

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



## INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N. 443/01e s.m.i.



Progetto cofinanziato  
dalla Unione Europea

CUP: J94F04000020001

### U.O. GEOLOGIA, GESTIONE TERRE E BONIFICHE

### PROGETTO DEFINITIVO

#### ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA

#### ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA

#### LOTTO 1: FORTEZZA - PONTE GARDENA

#### GEOLOGIA ED IDROGEOLOGIA

#### RELAZIONE GEOLOGICA FINESTRA FUNES - FINESTRA FORCH

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

I B L 1    1 A    D    6 9    R G    G E 0 2 0 1    0 0 1    B

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato
B	Emissione per ottemperanza prescrizioni	G. Benedetti <i>[Signature]</i>	Mar. 2018	S.Rodani <i>[Signature]</i>	Mar. 2018	C. Mazzocchi <i>[Signature]</i>	Mar. 2018	F. Marchesi Mar. 2018

File:

n. Elab.:

ITALFERR  
Dott. Geologo  
UO GEOLOGIA, GESTIONE TERRE E BONIFICHE  
Ordine Geologi n. 179 ES

## INDICE

1	INTRODUZIONE .....	4
2	INQUADRAMENTO GEOLOGICO .....	5
3	SONDAGGI GEOGNOSTICI.....	6
4	ASPETTI GEOMORFOLOGICI .....	7
5	STRATIGRAFIA .....	8
5.1	BASAMENTO METAMORFICO ERCINICO.....	8
5.1.1	<i>BSS - Filladi a granati (Fillade quarzifera di Bressanone Auct.)</i> .....	8
5.1.2	<i>BSSa - Filladi ricche in quarzo (Fillade quarzifera di Bressanone Auct.)</i> .....	8
5.1.3	<i>FMG - formazione di Gudon (Fillade quarzifera di Bressanone Auct.)</i> .....	10
5.2	INTRUSIONI PERMIANE .....	11
5.2.1	<i>δ (Dioriti Quarzifere di Chiusa)</i> .....	11
5.3	VULCANITI PERMIANE .....	12
5.3.1	<i>VUL (Vulcanismo Permiano indifferenziato)</i> .....	12
5.4	QUATERNARIO .....	12
5.4.1	<i>Depositi deltizi glaciolacustri (Dlt)</i> .....	12
5.4.2	<i>Depositi fluvio-glaciali, glacio-lacustri, morene (df)</i> .....	13
5.4.3	<i>Alluvioni antiche di primo (at1) e secondo ordine (at2)</i> .....	13
5.4.4	<i>Depositi alluvionali attuali (aa) e recenti (ar)</i> .....	13
5.4.5	<i>Frane inattive (fi)</i> .....	13
5.4.6	<i>Detriti di versante e depositi da debris flow (d)</i> .....	14
5.4.7	<i>Depositi antropici (h)</i> .....	14
5.4.8	<i>Conoidi di detrito (cd)</i> .....	14
6	SISMICITÀ.....	14
6.1	CLASSIFICAZIONE SISMICA .....	14
6.2	SORGENTI SISMOGENETICHE.....	16

7	MODELLO GEOLOGICO .....	18
7.1	FINESTRA DI FORCH.....	18
7.2	FINESTRA DI FUNES .....	19
8	ASPETTI IDROGEOLOGICI.....	19
8.1	PERMEABILITÀ DELLE UNITÁ GEOLOGICHE.....	19
8.2	CLASSI DI PERMEABILITÀ .....	21
8.3	PERMEABILITÀ DEI DEPOSITI QUATERNARI.....	22
8.3.1	<i>Depositi fluvioglaciali (df)</i> .....	22
8.3.2	<i>Depositi alluvionali (ar, at1, at2)</i> .....	23
8.3.3	<i>Depositi deltizi glaciolacustri (Dlt)</i> .....	24
8.3.4	<i>Detrito di versante (d, cd)</i> .....	24
8.3.5	<i>Depositi di frana (fi)</i> .....	25
8.4	PERMEABILITÀ DEL SUBSTRATO .....	26
8.4.1	<i>Filladi (BSS, BSSa)</i> .....	26
8.4.2	<i>Porfiroidi (p) e filoni andesitici (α)</i> .....	26
8.5	PIEZOMETRI.....	27
8.6	CARTA IDROGEOLOGICA.....	28
9	BIBLIOGRAFIA.....	30

## 1 INTRODUZIONE

L'areale interessato dal tracciato del Lotto 1 Fortezza – Ponte Gardena (Quadruplicamento della linea Fortezza – Verona, accesso sud alla galleria di base del Brennero, asse ferroviario Monaco – Verona) insiste su parte del bacino idrografico del Fiume Isarco e di alcuni suoi tributari (Fig. 1). Le principali opere previste sono la galleria Scaleres, in destra idrografica Isarco e la galleria Gardena, in sinistra, separate un breve tratto in viadotto in corrispondenza dell'Isarco all'altezza della val di Funes. L'attuale progetto prevede inoltre le gallerie relative alle finestre di Forch, Albes, Funes e Chiusa e le gallerie di interconnessione di Ponte Gardena.

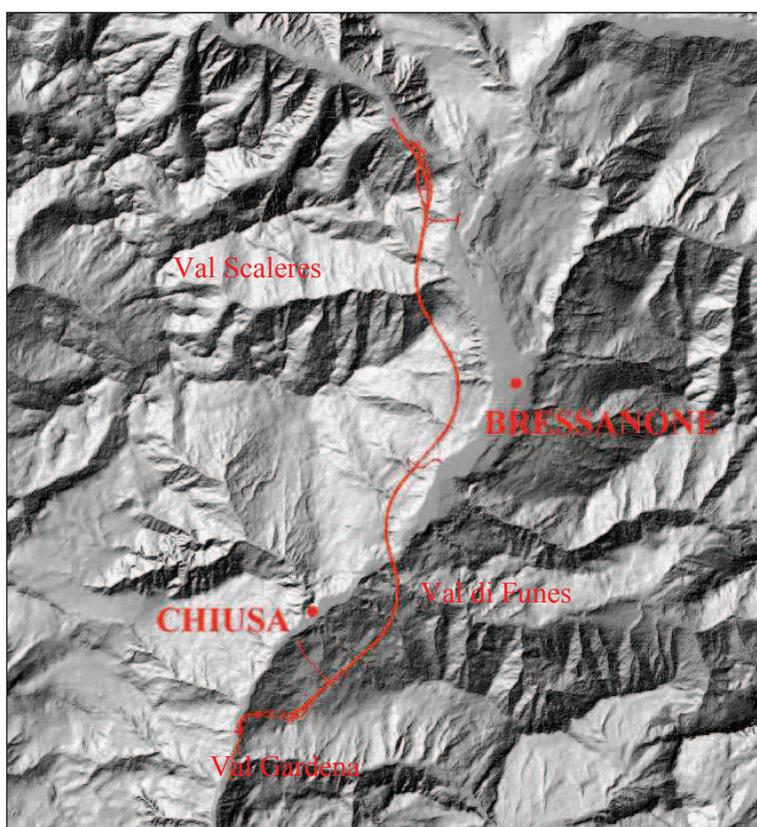


Figura 1– Modello digitale del territorio, in rosso il tracciato del lotto 1

Il presente documento sintetizza gli aspetti geologici riguardanti le variazioni di tracciato rispetto alla configurazione di progetto 2013, introdotte a seguito del recepimento delle prescrizioni relative alla finestra di Funes e alla Finestra di Forch (ex finestra di Aica - Varna).

Tali informazioni saranno espone in riferimento ai nuovi dati geologici acquisiti nell'ambito di una recente campagna di studi di terreno e di indagini geognostiche condotta durante il 2017 ed in fase di ultimazione e che ha prodotto un aggiornamento dei pregressi dati di progetto. Dal 2013 è inoltre attivo il monitoraggio idrogeologico di una serie di punti d'acqua che è giunto alla terza annualità.

Alla presente relazione si accompagnano i seguenti elaborati cartografici che la integrano e la completano:

- Plano profilo geologico Finestra Funes (IBL11AD69L5GE0201001A)

- Piano profilo geologico Finestra Forch (IBL11AD69L5GE0201002A)
- Piano profilo idrogeologico Finestra Funes (IBL11AD69L5GE0202001A)
- Piano profilo idrogeologico Finestra Forch (IBL11AD69L5GE0202002A)

## 2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'area interessata dal presente lavoro si colloca nel segmento alpino a sud della lineamento Insubrico, il quale rappresenta il sistema tettonico che separa il cuneo orogenico nord-vergente dal Sud Alpino (sud-vergente). L'area indagata si sviluppa a sud di tale lineamento, nel dominio delle Alpi meridionali caratterizzato da un basamento ercinico e da successioni vulcaniche e sedimentarie di età Permo-mesozoica (Figura 2).

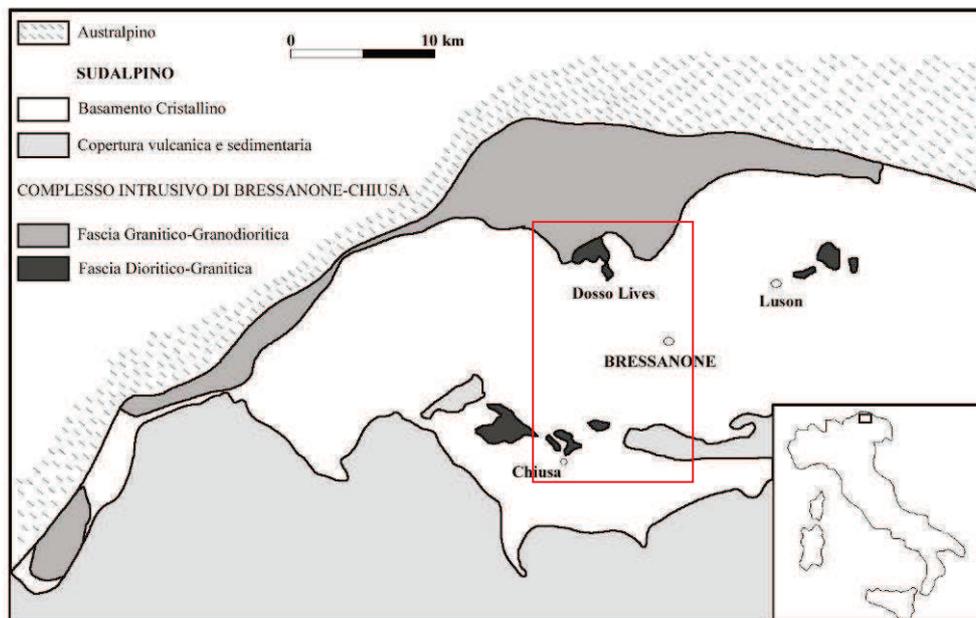


Figura 2 - Inquadramento geologico semplificato dell'area indagata (da Bargossi et alii, 1998).

Nel settore in studio è presente un basamento metamorfico composto dalle litologie prevalentemente filladiche del Gruppo di Bressanone (Fillade Quarzifera di Bressanone Auct.), il quale è associato ad intercalazioni di porfiroidi (unità meta-vulcaniche acide). Analisi petrografiche (Visonà et al., in stampa) hanno sottolineato come alcune litologie coinvolte nello studio abbiano raggiunto il picco metamorfico durante l'orogenesi Ercinica (età pre-Permiana), mentre in età Alpina (tardo Cenozoico) non si sono rilevati eventi di metamorfismo regionale ma esclusivamente legati a circolazione di fluidi idrotermali. Durante il Permiano hanno preso posto importanti corpi intrusivo/vulcanici (Dioriti di Chiusa, Granito di Bressanone); questi estesi plutoni hanno imposto una fase di metamorfismo termico conservato nelle filladi incassanti, modificate nelle zone di contatto in cornubianiti. A sud della Val Gardena, fuori dall'area di studio ed in parte della val di Funes, sono mappate le estese coperture vulcano-sedimentarie del Gruppo Vulcanico Atesino; quest'ultime assieme ai corpi intrusivi di Chiusa e Bressanone non denotano nessun tipo di metamorfismo riconducibile all'orogenesi Ercinica, e forniscono ulteriori informazioni su come l'evento tettonico Alpino non abbia raggiunto condizioni P-T necessarie per lo sviluppo di facies metamorfiche.

Il substrato roccioso è spesso coperto dai depositi Quaternari superficiali (Pleistocene Sup – Olocene) che schematicamente si possono raggruppare in: depositi colluviali nei tratti di fondovalle delle aste vallive principali [Val Isarco/Val di Funes] e alla base dei versanti affacciati su queste valli, depositi alluvionali, depositi glaciali/fluvio-glaciali e depositi lacustri attribuibili alle fasi glaciali-interglaciali susseguite a partire dal medio Pleistocene.

Il basamento cristallino del sudalpino costituisce la maggior parte del volume roccioso interessato dalle opere in progetto. Questo è costituito da una potente sequenza di rocce filladiche, quarzo/illadiche che in determinate porzioni sono intervallate da lenti ricche in grafite e da porfiroidi (metavulcaniti acide). Sassi e Zirpoli (1989) hanno definito la sequenza sedimentaria protolite del basamento cristallino nella zona del Comelico, nel territorio del Cadore in provincia di Belluno. Questa sequenza è costituita dal letto al tetto:

- 1- complesso pelitico inferiore: costituito da illadi quarzifere con ripetute alternanze di bande ricche in muscovite e biotite, quarzo+albite;
- 2- complesso vulcano-sedimentario intermedio: sequenza pelitico-psammitica in cui sono presenti intercalazioni rappresentate da:
  - a. metavulcaniti e metavulcanoclastiti acide;
  - b. orizzonte discontinuo di metavulcaniti e metavulcanoclastiti basiche, costituiti da scisti epidotico-cloritici ± actinolitici e metabasiti ad albite, epidoto;
  - c. mineralizzazioni tipo “kieslager” a Fe, Cu, Zn e Pb, associate alle metavulcaniti basiche;
  - d. illadi ad ilmenite;
  - e. un orizzonte discontinuo di illadi a carbonato;
  - f. quarziti bianche;
  - g. illadi quarzitiche a carbonio o grafite.
- 3- complesso pelitico superiore: litologicamente simile al complesso pelitico inferiore, distinguibile solo per la posizione relativa al complesso vulcano-sedimentario.

Poli & Zanferrari in diversi lavori distinguono le due successioni filladiche anche su base mineralogica utilizzando differenti mineralizzazioni polimetalliche. Questi Autori (1992) hanno correlato alla scala delle Alpi meridionali Orientali diverse associazioni di litotipi, identificate con nomi formazionali informali, all'interno di una suddivisione molto simile a quella proposta da Sassi e Zirpoli (1989).

Si ricorda che la C.G.I. 1:100000 ( Foglio 4 - Bressanone, Foglio 11a - Marmolada) considera il basamento cristallino come un'unica Formazione (Fillade quarzifera di Bressanone Auct.), suddivisa in membri.

In questo lavoro, in conformità con le scelte effettuate nei Fogli del progetto CARG limitrofi all'area di interesse nel settore orientale delle Alpi del Sudalpino (vedi ad esempio il Foglio 13 Merano), per i vari nuclei metamorfici individuati verrà usato l'appellativo di Unità.

### 3 SONDAGGI GEOGNOSTICI

Ai fini della ricostruzione dell'assetto geologico lungo la Finestra di Forch e la Finestra di Funes nel 2017 sono stati eseguiti sia sondaggi ordinari (prof.<150 m) che sondaggi profondi (prof.>150 m). Le indagini in questione sono riassunte nella sottostante tabella ed integrano le indagini precedentemente eseguite nel periodo 2012-2013 (Italferr) e nel 2006 (RFI).

Sondaggio	Tipo	Opera	Lunghezza (m)	Prove in foro				Foreo strumentato
				Lugeon	Lefranc	Dilatometrica	Fratturazione	
EP8	profondo	Fin. Forch	361	x		x	x	piezometro

sondaggio	Tipo	Opera/ubicazione	Lunghezza (m)	Prove in foro					Strumentazione
				SPT	Pressiom.	Dilat.	Lefranc	Lugeon	
EO29	ordinario	Fin. Funes	35	x			x		piezom. Norton
EO30	ordinario	Fin. Funes	45	x				x	piezom. Norton
EO30b	ordinario	Fin. Funes	40	x			x		piezom. Norton
EO31	ordinario	Fin. Funes	123			x		x	piezom. Norton
EO32	ordinario	Finestra Forch	50	x	x		x		piezom. Norton
EO41	ordinario	Fin. Funes	55	x	x		x		tub. per DH
EO50	ordinario	Finestra Forch	90	x			x		piezom. Norton

**Tabella 1. Sintesi dei sondaggi ordinari e profondi 2017**

L'ubicazione dei sondaggi è riportata nella cartografia geologica redatta.

#### 4 ASPETTI GEOMORFOLOGICI

L'elemento idrografico principale del territorio attraversato dal Lotto 1 è rappresentato dal fiume Isarco, importante tributario di sinistra del fiume Adige, in cui confluisce all'altezza di Bolzano. All'interno dell'area in studio i versanti che insistono sull'Isarco presentano una elevata acclività media; forma analoga hanno quelli che caratterizzano il rio Funes ed il rio Scaleres, principali affluenti dell'Isarco nella zona indagata. Ai due lati della valle sono presenti diversi ordini di terrazzi glaciali o fluvio-glaciali. Il fondovalle del fiume Isarco è caratterizzato da alluvioni da attive sino ad antiche, e allo sbocco delle maggiori valli ad esso trasversali si rilevano conoidi alluvionali.

Per quanto riguarda le morfologie di tipo gravitativo che caratterizzano l'area di progetto, si segnala la presenza di diversi corpi franosi inattivi - relitti (alcuni localizzati lungo il tracciato della finestra Forch e della finestra Funes) e rari corpi attivi non interagenti con le opere in progetto.

Non trascurabili risultano le porzioni di territorio coperte da detrito di versante, che in alcuni casi sembra anche aver alimentato la formazione di colate riconducibili a meccanismi di debris-flow in stato di quiescenza.

Nell'area ove si colloca la finestra di Forch (ex finestra Aica-Varna) attraverso le nuove indagini e rilievi è stata rilevata la presenza di un significativo corpo di frana inattivo (vedi elaborato cartografico IBL11AD69L5GE0201002A). Tale corpo, è stato indagato durante il 2017 attraverso l'esecuzione di sondaggi geognostici e mediante un rilevamento geologico-geomorfologico in sito. Il sondaggio EP8 (profondo di 363 m) ha evidenziato un corpo detritico costituito da blocchi smembrati e disarticolati di filladi e noduli di quarzo fino a circa 200 m di profondità, al di sotto del quale sono state rinvenute le Filladi a granato (BSS) del bed-rock. Il sondaggio EO50 invece ha attraversato una sequenza detritica e fluviale e fluvio-glaciale senza apparentemente intercettare il deposito di frana almeno per i primi 80 m. L'interpretazione è che si tratti di un deposito di frana inattiva, la cui messa in posto è attribuibile all'ultimo ritiro glaciale, il cui piede è stato eroso e attualmente, in continuità laterale con esso, sono presenti depositi fluviali e fluvio-glaciali.

Per quel che riguarda la finestra di Funes, nella parte iniziale del tracciato è presente un modesto corpo di frana inattivo (vedi elaborato cartografico IBL11AD69L5GE0201001A). Nell'area, durante il 2017 è stato condotto un rilevamento geologico-geomorfologico specifico e sono stati eseguiti 5 sondaggi geognostici (EO41, EO31, EO30,

EO30b ed EO29). Sono state individuate delle aree di svuotamento riconducibili al fenomeno e dalla forma assimilabile a due archi di cerchio. Il corpo di frana è stato intercettato nei sondaggi EO30 ed EO41, mentre risulta mancante nei sondaggi EO30b ed EO29, dove sono stati intercettati solo i depositi alluvionali del fiume Isarco. La frana probabilmente si è messa in posto durante il ritiro delle lingue glaciali al termine dell'ultima glaciazione pleistocenica: la zona del piede è stata soggetta ad erosione e successivamente interessata dalla messa in posto dei depositi alluvionali.

## 5 STRATIGRAFIA

La sequenza stratigrafica nell'area interessata dalla finestra di Funes e dalla Finestra di Forch (ex finestra Aica-Varna) viene descritta in riferimento alle seguenti associazioni litologiche.

### 5.1 BASAMENTO METAMORFICO ERCINICO

#### 5.1.1 BSS - Filladi a granati (*Fillade quarzifera di Bressanone Auct.*)

Si tratta di rocce filladiche (Fig. 3 -4) caratterizzate da porzioni più ricche in quarzo o a prevalenti fillosilicati con vene/letti di quarzo bianco rimobilizzato ed intercalato alla scistosità. Il colore della roccia è tipicamente grigio su cui spiccano i fillosilicati tipo muscovite. Si rinvencono granati di dimensione variabile, intercalati alla foliazione. Tali minerali si possono osservare sia in campagna che in sezione sottile rivestiti da diversi layers di fillosilicati quali biotite e muscovite. La foliazione è il risultato della deformazione ercinica S2. Talvolta è possibile osservare la scistosità S1 relitta. L'unità è stata cartografata in destra idrografica Isarco tra Rio Orso e l'abitato di Varna.



Figura 3 – Filladi a granato (BSS) - quarzo e granati.



Figura 4 - Filladi a granato (BSS)

#### 5.1.2 BSSa - Filladi ricche in quarzo (*Fillade quarzifera di Bressanone Auct.*)

Questa unità è formata da una alternanza di scisti ricchi in quarzo, quarziti filladiche con locali metavulcaniti e vulcanoclastiti acide (porfiroidi Auct.) che talvolta divengono preponderanti, e livelli più prettamente filladici.

La scistosità appare meno evidente rispetto alle unità schiettamente filladiche, e ciò conferisce alla roccia un aspetto generalmente maggiormente massivo (Fig. 5). Lungo le zone di taglio sono visibili corpi di filladi sericitizzate (Fig. 6), di colore argenteo, untuose al tatto, affioranti soprattutto nella zona tra rio Funes e Gudon.



**Figura 5 – BSSa, quarziti filladiche.**



**Figura 6 – BSSa, quarziti con intercalazione di filladi sericitiche.**

Intercalati alle quarziti filladiche sono presenti lenti e corpi di Porfiroidi (p) costituiti da metavulcaniti e metavulcanoclastiti acide (Fig. 7) associabili a protoliti probabilmente riolitici e riodacitici che presentano una struttura massiccia o leggermente foliata (scistosità S1 con strike prevalenti NS). I porfiroidi hanno una composizione mineralogica che comprende microclini, sanidini, ortoclasti, plagioclasti, mica, clorite, epidoto e quarzo. Talvolta il loro aspetto è di tipo granitoide con colorazione variabile dal bianco lattiginoso al rossiccio.

Nella dorsale di Tiso e Naves sono altresì presenti lenti di paragneiss (Fig. 8), con fabric prealpino costituiti da plagioclasio, quarzo, biotite, ± muscovite (frequente), che formano corpi di discrete dimensioni.



**Figura 7 – Porfiroidi (località Albions).**



**Figura 8 - Gneiss.**

### 5.1.3 FMG - formazione di Gudon (*Fillade quarzifera di Bressanone Auct.*)

I litotipi dell'unità qui definita come formazione di Gudon sono costituiti da intercalazioni di anfiboliti/metagabbri ad anfibolo verde (actinolite), albite, clorite ed epidoto da submillimetrici a centimetrici e metabasalti (protolite a basalti mafici di fondo marino secondo Visonà et al., in stampa) che hanno mantenuto la loro composizione originaria. L'unità affiora esclusivamente nei pressi dell'abitato di Gudon.



**Figura 9 - Formazione di Gudon presso il castello di Gudon.**

## 5.2 INTRUSIONI PERMIANE

### 5.2.1 $\delta$ (Dioriti Quarzifere di Chiusa)

Roccia di colore grigio più o meno scuro, a grana piuttosto minuta, costituita da plagioclasio sodico-calcico associato ad anfiboli, pirosseni e miche con inclusioni di quarzo (Fig. 10). È ben esposta a sud dell'abitato di Veltuno in prossimità dell'imbocco Sud della galleria Scaleres.



**Figura 10 - Dioriti di Chiusa (imbocco sud galleria Scaleres).**

### 5.3 VULCANITI PERMIANE

#### 5.3.1 VUL (*Vulcanismo Permiano indifferenziato*)

In questo gruppo sono state raccolte le rocce di origine vulcanica mappate in val di Funes. Comprende lave andesitiche, trachianandesitiche, dacitiche e riolitiche con intercalazioni di piroclastiti, ignimbriti e filoni basici. In prossimità del tracciato della finestra di Funes sono stati distinti in cartografia i seguenti litotipi:

- $\alpha$  (andesiti): corpi andesitici in filoni a struttura porfirica, rilevati in prossimità del tracciato delle gallerie di linea e della finestra di Funes (Fig. 11). Mineralogicamente sono costituiti da microcristalli di plagioclasio, anfiboli e pirosseni.



Figura 11 - Filone di andesiti (taglio stradale in prossimità di rio Funes).

### 5.4 QUATERNARIO

Il Quaternario comprende unità derivanti da movimenti in massa (frane) e da fenomeni trattivi (depositi fluviali, fluvio-glaciali, terrazzi alluvionali).

#### 5.4.1 Depositi deltizi glaciolacustri (Dlt)

Tali depositi sono afferibili al delta fluviale che ha in parte riempito la conca di Bressanone nel Pleistocene (Castiglioni 1964). Affiorano a nord dell'abitato di Varna, sia in destra che in sinistra idrografica Isarco, e sono rappresentati da una successione costituita verso l'alto da facies prevalentemente sabbiose con ghiaia in transizione verso il basso a limi sabbiosi laminati con ciottolotti. Quest'unità affiora lungo la scarpata destra dell'Isarco ed è osservabile anche in alcuni spaccati in sinistra Isarco.

Il top sabbioso gradato con ciottoli è stato raggiunto anche dallo scavo della cava di prestito per inerti situata poco a Est del sondaggio C15. Si tratta di depositi deltizi (Dlt) attribuibili ad un ambiente glaciolacustre per la presenza di numerosi dropstone rinvenuti sia nei limi laminati (bottomset) sia nelle facies sabbiose gradate (foreset). Questi depositi sono stati osservati anche nelle cave di Sciaves da Castiglioni (1964b), che li ha attribuiti a un delta glaciolacustre precedente l'Ultimo Massimo Glaciale

	QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA					
	LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA					
RELAZIONE GEOLOGICA FINESTRA FUNES - FINESTRA FORCH	COMMESSA IBL1	LOTTO 1B	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 02 01 001	REV. B	FOGLIO 13 di 30

#### 5.4.2 Depositi fluvio-glaciali, glacio-lacustri, morene (df)

Tali depositi sono da riferire ai fenomeni glaciali che hanno interessato tutto l'arco alpino, modificandone sensibilmente la morfologia, in epoca pleistocenica. In accordo con le tipologie dei fenomeni esogeni da cui derivano, sono caratterizzati da una sensibile variabilità granulometrica e litologica. I depositi rilevati presentano prevalentemente caratteristiche di rimaneggiamento fluviale; solo in limitati affioramenti si riconoscono le caratteristiche sedimentologiche relative ai depositi morenici.

La sequenza più continua rilevata è costituita alla base da porzioni limitate di depositi morenici, a volte estremamente alterati, il cui spessore non supera qualche metro; a tetto di questi si rinvencono, discordanti, depositi fluviali che rimaneggiano ed elaborano i sottostanti livelli morenici, la cui potenza può raggiungere alcune decine di metri e che sono costituiti principalmente da termini a matrice sabbiosa con rari blocchi di dimensioni superiore al metro, generalmente contenenti lenti di conglomerati a spessore variabile; possono essere presenti rare intercalazioni argillose, anch'esse mutevoli dal punto di vista dello spessore e del colore. Si ritrovano sia in destra che in sinistra idrografica del fiume Isarco e affiorano indistintamente lungo i versanti sia a bassa quota che nelle porzioni più elevate altimetricamente, sino a raggiungere e superare in alcuni casi i 1300 m s.l.m. Nel corso delle perforazioni del 2017 eseguite per l'intera tratta del Lotto 1 sono stati inoltre rinvenuti (fuori dell'areale oggetto della presente Relazione) depositi lacustri con intercalazioni di episodi fluviali: si tratta di sabbie fini da siltose a debolmente siltose, silt sabbiosi a struttura laminata con intercalazioni ghiaioso – sabbiose con subordinata matrice siltosa.

#### 5.4.3 Alluvioni antiche di primo (at1) e secondo ordine (at2)

Si tratta di depositi mappati in prevalenza nella porzione settentrionale dell'area di studio, in prossimità della confluenza del fiume Rienza con il fiume Isarco all'interno del bacino di Bressanone; la loro genesi è riconducibile a fenomeni fluvio-glaciali e fluviali da pleistocenici ad olocenici.

Comprendono lembi di ghiaie medio-grossolane con intercalazioni sabbiose ed affiorano in ordini di terrazzi a quota maggiore rispetto all'attuale fondovalle, con il quale non possono essere correlati. La loro distribuzione all'interno delle valli laterali minori non è omogenea, con spessori variabili legati alle marcate irregolarità nella superficie di contatto tra gli stessi e il sottostante substrato.

#### 5.4.4 Depositi alluvionali attuali (aa) e recenti (ar)

I depositi alluvionali recenti affiorano in maniera discontinua lungo tutta la valle del fiume Isarco. Sono costituiti da sabbie medio-grossolane grigie e da subordinate ghiaie e conglomerati poligenici a clasti di dimensioni variabili che raggiungono, in alcuni casi, dimensioni superiori al metro. Lo spessore di tali depositi è difficilmente valutabile in campagna.

I depositi alluvionali attuali, sono presenti lungo quasi tutto il tratto di fiume che rientra nell'area oggetto dell'indagine, ad eccezione di alcuni tratti ove l'alveo è caratterizzato dal substrato roccioso; essi sono costituiti quasi esclusivamente da ciottoli poligenici di dimensioni variabili ma, nella maggior parte dei casi, superiori al decimetro, sino ad arrivare a dimensioni superiori al metro.

#### 5.4.5 Frane inattive (fi)

Si tratta di accumuli generalmente costituiti da blocchi di basamento (soprattutto filladi) più o meno scomposti, disarticolati, ossidati con patine di colore arancione – rossastro ed a tratti con fratture riempite da matrice terrosa.

	QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA					
	LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA					
RELAZIONE GEOLOGICA FINESTRA FUNES - FINESTRA FORCH	COMMESSA IBL1	LOTTO 1B	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 02 01 001	REV. B	FOGLIO 14 di 30

#### 5.4.6 *Detriti di versante e depositi da debris flow (d)*

Si tratta di depositi eterogenei ed eterometrici, a dimensioni variabili dai blocchi ai limi argillosi, derivanti da accumulo per trasporto in massa fluida lungo rii e canali adiacenti la valle Isarco o dalla degradazione e rimaneggiamento dei litotipi affioranti lungo i versanti. La natura litologica del deposito riflette il substrato su cui si impostano, che nella maggior parte del territorio è costituito da rocce metamorfiche filladiche.

#### 5.4.7 *Depositi antropici (h)*

Si tratta di depositi eterogenei ed eterometrici riconducibili ad attività antropiche (riporti, riempimenti).

#### 5.4.8 *Conoidi di detrito (cd)*

Depositi eterogenei ed eterometrici che costituiscono accumuli dalla forma conica convessa localizzati agli sbocchi vallivi di rii e torrenti. Le litologie riflettono il materiale di origine del sedimento.

## 6 SISMICITÀ

### 6.1 CLASSIFICAZIONE SISMICA

L'area studiata è interessata da movimenti di tipo neotettonico s.l., alcuni dei quali risultano tuttora attivi come dimostrato dalla sismicità presente e dai numerosi studi a carattere geologico-strutturale effettuati nelle Alpi centro-orientali, riguardanti anche reti permanenti GPS e livellazioni geodetiche.

L'intera regione alto-atesina è caratterizzata da una microsismicità confinata nella crosta superiore, sempre più frequente nel settore più interno della catena e concentrata lungo l'Engadina, la Valtellina e la Val Venosta. Nelle Alpi centrali sono conosciuti almeno 200 eventi di Magnitudo (Mw) compresa tra 2 e 4.9 nel periodo 1975-2008 (Note Illustrative del Foglio n. 013 Merano).

In Fig. 12 è riportata la storia sismica del Comune di Bressanone, preso a riferimento per l'area in esame. Nello specifico, le informazioni riportate di seguito derivano dalla consultazione del DBMI15 (Locati et al., 2016), il database macrosismico utilizzato per la compilazione del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani CPTI15 (Rovida et al., 2016, consultabile on-line al sito <http://doi.org/10.6092/INGV.IT-CPTI15>).

Nella successive tabelle sono riportati:

Intensità = intensità in sito (MCS);

Anno = anno Me = mese Gi = giorno Or = ora;

NMDP = numero di osservazioni macrosismiche del terremoto;

Io = intensità massima (MCS);

Mw = magnitudo momento.

Intensità	Anno Me Gi H M S	Area epicentrale	Numero osservazioni macrosismiche	Intensità epicentrale	Mw
4-5	1826 06 24 12 15	Garda occidentale	20	5	4.62
4-5	1836 06 12 02 30	Asolano	26	8	5.53
3	1859 01 20 07 55	Prealpi Trevigiane	36	6	4.8
F	1862 05 27 01 20	Tirol, Sillian	30	5-6	4.78
F	1890 03 26 20 10	Bellunese	48	6	4.82
F	1891 06 07 01 06 14.00	Valle d'Illasi	403	8-9	5.87
4	1895 04 14 20 17 30.00	Ljubljana	810	8-9	5.98
NF	1897 07 15 05 53	Ljubljana	325	6-7	4.99
4-5	1902 06 19 09 23	Alpi Retiche	184	6-7	4.96
4-5	1909 01 13 00 45	Emilia Romagna orientale	867	6-7	5.36
5	1914 10 27 09 22	Lucchesia	660	7	5.63
3-4	1924 05 12 08 46	Carnia	20	6	5.04
3-4	1931 04 14 22 13	Valli Giudicarie	160	6	4.77
4	1936 10 18 03 10	Alpago Cansiglio	269	9	6.06
5	1976 05 06 20	Friuli	770	9-10	6.45
5	1976 09 11 16 35 02.44	Friuli	40	7-8	5.6
F	1977 09 16 23 48 07.64	Friuli	94	6-7	5.26
3	1983 11 09 16 29 52.00	Parmense	850	6-7	5.04

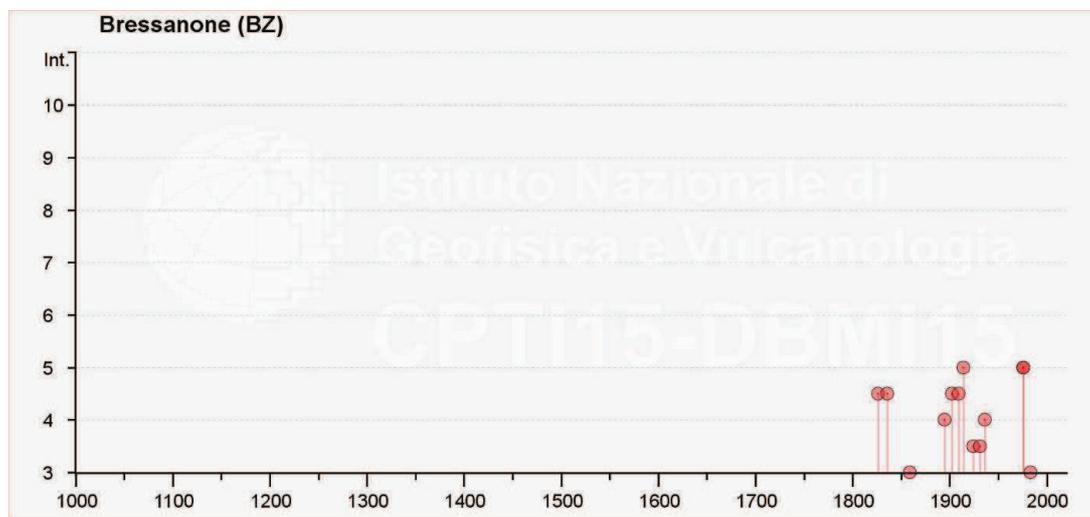


Figura 12- Storia sismica del Comune di Bressanone.

Si tratta nel complesso di un'area a sismicità bassa.

Di seguito viene riportata la classificazione sismica dei comuni interessati dall'opera in progetto ai sensi nell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003, aggiornata con la Delibera della Giunta Provinciale n. 4047 del 6.11.2006 della Provincia autonoma di Bolzano e con Decreto del Presidente della Provincia del 21 luglio 2009, n. 33: il territorio in parola risulta classificato in zona 4, ossia a pericolosità sismica molto bassa.

Comune	Zona Sismica	Accelerazione max orizz. con probabilità di superamento del 10% in 50 anni
Fortezza, Varna, Bressanone, Velturmo, Funes, Laion, P. Gardena	4	$a_g < 0,05g$

	<p>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA</p> <p><b>LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA</b></p>					
<p>RELAZIONE GEOLOGICA FINESTRA FUNES - FINESTRA FORCH</p>	<p>COMMESSA IBL1</p>	<p>LOTTO 1B</p>	<p>CODIFICA D 69 RG</p>	<p>DOCUMENTO GE 02 01 001</p>	<p>REV. B</p>	<p>FOGLIO 16 di 30</p>

## 6.2 SORGENTI SISMOGENETICHE

La versione attuale (3.2) del “Database of Individual Seismogenic Sources – A compilation of potential sources for earthquakes larger than M 5.5 in Italy and surrounding areas” (DISS INGV, 2015. <http://diss.rm.ingv.it/diss/> ), contiene sorgenti sismogenetiche individuali e composite ritenute in grado di generare grandi terremoti.

Obiettivo del Database è quello di rendere quanto più possibile completa l’informazione sulle sorgenti sismogenetiche potenziali del territorio nazionale; per questa ragione, oltre ad un numero maggiore di sorgenti individuali, viene proposta una forma di rappresentazione e caratterizzazione di tutte le aree che, pur essendo certamente in grado di generare forti terremoti, sono ancora poco comprese. È stata pertanto istituita una nuova categoria di aree sismogenetiche per le quali, in analogia con quanto proposto dalla nuova zonazione sismogenetica ZS9 (Meletti & Valensise, 2004), viene fornita la localizzazione geografica, la stima del meccanismo di fagliazione, la profondità efficace e la magnitudo massima attesa.

Si può vedere (Figura 13) che nel database non sono presenti sorgenti sismogenetiche composite per l’area in oggetto; la più vicina all’area di intervento è la sorgente Giudicarie (ITCS048), in rosso in Figura 13, a SW di Trento: le principali informazioni di riferimento per la sorgente sono riportate in Figura 14.

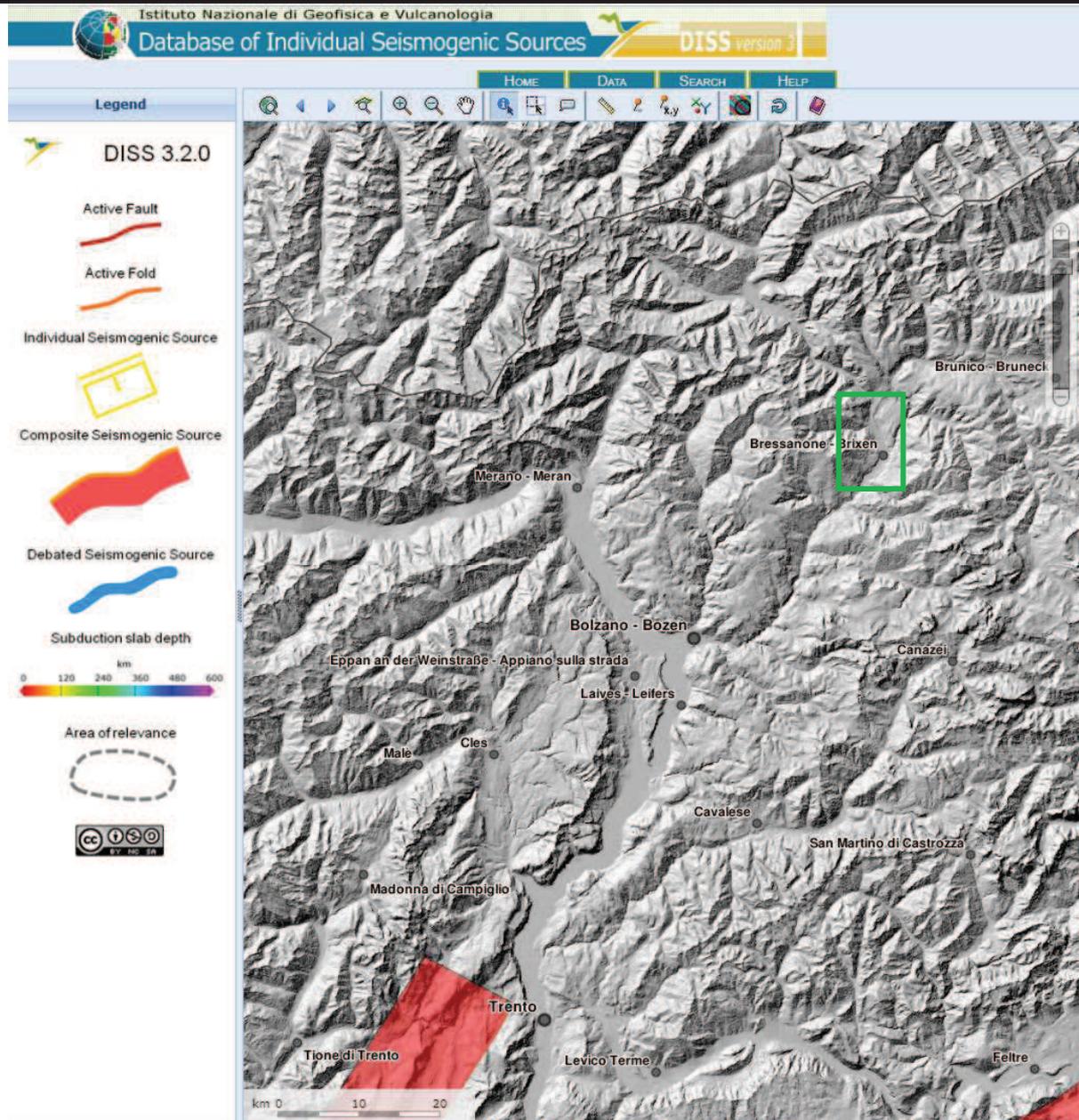


Figura 13. Sorgenti sismogenetiche contenute nel DISS 3.2 per l'area in oggetto (indicata in verde)

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA					
	<b>LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA</b>					
RELAZIONE GEOLOGICA FINESTRA FUNES - FINESTRA FORCH	COMMESSA IBL1	LOTTO 1B	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 02 01 001	REV. B	FOGLIO 18 di 30

GENERAL INFORMATION			
DISS-ID	ITCS048		
Name	Giudicarie		
Compiler(s)	Burrato P.(1)		
Contributor(s)	Burrato P.(1)		
Affiliation(s)	1) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; Sismologia e Tettonofisica; Via di Vigna Murata, 605, 00143 Roma, Italy		
Created	08-Jan-2005		
Updated	28-May-2015		
Display map ...			
Related sources	<a href="#">ITIS069</a>		
PARAMETRIC INFORMATION			
PARAMETER		QUALITY	EVIDENCE
Min depth [km]	5.0	OD	Based on geological and seismological data.
Max depth [km]	12.0	OD	Based on geological and seismological data.
Strike [deg] min... max	205...265	OD	Based on geological and seismological data.
Dip [deg] min... max	25...35	OD	Based on geological and seismological data.
Rake [deg] min... max	70...100	EJ	Inferred from geological and seismological data.
Slip Rate [mm/y] min... max	0.1...0.5	EJ	Unknown, values assumed from geodynamic constraints.
Max Magnitude [Mw]	5.7	OD	Derived from maximum magnitude of associated individual source(s).
<small>LD=LITERATURE DATA; OD=ORIGINAL DATA; ER=EMPIRICAL RELATIONSHIP; AR=ANALYTICAL RELATIONSHIP; EJ=EXPERT JUDGEMENT;</small>			
ACTIVE FAULTS			

Figura 14. Quadro riassuntivo della sorgente sismogenetica composta Giudicarie (ITCS048)

## 7 MODELLO GEOLOGICO

Di seguito viene illustrato l'assetto geologico ricostruito lungo il tracciato della Finestra di Funes e della Finestra di Varna: la descrizione fa riferimento ai profili geologici delle opere suddette riportati negli elaborati IBL11AD69L5GE0201001A e IBL11AD69L5GE0201002A. I profili geologici costituiscono una ricostruzione interpretativa basata sui dati di terreno acquisiti, integrati dai risultati delle indagini geognostiche della campagna eseguita durante il 2012 e delle perforazioni più recenti condotte durante il 2017.

### 7.1 FINESTRA DI FORCH

Il tracciato della galleria di di Forch, di sviluppo pari a circa 1,4 km, interessa per i primi 120 circa a partire dall'imbocco i depositi fluvioglaciali (df) qui essenzialmente rappresentati da ghiaie sabbiose con blocchi di dimensioni pluridecimetriche. Successivamente la galleria si sviluppa nei depositi deltizi e glaciolacustri (Dlt) passanti ai depositi terrazzati antichi (at1), per circa 520 m. Tali terreni vengono impegnati nei sottoattraversamenti della sede autostradale e di quella ferroviaria che avvengono rispettivamente a pk 0+400 e 0+460 circa con coperture di circa 15-20 m. I depositi di primo ordine sono costituiti da terreni più grossolani, quali ghiaie e sabbie poligeniche, riferibili ad un ambiente fluviale a più alta energia. I depositi deltizi e glaciolacustri sono invece rappresentati da termini più fini, quali sabbie e limi. All'altezza della pk 0+685 viene ipotizzato il passaggio ai depositi franosi (Fi) della frana di Varna. Tali depositi, perforati nella parte sommitale del sondaggio profondo EP8, appaiono costituiti da clasti e blocchi, anche plurimetrici, di filladi a granato (BSS). Nella ricostruzione

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA					
	<b>LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA</b>					
RELAZIONE GEOLOGICA FINESTRA FUNES - FINESTRA FORCH	COMMESSA IBL1	LOTTO 1B	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 02 01 001	REV. B	FOGLIO 19 di 30

effettuata tali depositi andranno ad interessare gli scavi per circa 150 m, superati i quali, all'altezza della pk 0+835 circa, la galleria intercetta il basamento roccioso nel quale l'opera permane fino all'innesto sulle gallerie di linea. Il bed-rock, costituito dalle filladi a granato (BSS), è interessato da una discontinuità tettonica ad alto angolo all'altezza della pk 1+250 circa

## 7.2 FINESTRA DI FUNES

L'imbocco della finestra di Funes è posizionato in corrispondenza di un ripiano morfologico occupato dai depositi alluvionali recenti (ar), rappresentati dai terreni prevalentemente sabbiosi perforati nel sondaggio EO29. La galleria imbecca il versante in corrispondenza dei materiali di riporto riferibili al rilevato della strada di Funes e dell'autostrada A22. I terreni di riporto verranno intercettati fino alla pk 0+055 circa ove l'opera passa ai depositi di frana inattiva (Fi) che sono stati rilevati nel sondaggio EO30 ed EO41. Tali depositi saranno presumibilmente interessati dallo scavo per circa 60 m. Il rimanente tratto della finestra si sviluppa all'interno dei porfiroidi (p) della dorsale di Tiso. Si segnala tra la pk 0+390 e la pk 0+440 circa, l'attraversamento di un filone andesitico subverticale rinvenuto in superficie durante rilievi di terreno e dalla perforazione EO31. In relazione alla sua natura di corpo vulcanico, l'andamento in profondità ed i confini di tale filone sono affetti da un margine di incertezza. Dal punto di vista tettonico, la galleria attraversa un sovrascorrimento a basso angolo, presumibilmente interferente nel tratto circa tra la pk 0+195 e la pk 0+ 275.

## 8 ASPETTI IDROGEOLOGICI

### 8.1 PERMEABILITÀ DELLE UNITÀ GEOLOGICHE

Nell'area interessata dalle finestre di Forch e Funes si possono differenziare due tipi di materiale a comportamento idrogeologico significativamente differente: gli ammassi rocciosi, permeabili per fratturazione e i terreni granulari quaternari, rappresentati dai depositi fluvio-glaciali, dai depositi gravitativi e dai depositi alluvionali, permeabili per porosità.

Informazioni sulla permeabilità dei litotipi attraversati dalle opere in esame derivano dalle prove tipo Lefranc e Lugeon eseguite nei fori di sondaggio nel corso delle campagne di indagini geognostiche 2012-13 e 2017. I risultati di tali prove riguardanti i litotipi presenti nelle zone interessate dalla Finestra di Forch e dalla Finestra di Funes sono elencati nelle sottostanti Tabella 2 e

Tabella 3.

**Tabella 2. Sintesi delle prove di permeabilità in foro nei della sondaggi campagna 2012-13**

Sondaggio	Prova	da (m da p.c.)	a (m da p.c.)	Prof. Media (m)	k (m/s)	Litologia
C8	Lugeon	12.2	15.2	13.7	3.10E-06	Filladi ricche in quarzo
C8	Lugeon	22.0	25.0	23.5	1.30E-06	Filladi ricche in quarzo
C8	Lugeon	34.5	37.2	35.85	9.50E-07	Filladi ricche in quarzo

Sondaggio	Prova	da (m da p.c.)	a (m da p.c.)	Prof. Media (m)	k (m/s)	Litologia
C8	Lugeon	42.0	45.0	43.5	3.20E-06	Filladi ricche in quarzo
C9	Lugeon	12.0	15.0	13.5	1.32E-07	Porfiroidi
C9	Lugeon	33.2	36.2	34.7	3.20E-07	Porfiroidi
C9	Lugeon	61.4	64.4	62.9	1.66E-07	Porfiroidi
C9	Lugeon	89.8	92.8	91.25	2.47E-07	Porfiroidi
C9	Lugeon	126.1	129.1	127.6	4.38E-08	Porfiroidi
C9	Lugeon	138.0	141.0	139.5	3.42E-07	Porfiroidi
C9	Lugeon	141.9	144.9	143.4	5.64E-07	Porfiroidi
C15	LeFranc	6.0	6.9	6.45	1.88E-05	Deposito fluvio-glaciale
C15	LeFranc	15.0	16.0	15.5	4.37E-05	Deposito fluvio-glaciale
C15	LeFranc	33.0	34.0	33.5	8.81E-06	Deltizio
C15	LeFranc	45.0	46.0	45.5	2.68E-05	Deltizio
C16	LeFranc	7.0	8.0	7.5	9.33E-04	Deltizio
C16	LeFranc	14.0	15.0	14.5	2.53E-05	Deposito fluvio-glaciale
C16	LeFranc	22.5	23.5	23	7.07E-05	Deposito fluvio-glaciale
C16	LeFranc	37.0	38.0	37.5	1.07E-05	Deltizio
C16	LeFranc	45.0	46.0	45.5	1.42E-05	Deltizio
C17	LeFranc	9.0	10.0	9.5	7.39E-05	Deltizio
C17	LeFranc	21.0	22.0	21.5	1.63E-05	Alluvioni antiche
C17	LeFranc	33.0	34.0	33.5	1.21E-05	Alluvioni antiche
C17	LeFranc	45.0	46.0	45.5	1.35E-05	Alluvioni antiche
C18	LeFranc	7.5	8.5	8	6.18E-05	Alluvioni antiche
C18	LeFranc	18.0	19.0	18.5	2.01E-05	Alluvioni antiche
C18	LeFranc	27.0	28.0	27.5	1.73E-05	Alluvioni antiche
C18	LeFranc	45.0	46.0	45.5	1.49E-05	Alluvioni antiche
C19	LeFranc	19.0	20.0	19.5	4.29E-05	Deposito fluvio-glaciale
C19	LeFranc	31.5	32.5	32	6.79E-06	Deltizio
C19	LeFranc	45.0	46.0	45.5	1.79E-06	Deltizio
C20	LeFranc	15.0	16.0	15.5	2.79E-05	Deposito fluvio-glaciale
C20	LeFranc	30.0	31.0	30.5	5.46E-06	Deltizio
C20	LeFranc	46.0	47.0	46.5	1.85E-05	Deltizio
C21	LeFranc	7.0	8.0	7.5	1.07E-04	Alluvioni antiche
C21	LeFranc	13.5	14.5	14	5.68E-05	Alluvioni antiche
C21	LeFranc	22.5	23.5	23	2.75E-05	Alluvioni antiche
C21	LeFranc	36.0	37.0	36.5	8.29E-06	Deltizio
C21	LeFranc	45.0	46.0	45.5	8.57E-06	Deltizio
C29	LeFranc	5.0	6.0	5.5	1.59E-04	Deltizio
C29	LeFranc	14.0	15.0	14.5	5.11E-06	Deltizio
C30	LeFranc	5.0	5.6	5.3	1.54E-04	Alluvioni recenti

Sondaggio	Prova	da (m da p.c.)	a (m da p.c.)	Prof. Media (m)	k (m/s)	Litologia
C30	LeFranc	12.0	13.0	12.5	9.50E-06	Alluvioni recenti

**Tabella 3: Sintesi delle prove di permeabilità in foro nei sondaggi della campagna 2017.**

Sondaggio	Prova	da (m da p.c.)	a (m da p.c.)	Prof. Media (m)	k (m/s)	Litologia
EO29	LeFranc	6.0	6.5	6.3	5.87E-05	Alluvioni recenti
EO29	LeFranc	16.0	16.5	16.3	3.11E-05	Alluvioni recenti
EO29	LeFranc	20.0	20.5	20.3	4.45E-05	Alluvioni recenti
EO30	Lugeon	12.0	17.0	14.5	2.00E-06	Deposito di frana
EO30	Lugeon	24.0	27.0	25.5	3.89E-06	Deposito di frana
EO30b	LeFranc	7.0	7.5	7.3	1.50E-05	Terreno di riporto
EO30b	LeFranc	15.0	15.8	15.4	5.23E-06	Alluvioni recenti
EO30b	LeFranc	23.0	24.2	23.6	7.04E-06	Alluvioni recenti
EO32	LeFranc	12.0	12.9	12.5	1.38E-05	Deposito fluvio-glaciale
EO32	LeFranc	19.5	20.2	19.9	6.60E-06	Deltizi
EO32	LeFranc	31.0	31.7	31.4	1.26E-05	Deltizi
EO32	LeFranc	37.5	38.4	38.0	1.74E-05	Deltizi
EO41	LeFranc	6.5	7.7	7.1	3.95E-05	Deposito di frana
EO41	LeFranc	13.0	14.0	13.5	5.75E-05	Deposito di frana
EO50	LeFranc	13.5	14.2	13.9	8.01E-05	Alluvioni antiche
EO50	LeFranc	22.5	23.0	22.8	5.28E-05	Alluvioni antiche
EO50	LeFranc	32.0	32.7	32.4	3.40E-05	Alluvioni antiche
EP8	Lugeon	175.5	180.5	178.0	1.46E-07	Deposito di frana
EP8	Lugeon	239.4	244.4	241.9	3.11E-08	Filladi a granato
EP8	Lugeon	279.0	284.0	281.5	8.04E-08	Filladi a granato
EP8	Lugeon	300.3	305.3	302.8	7.87E-08	Filladi a granato
EP8	Lugeon	320.3	325.3	322.8	8.57E-08	Filladi a granato
EP8	Lugeon	329.3	334.2	331.8	9.55E-08	Filladi a granato
EP8	Lugeon	349.6	354.6	352.1	9.66E-08	Filladi a granato

## 8.2 CLASSI DI PERMEABILITÀ

I dati riportati in Tabella 2 e

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA					
	<b>LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA</b>					
RELAZIONE GEOLOGICA FINESTRA FUNES - FINESTRA FORCH	COMMESSA IBL1	LOTTO 1B	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 02 01 001	REV. B	FOGLIO 22 di 30

Tabella 3, congiuntamente con i valori di permeabilità registrati nell'ambito delle prove eseguite lungo l'intera tratta in progetto, sono di seguito discussi al fine di valutare le caratteristiche di permeabilità delle formazioni affioranti negli areali relativi alle finestre di Funes e Forch.

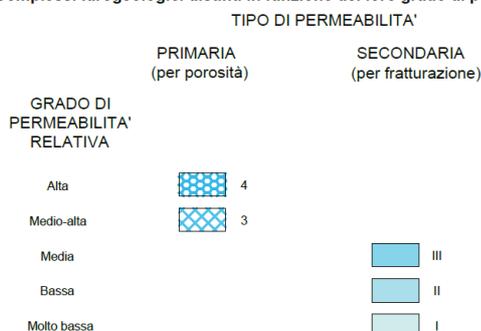
I vari litotipi possono essere riuniti in complessi cui è associabile una classe di permeabilità sulla base dei dati derivanti dalle prove eseguite nel corso delle campagne indagine 2012-13 e 2017; sono state individuate 5 classi di permeabilità basate sull'originale classificazione AFTES 2003, modificata al fine di adeguarsi al meglio al contesto in esame. Le classi sono le seguenti (Tabella 4):

**Tabella 4. Classi di permeabilità**

GRADO	RANGE DI CONDUCEBILITÀ IDRAULICA	GRADO DI PERMEABILITÀ RELATIVA
K5	$K > 1E-04$	ALTA
K4	$1E-05 \leq K \leq 1E-04$	MEDIO ALTA
K3	$1E-06 \leq K < 1E-05$	MEDIA
K2	$1E-08 \leq K < 1E-06$	BASSA
K1	$K < 1E-08$	MOLTO BASSA

La distinzione principale è basata sui due tipi di permeabilità, quella primaria per porosità, caratterizzante i depositi quaternari e quella secondaria per fratturazione tipica degli ammassi rocciosi.

**Complessi Idrogeologici distinti in funzione del loro grado di permeabilità media**



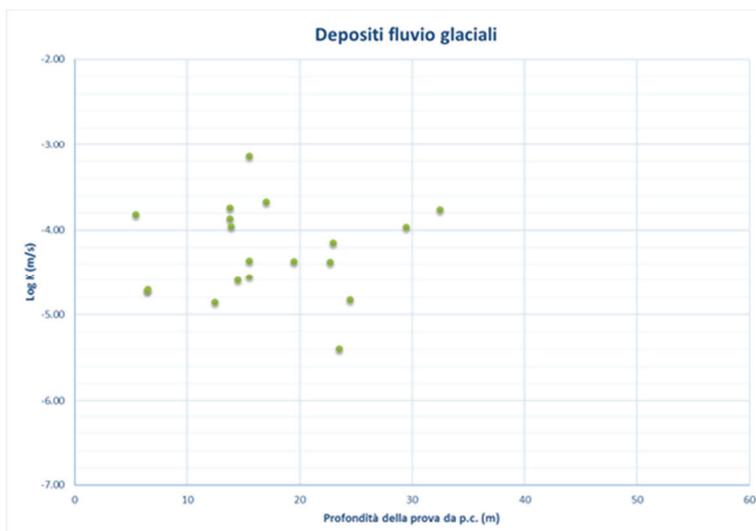
**Figura 15 - Definizione delle classi di permeabilità dei principali complessi idrogeologici presenti nell'area di studio**

### 8.3 PERMEABILITÀ DEI DEPOSITI QUATERNARI

Di seguito sono descritte le prove di permeabilità eseguite in corrispondenza dei siti di progetto, successivamente confrontate con quelle complessive eseguite lungo l'intera tratta del Lotto 1 Fortezza-Ponte Gardena.

#### 8.3.1 Depositi fluvioglaciali (df)

Le prove condotte nei fori di sondaggio negli areali di Forch e Funes, portano ad attribuire ai materiali in questione una permeabilità Medio-Alta (sulla base di Tabella 4). Tale grado di permeabilità relativa risulta in linea con quanto osservato nella distribuzione generale dei valori di conducibilità idraulica lungo lo sviluppo dell'intero Lotto 1 della tratta Fortezza-Ponte Gardena (Figura 16).



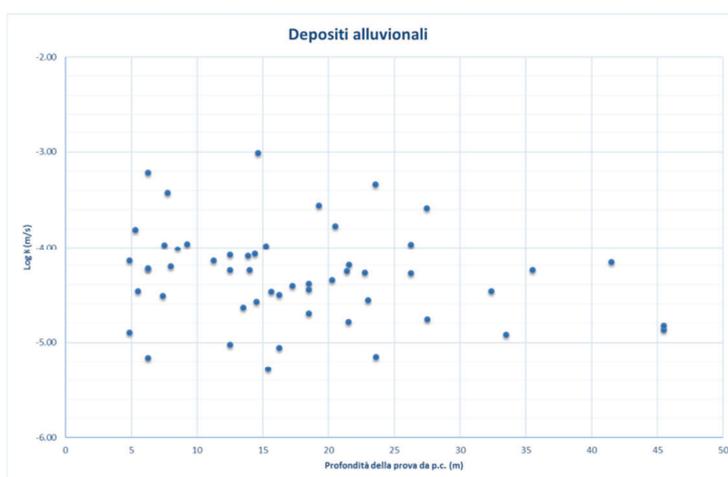
Litotipo	K min (m/s)	K medio (m/s)	K max (m/s)
Depositi Fluvioglaciali	3.9E-06	1.0E-04	7.3E-04

Figura 16. Grafico di permeabilità dei materiali costituenti i depositi fluvioglaciali

Come accennato, in base a quanto definito in Tabella 4, a questi depositi viene attribuito un grado di permeabilità Medio-Alta.

### 8.3.2 Depositi alluvionali (ar, at1, at2)

Anche nel caso di questi depositi le prove eseguite nei sondaggi afferenti le aree di progetto hanno mostrato valori permeabilità Medio-Alta, in linea con quanto osservato nell'insieme di prove eseguite, su questi materiali, lungo l'intera tratta del Lotto 1 Fortezza-Ponte Gardena (Figura 17).



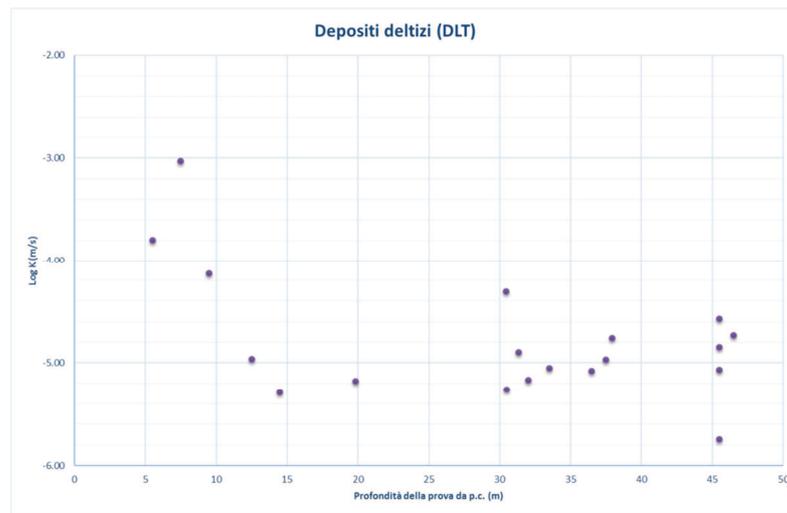
Litotipo	K min (m/s)	K medio (m/s)	K max (m/s)
Depositi alluvionali	5.2E-06	9.7E-05	9.7E-04

Figura 17. Grafico di permeabilità dei materiali costituenti i depositi alluvionali

A questi depositi viene pertanto attribuita una classe di permeabilità Medio-Alta.

### 8.3.3 Depositi deltizi glaciolacustri (Dlt)

Le prove eseguite nei sondaggi afferenti le aree di progetto hanno mostrato valori permeabilità Medio-Alta, in linea con quanto osservato nell'insieme di prove eseguite, su questi materiali, lungo l'intera tratta del Lotto 1 Fortezza-Ponte Gardena (Figura 18).



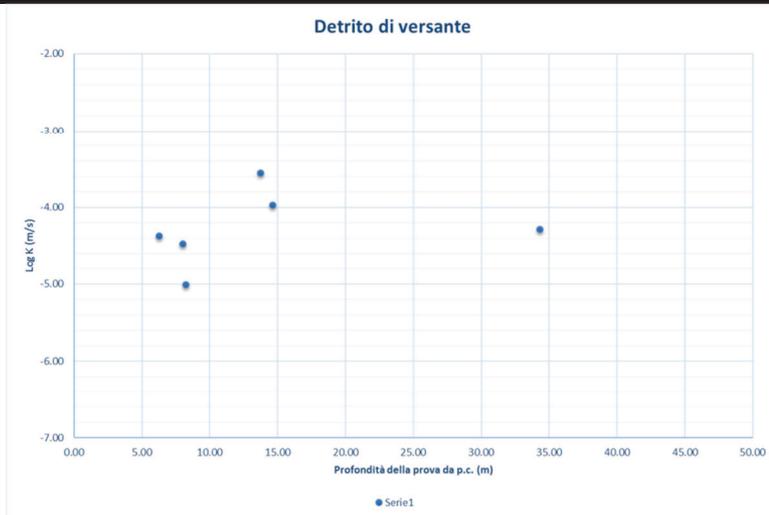
Litotipo	K min (m/s)	K medio (m/s)	K max (m/s)
Depositi deltizi	1.80E-06	7.30E-05	9.30E-04

Figura 18. Grafico di permeabilità dei materiali costituenti i depositi deltizi

Ai litotipi in questione è stata di conseguenza attribuita un grado di permeabilità relativa Medio-Alta.

### 8.3.4 Detrito di versante (d, cd)

Anche in questo caso le prove eseguite nei sondaggi afferenti le aree di progetto hanno mostrato valori permeabilità Medio-Alta, in linea con quanto risulta dall'insieme dei test condotti, su questi litotipi, lungo l'intera tratta Fortezza-Ponte Gardena (Figura 19).



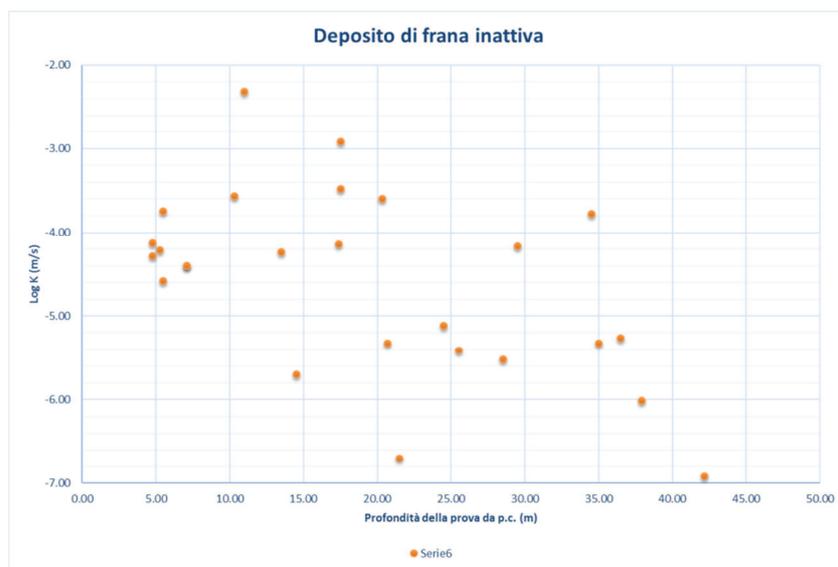
Litotipo	K min (m/s)	K medio (m/s)	K max (m/s)
Detrito di versante	9.7E-06	7.5E-05	2.8E-04

Figura 19. Grafico di permeabilità dei materiali costituenti il detrito di versante

Ai depositi in esame si attribuisce quindi un grado di permeabilità Medio-Alta.

### 8.3.5 Depositi di frana (fi)

Per questi litotipi si riscontra un leggero decremento di permeabilità (medio-alta) rispetto ai valori medi definiti per i depositi di frana in corrispondenza di tutta la tratta del Lotto 1 Fortezza-Ponte Gardena (Figura 20).



Litotipo	K min (m/s)	K medio (m/s)	K max (m/s)
Deposito di frana	1.2E-07	2.5E-04	4.8E-03

Figura 20. Grafico di permeabilità dei materiali costituenti i depositi di frana

Nonostante la leggera discrepanza esistente tra il set di dati locale (permeabilità medio-alta) e quello globale della tratta (permeabilità alta), per i depositi in esame, a causa del grado di eterogeneità e fratturazione del materiale, si è comunque scelto di assegnare una classe di permeabilità Alta anche per i siti di progetto in questione.

## 8.4 PERMEABILITÀ DEL SUBSTRATO

### 8.4.1 Filladi (BSS, BSSa)

Le prove eseguite nei sondaggi afferenti le aree di progetto hanno mostrato valori permeabilità Bassa per le filladi, in linea con quanto osservato nell'insieme di prove eseguite, su questi materiali, lungo l'intera tratta del Lotto 1 Fortezza-Ponte Gardena (Figura 21).

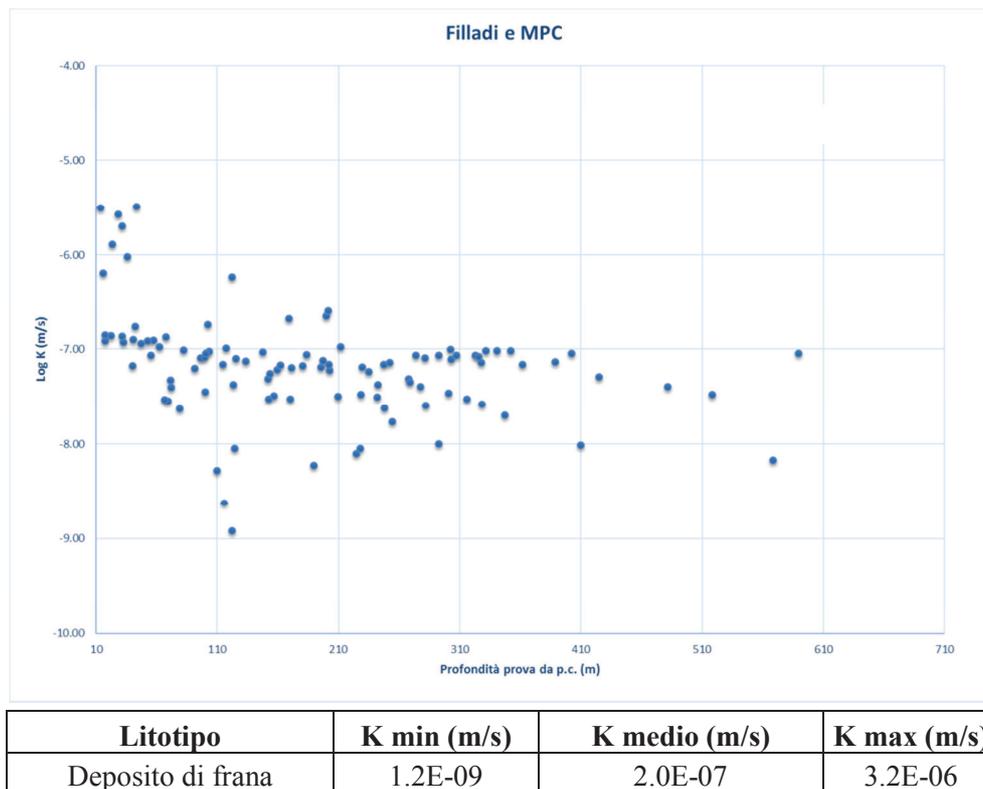
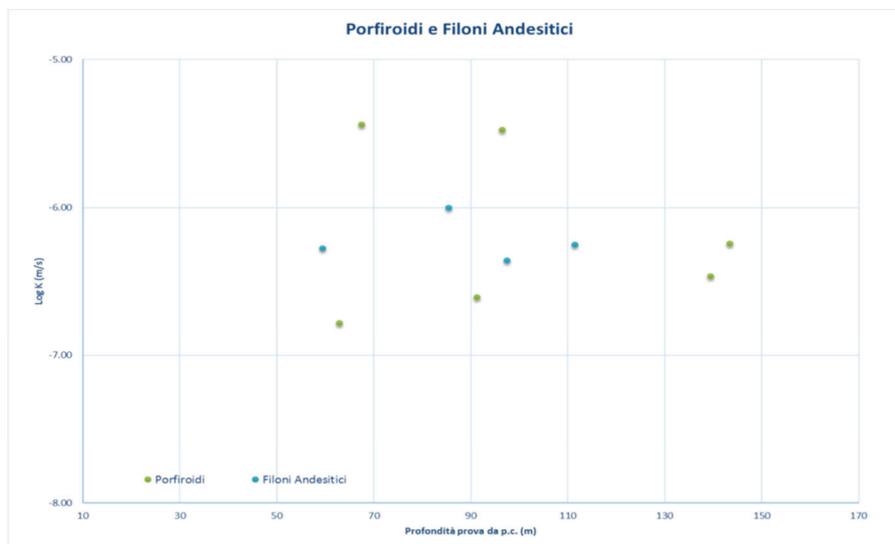


Figura 21. Grafico di permeabilità dei materiali costituenti il substrato filladico

Al substrato filladico presente nella zona della Finestra di Forch e di quella di Funes viene pertanto attribuito un grado di permeabilità relativa Bassa.

### 8.4.2 Porfiroidi (p) e filoni andesitici (α)

Le prove eseguite nei sondaggi afferenti le aree di progetto hanno mostrato valori permeabilità Bassa per i litotipi in parola (Figura 22). Tali valori sono da considerarsi pienamente rappresentativi per i litotipi in questione poiché risultano essere quelli disponibili su tutta l'area di studio del Lotto 1.



Litotipo	K min (m/s)	K medio (m/s)	K max (m/s)
Porfiroidi	1.3E-07	3.0E-07	5.6E-07
Filoni andesitici	4.4E-07	6.3E-07	9.9E-07

**Figura 22. Grafico di permeabilità dei porfiroidi e dei filoni andesitici**

Alla luce di queste considerazioni si conclude come i porfiroidi e i filoni andesitici possano entrambi essere inseriti nella classe di permeabilità Bassa.

## 8.5 PIEZOMETRI

Nelle aree di pertinenza delle finestre di Funes e Forch sono presenti alcuni piezometri installati nel corso delle campagne geognostiche 2012-13 e 2017. Nelle seguente Tabella 5 è riportato l'elenco dei piezometri ad oggi disponibili, l'anno di realizzazione, l'ubicazione e la soggiacenza media (intervallo di riferimento luglio 2013-gennaio 2018), in metri da piano campagna, del livello piezometrico.

**Tabella 5. Piezometri disponibili nelle aree delle Finestre Forch e Funes**

Sondaggio	Campagna	Ubicazione	Soggiacenza media (m)
C15	2012-13	Forch	Secco
C16	2012-13	Forch	Secco
C17	2012-13	Forch	48.53
C18	2012-13	Forch	52.33
C21	2012-13	Forch	39.42
C29	2012-13	Forch	6.06
EO32	2017	Forch	Secco
EO50	2017	Forch	55.3
EO60	2017	Forch	36.68
EP8	2017	Forch	211.3

Sondaggio	Campagna	Ubicazione	Soggiacenza media (m)
EO63	2017	Forch	39.04
EO65	2017	Forch	37.05
C8	2012-13	Funes	7.8 (misura riferita a maggio2012)
C9	2012-13	Funes	35.88
EO29	2017	Funes	3.85
EO30	2017	Funes	19.07
EO30b	2017	Funes	13.42
EO31	2017	Funes	53.06

## 8.6 CARTA IDROGEOLOGICA

Di seguito si riportano infine due stralci cartografici, estrapolati dalla cartografia idrogeologica che sintetizzano le principali caratteristiche idrogeologiche degli areali delle finestre di Forch (Figura 23) e Funes (Figura 24) con l'indicazione delle classi di permeabilità relativa attribuite alle diverse formazioni sulla base di quanto mostrato nei paragrafi 8.3 e 8.4, nonché della Tabella 4. Per maggiori dettagli si rimanda alle cartografia idrogeologica redatta in scala 1:5000.

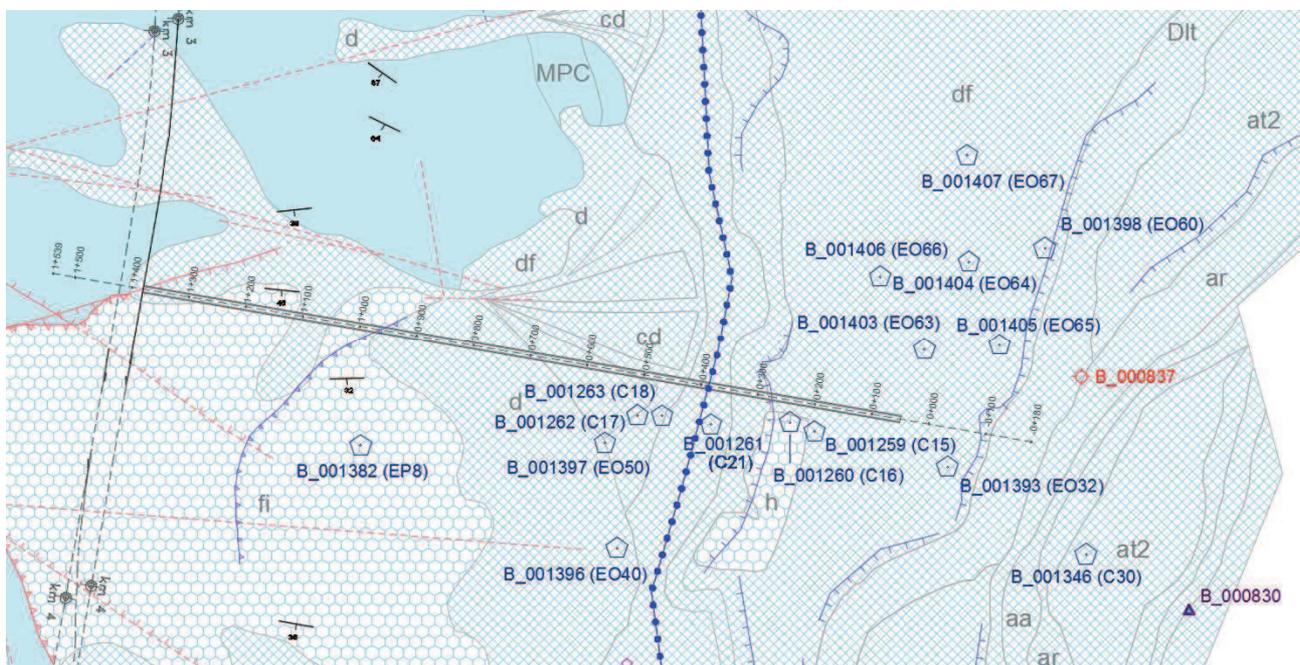


Figura 23. Stralcio idrogeologico della zona della finestra di Forch

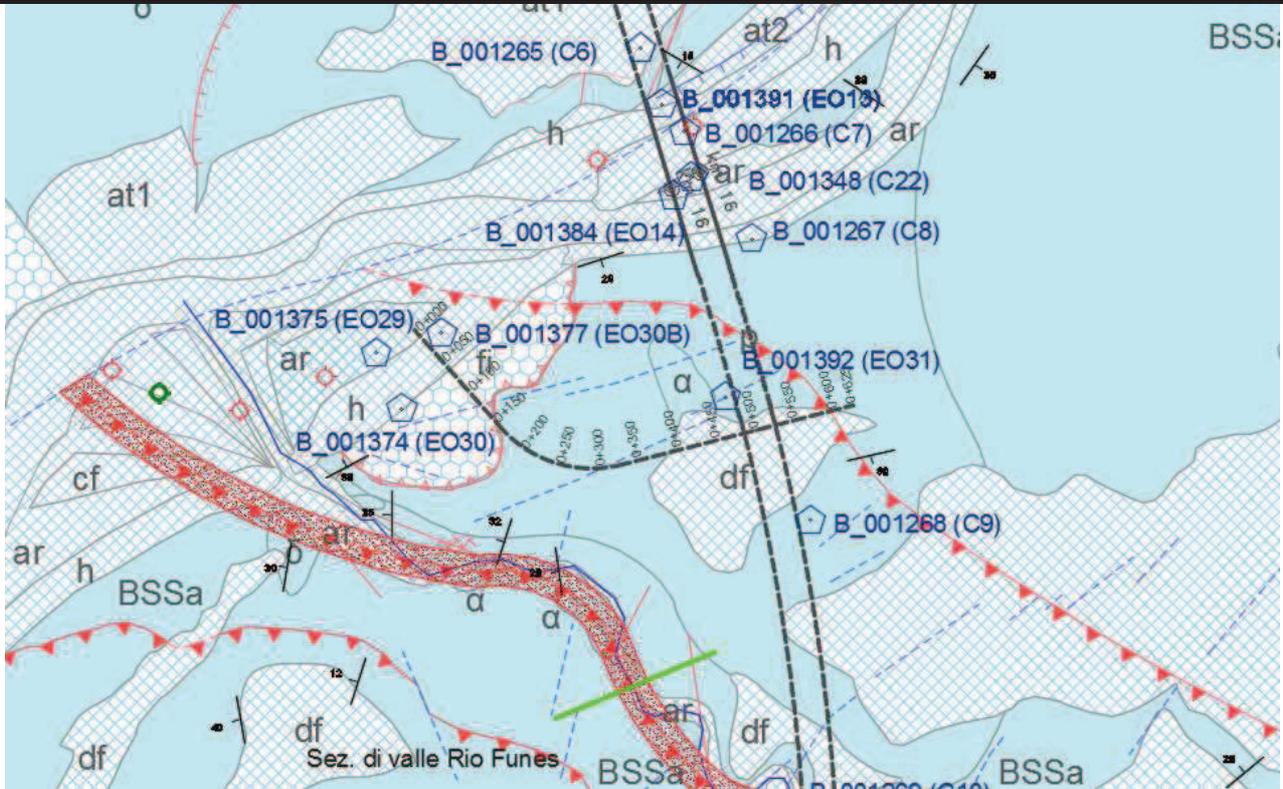


Figura 24. Stralcio idrogeologico della zona della finestra di Funes

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA</p> <p><b>LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA</b></p>					
<p>RELAZIONE GEOLOGICA FINESTRA FUNES - FINESTRA FORCH</p>	<p>COMMESSA IBL1</p>	<p>LOTTO 1B</p>	<p>CODIFICA D 69 RG</p>	<p>DOCUMENTO GE 02 01 001</p>	<p>REV. B</p>	<p>FOGLIO 30 di 30</p>

## 9 BIBLIOGRAFIA

AFTES (2003). Guidelines for characterisation of rock masses useful for the design and the construction of underground structures.

Bargossi, G.M. and Rottura, A. and Vernia, L. and Visonà, D. and Tranne, C.A. (1998), Guida all'escursione sul distretto vulcanico Atesino e sulle plutoniti di Bressanone-Chiusa e Cima d'Asta. Memorie della Società Geologica Italiana, v. 53, pp. 23-41. O.P.C.M. 20 marzo 2003, n. 3274 e s.m.i. "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica".

O.P.C.M. n. 3519 del 28.04.2006, "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone".

Locati M., Camassi R., Rovida A., Ercolani E., Bernardini F., Castelli V., Caracciolo C.H., Tertulliani A., Rossi A., Azzaro R., D'Amico S., Conte S., Rocchetti E. (2016). DBMI15, the 2015 version of the Italian Macroseismic Database. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. doi:<http://doi.org/10.6092/INGV.IT-DBMI15>

Poli M.E. & Zanferrari A. (1992). The Agordo basement (NE Italy): a 500 Ma-long geological record in the Southalpine crust, IGCP No. 276, Newsletter 5, 283-296.

Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P. (eds), 2016. CPTI15, the 2015 version of the Parametric Catalogue of Italian Earthquakes. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. doi:<http://doi.org/10.6092/INGV.IT-CPTI15>

Sassi F. P. & Zirpoli G. (1989). Interpretative lithostratigraphic sequence in the Austridic Pre-Permian basement in the Eastern Alps. Pre-Variscan and Variscan events in the Alpine-Mediterranean belts: Stratigraphic Correlation Forms, 12, 403-409.

Sassi F. P. & Spiess R. (1993). The South-alpine metamorphic basement in the Eastern Alps. In Pre-Mesozoic geology in the Alps (pp. 599-607). Springer Berlin Heidelberg.

Visonà D., Meyzen M.C., Nimis P., Nestola F., (in press), Fossil submarine hydrothermalism in metabasalt from the Gudon (Bressanone) amphibolite (southalpine basement, eastern Alps, NE Italy), European Journal of Mineralogy.