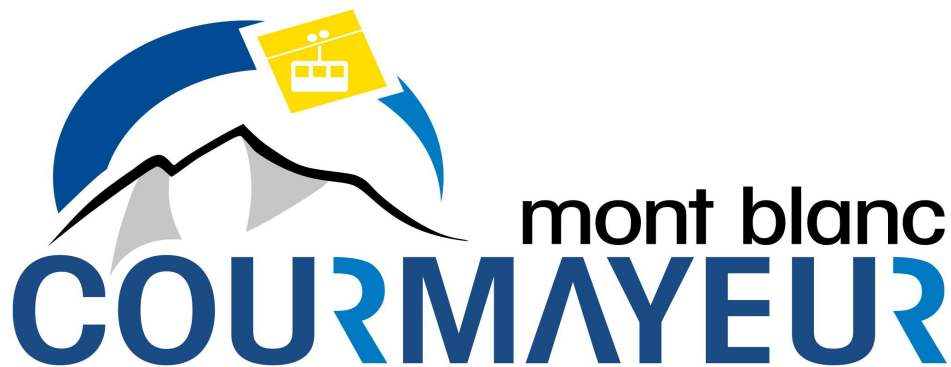


REGIONE AUTONOMA VALLE D'AOSTA  
COMUNE DI COURMAYEUR

COMMITTENTE:



Progetto

**RINNOVO DEL COLLEGAMENTO FUNIVIARIO "COL CHÉCROUIT- CRESTA DI YOULAZ - CRESTA D'ARP", MEDIANTE REALIZZAZIONE DELLA NUOVA FUNIVIA "COL CHÉCROUIT - CRESTA D'ARP" NEI COMUNI DI COURMAYEUR E PRÉ SAINT DIDIER.**

Titolo

**RELAZIONE GEOLOGICA E GEOLOGICO-TECNICA  
STUDIO DI COMPATIBILITA' DELL'OPERA CON LO  
STATO DI DISSESTO ESISTENTE**

*Geologo*

*Mario RAVELLO*

*Frazione Cottin 31*

*11015 La Salle*

*C.F.: RVMRA63M02L219C*

*P.I.: 00547950071*

Timbro e firma

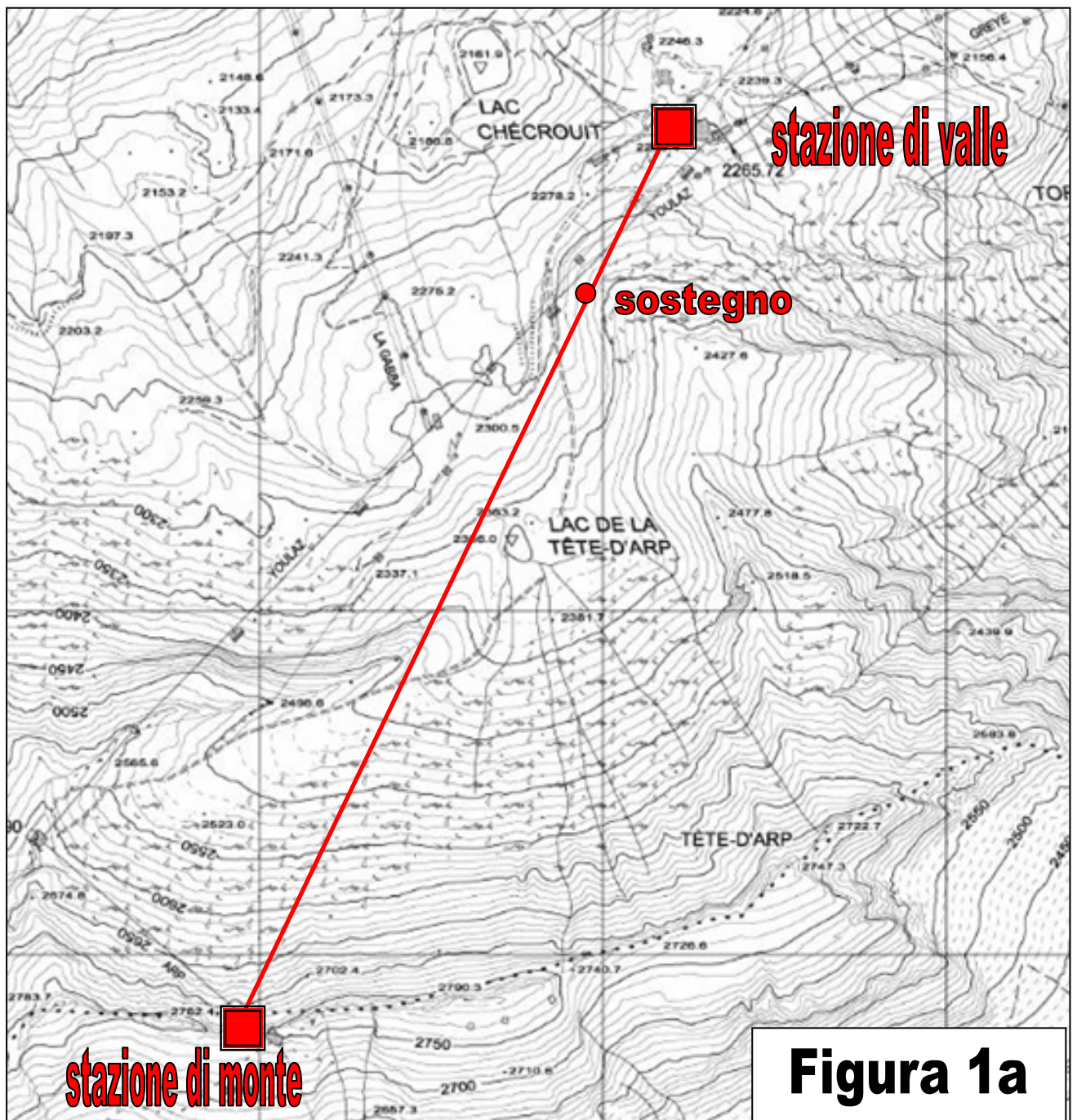
Il Tecnico

*Dr. Geol. Mario Ravello*  
ORDINE DEI GEOLOGI  
Regione Autonoma Valle d'Aosta  
ORDRE DES GEOLOGUES  
Région Autonome Vallée d'Aoste  
Dr. RAVELLO MARIO  
Iscri. Albo n. 18

## 1. Premessa

### 1.1 Generalità

Su richiesta della **COURMAYEUR MONT BLANC FUNIVIE S.p.A.** è stato effettuato uno studio geologico - geomorfologico e strutturale di dettaglio lungo il versante settentrionale della Testa d'Arp allo scopo di descriverne le litologie presenti e di determinare le sue condizioni di stabilità. Tale indagine è riferita al progetto di realizzazione della nuova funivia "Col Checrouit- Cresta d'Arp". L'intervento prevede la demolizione ed il rifacimento della stazione di valle, la posa di un sostegno della linea e la realizzazione della stazione di monte come illustrato nelle figure 1a e 1b.





**Figura 1 b**

I sopralluoghi, effettuati nel corso dell'autunno 2016, hanno consentito di indagare l'intera zona di interesse allo scopo di definire:

- le caratteristiche geologiche e geomorfologiche del versante
- l'assetto strutturale degli affioramenti rocciosi
- la descrizione delle problematiche geologiche che potranno essere riscontrate durante l'esecuzione dei lavori.

Sono inoltre stati eseguiti approfondimenti geologico-tecnici - a cura delle società **CTE S.p.A.** e **TECHGEA S.r.l** - per la caratterizzazione dei terreni; in particolare sono state le seguenti indagini geognostiche :

*a) Stazione di valle*

n. 2 sondaggi a carotaggio continuo, con esecuzione di prove S.P.T. in foro ed una indagine geofisica consistente in uno stendimento a rifrazione e 2 profili M.A.S.W;

*b) Sostegno di linea*

n. 1 stendimento geoelettrico per l'individuazione della litologia e n. 1 stendimento a rifrazione; allo scopo di definire:

- la caratterizzazione sismica della stazione di valle;
- l'assetto litostratigrafico locale per entrambi i siti;
- il modello litotecnico per entrambi i siti;
- le caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione solo per la stazione di valle.

I risultati della campagna sono illustrati nelle rispettive relazioni (allegate alla presente):

-*"RELAZIONE PER LA CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA"* a cura del Geol. **Roberto GIACOMETTI** (per conto della C.T.E.);

-*"INDAGINI GEOFISICHE FINALIZZATE ALLA CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEI TERRENI"* a cura della **TECGEA SERVIZI**.

Nelle figure sottostanti (2 e 3) viene illustrata l'ubicazione delle indagini.



Figura 2: indagini presso la stazione di valle

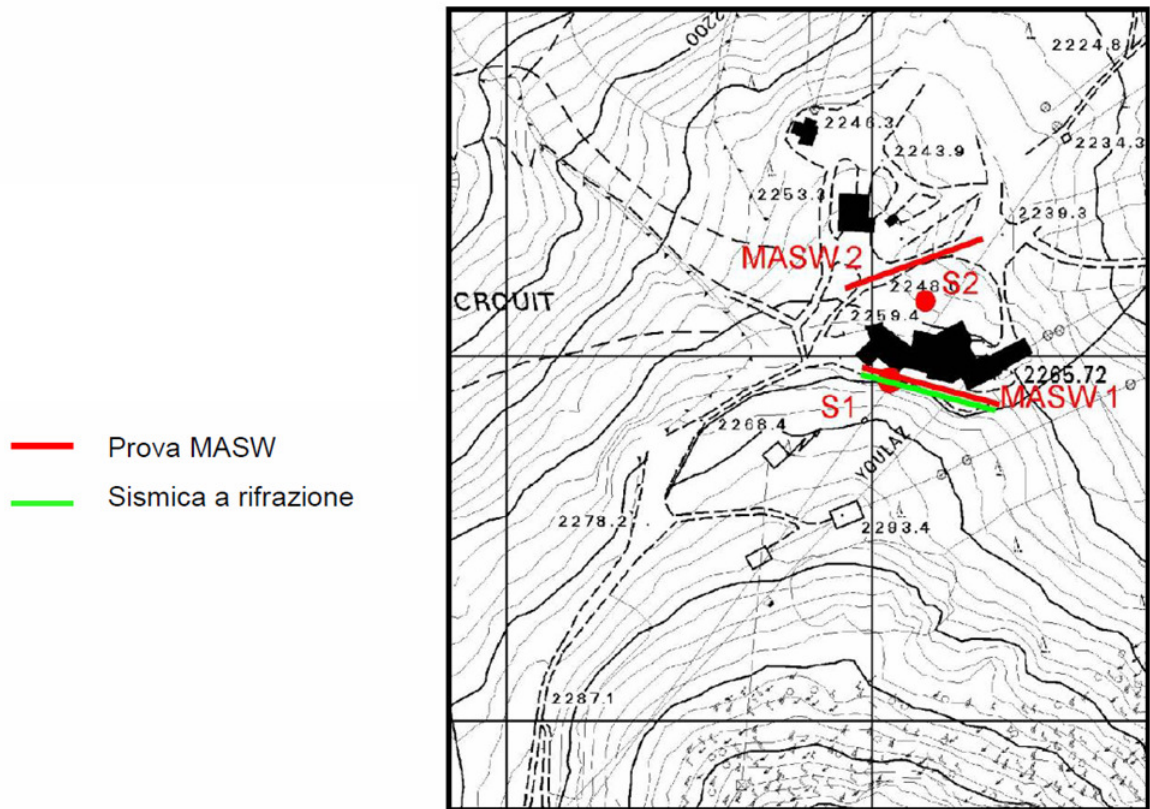
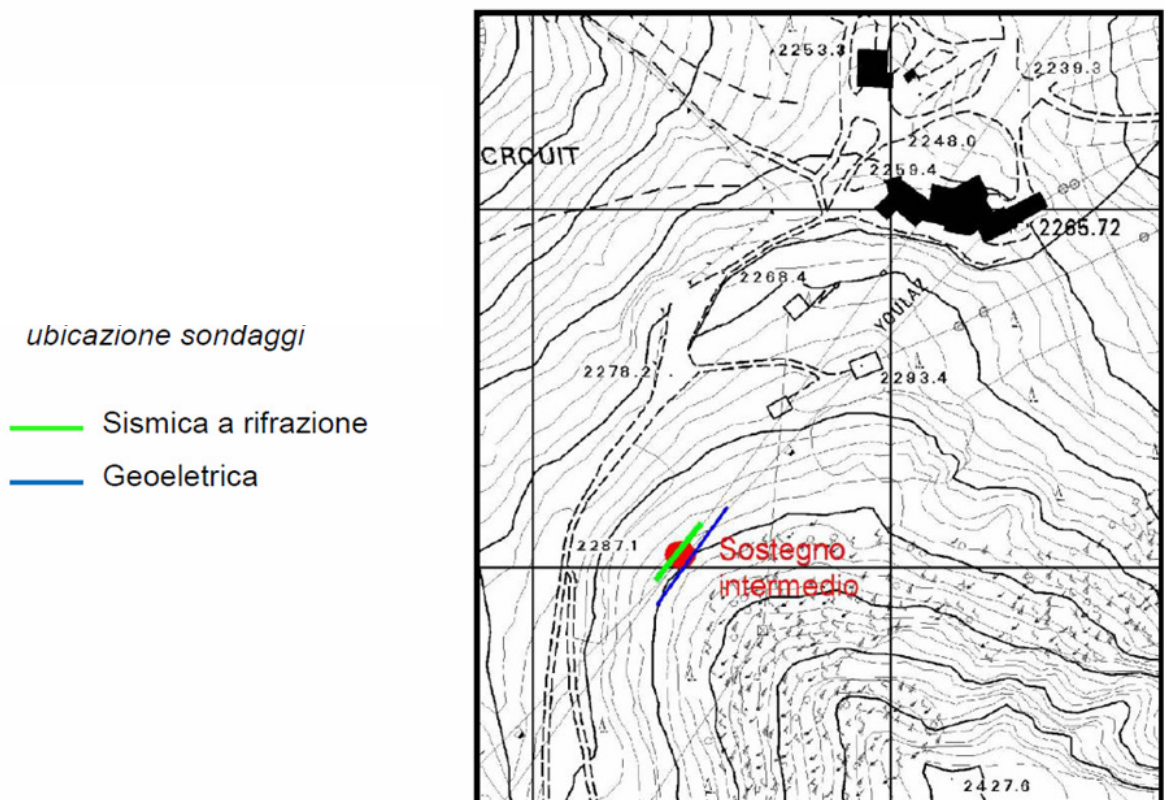


Figura 3 : indagini presso il sostegno della linea



## 1.2 Normative di riferimento e vincoli edificatori

Il contenuto della presente è conforme a:

- *D.M. 14.01.08* "Nuove norme tecniche per le costruzioni".
- *D.M. 11/03/1988* (G.U. n. 127 del 01/06/1988) "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno sulle terre e delle opere di fondazione".
- *Circolare Cons. Sup. Lavori Pubblici* – Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008 – Bozza aggiornata al 7 marzo 2008.
- *Circolare Cons. Sup. Lavori Pubblici* – Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni -" di cui al D.M. 14 gennaio 2008 – Bozza aggiornata al 11 aprile 2008.
- *OPCM n 3431 del 05/03/2005* – Ulteriori modifiche ed integrazioni all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274 del 20/03/2003.
- *Delibera Giunta Regionale Valle D'Aosta n° 5130 del 30/12/2003* –Approvazione della riclassificazione sismica del territorio della Regione Autonoma Valle d'Aosta in applicazione dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20/03/2003. Prime disposizioni.
- *OPCM n 3316 del 02/10/2003*– Modifiche ed integrazioni all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274 del 20/03/2003.
- *OPCM 3274 del 20/03/2003* - "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica".
- *L.R. 11/98* e succ. mod. ed int.: Cartografie degli Ambiti Inedificabili; **comune di Courmayeur**:

**art 35 comma 1, terreni sedi di frana**: fasce ad elevata pericolosità **F1** (sostegno), media pericolosità **F2** (porzione esigua della stazione di valle) ed a bassa pericolosità **F3** (stazioni di valle e di monte).

In ottemperanza a quanto prescritto dalla Deliberazione di Giunta Regionale n. 2939 del 10 ottobre 2008, per le aree ricadenti nelle fasce soggette a pericolosità di frana è necessario effettuare uno studio sulla "compatibilità degli interventi in esame con lo stato di dissesto esistente e sull'adeguatezza delle condizioni di sicurezza in atto e di quelle conseguibili con le opere di mitigazione del rischio necessario". Tale studio è contenuto nella presente relazione (capitolo 8).

## **2. Inquadramento geologico**

Nel presente paragrafo vengono delineate le principali caratteristiche geologiche (con particolare riferimento alla litostratigrafia) dell'area di interesse, queste vengono desunte per la maggior parte dai lavori di ELTER (1960; 1965; 1987), ANTOINE (1971; 1978), LOPRIENO (2010), dalla Guida Geologica Regionale a cura di DAL PIAZ et al. (1992), ai quali si rimanda per eventuali approfondimenti.

L'area ricade sul versante destro orografico della parte medio-alta della Val Vény che si imposta, con andamento SW-NE lungo il Fronte Pennico (figura 5). Questo rappresenta il contatto tettonico che separa il Dominio Pennico a SE dal Dominio Elvetico (Unità del Monte Bianco) a NW ed è uno dei maggiori lineamenti delle Alpi occidentali. L'andamento di questo contatto tettonico è evidenziato oltretutto dalla morfologia della Val Vény stessa, dalla presenza di una serie di importanti occorrenze di gessi e carnirole, affioranti all'interno dell'area di studio.

Tra questi due insiemi omogenei di rocce si frappone un complesso insieme di unità, coinvolte nel Fronte Pennico, costituite prevalentemente da litotipi di natura sedimentaria riconducibili in parte alla Zona Elvetica ed in parte alla Zona Pennidica Esterna.

Tra queste, le unità più significative che costituiscono la Zona Ultraelvetica affiorano estesamente alla base del versante destro nella zona compresa tra Notre Dame de la Guérison e l'area di studio. La zona Ultraelvetica è costituita da litotipi rappresentati da Calcarei silicei zonati, Scisti argillosi neri e dai graniti e micrograniti porfirici dell'unità del Mont Chétif.

Il substrato roccioso, situato in prossimità del Fronte Pennidico, presenta una tettonica a scaglie legata alla presenza di un complesso sistema di sovrascorrimenti minori, evidenziati da ripetizioni di modeste unità tettoniche (scaglie) imballate all'interno di masse evaporitiche.



Figura 5: panoramica del settore interessato dall'intervento in esame

### 3. Note illustrative alla carta geologica-geomorfologica

I rilievi geomorfologici effettuati sull'area di interesse vengono illustrati mediante la carta geologica-geomorfologica (figura 6) e i profili geologici del pendio passanti per la stazione di valle (figura 7, ove vengono indicati i 2 sondaggi geognostici), per il sostegno (figura 8) e per la stazione di monte (figura 9). Nelle figure 10 e 11 si propongono due panoramiche aeree del versante studiato, sulle quali vengono identificate le particolarità geologiche descritte nel capitolo.



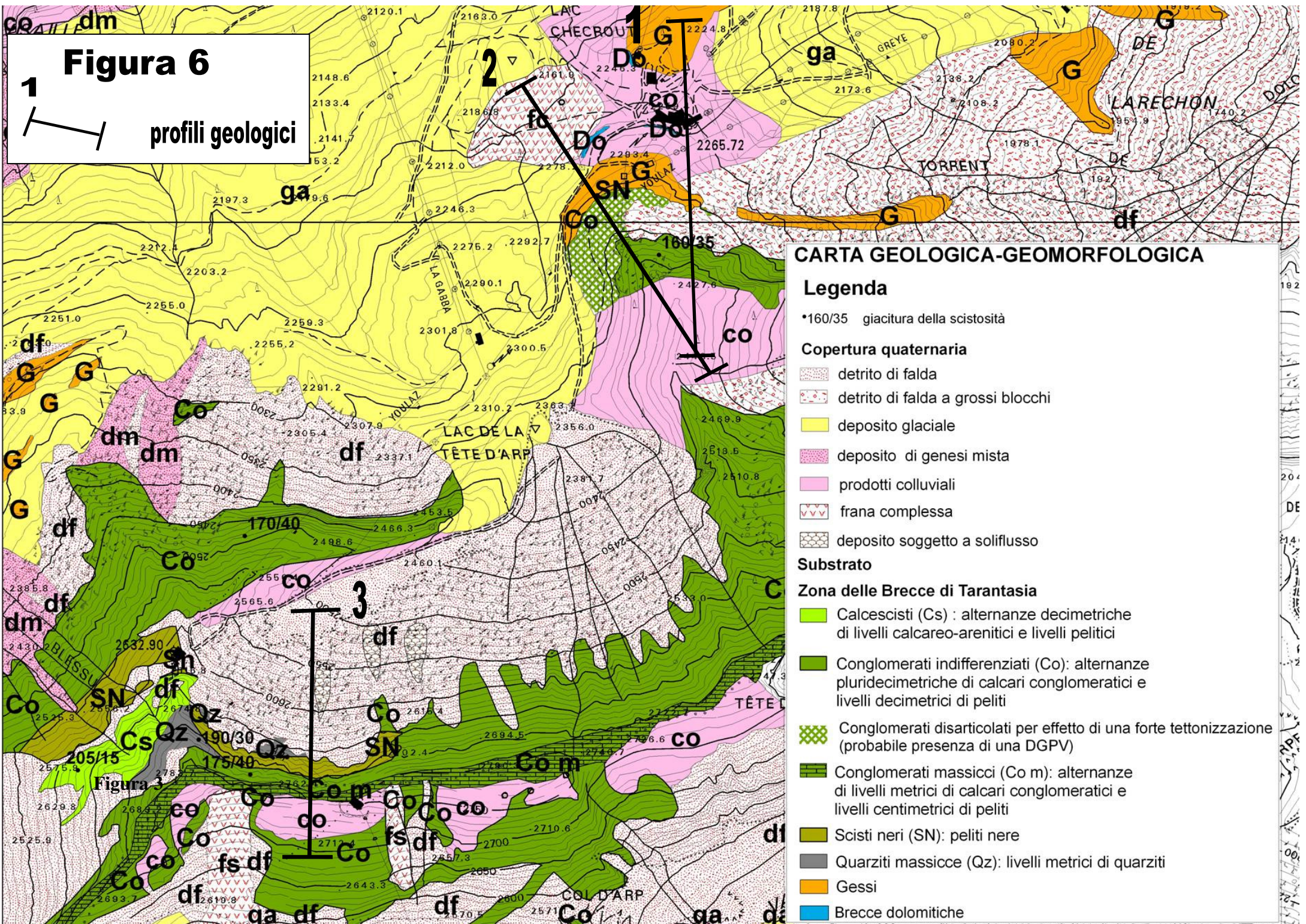
**Figura 6**

1

profili geologici

2

3



**CARTA GEOLOGICA-GEOMORFOLOGICA**

**Legenda**

- 160/35 giacitura della scistosità
- Copertura quaternaria**
  - detrito di falda
  - detrito di falda a grossi blocchi
  - deposito glaciale
  - deposito di genesi mista
  - prodotti colluviali
  - frana complessa
  - deposito soggetto a soliflusso
- Substrato**
- Zona delle Breccie di Tarentasia**
  - Calcescisti (Cs) : alternanze decimetriche di livelli calcareo-arenitici e livelli pelitici
  - Conglomerati indifferenziati (Co): alternanze pluridecimetriche di calcari conglomeratici e livelli decimetrici di peliti
  - Conglomerati disarticolati per effetto di una forte tettonizzazione (probabile presenza di una DGPV)
  - Conglomerati massicci (Co m): alternanze di livelli metrici di calcari conglomeratici e livelli centimetrici di peliti
  - Scisti neri (SN): peliti nere
  - Quarziti massicce (Qz): livelli metrici di quarziti
  - Gessi
  - Brecce dolomitiche



Figura 7: profilo 1 (S1 e S2 : sondaggi geognostici)

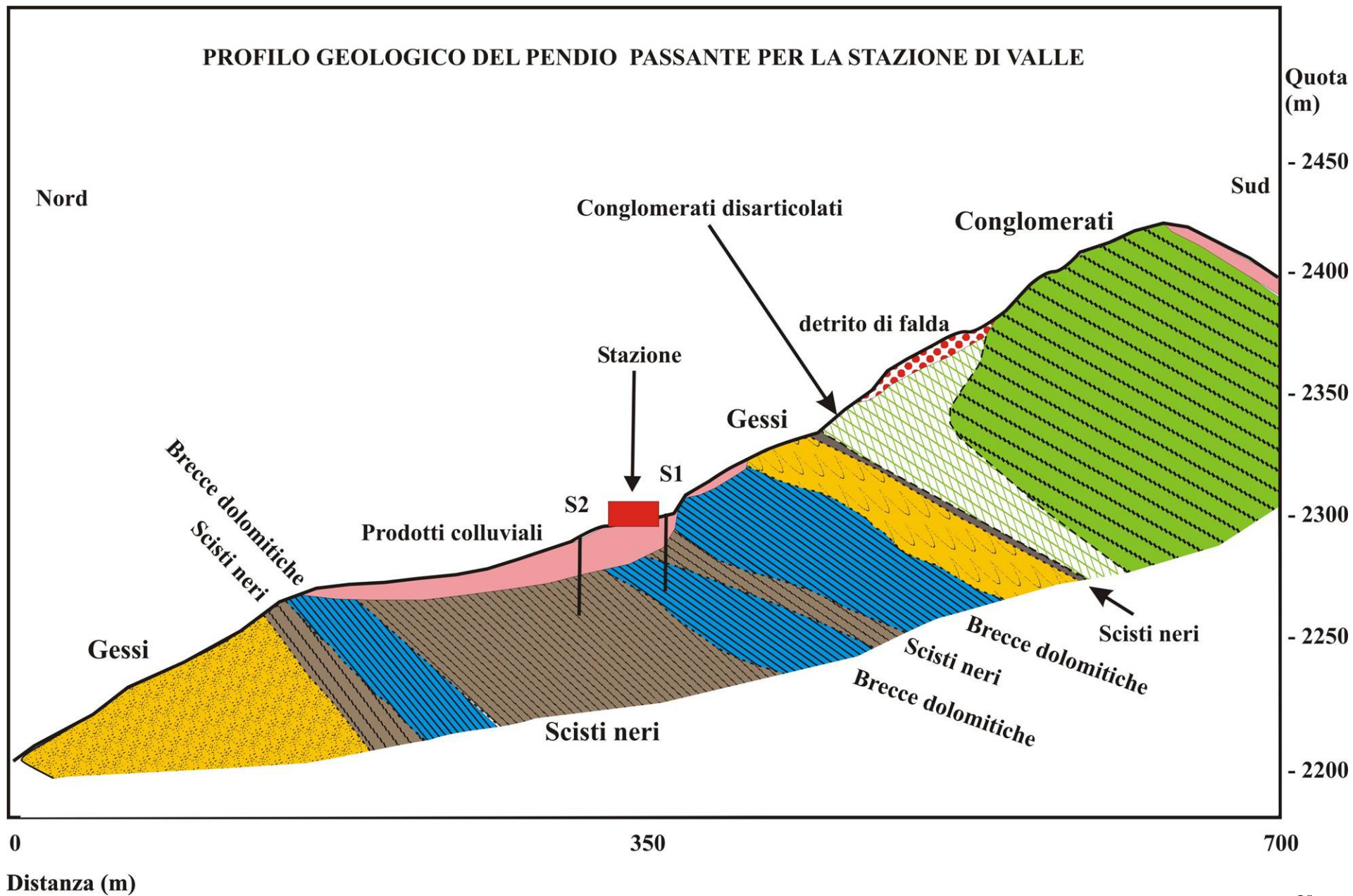


Figura 8: profilo 2

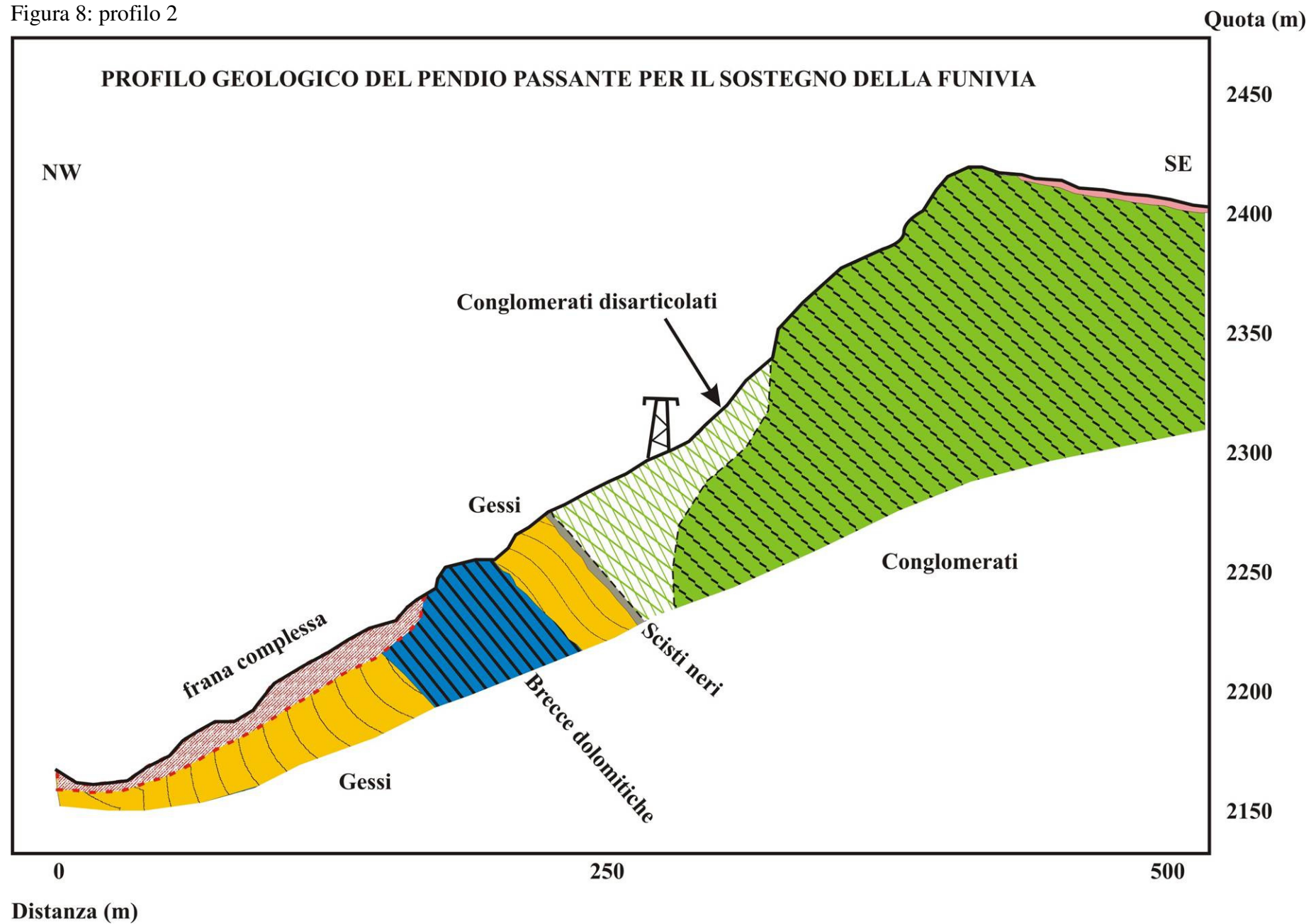
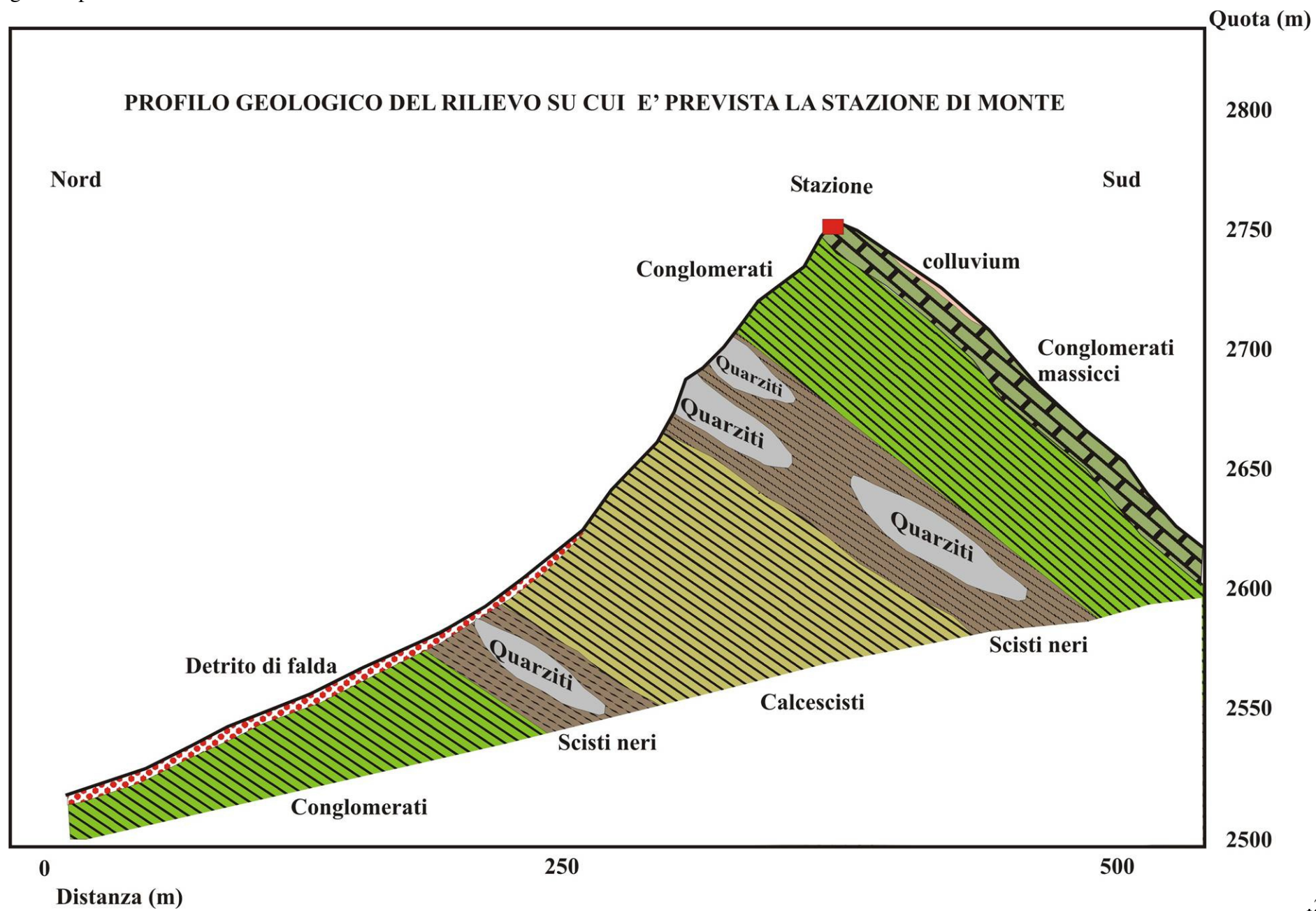


Figura 9: profilo 3





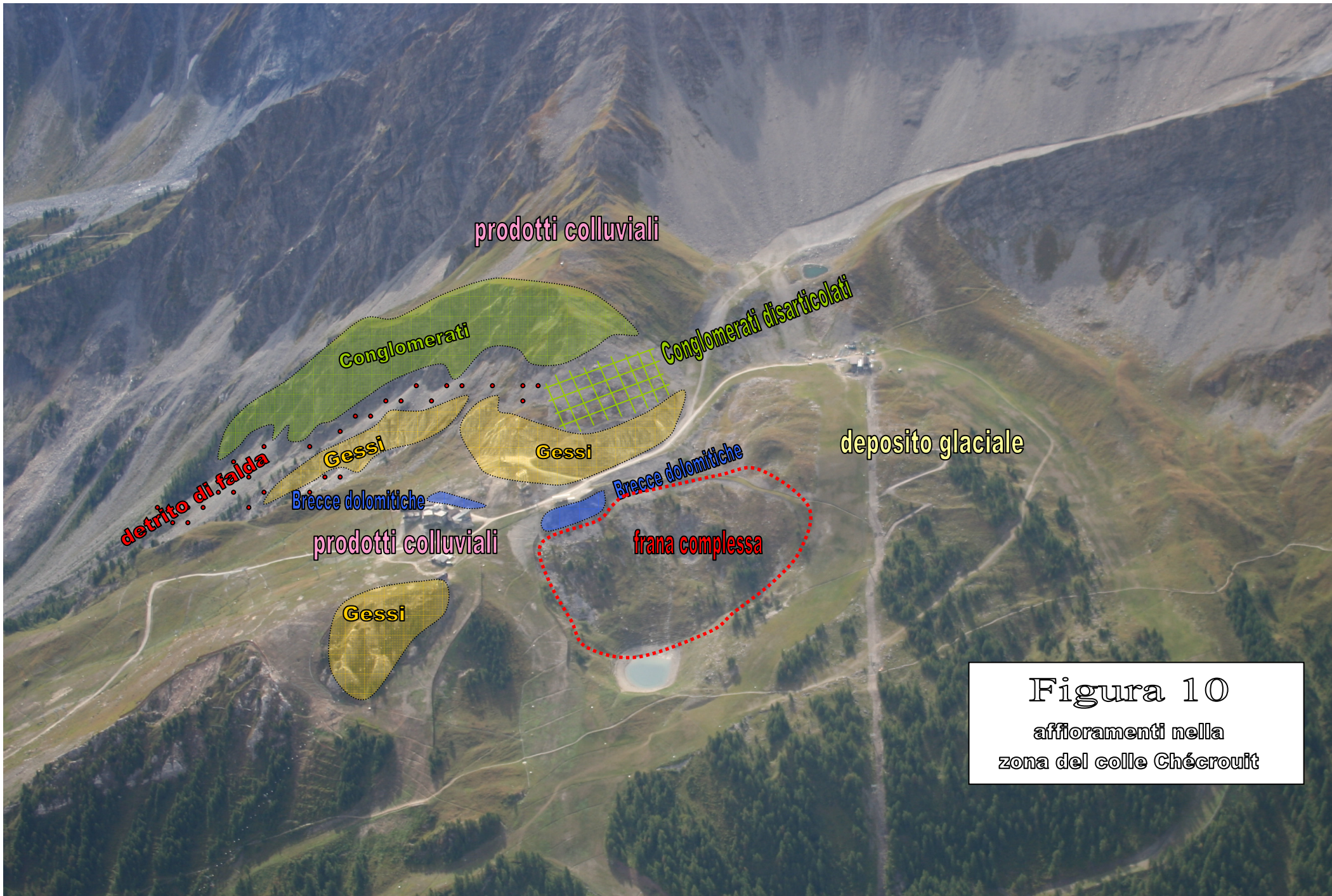
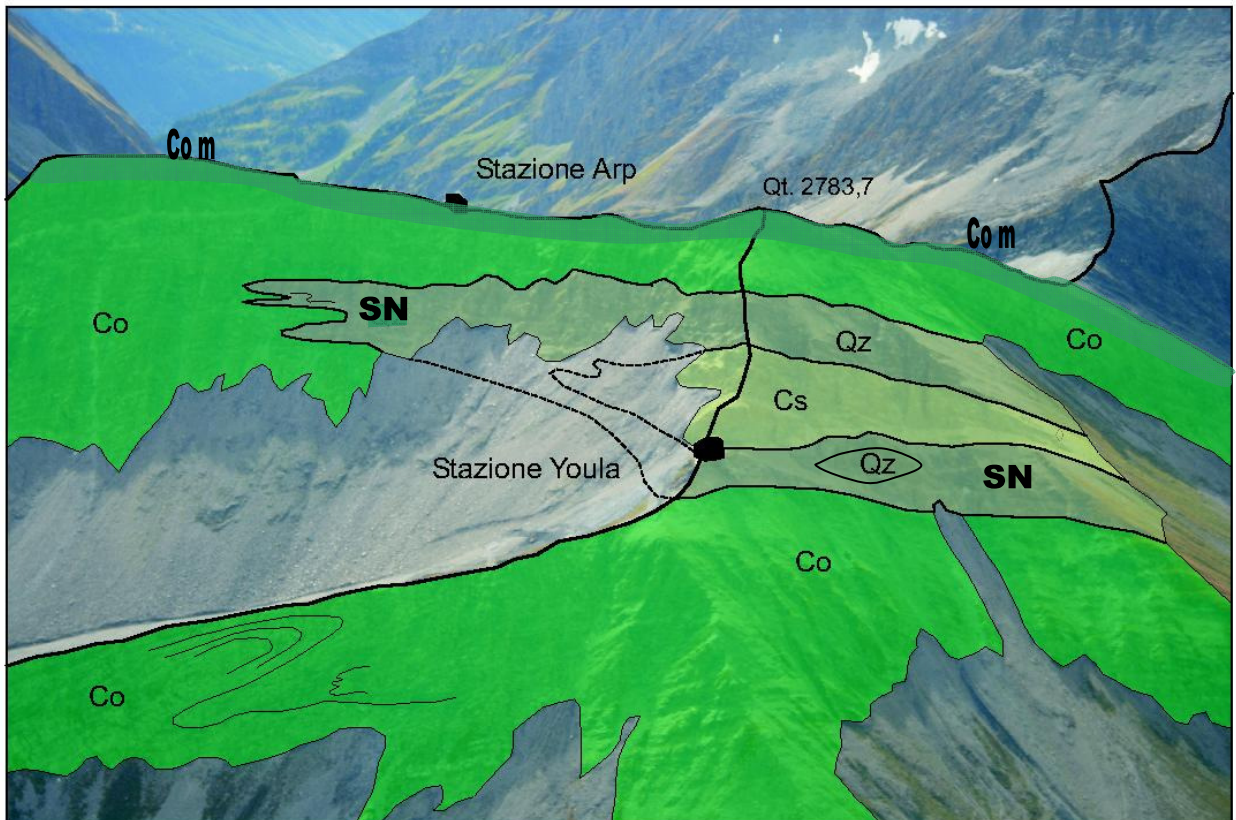
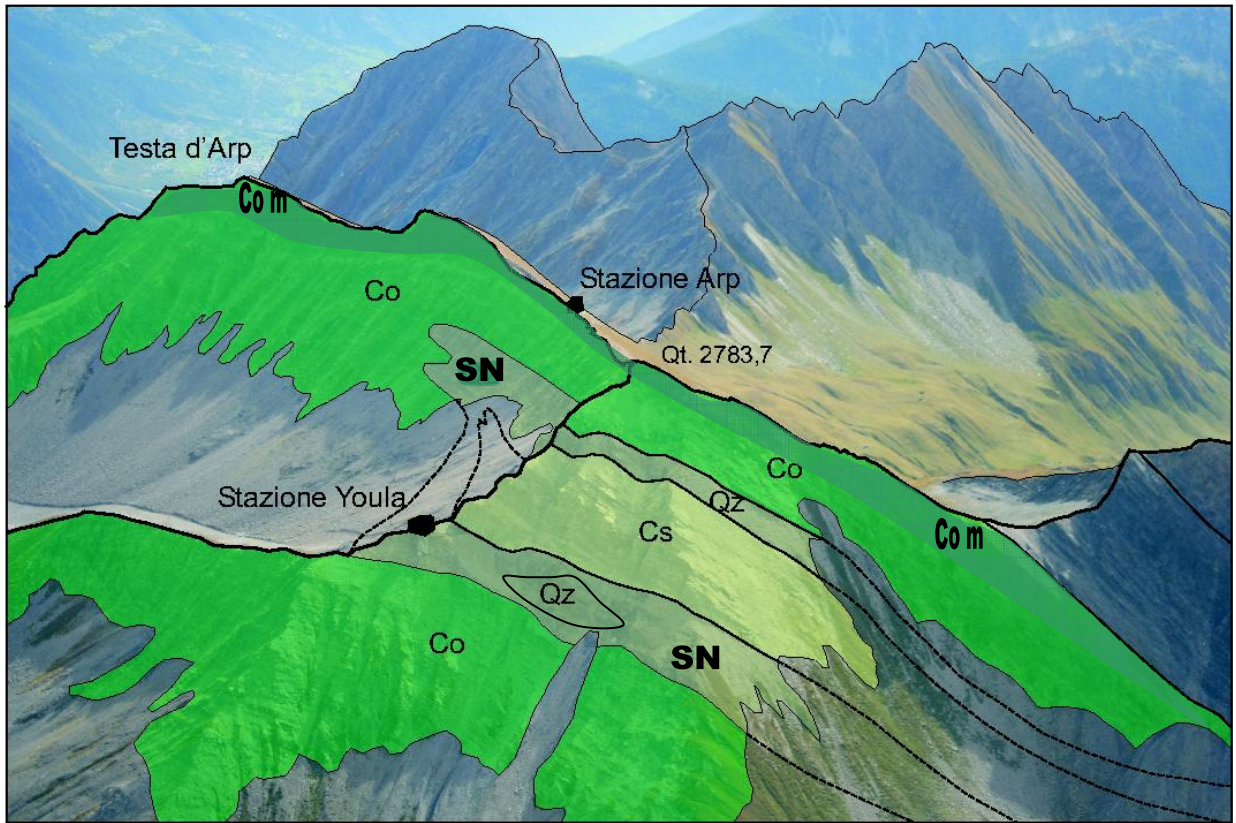


Figura 10  
affioramenti nella  
zona del colle Chécrouit



Figure 11 a e b: affioramenti nella zona della cresta d'Arp (sigle come da legenda figura 6)





### **3.1 Coperture quaternarie**

Sono state distinte le seguenti categorie di depositi:

#### *3.1.1 Depositi glaciali*

Ammantano pendii poco acclivi lungo il fondo del vallone di Youla e della Gabba; in genere risultano colonizzati da copertura erbosa. Su di essi è inoltre impostato il lago della testa d'Arp.

Tali depositi, di potenza variabile (da metrica sui fianchi vallivi a pluri-decimetrica sui fondovalle) hanno caratteri litostratigrafici estremamente eterogenei e sono costituiti da blocchi eterometrici in matrice ghiaiosa con sabbia e abbondante limo. I rapporti quantitativi tra i vari elementi granulometrici sono estremamente variabili.

#### *3.1.2 Detrito di falda*

Il detrito di falda è distribuito lungo i versanti alla base delle pareti rocciose e da queste ultime alimentato. I blocchi sono in genere di forma prismatica tozza con spigoli vivi, la dimensione aumenta verso il piede del deposito, passando da ciottoli di dimensione decimetrica (e subordinati blocchi di dimensione maggiore) a prismi con volume compreso tra  $\frac{1}{2} \text{ m}^3$  a  $\frac{3}{4} \text{ m}^3$ .

Esempi di questi apparati, ampiamente diffusi sull'area rilevata, possono essere osservati lungo la parte inferiore del versante nord della Testa d'Arp. All'interno del deposito è possibile osservare isolati fenomeni di soliflusso caratterizzati da una forma lobata ed in rilievo rispetto al deposito circostante.

#### *3.1.3 Fenomeni gravitativi*

Nell'area indagata è presente una frana complessa localizzata ad ovest della stazione di valle. Questa struttura si è originata per richiamo gravitativo in corrispondenza di rocce evaporitiche (fronte Pennico). Il limite superiore della deformazione è impostato sul cambio di pendenza, posto a quota 2275 m circa, dal quale si sviluppa un pendio ad andamento irregolare che converge verso la evidente depressione, a quota 2161 m, occupata dal lago di Chécrouit. Il pendio deformato è caratterizzato da un settore superiore (da quota 2275 m a quota 2225 m circa) avente un profilo longitudinale depresso e da un settore inferiore (da quota 2225 m circa a quota 2160 m circa) convesso.

Nel versante interessato dal fenomeno gravitativo si osserva la presenza di indizi di riattivazione, localizzati a ovest nord-ovest rispetto alla stazione dell'Aretu. Il dissesto si sviluppa a partire da quota 2275 m, fino a quota 2180 m circa; nella zona superiore si rilevano fratture recenti nella copertura glaciale; la porzione di pendio a valle delle fratture risulta ribassata di 30-40 cm.

### 3.1.4 Prodotti colluviali

Rappresentano il prodotto dell'alterazione dello strato superficiale della roccia e corrispondono ai pendii erbosi mediamente acclivi presenti lungo i fianchi vallivi. Questi terreni sono costituiti da matrice limoso-argillosa inglobante blocchi eterometrici sparsi.

Caratterizzano la sella erbosa pianeggiante del col Chécrouit ed occupano aree circoscritte sul versante meridionale delle testa d'Arp e sulla cresta erbosa posta ad est della stazione di Youla.

## 3.2. Substrato roccioso

Il substrato roccioso è stato cartografato applicando il criterio del "solo affiorante", non sono state considerate come affioranti le rocce ricoperte da depositi quaternari anche se di esiguo spessore.

In relazione all'importanza che rivestono gli affioramenti rocciosi nella zona della cresta d'Arp (stazione di monte impostata su roccia), per tale settore, sono stati approfonditi gli aspetti meccanici e strutturali delle differenti litologie osservate.

### 3.2.1 Litologie

#### 3.2.1.1 Zona del col Chécrouit

- Conglomerati (Cretaceo inferiore). La facies più comune consiste in un conglomerato con una matrice calcarea di colore grigio – blu. Generalmente la stratificazione è ben sviluppata alla base della formazione dove lo spessore degli strati può raggiungere anche i 2 m. I livelli pelitici intercalati sono generalmente ridotti a spessori centimetrici o possono essere addirittura assenti. La taglia dei clasti è compresa tra 1 e 20 cm e la composizione è dominata dalla presenza di calcari e dolomie triassiche. Nei pressi del settore in cui è prevista la realizzazione del sostegno, è stato individuato un deposito a grossi blocchi incompatibile con fenomeni di tipo gravitativo, in relazione all'assenza di una parete rocciosa a monte di dimensioni tali da giustificare un così cospicuo accumulo, costituito da elementi anche plurimetrici e caratterizzato da profondità considerevoli (10 m), come evidenziato nelle indagini indirette illustrate nel paragrafo 5.2 (a cui si rimanda per gli approfondimenti). L'ipotesi più plausibile che inquadri l'origine del deposito è riferibile ad un ammasso completamente disarticolato a causa di una forte tettonizzazione (fronte Pennidico) e di una probabile DGPV geneticamente legata alla presenza di gessi (altamente deformabili) alla base dei conglomerati. Tale area è stata pertanto indicata sulla carta con la dicitura "Conglomerati disarticolati".

- Breccie dolomitiche (Trias medio). Le Breccie, monolitologiche, sono costituite da clasti dolomitici di colore grigio, la matrice è anch'essa composta da dolomia di colore grigio o ocra. Costituiscono il rilievo su cui poggia la stazione di monte della seggiovia Aretu; l'affioramento si estende per una lunghezza di circa 50 m e forma un salto verticale di altezza variabile (da 10 m a 20 m circa). Alla

base della parete è stata osservata una fascia di roccia (di spessore metrico) altamente fratturata all'interno della quale sono presenti blocchi isolati di dimensione decimetrica.

- Scisti neri (Carbonifero), carboniosi, a grana finissima e lucentezza grafitica; risultano caratterizzati da una fitta laminazione che separa la roccia in sottili lamelle. Sono rocce estremamente fratturate e quindi facilmente erodibili; affiorano lungo il breve pendio a nord-ovest dell'attuale stazione di monte della seggiovia Bertolini. Verso la quota 2225 m, sebbene mascherato da un sottile strato di detrito, passa il contatto tettonico con i Gessi. La sella erbosa posta a valle (nord) della stazione funiviaria, caratterizzata da una evidente morfologia depressa, lascia presumere che sia impostata su litologie meccanicamente meno resistenti (in accordo con quanto evidenziato, il sondaggio n° 2 evidenzia la presenza di scisti neri a partire da quota - 15 m dal P.C.). Tale assetto strutturale è verosimilmente riconducibile alla presenza del fronte Pennico.

- Gessi - (Trias sup.), di colore biancastro e microcristallini; i formano un poderoso rilievo che caratterizza la zona, nominato "*Rocher Blanc*"; esso risulta caratterizzato da pareti rocciose sub verticali isolate. La morfologia degli affioramenti è tipica delle rocce evaporitiche fortemente sensibili al fenomeno della dissoluzione chimica da parte delle acque meteoriche.

#### 3.2.1.2 Zona della cresta d'Arp

Le litologie affioranti sono costituite esclusivamente dalle formazioni appartenenti al complesso flyscioide trasgressivo.

- Conglomerati (Cretaceo inferiore). La facies più comune consiste in un conglomerato con una matrice calcarea di colore grigio – blu. Generalmente la stratificazione è ben sviluppata alla base della formazione (**Co<sub>m</sub>**) dove lo spessore degli strati può raggiungere anche i 10 m. I livelli pelitici intercalati sono generalmente ridotti a spessori centimetrici e raramente raggiungono 1 m di spessore. Talvolta gli strati pelitici possono essere addirittura assenti. Verso l'alto si assiste ad una progressiva diminuzione degli spessori dei livelli calcarei e ad aumento dello spessore dei livelli pelitici (**Co**). La taglia dei clasti è compresa tra 1 e 20 cm e la composizione è dominata dalla presenza di calcari e dolomie triassiche.

- Quarziti (Cretaceo medio). Questa formazione comprende scisti neri filladici di colore nero (**SN**) e livelli decimetrico/metrici di quarziti verdi (**Qz**), talvolta contenenti orizzonti conglomeratici. Localmente le quarziti possono affiorare in banchi di spessore maggiore (pari a qualche metro circa).

- Calcescisti (Cretaceo superiore). Questa formazione dall'aspetto estremamente monotono è costituita da un'alternanza di livelli calc-arenacei e scisti neri (**Cs**). Localmente questo carattere ritmico non è particolarmente pronunciato sviluppando l'apparenza di calcescisti (zona della

stazione di Youla) composti da alternanze decimetriche di marmi a patina marrone e livelli centimetrici di calcari scistosi più scuri.

Le litologie descritte sono ben distinguibili anche a distanza grazie alla differenza cromatica che le contraddistingue:

- i conglomerati hanno una colorazione beige chiara
- le quarziti sono grigio scuro-verdastre
- gli scisti neri sono molto scuri (da neri a grigi)
- i calcescisti hanno un'evidente colorazione marrone chiaro.

La cresta che congiunge la Testa d'Arp con la cima di quota 2783,7 m s.l.m. è costituita interamente dai conglomerati calcarei che si sviluppano per un'altezza variabile da 70 m a 200 m crescente da W verso E. Questo inspessimento dello spessore dei conglomerati è legato alla presenza di pieghe isoclinali che raddoppiano la serie.

L'andamento clivometrico del versante è definito da una fascia rocciosa molto acclive (da verticale a strapiombante) che orla la cresta sommitale e la cresta che scende in direzione N verso la stazione funiviaria di Youla. Ciò è dovuto alla presenza di strati calcarei di spessore plurimetrico che si possono osservare con continuità lungo tutta la cresta sino al Col de Youla (Co<sub>m</sub>). La rimanente fascia rocciosa, costituita da strati di spessore metrico, risulta invece impostata su angoli meno elevati e, in media, variabili da 45° a 55°, con tratti verticali in corrispondenza di speroni e risalti caratterizzati da strati più competenti (Co).

La parete appare solcata lungo la linea di massima pendenza, da incisioni o canalini poco accentuati separati da creste poco pronunciate. Lungo queste incisioni si sviluppano sia il drenaggio delle acque superficiali sia le direttrici principali di crollo.

Anche l'aspetto delle litologie risulta ben evidente a distanza in quanto è possibile apprezzare un differente livello di fratturazione. Nel settore di versante che sottende la stazione di Arp i conglomerati affiorano dalla cresta sommitale fino a quota 2700 m circa; formano pareti verticali continue di altezza variabile da 10 m a 30 m circa. Queste sono generalmente caratterizzate da strati massicci (di potenza metrica) alternati ai livelli più scistosi (potenza decimetrica). Alla base delle fasce verticali, ed in corrispondenza del contatto con gli scisti neri appartenenti alla formazione delle quarziti, si snodano cenge detritiche, più o meno continue, che raccolgono una parte dei blocchi di crollo;

Le quarziti formano il nucleo di una piega che verso E passa ai conglomerati e costituiscono la parte bassa della parete rocciosa (da 2700 m a 2650 m circa) che sottende la stazione di Arp. La prosecuzione verso W di questi livelli costituisce anche la sella dove si situa la stazione di Youla.

Gli strati costituiti da quarziti sono compatti, possono formare affioramenti isolati di potenza metrica all'interno degli scisti neri e si caratterizzano per la formazione di speroni in evidente rilievo rispetto alle rocce circostanti. Le discontinuità che solcano le quarziti hanno un andamento ben definito e lineare;

I calcescisti affiorano nei pressi della stazione funiviaria di Youla ove formano isolate pareti sub verticali caratterizzate da un aspetto banale e da una spiccata fratturazione.

### 3.2.2. Strutture

L'andamento della scistosità principale e dei contatti litologici presenta valori costanti in tutta l'area di studio con una direzione media di immersione verso S/SW ed un'immersione media di 35°.

Conseguentemente il settore di versante lungo il quale si sviluppa la nuova funivia, è caratterizzato da un assetto del substrato a reggipoggio

#### 3.2.2.1 Zona del colle Chécrouit

Gli affioramenti rocciosi più significativi sono localizzati sul pendio a monte della zona di interesse e sono caratterizzati da pareti di dimensioni decametriche di Conglomerati. Nelle zone adiacenti ai settori di intervento affiorano pareti di dimensioni più ridotte costituite da Breccie dolomitiche, Scisti neri e Gessi. Gli interventi in esame non interferiscono con queste formazioni.

Il loro assetto strutturale è sintetizzato nella sottostante tabella.

***SCHEMA RIASSUNTIVO DELL' ASSETTO STRUTTURALE  
DELLE PARETI AFFIORANTI LUNGO IL VERSANTE***

<i>litologia</i>	<i>azimut/incl (°)</i>	<i>persistenza (m) media/max</i>	<i>spaziatura (m) media</i>	<i>apertura (mm) min/max</i>	<i>Note</i>
<b>Conglomerati</b>	130/35	10/25	1	0/5	strutture regolari
<b>Breccie dolomitiche</b>	140/60	8-10	0.2	0/5	rocce intensamente fratturate
<b>Scisti neri</b>	140/50	non determinabile	0.01	0/2	roccia sfaldata in sottili lamelle
<b>Gessi</b>	160/60	5/15	0.4	0/2	deformazioni plastiche diffuse

#### 3.2.2.2 Zona della cresta d'Arp

Percorrendo il settore di versante compreso tra la cima 2783,7 e la stazione di Youla si osserva una successione di litologie composta da, dall'alto verso il basso: conglomerati, quarziti, calcescisti, quarziti, conglomerati che evidenzia la presenza di una piega isoclinale di dimensioni plutidecamtriche. Verso la Testa d'Arp il versante che sottende la stazione d'Arp espone interamente questa piega costituita da un nucleo di quarziti avvolto dai conglomerati che più a E costituiscono interamente l'intero versante. In prossimità della stazione di Youla si osserva la presenza dei calcescisti a loro volta avvolti dalle quarziti affioranti al tetto ed al letto. La



prosecuzione dei calcescisti verso la stazione d'Arp risulta mascherata dalle coperture detritiche di falda e comunque questi si chiuderanno poco a E degli ultimi affioramenti osservati.

Più in generale si osserva la presenza di pieghe isoclinali minori interpretabili come parassite della piega principale precedentemente descritta (a E della stazione Youla). Tali strutture, sebbene molto frequenti a tutte le scale, da centimetrica a metrica non alterano l'assetto complessivo della scistosità principale dell'ammasso roccioso in quanto il loro carattere isoclinale determina settori di cerniera molto limitati.

Rilievi geostrutturali e geomeccanici sono stati effettuati sulle pareti e le caratteristiche quali-quantitative sono state raccolte secondo gli standards suggeriti dall'I.S.R.M (1978). I dati di giacitura sono stati rappresentati su reticolo di Lambert-Schmidt (proiezione equatoriale), insieme con l'orientazione media del fronte (figura 12).

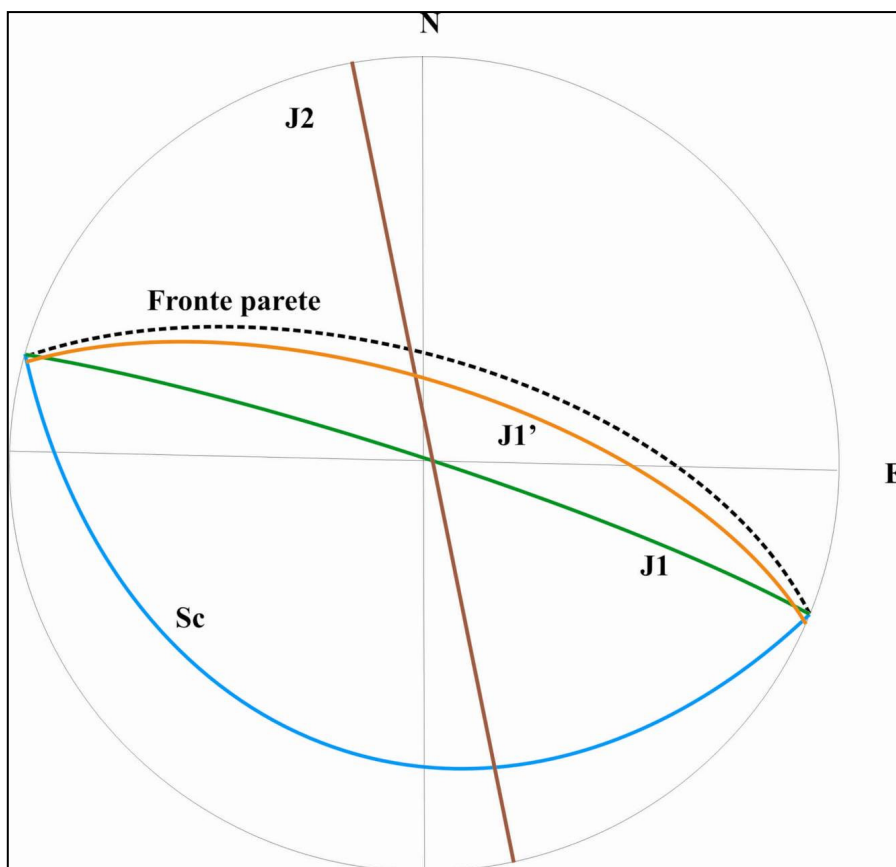


Figura 12: Stereogramma di Lambert-Schmidt; emisfero inferiore

Le osservazioni sui sistemi di frattura sono meglio evidenti in corrispondenza degli strati calcarei di maggiore spessore presenti all'interno dei conglomerati massicci ( $Co_m$ ) ove sono state effettuate alcune stazioni di rilevamento che sono stati presi ad esempio per descrivere l'assetto geomeccanico dell'intero ammasso roccioso. In queste situazioni si è osservata una certa costanza delle discontinuità. Nelle aree di affioramento costituite da strati di spessore decimetrico – metrico quali i

conglomerati (Co) ed i calcescisti (Cs) il grado di fratturazione si presenta più elevato, grazie ad una minore spaziatura dei piani di frattura legati alla scistosità principale. Infine, nei livelli francamente scistosi (Qz<sub>s</sub>) i piani di frattura si impostano prevalentemente lungo la scistosità principale conferendo a queste porzioni di ammasso roccioso delle caratteristiche geomeccaniche scadenti.

Nella tabella sottostante vengono riportate le famiglie così individuate.

<i>fam.</i>	<i>azimut</i>	<i>incl.</i>	<i>persistenza</i> ( <i>m</i> ) <i>media/max</i>	<i>spaziatura</i> ( <i>m</i> ) <i>media/max</i>	<i>apertura</i> ( <i>mm</i> ) <i>min/max</i>	<i>ond.</i>	<i>JRC</i>
<b>Sc</b>	180-210	25-35	15/50	0,10/3,0	0/30	P	4-6
<b>J1</b>	010-030	80-85	2-5	0,75/1,00	0/20	P	4-6
<b>J1'</b>	010-030	40-60	1-3	0,20/0,50	0/20	P	4-6
<b>J2</b>	070-080 250-260	89	2-6	0,50/3,00	0/30	LO	4-6

Ondulazione: P = planare, L0= leggermente ondulata

Dai dati riportati in tabella si evidenzia il rapporto tra J1 e J1' e lo spessore degli strati. Si è potuto osservare come in corrispondenza dei livelli di conglomerati massicci il sistema di fratture J1 si esprime attraverso angoli di inclinazione elevati, mentre nella maggioranza dell'ammasso roccioso gli angoli di inclinazione riconducibili a J1' risultano essere meno acclivi.

Dall'esame dello stereogramma si evidenzia una giacitura della scistosità a "reggipoggio" con inclinazione dei giunti mediamente acclive. Questa situazione ha portato alla formazione di fasce rocciose verticali e/o strapiombanti, la dove la litologia mostra maggiori spessori dei singoli strati alternate a cenge detritiche in corrispondenza della roccia maggiormente fratturata.

Lo stereogramma, sebbene in via qualitativa, consente anche di verificare la possibilità di distacchi. La presenza in parete di blocchi parzialmente distaccati e le possibilità di caduta derivano soprattutto dall'intersezione fra i vari sistemi di giunti. Tale considerazione è valida per i livelli di roccia massiccia (quarziti e strati di conglomerati particolarmente potenti) mentre, per quanto riguarda i litotipi più fratturati (scisti neri e calcescisti), la loro bassa resistenza meccanica attribuisce la possibilità di distacchi anche al di fuori delle discontinuità, principalmente lungo la scistosità principale.

I cinematismi principali sono rappresentati essenzialmente da ribaltamenti e crolli impostati su **Sc** (piani a reggipoggio) e **J1** (normale a Sc) che origina la superficie del ribaltamento/crollo. Nei casi in cui si osservano le discontinuità J' si verificano scivolamenti. In questo contesto **J2** interviene sbloccando lateralmente l'ammasso, al quale conferisce una maggior libertà cinematica. Nel

dettaglio, i meccanismi di distacco e i volumi del blocco unitario variano in funzione della litologia e, in particolare:

<i>litologia</i>	<i>cinematismo prevalente</i>	<i>Volume massimo del blocco unitario</i>	<i>forma dei blocchi</i>
conglomerati	ribaltamento	0.5 m <sup>3</sup>	tabulare
scisti neri	scivolamento	0.001 m <sup>3</sup>	lastre sottili
quarziti	crollo	0.7 m <sup>3</sup>	prismi
calcescisti	crollo	0.01 m <sup>3</sup>	tabulare

I dati rilevati e le relative elaborazioni si possono utilizzare per classificare l'ammasso roccioso in oggetto secondo una delle classificazioni tecniche in uso in geologia applicata. Una classificazione adatta ai problemi di stabilità dei versanti è il sistema **SMR** (Slope Mass Rating - Romana, 1985), che costituisce una modifica del sistema RMR (Rock Mass Rating - Bieniawski, 1979) appositamente elaborata per i problemi di stabilità dei versanti (*allegato I*).

Per questa classificazione vengono presi in considerazione 5 parametri, e precisamente:

- Resistenza a compressione monoassiale
- Recupero percentuale modificato (RQD)
- Spaziatura delle discontinuità
- Condizioni delle discontinuità
- Presenza di acqua

A ciascuno di questi parametri, a seconda del valore da esso assunto nell'ammasso roccioso in esame, viene assegnato un punteggio. Come valori vengono scelti quelli relativi al sistema di discontinuità che presenta condizioni peggiori. La somma dei punteggi viene poi corretta in funzione di un ulteriore parametro, cioè l'orientazione relativa delle discontinuità rispetto al versante (considerando la condizione più sfavorevole, sia per lo scivolamento che per il ribaltamento).

Con il valore finale così ottenuto si rientra in una delle cinque classi previste dal sistema.

**Classificazione geomeccanica degli ammassi rocciosi SMR (Slope Mass Rating):**

**Litologia : CONGLOMERATI MASSICCI**

Parametro	Valore	Punteggio
Resistenza della roccia (UCS)*	50-100 MPa (stimato)	7
RQD**	50-75 %	13
Spaziatura discontinuità	50 cm	15
Condizioni discontinuità	Lisce, apertura 1-5 mm	10
Venute d'acqua	Presenza umidità	10
	<b>Totale</b>	<b>42</b>
Correzione in funzione dell'orientazione dei giunti		-25
Correzione per il metodo di scavo	pendio naturale	+15
	<b>Totale</b>	<b>45</b>
Classe ammasso roccioso		<b>III - discrete</b>

**Litologia : alternanze CONGLOMERATI/PELITI**

Parametro	Valore	Punteggio
Resistenza della roccia (UCS)*	5-25 MPa (stimato)	2
RQD**	<25 %	3
Spaziatura discontinuità	50 cm	10
Condizioni discontinuità	Lisce, apertura 1-5 mm	10
Venute d'acqua	Presenza umidità	10
	<b>Totale</b>	<b>35</b>
Correzione in funzione dell'orientazione dei giunti		-25
Correzione per il metodo di scavo	pendio naturale	+15
	<b>Totale</b>	<b>25</b>
Classe ammasso roccioso		<b>IV - Scadente</b>

**Litologia : SCISTI NERI**

Parametro	Valore	Punteggio
Resistenza della roccia (UCS)*	0.25-1 MPa (stimato)	0
RQD**	<25 %	3
Spaziatura discontinuità	2 cm	5
Condizioni discontinuità	Lisce, apertura 1-5 mm	10
Venute d'acqua	Presenza umidità	10
	<b>Totale</b>	<b>28</b>
Correzione in funzione dell'orientazione dei giunti		-25
Correzione per il metodo di scavo	pendio naturale	+15
	<b>Totale</b>	<b>8</b>
Classe ammasso roccioso		<b>V - Molto Scadente</b>

**Litologia : QUARZITI**

Parametro	Valore	Punteggio
Resistenza della roccia (UCS)*	100-250 MPa (stimato)	12
RQD**	50-75 %	13
Spaziatura discontinuità	70 cm	15
Condizioni discontinuità	Lisce, apertura 1-5 mm	10
Venute d'acqua	Presenza umidità	10
	<b>Totale</b>	<b>60</b>
Correzione in funzione dell'orientazione dei giunti		-25
Correzione per il metodo di scavo	pendio naturale	+15
	<b>Totale</b>	<b>50</b>
Classe ammasso roccioso		<b>III - discrete</b>

**Litologia : CALCESCISTI**

Parametro	Valore	Punteggio
Resistenza della roccia (UCS)*	1-5 MPa (stimato)	1
RQD**	< 25%	3
Spaziatura discontinuità	15 cm	8
Condizioni discontinuità	Lisce, apertura 1-5 mm	10
Venute d'acqua	Presenza umidità	10
	<b>Totale</b>	<b>32</b>
Correzione in funzione dell'orientazione dei giunti		-25
Correzione per il metodo di scavo	pendio naturale	+15
	<b>Totale</b>	<b>22</b>
Classe ammasso roccioso		<b>IV - scadente</b>

Note:

\*Per una valutazione indicativa della resistenza a compressione uniassiale della roccia si può fare riferimento alla *classe litotecnica* determinabile dal "Manual Index Test" proposto dall'ISRM - *allegato 2*. I valori così ricavati sono:

<i>litologia</i>	<i>U.C.S. (MPa)</i>
conglomerati massicci	50-100
alternanze conglomerati/peliti	25-50
scisti neri	1.0-5.0
quarziti	100-250
calcescisti	25-50

\*\* **Rock Quality Designation (RQD)** - *allegato 3*

<b>Litologia</b>	<b>RQD</b>
conglomerati massicci	50-75%
alternanze conglomerati/peliti	<25%
scisti neri	<25%
quarziti	50-75%
calcescisti	<25%

Nel 1987 lo studio Inart commissionava, all'ing. Caquineau di Grenoble, delle indagini geognostiche nella zona della cresta d'Arp allo scopo di determinare le caratteristiche meccaniche del sottosuolo in relazione ad un progetto di realizzazione di una pista di sci e di un tunnel di collegamento tra il versante sud e quello nord della montagna (ove si sviluppa la pista di sci "Youla").

Analizzando i dati di questa campagna geognostica (figura 13) è possibile ricavare qualche ulteriore informazione circa le caratteristiche meccaniche della roccia in esame. Le indagini sono consistite nella realizzazione di 3 sondaggi elettrici e di 2 stese sismiche allo scopo di determinare la consistenza del substrato roccioso in profondità.

I risultati ottenuti evidenziano uno strato superficiale, potente da 2 m a 3 m, costituito da depositi quaternari a cui segue il substrato roccioso.

Per quanto riguarda il substrato roccioso, il dato interessante è la velocità delle onde sismiche, variabile da 1260 m/s a 1600 m/s; valori che risultano di poco inferiori ai valori della letteratura riferiti a litologie simili (calcari).

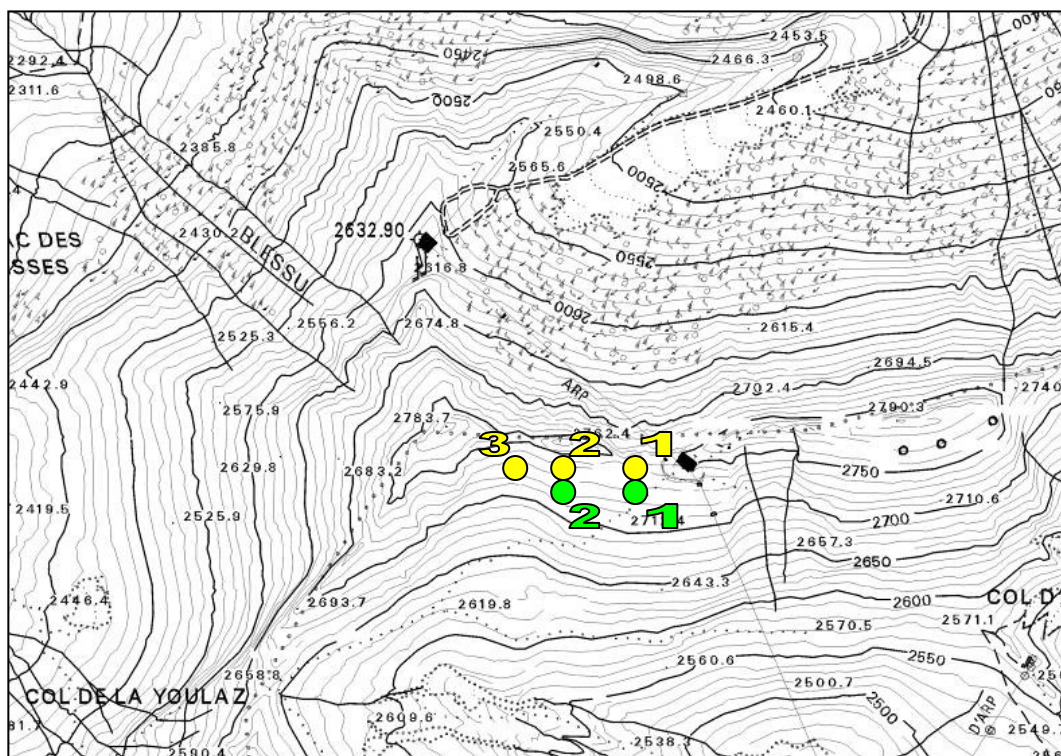


Figura 13: localizzazione indicativa delle stese elettriche (SE ●) e sismiche (SS ●) eseguite per conto dell'Ing. Caquineau (1987)



#### 4 Caratteristiche idrologiche ed idrogeologiche dell'area

La circolazione idrica del settore avviene principalmente nei materiali sciolti ed è legata alla presenza di livelli impermeabili costituiti da occasionali intercalazioni limose e dal substrato roccioso.

Il regime idrico superficiale è legato alla presenza di un drenaggio impostato su modesti impluvi che solcano il versante lungo la linea di massima pendenza (figura 14).

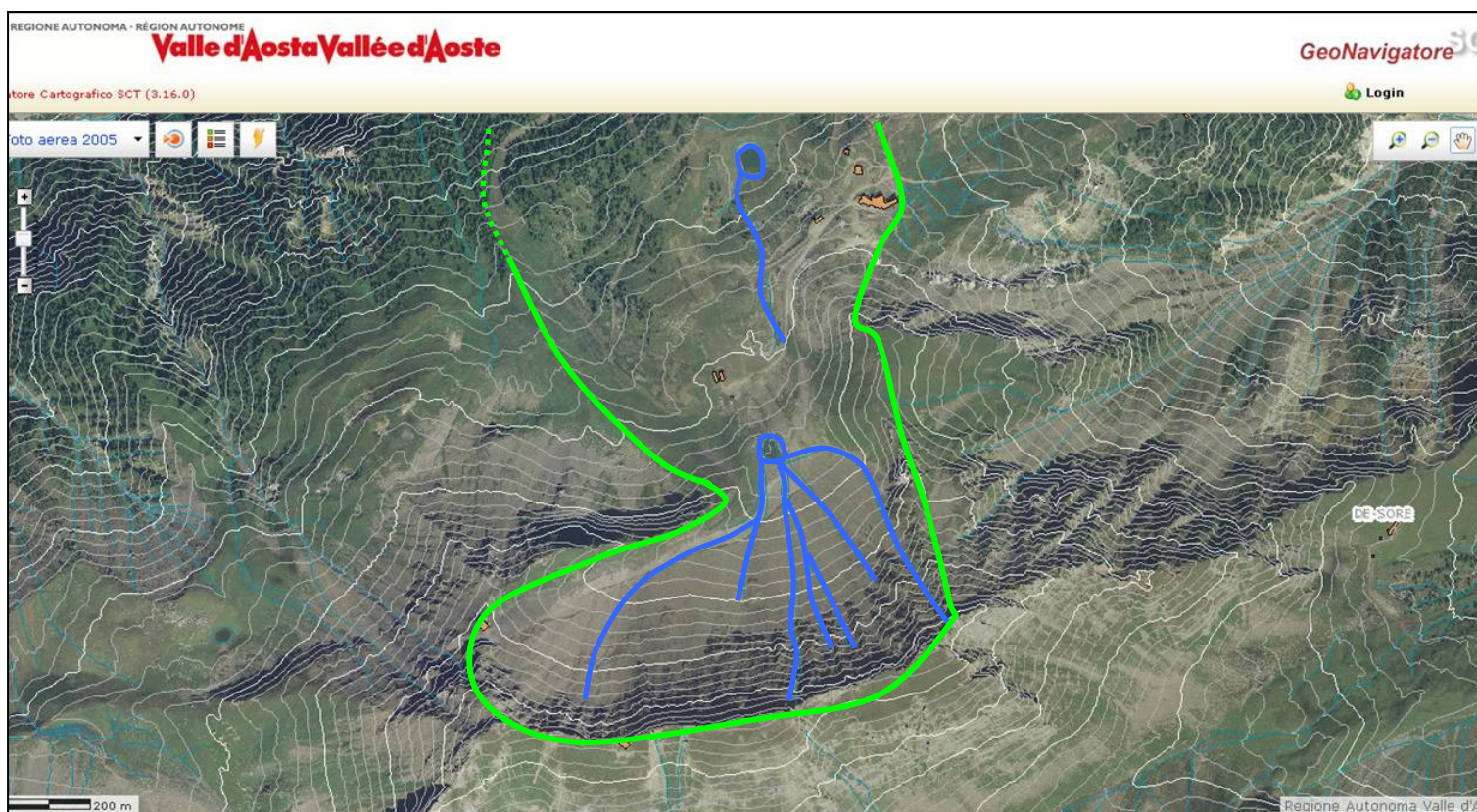


Figura 14: rappresentazione del reticolo idrografico dell'area in esame (linee blu) del relativo bacino (linea verde).

Nell'area indagata gli impluvi confluiscono in piccoli laghi impostati all'interno di depressioni. I laghi non presentano emissari quindi lo smaltimento delle acque avviene per infiltrazione nel terreno.

La circolazione sotterranea, prevalentemente di tipo superficiale o poco profondo, risulta influenzata da apporti provenienti dai versanti e dalle infiltrazioni di acque superficiali.

La situazione idrogeologica dell'area è infatti caratterizzata dalla presenza di 3 principali tipi di acquiferi:

*-acquifero in formazioni glaciali:* esso è costituito da sedimenti sabbioso-ghiaiosi e da ciottoli e blocchi di origine glaciale, per la maggior parte rimaneggiati. Localizzato essenzialmente lungo i



fondovalle pianeggianti, questo acquifero presenta una buona estensione ed una minima potenzialità idrica;

*-acquifero in formazioni fratturate:* questo acquifero è rappresentato in buona parte dagli affioramenti rocciosi. Esso risulta limitato in quanto la roccia presenta un reticolo di fratture e di piani di faglia che determinano un basso grado di permeabilità.

*-acquifero in formazioni rocciose permeabili per solubilizzazione (gessi):* in vicinanza della superficie, il gesso è più propenso alla dissoluzione del calcare, la roccia è così percorsa da condotti ad elevata permeabilità.

Ad alimentare queste circolazioni sono le acque meteoriche e di fusione delle nevi che tendono ad infiltrarsi nelle differenti formazioni con modalità e tempi diversi in funzione delle caratteristiche chimico-fisiche delle stesse.

I sondaggi geognostici effettuati nei pressi della stazione di valle non hanno evidenziato la presenza della falda acquifera tuttavia Giacometti, nella relazione geotecnica, afferma che *"per quanto riguarda la falda freatica, non si dispone di informazioni certe, ma si ritiene che la stessa possa essere presente in profondità, all'interno della formazione carbonatica, almeno stagionalmente in corrispondenza del periodo di disgelo"*.

## 5 Caratteristiche geomorfologiche e geotecniche dei terreni

### 5.1 Stazione di Valle (figura 15)

L'area di interesse, in parte occupata dall'attuale stazione funiviaria, è localizzata presso una sella poco acclive modellata dal ghiacciaio pleistocenico; essa è stata oggetto di approfondite indagini geotecniche che hanno permesso di determinare i relativi parametri del terreno. Questi ultimi vengono illustrati nella relazione geotecnica allegata, redatta dal geologo Giacometti.



Figura 15: la stazione di valle (rettangolo rosso)

Dalla relazione di Giacometti si riporta lo schema riassuntivo della successione litostratigrafica:

"...è caratterizzata da una sequenza di terreni di natura colluviale poggianti sul substrato, costituiti da ghiaia e sabbia più o meno limosa sino alla profondità di 11,80 m (S1) e 15,00 m (S2). Il substrato non è omogeneo nei 2 sondaggi. Infatti in S1 è costituito da scisti neri intensamente fratturati e fogliettati ridotti sotto forma di scaglie e frammenti; scisti che a partire da 16,50 m da p.c. si appoggiano sulle dolomie calcaree anch'esse intensamente fratturate e cariate. Il sondaggio S2 invece presenta solo la facies di scisti neri intensamente alterati, frequentemente argillificati per tutta la profondità indagata."

Alla situazione stratigrafica descritta si correla un assetto litotecnico così costituito da 3 unità:

- sondaggio 1: U1, U2 e U3;
- sondaggio 2: U1 e U2.

I valori dei parametri geotecnici e fisici delle 3 unità sono:

### Unità U 1

#### – Valori medi ( $X_m$ ) parametri geotecnici e fisici

Unità Litotecniche	Peso di volume (y)	Angolo di resistenza al taglio di picco ( $\varphi'$ )	Angolo di resistenza al taglio a volume costante ( $\varphi'_{cv}$ )	Coesione ( $c'$ )	Modulo di deformazione ( $E'$ )
U1	0-7,5 m 18,0 kN/mc 7.5-15 m 19.0 kN/mc	42.67°	33,89°	0 t/mq	37.6 MPa

#### – Valori caratteristici ( $X_k$ ) parametri geotecnici

Unità Litotecniche	Peso di volume (y)	Angolo di resistenza al taglio di picco ( $\varphi'$ )	Angolo di resistenza al taglio a volume costante ( $\varphi'_{cv}$ )	Coesione ( $c'$ )	Modulo di deformazione ( $E'$ )
U1	0-7,5 m 18,0 kN/mc 7.5-15 m 19.0 kN/mc	41.4°	33,4°	0 t/mq	36.6 MPa

### Unità U 2

#### – Valori medi ( $X_m$ ) parametri geotecnici e fisici

Unità Litotecniche	Peso di volume (y)	Angolo di resistenza al taglio di picco ( $\varphi'$ )	Angolo di resistenza al taglio a volume costante ( $\varphi'_{cv}$ )	Coesione ( $c'$ )	Modulo di deformazione ( $E'$ )
U2	21,0 kN/mc	42.67°	33,89°	0 t/mq	37.6 MPa

#### – Valori caratteristici ( $X_k$ ) parametri geotecnici

Unità Litotecniche	Peso di volume (y)	Angolo di resistenza al taglio di picco ( $\varphi'$ )	Angolo di resistenza al taglio a volume costante ( $\varphi'_{cv}$ )	Coesione ( $c'$ )	Modulo di deformazione ( $E'$ )
U2	21,0 kN/mc	41.4°	33,4°	0 t/mq	36.6 MPa

### Unità U 3

#### Valori medi ( $X_m$ ) parametri geotecnici e fisici

Unità Litotecniche	Peso di volume (y)	Resistenza a Compressione uniassiale $C_0$ MPa	R.Q.D. (%)
U3	24,7 kN/mc	35.75	19,86

#### Valori caratteristici ( $X_k$ ) parametri geotecnici

Unità Litotecniche	Peso di volume (y) t/mc	Resistenza a Compressione uniassiale $C_0$ MPa	R.Q.D. (%)
U3	24,7 kN/mc	5,2	3

## 5.2 Sostegno della linea (Figure 16 e 17).

L'ubicazione del sostegno è prevista in prossimità di un piccolo pianoro caratterizzato cosparso di blocchi massicci e voluminosi, con dimensioni prossime anche ad  $1 \text{ m}^3$ .

Il sito si colloca lungo lo spigolo arrotondato che deriva dall'incontro di 2 versanti orientati rispettivamente a nord e a ovest. Nella parte superiore è presente una parete rocciosa di forma triangolare di dimensioni decametriche (altezza 20 m circa, base 30m circa) e da acclività media ( $\beta \approx 50^\circ$ ).



Figura 16: in evidenza la piccola parete a monte dell'ammasso detritico su cui è previsto il sostegno in progetto

L'area su cui è prevista la realizzazione del sostegno è caratterizzata da un accatastamento di grossi blocchi che si estende in profondità fino a circa 10 m (figura 18), come evidenziato dalle indagini indirette illustrate di seguito (che hanno inoltre rilevato la presenza di un grosso "masso sepolto").





Figura 17: particolare del sito; in evidenza i grossi blocchi

La campagna geognostica, causa le avverse condizioni meteo è consistita nell'esecuzione di n. 2 stendimenti geofisici eseguiti da Techgea srl e precisamente (figura 18):

- n. 1 stendimento di sismica a rifrazione con la valutazione delle onde P per valutare la caratterizzazione generale dell'ammasso roccioso.
- n. 1 stendimento geoelettrico per definire le caratteristiche litologiche dell'ammasso.

La sezione geoelettrica B-B' evidenzia la presenza di una coltre detritica di spessore compreso tra 5 e 10 m con presenza di un grosso masso plurimetrico. Il sottostante substrato lapideo presenta elevati valori di resistività elettrica, compatibili con dei litotipi dolomitici. Si osservano, inoltre, due possibili zone di faglia (zone di maggior debolezza e ispessimento della coltre detritica).

La sezione sismica C-C' riconosce il masso sepolto e imballato nella coltre detritica (con minor risoluzione rispetto all'indagine geoelettrica). Il contatto tra detrito e substrato fratturato è meno chiaro rispetto all'indagine geoelettrica, ma coincide circa con l'isotaca 1000 m/s. Come per l'indagine geoelettrica si riconosce la presenza di due zone di debolezza (faglie). Il passaggio dal substrato lapideo fratturato al substrato lapideo massivo si colloca tra l'isotaca 2000 e 2500 m/s.

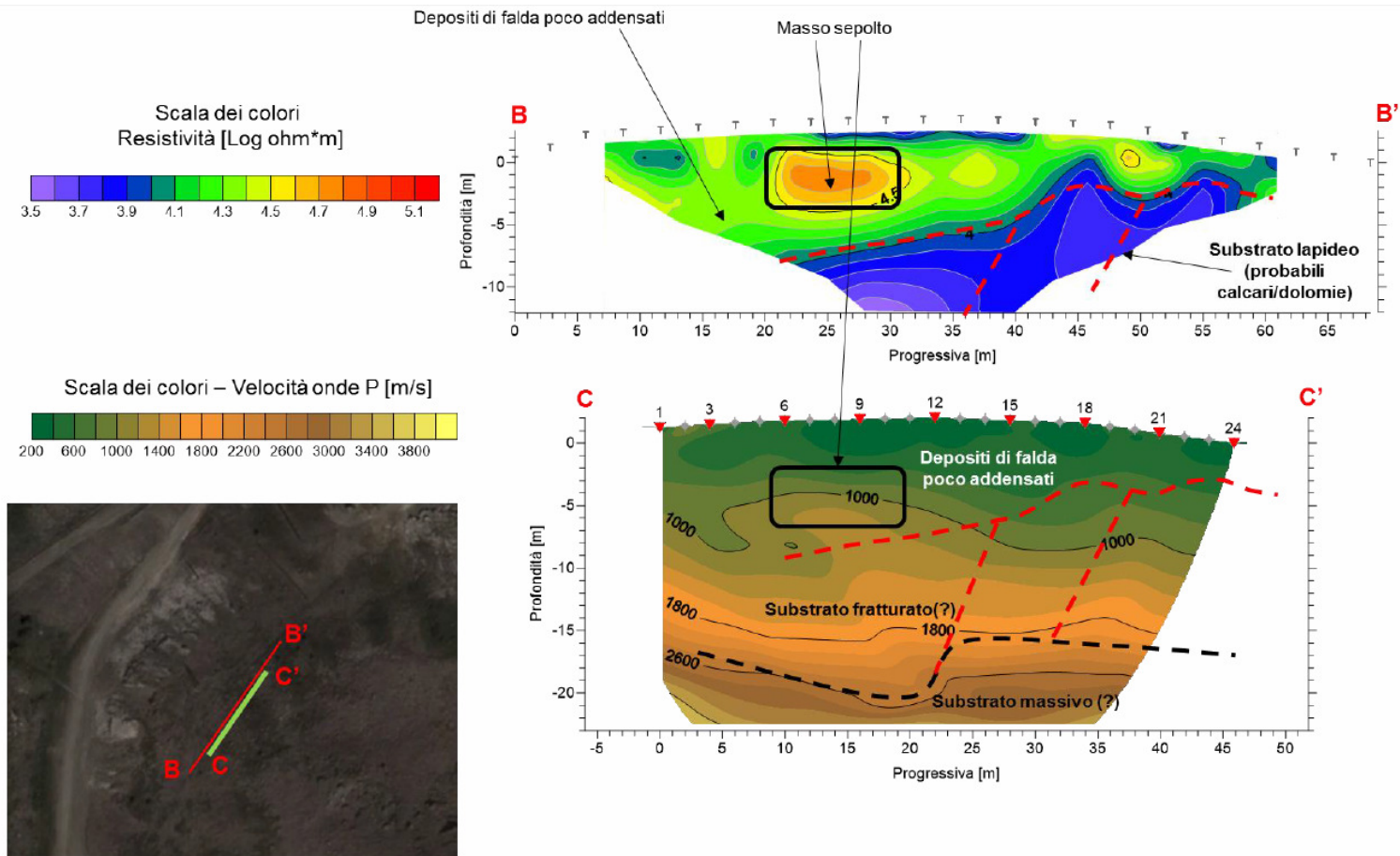


Figura 18: Sezione geoelettrica ERT B-B' e sezione geosismica C-C'

Sulla base di quanto riportato sopra e nel capitolo 3 è possibile dare un'interpretazione dell'assetto geomorfologico dell'area, che tiene conto dei seguenti aspetti:

- si è in prossimità del "Fronte Pennidico" che condiziona in maniera rilevante l'assetto strutturale degli ammassi rocciosi con deformazioni di tipo fragile molto pervasive;
- la parete rocciosa a monte del pendio ha dimensioni modeste e non ha un'acclività particolarmente elevata;
- le dimensioni dell'accumulo posto a valle risultano essere sproporzionate rispetto al possibile volume di materiale che si sarebbe staccato dalla parete;
- il rilevante spessore della coltre a grossi blocchi (10 m), con la presenza di un "grosso masso" plurimetrico a quota - 5 m circa dal p.c.

Tale scenario risulta essere poco compatibile con la formazione e l'accumulo (peraltro di 10 m di spessore) di un detrito di falda generato dalla piccola parete posta a monte. Appare più plausibile l'ipotesi della presenza di un ammasso roccioso in posto, fortemente tettonizzato, che si manifesta in superficie come un accumulo a grossi blocchi accatastati.



La struttura può essere correlata ad una deformazione gravitativa profonda di versante che, in parte, si giustifica con la presenza di gessi posti alla base del pendio e su cui poggiano i conglomerati (figura 8); l'elevata deformabilità delle rocce evaporitiche "richiama" per gravità e destabilizza i conglomerati lungo la fascia più prossima al contatto.

### 5.3 Stazione di monte (figure 19 e 20)

La stazione di monte verrà realizzata sulla cresta spartiacque nei pressi della testa d'Arp. L'area è caratterizzata da roccia affiorante relativamente compatta (Conglomerati massicci) impostata su piani immergenti verso sud a medio angolo, in modo da determinare giaciture a reggipoggio sul versante nord e a franapoggio (parallelo al pendio) sul versante opposto. Tale disposizione determina la presenza di pareti subverticali sul versante settentrionale mentre, su quello meridionale, si sviluppa un pendio acclive ( $35^{\circ}$ -  $40^{\circ}$ ) in parte inerbito.

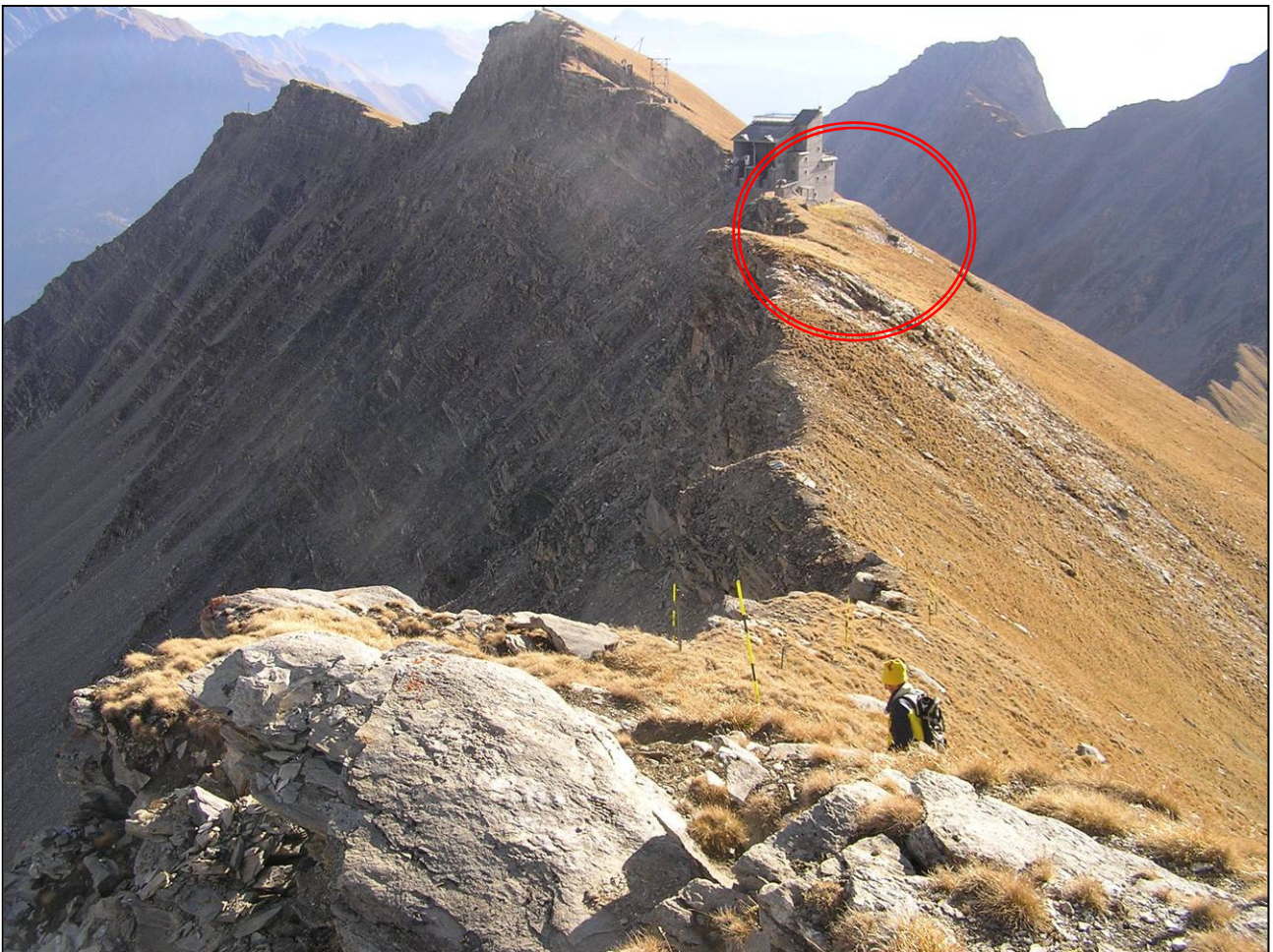


Figura 19: la cresta d'Arp; in evidenza il contrasto tra il versante settentrionale a reggipoggio e quello meridionale a franapoggio (il cerchio rosso indica la posizione della stazione in progetto).



La configurazione geomorfologica descritta prevede un piano di imposta delle fondazioni della stazione funiviaria sui Conglomerati massicci. In relazione alla presenza di roccia affiorante (oltretutto ben esposta sul versante nord) non è stata considerata l'opportunità di eseguire indagini dirette; per la determinazione delle caratteristiche meccaniche ci si è avvalsi di rilievi strutturali in parete oltre che delle prospezioni sismiche ed elettriche eseguite sul versante sud (Caquineau, 1987).

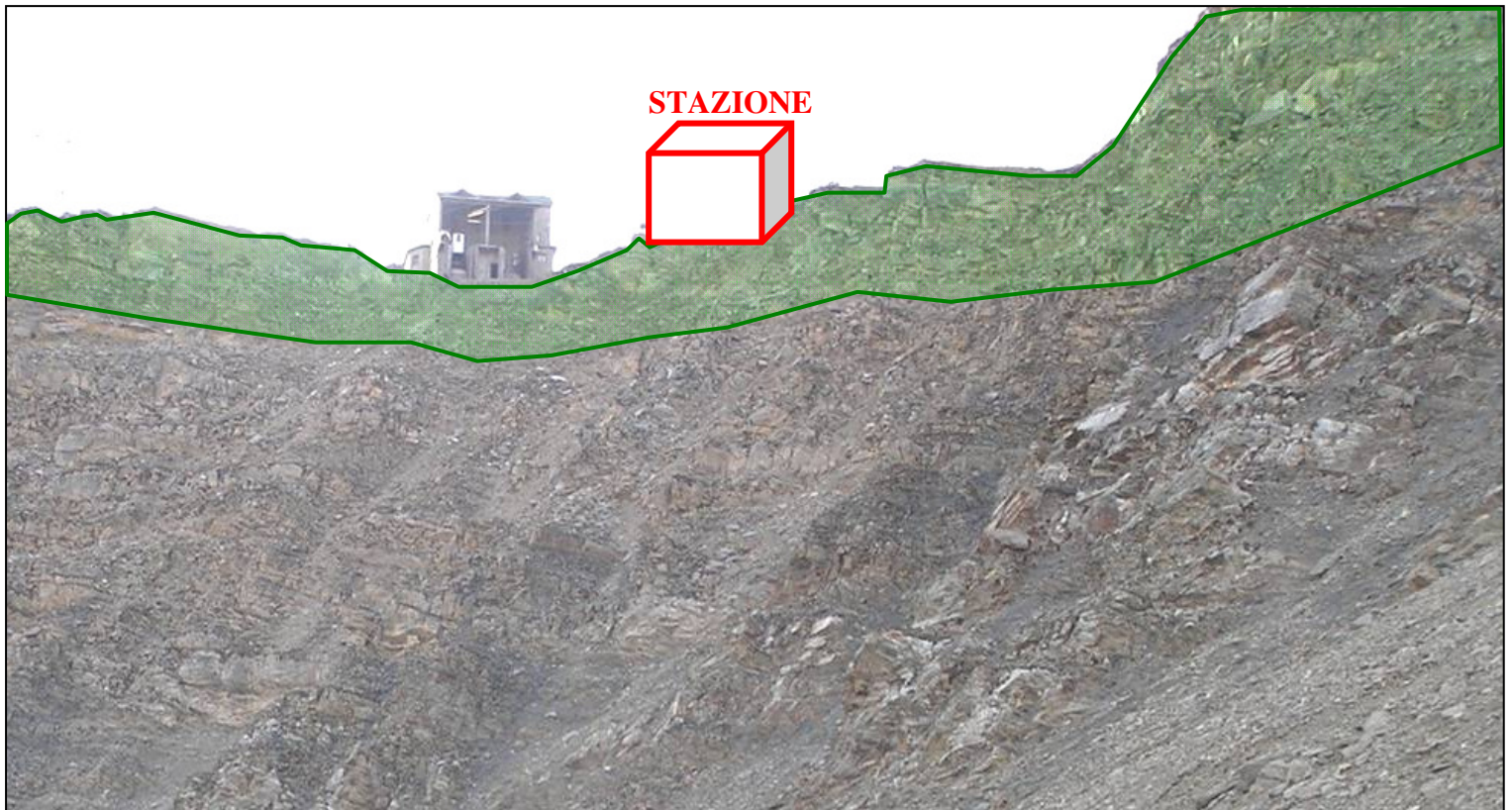


Figura 19: il versante nord con in evidenza il livello dei Conglomerati massicci e l'area in cui è prevista la stazione in progetto

Ciò premesso, è possibile affermare che le caratteristiche meccaniche della litologia in esame, descritte nel paragrafo 3.2.2.2, offrono valori di capacità portante ampiamente verificati per i carichi di progetto.

In tale contesto rimane un margine di incertezza relativo all'effettivo stato di fratturazione dell'ammasso roccioso alla quota del piano fondale previsto. Tale eventualità potrebbe determinare un abbassamento delle caratteristiche meccaniche della roccia e rendere necessaria l'adozione di soluzioni operative adeguate, finalizzate a mitigarne gli effetti (cfr. capitolo 7).



## 6 Caratterizzazione sismica dei terreni

### 6.1 Stazione di Valle

L'area è stata oggetto di approfondite indagini sismiche che hanno permesso di determinare i relativi parametri del terreno. Questi ultimi sono contenuti nella relazione sismica allegata, redatta da TECHGEA.

In sintesi, i risultati delle prove MASW1 e MASW2) sono riportati in figura 20 e nelle tabelle sottostanti.

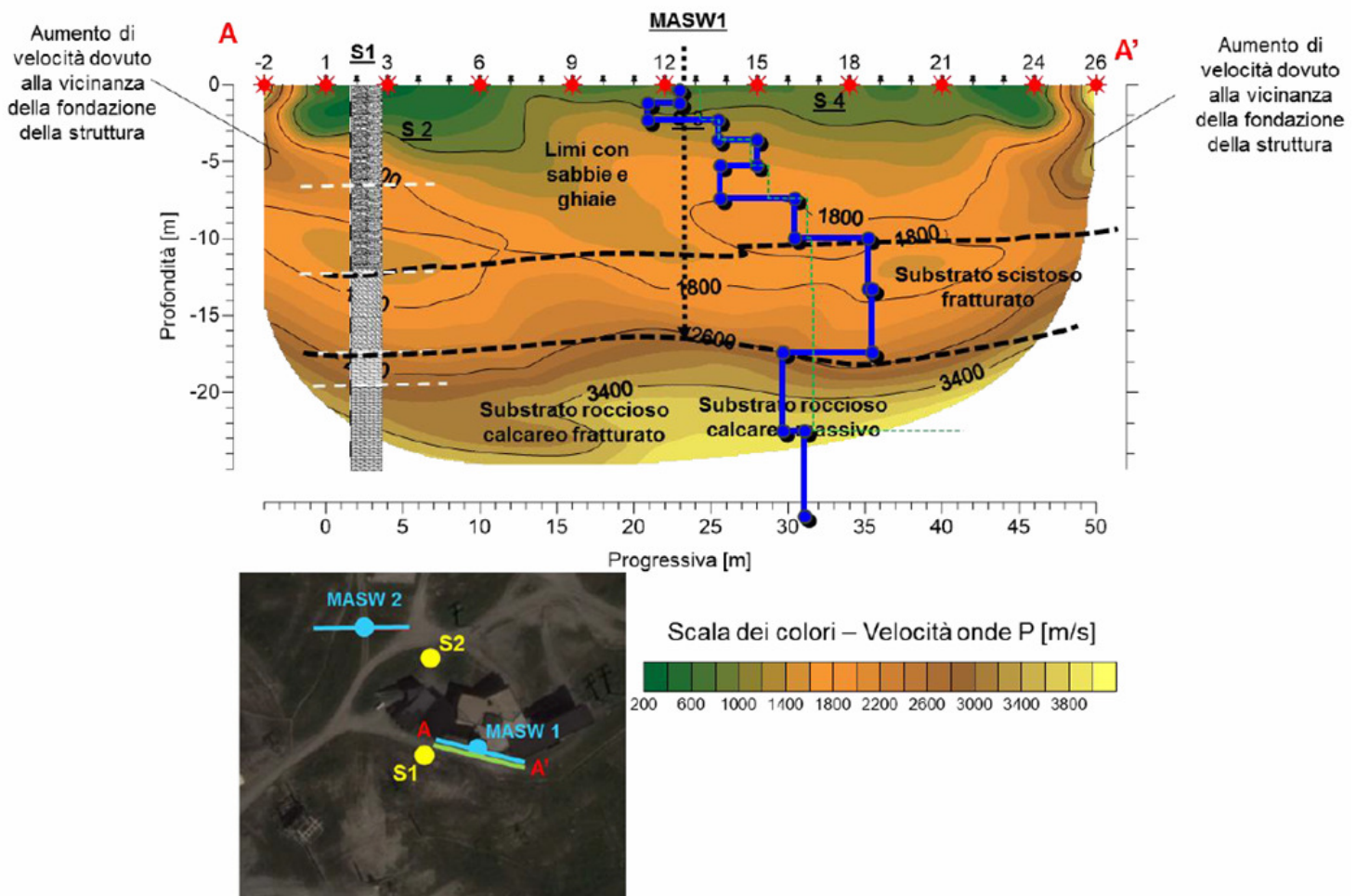


Figura 20: sezione sismica a rifrazione A-A': modello tomografico di velocità delle onde di compressione.

Prova MASW1

Livello	Profondità [m da p.c.]	Descrizione	Velocità Vs [m/s]
1	0 ÷ 10 m	Depositi sciolti a grado di addensamento crescente con la profondità	300 ÷ 600
2	10 ÷ 18 m	Scisti alterati e sfatti	600 ÷ 800
3	>18 m	Substrato calcareo molto alterato	600

Prova MASW2

Livello	Profondità [m da p.c.]	Descrizione	Velocità Vs [m/s]
1	0 ÷ 24 m	Depositi sciolti a grado di addensamento crescente	200 ÷ 500
2	>24 m	Scisti alterati e sfatti	500 ÷ 700

Il valore di Vs30 calcolato al piano campagna risulta pari a circa 584 m/s per il MASW1 e 394 m/s per il MASW2, che consente di definire il contesto geotecnico esaminato come suolo di classe sismica “B”.

I calcoli dell’accelerazione massima di riferimento attesa al sito con profilo di suolo B, fattore di amplificazione stratigrafica (pari a 1,2 per i suoli di tipo "B") e categoria topografica T2 (cfr. relazione Giacometti), in base alla normativa del DM 14/01/2008, hanno portato al seguente risultato:

$$\text{Acc. Mass} = S \cdot S_T \cdot a_g / g = 0,0167$$

## 6.2 Sostegno della linea

In questa fase per quanto riguarda la classificazione sismica dell'area si può ritenere valida quella già descritta per la nuova stazione, non avendo avuto in questa fase la possibilità di effettuare una prova MASW.

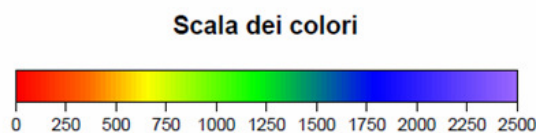
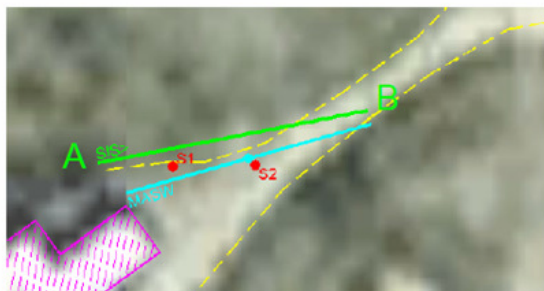
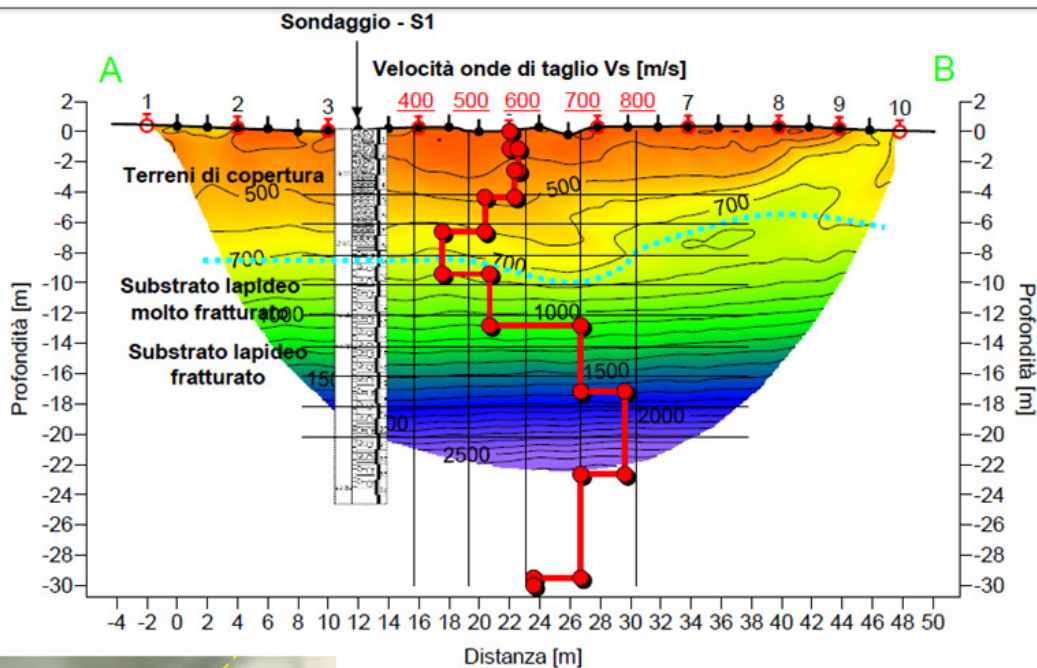
Allo scopo di avere un quadro più completo, se pur non esaustivo, della situazione è possibile avvalersi dei risultati delle indagini geognostiche (Giacometti, 2011) e sismiche (Techgea, 2011)

effettuate nei pressi della stazione di monte della seggiovia "Bertolini" (figura 21). In figura 22 la correlazione tra sondaggio geognostico S1, sismica a rifrazione (Vp) e profilo MASW (Vs).

Figura 21: indagini presso la stazione di monte della seggiovia Bertolini



Figura 22

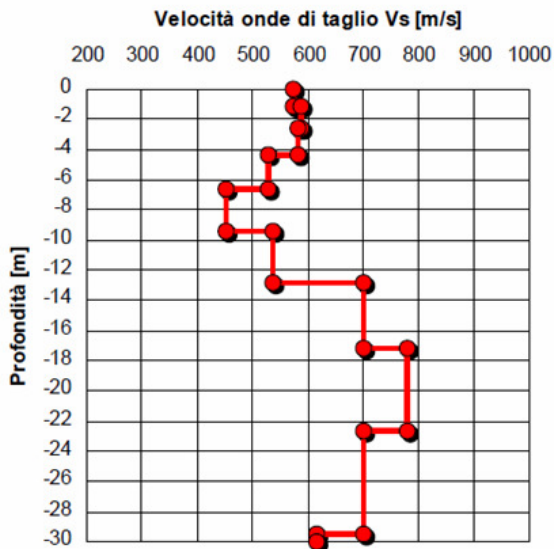


	Relazione 1846/11
	Revisione 0
Committente Funivie Monte Bianco	Data 03 Novembre 2011
Sito Col Che Croix – Seggiovia Bertolini	Figura 6



In figura 23 il profilo di velocità ed il calcolo delle  $V_{S30}$ .

Figura 23



Modello Profilo Vs a 10 strati

Strato	Profondità [m]		Vs [m/s]
	da	a	
1	0.00	-1.14	572.33
2	-1.14	-2.57	588.43
3	-2.57	-4.36	582.97
4	-4.36	-6.59	528.84
5	-6.59	-9.38	450.54
6	-9.38	-12.86	537.00
7	-12.86	-17.22	701.04
8	-17.22	-22.67	780.41
9	-22.67	-29.47	701.40
10	-29.47	-36.84	616.85

Suolo	Descrizione geotecnica
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $NSPT_{30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).

$V_{s30}$  CALCOLATO

**623 m/sec**  
(media pesata sugli spessori compresi tra 0 e -30 m)

 Committente Funivie Monte Bianco Sito Col Che Croix – Seggiovia Bertolini	Relazione 1846/11
	Revisione 0
	Data 03 Novembre 2011
	Figura 4

Come è possibile osservare dai risultati ottenuti emerge un quadro coerente con quello delineato dalle indagini sismiche effettuate presso la stazione di valle.

In via preliminare, considerando per il sito in esame la presenza di un suolo di tipo "B", di un fattore di amplificazione stratigrafica (pari a 1,2 per i suoli di tipo "B") e di una categoria topografica T2, in base alla normativa del DM 14/01/2008, l'accelerazione massima di riferimento attesa è:

$$\text{Acc. Mass} = S \cdot ST \cdot a_g / g = 0,0167$$

### 6.3 Stazione di monte

La stazione di monte in progetto poggerà sul substrato roccioso costituito da conglomerati massicci. Le stese sismiche effettuate in zone limitrofe (Caquineau, 1987) evidenziano velocità delle relative onde variabili da 1260 m/s a 1600 m/s, compatibili con un substrato roccioso compatto.

Tale situazione è correlabile con il profilo di suolo di tipo "A": *ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di  $V_{s30}$  superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.*

Nella figura sottostante è rappresentata la schermata del software Acca, nella quale vengono illustrati i parametri di pericolosità sismica riferiti all'area di interesse e alla struttura in progetto.

**EdiLus-MS**  
Mappe Sismiche

Available on the App Store

EdiLus-MS è il software ACCA per individuare la pericolosità sismica di tutte le località italiane direttamente dalla mappa. Scrivi l'indirizzo e/o sposta il segnalino sul sito che ti interessa e otterrai dinamicamente tutti i parametri di pericolosità sismica.

ad es. "via M. Cianciulli, 114 MONTELLA"

11010 Pré-Saint-Didier AO, Italia

Mappe | Satellite

Skibox Italian Snow Food

Bondier Cross Youla

Arp

Google

Map data ©2016 Google Immagini ©2016, Ches/SpotImage, DigitalGlobe 200 m

Termini e condizioni d'uso | Segnala un errore nella mappa

45.78311771, 6.93589211

Latitudine (WGS84) 45.77070537 Longitudine (WGS84) 6.91531842

Latitudine (ED50) 45.772511 Longitudine (ED50) 6.916305

Altitudine (mt) 2720

Classe dell'edificio  
II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti

Vita Nominale Struttura 50

Periodo di Riferimento per l'azione sismica 50

**Parametri di pericolosità Sismica**

Stato Limite	$T_r$ [anni]	$a_g/g$ [-]	$F_o$ [-]	$T^*$ [s]
Operatività	30	0.032	2.416	0.201
Danno	50	0.041	2.465	0.221
Salvaguardia Vita	475	0.113	2.451	0.276
Prevenzione Collasso	975	0.150	2.410	0.281

[Termini e Condizioni di utilizzo di EdilLus-MS](#)

**ACCA**  
ACCA SOFTWARE  
Tel: 0827.69.504 - Fax: 0827.60.12.35  
P.IVA 01993740647 - E-mail: info@acca.it

I dati di input per il calcolo dell'accelerazione massima di riferimento attesa sono:

- Latitudine e longitudine del sito; ricavati direttamente dal software
- Classe d'uso **II** "Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali"
- Vita nominale **VN > 50 anni** "opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale"
- Profilo suolo di tipo "A"

- Coefficiente di amplificazione Topografica (ST); trattandosi di una cresta alla sommità del rilievo, il sito di costruzione è correlabile alla categoria topografica “T4” della tabella 3.II 4 del DM 2008 “*in corrispondenza della cresta di rilievo*”, pertanto  $ST = 1,4$
- Il fattore S (amplificazione stratigrafica) è di 1 per “profili di suolo A”.

Su tali basi l’accelerazione massima di riferimento attesa al sito con profilo di suolo A, in base alla normativa del DM 14/01/2008, risulta:

$$\text{Acc. Mass} = S \cdot ST \cdot a_g/g = \mathbf{0,0161} \text{ per } T_r = \mathbf{475} \text{ (SLV: stato limite salvaguardia vita)}$$



## 7. OSSERVAZIONI ED INDICAZIONI CONCLUSIVE

Le osservazioni effettuate hanno consentito di verificare la fattibilità geologica dell'intervento previsto.

Nel dettaglio, vengono diversificate le indicazioni operative in funzione dei 3 differenti siti di intervento.

### 7.1 Stazione di valle

Le prescrizioni relative all'intervento in esame sono contenute nella relazione geotecnica del geol. Giacometti (in allegato) di cui il seguente estratto: *"in questa fase progettuale, pur non risultando definite le opere strutturali di fondazione ed il loro esatto dimensionamento ed ubicazione, si ritiene comunque opportuno dare alcune indicazioni circa le opere di sbancamento e fondazione che si dovranno realizzare. Per quanto riguarda gli sbancamenti si potrà procedere ad eseguire uno scavo tradizionale a patto che per profondità maggiori di 1,5 m siano sempre mantenute delle scarpate con un rapporto tra lunghezza e altezza non inferiori a 1/1; sarà comunque da escludere nei materiali sciolti presenti (ghiaie e sabbie o roccia alterata e sfatta) la realizzazione di tagli a scarpa subverticali. Qualora per esigenze operative, nei materiali sopra indicati, si dovessero eseguire dei tagli subverticali sarà necessario sempre prevedere delle opere provvisorie da definire di volta in volta di concerto con il progettista strutturale dell'opera ed il geotecnico. Per quanto riguarda le opere di fondazione poi, in base alle informazioni raccolte, la nuova stazione sorgerà al posto di quella esistente con un'impronta decisamente più ampia. Si ritiene pertanto doveroso segnalare in questa sede le criticità che sono emerse nelle indagini fin qui svolte nel sito in oggetto:*

- *i due sondaggi hanno riscontrato in entrambi i casi una coltre di copertura di una certa importanza, variabile da 11,80 m in S1 sino a r 15,00 m in S2;*
- *in entrambi i sondaggi il substrato coincide con la presenza della facies degli scisti neri che riflettono una situazione critica da un punto di vista geotecnico geomeccanico con presenza di roccia alterata e sfatta;*
- *a questo proposito si segnala che, in seguito ad una valutazione speditiva dell'ammasso impiegando i valori risultanti dal sondaggio S1, unità litotecnica U3, certamente migliori rispetto a quelli di S2, l'ammasso, secondo Bieniawski (1979), risulta essere comunque classificato in classe IV e definito come scadente. I parametri considerati sono:*
  - *C<sub>0</sub>, determinato dalla correlazione di Broch & Franklin (1972)*
  - *Valore di R.Q.D. medio*
  - *Indice di spaziatura compreso tra 0,11 e 0,45 m*
  - *Condizione dei giunti scabrosi*

*- Presenza di circolazione idrica sotterranea almeno stagionale"*

- *non conoscendo il dettaglio del progetto da realizzare risulta difficile trovare delle soluzioni alle problematiche emerse salvo ipotizzare genericamente delle opere speciali di fondazione e consolidamento del versante per garantire la sicurezza dell'opera.*

## 7.2 Sostegno della linea

La successione litostratigrafica dell'area è caratterizzata da blocchi accatastati in matrice ghiaiosa sabbiosa poggiante sul substrato. Il substrato lapideo presenta elevati valori di resistività elettrica, compatibili con i Conglomerati.

Tale assetto geologico non presenta, a priori, particolari criticità, tuttavia, al fine di effettuare una caratterizzazione geotecnica corretta, si ritiene necessario eseguire, quando le condizioni meteo lo consentiranno, un sondaggio geotecnico per determinare con certezza le caratteristiche geotecniche geomeccaniche del sito oltre a definire l'esatta natura litologica del substrato.

Una volta noti i parametri geotecnici del terreno sarà possibile individuare correttamente la quota del piano di fondazione ed il dimensionamento delle relative opere.

Per quanto riguarda le modalità degli sbancamenti si può fare riferimento a quanto prescritto nel paragrafo 7.1.

## 7.3 Stazione di monte

L'assetto geologico si caratterizza per la presenza di una cresta rocciosa con un versante settentrionale costituito da bancate di conglomerati massicci sub-verticali.

Per quanto riguarda le operazioni di sbancamento, da effettuare con opportuni mezzi, non si configurano particolari problematiche di stabilità dei fronti di scavo.

Sul fronte settentrionale, gli sbancamenti consisteranno nella riprofilatura e nell'abbassamento delle bancate rocciose sub verticali. In tale contesto è importante gestire la rimozione del materiale lapideo in modo da non creare crolli voluminosi che possano raggiungere il fondovalle. Sarà comunque necessario, durante questa fase lavorativa, individuare l'area di possibile invasione dei blocchi in modo da istituire una fascia di rispetto tale da impedire la presenza di persone.

Per quanto riguarda il piano di fondazione, impostato in roccia, nel caso si riscontri un ammasso fratturato e/o alterato che evidenzia condizioni meccaniche scadenti, si dovranno adottare soluzioni adeguate a garantire la stabilità della struttura. Tali soluzioni potranno essere desunte in funzione della situazione riscontrata all'atto dello sbancamento; in via preliminare si possono ipotizzare o l'abbassamento del piano fino a individuare un substrato con migliori condizioni meccaniche o interventi di consolidamento.

## 8. STUDIO DI COMPATIBILITA' DELL'INTERVENTO CON LO STATO DI DISSESTO ESISTENTE

### 8.1 Premessa

Lo studio sulla “compatibilità degli interventi in esame con lo stato di dissesto esistente e sull’adeguatezza delle condizioni di sicurezza in atto e di quelle conseguibili con le opere di mitigazione del rischio necessario” ottempera le disposizioni contenute nella *Deliberazione di Giunta Regionale n. 2939 del 10 ottobre 2008*.

Esso si basa sui risultati dei sopralluoghi in sito e sull’analisi della documentazione esistente, in particolare gli elaborati prodotti per la stesura delle Cartografie degli Ambiti Inedificabili.

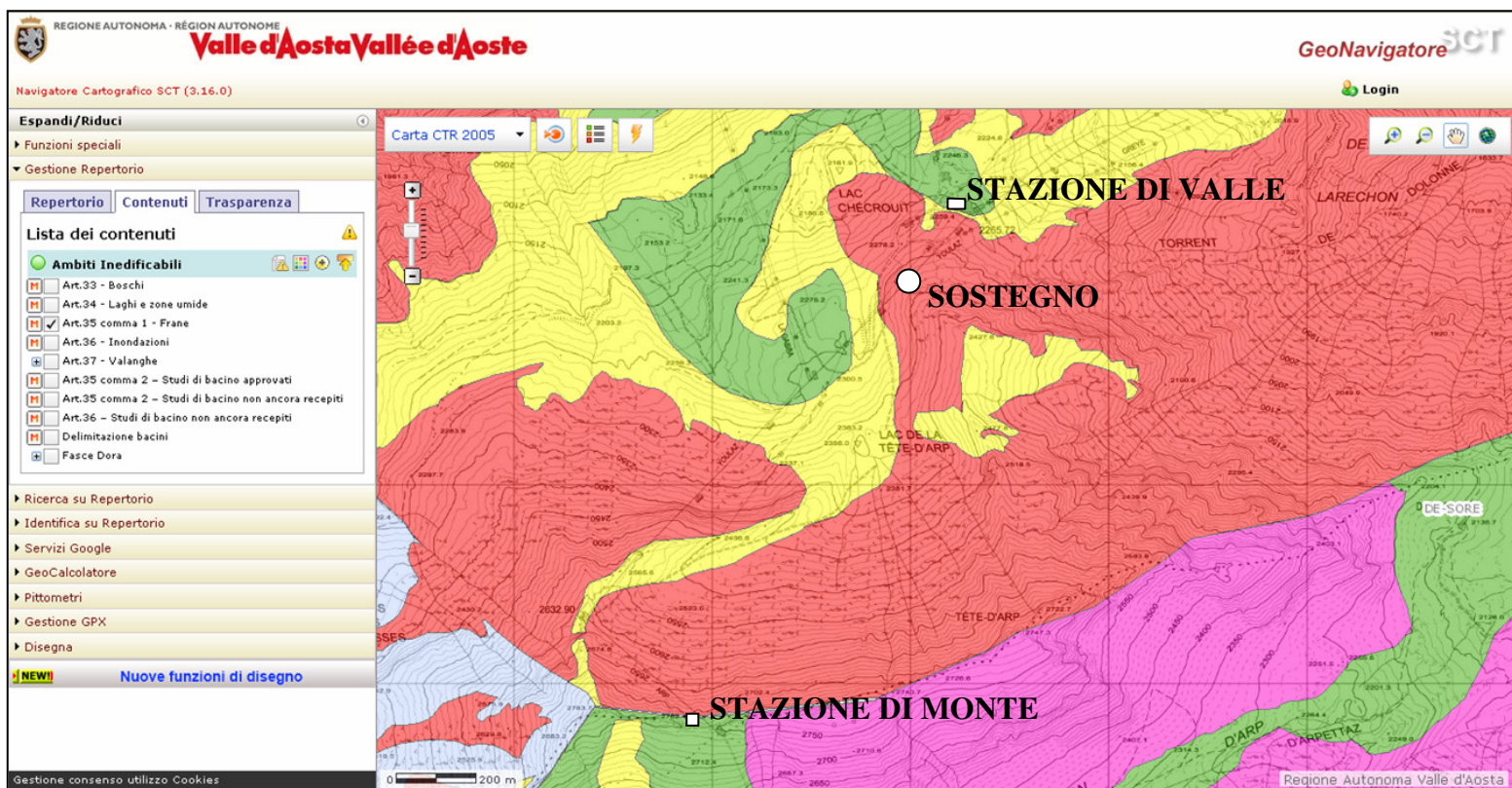
### 8.2. Individuazione della classificazione urbanistico-edilizia dell’intervento proposto

L’intervento è classificato come “nuova infrastruttura lineare”

### 8.3. Caratterizzazione dei vincoli presenti nell’area oggetto di intervento e in relazione al tipo di intervento da realizzare, rappresentati su idonea cartografia

L’esame della Cartografia degli Ambiti Inedificabili ha evidenziato i seguenti vincoli per la zona in esame :

**art 35 comma 1 terreni sedi di Frana:** fasce ad elevata pericolosità **F1** (sostegno della linea), media pericolosità **F2** (porzione esigua della stazione di valle) e a bassa pericolosità **F3** (stazioni di monte e di valle).



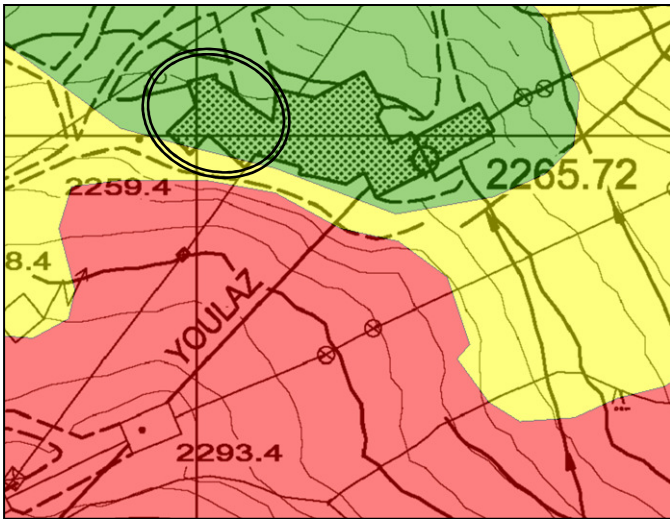


## 8.4 Individuazione ed illustrazione delle dinamiche e della pericolosità dei fenomeni che caratterizzano il vincolo

La descrizione delle dinamiche e della pericolosità delle differenti area viene suddivisa nei sottostanti 3 paragrafi.

L'inquadramento geomorfologico e strutturale delle aree di interesse è contenuto nei capitoli 3 e 5.

### 8.4.1 Stazione di valle - fasce a media e bassa pericolosità



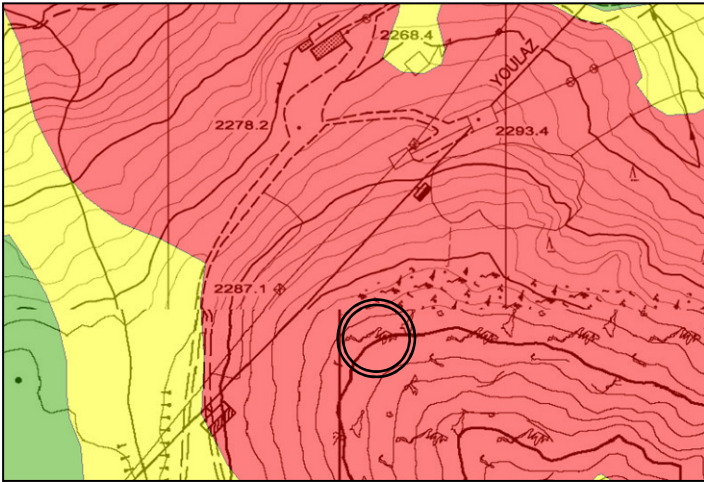
La stazione è impostata su una sella erbosa pianeggiante e stabile, sovrastata verso sud da un pendio dapprima detritico e successivamente roccioso. La pericolosità di frana è data dal verificarsi di fenomeni gravitativi, in particolare la caduta massi dalla parete rocciosa le cui traiettorie possono raggiungere il sito di interesse. La fascia a media pericolosità corrisponde con il piede del pendio, caratterizzato da tratto pianeggiante interposto tra il pendio e la stazione, ove si presume

si depositi il materiale lapideo. La fascia a bassa pericolosità corrisponde con la sella erbosa caratterizzata da minore acclività; generalmente questa fascia non risulta interessata dai fenomeni gravitativi attesi.

Entrambe le fasce hanno una bassa probabilità di essere coinvolte in fenomeni gravitativi in quanto:

- l'acclività del pendio che tende progressivamente a diminuire verso il basso; in particolare verso la quota 2300 m, è presente un terrazzo poco acclive che determina l'arresto dei blocchi e la formazione del tipico detrito di falda attivamente alimentato (presenza di blocchi freschi);
- a valle di tale quota sono presenti pendii prativi impostati sui prodotti colluviali e piccole pareti rocciose (gessi) che non evidenziano tracce di fenomeni gravitativi pregressi (blocchi di crollo isolati, segni di impatto sulla copertura erbosa, etc.) ad esclusione di distacchi poco voluminosi (ciottoli) dalle pareti gessose che si accumulano al piede;
- la presenza di un rilievo a monte della stazione che tende a deviare le potenziali traiettorie di caduta massi verso i lati;
- l'assenza di eventi storici registrati relativi a danni alle strutture funiviarie o, più in generale, a crolli che hanno raggiunto gli spazi ad esse circostanti.

#### 8.4.2 Sostegno della linea - fascia ad elevata pericolosità



La pericolosità di frana è ascrivibile alla presenza della parete rocciosa che sovrasta il sito di interesse. Il professionista incaricato della stesura della relativa cartografia degli ambiti inedificabili, ha stabilito che dalla parete si possono innescare fenomeni gravitativi che interessano l'area in esame. L'elevata pericolosità dell'area indica un'alta frequenza di accadimento dei fenomeni

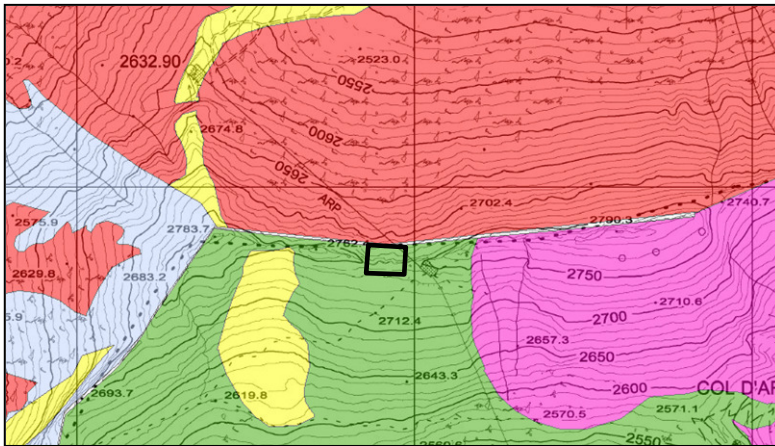
(teoricamente possono essere innescati anche da deboli eventi idrogeologici, quali quelli che caratterizzano l'andamento climatico medio stagionale: massimi primaverili ed autunnali, cicli di gelo e disgelo) ed il coinvolgimento di elevati volumi.

Tuttavia, l'assetto geomorfologico descritto nel paragrafo 5.2, evidenzia come l'accumulo a grossi blocchi che caratterizza il sito non sia compatibile con fenomeni di crollo provenienti dalla parete sovrastante ma, più verosimilmente, costituisca l'evidenza in superficie di un ammasso completamente disarticolato.

L'area di interesse risulta stabile e parzialmente inerbita; non si evidenziano tracce di fenomeni gravitativi in atto.

Sulla base di quanto asserito è possibile affermare che il sito di interesse non presenta elementi geomorfologici tali da giustificare una elevata pericolosità di frana; il grado di pericolosità coerente con quanto osservato risulta essere quello "basso".

### 8.4.3 Stazione di monte



L'area è caratterizzata da una cresta rocciosa costituita da bancate immergenti verso sud a medio angolo in modo da determinare una parete acclive a nord (giacitura a reggipoggio) e un pendio a medio angolo sul lato opposto (giacitura a franapoggio, con angolo parallelo all'immersione dei piani di scistosità)

La pericolosità di frana è data dal possibile innesco di fenomeni gravitativi a spese del substrato roccioso che, in funzione della zona di distacco, possono essere ascrivibili a crolli (lato nord) o a scivolamenti planari (lato sud).

L'esame della cresta sommitale ove è prevista la realizzazione dell'opera, non evidenzia tracce di dissesto in atto o latenti; in particolare non si rilevano fratture aperte disposte parallelamente allo spartiacque correlabili a processi di natura gravitativa o settori costituiti da comparti particolarmente instabili (intensamente fratturati o totalmente isolati) che possono destabilizzare l'area di interesse.

### 8.5 Valutazione della compatibilità dell'intervento con il fenomeno di dissesto considerato, con la sua dinamica e con la sua pericolosità

Gli interventi in progetto prevedono:

- l'ampliamento della stazione di valle che interessa la zona attigua alla struttura esistente; la zona è pianeggiante e stabile, essa è collocata al piede di un pendio potenzialmente soggetto a caduta massi; l'area in esame, tuttavia, non risulta essere interessata dal fenomeno;
- la realizzazione del sostegno che andrà fondato all'interno di un accumulo a grandi massi stabile; detta area non è esposta a fenomeni gravitativi;
- la costruzione della nuova stazione di monte in un contesto geomorfologico stabile.

La realizzazione delle opere in progetto è condizionata all'adozione di adeguate misure protettive allo scopo di evitare dissesti lungo il versante e alle opere stesse. La descrizione degli interventi di mitigazione è illustrata nel § 7 della presente relazione.

Adottando quanto prescritto è possibile affermare che l'intervento non aumenta l'attuale livello di pericolosità e che esso sia compatibile con i fenomeni di dissesto considerati.



#### **8.6. Valutazione della vulnerabilità dell'opera da realizzare in relazione anche agli usi alla quale essa è destinata**

Gli approfondimenti illustrati nella presente relazione hanno evidenziato un quadro geomorfologico in cui non emergono particolari criticità legate ai fenomeni gravitativi.

Con tale premessa, adottando tutte le precauzioni necessarie durante l'esecuzione dei lavori (cfr. § 7 della presente relazione e la relazione geotecnica del geol. Giacometti), è possibile stabilire che l'intervento in esame non presenta una vulnerabilità tale da renderlo inadeguato rispetto alle finalità per le quali esso viene realizzato.

#### **8.7. Definizione degli interventi di protezione adatti per ridurre la pericolosità del fenomeno, ove possibile, e/o la vulnerabilità dell'opera e valutazione della loro efficacia ed efficienza rispetto al fenomeno di dissesto ipotizzato**

In considerazione di quanto affermato sopra e, in particolare, non essendo stati rilevati elementi geomorfologici tali da inficiare la sicurezza delle opere in progetto è possibile affermare che non si configura la necessità di definire opere di protezione per ridurre l'attuale pericolosità di frana.

La corretta esecuzione dei lavori garantisce la stabilità dei pendii e l'adeguata protezione delle opere in progetto.

#### **8.8. Conclusioni: compatibilità degli interventi con le condizioni di pericolosità indicate dalla Cartografia degli Ambiti ai sensi della l.r. n. 11/1998**

L'esame dei differenti aspetti che concorrono alla determinazione della compatibilità dell'opera in progetto con le condizioni di pericolosità indicate dalla cartografia degli ambiti, consente di stabilire che questa sia

***COMPATIBILE*** con lo stato di dissesto esistente

*ALLEGATI*

Allegato 1: **sistema di classificazione**; al valore di ognuno dei 6 parametri significativi corrisponde un coefficiente numerico (RATING) che contribuisce alla definizione per somma (rating totale: 1-100) dell'indice RMR e, quindi, all'attribuzione della relativa classe d'appartenenza dell'ammasso analizzato (classi I-V)

PARAMETRI SIGNIFICATIVI								
PARAMETRO		VALORI SIGNIFICATIVI						
resistenza a compressione della roccia intatta	indice di resistenza $I_r$	>10 [MPa]	4 - 10 [MPa]	2 - 4 [MPa]	1 - 2 [MPa]	si ricorre a $C_0$		
	resistenza a compressione massiccia $C_0$	>250 [MPa]	100 - 250 [MPa]	50 - 100 [MPa]	25 - 50 [MPa]	5 - 25 [MPa]	1 - 5 [MPa]	<1 [MPa]
RATING		15	12	7	4	2	1	0
ROD		90 - 100%	75 - 90%	50 - 75%	25 - 50%	<25%		
RATING		20	17	13	8	3		
spaziatura delle discontinuità		>2 [m]	0.5 - 2 [m]	0.2 - 0.5 [m]	60 - 200 [mm]	<60 [mm]		
RATING		20	15	10	8	5		
condizione delle discontinuità		molto scabre non continue non separate superfici dei lembi dure	poco scabre separazione < 1 [mm] superfici dei lembi dure	poco scabre separazione < 1 [mm] superfici dei lembi soffici	superfici lisce o spessore del temperamento < 5 [mm] o giunti aperti 1-5 [mm] e continue	materiale di riempimento soffice > 5 [mm] di spessore o giunti aperti > 5 [mm] continui		
RATING		30	25	20	10	0		
venute d'acqua	su 10 [m] di lunghezza di galleria	nessuna	<10 [litri/m]	10 - 25 [litri/m]	25 - 125 [litri/m]	>125 [litri/m]		
	(pressione nei giunti/tensione principale max)	0	0.0 - 0.1	0.1 - 0.2	0.2 - 0.5	>0.5		
	condizioni generali	asciutto	umido	acque mineralizzate	modesta pressione	molte venute		
RATING		15	10	7	4	0		
ORIENTAMENTO DELLE DISCONTINUITA'								
direzione di immersione ed inclinazione		molto favorevole	favorevole	poco favorevole	sfavorevole	molto sfavorevole		
RATING	gallerie	0	-2	-5	-10	-12		
	fontanelli	0	-3	-7	-15	-25		
	pendi	0	-5	-25	-50	-80		
SUDDIVISIONE IN CLASSI DELL'AMMASSO ROCCIOSO								
classe		I	II	III	IV	V		
descrizione		ottima	buona	discreta	scadente	molto scadente		
RATING TOTALE		81 - 100	61 - 80	41 - 60	21 - 40	<20		
STIMA DEI PARAMETRI DI RESISTENZA DELL'AMMASSO ROCCIOSO								
coefficiente		>400 [kPa]	300 - 400 [kPa]	200 - 300 [kPa]	100 - 200 [kPa]	<100 [kPa]		
angolo d'attrito		>45°	35° - 45°	25° - 35°	15° - 25°	<15°		



## Allegato 2: Classe litotecnica

(Estratto da: *International Society of Rock Mechanics (1978) : suggested methods for the quantitative description of discontinuities in rock masses. Int. J. of Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr., 15: 319-368*).

### MANUAL INDEX TEST (da ISRM, 1978)

CLASSE	DESCRIZIONE	IDENTIFICAZIONE	U.C.S. (MPa)
S1	ARGILLA MOLTO SOFFICE	Penetrabile facilmente alcuni centimetri con il pugno	<0.025
S2	ARGILLA SOFFICE	Penetrabile facilmente alcuni centimetri con il pollice	0.025-0.05
S3	ARGILLA SOLIDA	Penetrabile alcuni centimetri con il pollice con sforzo moderato	0.05-0.10
S4	ARGILLA COMPATTA	Facilmente scalfita dal pollice ma penetrata solo con grande sforzo	0.10-0.25
S5	ARGILLA MOLTO COMPATTA	Facilmente scalfita dall'unghia del pollice	0.25-0.50
S6	ARGILLA DURA	Scalfita con difficoltà dall'unghia del pollice	>0.50
R0	ROCCIA ESTREM. DEBOLE	Scalfita dall'unghia del pollice	0.25-1.0
R1	ROCCIA MOLTO DEBOLE	Si sbriciola sotto colpi decisi con la punta del martello. Si graffia con coltello	1.0-5.0
R2	ROCCIA DEBOLE	Graffiata con difficoltà dal coltello. Piccole scalfitture provocate da colpi decisi con la punta del martello	5.0-25
R3	ROCCIA MEDIAMENTE RESISTENTE	Non può essere scalfita né graffiata dal coltello. Un campione può fratturarsi con un singolo colpo di martello	25-50
R4	ROCCIA RESISTENTE	Un campione richiede più di un colpo di martello per fratturarsi	50-100
R5	ROCCIA MOLTO RESISTENTE	Un campione richiede molti colpi di martello per fratturarsi	100-250
R6	ROCCIA ESTREM. RESISTENTE	Un campione può solo essere scheggiato col martello	>250

\* U.C.S. = Resistenza a compressione uniaassiale (MPa).

\* Le classi da S1 a S6 riguardano terre coesive, argille, argille limose e combinazioni di limo e argilla con sabbia a drenaggio lento.

\* Le classi R0 a R6 riguardano rocce.

### Allegato 3: Rock Quality Designation

Il **Rock Quality Designation (RQD)** è una classificazione [geotecnica](#) delle [rocce](#) sviluppata nel 1963 da [D. U. Deere](#). La classificazione è basata sulla percentuale di frammenti di lunghezza maggiore di 10 cm recuperati in ogni manovra di un [carotaggio](#).

L'RQD è definita dal quoziente:

$$RQD = \frac{(A)}{l_{tot}} * 100\%$$

(A) = Somma delle lunghezze dei campioni maggiori di 10 cm

$l_{tot}$  = lunghezza totale della manovra di carotaggio

Dal RQD ottenuto possiamo classificare la roccia come:

<b>RQD</b>	<b>Qualità</b>
<25%	<i>molto scadente</i>
25-50%	<i>scadente</i>
50-75%	<i>discreta</i>
75-90%	<i>buona</i>
90-100%	<i>ottima</i>