



## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

### INDICE

NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	1-1
1 INTRODUZIONE .....	1-2
2 METODOLOGIA DI LAVORO .....	2-3
2.1. Raccolta dati .....	2-3
2.2. Rilevamento geologico .....	2-4
2.3. Rilevamento idrogeologico .....	2-4
2.4. Rilevamento geomorfologico.....	2-5
3 INQUADRAMENTO DELL'AREA .....	3-6
3.1. Inquadramento geografico .....	3-6
3.2. Inquadramento geomorfologico.....	3-8
3.2.1. Fase morfogenetica pre-glaciale.....	3-8
3.2.2. Fase morfogenetica glaciale .....	3-9
3.2.3. Fase morfogenetica post-glaciale .....	3-9
3.2.4. Stato del dissesto attualmente conosciuto nell'area .....	3-10
3.3. Inquadramento geologico.....	3-13
3.3.1. Caratteri litologici .....	3-16
3.3.2. Caratteri geologico-strutturali.....	3-16
3.4. Inquadramento idrogeologico e idrologico.....	3-17
3.4.1. Bacini lacustri del Lago di Mergozzo e del Lago Maggiore .....	3-18
3.4.2. Fiume Toce .....	3-18
3.4.3. Rio San Giacomo.....	3-18
3.4.4. Rii dei versanti meridionali del Monte Rosso .....	3-19
3.5. Classificazione dell'idoneità urbanistica e vincoli .....	3-19
3.5.1. Imbocchi e tratta in rilevato – Comune di Verbania.....	3-19
3.5.2. Pozzo di ventilazione – Comune di San Bernardino Verbano.....	3-27



## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

4	INDAGINI .....	4-29
4.1.	Indagini preliminari .....	4-29
4.1.1.	Sondaggi.....	4-29
4.1.2.	Dati PSInSAR .....	4-32
4.2.	Indagini geognostiche del Progetto Definitivo .....	4-34
4.2.1.	Sondaggi.....	4-34
4.2.2.	Indagini geofisiche .....	4-38
4.3.	Rilievi geomeccanici.....	4-38
5	GEOMORFOLOGIA .....	5-40
5.1.	Forme dovute alla dinamica glaciale .....	5-40
5.1.1.	Dossi montonati .....	5-40
5.1.2.	Morena.....	5-40
5.1.3.	Orlo di terrazzo glaciale .....	5-40
5.1.4.	Soglia glaciale.....	5-41
5.1.5.	Scaricatori glaciali o spillway.....	5-41
5.2.	Forme di versante dovute alle acque superficiali .....	5-41
5.2.1.	Nicchia di erosione accelerata .....	5-41
5.2.2.	Orlo di scarpata fluviale .....	5-41
5.2.3.	Orlo di terrazzo fluviale .....	5-42
5.2.4.	Alvei e incisioni torrentizie.....	5-42
5.2.5.	Alveo fortemente inciso.....	5-42
5.3.	Forme dovute alla dinamica mista glacio-fluviale .....	5-42
5.3.1.	Selle di trasfluenza glaciale rimodellate .....	5-42
5.3.2.	Valli secche.....	5-43
6	GEOLOGIA .....	6-44
6.1.	Stratigrafia dell'area di interesse .....	6-44
6.2.	Unità geologiche dei depositi superficiali.....	6-44



## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

6.2.1.	Unità AL1: depositi alluvionali e fluviolacustri del Fiume Toce e, subordinatamente, dei torrenti e dei conoidi .....	6-44
6.2.2.	Unità AL2: depositi torbosi .....	6-46
6.2.3.	Unità GC: depositi glaciali .....	6-46
6.2.4.	Unità EC: coperture detritiche eluvio-colluviali .....	6-47
6.2.5.	Unità DF: detrito di falda a grossi blocchi .....	6-48
6.3.	Unità geologiche del substrato roccioso .....	6-48
6.3.1.	Scisti dei Laghi .....	6-48
6.3.2.	Filoni aplitici .....	6-51
6.3.3.	Filoni lamprofirici .....	6-54
6.4.	Assetto geologico-strutturale .....	6-55
6.4.1.	Strutture plicative .....	6-55
6.4.2.	Faglie e zone di taglio .....	6-59
7	IDROGEOLOGIA .....	7-65
7.1.	Unità idrogeologiche permeabili per porosità .....	7-66
7.1.1.	Unità UI1a .....	7-66
7.1.2.	Unità UI1b .....	7-66
7.1.3.	Unità UI1c .....	7-66
7.1.4.	Unità UI2 .....	7-66
7.1.5.	Unità UI3 .....	7-66
7.2.	Unità idrogeologiche permeabili per fratturazione .....	7-67
7.2.1.	Unità UI4 .....	7-67
7.3.	Sorgenti .....	7-67
8	ANALISI GEOLOGICO-TECNICA DEL TRACCIATO .....	8-68
8.1.	Tratto all'aperto lato Mergozzo .....	8-68
8.1.1.	Pianura alluvionale .....	8-68
8.2.	Imbocco lato Mergozzo .....	8-69
8.3.	Settore centrale .....	8-69



## COMUNE DI VERBANIA

**Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15**

8.4.	Imbocco lato Verbania.....	8-72
9	Terre e rocce da scavo.....	9-74
10	Bibliografia .....	10-75
ALLEGATO.....		Relazione sui rilievi geomeccanici





**COMUNE DI VERBANIA**

**Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15**

## **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

### *Leggi e decreti*

- [1] D.M.LL.PP. 11 Marzo 1988  
*"Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii e delle scarpate naturali, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione"*  
Gazzetta Ufficiale 1.6.1988
  
- [2] D.M. 14 Gennaio 2008  
*"Nuove norme tecniche per le costruzioni"*  
Gazzetta Ufficiale 4.2.2008

### *Circolari*

- [3] Circolare Ministero dei Lavori Pubblici del 24.9.1988, n. 30483.  
*Legge 3 febbraio 1974 n.64, art. 1 - D.M. 11 marzo 1988*  
*Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione. istruzioni per l'applicazione.*
  
- [4] Circolare Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 2.02.2009, n. 617 C.S.LL.PP.  
*Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008.*



## COMUNE DI VERBANIA

**Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15**

### 1 INTRODUZIONE

La presente relazione è redatta dal Raggruppamento Temporaneo di Progettisti (RTP) costituita da Systra Sotecn S.p.A. mandataria, MSM Ingegneria SNC, AK Ingegneria Geotecnica S.r.l. mandanti, nell'ambito del Progetto Definitivo per l'appalto integrato dei lavori della "Variante all'abitato di Verbania della S.S. n° 34" (in seguito indicata con il termine di Variante), commissionato dal Comune di Verbania.

Il tracciato della Variante in progetto si estende indicativamente in direzione E-O per circa 9 km a partire dal cimitero di Fondotoce e fino a poco oltre la località Ca' di Lader situata in comune di Ghiffa. Il tracciato dell'opera è stato suddiviso in 4 lotti di cui, attualmente, solo il primo risulta finanziato e quindi oggetto di progettazione definitiva. Tale tratta presenta una lunghezza complessiva di 2,9 km e permetterà di aggirare la frazione di Fondotoce del Comune di Verbania.

L'opera principale del 1° Lotto è rappresentata dalla galleria naturale Fondotoce, di circa 2100 m di lunghezza, seguita dal ponte per l'attraversamento del canale artificiale emissario del Lago di Mergozzo situato in corrispondenza dell'imbocco lato Mergozzo. Oltre ai manufatti citati sono inoltre previste una serie di opere accessorie di raccordo e adeguamento della viabilità esistente.

Nella presente relazione vengono quindi analizzati gli elementi geologici, geomorfologici ed idrogeologici a supporto dei principali aspetti progettuali per la realizzazione di tali opere. Il presente documento è inoltre corredato da una serie di elaborati cartografici allegati al progetto:

- Carta Geologica, scala 1:5000 – cod. el. B357PDGEOOG02CO04010;
- Carta Geomorfologica, scala 1:5000 – cod. el. B357PDGEOOG02CO02010;
- Carta Idrogeologica, scala 1:5000 – cod. el. B357PDGEOOG02CO03010;
- Planimetria con ubicazione delle indagini, scala 1:5000 – cod. el. B357PDGEOOG02CO01010;
- Profilo geologico longitudinale, scala 1:2000 – cod. el. B357PDGEOOG02VV01010;
- Sezioni geologiche trasversali scala 1:500 – cod. el. B357PDGEOOG02SZ02010.



## **2 METODOLOGIA DI LAVORO**

Per la redazione dello studio geologico sono state eseguite le seguenti attività:

- Analisi dei dati pregressi disponibili e ricerca bibliografica;
- Rilevamento geologico strutturale di dettaglio, in scala 1:2000 - 1:4000 restituito in scala 1:5000, volto al riconoscimento dei litotipi presenti ed alla caratterizzazione del loro assetto strutturale;
- Rilievo geomorfologico di dettaglio, in scala 1:2000 - 1:4000 restituito in scala 1:5000, volto in particolare al riconoscimento e caratterizzazione della dinamica geomorfologica di versante e fluviale di possibile rilevanza progettuale;
- Rilievo idrogeologico di dettaglio, in scala 1:2000 - 1:4000 restituito in scala 1:5000, volto al riconoscimento di possibili punti di emergenza o captazione idrica e alla dinamica dei corsi d'acqua al fine di descrivere i caratteri idrogeologici dell'ammasso roccioso e dei depositi detritici;
- Esecuzione di indagini geognostiche di tipo diretto ed indiretto;
- Esecuzione di rilievi geomeccanici;
- Sintesi dei dati acquisiti e definizione del modello geologico di riferimento attraverso la redazione della Carta Geologica e del relativo Profilo geologico longitudinale e delle Sezioni geologiche trasversali;
- Sintesi delle caratteristiche geomorfologiche ed idrogeologiche attraverso la redazione della Carta Geomorfologica ed Idrogeologica.

### **2.1. Raccolta dati**

La prima fase del lavoro ha previsto la raccolta e l'analisi critica di tutti gli studi di carattere geologico, idrogeologico e geomorfologico realizzati durante la precedente fase progettuale (Progetto Preliminare) e il reperimento di articoli di letteratura scientifica pubblicati sull'area.

Terminata l'analisi del Progetto Preliminare e della letteratura scientifica si è proceduto ad una ricerca di informazioni presso tutte le Amministrazioni pubbliche interessate quali i Comuni, la Provincia del Verbano Cusio Ossola e la Regione Piemonte. In seguito sono state consultate le banche dati multidisciplinari degli istituti di ricerca o dei principali enti pubblici regionali, sovra regionali o nazionali quali A.R.P.A. Piemonte, Autorità di Bacino del Fiume Po, e I.S.P.R.A.

In sintesi l'attività descritta ha permesso di acquisire ed analizzare i seguenti dati:

- Relazioni e cartografie geologiche, geomorfologiche e idrogeologiche prodotte dal Dott. Geol. Isoli Italo e dalla Dott.ssa. Geol. Angelica Sassi per il Progetto Preliminare della Variante della S.S. n. 34;
- Studio di Compatibilità Ambientale prodotto da ERM;
- Studi geologici a supporto dei PRGC dei Comuni di Verbania e San Bernardino Verano;
- Rapporti sullo stato delle acque sotterranee contenuto nel Piano di tutela delle acque realizzato dalla Regione Piemonte;
- Cartografie geologiche dell'area disponibili presso il sito web della Regione Piemonte e di A.R.P.A. Piemonte e consultabili presso il sito web di I.S.P.R.A.;



## COMUNE DI VERBANIA

**Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15**

- Banca dati dei fenomeni franosi reperita presso il sito web dell'Autorità di Bacino del Fiume Po e presso il sito web di I.S.P.R.A.;
- Banca dati sulle indagini geognostiche, sulle anomalie dei dati PSInSAR e sui fenomeni franosi e valanghivi disponibile presso il sito web di A.R.P.A. Piemonte;
- Piano Stralcio dell'Assetto Idrogeologico del Fiume Po disponibile presso il sito web dell'Autorità di Bacino del Fiume Po;
- Bibliografia scientifica (si veda l'elenco nell'apposito capitolo).

### **2.2. Rilevamento geologico**

L'area su cui è stato effettuato il rilevamento geologico (eseguito nei periodi compresi tra il 24/1/2012 e il 10/2/2012) presenta un'estensione di circa 2,6 km<sup>2</sup> e comprende una fascia di versante a direzione WNW-ESE, disposta lungo la S.S. n° 34 a partire da Villa Esperia fino a oltre l'abitato di Fondotoce. In aggiunta all'area collinare è stata mappata anche la corrispondente porzione di fondovalle sviluppata alla base del versante e compresa tra la S.S. n° 34 e il Fiume Toce. La base cartografica utilizzata per il rilevamento è rappresentata dalla CTR vettoriale (Carta Tecnica Regionale) in scala 1:10.000 ingrandita per raggiungere le scale di 1:4000 e 1:2000 utili al rilevamento geologico di dettaglio, al suo utilizzo è stata abbinata la consultazione di carte ortofotografiche stampate alle medesime scale al fine di aumentare la precisione dell'ubicazione dei dati.

Di ciascun affioramento individuato nell'area sono stati acquisiti i principali caratteri litologici e strutturali, nonché informazioni sullo stato di alterazione e fratturazione dell'ammasso roccioso. Contestualmente al rilievo geologico-strutturale sono state acquisite informazioni sull'assetto morfologico del territorio e sulle principali caratteristiche idrogeologiche osservabili sul terreno (sorgenti, inghiottitoi, aree umide, etc). Le principali strutture tettoniche sono state descritte da un punto di vista litologico-strutturale, raccogliendo sia informazioni sulla giacitura delle superfici di deformazione, sia informazioni sull'estensione delle zone tettonizzate e sui litotipi ad esse correlati.

Gli affioramenti individuati sono quindi stati classificati e cartografati, e le informazioni così ottenute sono state elaborate in ambiente CAD.

E' doveroso precisare che la fitta copertura boschiva di alcune aree ha limitato in modo considerevole le condizioni di affioramento del substrato roccioso e che la limitata precisione della base topografica disponibile non ha agevolato il rilievo delle forme geomorfologiche presenti.

### **2.3. Rilevamento idrogeologico**

Il rilevamento idrogeologico si è focalizzato sulla ricerca dei principali punti di captazione e di emergenza (sorgenti e pozzi) presenti nelle vicinanze del tracciato di progetto, nonché sull'osservazione della dinamica delle acque superficiali attraverso la quale sono state ottenute informazioni utili per ricostruire l'assetto idrogeologico dell'area (permeabilità dei litotipi e loro saturazione) e indirettamente l'assetto geologico-strutturale dell'area (contatti tra i litotipi, presenza di strutture tettoniche). Ove siano state osservate delle



**COMUNE DI VERBANIA**

**Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15**

sorgenti od aree di emergenza diffusa non precedentemente note sulla base dei dati bibliografici disponibili, esse sono state indicate.

#### **2.4. Rilevamento geomorfologico**

Il rilevamento geomorfologico ha avuto come obiettivo quello di individuare le principali morfologie presenti nell'area, siano esse erosionali che deposizionali, e connesse alla dinamica sia glaciale che alluvionale. Data la fitta copertura boschiva della parte del tracciato interessata dalla galleria e la varietà di morfologie presenti, prevalentemente a piccola scala, non ci si è avvalsi dell'utilizzo di foto aeree preferendo una osservazione diretta sul terreno nel corso del rilevamento.

Dall'esame degli elementi morfologici osservati si sono ricavate informazioni sia sulla evoluzione geomorfologica dell'area (con ricostruzione in particolare della dinamica glaciale e post-glaciale) che sulla distribuzione, genesi e possibili potenze dei depositi. Gli elementi morfologici sono stati inoltre utilizzati per confermare o indirizzare gli studi sugli elementi geologico-strutturali, e in particolare sulle strutture tettoniche, presenti nell'area.





## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

### 3 INQUADRAMENTO DELL'AREA

#### 3.1. Inquadramento geografico

L'opera in progetto è ubicata nella porzione Nord-Orientale della Regione Piemonte, all'interno dei confini provinciali del Verbano-Cusio-Ossola e interessa i Comuni di Verbania e San Bernardino Verbano.

Nel dettaglio l'area è situata prevalentemente in prossimità della frazione Fondotoce del Comune di Verbania mentre nel tratto posto all'interno del Comune di San Bernardino Verbano è situata in prossimità della frazione di Moncucca.

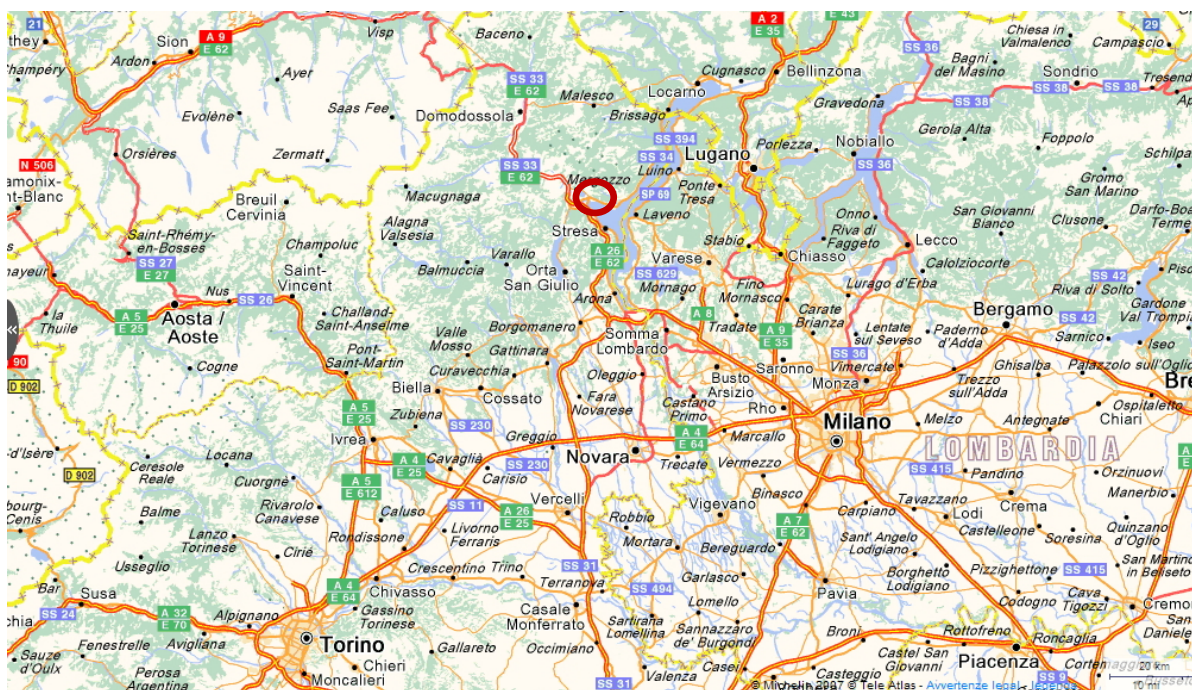


Figura 3.1 : Inquadramento geografico regionale, il cerchio rosso indica l'ubicazione dell'opera.

Nello specifico l'opera sarà composta, da Est verso Ovest, da un primo tratto in rilevato che partendo dal cimitero di Fondotoce, immediatamente prima del raccordo della S.S. n°33 con la S.S. n°34 del Lago Maggiore, raggiungerà il Canale di Mergozzo. Lo scavalco del canale è previsto mediante un viadotto a 2 campate con il quale vien superata anche la S.P. n°54, ossia Via Turati in comune di Verbania, approssimativamente all'altezza del civico n° 30.

Da qui l'opera procederà con una galleria che sottopasserà nel comune di San Bernardino la frazione di Moncucca e la S.P. n°61, ossia Via Fondotoce approssimativamente all'altezza del civico n°12, e che infine si

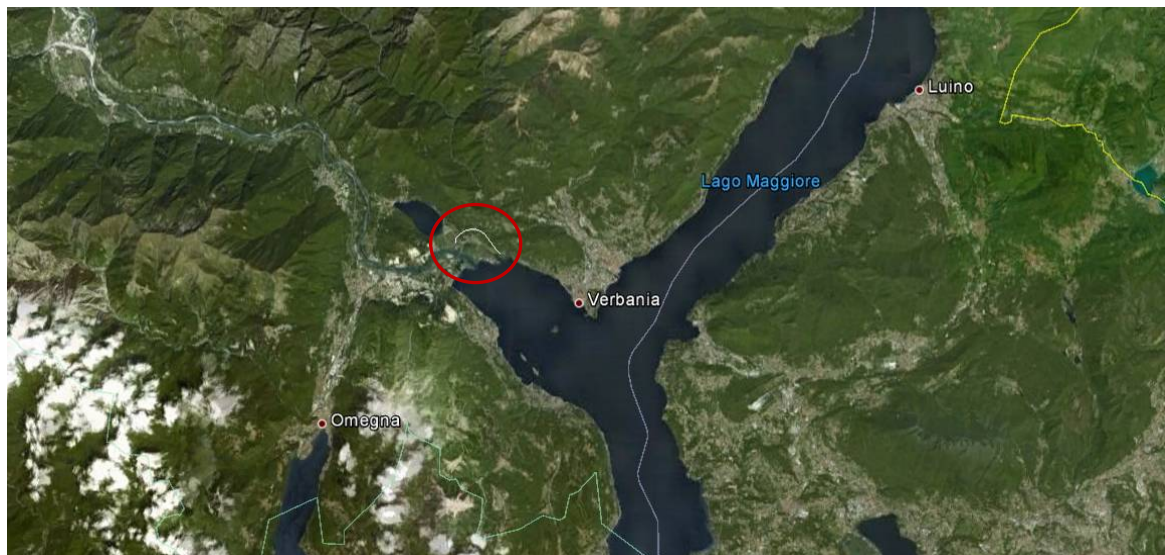




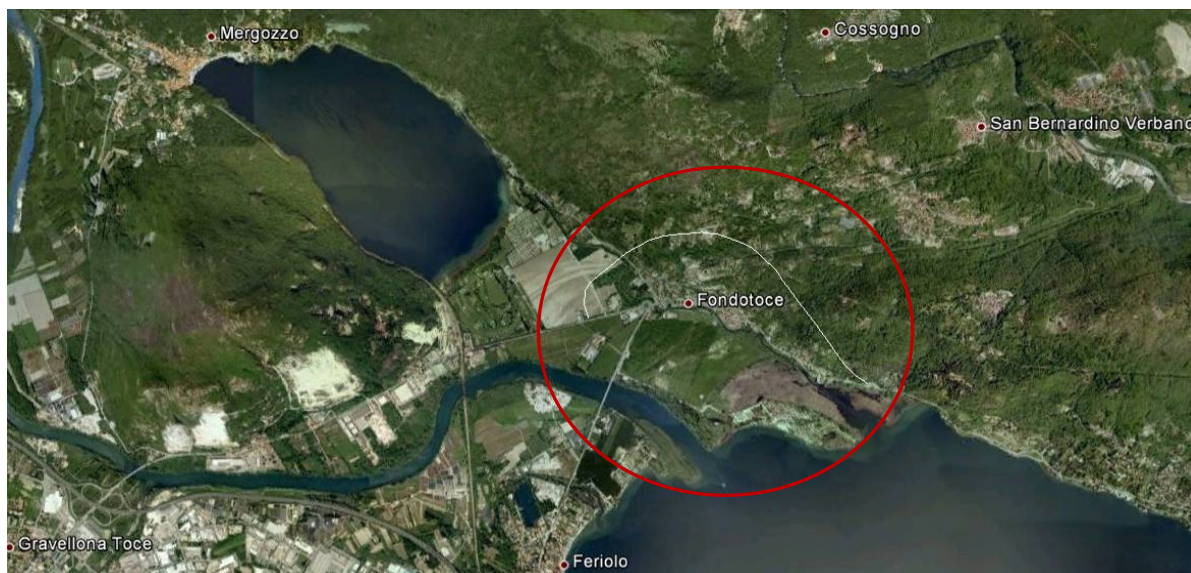
## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

ricongiungerà con la S.S. n°34 al margine orientale della frazione di Fondotoce nel Comune di Verbania, in prossimità di Villa Esperia e del civico 2 di Via Quarantadue Martiri.



*Figura 3.2 : Inquadramento geografico provinciale, la linea bianca all'interno del cerchio rosso indica la posizione approssimativa del tracciato dell'opera.*



*Figura 3.3 : Inquadramento geografico comunale, la linea bianca all'interno del cerchio rosso indica la posizione approssimativa del tracciato dell'opera.*



**COMUNE DI VERBANIA**

**Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15**



*Figura 3.4 : Inquadramento geografico tridimensionale, la linea bianca indica la posizione approssimativa del tracciato dell'opera.*

### **3.2. Inquadramento geomorfologico**

L'area interessata dall'opera è prevalentemente costituita dal settore collinare di raccordo tra i versanti montuosi del Monte Rosso e del Monte Castello e le aree pianeggianti site a bordo dei laghi di Mergozzo e Maggiore e formate dall'estuario del fiume Toce. La maggior parte dell'opera in sotterraneo è ubicata in un settore in cui il principale elemento morfogenetico era costituito dal ghiacciaio impostato in corrispondenza della valle dove sono ubicati gli abitati di Bieno e Moncucca.

Nel settore interessato dall'opera si riconoscono tre principali fasi morfogenetiche che hanno modellato il paesaggio attuale: pre-glaciale, glaciale e post-glaciale.

#### **3.2.1. Fase morfogenetica pre-glaciale**

In questa fase, riconoscibile in tutto l'arco alpino, la variazione del livello di base marino ha generato un notevole incremento dell'attività erosionale che ha causato l'approfondimento dei solchi vallivi principali osservabili nell'area; in seguito tali incisioni sono state sepolte quando la successiva variazione eustatica ha portato ad avere nuovamente una fase prevalentemente deposizionale.

A questa fase sono attribuibili le basi delle incisioni dei torrenti montani allo sbocco con il fondovalle e l'incisione del Lago Maggiore.





## COMUNE DI VERBANIA

**Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15**

### 3.2.2. Fase morfogenetica glaciale

A questa fase appartiene la genesi degli elementi morfologici principali osservabili nell'area, sia per quanto riguarda le azioni erosive che quelle deposizionali.

Nella fase di acme glaciale si è avuta in questo settore un'attività di esarazione glaciale imputabile al ghiacciaio principale del Toce e ai ghiacciai secondari del sistema S.Giovanni – S.Bernardino, ed una attività deposizionale. L'attività deposizionale in questo caso è connessa sia alla genesi di morene laterali e frontali sui fronti glaciali, sia alla contemporanea presenza di superfici lacustri sviluppatesi in corrispondenza di profonde valli preglaciali sbarrate o dalla massa glaciale o dai depositi morenici.

### 3.2.3. Fase morfogenetica post-glaciale

La deglaciazione delle valli secondarie si è compiuta precendentemente a quella delle valli principali, i torrenti delle valli del sistema di San Bernardino e delle valli secondarie si sono trovati quindi a deporre gli ingenti quantitativi di depositi glaciali erosi e trasportati a valle a ridosso della massa glaciale del ghiacciaio principale, generando così dei terrazzi alluvionali attualmente sospesi sul fondovalle.

A seguito della deglaciazione anche della massa glaciale principale si è avuta una nuova variazione del livello di base locale che ha portato ad un aumento della tendenza erosiva e alla genesi di profonde incisioni in roccia. Tale tendenza erosiva è avvenuta soprattutto nei tratti di alveo che collegavano i settori di versante meno acclivi, formati dal modellamento glaciale, con i settori dell'attuale fondovalle. Esempi di questa tendenza possono essere osservati nel versante sopra l'abitato di Fondotoce, dove il Rio Buco della Valle e i rii minori paralleli presentano dei tratti fortemente incisi distribuiti lungo la medesima fascia altimetrica. Nel settore di vallata entro cui scorrono il Rio Girollo e i suoi affluenti, il reticolo idrografico si è impostato prevalentemente in corrispondenza dei settori depressi lasciati dalla dinamica glaciale; in alcuni tratti tuttavia i corsi d'acqua abbandonano questa direzione per impostarsi parallelamente alla scistosità principale del substrato degli Scisti dei Laghi.

Al ritiro dei ghiacciai ha fatto seguito la formazione dei bacini lacustri del Lago Maggiore e successivamente del Lago di Mergozzo, la caduta di ingenti frane che tuttavia non hanno interessato l'area studiata, ed una serie di variazioni del livello di base locale dovute sia al progressivo incremento del livello dei laghi, sia al loro successivo decremento dovuto anche a cause antropiche come la realizzazione dell'incile a Sesto Calende. A questo stesso periodo compete l'avanzamento dell'estuario del Fiume Toce con la conseguente separazione del Lago di Mergozzo dal Lago Maggiore e la formazione dei conoidi e dei fondovalle alluvionali.

A tal proposito la Relazione geologica allegata al PRGC del Comune di Verbania (Isoli & Sassi, 2003) evidenzia come l'attività deposizionale del Toce, legata alla separazione del Lago di Mergozzo dal Lago Maggiore, sia stato un evento relativamente recente in quanto ancora in epoca romana il bacino laterale del Lago Maggiore, definito Golfo Borromeo, comprendeva l'attuale Lago di Mergozzo e si estendeva fino a quasi l'attuale Gravellona Toce. La separazione dei due bacini è infatti databile al periodo compreso tra il XIV – XV



## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

secolo D.C, mentre a partire da tale periodo la foce del Toce si è progressivamente spostata verso il Lago Maggiore deponendo sempre maggiori quantitativi di sedimenti alluvionali (Figura 3.5).



Fig. 1

Carta del delta del Toce.

La posizione della foce del fiume nel tempo è indicata dalle lettere: A, sec. XV, presunta; B, 1614, presunta; C, 1722; D, 1824; E, 1865; F, 1886.

(da D'ELIA 2003)

Figura 3.5 : carta della foce del Fiume Toce tratta dalla relazione archeologica allegata al Progetto Preliminare.

#### 3.2.4. Stato del dissesto attualmente conosciuto nell'area

In seguito alla consultazione delle banche dati pubblicate da I.S.P.R.A. e A.R.P.A. Piemonte è stato possibile acquisire informazioni circa il censimento dei fenomeni di dissesto a carattere franoso o valanghivo situati entro l'area studiata. Consultando in dettaglio il progetto IFFI (pubblicato da I.S.P.R.A. e riportato in Figura 3.6) e il progetto IFFI/SIFRAP – RERCOMF (pubblicato da A.R.P.A. Piemonte e riportato in Figura 3.7) si può notare che l'area oggetto di studio non presenta fenomeni franosi censiti.

I due fenomeni franosi di 1° e 3° livello riportati nelle due banche dati e ubicati in prossimità dell'imbocco lato Verbania non ricadono infatti all'interno dell'area studiata. Tali fenomeni, classificati come frane di crollo, impongono tuttavia di prestare attenzione alla stabilità delle pareti rocciose che sovrastano l'imbocco lato Verbania.



COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

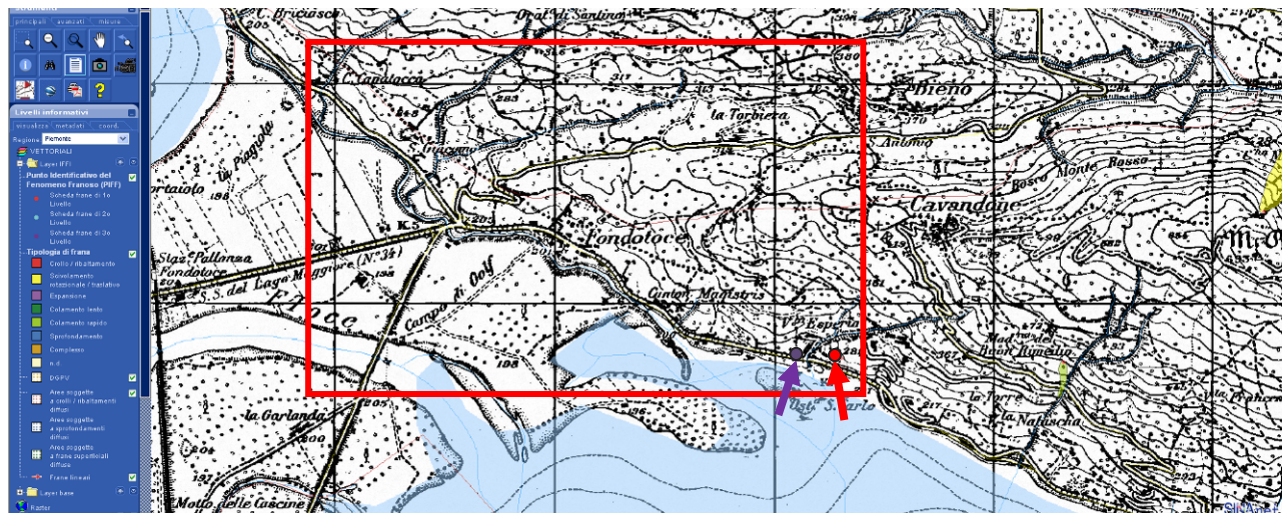


Figura 3.6 : banca dati del Progetto IFFI inerente l'inventario dei fenomeni franosi in Italia. Nell'immagine in alto con il riquadro rosso è indicativamente rappresentata l'area oggetto di studio, con la freccia rossa e il relativo punto è indicato un fenomeno franoso di 1° livello, mentre con la freccia e il relativo punto viola è indicato un fenomeno franoso di 3° livello. Lo stralcio è stato estratto dal sito web di I.S.P.R.A.





## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

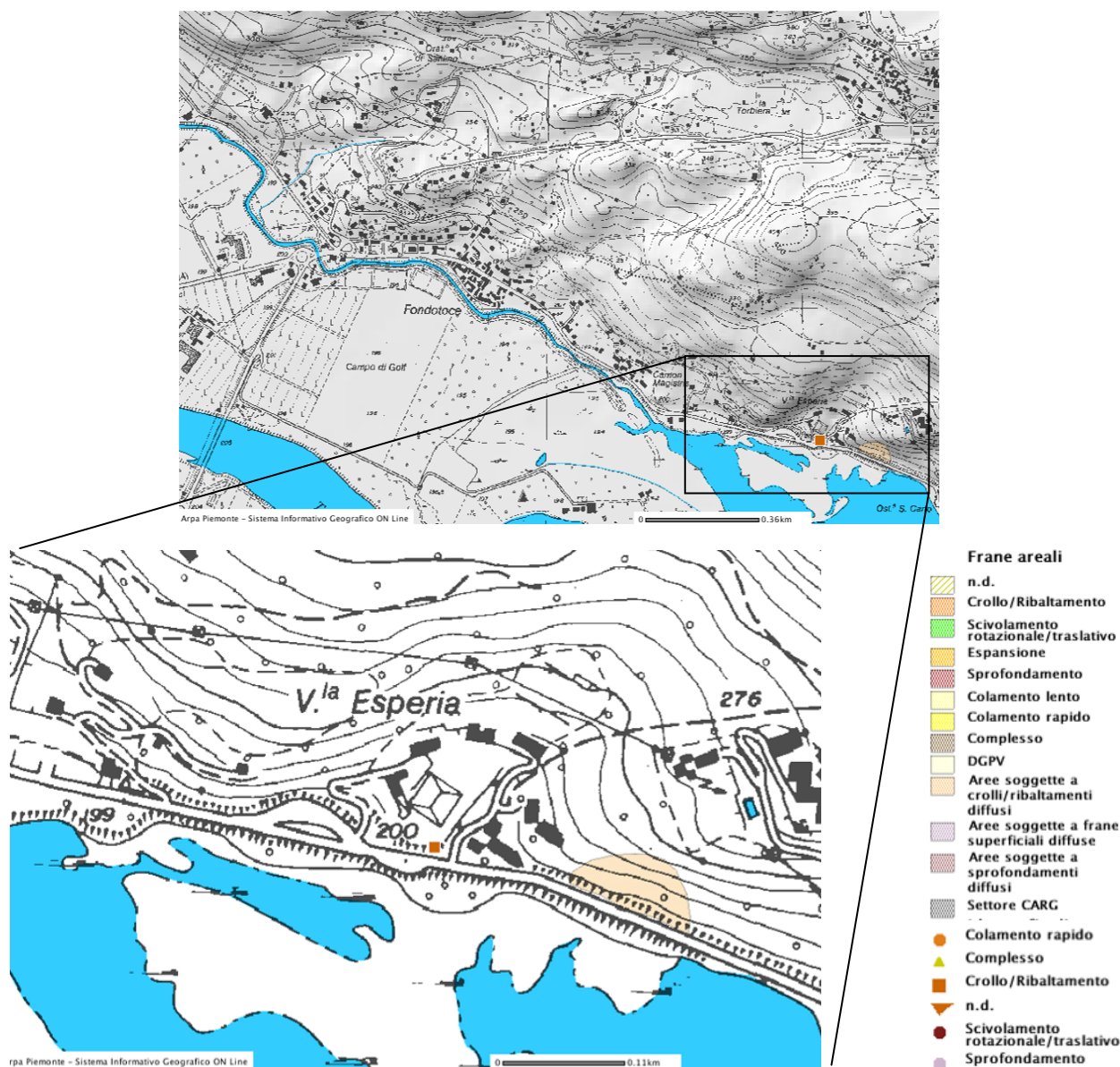


Figura 3.7 : banca dati dei fenomeni franosi censiti in Piemonte pubblicata da A.R.P.A Piemonte – Progetto IFFI/Sifrap e RERCOMF. L'immagine superiore rappresenta tutta l'area studiata e le relative legende, mentre quella inferiore riporta uno stralcio della zona dell'imbocco lato Verbania, nelle cui vicinanze sono stati segnalati due fenomeni di dissesto.

Per quanto concerne i processi valanghivi eventualmente presenti nell'area si è fatto riferimento alla banca dati del progetto SIVA prodotta da A.R.P.A. Piemonte (Figura 3.8). La consultazione di tale banca dati ha permesso di escludere la presenza di processi valanghivi entro tutta l'area studiata.



## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

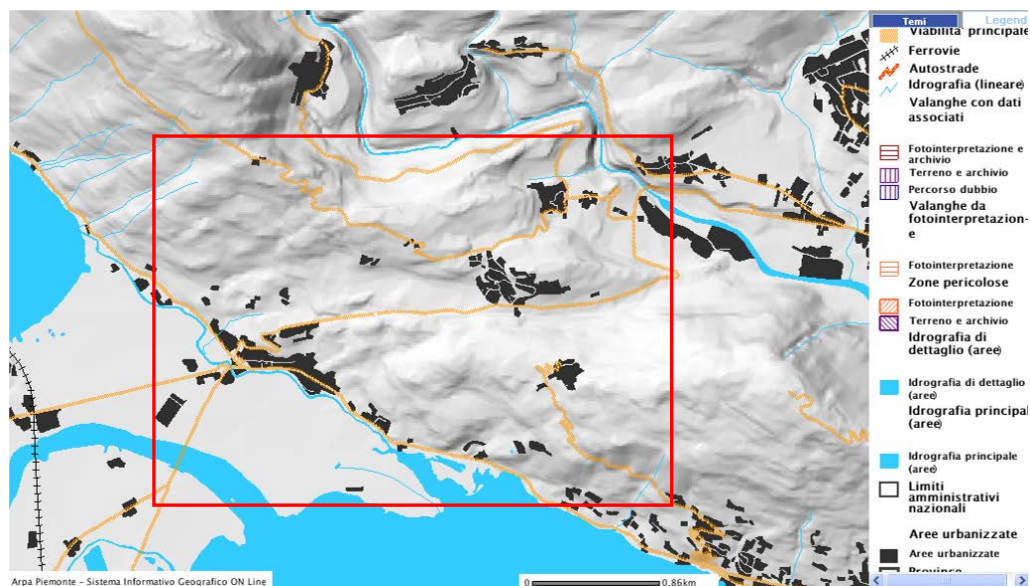


Figura 3.8 : banca dati dei processi valanghivi censiti da A.R.P.A. Piemonte – Progetto SIVA. L'area oggetto di studio è indicata dal riquadro rosso.

### 3.3. Inquadramento geologico

L'area oggetto di studio si colloca all'interno dell'orogene alpino, costituito da una catena montuosa a doppia vergenza sviluppata per circa 1000 km a partire dal Mar Ligure, verso SW, fino al bacino di Vienna verso NE. A grande scala la catena alpina può essere suddivisa in due domini tettonici formati da una serie di falde a vergenza opposta:

- europea, diretta mediamente verso NW;
- africana, diretta mediamente verso SE.

Tali domini sono separati dal principale lineamento strutturale della catena, rappresentato dalla Linea Insubrica, e sono collocati rispettivamente a nord e a sud di tale struttura così come evidenziato dalla Figura 3.9. Il dominio tettonico alpino a vergenza africana in letteratura viene comunemente citato con i termini generici di Dominio Sudalpino o Alpi Meridionali.



## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

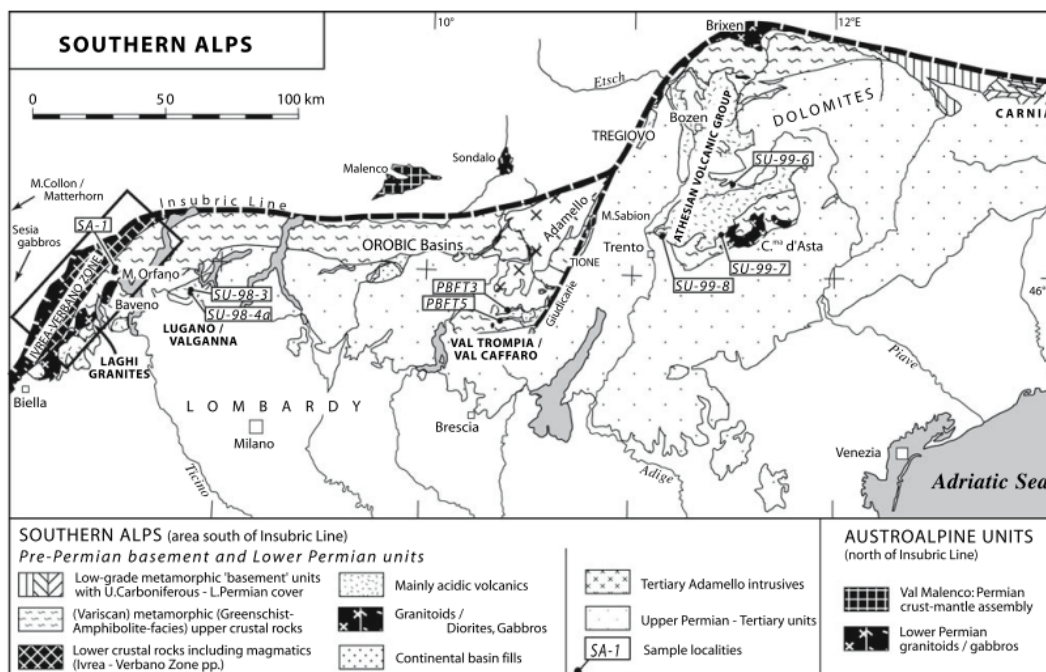


Figura 3.9 : Inquadramento geologico-strutturale schematico delle Alpi meridionali. Tratto da Schaltegger et al., (2007).

All'interno dell'area in esame affiora una estesa sezione del basamento polimetamorfico appartenente alla porzione più occidentale del dominio Sudalpino che in questo settore è formato da due principali unità tettonostratigrafiche (vedi Figura 3.10):

- la Zona Ivrea-Verbania, costituita da una porzione di crosta continentale profonda con metamorfismo di alta T in facies anfibolitica e granulitica;
- La Serie dei Laghi, costituita da crosta continentale superiore a metamorfismo prevalentemente in facies anfibolitica.

Le due unità tettonostratigrafiche sono separate da un'importante linea di shear duttile denominata Linea Cossato-Mergozzo-Brissago (vedi Figura 3.10); tale struttura è caratterizzata da giacitura sub verticale, presenza di miloniti di alta T, presenza di dicchi e stock a chimismo da acido ad acido-basico (suite Appinnitica) e da migmatiti.





## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

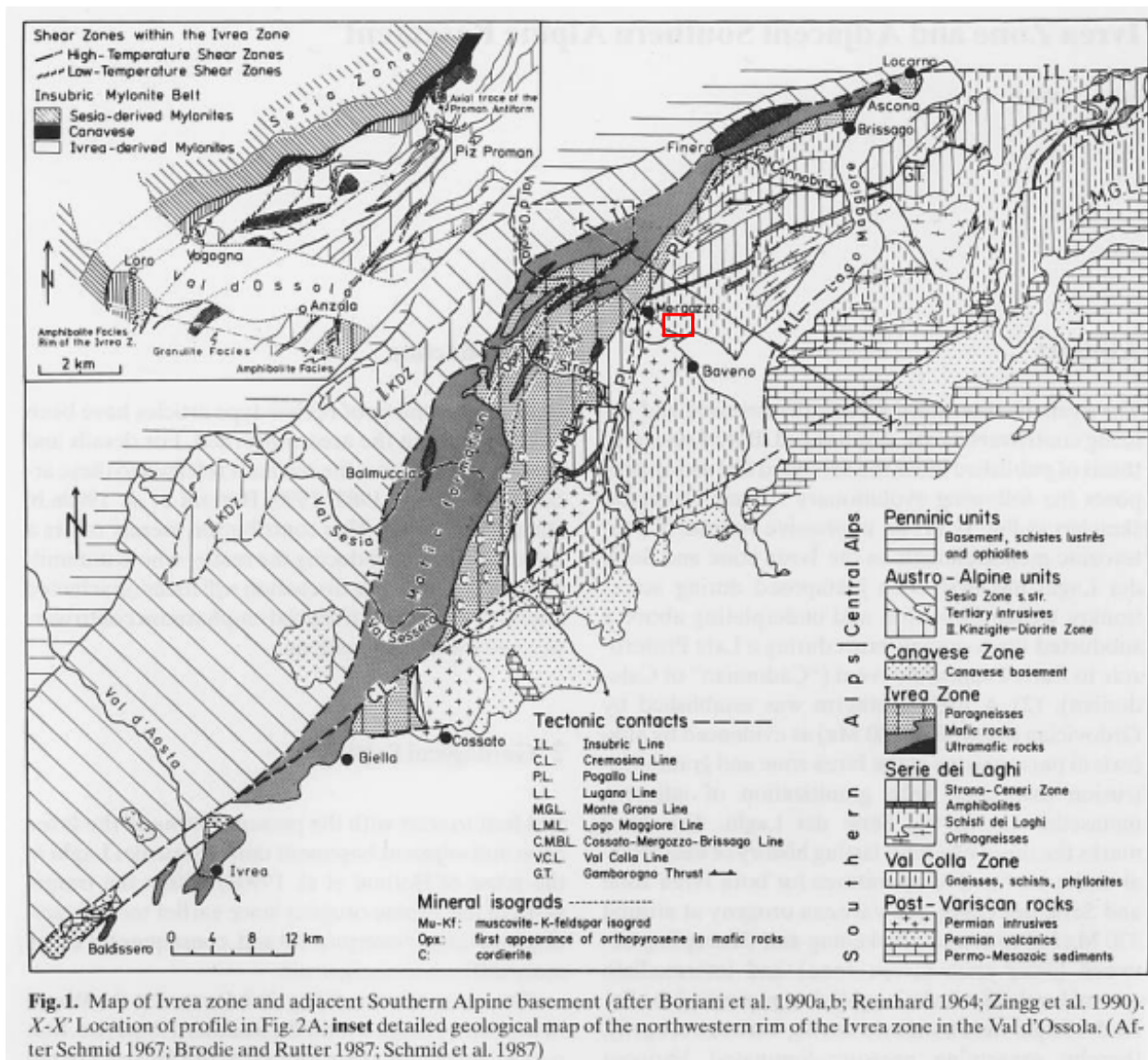


Figura 3.10 : Schema tettonico della porzione occidentale del basamento Sudalpino (Schmid. 1993). Il riquadro di colore rosso indica l'area oggetto di studio.

Come si può notare dalla Figura 3.10 la zona studiata è interamente compresa all'interno della Serie dei Laghi; tale unità, secondo i più recenti studi sintetizzati nel lavoro di Boriani et al., (2004), può essere ulteriormente suddivisa in 4 differenti unità costituite, da NW verso SE da:

- La Zona Strona-Ceneri;
- La zona di contatto Strona-Ceneri;
- Gli Scisti dei Laghi;



## COMUNE DI VERBANIA

**Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15**

– Gli Ortogneiss.

All'interno della Serie dei Laghi si sono inoltre intrusi dei graniti di età permiana, chiamati Graniti dei Laghi, che formano un batolite allungato in direzione circa SW-NE distribuito tra Biella e Mergozzo.

Secondo quanto evidenziato dallo schema di Figura 3.10 la zona studiata è interamente compresa all'interno della formazione degli Scisti dei Laghi ed è marginalmente interessata dalle masse intrusive dei Graniti dei Laghi. Grazie ai lavori di Boriani et al. (2004) e di Schmid (1993) è possibile fornire una descrizione dei principali caratteri litologici e strutturali dell'area.

### 3.3.1. *Caratteri litologici*

Da un punto di vista litologico gli Scisti dei Laghi sono costituiti da micascisti e paragneiss intensamente foliati, deformati e interessati da metamorfismo pre-alpino in facies anfibolitica. La paragenesi metamorfica prevalente, derivata dal metamorfismo in facies anfibolitica di protoliti pelitici è rappresentata da: quarzo, muscovite, biotite, plagioclasio,  $\pm$  granato,  $\pm$  cianite e  $\pm$  staurolite.

All'interno degli Scisti dei Laghi sono inoltre presenti delle masse intrusive non coeve di età Ordoviciane (466 Ma, Boriani et al., 1982/1983) e tardo Paleozoica (285-275 Ma, Schmid, 1993) che hanno subito una diversa evoluzione metamorfica successiva alla messa in posto. I corpi Ordoviciani sono caratterizzati da chimismo acido (graniti) e metamorfismo pre-alpino, che li ha trasformati in masse di ortogneiss inclusi nei micascisti e nei paragneiss incassanti. Tali corpi di metagraniti costituiscono l'omonima unità citata da Boriani et al., (2004) e non affiorano nell'area studiata.

I corpi di età tardo Paleozoica presentano un chimismo più vario, in quanto sono presenti sia prodotti magmatici acidi che acido-basici, non mostrano segni di metamorfismo e possono parzialmente interessare l'area studiata. Appartengono al primo caso i Graniti dei Laghi rappresentati da grandi masse di graniti permiani affioranti tra Biella e Mergozzo, mentre nel secondo caso possono essere raggruppati una serie di filoni, stock e dicchi a composizione basaltico-granitica denominati Appinniti (Boriani et al., 1990b). Le Appinniti formano uno sciame di piccoli stock e dicchi intrusi in una cintura situata prevalentemente lungo la linea tettonica Cossato-Mergozzo-Brissago.

### 3.3.2. *Caratteri geologico-strutturali*

Da un punto di vista prettamente strutturale l'area presenta un assetto semplice, costituito da una monoclinale immergente ad alto angolo verso SE. Osservando il profilo geologico interpretativo riportato nel lavoro di Schmid, (1993) e in Figura 3.11, si può apprezzare la giacitura monoclinale dell'area, mentre grazie allo schema tettonico di Figura 3.10 è possibile affermare che nell'area non sono presenti linee tettoniche di importanza regionale.





## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

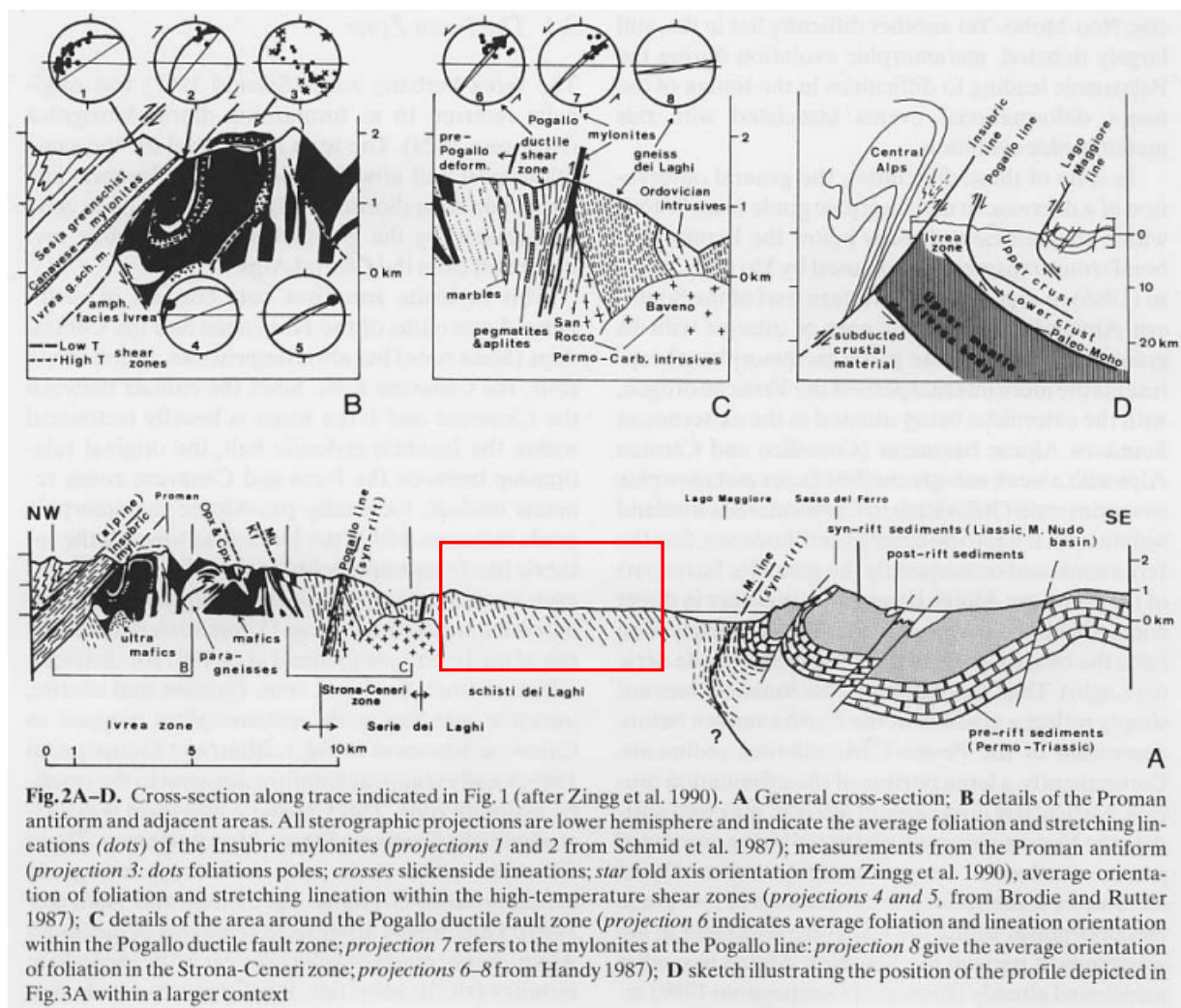


Fig. 2A-D. Cross-section along trace indicated in Fig. 1 (after Zingg et al. 1990). **A** General cross-section; **B** details of the Proman antiform and adjacent areas. All stereographic projections are lower hemisphere and indicate the average foliation and stretching lineations (dots) of the Insubric mylonites (projections 1 and 2 from Schmid et al. 1987); measurements from the Proman antiform (projection 3: dots foliations poles; crosses slickenside lineations; star fold axis orientation from Zingg et al. 1990), average orientation of foliation and stretching lineation within the high-temperature shear zones (projections 4 and 5, from Brodie and Rutter 1987); **C** details of the area around the Pogallo ductile fault zone (projection 6 indicates average foliation and lineation orientation within the Pogallo ductile fault zone; projection 7 refers to the mylonites at the Pogallo line; projection 8 give the average orientation of foliation in the Strona-Ceneri zone; projections 6-8 from Handy 1987); **D** sketch illustrating the position of the profile depicted in Fig. 3A within a larger context

Figura 3.11 : sezione geologica lungo la traccia riportata in Figura 3.10, Schmid, (1993). Il riquadro in rosso evidenzia indicativamente l'area studiata.

### 3.4. Inquadramento idrogeologico e idrologico

Data la tipologia dei materiali attraversati dall'opera in esame e vista la conformazione del territorio e la sua scarsa urbanizzazione, non vi sono molte informazioni disponibili sull'idrogeologia locale e lo stesso Piano di Tutela delle Acque (PTA) realizzato dalla Regione Piemonte non tratta l'area oggetto del presente studio.

Per quanto riguarda l'ammasso roccioso si può quindi solamente ipotizzare che esso sia caratterizzato da permeabilità per fratturazione e che essa aumenti in settori interessati da strutture tettoniche. Per quanto riguarda i depositi, permeabili invece per porosità, si possono distinguere due diverse configurazioni principali:



## COMUNE DI VERBANIA

**Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15**

- depositi costituenti il fondovalle ed in comunicazione con la falda acquifera perenne connessa ai bacini lacustri di Mergozzo e del Lago Maggiore;
- depositi ubicati sui versanti, caratterizzati da spessori più ridotti e ospitanti falde ridotte o persino solo temporanee.

Le aree di ricarica di eventuali falde presenti all'interno del substrato roccioso, nel caso in cui esse dovessero essere abbastanza estese, saranno costituite dai versanti del Monte Castello e del Monte Rosso, mentre le falde presenti all'interno dei depositi alluvionali situati nei settori di pianura avranno invece come area di ricarica in senso lato l'intero bacino idrografico del Lago Maggiore.

A livello idrologico gli elementi principali caratterizzanti l'area sono:

- i bacini lacustri del Lago di Mergozzo e del Lago Maggiore;
- il Fiume Toce;
- il Rio San Giacomo;
- i rii dei versanti meridionali del Monte Rosso.

### 3.4.1. *Bacini lacustri del Lago di Mergozzo e del Lago Maggiore*

Questi due bacini lacustri costituiscono il livello di base locale dell'area, sono collegati dal Canale di Mergozzo e sono separati da una ampia zona pianeggiante denominata Piano Grande formata essenzialmente dai depositi di delta del Fiume Toce che ha completato la separazione dei due bacini lacustri solo fra il XIV e il XV secolo. In condizioni medie è presente un flusso con debole gradiente verso il Lago Maggiore, in occasione di eventi alluvionali intensi invece la direzione del flusso si inverte pur mantenendo una velocità estremamente limitata e una ridotta capacità erosiva.

### 3.4.2. *Fiume Toce*

Il settore del fiume Toce limitrofo all'area in esame, compreso tra la confluenza del Torrente Strona e lo sbocco nel Lago Maggiore, ne costituisce il suo tratto terminale; in questo settore la valle sepolta pre-glaciale del Fiume Toce raggiunge una profondità e un conseguente spessore di sedimenti di centinaia di metri. Con il suo bacino di 1532 km<sup>2</sup> ed una portata di piena media nel periodo 1974-2000 di 2567 m<sup>3</sup>/s il Fiume Toce rappresenta di gran lunga il corso d'acqua più importante dell'area.

### 3.4.3. *Rio San Giacomo*

Secondo alcuni documenti il Rio San Giacomo viene anche denominato Rio Giroldo nella parte compresa nel comune di San Bernardino; questo rio ha come affluenti il Rio Piolcio, il Rio Piano, il Rio Pondea, il Rio Moncucea ed è caratterizzato da un bacino di 1.44 Km<sup>2</sup> ed una piena con tempo di ritorno 100 anni avente portate di 30 m<sup>3</sup>/s. Questo rio costituisce l'asse drenante principale del territorio attraversato dalla prima metà della galleria.



## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

### 3.4.4. *Rii dei versanti meridionali del Monte Rosso*

Questi rii sono caratterizzati dall'esiguità del bacino idrografico, dall'elevata pendenza media del loro tracciato e dal marcato carattere torrentizio. Esempio tipico di questa tipologia di rii sono il Rio Buco della Valle ed il Rio Scopello.

### 3.5. **Classificazione dell'idoneità urbanistica e vincoli**

Per l'analisi dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica e dei vincoli attualmente esistenti a carico delle aree degli imbocchi e della tratta in rilevato è stato consultato esclusivamente il PRGC del Comune di Verbania in quanto tali aree non interesseranno il territorio comunale di San Bernardino Verbano. Per effettuare una simile analisi nei riguardi dell'area in cui verrà realizzato il locale tecnologico al servizio del pozzo di ventilazione è stato consultato il PRGC del Comune di San Bernardino Verbano.

#### 3.5.1. *Imbocchi e tratta in rilevato – Comune di Verbania*

Per l'analisi dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica delle aree site nel comune di Verbania è possibile consultare le seguenti figure ricavate dalla "Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica" in cui sono stati riportati:

- I dintorni significativi delle aree studiate (Figura 3.12, Figura 3.13);
- gli stralci più dettagliati centrati sull'imbocco lato Mergozzo e sull'antistante tratta in rilevato (Figura 3.14) e Verbania (Figura 3.15).

In corrispondenza dell'imbocco lato Mergozzo (vedi Figura 3.14) la pianura alluvionale del Toce è stata posta in classe **IIla3** in quanto disabitata e sottoposta a possibili allagamenti con elevati battenti idraulici in occasione di innalzamenti del livello lacustre del Lago di Mergozzo e del Lago Maggiore. Il versante in cui verranno realizzate sia la galleria artificiale che l'imbocco della galleria naturale Fondotoce è stato invece inserito in classe **IIa** in quanto è formato da un versante con irregolari ma sottili coperture detritiche caratterizzate da scadenti proprietà geotecniche. I settori limitrofi al Canale Mergozzo sono stati invece inseriti in classe **IIla4** in quanto formano la fascia di pertinenza di un corso d'acqua. Per tale alveo è inoltre indicata una fascia di rispetto di 10 m. In ultimo l'area sub pianeggiante posta a quota intermedia tra la strada Fondotoce-Mergozzo e il Canale Mergozzo è stata inserita in classe **IIlb7** in quanto edificata e situata in una fascia litorale del Lago di Mergozzo.





## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

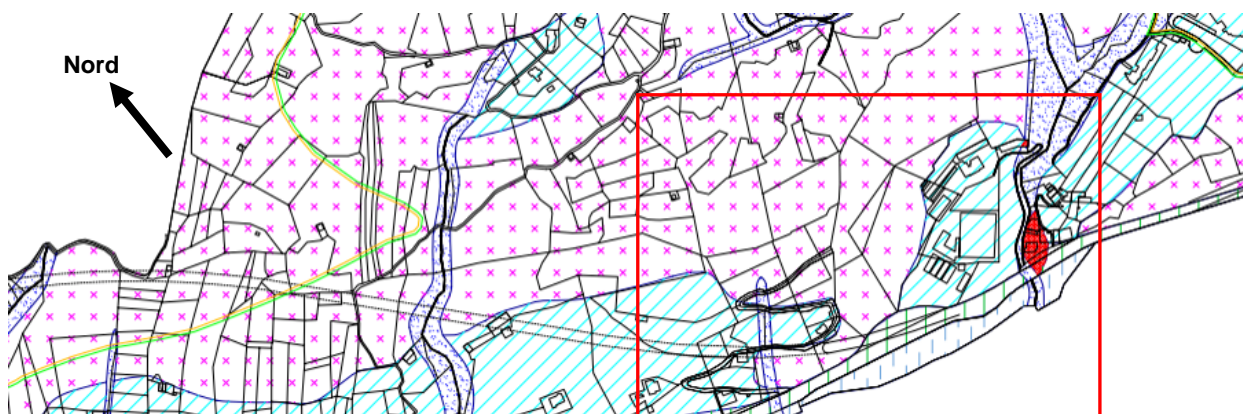


Figura 3.12 : stralcio della Carta di sintesi del PRGC del Comune di Verbania. Il riquadro rosso individua indicativamente l'area in cui verrà realizzato l'imbocco lato Verbania.

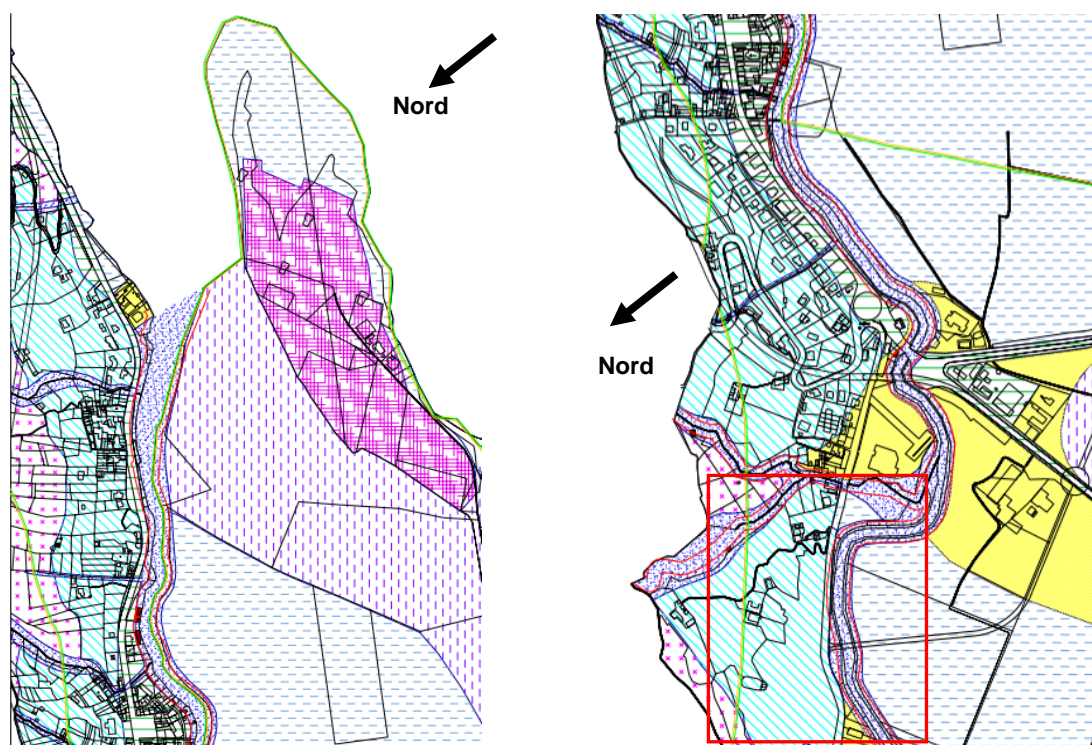


Figura 3.13 : stralcio della Carta di sintesi del PRGC del Comune di Verbania. Il riquadro rosso identifica indicativamente l'area in cui verrà realizzato l'imbocco lato Mergozzo.

L'area su cui verrà realizzata la rotonda vicino al cimitero di Fondotoce è stata inserita in classe **IIIb7** in quanto edificata e situata in una zona caratterizzata da scadenti caratteristiche geotecniche e da falda freatica a

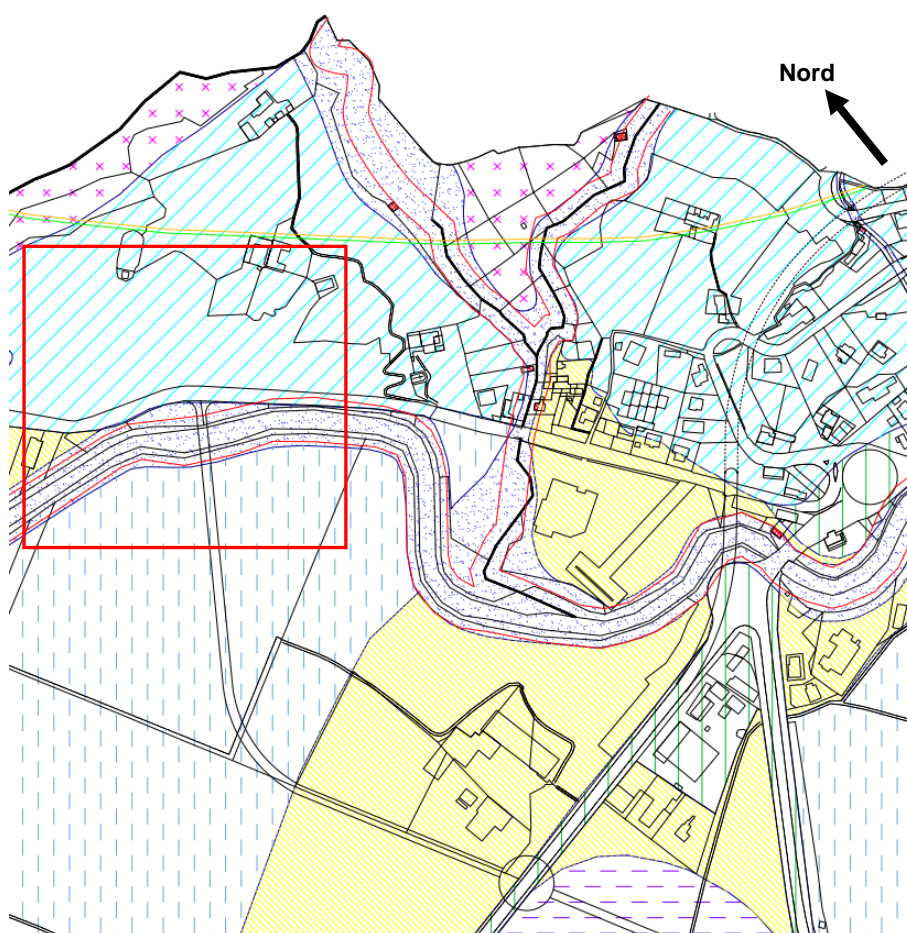


## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

bassa profondità. Tale zona inoltre può essere allagata da tracimazioni lacustri con Tempo di ritorno fino a 100 anni.

La restante tratta stradale e il ponte di attraversamento del canale emissario del Lago di Mergozzo saranno realizzati in un'area inserita nella classe **IIla3** in quanto disabitata e sottoposta a possibili allagamenti con elevati battenti idraulici in occasione di innalzamenti del livello lacustre del Lago di Mergozzo e del Lago Maggiore. Il ponte potrebbe inoltre essere fondato in corrispondenza della fascia di pertinenza del canale emissario del Lago di Mergozzo, inserito in classe **IIla4**.



*Figura 3.14 : stralcio della Carta di sintesi del PRGC del Comune di Verbania in corrispondenza dell'imbocco lato Mergozzo e della parte di rilevato stradale. Il riquadro rosso identifica indicativamente l'area in cui verrà realizzato l'imbocco.*

Per quanto concerne invece l'area su cui sorge l'imbocco lato Verbania (vedi Figura 3.15) a partire dallo specchio d'acqua del Lago Maggiore è possibile individuare una fascia di territorio inclusa in classe **IIla3** in



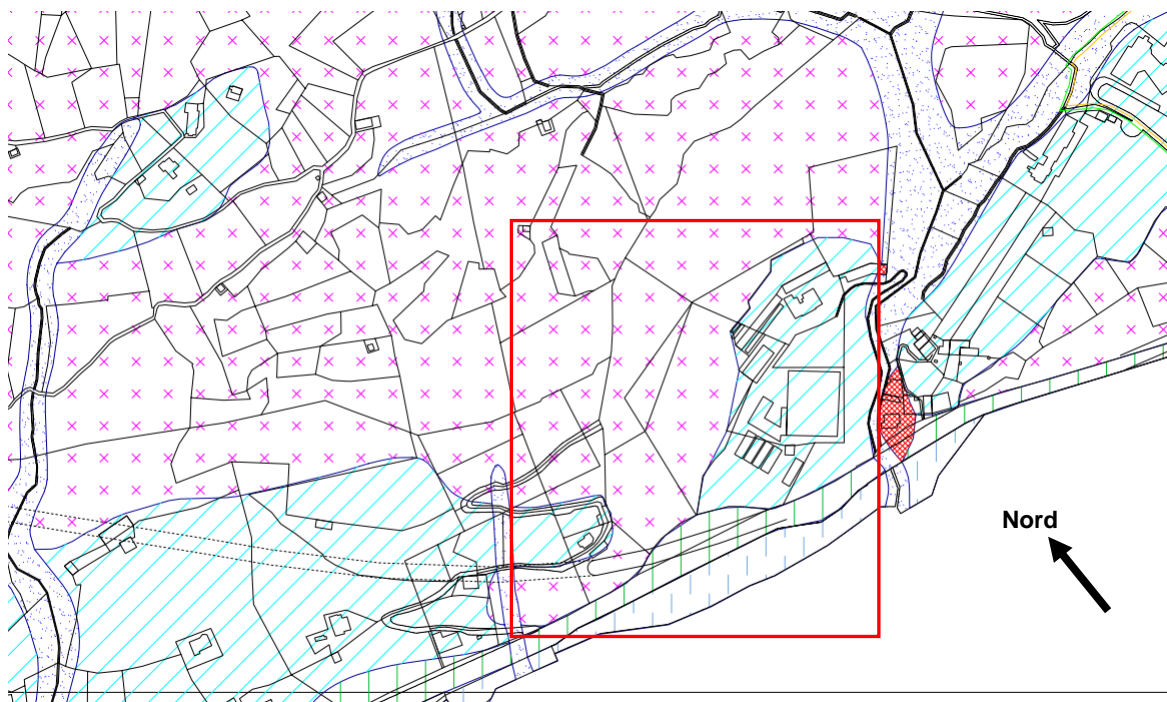
## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

quanto rappresenta un'area disabitata di pertinenza lacustre che, in caso di eventi di piena, può essere sommersa da elevati battenti idraulici.

La fascia su cui sorge invece la strada S.S. n° 34 è stata classificata come **IId** in quanto rappresenta una zona di terreni fini sovrastati da terreni più grossolani in cui è possibile avere una limitata soggiacenza della falda freatica. Tali zone possono inoltre essere sommerse in occasione di piene lacustri.

L'area antistante l'imbocco e il piazzale prospiciente, è stata classificata come **Ila** in quanto rappresenta un versante con irregolari ma sottili coperture detritiche caratterizzate da scadenti proprietà geotecniche. In ultimo il versante e la parete rocciosa in cui verranno realizzate sia la galleria artificiale che l'imbocco lato Verbania della galleria naturale Fondotoce sono stati inseriti nella classe **IIla6**. Tale classe indica una zona di versante ineditata in cui interventi non corretti di trasformazione possono turbare la stabilità e favorire l'instaurarsi di elementi di pericolosità.



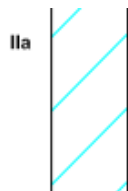
*Figura 3.15 : stralcio della Carta di sintesi del PRGC del Comune di Verbania in corrispondenza dell'imbocco lato Verbania. Il riquadro rosso identifica indicativamente l'area in cui verrà realizzato l'imbocco.*



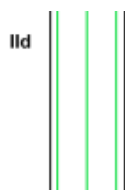


## COMUNE DI VERBANIA

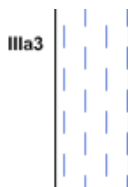
Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15



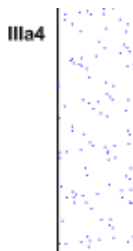
Zone di versante con acclività da medio-bassa a medio-alta, in cui il substrato è a tratti affiorante oppure è ricoperto da depositi superficiali di limitato spessore, le cui caratteristiche geotecniche possono essere localmente scadenti; sono comprese aree subpianeggianti intercluse o situate alla base o alla sommità del versante.



Aree subpianeggianti formate da terreni a granulometria medio-fine, spesso sovrastati da limitati livelli di terreni di riporto, con falda freatica periodicamente molto superficiale e possibilità di parziale sommersione con bassa o nulla energia in occasione di piene lacustri o fluviali eccezionali o difficoltà di drenaggio in locali aree di depressione.



Fasce lacustri inedificate a valle della s.s. 34 e di Via Vittorio Veneto, le aree deltizie situate a valle del raccordo s.s.n.33 - s.s.n.34, limitrofe al Lago Maggiore e aree di perlacuali del Lago di Mergozzo, soggette in occasione di piene lacustri ad allagamenti con elevato battente d'acqua a lento innalzamento e a bassa o nulla energia, nonché localmente limitrofe a versanti subacquei a stabilità incerta.



Fasce di pertinenza dei corsi d'acqua torrentizi:  
- zone d'alveo e fasce spondali soggette a dinamica attiva attuale o di evoluzione della dinamica naturale;  
- fasce spondali acclivi in condizioni di incisione valliva, comprensive di franco sommitale;  
- fasce spondali con importanti effetti per la laminazione delle piene;  
- aree di pertinenza per la realizzazione di nuove opere idrauliche o l'adeguamento e la manutenzione di quelle esistenti.



Zone di versante con prevalente copertura boschiva, in cui interventi non corretti di trasformazione possono turbare la stabilità e determinare elementi di pericolosità.



Aree edificate o parzialmente edificate situate lungo la fascia litorale dei Laghi Maggiore e Mergozzo, nonché in fregio alla s.s.n.34 nella tratta Fondotoce - Stazione FF.SS., interessate da falda freatica a bassa profondità e a volte da terreni con mediocri caratteristiche geotecniche; inoltre al loro interno sono presenti zone con quote <198.00 m s.l.m., che possono essere interessate da tracimazioni lacustri con T fino a 100 anni, caratterizzate da innalzamento lento ed energia dipendente esclusivamente dal moto ondoso.

Figura 3.16 : stralcio della legenda della Carta di sintesi del PRGC del Comune di Verbania.



## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

Per quanto concerne i vincoli esistenti è invece possibile consultare le seguenti figure ricavate dalla “Carta dei vincoli” e dalla relativa legenda (Figura 3.20) in cui sono stati riportati:

- la prima tratta di rilevato e la rotonda vicino al cimitero (Figura 3.17);
- la seconda tratta di rilevato e l'imbocco lato Mergozzo (Figura 3.18);
- la parte finale della galleria e l'imbocco lato Verbania (Figura 3.19).

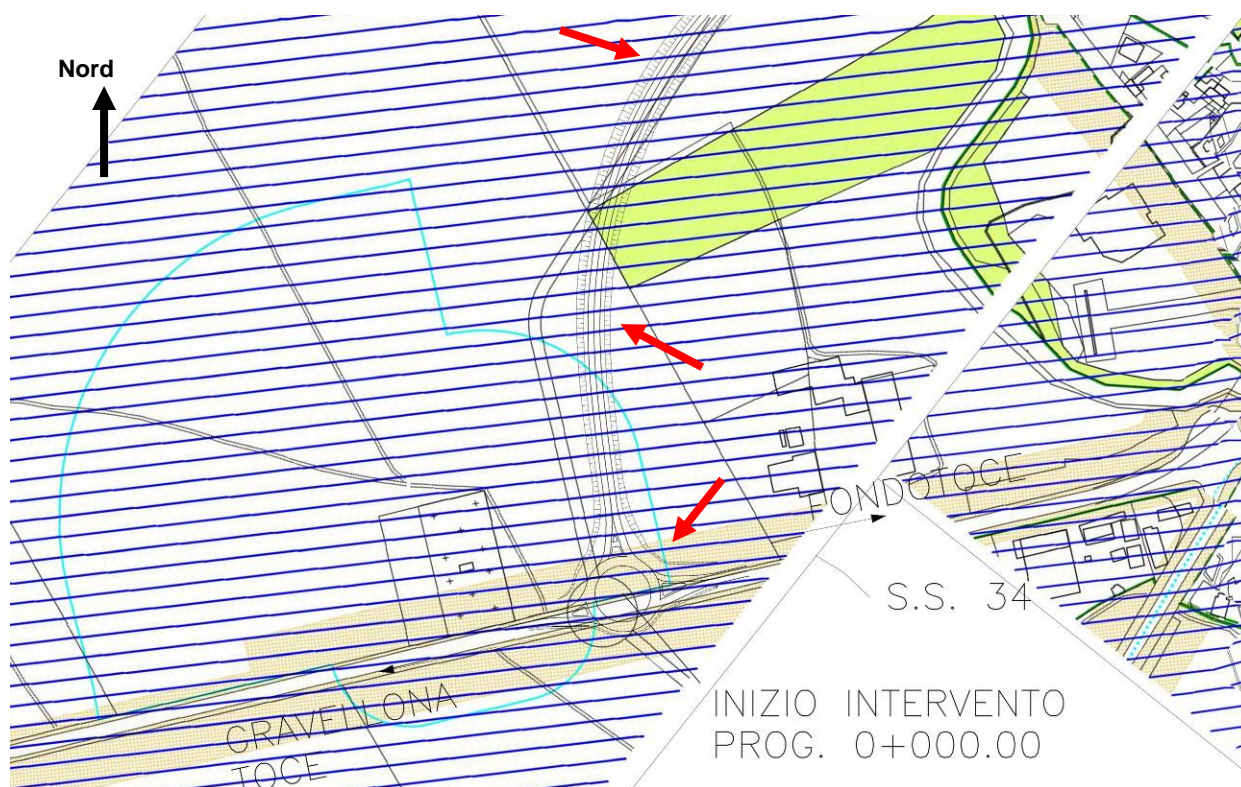


Figura 3.17 : stralcio della Carta dei vincoli del PRGC del Comune di Verbania raffigurante la rotonda vicino al cimitero e la prima parte di rilevato. Il tracciato in progetto è stato segnalato dalle frecce rosse e differisce leggermente da quello presente sulla carta stessa.

Grazie alla consultazione della Carta dei vincoli è stato inizialmente appurato che nessuna delle aree interessate in superficie dal progetto sono sottoposte a vincolo idrogeologico ai sensi del R.D. n°3267/23.

Esaminando in dettaglio la documentazione del PRGC si può notare che la rotonda vicino al cimitero è inserita entro la zona di rispetto cimiteriale, mentre la tratta in rilevato interessa:

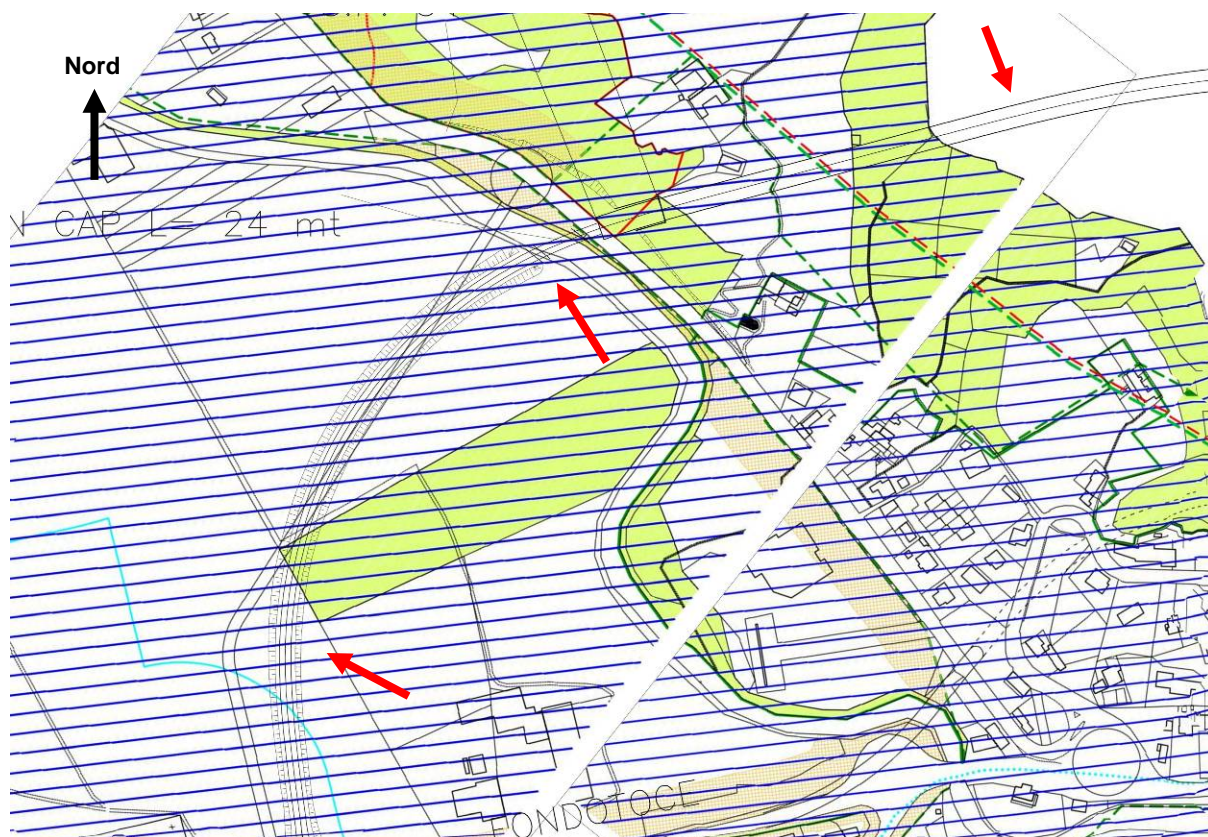
- territori contermini ai laghi ed ai corsi d'acqua compresi nella fascia di vincolo paesaggistico posto secondo il D.Lgs 42/2004 art. 2 comma 3 e art.136 e s.m.i.;
- aree boscate assoggettate alle procedure di cui al D.Lgs 42/2004 art. 2 comma 3 e art.142 comma 1 lettera G.





## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15



*Figura 3.18 : stralcio della Carta dei vincoli del PRGC del Comune di Verbania raffigurante la seconda parte del rilevato e l'imbocco lato Mergozzo della galleria naturale. Il tracciato in progetto è stato segnalato dalle frecce rosse e differisce leggermente da quello presente sulla carta stessa.*

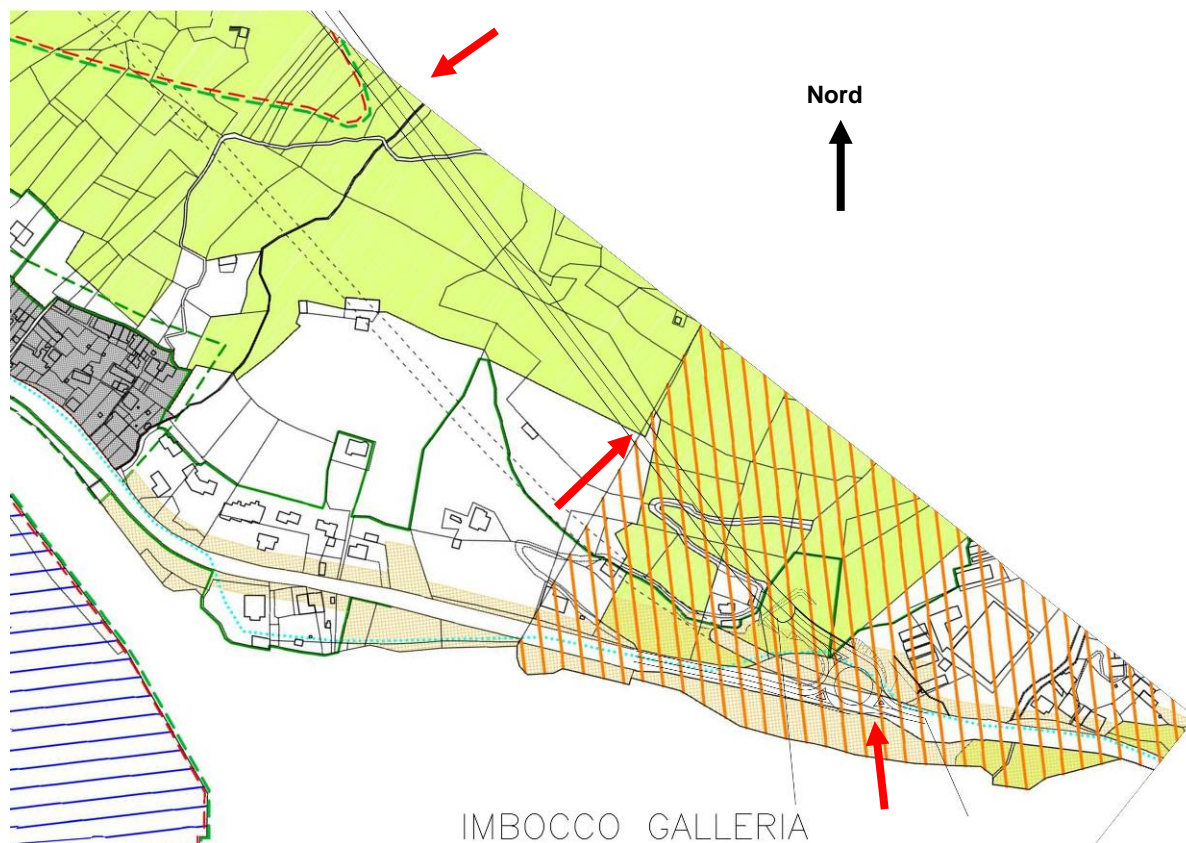
L'imbocco della galleria naturale lato Mergozzo, la galleria artificiale antistante l'imbocco e il viadotto di accesso alle gallerie ricadono in:

- aree boscate con funzioni assoggettate alle limitazioni di cui all'art. 30, 5° comma della L.R. 56/77;
- aree boscate assoggettate alle procedure di cui al D.Lgs 42/2004 art. 2 comma 3 e art.142 comma 1 lettera G.



## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15



*Figura 3.19 : stralcio della Carta dei vincoli del PRGC del Comune di Verbania raffigurante l'ultima parte della galleria naturale in prossimità dell'imbocco lato Verbania. Il tracciato in progetto è stato segnalato dalle frecce rosse e differisce leggermente da quello presente sulla carta stessa.*

L'imbocco della galleria naturale lato Verbania interessa:

- aree boscate assoggettate alle procedure di cui al D.Lgs 42/2004 art. 2 comma 3 e art.142 comma 1 lettera G;
- aree incluse nel vincolo paesaggistico posto secondo il D.Lgs 42/2004 art. 2 comma 3 e art.142.

In ultima analisi si può osservare che la rotonda antistante l'imbocco lato Verbania ricade parzialmente all'interno di un'area indicata come "Riserva Regionale". Tale definizione identifica probabilmente la Riserva naturale speciale di Fondotoce.



## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15






















	PERIMETRO DEI CENTRI EDIFICATI ( ART.29 L.R.56/77)		INSEDIAMENTI URBANI AVENTI CARATTERE STORICO-ARTISTICO (centri storici) EX ART.24 PUNTO 1 L.R.56/77	ART. 32
	PERIMETRO DEI CENTRI ABITATI (D.L.285/92 e 360/77)		NUCLEI MINORI AVENTI CARATTERE STORICO E DOCUMENTARIO (nuclei di antica formazione) EX ART.24 PUNTO 2 L.R.56/77	ART. 32
	ZONA DI RISPETTO DEI CIMITERI (PUBBLICAZIONE B.U.R. n°10 del 06.03.2003)		AREE DI INTERESSE STORICO E PAESAGGISTICO (ville e parchi di interesse architettonico) EX ART.24 PUNTO 1 L.R.56/77	ART. 33
	TRACCIATO DEL METANODOTTO ESISTENTE		AREE SOGGETTE A USI CIVICI	
	TRACCIATO DEL METANODOTTO IN PROGETTO		FASCIA DI RISPETTO DELLE STRADE ALL'ESTERNO DEI CENTRI ABITATI	
	AREE INCLUSE NEL VINCOLO DI CUI AL D.LGS. 42/2004 ARTICOLO 2 COMMA 3 E ARTICOLO 136 E SEGUENTI (Vincolo paesaggistico posto per decreto)		LIMITE DI ZONA SOGGETTA A VINCOLO IDROGEOLOGICO (R.D. n. 3267/23)	
	AREE INCLUSE NEL VINCOLO DI CUI AL D.LGS. 42/2004 ARTICOLO 2 COMMA 3 E ARTICOLO 142 (Vincolo paesaggistico posto per legge)		AREE DI SALVAGUARDIA DELLE OPERE DI CAPTAZIONE AD USO IDROPOTABILE LIMITE DI ZONA DI TUTELA ASSOLUTA (D.L. n.152/99, ART.21)	ART. 50
	PERIMETRO DELLA RISERVA REGIONALE		LIMITE DI ZONA DI RISPETTO (D.L.n.152/99, ART.21)	
	AREE INCLUSE NEL VINCOLO DI CUI AL D.LGS. 42/2004 ARTICOLO 2 COMMA 2 E ARTICOLO 10 (Vincolo monumentale)		LIMITE DI ZONA DI RISPETTO RISTRETTA (D.Lgs. n.152/99, ART.21 e DPGR del 11/12/2006 n°15/R, ART.5 e 6)	
	AREE BOSCHIVE CON FUNZIONI ASSOGGETTATE ALLE LIMITAZIONI DI CUI ALL'ART. 30, 5° COMMA DELLA L.R. 56/77		LIMITE DI ZONA DI RISPETTO ALLARGATA (D.Lgs. n.152/99, ART.21 e DPGR del 11/12/2006 n°15/R, ART.5 e 6)	
	AREE INCLUSE NEL VINCOLO DI CUI AL D.LGS. 42/2004 ARTICOLO 2 COMMA 3 E ARTICOLO 142 COMMA 1 LETTERA G) (Aree boschive)			ART. 34

Figura 3.20 : legenda della Carta dei vincoli del PRGC del Comune di Verbania.

### 3.5.2. Pozzo di ventilazione – Comune di San Bernardino Verbano

Per quanto concerne l'idoneità all'autorizzazione urbanistica dell'area in cui verrà realizzato il locale tecnologico al servizio del pozzo di ventilazione si può notare che essa è stata inclusa in classe **IIla** in quanto si tratta di un'area inedita in cui sussiste un grado di pericolosità da medio ad elevato (Figura 3.21 e Figura 3.22). Tale grado di pericolosità geologica è stato attribuito in funzione dell'elevata acclività, e conseguentemente energia di rilievo, in grado di provocare fenomeni gravitativi e di denudamento di versante.

Per quanto concerne i vincoli presenti sulla medesima area si può notare che essa è parzialmente interessata dalla fascia di rispetto dei corsi d'acqua e degli invasi naturali ai sensi dell'art.29 della legge 56/77 e s.m.i.





## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15



Figura 3.21 : stralcio della Carta di sintesi del PRGC del Comune di San Bernardino Verbano in corrispondenza del pozzo di ventilazione. Il riquadro rosso identifica indicativamente l'area in cui verrà realizzato il locale tecnologico del pozzo di ventilazione.

CLASSE III	Settori in cui sussistono condizioni di pericolosità geologica (aree direttamente interessate dalla dinamica dei corsi d'acqua e/o da processi di versante)	Edificato/inedificato		In generale, consentita solo la realizzazione di opere di interesse pubblico non altrimenti localizzabili, secondo quanto previsto dall'art. 31 L.R. 56/77
IIIa	Grado di pericolosità da medio ad elevato	Inedificato	Presenti/assenti	Porzioni di territorio in cui è impedita qualunque utilizzazione urbanistica

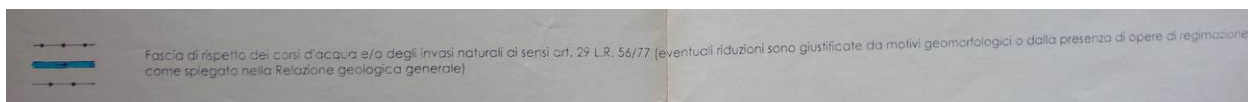


Figura 3.22 : stralcio della legenda della Carta di sintesi del PRGC del Comune di San Bernardino Verbano.



## **4 INDAGINI**

Il grado di dettaglio richiesto dal livello di progettazione del presente lavoro (Progetto Definitivo) ha richiesto l'esecuzione di una serie di indagini e studi integrativi volti ad ampliare le conoscenze geologiche, geomeccaniche, geotecniche e idrogeologiche dei litotipi interessati dal tracciato dell'opera in progetto. Per tale ragione, successivamente ad una ricerca bibliografica volta ad accertare l'eventuale presenza di indagini geognostiche pregresse, sono state programmate due nuove tipologie di indagini:

- Indagini geognostiche e geofisiche;
- Rilievi geomeccanici.

### **4.1. Indagini preliminari**

Come anticipato, prima di procedere con la pianificazione dei nuovi approfondimenti d'indagine, sono state ricercate tutte le informazioni di sottosuolo disponibili per l'area studiata. Grazie ai database di A.R.P.A. Piemonte è stato quindi possibile individuare:

- Sondaggi a carotaggio continuo;
- L'analisi dei dati di interferometria radar satellitare PSInSAR.

#### **4.1.1. Sondaggi**

Consultando il database sulle indagini geotecniche predisposto da A.R.P.A. Piemonte è stato possibile individuare n° 3 sondaggi geognostici a carotaggio continuo ubicati entro la pianura alluvionale del Toce, lungo le rive del corso d'acqua (Figura 4.1).

Come si può osservare dalla Figura 4.1 le indagini distano circa 950 m verso SW rispetto alla spalla destra del ponte in progetto; tuttavia essendo state realizzate entro il medesimo corpo sedimentario (costituito dal delta del Toce) è possibile trarne informazioni utili per la definizione dell'assetto stratigrafico della pianura alluvionale.

Nelle tabelle seguenti sono inoltre riportate le stratigrafie schematiche delle tre perforazioni.



## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

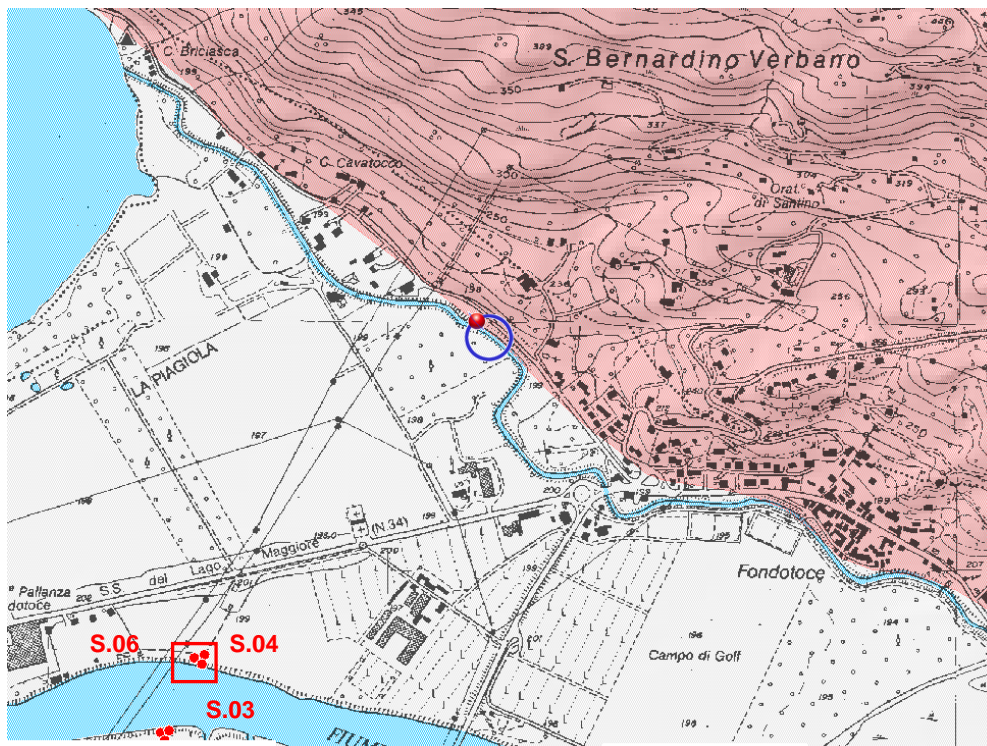


Figura 4.1 : ubicazione delle indagini geognostiche pregresse disponibili per l'area studiata. Le indagini considerate sono evidenziate con un riquadro rosso. (Immagine tratta dal sito di A.R.P.A. Piemonte).

Tabella 4.1 : stratigrafia schematica del sondaggio S.03.

S.03 (codice 103517)	
Profondità (m)	Descrizione
0-0,8	Sabbia fine inglobante resti vegetali.
0,8-4	Sabbia da fine a media.
4-4,9	Sabbia media inglobante ghiaietto.
4,9-6,4	Sabbia medio fine debolmente limosa inglobante raro ghiaietto.
6,4-7,5	Sabbia fine limosa a tratti torbosa.
7,5-7,9	Sabbia grossolana inglobante ghiaietto e ghiaia.
7,9-15,1	Sabbia fine debolmente limosa micacea.
15,1-15,3	Limo sabbioso.
15,3-15,5	Sabbia fine inglobante ghiaietto.



## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

S.03 (codice 103517)	
Profondità (m)	Descrizione
15,5-19,5	Sabbia fine debolmente limosa micacea.
19,5-19,9	Sabbia limosa.
19,9-23	Sabbia fine debolmente limosa micacea.

Tabella 4.2 : stratigrafia schematica del sondaggio S.04.

S.04 (103519)	
Profondità (m)	Descrizione
0-0,7	Sabbia fine inglobante resti vegetali.
0,7-3,6	Sabbia fine.
3,6-5,6	Sabbia medio grossolana inglobante ghiaietto.
5,6-6	Sabbia fine limosa inglobante raro ghiaietto.
6-6,7	Sabbia fine limosa a tratti torbosa.
6,7-7,4	Sabbia fine debolmente limosa.
7,4-13,2	Sabbia fine debolmente limosa micacea.
13,2-13,5	Limo sabbioso.
13,5-16,5	Sabbia fine debolmente limosa micacea.
16,5-17,8	Sabbia fine limosa micacea con presenza di resti torbosi.
17,8-20	Sabbia fine debolmente limosa micacea.
20-20,5	Sabbia fine limosa micacea.



## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

Tabella 4.3 : stratigrafia schematica del sondaggio S.06.

S.06 (codice 103518)	
Profondità (m)	Descrizione
0-0,6	Sabbia fine inglobante resti vegetali.
0,6-4,7	Sabbia fine.
4,7-5,1	Sabbia medio grossolana inglobante raro ghiaietto e ghiaia.
5,1-5,8	Sabbia fine limosa.
5,8-15,7	Sabbia media debolmente limosa inglobante raro ghiaietto.

### 4.1.2. Dati PSInSAR

Il sito web di A.R.P.A. Piemonte rende disponibile una banca dati in cui sono state raccolte le aree piemontesi caratterizzate da anomalie dei Permanent Scatterers (PS) evidenziate grazie alla tecnica di analisi dei dati denominata PSInSAR. I dati riportati sul sito, rappresentano quindi il risultato di una tecnica di analisi dei dati interferometrici satellitari (SAR) prodotti dai satelliti ERS-1 ed ERS-2 nel periodo compreso tra il 1992 e il 2001. Tralasciando la descrizione della tecnica, che non costituisce la finalità della presente relazione né compete allo scrivente<sup>1</sup>, è invece utile evidenziare le possibili applicazioni di tale metodologia all'area studiata.

La tecnica PSInSAR permette infatti di valutare il movimento relativo di un punto posto sulla superficie terrestre (misurata in mm/anno o cm/anno), rispetto all'ideale linea di acquisizione dei dati da parte del satellite, denominata Line of Sight (LOS). Conoscendo quindi l'orientazione della LOS (inclinata di circa 23° rispetto alla verticale e disposta verso destra perpendicolarmente alla direzione di volo) e la direzione di volo del satellite (orbita ascendente o discendente) è possibile correlare tale movimento ai processi geologici o geomorfologici presenti sul territorio studiato.

Come si può osservare dalla Figura 4.2 le aree anomale sono distribuite in corrispondenza della pianura alluvionale del Toce e non interessano i versanti che la bordano. La presenza di PS in un ambiente alpino di fondovalle alluvionale facilita l'analisi dei risultati, in quanto in tale contesto gli spostamenti misurati risentono marginalmente delle diverse direzioni di volo del satellite (ascendenti e discendenti). In conclusione questi dati non indicano quindi la presenza di movimenti franosi sui versanti, ma data la loro metodologia di

---

<sup>1</sup> Per una trattazione completa ed esaustiva della tecnica PSInSAR e delle analisi delle aree anomale piemontesi si rimanda alla documentazione scaricabile dal sito web di A. R. P. A. Piemonte.





## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

acquisizione non permettono nemmeno di escluderli, al contrario indicano con buona sicurezza la presenza di movimenti sul fondovalle che, data la geologia locale, possono essere attribuiti a dei fenomeni di subsidenza dei sedimenti sottoconsolidati del delta del Toce.

Tabella 4.4 : Tabella riassuntiva delle aree in cui sono presenti delle anomalie dei Permanent Scatterers (PS) analizzate con la tecnica PSInSAR.

ID punto	Velocità massima (mm/anno)	Velocità minima (mm/anno)	Movimento rispetto alla LOS	Interpretazione geologica
407	- 4,86	- 2,33	Allontanamento	Subsidenza
408	- 4,76	- 2,58	Allontanamento	Subsidenza
436	- 6,38	- 0,46	Allontanamento	Subsidenza
437	- 2,98	- 0,99	Allontanamento	Subsidenza
438	- 3,71	- 0,23	Allontanamento	Subsidenza

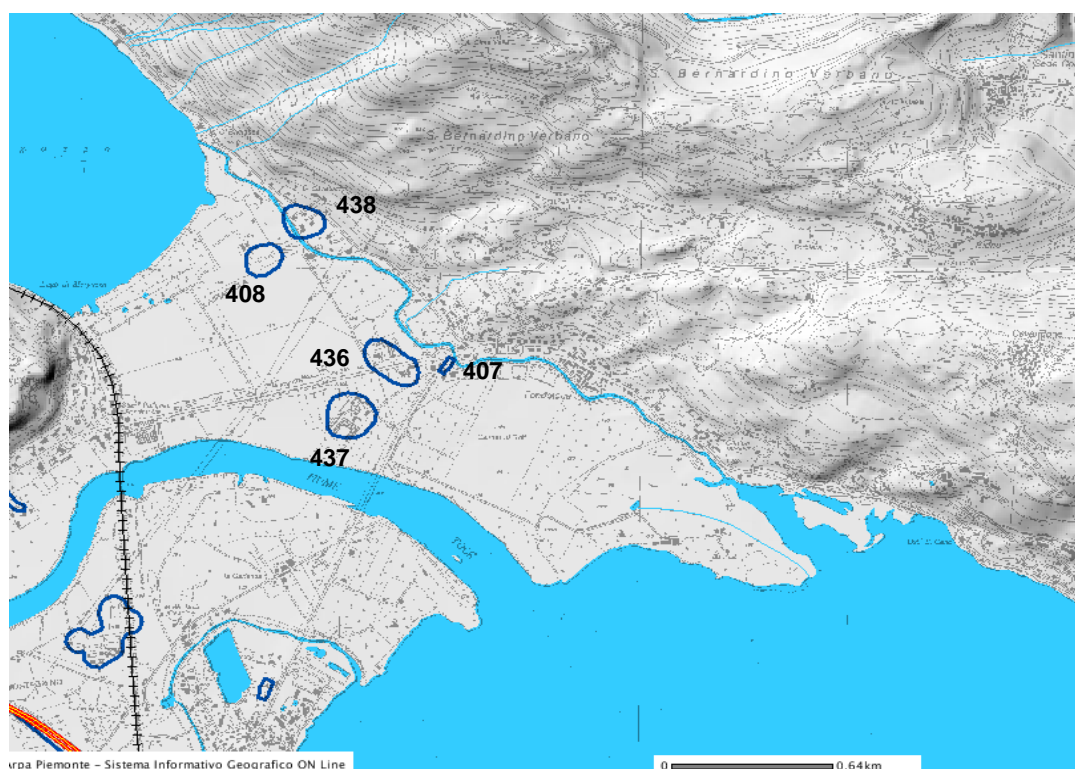


Figura 4.2 : ubicazione ed estensione delle aree in cui sono state osservate delle anomalie dei dati PSInSAR. (Immagine tratta dal sito di A.R.P.A. Piemonte).



#### 4.2. Indagini geognostiche del Progetto Definitivo

Sulla base delle informazioni disponibili dal Progetto Preliminare sono state individuate la parti di tracciato in cui risiedevano le maggiori incertezze geologiche; per tali aree, compatibilmente con le condizioni di accessibilità, si è quindi proceduto all'esecuzione di nuove indagini geognostiche integrative.

I principali obiettivi della nuova campagna di indagine sono così schematizzabili:

- Verificare il modello geologico previsto dal Progetto Preliminare;
- Determinare con maggior dettaglio le proprietà geotecniche dei terreni di fondazione del ponte per l'attraversamento del canale artificiale;
- Incrementare l'affidabilità delle previsioni geomeccaniche lungo la galleria naturale Fondotoce e nelle zone di imbocco;
- Monitorare l'andamento delle falde acquifere sotterranee in grado di interferire con le opere in progetto.

Per il raggiungimento degli obiettivi prefissati sono state realizzate indagini sia di tipo diretto (sondaggi) che indiretto (stendimenti sismici, prove MASW e Down Hole), nella misura riportata nella seguente Tabella 4.5.

Tabella 4.5: elenco delle indagini effettuate nell'ambito del Progetto Definitivo.

Lotto	Sondaggi	Stendimenti sismici	Prove MASW	Prove Down Hole
Lotto 1	S.PD.01_PZ	LS. PD. 02	MA.PD.01	DH.PD.01
Lotto 1	S.PD.02_PZ	LS. PD. 03		
Lotto 1	S.PD.03	LS. PD. 04		
Lotto 1	S.PD.04	LS. PD. 05		
Lotto 1	S.PD.05			
Lotto 1	S.PD.06_PZ			
Totale indagini	5	4	1	1

Per quanto riguarda la nomenclatura utilizzata, tutte le indagini eseguite nella presente fase progettuale sono state codificate con la sigla "PD" che identifica la fase del Progetto Definitivo, mentre la sigla "PZ" posta al termine del nome di sondaggio indica la presenza di un piezometro a tubo aperto.

##### 4.2.1. Sondaggi

Come precedentemente indicato in Tabella 4.5, nell'ambito del Progetto Definitivo del Lotto n° 1 sono stati realizzati 6 sondaggi geognostici perforati e attrezzati secondo lo schema riportato in Tabella 4.6.



## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

Tabella 4.6 : elenco dei sondaggi effettuati nell'ambito del Progetto Definitivo.

Sondaggio	Lunghezza complessiva (m)	Tecnica di perforazione		Attrezzatura	Prove eseguite in foro
		Tratta perforata a distruzione di nucleo (m)	Tratta perforata a carotaggio continuo (m)		
S.PD.01_PZ	18	-	0-18	Piezometro	Prove penetrometriche SPT
S.PD.02_PZ	25	-	0-25	-	-
S.PD.03	75	0-35	35-75	-	-
S.PD.04	50	0-20	20-50	-	Prova dilatometrica
S.PD.05	30	-	0-30	-	Prova dilatometrica e prova sismica Down Hole
S.PD.06_PZ	30	-	0-30	Piezometro	Prove penetrometriche SPT

L'ubicazione delle perforazioni è riportata sia nella Carta Geologica (cod. el. B357PDGEOOG02CO04010) che nell'apposita planimetria (cod. el. B357PDGEOOG02CO01010), mentre nelle tabelle seguenti sono state schematizzate le colonne stratigrafiche individuate. Per una descrizione più dettagliata delle stratigrafie ricavate si rimanda all'apposito allegato.

Tabella 4.7 : colonna stratigrafica schematica del sondaggio S.PD.01\_PZ.

S.PD.01_PZ		
<b>Obiettivo perforazione</b>	Verificare la stratigrafia dei depositi fluviolacustri in cui saranno realizzate le fondazioni del ponte per l'attraversamento del canale di Mergozzo.	
<b>Risultati</b>	Il sondaggio ha evidenziato che i depositi fluviolacustri sono caratterizzati da uno scarso grado di addensamento e consistenza, ha inoltre individuato il contatto tra i depositi e il substrato roccioso a bassa profondità.	
Profondità (m)	Litotipo	Principali caratteristiche e interpretazione geologica
0-13,7	Sabbie fini limose e limi argillosi.	Depositi fluvio-lacustri depositi durante l'accrescimento del conoide del Fiume Toce e durante periodi di sedimentazione prettamente lacustre. Livelli debolmente addensati.
13,7-15	Miscisti fortemente fratturati e alterati.	Cappellaccio di alterazione del substrato roccioso.
15-18	Miscisti.	Substrato roccioso appartenente agli Scisti dei Laghi.

Tabella 4.8 : colonna stratigrafica schematica del sondaggio S.PD.02\_PZ.



## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

S.PD.02_PZ		
<b>Obiettivo perforazione</b>	Verificare la presenza ed eventualmente la profondità di un'incisione di origine glaciale o fluvio/glaciale.	
<b>Risultati</b>	Il sondaggio ha confermato la presenza di una incisione di origine glaciale sepolta avente una profondità di 19,3 m	
<b>Profondità (m)</b>	<b>Litotipo</b>	<b>Principali caratteristiche e interpretazione geologica</b>
0-4,8	Ghiaia e blocchi in matrice limoso-sabbiosa	Probabili coltri eluvio colluviali e depositi di origine glaciale
4,8 - 11,70	Clasti rocciosi eterometrici in abbondante matrice sabbioso-limosa	Depositi di origine glaciale
11,70 - 19,30	Clasti rocciosi e ciottoli in abbondante matrice sabbioso fine-limosa	Depositi di origine glaciale e fluvio-glaciale
19,30-25	Micascisti	Substrato roccioso appartenente agli Scisti dei Laghi

Tabella 4.9 : colonna stratigrafica schematica del sondaggio S.PD.03.

S.PD.03		
<b>Obiettivo perforazione</b>	Verificare la presenza di una faglia impostata parallelamente alla strada Fondotoce- Bieno e acquisire informazioni in una delle sezioni a elevata copertura.	
<b>Risultati</b>	Il sondaggio ha confermato la presenza di una zona di taglio a comportamento fragile-duttile ad alto angolo (70-80° di inclinazione).	
<b>Profondità (m)</b>	<b>Litotipo</b>	<b>Principali caratteristiche e interpretazione geologica</b>
0-7	Limi sabbiosi con clasti rocciosi e ciottoli.	Probabili coltri eluvio colluviali e depositi di origine glaciale.
7-36,40	Micascisti.	Substrato roccioso appartenente agli Scisti dei Laghi.
36,40 -38,60	Metabasite litoide - probabile livello anfibolitico	Livello di anfibolite intercalato all'interno dei micascisti. Substrato roccioso appartenente agli Scisti dei Laghi.
38,6-49	Micascisti.	Substrato roccioso appartenente agli Scisti dei Laghi.
49-51,4	Micascisti con zone di taglio a giacitura sub verticale.	Zona di taglio a comportamento fragile-duttile.
51,4-57,7	Protomilonite foliata e coesiva.	Zona di taglio a comportamento fragile-duttile.
57,7-75	Micascisti.	Substrato roccioso appartenente agli Scisti dei Laghi.

Tabella 4.10 : colonna stratigrafica schematica del sondaggio S.PD.04.





## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

S.PD.04		
<b>Obiettivo perforazione</b>	Verificare la presenza e gli effetti di una possibile zona di taglio a comportamento duttile.	
<b>Risultati</b>	Il sondaggio ha evidenziato la presenza di un medio-elevato stato di fratturazione ma non ha intercettato la zona di taglio.	
<b>Profondità (m)</b>	<b>Litotipo</b>	<b>Principali caratteristiche e interpretazione geologica</b>
0-3,5	Limi sabbiosi e ciottoli.	Probabili coltri eluvio colluviali e depositi di origine glaciale.
3,5-37,7	Micascisti.	Substrato roccioso appartenente agli Scisti dei Laghi.
37,7-38,7	Metabasite litoide. Probabile livello anfibolitico.	Livello di anfibolite intercalato all'interno dei micascisti. Substrato roccioso appartenente agli Scisti dei Laghi.
38,7-50	Micascisti.	Substrato roccioso appartenente agli Scisti dei Laghi.

Tabella 4.11 : colonna stratigrafica schematica del sondaggio S.PD.05.

S.PD.05		
<b>Obiettivo perforazione</b>	Acquisizione informazioni sull'imbocco lato Verbania	
<b>Risultati</b>	Il sondaggio ha evidenziato la presenza di un ammasso roccioso in buono stato in cui tuttavia potrebbe essere presente una buona circolazione idrica localizzata in corrispondenza delle superfici di frattura.	
<b>Profondità (m)</b>	<b>Litotipo</b>	<b>Principali caratteristiche e interpretazione geologica</b>
0-2,5	Limi sabbiosi e ciottoli.	Probabili depositi di sottofondo stradale
2,5-10	Micascisti.	Substrato roccioso appartenente agli Scisti dei Laghi. Osservato elevato stato di ossidazione delle superfici di frattura.
10-30	Micascisti.	Substrato roccioso appartenente agli Scisti dei Laghi. In corrispondenza di alcune superfici di frattura è stato osservato un elevato stato di ossidazione.

Tabella 4.12 : colonna stratigrafica schematica del sondaggio S.PD.06\_PZ.

S.PD.06_PZ		
<b>Obiettivo perforazione</b>	Verificare la stratigrafia dei depositi fluviolacustri in cui saranno realizzate le fondazioni del ponte per l'attraversamento del canale di Mergozzo	
<b>Risultati</b>	Il sondaggio ha evidenziato che i depositi fluviolacustri sono caratterizzati da uno scarso grado di addensamento e consistenza	
<b>Profondità (m)</b>	<b>Litotipo</b>	<b>Principali caratteristiche e interpretazione geologica</b>
0-3,6	Sabbia molto fine limosa.	Depositi fluvio-lacustri depositi durante l'accrescimento del conoide del Fiume Toce e durante periodi di sedimentazione prettamente lacustre. Livelli debolmente addensati.. d
3,6-8,7	Sabbia eterometrica limosa.	
8,7-16	Sabbia molto fine limosa con livelli di limo.	
16- 30	Limo debolmente sabbioso e organico	



## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

### 4.2.2. Indagini geofisiche

Come indicato in Tabella 4.5 nell'ambito del progetto definitivo sono stati eseguiti 4 stendimenti sismici tomografici a rifrazione sismica, 1 stendimento MASW e una prova in foro Down Hole. Nella tabella seguente vengono riassunte le principali caratteristiche delle indagini realizzate.

Tabella 4.13 :tabella riassuntiva delle indagini geofisiche eseguite.

Indagine	Tipologia	Lunghezza (m)	Obiettivo
LS.PD.02	Tomografia a rifrazione	260	Analisi geologica di una parte di tracciato.
LS.PD.03	Tomografia a rifrazione	230	Verificare il controllo strutturale di un'incisione colmata di depositi glaciali.
LS.PD.04	Tomografia a rifrazione	140	Verificare il controllo strutturale di un'incisione colmata di depositi glaciali.
LS.PD.05	Tomografia a rifrazione	160	Acquisire informazioni sulla potenza dei depositi situati alla base della soglia glaciale.
MA.PD.01	MASW	70	Acquisire la $V_{s30}$ dei depositi su cui sarà fondato il ponte.
DH.PD.01	Down Hole	30 (In S.PD.05)	Analisi dello stato di fratturazione dell'ammasso in prossimità dell'imbocco lato Verbania.

### 4.3. Rilievi geomeccanici

Al fine di definire l'assetto geostrutturale degli ammassi e le caratteristiche geomeccaniche sia della roccia intatta sia dei sistemi di discontinuità in essi rilevati, sono state realizzate 7 stazioni di rilievo geomeccanico distribuite lungo il tracciato dell'opera (vedi Tabella 4.14 e Carta Geologica, cod. el. B357PDGEOOG02CO04010)

Tabella 4.14 : schema riassuntivo stazioni geomeccaniche.

Num.	Stazione	Litologia	Tipologia	RMR	GSI
1	RG-1	Micascisti	Rilievo completo	54	49
2	RG-2	Micascisti	Rilievo completo	67	62
3	RG-3	Micascisti	Rilievo completo	60	60
4	RG-4_Ms	Micascisti	Rilievo completo	44	56
4bis	RG-4_Fl	Filone aplitico	Rilievo completo	69	69
5	RG-5	Filone aplitico	Rilievo completo	65	67
6	RG-6	Micascisti	Rilievo speditivo	35	45
7	RG-7	Micascisti	Rilievo speditivo	62	62



## COMUNE DI VERBANIA

**Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15**

I rilievi eseguiti si dividono in due distinte categorie:

- Rilievi completi;
- Rilievi speditivi.

Nel primo caso è stato realizzato un rilievo di tipo misto soggettivo-oggettivo in quanto, a differenza delle normale rilievo oggettivo che utilizza delle linee o finestre di scansione e prevede la raccolta dei dati di tutte le discontinuità che le intercettano, sono state descritte solo le discontinuità che possono essere preliminarmente raggruppate in famiglie principali e intercettano la linea di scansione. In questo caso l'individuazione delle famiglie principali avviene preliminarmente tramite l'osservazione dell'ammasso e può ovviamente essere rivista in fase di elaborazione stereografica e statistica dei dati raccolti.

Il secondo caso invece ha previsto la realizzazione di classici rilievi soggettivi, in cui cioè vengono raccolte le caratteristiche medie dei giunti appartenenti alle famiglie di discontinuità individuate preliminarmente tramite l'osservazione dell'ammasso. Anche in questo caso durante la fase di rielaborazione dei dati raccolti è tuttavia possibile rivedere tali classificazioni preliminari.



## **5 GEOMORFOLOGIA**

L'assetto geomorfologico dell'area è costituito principalmente dai prodotti della dinamica glaciale e da quelli del successivo rimodellamento fluviale, che sono stati sottoposti a un controllo strutturale molto marcato. Tale evidenza è fornita sia dalla presenza di numerose forme erosionali disposte parallelamente alla scistosità, sia dalla presenza di zone di locale debolezza dell'ammasso roccioso impostate in corrispondenza delle principali linee tettoniche dell'area e successivamente approfondite dall'azione erosiva glaciale e fluviale.

### **5.1. Forme dovute alla dinamica glaciale**

Appartengono a questa categoria quelle forme riconducibili all'azione erosionale (prevalente nel settore in esame) o a quella deposizionale (subordinata) del ghiacciaio, degli scaricatori glaciali o dei torrenti sub o pro glaciali.

#### **5.1.1. Dossi montonati**

I dossi montonati sono costituiti da dossi allungati nella direzione del movimento del ghiacciaio sagomati all'interno del substrato roccioso. Essi si presentano arrotondati e levigati dall'azione esaratrice del ghiacciaio, con un lato più levigato verso monte ed uno più irregolare verso valle. Nella Carta Geomorfologica (cod. el B357PDGEOOG02CO02010) sono stati indicati come "assi di dossi montonati" anche i settori mediani di elementi che pur non presentando roccia montonata affiorante per tutta la loro lunghezza sono affioranti in parte e individuabili nelle parti restanti sulla base di elementi morfologici chiari. Questi elementi morfologici si presentano generalmente paralleli o sub-paralleli alla scistosità, la loro distribuzione e direzione indicano la direzione di scorrimento del ghiacciaio principale e del ghiacciaio della valle del Rio San Giacomo e testimoniano inoltre la presenza di una lingua glaciale minore che dalla valle del Rio San Giacomo scendeva verso l'abitato di Fondotoce passando dalle località Pescaia e Spelonca.

#### **5.1.2. Morena**

La presenza di elementi morfologici classificabili con relativa sicurezza come morene di ablazione laterali o frontali è fortemente subordinata nel settore in esame rispetto ad altre forme connesse al modellamento glaciale. In particolare sono state osservate unicamente in corrispondenza della Valle del Rio San Giacomo con una morena parallela alla valle e posta in sinistra orografica in località La Torbiera e con due morene site in prossimità dello sbocco nelle valle principale e di altezza più rilevante che, in assenza di dati petrografici discriminatori, possono essere attribuite al ghiacciaio della valle principale.

#### **5.1.3. Orlo di terrazzo glaciale**

Queste forme delimitano delle superfici pianeggianti o sub pianeggianti distribuite sui versanti dell'area in esame a tutti i livelli altimetrici; la superficie dei terrazzi glaciali può essere prevalentemente erosionale, e





## COMUNE DI VERBANIA

**Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15**

quindi essere impostata in roccia, oppure corrispondere ad una azione deposizionale glaciale o fluvio-glaciale e quindi essere formata da depositi.

### 5.1.4. *Soglia glaciale*

In questo lavoro con il termine “soglia glaciale”, spesso non univoco, si è inteso definire una variazione trasversale di pendenza all'interno delle valli di modellamento glaciale, sia essa una contropendenza che un incremento dell'acclività. Questa forma definisce quindi anche il limite delle “valli sospese” glaciali, ed è geneticamente connessa con dei fenomeni di sovraescavazione o con dei settori di confluenza tra il ghiacciaio principale e dei ghiacciai tributari minori.

### 5.1.5. *Scaricatori glaciali o spillway*

Queste forme corrispondono a delle incisioni in roccia o in sedimenti generate sui versanti dai corsi d'acqua paralleli al ghiacciaio, generano quindi delle depressioni prevalentemente parallele alle valli principali che possono poi essere colmate da depositi successivi perdendo in tutto o in parte la propria espressione morfologica, o essere rielaborate dal rimodellamento morfologico.

Nel corso del rilevamento geomorfologico, data la loro rilevanza ai fini progettuali, è stata prestata particolare attenzione al riconoscimento di queste forme e dei contesti morfologici in cui esse possono essere presenti anche se sepolte al di sotto dei depositi; nella fattispecie in prossimità dell'imbocco lato Mergozzo si è ipotizzata la presenza di una di queste incisioni colmate, ipotesi poi confermata dai risultati del sondaggio S.PD.02\_PZ, appositamente ubicato, che ha individuato in questo settore uno spessore di 19 m di depositi glaciali e fluvio-glaciali, in un contesto in cui lo spessore medio di questi depositi è approssimativamente di 5 m

## 5.2. **Forme di versante dovute alle acque superficiali**

Appartengono a questa categoria quelle forme riconducibili all'azione erosionale o deposizionale delle acque superficiali, siano esse ruscellanti sulla superficie che incanalate negli alvei.

### 5.2.1. *Nicchia di erosione accelerata*

Queste forme sono state osservate unicamente in corrispondenza dei tratti in cui gli alvei dei rii incidevano negli spessori rilevanti di depositi glaciali e sono quindi distribuite in un settore circoscritto dell'area in esame sito in prossimità del Rio Moncuca. Morfologicamente corrispondono a delle nicchie arcuate con una parte superiore spesso aggettante site in corrispondenza di tratti curvilinei degli alvei ma ad una quota superiore.

### 5.2.2. *Orlo di scarpata fluviale*

In questo studio si è effettuata una distinzione tra le forme corrispondenti a scarpate che delimitano i tarrazzi alluvionali e le forme corrispondenti alle incisioni dei corsi d'acqua all'interno del substrato roccioso o



## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

dei depositi; con “orlo di scarpata fluviale” si sono quindi indicate le parti terminali delle scarpate di erosione nel caso in cui esse presentino una acclività ed altezza sufficiente e una distanza significativa dal corso d'acqua. Ove le scarpate, pur di altezza e acclività rilevante, siano prossime al corso d'acqua non sono state indicate nella Carta Geomorfologica (cod. el. B357PDGEOOG02CO02010) mantenendo unicamente il simbolo di “alveo fortemente inciso”.

### 5.2.3. *Orlo di terrazzo fluviale*

All'interno dell'area di studio queste forme sono distribuite unicamente nel settore di pertinenza dei depositi del Fiume Toce, i cui depositi sono stati incisi e terrazzati o dall'attività del Toce stesso o dalla successiva azione del corso d'acqua indicato come Canale di Mergozzo.

### 5.2.4. *Alvei e incisioni torrentizie*

Corrispondono al reticolato idrografico attuale sede del deflusso delle acque superficiali, sono prevalentemente impostati in roccia e subordinatamente sui depositi glaciali; localmente presentano dei volumi cartografabili di depositi alluvionali.

### 5.2.5. *Alveo fortemente inciso*

Nell'area in esame sono presenti numerosi tratti di alvei caratterizzati da una elevata incisione; la maggior parte di essi è localizzata in corrispondenza dei tratti paralleli alla scistosità, localmente sono impostati sui depositi glaciali. La variabilità della potenza dell'incisione è attribuibile alla tendenza del corso d'acqua ad eliminare i “gradini” residui della morfologia glaciale.

## 5.3. **Forme dovute alla dinamica mista glacio-fluviale**

Queste forme sono dovute al rimodellamento fluviale delle superfici geneticamente legate all'azione del ghiacciaio, nella fattispecie non si intende un generico rimodellamento nel senso della parziale oblitterazione della morfologia precedente ad opera dalle acque ruscellanti o che scorrono all'interno degli alvei ma un riutilizzo ed un incremento dell'evidenza morfologica degli elementi morfologicamente depressi generati dal ghiacciaio.

### 5.3.1. *Selle di trasfluenza glaciale rimodelate*

Nell'area in esame queste forme derivano essenzialmente dalle differenze tra le locali direttrici di modellamento glaciale e le direzioni di deflusso idrografico successive; queste differenze impostano delle incisioni negli spartiacque che vengono poi rimodelate dall'arretramento degli spartiacque ampliandosi ed approfondendosi.,



**COMUNE DI VERBANIA**

**Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15**

**5.3.2. Valli secche**

Con il termine “valli secche” si intendono delle incisioni caratterizzate da sezione ad “U” e non generate dal reticolato idrografico attuale ma dalla dinamica glaciale, ad opera dell’esarazione diretta della massa glaciale o di corsi d’acqua come torrenti pro glaciali e scaricatori glaciali. In determinati settori queste incisioni, pur non essendo sede di un alveo, raccolgono e incanalano le acque ruscellanti, e al loro termine si individua la testata di un alveo.



## **6 GEOLOGIA**

### **6.1. Stratigrafia dell'area di interesse**

La stratigrafia dell'area indagata è relativamente semplice in quanto, partendo dal basso e proseguendo verso l'alto stratigrafico della successione osservata, è presente un substrato cristallino polimetamorfico ricoperto da depositi detritici quaternari poco potenti e discontinui.

Il substrato cristallino è prevalentemente formato da una serie monotona di micascisti e paragneiss appartenenti all'unità tettonostratigrafica degli Scisti dei Laghi, in cui successivamente si sono intruse due diverse tipologie di corpi filoniani a chimismo acido (apliti) e basico (lamprofiri).

Il substrato roccioso è stato inizialmente rimodellato dall'azione esarativa delle masse glaciali pleistoceniche e successivamente ricoperto dai depositi detritici prodotti sia dai processi glaciali, sia dai processi fluviali e gravitativi sin e post glaciali. Per quanto concerne l'area studiata, vista l'eterogenea distribuzione laterale dei depositi detritici e i frequenti rapporti erosionali che intercorrono tra le diverse unità quaternarie, non è possibile definire una precisa successione stratigrafica univoca. Per quanto riguarda i depositi detritici quaternari si è quindi preferito descrivere una successione degli eventi deposizionali e dei relativi depositi, derivata in parte dai dati raccolti durante il rilievo geologico di terreno e in parte dall'analisi geomorfologica dell'evoluzione dell'area, invece che una precisa successione di litotipi quaternari.

La successione dei sedimenti prodotti dai diversi eventi deposizionali, dal basso verso l'alto è quindi costituita da:

- Depositi di origine glaciale;
- Depositi di origine lacustro/palustre (torbe)
- Depositi alluvionali di fondovalle e di conoide, associati a depositi lacustri della piana alluvionale del Toce;
- Depositi gravitativi di frana e di falda;
- Depositi gravitativo-alluvionali che hanno prodotto le coltri eluvio-colluviali.

### **6.2. Unità geologiche dei depositi superficiali**

#### **6.2.1. Unità AL1: depositi alluvionali e fluviolacustri del Fiume Toce e, subordinatamente, dei torrenti e dei conoidi**

Questa unità comprende i depositi alluvionali recenti del Fiume Toce e dei rii minori presenti nell'area, i depositi del Fiume Toce, che in questa area rappresentano il suo delta terminale all'interno del Lago Maggiore, sono sedimenti prevalentemente fini costituiti da sabbie, sabbie fini e subordinate ghiaie; localmente, come evidenziato dal sondaggio S.PD.01\_PZ (Figura 6.1) e S.PD.06\_PZ (Figura 6.2), data la natura della deposizione deltizia i depositi del Fiume Toce possono essere alternati a depositi argillosi o limosi derivanti da episodi di deposizione lacustre. I depositi dei rii minori si presentano molto più grossolani data la maggiore





## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

pendenza del bacino idrografico e la minore maturità del corso dell'alveo, essi formano dei ridotti fondovalle alluvionali e ,nel loro tratto terminale, dei conoidi coalescenti con i depositi del Fiume Toce o con i depositi lacustri.



Figura 6.1 : depositi fluviolacustri costituiti da limi sabbiosi e debolmente argillosi intercettati dal sondaggio S.PD.01\_PZ tra 9 e 13,7 m di profondità.



Figura 6.2 : depositi fluviolacustri costituiti da limi debolmente sabbiosi e organici intercettati dal sondaggio S.PD.06\_PZ tra 16 e 30 m di profondità.



## COMUNE DI VERBANIA

**Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15**

### 6.2.2. *Unità AL2: depositi torbosi*

Questa unità è stata osservata unicamente in prossimità dell'abitato di Bieno, in corrispondenza del Comune di San Bernardino e in località Torbiera. In tale area si è avuto probabilmente un episodio di sovraescavazione glaciale che, in seguito alla deglaciazione, ha generato un ridotto bacino lacustre successivamente colmato e interessato dalla deposizione di torbe. Anche se questo è l'unico settore in cui affiorano i depositi torbosi, è probabile che entro l'area si siano sviluppati altri episodi simili soprattutto in corrispondenza di valli secondarie durante la prima fase della deglaciazione, e che quindi vi siano dei depositi fini lacustri o torbosi sepolti in corrispondenza dello sbocco vallivo di dette valli secondarie.

### 6.2.3. *Unità GC: depositi glaciali*

Data la scarsità degli affioramenti e la non univocità degli elementi morfologici osservati, in questa unità sono stati uniti i depositi di fondo, i depositi di ablazione e i depositi fluvioglaciali presenti nell'area. I depositi osservati sono caratterizzati da matrice sabbiosa e sabbioso limosa con clasti poligenici ed eterometrici più o meno spigolosi a seconda che si tratti di depositi fluvioglaciali o di ablazione con dimensioni variabili da centimetriche a metriche (Figura 6.3). I depositi osservati presentano generalmente un buon addensamento ed una parte superiore fortemente ossidata, mentre non sono stati trovati indizi di cementazione. Localmente i depositi glaciali raggiungono spessori superiori ai 10 m e ospitano falde acquifere temporanee o stagionali.





**COMUNE DI VERBANIA**

**Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15**



*Figura 6.3 : depositi glaciali depositi in un'incisione glaciale o fluvioglaciale sepolta. L'incisione è parallela al secondo tratto del corso d'acqua visibile in primo piano.*

I principali affioramenti di depositi glaciali sono stati osservati prevalentemente lungo le sponde del Rio Moncucea tra le quote di 218 e 240 m s.l.m., nonché tra il Rio Moncucea e il Rio Giroldo. In questo settore essi hanno colmato una incisione di origine glaciale o fluvioglaciale (spillway) a direzione NW-SE e riconducibile all'evoluzione del ghiacciaio principale. Tale struttura verrà descritta in dettaglio nel Capitolo 8.

#### *6.2.4. Unità EC: coperture detritiche eluvio-colluviali*

Queste coperture si presentano ubiquitarie nell'area in esame, sono costituite da una matrice limoso-sabbiosa di colore screziato variabile dal grigio al rosso cupo in cui sono presenti clasti eterometrici monogenici



disposti con una stratificazione parallela al versante. Questi depositi si presentano scarsamente addensati, ospitano falde temporanee in occasione delle precipitazioni.



*Figura 6.4 : coltri eluvio-colluviali deposte sui micascisti degli Scisti dei Laghi.*

#### **6.2.5. Unità DF: detrito di falda a grossi blocchi**

Questa unità è stata osservata in un unico settore dell'area di studio, all'estremo margine settentrionale dell'area di rilevamento, ad una distanza di circa 700 metri dal tracciato dell'opera in sotterraneo; i depositi di questa unità sono costituiti da grossi blocchi spigolosi eterometrici che formano delle falde molto acclivi. La genesi di questa falda è da imputarsi ad un detensionamento dell'ammasso roccioso in seguito alla scomparsa della massa glaciale governato principalmente dalle fratture impostatesi lungo le superfici di scistosità che in questo settore si presentano parallele al versante. La genesi post-glaciale dei crolli è confermata dalla presenza di superfici meno rugose dei blocchi che possono essere considerate delle vecchie superfici montonate.

### **6.3. Unità geologiche del substrato roccioso**

#### **6.3.1. Scisti dei Laghi**

Come precedentemente anticipato il substrato roccioso dell'area è prevalentemente costituito da una serie monotona di micascisti e paragneiss a biotite e muscovite, con locale presenza di granati e subordinata cianite e staurolite. I passaggi tra i due differenti litotipi sono graduali e la distribuzione areale degli affioramenti





## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

è casuale, tuttavia in seguito ai rilievi di terreno è possibile affermare che nell'area è presente una predominanza della facies micascistosa rispetto a quella gneissica. La situazione maggiormente osservata presenta livelli gneissici "imballati" all'interno dei micascisti, come rappresentato in Figura 6.5.



*Figura 6.5 : Affioramento di micascisti al cui interno è presente una lente di paragneiss bordata da due lacci di quarzo di dimensioni centimetriche.*

Gli affioramenti di micascisti sono costituiti da un ammasso di colore grigio chiaro caratterizzato da scistosità millimetrica o sub-millimetrica, materializzata da alternanze di livelli fillosilatici (a prevalente muscovite e clorite sviluppata su originaria biotite o di neoformazione) e quarzoso-feldspatici (vedi Figura 6.5). Lungo le superfici di scistosità principale (Sp) è diffusa la presenza lacci di quarzo di potenza centimetrino-millimetrica, residuo di pieghe isoclinali intrafoliali, sradicate e parallelizzate alla Sp. I micascisti possono presentarsi da relativamente compatti a molto foliati in virtù del diverso quantitativo di fillosilicati presente nell'ammasso.

I livelli maggiormente gneissici sono caratterizzati da un minor quantitativo di fillosilicati e da un maggior contenuto di quarzo e feldspato; tale variazione modale nella composizione mineralogica produce una tessitura gneissica tipicamente più grossolana rispetto a quella dei micascisti. Spesso nelle lenti gneissiche, in virtù della maggior competenza espressa rispetto alla circostante frazione micascistosa, si possono osservare delle pieghe isoclinali/serrate di fase Sp preservate dalla trasposizione osservata generalmente nei meno competenti micascisti (vedi Figura 6.5).



## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

Entrambi i litotipi sono stati sottoposti a metamorfismo ercinico in facies anfibolitica, successivamente retrocessa in facies scisti verdi. Tracce di tale evoluzione metamorfica sono state riconosciute anche durante il rilievo di terreno, in quanto sono stati osservati dei livelli arricchiti in granato a testimonianza della fase di alta T della facies anfibolitica (vedi Figura 6.6), ed è stata spesso riconosciuta la sostituzione delle biotite ad opera della clorite, testimonianza della successiva retrocessione in scisti verdi.



*Figura 6.6 : Livello di micascisti granatiferi attraversato dal sondaggio S. PD 03.*

Grazie al sondaggio S.PD 03 è stato possibile osservare la presenza di piccole masse di anfiboliti intercalate all'interno dei micascisti (vedi Capitolo 0). Il livello anfibolitico osservato durante la perforazione presenta spessore di circa 1 m ed è caratterizzato da colore verde scuro, massa di fondo microcristallina fratturata e solcata da vene di colore biancastro a riempimento quarzoso-calcitico. Sulle superfici di frattura sono presenti dei blasti di pirite, mentre il contatto tra il livello anfibolitico e i micascisti è circa parallelo alla scistosità Sp.





## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15



*Figura 6.7* : Livello anfibolitico all'interno dei micascisti osservato durante la perforazione del sondaggio S. PD. 03. Si può notare la fitta trama di fratture riempite da quarzo e calcite.

Come si può osservare dalla Carta Geologica allegata allo studio (cod. el. B357PDGEOOG02CO04010), gli affioramenti degli Scisti dei Laghi sono distribuiti omogeneamente su tutto il versante studiato, mentre sono ovviamente assenti in corrispondenza della pianura alluvionale. Gli affioramenti di anfiboliti invece non sono mai stati osservati direttamente in affioramento e non compaiono quindi nella Carta. Le uniche segnalazioni circa la presenza di tali livelli provengono quindi dai sondaggi S.PD.03 ed S.PD.04 (vedi paragrafo 4.2.1).

### 6.3.2. *Filoni aplitici*

Durante il rilevamento geologico è stato osservato che gli Scisti dei Laghi sono stati intrusi da una serie di corpi filoniani a giacitura discordante rispetto alla scistosità principale (Sp) e chimismo prevalentemente acido. Nell'area è infatti presente un filone potente circa 20-30 m a giacitura circa sub verticale e direzione WSW-ENE e diversi filoni minori di potenza compresa tra 1-2 metri e simile orientazione.

Da un punto di vista litologico possono essere classificati come apliti in quanto sono costituiti da un ammasso leucocratico a struttura equidimensionale e grana fine, formato prevalentemente da quarzo e feldspato (probabilmente albite o K-feldspato). Nella massa cristallina sono inoltre presenti delle subordinate miche chiare e scure (biotite probabilmente retrocessa in clorite) e degli aggregati melanocratici arricchiti in biotite/clorite (vedi Figura 6.8).



## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15



*Figura 6.8 : Filone aplitico a grana fine con incluso melanocratico e piccoli cristalli di biotite retrocessa in clorite visibili nella massa di fondo.*

Come si può osservare dalla Carta Geologica (cod. el. B357PDGEOOG02CO04010) gli affioramenti dei filoni aplitici sono collocati nella metà settentrionale dell'area individuata dalla strada che collega Fondotoce a Bieno. Gli affioramenti del principale filone (di potenza massima stimata tra 20 e 30 m) sono distribuiti lungo una ristretta fascia a direzione WSW-ENE, lunghezza in pianta di circa 1270 m e sviluppo altimetrico pari a circa 170 m. Il punto più basso (alla quota di 200 m s.l.m.) è situato a circa 600 m da Fondotoce lungo la strada che percorrendo la sponda sinistra del lago prosegue verso Mergozzo, mentre il punto più elevato (alla quota di 370 m s.l.m.) è collocato quasi al limite settentrionale dell'area rilevata. I pochi contatti visibili tra il filone e gli Scisti dei Laghi permettono di osservare gli originari contatti intrusivi (Figura 6.9) (quote 245, 280 m s.l.m.); in alcuni casi alcune tratte del contatto sembrano essere state blandamente deformate da piccole faglie a comportamento fragile (quota di 318 m s.l.m.).

Ad un'analisi più dettagliata la giacitura del filone risulta prevalentemente caratterizzata da immersione verso NNW (circa 340°) ad alto angolo (circa 70-90°); tuttavia la distribuzione degli affioramenti e i dati di terreno permettono di ipotizzare che in alcune limitate tratte essa possa presentare medesima immersione ma inclinazione di circa 30-35°. Tale variazione potrebbe essere causata sia dalla dislocazione operata da zone di taglio a basso angolo sviluppate in condizioni fragili in seguito all'intrusione dei filoni (come quella osservata in corrispondenza della stazione RG-5, (vedi Allegato 1 - Rilievi geomeccanici), sia da originarie variazioni della giacitura.





**COMUNE DI VERBANIA**

**Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15**



*Figura 6.9 : filone aplitico a grana fine (parte superiore dell'ammasso) discordante rispetto ai micascisti appartenenti agli Scisti dei Laghi (parte inferiore dell'ammasso). Si noti la scistosità Sp troncata dal contatto intrusivo. L'affioramento è situato alla quota di 318 m s.l.m.*

In corrispondenza dell'imbocco lato Mergozzo è stato inoltre osservato un piccolo filone potente circa 3 metri, costituito prevalentemente da quarzo e bordato da due limitate zone di deformazione sviluppate a spese dei micascisti (Figura 6.10). Tale corpo è caratterizzato da una giacitura sub verticale discordante con i micascisti incassanti, sembra chiudersi a lente ed è parzialmente deformato dalle due zone di taglio poste a contatto con i micascisti. Sebbene la composizione mineralogica sia maggiormente pegmatitica e la sua origine non sia del tutto chiara, in virtù della maggior affinità composizionale e per ragioni di semplicità nel presente lavoro il filone a quarzo prevalente è stato unificato ai filoni aplitici.



## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15



*Figura 6.10 : probabile filone pegmatitico situato lungo la strada Fondotoce-Bieno. Il filone, discordante rispetto ai micascisti incassanti, è bordato da due piccole zone di deformazione a comportamento fragile.*

### 6.3.3. Filoni lamprofirici

In corrispondenza della strada che collega Fondotoce a Bieno è stata osservata una seconda tipologia di corpi filoniani a chimismo essenzialmente basico, potenza compresa tra 50 cm e 1 m, inclinazione di circa 60° e immersione verso NNW (circa 340-345°) discordante con la scistosità Sp dei micascisti incassanti (vedi Figura 6.11).

Ad un esame visivo i filoni sono costituiti da una massa di fondo microcristallina di colore verde scuro facilmente scalfibile con una punta metallica. Data la grana estremamente ridotta espressa dai filoni non è stato possibile riconoscere alcuna fase mineralogica utile ad effettuare una classificazione petrografica; l'unica fase minerale di cui è ipotizzabile la presenza è rappresentata dalla clorite, evidenziata dalla debole resistenza alla scalfitura da parte di punte metalliche.

Vista la difficile interpretazione petrografica dell'ammasso, in accordo con quanto riportato nella relazione geologica del Piano Regolatore Generale Comunale del Comune di San Bernardino Verbano (D'Elia, 1999), si è preferito adottare per tali corpi intrusivi la nomenclatura di filoni lamprofirici.





*Figura 6.11 : Filone basico discordante con i micascisti incassanti. Il contatto tra il filone (a sinistra nella foto) e i micascisti (a destra) è netto e non deformato.*

#### **6.4. Assetto geologico-strutturale**

L'assetto strutturale dell'area rilevata è relativamente semplice in quanto il basamento cristallino degli Scisti dei Laghi presenta mediamente una giacitura monoclinale caratterizzata da immersione verso SSE ed angolo di inclinazione pari a circa 60-70°. Durante la campagna di rilevamento geologico sono state tuttavia individuate alcune strutture deformative a carattere duttile/fragile rappresentate da pieghe e linee tettoniche.

##### **6.4.1. Strutture plicative**

Per quanto concerne le principali strutture plicative evidenziate dal rilievo geologico di terreno, sono state osservate tre diverse famiglie di pieghe visibili prevalentemente alla scala del singolo affioramento (mesoscala). In particolare sono state individuate:

- Pieghe di fase Sp;
- Pieghe di fase Sp+1;
- Pieghe di fase Sp+2.

Le pieghe di fase Sp sono caratterizzate da deformazione di tipo duttile e rappresentano il prodotto della fase deformativa principale che ha formato l'omonima scistosità; sono costituite da strutture ad asse circa suborizzontale e piano assiale corrispondente alla Sp. Tale famiglia di pieghe presenta profilo simile, angolo tra



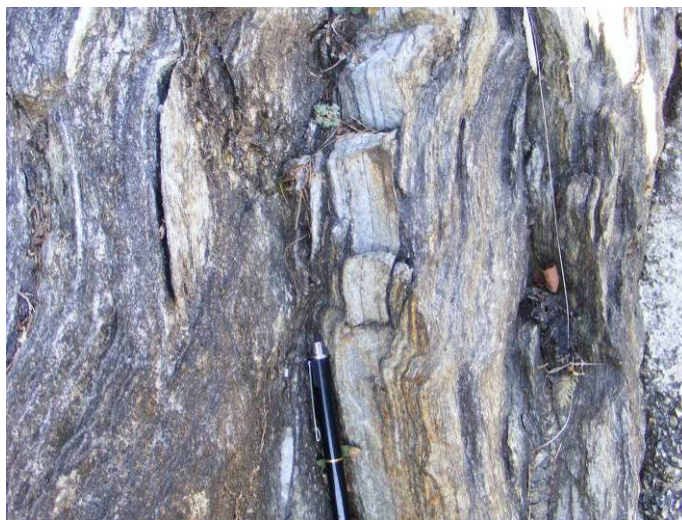
## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

i fianchi da isoclinale a serrato ed stata preservata dalla trasposizione operata dalla fase Sp soprattutto in corrispondenza dei livelli più gneissici.

Le successive pieghe di fase Sp+1 presentano un comportamento intermedio tra la deformazione di tipo duttile e quella fragile ed hanno deformato la scistosità Sp e le relative strutture plicative grazie a pieghe blande e profilo concentrico, caratterizzate da piano assiale ed asse subverticali. Le strutture osservate in affioramento presentano un angolo tra i fianchi compreso tra 100 e 110°. Talora lungo i fianchi di queste strutture si sono sviluppate delle zone di taglio mesoscopiche a comportamento fragile-duttile.

Le ultime strutture plicative sviluppate entro l'area sono riconducibili a una fase deformativa tardiva Sp+2, le cui strutture hanno deformato quelle precedentemente prodotte dalle fasi Sp ed Sp+1. Le pieghe di fase Sp+2 si sono sviluppate in condizioni intermedie tra il comportamento fragile e quello duttile, in quanto nei litotipi più competenti (filoni, gneiss e vene di quarzo) hanno prodotto delle zone di taglio fragili (Figura 6.13), mentre nei micascisti hanno prodotto delle "kink band" centimetrico-decimetriche a comportamento fragile/duttile (Figura 6.12). Le strutture di fase Sp+2 sono caratterizzate da assi e piani assiali suborizzontali, angolo tra i fianchi debole o aperto e profilo a chevron.



*Figura 6.12 : struttura plicativa di fase Sp+2. Si noti il differente comportamento reologico espresso dal piccolo livello a quarzo e feldspato, che è stato fratturato e dislocato, rispetto alla parte scistosa dell'ammasso che è stata deformata da una piccola piega a kink.*





## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15



*Figura 6.13 : piccola zona di taglio destra a sviluppo incipiente, sviluppata nel filone aplitico studiato dalla stazione RG-5. Tale struttura è stata correlata con lo sviluppo entro i litotipi più competenti (costituiti nell'area dai filoni aplitici) dei piani assiali delle strutture di fase Sp+2.*

Le strutture plicative a scala macroscopica sono meno diffuse rispetto a quelle a scala minore (mesoscopica), in quanto nell'area rilevata è possibile ipotizzare la presenza di una sola piega di fase Sp+1 situata nel settore a monte di Canton Magistris. In tale zona, infatti, è stata osservata la rotazione della scistosità Sp, la cui immersione risulta orientata verso SSE nelle porzioni più elevate del versante e verso Sud in prossimità della S.S. N. 34. Come si può osservare dalla Figura 6.14, la chiara rotazione dei valori di immersione non è seguita da un'altrettanto evidente rotazione dell'angolo di inclinazione, che risulta infatti pressoché invariato. Tale evidenza di terreno può essere quindi spiegata con la presenza di una piega di fase Sp+1 caratterizzata da angolo tra i fianchi di circa 110° (stimato), asse sub verticale e piano assiale immergente verso NNE con inclinazione prossima alla verticale. La proiezione della traccia della superficie assiale della struttura è stata riportata sia nella Carta Geologica (cod. el B357PDGEOOG02CO04010) che nel relativo Profilo Geologico longitudinale (cod. el. B357PDGEOOG02VV01010) e permette indicativamente di osservarne la giacitura.

La presenza della piega di fase Sp+1 può inoltre essere correlata con la zona di decadimento delle proprietà geomeccaniche dei micascisti individuata dal rilievo geomeccanico speditivo RG-6 in corrispondenza di Canton Magistris-Villa Esperia. In tale settore infatti l'ammasso è interessato da un pervasivo "crenulation cleavage" che potrebbe essere associato a pieghe parassite della struttura maggiore precedentemente descritta. Per tale ragione le caratteristiche della zona rilevata sono state estrapolate lungo la traccia della struttura macroscopica di fase Sp+1 fino ad intersecare la traccia della galleria. Tale zona è stata quindi interpretata come una possibile zona di cerniera di una piega minore di fase Sp+1 parallela alla struttura sopra descritta (vedi Profilo geologico cod. el. B357PDGEOOG02VV01010).



## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

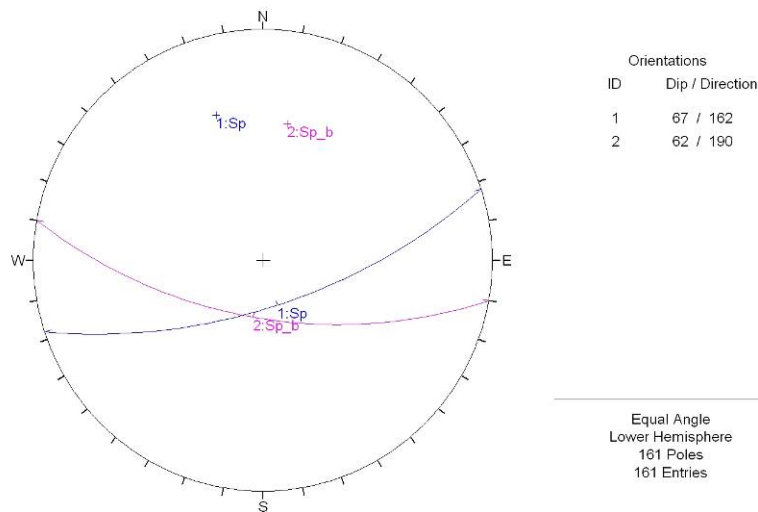
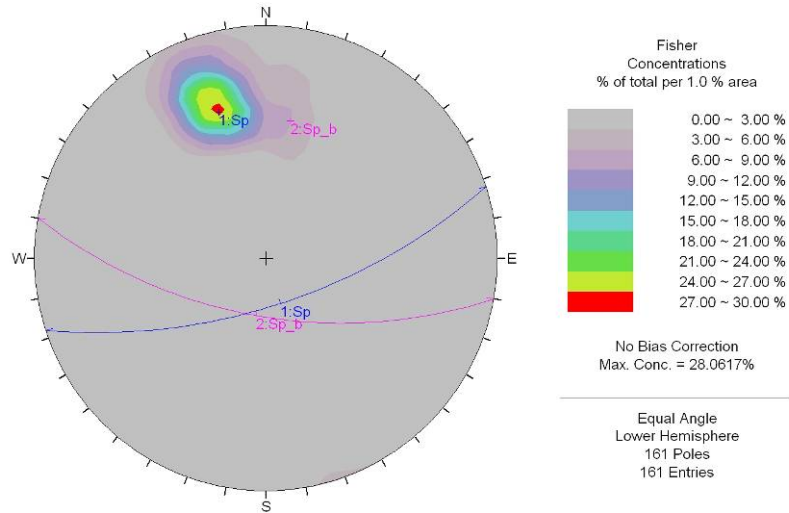


Figura 6.14 : proiezioni stereografiche dei poli di piano della scistosità Sp misurata entro l'area rilevata. Si può osservare la presenza del massimo che individua la giacitura media di 162/67 e la dispersione dei poli associata alla rotazione indotta dalla piega macroscopica di fase Sp+1 che riorienta la Sp verso la giacitura media di 190/62.



## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

### 6.4.2. Faglie e zone di taglio

Durante i rilievi di terreno sono state osservate due principali linee tettoniche: la prima, a comportamento fragile-duttile è attraversata dal tracciato della galleria tra le pk 1+497 m e pk 1+524 m, la seconda, a comportamento duttile-fragile è invece attraversata dal tracciato della galleria tra le pk 1+893 m e pk 1+933 m. Sulla base della classificazione effettuata da Sibson (1977) (Figura 6.15) le rocce della prima struttura tettonica attraversate dalla galleria e osservate nel sondaggio S.PD.03 corrispondono ad una protomilonite foliata, mentre le rocce della seconda struttura tettonica, osservate in affioramento, corrispondono ad una ultramilonite foliata. Le due tipologie di rocce di faglia sono foliate e coesive, tuttavia la nomenclatura è diversa in quanto le seconde sono caratterizzate da un maggior quantitativo di matrice a grana fine.

incoesive	Breccia di Faglia (se i frammenti visibili sono > 30% della roccia)		Foliate	
	Gouge di faglia (se i frammenti visibili sono < 30% della roccia)			
coesive	Pseudotachilite (roccia vetrosa)			
	Breccia	0-10 % Matrice		
	Proto cataclasite	10-50% Matrice	Protomilonite	10-50% Matrice
	Cataclasite	50-90% Matrice	Milonite	50-90% Matrice
	Ultra cataclasite	90-100 % Matrice	Ultramilonite	90-100 % Matrice

Figura 6.15 : classificazione tessiturale delle rocce di faglia tratta e tradotta da "Fault rocks and fault mechanism" Sibson (1977).

La linea tettonica a comportamento fragile-duttile che è attraversata dal tracciato della galleria tra le pk 1+497 m e pk 1+524 m (Figura 6.16) è stata osservata lungo la strada che collega Fondotoce a Bieno, rappresenta la principale faglia osservata entro l'area ed è caratterizzata da immersione verso NNW e angolo di inclinazione di circa 75-80°. La giacitura della struttura è discordante rispetto alla scistosità Sp dei micascisti, segno di uno sviluppo successivo all'omonima fase deformativa; tuttavia in alcuni punti essa sembra essere stata blandamente deformata dalle pieghe associate alla fase Sp+2, che potrebbero quindi essersi sviluppate posteriormente. Gli affioramenti delle rocce di faglia non sono molto diffusi e sono stati osservati esclusivamente lungo la strada Fondotoce-Bieno e soprattutto in corrispondenza del sondaggio S.PD.03. Gli affioramenti lungo la strada evidenziano un'ultramilonite foliata potente circa 1-2 m, caratterizzata da tessitura milonitica associata a riduzione di grana e alla ridistribuzione delle alternanze composizionali micacee e quarzoso-feldspatiche (Figura 6.18). Il litotipo di faglia descritto è simile a quanto osservato lungo la zona di taglio duttile precedentemente descritta, tuttavia in questo caso è stato osservato un probabile arricchimento in clorite.



## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

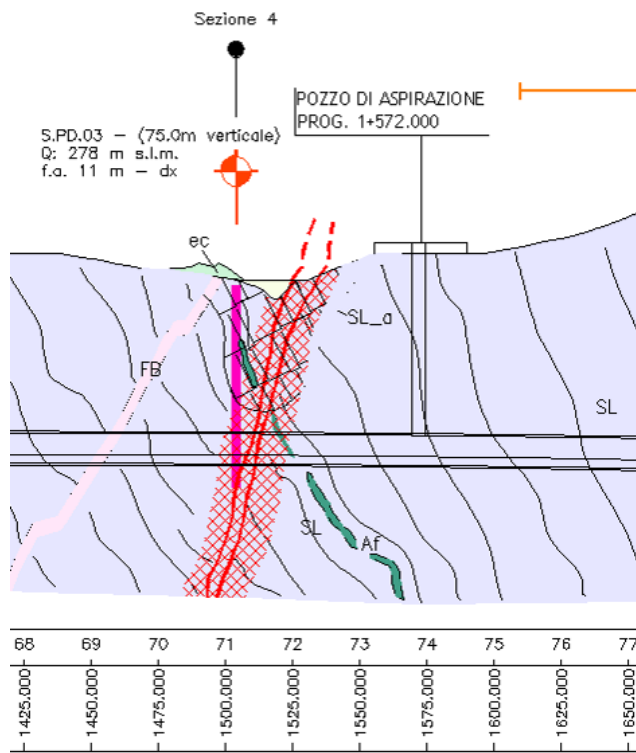


Figura 6.16 : stralcio del Profilo geologico (cod. el. B357PDGEOOG02VV01010) struttura tettonica a comportamento -fragile-duttile caratterizzata da protomiloniti foliate evidenziate in figura dal righettato rosso..

Il sondaggio S.PD.03 ha invece intercettato delle protomiloniti coesive e foliate costituite da una breccia cataclastica immersa in una matrice microcristallina di colore scuro coesiva e foliata, in cui è chiaramente visibile una direzione di flusso ad inclinazione circa subverticale. All'interno della matrice microcristallina, presente in una percentuale compresa tra il 10-50 % del volume della carota, sono presenti clasti eterometrici ed angolosi costituiti da aggregati quarzoso-feldspatici e litoidi (costituiti da clasti di micascisti). La forma dei clasti varia da equidimensionale ad allungata (forma prismatica o tabulare) e le dimensioni sono comprese tra 2-5 mm e circa 10 cm (Figura 6.17).

Le due differenti rocce di faglia osservate potrebbero essere collegate a una ripresa in condizioni più fragili, di una vecchia zona di taglio a comportamento duttile. In questo caso la riattivazione della struttura in regime essenzialmente più fragile le ha permesso di sviluppare una zona di danneggiamento di potenza complessiva indicativamente compresa tra 25-50 m. In ultima analisi è possibile osservare che la struttura presenta una chiara evidenza morfologica in quanto ha probabilmente prodotto l'incisione entro cui è stata costruita la strada Fondotoce-Bieno.





## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15



Figura 6.17 : zona di taglio a comportamento duttile-fragile costituita da una protomilonite foliata e coesiva, individuata dal filone S.PD.03.



Figura 6.18 : zona di taglio duttile (più scura al centro della foto delimitata indicativamente dalle due righe rosse) che taglia la scistosità Sp dei micascisti (Sp evidenziata dalle curve di colore nero). La fotografia, scattata poco a monte di Fondotoce dopo l'ultimo tornante della strada per Bieno, evidenzia il carattere discordante della zona di taglio disposta lungo la strada.

La linea tettonica a comportamento duttile-fragile è invece attraversata dal tracciato della galleria tra le pk 1+893 m e pk 1+933 m (Figura 6.19), è situata nel settore compreso tra le località la Torbiera e Prescaia ed è caratterizzata da direzione ENE-WSW, immersione verso NNW ed inclinazione ad alto angolo (70-80°). La roccia di faglia è costituita da una ultramilonite foliata con una potenza stimata di circa 10-15 m, successivamente ricristallizzata e deformata dalla fase Sp. La roccia di faglia presenta una tessitura milonitica



## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

associata a riduzione di grana e alla ridistribuzione delle alternanze composizionali micacee e quarzoso-feldspatiche (Figura 6.20).

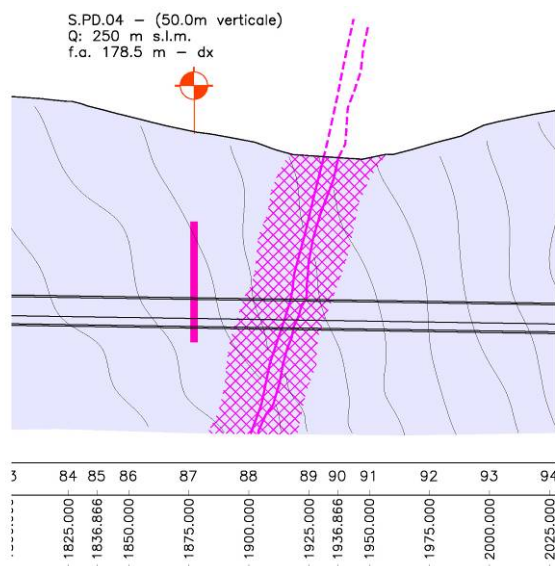


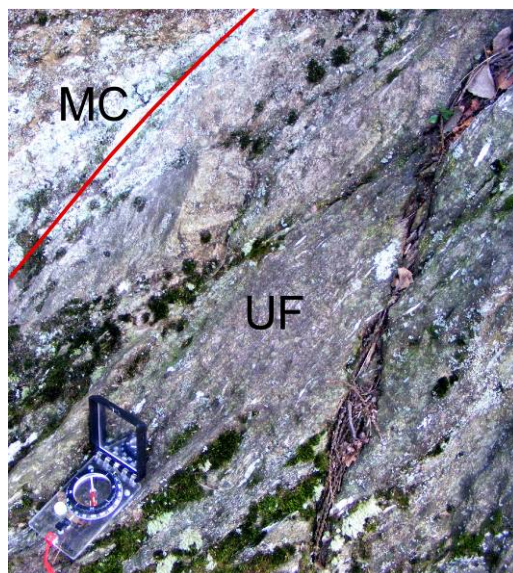
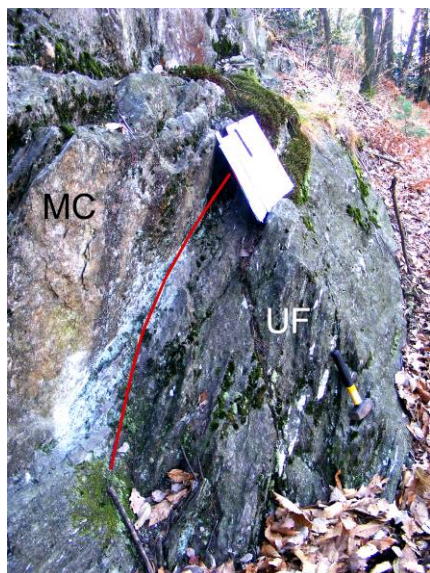
Figura 6.19 :stralcio del Profilo geologico (cod. el. B357PDGEOOG02VV01010) struttura tettonica a comportamento duttile-fragile caratterizzata da ultramiloniti foliate evidenziate in figura dal righettato viola.

Nonostante la struttura descritta abbia sviluppato una deformazione duttile associata a ricristallizzazione metamorfica, e nonostante in affioramento non sia stata osservata una vera e propria zona di danneggiamento dell'ammasso roccioso, è tuttavia probabile che lungo la linea tettonica si sia sviluppata una zona di debolezza dell'ammasso. Tale supposizione è confortata essenzialmente dalla presenza di una chiara espressione morfologica di terreno (incisioni, scarpate e valli secche, vedi Capitolo 5) e dal basso valore di RQD registrato dal sondaggio S.PD.04 realizzato nelle vicinanze.



## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15



*Figura 6.20 : nella foto a sinistra è riportata la zona di taglio duttile (UF) e i micascisti indeformati (MC0) posti a diretto contatto. La foto a destra evidenzia la particolare tessitura di flusso espressa dalla zona di taglio, in quanto sono visibili dei piccoli lacci di quarzo fortemente deformati e allineati lungo la scistosità milonitica.*

Oltre alle due strutture principali precedentemente descritte entro l'area sono state osservate diverse faglie minori caratterizzate da zone di deformazione non superiori a 50 cm - 1 m. Tali strutture presentano una deformazione essenzialmente fragile, non sono caratterizzate da elevata continuità laterale e si sono sviluppate tardivamente. Le rocce di faglia sono spesso caratterizzate da slip cleavage anastomosato che isola dei litoni di dimensioni massime non superiori a 10-15 cm. La matrice in questo caso è assente o fortemente subordinata rispetto alla parte litoide (Figura 6.21).





**COMUNE DI VERBANIA**

**Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15**



*Figura 6.21 : zona di taglio di limitate estensioni che taglia la scistosità Sp dei micascisti. Si noti l'assenza di matrice fine nella roccia di faglia e l'intenso slip cleavage anastomosato.*





## **7 IDROGEOLOGIA**

A livello idrogeologico l'area in esame è suddivisibile in due settori principali:

- un settore di versante caratterizzato da un substrato roccioso permeabile per fratturazione e da genericamente ridotti spessori di coperture di depositi permeabili per porosità;
- un settore di pianura caratterizzato da spessori anche elevati di depositi permeabili per porosità.

Per quanto riguarda la circolazione idrica all'interno del substrato roccioso attraversato dalla galleria in progetto possono essere effettuate le seguenti considerazioni:

- Nella prevalenza dei sondaggi le fratture osservate non presentano tracce di circolazione di acque non essendo caratterizzate né da ossidazione né da deposizione di minerali, fa eccezione il sondaggio S.PD.05 il quale però presenta delle caratteristiche peculiari che possono aver facilitato la circolazione delle acque; nella fattispecie il sondaggio è ubicato sul margine di una ridotta superficie pianeggiante delimitata verso sud da una ripida parete rocciosa montonata, essendo così l'unico tra i sondaggi eseguiti ad attraversare per tutta la sua lunghezza un ammasso roccioso prossimo ad una superficie libera e quindi potenzialmente detensionato. La presenza di una superficie montonata indica inoltre che la massa glaciale ha stazionato a lungo contro questa parete rocciosa, con la possibilità della presenza tra la massa glaciale e la superficie rocciosa di acque anche in pressione; va infine osservato come il sondaggio sia ubicato a quota 226 m s.l.m. in prossimità del Lago Maggiore, il quale secondo indizi morfologici nel periodo postglaciale (nel momento in cui l'ammasso roccioso in prossimità della parete avrebbe già sofferto del detensionamento per l'assenza della massa glaciale) avrebbe raggiunto i 220 m s.l.m.;
- Sulla base delle osservazioni effettuate il sistema di fratturazione più pervasivo che interessi l'ammasso roccioso risulta essere quello impostato sulle superfici di scistosità, di conseguenza la circolazione idrica all'interno dell'ammasso roccioso fratturato dovrebbe avvenire prevalentemente con moti paralleli a queste fratture inibendo l'alimentazione dagli alti versanti del Monte Castello e Monte Faie per facilitarla invece dall'isolato rilievo del Monte Rosso, con conseguente tendenza a diminuire il massimo carico idraulico possibile;
- Non si sono mai osservate, lungo i tratti degli alvei impostati in roccia, delle significative diminuzioni di portata attribuibili ad una infiltrazione consistente all'interno dell'ammasso roccioso;
- Non si sono osservate delle diffuse emergenze idriche in corrispondenza di scarpate rocciose ripide o comunque di variazioni di pendenza rilevanti.

Per quanto riguarda l'assetto idrogeologico della pianura alluvionale del Toce (denominata Piano Grande) su cui insiste il primo tratto dell'opera compreso tra il cimitero di Fondotoce e il Canale di Mergozzo, grazie alle caratteristiche dei corsi d'acqua e dei bacini lacustri limitrofi è stato definito il livello e l'andamento della falda idrica superficiale. Questo settore di pianura, formato dai recenti depositi del delta del Toce, è infatti quasi completamente compreso tra il Fiume Toce stesso, il Lago di Mergozzo, il Lago Maggiore ed il Canale di Mergozzo. Per tale ragione data la differenza di quota esistente, in condizioni normali, tra il Lago di Mergozzo (posto alla quota di 197 m s.l.m.) e il Lago Maggiore (posto alla quota di 194 m s.l.m.) è stato ipotizzato un flusso di acqua sotterranea e superficiale (visibile nel Canale di Mergozzo) diretto dal Lago di Mergozzo al Lago Maggiore, generato dal dislivello tra i bacini lacustri. La presenza di possibili fenomeni di alimentazione della falda a opera dei due corsi d'acqua limitrofi, comporta inoltre la concavità diretta verso il Lago Maggiore delle isopieze.



### **7.1. Unità idrogeologiche permeabili per porosità**

Le unità idrogeologiche permeabili per porosità si distinguono essenzialmente in unità alluvionali, sottoclassi della classe UI1, nella unità UI2 afferente ai depositi glaciali e nella unità UI3 corrispondente alla copertura eluvio-colluviale

#### **7.1.1. Unità UI1a**

Questa unità è costituita dai depositi alluvionali attuali e recenti e dai depositi detritici, caratterizzati da una permeabilità superiore a  $10^{-4}$  m/s. Questi depositi, appartenenti principalmente ai conoidi dei corsi d'acqua minori, si presentano coalescenti con quelli che costituiscono il delta del Fiume Toce (unità UI1b), marcatamente più fini; data la classificazione per classi di permeabilità e la natura del contatto coalescente il limite tra le due unità, transitorio, è stato posto convenzionalmente in corrispondenza del Canale Mergozzo. I depositi di questa unità ospitano sui versanti, dove sono caratterizzati da spessori minori, falde temporanee o stagionali; in corrispondenza dei conoidi di fondovalle ospitano invece una falda perenne in contatto con i bacini del Lago Maggiore e di Mergozzo.

#### **7.1.2. Unità UI1b**

Questa unità è costituita dai depositi fluviolacustri del delta del Toce, caratterizzati da livelli limoso-argillosi di potenza superiore a 2 m e da una permeabilità compresa tra  $10^{-8}$  e  $10^{-6}$  m/s. Questi depositi, sottoconsolidati e costituenti il Piano Grande, ospitano una falda perenne con un lievissimo gradiente verso il Lago Maggiore.

#### **7.1.3. Unità UI1c**

Questa unità è costituita dai depositi torbosi, osservati unicamente in località La Torbiera, caratterizzati da permeabilità inferiori a  $10^{-8}$  m/s.

#### **7.1.4. Unità UI2**

Questa unità è costituita dai depositi glaciali, maggiormente addensati dei depositi alluvionali recenti e con una matrice più fine dell'unità UI1a, caratterizzati da una permeabilità compresa tra  $10^{-8}$  e  $10^{-6}$  m/s. In questi depositi sono presenti falde temporanee ove vi siano spessori più ridotti o stagionali in caso di spessori maggiori.

#### **7.1.5. Unità UI3**

Questa unità è costituita dalle coperture eluvio-colluviali, poco addensate, con matrice limoso-sabbiosa e caratterizzate da una permeabilità compresa tra  $10^{-6}$  e  $10^{-4}$  m/s.



## **7.2. Unità idrogeologiche permeabili per fratturazione**

Le unità geologiche del substrato, tutte a prevalente componente silicatica, sono state unificate in un'unica unità idrogeologica.

### **7.2.1. Unità UI4**

Questa unità è costituita dalle litologie appartenenti agli Scisti dei Laghi costituenti il substrato roccioso nell'area in esame; anche se localmente al variare della prevalenza di micascisti o di paragneiss si potrebbero avere delle differenze di permeabilità dovute alla maggiore tendenza a fratturarsi in presenza della scistosità, data la casualità di queste variazioni litologiche locali si è preferito mantenere queste due litologie in un'unica classe. Ugualmente non è stata considerata rilevante, dati gli esigui volumi rocciosi, la possibile differenza di permeabilità derivante dalla differente fratturazione dei filoni aplitici e lamprofirici rispetto alle litologie incassanti. È stata infine valutata la possibilità di porre in una classe differente i settori del substrato prossimi agli elementi tettonici, e quindi più fratturati e permeabili, ed i settori corrispondenti a pareti rocciose detensionate in seguito alla deglaciazione; l'oggettiva impossibilità di porre planimetricamente dei limiti a queste differenze, e la loro comunque limitata rilevanza, ha però portato alla scelta non effettuare questo tipo di distinzione.

## **7.3. Sorgenti**

Nell'area in esame non è stata osservata la presenza di sorgenti significative; nei luoghi in cui sono state osservate sembrano essere riconducibili alla presenza di limiti di permeabilità tra i depositi ed il sottostante substrato roccioso, e le caratteristiche sia morfologiche che vegetazionali nei loro intorno indicavano una stagionalità o temporaneità della venuta d'acqua.

Nella documentazione geologica dei PRGC non è indicata la presenza di sorgenti o captazioni che possano essere potenzialmente interferite dalle opere in progetto.



## **8 ANALISI GEOLOGICO-TECNICA DEL TRACCIATO**

In funzione dei diversi ambienti geologico-geomorfologici interessati e delle diverse opere d'arte previste, per l'analisi e il commento geologico tecnico del tracciato si è preferito suddividere la trattazione in 3 distinti settori:

- Tratto all'aperto lato Mergozzo
- Imbocco lato Mergozzo;
- Settore Centrale;
- Imbocco lato Verbania.

### **8.1. *Tratto all'aperto lato Mergozzo***

Il presente settore è compreso tra la pk 0+000 e la pk 0+575 del tracciato e si sviluppa principalmente nella pianura alluvionale del Fiume Toce per poi proseguire all'interno del versante. In questa tratta il progetto inizialmente prevede la realizzazione di una rotonda di raccordo con l'attuale S.S. N. 34 ubicata nelle vicinanze del cimitero di Fondotoce, cui fa seguito un rilevato stradale ad andamento arcuato tracciato fino a lambire le sponde del canale emissario del Lago di Mergozzo. In corrispondenza del canale il tracciato supererà quindi il corso d'acqua grazie a un viadotto con due luci da 40m e 60m, per poi proseguire dapprima in un tratto di galleria artificiale di 98 m e poi nella galleria naturale di 2030 m di lunghezza.

#### **8.1.1. *Pianura alluvionale***

Nel presente settore la principale problematica è rappresentata dai depositi alluvionali e fluviolacustri sottoconsolidati intercettati dal sondaggio S.PD.01\_PZ e S.PD.06\_PZ e dai tre sondaggi A.R.P.A. Tali depositi sono infatti caratterizzati da granulometrie prevalentemente fini (sabbie limose o da limi sabbiosi con scarso contenuto di ghiaie) sottoconsolidate in seguito alla rapida accrezione della pianura alluvionale del Toce.

Tale aspetto è stato messo in evidenza sia dai bassi valori di resistenza all'infissione misurati dalle prove penetrometriche SPT eseguite nel sondaggio S.PD.01\_PZ ( $2 < N_{spt_{30}} < 4$ ) e S.PD.06\_PZ ( $1 < N_{spt_{30}} < 3$ ), sia dall'analisi delle anomalie dei dati PS (rilevate tramite la tecnica PSInSAR) che evidenziano delle zone in subsidenza (individuate in corrispondenza di alcuni fabbricati ad uso commerciale o abitativo) con velocità comprese tra un minimo di 0,23 mm/anno e un massimo di 6,38 mm/anno (vedi Capitolo 4.1.2).

In questo settore inoltre la falda si attesta a livelli prossimi alla superficie, in quanto essa è direttamente influenzata dai livelli idrici dei due bacini lacustri rappresentati dal Lago Maggiore e dal Lago di Mergozzo. In questo settore i sondaggi S.PD.01\_PZ e S.PD.06\_PZ sono stati attrezzati con un piezometri a tubo aperto che per il sondaggio S.PD.01\_PZ a fine Gennaio 2012 ha fornito un valore di 2,4 m di soggiacenza mentre per il sondaggio S.PD.06\_PZ a fine aprile 2012 ha fornito un valore di 2,2 m di soggiacenza.





## COMUNE DI VERBANIA

**Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15**

Sulla base di quanto esposto nel settore di pianura alluvionale interessato dal rilevato stradale è possibile quindi prevedere lo sviluppo di importanti cedimenti dovuti alla presenza di terreni fortemente compressibili.

Per quanto concerne la realizzazione dei viadotti di attraversamento del canale artificiale, la Spalla 2 sarà fondata in terreni compressibili nei primi 15 m di profondità al di sotto dei quali è stato rinvenuto il substrato compatto; la Spalla 1 e la pila centrale saranno entrambe fondate sui terreni compressibili e richiedono il ricorso a sottofondazioni profonde.

### **8.2. Imbocco lato Mergozzo**

Per quanto riguarda la zona di imbocco lato Mergozzo le principali opere previste sono la galleria artificiale sviluppata tra le pk 0+575 m e 0+650 m, cui segue l'imbocco della galleria naturale. L'area in cui sono ubicati gli imbocchi è caratterizzata dalla presenza di una sottile e irregolare coltre di depositi eluvio-colluviali (ec) appoggiata sul substrato roccioso degli Scisti dei Laghi, costituito da micascisti e paragneiss con livelli di anfiboliti (SL). In corrispondenza dell'imbocco è presente un filone pegmatitico di potenza circa 3 m, intruso negli Scisti dei Laghi e costituito prevalentemente da quarzo (FA).

Il modello geologico rappresentato dal Profilo geologico longitudinale (cod. el. B357PDGEOOG02VV01010) e dalle Sezioni geologiche trasversali (cod. el. B357PDGEOOG02SZ02010) riporta inoltre una fascia di alterazione superficiale del substrato roccioso (SL\_a) inserita per evidenziare la possibile presenza di ammasso roccioso superficialmente alterato, fratturato e allentato in seguito al ritiro delle masse glaciali.

Sulla base di quanto esposto le principali problematiche geologiche sono essenzialmente legate alla:

- presenza di limitate coperture rocciose al di sopra dei primi metri di galleria dopo l'imbocco;
- presenza di una coltre di alterazione del substrato roccioso di potenza ed estensione incerta.

Tali aspetti possono comportare delle locali instabilità del cavo e del fronte di scavo dell'imbocco dovute principalmente dalla possibile presenza nello scavo di substrato alterato o depositi glaciali, la durezza della roccia potrà comportare lo sviluppo di vibrazioni che potrebbero coinvolgere i fabbricati esistenti in fase di scavo.

### **8.3. Settore centrale**

Il settore centrale del Lotto n°1 è compreso tra l'imbocco della galleria naturale lato Mergozzo, situato alla pk 0+650 e l'imbocco lato Verbania situato alla pk 2+680 m; esso include tutta la lunghezza della galleria naturale ed il pozzo di ventilazione, ad eccezione delle zone di imbocco che sono state trattate a parte.

L'assetto geologico intercettato dalla galleria e dal pozzo di ventilazione è relativamente semplice in quanto lo scavo interesserà prevalentemente i micascisti e i paragneiss appartenenti all'unità geologica degli Scisti dei Laghi (SL). Lungo la galleria la giacitura della scistosità principale (Sp) è costante fino alla pk 2+535 m



## COMUNE DI VERBANIA

**Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15**

e presenta un'orientazione media pari a circa N 162/67, mentre successivamente fino alla fine della galleria (collocata alla pk 2+686) viene ruotata per effetto della piega di fase Sp+1 e presenta giacitura di N 190/62. La diversa inclinazione della traccia della scistosità evidenziata dal Profilo geologico (cod. el. B357PDGEOOG02VV01010) rappresenta quindi:

- la variazione continua dell'inclinazione apparente della scistosità Sp causata dalla curvatura del tracciato che si dispone perpendicolare alla Sp (a giacitura media N 162/67) solamente tra le pk 1+650 m e pk 2+230 m;
- la rotazione indotta dalla piega Sp+1 che a partire dalla pk 2+535 orienta la Sp con una giacitura media di N 190/62.

Come descritto nel paragrafo precedente (8.2) all'interno dei micascisti e dei paragneiss degli Scisti dei Laghi sono presenti dei livelli e delle lenti di anfiboliti (Af) disposte parallelamente alla scistosità Sp. Tali livelli sono stati intercettati dal sondaggio S.PD.03 per una lunghezza di circa 2,2 m corrispondente a una potenza del livello di circa 1 m e dal sondaggio S.PD.04 per una lunghezza di circa 1 m corrispondente in questo caso a una potenza di 50-60 cm. Data la disposizione incerta all'interno dell'ammasso roccioso, nel Profilo geologico essi sono stati segnalati indicativamente e potrebbero quindi interessare lo scavo in più punti.

Esaurite le premesse sull'assetto geologico-strutturale del basamento cristallino degli Scisti dei Laghi è possibile procedere alla descrizione dei principali elementi e caratteri geologici che verranno intercettati dallo scavo; la trattazione seguirà un avanzamento ideale a partire dall'imbocco lato Mergozzo verso quello lato Verbania.

A partire dall'imbocco situato alla pk 0+650 la galleria intercetterà fino alla pk 0+700 una zona con basse coperture in cui sugli Scisti dei Laghi poggiano tramite un contatto pianeggiante dei depositi glaciali (gc) di potenza incerta ricoperti a loro volta da coltri eluvio colluviali (ec).

Successivamente a partire dalla pk 0+745 e fino alla pk 0+806 m la galleria sarà posizionata in corrispondenza di un'incisione fluvio-glaciale (spillway) colmata da depositi glaciali e fluvio-glaciali (gc) (vedi capitolo 5.1.5). La presenza di questa superficie erosionale è stata osservata in corrispondenza dell'alveo del Rio Moncucea alla quota di 218 m s.l.m. ed è stata successivamente osservata nel sondaggio S.PD.02\_PZ, appositamente ubicato, alla quota di 220 m s.l.m. Questa superficie, nonostante l'incremento di quota della topografia, mantiene delle basse coperture di substrato al di sopra della galleria, quantificabili in questo settore in spessori compresi tra 1 e 3 m, con uno spessore massimo di depositi glaciali e fluvio-glaciali sovrastanti il substrato stimabili in 21 m. La superficie di erosione è digradante lentamente verso NW, direzione NW-SE ed è probabilmente riconducibile all'attività del ghiacciaio principale. Osservando la Carta Geologica (cod. el. B357PDGEOOG02CO04010) si può notare che:

- lungo il medesimo allineamento sono presenti depositi glaciali anche in sponda sinistra del Rio Moncucea, dove formano un terrazzo glaciale situato alla quota di 238 m s.l.m.;
- per circa 260 m lungo il Rio Moncucea, a cavallo dell'asse ideale dell'incisione colmata, non sono presenti affioramenti di substrato roccioso ma lungo le sponde del Rio sono esposti circa 10 m di depositi glaciali, la cui potenza è stata verificata ed estesa dal sondaggio S.PD.02\_PZ che ha individuato complessivamente circa 20 m di depositi glaciali;



## COMUNE DI VERBANIA

**Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15**

Al di sotto di tale valle sepolta è stata inoltre inserita una fascia di alterazione superficiale del substrato roccioso (SL\_a) di potenza ed estensione incerta; tale fascia è stata disegnata per evidenziare la possibile presenza di ammasso roccioso superficialmente alterato, fratturato e allentato in seguito al ritiro delle masse glaciali (SL\_a).

La concomitante presenza della superficie erosionale di incisione fluvio-glaciale e del Rio Moncuca genera al di sotto dell'alveo una situazione particolarmente sfavorevole corrispondente ad una copertura di substrato al di sopra della volta della galleria di 1.5 m ed un sovrastante spessore di depositi glaciali di 2.5 m.

Le faglie minori riportate alle progressive pk 0+600 m e pk 1+168 m sono puramente indicative della possibile presenza di disturbi tettonici minori e locali intercettabili lungo il tracciato.

Nella tratta compresa tra le pk 1+150 e pk 1+315 sulla verticale della galleria sono presenti dei depositi glaciali di potenza compresa tra 5-7 m (gc) posti a diretto contatto sul substrato roccioso degli Scisti dei Laghi (SL). Anche in questo caso a letto del contatto tra i depositi e il substrato è stata inserita la fascia di substrato alterato, fratturato e allentato (SL\_a). In questo caso, sebbene il materasso di depositi sia ubicato alla base di una soglia glaciale visibile sul Profilo geologico (cod. el. B357PDGEOOG02VV01010) in corrispondenza del brusco cambio di pendenza della superficie topografica, grazie ai risultati delle due linee di tomografia sismica a rifrazione LS. PD. 02 ed LS.PD.05 è possibile escludere la presenza di un approfondimento dell'erosione glaciale in grado di interessare lo scavo. Nel settore infatti le coperture minime sono pari a circa 35-37 m.

Proseguendo verso Verbania in corrispondenza della pk 1+448 m verrà intercettato un piccolo filone lamprofirico (FB) di potenza non superiore a 1-2 m.

In seguito tra le pk 1+497 m e pk 1+524 m il tracciato attraverserà la principale linea tettonica osservata entro l'area. La struttura, descritta dettagliatamente nel paragrafo 0, ha probabilmente prodotto una zona di danneggiamento di potenza compresa tra i 30 m indicati nel Profilo geologico e circa 50 m di potenza massima. Anche in questo caso in corrispondenza dell'intersezione tra la zona di danneggiamento della faglia e la superficie topografica è stata inserita una fascia di substrato alterato, fratturato e allentato (SL\_a) riconducibile in questo caso all'attività tettonica. In questo settore è inoltre molto probabile che nei pressi della pk 1+525 m lo scavo intercetti i livelli di anfiboliti osservati nel sondaggio S.PD.03.

A partire dalla pk 1+524 e fino alla pk 1+893 m la galleria attraverserà gli Scisti dei Laghi senza interessare particolari elementi geologici. In seguito invece tra la pk 1+893 m e la pk 1+933 m verrà incontrata la seconda linea tettonica descritta entro l'area, rappresentata da una zona di taglio a comportamento prevalentemente duttile. La struttura, descritta in dettaglio nel paragrafo 0, in virtù del particolare stile deformativo ha prodotto una limitata zona di debolezza maggiormente fratturata individuata dal sondaggio S.PD.04 e rappresentata nel Profilo geologico da una fascia di substrato alterato, fratturato e allentato (SL\_a) potente circa 40 m.

Tra le pk 1+933 m e pk 2+535 m la galleria attraverserà nuovamente gli Scisti dei Laghi senza interessare particolari elementi geologici. Successivamente invece tra le pk 2+535 m e la pk 2+590 m la galleria



## COMUNE DI VERBANIA

**Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15**

attraverserà probabilmente la zona di cerniera della piega di fase Sp+1 descritta precedentemente. Sulla base dei risultati della stazione speditiva RG-6, che ha individuato un ammasso roccioso di scarsa qualità geomeccanica, alla zona di cerniera è stata associata una fascia di substrato alterato, fratturato e allentato (SL\_a) orientata verticalmente come il piano assiale della piega.

A partire dalla pk 2+590 e fino alla pk 2+627 m la galleria attraverserà unicamente gli Scisti dei Laghi; successivamente tra la pk 2+627 e la pk 2+680 la galleria naturale attraverserà gli Scisti dei Laghi debolmente alterati nella parte più superficiale dell'area di imbocco lato Verbania.

Sulla base di quanto esposto le principali problematiche geologiche sono essenzialmente legate alla:

- presenza di limitate coperture rocciose al di sopra della prima tratta di galleria dopo l'imbocco lato Mergozzo;
- possibili venute d'acqua in corrispondenza dell'incisione fluvioglaciale sepolta e della faglia a comportamento fragile-duttile.

Tali aspetti possono comportare:

- locali instabilità del cavo e del fronte di scavo e venute di acque tra le pk 0+745 m e pk 0+806 m dovute principalmente alla possibile presenza nello scavo di substrato alterato o depositi glaciali da asciutti a saturi;
- plasticizzazione del cavo e venute di acqua tra le pk 1+497 m e pk 1+524 m legate all'attraversamento della faglia a comportamento fragile-duttile.

In ultimo va segnalato che il tracciato della galleria passerà sotto 7 incisioni torrentizie che solo nel caso del Rio Moncucea, del Rio Giroldo e del Rio Buco della Valle ospitano dei corsi d'acqua a carattere semiperenne, mentre negli altri casi si tratta semplicemente di incisioni riattivabili durante eventi meteorici particolarmente intensi. La permeabilità degli Scisti dei Laghi in normali condizioni di fratturazione è molto bassa o quasi nulla; per tale ragione è probabile che solo in presenza di canali di fratturazione dati dalla presenza di faglie o di zone con limitate coperture possano verificarsi delle venute di acqua in galleria. Tali condizioni lungo il tracciato si verificano in corrispondenza dell'incisione fluvioglaciale sepolta, e delle due linee tettoniche principali.

### **8.4. Imbocco lato Verbania**

L'ultima tratta in cui è stato suddiviso il tracciato del Lotto n°1 è compresa tra la pk 2+680 m e la pk 2+870 m del tracciato e si sviluppa in corrispondenza del raccordo tra il versante e un piccolo lembo di depositi alluvionali e fluviolacustri del Lago Maggiore (al1 e al1\_f). Le principali opere previste sono rappresentate dall'imbocco lato Verbania, dalla galleria artificiale di 5 m di lunghezza, dalla rotonda di raccordo con l'attuale S.S. n° 34, dalla realizzazione di una nuova viabilità parallela alla S.S. n° 34 raccordante l'accesso a Villa Esperia con Vicolo Esperia e da due paratie di sostegno agli scavi

In questo limitato settore il modello geologico è relativamente semplice in quanto l'imbocco è impostato direttamente in un settore di substrato affiorante e acclive, caratterizzato da una discontinua fascia di alterazione superficiale dell'ammasso (SL\_a). In seguito il tracciato stradale interesserà depositi fluviali e





## COMUNE DI VERBANIA

**Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15**

fluviolacustri tra le pk 2+706 m e pk 2+756 m, depositi fluviolacustri e lambirà il versante di raccordo con la superficie pianeggiante su cui sorge il vivaio di Villa Esperia tra le pk 2+756 m e pk 2+816 m, ed infine nuovamente i depositi fluviali e fluviolacustri fino alla fine del tracciato in corrispondenza della pk 2+866 m.

Osservando il Profilo geologico (cod. el. B357PDGEOOG02VV01010) si possono notare due diverse lenti di depositi alluvionali e fluvioglaciali separate da un blando rilievo costituito dagli Scisti dei Laghi. Tale assetto è dovuto al riavvicinamento dell'asse del tracciato al versante roccioso e non alla presenza di due lembi separati di depositi.

L'ammasso roccioso appartenente agli Scisti dei Laghi è stato investigato dal sondaggio S.PD.05 che ha evidenziato una serie monotona e blandamente fratturata di micascisti alternati a livelli di paragneiss. L'aspetto più interessante in questo caso riguarda le condizioni delle fratture in quanto a partire dalla superficie topografica e fino alla profondità di 10 m esse presentano delle superfici molto ossidate segno della presenza di una circolazione idrica sotterranea sviluppata.

Il modello geologico relativo al rilievo su cui sorge il vivaio di Villa Esperia, non compreso nel profilo geologico in quanto sede unicamente di opere accessorie alla modifica della viabilità secondaria, è costituito da una base di substrato roccioso degli Scisti dei Laghi ad andamento subpianeggiante su cui poggiano dei depositi glaciali o fluvioglaciali con uno spessore massimo stimato di 5.5 m e un sovrastante livello di depositi eluviocolluviali con uno spessore massimo stimato di 2 m; conseguentemente la paratia di sostegno alla viabilità poggerà per la quasi totalità della sua lunghezza sul substrato roccioso, attraversando nel suo sviluppo verticale sia i depositi glaciali che quelli eluviocolluviali.

Sulla base di questo modello geologico, l'allargò previsto per la realizzazione della rotonda di raccordo alla S.S. n° 34, posto ad una quota inferiore della base della paratia di sostegno, interesserà unicamente il substrato roccioso e delle ridotte coperture eluviocolluviali..

Sulla base di quanto esposto le principali problematiche geologiche sono essenzialmente legate alla:

- presenza di una ripida parete rocciosa situata a monte dell'imbocco;
- presenza di possibili venute d'acqua in corrispondenza dell'imbocco;

Tali aspetti possono prevalentemente favorire lo sviluppo di fenomeni di crollo di blocchi rocciosi in corrispondenza dell'imbocco.



## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

### 9 TERRE E ROCCE DA SCAVO

I materiali provenienti dagli scavi potranno essere in gran parte riutilizzati per la realizzazione delle opere in progetto. In particolare il loro utilizzo potrà riguardare la costruzione di rilevati.

La Tabella 9.1 riporta per ciascuna tipologia di terreno il suo possibile riutilizzo, indicando anche la classe relativa secondo la classificazione CNR-UNI 10006.

Per le unità geologiche costituite in tutto o in parte da materiale litoide vengono indicate le tipologie riutilizzabili previa frantumazione.

Tabella 9.1 : utilizzo dei materiali da scavo.

SIGLA GEOL	UNITA'	CLASS. UNI	RILEVATI	SOTTOFONDI STRADALI	PAVIMENT. STRADALE	INERTI CALCESTR	RIVEGETAZIONE SCARPATE
al1_f	Alluvioni sabbioso- limoso-argillose	A3-A4- A5	T	T	N	N	N
gc	Depositi glaciali	A1a	S	N	N	N	N
ec	Coperture eluvio- coluviali.	A2-A6	N	N	N	N	S
SL/SL_a	Miscascisti e paragneiss	A1-A2-4	F	N	N	N	N

S: Utilizzabile; N: non utilizzabile; I: utilizzo incerto; T: utilizzo previo trattamento con calce o cemento; F: utilizzo previa frantumazione.

Le quantità eccedenti i volumi effettivamente riutilizzabili all'interno del cantiere potranno essere destinati ad interventi di rimodellamento morfologico delle numerose cave dimesse presenti nell'area o potranno essere destinati all'utilizzo nell'ambito di costruzioni stradali in altri progetti.



**COMUNE DI VERBANIA**

**Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15**

## **10 BIBLIOGRAFIA**

*Boriani A., Origoni Giobbi E. and Del Moro A. (1982/1983)* "Composition, level of intrusion and age of the "Serie dei Laghi" orthogneisses (Northern Italy – Ticino, Switzerland). *Rend. Soc. It. Mineral. Petrol.*, 38, 191-205.

*Boriani A., Giobbi Origoni E., Borghi A. and Caironi V. (1990b)* "The evolution of "Serie dei Laghi" (Strona Ceneri and Scisti dei Laghi), Southern Alps, N-Italy and Ticino, Switzerland." *Tectonophysics*, 182, 103-118.

*Boriani A. and Giobbi Mancini E. (2004)* "Does the basement of western southern Alps display a tilted section through the continental crust? A review and discussion". *Per. Mineral.*, **73**, 5-22.

*CNR (1992)* "Modello Strutturale d'Italia", scala 1:500.000, Roma".

*Schaltegger U. and Brack P. (2007)* "Crustal-scale magmatic systems during intracontinental strike-slip tectonics: U, Pb and Hf isotopic constraints from Permian magmatic rocks of the Southern Alps". *Int J Earth Sci* 96:1131–1151.

*Schmid, S. M. (1993)* "Ivrea zone and adjacent southern Alpine basement". In: *Von Raumer, J. F. & Neubauer, F. (eds)* "Pre-esozioc Geology in the Alps". Springer Verlag, New York, 567–583.

*Servizio Geologico d'Italia (1968)*, "Note Illustrative alla Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000, Foglio n°16 Cannobbio, Roma.



**COMUNE DI VERBANIA**

**Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15**

## **ALLEGATO**

**Relazione sui rilievi geomeccanici**





## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

### SOMMARIO

[1]	D.M.LL.PP. 11 Marzo 1988 <i>"Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii e delle scarpate naturali, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione"</i> Gazzetta Ufficiale 1.6.1988.....	III
[2]	D.M. 14 Gennaio 2008 <i>"Nuove norme tecniche per le costruzioni"</i> Gazzetta Ufficiale 4.2.2008.....	III
[3]	Circolare Ministero dei Lavori Pubblici del 24.9.1988, n. 30483. <i>Legge 3 febbraio 1974 n.64, art. 1 - D.M. 11 marzo 1988 Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii e naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione. istruzioni per l'applicazione.</i> .....	III
[4]	Circolare Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 2.02.2009, n. 617 C.S.LL.PP. <i>Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008.</i> .....	III
1	Introduzione.....	1-1
1.1.	Attrezzatura.....	1-1
1.2.	Procedimento .....	1-1
2	Standard di lavoro .....	2-3
3	Metodologia di rilievo.....	3-4
3.1.	Caratteristiche affioramento .....	3-4
3.2.	Raccolta dati .....	3-5
3.3.	Caratteristiche delle discontinuità.....	3-5
3.3.1.	Tipo ed orientazione .....	3-5
3.3.2.	Persistenza .....	3-8
3.3.3.	Apertura .....	3-8
3.3.4.	Alterazione.....	3-9
3.3.5.	Resistenza pareti del giunto.....	3-11
3.3.6.	Rugosità.....	3-12
3.3.7.	Riempimento.....	3-15
3.3.8.	Presenza d'acqua .....	3-15
3.4.	Caratteristiche di ammasso roccioso.....	3-16
4	Caratterizzazione geomeccanica .....	4-17



## COMUNE DI VERBANIA

**Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15**

4.1.	Classificazioni geomeccaniche.....	4-17
4.1.1.	Rock Mass Rating.....	4-18
4.1.2.	Geological Strength Index.....	4-21
5	Schede di sintesi .....	5-23
6	Rilievo geomeccanico RG-1 .....	6-24
7	Rilievo geomeccanico – RG-2 .....	7-1
8	Rilievo geomeccanico – RG-3 .....	8-1
9	Rilievo geomeccanico – RG-4 .....	9-1
10	Rilievo geomeccanico – RG-5.....	10-1
11	Rilievo geomeccanico speditivo – RG-6.....	11-1
12	Rilievo geomeccanico speditivo – RG-7.....	12-1
13	Bibliografia .....	13-3



**COMUNE DI VERBANIA**

**Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15**

## **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

### *Leggi e decreti*

- [1] D.M.LL.PP. 11 Marzo 1988  
*"Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii e delle scarpate naturali, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione"*  
Gazzetta Ufficiale 1.6.1988
  
- [2] D.M. 14 Gennaio 2008  
*"Nuove norme tecniche per le costruzioni"*  
Gazzetta Ufficiale 4.2.2008

### *Circolari*

- [3] Circolare Ministero dei Lavori Pubblici del 24.9.1988, n. 30483.  
*Legge 3 febbraio 1974 n.64, art. 1 - D.M. 11 marzo 1988*  
*Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii e naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione. istruzioni per l'applicazione.*
  
- [4] Circolare Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 2.02.2009, n. 617 C.S.LL.PP.  
*Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008.*



## 1 INTRODUZIONE

Il presente allegato riferisce in merito a 7 rilievi geomeccanici effettuati sugli ammassi rocciosi interessati dal progetto definitivo della "Variante all'abitato di Verbania della S.S.N. 34 – 1° Lotto."

I rilievi qui riportati sono principalmente rilievi geomeccanici in senso stretto relativi ai più significativi affioramenti di ammasso roccioso sano realizzati sui corpi affioranti.

Tutti i rilievi sono stati condotti allo scopo di definire l'assetto geostrutturale degli ammassi e le caratteristiche geomeccaniche sia della roccia intatta sia dei sistemi di discontinuità in essi rilevati. La tabella seguente riporta le sigle dei rilievi in funzione delle tipologie di ammassi indagati.

*Tabella 1.1: sintesi degli ammassi e dei rispettivi rilievi geomeccanici*

Litologia	Rilievo geomeccanico
Micascisti	RG-1
Micascisti	RG-2
Micascisti	RG-3
Micascisti	RG-4_Ms
Filone aplitico	RG-4_FI
Filone aplitico	RG-5
Micascisti	RG-6
Micascisti	RG-7

I dati rilevati sono stati elaborati per determinare le classi di ammasso, secondo i più comuni sistemi di classificazione geomeccanica, e per valutare i parametri di resistenza meccanica dell'ammasso.

I rilievi di campagna sono stati effettuati nel mese di Febbraio 2012. I punti di rilievo sono indicati nella Carta delle Indagini.

### 1.1. Attrezzatura

Per l'esecuzione dei rilievi è stata utilizzata la seguente attrezzatura:

- Bussola di rilevamento geostrutturale: modello Wilkie Mod. BUS GEO 9610
- Attrezzatura di rilevamento geologico
- Fotocamera digitale Nikon D60

### 1.2. Procedimento

Il procedimento adottato per ciascun rilievo eseguito è il seguente:





## COMUNE DI VERBANIA

**Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15**

- Rilievo dei dati sul terreno,
- Determinazione delle orientazioni delle varie famiglie di discontinuità,
- Determinazione delle caratteristiche fondamentali di ciascuna famiglia e della loro variabilità,
- Classificazione dell'ammasso secondo gli indici RMR e GSI,
- Preparazione delle schede di rilievo, degli allegati e della documentazione fotografica.



**COMUNE DI VERBANIA**

**Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15**

## **2 STANDARD DI LAVORO**

Lo studio, con i rispettivi allegati tecnici, è stato condotto secondo i criteri generali stabiliti dagli standard di lavoro pubblicati.

Le normative e gli standard di riferimento considerati sono i seguenti:

- Linee guida per la progettazione, l'appalto e la costruzione di opere in sotterraneo. Progetto Nazionale Normativa Opere in Sotterraneo, Marzo 1997
- International Society of Rock Mechanics: Suggested methods for the quantitative description of discontinuities in rock masses, Int. J. Rock Mech. & Mm. Sci., vol.15, n.1 1978
- International Society of Rock Mechanics: Suggested method for determining point load strength. Int. J. Rock Mech. & Mm. Sci., vol.22, n.2, 1985.
- AFTES-Working Group n°1: Text for recommendations for a description of rock masses useful for examining the stability of underground works - Tunnels et Ouvrages Souterrains, No.117, May-June 1993, pp.22-31.



### **3 METODOLOGIA DI RILIEVO**

L'indagine è stata condotta su 7 stazioni di rilevamento disposte il più vicino possibile all'asse del tracciato stradale in progetto e secondo le modalità esecutive descritte di seguito.

#### **3.1. Caratteristiche affioramento**

La scelta dei siti è stata condizionata per alcune litologie dal numero limitato di affioramenti disponibili. In particolare i punti di rilievo sono stati selezionati in base ai seguenti criteri:

- presenza di un substrato litoide.
- presenza di affioramenti sufficientemente esposti per la raccolta di un numero significativo di dati.
- vicinanza degli affioramenti all'asse del tracciato e alle zone dove avverrà lo scavo di galleria.
- Attendibilità dei dati ricavabili dall'affioramento
- Rappresentatività dell'affioramento in relazione alle differenti condizioni geomeccaniche presenti in profondità

Per ciascun affioramento sono state determinate l'estensione e l'orientazione della superficie su cui sono state seguite le misurazioni, inoltre è stata allegata la documentazione fotografica che ritrae le condizioni reali degli affioramenti.

Si precisa sin da ora che non è stato rinvenuto un affioramento di filoni lamprofirici sufficientemente esteso e di caratteristiche idonee atto alla realizzazione di un rilievo geomeccanico; conseguentemente non sono disponibili dati di terreno utili per la caratterizzazione geomeccanica di tale litologia. L'assenza di tali informazioni non dovrebbe tuttavia rappresentare un problema in quanto i filoni lamprofirici sono di limitata estensione e verranno marginalmente interessati dallo scavo della galleria.

La scheda di rilevamento è suddivisa in differenti settori specifici qui di seguito brevemente descritti:

- il primo settore contiene i dati relativi all'identificazione e all'ubicazione del rilievo stesso;
- il secondo settore riporta i dati geometrici del fronte di rilievo, della distribuzione macroscopica dell'ammasso roccioso e dello stato di alterazione e umidità dello stesso;
- il terzo settore riporta la fotografia dell'area di rilievo;
- il quarto settore riporta la descrizione litologica dell'ammasso roccioso;
- il quinto settore riporta i dati utili alla caratterizzazione geomeccanica delle rocce.

I rilievi sui filoni aplitici, sebbene attualmente non sia prevedibile un loro coinvolgimento nello scavo della galleria, sono stati cautelativamente realizzati nell'ipotesi che essi possano essere tuttavia intercettati.

I valori di resistenza meccanica alla compressione monoassiale (UCS) dell'ammasso roccioso, espressi in MPa, sono stati ricavati dalle analisi di laboratorio eseguite sui campioni prelevati dai sondaggi



## COMUNE DI VERBANIA

**Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15**

eseguiti per questa fase progettuale. I valori di UCS, per le litologie non intercettate dai sondaggi, sono stati stimati in base all'indice manuale di resistenza.

Nella tabella seguente si riportano i valori medi attribuibili alle differenti litologie.

*Tabella 3.1: Valori della resistenza a compressione monoassiale*

Litologia	Sigla	Formazione geologica	Carico di rottura (MPa)	Note
Mlcascisti	Ms	Scisti dei laghi	5-25	Da prove di laboratorio
Filone aplitico	FI	Scisti dei laghi	100-250	Da stime manuali

I valori di RQD dell'ammasso roccioso sono stati in parte ricavati dai sondaggi eseguiti per questa fase progettuale e in parte stimati sulla base dei rilievi geomeccanici.

### **3.2. Raccolta dati**

Su ogni area indagata si è proceduto in primo luogo alla descrizione delle caratteristiche litologiche delle rocce presenti. In seguito si è provveduto al rilievo delle discontinuità raccogliendo tutti i dati necessari atti alla compilazione delle schede di rilievo.

### **3.3. Caratteristiche delle discontinuità**

Relativamente alla caratterizzazione geomeccanica delle discontinuità sono state seguite le raccomandazioni ISRM (International Society for Rock Mechanics). I parametri considerati e misurati sono i seguenti: orientazione, spaziatura, persistenza, apertura, alterazione delle pareti del giunto, resistenza delle pareti del giunto, rugosità, riempimento e presenza di acqua.

La tipologia e le condizioni degli affioramenti hanno portato, al fine di distinguere i sistemi di fratturazione principali rispetto alle fratture indotte dai processi di degradazione naturale o di scavo di origine antropica, a privilegiare rispetto al classico campionamento lungo linee di scansione, una tecnica di identificazione delle famiglie di discontinuità tramite valutazione preliminare a distanza e successivo loro campionamento mirato.

I dati relativi a ciascuna discontinuità sono stati riportati nella scheda di rilevamento allegata. Le caratteristiche misurate e le classificazioni adottate per ciascun parametro sono riportate nei paragrafi seguenti.

#### **3.3.1. Tipo ed orientazione**

I valori di giacitura di ciascun piano sono stati misurati per mezzo di bussola strutturale ed i risultati sono stati elaborati attraverso l'uso di proiezioni stereografiche con il metodo proposto da Fisher. L'utilizzo di un





## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

programma di calcolo dedicato (DIPS 5.0 della Rocscience Ltd.) ha consentito di identificare dall'analisi dei poli le principali famiglie di discontinuità presenti e per ciascuna di esse di determinarne l'orientazione media.

I risultati delle analisi sono riportati all'interno di ogni scheda di rilievo sotto forma di stereogrammi in cui viene indicata la distribuzione di frequenza dei poli, la ciclografica media di ogni famiglia e la ciclografica rappresentante il fronte di rilievo. In Figura 3.1 vengono riportati, a livello esemplificativo, il modello adottato per le proiezioni stereografiche.

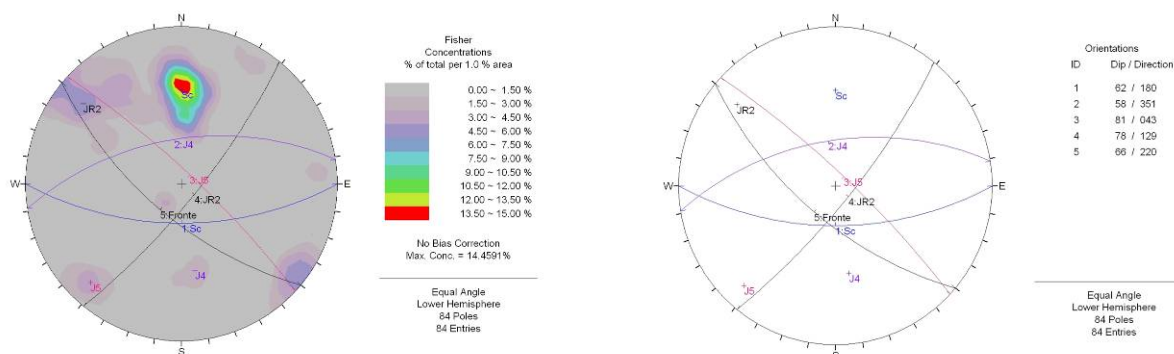


Figura 3.1 : esempio di analisi stereografica dei dati relativi alle giaciture delle discontinuità del rilievo RG\_03

Inoltre a livello propedeutico e applicando la medesima metodologia, è stata realizzata un'analisi globale delle giaciture rilevate in tutta l'area d'interesse col fine di determinare le principali famiglie di discontinuità caratterizzanti l'ammasso roccioso.

Nelle figure seguenti sono rappresentati la distribuzione in proiezione stereografica delle discontinuità e la rappresentazione ciclografica delle principali famiglie individuate sullo stereogramma suddivise per differenti litologie.

Per l'individuazione delle principali famiglie di discontinuità presenti, tendenzialmente sono state considerate le aree caratterizzate da una concentrazione di poli maggiore del 5%, mentre le restanti zone di concentrazione di poli, quelle inferiori al 5%, sono dovute alla presenza di giunti "random" non attribuibili a sistemi specifici o alla dispersione di dati. Sulla base dei dati di terreno sono state tuttavia individuate alcune famiglie la cui concentrazione di poli di piano inferiore alla soglia del 5%.

Inoltre a livello propedeutico e applicando la medesima metodologia, è stata realizzata un'analisi globale delle giaciture rilevate in tutta l'area d'interesse col fine di determinare le principali famiglie di discontinuità caratterizzanti l'ammasso roccioso.



## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

Grazie a tale elaborazione, anche in questo caso è stato possibile individuare sia dei set di famiglie di caratterizzate da una concentrazione di poli maggiore del 5%, sia delle concentrazioni di poli inferiori al 5%.

Le discontinuità appartenenti al primo caso sono state raggruppate nelle famiglie: Sc, J1, J2, J3, J4/4R, J5, J6, J7, J8 e J9; mentre le principali concentrazioni di piani appartenenti al secondo caso sono stati comunque raggruppati in tre famiglie principali di giunti considerati random e quindi denominati JR1, JR2 e JR3.

In seguito all'analisi propedeutica sopra riportata si sono conseguentemente attribuite alle principali famiglie individuate le discontinuità rilevate sui fronti; tali valori di giacitura dei giunti saranno considerati per la caratterizzazione geomeccanica.

L'analisi in proiezione stereografica viene eseguita anche a livello puntuale e cioè per ogni affioramento oggetto di rilievo geomeccanico.

Tale analisi è infatti utile all'identificazione del numero di famiglie di discontinuità presenti sul fronte di rilievo e consente la definizione del valore di  $J_n$  della classificazione di Barton secondo quanto indicato nella **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata..**

Tabella 3.2: numeri di set ( $J_n$ ) secondo il Q system (Barton 2002)

Classe	Numero di discontinuità	$J_n$
A	Massivo o privo di giunti	0.5-1.0
B	Un set di Giunti	2
C	Un set di Giunti + giunti random	3
D	Due set di Giunti	4
E	Due set di Giunti + giunti random	6
F	Tre set di Giunti	9
G	Tre set di Giunti + giunti random	12
H	Quattro o più set di Giunti + giunti random, intensamente fratturato	15
I	Roccia disgregata tipo terreno	20

La spaziatura è stata calcolata misurando la distanza tra due giunti paralleli lungo una linea perpendicolare agli stessi. I valori registrati per ciascun sistema sono stati raggruppati in fase di analisi secondo le classi di spaziatura previste dall'ISRM e riportate nella tabella seguente.

Tabella 3.3: Classi di spaziatura (ISRM 1978, 1981)

Spaziatura (mm)	Descrizione
< 20	Estremamente stretta
20-60	Molto stretta



## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

60-200	Stretta
200-600	Moderata
600-2000	Larga
2000-6000	Molto larga
>6000	Estremamente larga

### 3.3.2. Persistenza

La persistenza riguarda l'estensione del giunto nello spazio espresso come lunghezza in metri. I sistemi di fratture principali e maggiormente evidenti sono mediamente caratterizzati da una persistenza plurimetrica e confrontabile con le dimensioni del fronte di rilievo, mentre i sistemi di fratture secondari generalmente risultano limitati e/o interrotti da altri sistemi con diversa giacitura. La tabella seguente riporta le classi di persistenza previste dall'ISRM.

Tabella 3.4: Classi di persistenza (ISRM, 1981)

Persistenza (m)	Descrizione
<1	Molto bassa
1-3	Bassa
3-10	Media
10-20	Elevata
>20	Molto elevata

### 3.3.3. Apertura

Il parametro apertura riporta la distanza in millimetri che separa le pareti di una singola discontinuità. La tabella seguente riporta le classi previste per questo parametro dalla ISRM.

Tabella 3.5: Classi di Apertura (ISRM, 1978)

Apertura (mm)	Descrizione
Assente	
<0.1	Molto stretta
0.1-0.25	Stretta
0.25-050	Parzialmente aperta



## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

0.5-2.5	Aperta
2.5-5.0	Mod. larga
5.0-10	Larga
10-100	Molto larga
100-1000	Estr. larga
>1000	Cavernosa

### 3.3.4. Alterazione

L'alterazione descrive le condizioni di degrado dell'ammasso roccioso che costituisce le pareti delle discontinuità. La tabella seguente riporta le classi previste per questo parametro dalla ISRM.

Tabella 3.6: Alterazione delle superfici di discontinuità (ISRM, 1978)

Classe	Grado di alterazione	Descrizione
W1	Non alterata	Non vi sono segni di alterazione.
W2	Leggermente alterata	Le discontinuità sono macchiate o decolorate e possono contenere un sottile riempimento di materiale alterato.
W3	Moderatamente alterata	Meno del 50% della roccia si presenta decomposto o disgregato. La roccia non alterata è presente in porzioni continue o isolate (corestone).
W4	Molto alterata	Più del 50% della roccia si presenta decomposto o disgregato. La roccia non alterata o poco alterata è presente in porzioni continue o isolate (corestone).
W5	Completamente alterata	La roccia è totalmente decolorata e decomposta, e risulta friabile. La struttura originaria è ancora visibile.
W6	Suolo residuale	La roccia è stata completamente trasformata in terreno e non è più osservabile alcuna struttura originaria

In Figura 3.2 è riportata la tabella relativa alle classi previste per la determinazione del parametro Ja secondo il Q system (Barton, 2002).





## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

clas.	Alterazione delle superfici di giunto	Ja
SUPERFICI DI GIUNTO A CONTATTO (assenza di riempimenti, solo pellicole superficiali)	A Giunti serrati o con vene minerali dure non rammollenti e impermeabili (calcite, quarzo, etc.).	0,75
	B Pareti del giunto non alterate o con sviluppo di ossidazione superficiale.	1
	C Pareti del giunto leggermente alterate. Pellicole superficiali di minerali non rammollenti, particelle sabbiose, roccia disgregata non contenente argilla.	2
	D Pellicole superficiali argilloso-limose o argilloso-sabbiose con frazione argillosa limitata e non rammollente.	3
	E Pellicole superficiali di minerali argillosi rammollenti o a scarsa resistenza al taglio (caolinite, mica, clorite, talco, gesso, grafite, etc.) e limitati quantitativi di argille rigonfianti.	4
SUPERFICI DI GIUNTO A CONTATTO PER SCORREMENTI <10CM (spessore del riempimento < 5 mm)	F Riempimenti di particelle sabbiose o di roccia disgregata priva di particelle argillose.	4
	G Riempimenti continui di minerali argillosi non rammollenti fortemente sovraconsolidati, con spessori <5 mm.	6
	H Riempimenti continui di minerali argillosi rammollenti a media o bassa sovraconsolidazione, con spessori <5 mm.	8
	J Riempimenti continui di minerali argillosi rigonfianti, con spessori <5 mm (valori minori con basse % di minerali rigonfianti e poca acqua, valori maggiori con elevate % di minerali rigonfianti ed eccesso d'acqua).	8 - 12
ASSENZA DI CONTATTO FRA LE SUPERFICI DEL GIUNTO (spessore del riempimento > 5 mm)	K Zone o bande di roccia disgregata o frantumata in matrice argillosa non rammollente fortemente sovraconsolidata.	6
	L Zone o bande di roccia disgregata o frantumata in matrice argillosa rammollente a media o bassa sovraconsolidazione.	8
	M Zone o bande di roccia disgregata o frantumata in matrice argillosa rigonfiante (valori minori con basse % di minerali rigonfianti e poca acqua, valori maggiori con elevate % di minerali rigonfianti ed eccesso d'acqua).	8 - 12
	N Zone o bande di argille limose o argille sabbiose, con frazione argillosa limitata e non rammollente.	5
	O Zone o bande continue di argilla non rammollente fortemente sovraconsolidata.	10
	P Zone o bande continue di argilla rammollente a media o bassa sovraconsolidazione.	13
	R Zone o bande continue di argilla rigonfiante (valori minori con basse % di minerali rigonfianti e poca acqua, valori maggiori con elevate % di minerali rigonfianti ed eccesso d'acqua).	13 - 20

Figura 3.2 : Alterazione delle pareti dei giunti secondo il Q system (Barton, 2002)



## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

### 3.3.5. Resistenza pareti del giunto

In affioramento è stata valutata la resistenza a compressione uniassiale della superficie del giunto tramite le prove di Indice Manuale introdotte dall'ISRM e riportate nella Tabella 3.7.

Tabella 3.7: Prove di indice manuale (ISRM, 1978)

Grado	Descrizione	Prove di identificazione	Resistenza a compressione uniassiale (MPa)
S1	Argille molto morbida	Facilmente penetrabile di molti centimetri	<0.025
S2	Argilla morbida	Facilmente penetrabile di molti centimetri con il pollice	0.025-0.25
S3	Argilla soda	Può essere penetrata di diversi centimetri con il pollice con sforzo moderato	0.05-0.10
S4	Argilla rigida	Facilmente intaccata col pollice ma penetrata solo con grande sforzo	0.10-0.25
S5	Argilla molto rigida	Facilmente intaccata con l'unghia del pollice	0.25-0.50
S6	Argilla dura	Intaccata con difficoltà con l'unghia del pollice	>0.50
R0	Roccia estremamente debole	Intaccata con l'unghia del pollice	0.25-1.0
R1	Roccia molto debole	Si frammenta con un colpo deciso dato con la punta del martello da geologo: può essere scalfita con il coltello	1.0-5.0
R2	Roccia debole	Può essere scalfita con difficoltà un colpo deciso con la punta del martello lascia un'impronta profonda	5.0-25
R3	Roccia mediamente resistente	Non può essere graffiata scalfita con il coltello: un campione può essere rotto con un unico colpo deciso del martello	25-50
R4	Roccia resistente	E' necessario più di un colpo di martello per rompere un campione	50-100
R5	Roccia molto resistente	Sono necessari molti colpi di martello per rompere un campione	100-250
R6	Roccia estremamente resistente	Il campione può essere solo scheggiato con il martello	>250

Nota: I gradi da S1 ad S6 si applicano a terreni coesivi, ad es. argille, argille limose e miscele di limi e argille con sabbia, che generalmente drenano con lentezza. La resistenza delle pareti di discontinuità è generalmente caratterizzata con i termini R0-R6 (rocce), mentre i termini S1-S6 (argille) si applicheranno generalmente ai materiali di riempimento.



## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

### 3.3.6. Rugosità

Con il termine rugosità si intende l'irregolarità nella forma della superficie di discontinuità ed in termini generali è contraddistinta da una "ondulazione" (a scala metrica) e da una "rugosità" in senso stretto (scala centimetrica).

Per quanto riguarda l'ondulazione si è fatto riferimento alla Figura 3.3 considerando l'abbinamento dei termini riportati nella tabella seguente.

Tabella 3.8: Termini utilizzati per rappresentare l'ondulazione delle discontinuità (ISRM, 1978)

1° termine		2° termine	
1	a Scalini	1	Molto rugosa
2	Ondulata	2	Rugosa
3	Planare	3	Debolmente rugosa
		4	Liscia
		5	Levigata



## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

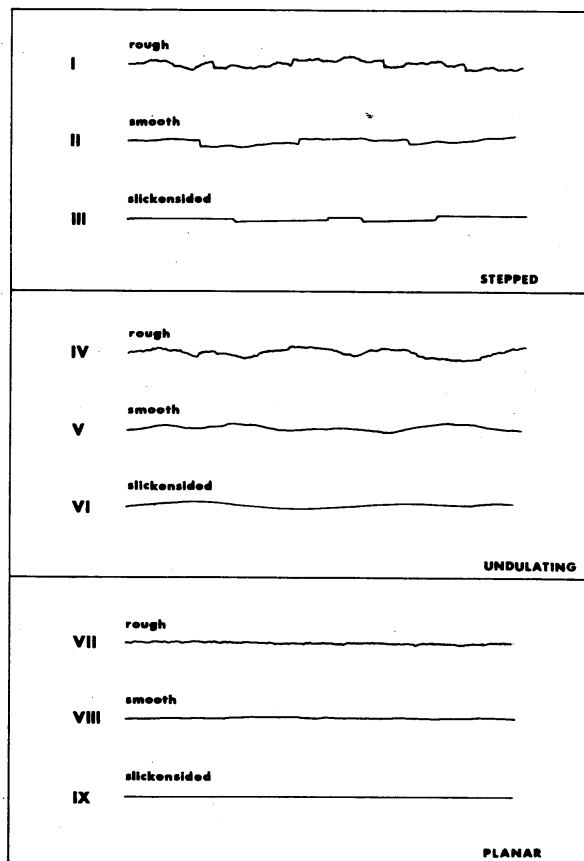


Figura 3.3 : profili rappresentativi dell'ondulazione delle discontinuità (ISRM, 1978)

Per quanto riguarda la rugosità in senso stretto si è fatto riferimento al parametro JRC (Joint Roughness Coefficient) (Barton, 1976) determinato attraverso il confronto con i profili tipici di Figura 3.4. Si è inoltre determinato per ciascun giunto il valore di  $J_r$  secondo le classi previste dal Q system e indicate nella tabella riportata in Figura 3.5.





## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

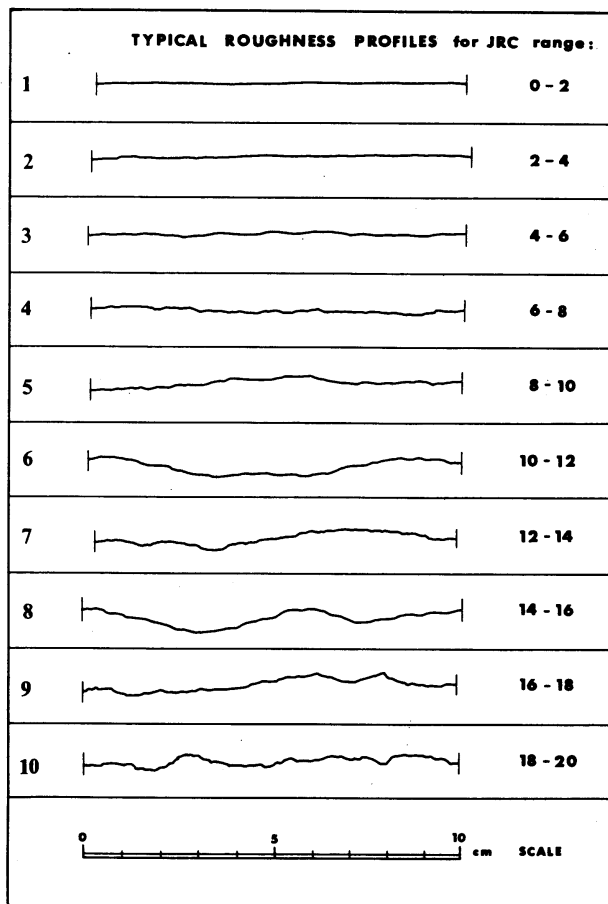


Figura 3.4 : profili di riferimento per la determinazione del parametro JRC (ISRM, 1978)



## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

	clas.	Scabrezza delle superfici di giunto	Jr
SUPERFICI DI GIUNTO A CONTATTO, O CON RIEMPIMENTI DI SPESSORE < 5 mm	A	Giunti discontinui	4
	B	Giunti rugosi o irregolari, ondulati	3
	C	Giunti lisci, ondulati	2
	D	Giunti lisciati, ondulati	1,5
	E	Giunti rugosi o irregolari, planari	1,5
	F	Giunti lisci, planari	1
	G	Giunti lisciati, planari	0,5
GIUNTI CON RIEMPIMENTI DI SPESSORE ≥ 5 mm	H	Giunti con riempimenti di minerali argillosi	1
	I	Zona sabbiosa, ghiaiosa o brecciata	1
NOTE	1	In caso di spaziatura del sistema di giunti considerato maggiore di 3 m i valori di Jr indicati in tabella vanno incrementati di 1	
	2	Il valore di Jr = 0,5 va utilizzato solo per giunti planari lisciati con strie orientate nella direzione di minima resistenza a taglio	

Figura 3.5 : Classi di scabrezza dei giunti Jr secondo il Q system (Barton 2002)

### 3.3.7. Riempimento

Con il termine riempimento si intende il tipo di materiale eventualmente contenuto tra le pareti delle discontinuità, che viene descritto secondo le sue caratteristiche mineralogiche e granulometriche e la sua resistenza meccanica.

Nei punti scelti per i rilievi geomeccanici non sono mai state osservate delle fratture riempite da materiale geneticamente connesso ai processi di formazione delle discontinuità misurate, ma unicamente riconducibile a un successivo riempimento di materiale fine proveniente dal dilavamento della sovrastante coltre eluvio colluviale.

### 3.3.8. Presenza d'acqua

La presenza d'acqua indica lo stato di umidità riscontrato in ciascuna discontinuità ed è stato descritto secondo la seguente tabella.

Tabella 3.9: Termini utilizzati per rappresentare la presenza d'acqua lungo le discontinuità



## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

Termine	Descrizione
Asciutta	Privo d'acqua, polverosa ed asciutto
Umidà	Umidità visibile lungo la discontinuità
Bagnata	Visibile acqua che filtra attraverso la discontinuità

### 3.4. Caratteristiche di ammasso roccioso

La descrizione macroscopica delle condizioni dell'ammasso è costituita dalla valutazione dei valori delle dimensioni del volume roccioso unitario medio, dell'intercetta delle discontinuità e il numero di discontinuità per metro cubo di ammasso ( $J_v$ ) nonché dal numero di famiglie di discontinuità caratterizzanti il fronte di rilievo ( $J_n$ ). Tali valutazioni macroscopiche sono riportate nel primo settore della scheda riepilogativa di rilievo di cui si riporta uno stralcio in Figura 3.6.

Rilevo Geomeccanico N°: RG_02	
Committente	Comune di Verbania
Commessa	Variante all'abitato di Verbania della S.S. N. 34. 1° Lotto
Località	Fondotoce - Verbania (VCO)
Coordinate	X = 1461155 m, Y = 5088489 m (ED50-G.Boaga)
Data	8/2/2012
Area di rilievo geomeccanico	Rilevo eseguito in prossimità della pk 1+520 m lungo la strada Fondotoce-Bieno alla quota di 280 m s.l.m.

Parametri di caratterizzazione del fronte e dell'ammasso roccioso											
Giacitura del fronte di misura	°/' 70/344										
Giacitura generale del pendio	°/' -										
Dimensioni del fronte di rilievo (m x m)	18,5 x 7										
Volume roccioso unitario medio (cm x cm x cm)	40 x 50 x 100										
Forma	Prismatica										
Resistenza a compressione monoassiale roccia: litologia	Miscisti										
Classificazione ISRM (1978)	R2										
UCS (MPa)	5-25										
	norm. parall.										
Percentuale relativa	(%)										
Intercetta delle discontinuità ( $\lambda$ )	(n°/m) 3										
Numero di discontinuità per m³ ( $J_v$ )	(n°/m³) 5-6										
Numero di discontinuità sul fronte ( $J_n$ )	(classe/ $J_n$ ) H/15										
Grado di alterazione dell'ammasso	<table><tr><td>non alterato</td><td>debolm. alterato</td><td>mediam. alterato</td><td>molto alterato</td><td>disgregato</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>	non alterato	debolm. alterato	mediam. alterato	molto alterato	disgregato					
non alterato	debolm. alterato	mediam. alterato	molto alterato	disgregato							
Grado di umidità dell'ammasso	<table><tr><td>asciutto</td><td>umida</td><td>bagnata</td><td>stillicidia</td><td>venuta</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>	asciutto	umida	bagnata	stillicidia	venuta					
asciutto	umida	bagnata	stillicidia	venuta							

Figura 3.6 : valutazione delle condizioni macroscopiche dell'ammasso roccioso (esempio)



## 4 CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA

La classe geomeccanica dell'ammasso roccioso presente in ciascun punto di rilievo ed i suoi parametri meccanici sono stati determinati attraverso l'elaborazione statistica dei dati raccolti sul terreno.

### 4.1. Classificazioni geomeccaniche

Per quanto concerne le classificazioni geomeccaniche si è fatto riferimento ai sistemi classificativi denominati Rock Mass Rating (Bieniawski, 1989) e Geological Strength Index (Hoek et al., 1995)

Tutti e due i sistemi si basano sull'attribuzione di punteggi ad una serie di parametri fondamentali della roccia intatta, delle discontinuità e dell'ammasso:

- B. Resistenza a Compressione Monoassiale (UCS)
- C. Rock Quality Designation (RQD)
- D. Numero di discontinuità
- E. Spaziatura discontinuità
- F. Condizione discontinuità
- G. Condizioni idrogeologiche

Si specifica che il valore di RQD, per i rilievi in cui non erano disponibili informazioni dirette dei sondaggi, è stato determinato attraverso le seguenti espressioni che correlano l'RMR con il numero di discontinuità per metro cubo di ammasso ( $J_v$ ):

- $RQD = 100 \cdot (0.1 \cdot J_v + 1) \cdot e^{-0.1 J_v}$  (Hudson e Priest, 1981)
- $RQD = 115 - 3.3 J_v$  (Palmstrom, 1982)
- $RQD = 100 - 4.5 J_v$  (Barisone et al., 1980)

Tabella 4.1: valori di RQD ricavati dai rilievi geomeccanici

rilievo	$\lambda$	$J_v$	$J_n$	RQD (Priest e Hudson, 1981)	RQD (Palmstrom, 1982)	RQD (Barisone et al., 1980)	RQD (media)
RG-4_Ms	3	10	F-9	74	82	55	70
RG-4_FI	5,5	15	F-9	56	66	33	51
RG-5_a	5	5	F-9	91	99	78	89
RG-5_b	5	25	F-9	29	33	-13	16
RG-6	14	25	H-15	29	33	-13	16
RG-7	8	5	H-15	91	99	78	89





## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

### 4.1.1. Rock Mass Rating

Il sistema Rock Mass Rating si basa sulla somma dei punteggi attribuiti a cinque parametri rappresentativi delle caratteristiche dell'ammasso roccioso ai quali si aggiunge un ulteriore parametro di aggiustamento che considera l'orientazione dei sistemi di fratturazione rispetto alla direzione di scavo della galleria. La Figura 4.1 riporta sinteticamente le caratteristiche fondamentali di tale sistema classificativo.

Per la quantificazione dei punteggi l'autore ha proposto la serie di curve di correlazione con i parametri caratteristici dell'ammasso riportate nei seguenti grafici, queste curve sono espresse dalle funzioni numeriche definite in Tabella 4.2.

Tabella 4.2: Funzioni numeriche adottate per l'attribuzione dei punteggi dei parametri della classificazione RMR

Parametro	Unità di misura	Funzione	Campo di applicazione
UCS (Resistenza Compr. Monoassiale)	[Mpa]	$A = -0,0002 \cdot UCS^2 + 0,1022 \cdot UCS + 1$	0-200 MPa
RQD	[%]	$B = 0,0006 \cdot RQD^2 + 0,113 \cdot RQD + 2,797$	0-100 %
Spaziatura (S)	[mm]	$C = -0,000002 \cdot S^2 + 0,0113 \cdot S + 5,5373$	0-2000 mm



## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

A. CLASSIFICATION PARAMETERS AND THEIR RATINGS									
Parameter			Range of values						
1	Strength of intact rock material	Point-load strength index	>10 MPa	4-10 MPa	2-4 MPa	1-2 MPa	For this low range - uniaxial compressive test is preferred		
		Uniaxial comp. strength	>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
2	Drill core Quality <i>RQD</i>		90%-100%	75%-90%	50%-75%	25%-50%	< 25%		
	Rating		20	17	13	8	3		
3	Spacing of discontinuities		> 2 m	0.6-2 m	200-600 mm	60-200 mm	< 60 mm		
	Rating		20	15	10	8	5		
4	Condition of discontinuities (See E)		Very rough surfaces Not continuous No separation Unweathered wall rock	Slightly rough surfaces Separation < 1 mm Slightly weathered walls	Slightly rough surfaces Separation < 1 mm Highly weathered walls	Slickensided surfaces or Gouge < 5 mm thick or Separation 1-5 mm Continuous	Soft gouge > 5 mm thick or Separation > 5 mm Continuous		
	Rating		30	25	20	10	0		
5	Ground water	Inflow per 10 m tunnel length (l/m)	None	< 10	10-25	25-125	> 125		
		(Joint water press)/ (Major principal $\sigma$ )	0	< 0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	> 0.5		
		General conditions	Completely dry	Damp	Wet	Dripping	Flowing		
Rating			15	10	7	4	0		
B. RATING ADJUSTMENT FOR DISCONTINUITY ORIENTATIONS (See F)									
Strike and dip orientations			Very favourable	Favourable	Fair	Unfavourable	Very Unfavourable		
Ratings	Tunnels & mines		0	-2	-5	-10	-12		
	Foundations		0	-2	-7	-15	-25		
	Slopes		0	-5	-25	-50			
C. ROCK MASS CLASSES DETERMINED FROM TOTAL RATINGS									
Rating			100 ← 81	80 ← 61	60 ← 41	40 ← 21	< 21		
Class number			I	II	III	IV	V		
Description			Very good rock	Good rock	Fair rock	Poor rock	Very poor rock		
D. MEANING OF ROCK CLASSES									
Class number			I	II	III	IV	V		
Average stand-up time			20 yrs for 15 m span	1 year for 10 m span	1 week for 5 m span	10 hrs for 2.5 m span	30 min for 1 m span		
Cohesion of rock mass (kPa)			> 400	300-400	200-300	100-200	< 100		
Friction angle of rock mass (deg)			> 45	35-45	25-35	15-25	< 15		
E. GUIDELINES FOR CLASSIFICATION OF DISCONTINUITY conditions									
Discontinuity length (persistence)			< 1 m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	> 20 m		
Rating			6	4	2	1	0		
Separation (aperture)			None	< 0.1 mm	0.1-1.0 mm	1-5 mm	> 5 mm		
Rating			6	5	4	1	0		
Roughness			Very rough	Rough	Slightly rough	Smooth	Slickensided		
Rating			6	5	3	1	0		
Infilling (gouge)			None	Hard filling < 5 mm	Hard filling > 5 mm	Soft filling < 5 mm	Soft filling > 5 mm		
Rating			6	4	2	2	0		
Weathering			Unweathered	Slightly weathered	Moderately weathered	Highly weathered	Decomposed		
Ratings			6	5	3	1	0		
F. EFFECT OF DISCONTINUITY STRIKE AND DIP ORIENTATION IN TUNNELLING**									
Strike perpendicular to tunnel axis					Strike parallel to tunnel axis				
Drive with dip-Dip 45-90°			Drive with dip-Dip 20-45°		Dip 45-90°		Dip 20-45°		
Very favourable			Favourable		Very favourable		Fair		
Drive against dip-Dip 45-90°			Drive against dip-Dip 20-45°		Dip 0-20-Irrespective of strike°				
Fair			Unfavourable		Fair				

Figura 4.1 : Rock Mass Rating System (Bieniawski, 1989)



**COMUNE DI VERBANIA**

**Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15**

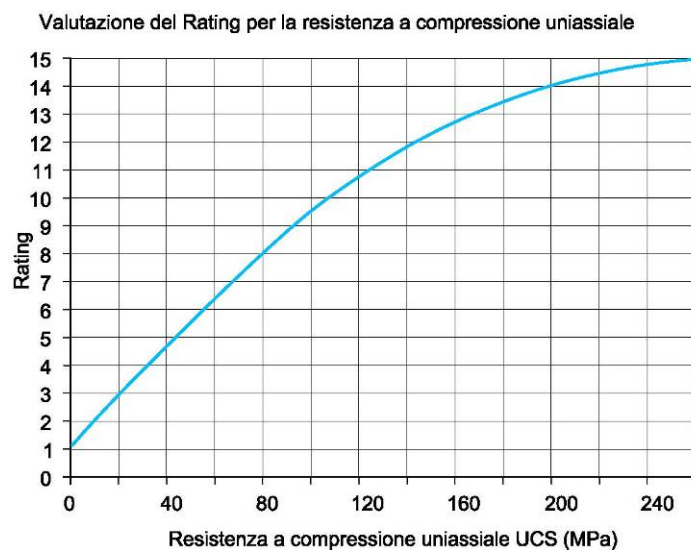


Figura 4.2 : Calcolo del rating per il parametro Resistenza a compressione monoassiale (UCS)

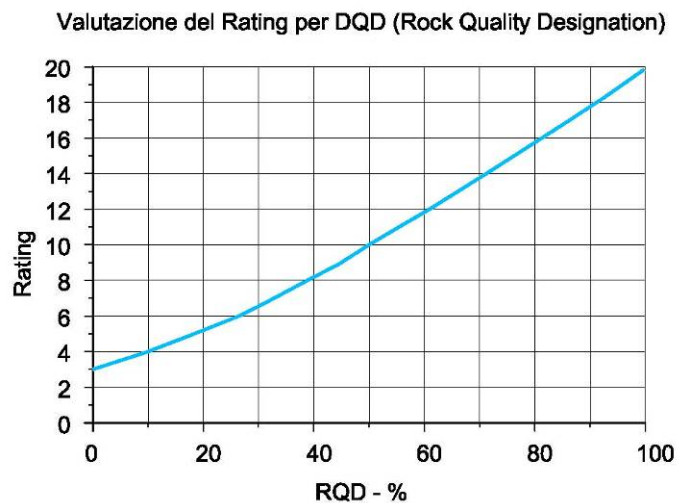


Figura 4.3 : Calcolo del rating per il parametro RQD

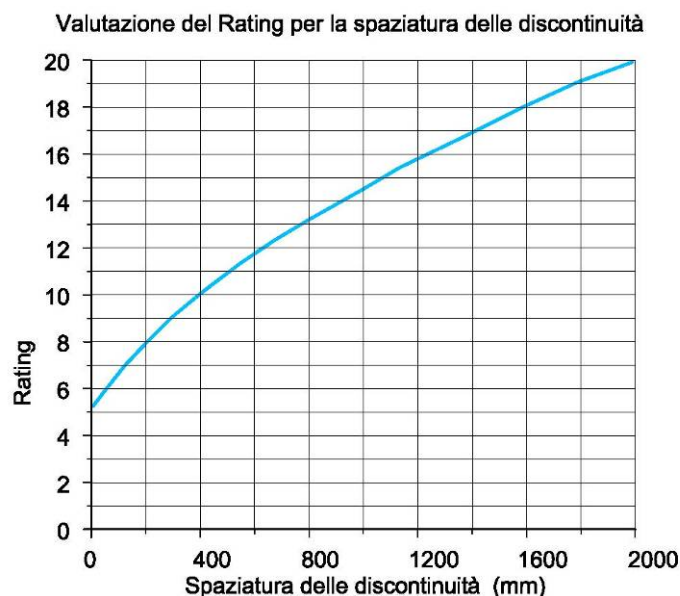


Figura 4.4 : Calcolo del rating per il parametro Spaziatura.

Nell'ambito del presente lavoro è stato determinato in ogni scheda l'indice RMR', che corrisponde al valore di RMR calcolato in base ai valori di resistenza a compressione monossiale, RQD, spaziatura e condizione dei giunti misurati in affioramento, ai quali si somma un valore fisso pari a 15 per le condizioni idriche e si pone pari a 0 l'aggiustamento relativo all'orientazione delle discontinuità. Il valore così calcolato risulta correlato con l'indice GSI secondo la seguente relazione:

$$\text{RMR}' = \text{GSI} + 5$$

#### 4.1.2. Geological Strength Index

Il Geological Strength Index è una revisione del RMR proposta da Hoek nel 1995. L'approccio è sostanzialmente analogo, con un'unica differenza che consiste nel considerare sempre pari a 15 il punteggio per le condizioni idrogeologiche e di non applicare la correzione per l'orientazione delle discontinuità. L'autore ha anche proposto una tabella schematica Figura 4.5 per determinare, a partire dalle caratteristiche qualitative di fratturazione dell'ammasso e di condizione delle discontinuità, il valore GSI.



## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

Geological strength index for jointed rock masses (Hoek and Marinos, 2000).

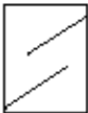





ROCK MASS STRUCTURE		DISCONTINUITY SURFACE CONDITION				
		DECREASING SURFACE QUALITY →				
DECREASING INTERLOCKING OF ROCK PIECES ↓		90				
	INTACT OR MASSIVE – intact rock specimens or massive in situ rock with few widely spaced discontinuities				N/A	N/A
		80				
	BLOCKY – well interlocked undisturbed rock mass consisting of cubical blocks formed by three intersecting discontinuity sets		70			
			60			
	VERY BLOCKY – well interlocked undisturbed rock mass consisting of cubical blocks formed by three intersecting discontinuity sets			50		
				40		
	BLOCKY/DISTURBED/SEAMY – folded with angular blocks formed by many intersecting discontinuity sets. Persistence of bedding planes schistosity				30	
					20	
	DISINTEGRATED – poorly interlocked, heavily broken rock mass with mixture of angular and rounded rock pieces					10
						
	LAMINATED/SHEAR – Lack of blockiness due to close spacing of weak schistosity	N/A	N/A			

Figura 4.5 : Tabella di riferimento per la valutazione del GSI (Hoek, Marinos, 2000)





**COMUNE DI VERBANIA**

**Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15**

## **5 SCHEDE DI SINTESI**

Tutti i dati raccolti e le elaborazioni statistiche e numeriche relative ai 7 rilievi geomeccanici sono stati organizzati in elaborati così composti:

- Pagina 1: Planimetria di ubicazione del rilievo;
- Pagina 2: Sintesi delle condizioni dell'ammasso roccioso con foto dell'affioramento;
- Pagina 3: Proiezioni stereografiche e analisi delle distribuzioni dei parametri misurati sul terreno;
- Pagina 4: Classificazione geomeccanica dell'ammasso;
- Pagina 5: Misure di terreno.

Le schede di rilievo complete di proiezioni stereografiche, documentazione fotografica, classificazione geomeccanica e dati di terreno sono riportate nel seguente allegato.



**COMUNE DI VERBANIA**

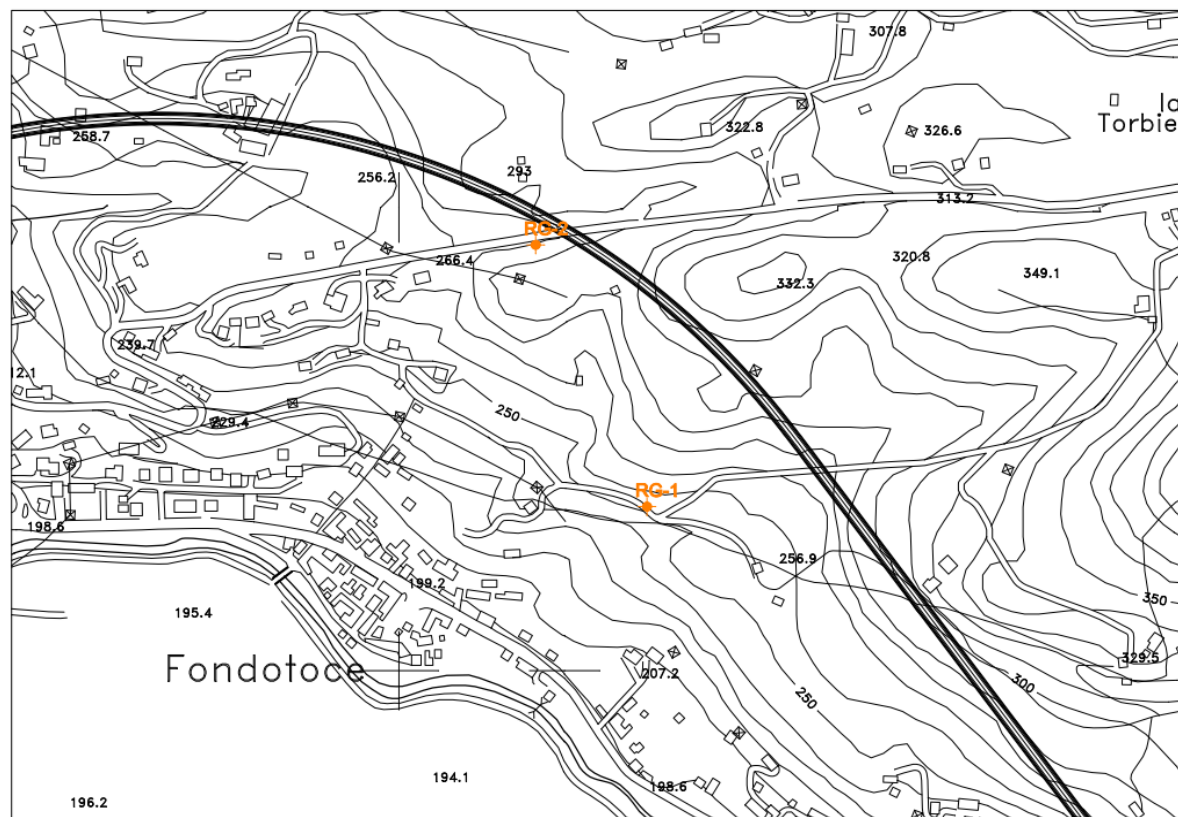
**Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15**

## **6 RILIEVO GEOMECCANICO RG-1**



**COMUNE DI VERBANIA**

**Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15**



*Figura 6.1 : Ubicazione rilievo geomeccanico RG-1.(Non in scala).*

Inserire la scheda di sintesi sul rilievo RG-01



## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

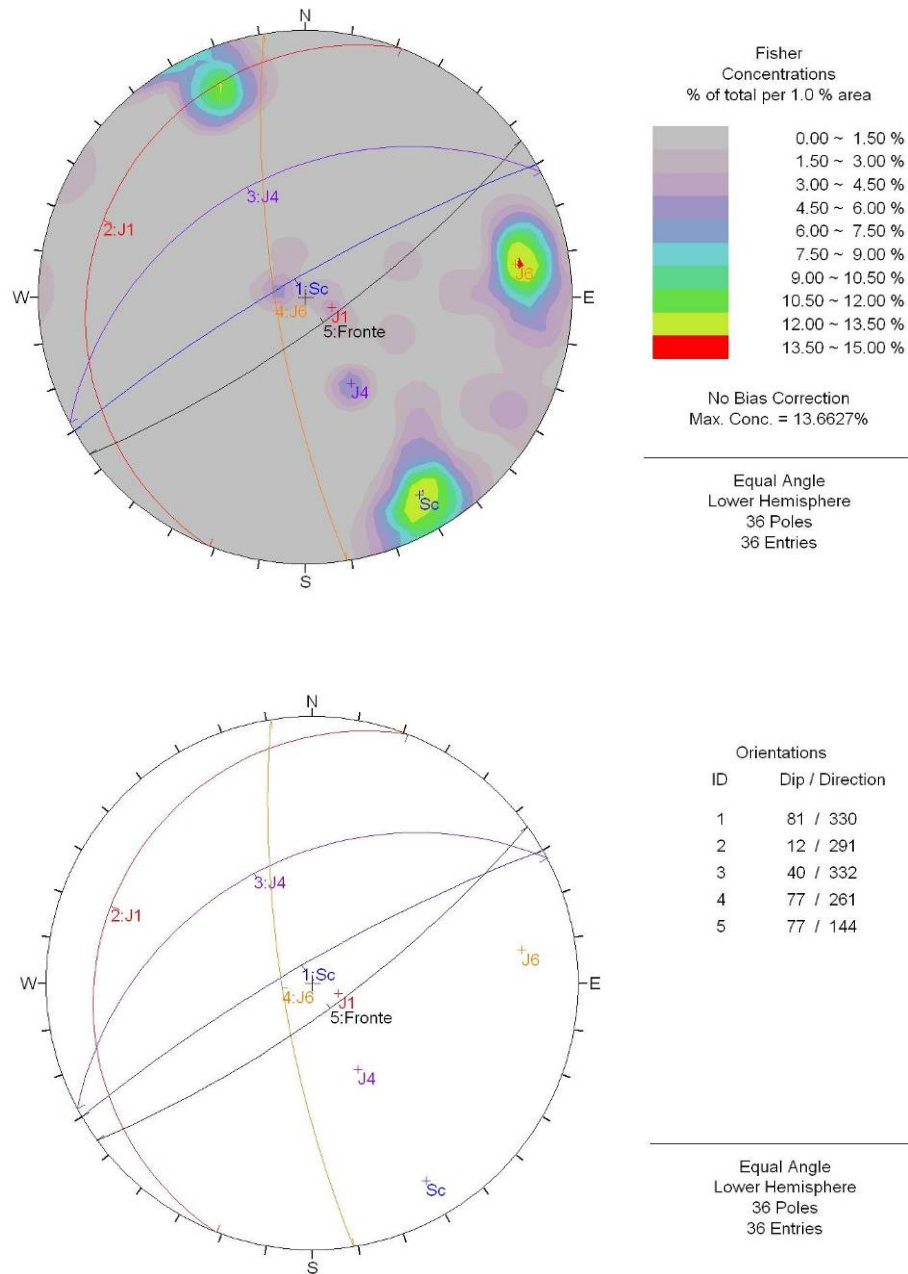


Figura 6.2 : Proiezioni stereografiche del rilievo geomeccanico RG-1.



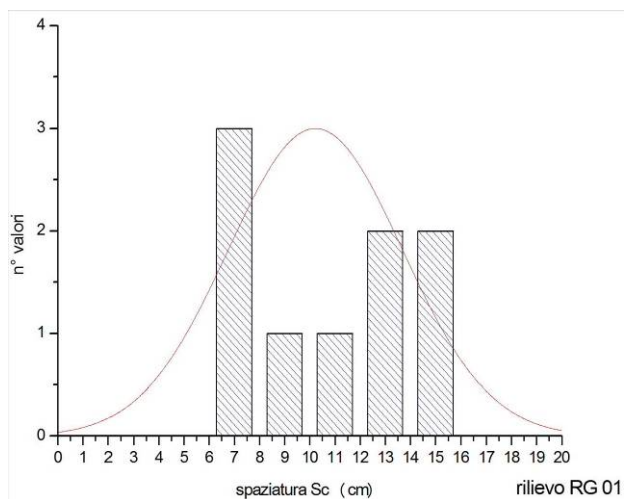


## COMUNE DI VERBANIA

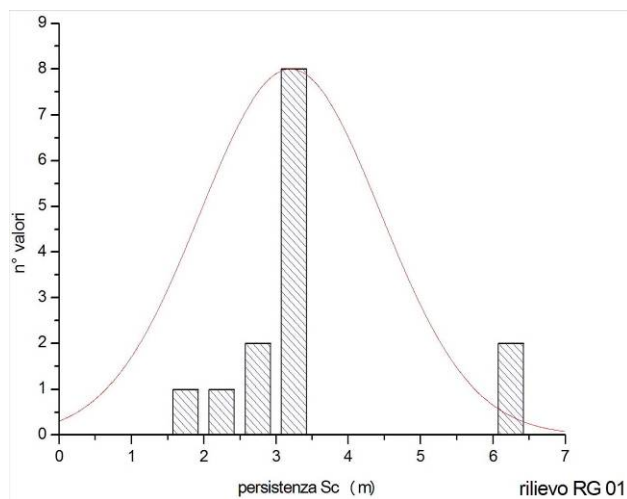
Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

### Analisi statistica dei dati di terreno

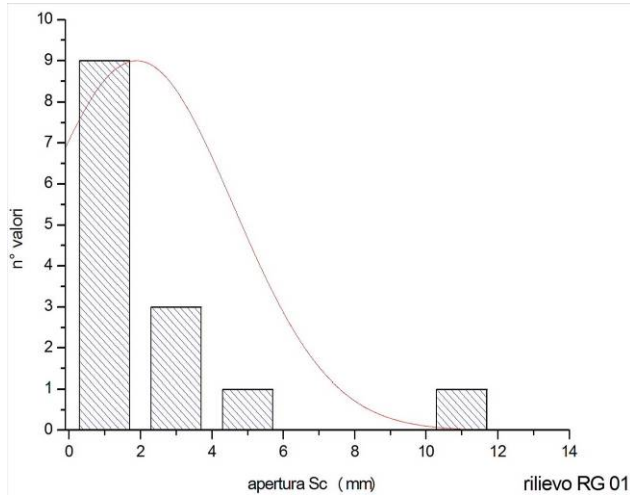
#### Discontinuità Sc – n° dati 14



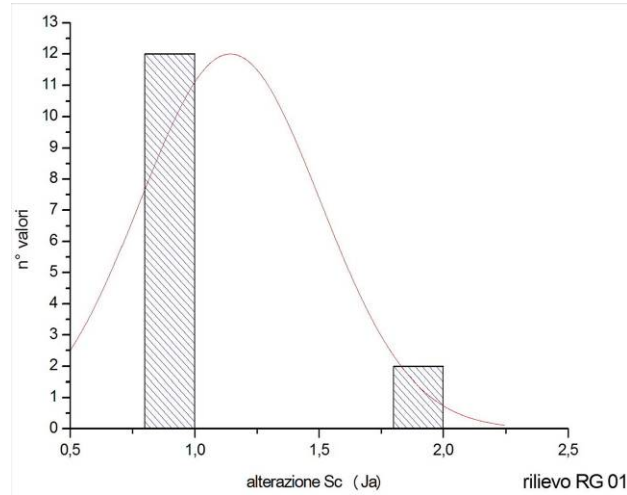
Spaziatura:  
Moda = 10 cm; Variabilità = 6-20 cm.



Persistenza:  
Moda = 3,5 m; Variabilità = 1,8-6 m.



Apertura:  
Moda = 2 mm; Variabilità = 0,1-10 mm.

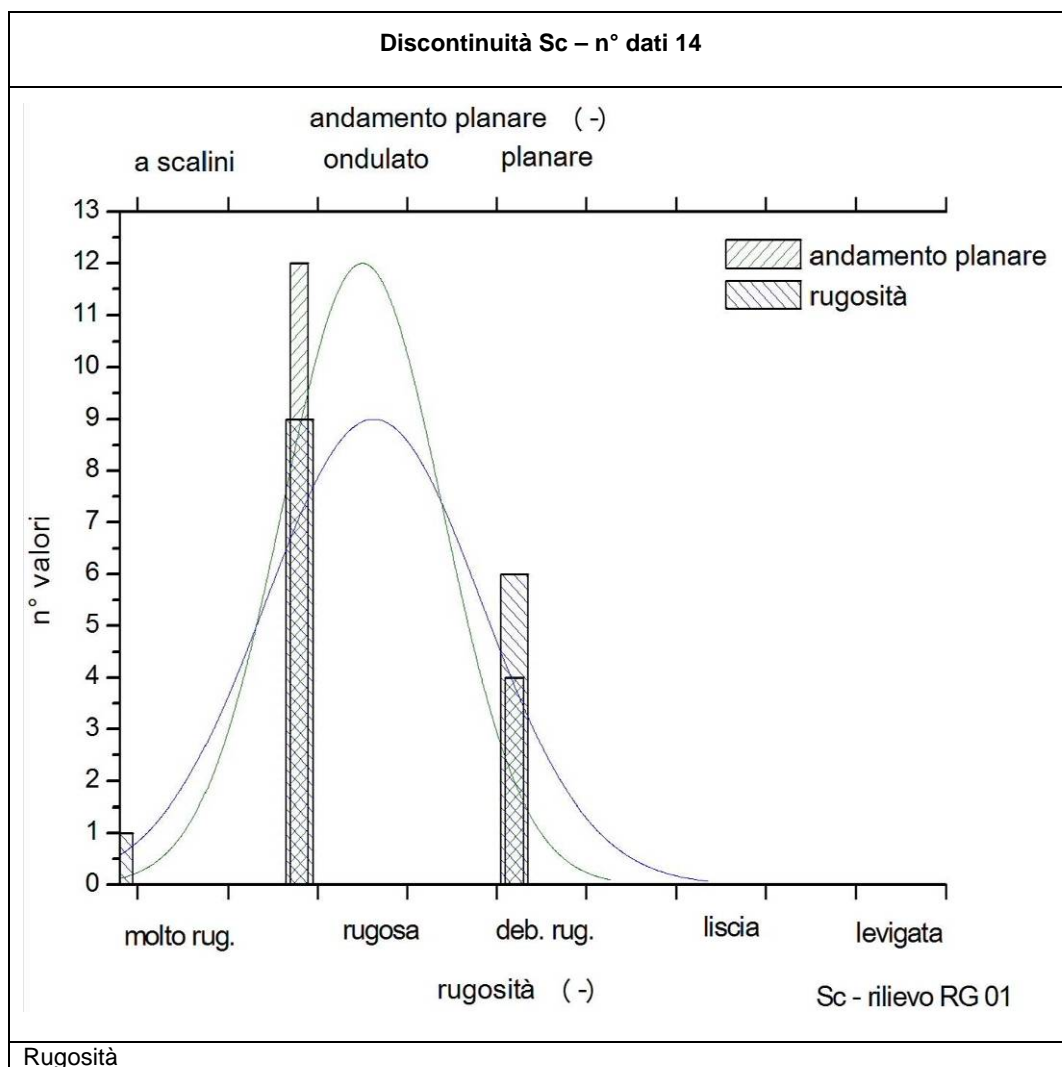


Alterazione:  
Moda = 1,2; Variabilità = 1-2.



## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

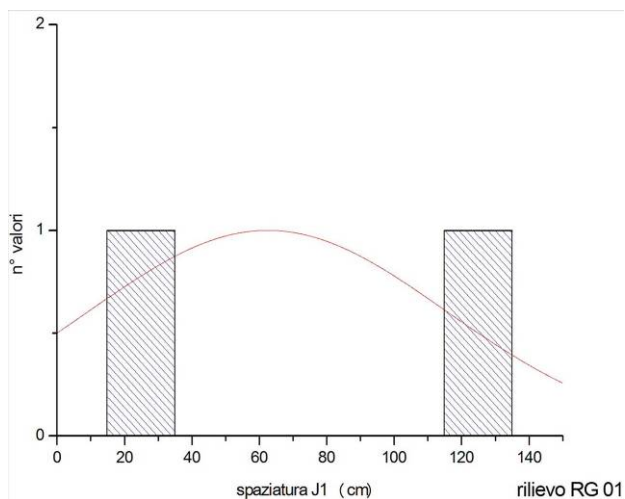




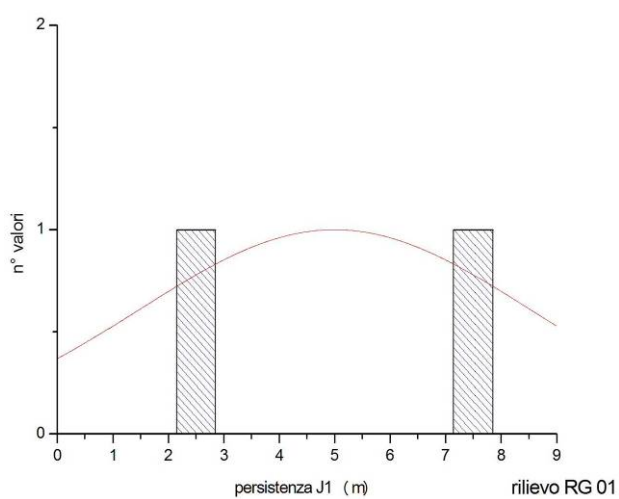
## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

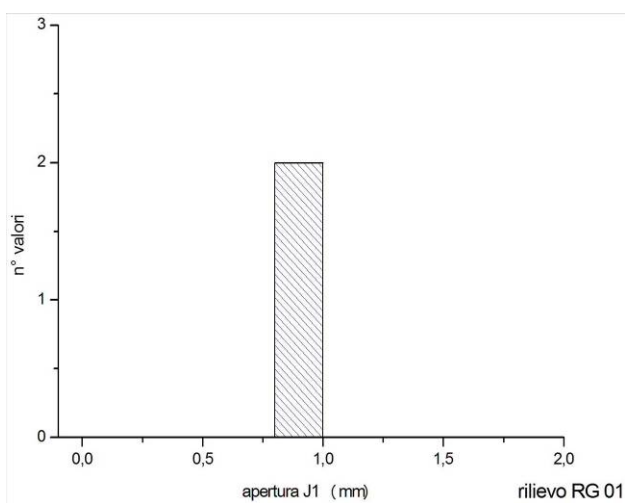
### Discontinuità J1 – n° dati 2



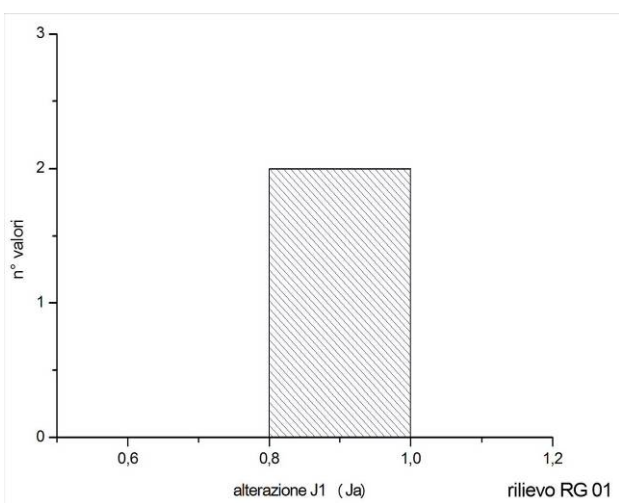
Spaziatura:  
Moda = 60 cm; Variabilità = 25-100 cm.



Persistenza:  
Moda = 5 m; Variabilità = 2,5-7,5 m.



Apertura = 1 mm.

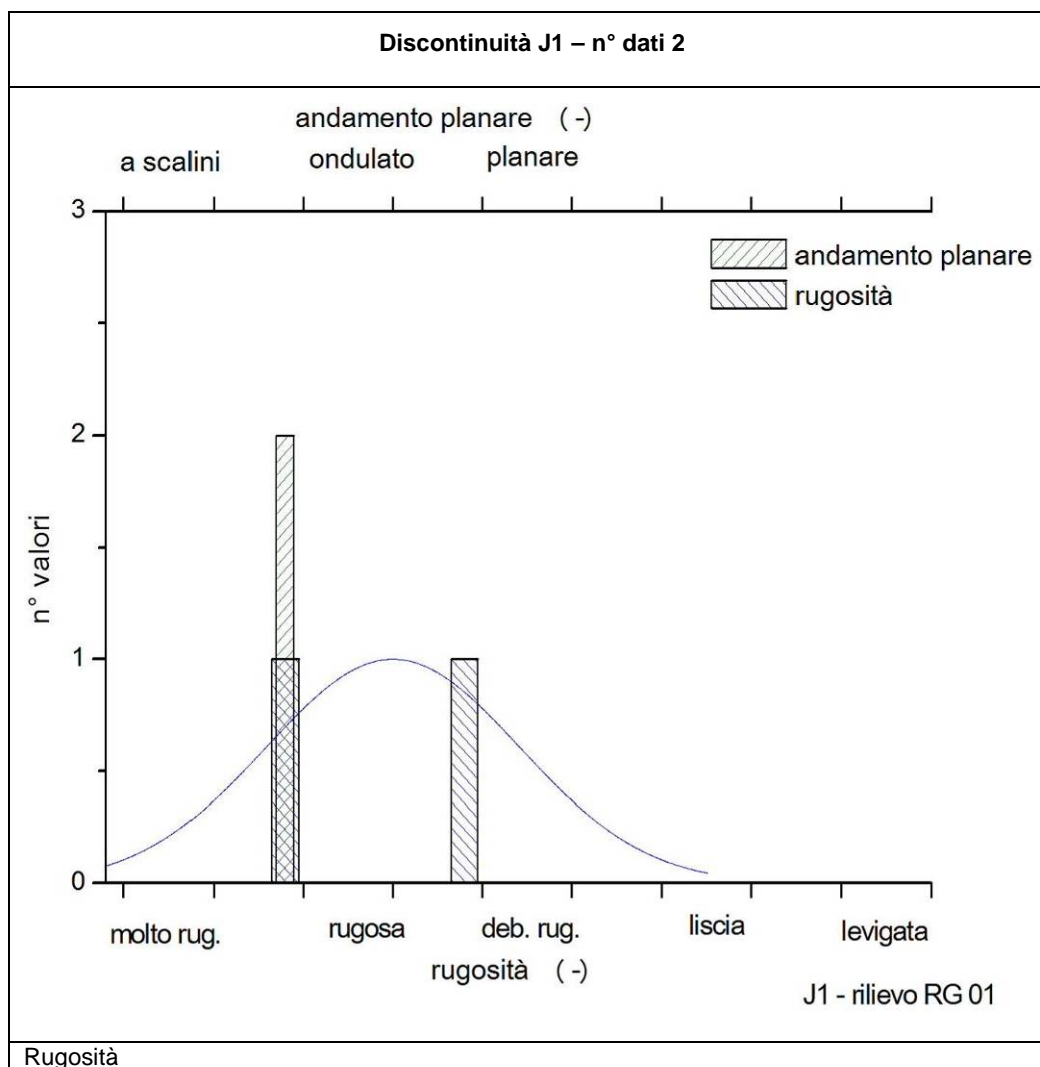


Alterazione = 1.



## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

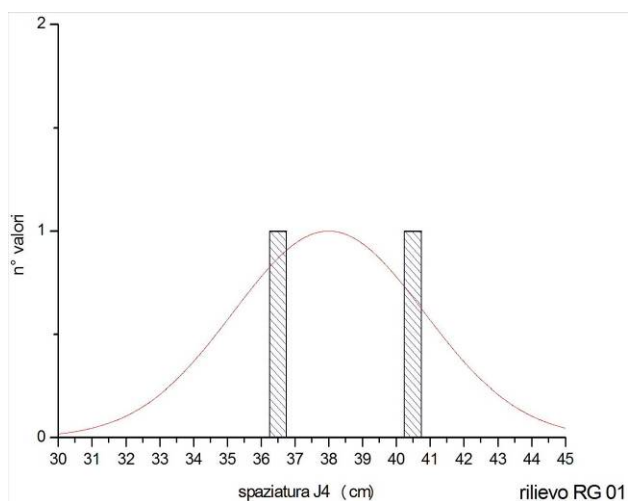




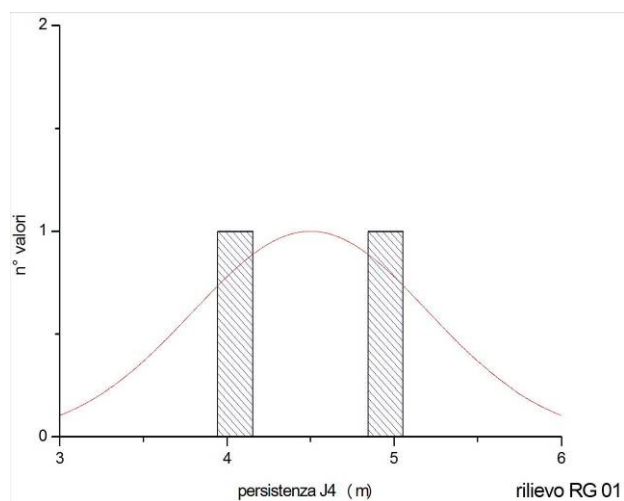
## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

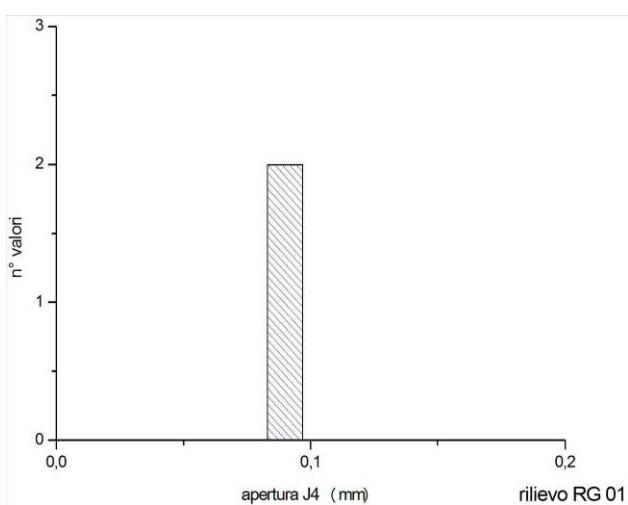
### Discontinuità J4 – n° dati 2



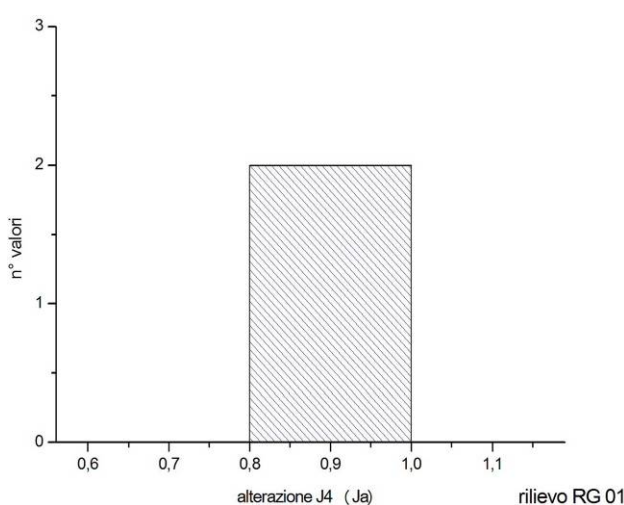
Spaziatura:  
Moda = 38 cm; Variabilità = 36-40 cm.



Persistenza:  
Moda = 4,5 m; Variabilità = 4-5 m.



Apertura = 0,1 mm.



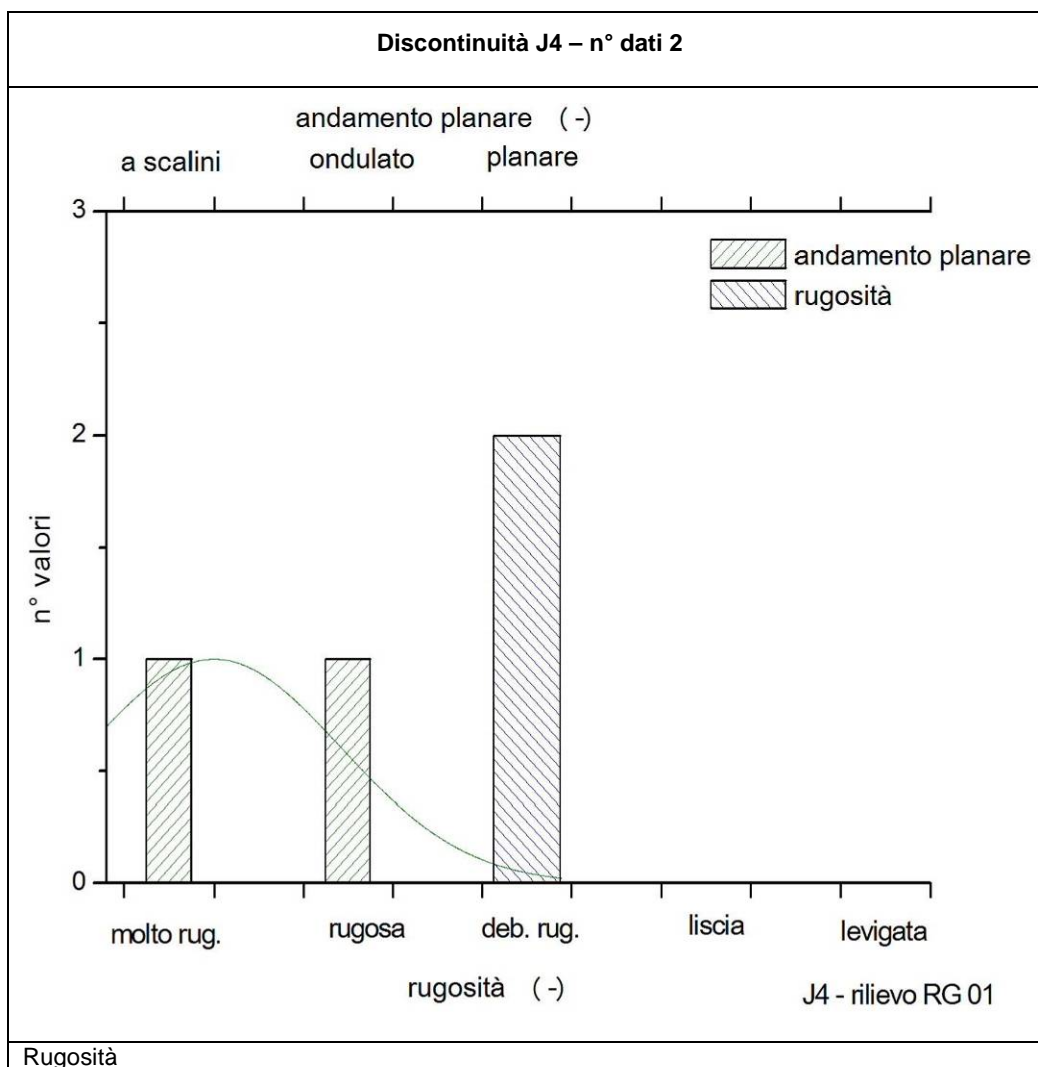
Alterazione = 1.





## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

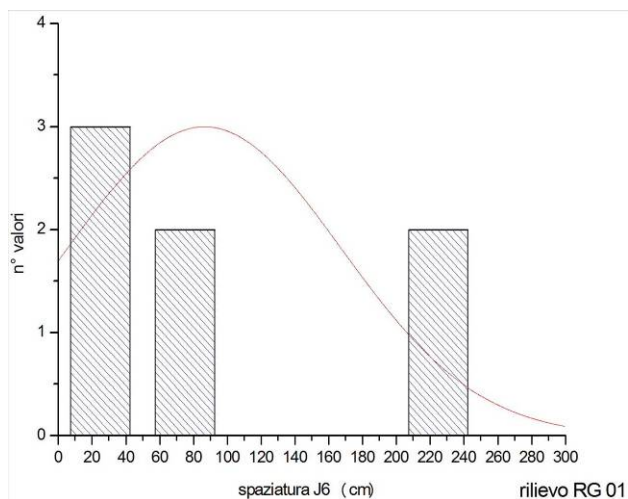




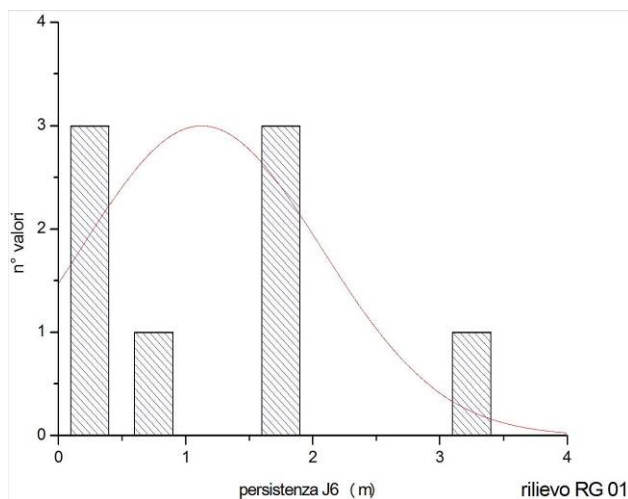
## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

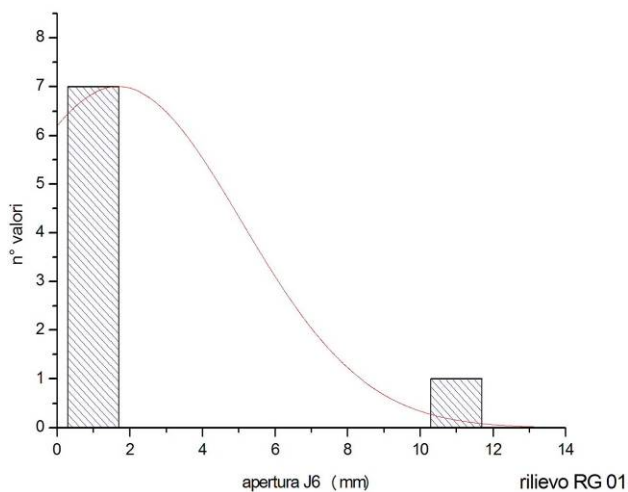
### Discontinuità J6 – n° dati 8



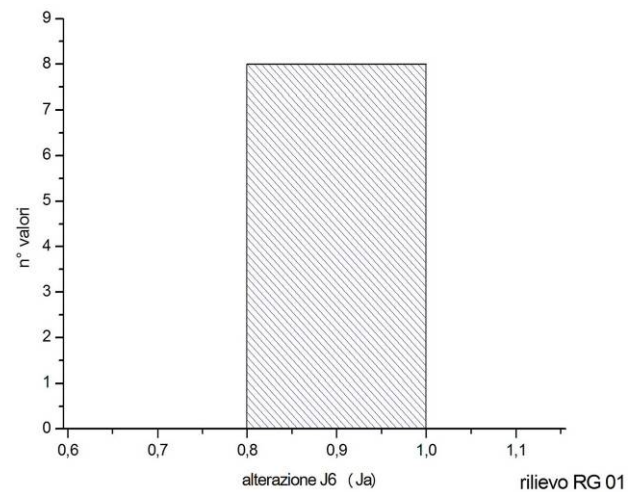
Spaziatura:  
Moda = 90 cm; Variabilità = 15-200 cm.



Persistenza:  
Moda = 1 m; Variabilità = 0,3-1,5 m.



Apertura:  
Moda = 2 mm; Variabilità = 0,1-10 mm.

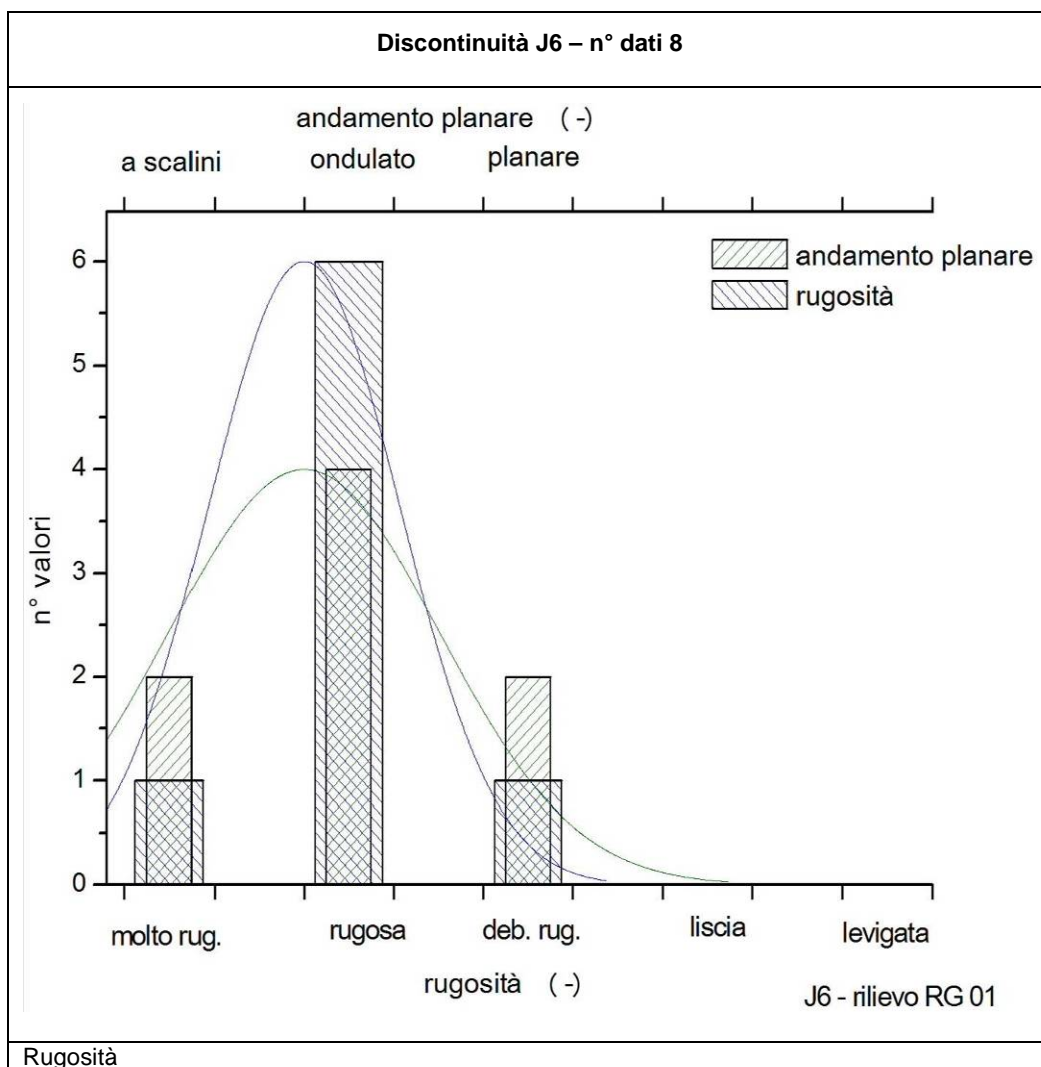


Alterazione = 1.



## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15





## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

Tabella 6.1: Classificazione geomeccanica dell'ammasso della stazione RG-1.

RG-1			
Origine del dato	Parametri	Valori	Rating
Condizioni generali dell'ammasso	UCS	25 (Mpa) da prove di lab	2
	RQD	50 (da sond S.PD.04)	8
Media tra le varie famiglie rilevate	spaz	50 cm	10
Valori delle superfici di scistosità Sp o della principale superficie di discontinuità presente	Pers	3,5 m	2
	Apert	2 mm	1
	Rugos	12-14 (Scabra)	5
	rienp	Assente	6
	alter	Debolmente alterate	5
Condizioni generali dell'ammasso	H2O	Asciutto	15
Direzione di avanzamento dello scavo e Sc o sistema di discontinuità principale	orientaz.	(Giacitura Sc e direzione scavo a 320°) – Molto favorevole	0
Risultati delle elaborazioni			
	<b>RMR</b>		<b>54</b>
	<b>RMR'</b>		<b>54</b>
	<b>GSI</b>		<b>49</b>
	<b>Classe di Bieniawski calcolata su RMR</b>	Classe III	



## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

Tabella 6.2: Caratteri geomeccanici delle discontinuità misurate nella stazione RG-1.

Num.	RG-1 (Versante: 77/144)													
	Famiglie	dip	dip dir	spaz	persist	apert	ondulaz	rugosità	Ja	Jcs - Ind	JCS (Mpa)	alteraz	riemp tipo	riemp (mm)
1	Sc	70	322	6	6	10	2	2	1	R2	5-25	2	/	/
2	Sc	74	326	7	6	5	2	3	1	R2	5-25	2	/	/
3	Sc	84	327	15	3	1	3	3	1	R2	5-25	2	/	/
4	Sc	84	320	15	3	0,1	2	3	1	R2	5-25	2	/	/
5	Sc	86	335	10	3	0,1	2	3	2	R2	5-25	2	/	/
6	Sc	84	328	12	3	0,1	2	2	1	R2	5-25	2	/	/
7	Sc	84	156	8	3	0,1	3	2	1	R2	5-25	2	/	/
8	Sc	83	330	7	3	1	2	2	1	R2	5-25	2	/	/
9	Sc	78	335	12	2,5	2	2	2	1	R2	5-25	2	/	/
10	Sc	86	342	20	3	3	2	2	1	R2	5-25	2	/	/
11	Sc	78	160	11	3	1	2	1	1	R2	5-25	2	/	/
12	Sc	80	165	10	2,5	1	2	2	2	R2	5-25	2	/	/
13	Sc	78	154	8	2	0,1	2	2	1	R2	5-25	2	/	/
14	Sc	78	154	/	1,8	2	2	2	1	R2	5-25	2	/	/
15	J6	80	256	200	0,3	0,1	3	2	1	R2	5-25	2	/	/
16	J6	76	263	20	1,5	1	1	2	1	R2	5-25	2	/	/
17	J6	86	272	15	1,5	10	1	2	1	R2	5-25	2	/	/





## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

Num.	RG-1 (Versante: 77/144)													
	Famiglie	dip	dip dir	spaz	persist	apert	ondulaz	rugosità	Ja	Jcs - Ind	JCS (Mpa)	alteraz	riemp tipo	riemp (mm)
18		80	282	20	1,5	10	1	2	2	R2	5-25	2	/	/
19		88	298	110	2	3	2	2	1	R2	5-25	2	/	/
20		76	300	25	2	1	2	3	1	R2	5-25	2	/	/
21	J6	80	260	80	0,3	0,1	2	2	1	R2	5-25	2	/	/
22	J6	74	270	30	0,4	0,1	2	2	1	R2	5-25	2	/	/
23	J6	80	266	200	1,5	1	2	1	1	R2	5-25	2	/	/
24	J6	80	258	60	0,5	0,1	3	3	1	R2	5-25	2	/	/
25	J6	78	250	/	3	1	2	2	1	R2	5-25	2	/	/
26		60	314	38	2	0,1	2	3	1	R2	5-25	2	/	/
27		60	268	/	2	0,1	2	3	1	R2	5-25	2	/	/
28		8	110	40	5	2	2	2	1	R2	5-25	2	/	/
29		16	100	60	2	0,1	1	2	1	R2	5-25	2	/	/
30	J1	18	304	25	2,5	1	2	3	1	R2	5-25	2	/	/
31	J1	8	264	100	7,5	1	2	2	1	R2	5-25	2	/	/
32	J4	42	330	40	4	0,1	2	3	1	R2	5-25	2	/	/
33	J4	40	336	36	5	0,1	1	3	1	R2	5-25	2	/	/
34		20	160	/	3	0,1	2	2	1	R2	5-25	2	/	/
35		42	250	220	3,5	0,1	2	4	1	R2	5-25	2	/	/
36		40	292	20	1,5	2	2	2	1	R2	5-25	2	/	/



**COMUNE DI VERBANIA**

**Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15**

## **7 RILIEVO GEOMECCANICO – RG-2**



**COMUNE DI VERBANIA**

**Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15**



*Figura 7.1 : Ubicazione rilievo geomeccanico RG-2. (Non in scala).*

Inserire la scheda di sintesi sul rilievo RG-02



## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

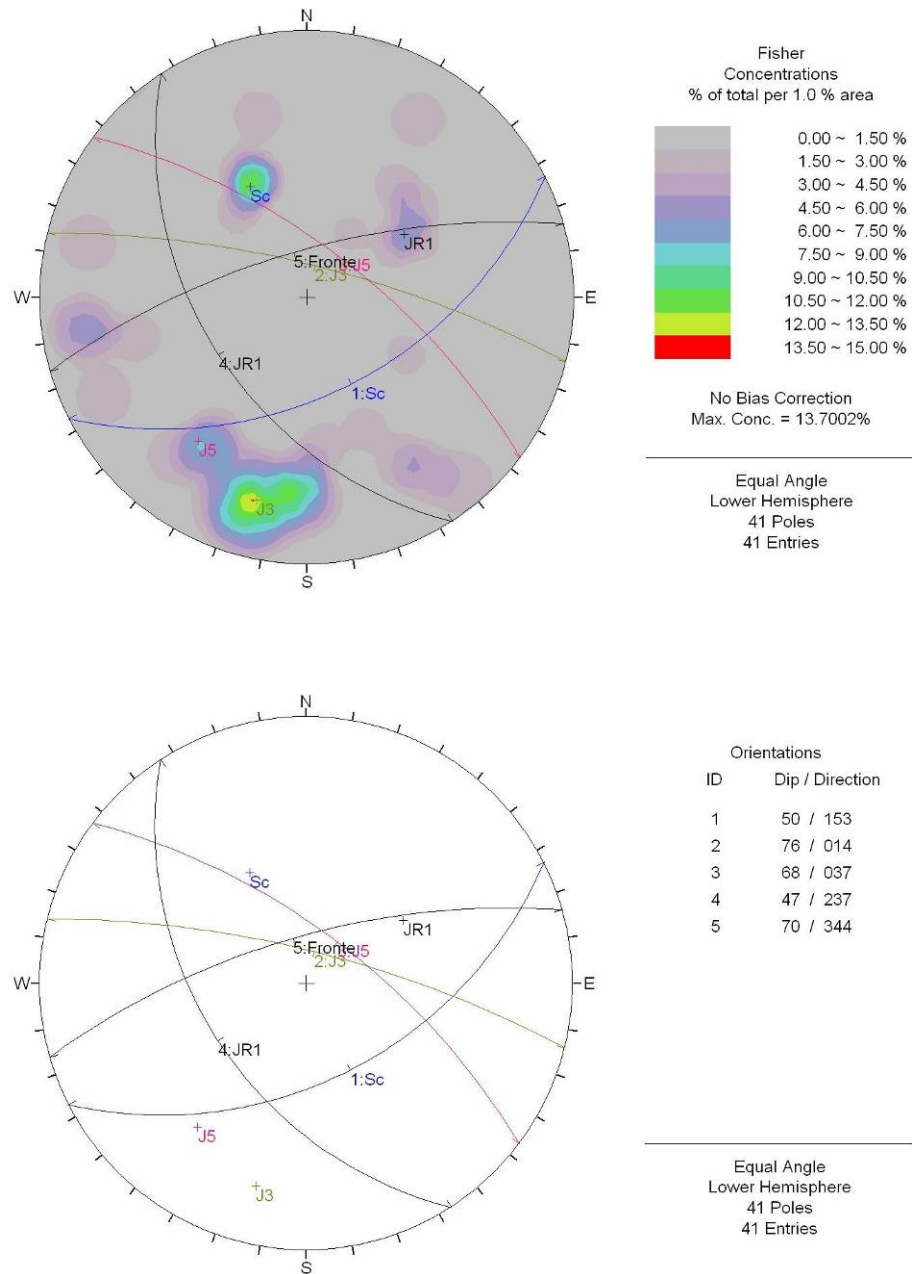


Figura 7.2 : Proiezioni stereografiche del rilievo geomeccanico RG-2.



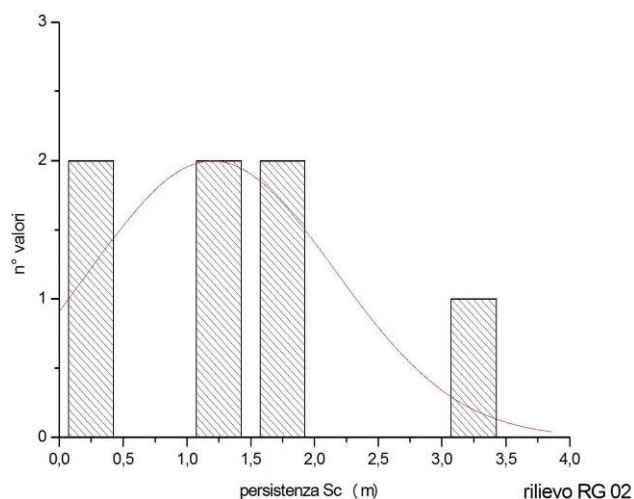
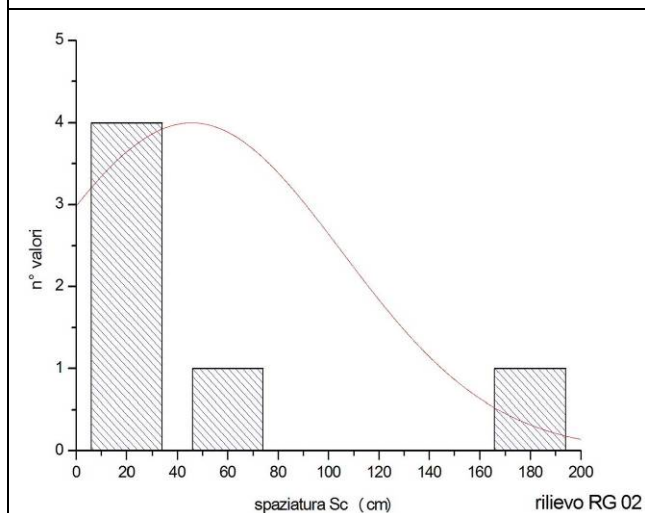


## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

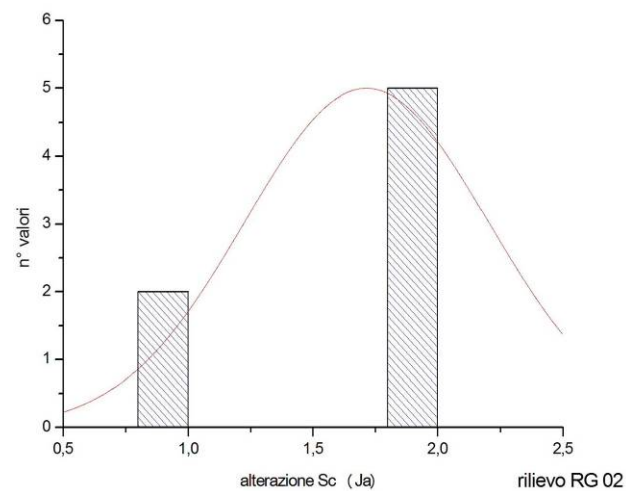
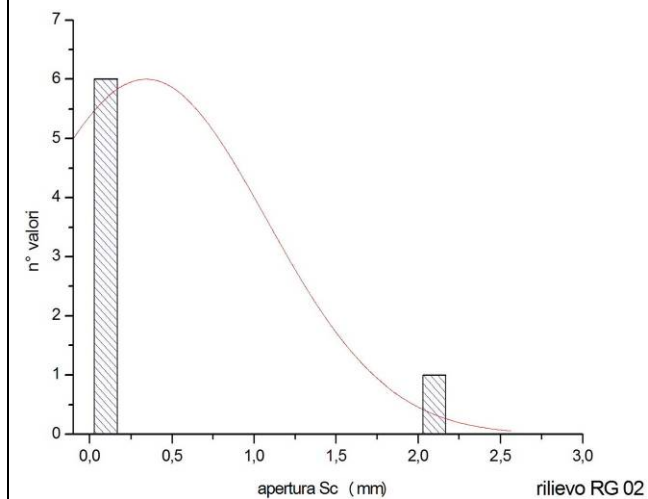
### Analisi statistica dei dati di terreno

Discontinuità Sc – n° dati 7



Spaziatura:  
Moda = 50 cm; Variabilità = 5-160 cm.

Persistenza:  
Moda = 1,2 m; Variabilità = 0,2-1,5 m.



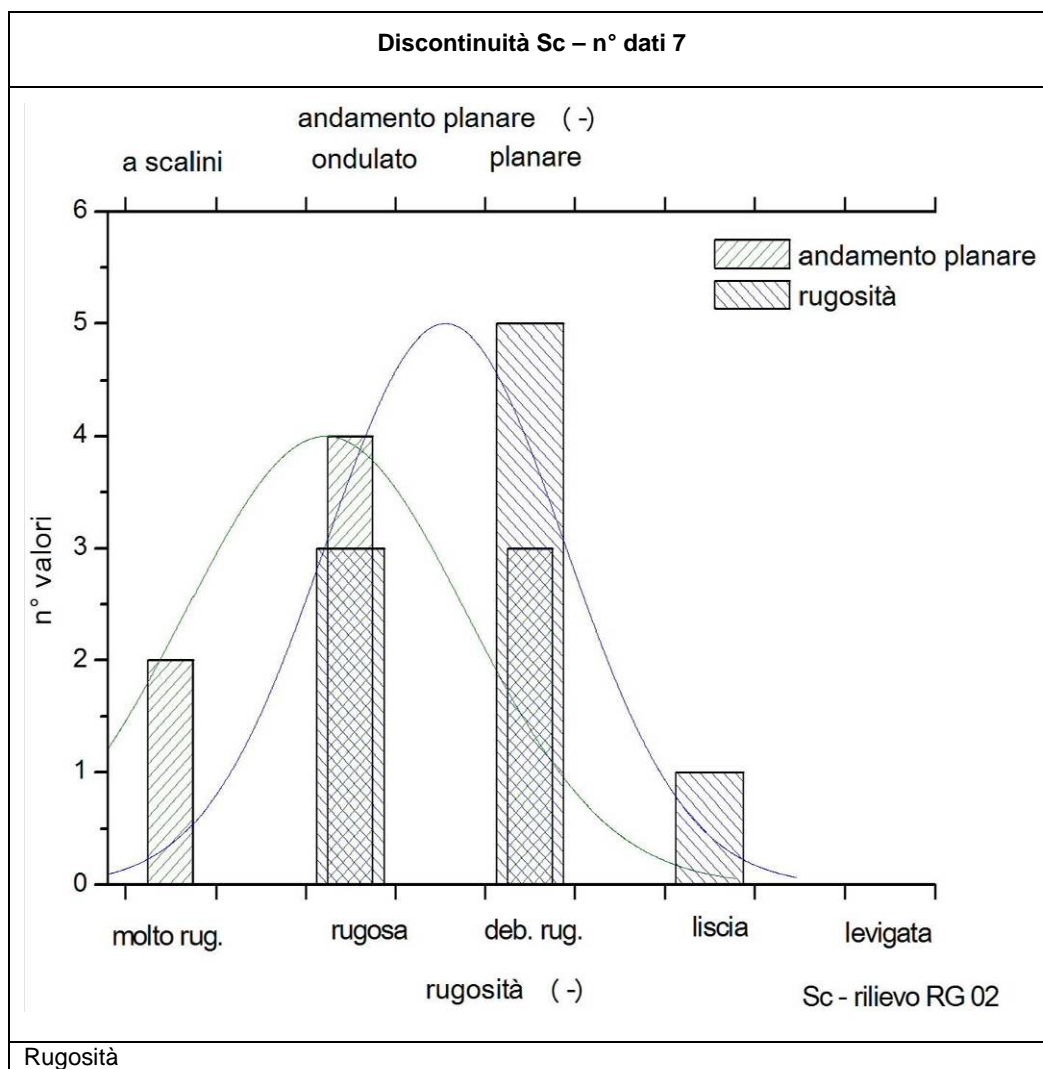
Apertura:  
Moda = 0,3 mm; Variabilità = 0-2 mm.

Alterazione:  
Moda = 1,7; Variabilità = 1-2.



## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

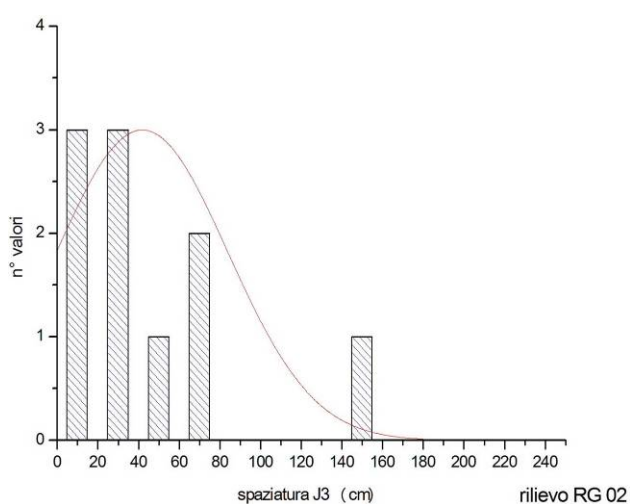




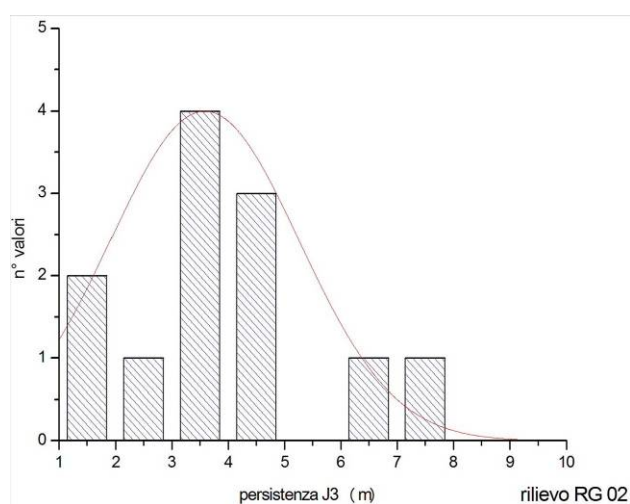
## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

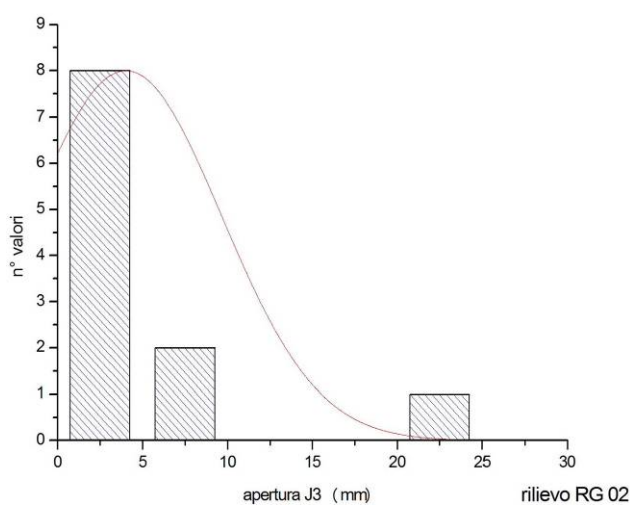
### Discontinuità J3 – n° dati 12



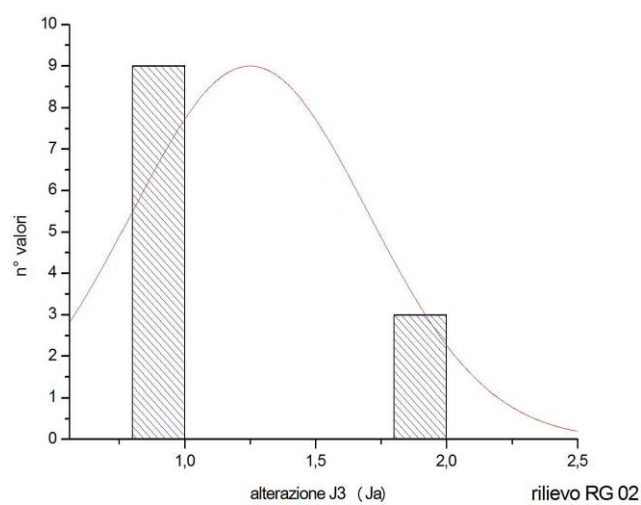
Spaziatura:  
Moda = 45 cm; Variabilità = 12-150 cm.



Persistenza:  
Moda = 3,5 m; Variabilità = 1,5-7 m.



Apertura:  
Moda = 5 mm; Variabilità = 0,1-20 mm.

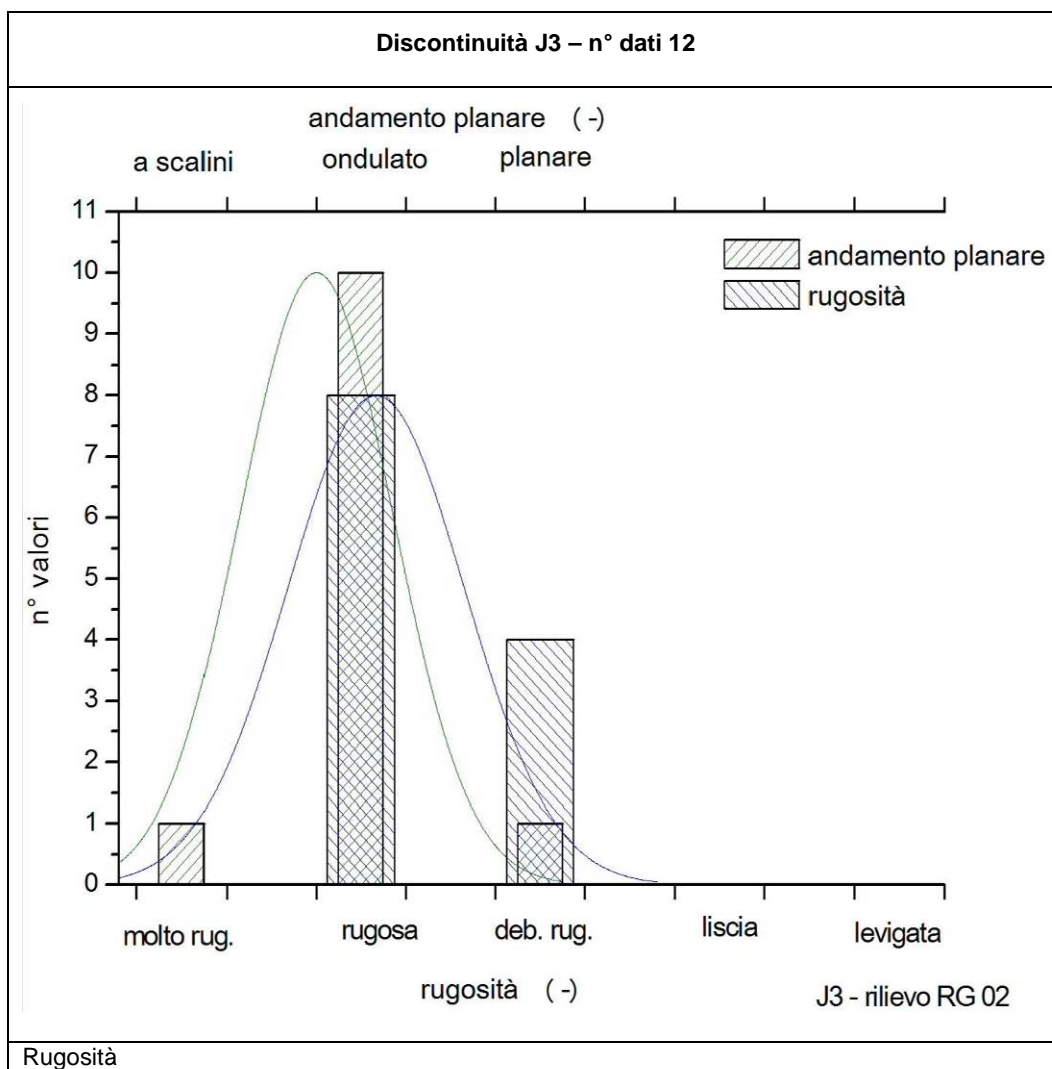


Alterazione:  
Moda = 1,2; Variabilità = 1-2.



## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

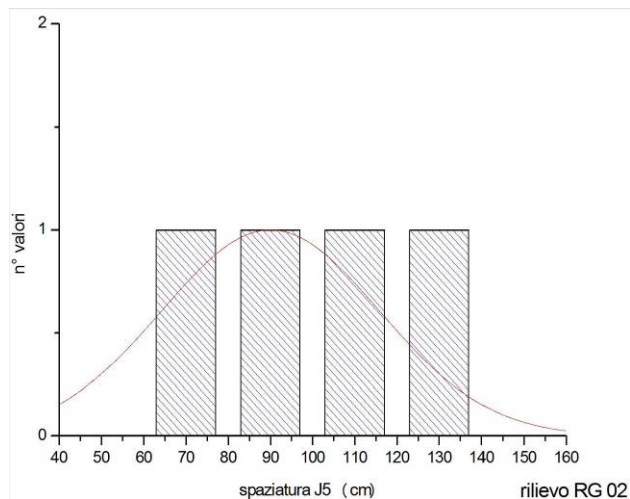




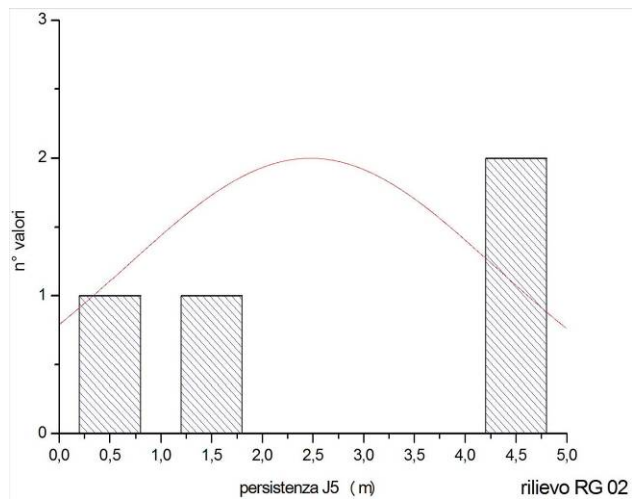
## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

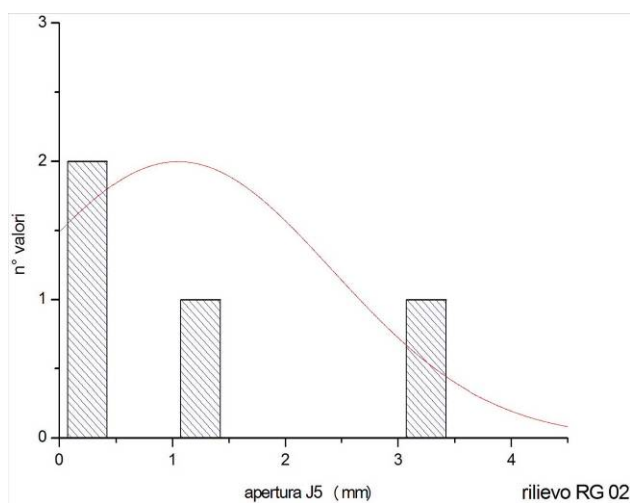
### Discontinuità J5 – n° dati 4



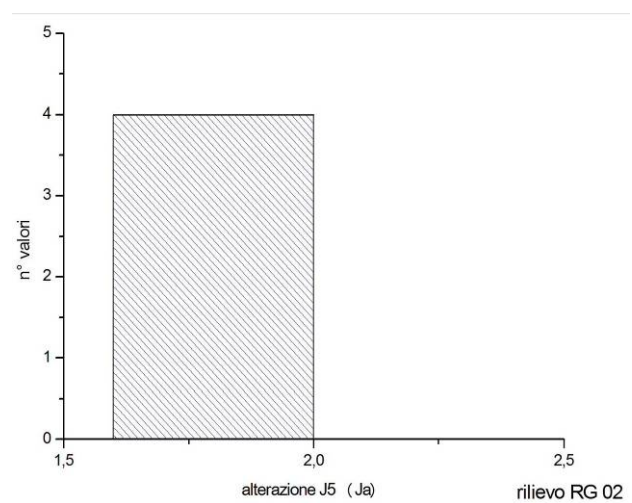
Spaziatura:  
Moda = 90 cm; Variabilità = 60-120 cm.



Persistenza:  
Moda = 2,5 m; Variabilità = 0,4-4 m.



Apertura:  
Moda = 1 mm; Variabilità = 0,1-3 mm.



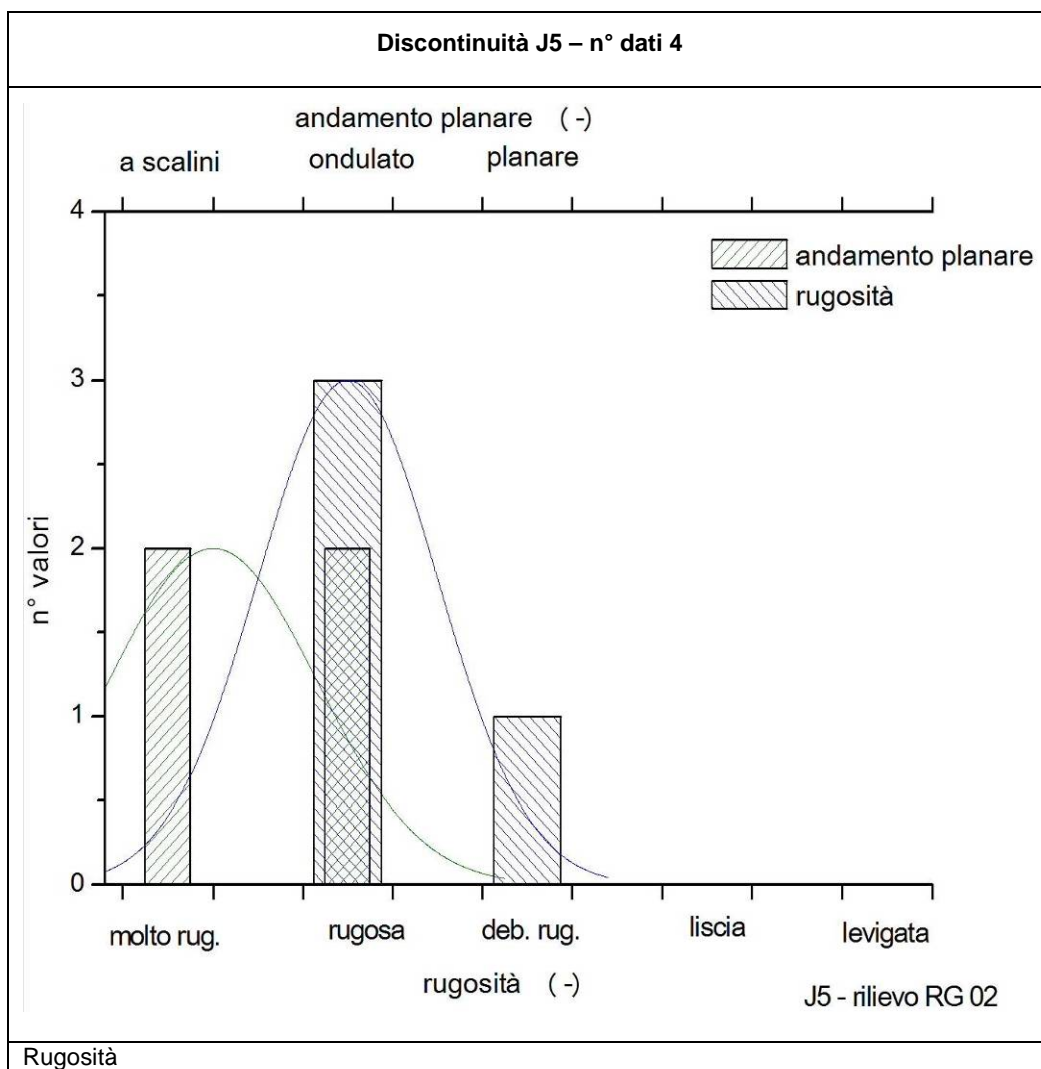
Alterazione:  
Moda = 1,5; Variabilità = 1-2.





## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

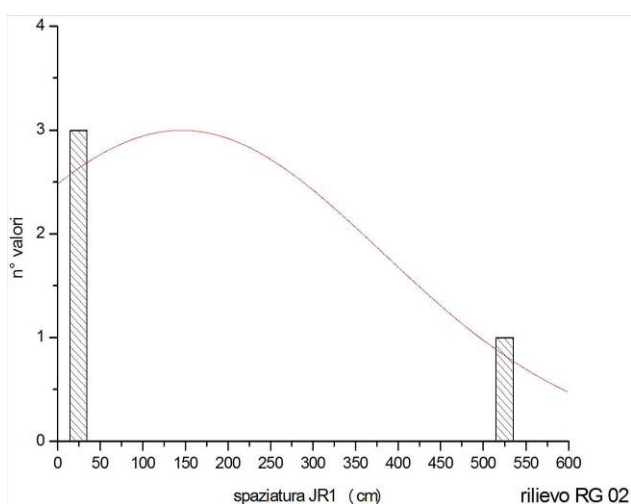




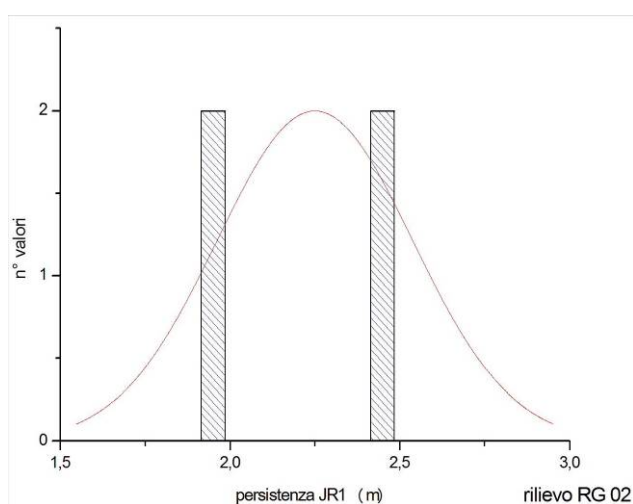
## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

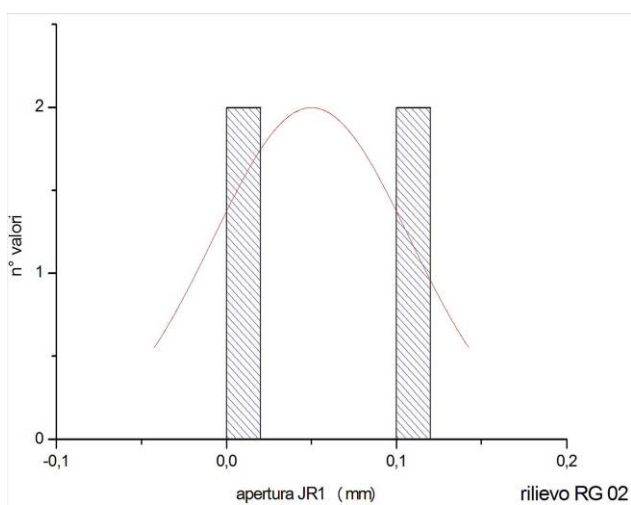
### Discontinuità JR1 – n° dati 4



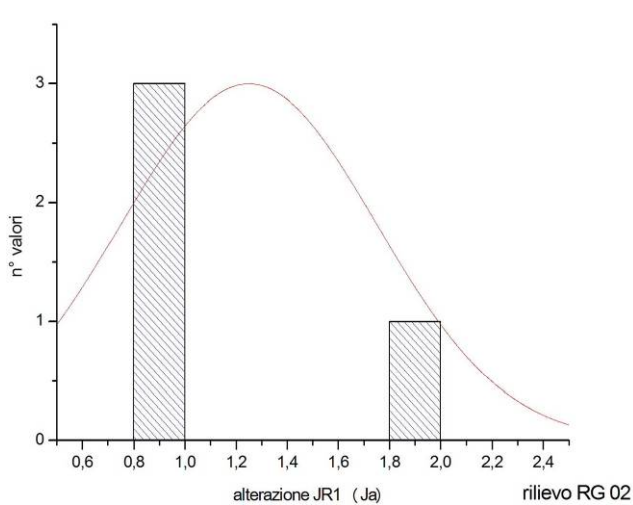
Spaziatura:  
Moda = 150 cm; Variabilità = 22-500 cm.



Persistenza:  
Moda = 2,2 m; Variabilità = 2-2,5 m.



Apertura:  
Moda = 0,1 mm; Variabilità = 0-0,1 mm.

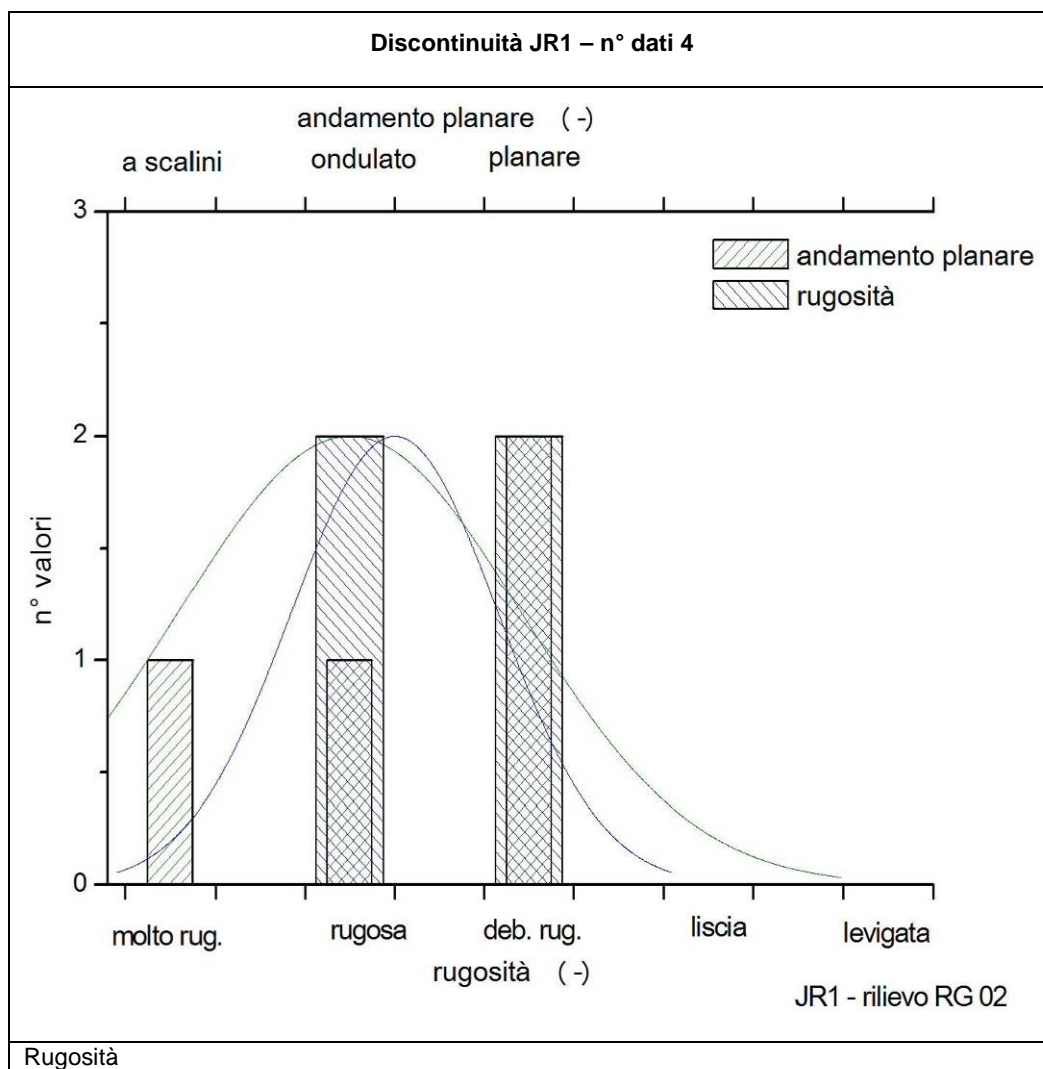


Alterazione:  
Moda = 1,3; Variabilità = 1-2.



## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15





## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

Tabella 7.1: Classificazione geomeccanica dell'ammasso della stazione RG-2.

RG-2			
Origine del dato	Parametri	Valori	Rating
Condizioni generali dell'ammasso	UCS	25 (Mpa) da prove di lab	2
	RQD	50-75 (da sond SPD03)	13
Media tra le varie famiglie rilevate	spaz	80 cm	15
Valori delle superfici di scistosità Sp o della principale superficie di discontinuità presente	Pers	1,2 m	4
	Apert	0,3 mm	4
	Rugos	8-12 (Poco scabra)	3
	rienp	Assente	6
	alter	Debolmente alterate	5
Condizioni generali dell'ammasso	H2O	Asciutto	15
Direzione di avanzamento dello scavo e Sc o sistema di discontinuità principale	orientaz.	(Giacitura Sc e direzione scavo a 120°) - Molto favorevole	0
Risultati delle elaborazioni			
	<b>RMR</b>		<b>67</b>
	<b>RMR'</b>		<b>67</b>
	<b>GSI</b>		<b>62</b>
	<b>Classe di Bieniawski calcolata su RMR</b>	Classe II	



## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

Tabella 7.2: Caratteri geomeccanici delle discontinuità misurate nella stazione RG-2.

Num.	RG-2 (Fronte: 70/344)													
	Famiglie	dip	dip dir	spaz	persist	apert	ondulazione	rugosità	Ja	Jcs - Ind	JCS (Mpa)	alteraz	riemp tipo	riemp (mm)
1	Sc	50	158	10	0,2	0	3	4	2	R2	5-25	2	/	/
2	Sc	56	153	5	0,2	0,1	2	3	2	R2	5-25	2	/	/
3	Sc	50	157	9	1,5	2	2	3	2	R2	5-25	2	/	/
4	Sc	70	165	60	3	0,1	2	2	2	R2	5-25	2	/	/
5	Sc	48	150	30	1	0,1	1	2	2	R2	5-25	2	/	/
6	Sc	52	156	160	1	0	1	2	1	R2	5-25	2	/	/
7	Sc	44	140	/	1,5	0,1	2	3	1	R2	5-25	2	/	/
8	J3	68	20	13	2	1	2	3	1	R2	5-25	2	/	/
9	J3	70	2	26	3	0,1	1	2	1	R2	5-25	2	/	/
10	J5	75	40	100	0,4	0,1	1	2	1	R2	5-25	2	/	/
11	J3	80	22	20	1,5	0,1	3	2	1	R2	5-25	2	/	/
12	J3	82	16	60	3,5	6	2	3	1	R2	5-25	2	/	/
13	J3	82	14	12	4,5	5	2	2	2	R2	5-25	2	/	/
14	J3	76	21	15	3	4	2	2	2	R2	5-25	2	/	/
15	J3	74	10	22	3	2	2	3	1	R2	5-25	2	/	/
16	J3	70	14	40	1,5	3	2	2	1	R2	5-25	2	/	/
17	J5	66	33	80	1,5	0,1	2	3	2	R2	5-25	2	/	/





## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

Num.	RG-2 (Fronte: 70/344)													
	Famiglie	dip	dip dir	spaz	persist	apert	ondulazione	rugosità	Ja	Jcs - Ind	JCS (Mpa)	alteraz	riemp tipo	riemp (mm)
18	J3	80	10	150	7	2	2	2	2	R2	5-25	2	/	/
19	J5	70	34	60	4	1	2	2	1	R2	5-25	2	/	/
20	J3	76	2	60	4	20	2	2	1	R2	5-25	2	/	/
21	J5	62	34	120	4	3	1	2	2	R2	5-25	2	/	/
22	J3	66	2	/	4	1	2	3	1	R2	5-25	2	/	/
23	JR1	50	243	22	2	0,1	2	3	2	R2	5-25	2	/	/
24	JR1	56	230	500	2	0,1	1	2	1	R2	5-25	2	/	/
25		76	212	180	3	1	1	2	1	R2	5-25	2	/	/
26	JR1	48	234	30	2,5	0	3	3	1	R2	5-25	2	/	/
27	JR1	40	240	30	2,5	0	3	2	1	R2	5-25	2	/	/
28		32	214	60	7	1	3	1	1	R2	5-25	2	/	/
29		56	218	/	11	2	2	3	1	R2	5-25	2	/	/
30		46	300	150	1	3	2	2	1	R2	5-25	2	/	/
31		56	336	100	2	1	2	3	1	R2	5-25	2	/	/
32		76	326	160	5	3	2	3	1	R2	5-25	2	/	/
33		84	320	70	5	1	2	3	2	R2	5-25	2	/	/
34		70	330	35	7	2	2	2	1	R2	5-25	2	/	/
35		58	354	20	2	1	2	2	1	R2	5-25	2	/	/
36	J3	74	358	/	6	/	2	2	1	R2	5-25	2	/	/



## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

Num.	RG-2 (Fronte: 70/344)													
	Famiglie	dip	dip dir	spaz	persist	apert	ondulazione	rugosità	Ja	Jcs - Ind	JCS (Mpa)	alteraz	riemp tipo	riemp (mm)
37		80	64	47	0,3	0,1	1	3	1	R2	5-25	2	/	/
38		80	82	10	1,5	0,1	2	2	2	R2	5-25	2	/	/
39		66	77	10	1	1	1	2	1	R2	5-25	2	/	/
40		80	82	230	1,5	1	1	2	1	R2	5-25	2	/	/
41		80	104	/	2,5	1	1	2	1	R2	5-25	2	/	/



**COMUNE DI VERBANIA**

**Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15**

**8 RILIEVO GEOMECCANICO – RG-3**

8-1



**COMUNE DI VERBANIA**

**Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15**

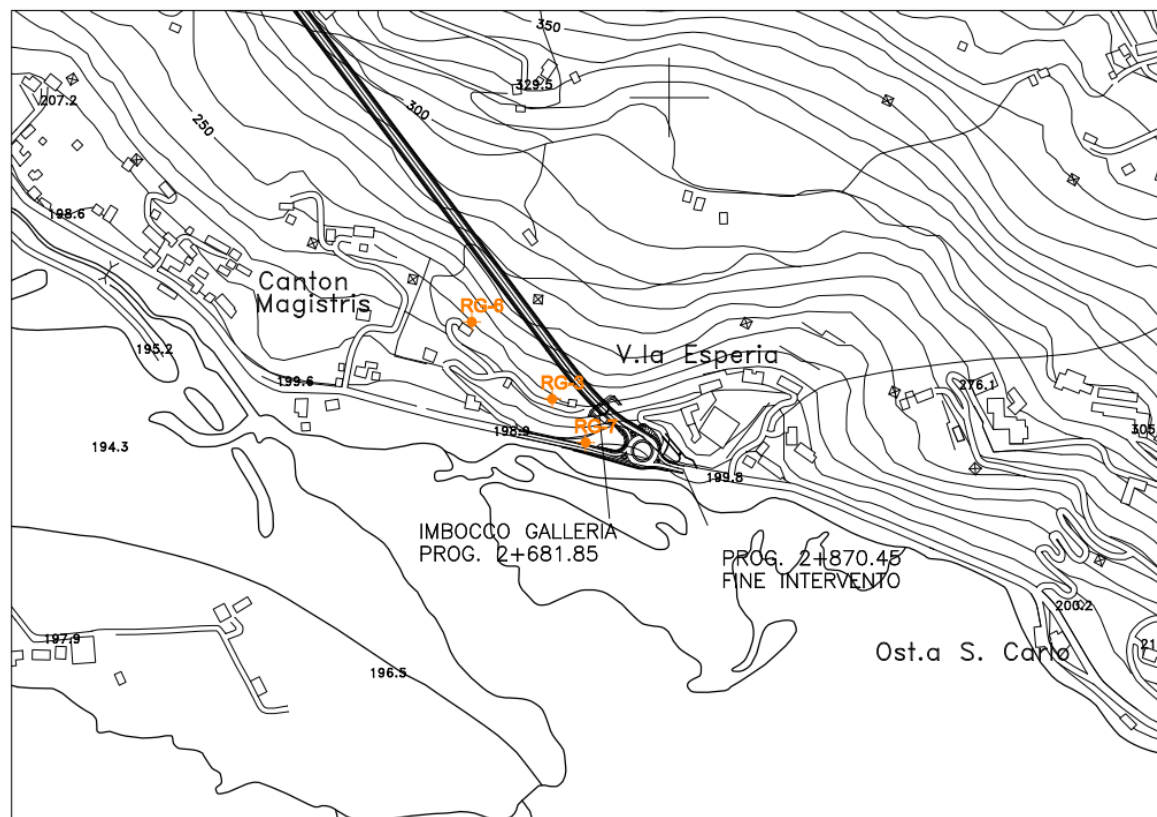


Figura 8.1 : Ubicazione rilievo geomeccanico RG-3.(Non in scala).

Inserire la scheda di sintesi sul rilievo RG-3





## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

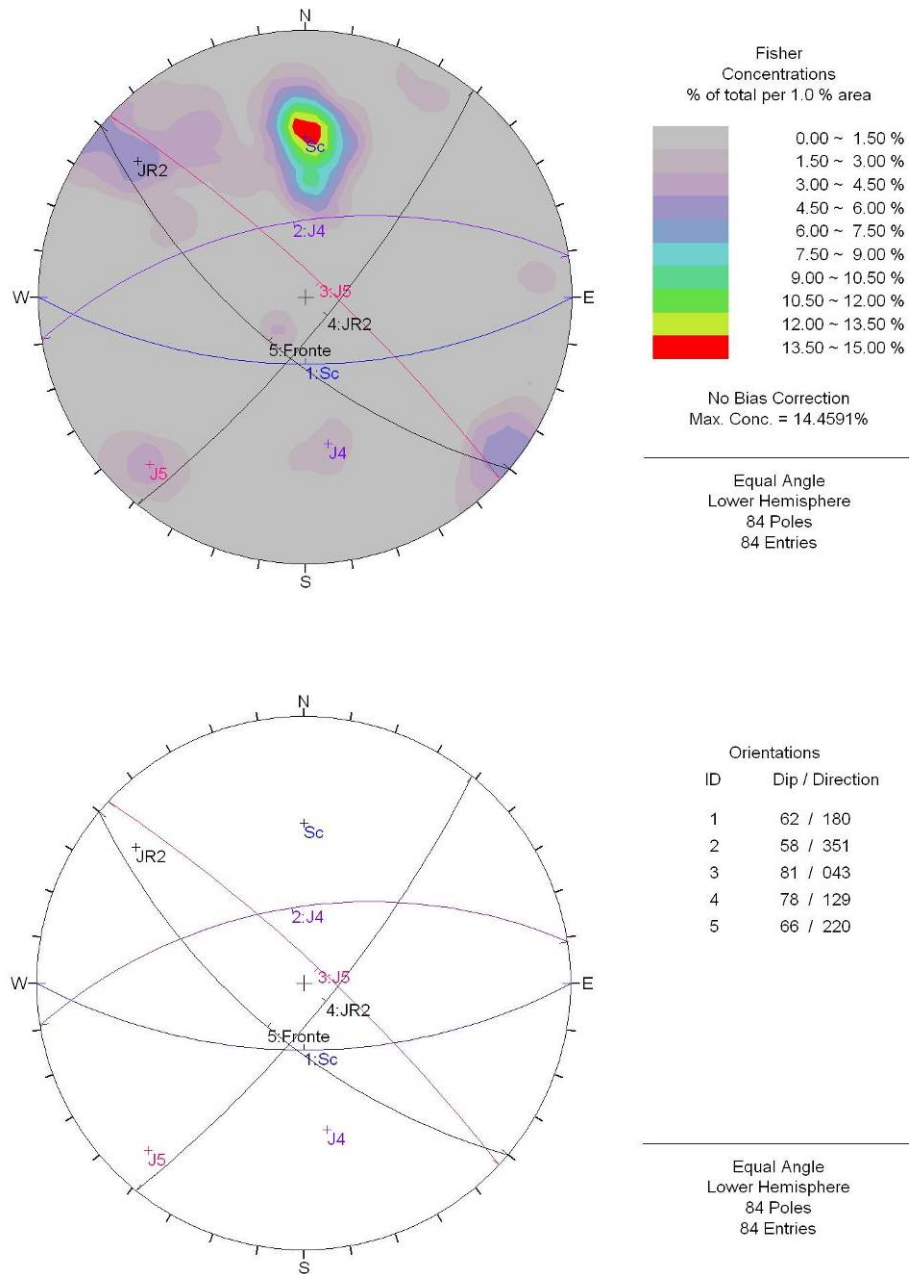


Figura 8.2 : Proiezioni stereografiche del rilievo geomeccanico RG-3.

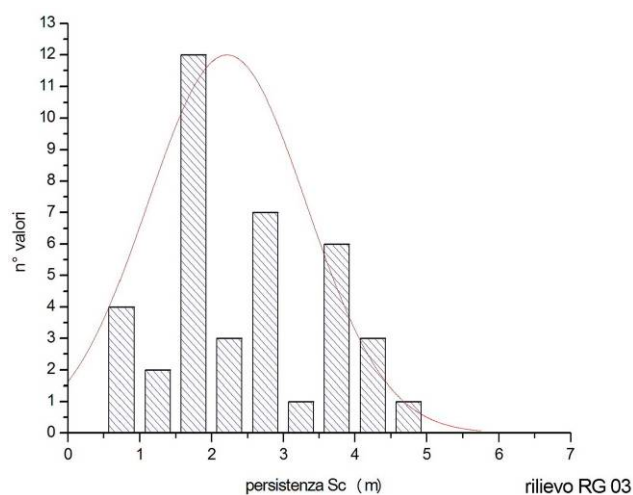
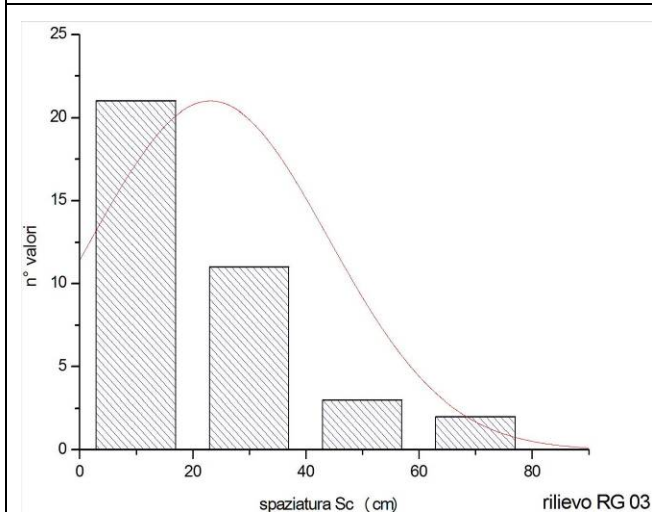


## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

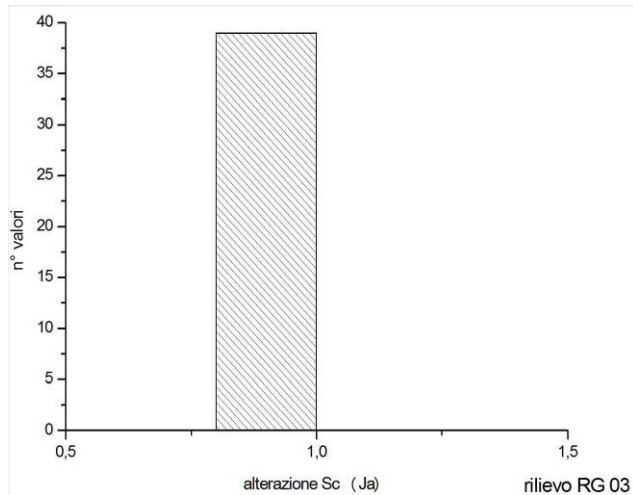
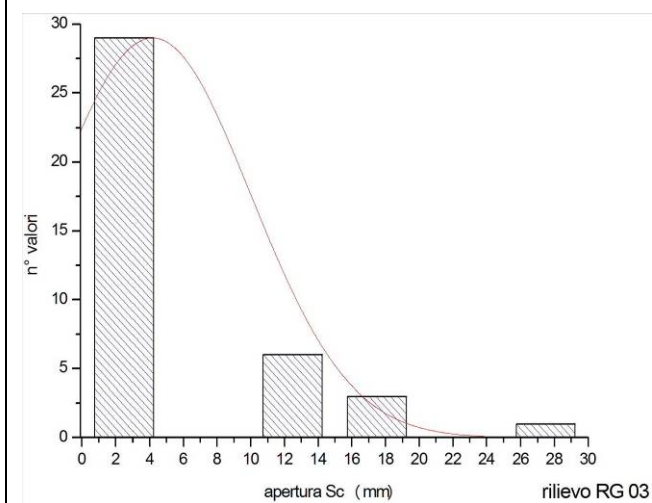
### Analisi statistica dei dati di terreno

#### Discontinuità Sc – n° dati 39



Spaziatura:  
Moda = 25 cm; Variabilità = 40-110 cm.

Persistenza:  
Moda = 2,2 m; Variabilità = 0,5-4,5 m.



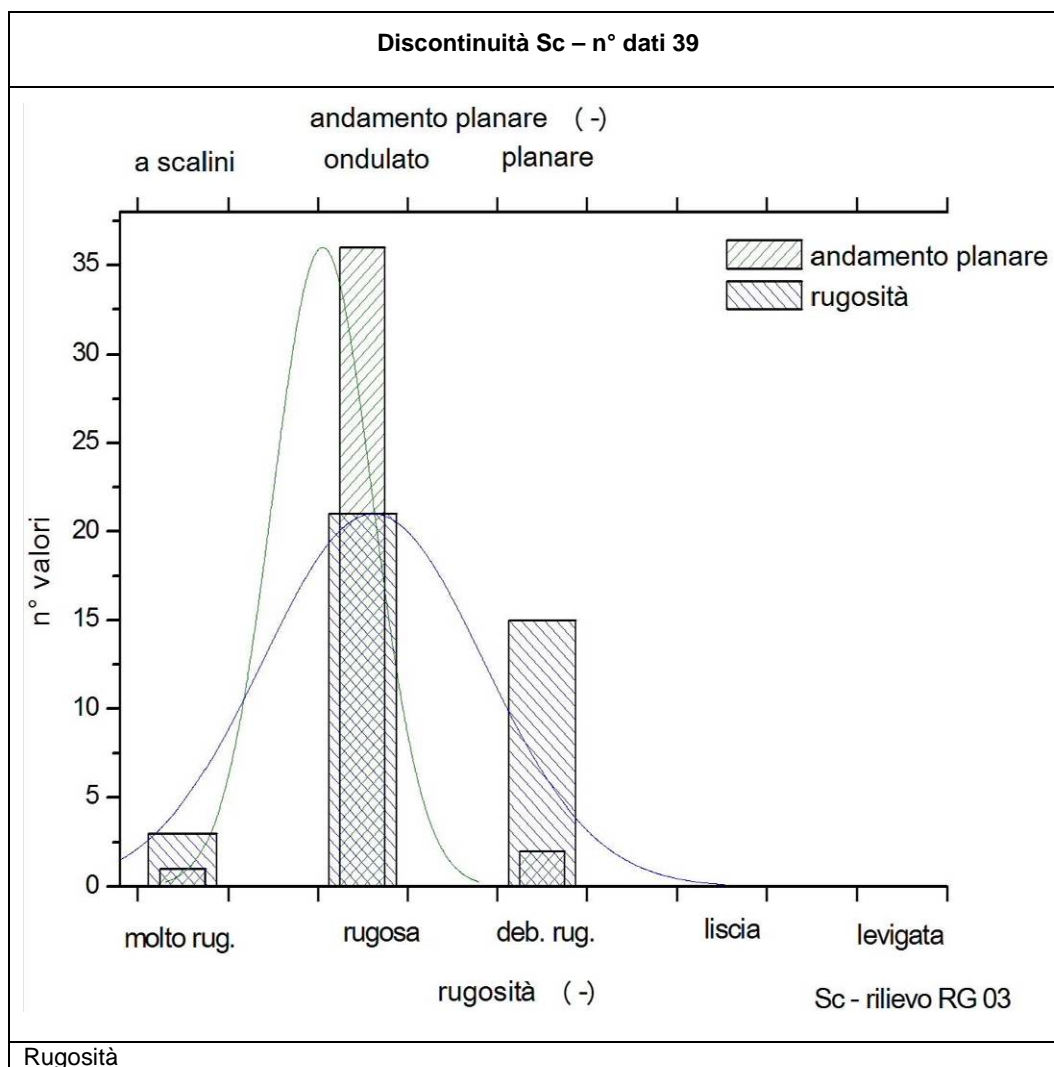
Apertura:  
Moda = 4 mm; Variabilità = 0-25 mm.

Alterazione = 1.



## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

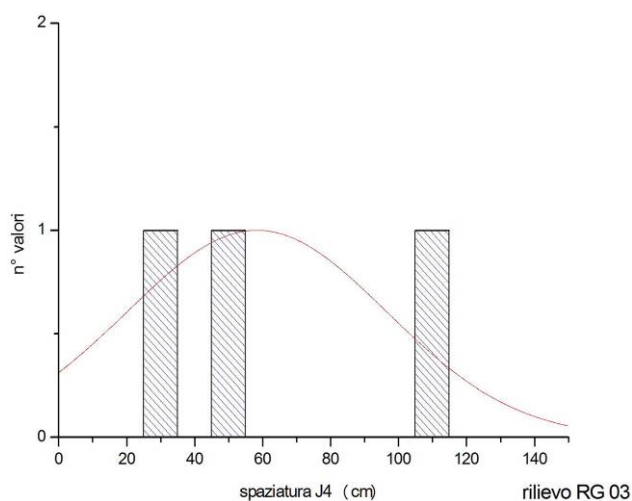




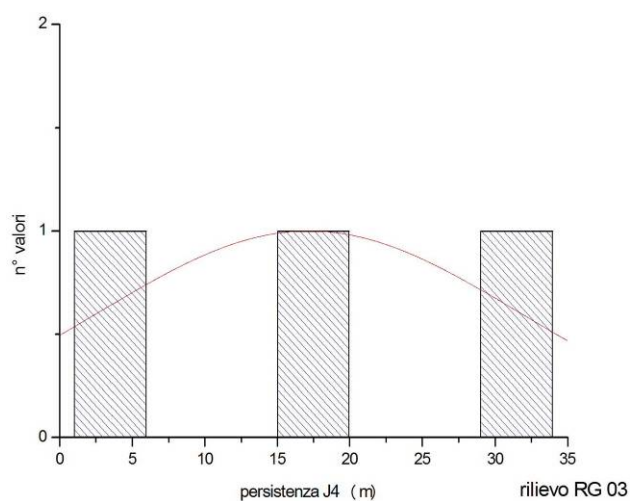
## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

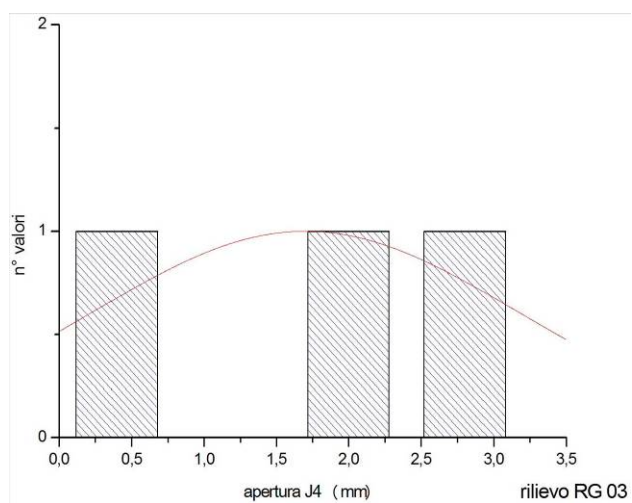
### Discontinuità J4 – n° dati 3



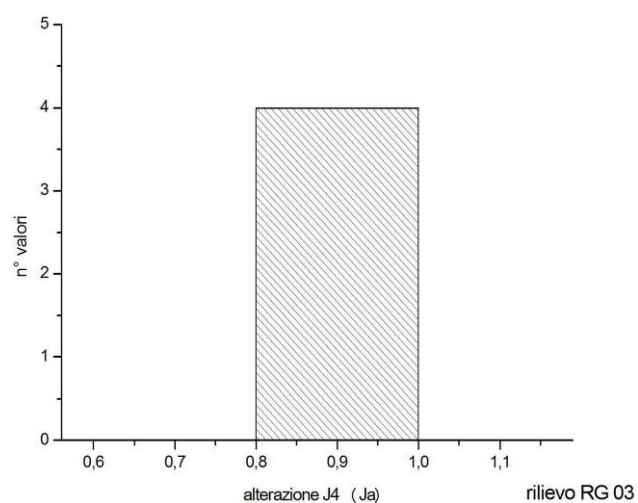
Spaziatura:  
Moda = 60 cm; Variabilità = 25-100 cm.



Persistenza:  
Moda = 17 m; Variabilità = 1,5-30 m.



Apertura:  
Moda = 1,7 mm; Variabilità = 0,1-3 mm.

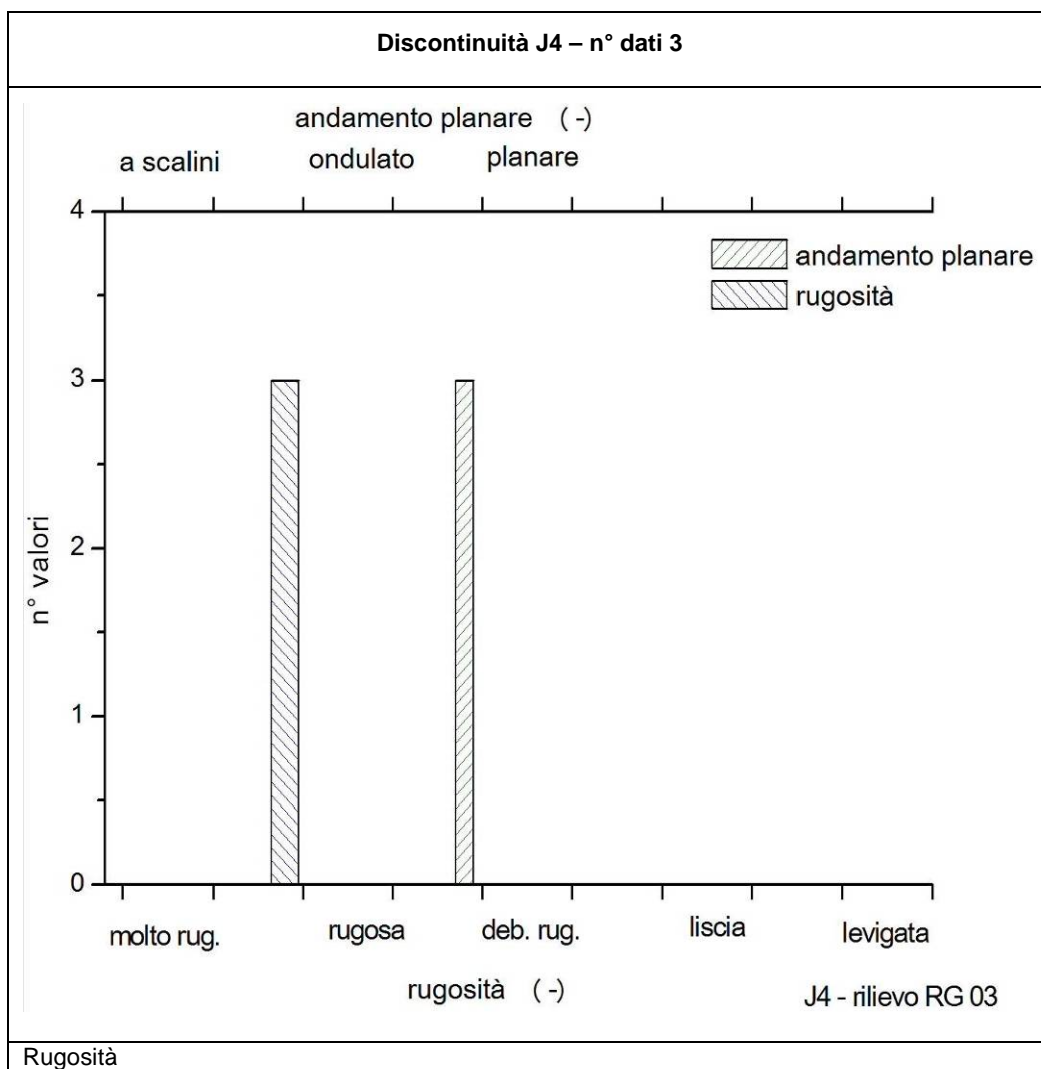


Alterazione = 1.



## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15



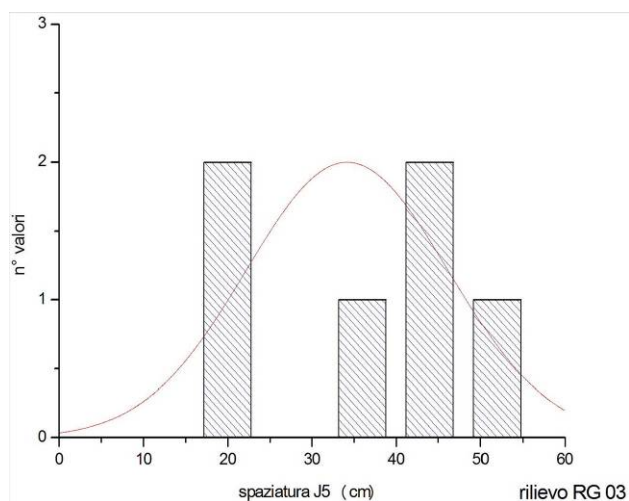




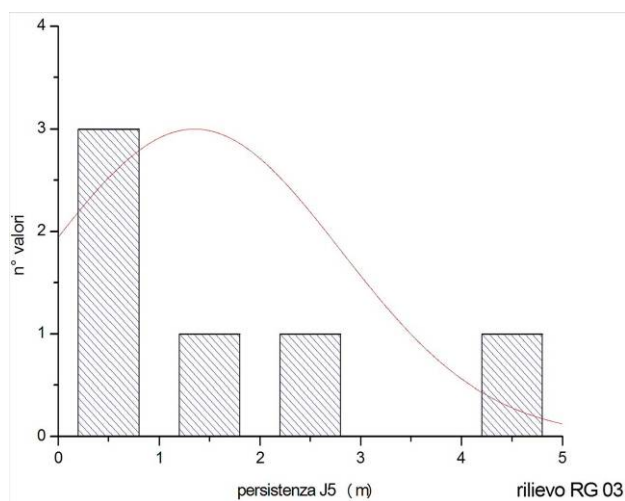
## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

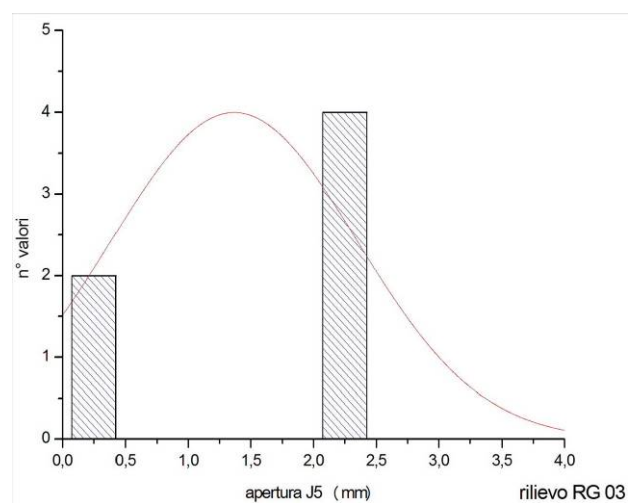
### Discontinuità J5 – n° dati 6



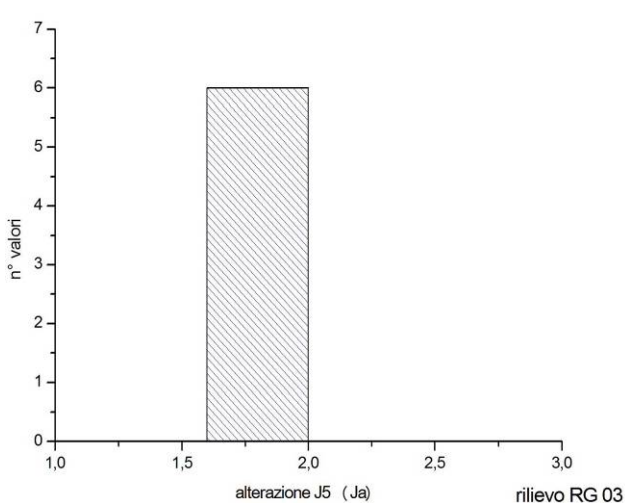
Spaziatura:  
Moda = 40 cm; Variabilità = 20-50 cm.



Persistenza:  
Moda = 1,4 m; Variabilità = 0,3-4 m.



Apertura:  
Moda = 1,3 mm; Variabilità = 0,1-2 mm.

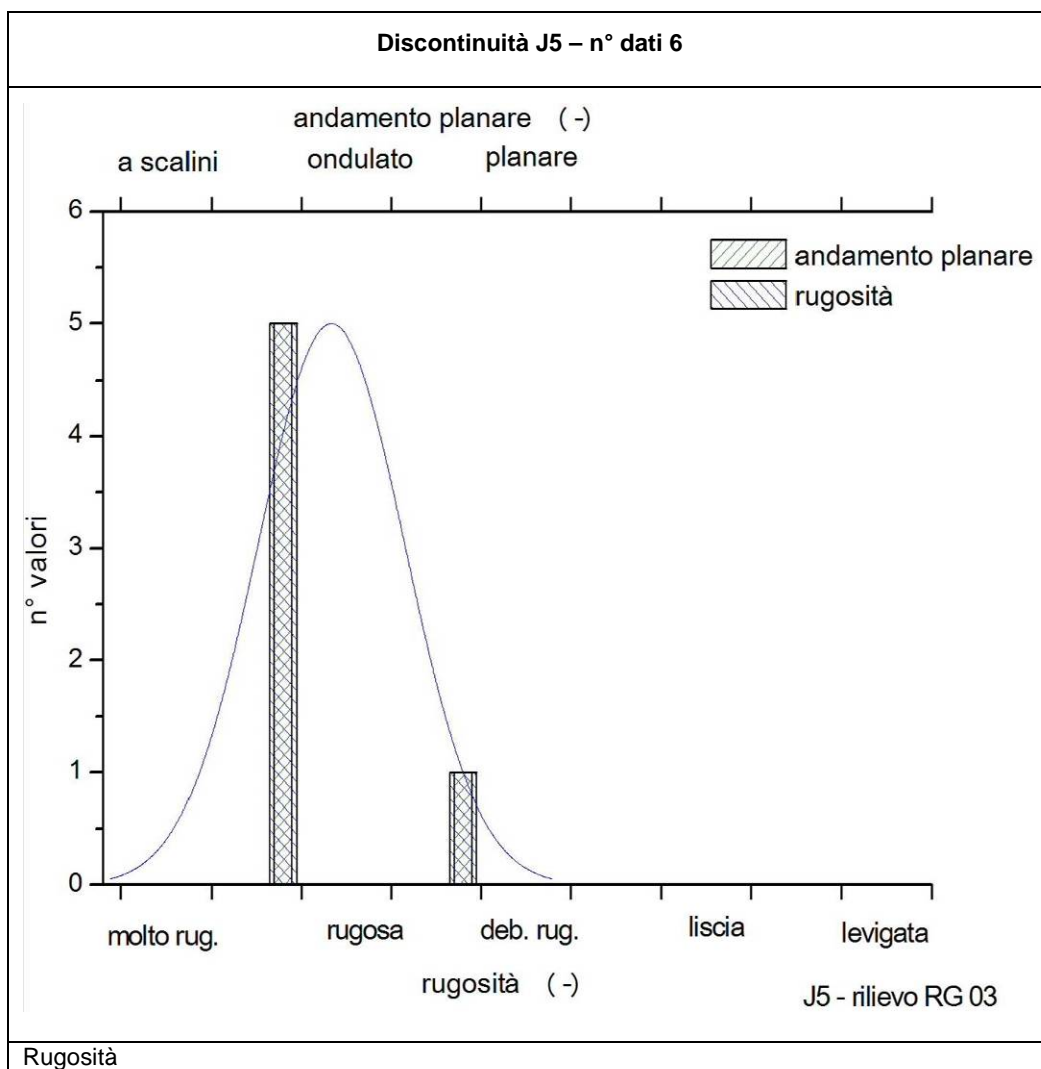


Alterazione = 1.



## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

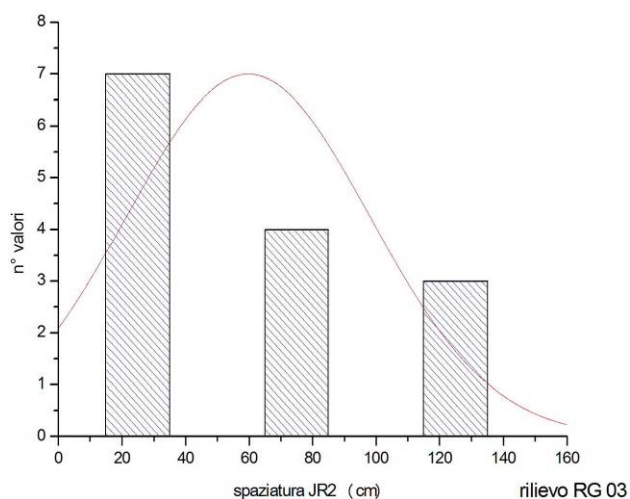




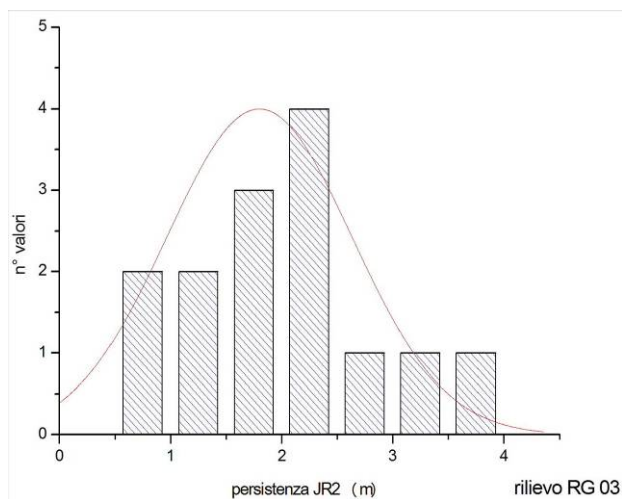
## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

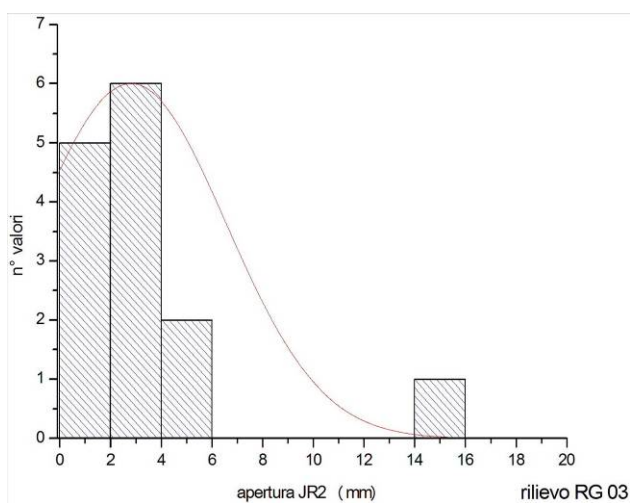
### Discontinuità JR2 – n° dati 14



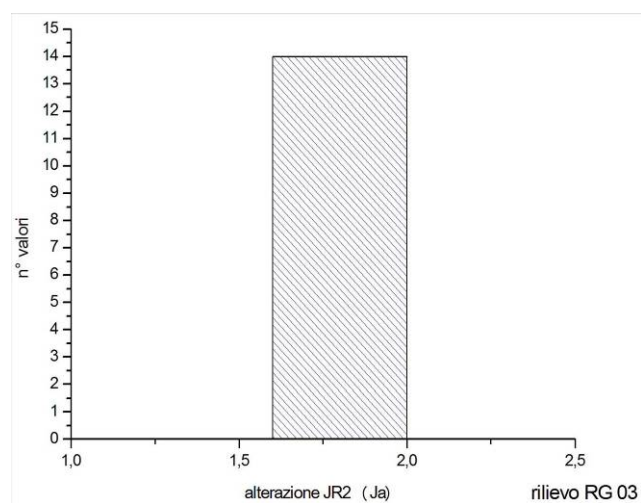
Spaziatura:  
Moda = 60 cm; Variabilità = 16-135 cm.



Persistenza:  
Moda = 1,8 m; Variabilità = 0,5-3,5 m.



Apertura:  
Moda = 3 mm; Variabilità = 0,1-15 mm.

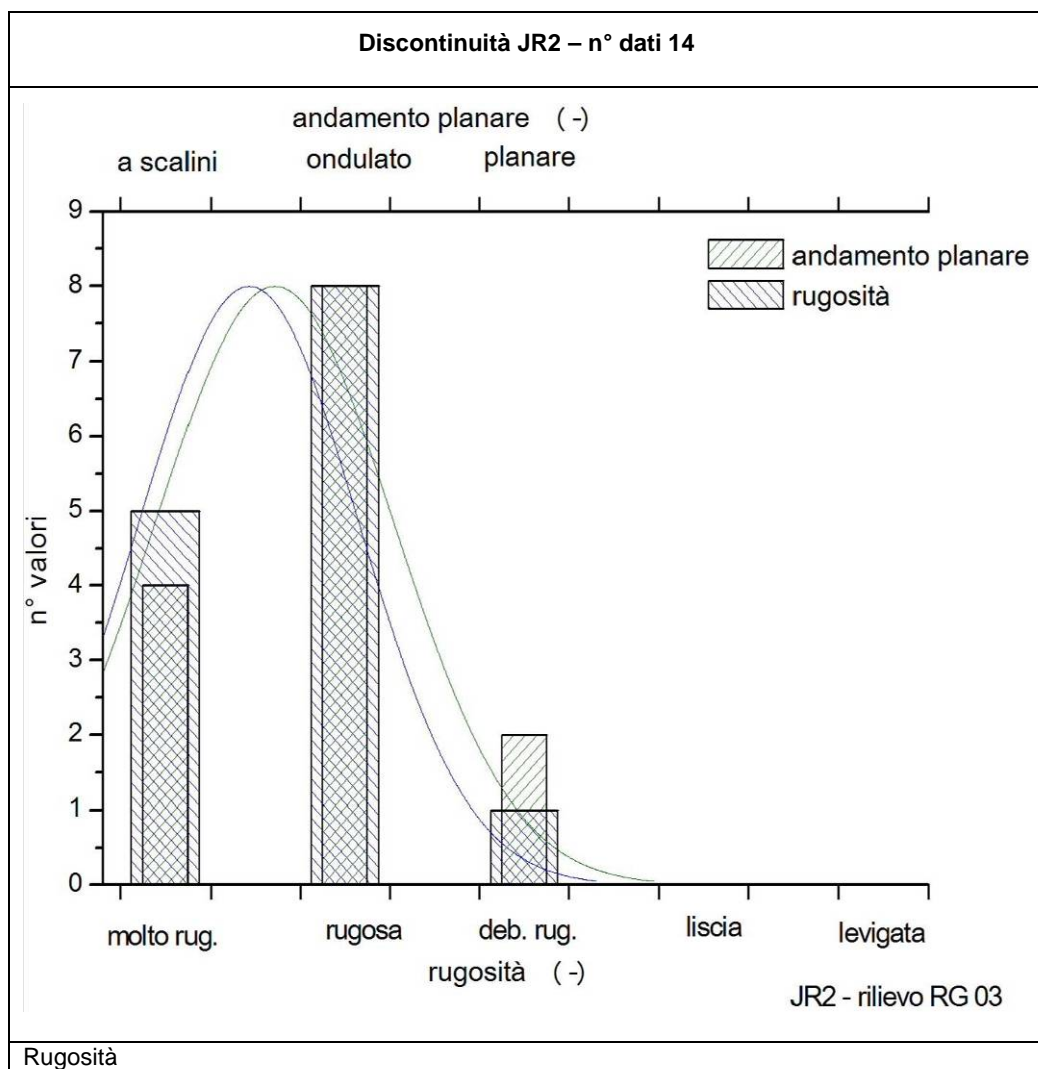


Alterazione = 1.



## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15





## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

Tabella 8.1: Classificazione geomeccanica dell'ammasso della stazione RG-3.

RG-3			
Origine del dato	Parametri	Valori	Rating
Condizioni generali dell'ammasso	UCS	25 (Mpa) da prove di lab	2
	RQD	75-90 (da sond SPD 05)	17
Media tra le varie famiglie rilevate	spaz	45 cm	10
Valori delle superfici di scistosità Sp o della principale superficie di discontinuità presente	Pers	2,2 m	4
	Apert	4 mm	1
	Rugos	12-14 (Scabra)	5
	rienp	Assente	6
	alter	Debolmente alterate	5
Condizioni generali dell'ammasso	H2O	Asciutto	15
Direzione di avanzamento dello scavo e Sc o sistema di discontinuità principale	orientaz.	(Giacitura Sc e direzione scavo a 323°) - Poco favorevole	-5
Risultati delle elaborazioni			
	<b>RMR</b>		<b>60</b>
	<b>RMR'</b>		<b>65</b>
	<b>GSI</b>		<b>60</b>
	<b>Classe di Bieniawski calcolata su RMR</b>	Classe III	





## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

Tabella 8.2: Caratteri geomeccanici delle discontinuità misurate nella stazione RG-3.

Num.	RG-3 (Fronte: 66/220)													
	Famiglie	dip	dip dir	spaz	persist	apert	ondulazione	rugosità	Ja	Jcs - Ind	JCS (Mpa)	alteraz	riemp tipo	riemp (mm)
1	Sc	44	174	5	4,5	10	2	2	1	R2	5-25	2	/	/
2	Sc	50	178	9	1	1	2	2	1	R2	5-25	2	/	/
3	Sc	60	170	9	1	1	2	3	1	R2	5-25	2	/	/
4	Sc	74	176	22	1,5	0	2	3	1	R2	5-25	2	/	/
5	Sc	70	170	7	2	0,1	2	2	1	R2	5-25	2	/	/
6	Sc	70	180	24	2	0,1	2	3	1	R2	5-25	2	/	/
7	Sc	62	180	8	3,5	1	2	3	1	R2	5-25	2	/	/
8	Sc	54	196	28	1,5	0,1	2	3	1	R2	5-25	2	/	/
9	Sc	56	177	22	2,5	10	2	3	1	R2	5-25	2	/	/
10	Sc	64	184	15	1,5	0,1	2	3	1	R2	5-25	2	/	/
11	Sc	58	197	18	1,5	0,1	2	3	1	R2	5-25	2	/	/
12	Sc	68	182	16	3,5	2	2	2	1	R2	5-25	2	/	/
13	Sc	80	178	12	2,5	2	2	2	1	R2	5-25	2	/	/
14	Sc	70	182	70	3,5	10	2	3	1	R2	5-25	2	/	/
15	Sc	62	192	8	4	10	2	2	1	R2	5-25	2	/	/
16	Sc	62	172	20	4	15	2	2	1	R2	5-25	2	/	/
17	Sc	66	178	110	1,5	1	2	2	1	R2	5-25	2	/	/
18	Sc	62	180	40	3,5	0	2	1	1	R2	5-25	2	/	/



## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

Num.	RG-3 (Fronte: 66/220)													
	Famiglie	dip	dip dir	spaz	persist	apert	ondulazione	rugosità	Ja	Jcs - Ind	JCS (Mpa)	alteraz	riemp tipo	riemp (mm)
19	Sc	42	198	23	1,5	1	2	2	1	R2	5-25	2	/	/
20	Sc	54	186	20	3,5	10	2	3	1	R2	5-25	2	/	/
21	Sc	42	183	26	2,5	2	1	2	1	R2	5-25	2	/	/
22	Sc	40	182	8	2,5	1	2	2	1	R2	5-25	2	/	/
23	Sc	42	178	35	1,5	2	2	2	1	R2	5-25	2	/	/
24	Sc	40	194	22	3,2	25	2	1	1	R2	5-25	2	/	/
25	Sc	52	167	19	3,5	3	2	3	1	R2	5-25	2	/	/
26	Sc	56	154	60	1,5	0	2	3	1	R2	5-25	2	/	/
27	Sc	50	150	24	2	3	2	3	1	R2	5-25	2	/	/
28	Sc	50	180	11	4	1	2	1	1	R2	5-25	2	/	/
29	Sc	52	186	6	1,5	1	2	2	1	R2	5-25	2	/	/
30	Sc	50	188	4	1,5	0	2	2	1	R2	5-25	2	/	/
31	Sc	50	186	9	0,5	0	2	3	1	R2	5-25	2	/	/
32	Sc	66	196	15	2,5	4	2	2	1	R2	5-25	2	/	/
33	Sc	64	182	45	1,5	15	2	2	1	R2	5-25	2	/	/
34	Sc	72	170	19	2,5	15	2	2	1	R2	5-25	2	/	/
35	Sc	60	190	50	1,5	0,1	2	2	1	R2	5-25	2	/	/
36	Sc	60	180	18	2,5	4	2	3	1	R2	5-25	2	/	/
37	Sc	66	177	12	0,5	10	3	2	1	R2	5-25	2	/	/
38	Sc	64	183	9	0,5	2	2	2	1	R2	5-25	2	/	/
39	Sc	66	191	/	0,7	0,1	3	2	1	R2	5-25	2	/	/

8-15



## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

Num.	RG-3 (Fronte: 66/220)													
	Famiglie	dip	dip dir	spaz	persist	apert	ondulazione	rugosità	Ja	Jcs - Ind	JCS (Mpa)	alteraz	riemp tipo	riemp (mm)
40		80	270	9	0,4	1	2	2	1	R2	5-25	2	/	/
41		80	244	13	0,5	1	3	1	1	R2	5-25	2	/	/
42		84	260	38	15	1	1	1	1	R2	5-25	2	/	/
43	JR2	88	296	70	2,5	1	2	3	1	R2	5-25	2	/	/
44	JR2	70	138	13	3,5	0,1	1	2	1	R2	5-25	2	/	/
45		80	284	80	30	1	1	1	1	R2	5-25	2	/	/
46	JR2	70	124	100	2	1	1	1	1	R2	5-25	2	/	/
47	JR2	84	304	16	3	2	3	2	1	R2	5-25	2	/	/
48	JR2	84	306	135	2	2	1	1	1	R2	5-25	2	/	/
49		70	148	26	2	1	1	1	1	R2	5-25	2	/	/
50		88	323	180	4	1	1	1	1	R2	5-25	2	/	/
51	JR2	84	309	60	1,5	2	2	1	1	R2	5-25	2	/	/
52	JR2	86	310	100	2	2	2	2	1	R2	5-25	2	/	/
53		66	150	40	0,7	0,1	1	1	1	R2	5-25	2	/	/
54		62	106	15	1	0,5	2	3	1	R2	5-25	2	/	/
55		60	140	200	2	2	2	1	1	R2	5-25	2	/	/
56		60	120	20	1,5	2	2	3	1	R2	5-25	2	/	/
57		54	122	20	1,3	1	1	3	1	R2	5-25	2	/	/
58	JR2	80	126	44	0,5	2	2	2	1	R2	5-25	2	/	/
59	JR2	84	125	16	1,5	15	2	2	1	R2	5-25	2	/	/
60	JR2	82	134	95	0,5	2	3	2	1	R2	5-25	2	/	/

8-16



## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

Num.	RG-3 (Fronte: 66/220)													
	Famiglie	dip	dip dir	spaz	persist	apert	ondulazione	rugosità	Ja	Jcs - Ind	JCS (Mpa)	alteraz	riemp tipo	riemp (mm)
61	JR2	90	315	35	1,3	1	2	2	1	R2	5-25	2	/	/
62	JR2	74	138	32	1,4	4	2	1	1	R2	5-25	2	/	/
63	JR2	75	130	85	2	0,1	1	2	1	R2	5-25	2	/	/
64	JR2	80	126	35	1,5	5	2	1	1	R2	5-25	2	/	/
65		76	150	30	1	2	1	2	1	R2	5-25	2	/	/
66		80	150	/	0,8	0,1	1	3	1	R2	5-25	2	/	/
67		32	196	40	4,5	5	2	2	1	R2	5-25	2	/	/
68		20	30	35	0,5	1	1	1	1	R2	5-25	2	/	/
69		8	210	50	0,2	1	2	2	1	R2	5-25	2	/	/
70		16	53	20	0,5	1	2	3	1	R2	5-25	2	/	/
71		18	40	/	1	1	2	2	1	R2	5-25	2	/	/
72	J5	84	50	40	0,3	0,1	3	2	1	R2	5-25	2	/	/
73	J5	88	210	50	1	0,1	2	2	1	R2	5-25	2	/	/
74	J5	84	46	35	2	2	2	3	1	R2	5-25	2	/	/
75		60	240	30	1	2	2	2	1	R2	5-25	2	/	/
76	J5	78	214	20	4	2	2	2	1	R2	5-25	2	/	/
77	J5	78	40	40	0,5	2	2	2	1	R2	5-25	2	/	/
78	J5	80	40	20	0,3	2	2	2	1	R2	5-25	2	/	/
79		82	198	2,5	0,1	4	2	3	1	R2	5-25	2	/	/
80	J4	64	356	50	1,5	2	3	2	1	R2	5-25	2	/	/
81		40	346	60	40	3	3	2	1	R2	5-25	2	/	/

8-17



## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

Num.	RG-3 (Fronte: 66/220)													
	Famiglie	dip	dip dir	spaz	persist	apert	ondulazione	rugosità	Ja	Jcs - Ind	JCS (Mpa)	alteraz	riemp tipo	riemp (mm)
82	J4	60	349	100	30	0,1	3	2	1	R2	5-25	2	/	/
83	J4	54	348	25	20	3	3	2	1	R2	5-25	2	/	/
84		60	8	/	15	2	3	2	1	R2	5-25	2	/	/





**COMUNE DI VERBANIA**

**Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15**

## **9 RILIEVO GEOMECCANICO – RG-4**

**Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15**



**COMUNE DI VERBANIA**

**Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15**

Inserire la scheda di sintesi sul rilievo RG-04\_ms

Inserire la scheda di sintesi sul rilievo RG-04\_fl



## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

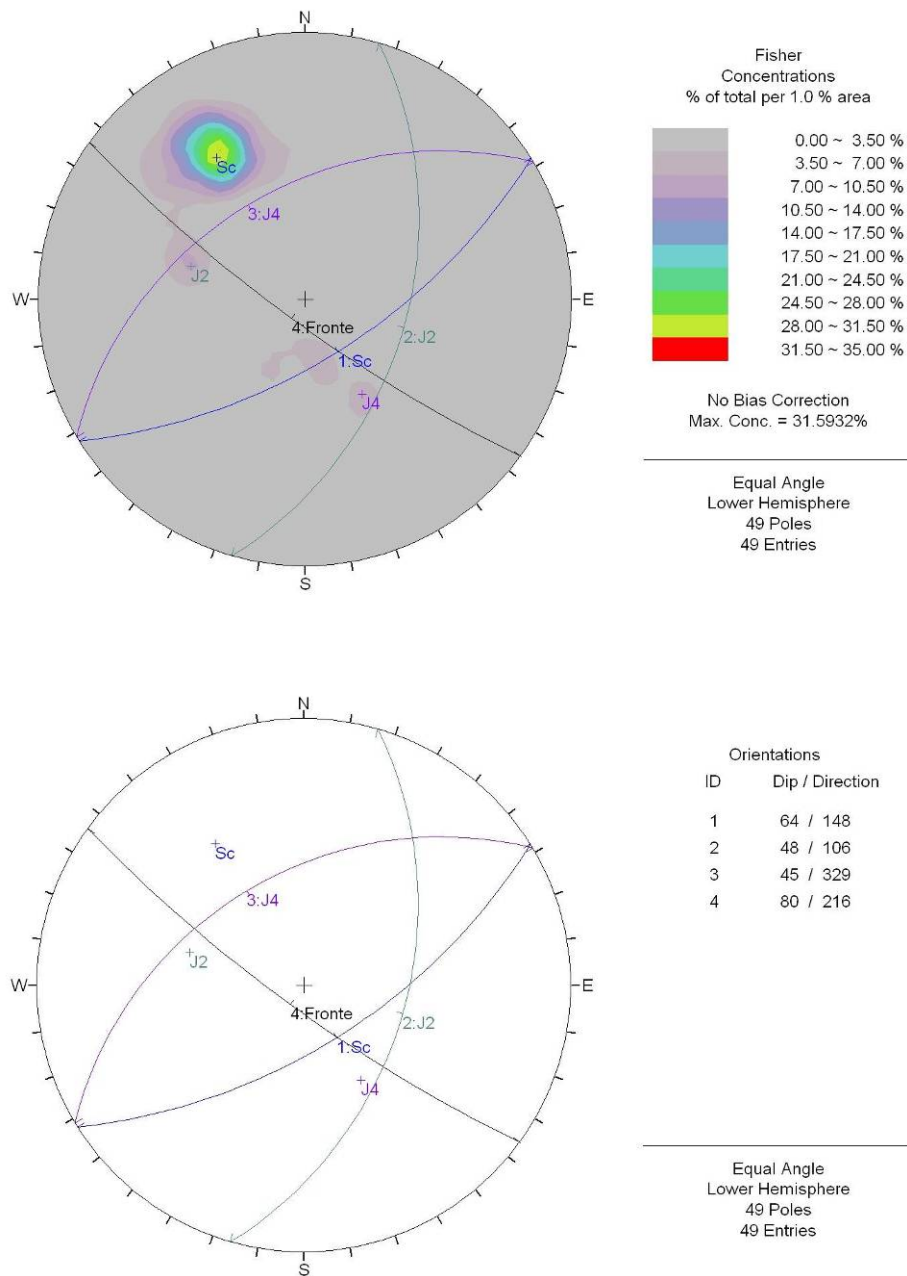


Figura 9.2 : Proiezioni stereografiche del rilievo geomeccanico RG-4\_Ms (Micascisti).





## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

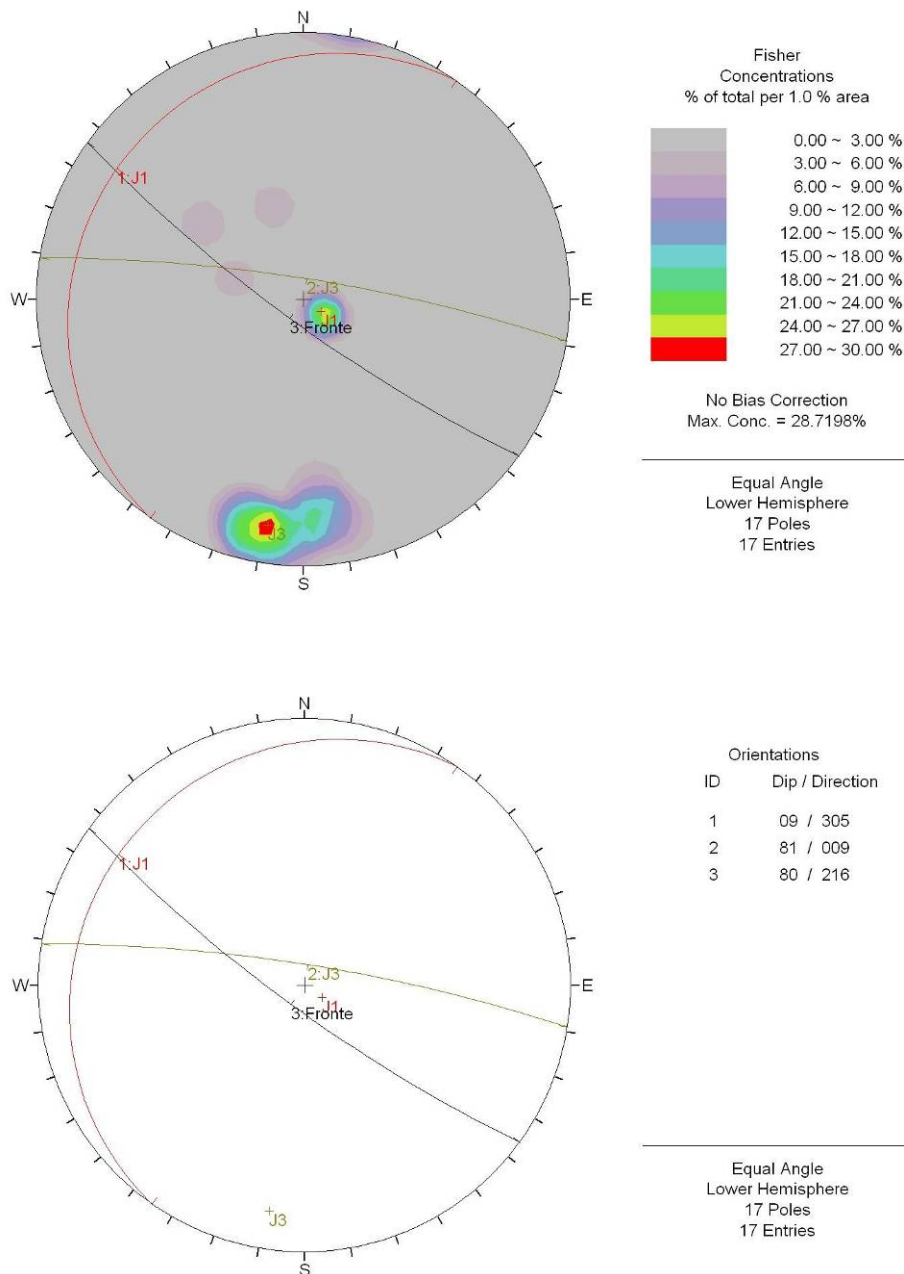


Figura 9.3 : Proiezioni stereografiche del rilievo geomeccanico RG-4\_FI (Filone).

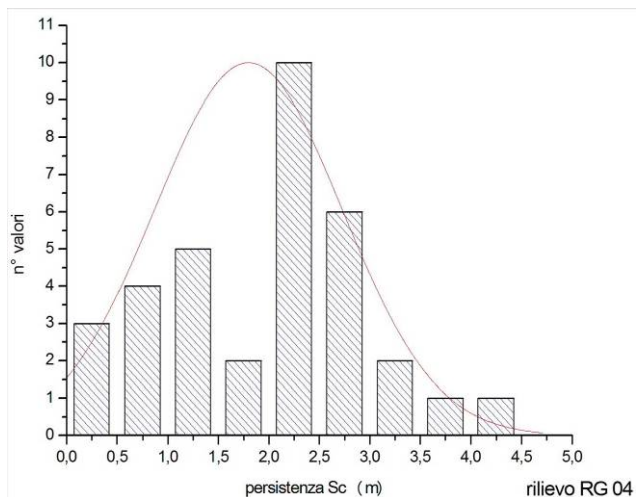
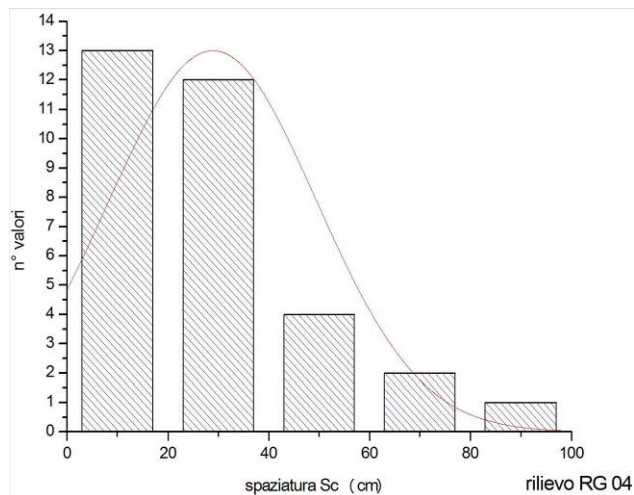


## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

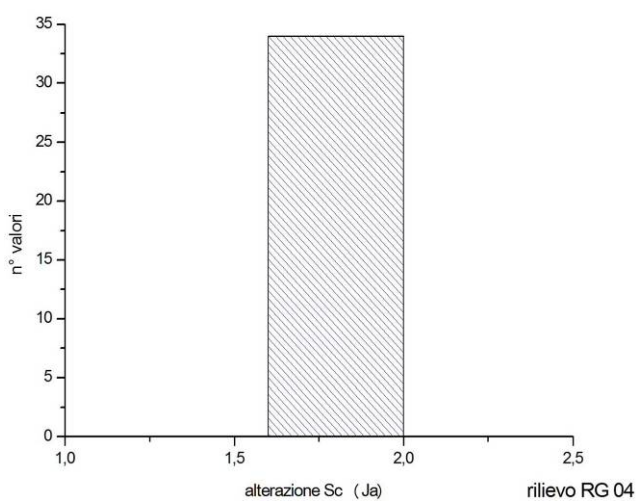
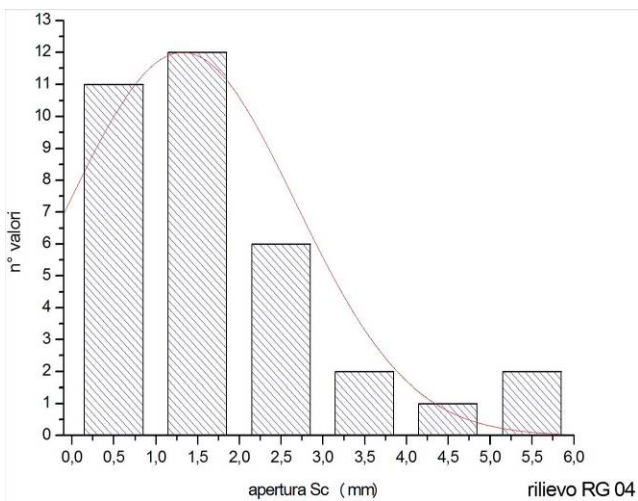
### Analisi statistica dei dati di terreno – RG-4\_Ms

#### Discontinuità Sc – n° dati 34



Spaziatura:  
Moda = 30 cm; Variabilità = 3-96 cm.

Persistenza:  
Moda = 1,7 m; Variabilità = 0,1-4 m.



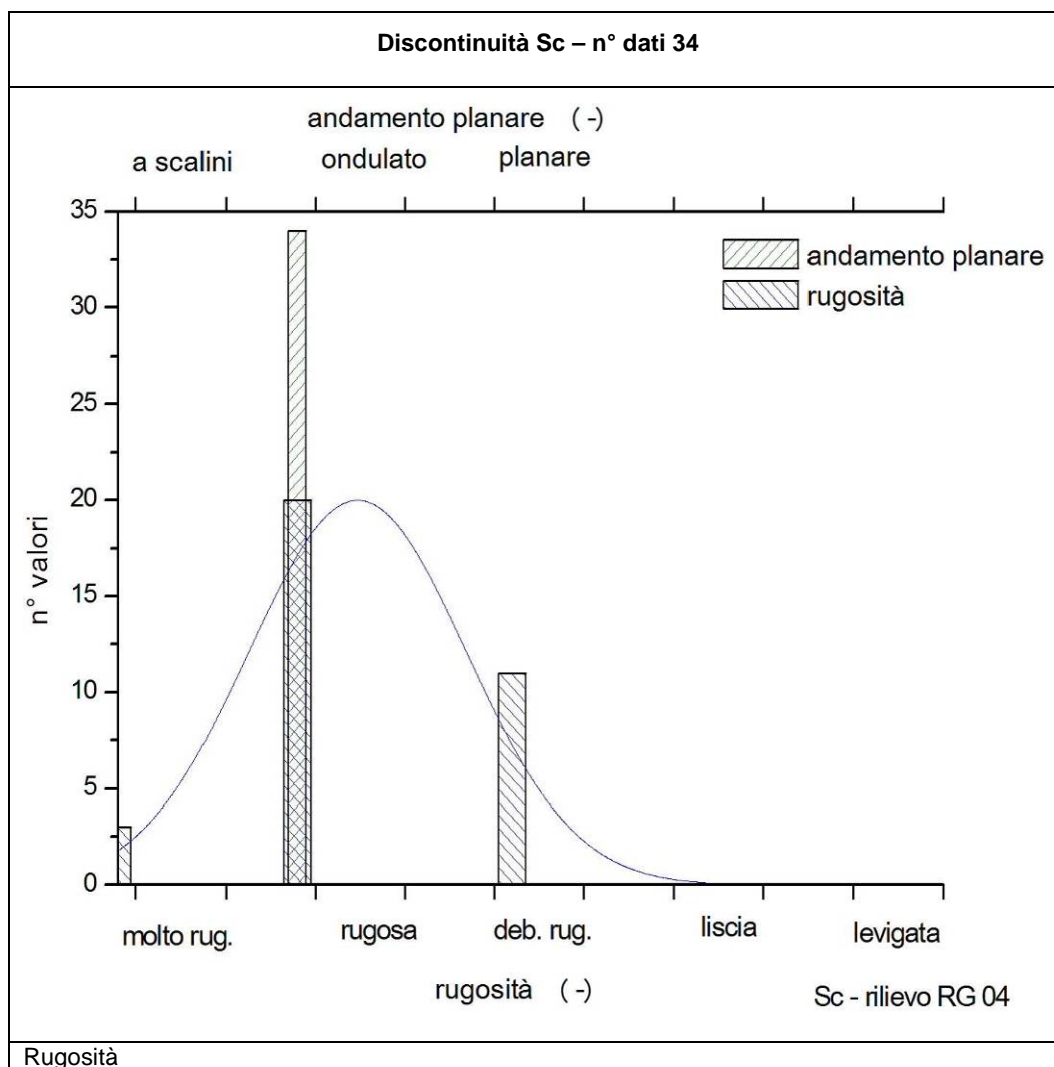
Apertura:  
Moda = 1,2 mm; Variabilità = 0-5 mm.

Alterazione = 1.



## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

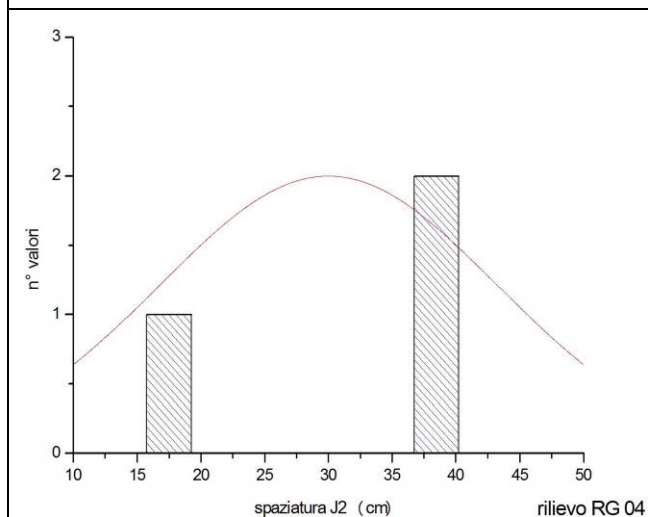




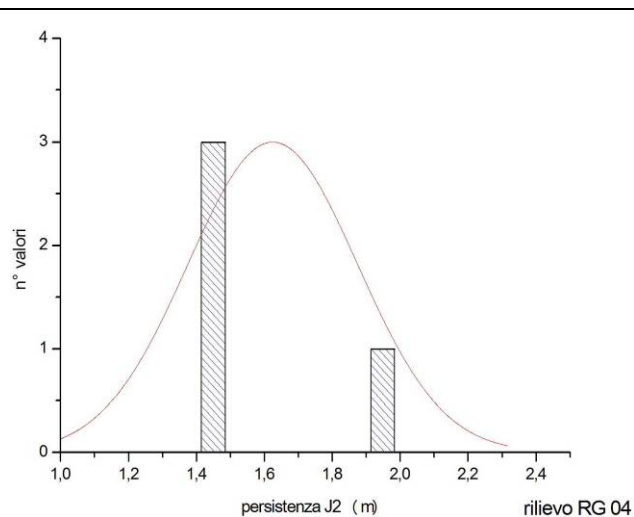
## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

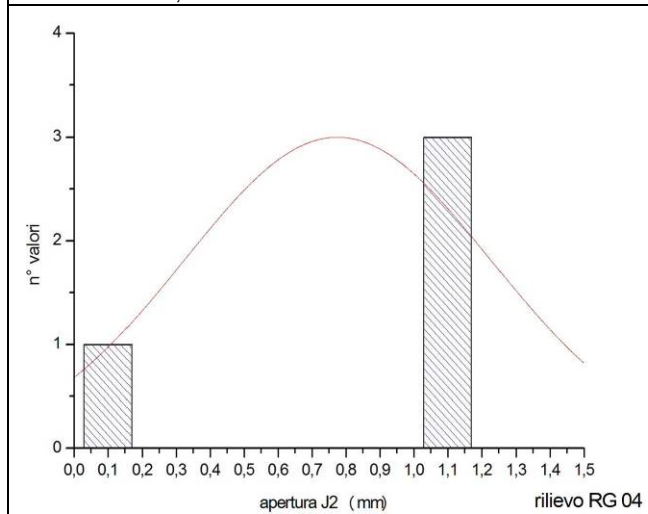
### Discontinuità J2 – n° dati 4



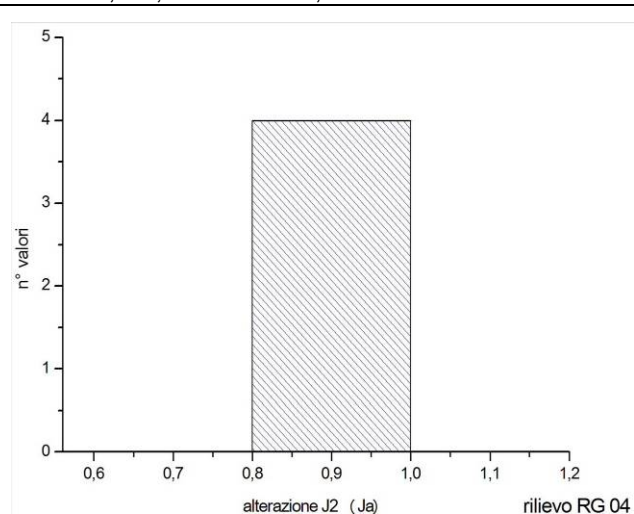
Spaziatura:  
Moda = 30 cm; Variabilità = 15-40 cm.



Persistenza:  
Moda = 1,6 m; Variabilità = 1,5-2 m.



Apertura:  
Moda = 0,8 mm; Variabilità = 0,1-1 mm.

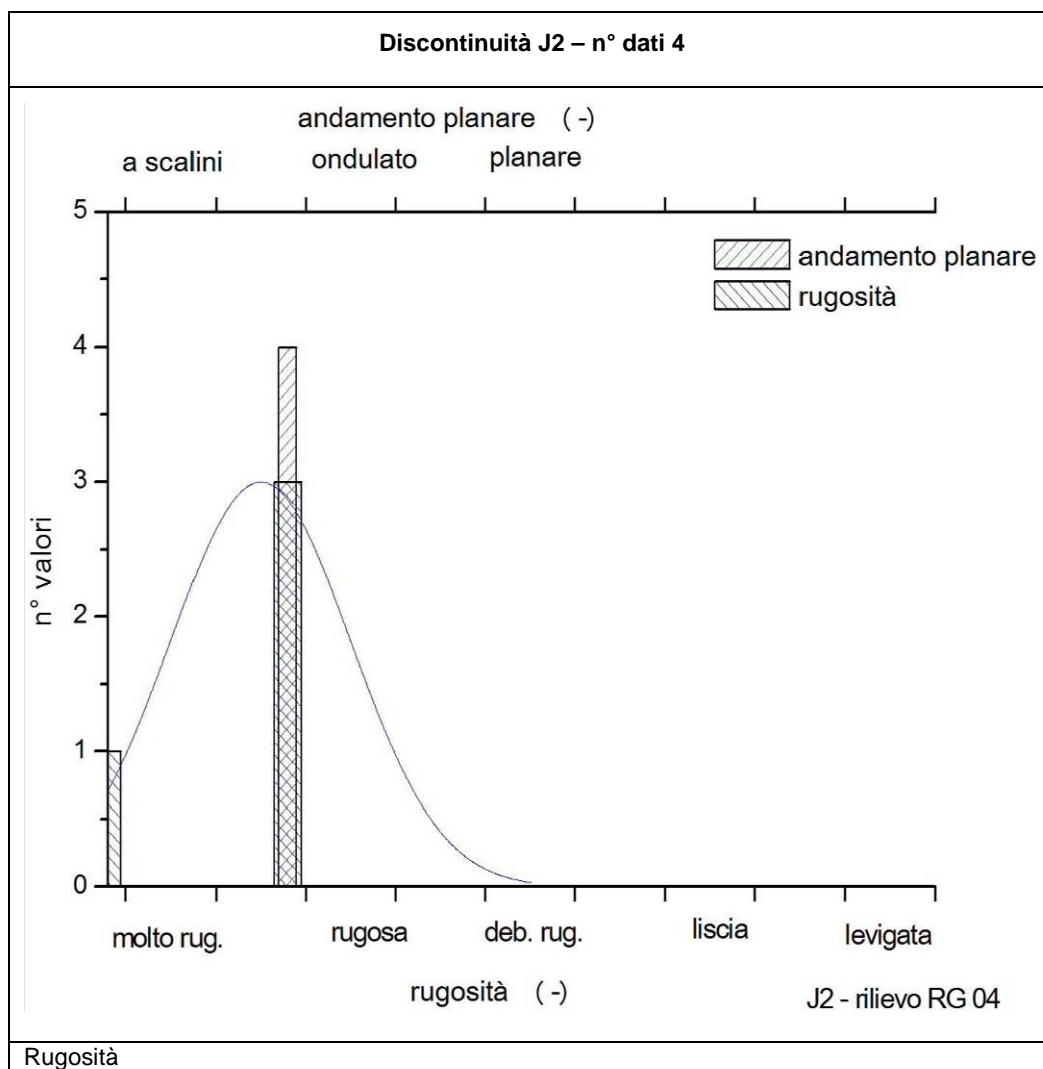


Alterazione = 1.



## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15



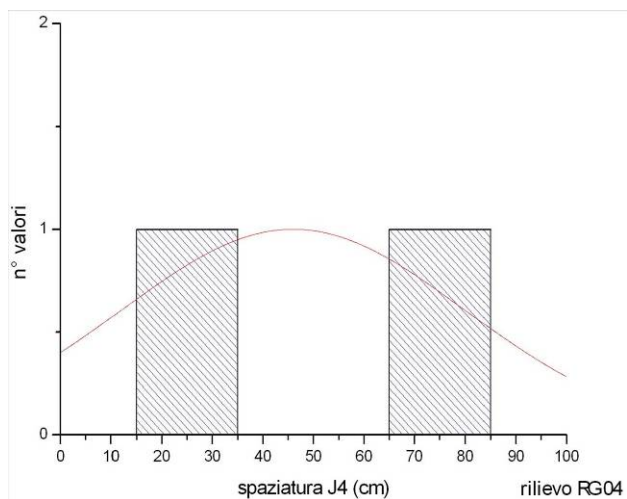




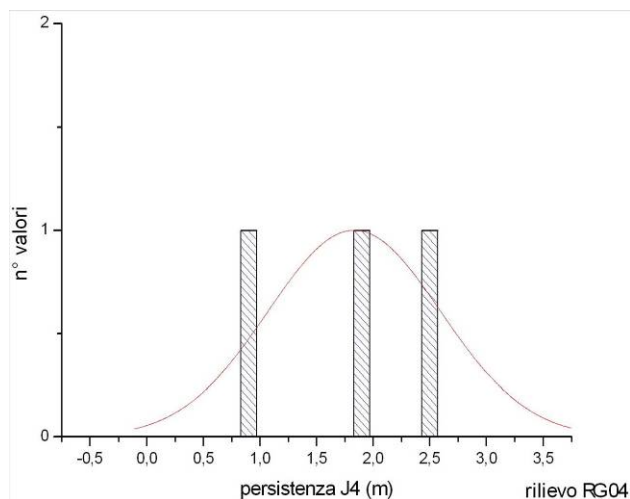
**COMUNE DI VERBANIA**

**Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15**

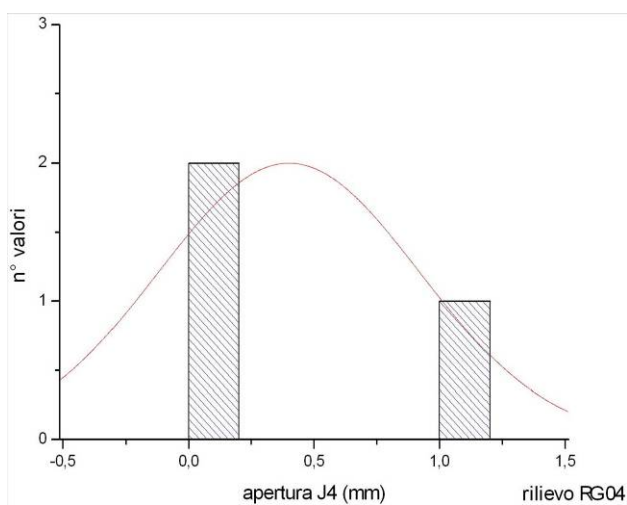
**Discontinuità J4 – n° dati 3**



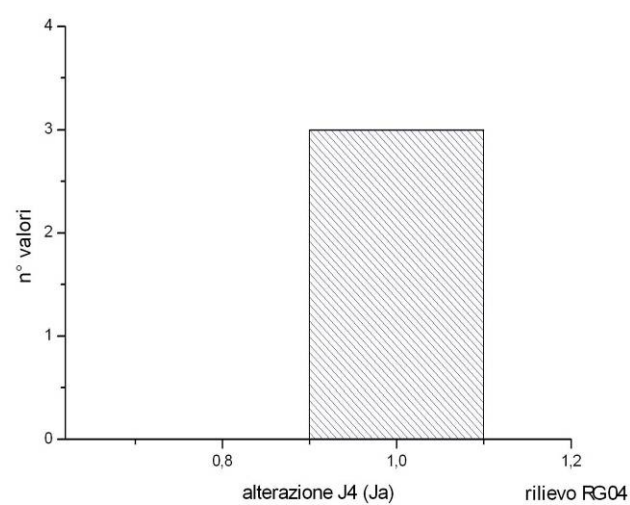
Spaziatura:  
Variabilità = 22-70 cm.



Persistenza:  
Moda = 1,9 m; Variabilità = 1-2,5 m.



Apertura:  
Moda = 0,4 mm; Variabilità = 0,1-1 mm.

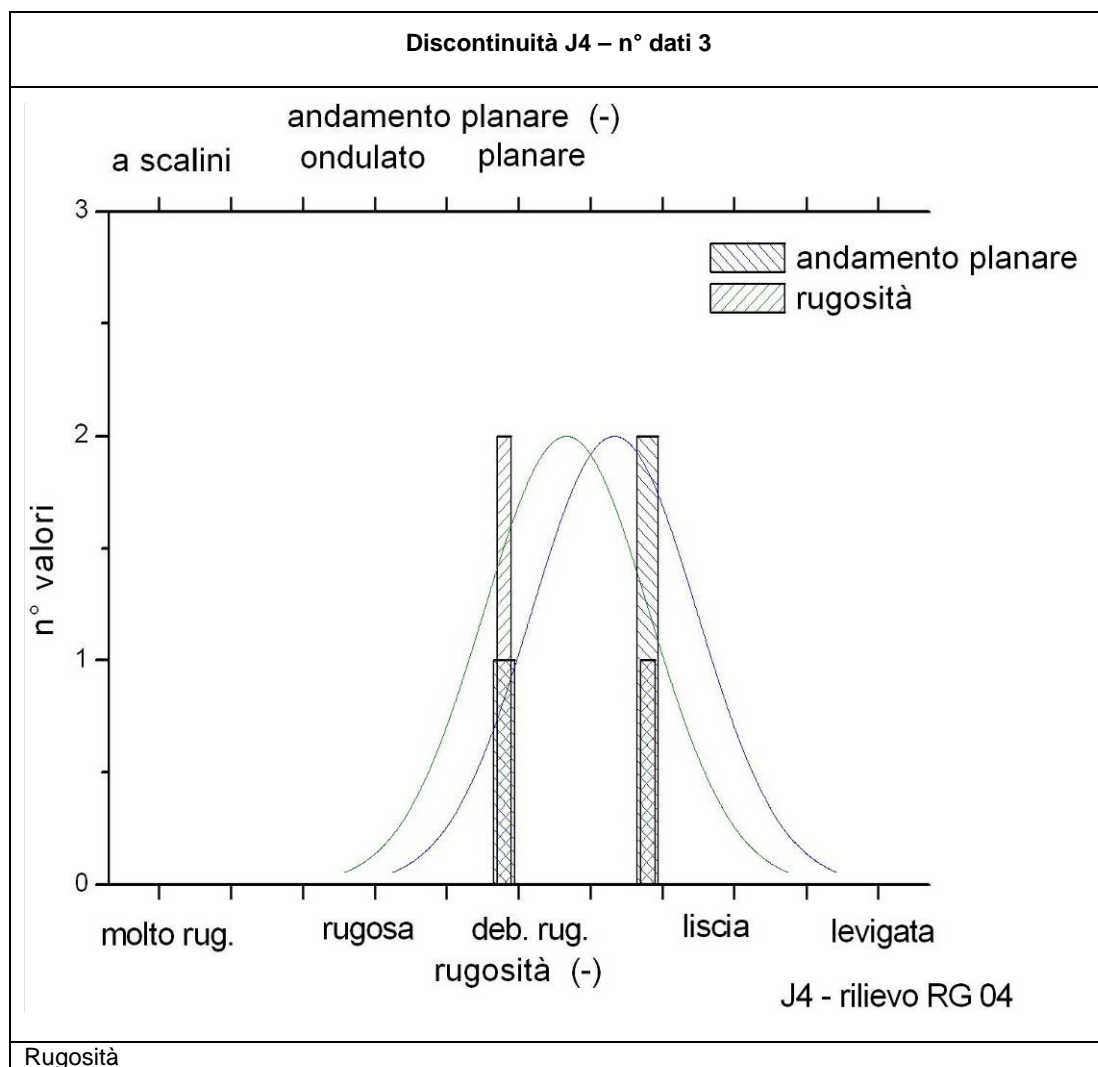


Alterazione = 1.



## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15





## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

Tabella 9.1: Classificazione geomeccanica dell'ammasso della stazione RG-4\_Ms.

RG-4_Ms (Micascisti)			
Origine del dato	Parametri	65	Rating
Condizioni generali dell'ammasso	UCS	25 (Mpa) da prove di lab	2
	RQD	70 (Da stima Jv)	13
Media tra le varie famiglie rilevate	spaz	30 cm	10
Valori delle superfici di scistosità Sp o della principale superficie di discontinuità presente	Pers	1,7 m	4
	Apert	1,2 mm	1
	Rugos	12-14 (Scabra)	5
	rienp	Assente	6
	alter	Debolmente alterate	5
Condizioni generali dell'ammasso	H2O	Umida	10
Direzione di avanzamento dello scavo e Sc o sistema di discontinuità principale	orientaz.	(Giacitura Sc e direzione scavo a 75°) - Molto sfavorevole	-12
Risultati delle elaborazioni			
	<b>RMR</b>		<b>44</b>
	<b>RMR'</b>		<b>61</b>
	<b>GSI</b>		<b>56</b>
	<b>Classe di Bieniawski calcolata su RMR</b>	Classe III	

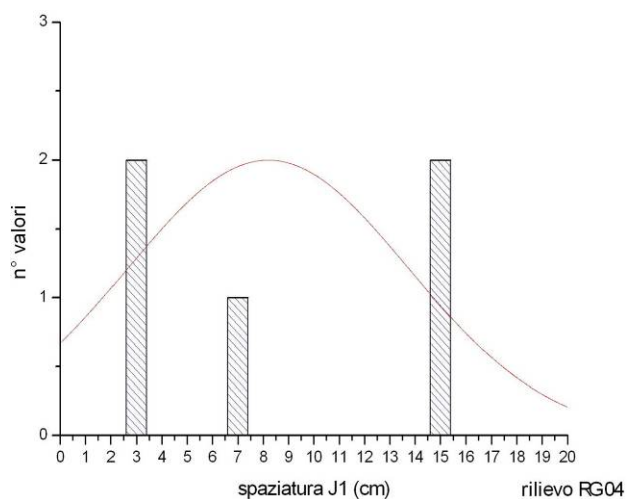


**COMUNE DI VERBANIA**

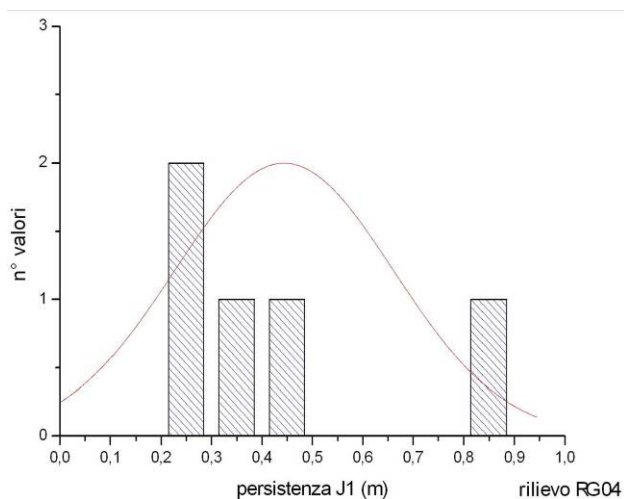
**Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15**

**Analisi statistica dei dati di terreno – RG-4\_FI**

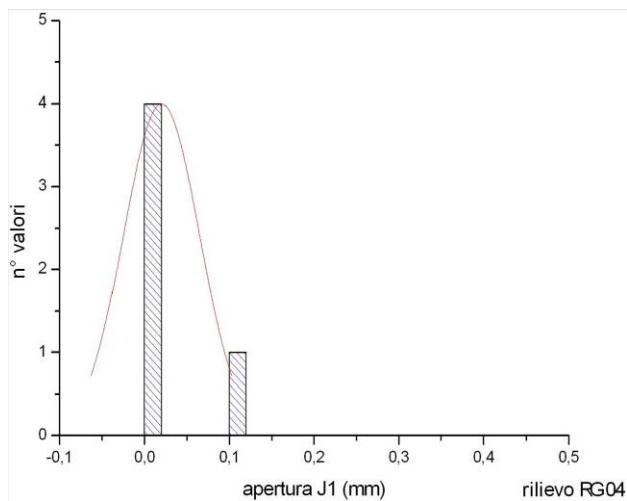
**Discontinuità J1 – n° dati 5**



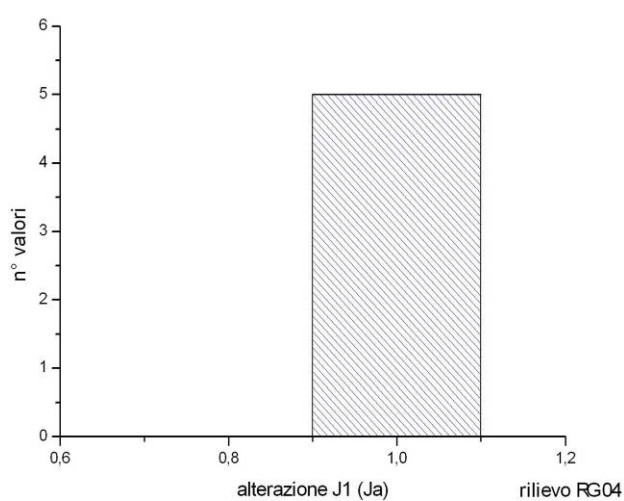
Spaziatura:  
Moda = 8 cm; Variabilità = 3-14 cm.



Persistenza:  
Moda = 0,45 m; Variabilità = 0,8-0,28 m.



Apertura:  
Moda = circa 0 mm; Variabilità = 0-0,1 mm.

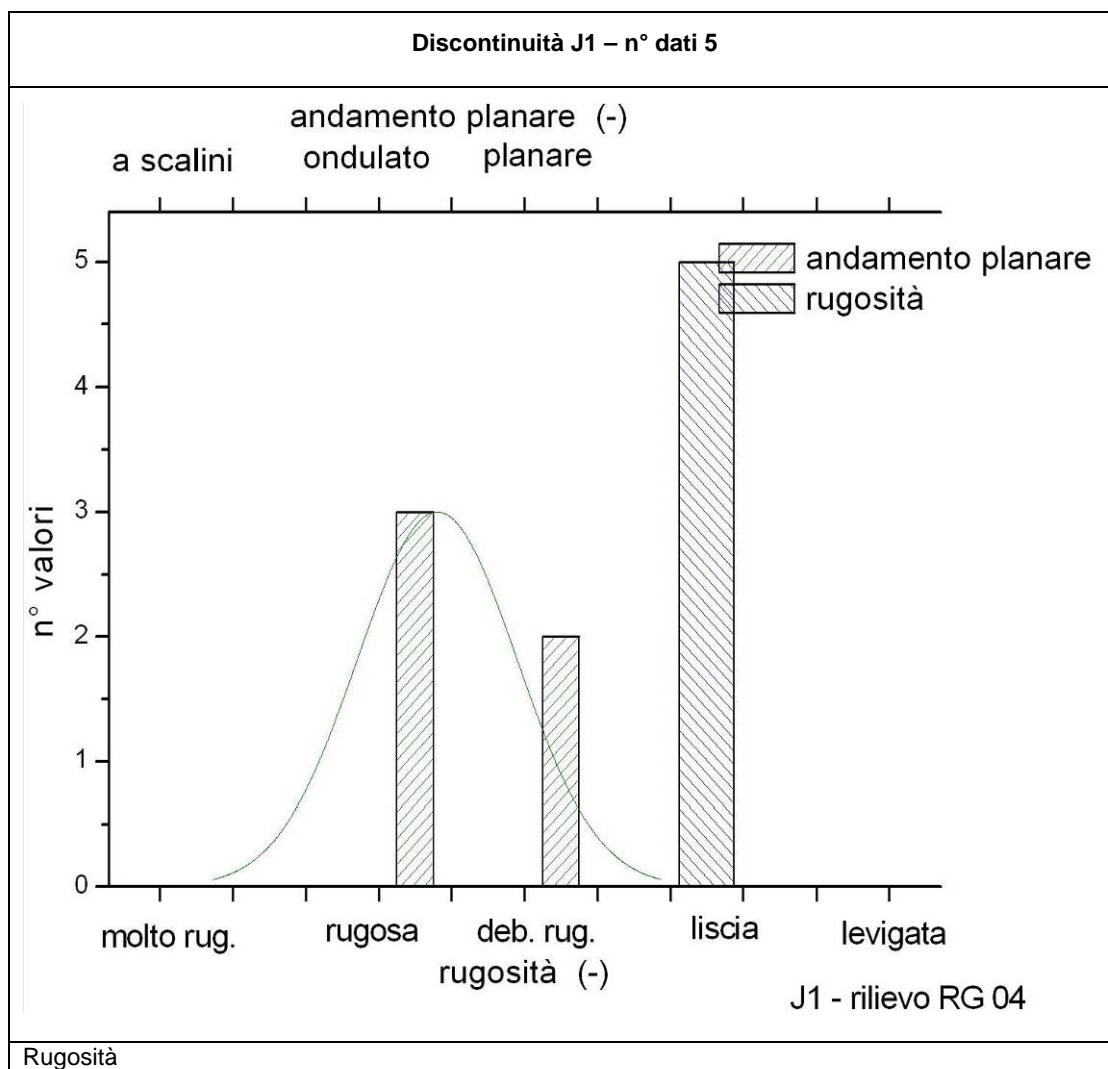


Alterazione = 1.



## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15



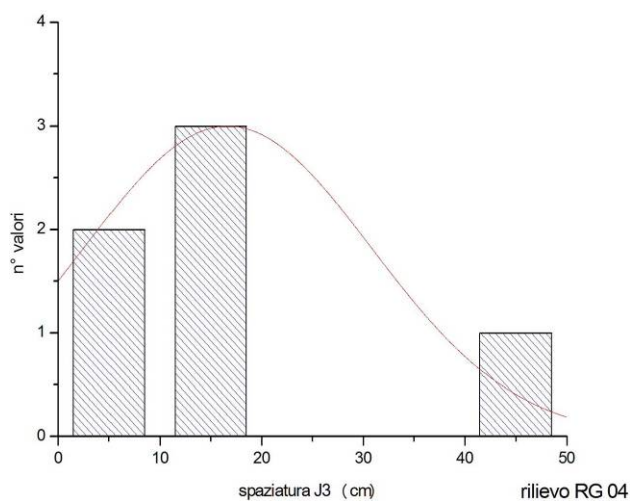




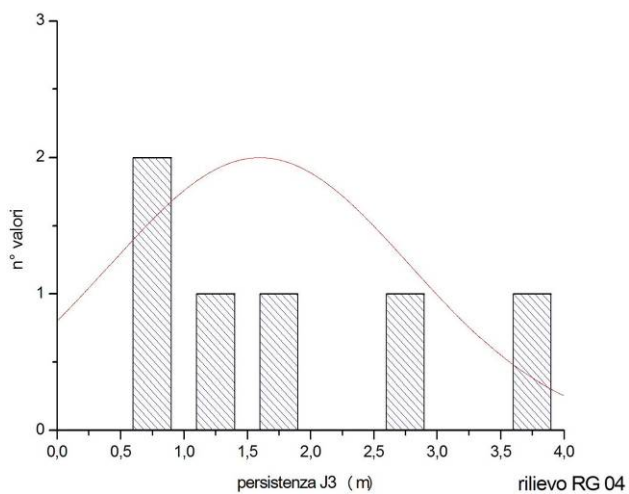
## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

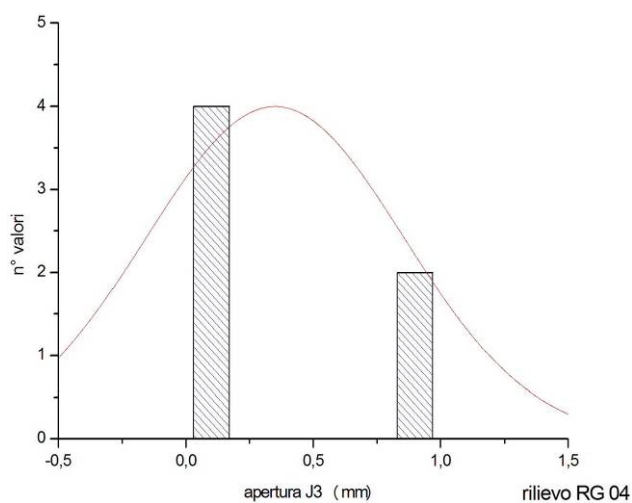
### Discontinuità J3 – n° dati 6



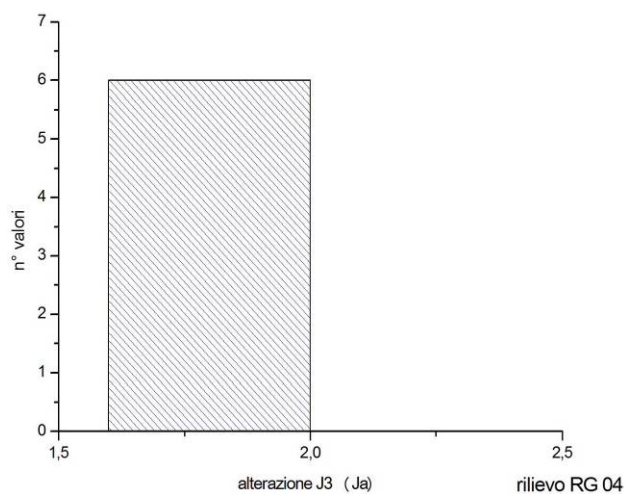
Spaziatura:  
Moda = 18 cm; Variabilità = 8-45 cm.



Persistenza:  
Moda = 1,5 m; Variabilità = 0,5-3,5 m.



Apertura:  
Moda = 0,4 mm; Variabilità = 0-1 mm.

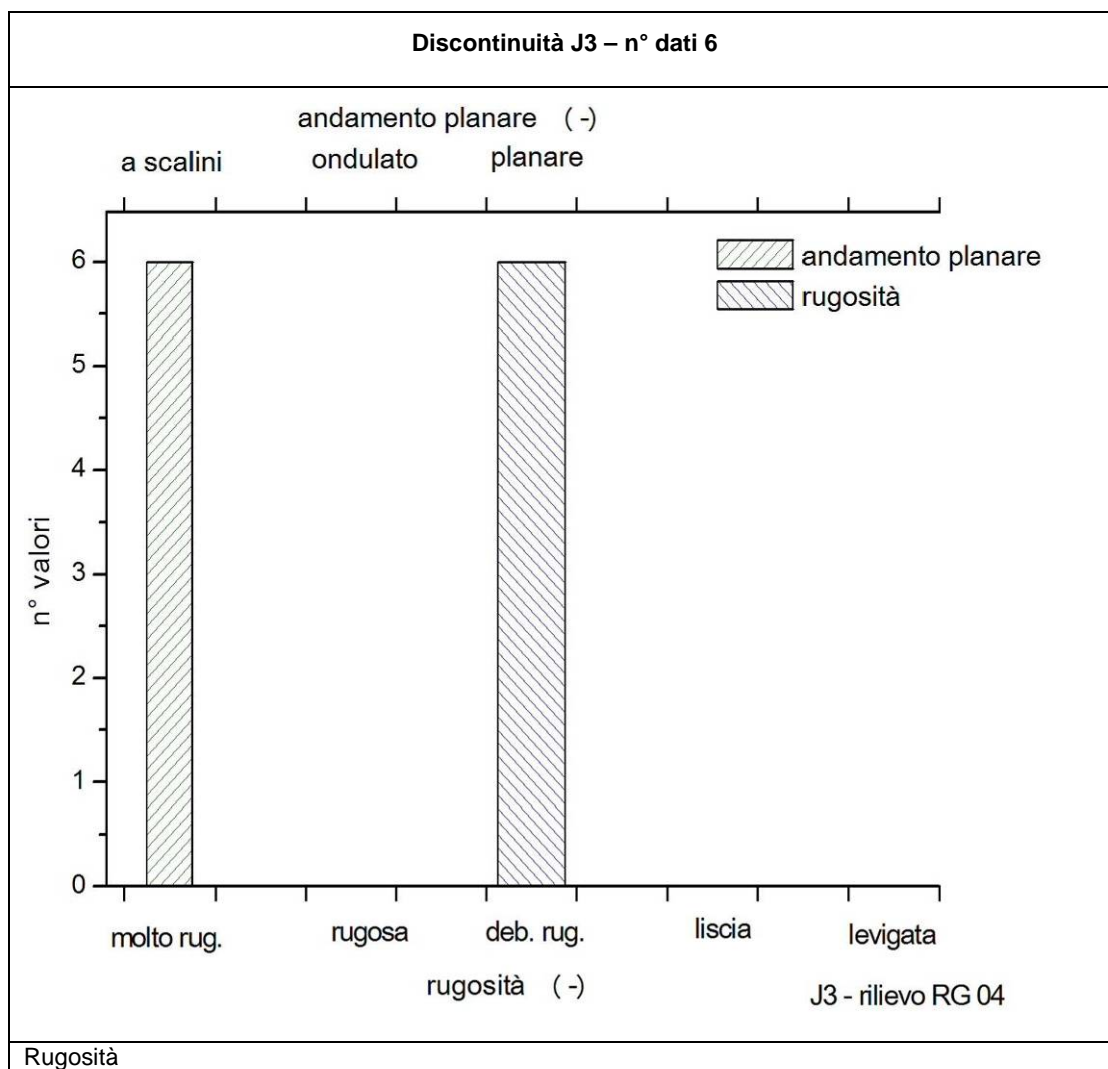


Alterazione = 1.



## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15





## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

Tabella 9.2: Classificazione geomeccanica dell'ammasso della stazione RG-4\_Fl.

RG-4_FL (Filone)			
Origine del dato	Parametri	Valori	Rating
Condizioni generali dell'ammasso	UCS	100 (Mpa) da stima di terreno	12
	RQD	50 (Da stima Jv)	13
Media tra le varie famiglie rilevate	spaz	15 cm	8
Valori delle superfici di scistosità Sp o della principale superficie di discontinuità presente	Pers	0,45 m	6
	Apert	0 mm	6
	Rugos	10-12 (Poco scabra)	3
	rienp	Assente	6
	alter	Debolmente alterate	5
Condizioni generali dell'ammasso	H2O	Asciutto	15
Direzione di avanzamento dello scavo e Sc o sistema di discontinuità principale	orientaz.	(Giacitura J1 e direzione scavo a 75°) - Poco favorevole	-5
Risultati delle elaborazioni			
	<b>RMR</b>		<b>69</b>
	<b>RMR'</b>		<b>74</b>
	<b>GSI</b>		<b>69</b>
	<b>Classe di Bieniawski calcolata su RMR</b>	Classe II	



## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

Tabella 9.3: Caratteri geomeccanici delle discontinuità misurate nella stazione RG-4.

Num.	RG-4 (Fronte: 80/216)													
	Famiglie	dip	dip dir	spaz	persist	apert	ondulazione	rugosità	Ja	Jcs - Ind	JCS (Mpa)	alteraz	riemp tipo	riemp (mm)
1	Sc	74	146	30	1	0,1	2	2	1	R2	5-25	2	/	/
2	Sc	72	148	29	1	0	2	3	1	R2	5-25	2	/	/
3	Sc	68	149	33	0,7	5	2	2	1	R2	5-25	2	/	/
4	Sc	70	152	62	0,4	2	2	2	1	R2	5-25	2	/	/
5	Sc	74	134	28	1	4	2	2	1	R2	5-25	2	/	/
6	Sc	60	142	16	1,3	2	2	3	1	R2	5-25	2	/	/
7	Sc	64	177	96	1,5	5	2	2	1	R2	5-25	2	/	/
8	Sc	58	148	26	2	1	2	3	1	R2	5-25	2	/	/
9	Sc	66	152	60	2,5	0,1	2	2	1	R2	5-25	2	/	/
10	Sc	55	168	15	2	3	2	2	1	R2	5-25	2	/	/
11	Sc	64	150	16	2,5	3	2	2	1	R2	5-25	2	/	/
12	Sc	60	155	35	2	2	2	3	1	R2	5-25	2	/	/
13	Sc	70	156	55	1	1	2	1	1	R2	5-25	2	/	/
14	Sc	64	160	23	0,8	1	2	2	1	R2	5-25	2	/	/
15	Sc	64	156	34	2,5	1	2	1	1	R2	5-25	2	/	/
16	Sc	54	152	17	0,1	2	2	2	1	R2	5-25	2	/	/
17	Sc	60	142	12	0,8	0,1	2	3	1	R2	5-25	2	/	/
18	Sc	62	150	8	2	1	2	2	1	R2	5-25	2	/	/



## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

Num.	RG-4 (Fronte: 80/216)													
	Famiglie	dip	dip dir	spaz	persist	apert	ondulazione	rugosità	Ja	Jcs - Ind	JCS (Mpa)	alteraz	riemp tipo	riemp (mm)
19	Sc	60	144	55	2,5	0	2	3	1	R2	5-25	2	/	/
20	Sc	64	150	12	3	1	2	2	1	R2	5-25	2	/	/
21	Sc	54	164	48	3,5	0,1	2	3	1	R2	5-25	2	/	/
22	Sc	68	146	11	4	0,1	2	3	1	R2	5-25	2	/	/
23	Sc	60	136	42	2	0,1	2	2	1	R2	5-25	2	/	/
24	Sc	60	150	39	2	0,1	2	3	1	R2	5-25	2	/	/
25	Sc	68	144	5	1,7	1	2	2	1	R2	5-25	2	/	/
26	Sc	72	148	9	3	1	2	2	1	R2	5-25	2	/	/
27	Sc	72	136	8	2	0,1	2	1	1	R2	5-25	2	/	/
28	Sc	70	144	30	2	1	2	3	1	R2	5-25	2	/	/
29	Sc	58	150	/	2,3	1	2	2	1	R2	5-25	2	/	/
30	Sc	70	132	11	0,6	1	2	2	1	R2	5-25	2	/	/
31	Sc	64	125	32	0,4	2	2	2	1	R2	5-25	2	/	/
32	Sc	58	116	3	2,5	0,1	2	3	1	R2	5-25	2	/	/
33	Sc	76	147	25	2,5	1	2	2	1	R2	5-25	2	/	/
34	Sc	70	160	/	2	2	2	2	1	R2	5-25	2	/	/
35		46	16	100	4	0,1	2	2	1	R2	5-25	2	/	/
36		24	349	88	5	0,1	3	3	1	R2	5-25	2	/	/
37		34	346	120	3	0,1	3	3	1	R2	5-25	2	/	/
38	J4	46	334	70	2	0,1	3	2	1	R2	5-25	2	/	/
39	J4	50	330	22	1	1	3	2	1	R2	5-25	2	/	/

9-20





## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

Num.	RG-4 (Fronte: 80/216)													
	Famiglie	dip	dip dir	spaz	persist	apert	ondulazione	rugosità	Ja	Jcs - Ind	JCS (Mpa)	alteraz	riemp tipo	riemp (mm)
40		30	344	24	0,4	1	3	3	1	R2	5-25	2	/	/
41	J4	42	322	/	2,5	0,1	2	3	1	R2	5-25	2	/	/
42		20	352	30	0,6	3	2	3	1	R2	5-25	2	/	/
43		30	26	19	2	0,1	2	1	1	R2	5-25	2	/	/
44		36	26	150	1,5	3	2	1	1	R2	5-25	2	/	/
45		20	24	/	3,5	2	2	1	1	R2	5-25	2	/	/
46	J2	50	113	15	1,5	1	2	1	1	R2	5-25	2	/	/
47	J2	50	106	35	1,5	1	2	2	1	R2	5-25	2	/	/
48	J2	44	107	40	2	0,1	2	2	1	R2	5-25	2	/	/
49	J2	50	102	/	1,5	1	2	2	1	R2	5-25	2	/	/
FILONE														
50		70	356	7	1,5	0	1	3	1	R5	100-250	2	/	/
51		80	350	5	2,5	0,1	1	3	1	R5	100-250	2	/	/
52	J3	84	10	9	1,5	1	1	3	1	R5	100-250	2	/	/
53	J3	84	12	16	0,5	0	1	3	1	R5	100-250	2	/	/
54	J3	80	16	8	1	0	1	3	1	R5	100-250	2	/	/
55	J3	80	14	10	0,6	0	1	3	1	R5	100-250	2	/	/
56	J3	84	4	45	2,5	1	1	3	1	R5	100-250	2	/	/
57	J3	80	2	12	3,5	0,1	1	3	1	R5	100-250	2	/	/
58		78	355	/	4	4	1	3	1	R5	100-250	2	/	/
59		50	127	42	3	1	2	3	1	R5	100-250	2	/	/



## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

Num.	RG-4 (Fronte: 80/216)													
	Famiglie	dip	dip dir	spaz	persist	apert	ondulazione	rugosità	Ja	Jcs - Ind	JCS (Mpa)	alteraz	riemp tipo	riemp (mm)
60		30	107	100	1,5	0,1	1	3	1	R5	100-250	2	/	/
61		40	162	/	2	2	1	3	1	R5	100-250	2	/	/
62	J1	16	298	3	0,3	0	1	3	1	R5	100-250	2	/	/
63	J1	10	310	3	0,34	0	1	3	1	R5	100-250	2	/	/
64	J1	8	280	7	0,8	0	2	3	1	R5	100-250	2	/	/
65	J1	10	315	14	0,5	0	1	3	1	R5	100-250	2	/	/
66	J1	14	320	14	0,28	0,1	2	3	1	R5	100-250	2	/	/



**COMUNE DI VERBANIA**

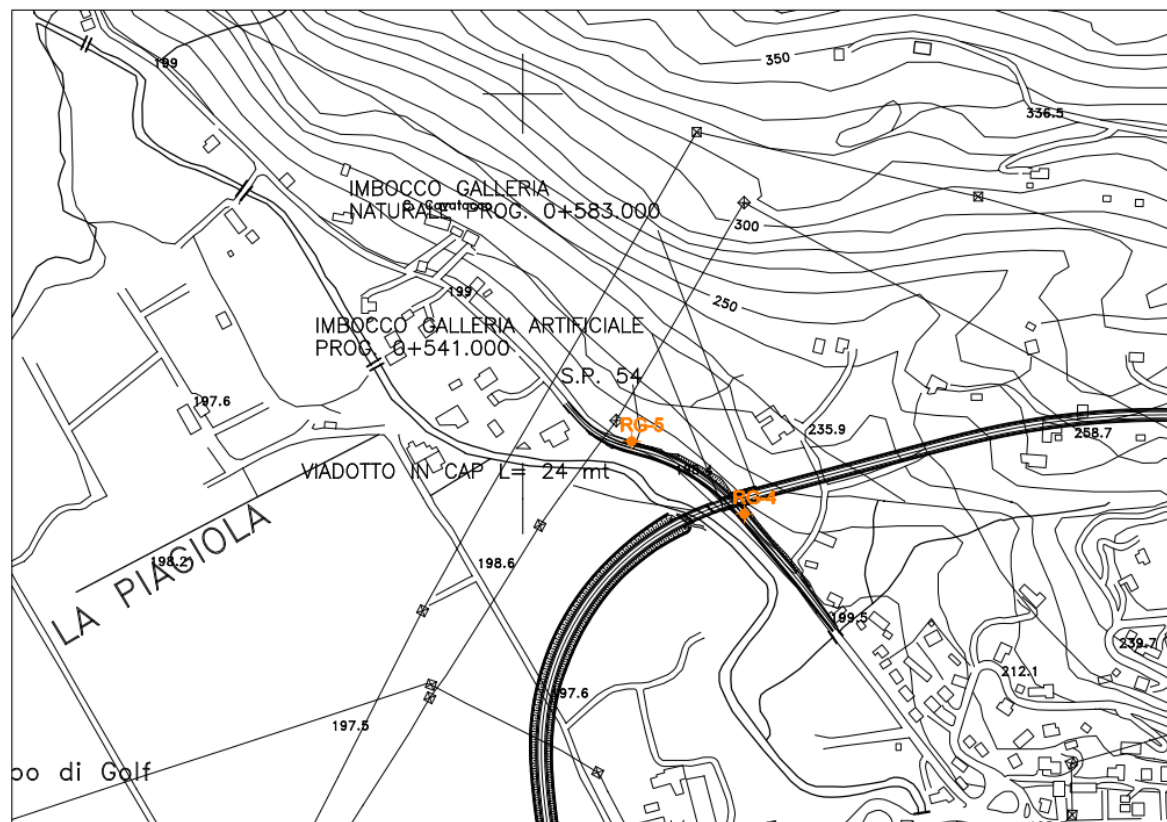
**Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15**

**10 RILIEVO GEOMECCANICO – RG-5**



**COMUNE DI VERBANIA**

**Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15**



*Figura 10.1 : Ubicazione rilievo geomeccanico RG-5. (Non in scala).*

Inserire la scheda di sintesi sul rilievo RG-05





## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

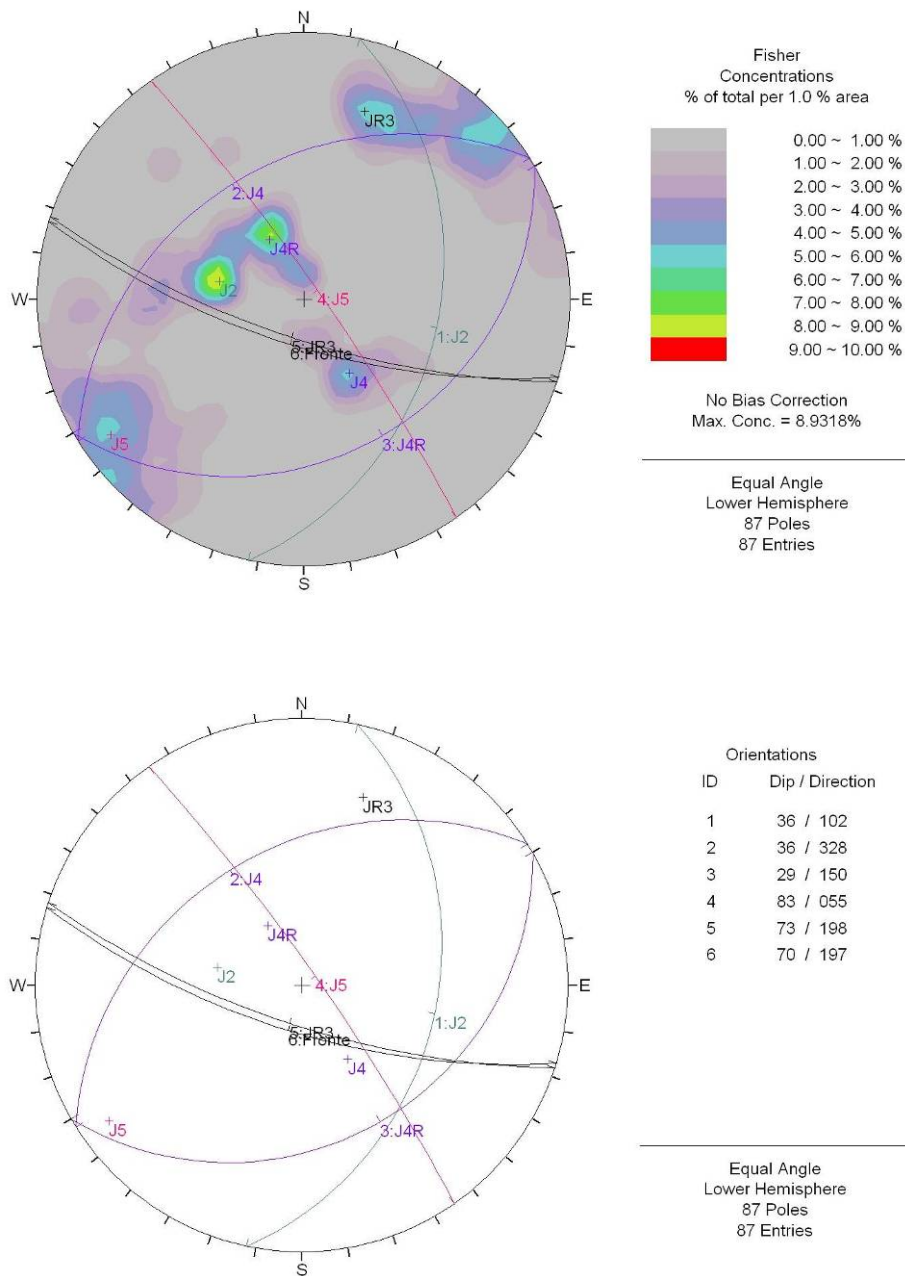


Figura 10.2 : Proiezioni stereografiche del rilievo geomeccanico RG-5.

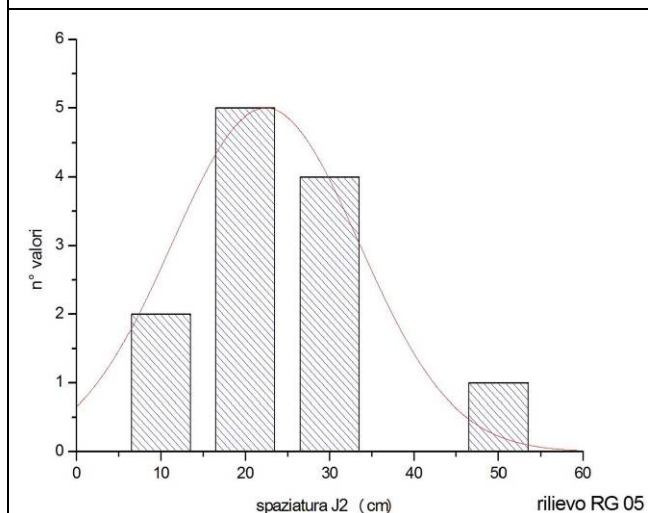


## COMUNE DI VERBANIA

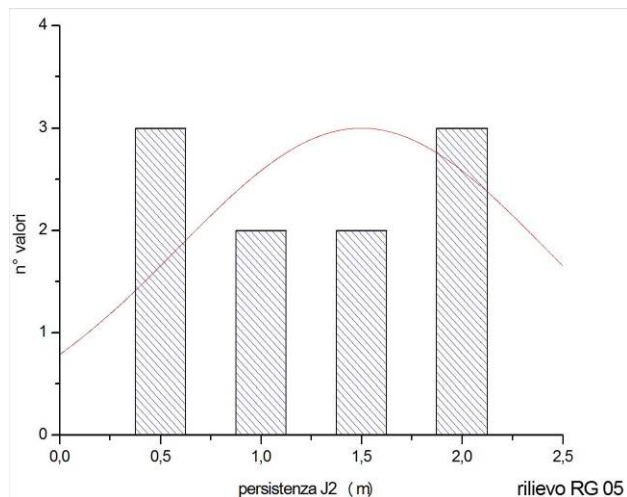
Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

### Analisi statistica dei dati di terreno

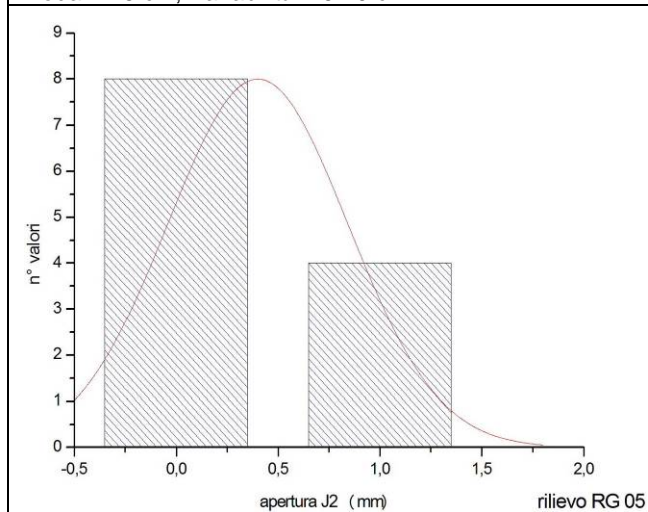
Discontinuità J2 – n° dati 12



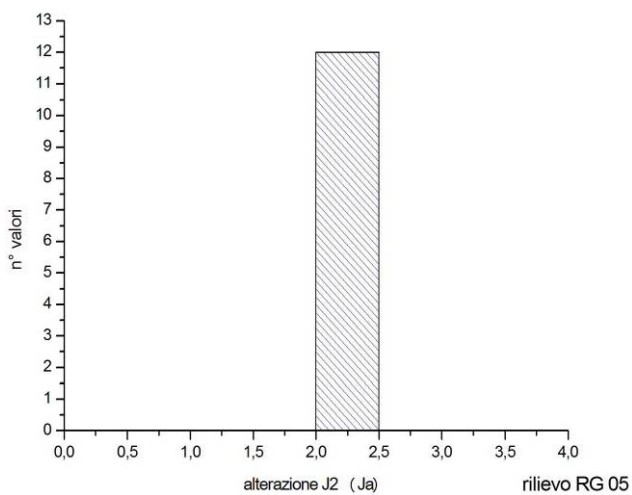
Spaziatura:  
Moda = 25 cm; Variabilità = 6-49 cm.



Persistenza:  
Moda = 1,5 m; Variabilità = 0,3-3 m.



Apertura:  
Moda = 0,5 mm; Variabilità = 0,1-1 mm.

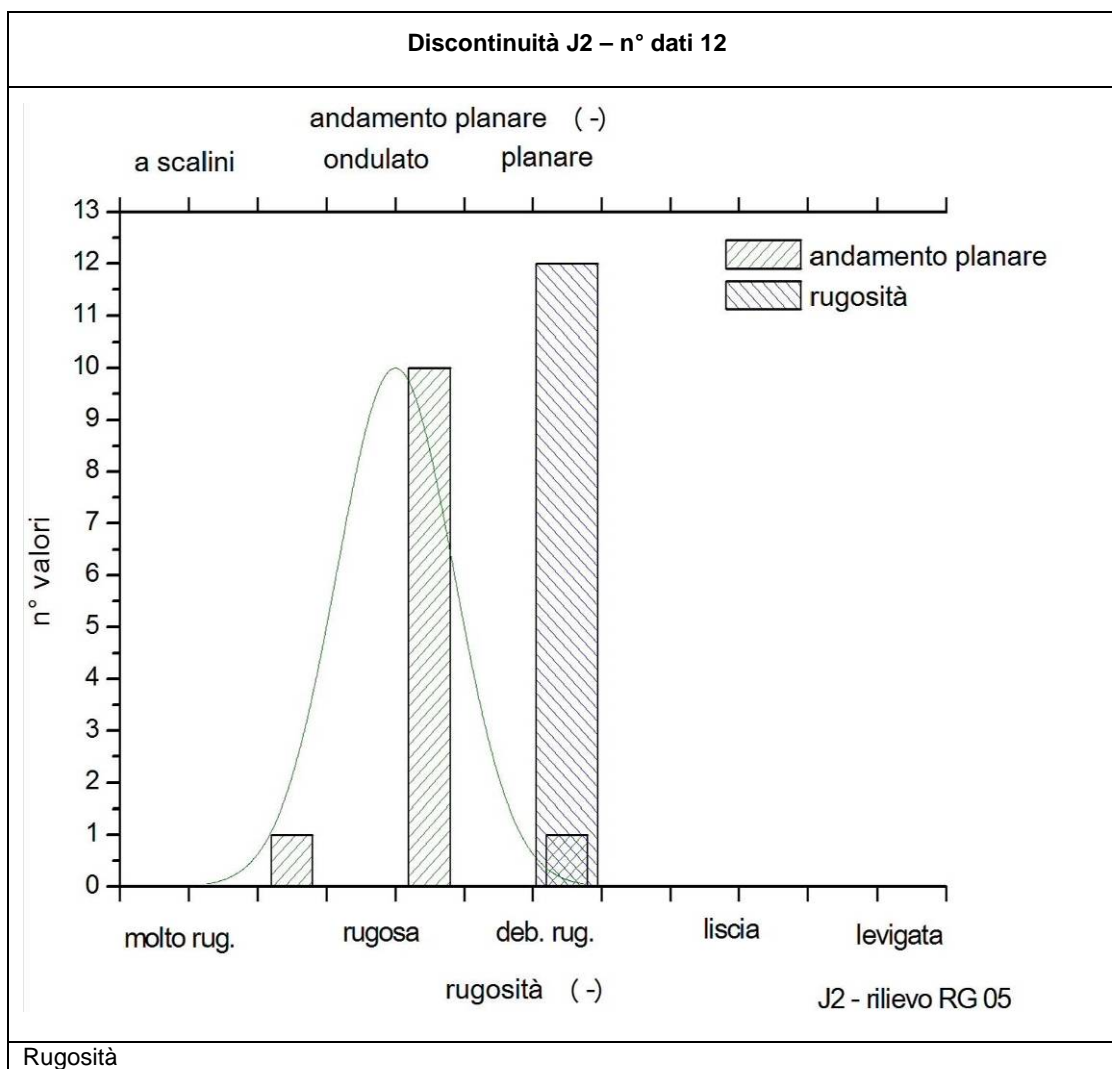


Alterazione = 1.



## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

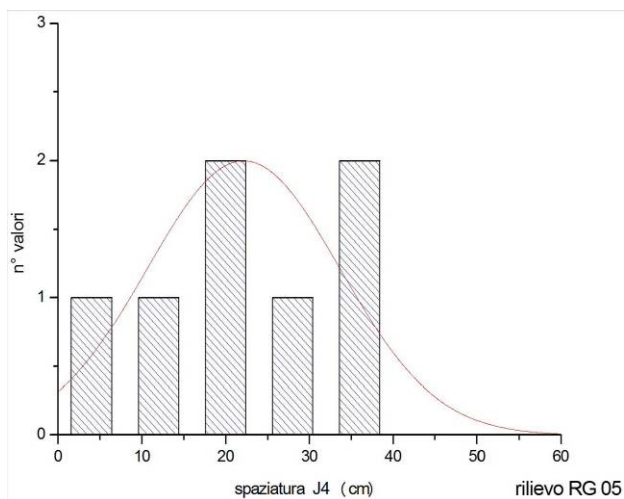




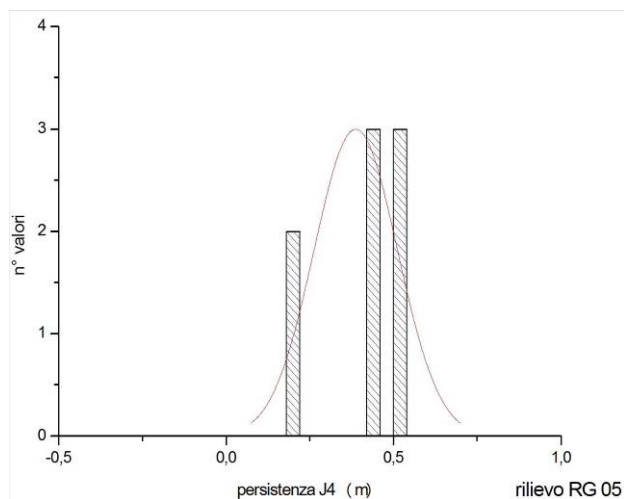
## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

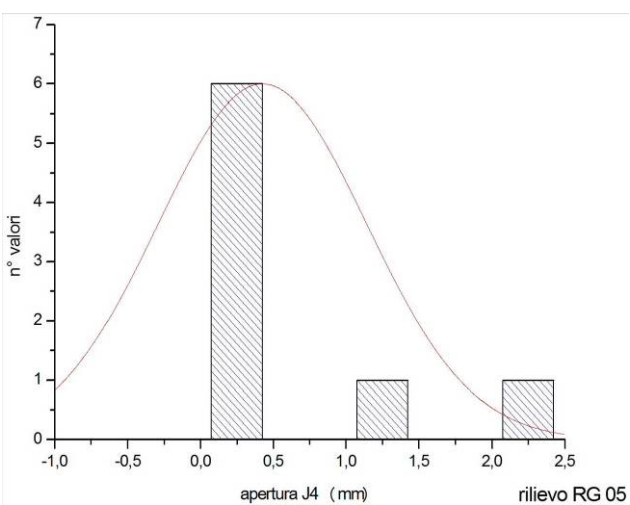
### Discontinuità J4 – n° dati 8



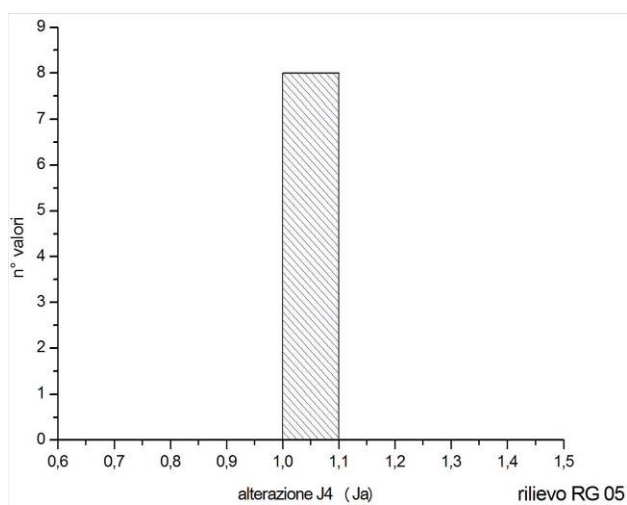
Spaziatura:  
Moda = 22 cm; Variabilità = 5-37 cm.



Persistenza:  
Moda = 0,35 m; Variabilità = 0,2-0,5 m.



Apertura:  
Moda = 0,45 mm; Variabilità = 0-2 mm.

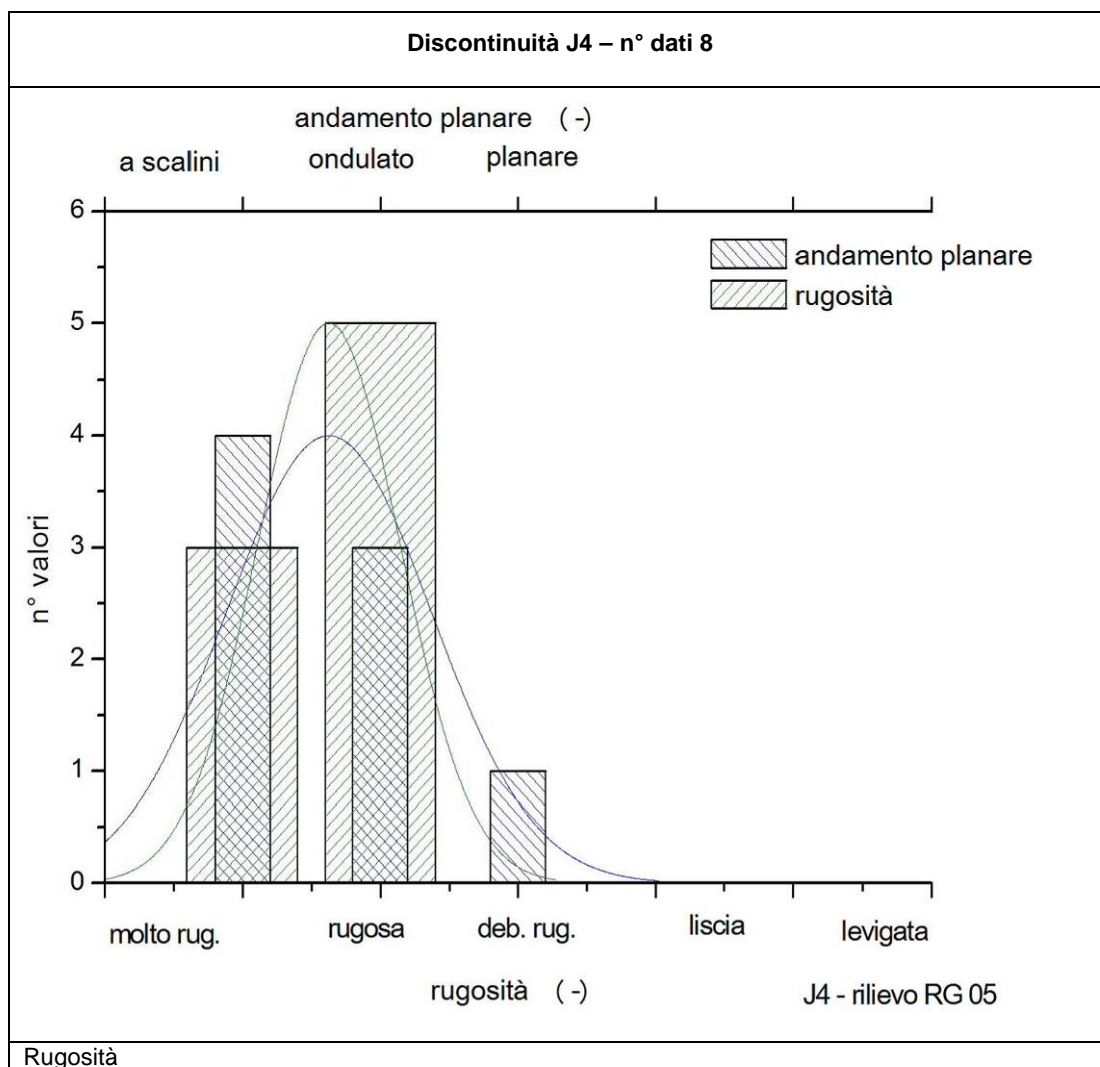


Alterazione = 1.



## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15



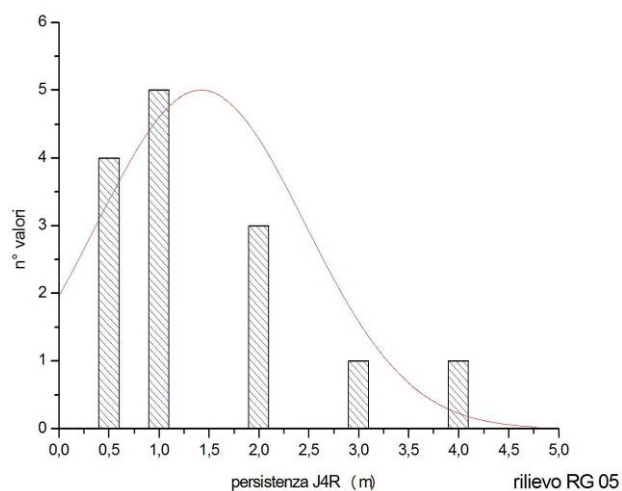
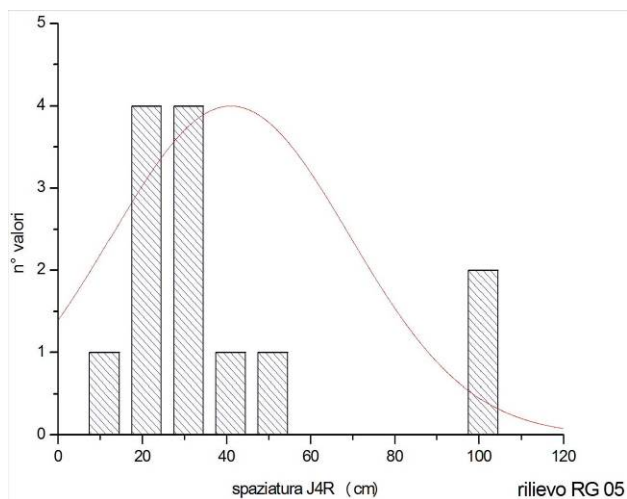




## COMUNE DI VERBANIA

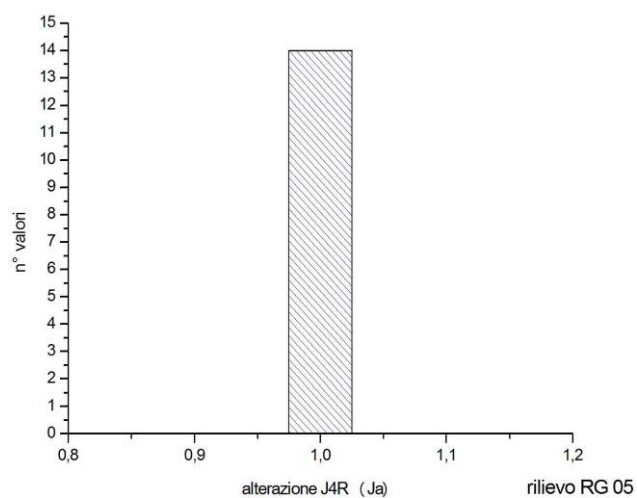
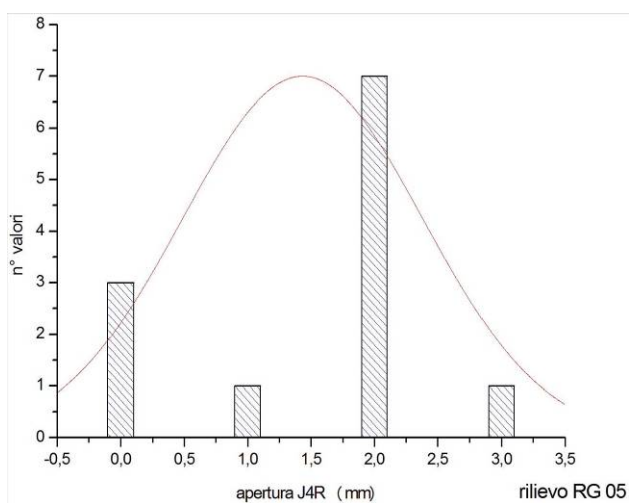
Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

### Discontinuità J4R – n° dati 14



Spaziatura:  
Moda = 42 cm; Variabilità = 15-100cm.

Persistenza:  
Moda = 1,4 m; Variabilità = 0,5-4 m.



Apertura:  
Moda = 1,4 mm; Variabilità = 0-3 mm.

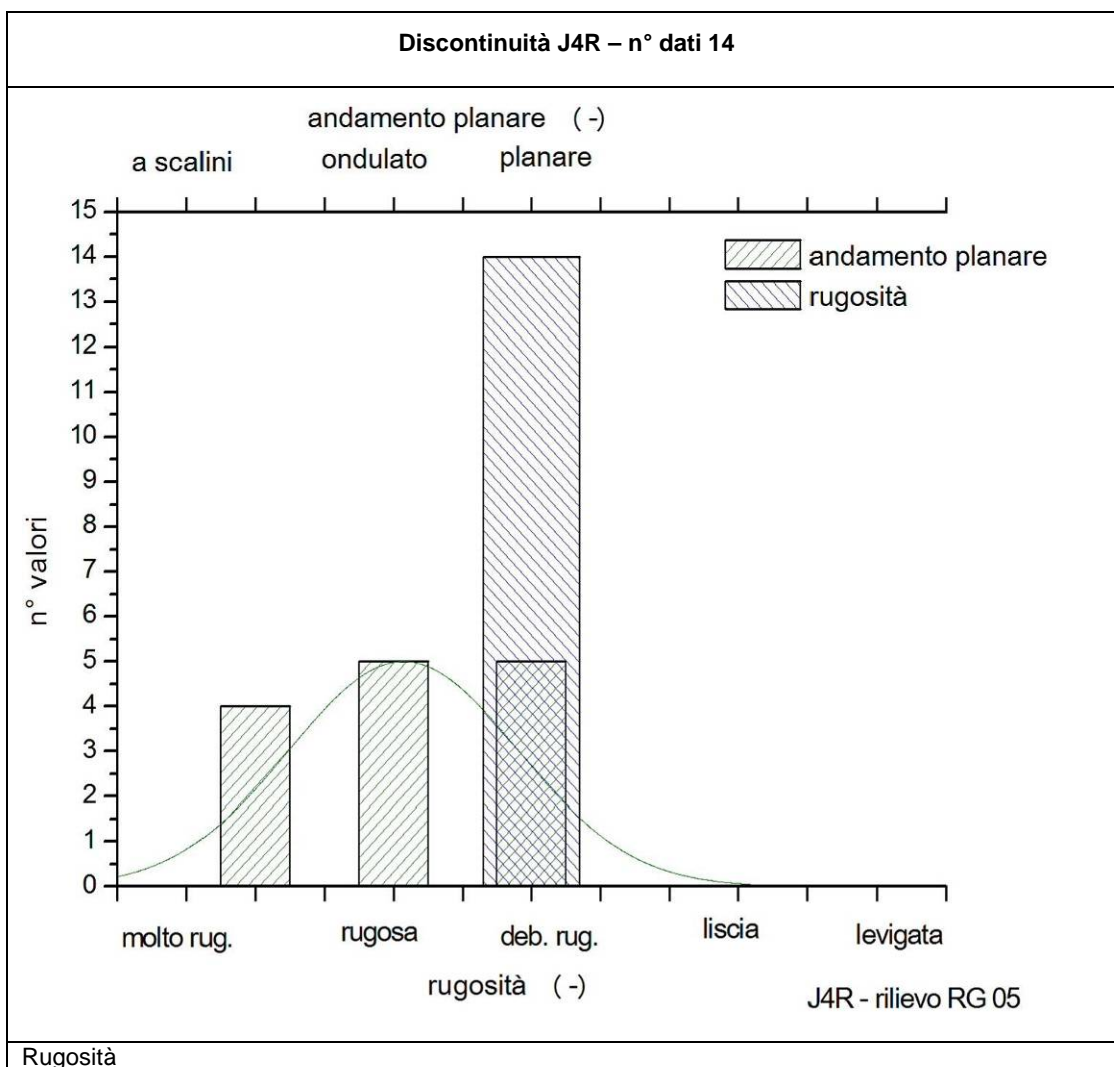
Alterazione = 1.





## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

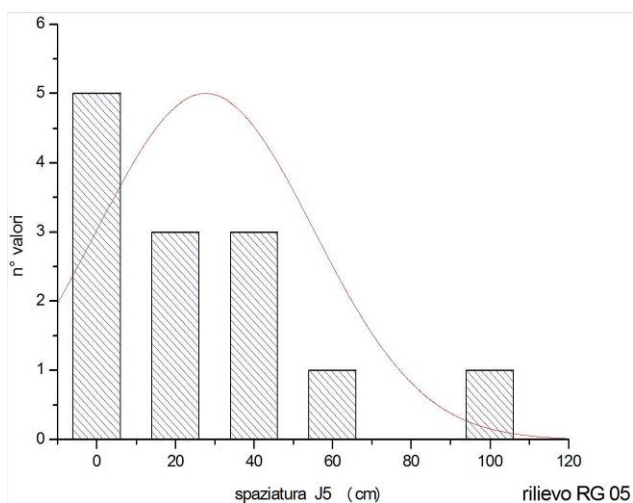




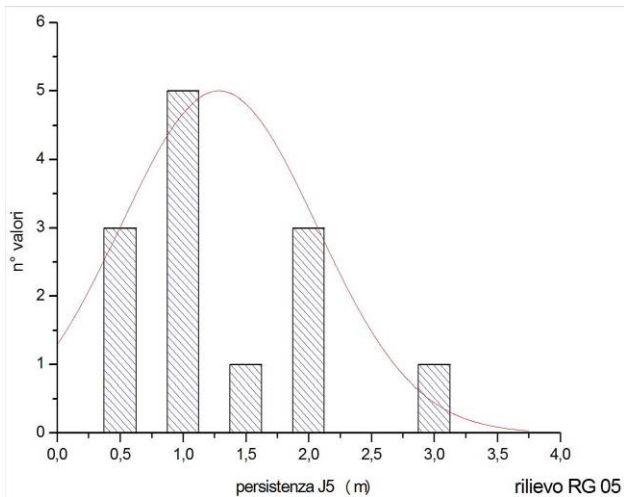
## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

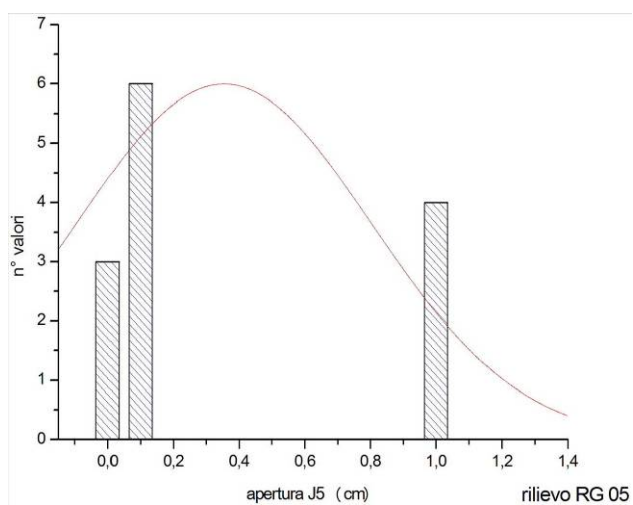
### Discontinuità J5 – n° dati 13



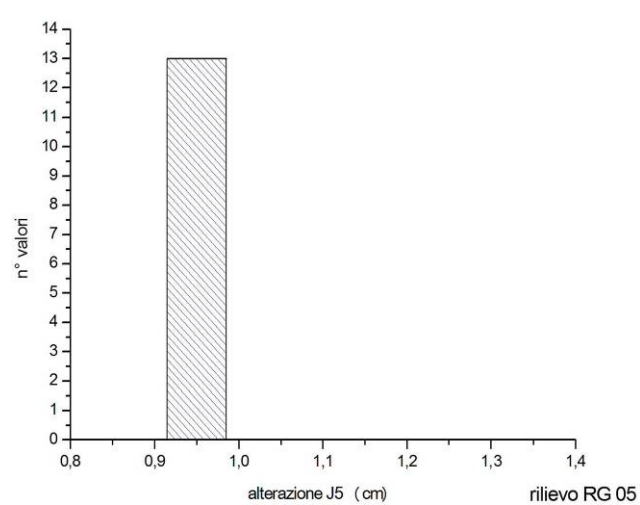
Spaziatura:  
Moda = 30 cm; Variabilità = 4-100 cm.



Persistenza:  
Moda = 1,3 m; Variabilità = 0,3-3 m.



Apertura:  
Moda = 30 mm; Variabilità = 4-100 mm.

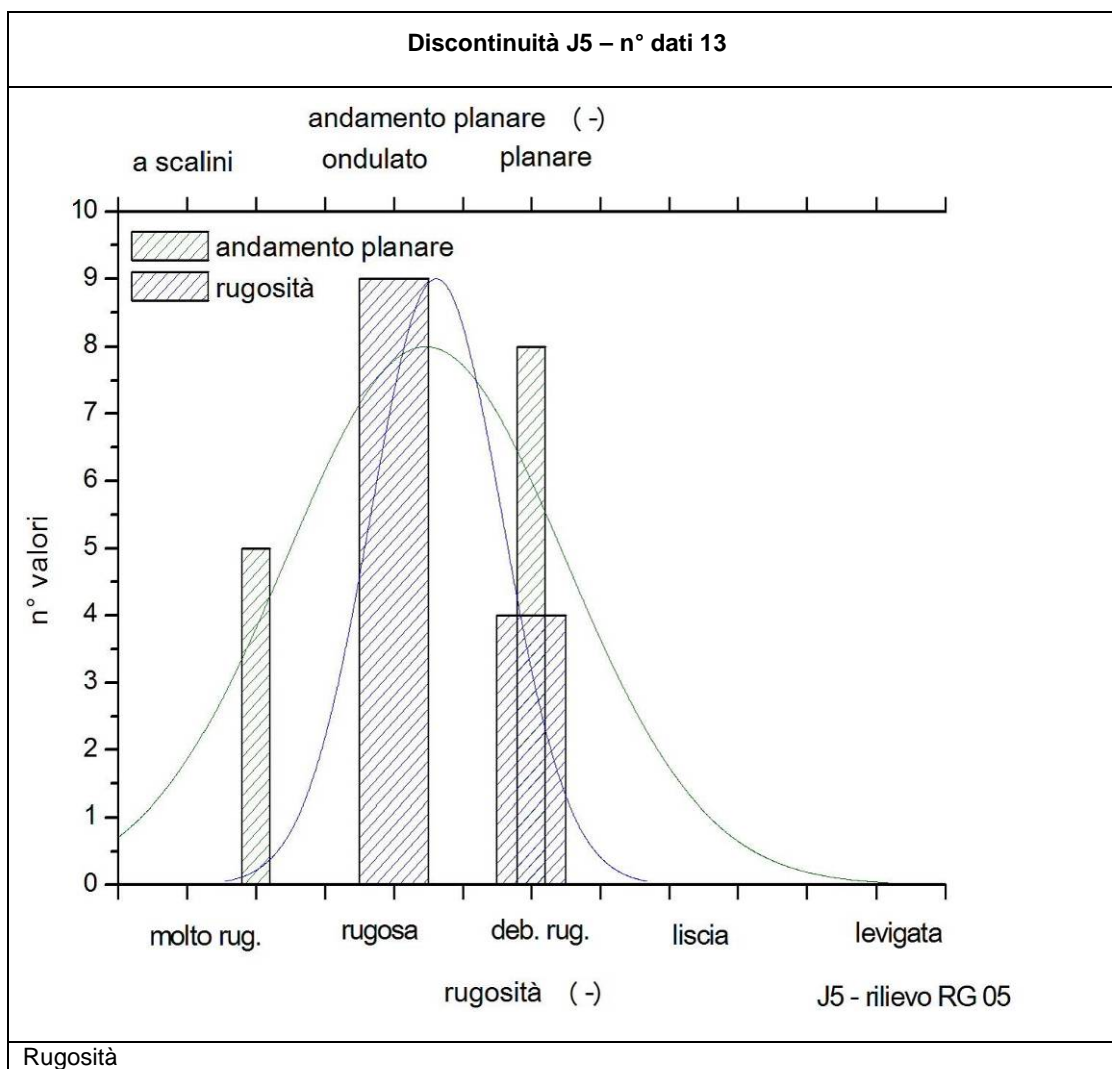


Alterazione = 1.



## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

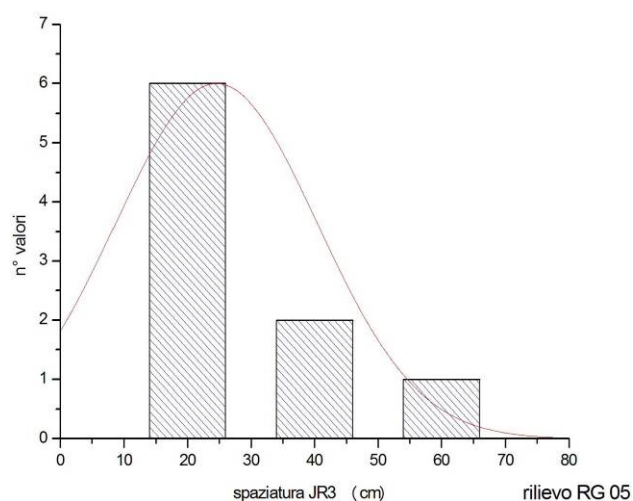




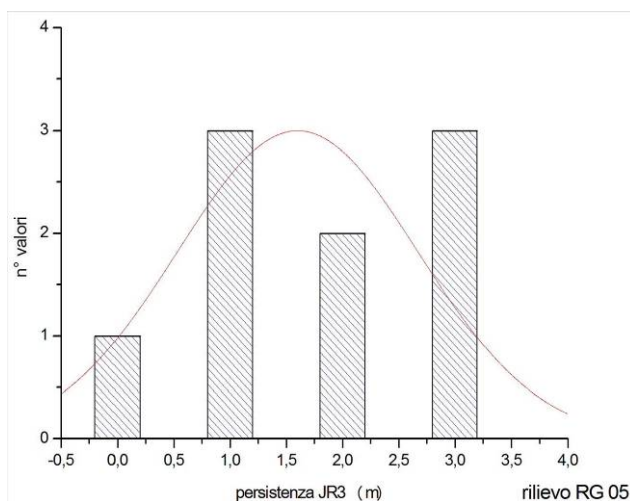
## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

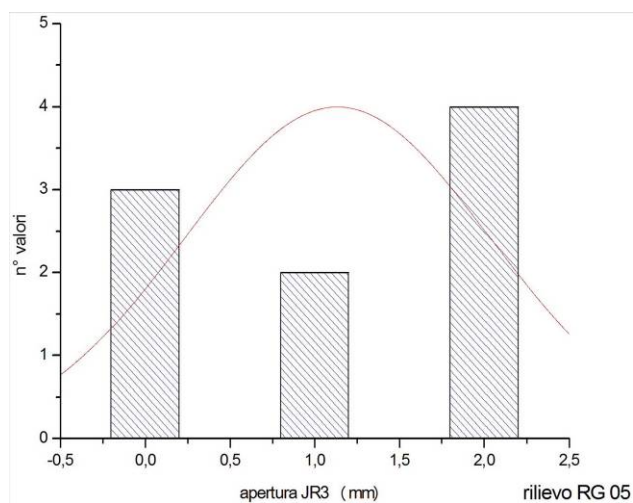
### Discontinuità JR3 – n° dati 9



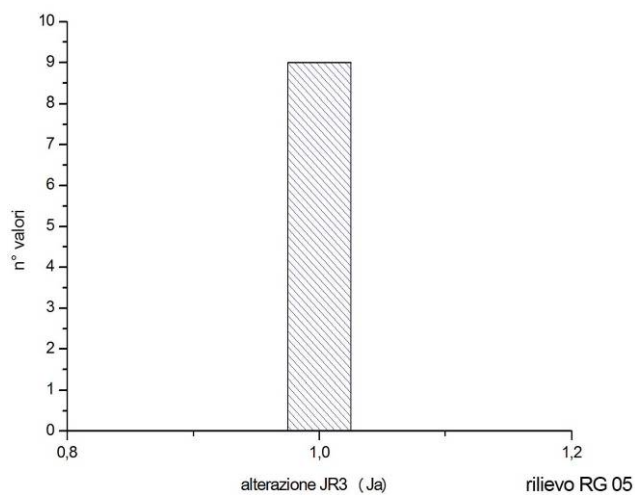
Spaziatura:  
Moda = 25 cm; Variabilità = 10-60 cm.



Persistenza:  
Moda = 1,7 m; Variabilità = 0,3-3 m.



Apertura:  
Moda = 1,2 mm; Variabilità = 0-2 mm.

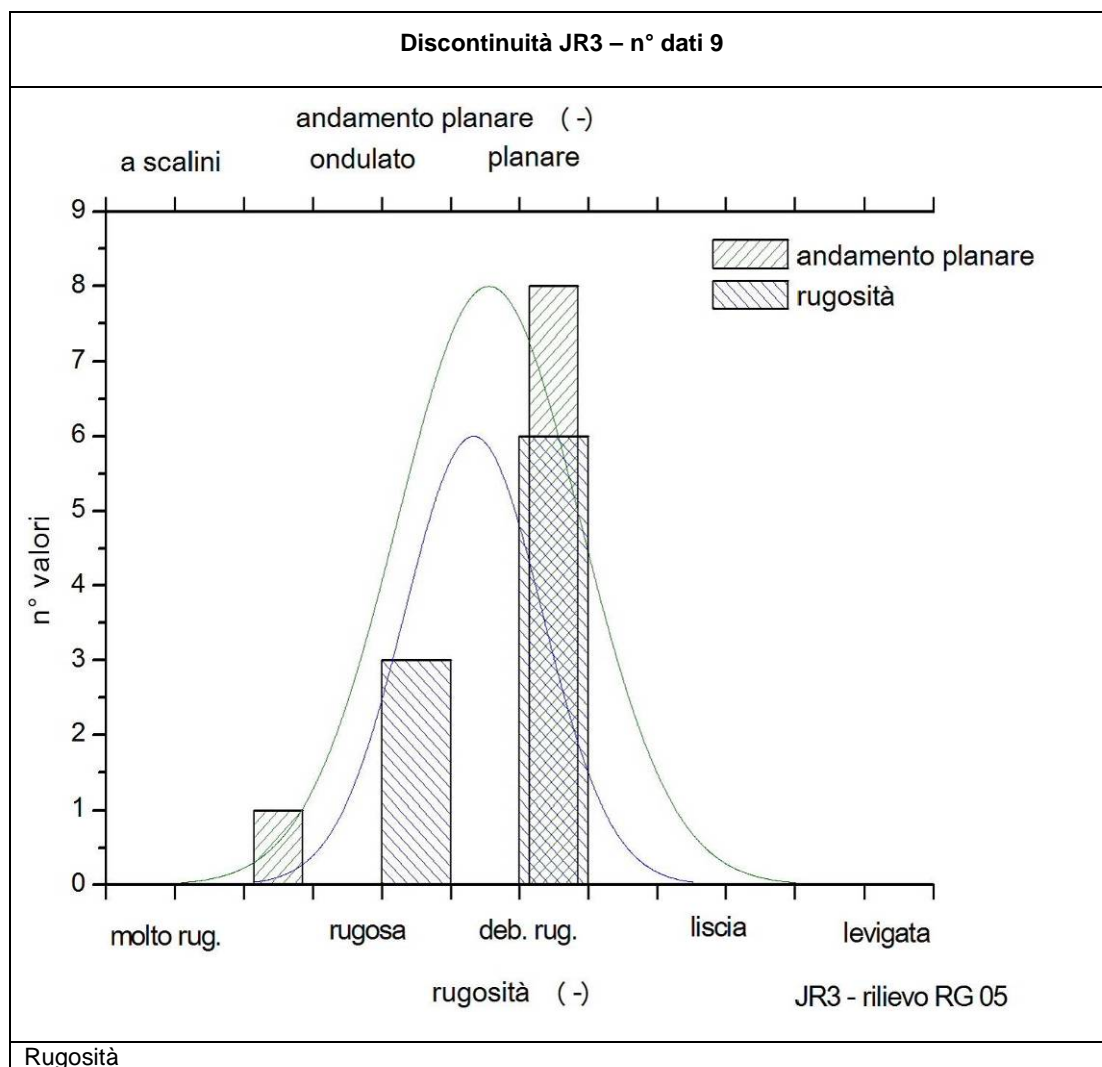


Alterazione = 1.



## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15





## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

Tabella 10.1: Classificazione geomeccanica dell'ammasso della stazione RG-5.

RG-5			
Origine del dato	Parametri	Valori	Rating
Condizioni generali dell'ammasso	UCS	100 (Mpa) da stima di terreno	12
	RQD	Media tra 90 e 15 (Da stima Jv)	13
Media tra le varie famiglie rilevate	spaz	30 cm	10
Valori delle superfici di scistosità Sp o della principale superficie di discontinuità presente	Pers	1,5 m	4
	Apert	0,5 mm	4
	Rugos	10-12 (Poco scabra)	3
	rienp	Assente	6
	alter	Debolmente alterate	5
Condizioni generali dell'ammasso	H2O	Umido	10
Direzione di avanzamento dello scavo e Sc o sistema di discontinuità principale	orientaz.	(Giacitura J2 e direzione scavo a 75°) - Favorevole	-2
Risultati delle elaborazioni			
	<b>RMR</b>		<b>65</b>
	<b>RMR'</b>		<b>72</b>
	<b>GSI</b>		<b>67</b>
	<b>Classe di Bieniawski calcolata su RMR</b>	Classe II	





## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

Tabella 10.2: Caratteri geomeccanici delle discontinuità misurate nella stazione RG-5.

Num.	RG-5 (Fronte: 70/197)													
	Famiglie	dip	dip dir	spaz	persist	apert	ondulazione	rugosità	Ja	Jcs - Ind	JCS (Mpa)	alteraz	riemp tipo	riemp (mm)
1	J4R	36	152	25	0,5	2	3	3	1	R5	100-250	2	/	/
2	J2	32	100	28	0,4	0,1	3	3	1	R5	100-250	2	/	/
3	J4R	40	166	30	3	1,5	3	3	1	R5	100-250	2	/	/
4	J4R	34	160	15	2	1	3	3	1	R5	100-250	2	/	/
5	J4R	30	158	26	4	1,5	3	3	1	R5	100-250	2	/	/
6	J4R	18	142	25	1	2	1	3	1	R5	100-250	2	/	/
7	J2	36	112	18	2	0,1	2	3	1	R5	100-250	2	/	/
8	J4R	26	152	45	1	0,1	2	3	1	R5	100-250	2	/	/
9	J4R	18	134	55	1	2	1	3	1	R5	100-250	2	/	/
10	J2	36	122	28	1,5	1	2	3	1	R5	100-250	2	/	/
11	J4R	38	132	21	2	3	2	3	1	R5	100-250	2	/	/
12	J4R	34	150	35	0,5	2	2	3	1	R5	100-250	2	/	/
13	J2	40	122	18	3	1	2	3	1	R5	100-250	2	/	/
14	J4R	30	146	34	1,8	0,1	1	3	1	R5	100-250	2	/	/
15	J2	46	112	15	1,5	1	2	3	1	R5	100-250	2	/	/
16	J2	38	103	10	1	0,1	1	3	1	R5	100-250	2	/	/
17	J2	40	102	22	3	1	2	3	1	R5	100-250	2	/	/
18	J2	45	98	49	2	0,1	2	3	1	R5	100-250	2	/	/



## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

Num.	RG-5 (Fronte: 70/197)													
	Famiglie	dip	dip dir	spaz	persist	apert	ondulazione	rugosità	Ja	Jcs - Ind	JCS (Mpa)	alteraz	riemp tipo	riemp (mm)
19	J2	34	102	30	1	0,1	2	3	1	R5	100-250	2	/	/
20	J2	40	100	25	1,8	0,1	2	3	1	R5	100-250	2	/	/
21	J4R	44	135	22	0,5	0	1	3	1	R5	100-250	2	/	/
22	J4R	24	164	100	0,6	2	2	3	1	R5	100-250	2	/	/
23	J4R	32	134	100	1	/	2	3	1	R5	100-250	2	/	/
24	J2	34	94	6	0,5	0,1	2	3	1	R5	100-250	2	/	/
25	J2	36	98	20	0,3	0,1	2	3	1	R5	100-250	2	/	/
26	J4R	32	158	/	1	/	3	3	1	R5	100-250	2	/	/
27		14	178	33	3	3	1	1	1	R5	100-250	2	/	/
28		8	200	50	13	1	1	1	1	R5	100-250	2	/	/
29		10	176	15	1,8	1	1	1	1	R5	100-250	2	/	/
30		14	20	40	1,5	0,1	1	1	1	R5	100-250	2	/	/
31		16	314	30	2	2	1	1	1	R5	100-250	2	/	/
32		20	356	25	1,5	1	1	1	1	R5	100-250	2	/	/
33		12	174	35	5	2	1	1	1	R5	100-250	2	/	/
34	J5	84	50	7	1	1	3	2	1	R5	100-250	2	/	/
35		88	72	13	0,3	0,1	3	2	1	R5	100-250	2	/	/
36	J5	82	52	35	0,4	0,1	1	2	1	R5	100-250	2	/	/
37	J5	76	58	4	0,3	0,1	1	2	1	R5	100-250	2	/	/
38		70	40	65	0,3	2	1	2	1	R5	100-250	2	/	/
39		70	58	50	2	0,1	1	2	1	R5	100-250	2	/	/

10-17



## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

Num.	RG-5 (Fronte: 70/197)													
	Famiglie	dip	dip dir	spaz	persist	apert	ondulazione	rugosità	Ja	Jcs - Ind	JCS (Mpa)	alteraz	riemp tipo	riemp (mm)
40	J5	80	64	20	1	0,1	1	2	1	R5	100-250	2	/	/
41		70	64	70	3	0	3	3	1	R5	100-250	2	/	/
42	J5	86	66	100	1	0	1	3	1	R5	100-250	2	/	/
43		78	244	10	2,3	1	1	3	1	R5	100-250	2	/	/
44	J5	84	62	40	3	1	1	3	1	R5	100-250	2	/	/
45	J5	86	52	5	1	0,1	3	3	1	R5	100-250	2	/	/
46	J5	80	230	10	0,5	1	3	3	1	R5	100-250	2	/	/
47	J5	80	230	33	1	0,1	3	2	1	R5	100-250	2	/	/
48	J5	86	220	8	2	0,1	3	2	1	R5	100-250	2	/	/
49	J5	88	222	9	1,5	0	3	2	1	R5	100-250	2	/	/
50	J5	88	232	28	2	1	3	2	1	R5	100-250	2	/	/
51	J5	82	230	60	2	0	3	2	1	R5	100-250	2	/	/
52	JR3	76	212	13	0,5	0,1	3	3	1	R5	100-250	2	/	/
53		75	220	9	1	0	3	3	1	R5	100-250	2	/	/
54		86	38	150	1	0	1	3	1	R5	100-250	2	/	/
55		72	48	45	1,5	1	2	3	1	R5	100-250	2	/	/
56		58	38	/	2	0,5	1	2	1	R5	100-250	2	/	/
57		64	152	10	0,5	1	1	3	1	R5	100-250	2	/	/
58	JR3	64	206	25	0,3	2	3	3	1	R5	100-250	2	/	/
59	JR3	78	197	18	0,6	2	3	3	1	R5	100-250	2	/	/
60	JR3	70	200	35	2	0	3	3	1	R5	100-250	2	/	/

10-18



## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

Num.	RG-5 (Fronte: 70/197)													
	Famiglie	dip	dip dir	spaz	persist	apert	ondulazione	rugosità	Ja	Jcs - Ind	JCS (Mpa)	alteraz	riemp tipo	riemp (mm)
61	JR3	76	210	30	2,5	2	3	2	1	R5	100-250	2	/	/
62	JR3	72	196	10	1	1	3	2	1	R5	100-250	2	/	/
63	JR3	78	196	20	3	1	1	3	1	R5	100-250	2	/	/
64	JR3	74	212	60	1,5	2	3	3	1	R5	100-250	2	/	/
65		72	134	5	2	2	3	3	1	R5	100-250	2	/	/
66	JR3	71	202	10	3	0,1	3	2	1	R5	100-250	2	/	/
67		80	33	25	2	1	2	3	1	R5	100-250	2	/	/
68		64	80	7	3	0	3	3	1	R5	100-250	2	/	/
69		60	88	180	2	0,1	3	3	1	R5	100-250	2	/	/
70		60	92	0,7	3,3	0,1	2	3	1	R5	100-250	2	/	/
71		60	102	120	1,5	0,1	3	3	1	R5	100-250	2	/	/
72		86	260	50	3,5	0,1	3	3	1	R5	100-250	2	/	/
73		50	90	150	3	1	2	3	1	R5	100-250	2	/	/
74		80	90	300	2	0,1	3	3	1	R5	100-250	2	/	/
75		78	84	160	2,5	1	3	3	1	R5	100-250	2	/	/
76		56	108	/	1,5	4	1	2	1	R5	100-250	2	/	/
77		54	300	75	1	0	1	3	1	R5	100-250	2	/	/
78		42	300	40	0,3	0	1	3	1	R5	100-250	2	/	/
79	J4	48	320	37	0,4	0,1	2	2	1	R5	100-250	2	/	/
80	J4	36	320	12	0,2	0	3	1	1	R5	100-250	2	/	/
81	J4	34	327	32	0,5	0,1	2	2	1	R5	100-250	2	/	/

10-19



## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

Num.	RG-5 (Fronte: 70/197)													
	Famiglie	dip	dip dir	spaz	persist	apert	ondulazione	rugosità	Ja	Jcs - Ind	JCS (Mpa)	alteraz	riemp tipo	riemp (mm)
82	J4	40	310	5	0,4	1	2	2	1	R5	100-250	2	/	/
83	J4	30	334	18	0,2	0	1	2	1	R5	100-250	2	/	/
84	J4	38	336	21	0,5	0,1	1	2	1	R5	100-250	2	/	/
85		20	342	24	0,3	1	1	2	1	R5	100-250	2	/	/
86	J4	38	334	30	0,5	2	1	1	1	R5	100-250	2	/	/
87	J4	44	336	/	0,4	0,1	1	1	1	R5	100-250	2	/	/



**COMUNE DI VERBANIA**

**Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15**

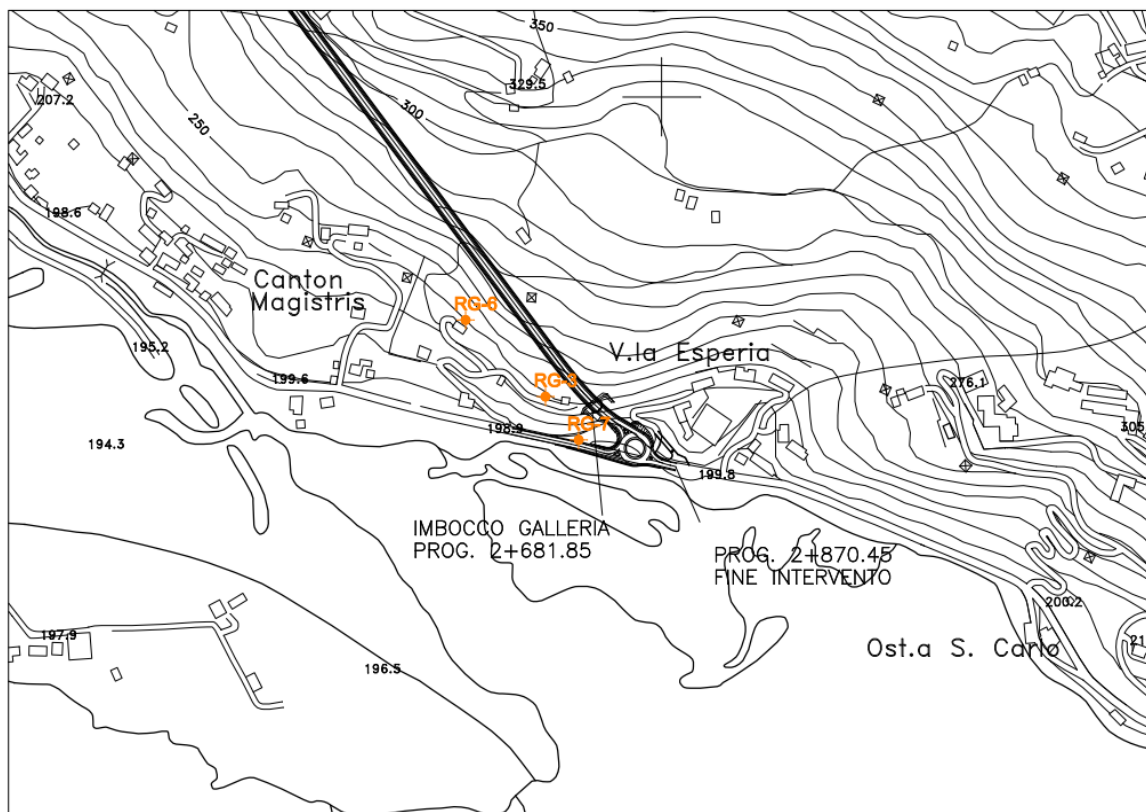
**11 RILIEVO GEOMECCANICO SPEDITIVO – RG–6**





**COMUNE DI VERBANIA**

**Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15**



*Figura 11.1 : Ubicazione rilievo geomeccanico speditivo RG-6. (Non in scala).*

Inserire la scheda di sintesi sul rilievo RG-06



## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

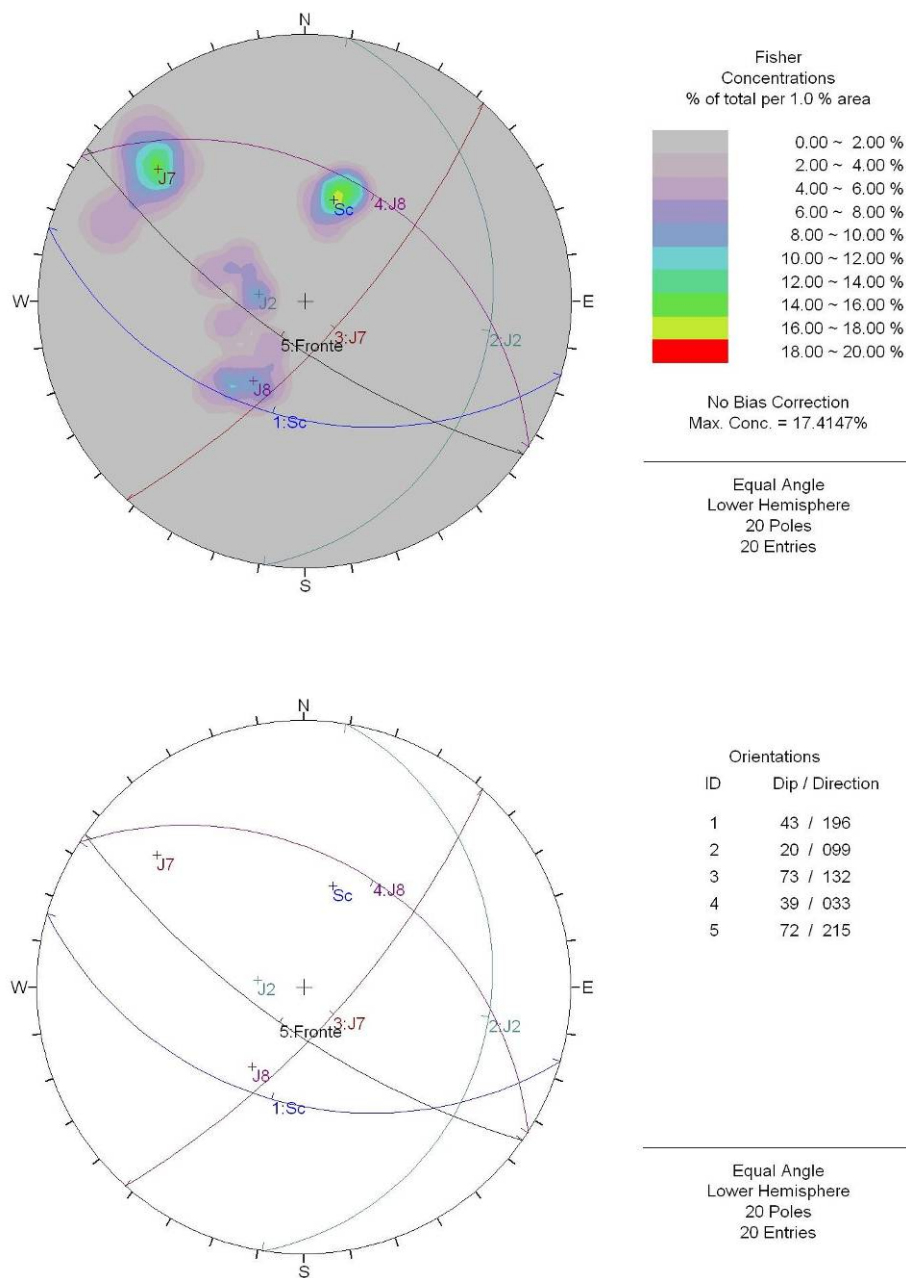


Figura 11.2 : Proiezioni stereografiche del rilievo geomeccanico speditivo RG-6.



## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

Tabella 11.1: Classificazione geomeccanica dell'ammasso della stazione RG-6.

RG-6			
Origine del dato	Parametri	Valori	Rating
Condizioni generali dell'ammasso	UCS	25 (Mpa) da prove di lab	2
	RQD	15 (Da stima Jv)	3
Media tra le varie famiglie rilevate	spaz	25 cm	10
Valori delle superfici di scistosità Sp o della principale superficie di discontinuità presente	Pers	10 m	2
	Apert	0,1 mm	4
	Rugos	10-12 (Poco scabra)	3
	rienp	Assente	6
	alter	Debolmente alterate	5
Condizioni generali dell'ammasso	H2O	Umido	10
Direzione di avanzamento dello scavo e Sc o sistema di discontinuità principale	orientaz.	(Giacitura Sc e direzione scavo a 323°) - Sfavorevole	-10
Risultati delle elaborazioni			
	<b>RMR</b>		<b>35</b>
	<b>RMR'</b>		<b>50</b>
	<b>GSI</b>		<b>45</b>
	<b>Classe di Bieniawski calcolata su RMR</b>	Classe IV	



**COMUNE DI VERBANIA**

**Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15**

**12 RILIEVO GEOMECCANICO SPEDITIVO – RG-7**



**COMUNE DI VERBANIA**

**Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15**

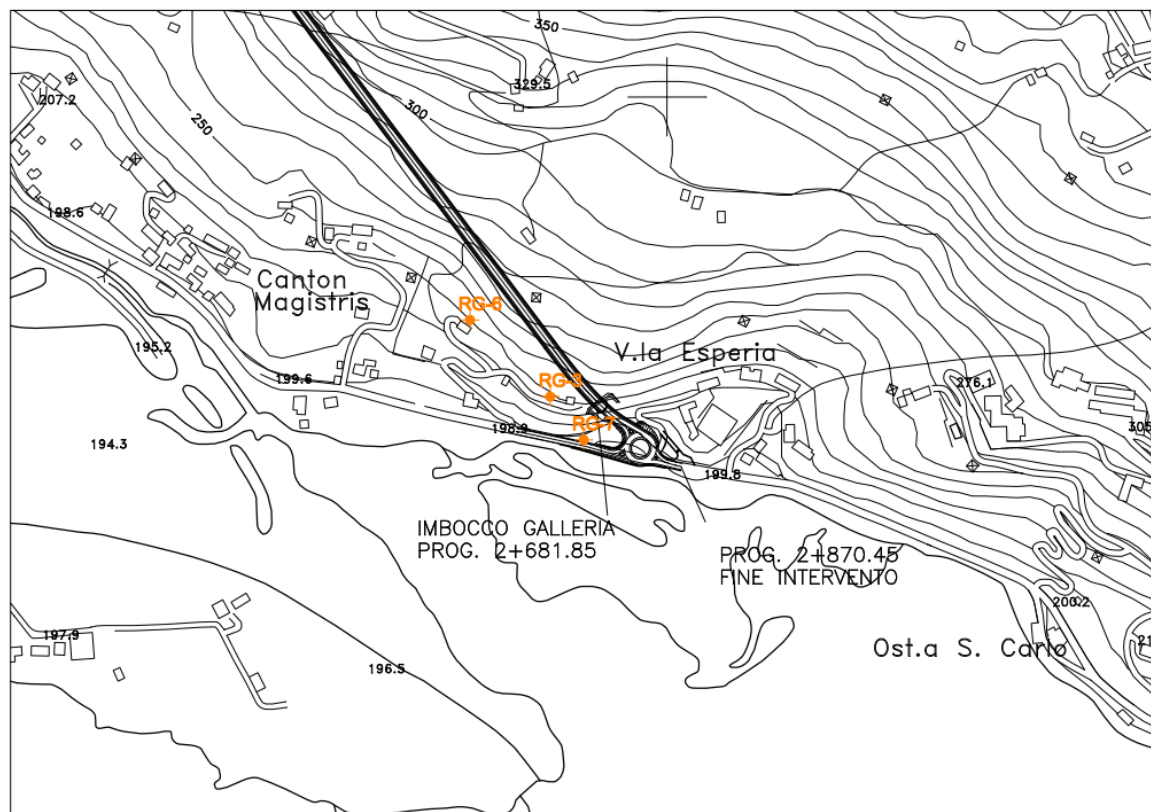


Figura 12.1 : Ubicazione rilievo geomeccanico speditivo RG-7.(Non in scala).



Inserire la scheda di sintesi sul rilievo RG-07



## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

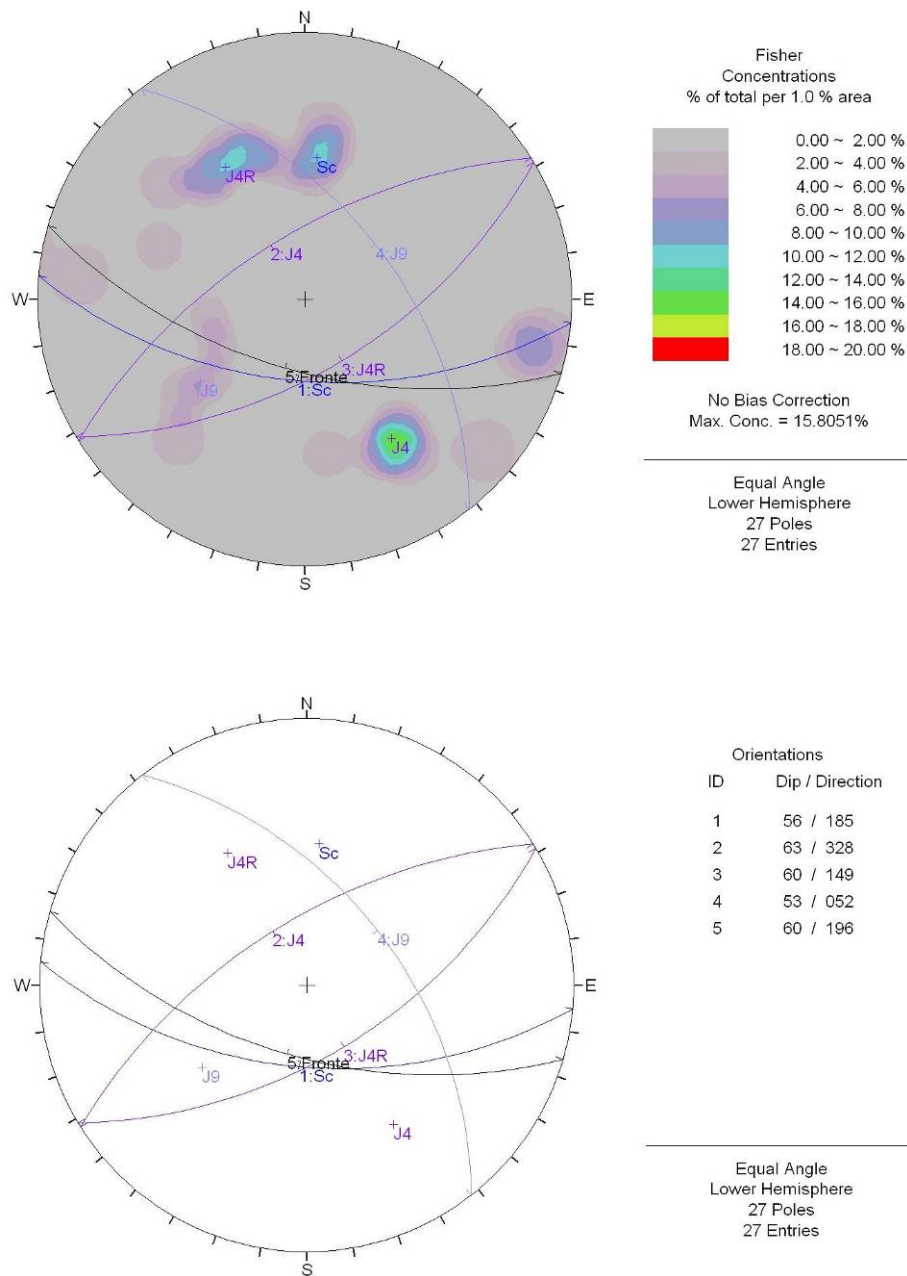


Figura 12.2 : Proiezioni stereografiche del rilievo geomeccanico speditivo RG-7.



## COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

Tabella 12.1: Classificazione geomeccanica dell'ammasso della stazione RG-7.

RG-07			
Origine del dato	Parametri	Valori	Rating
Condizioni generali dell'ammasso	UCS	25 (Mpa) da prove di lab	2
	RQD	90 (Da stima Jv)	20
Media tra le varie famiglie rilevate	spaz	50 cm	10
Valori delle superfici di scistosità Sp o della principale superficie di discontinuità presente	Pers	3 m	2
	Apert	0,1 mm	4
	Rugos	10-12 (Poco scabra)	3
	rienp	Assente	6
	alter	Debolmente alterate	5
Condizioni generali dell'ammasso	H2O	Asciutto	15
Direzione di avanzamento dello scavo e Sc o sistema di discontinuità principale	orientaz.	(Giacitura Sc e direzione scavo a 323°) - Poco favorevole	-5
Risultati delle elaborazioni			
	RMR		62
	RMR'		67
	GSI		62
	Classe di Bieniawski calcolata su RMR	Classe II	



### **13 BIBLIOGRAFIA**

AFTES-Working Group n°1: Text for recommendations for a description of rock masses useful for examining the stability of underground works - Tunnels et Ouvrages Souterrains, No.117, May-June 1993, pp.22-31.

BARTON, N. The shear strength of rock and rock joints. Int. J. Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr. 13 (19), 1-24, 1976

BARTON N. & CHOUBEY V.: The shear strength of rock joint in theory and practice. Rock Mech. , vol.10, Springer-Verlag, Wien, 1977.

BIENIAWSKI Z. T.: Engineering Rock Mass Classifications. New York: John Wiley and sons, 1989.

DEERE D.U. & MILLER R.P.: Engineering classification and index properties of rock. Technical report No. AFNL-TR-65-116, 1966.

HOEK E.: Rock Engineering course notes. Pubblicazione on line su [www.rockscience.com](http://www.rockscience.com), 1998

HOEK E.: Predicting squeeze. Tunnels & Tunneling International, Novembre 2000

HOEK E. & BRAY J.: Rock Slope Engineering. Institution of Mining and Metallurgy, London, 1974.

HOEK E. & BROWN E.T.: Underground excavations in rock. London: Institute of Mining and Metallurgy, 1980

HOEK E. & BROWN E.T : Practical estimates of rock mass strength - Int. J. Rock Mech. Min. Sc. & Geomech. Abstr. 34(8), pp.1165-1185, 1997

HOEK E., KAISER P.K. & BAWDEN W.F.: Support of underground excavations in hard rock - Balkema, Rotterdam, 215p, 1995

HOEK E., MARINOS P. & BENISSI M: Applicability of the Geological Strength Index (GSI) classification for very weak and sheared rock masses. The case of the Athens Schist Formation. Bulletin of the International Association of Engineering Geology, 1998.

ISRM: Suggested methods for the quantitative description of discontinuities in rock masses, Int. J. Rock Mech. & Mm. Sci., vol.15, n.1 1978

ISRM: Basic Geotechnical Description of Rock Masses. Int. J. Rock Mech. & Mm. Sci., vol.18, n.1, 1981.

PRIEST S.D. & HUDSON J.A.: Discontinuity spacing in rock. Int. J. Rock Mech. Mm. Sci. & Geomech. Abstr. n.13, 1976.

PRIEST S.D. & HUDSON J.A.: Estimation of discontinuity spacings and trace length using scanline surveys. Int. J. Rock Mech. Mm. Sci. & Geomech. Abstr. n.18, 1981.



**COMUNE DI VERBANIA**

**Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15**

PRIEST S.D.: Hemispherical projections in rock mechanics. George Allen & Unwin, 1985.

RAMSAY J.G & HUBER M.I.: Modern structural geology, vol. 1 & 2. Academic Press, 1987

THURO K. & SCHOLZ M.: Deep weathering and alteration in granites – A product of coupled processes. Royal Institute of Technology (KTH), Stockholm, Sweden, 13-15, October 2003, [www.geoproc.org](http://www.geoproc.org)