

COMMITTENTE :



DIREZIONE LAVORI :



APPALTATORE :

MANDATARIA



MANDANTE



Impresa Silvia Dierobon

consorzio triveneto rocciatori



PROGETTAZIONE :

MANDATARIA



MANDANTE



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

CUP: J94F04000020001

**PROGETTO ESECUTIVO**

ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA

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

**SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1 FORTEZZA - PONTE GARDENA**

**D4.03 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA - GEOLOGIA**

RELAZIONE GEOLOGICA (Zona viabilità Ponte Gardena)

APPALTATORE	RESPONSABILE DELLE INTEGRAZIONI DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE	SCALA:
 27.03.2020 <b>QUADRIO GAETANO</b> COSTRUZIONI S.P.A.	 27.03.2020 16240	<input type="text"/>

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

I B 0 A   0 0   E   Z Z   R G   G E 0 0 0 1   0 0 2   B

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data
A	Emissione esecutiva	R. Tommaselli	11.01.2020	L. Fieni	11.01.2020	R. Pieroncini	11.01.2020
B	Emissione a seguito VPE e ODI	R. Tommaselli	27.03.2020	L. Fieni	27.03.2020	R. Pieroncini	27.03.2020



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 QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA

##### SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1 FORTEZZA - PONTE GARDENA

##### GEOLOGIA E IDROGEOLOGIA

RELAZIONE GEOLOGICA - IDROGEOLOGICA (Zona viabilità Ponte Gardena)

SCALA:

-

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

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

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione per appalto	F. Sciascia	Gen. 2018	S. Rodani	Gen. 2018	C. Mazzocchi	Gen. 2018	F. Marchese Apr. 2018
B	Emissione per appalto a seguito rilievo Committenza	F. Sciascia	Apr. 2018	S. Rodani	Apr. 2018	C. Mazzocchi	Apr. 2018	

File:

n. Elab.:

**INDICE**

1	PREMESSA .....	4
2	LOCALIZZAZIONE GEOGRAFICA .....	4
3	INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE.....	6
4	STRATIGRAFIA .....	7
	BASAMENTO METAMORFICO ERCINICO .....	7
	4.1.1 BSSb - Filladi (Fillade quarzifera di Bressanone Auct.).....	7
	4.1.2 PRL - Paragneiss di Laion (Fillade quarzifera di Bressanone Auct.).....	7
	DEPOSITI QUATERNARI .....	8
	4.1.3 Depositi fluvio-glaciali, glacio-lacustri, morene (df).....	8
	4.1.4 Depositi alluvionali attuali (aa) e recenti (ar) .....	8
	4.1.5 Frane inattive (fi) .....	8
	4.1.6 Depositi colluviali (c).....	8
	4.1.7 Detriti di versante (d) .....	8
	4.1.8 Conoidi alluvionali (cf) .....	9
5	GEOMORFOLOGIA .....	24
6	SONDAGGI GEOGNOSTICI .....	40
	INDAGINI 2017.....	40
	INDAGINI 2012–2013 ED INDAGINI 2011.....	40
7	MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO.....	41
8	IDROGEOLOGIA.....	41
	8.1 PERMEABILITÀ DEI DEPOSITI QUATERNARI.....	42
	8.2 PERMEABILITÀ DEL BASAMENTO METAMORFICO .....	44
	8.3 LIVELLI PIEZOMETRICI .....	45
9	SISMICITÀ .....	47
	CLASSIFICAZIONE SISMICA E PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE.....	47



**ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA**

**ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO  
QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA**

**SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO  
ED INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1**

**RELAZIONE GEOLOGICA - IDROGEOLOGICA**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	0A	D69RG	GE 00 01 001	B	3 di 55

SISMICITÀ STORICA.....	49
SORGENTI SISMOGENETICHE.....	50
PARAMETRI PER LA DETERMINAZIONE DELL'AZIONE SISMICA DI RIFERIMENTO .....	53
10 BIBLIOGRAFIA.....	55

	<b>ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA</b> <b>ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO</b> <b>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA</b> <b>SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO</b> <b>ED INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1</b>					
	<b>RELAZIONE GEOLOGICA - IDROGEOLOGICA</b>	<b>COMMESSA</b> IBL1	<b>LOTTO</b> 0A	<b>CODIFICA</b> D69RG	<b>DOCUMENTO</b> GE 00 01 001	<b>REV.</b> B

## 1 PREMESSA

La presente relazione sintetizza i risultati dello studio geologico a supporto della nuova viabilità nella zona di Ponte Gardena nell'ambito progetto definitivo del "Quadruplicamento della linea Fortezza – Verona, Sub-Lotto Funzionale: fluidificazione del traffico ed interconnessione con la rete esistente del Lotto 1".

Integrano e completano la presente relazione i seguenti elaborati :

Plano profilo geologico zona viabilità Ponte Gardena (IBL10AD69GE0001001B)

Plano profilo idrogeologico zona viabilità Ponte Gardena (IBL10AD69GE0002001B)

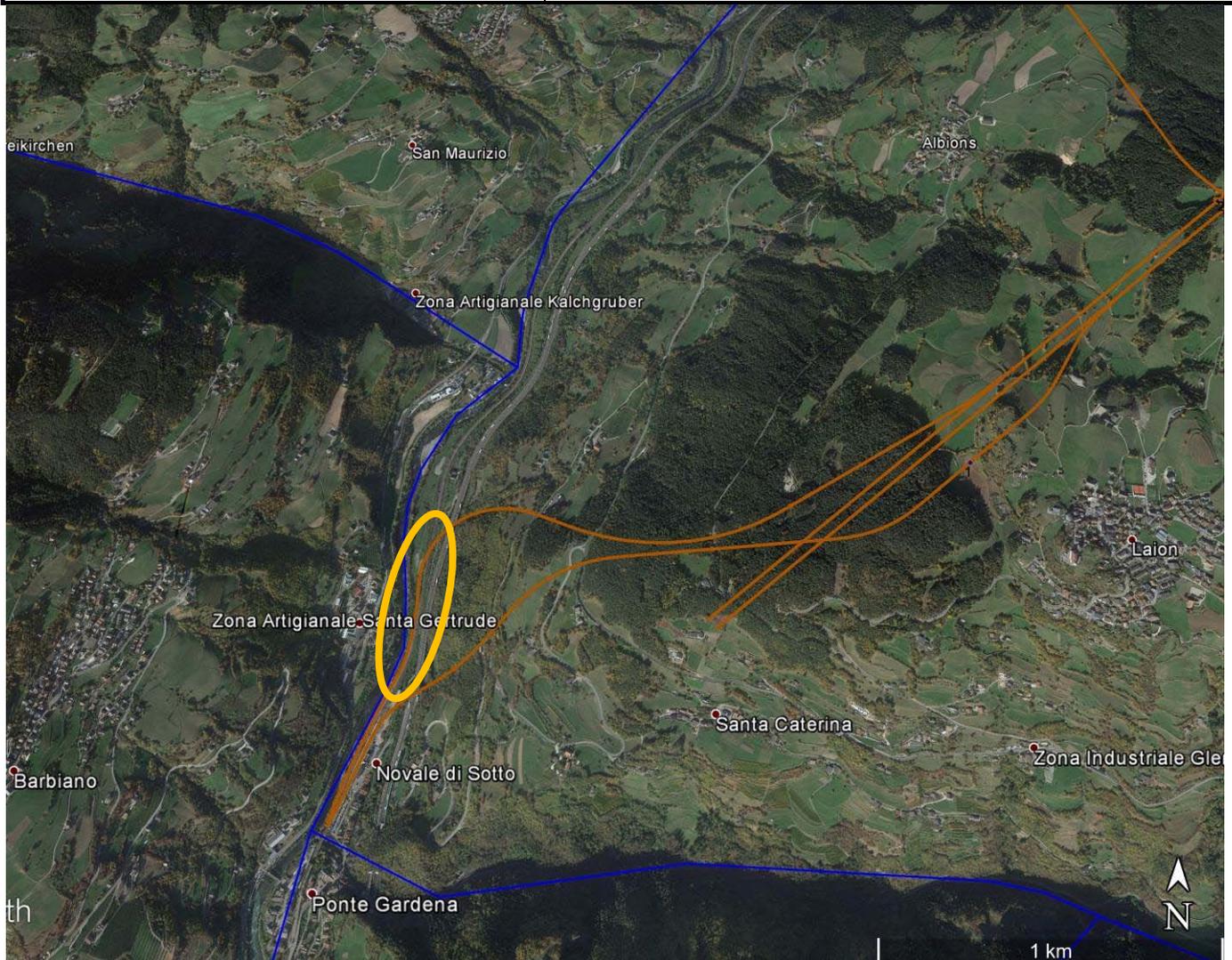
Sondaggi geognostici (6 elaborati; IBL10AD69SG0005001 ÷ 006A)

Indagini geofisiche (16 elaborati; IBL10AD69IG0005001 ÷ 016A)

Prove di laboratorio (4 elaborati; IBL10AD69PR0005001 ÷ 004A)

## 2 LOCALIZZAZIONE GEOGRAFICA

L'area oggetto di studio ricade nella porzione meridionale del Comune di Laion, Provincia di Bolzano, in sinistra idrografica del Fiume Isarco.

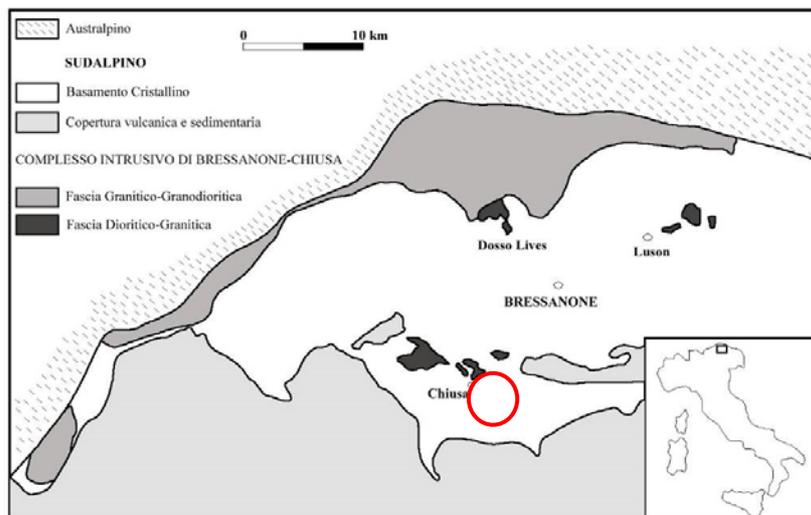


**Figura 1. Localizzazione geografica (in blu sono indicati i limiti comunali – Istat 2011).**

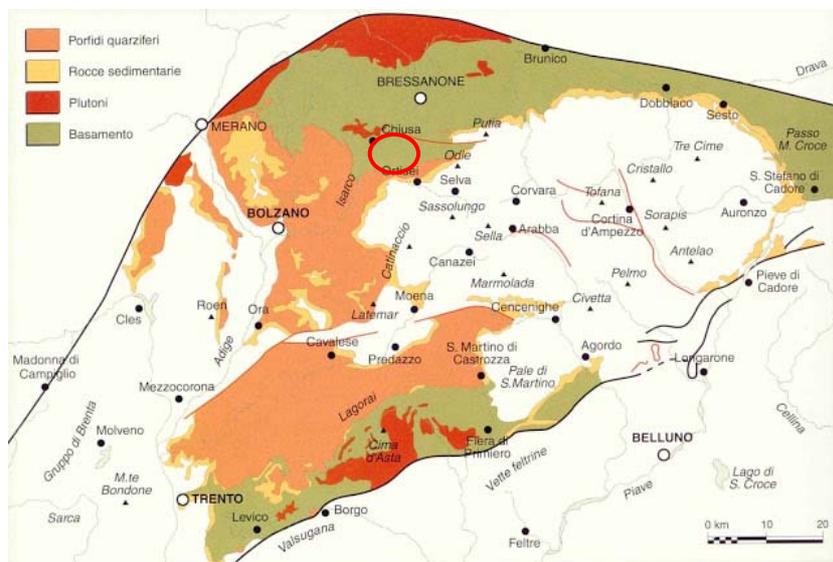
In Figura 1 è rappresentata, all'interno dell'ovale colore arancio, l'area interessata della nuova viabilità. La linea di colore marrone rappresenta invece il tracciato ferroviario di progetto della "Tratta Fortezza-Ponte Gardena, Lotto 1": nello specifico, nella figura suddetta, viene inquadrato il tracciato dell'Interconnessione di Ponte Gardena che si raccorda, a nord-ovest dell'abitato di Laion, con il tracciato delle Gallerie di Linea. Le informazioni contenute nel presente lavoro e negli elaborati allegati tengono conto di una serie di dati acquisiti nell'ambito dello studio eseguito per l'intera tratta del Lotto 1.

### 3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE

L'area interessata dal presente lavoro si colloca in un complesso settore delle Alpi orientali, in prossimità della linea Insubrica, noto sistema di faglie che separa le unità Europa vergenti da quelle Africa vergenti. L'area indagata si sviluppa a sud di tale lineamento, nel dominio Sudalpino o delle Alpi Meridionali, caratterizzato da un basamento ercinico e da litotipi magmatici e successioni sedimentarie di età permo-mesozoica (Figura 2).



a



b

**Figura 2. Inquadramento geologico semplificato dell'area indagata (a - da Rottura et alii, 1998; b - da Bosellini, 1989).**

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

	<b>ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA</b> <b>ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO</b> <b>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA</b> <b>SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO</b> <b>ED INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1</b>					
	RELAZIONE GEOLOGICA - IDROGEOLOGICA	COMMESSA IBL1	LOTTO 0A	CODIFICA D69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. B

La sequenza sedimentaria che rappresenta il protolite del basamento sudalpino è stata descritta da Sassi e Zirpoli (1989). Questa sequenza è costituita dal letto al tetto:

- 1- complesso pelitico inferiore: costituito da filladi 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  $\pm$  actinolitici e metabasiti ad albite-epidoto;
  - c. mineralizzazioni tipo "kieslager" a Fe, Cu, Zn e Pb, associate alle metavulcaniti basiche;
  - d. filladi ad ilmenite;
  - e. un orizzonte discontinuo di filladi a carbonato passanti a scisti;
  - f. quarziti bianche discontinue;
  - g. filladi 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 (1991, 1992) distinguono le due successioni filladiche anche su base mineralogica utilizzando differenti mineralizzazioni polimetalliche. Questi Autori 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).

All'interno della successione cartografata nell'area attinente all'opera viaria affiorano litotipi filladici (BSSb) e i Paragneiss di Laion (PRL), parzialmente coperti dai depositi quaternari. La cartografia geologica è riportata nell'elaborato IBL10AD69GE0001001B.

## 4 STRATIGRAFIA

La stratigrafia dell'area interessata dalla nuova viabilità ed inquadrata nella cartografia geologica, è descritta nei seguenti paragrafi.

### *Basamento metamorfico ercinico*

#### **4.1.1 BSSb - Filladi (Fillade quarzifera di Bressanone Auct.)**

I litotipi compresi in questa Unità sono costituiti da filladi caratterizzate da percentuali variabili di quarzo, passanti a facies a prevalenti fillosilicati con vene/letti di quarzo bianco rimobilizzato in fase duttile durante le deformazioni erciniche, intercalate a livelli di micascisti.

#### **4.1.2 PRL - Paragneiss di Laion (Fillade quarzifera di Bressanone Auct.)**

L'unità è costituita da gneiss e quarziti di colore chiaro (metapsammiti a quarzo, mica, feldspati) che presentano una struttura massiccia, spesso interessata da intensa fratturazione fino a raggiungere facies cataclastiche, alternati a filladi quarzifere di color grigio plumbeo con il quarzo intercalato alla scistosità (metapeliti a mica, quarzo,  $\pm$  calcite). Gli gneiss e le quarziti presentano una scistosità accentuata di tipo S1 e una struttura da lamellare a piastriforme. Le porzioni filladiche possono presentare una scistosità estremamente accentuata con una foliazione che ha risentito della deformazione ercinica S2 la quale non sembra aver deformato le porzioni più gneissiche/quarzitiche dell'unità.

	<b>ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA</b> <b>ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO</b> <b>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA</b> <b>SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO</b> <b>ED INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1</b>					
	RELAZIONE GEOLOGICA - IDROGEOLOGICA	COMMESSA IBL1	LOTTO 0A	CODIFICA D69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. B

### ***Depositi quaternari***

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

#### ***4.1.3 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 completa (osservata esternamente all'area di P. Gardena) è costituita alla base da porzioni limitate di depositi morenici, a volte estremamente alterati, il cui spessore non supera quasi mai qualche metro; a tetto di questi si rinvengono, 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 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..

#### ***4.1.4 Depositi alluvionali attuali (aa) e recenti (ar)***

I depositi alluvionali recenti (ar) affiorano in maniera discontinua lungo tutta la valle del fiume Isarco. Sono costituiti prevalentemente da sabbie medio-grossolane grigie e da conglomerati poligenici 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 (aa) sono presenti lungo il tratto di fiume che rientra nell'area oggetto di studio. Le alluvioni sono costituite in prevalenza da ciottoli poligenici di dimensioni variabili ma, nella maggior parte dei casi, superiori al decimetro sino ad arrivare a dimensioni superiori al metro.

#### ***4.1.5 Frane inattive (fi)***

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

#### ***4.1.6 Depositi colluviali (c)***

Sono essenzialmente costituiti da materiale fine e medio-fine derivante dall'alterazione del substrato e in alcuni casi soggetto a lenti movimenti per creep. Si trovano principalmente lungo le maggiori rotture di pendio tra la piana alluvionale del fiume Isarco ed i versanti che la confinano.

#### ***4.1.7 Detriti di versante (d)***

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

#### 4.1.8 Conoidi alluvionali (cf)

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

#### Dati geomeccanici

Ai fini di una valutazione in termini geomeccanici e litologico-tecnici per il basamento metamorfico si riportano i risultati dei rilievi geomeccanici eseguiti durante il 2017 in prossimità del tracciato:

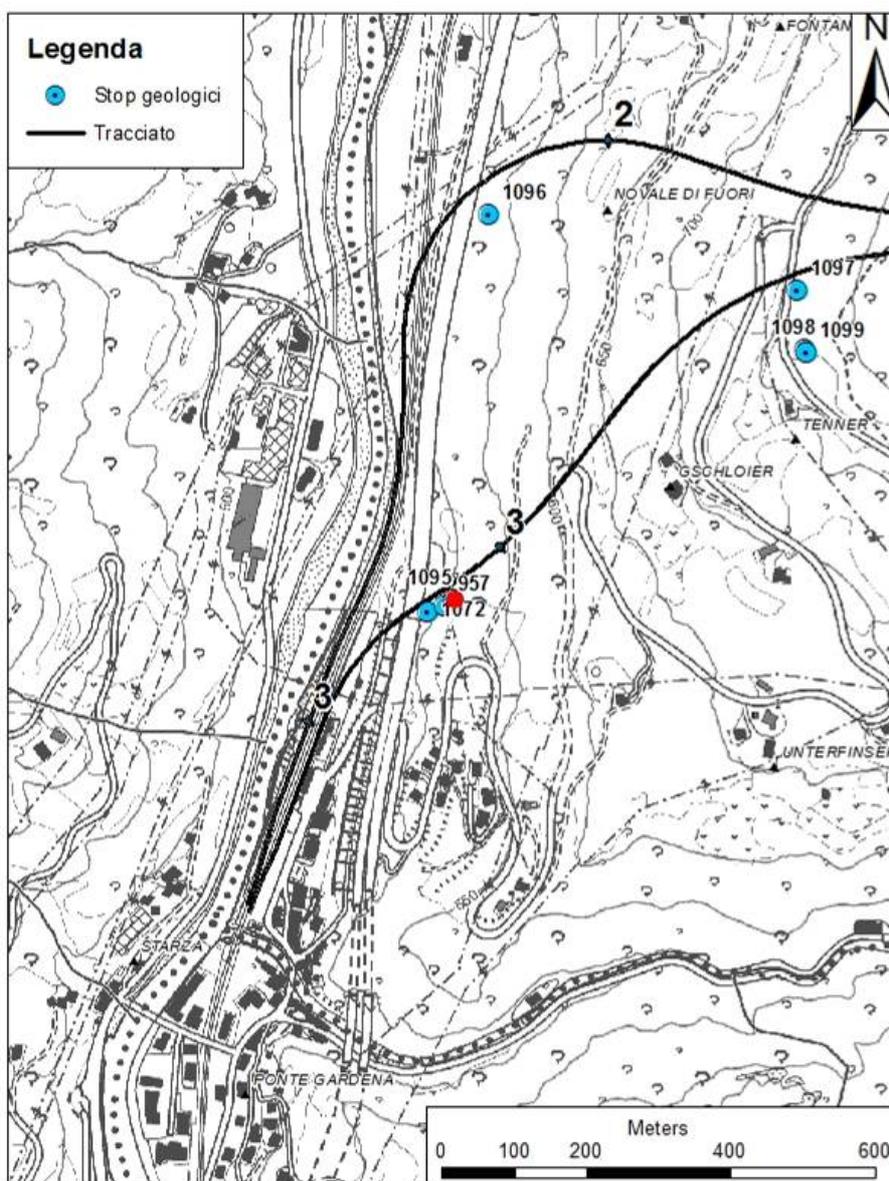


Figura 3. Ubicazione stazione geomeccanica STOP 1095

STAZIONE GEOMECCANICA:		1095		Data:	13/02/2017		Operatore/fi:	Castioni-Benedetti						
Località:	Imbocco inter. Ponte Gardena B.P				Orientamento parete (°)			Formazione / Litotipo						
					imm.	incl.	PRL							
					310	50	Gneiss							
<b>SCHEDA DI RILIEVO GEOMECCANICO</b>														
LUNGHEZZA SCAN-LINE (m):		10 m												
ID	D	IMM	INCL	T	L	A	R	O	S	P	C	SP	ALT.	TIPO DI GIUNTO
1	9.8	305	63	O	0	\	\	DM		10%			2	K
2	8.5	264	56	O	0	\	\	CM		5%			2	K
3	9.7	13	73	O	0	\	\	DM		5%			2	K
4	9.5	36	61	O	0	\	\	CM		5%			2	K
5	9.3	88	61	AA	0	\	\	CM		5%			2	K
6	9	103	86	OA	0.1	\	\	CM		5%			2	K
7	8.9	8	33	AA	0	\	\	DM		5%			2	K
8	8.7	258	87	OA	0	\	\	DM		50%			2	K
9	8.3	100	80	OA	0.5	\	\	CM		5%			2	K
10	8.4	296	69	AA	0	\	\			5%			2	K
11	8.5	196	60	AA	0.5	\	\	CM		5%			2	K
12	7.5	23	63	AA	0	\	\	DM		30%			2	K
13	7	61	88	AA	0	\	\	DM		30%			2	K
14	6.5	207	67	OA	0	\	\	CM		20%			2	K
15	6.3	276	85	OA	0	\	\	CM		20%			2	K
16	5.7	24	64	OA	0.4	\	\	DM		10%			2	K
17	5.5	20	71	OA	0	\	\	DM		10%			2	K
18	4.3	293	78	OA	0	\	\	DM		5%			2	K
19	4	297	78	OO	0.1	\	\	DM		10%			2	K
20	3.4	258	65	OO	0	\	\	DM		20%			2	K
21	2.6	300	86	OO	0	\	\	DM		5%			2	K
22	2.3	223	76	OO	0.1	\	\	DM		5%			2	K
23	1.8	282	86	OA	0.1	\	\	CM		10%			2	K
24	1.6	30	70	OA	0.3	\	\	CM		5%			2	K
25	2.4	316	15	OA	0	\	\	DM		5%			2	K
26	3.7	331	27	OA	0	\	\	DM		5%			2	K
27	4	3	52	AA	0	\	\	CM		5%			2	K
28	2.9	114	83	OA	0.2	\	\	DM		10%			2	K
29	3.6	118	85	OA	0	\	\	DM		5%			2	K
30														
31														
32														
33														
34														

D: distanza della frattura intercettata dallo zero del nastro  
 T: tipo di terminazione A: contro un'altra discontinuità, I: nella matrice rocciosa, O: non visibile o estesa oltre l'estremità dell'affioramento  
 L: distanza della terminazione dal nastro (m) A: apertura della discontinuità (Cm)  
 R: materiale di riempimento: C: cataclastico M: breccia cementata ("milonite") Ca: calcite Cc: coesivo Gr: granulare T: terrigena  
 O: ondulazione S: scabrezza P: persistenza  
 C: consistenza F: frequenza Sp: spaziatura  
 Note:

**Tabella 1. Scheda di rilievo geomeccanico STOP 1095**

MISURE TRAMITE MARTELLO DI SCHMIDT		1095	UCS media		
				$\sigma_c$ (Mpa)	
CORRELAZIONE R-> $\sigma_c$				91	
DATI DI INPUT					DATI DI OUTPUT
NUMERO DELLA DISCONTINUITÀ (O STRATO)	DENSITÀ DELLA ROCCIA $\gamma$ (kNm <sup>3</sup> )	ANGOLO SCHMIDT HAMMER vs ORIZZONTALE $\alpha$ (°)	INDICE DI RIMBALZO R	INDICE DI RIMBALZO NORMALIZZATO $R_{\text{corretto}}$	UNIAXIAL COMPRESSIVE STRENGTH $\sigma_c$ (Mpa)
K	25	-90	28	28	42
K	25	-90	40	40	78
K	25	-90	36	36	63
K	25	-90	26	26	38
K	25	-90	26	26	38
K	25	-45	40	39	75
K	25	-45	42	41	83
K	25	-45	30	29	45
K	25	-45	52	52	140
K	25	-45	52	52	140
K	25	-45	25	24	35
K	25	-45	31	30	47
K	25	-45	25	24	35
K	25	-45	20	19	27
K	25	-45	38	37	68
K	25	0	55	53	152
K	25	0	55	53	152
K	25	0	50	48	115
K	25	0	52	50	131
K	25	0	45	43	89
K	25	0	42	40	77
K	25	0	42	40	77
K	25	0	49	47	110
K	25	0	48	46	104
K	25	0	42	40	77
K	25	0	30	27	40
K	25	0	35	32	53
K	25	0	25	22	31
K	25	0	30	27	40
K	25	0	31	28	43
K	25	-45	34	33	55
K	25	-45	40	39	75
K	25	-45	48	47	113
K	25	-45	50	49	125
K	25	-45	40	39	75
K	25	0	44	42	85
K	25	0	54	52	145
K	25	0	48	46	104
K	25	0	44	42	85
K	25	0	56	54	160
K	25	-45	55	55	163
K	25	-45	52	52	140
K	25	-45	45	44	97
K	25	-45	52	52	140
K	25	-45	50	49	125
K	25	-45	50	49	125
K	25	-45	50	49	125
K	25	-45	52	52	140
K	25	-45	48	47	113
K	25	-45	50	49	125

Tabella 2. Stima della compressione uniassiale eseguite tramite il martello di Schmidt STOP 1095

**STAZIONE GEOMECCANICA 1095**

Località: Imbocco. Inter Ponter Gardena B.P  
Data: 13/02/2017

Orientazione parete: - (dip direction)  
- (dip)

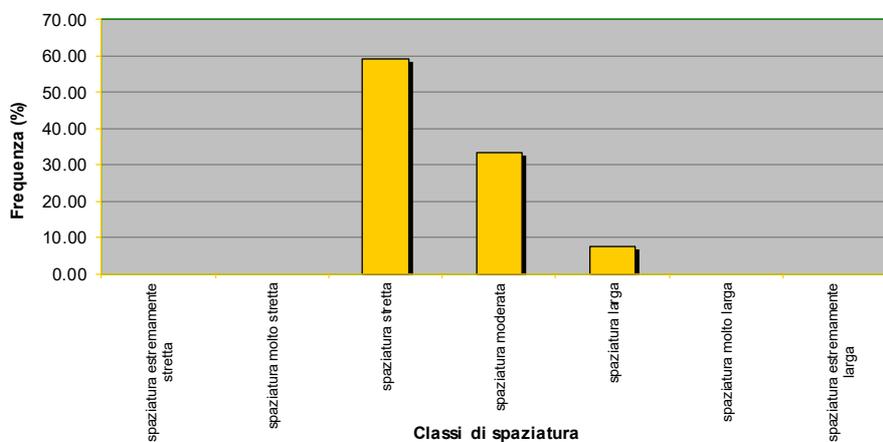
Litotipo: Gneiss

**FAMIGLIA DI DISCONTINUITÀ K1, K2, K3 e STRATO**

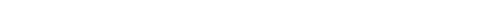
ANALISI DELLE SPAZIATURE

DESCRIZIONE CLASSE	SPAZIATURA CLASSI (mm)	N° dati	FREQUENZA (%)	MEDIA	Dev. St
spaziatura estremamente stretta	<20	0	/	/	/
spaziatura molto stretta	20+60	0	/	/	/
spaziatura stretta	60+200	16	59.26	131.25	79.32
spaziatura moderata	200+600	9	33.33	422.22	120.19
spaziatura larga	600+2000	2	7.41	1000.00	282.84
spaziatura molto larga	2000+6000	0	/	/	/
spaziatura estremamente larga	>6000	0	/	/	/

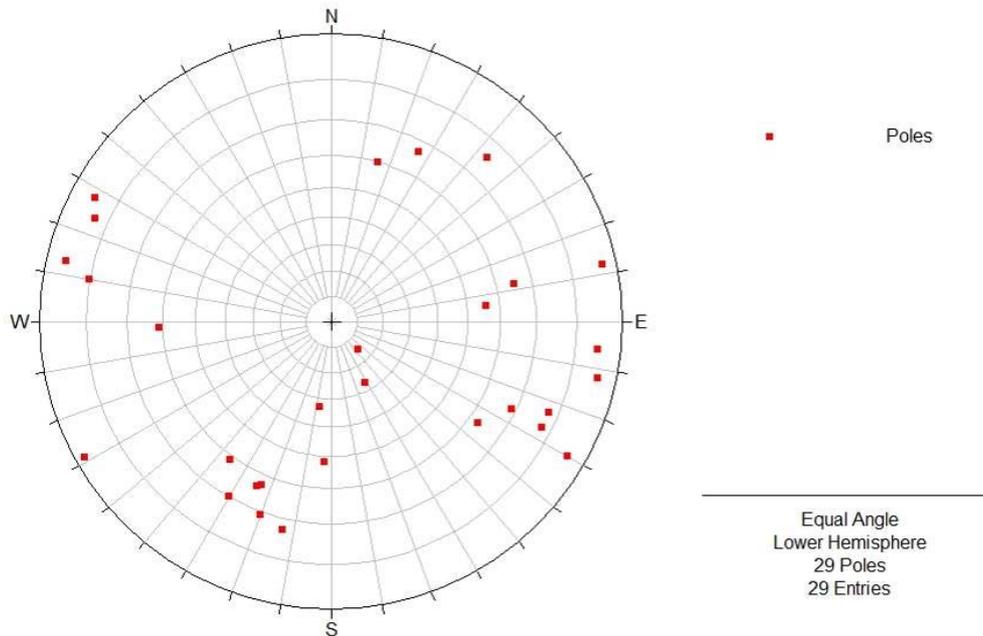
**FAMIGLIE K1, K2, K3 e STRATO**



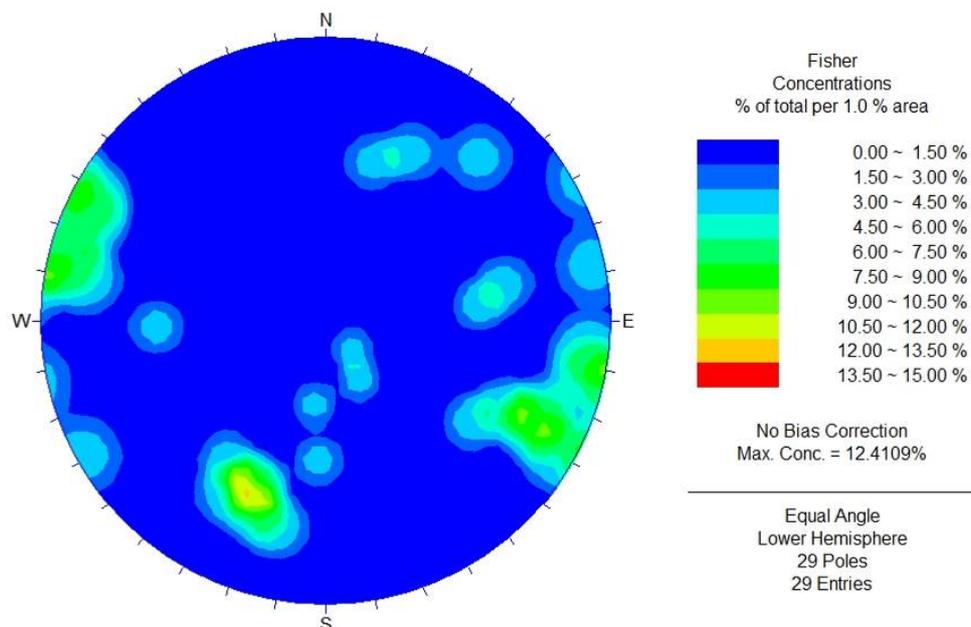
**Tabella 3. Classi di spaziatura STOP 1095**

STAZIONE GEOMECCANICA: WP1095		Data: 13/02/2017	Operatore/i: Castioni - Benedetti	
Località:	Imbocco inter. Ponte Gardena B.P	Orientamento parete		Formazione / Litotipo
		Dip	Dip Direction	PRL
		310	50	Gneiss
Riferimento normativo:	<b>RACCOMANDAZIONI IRSM</b>			
<b>PROFILI DI RUGOSITA'</b>				
N° giunto				JRC
K1				8÷10
K2				10÷12
K3				8÷10
K4				14÷16
K5				12÷14
K6				12÷14
K6				8÷10
K2				6÷8
K3				8÷10
K1				8÷10

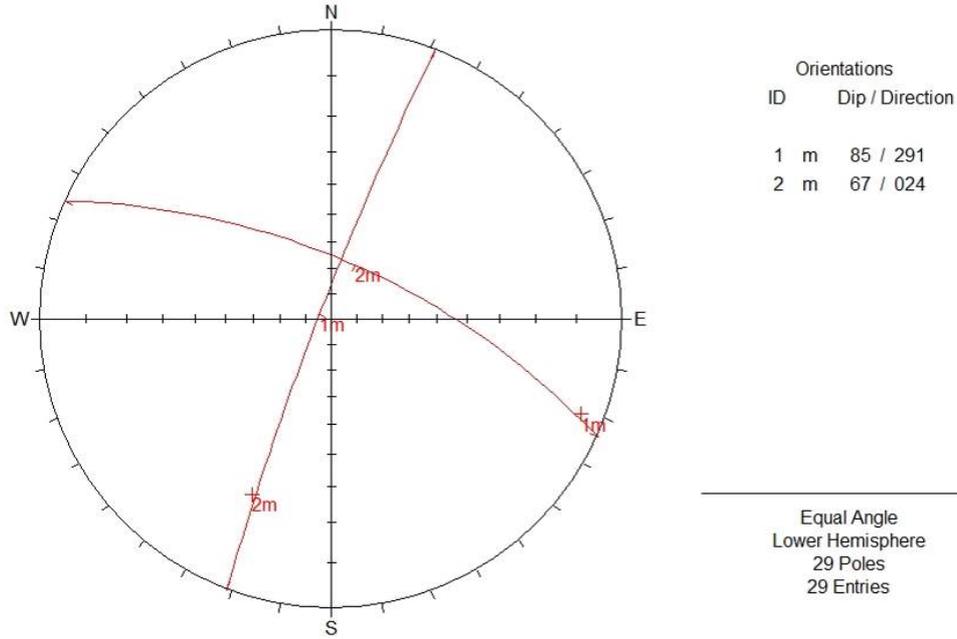
**Tabella 4. Profili di rugosità STOP 1095**



**Figura 4. Stereodiagramma dei poli STOP 1095**



**Figura 5. Distribuzione statistica dei poli STOP 1095**



**Figura 6. Famiglie principali (valore medio) STOP 1095**



**Figura 7. Affioramento STOP1095**

**STAZIONE GEOMECCANICA:**

**Wp 1095**

Località: Ponte Gardena

Data: 13/02/2017

Orientazione parete:

(azimuth)  
(dip)

Litotipo:

Quarzite / Gneiss

**CLASSIFICAZIONE DEL'AMMASSO ROCCIOSO**

**CLASSIFICAZIONE GEOMECCANICA Q (Barton, 1974) (Km 3 interconnessione BD, Imbocco)**

		Indice	Note
Rock quality designation	RQD	80%	
Numero famiglie di giunti	Jn	12	
Scabrezza del giunto	Jr	3	
Alterazione delle superfici del giunto	Ja	1	
Fattore di riduzione per acqua nei giunti	Jw	1	
Fattore di riduzione delle tensioni	Js	2.5	

$Q = (RQD/Jn)(Jr/Ja)(Jw/Js)$

Q = **8.0**

**Correlazioni Q/RMR (Beniawsky, 1976)**

$RMR_{medio} = 9 \ln(Q) + 44 =$

62.7

$RMR_{min} = 9 \ln(Q) + 26 =$

44.7

$RMR_{max} = 9 \ln(Q) + 62 =$

44.7

**Correlazioni Q / RMR (Rutledge, 1978)**

$RMR = 13,5 \log(q) + 43 =$

55.2

**CLASSIFICAZIONE GEOMECCANICA RMR (Beniawsky, 1989)**

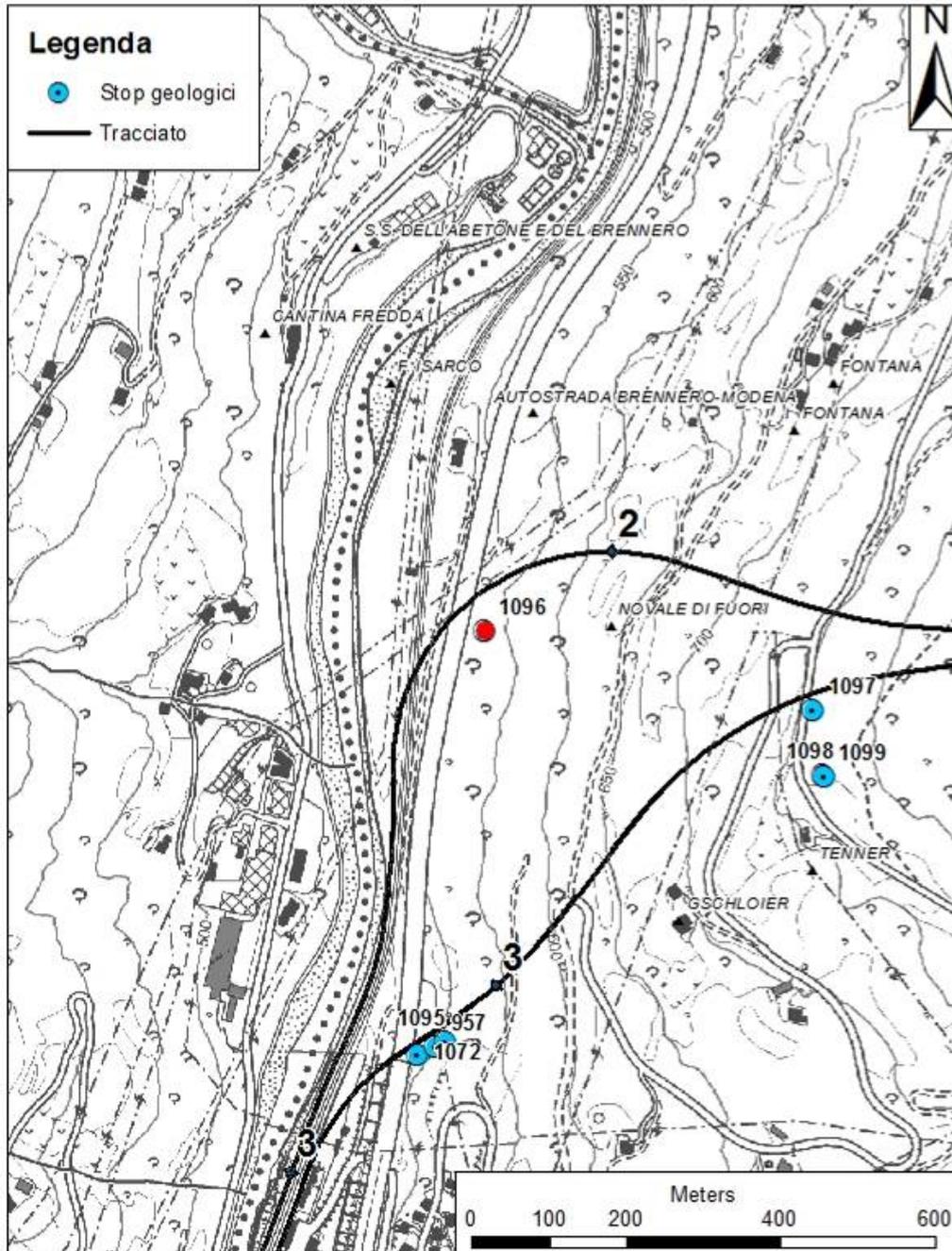
		Indice	Note
Resistenza roccia intatta	R1	8	
Rock quality designation (RQD)	R2	16	
Spaziatura giunti	R3	9	
Condizione giunti	R4	24	
Condizioni idrauliche	R5	13	
Orientazione delle discontinuità	R6		

$RMR(base) = R1+R2+R3+R4+R5$

RMR(base)

**70**

**Figura 8. Dati geomeccanici relativi allo STOP1095**



**Figura 9 UBICAZIONE STOP 1096**

STAZIONE GEOMECCANICA:		1096		Data:	13/02/2017		Operatore/i:		Castioni-Benedetti					
Località:	Imbocco inter. Ponte Gardena B.D				Orientamento parete (°)			Formazione / Litotipo						
					imm.		incl.	PRL						
					266		58	Gneiss						
<b>SCHEDA DI RILIEVO GEOMECCANICO</b>														
LUNGHEZZA SCAN-LINE (m):				<b>10 m</b>										
ID	D	IMM	INCL	T	L	A	R	O	S	P	C	SP	ALT.	TIPO DI GIUNTO
1	0.4	257	60	OA	\	\	\	DM		5%			2	K
2	0.8	337	42	AA	\	\	\	CM		5%			2	K
3	0.9	309	65	OA	\	\	\	DM		10%			2	K
4	0.5	230	71	OA	100	\	\	DM		5%			2	K
5	1.3	325	67	OA	\	\	\	CM		5%			2	K
6	2.6	245	50	OO	\	\	\	DM		50%			2	K
7	3	81	95	OA	\	\	\	CM		5%			1	K
8	3	297	85	OA	\	\	\	CM		5%			1	K
9	3.3	137	86	OO	\	1/10	C	PDM		100%			3	Faglia
10	3.6	292	83	AA	\	\	\	CM		5%			1	K
11	3.7	315	73	AA	0.7	\	\	DM		5%			2	K
12	3.4	246	60	AA	0.7	\	\	CM		5%			1	K
13	3.6	293	65	AA	0.7	1/10	\	DM		5%			2	K
14	4.9	180	20	OO	\	1/10	M	CM		100%			4	Scistosità/Faglia
15	4.7	282	80	OA	\	\	\	DM		50%			2	K
16	4.2	301	50	OA	\	\	\	DM		5%			2	K
17	4.6	321	74	OA	\	\	\	CM		5%			2	K
18	5.5	77	80	OA	\	\	\	DM		20%			2	K
19	5.9	12	78	AA	\	\	\	DM		5%			2	K
20	6.1	310	72	IA	0.5	1/2	C	PDM		50%			2	Faglia\ K++
21	6.3	313	44	OA	\	\	\			5%			3	K
22	6.8	263	40	OA	\	\	\	DM		10%			2	K
23	7.7	28	43	AA	\	\	\			50%				K Mineralizzata
24	7.8	175	28	OA	\	\	\	CM		10%			2	K
25	7.2	312	85	AA	0.5	\	\	DM		20%			2	K
26	9.2	304	55	OA		1/2	\	DM		50%			2	K
27	9.3	182	17	OA	\	1/5	C	M		50%			4	Scistosità/Faglia
28	3.9	125	79	OA	\	\	\			5%			2	K
29	7.7	352	56	OA	\	\	\	CM		5%			1	K
30	9.2	247	84	AA	\	\	\	DM		5%			2	K
31														
32														
33														
34														

D: distanza della frattura intercettata dallo zero del nastro  
 T: tipo di terminazione A: contro un'altra discontinuità, I: nella matrice rocciosa, O: non visibile o estesa oltre l'estremità dell'affioramento  
 L: distanza della terminazione dal nastro (m) A: apertura della discontinuità (Cm)  
 R: materiale di riempimento: C: cataclastico M: breccia cementata ("milonite") Ca: calcite Cc: coesivo Gr: granulare T: terrigena  
 O: ondulazione S: scabrezza P: persistenza  
 C: consistenza F: frequenza Sp: spaziatura  
 Note:

**Tabella 5. Scheda di rilievo geomeccanico STOP 1096**

MISURE TRAMITE MARTELLO DI SCHMIDT				1096	UCS media
CORRELAZIONE R→σ <sub>c</sub>					σ <sub>c</sub> (Mpa)
					94
DATI DI INPUT					DATI DI OUTPUT
NUMERO DELLA DISCONTINUITÀ (OSTRATO)	DENSITÀ DELLA ROCCIA γ (kN/m <sup>3</sup> )	ANGOLO SCHMIDT HAMMER vs ORIZZONTALE α (°)	INDICE DI RIMBALZO R	INDICE DI RIMBALZO NORMALIZZATO R <sub>corretto</sub>	UNIAXIAL COMPRESSIVE STRENGTH σ <sub>c</sub> (Mpa)
K	25	-45	18	17	24
K	25	-45	28	27	41
K	25	-45	34	33	55
K	25	-45	44	43	92
K	25	-45	46	45	102
K	25	0	46	44	94
K	25	0	36	33	55
K	25	0	36	33	55
K	25	0	38	35	61
K	25	0	44	42	85
K	25	0	52	50	131
K	25	0	54	52	145
K	25	0	54	52	145
K	25	0	56	54	160
K	25	0	54	52	145
K	25	45	40	35	59
K	25	45	58	55	163
K	25	45	56	53	148
K	25	45	40	35	59
K	25	45	50	46	104
K	25	0	44	42	85
K	25	0	40	37	68
K	25	0	42	40	77
K	25	0	40	37	68
K	25	0	42	40	77
K	25	0	54	52	145
K	25	0	52	50	131
K	25	0	48	46	104
K	25	0	48	46	104
K	25	0	50	48	115
K	25	-45	46	45	102
K	25	-45	46	45	102
K	25	-45	44	43	92
K	25	-45	46	45	102
K	25	-45	40	39	75
K	25	0	36	33	55
K	25	0	40	37	68
K	25	0	28	25	36
K	25	0	40	37	68
K	25	0	38	35	61
K	25	0	50	48	115
K	25	0	40	37	68
K	25	0	46	44	94
K	25	0	50	48	115
K	25	0	50	48	115
K	25	-45	52	52	140
K	25	-45	46	45	102
K	25	-45	50	49	125
K	25	-45	44	43	92
K	25	-45	44	43	92

**Tabella 6. Stima della compressione uniassiale eseguite tramite il martello di Schmidt STOP 1096**

**STAZIONE GEOMECCANICA 1096**

Località: Imbocco. Inter Ponter Gardena B.D  
Data: 13/02/2017

Orientazione parete: - (dip direction)  
- (dip)

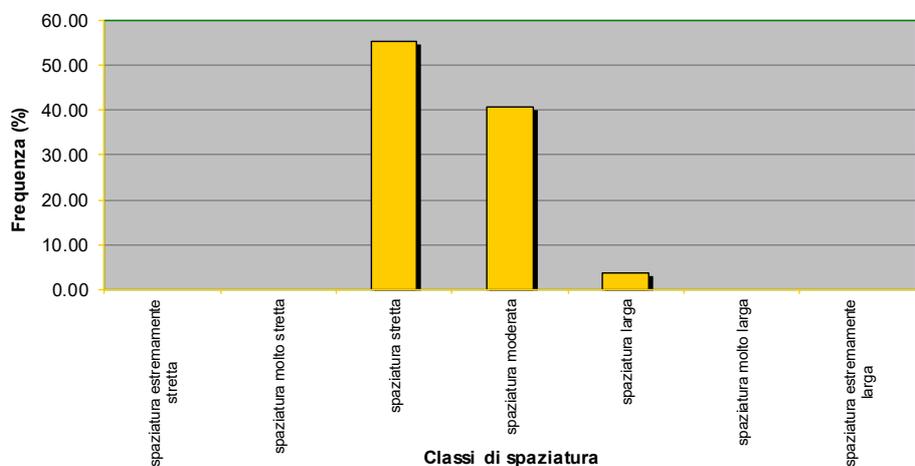
Litotipo: Gneiss

**FAMIGLIA DI DISCONTINUITÀ K1, K2, K3 e STRATO**

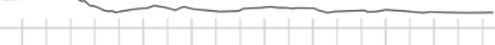
ANALISI DELLE SPAZIATURE

DESCRIZIONE CLASSE	SPAZIATURA CLASSI (mm)	N° dati	FREQUENZA (%)	MEDIA	Dev. St
spaziatura estremamente stretta	<20	0	/	/	/
spaziatura molto stretta	20÷60	0	/	/	/
spaziatura stretta	60÷200	15	55.56	106.67	79.88
spaziatura moderata	200÷600	11	40.74	409.09	94.39
spaziatura larga	600÷2000	1	3.70	#####	\
spaziatura molto larga	2000÷6000	0	/	/	/
spaziatura estremamente larga	>6000	0	/	/	/

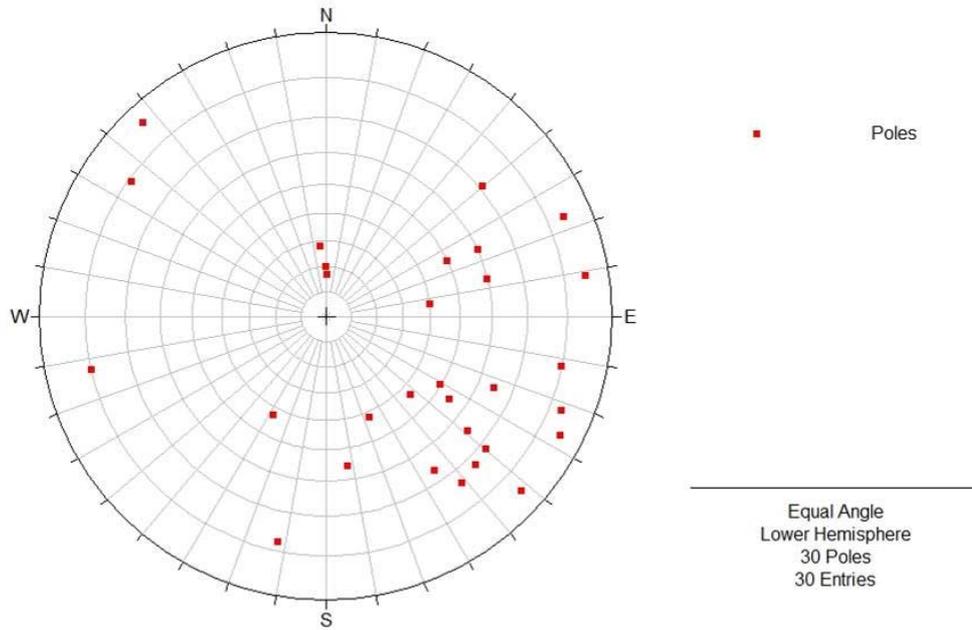
**FAMIGLIE K1, K2, K3 e STRATO**



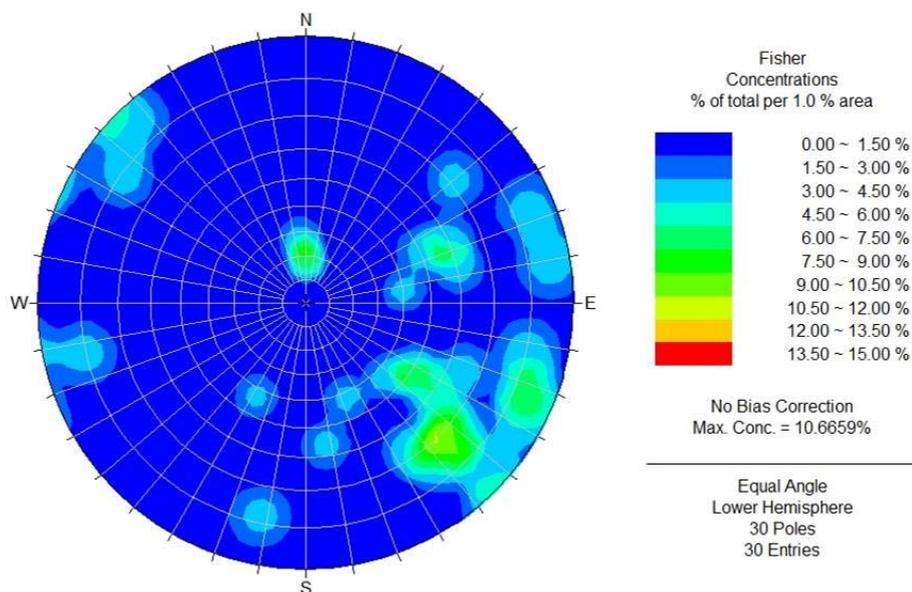
**Tabella 7. Classi di spaziatura STOP 1096**

COMMITTENTE / OPERA:				
STAZIONE GEOMECCANICA:	WP1096	Data:	13/02/2017	
Operatore/i:	Castioni - Benedetti			
Località:	Imbocco inter. Ponte Gardena B.D	Orientamento parete		Formazione / Litotipo
		Dip	Dip Direction	PRL
		266	58	Gneiss
Riferimento normativo:	<b>RACCOMANDAZIONI IRSM</b>			
<b>PROFILI DI RUGOSITA'</b>				
N° giunto			JRC	
K1			10-12	
K2			10-12	
K3			4-6	
K4			2-4	
K3			4-6	
K5			6-8	
K2			4-6	
K2			0-2	
K6			2-4	
K3			8-10	

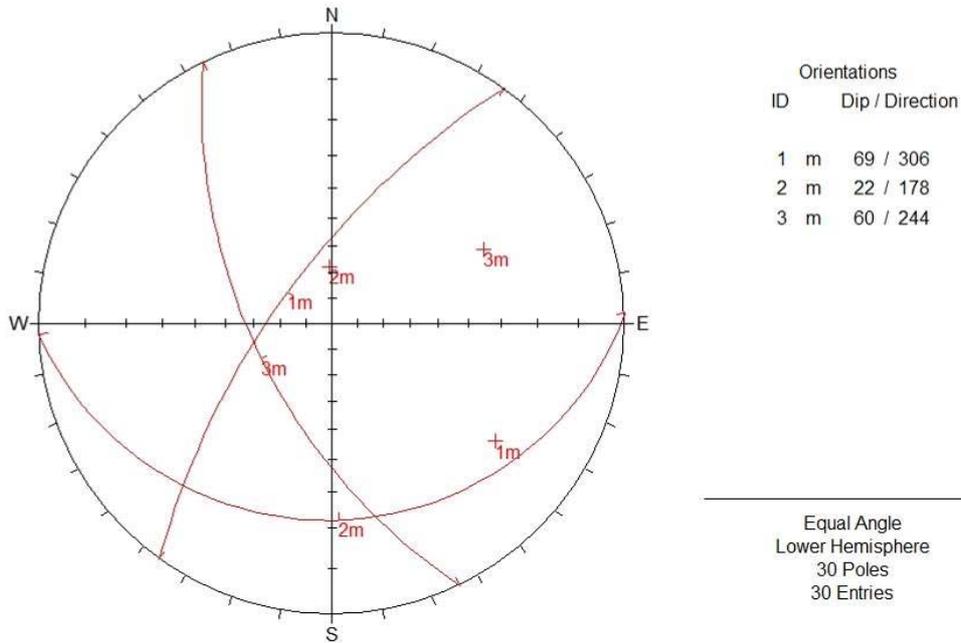
**Tabella 8. Profili di rugosità STOP 1096**



**Figura 10. Stereodiagramma dei poli STOP 1096**



**Figura 11. Distribuzione statistica dei poli STOP 1096**



**Figura 12. Famiglie principali (valore medio) STOP 1096**



**Figura 13. Scanline STOP 1096**

<b>STAZIONE GEOMECCANICA:</b>	<b>Wp 1096</b>
-------------------------------	----------------

 Località: Ponte Gardena  
 Data: 13/02/2017

Orientazione parete:

	(azimuth)
-	(dip)

Litotipo:

Quarzite / Gneiss
-------------------

**CLASSIFICAZIONE DEL'AMMASSO ROCCIOSO**
**CLASSIFICAZIONE GEOMECCANICA Q (Barton, 1974) (Km 2,3 interconnessione BP, Imbocco)**

		Indice	Note
Rock quality designation	RQD	78%	
Numero famiglie di giunti	Jn	24	
Scabrezza del giunto	Jr	2	
Alterazione delle superfici del giunto	Ja	1	
Fattore di riduzione per acqua nei giunti	Jw	1	
Fattore di riduzione delle tensioni	Js	2.5	

$$Q = (RQD/Jn)(Jr/Ja)(Jw/Js)$$

$$Q = 2.0$$

**Correlazioni Q/RMR (Beniawsky, 1976)**

$$\begin{aligned} RMR_{medio} &= 9 \text{ LN}(Q) + 44 = 50.0 \\ RMR_{min} &= 9 \text{ LN}(Q) + 26 = 32.0 \\ RMR_{max} &= 9 \text{ LN}(Q) + 62 = 32.0 \end{aligned}$$

**Correlazioni Q/RMR (Rutledge, 1978)**

$$RMR = 13,5 \log(q) + 43 = 46.9$$

**CLASSIFICAZIONE GEOMECCANICA RMR (Beniawsky, 1989)**

		Indice	Note
Resistenza roccia intatta	R1	8	
Rock quality designation (RQD)	R2	15	
Spaziatura giunti	R3	9	
Condizione giunti	R4	14	
Condizioni idrauliche	R5	13	
Orientazione delle discontinuità	R6		

$$RMR(\text{base}) = R1+R2+R3+R4+R5$$

$$RMR(\text{base}) = 59$$

**Figura 14. Dati geomeccanici relativi allo STOP1095**

## 5 GEOMORFOLOGIA

L'area in esame ricade in prossimità del fondo valle Isarco, in sinistra idrografica del corso d'acqua, a quote comprese fra i 450 e 500 m sul livello del mare (Figura 15), ed a monte della confluenza tra lo stesso Isarco ed il rio Gardena. L'originale morfologia del sito è stata parzialmente alterata nel corso degli anni in relazione alla realizzazione di varie infrastrutture, la più rilevante delle quali appare l'Autostrada A22. La viabilità in progetto, nello specifico, si sviluppa tra l'autostrada (che si trova a monte) e la linea ferroviaria (che si snoda a valle), e

ripercorre parte del tracciato di una strada esistente (strada podereale Waidbrück – Schönauer; Figura 16); la nuova viabilità sarà utilizzata esclusivamente a servizio della linea ferroviaria oggetto del successivo Lotto 1 e delle attività di manutenzione del viadotto autostradale. L'ambito di inserimento è il raccordo tra un versante caratterizzato da pendenze piuttosto significative e la superficie piana del fondovalle (Figura 17). In un settore di questo tipo si riscontra una commistione fra depositi di versante (d) e depositi alluvionali recenti (ar); un importante corpo di frana inattivo è stato inoltre riconosciuto nella porzione nord dell'areale inquadrato nella cartografia geologica-geomorfologica (IBL10AD69L6GE0001001B).

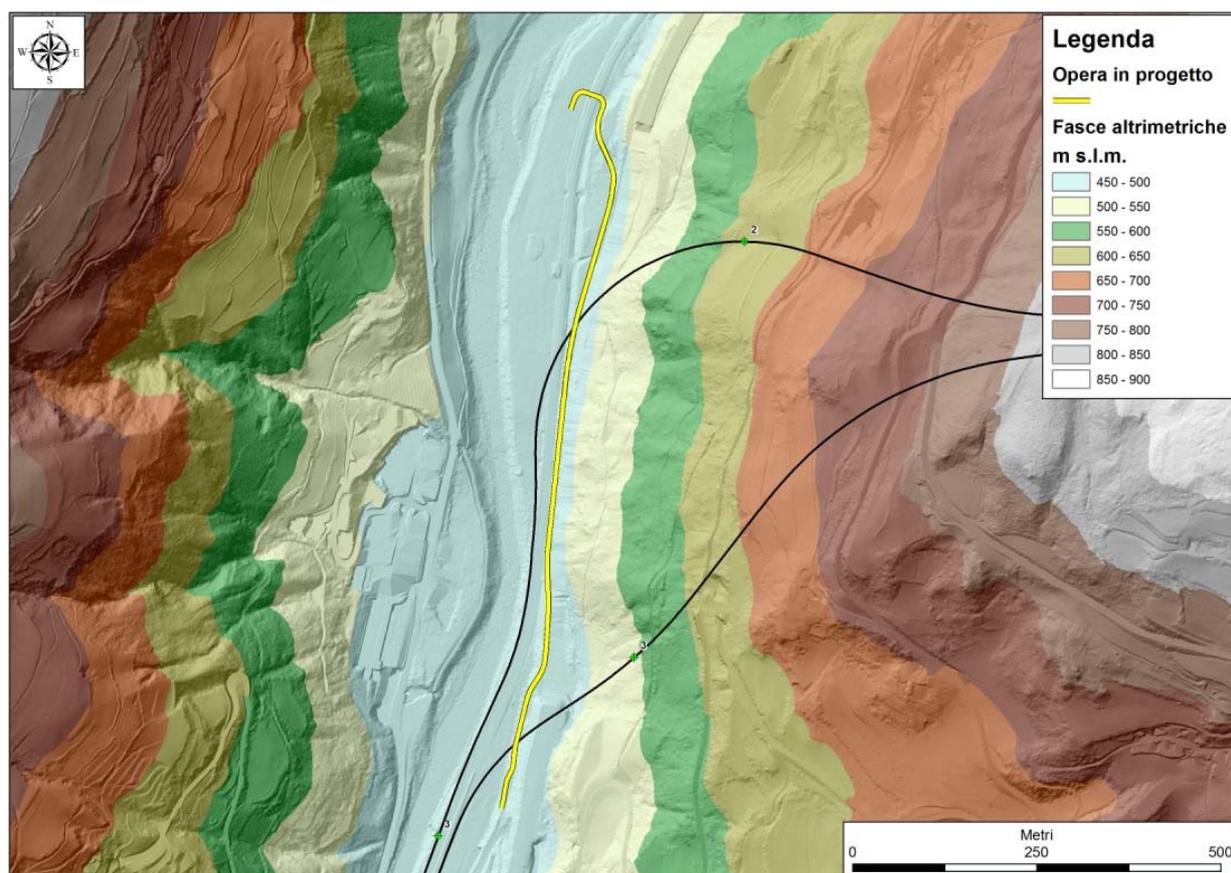
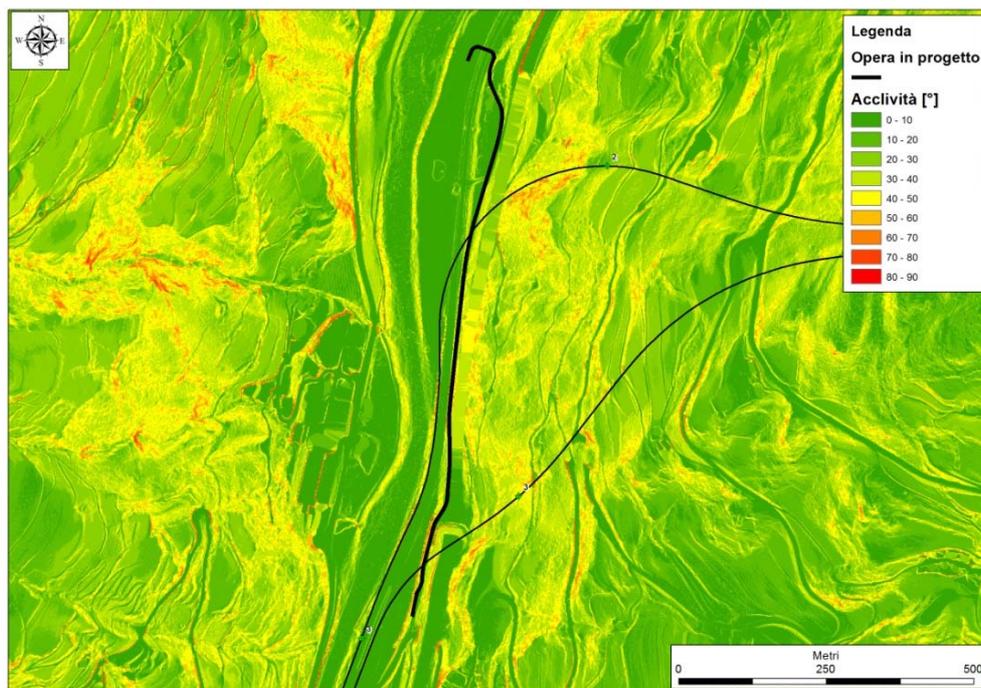


Figura 15. Carta delle fasce altimetriche relative all'areale investigato

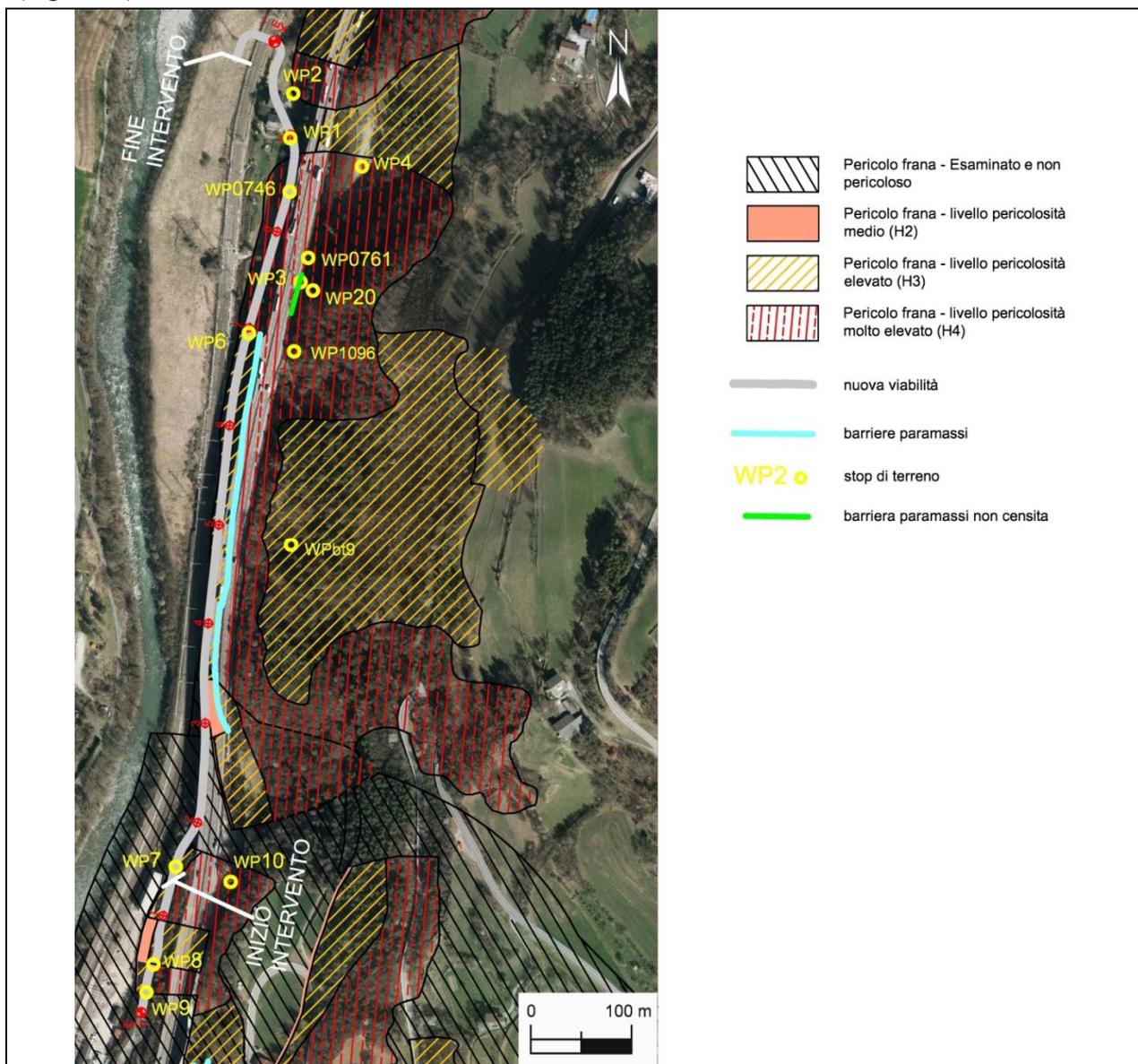


**Figura 16. Panoramica (eseguita dal versante in destra Isarco) del settore interessato dalla nuova viabilità; si osserva a valle del viadotto autostradale la strada podereale attualmente esistente (a valle di cui corre la linea ferroviaria).**



**Figura 17. Carta delle acclività dell'areale investigato**

Secondo i dati territoriali presenti nel Geocatalogo della Rete Civica dell'Alto Adige (<http://geocatalogo.retecivica.bz.it/geokatalog/#!>) la porzione del versante a monte dell'Autostrada A22 viene suddivisa dal Piano delle Zone di Pericolo (relativo al Comune di Laion) in zone a diverso livello di pericolo da frana (Figura 18).



**Figura 18. Estratto del Piano delle Zone di Pericolo da frana (da GeoCatalogo Alto Adige - <http://geocatalogo.retecivica.bz.it/geokatalog/#!>). Sono riportati anche gli sviluppi delle barriere paramassi ed i punti di controllo di terreno.**

Il tracciato della viabilità in progetto si sviluppa, come accennato in precedenza, immediatamente a valle dell'infrastruttura autostradale A22, e come visibile in Figura 18, al limite ovest delle perimetrazioni suddette. Nella Figura 18 è anche riportato lo sviluppo delle opere di difesa paramassi (Rockfall Barriers), così come estratto dal Geocatalogo della Rete Civica dell'Alto Adige (<http://geocatalogo.retecivica.bz.it/geokatalog/#!home>); è inoltre rappresentato (posizione orientativa) un tratto di barriera installato ma ancora non censito.

Le condizioni geomorfologiche attuali in relazione al tracciato della nuova viabilità in progetto sono state valutate attraverso rilievi di terreno ed attraverso l'analisi di ulteriori informazioni specifiche (inclinometria ed interferometria satellitare, vedi oltre). Nella Figura 18 sono indicati alcuni punti di controllo sul terreno eseguiti in prossimità della nuova viabilità in progetto e dei quali si riporta di seguito la relativa documentazione fotografica.

WP #1 e WP #2: è presente una scarpata antropica in detrito eterogeneo ed eterometrico al di sotto del viadotto autostradale riconducibile ai lavori riguardanti A22. Non sono state riscontrate problematiche di caduta massi. Nella porzione di versante a monte sono presenti terrazzamenti e muretti a secco (vedi WP #4).



WP #1 e WP #2

WP #3: in corrispondenza di questo punto è presente una barriera paramassi che si estende per circa 40 m verso sud, seguendo la direzione dell'autostrada. Questa opera, come in precedenza accennato, non risulta al momento inserita nell'archivio delle opere riportate nel Geocatalogo della Rete Civica dell'Alto Adige.



WP #3

WP #4: al termine della pista che risale il versante in direzione circa NE a monte del viadotto autostradale, è presente un muretto di sostegno a secco.



WP #4

WP #0761: scarpata a lato della pista che risale il versante in direzione NE verso la zona dei muretti e dei terrazzamenti.



WP #0761

WP #0746: vista, da Nord verso Sud, della strada poderale; sulla sinistra la pista che risale verso il viadotto.



WP #0746

WP #1096: affioramento roccioso a monte della pila 14 del viadotto della A22, in corrispondenza della pista che risale il versante in direzione SSE.



WP #1096

WP #20: affioramento di bed-rock fratturato a monte del traliccio adiacente la sede autostradale.



WP #20

WP #6: è presente una barriera paramassi posizionata tra il viadotto e la strada poderale Waidbrück – Schönauer. La foto di sinistra ritrae l'inizio della barriera vista da monte, quella di destra è scattata lungo la strada poderale, in corrispondenza dell'inizio della barriera. L'opera è censita nel Geocatalogo della Rete Civica dell'Alto Adige.



WP #6

WP #bt9: blocchi pluridecimetri a monte della pista che risale il versante in direzione SSE.



WP #bt9

Wp #7: è stato effettuato in prossimità della progressiva di inizio intervento; è visibile il muro in calcestruzzo, alto 4-5 m, del rilevato autostradale: a fianco l'attuale strada podereale.



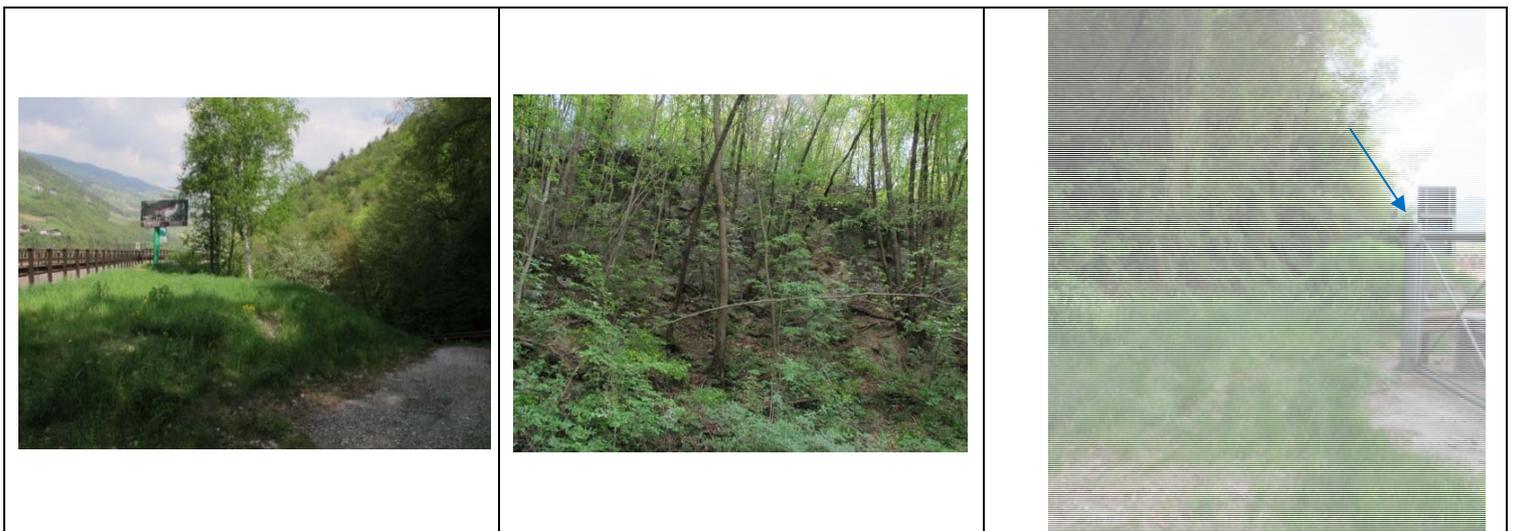
Wp #7

WP #8 e #9: effettuati a sud della progressiva di inizio intervento, ove l'autostrada A22 si sviluppa su rilevato. La strada poderale risulta correre a valle dello stesso rilevato autostradale.



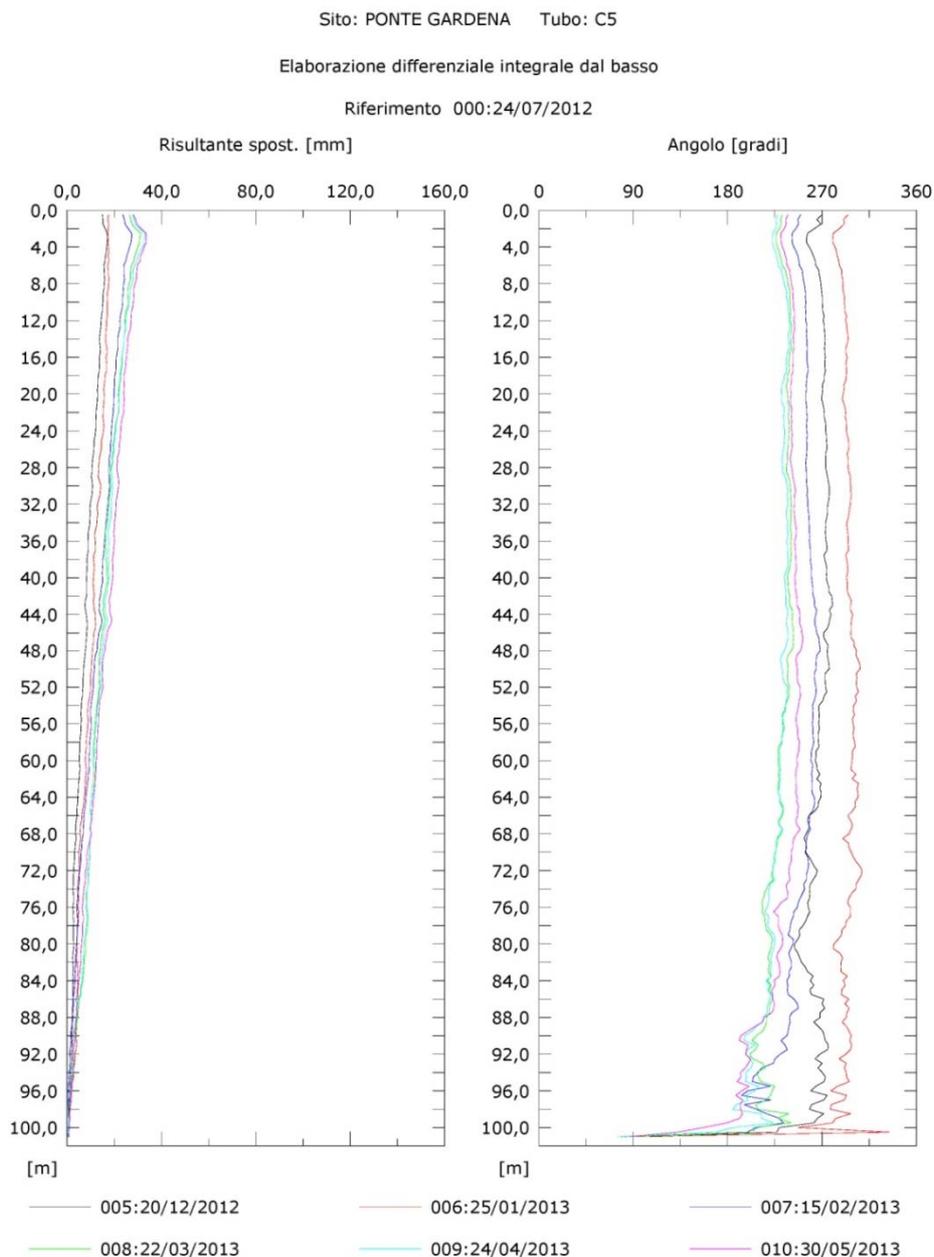
WP #8 e #9

WP #10: è presente una piazzola a lato della carreggiata Nord dell'autostrada A22. Il versante a monte dello spiazzo è acclive e vegetato. Spostandosi verso sud, è presente un vallo tomo alto circa 1 m, fino alla barriera metallica che protegge l'autostrada (indicata dalla freccia blu in foto). La strada poderale si trova a valle dell'autostrada.



WP #10

I rilievi non hanno evidenziato al momento dissesti in atto o processi di erosione accelerata. Come inoltre evidenziato dalla cartografia geologica – geomorfologica allegata (IBL10AD69L6GE0001001B), la porzione nord del tracciato della nuova viabilità risulta svilupparsi nei dintorni di un deposito di frana inattiva (fi). Il piede di tale accumulo e le zone ad esso limitrofe sono stati indagati attraverso sondaggi geognostici (la cui ubicazione è visibile nella carta geologica-geomorfologica), alcuni dei quali sono stati strumentati con inclinometri. Il monitoraggio inclinometrico condotto tra maggio 2012 e maggio 2013 sui fori denominati CBV13, C5, BV5 e BV6 ha restituito assenza di movimenti significativi (Figura 19, Figura 20, Figura 21, Figura 22).

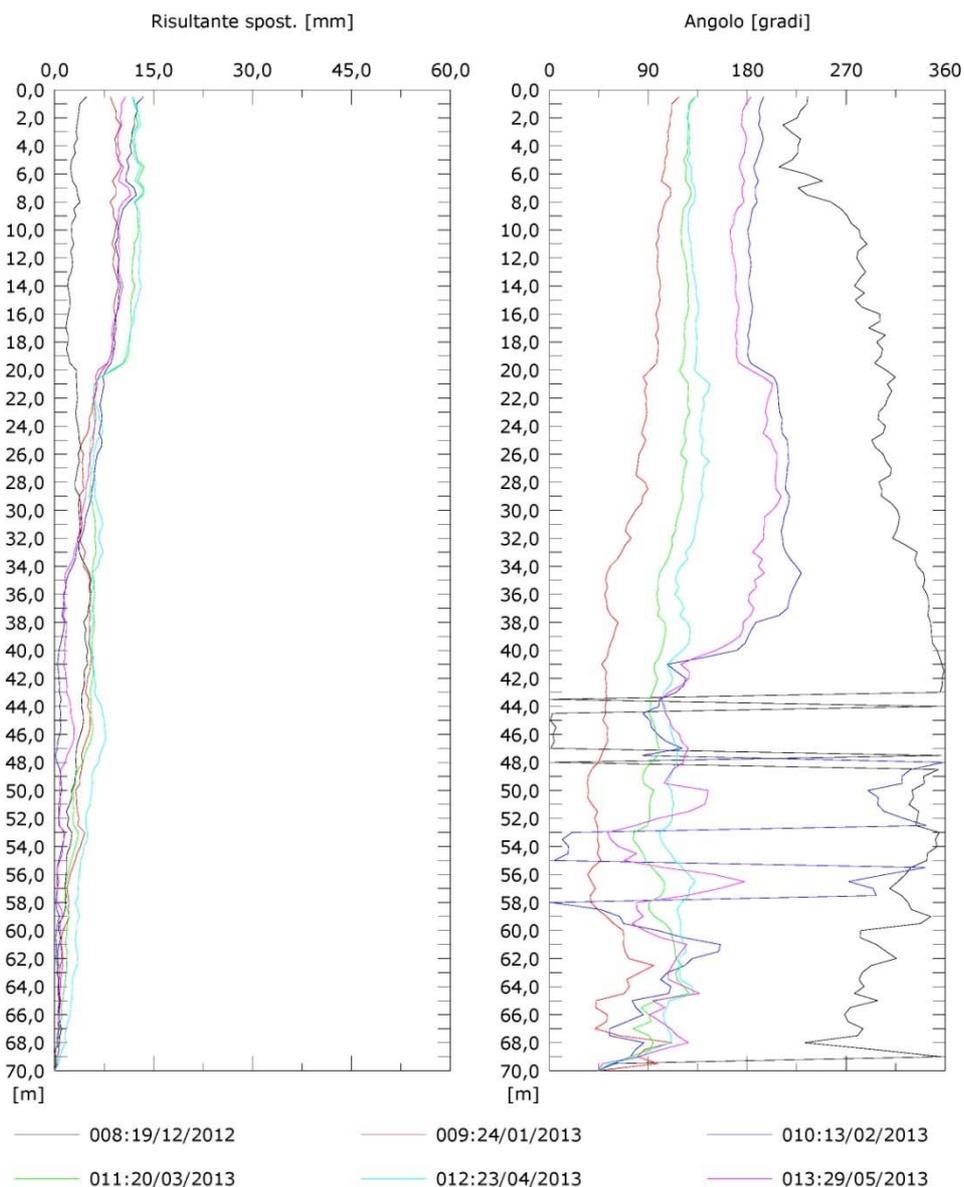


**Figura 19. Tubo C5, elaborazione differenziale integrale**

Sito: PONTE GARDENA Tubo: B2V13

Elaborazione differenziale integrale dal basso

Riferimento 000:03/05/2012

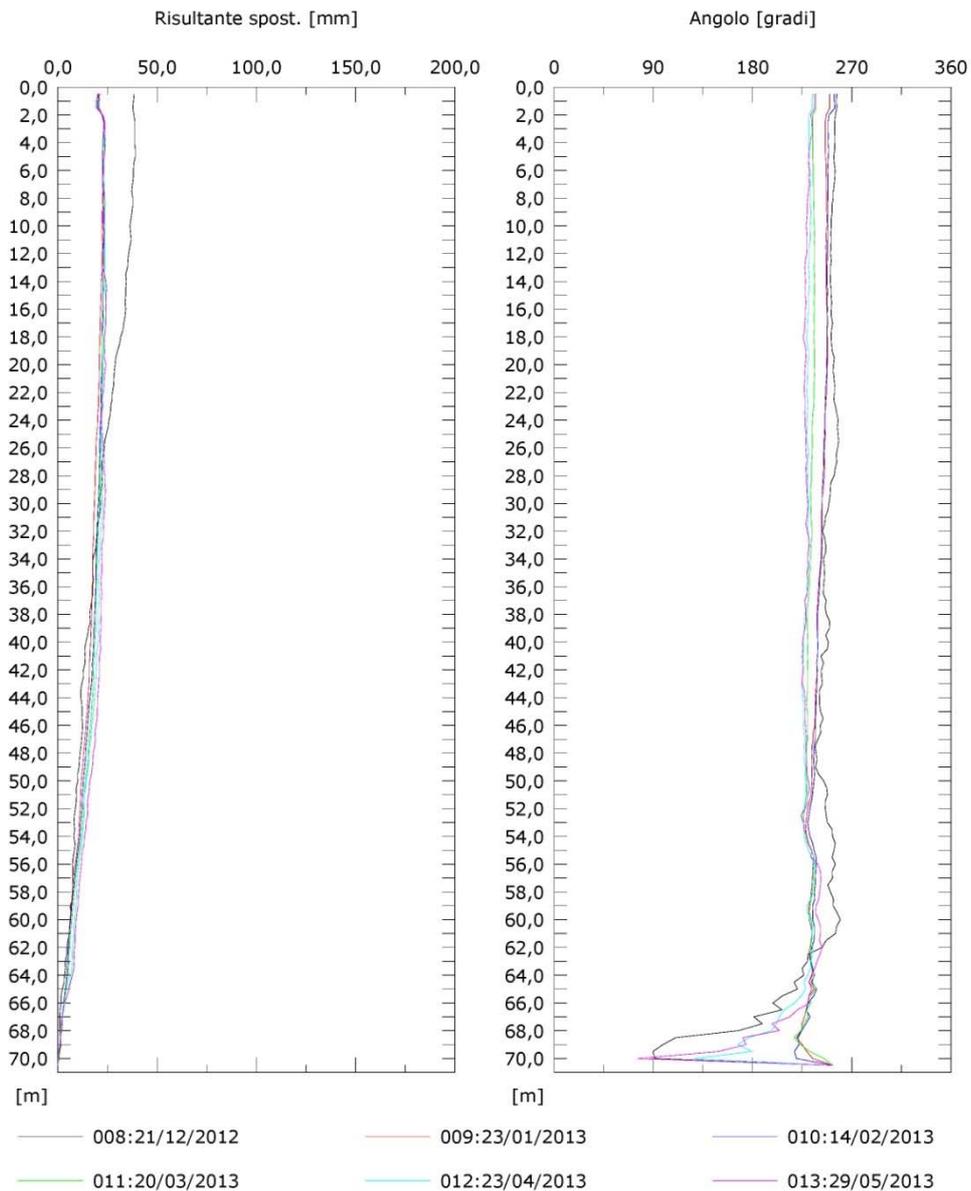


**Figura 20. Tubo CBV13, elaborazione differenziale integrale**

Sito: PONTE GARDENA Tubo: BV5

Elaborazione differenziale integrale dal basso

Riferimento 000:27/04/2012

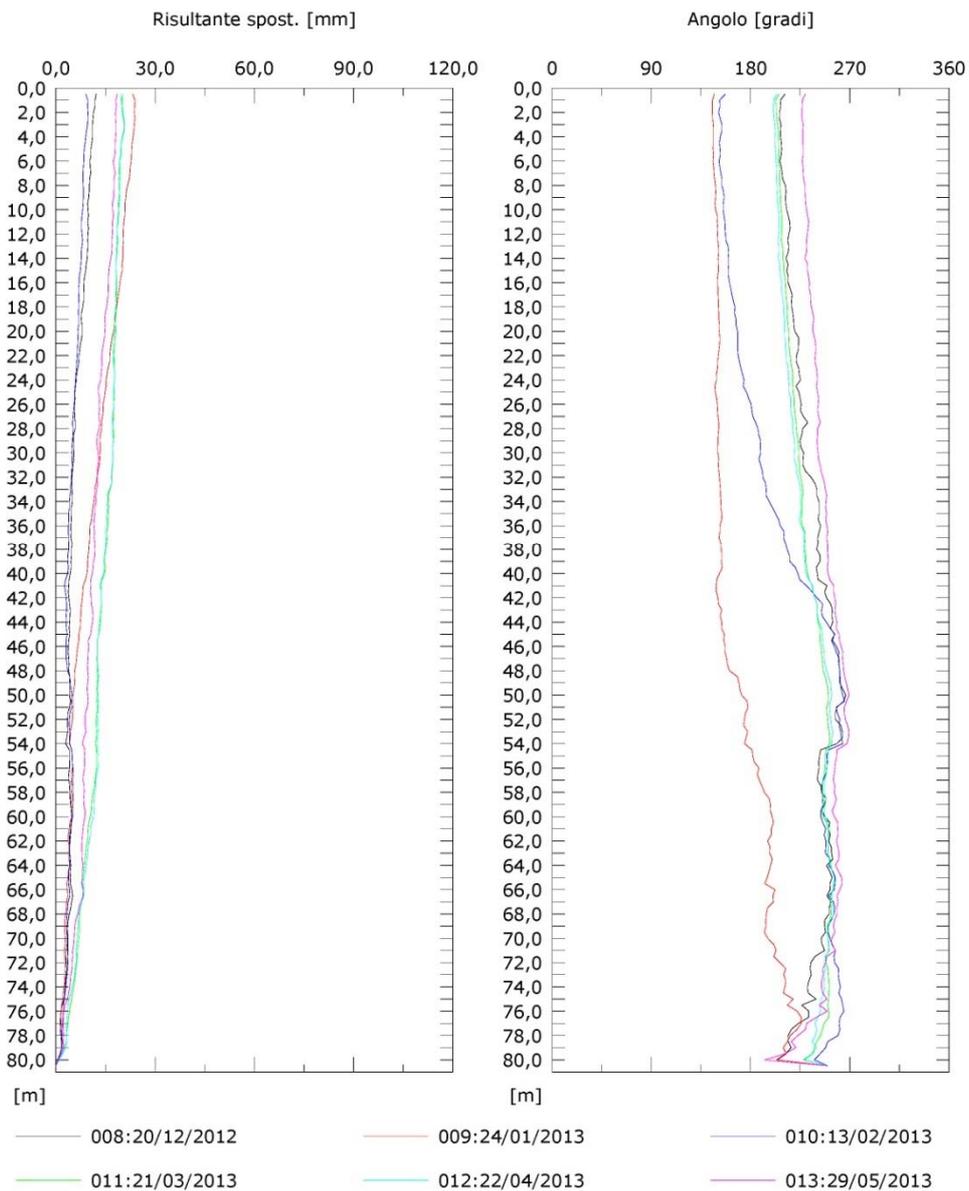


**Figura 21. Tubo BV5, elaborazione differenziale integrale**

Sito: PONTE GARDENA Tubo: BV6

Elaborazione differenziale integrale dal basso

Riferimento 000:26/04/2012



**Figura 22. Tubo BV6, elaborazione differenziale integrale**

Al fine di valutare lo stato di attività dell'area sono stati inoltre considerati i dati di spostamento derivanti da osservazioni interferometriche satellitari per il periodo 2012-17 (costellazione COSMO-SkyMed; elaborazioni con tecnica SqueeSAR effettuate da TRE).

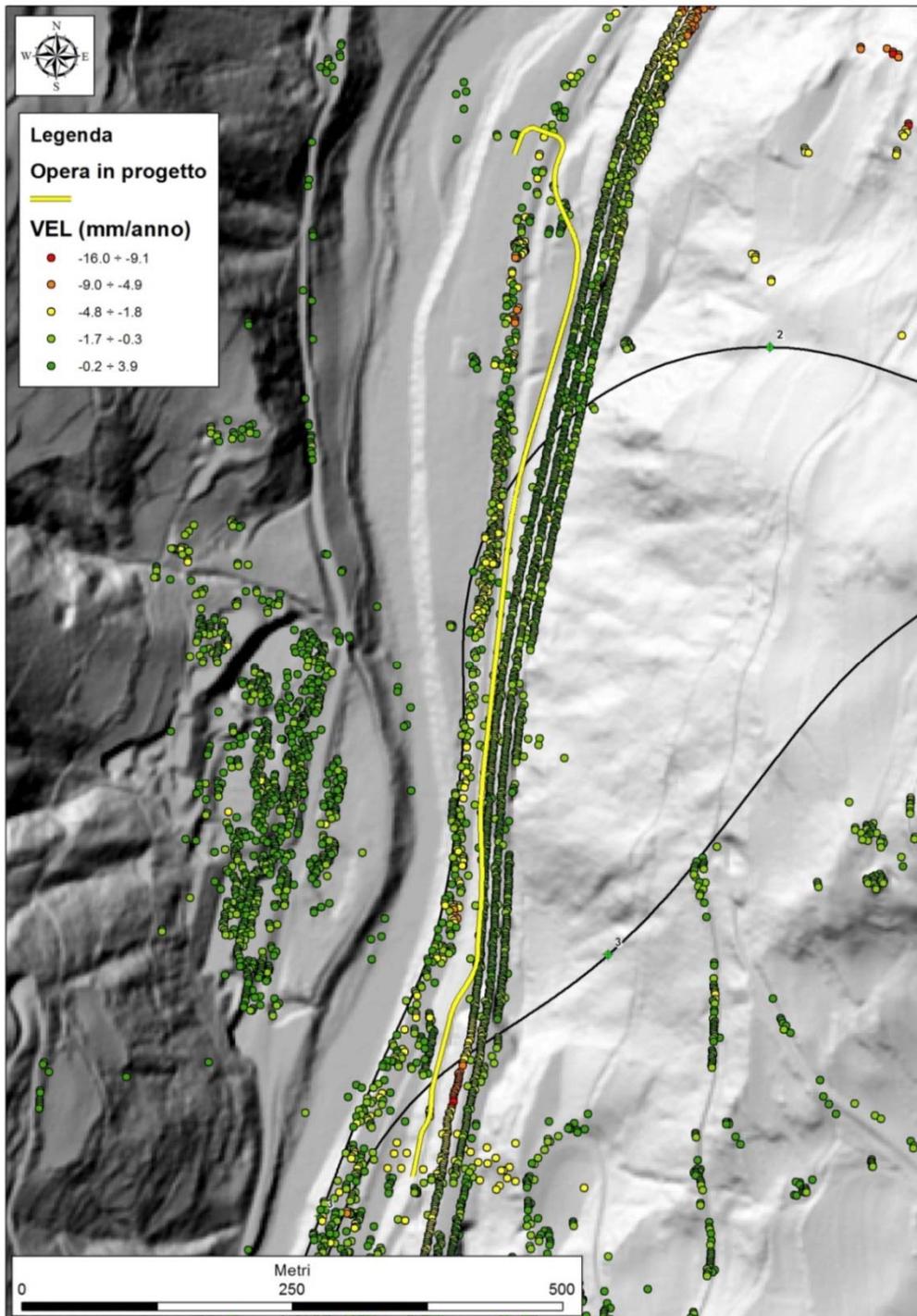


Figura 23. Quadro cinematico dei bersagli COSMO SkyMed 2012-2017

Il quadro cinematico è riportato in Figura 23: i dati nel complesso non evidenziano movimenti significativi in corrispondenza della viabilità in progetto.

Sono stati esaminati anche i dati presenti nel Geocatalogo della Rete Civica dell'Alto Adige relativi al pericolo idraulico; il tracciato della nuova viabilità non risulta interessare aree ove sono evidenziati pericoli di questo tipo (Figura 24).

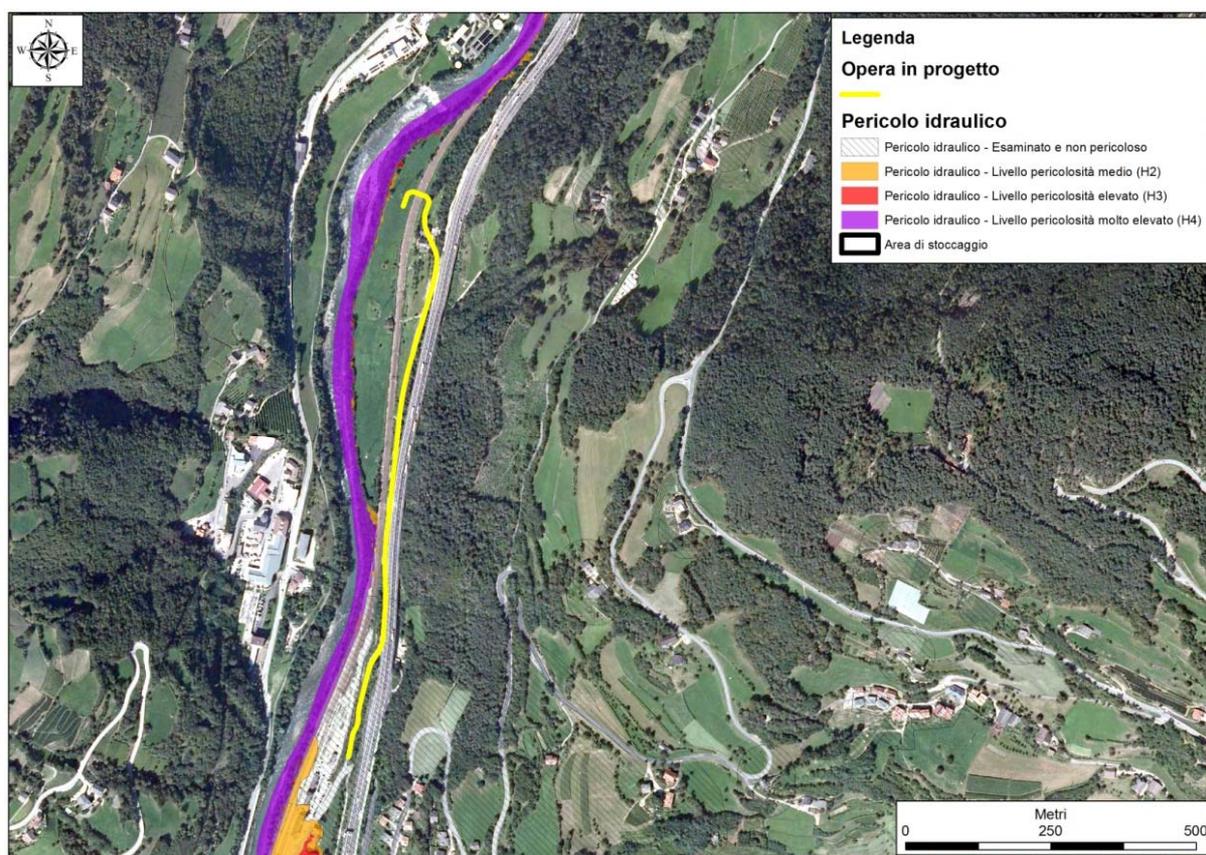


Figura 24. Piano delle Zone di Pericolo idraulico per il Comune di Laion (dati estratti dal GeoCatalogo Alto Adige - <http://geocatalogo.retecivica.bz.it/geokatalog/#!>)

## 6 SONDAGGI GEOGNOSTICI

All'interno del sito in esame sono state eseguiti diversi sondaggi geognostici articolati in tre campagne svolte nei periodi: 2011, 2012-2013 e 2017.

### Indagini 2017

Nell'ambito della campagna di sondaggi geognostici 2017 sono stati eseguiti 4 sondaggi di lunghezza compresa tra 30 e 52.5 m (Tabella 9).

Nei sondaggi sono state eseguite 36 prove SPT, 11 prove Lefranc, 4 prove Lugeon e 5 prove dilatometriche; sono stati prelevati inoltre 40 campioni rimaneggiati. I campioni prelevati sono stati successivamente inviati a laboratorio per prove geotecniche.

**Tabella 9. Sintesi delle indagini 2017**

Sondaggio	Lunghezza (m)	Prove in foro			Strumentazione installata
		SPT	Dilatometrica	Lefranc	
EO23*	52.5	X	X	X	Piezometro Norton
EO24*	40	X		X	Piezometro Norton
EO25*	35	X		X	Piezometro Norton
EO28	30	X		X	Piezometro Norton

\*Sondaggi utilizzati per la ricostruzione stratigrafica (sezione geologica in asse strada-IBL10AD69GE0001001B).

### Indagini 2012-2013 ed indagini 2011

Nell'ambito della campagna di indagini geognostiche 2012-2013, all'interno dell'area rappresentata nella planimetria geologica, sono stati eseguiti 9 sondaggi di lunghezza compresa tra 30 e 150 m (Tabella 10).

Nei sondaggi sono state eseguite 35 prove SPT, 16 prove Lefranc, 29 prove Lugeon, 22 prove pressiometriche e 5 prove dilatometriche; sono stati prelevati inoltre 40 campioni rimaneggiati. I campioni prelevati sono stati successivamente inviati a laboratorio per prove geotecniche.

**Tabella 10. Sintesi delle indagini 2012-2013**

Sondaggio	Lunghezza (m)	Prove in foro				Strumentazione installata
		SPT	Dilatometrica	Pressiometrica	Lefranc/Lugeon	
BV4p	90	X	X	X	X	Piezometro Norton
BV5	70	X		X	X	Inclinometro
BV6	80	X			X	Inclinometro
C5	100	X	X	X	X	Inclinometro



**ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA**  
**ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO**  
**QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA**  
**SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO**  
**ED INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1**

**RELAZIONE GEOLOGICA - IDROGEOLOGICA**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	0A	D69RG	GE 00 01 001	B	41 di 55

CBV13*	80	X	X		X	Inclinometro
C23*	50	X	X	X	X	Piezometro Norton
C26*	40	X		X	X	-
C27	50	X	X	X	X	-
C25	150		X		X	Piezometro Norton

\*Sondaggi utilizzati per la ricostruzione stratigrafica (sezione geologica in asse strada- IBL10AD69GE0001001B).

Nell'ambito della campagna di indagini geognostiche 2011, all'interno dell'area rappresentata nella planimetria geologica, sono stati eseguiti 2 sondaggi di lunghezza compresa tra 30 e 35 m (vedi sottostante Tabella 11).

**Tabella 11. Sintesi delle indagini 2011**

Sondaggio	Lunghezza (m)	Prove in foro				Strumentazione installata
		SPT	Dilatometrica	Pressiometrica	Lefranc/Lugeon	
S1*	30	X			X	Piezometro Norton
S2*	35	X				

\*Sondaggi utilizzati per la ricostruzione stratigrafica (sezione geologica in asse strada- IBL10AD69GE0001001B).

## 7 MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO

Per la rappresentazione del modello geologico è stata realizzata, oltre ad una cartografia geologica restituita in scala 1:2000, anche una sezione geologica in asse strada, riportata nel documento IBL10AD69L6GE0001001B (Piano profilo geologico zona viabilità Ponte Gardena).

Come si osserva dalla sezione geologica, in asse alla nuova viabilità è ricostruita la presenza di depositi fluviali recenti (ar) a granulometria prevalentemente grossolana, sovrastati da depositi di versante (d), anch'essi a granulometria per lo più grossolana, talora reciprocamente interdigitati (zona sondaggio C23). I depositi di versante appaiono mancanti circa tra la pk 0+275 e 0+395 e tra la pk 1+000 circa sino a fine opera. Si segnala che nella zona dei sondaggi CBV13 ed EO23 il substrato roccioso ercinico, sulla base dei dati disponibili, è ricostruito non distante dalla superficie del piano campagna (circa 10 m di profondità).

## 8 IDROGEOLOGIA

Lo studio idrogeologico è stato finalizzato alla ricostruzione delle principali caratteristiche idrogeologiche dell'areale interessato dall'opera. Le analisi sono state supportate dai dati litostratigrafici provenienti dallo studio geologico, dalle prove di permeabilità appositamente condotte nell'ambito delle indagini geognostiche e da dati di letteratura.

Per lo sviluppo degli aspetti sopra descritti è stata inoltre svolta una ricerca di dati presso le amministrazioni locali competenti, con particolare riferimento ai vari Uffici della Provincia Autonoma di Bolzano, ai Comuni ed alle Interessenze ( Consorzi d'acqua potabile). Ai dati raccolti, che costituiscono un importante punto di partenza per la

ricostruzione dell'assetto idrodinamico e stratigrafico dell'area di interesse, si uniscono quelli scaturiti dal monitoraggio idrogeologico eseguito a partire dal luglio 2013 e tutt'ora in corso.

Nell'area di studio che è rappresentata nella cartografia idrogeologica (documento IBL10A69L6GE0002001B - Piano profilo idrogeologico zona viabilità Ponte Gardena) sono presenti litotipi con comportamento idrogeologico differente: i litotipi del basamento ercinico, caratterizzati da permeabilità secondaria per fratturazione ed i terreni granulari quaternari, a permeabilità primaria per porosità; questi ultimi sono quelli direttamente interessati dalla nuova viabilità in progetto.

## 8.1 PERMEABILITÀ DEI DEPOSITI QUATERNARI

### *Permeabilità delle alluvioni*

I dati riguardanti le prove di tipo Lefranc eseguite entro i depositi alluvionali sono rappresentati nel grafico di Figura 25. La variabilità dei valori è riconducibile alla mutevole incidenza della matrice fine presente all'interno dei depositi.

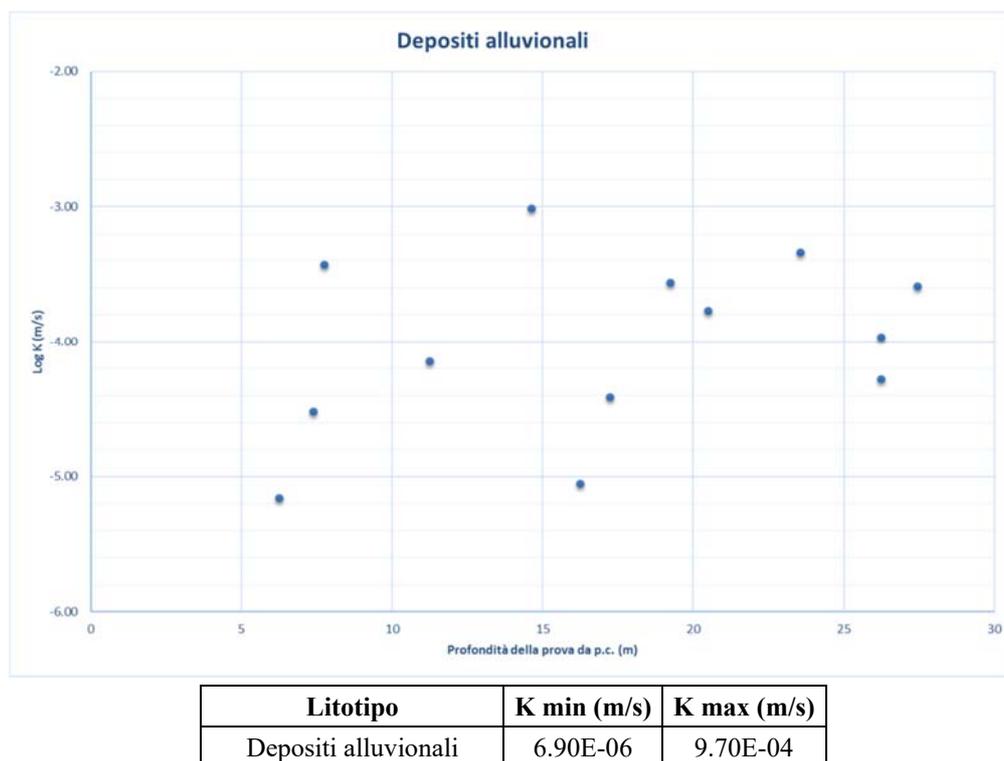
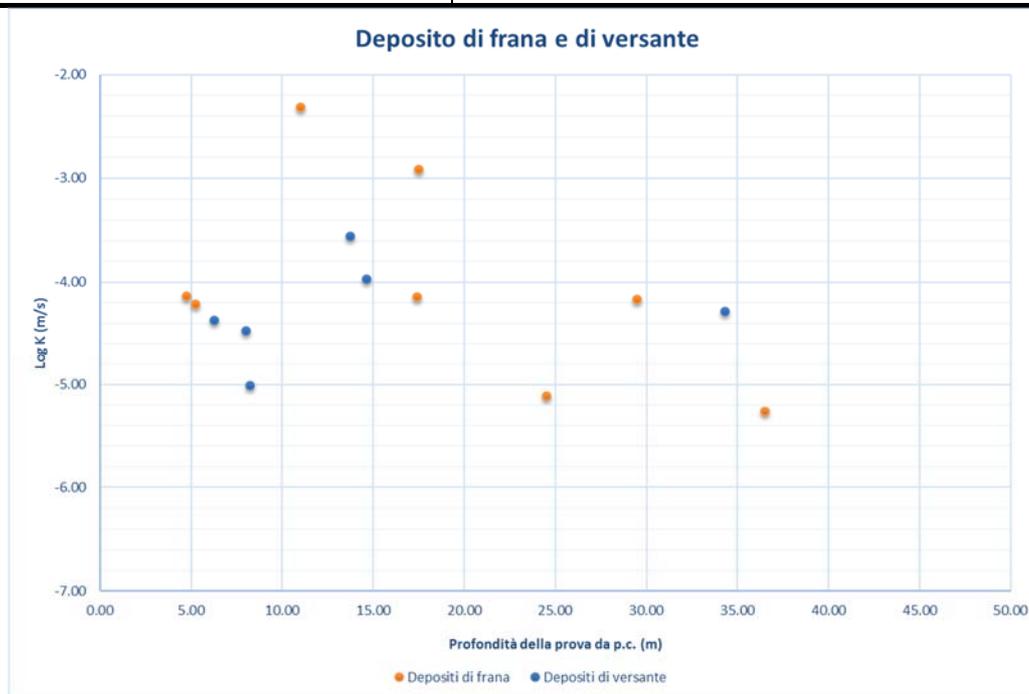


Figura 25. Grafico di distribuzione della permeabilità con la profondità per i depositi alluvionali

### *Permeabilità dei depositi di versante e di frana*

I dati riguardanti le prove di permeabilità eseguite nell'area di progetto, entro i depositi di versante e di frana, sono rappresentati nel grafico di Figura 26.



Litotipo	K min (m/s)	K max (m/s)
Depositi di versante	9.67E-06	2.76E-04
Depositi di frana	5.51E-06	4.83E-03

**Figura 26. Grafico di distribuzione della permeabilità con la profondità per i depositi di versante e di frana**

I dati di conducibilità idraulica sono stati tradotti in termini di permeabilità relativa usando 5 classi (Tabella 12), operando una modifica alla classificazione delle normative AFTES 1992 (ossia aumentando il numero delle classi ivi descritte). La permeabilità relativa è comunemente utilizzata per classificare le litologie su base idrogeologica e solitamente è espressa in modo qualitativo (es.: permeabilità alta, media, bassa).

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

**Tabella 12. Classi di permeabilità**

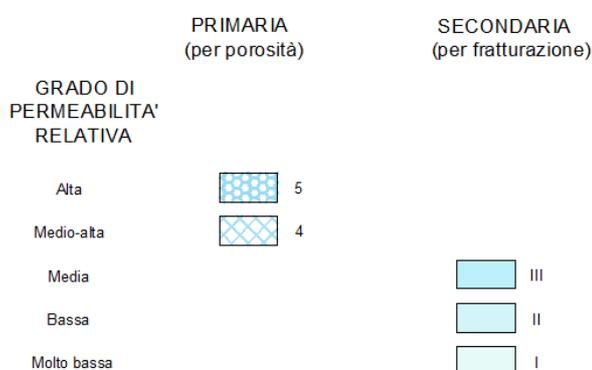
I depositi alluvionali, così come i depositi di frana e di versante, caratterizzanti il tratto stradale in oggetto, ricadono all'interno delle classi di permeabilità relativa da media ad alta.

	<b>ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA</b> <b>ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO</b> <b>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA</b> <b>SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO</b> <b>ED INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1</b>				
	<b>RELAZIONE GEOLOGICA - IDROGEOLOGICA</b>	<b>COMMESSA</b> IBL1	<b>LOTTO</b> 0A	<b>CODIFICA</b> D69RG	<b>DOCUMENTO</b> GE 00 01 001

Ai fini della produzione della cartografia idrogeologica, ai depositi alluvionali e ai depositi di versante, in accordo con la totalità delle prove realizzate nell'ambito del progetto dell'intera tratta ferroviaria Fortezza – Ponte Gardena (Lotto1), è stato assegnato un grado di permeabilità medio-alto, mentre ai depositi di frana è stato attribuito un grado di permeabilità alto.

Nella cartografia idrogeologica le permeabilità delle formazioni geologiche sono identificate con una scala di colori su toni di azzurro (Figura 27); gli elementi tettonici e geomorfologici sono quelli della cartografia geologica.

**Complessi Idrogeologici distinti in funzione del loro grado di permeabilità media**  
**TIPO DI PERMEABILITA'**



**Figura 27. Legenda della carta idrogeologica**

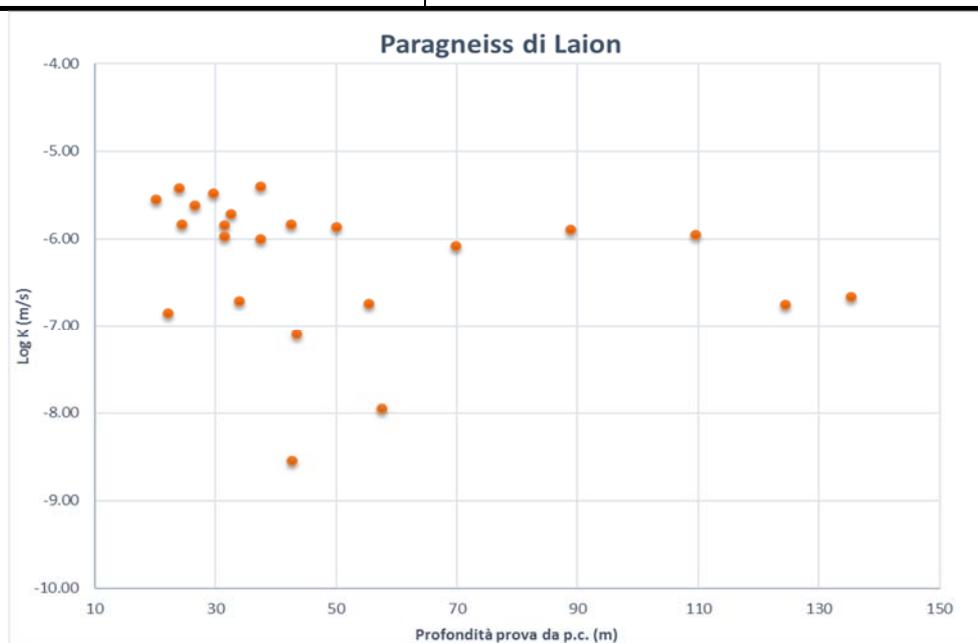
All'interno della carta idrogeologica sono state appositamente lasciate le etichette delle litologie derivate dalla carta geologica, così da poter identificare le unità geologiche a cui è stata assegnata una determinata categoria di permeabilità relativa. Sono rappresentati anche i principali elementi tettonici identificati durante i rilievi di campagna o fotointerpretati.

Nella cartografia idrogeologica prodotta sono inoltre state evidenziate le principali linee di deflusso sotterraneo nei depositi quaternari e sono stati inoltre indicati tutti i punti d'acqua (sorgenti, pozzi, piezometri), con relativa codifica, ricadenti entro l'area di interesse, presenti all'interno del database BDIB (Banca Dati Indagini Brennero), ed attualmente oggetto di monitoraggio.

## 8.2 PERMEABILITÀ DEL BASAMENTO METAMORFICO

### *Permeabilità dei Paragneiss di Laion*

I dati riguardanti le prove Lugeon eseguite entro la formazione dei Paragneiss di Laion sono rappresentate nel grafico in Figura 28. I valori di permeabilità maggiori sono espressioni di condizioni locali di maggior fratturazione dell'ammasso roccioso.



Litotipo	K min (m/s)	K max (m/s)
Paragneiss di Laion	2.80E-09	4.00E-06

**Figura 28. Grafico di distribuzione della permeabilità con la profondità per i Paragneiss di Laion**

In base alla suddivisione presentata in Tabella 12 l'ammasso roccioso affiorante nell'intorno del tratto stradale in progetto ricade all'interno delle classi di permeabilità relativa da Molto Bassa a Media.

Tenendo anche in considerazione le prove eseguite su questa formazione nell'ambito dello studio relativo all'intera tratta ferroviaria Fortezza – Ponte Gardena (Lotto 1), ai Paragneiss di Laion (PRL) è stato assegnato un grado di permeabilità basso. Anche alle filladi (BSSb), viene attribuito un grado di permeabilità basso.

### 8.3 LIVELLI PIEZOMETRICI

Il profilo idrogeologico in scala 1:2000 è stato redatto usando come riferimento il profilo geologico in funzione delle caratteristiche di permeabilità dei diversi litotipi. Il livello piezometrico riportato in profilo è il valore medio delle misure disponibili che sono riportate in Tabella 13.

**Tabella 13. Livelli piezometrici in m da p.c.**

Data	C25	BV4p	EO28	EO25	EO24	C23	EO23	S2
03/2011								19.3
03/2012								20.4
03/2012								19.0
07/2013	110.64	25.9						
10/2013	110.30	26				15.8		
01/2014	110.4	25.9				16.1		
06/2014		25.19				14.3		
07/2015		26.06				12.8		
10/2015		26.1				15.2		
02/2016		26.54				18.6		
07/2016		26.35				13.8		

**RELAZIONE GEOLOGICA - IDROGEOLOGICA**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	0A	D69RG	GE 00 01 001	B	46 di 55

Data	C25	BV4p	EO28	EO25	EO24	C23	EO23	S2
11/2016						15.7		
02/2017		26.03				15.7		
03/2017							30.16	
04/2017						15.4	29.99	
05/2017		26.1					30.1	
06/2017			6.42	5.18	8.58		28.48	
07/2017		26.1	7.08				29.6	
24/07/2017				6.24	9.98		30.16	
26/07/2017				6.2	9.7	15.0		

Si segnala la presenza di un pozzo idropotabile (punto B\_000587 – Pozzo Autostrada) ubicato a lato strada, poco a nord del sondaggio ordinario C26, circa all’altezza del km 0+168 della nuova viabilità. In Figura 29 è mostrata l’ubicazione del pozzo.



**Figura 29. Ubicazione pozzo Autostrada - B\_000587**

In base ai dati contenuti nel documento provinciale “WSGA/87 – Area di tutela dell’acqua potabile Novale di Sotto” il pozzo in questione è situato ad una quota di 483 metri s.l.m. (portata concessa 1.5 l/s).

Il pozzo è profondo circa 32 metri e pesca per la sua interezza all’interno dei depositi di copertura quaternaria costituiti dalle alluvioni del fiume Isarco che esercita dunque un influsso diretto sul pozzo stesso. La natura dei depositi quaternari, con grado di permeabilità mediamente elevato, la soggiacenza della falda e la distanza del pozzo dal tracciato di progetto concorrono a definire una condizione di vulnerabilità per l’acquifero localmente presente alle potenziali fonti di inquinamento, della quale occorre tenere conto in fase realizzativa. Le zone di tutela (Zona 1 e Zona 2) sono state indicate nella cartografia idrogeologica (IBL10A69L6GE0002001B).

## 9 SISMICITÀ

### *Classificazione sismica e pericolosità sismica di base*

Il territorio della Provincia Autonoma di Bolzano è classificato in Zona sismica 4 ai sensi dell'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.

I criteri per l'aggiornamento della mappa di pericolosità sismica sono stati definiti nell'Ordinanza del PCM n.3519/2006, che ha suddiviso l'intero territorio nazionale in quattro zone sismiche sulla base del valore dell'accelerazione orizzontale massima ( $a_g$ ) su suolo rigido o pianeggiante, che ha una probabilità del 10% di essere superata in 50 anni (Tabella 14).

**Tabella 14. Valori di accelerazione massima del suolo  $a_g$  con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, riferito a suoli rigidi caratterizzati da  $V_{s,30} > 800$  m/s**

Zona	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni ( $a_g/g$ )	Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Norme Tecniche, $a_g/g$ )
1	$>0.25$	0.35
2	$0.15 \div 0.25$	0.25
3	$0.05 \div 0.15$	0.15
4	$<0.05$	0.05

Il Comune di Laion è classificato in zona sismica 4.

Nelle seguenti tabelle e figure sono forniti, per periodi di ritorno  $T_R$  di 30 anni, 50 anni, 72 anni, 101 anni, 140 anni, 201 anni, 475 anni, 975 anni, 2475 anni, i valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T_C^*$  da utilizzare per definire l'azione sismica di riferimento.

Nel dettaglio:

$a_g$  = accelerazione orizzontale massima al sito su suolo tipo A;

$F_0$  = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

$T_C^*$  = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

TR [anni]	$a_g$ [g]	$F_0$	$T_{C^*}$
30	0.019	2.529	0.154
50	0.024	2.484	0.186
72	0.028	2.460	0.206
101	0.032	2.449	0.233
140	0.036	2.468	0.269
201	0.040	2.486	0.298
475	0.053	2.553	0.354
975	0.065	2.650	0.388
2475	0.082	2.780	0.429

Tabella 15. Comune di Laion. Valori dei parametri di  $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T_{C^*}$  per i periodi di ritorno  $T_R$  di riferimento

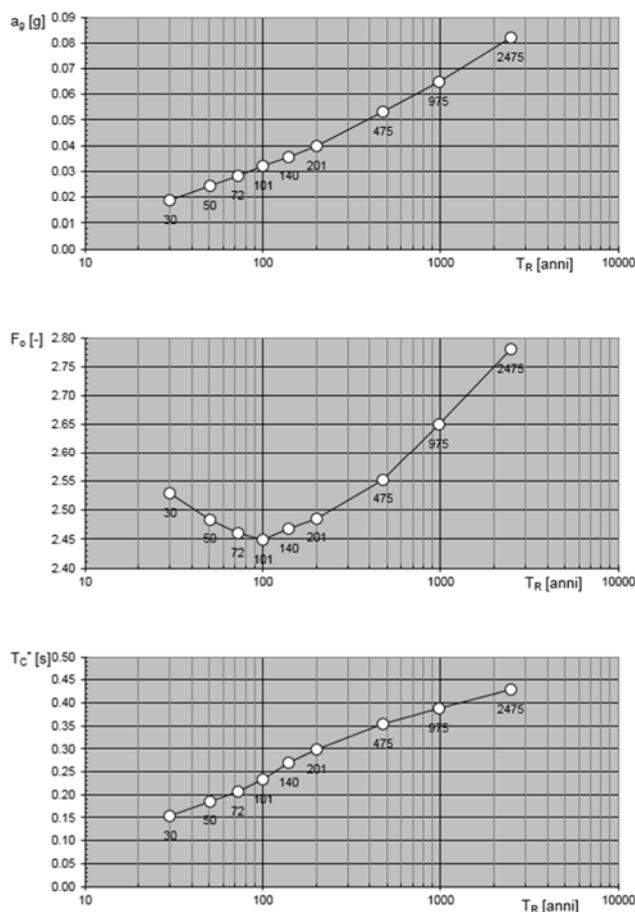
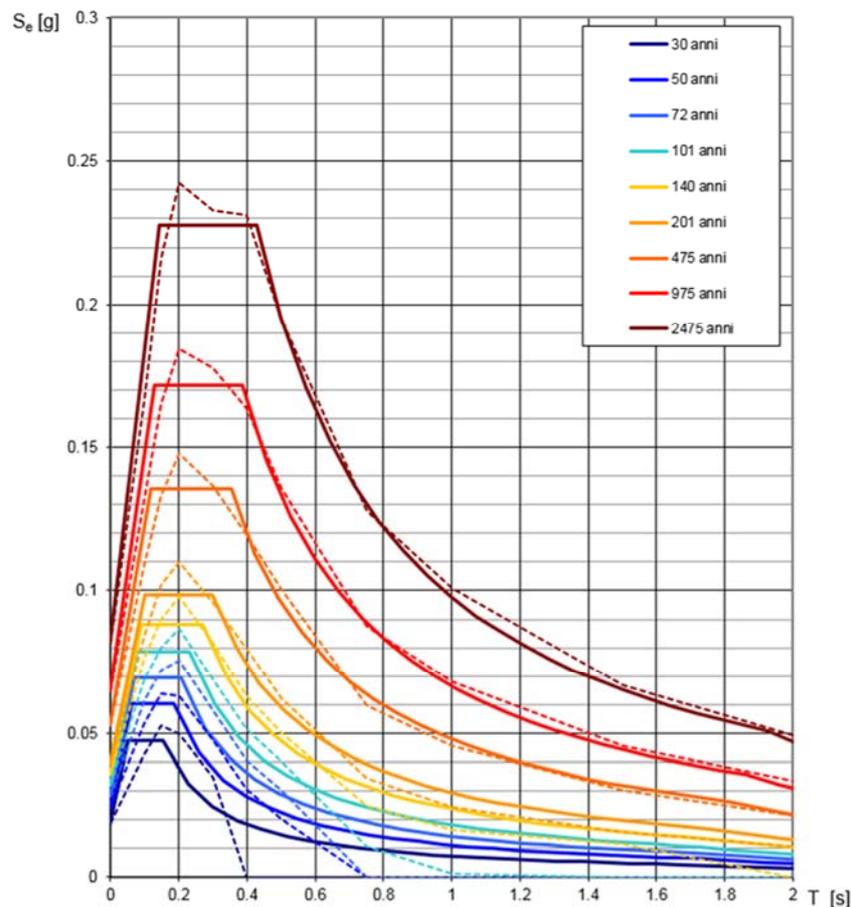


Figura 30. Valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T_{C^*}$  col periodo di ritorno  $T_R$  (Comune di Laion)



NOTA:  
Con linea continua si rappresentano gli spettri di Normativa, con linea tratteggiata gli spettri del progetto S1-INGV da cui sono derivati.

**Figura 31. Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno  $T_R$  di riferimento (Comune di Laion)**

### *Sismicità storica*

Al fine di inquadrare dal punto di vista della sismicità storica l'area in esame, si riporta di seguito un riepilogo delle osservazioni macrosismiche di terremoti al di sopra della soglia del danno che hanno interessato il Comune di Chiusa in assenza di dati relativi al Comune di Laion.

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 indicati con i seguenti simboli:

Int. = 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.

### Chiusa



PlaceID IT\_20410  
 Coordinate (lat, lon) 46.641, 11.569  
 Comune (ISTAT 2015) Chiusa/Klausen  
 Provincia Bolzano  
 Regione Trentino-Alto Adige  
 Numero di eventi riportati 7

Effetti	In occasione del terremoto del						NMDP	Io	Mw
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale		
4	1859	01	20	07	55		Prealpi Trevigiane	36	6 4.80
F	1891	06	07	01	06	1	Valle d'Illasi	403	8-9 5.87
4	1895	04	14	20	17	3	Ljubljana	810	8-9 5.98
F	1902	06	19	09	23		Alpi Retiche	184	6-7 4.96
4	1909	01	13	00	45		Emilia Romagna orientale	867	6-7 5.36
4	1914	10	27	09	22		Lucchesia	660	7 5.63
5	2001	07	17	15	06	1	Val Venosta	657	5-6 4.78

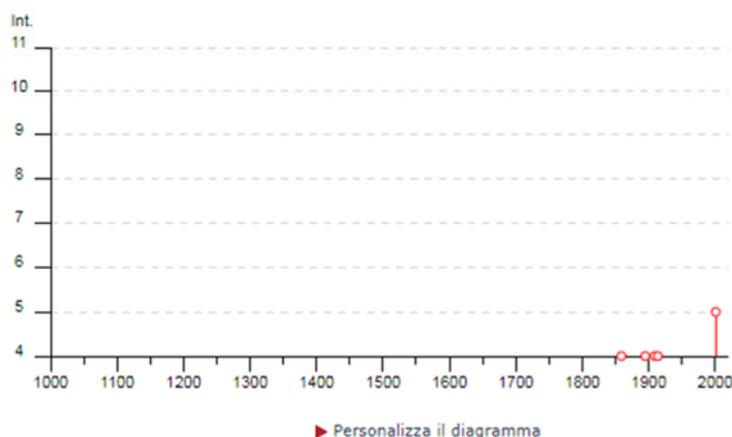


Figura 32. Storia sismica del Comune di Chiusa

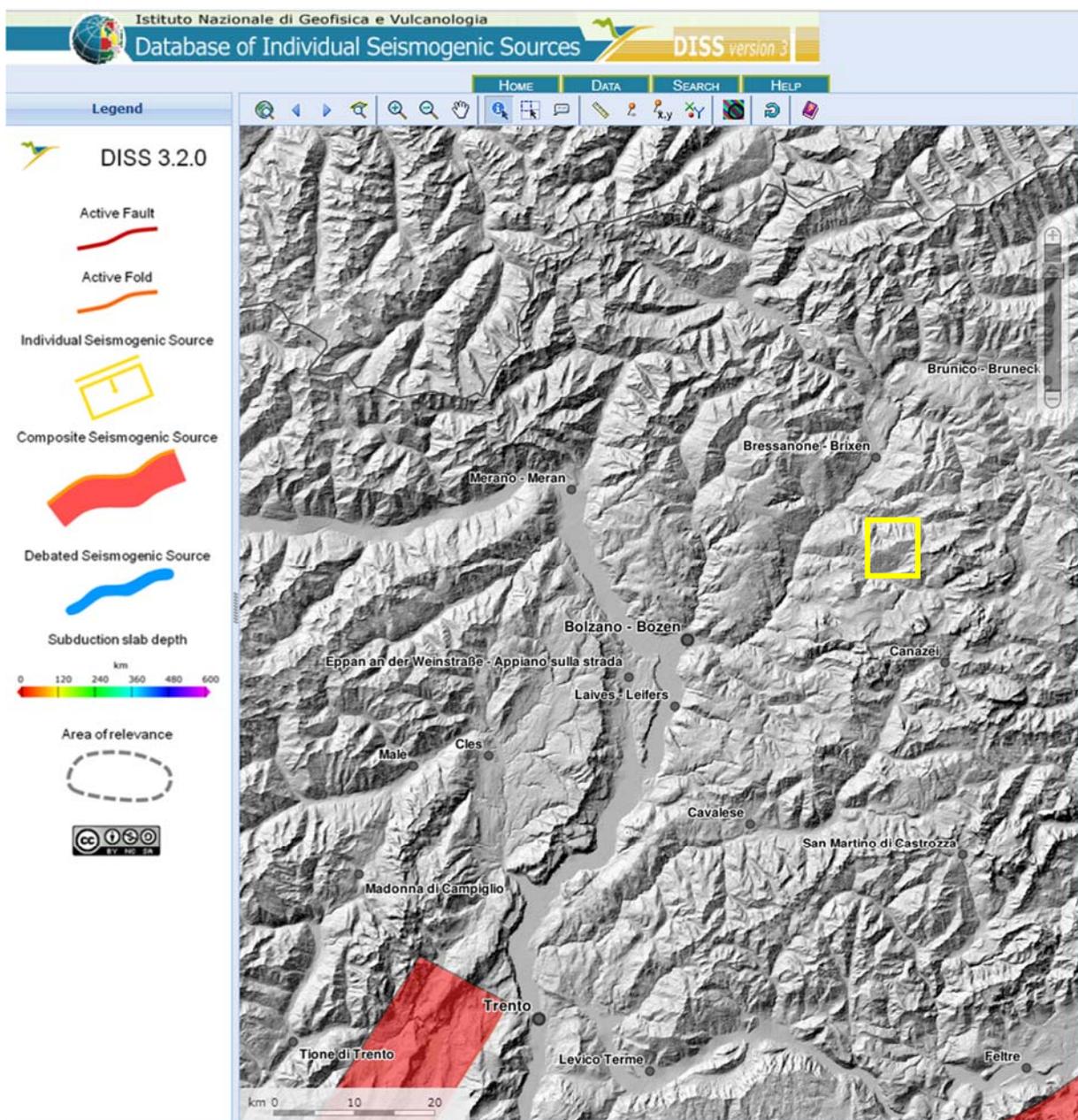
### Sorgenti sismogenetiche

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.

Nel database non sono presenti sorgenti sismogenetiche composite per l'area in oggetto (Figura 33); la più vicina all'area di intervento è la sorgente Giudicarie (ITCS048), rappresentata in rosso a SW di Trento in Figura 33: le principali informazioni di riferimento per la suddetta sorgente sono riportate in Figura 34.



**Figura 33. Sorgenti sismogenetiche contenute nel DISS 3.2 per l'area in oggetto (indicata in giallo)**

**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).

LD=LITERATURE DATA; OD=ORIGINAL DATA; ER=EMPIRICAL RELATIONSHIP; AR=ANALYTICAL RELATIONSHIP; EJ=EXPERT JUDGEMENT;

**ACTIVE FAULTS**

Figura 34. Quadro riassuntivo della sorgente sismogenetica composta Giudicarie (ITCS048)

	<b>ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA</b> <b>ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO</b> <b>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA</b> <b>SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO</b> <b>ED INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1</b>					
	RELAZIONE GEOLOGICA - IDROGEOLOGICA	COMMESSA IBL1	LOTTO 0A	CODIFICA D69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. B

### *Parametri per la determinazione dell'azione sismica di riferimento*

Ai sensi del D.M. 14/01/2008 (Norme Tecniche per le Costruzioni), ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto deve essere valutata l'influenza delle condizioni litologiche e geomorfologiche locali, determinando quindi la corrispondente categoria (o tipo) di sottosuolo nonché le condizioni topografiche del sito di interesse.

### *Categoria di sottosuolo*

La determinazione del tipo di sottosuolo, secondo normativa, può essere basata sulla stima dei valori della velocità media di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 metri di profondità ( $V_{s,30}$ ), ovvero sul numero medio di colpi  $N_{SPT,30}$  ottenuti da prove penetrometriche dinamiche nei terreni granulari ovvero sulla coesione non drenata media  $c_{u,30}$  nei terreni coesivi.

In riferimento alle indagini geofisiche realizzate nel 2012 e nel 2017 (Re.Mi., MASW) sono state individuate le seguenti categorie di sottosuolo.

<i>Località</i>	<i>Anno</i>	<i>Nome prova</i>	<i>Vs30 (m/s)</i>	<i>Categoria di sottosuolo</i>
Ponte Gardena	2017	Res9	619	B
Ponte Gardena	2017	Res9b	604	B
Ponte Gardena	2017	Res16	514	B
Ponte Gardena	2017	Res16b	502	B
Ponte Gardena	2017	Res17	724	B
Ponte Gardena	2017	Res17b	930	A
Ponte Gardena	2017	Res23	490	B
Ponte Gardena	2012	R02	660	B
Ponte Gardena	2012	R01	520	B

**Tabella 16. Categorie di sottosuolo**

### *Condizioni topografiche*

Per quanto concerne le caratteristiche della superficie topografica, le morfologie possono essere ricondotte ad una delle configurazioni T1 prevista nel D.M. 14/01/2008 in Tabella 3.2.IV.

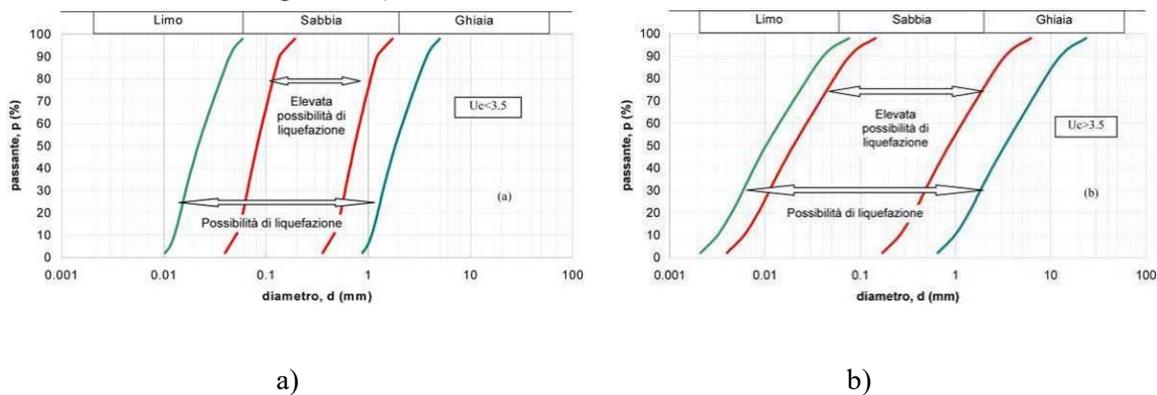
### *Rischio di liquefazione*

In terreni saturi sabbiosi sollecitati, in condizioni non drenate, da azioni cicliche dinamiche, il termine liquefazione comprende una serie di fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche. L'avvenuta liquefazione si manifesta, in presenza di manufatti, attraverso la perdita di capacità portante e/o lo sviluppo di elevati cedimenti e rotazioni.

In base ad D.M. 14/01/2008, la verifica di liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

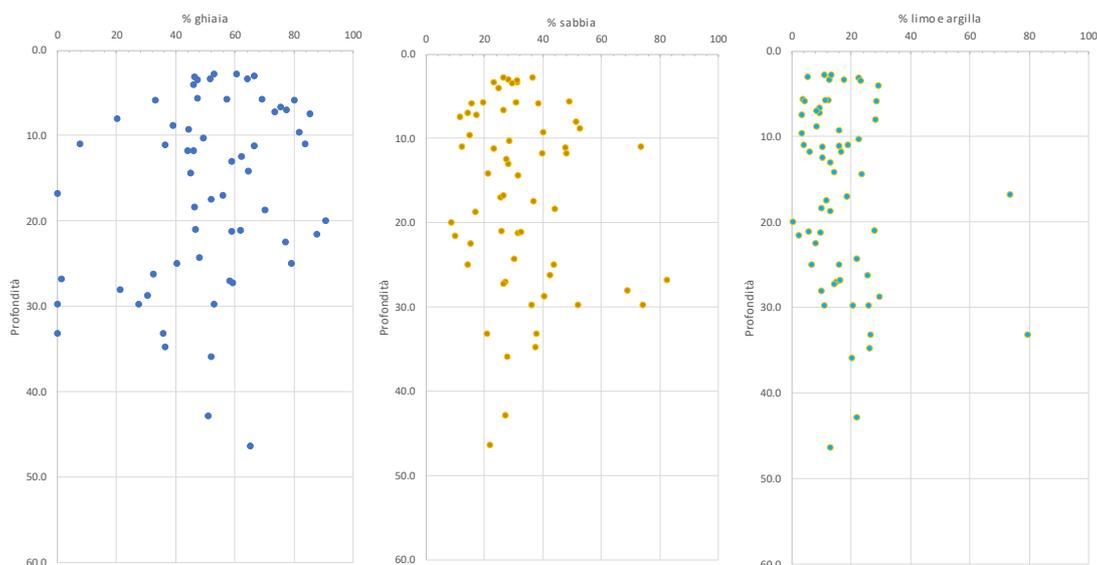
- eventi sismici attesi di magnitudo  $M$  inferiore a 5;
- accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti minori di 0.1g;
- profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;

- depositi costituiti da sabbie pulite, con resistenza penetrometrica normalizzata  $(N_1)_{60} > 30$  oppure  $q_{c1N} > 180$ , dove  $(N_1)_{60}$  è il valore della resistenza, determinata in prove penetrometriche dinamiche (SPT), normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa, e  $q_{c1N}$  è il valore della resistenza, determinata in prove penetrometriche statiche (CPT), normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
- distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nel grafico a), nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c < 3.5$  e nel grafico b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c > 3.5$ .



La frazione sabbiosa dei terreni interessati dall'opera viaria appare mediamente variabile tra il 20 e il 40% (Figura 35). In ogni caso la sismicità storica non mostra terremoti superiori a Mw 5 e non sono note sorgenti sismogenetiche in un raggio di 50 km in grado di generare terremoti di magnitudo maggiore di 5.

In relazione ai parametri di riferimento di Vita nominale VN, Classe d'uso II e Periodo di riferimento  $V_R$  ai sensi delle NTC2008, ovvero ai parametri Coefficiente di suolo  $S_s$  e Coefficiente topografico  $S_T$ , il progettista specialista potrà escludere o meno il rischio di liquefazione per l'area in cui insiste l'opera.



**Figura 35. Analisi granulometriche (dati da sondaggi EO23-EO24-EO25-S2-S1-C26-C23-CBV13).**

	<b>ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA</b> <b>ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO</b> <b>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA</b> <b>SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO</b> <b>ED INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1</b>					
	RELAZIONE GEOLOGICA - IDROGEOLOGICA	COMMESSA IBL1	LOTTO 0A	CODIFICA D69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. B

## 10 BIBLIOGRAFIA

1. Bosellini A., (1989). La storia geologica delle Dolomiti. Ed. Dolomiti.
2. 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>
3. Mazzoli C., Sassi R. (1988). Caratteri del metamorfismo ercinico nella fillade sudalpina ad ovest di Bressanone. Memorie di scienze geologiche, Vol XL, pp. 295-314, Padova.
4. Meletti C. e Valensise G. (a cura di) , 2004. Zonazione sismogenetica ZS9 – App.2 al Rapporto Conclusivo, <http://zonesismiche.mi.ingv.it/documenti/App2.pdf>
5. NTC 2008 - Norme tecniche per le costruzioni - D.M. 14 Gennaio 2008
6. 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”.
7. 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, pp. 283-296.
8. Poli M.E. & Zanferrari A. (1991). La zona di taglio duttile della seconda fase ercinica nel critsallino di Agordo (Basamento Sudalpino Orientale). Atti Tic. Sc. Terra 34
9. RFI, Capitolato Generale di Appalto – Sez. Geologia (2016)
10. Rottura A., Bargossi G. M., Caggianelli A., Del Moro A., Visonà D., Tranne C. A. (1998). Origin and significance of the Permian high-K calc-alkaline magmatism in the central-eastern Southern Alps, Italy. Lithos, Vol. 4, Issue 1-4, pp. 329-348, [https://doi.org/10.1016/S0024-4937\(98\)00038-3](https://doi.org/10.1016/S0024-4937(98)00038-3)
11. 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>
12. Sassi F.P. & Zirpoli G. (1989) - The lithostratigraphic sequence in the Southalpine basement of the Eastern Alps. In: F.P. Sassi and A. Zanferrari (eds.), Pre- Variscan and Variscan events in the Alpine-Mediterranean Belts: Stratigraphic Correlatioll Forms. Rend. Soc. Geol. Ital., 12: 397-402.
13. 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.
14. 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, pp. 283-296.
15. 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.