



**NOUVELLE LIGNE LYON TURIN – NUOVA LINEA TORINO LIONE**  
**PARTIE COMMUNE FRANCO-ITALIENNE – PARTE COMUNE ITALO-FRANCESE**  
**CUP C11J05000030001**  
**Lotto Costruttivo 1 – Opera anticipatoria propedeutica**

**Chantier Opérationnel 04 – Cantiere Operativo 04**  
**CIG Ze11ed230d**

**Travaux de réalisation des niches de retournement et d'aménagement intérieur de la galerie de La Maddalena, transport et mise en dépôt des matériaux excavés**  
**Lavori di realizzazione delle nicchie di interscambio e di sistemazione interna della galleria La Maddalena, trasporto e messa a deposito del materiale di scavo**

**Projet Exécutif – Progetto Esecutivo**  
**Génie civil – Opere civili**  
**Rapport géologique et hydrogéologique – Relazione geologica ed idrogeologica**  
**Art. 20 Allegato XXI D.Lgs. N. 163/2006**

Indice	Date/ Data	Modifications / Modifiche	Etabli par / Concepito da	Vérfié par / Controllato da	Autorisé par / Autorizzato da
0	24.04.2020	Première diffusion/Prima emissione	L. BELLARDO	M. GATTI	G. CASSANI
A	07.05.2020	Révision suite aux commentaires / Revisione a seguito commenti	L. BELLARDO	M. GATTI	G. CASSANI
B	08.05.2020	Élaboré approuvé/Elaborato approvato	L. BELLARDO	M. GATTI	G. CASSANI
C	28.05.2020	Elaboré approuvé avec transposition Commentaires TELT / Elaborato approvato con recepimento commenti TELT	L. BELLARDO	M. GATTI	G. CASSANI

0	4	A	1	7	3	5	7	0	0	0	0	-	-	0	Z	
Cantiere Operativo Chantier Opérationnel		Contratto Contrat					Opera Ouvrage			Tratta Tronçon	Parte Partie					

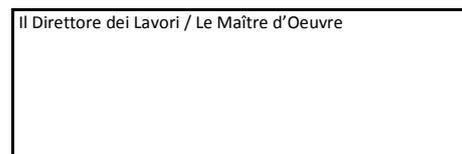
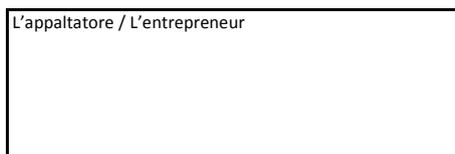
E	R	E	G	E	0	7	0	1	C
Fase Phase	Tipo documento Type de document	Oggetto Objet		Numero documento Numéro de document			Indice		

Il geologo / Le géologue  
Rocksoil S.p.A.



-	A	P
Scala / Echelle	Stato / Statut	
Indirizzo / Adresse GED		

Il progettista / Le designer



## INDICE

1	INTRODUZIONE.....	4
1.1	Documenti di riferimento .....	5
1.2	Documentazione pregressa .....	5
1.3	Normativa di riferimento.....	8
2	INQUADRAMENTO GEOLOGICO .....	8
3	INQUADRAMENTO STRUTTURALE .....	9
4	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO.....	10
5	DESCRIZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E STRUTTURALE DI DETTAGLIO .....	11
5.1	Geologia di dettaglio.....	11
5.2	Assetto strutturale di dettaglio .....	13
5.3	Idrogeologia di dettaglio.....	22
6	ALLEGATI.....	25

## RIASSUNTO

Ce rapport décrit les principales caractéristiques géologiques et hydrogéologiques de la zone affectée par la construction des niches du tunnel d'exploration Maddalena 1.

Les niches sont réalisées dans le prolongement du tronçon existant, en démolissant les supports du tunnel géognostique de La Maddalena et en élargissant la section d'excavation.

La presente relazione descrive le principali caratteristiche geologiche ed idrogeologiche dell'area interessata dalla realizzazione delle nicchie del cunicolo esplorativo Maddalena 1.

Le nicchie sono realizzate in allargo della sezione esistente, mediante la demolizione dei sostegni della galleria geognostica della Maddalena e l'allargo della sezione di scavo.

## 1 INTRODUZIONE

La presente Relazione Geologica ed Idrogeologica riporta le principali caratteristiche geologiche ed idrogeologiche dell'area interessata dalla realizzazione delle nicchie di interscambio da eseguirsi all'interno del cunicolo esplorativo La Maddalena, sia il primo tratto che verrà successivamente utilizzato per l'accesso dei veicoli bimodali e di soccorso al Tunnel di Base, che per il secondo tratto destinato allo stoccaggio irreversibile delle rocce verdi provenienti dallo scavo del Tunnel di Base.

Nello specifico lungo il primo tratto del cunicolo sono previste 7 nicchie di incrocio dei veicoli (di cui 2 equipaggiate di cabina elettrica e 2 di cabina telecomunicazioni) a cui se ne aggiunge un'ottava all'innesto con la galleria di connessione 1 (anch'essa da equipaggiarsi con cabina telecomunicazioni). Il secondo tratto prevede invece la realizzazione di 14 nicchie per la logistica di stoccaggio.

Si precisa che lo studio geologico ed idrogeologico riprende quanto già trattato nella relazione geologica di Progetto Esecutivo del Cunicolo esplorativo la Maddalena (elaborato MAD\_EXE\_0145\_08-01-00\_10-03), aggiornando i dati con quelli derivati dall'as built, in particolare dai rilievi geologici e geomeccanici delle superfici di scavo eseguiti in continuo lungo tutto il cunicolo esplorativo.

Nelle pagine che seguono, dopo un primo breve inquadramento sull'assetto geologico generale del settore in esame, si affronterà nel dettaglio la descrizione in corrispondenza delle nicchie in Progetto.

I risultati dello studio geologico strutturale di previsione per la tratta in oggetto sono riepilogati nei profili geologici e geomeccanici (Elaborati da 04A\_OO--\_0Z\_E\_PF\_GE\_0705\_0 a 04A\_OO--\_0Z\_E\_PF\_GE\_0708\_0), nei quali sono state riportate e sintetizzate le informazioni di carattere litologico, strutturale e idrogeologico.

## 1.1 Documenti di riferimento

Alla presente relazione sono direttamente collegati i seguenti documenti:

			0					0700	<b>GEOLOGIA, GEOTECNICA E CALCOLO</b>
04A	1735700	OO --	0	Z	E	RE	GE	0701	Relazione geologica ed idrogeologica
04A	1735700	OO --	0	Z	E	RE	GE	0702	Relazione geomeccanica
04A	1735700	OO --	0	Z	E	RE	GC	0703	Relazione di calcolo nicchie
04A	1735700	OO --	0	Z	E	RE	GC	0704	Relazione tecnica nicchie
04A	1735700	OO --	0	Z	E	PF	GE	0705	Profilo geomeccanico di dettaglio 1 di 4
04A	1735700	OO --	0	Z	E	PF	GE	0706	Profilo geomeccanico di dettaglio 2 di 4
04A	1735700	OO --	0	Z	E	PF	GE	0707	Profilo geomeccanico di dettaglio 3 di 4
04A	1735700	OO --	0	Z	E	PF	GE	0708	Profilo geomeccanico di dettaglio 4 di 4

## 1.2 Documentazione pregressa

La redazione della presente relazione di calcolo si basa su quanto già prodotto nelle precedenti fasi progettuali, in particolare:

Rif. [1] PRV\_C3B\_7200\_26-48-01\_10-01 “Relazione ritorno di esperienza scavo Cunicolo esplorativo della Maddalena”.

Rif. [2]MAD\_EXE\_0004\_00-00-00\_30-02\_Carta Geologica\_A

Rif. [3]MAD\_EXE\_0125\_07-00-00\_10-02\_Relazione geologica cunicolo fino a pk 0+242\_B\_

Rif. [4]MAD\_EXE\_0126\_07-00-40\_40-04\_Profilo longitudinale geologico, di indagini e di monitoraggio fino a pk 0+242\_C

Rif. [5]MAD\_EXE\_0128\_07-00-00\_40-05\_Profilo longitudinale geotecnico geomeccanico di progetto fino a pk 0+242\_A

Rif. [6]MAD\_EXE\_0145\_08-01-00\_10-03\_Relazione geologica cunicolo da pk 0+242 fino a pk 5+765\_A.

Rif. [7]MAD\_EXE\_0146\_08-01-00\_40-01\_Profilo longitudinale geologico\_A

Rif. [8]MAD\_EXE\_0148\_08-01-00\_40-02\_Profilo longit geomec di progetto da pk 0+242 fino a pk 5+765\_A

Rif. [9]MAD\_EXE\_0175\_08-02-00\_10-03\_Relazione geologica cunicolo da pk 5+765 fino a pk 7+541\_A

- Rif. [10] MAD\_EXE\_0176\_08-02-00\_40-01 - Profilo longitudinale geologico\_tratta\_opzionale\_A
- Rif. [11] MAD\_EXE\_0240\_07-00-00\_10-06 “Sezioni tipo T3-T4-T4a - Relazione di calcolo”.
- Rif. [12] PRV\_C3B\_7202\_26-48-01\_30-01\_Geologia\_Maddalena\_B (A0)
- Rif. [13] PRV\_C3B\_7206\_26-48-01\_40-01\_Prof.Geomecc.Maddalena1\_B (overA0)
- Rif. [14] MAD\_EXE\_VEN\_0403\_07-00-00\_70-01\_Profilo longitudinale geologico, di indagini e di monitoraggio - AS BUILT\_A
- Rif. [15] MAD\_EXE\_VEN\_0404\_07-00-00\_70-02\_Profilo longitudinale geotecnico, geomeccanico di progetto - AS BUILT\_A
- Rif. [16] MAD\_EXE\_VEN\_0516\_08-01-00\_70-01\_Prof long geol di indagini e monitor da pk 0+198 fino a pk 0+700-AS BUILT\_D
- Rif. [17] MAD\_EXE\_VEN\_0517\_08-01-00\_70-02\_Profilo longitud geomecc di progetto da pk 0+198 fino a pk 0+700\_AS BUILT\_E
- Rif. [18] MAD\_EXE\_VEN\_0518\_08-01-00\_70-03\_Profilo longitud geomecc di progetto da pk 0+700 a pk 1+200-AS BUILT\_F
- Rif. [19] MAD\_EXE\_VEN\_0519\_08-01-00\_70-04\_Prof long geol di indagini e monitor da pk 0+700 fino a pk 1+200 - AS BUILT\_D
- Rif. [20] MAD\_EXE\_VEN\_0531\_08-01-00\_70-05\_Profilo longitud geomecc di progetto da pk 1+200 fino a pk 1+700 - AS BUILT\_B
- Rif. [21] MAD\_EXE\_VEN\_0532\_08-01-00\_70-06\_Prof long geol di indagini e monitor da pk 1+200 fino a pk 1+700 - AS BUILT\_B
- Rif. [22] MAD\_EXE\_VEN\_0533\_08-01-00\_70-07\_Profilo longitud geomecc di progetto da pk 1+700 fino a pk 2+200 - AS BUILT\_D
- Rif. [23] MAD\_EXE\_VEN\_0534\_08-01-00\_70-08\_Prof long geol di indagini e monitor da pk 1+700 fino a pk 2+200 - AS BUILT\_B
- Rif. [24] MAD\_EXE\_VEN\_0535\_08-01-00\_70-09\_Prof longitud geomecc di proget da pk 2+200 fino a pk 2+700-AS BUILT\_A

- Rif. [25] MAD\_EXE\_VEN\_0536\_08-01-00\_70-10\_Prof long geol di indagini e monitor da pk 2+200 fino a pk 2+700 - AS BUILT\_A
- Rif. [26] MAD\_EXE\_VEN\_0543\_08-01-00\_70-11\_Profilo longitud geomecc di progetto da pk 2+700 fino a pk 3+200 - AS BUILT\_C
- Rif. [27] MAD\_EXE\_VEN\_0544\_08-01-00\_70-12\_Prof long geol di indagini e monitor da pk 2+700 fino a pk 3+200 - AS BUILT\_A
- Rif. [28] MAD\_EXE\_VEN\_0545\_08-01-00\_70\_13\_Profilo longitud geomecc di progetto da pk 3+200 a pk 3+700-AS BUILT\_D
- Rif. [29] MAD\_EXE\_VEN\_0546\_08-01-00\_70\_14\_Profilo long geol, indagini e monit da pk 3+200-3+700-AS BUILT\_B
- Rif. [30] MAD\_EXE\_VEN\_0562\_08-01-00\_70\_25\_Profilo longitud geomecc di progetto da pk 3+700 a pk 4+200-AS BUILT\_D
- Rif. [31] MAD\_EXE\_VEN\_0563\_08-01-00\_70-26\_Profilo longitud geol di indagini e di monit da pk 3+700 a pk 4+200-AS BUILT\_A
- Rif. [32] MAD\_EXE\_VEN\_0564\_08-01-00\_70\_27\_Profilo longitud geomecc di progetto da pk 4+200 a pk 4+700-AS BUILT\_D
- Rif. [33] MAD\_EXE\_VEN\_0565\_08-01-00\_70-28\_Profilo longitud geolo di indagini e di monit da pk 4+200 a pk 4+700-AS BUILT\_A
- Rif. [34] MAD\_EXE\_VEN\_0566-08-01-00\_70\_29\_Prof long geomecc di progetto pk 4+700-pk 5+200-AS BUILT\_A
- Rif. [35] MAD\_EXE\_VEN\_0567\_08-01-00\_70-30\_Prof long geol indagini e monit pk 4+700-pk 5+200-AS BUILT\_A
- Rif. [36] MAD\_EXE\_VEN\_0568-08-01-00\_70\_31\_Profilo longitud geomecc di progetto da pk 5+200 a pk 5+764,77-AS BUILT\_E
- Rif. [37] MAD\_EXE\_VEN\_0569\_08-01-00\_70-32\_Pro long geol indagini e monitor pk 5+200-5+764.77-AS BUILT\_A
- Rif. [38] MAD\_EXE\_VEN\_0570-08-02-00\_70\_01\_Profilo longitud geomecc di progetto da pk 5+764,77 a pk 6+400\_AS BUILT\_A

- Rif. [39] MAD\_EXE\_VEN\_0571-08-02-00\_70\_02 \_Profilo longitud geolog, ind e monit da pk 5+765 a pk6+400\_AS BUILT\_A
- Rif. [40] MAD\_EXE\_VEN\_0572-08-02-00\_70\_03 \_Profilo longitud geomecc di progetto da pk 6+400 a pk7+020\_AS BUILT\_A
- Rif. [41] MAD\_EXE\_VEN\_0573-08-02-00\_70\_04 \_Prof long geo ind e monit da pk 6+400 7+020\_AS BUILT\_A
- Rif. [42] MAD\_MS5\_GIA\_0001\_A\_AP\_NOT: Verifica Esiti Ambientali del Cunicolo Esplorativo de La Maddalena – Relazione
- Rif. [43] MAD\_MS5\_GIA\_0002\_A\_AP\_PLA: Verifica Esiti Ambientali del Cunicolo Esplorativo de La Maddalena - Profilo geomeccanico

### 1.3 Normativa di riferimento

Nel progetto è stato fatto riferimento alle seguenti Normative ed Istruzioni:

- D.M. 14/01/2008: “Norme Tecniche per le Costruzioni” (pubblicato sulla G.U. n.29 – Suppl. Ordinario n.30 – del 4 febbraio 2008).
- Circolare 02/02/2009: “Istruzione C.S.LL.PP. per l’applicazione delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 Gennaio 2008”.

## 2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Sulla base dei dati provenienti dagli studi sopracitati, le nicchie saranno realizzate prevalentemente all’interno del basamento cristallino del Massiccio d’Ambin. Solo per una limitata estensione in prossimità dell’imbocco, approssimativamente per circa i primi 240 metri, il cunicolo esplorativo ha attraversato le coperture quaternarie (depositi fluvioglaciali e depositi glaciali indifferenziati), i litotipi appartenenti Zona Piemontese dei Calcescisti con Ofioliti e gli orizzonti di scollamento rappresentati dalle brecce tettoniche carbonatiche.

Nella restante tratta il cunicolo ha attraversato essenzialmente il basamento cristallino del Massiccio d’Ambin.

Il Massiccio d’Ambin affiora diffusamente sul versante sinistro della media e alta Val di Susa al di sotto delle unità oceaniche di pertinenza della Zona Piemontese. All’interno di questa unità si distingue un basamento cristallino, costituito da due complessi polimetamorfici distinti e sovrapposti in una tipica struttura a “cipolla” (Complesso di Clarea e Complesso di Ambin), e una copertura mesozoica conservata in lembi.

- Il Complesso di Ambin è costituito da rocce metamorfiche quali gneiss leucocrati massicci a giadeite (“Gneiss aplitici” - auct.) e gneiss occhiadini ad albite e clorite (paragneiss e micascisti albitico-cloritici con livelli di micascisti quarzoso-conglomeratici).
- Il Complesso di Clarea affiora geometricamente in posizione inferiore rispetto al complesso di Ambin ed è costituito da micascisti e gneiss minuti albitizzati

pervasivamente riequilibrati in facies scisti blu e micascisti con tessiture e paragenesi in facies anfibolica di età pre-alpina preservate. Del Complesso di Clarea fanno anche parte corpi e livelli di metabasiti budinate con relitti di associazioni metamorfiche pre-alpine.

- La copertura mesozoica invece, affiora limitatamente nella parte bassa della Val Clarea e lungo il confine di stato. Essa comprende una successione “autoctona” costituita principalmente da micascisti foliati e crenulati e livelli di carbonati e una successione “alloctona” i cui termini prevalenti sono rappresentati da due formazioni: le quarziti del rio Seguret e i Calcescisti della Beaume (mi).

Le Quarziti del rio Seguret sono rocce a grana fine di colore bianco-verdastro, caratterizzate da un fabric massiccio ed una composizione prevalentemente quarzosa. Esse comprendono quarziti massicce, listate di colore bianco-verdastro, con locali livelli di quarzo-micascisti a cloritoide. I Calcescisti della Beaume sono rocce compatte, biancastre, con grana grossolana, costituite da calcescisti albitici a rara mica bianca e quarzo con intercalazioni di breccie e clasti centimetrici di marmi, dolomie triassiche e micascisti.

Lungo il tracciato e ove è ubicato l’imbocco del cunicolo della Maddalena non sono presenti in superficie affioramenti afferenti a questi litotipi; in questa zona le rocce appartenenti al Massiccio d’Ambin sembrano direttamente in contatto (contatto tettonico) con le rocce della Zona Piemontese con l’interposizione degli orizzonti carbonatici di scollamento. È verosimile quindi che in questo settore le coperture mesozoiche dell’Ambin subiscano una diminuzione di spessore fino, in taluni casi, arrivare ad essere del tutto obliterate.

### 3 INQUADRAMENTO STRUTTURALE

L’insieme dei dati di superficie riportati negli studi precedenti mette in evidenza come la tettonica fragile post-metamorfica sviluppa famiglie di fratture a persistenza variabile, generalmente ettometrica, con estensione e ricorrenza seguibile anche per alcuni chilometri; tali strutture esercitano un marcato controllo sull’assetto strutturale dell’area. Le principali famiglie di fratture sono orientate lungo direttrici N60-70E e N120E e secondariamente N20E e N160E.

Il sistema di fratturazione più persistente, con la maggiore distribuzione areale e con le maggiori evidenze morfologiche, risulta essere quello orientato N60-70E. Tale sistema interessa non solo la media-alta Valle di Susa, ma coinvolge i versanti rocciosi fino all’alto vallone d’Ambin, dove origina trincee, sdoppiamenti di cresta e piccole depressioni allungate sommitali legate a fenomeni di Deformazioni Gravitative Profonde di Versante (DGPV). Le fratture appartenenti a questo sistema sono caratterizzate da immersione prevalente a SE con valori d’inclinazione maggiori di 60° fino a subverticali.

Il sistema di fratture N60-70E è generalmente associato a piani di taglio con analoga orientazione, caratterizzati da persistenze prevalentemente ettometriche e spaziatura variabile tra i 200 m ed i 1000 m. Si tratta in maggioranza di strutture relativamente poco mature, generalmente segmentate, la cui proiezione in profondità non è generalmente così diretta (affetta, con l’aumentare della profondità, da un relativo grado di incertezza sia nella posizione che nella reale profondità). L’insieme dei diversi segmenti di persistenza ettometrica può, in taluni casi, suggerire la presenza di strutture con sviluppo chilometrico. Si tratterebbe tuttavia di strutture che, anche in base alle evidenze di terreno riportate negli studi precedenti, risulterebbero comunque formate da un insieme di piani con estensione laterale limitata più che da un piano discreto continuo di estensione laterale elevata.

La cinematica di queste faglie testimonia più episodi di riattivazione, ma nel complesso sembra essere caratterizzata prevalentemente da movimenti normali con componente di trascorrenza destra, associati a fasi estensionali tardive che hanno coinvolto la catena.

A scala regionale l'insieme di queste discontinuità appartiene ad un'ampia zona di deformazione che coinvolge principalmente il basamento e le coperture dell'unità d'Ambin, dalla zona M. Seguret fino alla Val Cenischia e all'alta Val Clarea (Col Clapier - Lago di Savine), nota come "zona di deformazione Seguret-Col Clapier" (ZSC), caratterizzata dalla presenza di sistemi di Master Joints. Nella ZSC i versanti rocciosi sono tagliati da discontinuità persistenti sub parallele alle principali incisioni vallive.

In termini di natura delle faglie stesse si prevede che esse possano essere costituite da gauges cataclastici. Alla roccia di faglia si presume siano anche associate salbande di fratturazione con giunti di fratturazione più o meno pervasivi. Più in dettaglio è verosimile che le caratteristiche delle zone di faglia varino in maniera sensibile a seconda delle caratteristiche reologiche del litotipo interessato; in generale, le faglie maggiori hanno un'espressione molto netta nelle rocce con comportamento più rigido, ove genereranno breccie cataclastiche sovente associate a gouge argilloso, per potenze che potranno variare fino a 5 metri ca.; nei micascisti e gneiss del complesso di Ambin le strutture dovrebbero tendere ad avere un'espressione minore, con piani di faglia irregolari e minore sviluppo di rocce di faglia, poiché i litotipi tendono ad accomodare parte della deformazione tramite la flessione dei livelli micacei.

I bordi della zona di fratturazione associata alle faglie sono in questi litotipi piuttosto netti, ovvero la fratturazione decresce rapidamente allontanandosi dal piano di faglia principale, per passare ad un ammasso roccioso meno fratturato.

#### 4 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

Ad eccezione del primo tratto di cunicolo, dove non è prevista la realizzazione di alcuna nicchia, che è stato scavato entro i depositi superficiali quaternari caratterizzati quindi da una circolazione d'acqua di tipo primaria per porosità, il resto del cunicolo, dove sono previste tutte le nicchie in Progetto, ha interessato il substrato roccioso, caratterizzato invece da una circolazione d'acqua di tipo secondario, ossia per fratturazione.

Lo scavo del Cunicolo esplorativo ha permesso di raccogliere una buona mole di dati che, uniti all'assetto geologico strutturale conosciuto dalle fasi progettuali precedenti, hanno permesso di verificare più in dettaglio il quadro della circolazione idrica presente nel massiccio roccioso del Complesso di Ambin e del Complesso di Clarea interessato dallo scavo delle nicchie in Progetto.

In definitiva le manifestazioni idriche registrate in galleria non sono state di elevata intensità e non è stata incontrata nessuna struttura idrogeologica di particolare rilevanza. Tale dato è confortante in quanto l'asse del tracciato ha sotto attraversato il torrente Clare (coperture inferiori a 300m) senza registrare particolari criticità di carattere idrogeologico.

Per maggiori dettagli si rimanda al successivo capitolo 5.3 "Idrogeologia di dettaglio".

## 5 DESCRIZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E STRUTTURALE DI DETTAGLIO

Nel presente capitolo saranno descritte in dettaglio le caratteristiche geologiche, idrogeologiche e strutturali dei terreni incontrati durante lo scavo del cunicolo esplorativo Maddalena, desumibili dai documenti di as built. Tali informazioni saranno inoltre maggiormente dettagliate per ciascuna nicchia prevista.

### 5.1 Geologia di dettaglio

Lo scavo del cunicolo della Maddalena ha coinvolto nella sua parte iniziale materiali sciolti di origine glaciale e fluvioglaciale e litotipi di diversa natura, principalmente calcarei, per interessare successivamente i litotipi del Complesso di Ambin e, nella parte centrale, dalle rocce corrispondenti al Complesso di Clarea.

Nel dettaglio nel tratto scavato in tradizionale (fino alla progressiva Km 0+198), per i primi 97m circa, sono stati intercettati depositi sciolti rappresentati da depositi glaciali e fluvioglaciali, incontrando successivamente litotipi di diversa natura rappresentati dalle carniole, afferenti agli orizzonti tettonici di scollamento, dolomie e marmi dolomitici, verosimilmente afferenti all'Unità tettonica del Gad e micascisti e scisti carbonatici, verosimilmente riconducibili a un lembo di copertura mesozoica dell'Ambin. L'attribuzione degli scisti/micascisti carbonatici alle coperture dell'Ambin non è tuttavia certa e non si può escludere che tali litotipi possano anche far riferimento ai calcescisti dell'Unità Puys-Venaus (GCC).

In generale lo scavo di questo settore, dove non è prevista alcuna nicchia, non ha comportato particolari problemi sia in termini geotecnici/geomeccanici che idrogeologici.

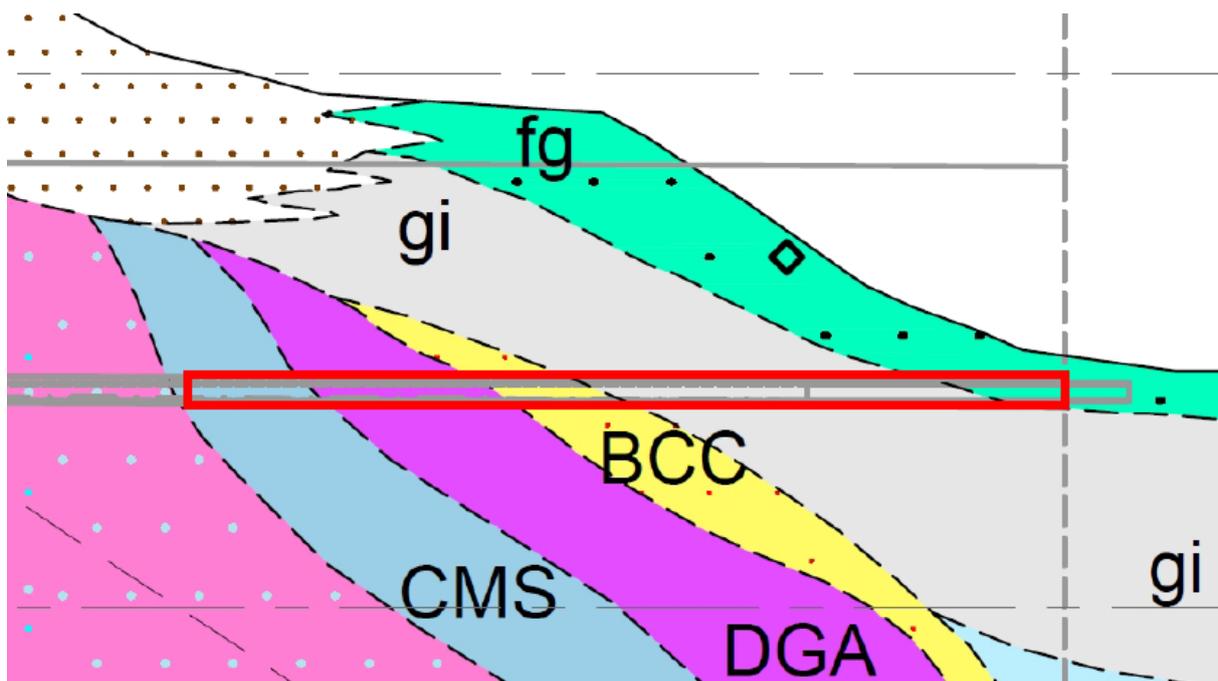
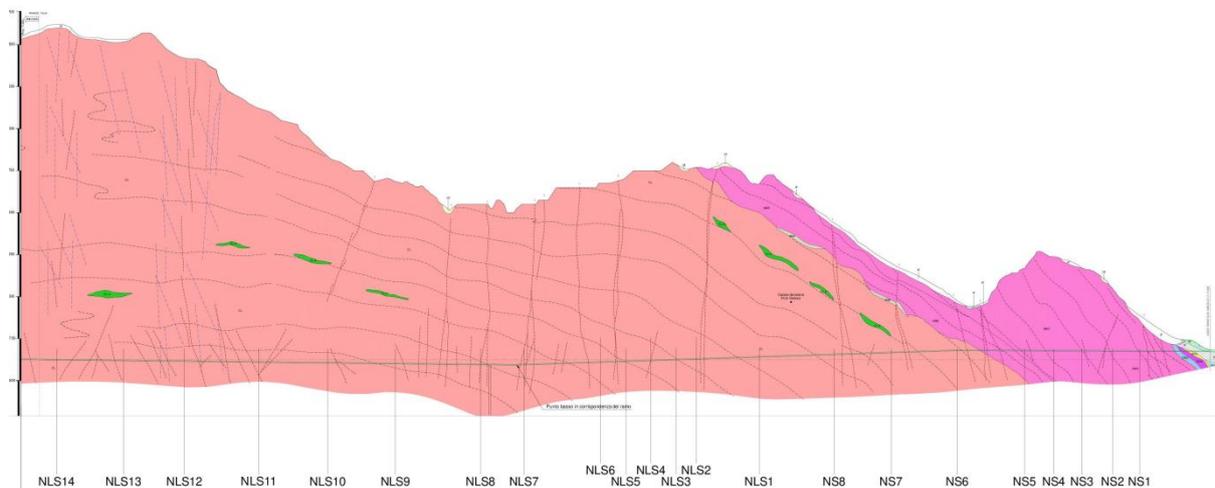


Figura 1 – Stralcio del profilo geologico (in rosso il tratto scavato in tradizionale)

Il tratto successivo, scavato con metodo meccanizzato, ha interessato la struttura a duomo costituita nella parte più esterna dai litotipi del Complesso di Ambin e nella parte centrale dalle rocce corrispondenti al Complesso di Clarea.

Nel dettaglio tra le progressive Km 0+198 e 1+148 (nicchie da NS1 a NS5) sono stati attraversati gli gneiss aplitici, di colore da grigio scuro a grigio chiaro, fino a verde chiaro per presenza di clorite. Queste rocce di origine metamorfica presentano grana medio fine, struttura eteroblastica e tessitura da isotropa a debolmente foliata, per effetto dell'alternanza di livelli sialici di quarzo e subordinatamente feldspati e livelli lepidoblastici di mica bianca. Le principali famiglie di giunti e faglie risultano orientate circa sub-parallele ai piani di scistosità. Lungo il settore compreso tra le pk 0+950 e 1+050 (nessuna nicchia) è presente un tratto, di circa 100 m, caratterizzato da alternanze tra gneiss albitici minuti e micascisti quarzosi. Nel settore compreso tra pk 1+050 e 1+148 (nicchia NS5) la fratturazione risulta essere più marcata.



**Figura 2 – Profilo geologico**

Nei successivi 202 m (tra progressive Km 1+148 e 1+350 – nessuna nicchia) sono stati incontrati i litotipi rappresentati dagli gneiss albitici minuti (granofels ad albite, quarzo e fengite) passanti a micascisti quarzosi. In generale la roccia è di colore scuro, a grana medio fine, tessitura in genere foliata dovuta all'alternanza di livelli di scisti nerastri intensamente laminati con gneiss minuti, micascisti e vene di quarzo. Il contatto con i precedenti gneiss aplitici è risultato essere di tipo tettonico duttile.

A partire dalla pk 1+350 (dalla nicchia NS6 in poi) il Cunicolo esplorativo ha intercettato micascisti grigio scuri, i micascisti quarzosi e gli gneiss minuti (a glaucofane più o meno albitizzati) del Complesso di Clarea.

Il passaggio tra il Complesso di Ambin e quello di Clarea è caratterizzato da una zona con intensa fratturazione (nessuna nicchia interessata).

Si segnala inoltre che, durante lo scavo del Cunicolo, non sono state incontrate o attraversate le lenti di metabasiti segnalate in letteratura e in taluni casi rinvenute in affioramento in superficie entro i litotipi del Complesso di Clarea.

Focalizzando l'attenzione sulle sole nicchie, nella seguente Tabella 1 si riporta una sintesi delle principali caratteristiche geologiche individuate nei tratti di cunicolo in cui verranno realizzati gli scavi di allargo.

Nicchia	Pk inizio	Pk fine	Formazione	Copertura	Faglie e zone tettonizzate	Criticità geologiche
NS 1	385	415	AMBIN	195 - 215	Locali	Non rilevate
NS 2	544	596	AMBIN	335-400	Locali	Non rilevate
NS 3	725	755	AMBIN	475-495	Non rilevate	Non rilevate
NS 4	892.5	927.5	AMBIN	550-560	Zone con fratturazione spaziata ma persistente (parte finale - 12m)	Non rilevate
NS 5	1065	1095	AMBIN	485-520	Zone con fratturazione spaziata ma persistente (18m)	Non rilevate
NS 6	1462.5	1497.5	CLAREA	275-295	Zone con fratturazione spaziata ma persistente (12m)	Non rilevate
NS 7	1854	1906	CLAREA	515-550	Faglie locali	Non rilevate
NS 8	2180	2245	CLAREA	761 - 810	Zone con fratturazione spaziata ma persistente (parte iniziale - 26m)	Non rilevate
NLS 1	2632	2667	CLAREA	1025-1060	Non rilevata	Non rilevate
NLS 2	3005	3040	CLAREA	1130-1135	Non rilevata	Temperature > 30° (ultimi 5m)
NLS 3	3123	3158	CLAREA	1145-1165	fratturazione spaziata ma persistente	Temperature > 30°
NLS 4	3272	3307	CLAREA	1120-1130	fratturazione spaziata ma persistente. Faglie e zone tettonizzate ultimi 21 m	Temperature > 30°
NLS 5	3421	3456	CLAREA	1085-1120	fratturazione spaziata ma persistente 22m	Temperature > 30°
NLS 6	3570	3605	CLAREA	1060	Zone con fratturazione spaziata ma persistente (ultimi 9m)	Temperature > 30°
NLS 7	4022.5	4057.5	CLAREA	950	Faglie e zone tettonizzate 7m	Temperature > 30°
NLS 8	4279.5	4314.5	CLAREA	950	fratturazione spaziata ma persistente. Faglie e zone tettonizzate 22 m	Temperature > 30°
NLS 9	4782.5	4817.5	CLAREA	1075-1085	Non rilevate	Temperature > 30°
NLS 10	5182.5	5217.5	CLAREA	1210-1235	Zone con fratturazione spaziata ma persistente (primi 16.5 m)	Temperature > 30°
NLS 11	5582.5	5617.5	CLAREA	1470-1505	Zone con fratturazione spaziata ma persistente (primi 6.5 m). Faglie e zone tettonizzate 20.5m	Temperature > 30°
NLS 12	6022.5	6057.5	CLAREA	1795-1800	Zone con fratturazione spaziata ma persistente (Ultimi 17.5m)	Temperature > 30°
NLS 13	6382.5	6417.5	CLAREA	1905-1910	Non rilevate	Temperature > 30°
NLS 14	6760	6795	CLAREA	1985-1995	Faglie e zone tettonizzate 2m	Temperature > 30°

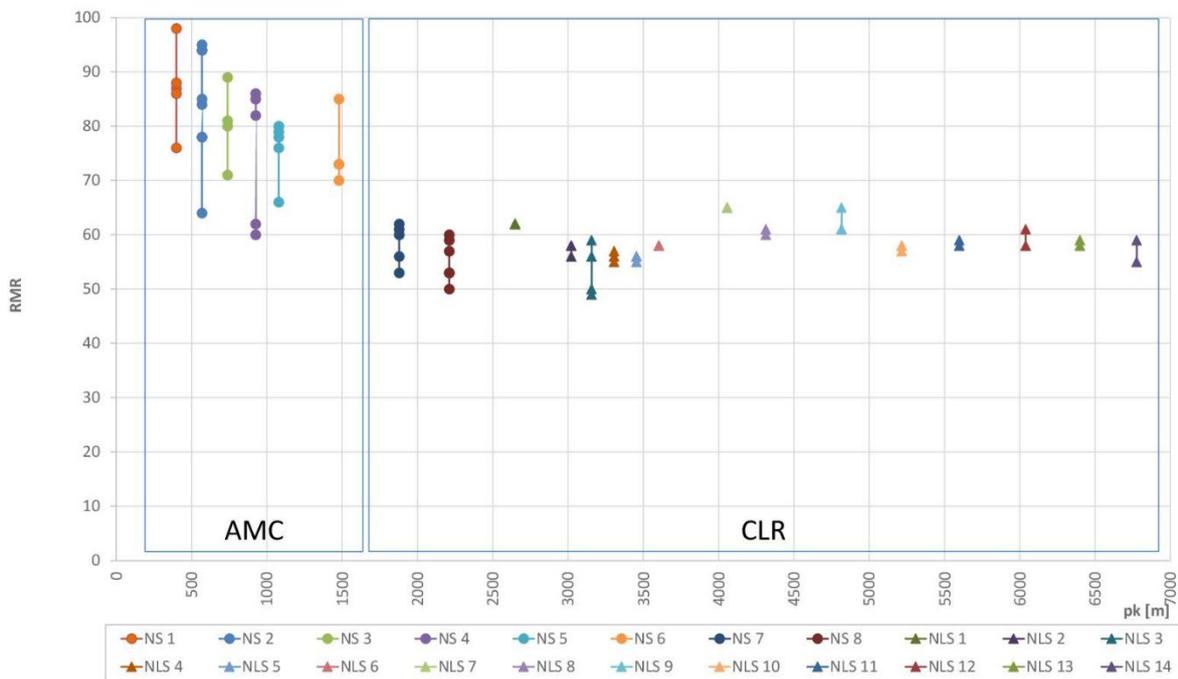
Tabella 1 – Sintesi geologia nicchie

## 5.2 Assetto strutturale di dettaglio

In questo paragrafo saranno sintetizzati in dettaglio per ciascuna nicchia i principali dati strutturali ricavati dai numerosi rilievi geologici e geomeccanici delle superfici di scavo,

eseguiti in continuo lungo tutto il cunicolo esplorativo. Per maggiori dettagli si rimanda alla relazione geomeccanica (elaborato 04A\_1735700\_OO--\_0\_Z\_E\_RE\_GE\_0702\_0).

Nel grafico di Figura 3 è presentato il dettaglio della distribuzione delle classi di RMR di Bieniawsky (1989) per tutte le nicchie in Progetto. I valori di RMR più elevati sono associati agli gneiss aplitici (AMC), che in generale presentano struttura massiva ed elevata resistenza. In corrispondenza dei micascisti di Clarea (CLR) si registra una diminuzione dell'indice di qualità della roccia, verosimilmente legata al maggiore carattere scistoso e micaceo delle rocce, ad un generale maggior grado di fratturazione dell'ammasso con sistemi di discontinuità sovente impostati lungo la stessa foliazione. Il valore RMR rimane tuttavia sufficientemente elevato ( $> 50$ ), rientrando nella classificazione di "roccia buona".

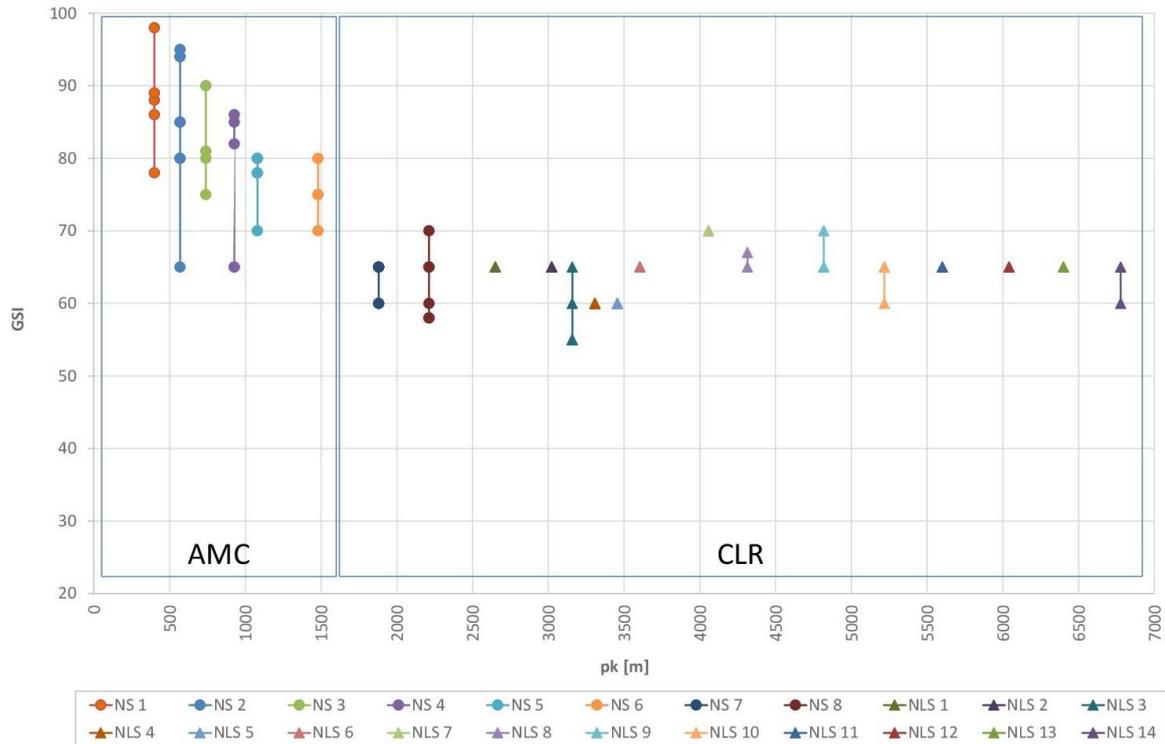


**Figura 3 – Distribuzione dei valori di RMR di Bieniawsky (1989) e delle classi di qualità valutati per ciascuna nicchia**

Nei rilievi geologici dei paramenti eseguiti in avanzamento, oltre alle diverse caratteristiche strutturali che hanno permesso di calcolare il valore dell'indice RMR di Bieniawsky, sono anche stati stimati i valori di GSI (Geological Strength Index) lungo i diversi settori di ammasso roccioso.

La distribuzione dei diversi valori di GSI, stimati per ciascuna nicchia, è riportata nella seguente Figura 4.

Anche per il valore di GSI, la cui distribuzione lungo il tracciato del cunicolo risulta essere coerente con quello del RMR, si registrano i valori più elevati nella prima tratta dove lo scavo ha interessato gli gneiss aplitici (AMC), mentre valori inferiori sono stati rilevati in corrispondenza dei micascisti di Clarea (CLR).



**Figura 4 – Distribuzione dei valori di GSI rilevati in corrispondenza delle future nicchie**

In avanzamento allo scavo sono stati eseguiti una serie di prove di PLT (Point Load Test) su diversi provini di roccia, eseguite sia in direzione parallela che ortogonale alla scistosità principale. Dai diversi valori di PLT sono stati successivamente ricavati i valori di  $\sigma_c$  medio, parallelo e ortogonale alla scistosità.

Per i litotipi AMC, e in parte gli AMD, non sono definiti valori di  $\sigma_c$  orientato (parallelo e ortogonale) a causa della foliazione mal definita e della sostanziale anisotropia dei litotipi. La distribuzione dei valori di  $\sigma_c$  è riportata nei grafici delle figure seguenti.

Appare evidente, come è naturale aspettarsi, che i valori di resistenza alla compressione ortogonali alla foliazione (Figura 7) sono più elevati rispetto a quelli misurati in direzione parallela (Figura 6).

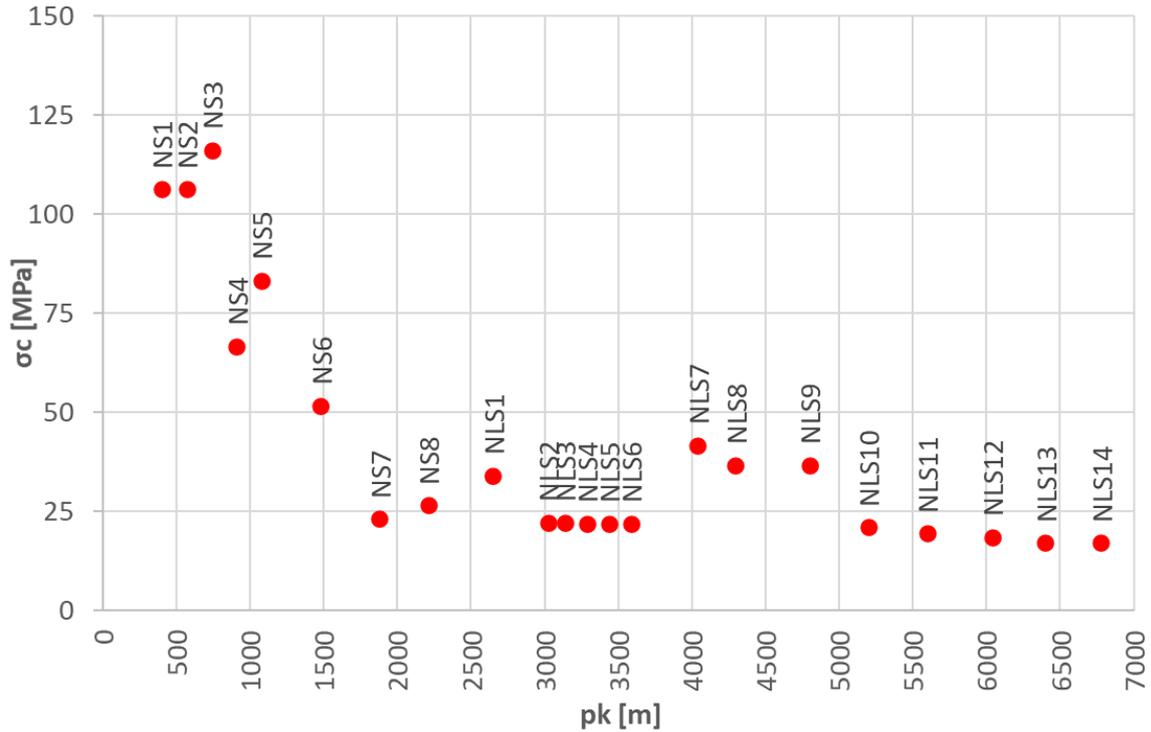


Figura 5 – Distribuzione dei valori di  $\sigma_c$  medio ricavato dalle prove di PLT (Point Load Test) eseguiti in corrispondenza delle future nicchie.

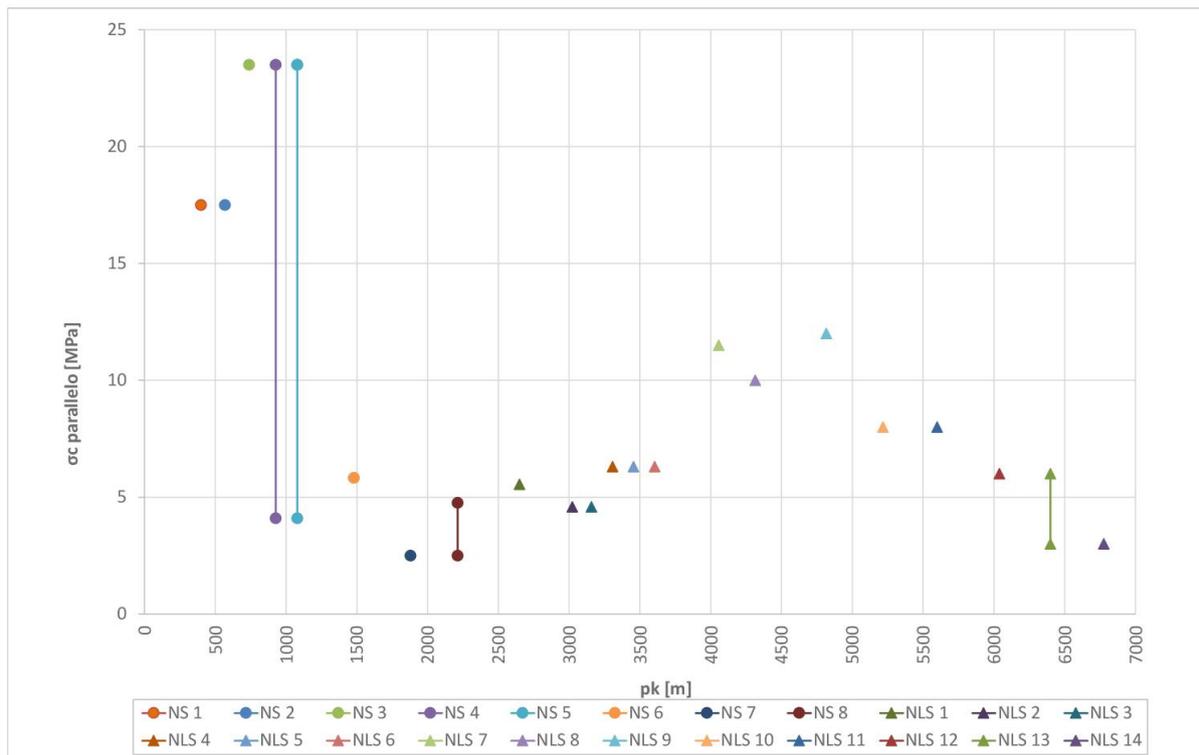


Figura 6 – Distribuzione dei valori di  $\sigma_c$  parallelo alla scistosità principale ricavato dalle prove di PLT (Point Load Test) eseguiti in corrispondenza delle future nicchie

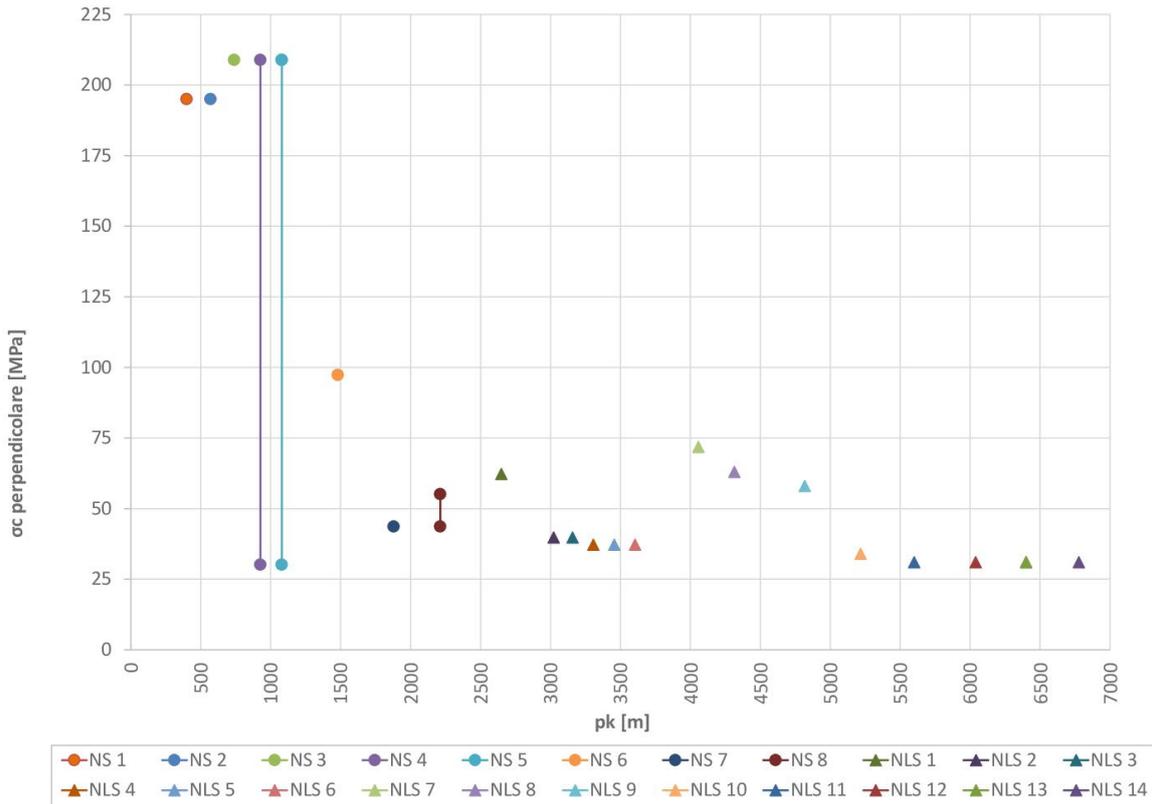


Figura 7 – Distribuzione dei valori di  $\sigma_c$  ortogonale alla scistosità principale ricavato dalle prove di PLT (Point Load Test) eseguiti in corrispondenza delle future nicchie.

Nella tabella seguente si riporta una sintesi delle considerazioni espresse.

Geologia	Litotipo	Classe geomeccanica	RMR	GSI	$\sigma_c$ [MPa]
Complesso di Ambin	AMC - Gneiss Aplitici	da I a III (II prevalente)	$52 \leq RMR \leq 98$	$54 \leq GSI \leq 98$ valore medio 76,5	$68 \leq \sigma_{c \text{ medio}} \leq 251$
	AMD - Gneiss albitici passanti a micascisti quarzosi	da II a IV (III prevalente)	$40 \leq RMR \leq 66$	$43 \leq GSI \leq 70$ valore medio 53,5	$70 \leq \sigma_{c \text{ medio}} \leq 149$
Complesso di Clarea	CLR - Micascisti e gneiss minuti più o meno albitizzati	da I a IV (III prevalente)	$34 \leq RMR \leq 85$	$30 \leq GSI \leq 85$ valore medio 64	$60 \leq \sigma_{c \text{ medio}} \leq 255$

Tabella 2 – Sintesi geomeccanica

Nella seguente Tabella 3 si riporta una sintesi delle principali caratteristiche geomeccaniche individuate nei tratti di cunicolo in cui verranno realizzati gli scavi di allargo.

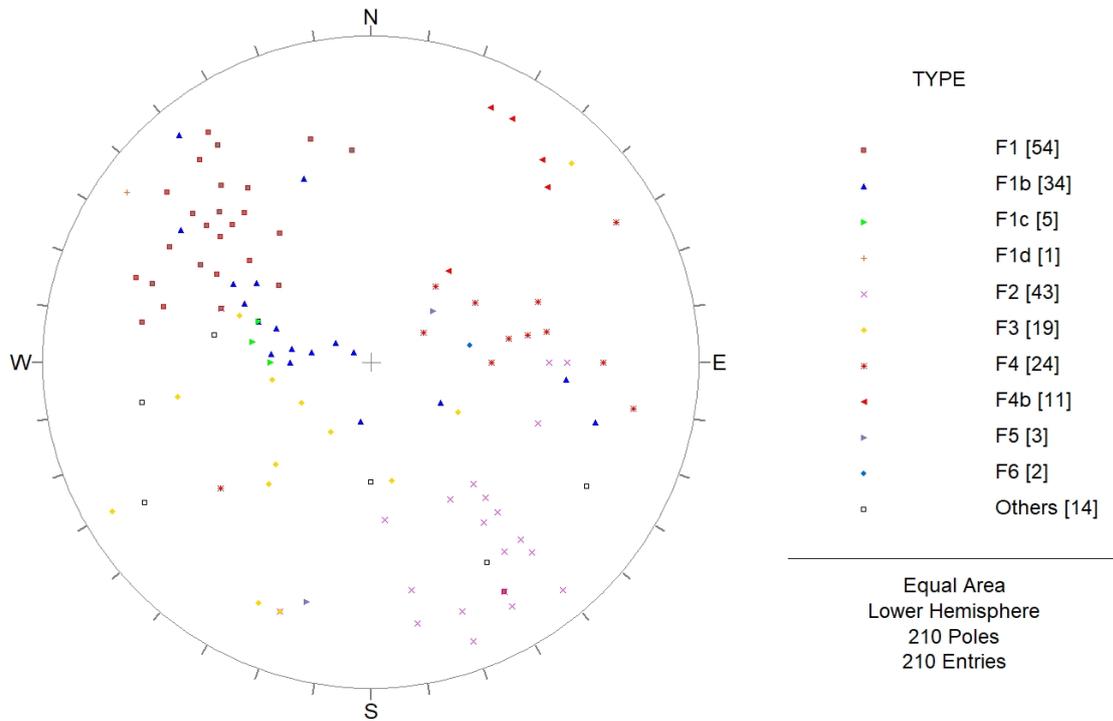
Nicchia	Pk inizio	Pk fine	Formazione	Copertura	RMR	GSI	Fenomeni di instabilità	Resistenza a compressione $\sigma_c$ [MPa]	m Hoek e Brown
NS 1	385	415	AMBIN	195 - 215	76 87 88 98 86	78 88 89 98 86	Non rilevati	17.5 - 195	4.1 - 11.2
NS 2	544	596	AMBIN	335-400	94 95 94 84 85 78 78 64	94 95 94 85 85 80 80 65	Distacco di cunei tra 576 e 582	17.5 - 195	4.1 - 11.2
NS 3	725	755	AMBIN	475-495	71 80 81 89	75 80 81 90	Non rilevati	23.5 - 208.9	4.4 - 10.4
NS 4	892.5	927.5	AMBIN	550-560	86 82 85 60 62	86 82 85 65 65	Distacco di cunei tra 904 e 909	23.5 - 208.9 4.09 - 30.1	4.4 - 10.4 1.17 - 2
NS 5	1065	1095	AMBIN	485-520	80 78 76 66 79	80 78 78 70 80	Distacco di cunei tra 1086 e 1093	23.5 - 208.9 4.09 - 30.1 23.5 - 208.9	4.4 - 10.4 3.1 - 3.5 4.4 - 10.4
NS 6	1462.5	1497.5	CLAREA	275-295	85 70 73 73	80 70 75 75	Distacco di cunei tra 1466 e 1478	5.82 - 97.29	4.11 - 7.02
NS 7	1854	1906	CLAREA	515-550	62 61 56 53 60	65 65 60 60 65	Distacco di cunei per tutto lo sviluppo	2.49 - 43.62	1.40 - 2.39
NS 8	2180	2245	CLAREA	761 - 810	53 50 57 53 60 59	58 58 70 60 65 65	Distacco di cunei tra 2180 e 2184	2.49 - 43.62 4.75-55.09	1.40 - 2.39 1.40-2.01
NLS 1	2632	2667	CLAREA	1025-1060	62 62 62 62	65 65 65 65	Non rilevati	5.55 - 62.24	1.80 - 3.08
NLS 2	3005	3040	CLAREA	1130-1135	58 58 56	65 65 65	Distacco di cunei tra 3027 e 3040	4.58 - 39.75	1.68 - 2.58
NLS 3	3123	3158	CLAREA	1145-1165	59 56 50 49	65 60 55 55	Distacco di cunei per tutto lo sviluppo	4.58 - 39.75 4.99-17.7	1.68 - 2.58 1.4-1.4
NLS 4	3272	3307	CLAREA	1120-1130	57 56 55	60 60 60	Non rilevati	6.30 - 37.20	1.56 - 2.58
NLS 5	3421	3456	CLAREA	1085-1120	56 56 55 56	60 60 60 60	Distacco di cunei tra 3421 e 3430 Distacco di cunei tra 3440 e 3456	6.30 - 37.20	1.56 - 2.58
NLS 6	3570	3605	CLAREA	1060	58 58 58	65 65 65	Distacco di cunei per tutto lo sviluppo	6.30 - 37.20	1.56 - 2.58
NLS 7	4022.5	4057.5	CLAREA	950	65 65 65	70 70 70	Non rilevati	11.50-71.85	2.58-4.84
NLS 8	4279.5	4314.5	CLAREA	950	60 61	65 67	Non rilevati	10.00-63.00	2.6-4.5
NLS 9	4782.5	4817.5	CLAREA	1075-1085	65 61 61	70 65 65	Distacco di cunei per tutto lo sviluppo	12.00-58.00	2.6-4.5
NLS 10	5182.5	5217.5	CLAREA	1210-1235	57 58 58	65 65 60	Distacco di cunei per tutto lo sviluppo	8.00-34.00	1.7-2.6
NLS 11	5582.5	5617.5	CLAREA	1470-1505	59 58	65 65	Distacco di cunei per tutto lo sviluppo	8.00-31.00	1.7-2.6
NLS 12	6022.5	6057.5	CLAREA	1795-1800	61 58	65 65	Distacco di cunei per tutto lo sviluppo	6.00-31.00	1.7-2.6
NLS 13	6382.5	6417.5	CLAREA	1905-1910	59 58	65 65	Distacco di cunei per tutto lo sviluppo	3.00-31.00	1.4-2.6
NLS 14	6760	6795	CLAREA	1985-1995	59 55	65 60	Distacco di cunei per tutto lo sviluppo	3.00-31.00	1.4-2.6

Tabella 3 – Sintesi geomeccanica Nicchie

Sono stati analizzati tutti i numerosi dati geostrutturali disponibili, in particolare sono stati presi in considerazione quelli in corrispondenza delle nicchie in progetto.

Sono state analizzate e processate un totale di 210 giaciture, estratte da 58 rilievi geostrutturali.

Nella figura seguente si riporta la proiezione stereografica di tutte le giaciture analizzate, dove sono state differenziate graficamente in funzione della famiglia di appartenenza riportata nelle schede geostrutturali.



**Figura 8: proiezione stereografica di tutti i dati geostrutturali analizzati.**

Appare abbastanza evidente dallo stereogramma una certa dispersione delle giaciture all'interno delle medesime famiglie di discontinuità.

Nella seguente tabella si riportano tutti i dati ritenuti utili, suddivisi per ogni singola nicchia.

Nicchia	Rilievo n°	Pk [m]	Copertura [m]	Direzione [°]	Inclinaz. [°]	RMR	GSI	$\sigma_c$ [Mpa]	Venute [l/s]	disc	Spaziatura [cm]	Persistenza [m]	dip dir	dip	JRC	Alteraz.
NS 1	42	392	193	306	179.71	76	78	162	1	F1	10-15	3-10	330	70	12	mod
										F5		3-10	230	20	12	mod
										FAGLIA			100	40	8	mod
	43	399	206	306	179.71	87	88	219	0.1	F1		3-10	140	50	12	n.a.
										FAGLIA				100	40	12
NS 2	44	408	211	306	179.71	88	89	158	0.3	F1		3-10	110	60	12	n.a.
										FAGLIA			110	30	12	n.a.
	45	414	215	306	179.71	98	98	217	0	F1	> 200	1	105	55	12	n.a.
	60	545	335	310	179.71	94	94	129	0	F7		1	58	70	8	n.a.
										F1	> 200	1-3	120	45	12	n.a.
	61	555	349	310	179.71	95	95	172	0	F1	> 200	1-3	120	45	12	n.a.
	62	560	354	310	179.71	94	94	162	0	F1	> 200	3-10	165	60	12	n.a.
	63	569	366	310	179.71	84	85	122	0	F2	100-200	1-3	330	75	12	n.a.
	64	576	376	313	179.71	85	85	135	0	F1	> 200	3-10	175	55	12	n.a.
	65	582	382	314	179.71	78	80	121	0.1	F1	100-200	3-10	140	70	12	mod
										F2		3-10	320	60	16	deb
										F3		3-10	80	50	16	deb
										F4		1-3	50	50	12	mod
66	589	390	314	179.71	78	80	134	0.5	F1	> 200	3-10	140	70	12	deb	
									F3	20-60	1-3	40	40	12	n.a.	
									FAGLIA		3-10	100	40	12	deb	
67	598	406	314	179.71	64	65	115	1	F1	20-60	1-3	100	60	12	deb	
									F2	20-60	1-3	330	40	12	deb	
									Faglia 1		3-10	100	40	12	deb	
									Faglia 2		3-10	330	60	12	deb	
NS 3	79	730	482	318	179.71	71	75	118	0.2	F2	150	3-10	110	40	8	n.a.
	80	736	483	318	179.71	80	80	143	0	F1	> 200	3-10	145	75	12	n.a.
										F2	> 200	3-10	110	40	8	deb
	81	743	487	318	179.71	81	81	173	0	F2	> 200	3-10	110	40	8	deb
	82	755	493	319	179.71	89	90	158	0.1	F1	> 200	3-10	140	70	8	n.a.
									F2	> 200	3-10	330	70	12	deb	
NS 4	98	893	553	320	179.71	86	86	163	0	F3		1-3	110	35	8	deb
										F1	> 200	1-3	120	60	8	deb
										F2	> 200	1-3	350	70	8	n.a.
										F3	> 200	< 1	60	20	8	deb
										F4	> 200	1-3	240	15	8	n.a.
	99	904	554	325	179.71	82	82	144	0	F1	100-200	1-3	120	45	8	deb
										F2	> 200	< 1	20	70	8	n.a.
										F3	> 200	1-3	60	20	8	deb
										F4	100-200	1-3	240	75	8	n.a.
	100	909	555	325	179.71	85	85	168	0	F1	> 200	< 1	120	45	8	deb
										F2	100-200	< 1	20	70	8	n.a.
										F3	100-200	< 1	60	20	8	deb
	101	922	556	325	179.71	60	65	116	1	F1	> 200	1-3	120	45	8	n.a.
									F2	100-200	3-10	340	80	12	deb	
									FR1		3-10	100	40	12	deb	
102	932	557	325	179.71	62	65	130	0.5	F2	100-200	3-10	340	70	8	deb	
									FR1		3-10	100	40	12	deb	
NS 5	117	1066	521	330	179.71	80	80	169	0	F1	> 200	3-10	130	50	12	n.a.
										F3	100-200	1-3	225	75	8	pocco
	118	1079	504	332	179.71	78	78	135	0	F1	100-200	3-10	120	45	12	pocco
										F1b	> 200	3-10	140	80	8	n.a.
	119	1086	490	332	179.71	76	78	120	0.5	F1	100-200	3-10	130	55	8	pocco
	120	1093	486	332	179.71	66	70	152	0.1	F1	> 200	3-10	130	30	8	deb
										F1b	100-200	3-10	160	50	8	deb
										F2	> 200	3-10	320	80	12	deb
									F3		1-3	60	80	8	n.a.	
121	1102	483	332	179.71	79	80	156	0.1	F1	> 200	3-10	130	70	12	pocco	
									F2	> 200	1-3	320	60	8	n.a.	
NS 6	159	1466	278	333	179.71	85	80	177	0	F1	100-200	3-10	120	50	8	n.a.
										F1b	100-200	3-10	115	35	8	n.a.
										F5		< 1	15	65	8	n.a.
	160	1478	301	333	179.71	70	70	86	0	F1	> 200	3-10	135	55	8	n.a.
										F1b	50-100	3-10	125	35	8	n.a.
										F3		< 1	300	25	8	n.a.
										F4		1-3	220	25	8	n.a.
										F5		< 1	15	65	12	n.a.
	161	1490	301	333	179.71	73	75	95	0	F1	100-200	3-10	135	55	8	n.a.
										F1b	> 200	3-10	125	35	8	n.a.
										F2		3-10	340	80	8	n.a.
										F6		1-3	260	25	12	n.a.
										F7		< 1	80	60	12	n.a.
162	1502	302	333		73	75	87	0	F1	> 200	3-10	135	55	8	n.a.	
									F1b	100-200	3-10	125	35	8	n.a.	
									F3		< 1	30	20	12	n.a.	
									F6		3-10	260	25	12	n.a.	
192	1858	515	333	2.28	62	65	139	0	F1	50-100	3-10	130	40	8	n.a.	
									F1b	50-100	3-10	275	50	8	n.a.	
									F2	50-100	1-3	350	60	8	n.a.	
									F4	50-100	3-10	240	30	8	n.a.	
									F3		1-3	80	25	8	n.a.	
193	1868	521	333	2.28	61	65	129	0	F1	50-100	3-10	130	40	8	n.a.	
									F1b	50-100	3-10	275	50	8	n.a.	
									F2	50-100	1-3	350	60	8	n.a.	
									F4	50-100	3-10	240	30	8	n.a.	
									F3		1-3	80	25	8	n.a.	

Nicchia	Rilievo n°	Pk [m]	Copertura [m]	Direzione [°]	Inclinaz. [°]	RMR	GSI	$\sigma_c$ [Mpa]	Venute [l/s]	disc	Spaziatura [cm]	Persistenza [m]	dip dir	dip	JRC	Alteraz.	
NS 7	194	1884	531	333	2.28	56	60	124		F1	50-100	3-10	130	40	8	n.a.	
										F1b	20-50	3-10	275	50	8	n.a.	
										F2	50-100	1-3	350	60	8	n.a.	
										F4	100-200	3-10	240	30	8	n.a.	
	195	1896	539	333	2.28	53	60	85			F3		1-3	80	25	8	n.a.
											F1	50-100	3-10	145	40	8	n.a.
											F1b	20-50	3-10	285	60	8	deb
											F2		1-3	350	60	8	n.a.
	196	1911	549	333	2.28	60	65	97			F4		3-10	240	30	8	n.a.
											F1	50-100	3-10	145	40	8	n.a.
											F1b	20-50	3-10	285	60	8	deb
											F2		1-3	350	60	8	n.a.
NS 8	224	2184	757	333	2.28	53	58	145	0.2	F4		3-10	240	30	8	n.a.	
										Faglia		3-10	130	60	8	deb	
										F1	50-100	3-10	130	60	8	n.a.	
										F1b	20-50	3-10	110	30	8	n.a.	
	225	2196	765	333	2.28	50	58	152	0.5		F2	100-200	1-3	320	65	8	n.a.
											F4		1-3	260	45	8	n.a.
											F1	50-100	3-10	145	70	8	n.a.
											F1b	20-50	3-10	110	25	8	n.a.
	226	2207	773	333	2.28	57	70	162	2		F2	100-200	1-3	320	60	8	n.a.
											F4		1-3	260	35	8	n.a.
											F1	100-200	3-10	145	70	8	n.a.
											F1b	100-150	3-10	95	25	8	n.a.
227	2223	783	333	2.28	53	60	138	2		F2	100-200	1-3	320	60	8	n.a.	
										F1	100-200	3-10	145	70	8	n.a.	
										F1b	50-100	3-10	95	25	8	n.a.	
										F2	100-200	1-3	320	60	8	n.a.	
228	2236	792	333	2.28	60	65	174			F4		3-10	240	30	8	n.a.	
										F1	100-200	3-10	145	70	8	n.a.	
										F1b	50-100	3-10	95	25	8	n.a.	
										F2	100-200	1-3	320	60	8	n.a.	
229	2246	803	333	2.28	59	65	143	0.2		F1	100-200	3-10	145	70	8	n.a.	
										F1b	50-100	3-10	95	25	8	n.a.	
										F2	>200	1-3	320	60	8	n.a.	
										F4		1-3	250	45	8	n.a.	
NLS 1	258	2633	1058	333	2.28	62	65	168		F1	100-200	3-10	145	55	6	n.a.	
										F1b	100-200	3-10	120	40	6	n.a.	
										F2	100-200	3-10	320	45	8	n.a.	
										F4	100-200	1-3	270	60	8	n.a.	
	259	2643	1046	333	2.28	62	65	168	0.1		F1c		3-10	90	25	6	n.a.
											F3		1-3	43	35	8	n.a.
											F1	100-200	3-10	145	55	6	n.a.
											F1b	100-200	3-10	120	40	6	n.a.
	260	2655	1031	333	2.28	62	65	182	0.1		F2	100-200	3-10	320	45	8	n.a.
											F4	100-200	1-3	270	60	8	n.a.
											F1c		3-10	90	25	6	n.a.
											F1	100-200	3-10	145	55	6	n.a.
261	2667	1023	333	2.28	62	65	180	0.1		F1b	100-200	3-10	120	40	6	n.a.	
										F2	100-200	3-10	320	45	8	n.a.	
										F4	100-200	1-3	260	35	8	n.a.	
										F1	100-200	3-10	145	55	6	n.a.	
NLS 2	286	3017	1137	333	2.28	58	65	160	0.1	F1b	100-200	3-10	120	40	6	n.a.	
										Faglia 1		3-10	300	65	6	deb	
										Faglia 2		3-10	140	70	6	deb	
										F1	100-200	1-3	140	70	6	n.a.	
	287	3027	1137	333	2.28	58	65	158			F1b	50-100	3-10	125	60	8	n.a.
											F2	100-200	3-10	290	45	8	n.a.
											F4		1-3	270	30	8	n.a.
											F4b		1-3	220	30	8	n.a.
	288	3042	1136	333	2.28	56	65	134			F1	100-200	3-10	140	60	6	n.a.
											F1b	50-100	3-10	120	10	8	n.a.
											F2	100-200	3-10	320	40	8	n.a.
											F4		1-3	270	30	8	n.a.
NLS 3	294	3110	1137	332	2.28	58	65	167		F1	100-200	3-10	140	60	6	n.a.	
										F1b	50-100	3-10	120	5	8	n.a.	
										F1c	100-200	3-10	110	30	8	n.a.	
										F2	100-200	1-3	320	50	8	n.a.	
	295	3122	1143	331	2.28	59	65	155	0.1		F4		3-10	260	40	8	n.a.
											F4b		1-3	220	70	6	n.a.
											F1	100-200	3-10	140	60	6	n.a.
											F1b	50-100	3-10	100	20	8	n.a.
	296	3133	1149	330	2.28	59	65	175			F2	100-200	1-3	320	50	8	n.a.
											F4		3-10	260	40	8	n.a.
											F4b		1-3	220	70	8	n.a.
											F1	100-200	3-10	140	60	6	n.a.

Nicchia	Rilievo n°	Pk [m]	Copertura [m]	Direzione [°]	Inclinaz. [°]	RMR	GSI	$\sigma_c$ [Mpa]	Venute [l/s]	disc	Spaziatura [cm]	Persistenza [m]	dip dir	dip	JRC	Alteraz.
	297	3143	1155	329	2.28	56	60	160		F1	100-200	3-10	140	60	6	n.a.
										F1b	50-100	3-10	100	20	8	n.a.
										F2	100-200	1-3	320	50	8	n.a.
										F4	100-200	3-10	260	40	8	n.a.
NLS 6	332	3580	1060	304	2.28	58	65	163		F1	100-200	3-10	145	55	8	poco
										F1b	50-100	3-10	100	15	8	n.a.
										F2	100-200	1-3	325	60	8	poco
										F3	100-200	3-10	20	70	8	poco
	333	3593	1061	303	2.28	58	65	164		F4b	100-200	3-10	210	75	8	poco
										F1	100-200	3-10	145	55	8	poco
										F1b	50-100	3-10	90	20	8	n.a.
										F2	>200	1-3	325	50	8	poco
	334	3605	1061	303	2.28	58	65	163	0.1	F3	100-200	3-10	25	70	8	poco
										F4b	100-200	3-10	210	75	8	poco
										F1	100-200	3-10	135	50	8	poco
										F1b	50-100	3-10	90	20	8	n.a.
NLS 7	368	4026	950	299	2.28	65	70	170		F2	100-200	1-3	325	50	8	poco
										F4b	50-100	3-10	210	75	8	poco
										F1	100-200	3-10	110	65	8	poco
										F1b	100-150	3-10	10	15	8	n.a.
	369	4042	951	299	2.28	65	70	171		F2	>200	1-3	270	50	8	poco
										F4b	100-200	3-10	205	75	8	poco
										F1d		1-3	125	80	8	poco
										F3		3-10	350	30	8	poco
	370	4060	951	299	2.28	65	70	172		Faglia		3-10	0	30	8	poco
										F1	100-200	3-10	110	40	8	poco
										F1b	100-150	3-10	10	15	8	n.a.
										F2	>200	1-3	270	45	8	poco
F4b										100-200	3-10	205	75	8	poco	
F3											1-3	350	30	8	poco	
F4											1-3	280	70	8	poco	
F1										100-200	3-10	110	40	8	poco	
F1b	100-150	3-10	10	15	8	n.a.										
F2	>200	1-3	270	45	8	poco										
F4b	100-200	3-10	205	75	8	poco										
F3		1-3	350	30	8	poco										

Tabella 4: sintesi dei dati geostrukturali impiegati

### 5.3 Idrogeologia di dettaglio

Lungo lo sviluppo del Cunicolo esplorativo le portate transitorie sono state, per la maggior parte dei casi, di qualche litro al secondo e solo tra le pk 2+600-2+750 sono state registrate portate maggiori (circa 10-15 l/s). Queste portate in fase di scavo si sono ridotte nell'arco di qualche settimana a pochi litri al secondo, con tassi di decrescita variabili da 50% a 90%.

Come indicato in Figura 9, si possono evidenziare lungo lo sviluppo del Cunicolo esplorativo tre scenari differenti con le caratteristiche indicate di seguito:

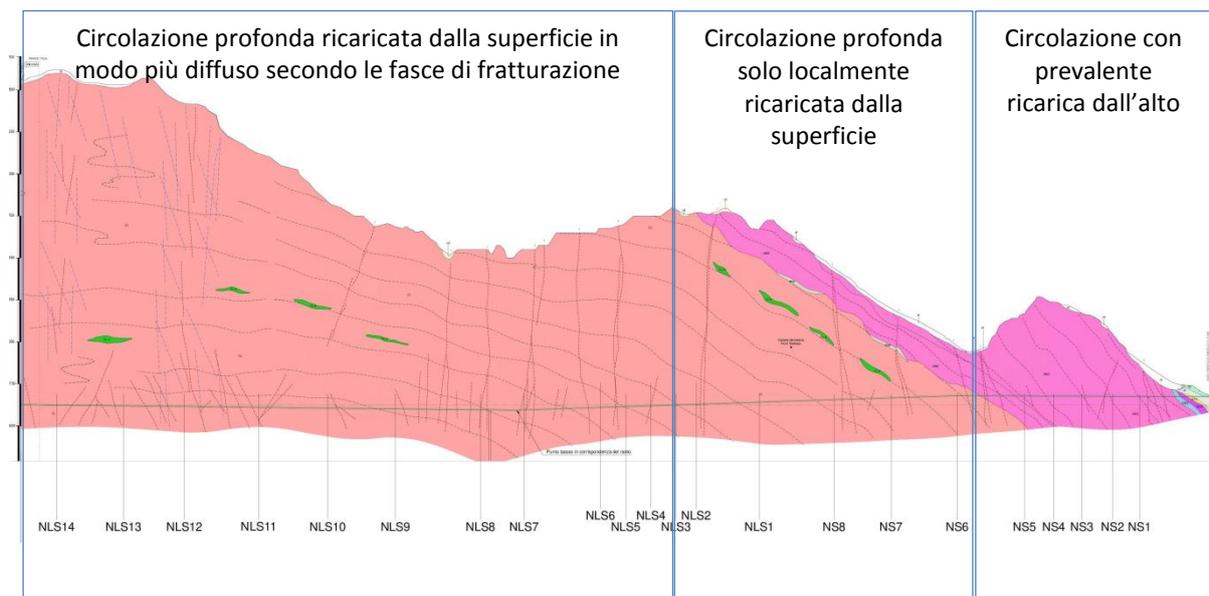


Figura 9 – Suddivisione della tratta per settori di circolazione idrica sotterranea

- **settore a bassa copertura:** circolazione con prevalente ricarica superficiale dove probabilmente le portate sono ancora influenzate, con tempi relativamente rapidi, dalle precipitazioni meteoriche;
- **settore di versante a copertura crescente:** circolazione profonda di acque lente cariche dove solo localmente le acque più fresche e giovani provenienti dall'infiltrazione superficiale si mischiano con quelle profonde. E' possibile che nei settori a minor copertura (fino alla pk 1500) la ricarica stagionale possa influenzare le portate in galleria;
- **settore di elevata copertura:** la circolazione profonda è poco sviluppata ma influenzata dalla infiltrazione di apporti superficiali lungo i fasci di fratturazione ad elevata persistenza orientati NE-SW. Le portate, una volta stabilizzate non risentono, se non in maniera marginale, degli eventi stagionali (scioglimento delle nevi, precipitazioni intense).

Nella seguente Tabella 5 sono sintetizzate le venute puntuali (in regime stabilizzato) misurate nel corso degli scavi in corrispondenza della posizione delle future nicchie.

Attualmente si misura in corrispondenza dell'imbocco una portata complessiva variabile tra 60 e 80 l/s.

Nicchia	Pk inizio	Pk fine	Formazione	Copertura	Venute d'acqua [l/s]
NS 1	385	415	AMBIN	195-215	0.1
NS 2	544	596	AMBIN	335-400	0.5
NS 3	725	755	AMBIN	475-495	Non rilevate
NS 4	892.5	927.5	AMBIN	550-560	0.2 0.3
NS 5	1065	1095	AMBIN	485-520	0.1 0.1 0.1
NS 6	1462.5	1497.5	CLAREA	275-295	Non rilevate
NS 7	1854	1906	CLAREA	515-550	0.2 0.1 venuta in foro cross-hole venuta in foro sparo TSP
NS 8	2180	2245	CLAREA	761 - 810	0.2 0.1 0.5 0.5 0.2 0.2 0.2 0.1 0.2 0.5 1 1 0.1
NLS 1	2632	2667	CLAREA	1025-1060	0.1 0.1 0.1 0.1 0.1
NLS 2	3005	3040	CLAREA	1130-1135	Non rilevata
NLS 3	3123	3158	CLAREA	1145-1165	Non rilevata
NLS 4	3272	3307	CLAREA	1120-1130	0.1 0.1 0.1
NLS 5	3421	3456	CLAREA	1085-1120	0.1
NLS 6	3570	3605	CLAREA	1060	0.1
NLS 7	4022.5	4057.5	CLAREA	950	Non rilevate
NLS 8	4279.5	4314.5	CLAREA	950	0.05 0.1 0.2 0.1 0.1
NLS 9	4782.5	4817.5	CLAREA	1075-1085	> 0.1
NLS 10	5182.5	5217.5	CLAREA	1210-1235	Non rilevate
NLS 11	5582.5	5617.5	CLAREA	1470-1505	0.4
NLS 12	6022.5	6057.5	CLAREA	1795-1800	0.1 0.1 0.1
NLS 13	6382.5	6417.5	CLAREA	1905-1910	Non rilevate
NLS 14	6760	6795	CLAREA	1985-1995	0.1

**Tabella 5 – Sintesi venute puntuali (in regime stabilizzato) misurate in corrispondenza della posizione delle nicchie**

## 6 ALLEGATI

ALLEGATO	TITOLO
1	Profilo Longitudinale Geologico, di indagini e di monitoraggio - Tratta scavata in tradizionale - AS BUILT
2	Profilo Longitudinale Geologico, di indagini e di monitoraggio - pk 0+198÷0+700 - AS BUILT
3	Profilo Longitudinale Geologico, di indagini e di monitoraggio - pk 0+700÷1+200 - AS BUILT
4	Profilo Longitudinale Geologico, di indagini e di monitoraggio - pk 1+200÷1+700 - AS BUILT
5	Profilo Longitudinale Geologico, di indagini e di monitoraggio - pk 1+700÷2+200 - AS BUILT
6	Profilo Longitudinale Geologico, di indagini e di monitoraggio - pk 2+200÷2+700 - AS BUILT
7	Profilo Longitudinale Geologico, di indagini e di monitoraggio - pk 2+700÷3+200 - AS BUILT
8	Profilo Longitudinale Geologico, di indagini e di monitoraggio - pk 3+200÷3+700 - AS BUILT
9	Profilo Longitudinale Geologico, di indagini e di monitoraggio - pk 3+700÷4+200 - AS BUILT
10	Profilo Longitudinale Geologico, di indagini e di monitoraggio - pk 4+200÷4+700 - AS BUILT
11	Profilo Longitudinale Geologico, di indagini e di monitoraggio - pk 4+700÷5+200 - AS BUILT
12	Profilo Longitudinale Geologico, di indagini e di monitoraggio - pk 5+200÷5+764.77 - AS BUILT
13	Profilo Longitudinale Geologico, di indagini e di monitoraggio - pk 5+764.77÷6+400 - AS BUILT
14	Profilo Longitudinale Geologico, di indagini e di monitoraggio - pk 6+400÷7+020 - AS BUILT