



COLOMION S.p.A.

SISTEMAZIONE PISTA "36 – PLATEAU" ED AMPLIAMENTO RETE INNEVAMENTO PROGRAMMATO

ITALIA

REGIONE PIEMONTE

CITTA'
METROPOLITANA
DI TORINO

COMUNE DI
BARDONECCHIA

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA

OGGETTO DELL'ELABORATO

RELAZIONE GEOLOGICA

CODICE GENERALE ELABORATO

COMMESSA

D244-26

CODICE OPERA

SPPLA

AREA PROGETTAZIONE

GE

LIVELLO PROGETTO

D

N° ELABORATO

4.0

VERSIONE

0

IDENTIFICAZIONE FILE: D164-24_SPUNI_RG_D_1.0_2.doc

Versione	Data	Disegnato	Approvato	Oggetto
0	01/2026	MC	FB	Prima emissione
1				
2				
3				

RESPONSABILE DI PROGETTO

- dott. ing. Francesco BELMONDO

PROGETTISTI

- dott. ing. Francesco BELMONDO

- dott. ing. Alberto BETTINI

TIMBRI – FIRME

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

FIRMA

BBE S.r.l. Via Brunetta, 12 – 10059 SUSA (TO)
P.IVA 08807870012

Questo elaborato è di proprietà della società Colomion S.p.A., Regione Molino, 18 - 10052 Bardonecchia (To)
Qualsiasi divulgazione o riproduzione anche parziale deve essere espressamente autorizzata

REGIONE PIEMONTE
CITTÀ METROPOLITANA DI TORINO
COMUNE DI BARDONECCHIA

SISTEMAZIONE PISTA "36-PLATEAU"
ED AMPLIAMENTO RETE INNEVAMENTO
PROGRAMMATO

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE GEOLOGICA

Dott. Geol. Massimo Ceccucci

FEBBRAIO 2026

REGIONE PIEMONTE
CITTÀ METROPOLITA DI TORINO
COMUNE DI BARDONECCHIA

SISTEMAZIONE PISTA "36-PLATEAU"
ED AMPLIAMENTO RETE INNEVAMENTO
PROGRAMMATO

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE GEOLOGICA

FEBBRAIO 2026

INDICE

1	PREMESSA	2
2	INTERVENTO IN PROGETTO	3
3	INQUADRAMENTO GENERALE DELL'AREA	5
3.1	Inquadramento normativo.....	5
3.2	Inquadramento geografico.....	6
3.3	Inquadramento geomorfologico	7
3.4	Inquadramento geologico - strutturale.....	7
4	IDROGRAFIA DI SUPERFICIE E ASSETTO IDROGEOLOGICO	9
5	DINAMICA DEI VERSANTI	10
6	INDAGINI GEOGNOSTICHE DISPONIBILI	12
6.1	Sondaggio geognostico.....	12
6.2	Pozzetti geognostici.....	13
6.3	Indagini sismiche.....	14
6.4	Prove penetrometriche dinamiche.....	17
7	GEOLOGIA LOCALE E ASSETTO LITOSTRATIGRAFICO DEL SOTTOSUOLO.....	20
8	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	21
9	AZIONE SISMICA	22
9.1	Categoria del sottosuolo	22
9.2	Condizioni topografiche.....	22
9.3	Verifica alla liquefazione	22
10	PROBABILITÀ DI OCCORRENZA DI MINERALI DI AMIANTO.....	23
11	CONSIDERAZIONI RIASSUNTIVE E PRESCRIZIONI TECNICO-ESECUTIVE.....	24

1 PREMESSA

La presente relazione contiene i risultati dello studio geologico e di caratterizzazione geotecnica condotto nell'ambito dell'area interessata dal progetto di sistemazione della pista 36-Plateau e dell'ampliamento della rete di innevamento programmato nel comprensorio sciistico Jafferau.

L'indagine ha compreso la raccolta ed un esame critico dei principali dati disponibili presso varie fonti, quindi uno studio di terreno volto a verificare direttamente l'assetto geologico e geomorfologico della zona ove è previsto l'intervento.

L'elaborato e le analisi condotte ottemperano alle disposizioni indicate nel D.M. 17/01/2018 per quanto attiene alle indagini geologico-geotecniche e alla classificazione sismica del territorio, alle indicazioni contenute nelle NTA del PRGC per quanto concerne le prescrizioni connesse alla pericolosità geomorfologica del territorio comunale e alle indicazioni inerenti la L.R. 45/89 e smi circa gli interventi da eseguire in zone soggette a vincolo per scopo idrogeologico.

Gli approfondimenti condotti dallo scrivente hanno avuto la finalità di:

- *definire la tipologia e la pericolosità dei processi in atto;*
- *verificare la compatibilità delle previste attività in virtù del contesto geologico, geomorfologico ed idrogeologico dei luoghi;*
- *definire il modello geologico-tecnico del sottosuolo e i parametri utili per la progettazione degli interventi.*

Le considerazioni espresse nella presente nota seguono le osservazioni e i risultati delle indagini condotte sui luoghi di intervento e contemplano quanto riportato nel PRGC, negli elaborati progettuali preliminari visionati e nella documentazione bibliografica consultata.

2 INTERVENTO IN PROGETTO

L'intervento consiste nella sistemazione della pista denominata "36 Plateau" attraverso il rimodellamento parziale della superficie con lo scopo di rendere il tracciato più regolare e migliorarne la fruibilità.

Parallelamente, è previsto l'ampliamento della rete di innevamento programmato finalizzato al miglioramento delle condizioni generali del tracciato delle piste che si svolgono nella porzione media dell'area sciabile dello Jafferau ed afferente alle piste "36 Plateau" unitamente alla strada di collegamento tra le piste "31-Roccia Nera" – "34-Gran Combe" – "36-Plateau", la parte bassa della pista "31-Roccia Nera" e la "Bretella Ban-Plateau".

L'ambito considera la porzione mediana del versante occidentale del Monte Jafferau, nel settore compreso grossomodo tra le quote di 2250 m slm e 2400 m slm.

Il rimodellamento della pista considera spostamenti terra minimi perlopiù necessari per regolarizzare la superficie eliminando le attuali asperità e le depressioni che attualmente caratterizzano il tracciato.

Nel complesso le attività prevedono sbancamenti modesti e generalmente contenuti nel metro con massimi valori di poco superiori ai 2 m. Analogamente, i riempimenti mostrano potenza modesta, inferiori alle quote di scavo e generalmente contenute entro il metro e raramente superiori ai 2 metri.

Per la realizzazione della pista saranno effettuati scavi e riporti, che verranno in seguito reinerbiti. L'intervento in questione si svilupperà su formazioni vegetazionali di tipo prato-pascolivo. A seguito di questi sarà predisposto un sistema di regimazione e drenaggio delle acque superficiali.

Di seguito sono elencati, in tabella, i valori, complessivi degli interventi, relativi ai movimenti terra (tabella 1).

Calcolo movimenti terra		
Volumi		
Scavo	9.728	[m³]
Riporto	9.728	[m³]

Tabella 1. Volumi di scavo e riporto

L'intervento di livellamento interesserà una superficie totale di 18.190 mq, interamente compresi all'interno della pista esistente e quindi senza coinvolgimento di nuove aree esterne al sedime della pista. In termini lineari l'intervento totale ha una lunghezza di 250 metri circa.

Il nuovo impianto di innevamento, invece, sarà composto da 23 "punti neve" o "pozzetti interrati di derivazione" che saranno attrezzati durante il periodo invernale da altrettanti generatori ad asta. L'impianto sfrutterà la stazione di pompaggio, le captazioni e le vasche già ad oggi esistenti. Sarà integrata solo la nuova rete impiantistica che servirà la porzione di pista in progetto, l'arrivo della pista "34-Gran Combe" e la parte bassa della pista "31-Roccia Nera" fino alla partenza della seggiovia Ban.

È prevista la chiusura dell'anello mediante passaggio della tubazione sulla strada "Bretella Ban-Plateau". Nella figura 1 è mostrato l'ambito di intervento.

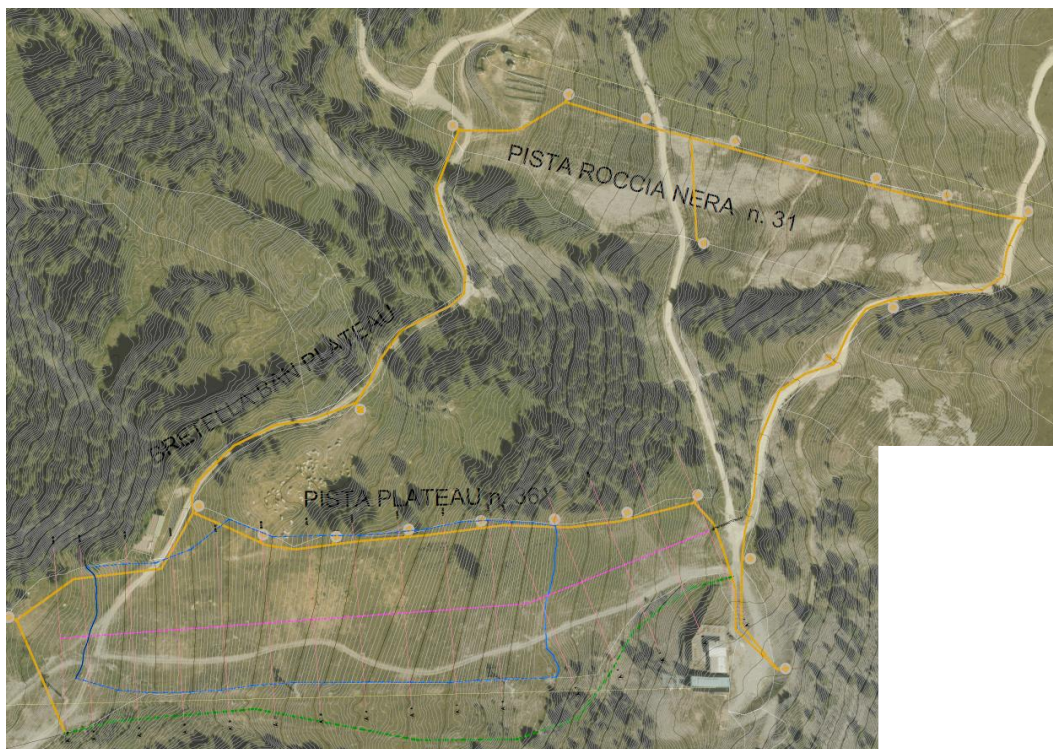
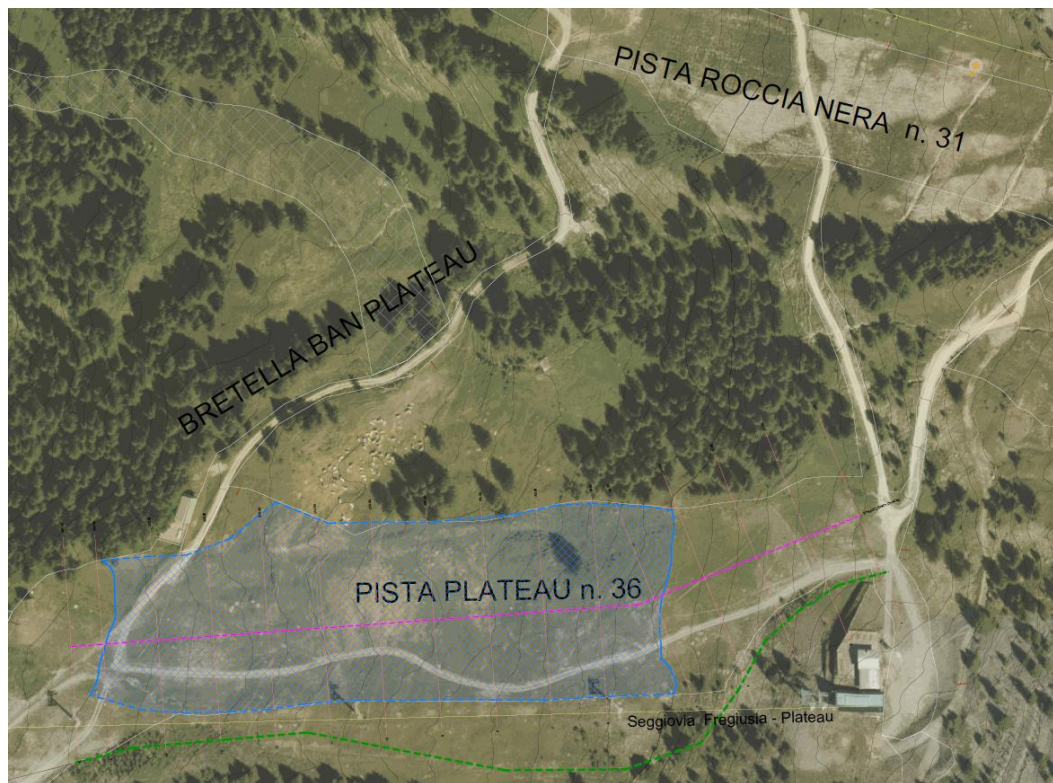


Figura 1. Interventi in progetto

3 INQUADRAMENTO GENERALE DELL'AREA

3.1 INQUADRAMENTO NORMATIVO

Nella Carta di Sintesi della Pericolosità Geomorfológica del PRGC la porzione di tracciato della pista interessata dall'intervento è perimetrata nella Classe IIIA3 mentre le aree interessate dalle lavorazioni circa il potenziamento dell'impianto di innevamento risultano comprese entro le classi IIIA3, III Indifferenziata 1 e IIIA1 (figura 2).



Figura 2. Pericolosità delle aree in oggetto (PRGC Bardonecchia: Carta di Sintesi)

Classe IIIA3

Considera le aree inedificate ed inedificabili per dissesti attivi e aree potenzialmente dissestabili. In tali ambiti, a condizione che non aumentino il livello di rischio (comportando ostacolo al deflusso, limitando la capacità di invaso delle aree, diminuendo la stabilità dei versanti, compromettendo la possibilità di eliminare le cause che determinino le cause di rischio), è ammessa la realizzazione di infrastrutture lineari e a rete riferite a servizi pubblici essenziali non altrimenti localizzabili, compresi gli impianti sciiviari, previo studio di compatibilità dell'intervento con lo stato di dissesto esistente validato dall'Autorità competente. Gli interventi devono comunque garantire la sicurezza dell'esercizio delle funzioni per cui sono destinati, tenuto conto dello stato di dissesto in essere.

Classe III Indifferenziata 1

Contempla le aree con deformazioni gravitative classificate come quiescenti. In tali ambiti è ammessa la nuova costruzione, la demolizione e ricostruzione degli impianti per gli sport invernali.

Classe IIIA1

Contempla le aree soggette a dissesto idraulico. In tali aree sono consentiti gli interventi di movimento terra per una manutenzione o modifica dei tracciati delle piste da sci purché non influiscano negativamente sull'equilibrio idrogeologico delle aree interessate dai lavori

Nel Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI), in riferimento all' Atlante dei rischi idraulici e idrogeologici, la superficie interessata dalle attività è perimetrata entro le aree in dissesto: *area di frana attiva*.

Nella Cartografia del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA) l'areale in oggetto è esterno alle aree alluvionabili.

Secondo quanto definito nella L.R. 9 agosto 1989 n. 45, l'intero ambito è incluso entro le aree soggette a vincolo per scopi idrogeologici.

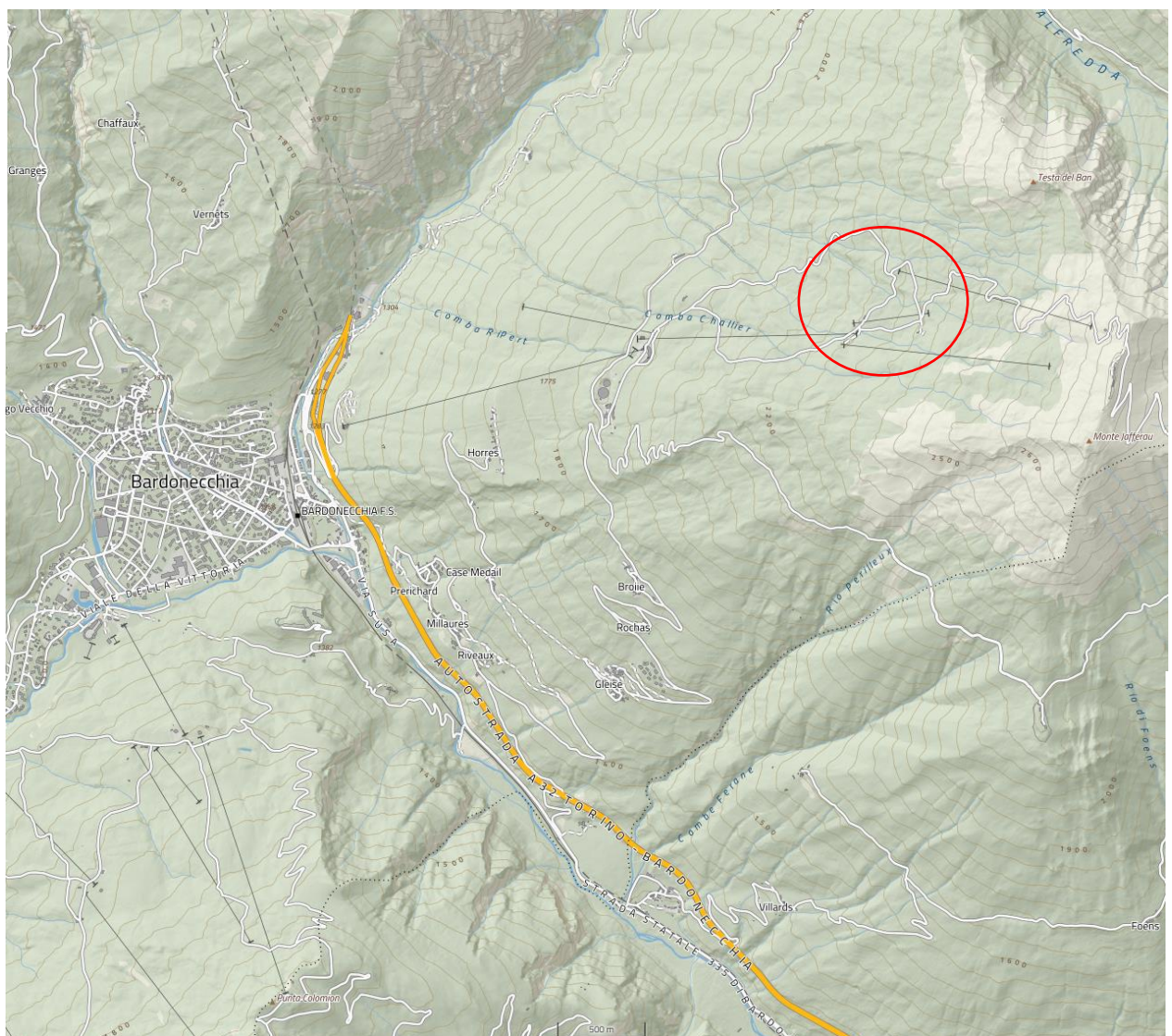
Il Comune di Bardonecchia, in merito a quanto indicato nell'OPCM 3274/03 aggiornata con la Delibera della Giunta Regionale del Piemonte n. 4-3084 del 12.12.2011 ed in seguito modificate con la D.G.R. n. 65-7656 del 21 maggio 2014 e con la D.G.R. n.6-887 del 30 dicembre 2019, è inserito nella classe sismica 3S.

3.2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'ambito attiene alla porzione medio-sommitale del versante che dal fondovalle della conca di Bardonecchia si spinge sino alla dorsale culminante con il Monte Jafferau (figura 3).

Gli interventi, in particolare, interessano la porzione del pendio compresa tra le quote di circa 2250 e i 2400 m s.l.m..

I luoghi sono raggiungibili seguendo la strada che da Bardonecchia risale il versante sino a raggiungere la Località Fregiusia. Da qui, attraverso le sterrate che risalgono il pendio, è possibile raggiungere i luoghi interessati dall'intervento.



**Figura 3. Corografia di inquadramento generale
(BDTRE Regione Piemonte)**

3.3 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

L'ambito attiene alla testata dell'alta Valle di Susa nel ramo della valle che da Oulx si diparte verso la conca di Bardonecchia dove si trovano a confluire quattro rami secondari: Valle Stretta, Valle della Rho, Valle Frejus e Vallone di Rochemolles.

Morfologicamente la vallata ha la caratteristica impronta glaciale, ampia e modellata con la tipica forma ad U. Le valli laterali si mostrano rotondeggianti e montonate per effetto dell'esarazione dovuta alla presenza di un ghiacciaio che raggiunse potenze notevoli. Le valli laterali si configurano come valli sospese e rappresentano le spalle del ghiacciaio che dalla testa della vallata si estendeva fino e oltre l'abitato di Melezet e Bardonecchia.

Dal punto di vista geomorfologico generale nell'area considerata si rinvencono in modo diffuso le tracce del modellamento glaciale pleistocenico, testimonianze glaciali più antiche sono mascherate dall'azione erosiva operata dal ghiacciaio nella sua ultima fase di espansione glaciale e dal nuovo modellamento imposto dal reticolo idrografico post-glaciale.

L'evoluzione morfologica post-glaciale è caratterizzata in tutta la fascia altimetrica superiore ai 2000 m da forme di ambiente periglaciale, mentre nei settori altimetricamente intermedi (1000 – 2000 m) e meno elevati (al di sotto dei 1000 m) sono attivi fenomeni morfogenetici legati alla dinamica fluviale e torrentizia e al dilavamento dei versanti.

Nell'intera area sono inoltre evidenti i segni morfogenetici e di evoluzione di fenomeni gravitativi.

In particolare, in questo frangente il versante è coinvolto in un importante fenomeno di DGPV (Deformazione Gravitativa Profonda di Versante).

Si tratta di fenomeni con meccanismi che non necessitano di una superficie o zona di rottura definita e continua, e l'entità dello spostamento sovente è piccola rispetto alle dimensioni del fenomeno. Il riconoscimento di questi fenomeni avviene sulla base del ritrovamento di alcune forme tipiche, localizzate soprattutto nelle zone di cresta e nella parte alta dei versanti quali: trincee, depressioni chiuse, gradini di scivolamento, tracce di superfici di distacco gravitativo.

Nei settori di versante posti più in basso tali fenomeni sono morfologicamente espressi da rigonfiamenti ed ondulazioni a grande scala, localmente sottolineati da depressioni chiuse. Nella parte sommitale si ritrovano sdoppiamenti della cresta, trench paralleli allo spartiacque, depressioni e improvvise rotture di pendenza.

3.4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO - STRUTTURALE

La zona in esame ricade interamente all'interno dell'Unità dei Calcescisti con Pietre Verdi, falda composita sovrascorsa sulla crosta continentale penninica. Altrimenti detta "Zona Piemontese", essa è formata da due unità tettoniche distinte, entrambe originatesi durante il Giurassico nel bacino oceanico esistente tra Europa e placca insubrica.

L'unità di provenienza più esterna, o Zona del Combin, è caratterizzata dall'intima associazione di calcescisti e prasiniti, il che fa presupporre un'origine da una zona di crosta assottigliata (margine penninico, placca europea). Invece l'unità di provenienza più interna, o Zona Zermatt-Saas, mostra le tipiche caratteristiche di una crosta oceanica con metaofioliti, ultramafiti, gabbri e basalti a pillow.

Nella recente Carta Geologica d'Italia, scala 1:50.000 – Foglio 132 - 152 - 153 Bardonecchia (figura 4), le formazioni attribuibili al basamento quaternario della Zona Piemontese vengono differenziate in diverse unità. Il substrato roccioso nell'area di intervento appartiene all'Unità del Lago Negro, sostanzialmente composta da calcescisti indifferenziati e subordinati marmi e quarziti.

Nell'area oggetto dell'intervento il substrato roccioso è costituito da calcescisti indifferenziati: rocce intensamente ripiegate e tettonizzate, con intensa foliazione (centimetrica) che costituiscono l'intero versante sino alla cima rocciosa del M. Jaffreau.

La fitta foliazione unita alla frequente e minuta fratturazione fa assumere alla roccia un aspetto estremamente anisotropo, talvolta quasi caotico. Per gran parte del versante il substrato è però ricoperto da una coltre detritica quaternaria di natura eluvio colluviale, detrito di falda, accumuli di frana e depositi di origine glaciale.

SISTEMAZIONE PISTA "36-PLATEAU"
ED AMPLIAMENTO RETE DI INNEVAMENTO PROGRAMMATO
PROGETTO DEFINITIVO
 Relazione geologica

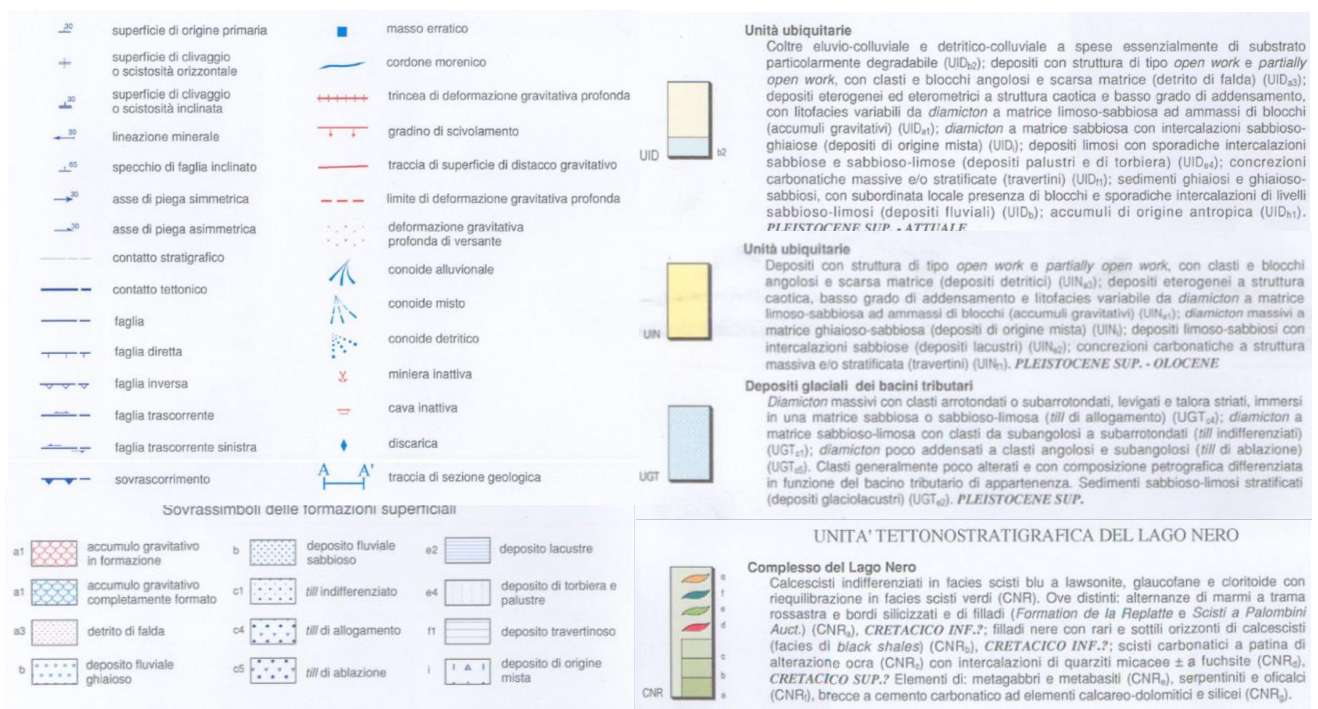


Figura 4. Schema geologico generale
Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 F° 153 Bardonecchia

4 IDROGRAFIA DI SUPERFICIE E ASSETTO IDROGEOLOGICO

Per quanto riguarda l'idrogeologia, il substrato si mostra in genere impermeabile anche se a causa dell'intensa fratturazione possono essere presenti locali sistemi di circolazione idrica sotterranea.

I depositi detritici sovrastanti, che talora costituiscono spessori significativi, anche superiori a 10 m, mostrano comportamento permeabile laddove grossolani o con scarsa matrice fine (settore superiore del versante) e un comportamento variabile da poco a medio permeabile in corrispondenza dei depositi eluvio colluviali presenti nei settori medio inferiori.

Il ruscellamento superficiale avviene in modo prevalentemente diffuso; la frazione delle acque meteoriche che non ruscellano, si infiltrano entro le coltri detritiche.

In tal senso, da un punto di vista idrogeologico il versante è interessato dalla presenza di due distinte tipologie di acquifero in stretto rapporto:

- **acquiferi a permeabilità primaria**, corrispondenti ai corpi sedimentari quaternari che definiscono il sottosuolo nella sua porzione superficiale dove definiscono uno strato di potenza variabile da punto a punto. Generalmente di spessore metrico si mostrano più potenti laddove sono presenti accumuli morenici o corpi di frana. L'acquifero è costituito da clasti e frammenti rocciosi in matrice limoso-sabbiosa nel complesso con buona permeabilità.
- **acquifero a permeabilità secondaria**, ospitato nei litotipi del basamento prequaternario che definisce l'ossatura profonda del pendio ed entro il quale la circolazione delle acque sotterranee è circoscritta alle fessurazioni più pervasive. Litologicamente definito da filladi, micascisti calcescisti e quarziti mostra permeabilità bassa risultando di fatto impermeabile a meno dei circuiti resi manifesti dalle principali dislocazioni dell'ammasso che pervasivamente lo caratterizzano soprattutto nelle sue porzioni più superficiali.

La pochezza e la morfologia degli acquiferi primari definiti dagli accumuli detritici è tuttavia tale da non rendere manifesta una vera e propria falda freatica; in tal senso la circolazione delle acque sotterranee è essenzialmente vincolata entro livelli a permeabilità maggiore di quella che nel complesso caratterizza i sedimenti rimanendo peraltro quasi totalmente circoscritta all'interfaccia detrito/substrato roccioso.

La direzione di propagazione dei flussi nei primi strati del sottosuolo ricalca fedelmente quella della morfologia superficiale, seguendo sotto l'azione della gravità con buona approssimazione la massima pendenza del versante.

In generale i volumi in circolo sono modesti presentando picchi di portata nel periodo dello scioglimento del manto nevoso invernale e in risposta a precipitazioni intense e prolungate. Nell'ambito contemplato, tuttavia, sono presenti alcune importanti sorgenti tra le quali la sorgente Nessiglia, posta nell'ambito dei luoghi di intervento.

5 DINAMICA DEI VERSANTI

Per quanto riguarda i processi e i fenomeni di evoluzione geologica e geomorfologica dei versanti vi è da segnalare la tipica caratteristica dei calcescisti a dare luogo a estesi fenomeni di creeping superficiale, particolarmente intensi nelle zone prive di vegetazione ad alto fusto. Il fenomeno si manifesta con tipiche gibbosità e avvallamenti e, generalmente, può interessare l'ammasso fino a qualche metro di profondità.

A tale processo evolutivo si associano gli effetti del geliflusso che interessa la coltre detritica.

Per entrambi si tratta in pratica dell'azione del gelo e disgelo che provoca un progressivo rilassamento della parte più esterna rispettivamente del substrato roccioso e della copertura detritica che progressivamente subisce l'azione della gravità, assestandosi progressivamente e lentamente verso il basso, creando queste tipiche onde nel terreno.

In tal senso, tale fenomeno caratterizza in modo evidente estese porzioni del pendio interessato dal tracciato della sciovvia.

In un'ottica generale, l'elemento degno di nota è la presenza di un esteso fenomeno di deformazione gravitativa profonda (DGPV) che interessa buona parte della porzione medio-sommitale del versante. Si tratta di un fenomeno gravitativo di enormi proporzioni, la cui potenza è stimata attorno ai 200 m e di ampiezza superiore al chilometro quadrato di superficie verosimilmente correlato a spostamenti differenziali estremamente lenti lungo una serie di piani non continui fra unità che al loro interno possono mantenersi relativamente intatte, oppure per deformazione della massa rocciosa lungo fasce a geometria, profondità e spessore variabile.

La presenza del fenomeno è riportato anche nella "Carta geomorfologica e dei dissesti" allegata alla Variante di adeguamento al PAI del P.R.G.C. (figura 5).

Ampi settori del versante ricadenti nella DGPV non mostrano segni di attivazione e di movimenti differenziali recenti né attuale né recente (ultimi decenni) come testimoniato dall'assenza di alterazione dell'allineamento di estesi tratti degli impianti di risalita esistenti.

In riferimento al settore di intervento, inoltre, è segnalata la presenza di un fenomeno franoso classificato attivo nella cartografia tematica del PRGC (64-FA10).

Si tratta di un fenomeno di natura complessa che si sviluppa con movimenti differenziali della massa coinvolta lungo più superfici di scivolamento con plurime nicchie di distacco evidenziate da scarpate e repentini salti morfologici.

I sopralluoghi eseguiti e l'esame delle immagini aeree hanno evidenziato che si tratta di un'area articolata caratterizzata dalla presenza di scarpate piuttosto accentuate che delineano orli di nicchia di frana e superfici di accumulo.

In questo contesto, le condizioni delle linee degli impianti di risalita qui presenti suggeriscono la relativa stabilità dell'areale fatto salvo la presenza di fenomeni di creeping che interessano la coltre di alterazione superficiale del suolo senza - tuttavia - interessare in profondità i depositi.

Tale considerazione è avallata dal fatto che – stando le testimonianze del gestore degli impianti – non ci sono evidenze di segni di deformazione delle opere afferenti agli impianti sciistici almeno negli ultimi 30-40 anni.

Nel complesso, il sito di previsto intervento non interferisce con situazioni di particolare criticità.

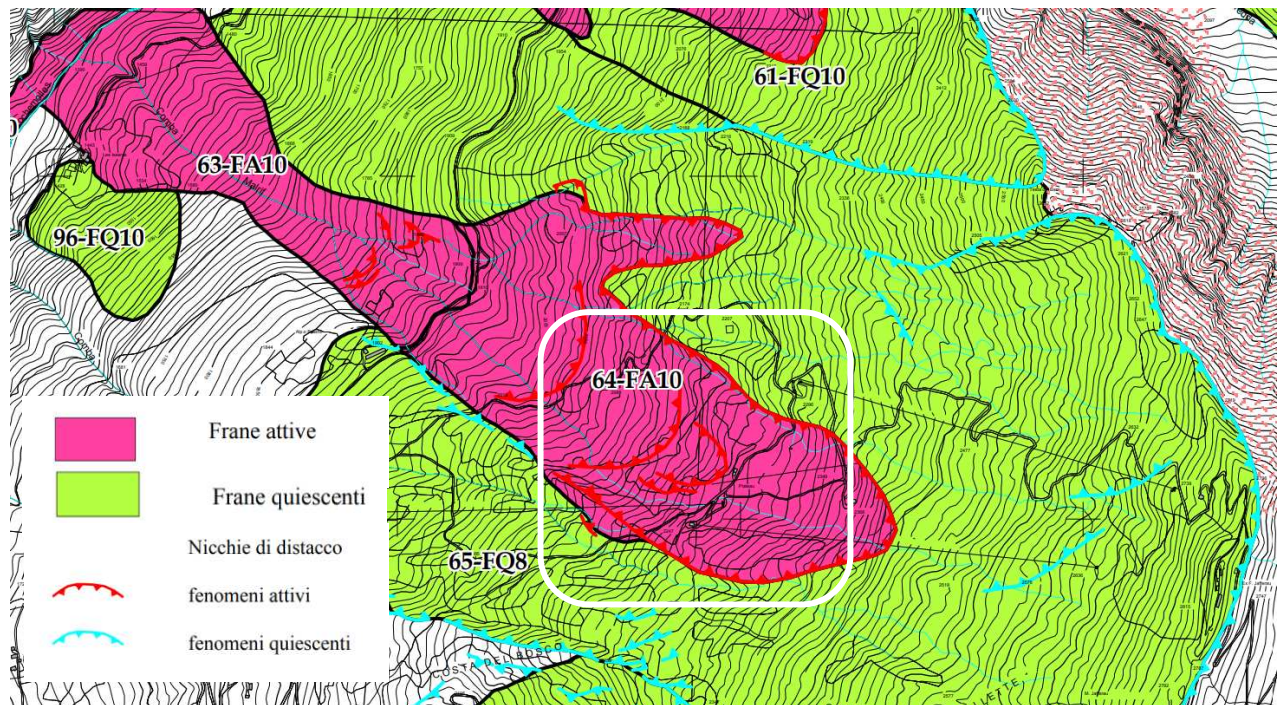


Figura 5. Dissesti nell'ambito in studio (PRGC: Carta geomorfologica e dei dissesti di versante)

6 INDAGINI GEOGNOSTICHE DISPONIBILI

Informazioni circa l'assetto litostratigrafico del sottosuolo e le peculiarità geotecniche dei materiali che lo definiscono nell'ambito dei luoghi considerati rimandano agli studi, effettuati tra il 2015 ed il 2017, propedeutici alla realizzazione della nuova seggiovia Fregiusia.

A questi si aggiungono quelli effettuati nel 2024 e 2025 dallo scrivente per la progettazione della nuova sciovia Jaffereau.

Nella figura di seguito è indicata la distribuzione delle indagini condotte nell'ambito di intervento e nel suo intorno circostante significativo (figura 6).

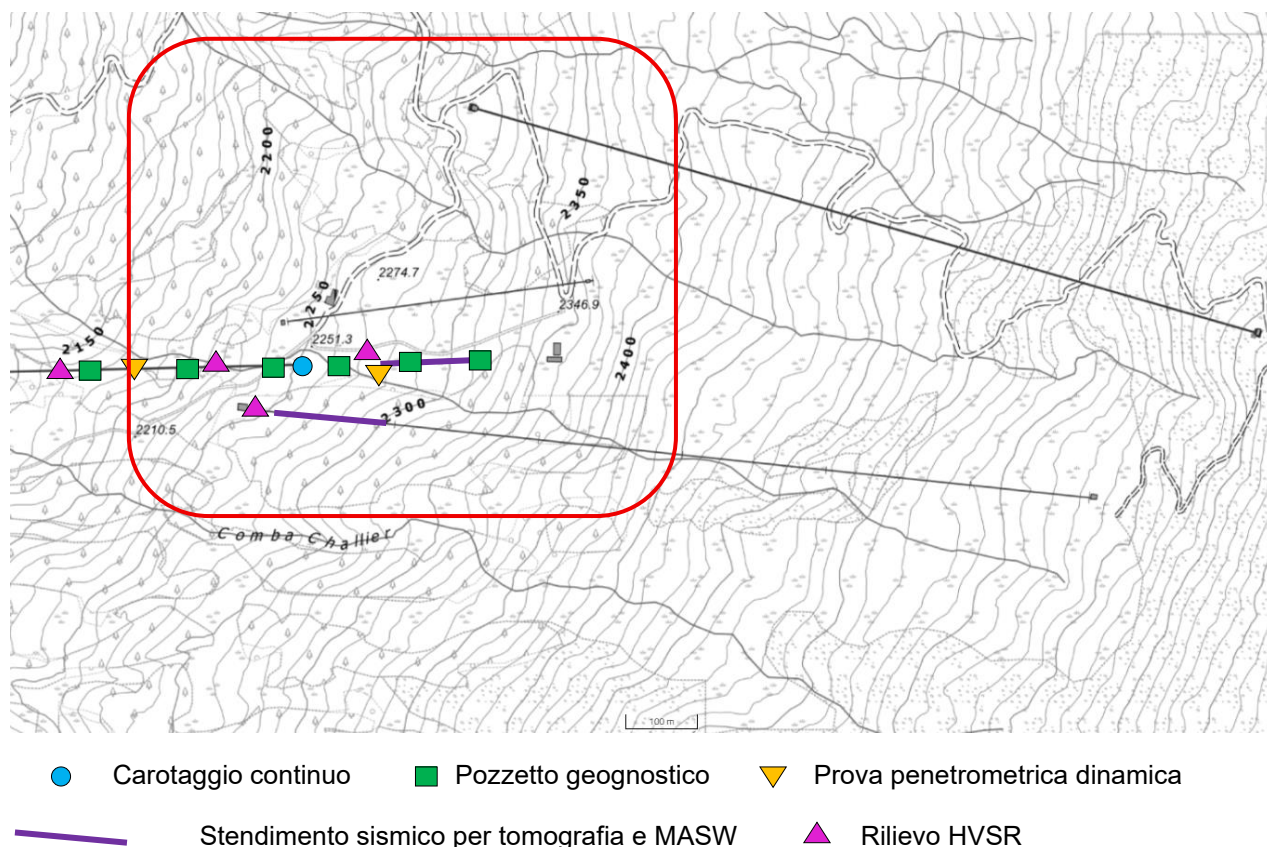


Figura 6. Indagini geognostiche

6.1 SONDAGGIO GEOGNOSTICO

La stratigrafia del sondaggio effettuato nei pressi della stazione di arrivo della seggiovia Fregiusia (figura 7) indica la presenza di un suolo potente circa 0,5 m cui fa seguito un potente strato costituito da un detrito eterogeneo medio grossolano in abbondante matrice limoso sabbiosa di colore grigio con clasti fortemente angolosi localmente alterati.

Più in profondità e sino a fondo foro (20.0 m) la matrice appare più scura, nerastra, e i clasti hanno forma più scagliosa e sminuzzata.

Nel sondaggio non è stata rilevata la presenza di acqua di falda.

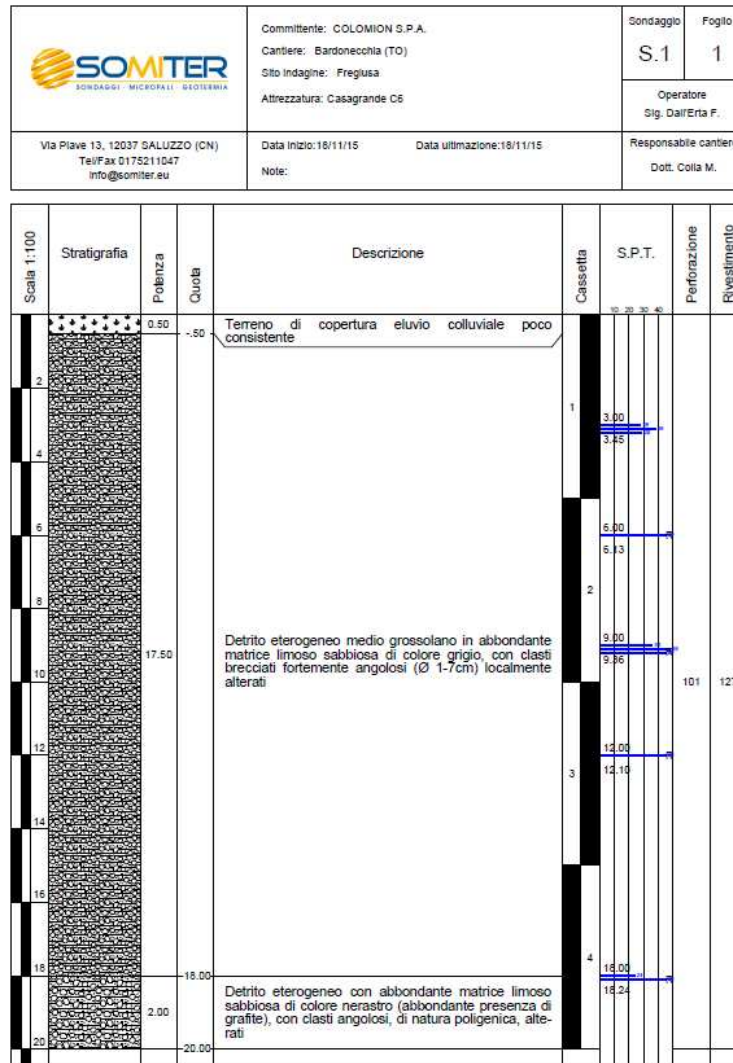


Figura 7. Stratigrafia sondaggio campagna 2015

6.2 POZZETTI GEOGNOSTICI

L'investigazione dei primi metri del sottosuolo è stata realizzata impiegando un escavatore meccanico in grado di spingere lo scavo sino ad una profondità di circa 4 m (figura 8).

I dati raccolti, estrapolati per il settore interessato dal tracciato della nuova sciovina ed integrati con le indicazioni raccolte analizzando gli affioramenti qui presenti, indicano, per il settore afferente alla stazione di partenza e, risalendo il pendio, sino al sostegno 1, il seguente profilo stratigrafico medio:

- 0.0 – 1.0 m:** terreno di copertura vegetale limoso con clasti di calcescisto
- 1.0 – 2.0 m:** clasti e frammenti di calcescisto alterato in abbondante matrice sabbioso-limosa bruna talora prevalente;
- 2.0 – 4.0 m:** clasti e frammenti rocciosi di calcescisto alterato con rari blocchi di quarzite in matrice sabbioso-limosa bruno-nerastra.

Per il tratto successivo e sino al punto mediano del tracciato, le informazioni collezionate permettono di ipotizzare la seguente stratigrafia media:

- 0.0 – 1.0 m:** terreno di copertura vegetale limoso con clasti di calcescisto
- 1.0 – 2.5 m:** clasti e frammenti di calcescisto alterato in matrice sabbioso-limosa bruno-nerastra;
- 2.5 – 4.0 m:** calcescisto alterato intensamente fratturato.



Figura 8. Esecuzione pozzetti geognostici (campagna di indagini 2017)

6.3 INDAGINI SISMICHE

Per i luoghi considerati sono disponibili le informazioni raccolte su n. 3 sezioni sismiche realizzate con metodologia a rifrazione con uso di sismografo a 24 canali e passo geofonico pari a 5 m per uno sviluppo complessivo di 115 m di lunghezza ciascuno.

Un rilievo si riferisce alla campagna di indagine svolta nel 2015 per la progettazione della seggiovia Fregiusia mentre due rilievi sono stati eseguiti dallo scrivente alla fine del luglio 2023 per la progettazione della scivovia Jaffereau (figura 9).

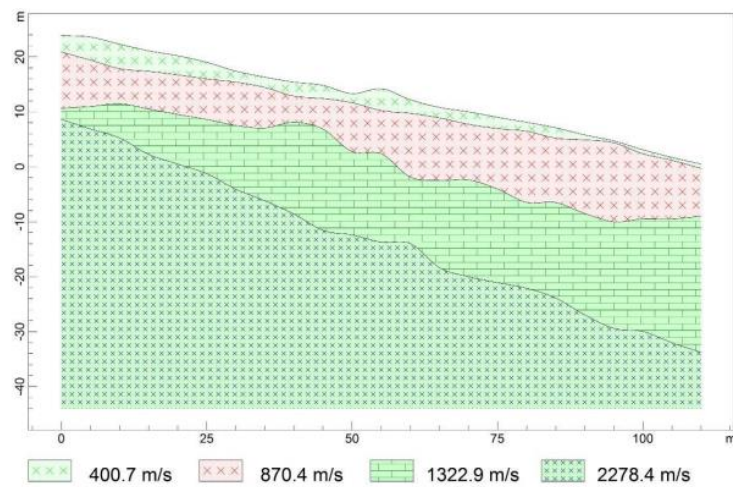
I rilievi condotti all'interno del fenomeno dissestivo complesso, hanno messo in evidenza la presenza di un primo strato potente circa 10÷15 caratterizzato da valori di velocità delle onde p inferiori ai 1500 m/s ed associabili a materiali detritici con grado di addensamento via via maggiore con la profondità.

Oltre tale quota le velocità mostrano un netto incremento a indicare la possibile posizione del substrato calcescistoso: inizialmente intensamente fratturato poi via via più compatto.

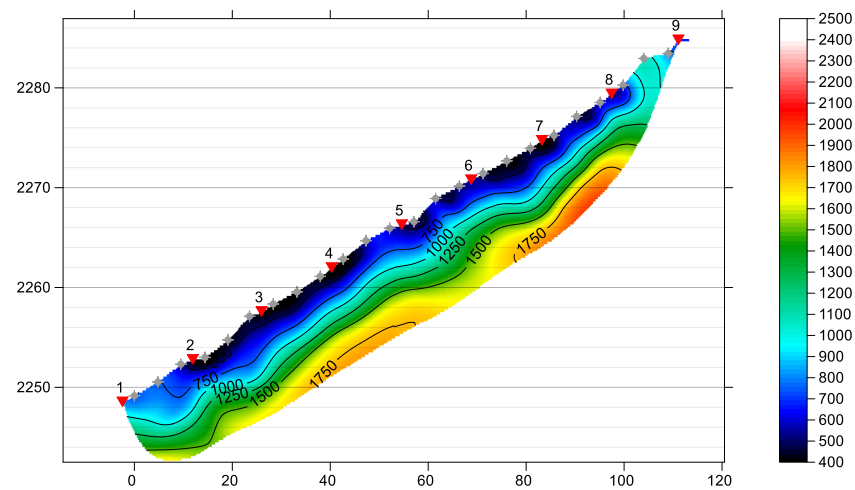
I rilievi condotti esternamente a tale settore hanno invece evidenziato valori delle velocità delle onde sismiche nel complesso più bassi a indicare un significativo detensionamento dell'ammasso roccioso.

I rilievi MASW hanno permesso di calcolare valori del parametro V_{eq} dell'ordine dei 500 m/s con evidenza di un bedrock simile a profondità superiori ai 25 m di profondità dal p.c. (figura 10).

I rilievi Hvsr eseguiti hanno restituito picchi del rapporto H/V a frequenze elevate a suggerire la relativa superficialità del passaggio coltre detritica/substrato litoide. Va comunque ribadito come i picchi del rapporto mostrino valori modesti (e inferiori a 2) a suggerire una graduale transizione dei materiali via via più addensati e compatti piuttosto che una netta superficie di separazione tra coltri soffici e ammasso roccioso compatto.



Stendimento 2, 20 WET iterations, RMS error 2.8 %, 1D-Gradient smooth initial model, Version 3.33



Stendimento 1, 20 WET iterations, RMS error 1.8 %, 1D-Gradient smooth initial model, Version 3.33

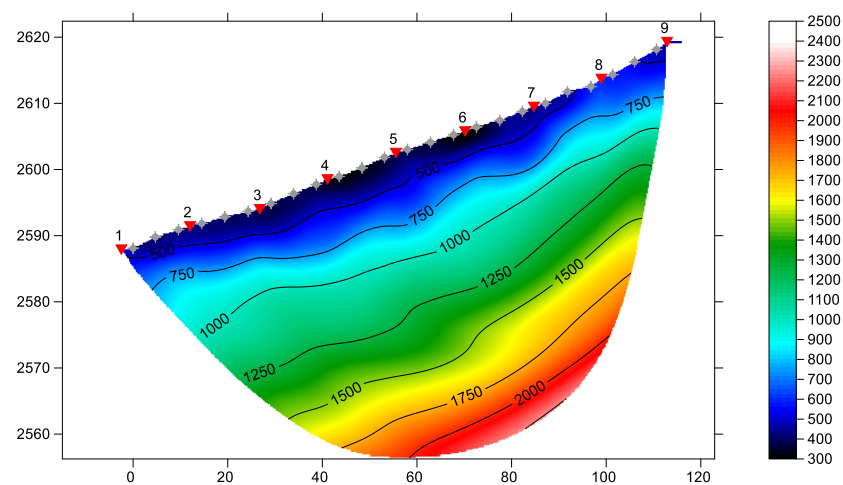


Figura 9. Tomografie sismiche

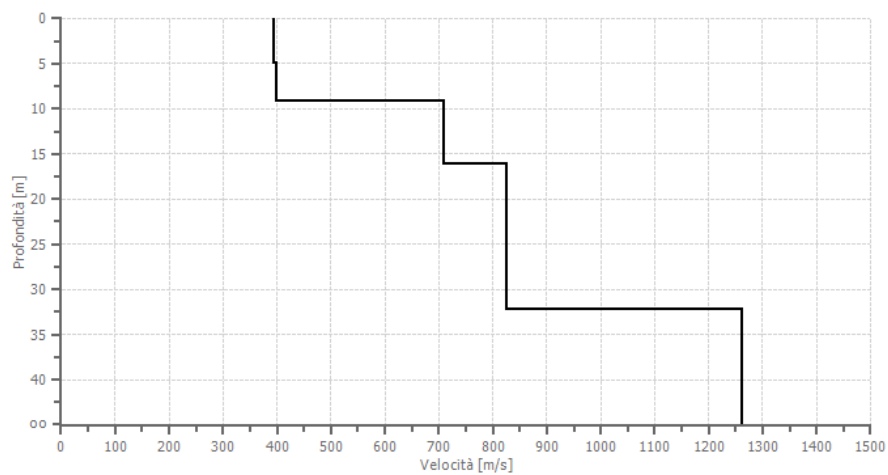
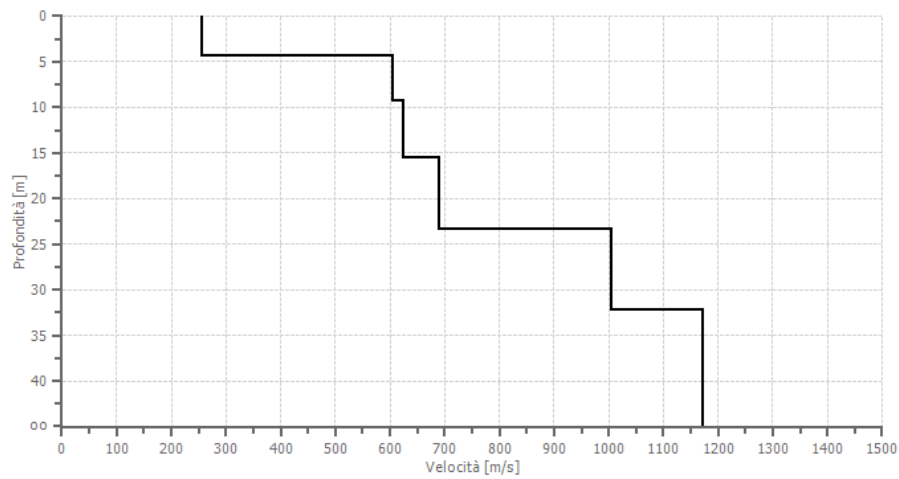
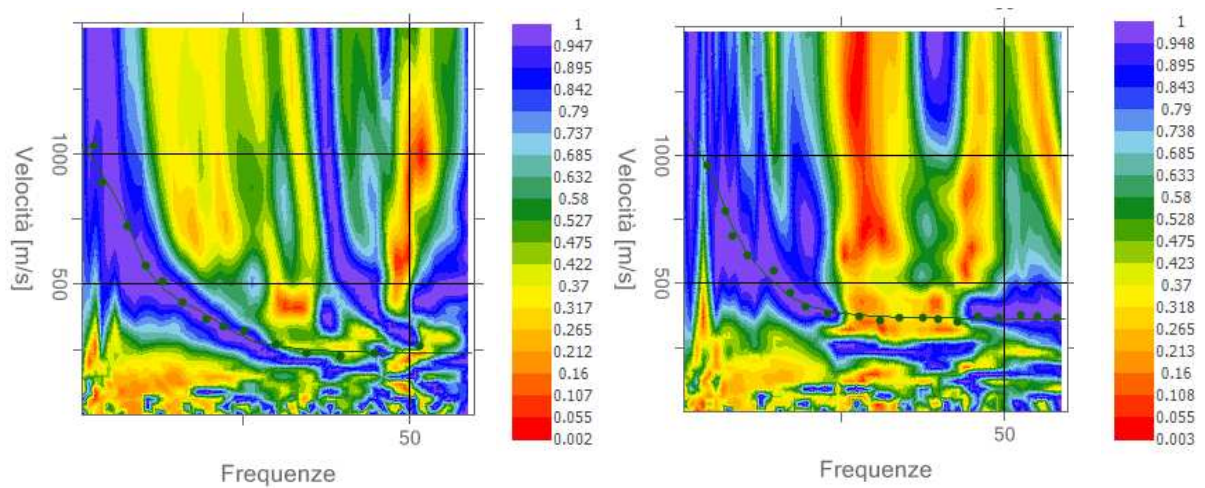


Figura 10. Indagini MASW

6.4 PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE

Nell'ambito degli studi propedeutici alla progettazione degli impianti di risalita sono state effettuate diverse prove penetrometriche dinamiche con lo scopo di valutare le peculiarità geotecniche dei terreni di fondazione dei sostegni di linea (figura 11).

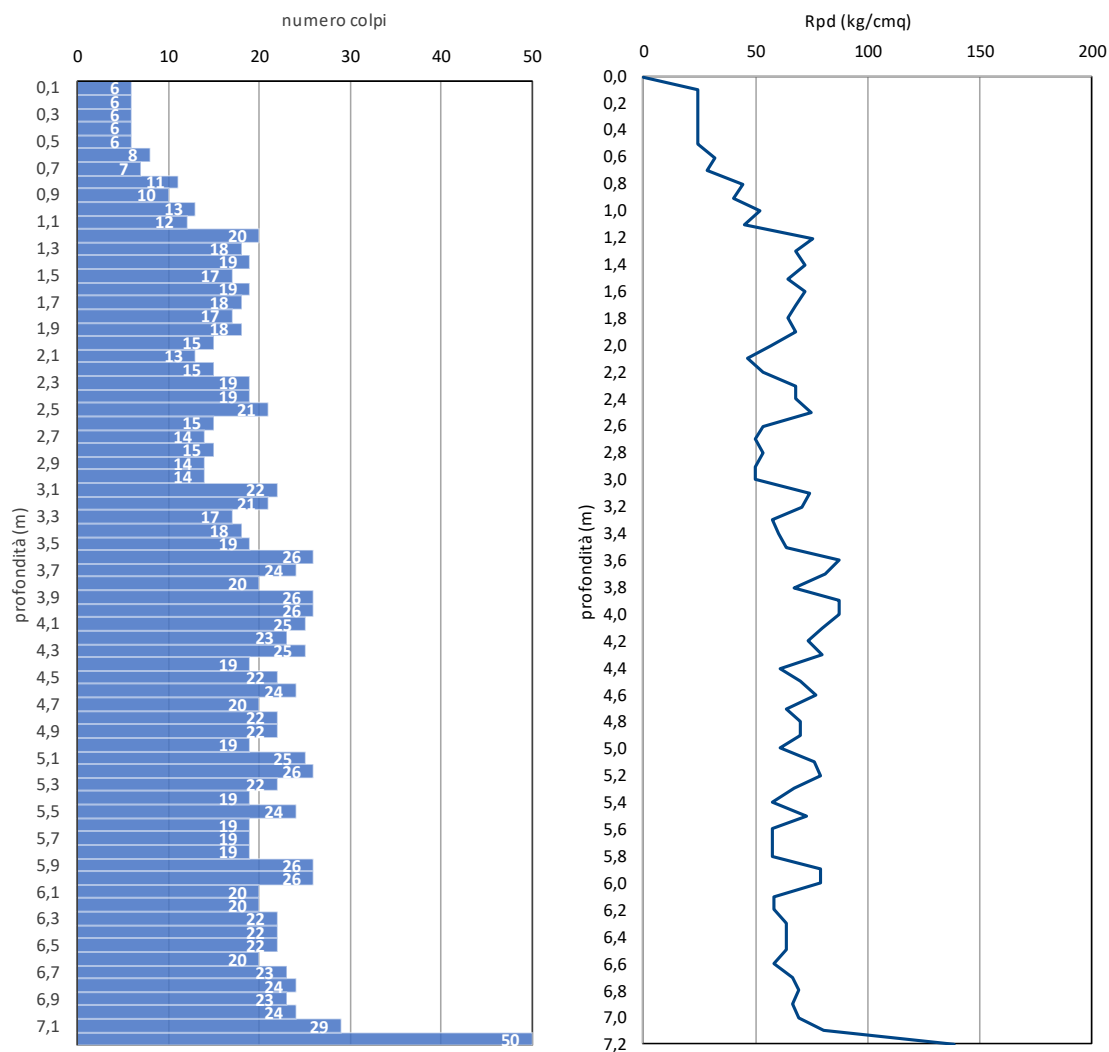
In tal senso alcune delle prove si sono svolte in un contesto geologico analogo a quello interessato dagli interventi in progetto.



Figura 11. Esecuzione prove penetrometriche dinamiche

Nel complesso i dati hanno evidenziato il graduale aumento della resistenza alla penetrazione offerto dai terreni con la profondità (figure 12 e 13).

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA PD S10

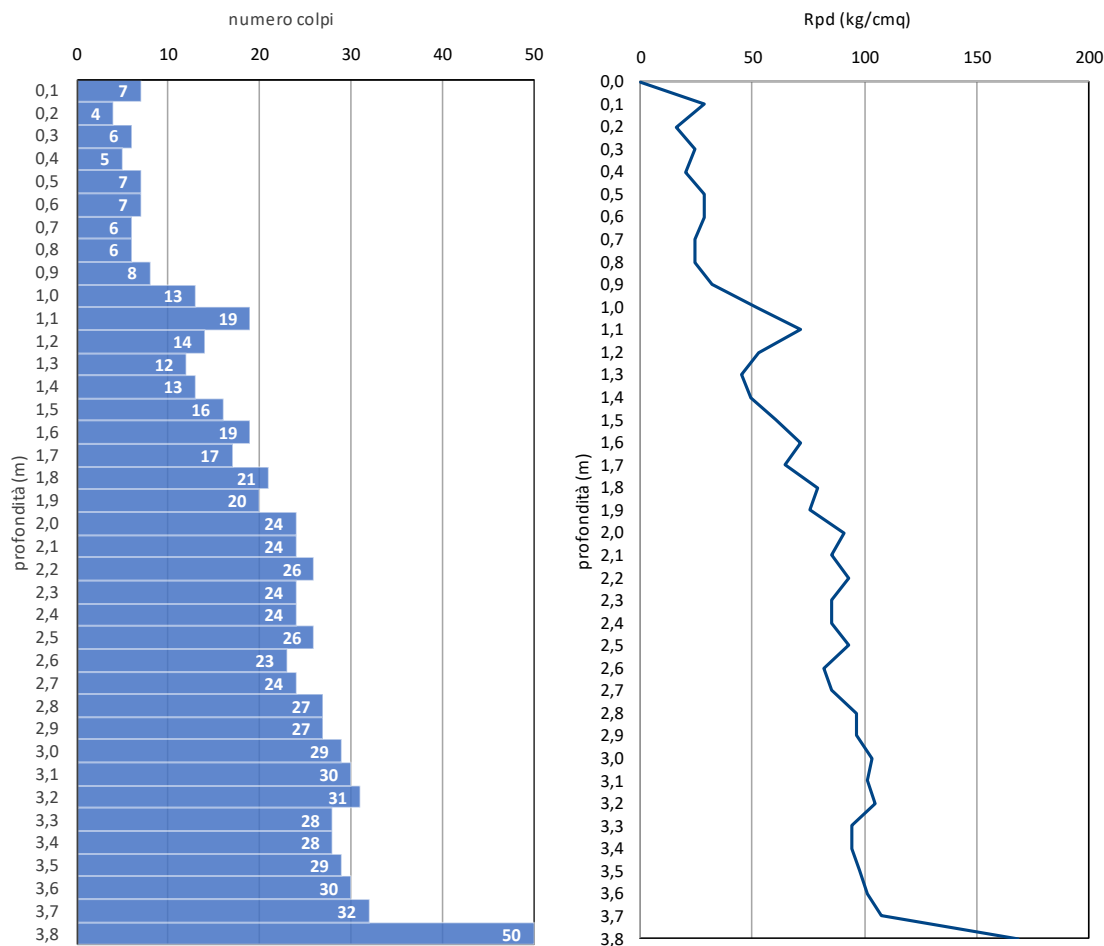


Profondità (m)	Parametro	Elaborazione Statistica				VCA	α	Nspt
		M	min	Max	s			
0 - 1,0	N	7,3	6,0	11,0	1,9	4	1,32	3
	Rpd	29,5	24,2	44,3	7,8	17		
1,0 - 3,1	N	16,4	12,0	21,0	2,6	12	1,32	9
	Rpd	60,7	45,4	75,7	10,0	44		
3,1 - 7,2	N	23,0	17,0	50,0	2,3	19	1,32	15
	Rpd	71,2	57,3	138,7	9,4	56		

M: valore medio - min: valore minimo - Max: valore massimo - s: scarto quadratico medio
VCA: valore caratteristico - α : coeff. riduzione N10 - Nspt: numero colpi SPT

Figura 12. Risultati prova penetrometrica dinamica campagna 2017

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA PD S13



Profondità (m)	Parametro	Elaborazione Statistica				VCA	α	Nspt
		M	min	Max	s			
0,0 - 1,0	N	6,2	4,0	8,0	1,2	4	1,32	3
	Rpd	25,1	16,1	32,2	5,0	17		
1,0 - 1,9	N	16,4	12,0	26,0	3,3	11	1,32	8
	Rpd	62,4	45,4	92,7	12,0	43		
1,9 - 3,8	N	28,2	27,0	50,0	2,8	24	1,32	18
	Rpd	98,3	94,5	168,7	18,6	68		

M: valore medio - min: valore minimo - Max: valore massimo - s: scarto quadratico medio
VCA: valore caratteristico - α : coeff. riduzione N10 - Nspt: numero colpi SPT

Figura 13. Risultati prova penetrometrica dinamica campagna 2017

7 GEOLOGIA LOCALE E ASSETTO LITOSTRATIGRAFICO DEL SOTTOSUOLO

Geologicamente il settore analizzato, nel complesso, presenta due ambiti distinti: il primo afferente al settore interessato dalla frana "attiva" e il secondo ad esso esterno (figura 14).

Il primo settore è interessato dalla presenza di un fenomeno di dissesto complesso e considerato attivo, il secondo meno perturbato dai processi di natura gravitativa e complessivamente coinvolto in un processo di DGPV (peraltro esteso alla quasi totalità della porzione medio sommitale del versante) cinematicamente considerato quiescente.

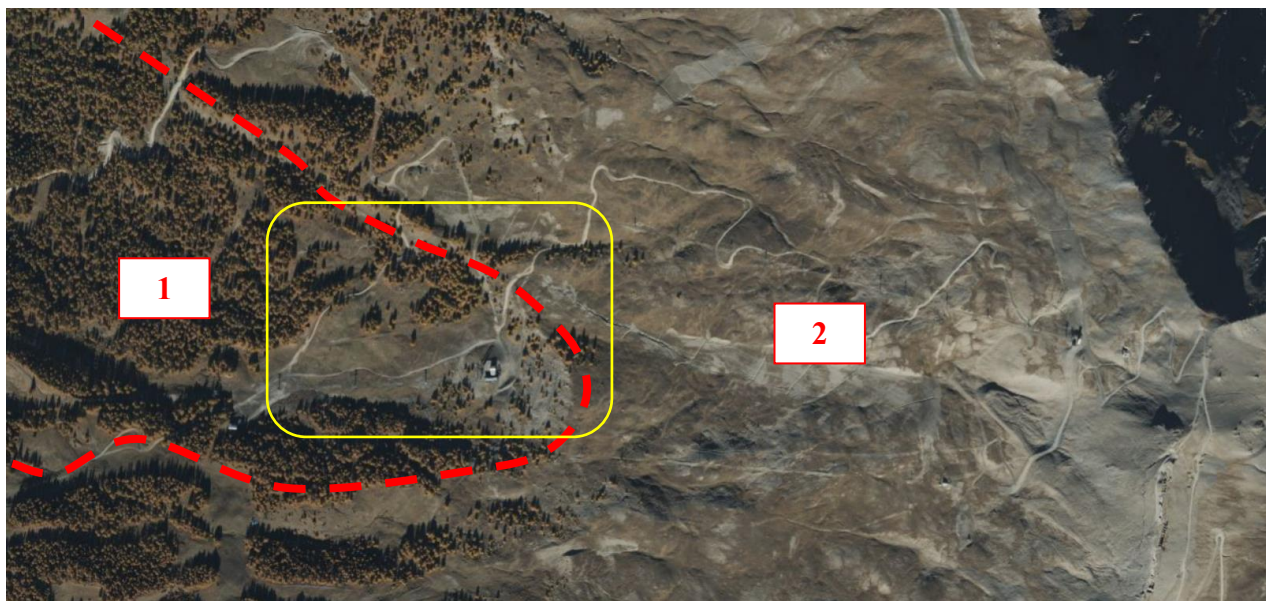


Figura 14. Ambiti geologici

Morfologicamente i due settori differiscono in maniera evidente con il primo caratterizzato da forme più accentuate con nette scarpate e cambi repentini di pendenza e il secondo caratterizzato da ondulazioni più dolci e nel complesso pendenza della superficie meno significativa.

Complessivamente, non si evidenziano affioramenti del substrato litoide; alcuni, comunque modesti per estensione, si rilevano a livello della nicchia del dissesto a livello della transizione tra i due ambiti sopramenzionati.

Qui, in generale, si osserva un calcescisto filladico significativamente scistoso e fratturato con elevato grado di deformazione e piani di scistosità normalmente immergenti di pochi gradi (10° - 30°) verso O (250° N).

Per il resto, il substrato è obliterato da uno strato più o meno potente di coltri detritico-eluviali e colluviali sino a accumuli legati a processi di tipo gravitativo e di natura glaciale laddove preservatisi all'erosione.

La profondità del tetto del substrato è variabile in funzione della potenza delle coltri detritiche risultando maggiore laddove ricoperto dagli accumuli gravitativi e glaciali.

In prima analisi può risultare di alcuni metri nel settore topograficamente più rilevato sino ad alcune decine di metri in quello più depresso.

8 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Partendo dall'insieme delle informazioni collezionate è stato ricostruito il modello geotecnico del sottosuolo.

Esso è costituito da tre unità geotecniche principali:

- **Unità 1:** *rappresentata dalla coltre detritico-colluviale pedogenizzata scarsamente addensata mostra una potenza variabile da punto a punto, mediamente stimabile in 1 m. Presenta caratteristiche geotecniche scadenti.*

$$\varphi: 26^\circ \quad \gamma: 18.0 \text{ kN/m}^3 \quad c': 0 \text{ kPa}$$

- **Unità 2:** *costituita da depositi incoerenti discretamente addensati e/o dalle porzioni superficiali del substrato roccioso intensamente fratturate e sfatte, presenta discrete caratteristiche geotecniche.*

$$\varphi: 30^\circ \quad \gamma: 19.0 \text{ kN/m}^3 \quad c': 0 \text{ kPa}$$

- **Unità 3:** *definita dall'ammasso roccioso relativamente sano presenta buone caratteristiche geotecniche.*

$$\varphi \text{ (fratture)}: 35^\circ \quad \gamma: 23.0 \text{ kN/m}^3 \quad c' \text{ (ammasso roccioso)}: 15 \text{ kPa}$$

Nel complesso gli scavi previsti interesseranno essenzialmente le coltri detritiche delle due unità superiori senza interessare il substrato roccioso sano.

9 AZIONE SISMICA

9.1 CATEGORIA DEL SOTTOSUOLO

In riferimento a quanto indicato nella vigente normativa per quanto attinente alla definizione dell'azione sismica di progetto e sulla base di quanto emerso dalle indagini e dalle osservazioni condotte appare corretto ascrivere il sottosuolo alla categoria B.

Categoria B (D.M. 17/01/2018 Tab 3.2.II): *Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.*

9.2 CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

L'assetto morfologico dei luoghi in generale non è caratterizzato da condizioni particolari per le quali siano prevedibili fenomeni di accelerazione locale delle onde sismiche. In linea generale è possibile ascrivere le caratteristiche della superficie topografica alla categoria T2 (D.M. 17/01/2018 Tab 3.2.III): *pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$.*

9.3 VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE

In base alle NTC 2018 (D.M. 17/01/2018) la probabilità che nei terreni sabbiosi saturi si verifichino fenomeni di liquefazione è bassa o nulla se si verifica almeno una delle seguenti condizioni:

1. accelerazione massima attesa al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
2. profondità media stagionale della falda superiore ai 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $qc1N > 180$ dove $(N1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche (standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e $qc1N$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate in figura 15_1 nel caso di materiale con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ ed in figura 15_2 per coefficienti di uniformità $U_c > 3,5$.

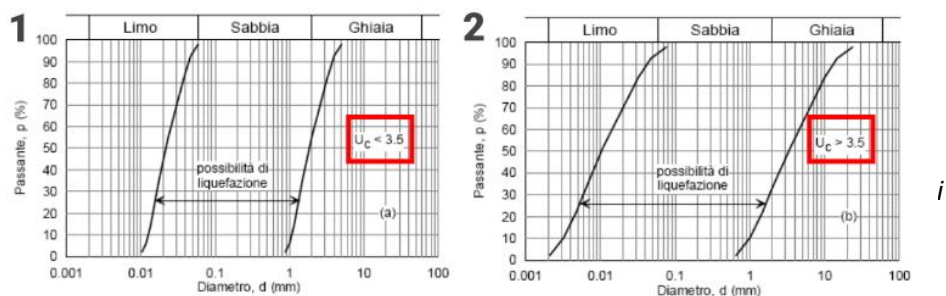


Figura 15. Possibilità di liquefazione. Distribuzione granulometrica dei terreni

Quando nessuna delle condizioni indicate è soddisfatta occorre procedere alla valutazione del coefficiente di sicurezza alla liquefazione alle profondità in cui sono presenti i terreni potenzialmente liquefacibili.

Per il caso trattato le indagini condotte e le informazioni disponibili indicano la presenza di terreni a tessitura francamente grossolana con grado di addensamento elevato e con distribuzione granulometrica esterna a quella afferente ai depositi potenzialmente interessabili dai fenomeni di liquefacibilità.

Per tale motivo, considerando inoltre l'assenza di una vera falda acquifera, la verifica a liquefazione potrà essere omessa.

10 PROBABILITÀ DI OCCORRENZA DI MINERALI DI AMIANTO

L'ossatura del pendio è da ricondurre alle litologie dell'Unità del Lago Negro, sostanzialmente composta da calcescisti indifferenziati e subordinati marmi e quarziti.

Stando quanto indicato nella documentazione ARPA Piemonte in termini di Probabilità di Occorrenza di Minerali di Amianto (POMA), tutte le litologie sono state distinte in cinque gruppi:

- Classe di probabilità alta: serpentiniti e affini;
- Classe di probabilità medio-alta: peridotiti (lherzoliti e harzburgiti) più o meno metamorfosate;
- Classe di probabilità media: metabasiti s.l.;
- Classe di probabilità medio-bassa: calcescisti, micascisti argilloscisti e argille varicolori che molto frequentemente includono lenti e/o corpi di rocce basiche e ultrabasiche;
- Classe di probabilità bassa: principalmente metagabbri, metabasalti.

In tal senso, le litologie qui presenti sono inserite nella Classe di probabilità medio-bassa POMA 4 (figura 16).

Tale classe è costituita da calcescisti, diffusi per quasi tutti l'arco alpino, e argilloscisti e argille varicolori, affioranti nella parte centro-meridionale del Piemonte, che molto frequentemente includono lenti e/o corpi di metabasiti e ultrabasiti.

Di per sé queste litologie hanno una composizione mineralogica che non consente lo sviluppo di minerali di amianto, tuttavia, nelle zone di contatto tettonico tra questi litotipi e le lenti e/o corpi di rocce amiantifere sono spesso presenti mineralizzazioni amiantifere. Pertanto, per queste litologie la probabilità di presenza di amianto è legata all'elevata possibilità di rinvenire al loro interno diffuse lenti e/o corpi di rocce amiantifere.

Nell'ambito della mappatura dell'amianto naturale da parte dell'ARPA Piemonte è stato aggiunto un nuovo livello litologico che prende in considerazione anche la possibilità di presenza di amianti in litologie in "giacitura secondaria" ossia relativo ai depositi quaternari (depositi glaciali, detriti di versante, depositi di frana e conoidi) che si sviluppano su rocce con probabilità di amianto.



Figura 16. Probabilità di Occorrenza di Minerali di Amianto (POMA) nell'areale di intervento ARPA Piemonte

In riferimento all'areale di previsto intervento esistono le informazioni raccolte in passato durante la progettazione e l'esecuzione di interventi svolti lungo la pista interessata dalle opere quando non si è resa manifesta la presenza di amianto naturale.

11 CONSIDERAZIONI RIASSUNTIVE E PRESCRIZIONI TECNICO-ESECUTIVE

Le indagini condotte nei luoghi di intervento e nel loro intorno significativo circostante, l'analisi di quanto contenuto nella documentazione bibliografica consultata e delle indicazioni progettuali permettono di trarre le seguenti considerazioni:

- 1) sebbene una porzione delle aree di intervento sia perimetrata entro un fenomeno di dissesto cinematicamente definito attivo, alla data dei sopralluoghi condotti non sono emersi condizioni di instabilità del pendio od elementi di carattere geologico-geomorfologico ed idrogeologico tali da non rendere attuabile l'intervento in progetto. Tale considerazione è avallata anche dalle testimonianze rese del gestore degli impianti che non restituiscono evidenze circa deformazioni delle opere afferenti agli impianti sciistici almeno negli ultimi 30-40 anni;
- 2) gli interventi afferenti all'adeguamento della pista avranno l'effetto di rendere più omogenea la morfologia del pendio. In tal senso, le modifiche previste, conformate secondo le tipologie e geometrie idonee, sono compatibili con l'equilibrio idrogeologico del territorio e con le caratteristiche geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche dei luoghi;
- 3) gli interventi necessari per l'ampliamento della rete di innevamento contemplano attività modeste che si traducono nell'esecuzione degli scavi di profondità estremamente contenuta e limitati ai primi strati del sottosuolo. Successivamente al posizionamento delle reti si procederà al rinterro degli scavi ripristinando l'originaria morfologia dei luoghi;
- 4) le previste attività risultano compatibili con le peculiarità geologiche ed idrogeologiche dei luoghi. Quanto in progetto non produrrà un incremento della pericolosità gravante sul territorio e delle condizioni di rischio gravanti sulle opere qui presenti e su quelle poste nell'intorno circostante significativo della superficie di intervento.

Le problematiche di ordine geologico-tecnico connesse alle opere di movimento terra e di riprofilatura delle scarpate sono sintetizzabili in problemi che riguardano la stabilità dei fronti di scavo, dei riporti e il corretto drenaggio delle acque superficiali.

A tal proposito, attraverso l'analisi delle caratteristiche dell'area di intervento e delle specifiche progettuali sono stati individuati alcuni accorgimenti tecnici finalizzati alla buona riuscita degli interventi che si ritengono pertanto compatibili con l'assetto idrogeologico della zona:

- gli accumuli di terreno detritico di riporto dovranno essere realizzati mediante sovrapposizione di strati di 50 cm di materiali opportunamente costipati e con caratteristiche geotecniche analoghe a quelle delle coltri detritiche che definiscono la porzione superiore del pendio. Le scarpate sia dei riporti che degli scavi non dovranno presentare angoli di scarpata superiori a 30°. In tal senso particolare attenzione dovrà essere riposta nella scelta dei materiali da impiegare che dovranno presentare nel complesso di ciascuno strato granulometria il più omogenea possibile evitando la realizzazione di strati con differenti caratteristiche geotecniche tali da rendere manifeste superfici di discontinuità all'interno dei riporti;
- per evitare di favorire processi erosivi e infiltrazioni d'acqua predisponenti fenomeni di dissesto sarà necessario realizzare a monte delle superfici interessate dalle lavorazioni più significative delle canalette di raccolta e allontanamento delle acque di ruscellamento superficiale;
- per assicurare condizioni idonee alla stabilità dei fronti in terra dovrà essere garantito il drenaggio dei rinterri mediante un efficiente sistema di drenaggio esteso all'intero sviluppo dell'area di intervento;
- particolare cura dovrà essere sempre posta all'interfaccia terreno-materiale di riporto: sarà necessaria una preventiva e accurata decorticatura del terreno vegetale esistente (per quanto esiguo) che sarà poi riutilizzato per il ricoprimento delle aree denudate e dei rinterri. Tale accorgimento dovrà essere adottato anche nei settori di versante dove è previsto un modesto livellamento (inferiore a 50 cm);
- a maggiore garanzia della stabilità del pendio e per evitare l'insorgenza di fenomeni di erosione concentrata dovuti a eventi meteorici significativi o alle acque di scolo delle masse nevose è importante favorire il rapido rinverdimento delle superfici denudate eventualmente anche con operazioni di idrosemina;
- i rinterri delle trincee aperte per l'ampliamento delle reti di innevamento dovranno essere eseguiti reimpiegando i terreni precedentemente scavati. Questi dovranno essere opportunamente

compattati in maniera da non permettere sprofondamenti del terreno nel tempo e l'instaurarsi di direttrici di scorrimento preferenziale delle acque superficiali.

Stando quanto indicato, è quindi possibile formulare un parere favorevole circa le previsioni progettuali per quanto afferente alle condizioni geologiche s.l. locali, fermo restando le indicazioni contenute nel presente elaborato.

Si sottolinea l'importanza di verificare le condizioni dei luoghi durante la realizzazione di tutti gli interventi previsti, provvedendo ad integrare le considerazioni formulate in questa fase progettuale con tutti gli elementi ottenuti - tramite misure ed osservazioni - nel corso dei lavori per adeguare, eventualmente, le opere alle situazioni riscontrate.