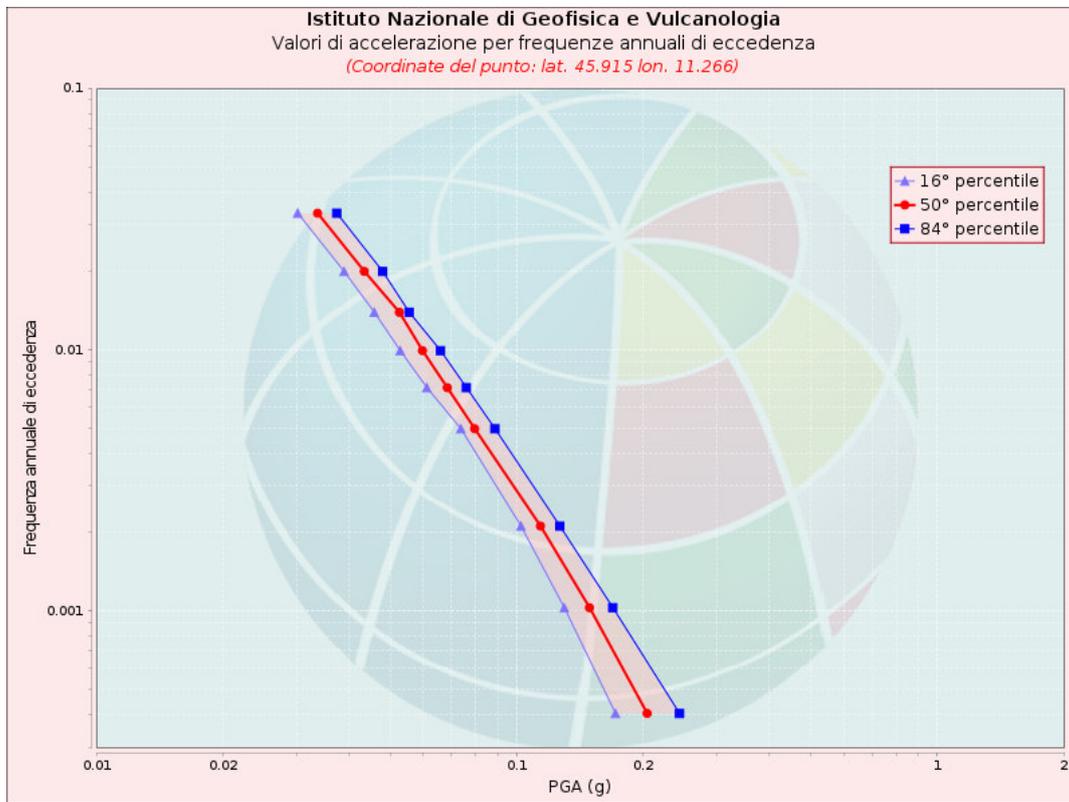
La mappa rappresenta il modello di pericolosità sismica per l'Italia e i diversi colori indicano il valore di scuotimento (PGA = Peak Ground Acceleration; accelerazione di picco del suolo, espressa in termini di g, l'accelerazione di gravità) atteso con una probabilità di eccedenza pari al 10% in 50 anni su suolo rigido (classe A, $V_{s30} > 800$ m/s) e pianeggiante.

Le coordinate selezionate individuano un nodo della griglia di calcolo identificato con l'ID **10514** (posto al centro della mappa). Per ogni nodo della griglia sono disponibili numerosi parametri che descrivono la pericolosità sismica, riferita a diversi periodi di ritorno e diverse accelerazioni spettrali.



Curva di pericolosità

La pericolosità è l'insieme dei valori di scuotimento (in questo caso per la PGA) per diverse frequenze annuali di eccedenza (valore inverso del periodo di ritorno). La tabella riporta i valori mostrati nel grafico, relativi al valore mediano (50mo percentile) ed incertezza, espressa attraverso il 16° e l'84° percentile.



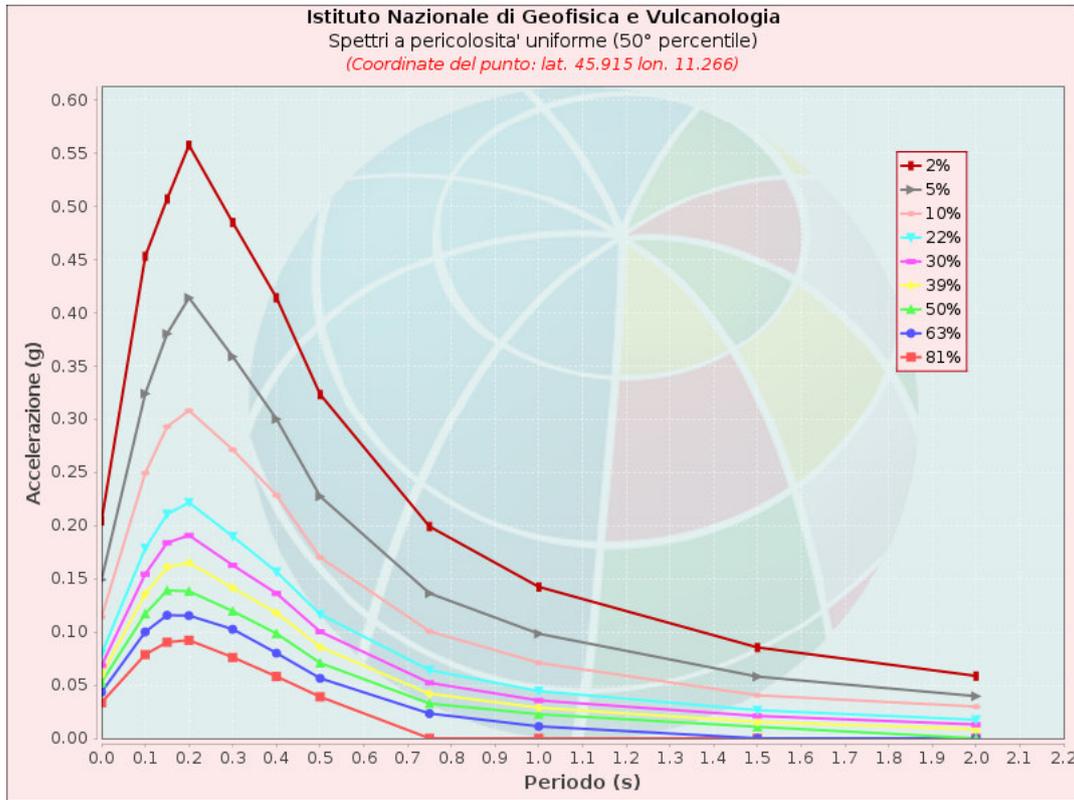
Valori di accelerazione per frequenze annuali di eccedenza			
Frequenza annuale di ecc.	PGA (g)		
	16° percentile	50° percentile	84° percentile
0.0004	0.172	0.204	0.244
0.0010	0.130	0.149	0.169
0.0021	0.102	0.114	0.127
0.0050	0.074	0.080	0.089
0.0071	0.061	0.068	0.076
0.0099	0.053	0.060	0.066
0.0139	0.046	0.053	0.056
0.0199	0.039	0.043	0.048
0.0332	0.030	0.034	0.037



Spettri a pericolosità uniforme

Gli spettri indicano i valori di scuotimento calcolati per 11 periodi spettrali, compresi tra 0 e 2 secondi. La PGA corrisponde al periodo pari a 0 secondi. Il grafico è relativo alle stime mediane (50mo percentile) proposte dal modello di pericolosità.

I diversi spettri nel grafico sono relativi a diverse probabilità di eccedenza (PoE) in 50 anni. La tabella riporta i valori mostrati nel grafico.



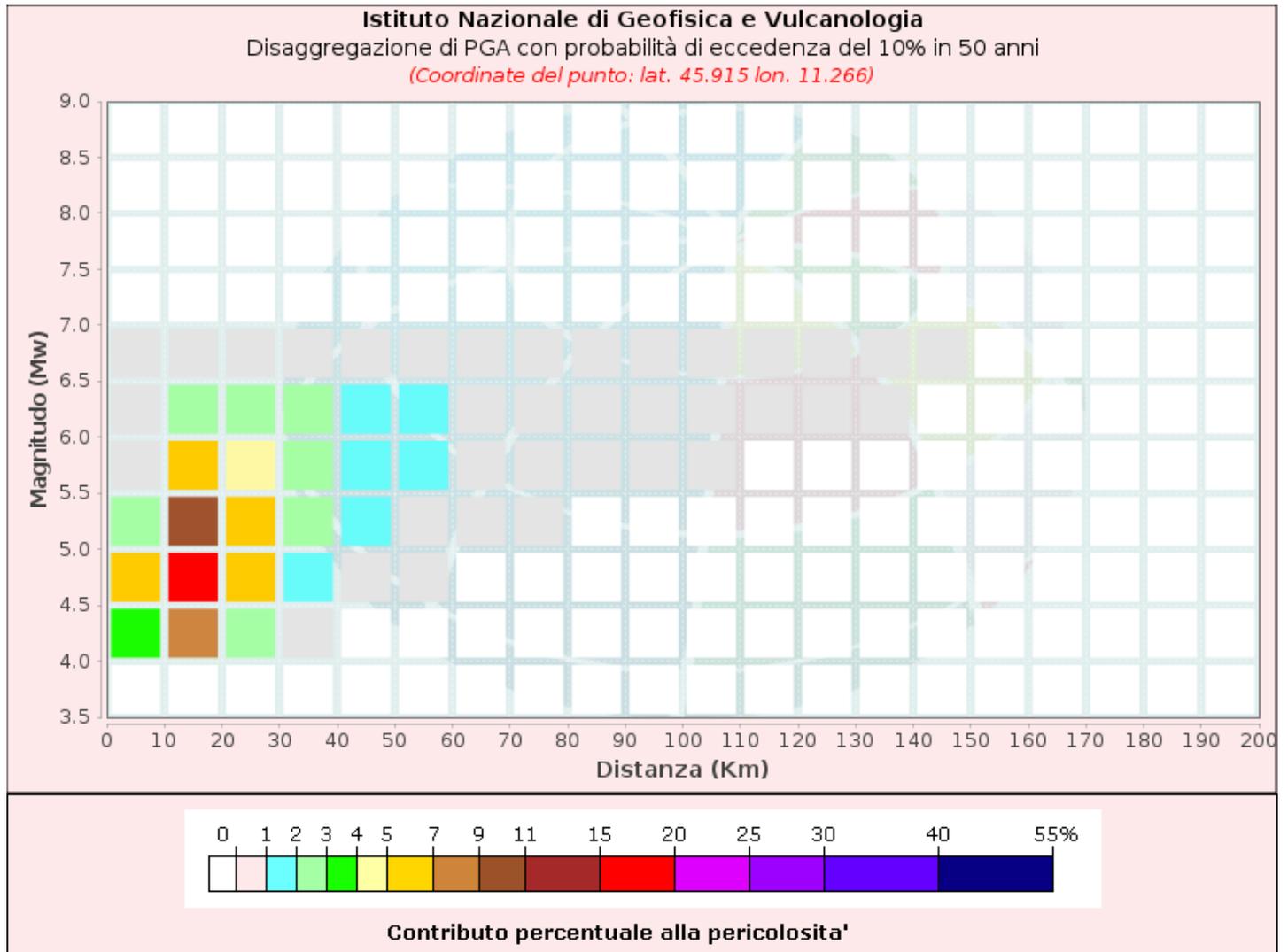
Spettri a pericolosità uniforme (50° percentile)											
PoE	Accelerazione (g)										
	Periodo (s)										
in 50 anni	0.0	0.1	0.15	0.2	0.3	0.4	0.5	0.75	1.0	1.5	2.0
2%	0.204	0.453	0.507	0.558	0.485	0.414	0.323	0.199	0.142	0.085	0.059
5%	0.149	0.324	0.380	0.414	0.359	0.300	0.227	0.136	0.098	0.058	0.040
10%	0.114	0.249	0.293	0.308	0.271	0.229	0.170	0.101	0.071	0.040	0.030
22%	0.080	0.179	0.211	0.222	0.190	0.156	0.117	0.064	0.044	0.026	0.017
30%	0.068	0.154	0.184	0.191	0.163	0.136	0.100	0.052	0.036	0.021	0.013
39%	0.060	0.136	0.161	0.165	0.141	0.118	0.086	0.042	0.029	0.015	0.009
50%	0.053	0.117	0.139	0.138	0.120	0.098	0.071	0.033	0.023	0.011	0.000
63%	0.043	0.100	0.116	0.115	0.103	0.080	0.056	0.023	0.011	0.000	0.000
81%	0.034	0.079	0.090	0.092	0.076	0.058	0.039	0.000	0.000	0.000	0.000



Grafico di disaggregazione

Il grafico rappresenta il contributo percentuale delle possibili coppie di valori di magnitudo-distanza epicentrale alla pericolosità del nodo, rappresentata in questo caso dal valore della PGA mediana, per una probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni.

La tabella riporta i valori mostrati nel grafico ed i valori medi di magnitudo, distanza ed epsilon.





Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni

Distanza in Km	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.0000	3.0700	5.0600	2.3600	0.9270	0.3180	0.0303	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	7.9300	16.4000	10.5000	5.4900	2.3900	0.2610	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	2.3800	6.9900	6.5400	4.7000	2.7000	0.3450	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	0.2380	1.9700	2.9400	2.7800	2.0100	0.2950	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	0.0000	0.2720	1.2100	1.5700	1.4000	0.2320	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.0000	0.0042	0.5070	1.2700	1.6200	0.3280	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.0000	0.0000	0.0749	0.5370	0.8780	0.1970	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.0000	0.0000	0.0015	0.1720	0.4120	0.1020	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0433	0.2020	0.0559	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0066	0.0959	0.0310	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
100-110	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0416	0.0172	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
110-120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0166	0.0099	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
120-130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0058	0.0057	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
130-140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0013	0.0029	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
140-150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0009	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
150-160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
160-170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
170-180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
180-190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
190-200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Valori Medi: magnitudo = 5.2 ; distanza = 22.8 ; epsilon = 1.19



Riferimenti

La descrizione della costruzione del modello di pericolosità sismica MPS04 è contenuta nel sito <http://zonesismiche.mi.ingv.it>

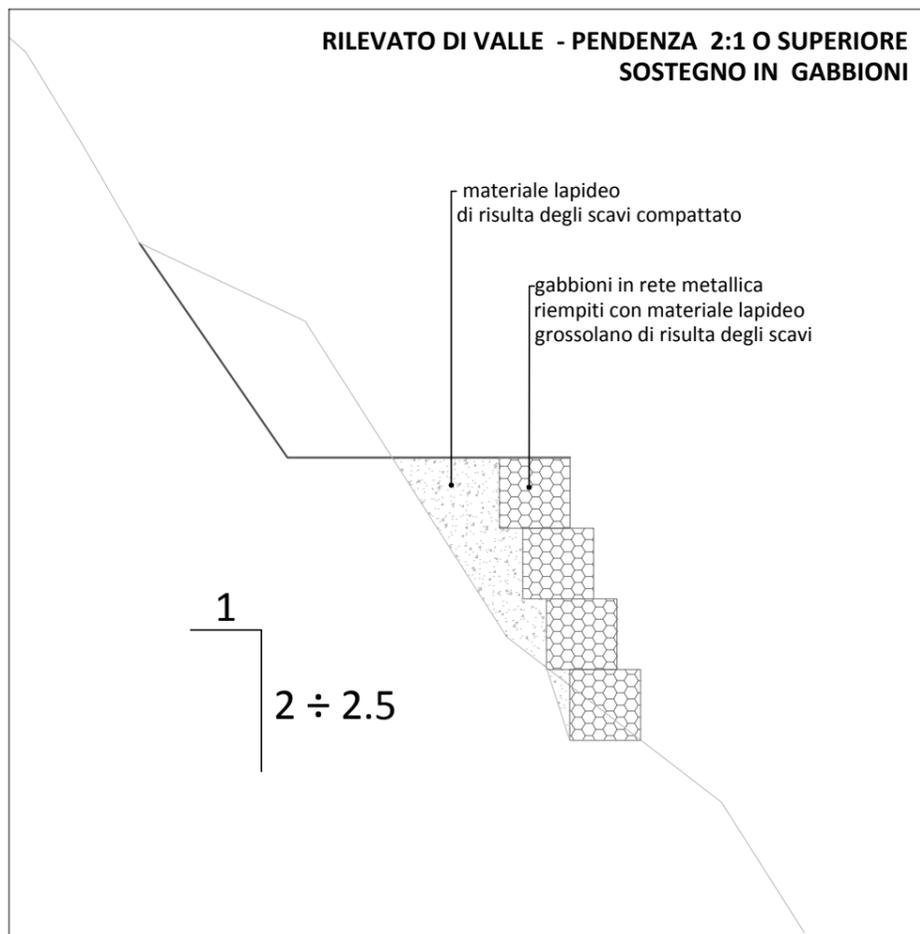
La descrizione della stima di tutti i parametri è contenuta nel sito <http://esse1.mi.ingv.it> , da cui si può accedere anche alle mappe interattive.

Per quanto riguarda le analisi di disaggregazione, i dettagli sono disponibili nella pagina del deliverable D14 del progetto S1 (<http://esse1.mi.ingv.it/d14.html>).

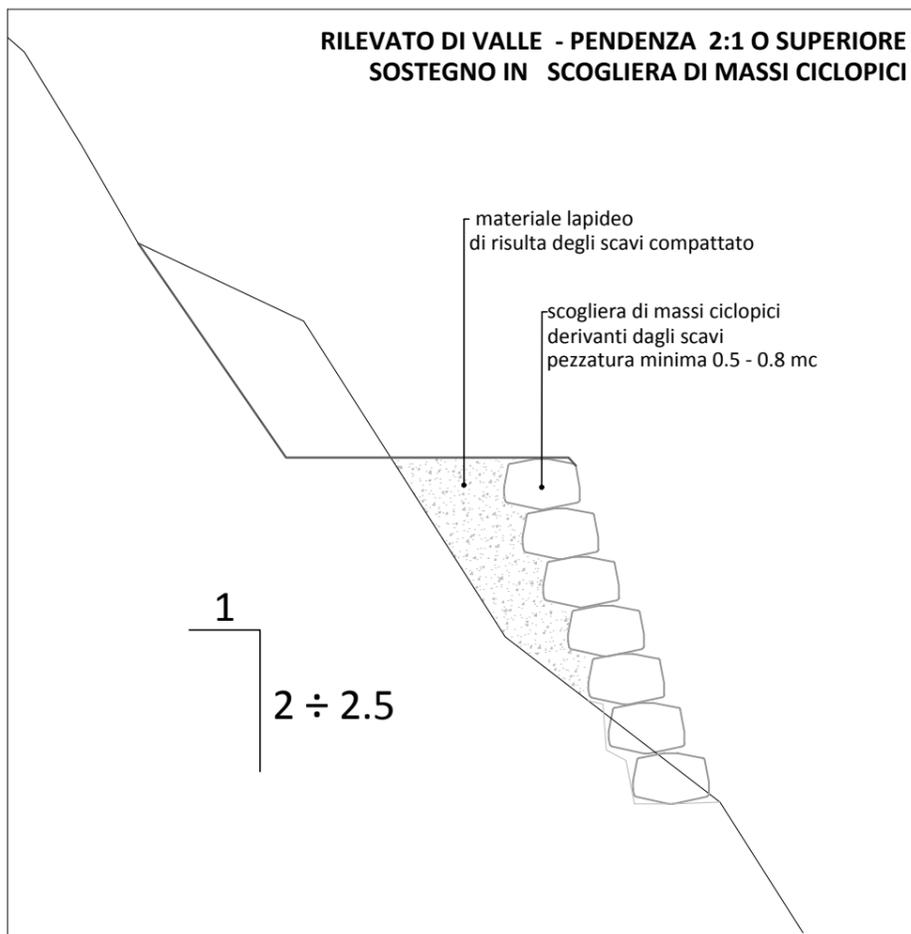
La pubblicazione scientifica di riferimento è:

Stucchi M., Meletti C., Montaldo V., Crowley H., Calvi G.M., Boschi E., 2011. Seismic Hazard Assessment (2003-2009) for the Italian Building Code. Bull. Seismol. Soc. Am. 101(4), 1885-1911. DOI: 10.1785/0120100130.

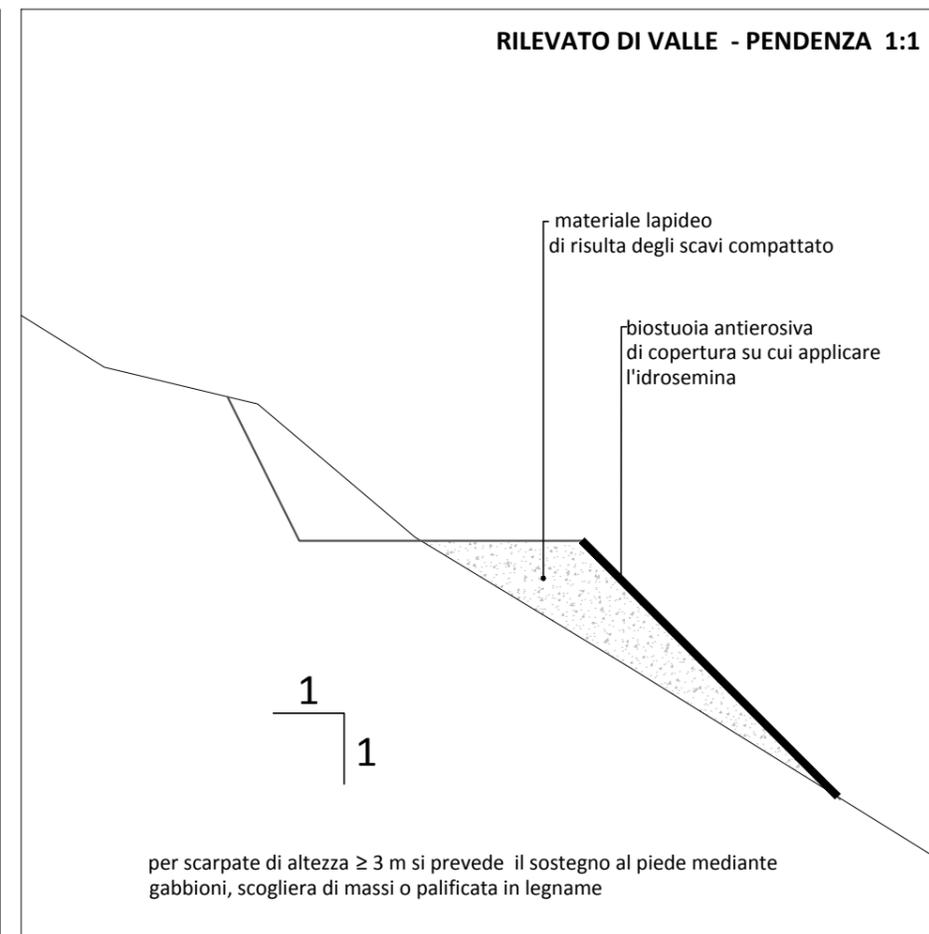
**RILEVATO DI VALLE - PENDENZA 2:1 O SUPERIORE
SOSTEGNO IN GABBIONI**



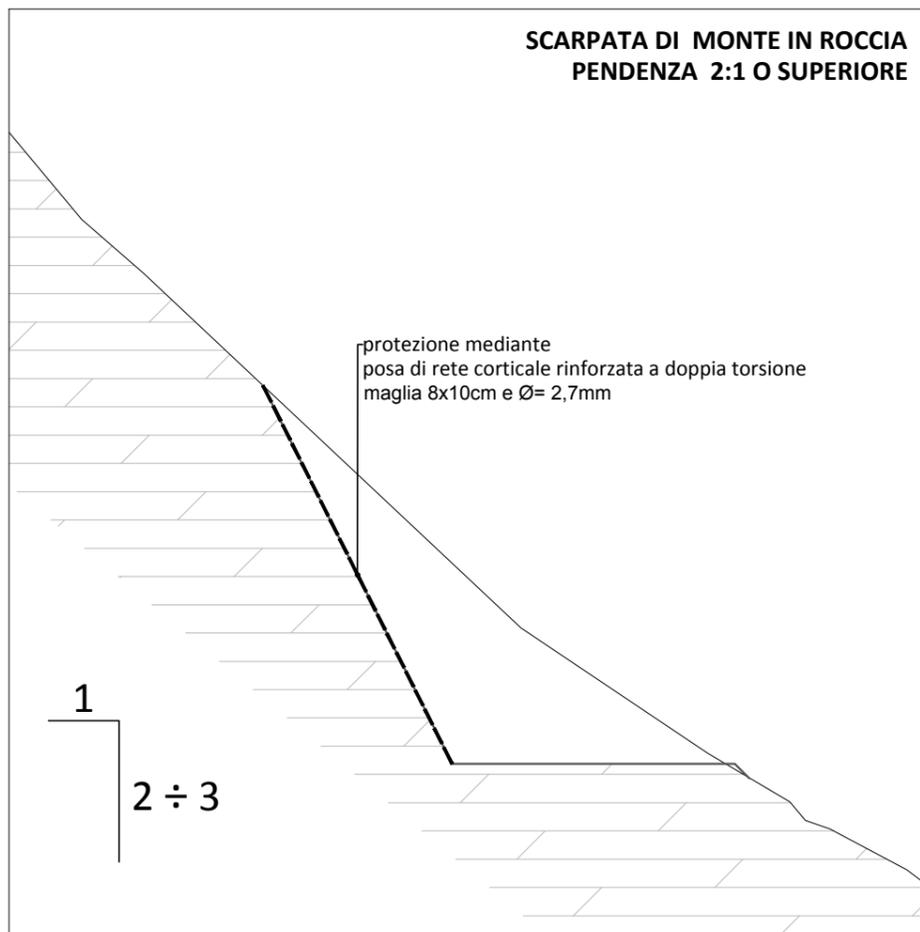
**RILEVATO DI VALLE - PENDENZA 2:1 O SUPERIORE
SOSTEGNO IN SCOGLIERA DI MASSI CICLOPICI**



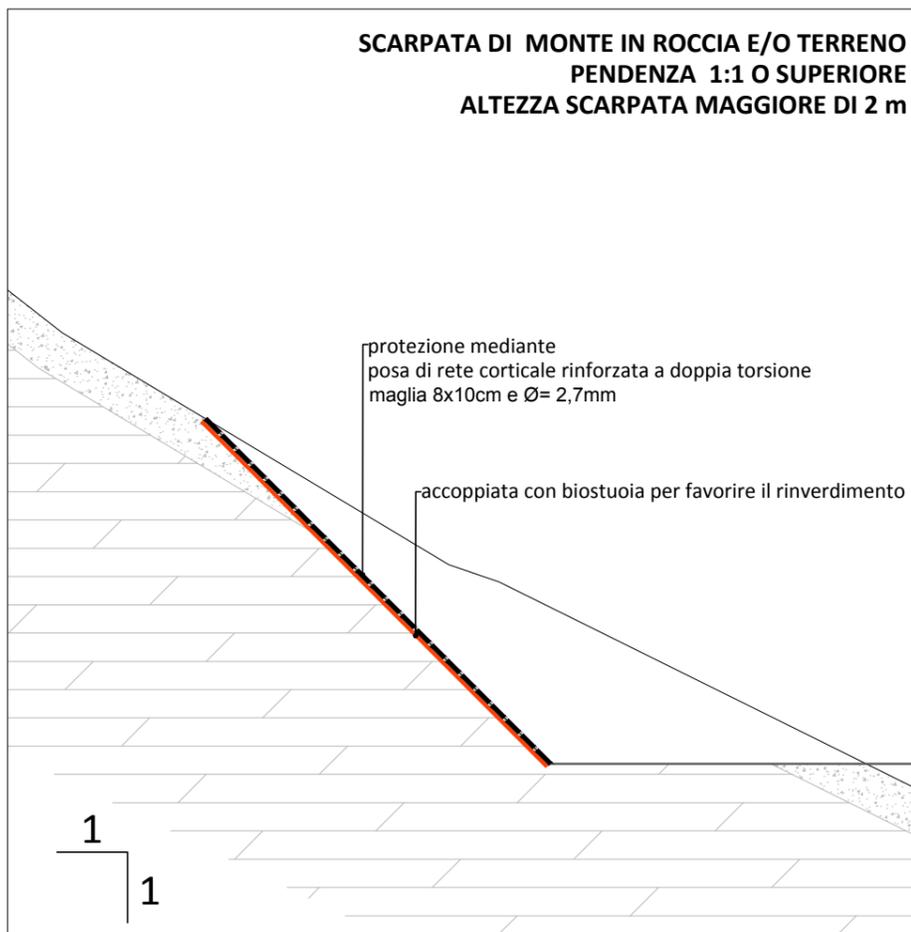
RILEVATO DI VALLE - PENDENZA 1:1



**SCARPATA DI MONTE IN ROCCIA
PENDENZA 2:1 O SUPERIORE**



**SCARPATA DI MONTE IN ROCCIA E/O TERRENO
PENDENZA 1:1 O SUPERIORE
ALTEZZA SCARPATA MAGGIORE DI 2 m**



**SCARPATA DI MONTE IN ROCCIA E/O TERRENO
PENDENZA 1:1 O INFERIORE**

