

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

LOTTO 1: FORTEZZA - PONTE GARDENA

GEOLOGIA E IDROGEOLOGIA DEPOSITI DEFINITIVI IN VAL RIGA RELAZIONE GEOLOGICA ZONA HINTERRIGGER

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 3 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione definitiva per CdS	F. Sciascia <i>F. Sciascia</i>		S. Rodani <i>S. Rodani</i>		C. Mazzocchi <i>C. Mazzocchi</i>		F. Marchese <i>F. Marchese</i>

ITALFERR S.p.A.
Dott. Geologo Francesco Marchese
Ufficio GEOLOGIA, GESTIONE TERRE E BONIFICHE
Ordine Geologi n. 179 ES

File:

n. Elab.:

INDICE

1	PREMESSA	4
2	LOCALIZZAZIONE GEOGRAFICA	4
3	GEOLOGIA GENERALE	5
3.1	STRATIGRAFIA.....	8
3.1.1	<i>Basamento metamorfico ercinico</i>	8
3.1.2	<i>Intrusioni permiane</i>	8
3.1.3	<i>Depositi quaternari</i>	8
4	GEOMORFOLOGIA	10
4.1	EVOLUZIONE ANTROPICA DEL SITO.....	14
5	INDAGINI IN SITO.....	20
6	MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO.....	21
6.1	SEZIONE A-A'	21
6.2	SEZIONE B-B'	22
6.3	SEZIONE C-C'	22
6.4	SEZIONE D-D' E E-E'	22
7	IDROGEOLOGIA.....	22
7.1	PERMEABILITÀ DEI DEPOSITI QUATERNARI.....	23
7.1.1	<i>Permeabilità dei depositi alluvionali (at1-at2-ar)</i>	23
7.1.2	<i>Permeabilità dei depositi fluvioglaciali (Df)</i>	24
7.1.3	<i>Permeabilità dei depositi deltizi (Dlt)</i>	25
7.2	PERMEABILITÀ DEI MATERIALI DI RIPORTO (H).....	26
7.3	PERMEABILITÀ DEL BASAMENTO	26
7.4	LIVELLI DI FALDA E PUNTI D'ACQUA	28
8	SISMICITÀ	29
8.1	CLASSIFICAZIONE SISMICA E PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE	29

RELAZIONE GEOLOGICA Zona Hinterrigger	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IBL1	1A	D69RG	GE 0201 003	A	3 di 38
8.2 SISMICITÀ STORICA						31
8.3 SORGENTI SIMOGENETICHE.....						32
8.4 PARAMETRI PER LA DETERMINAZIONE DELL'AZIONE SISMICA DI RIFERIMENTO						35
9 BIBLIOGRAFIA						37

FIGURE

FIGURA 1. LOCALIZZAZIONE DELL'AREA DI STUDIO NEL COMUNE DI VARNA (IN BLU SONO INDICATI I LIMITI COMUNALI – ISTAT 2011).	5
FIGURA 2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO SEMPLIFICATO DELL'AREA INDAGATA (A - DA ROTTURA ET ALII, 1998; B – DA BOSELLINI, 1989).	6
FIGURA 3. ETÀ CORRELATE ALL'LGM NELLE ALPI (WIRSIG ET AL., 2016). I COLORI INDICANO IN QUALE CONTESTO È STATA INTERPRETATA OGNI ETÀ DAI VARI AUTORI. L'ESTENSIONE DEL GHIACCIO AL LGM È TRATTA DA EHLERS E GIBBARD (2004, WWW.QPG.GEOG.CAM.AC.UK/LGMEXTENT.HTML)	7
FIGURA 4. CARTA DELLE PENDENZE (IN GRADI SESSAGESIMALI).	11
FIGURA 5. CARTA DELLE FASCE ALTIMETRICHE (M S.L.M.).	12
FIGURA 6. STRALCIO DELLA CARTA DELLA SUSCETTIBILITÀ ALL'ALLUVIONE (ESTRATTO DA GEOCATALOGO ALTO ADIGE, HTTP://GEOCATALOGO.RETECIVICA.BZ.IT/GEOKATALOG/#!)	13
FIGURA 7. STRALCIO DELLA CARTA DELLA SUSCETTIBILITÀ AL CROLLO (ESTRATTO DA GEOCATALOGO ALTO ADIGE, HTTP://GEOCATALOGO.RETECIVICA.BZ.IT/GEOKATALOG/#!)	13
FIGURA 8 UBICAZIONE CAVE NELLA ZONA CIRCOSTANTE L'ISARCO CIRCA COMPRESA TRA VARNA E SCIAVES (DA HTTP://GEOCATALOGO.RETECIVICA.BZ.IT/GEOKATALOG/#!)	14
FIGURA 9. ORTOFOTO ANNO 1989	15
FIGURA 10. ORTOFOTO ANNO 1997	15
FIGURA 11. ORTOFOTO ANNO 2000	16
FIGURA 12. ORTOFOTO ANNO 2003	16
FIGURA 13. ORTOFOTO ANNO 2006	17
FIGURA 14. ORTOFOTO ANNO 2008	17
FIGURA 15. ORTOFOTO ANNO 2011	18
FIGURA 16. ORTOFOTO ANNO 2014	18
FIGURA 17. ORTOFOTO ANNO 2017 (DA GOOGLE EARTH)	19
FIGURA 18. TRACCE DELLE SEZIONI GEOLOGICHE APPOGGIATE SU OMBREGGIATURA DTM SOLAR TIROL 2013.	21
FIGURA 19. DEFINIZIONE DELLE CLASSI DI PERMEABILITÀ DEI PRINCIPALI COMPLESSI IDROGEOLOGICI.....	23
FIGURA 20. GRAFICO DI PERMEABILITÀ DEI MATERIALI COSTITUENTI I DEPOSITI ALLUVIONALI.....	24
FIGURA 21. GRAFICO DI PERMEABILITÀ DEI MATERIALI COSTITUENTI I DEPOSITI FLUVIOGLACIALI.....	25
FIGURA 22. GRAFICO DI PERMEABILITÀ DEI MATERIALI COSTITUENTI I DEPOSITI DELTIZI.....	26
FIGURA 23. GRAFICO DI DISTRIBUZIONE DELLA PERMEABILITÀ CON LA PROFONDITÀ PER LE FILLADI A GRANATO (BSS)	27
FIGURA 24. GRAFICO DI DISTRIBUZIONE DELLA PERMEABILITÀ CON LA PROFONDITÀ PER IL GRANITO DI BRESSANONE	27
FIGURA 25. VALORI DEI PARAMETRI A_G , F_0 E T_C^* COL PERIODO DI RITORNO T_R (COMUNE DI VARNA).....	30
FIGURA 26. SPETTRI DI RISPOSTA ELASTICI PER I PERIODI DI RITORNO T_R DI RIFERIMENTO (COMUNE DI VARNA)	31
FIGURA 27. STORIA SISMICA DEL COMUNE DI BRESSANONE.....	32
FIGURA 28. SORGENTI SIMOGENETICHE CONTENUTE NEL DISS 3.2 PER L'AREA IN OGGETTO (INDICATA IN GIALLO)	33
FIGURA 29. QUADRO RIASSUNTIVO DELLA SORGENTE SIMOGENETICA COMPOSITA GIUDICARIE (ITCS048).....	34

	ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA					
	RELAZIONE GEOLOGICA Zona Hinterrigger	COMMESSA IBL1	LOTTO 1A	CODIFICA D69RG	DOCUMENTO GE 0201 003	REV. A

1 PREMESSA

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. 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.

Nell'ambito di tale progetto si prevede la sistemazione dei materiali di scavo delle gallerie all'interno di appositi siti di conferimento.

Il presente elaborato ha per oggetto il deposito di Hinterrigger; le informazioni contenute nel presente lavoro e negli elaborati allegati considerano sia le conoscenze acquisite nell'ambito dello studio eseguito per l'intera tratta del Lotto 1 Fortezza-Ponte Gardena sia nuovi dati appositamente raccolti. Come accennato integrano e completano la presente Relazione i seguenti elaborati:

- Carta geologica zona Hinterrigger (scala 1:2000);
- Carta idrogeologica zona Hinterrigger (scala 1:2000);
- Sezioni geologiche zona Hinterrigger (scala 1:2000);
- Sezioni idrogeologiche zona Hinterrigger (scala 1:2000).

2 LOCALIZZAZIONE GEOGRAFICA

L'area oggetto di studio ricade in Provincia di Bolzano, a nord dell'abitato di Varna, all'interno dell'omonimo comune ed in destra idrografica del Fiume Isarco (Figura 1).

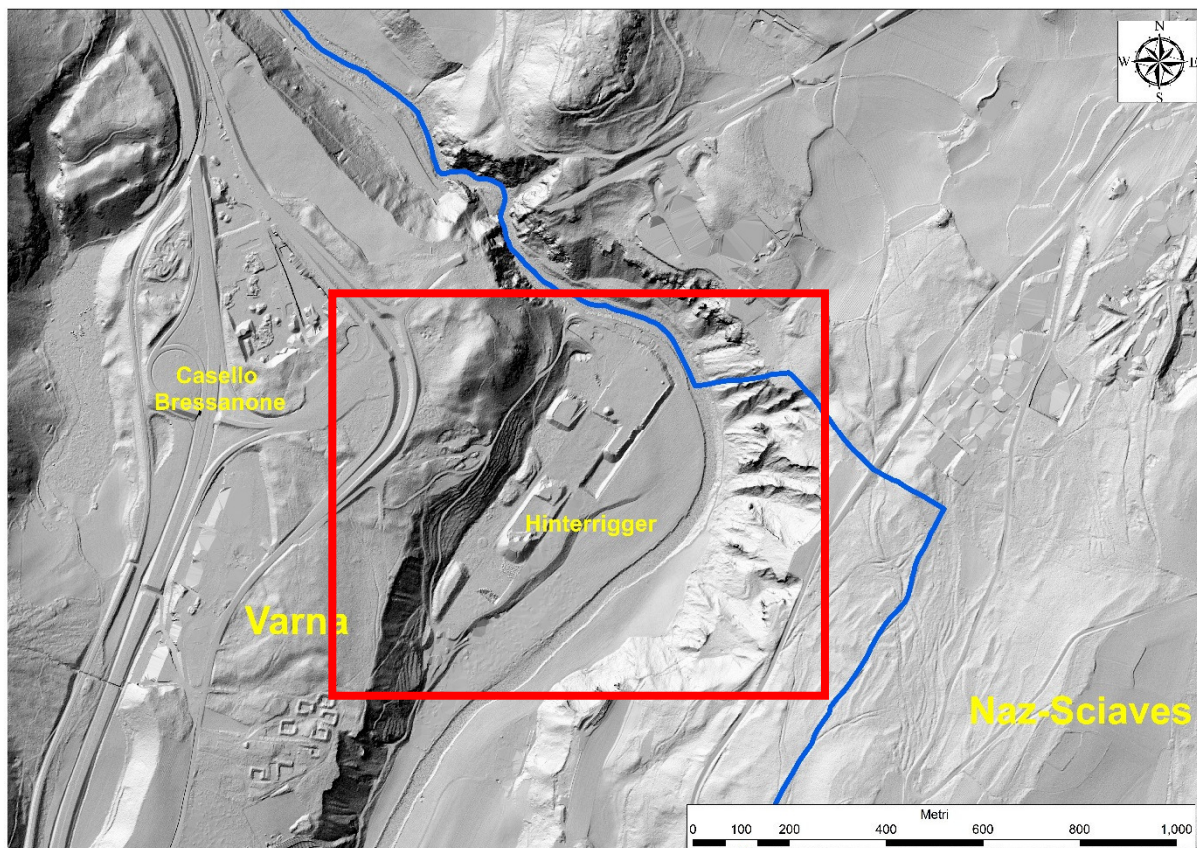
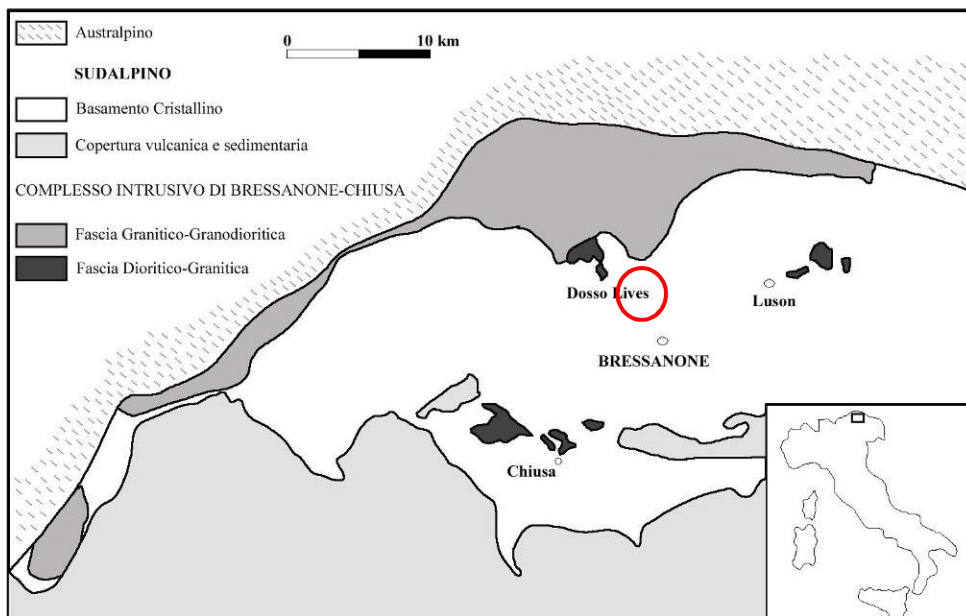


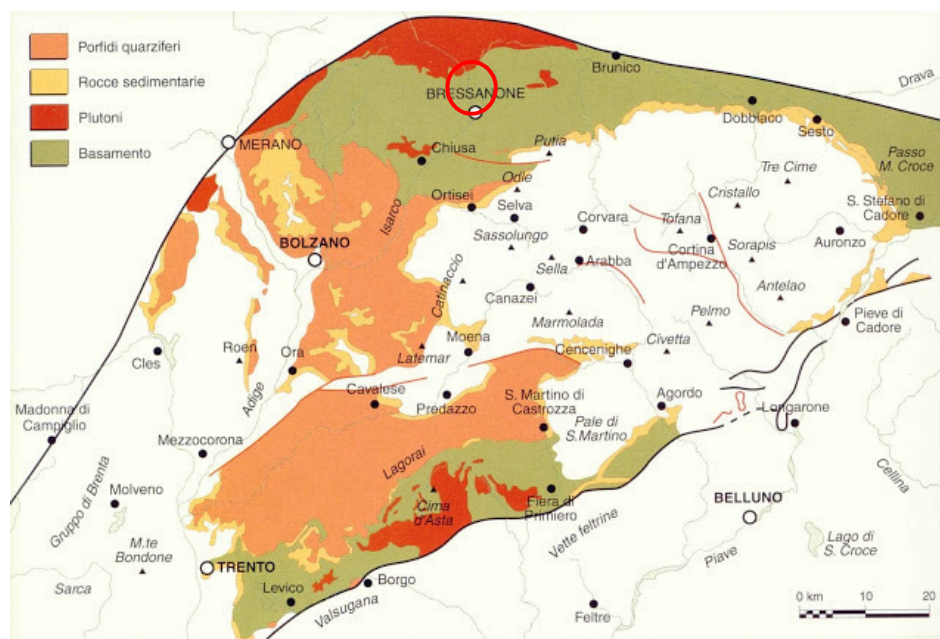
Figura 1. Localizzazione dell'area di studio nel Comune di Varna (in blu sono indicati i limiti comunali – Istat 2011).

3 GEOLOGIA GENERALE

L'area di interesse si colloca in uno dei settori più complessi delle Alpi orientali, in prossimità della linea Insubrica, noto sistema di faglie che separa le unità Europa vergenti da quelle Africa vergenti. L'area rilevata si sviluppa a sud di tale lineamento, nel dominio Sudalpino o delle Alpi Meridionali, caratterizzato da un basamento ercinico e da successioni vulcaniche e 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 ricoperto 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.

La successione cartografata nell'area oggetto della presente relazione comprende un basamento, rappresentato da filladi a granato (BSS) e dal Granito di Bressanone (γ_{bi}), che affiora in maniera marginale nella porzione

setentrionale del settore in studio e su cui si appoggiano più diffuse coperture quaternarie. Si rinvencono inoltre limitati affioramenti riconducibili all'aureola di contatto (MPC) tra filladi e graniti.

Dal punto di vista dell'evoluzione quaternaria l'areale in esame risulta ubicato in prossimità del margine settentrionale del bacino di Bressanone, un'ampia conca sviluppata per oltre 10 km tra gli abitati di Sciaves e Veltuno, che vedeva durante il Pleistocene la confluenza dei ghiacciai della Val d'Isarco e della Valle della Rienza. Il riempimento della depressione, modellata nel basamento cristallino, è dato da una complessa successione di depositi quaternari attribuiti al Pleistocene medio-superiore (Castiglioni, 1964a,b; 1997). Facendo riferimento a quanto scaturito durante le recenti attività di rilevamento in sito, il termine più antico della successione nel settore in esame è riconducibile ad un till pre LGM, presente nella porzione settentrionale dell'area, riferibile al ghiacciaio Rienza. Successivamente al ritiro glaciale, per effetto di uno sbarramento vallivo (paleofrana?) si è instaurato un bacino lacustre. All'interno di questo lago si sono depositi sedimenti deltizi (presenti nella porzione nord del settore in studio) che appartengono a due lobi distinti afferenti alla Rienza e all'Isarco. Questo apparato si dovrebbe essere formato durante l'avanzata glaciale LGM (Figura 3), per la presenza di livelli a grossi blocchi.

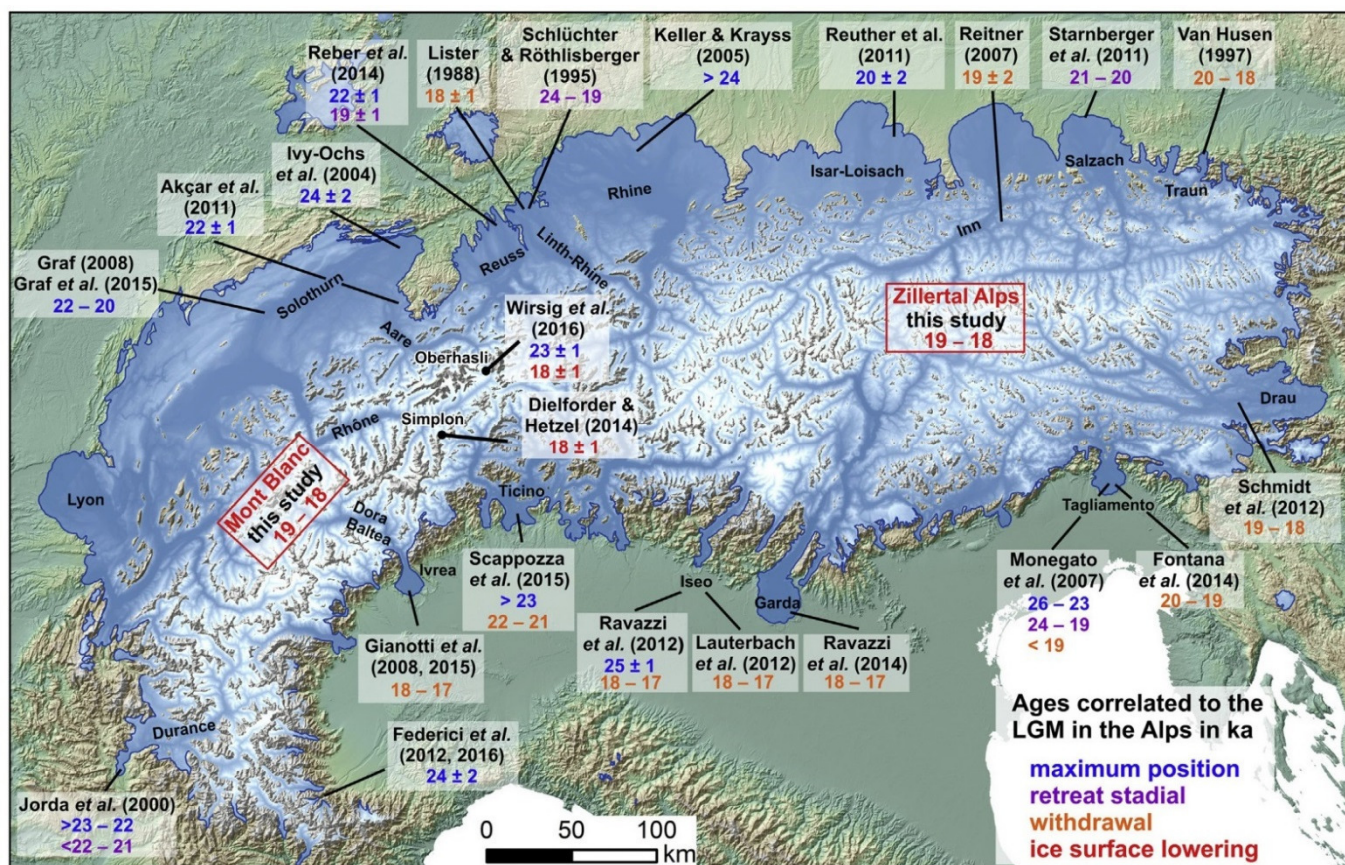


Figura 3. Età correlate all'LGM nelle Alpi (Wirsig et al., 2016). I colori indicano in quale contesto è stata interpretata ogni età dai vari autori. L'estensione del ghiaccio al LGM è tratta da Ehlers e Gibbard (2004, www.qpg.geog.cam.ac.uk/lgmextent.html)

La successiva riavanzata dei ghiacciai ha determinato la deposizione di till affioranti nella porzione centrale del terrazzo di Forch (e rinvenuti in alcuni sondaggi ivi perforati e nel sondaggio C29). La spinta basale dei ghiacciai è presumibile abbia determinato anche deformazioni da glaciotettonica osservabili in alcuni depositi deltizi affioranti in sinistra Isarco. La successiva deglaciazione deve aver determinato l'incisione dell'Isarco ad ovest del terrazzo di

**ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA****ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO
QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA****LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA**

RELAZIONE GEOLOGICA Zona Hinterrigger

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	1A	D69RG	GE 0201 003	A	8 di 38

Varna, mentre la Rienza ha prima deposto i depositi fluvioglaciali presenti in sinistra Isarco, per poi incanalarsi nella forra epigenetica ad est di Sciaves. A questo punto uno sbarramento dell'incisione dell'Isarco deve aver dato luogo alla formazione di un nuovo bacino lacustre. Successivamente si assiste ad una tardiva riavanzata del ghiacciaio dell'Isarco e al riempimento della conca lacustre sia con depositi deltizi che con depositi fluvioglaciali grossolani (coltivati nella cava a sud del sondaggio C19), in eteropia con i depositi glaciali che formano l'attuale sommità topografica nella zona di Forch. Il definitivo ritiro dei ghiacciai determinò l'incisione dell'attuale forra epigenetica dell'Isarco ed il progressivo terrazzamento della piana di Hinterrigger. Per semplicità di rappresentazione ed in linea con quanto fatto nel Lotto 1, i depositi glaciali e fluvioglaciali sono stati cartograficamente accorpati; i depositi deltizi sono stati rappresentati indifferenziati.

3.1 Stratigrafia

La stratigrafia dei termini affioranti nell'area in esame è rappresentata dai seguenti litotipi, descritti a partire dai dal basamento verso i litotipi quaternari.

3.1.1 *Basamento metamorfico ercinico*

3.1.1.1 BSS - Filladi a granato (Fillade quarzifera di Bressanone Auct.)

Affiora a Nord-Ovest dell'area di deposito dello smarino; si tratta di rocce filladiche con vene/letti di quarzo bianco 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 in genere il risultato della deformazione ercinica S2. Talvolta è possibile osservare la scistosità S1 relitta.

3.1.2 *Intrusioni permiane*

3.1.2.1 ybi (Granito di Bressanone Auct., graniti biotitici, granodiorite)

Il Granito di Bressanone affiora a Nord-Ovest dell'area di deposito. Si tratta di litotipi rappresentati da granito biotitico a struttura granulare con cristalli di feldspato potassico, plagioclasio, quarzo e biotite, a grana media o medio-grossa, e da granodioriti, in genere a grana più fine, caratterizzate da anfiboli dalle dimensioni millimetriche.

Il Granito di Bressanone si presenta come roccia massiccia con una densità di fratturazione media che aumenta nelle vicinanze delle faglie (comportamento deformativo fragile; si veda ad esempio la damage zone della faglia del rio Bianco). Si presentano tipici fenomeni di alterazione e cloritizzazioni lungo le discontinuità.

3.1.2.2 MPC (Aureola di contatto metamorfica / Cornubianiti)

In questa unità si raggruppano i litotipi che hanno subito metamorfismo di contatto per effetto dei corpi intrusivi del Granito di Bressanone. L'aspetto in affioramento dell'aureola di contatto è solitamente quello di una roccia molto dura di colore scuro. Nelle filladi la scistosità originale tende a scomparire, così come i noduli di quarzo, in quanto lo stesso è stato rimobilizzato in fase di metamorfismo di contatto. In sezione sottile si riconosce la presenza di biotite statica, cordierite ed andalusite.

3.1.3 *Depositi quaternari*

Il Quaternario comprende unità derivanti da fenomeni glaciali e da fenomeni trattivi (depositi fluviali, fluvioglaciali, delta fluviali, terrazzi alluvionali).

	ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA					
	RELAZIONE GEOLOGICA Zona Hinterrigger	COMMESSA IBL1	LOTTO 1A	CODIFICA D69RG	DOCUMENTO GE 0201 003	REV. A

3.1.3.1 Depositi deltizi glaciolacustri (Dlt)

Tale unità comprende i depositi afferibili ai delta fluviali che hanno in parte riempito la conca di Bressanone nel Pleistocene. Affiorano a nord dell'abitato di Varna, su entrambe le sponde dell'Isarco. In destra, in prossimità della zona di Hinterrigger sono tipicamente rappresentati da successioni costituite verso l'alto da facies prevalentemente sabbiose con ghiaia in transizione verso il basso a limi sabbiosi laminati con ciottolotti. Il top sabbioso gradato con ciottoli è stato raggiunto dallo scavo della cava di prestito per inerti situata poco a Est del sondaggio C15. È caratteristica 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).

3.1.3.2 Depositi fluvio-glaciali, 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 (sabbie, ghiaie e locali intercalazioni limose) e litologica. 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, al di fuori dell'area oggetto del presente studio, i 1300 m s.l.m.. In destra Isarco, nella porzione nord dell'area di deposito, affiora anche un till glaciale interpretato come pre ultimo massimo glaciale (Last Glacial Maximum, LGM).

3.1.3.3 Depositi alluvionali antichi terrazzati: primo ordine (at1); secondo ordine (at2)

Si tratta di depositi mappati all'interno del settore in studio in prossimità del fiume Isarco; 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.

3.1.3.4 Depositi alluvionali recenti terrazzati (ar)

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

3.1.3.5 Depositi alluvionali attuali (aa)

I depositi alluvionali attuali sono presenti lungo il tratto di fiume che rientra nell'area oggetto di studio; le alluvioni sono costituite 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.

3.1.3.6 Depositi colluviali (c)

Sono costituiti da materiale fine e medio-fine dovuti all'erosione dei depositi glaciali (df) e deltizi (Dlt). Si trovano principalmente lungo le maggiori rotture di pendio tra la piana alluvionale del fiume Isarco ed i versanti che la confinano.

3.1.3.7 Detriti di versante e depositi da debris flow (d)

Si tratta di depositi eterogenei ed eterometrici, a dimensioni variabili dai blocchi ai limi, derivanti da accumulo per trasporto fluido in massa lungo rii e canali adiacenti la valle Isarco o dalla degradazione (e trasporto gravitativo)

**ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA****ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO
QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA****LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA**

RELAZIONE GEOLOGICA Zona Hinterrigger

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	1A	D69RG	GE 0201 003	A	10 di 38

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. Sono presenti, in misura limitata, al margine occidentale dell'area in esame.

3.1.3.8 Conoide di detrito (cd)

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. Sono presenti, in misura limitata, al margine occidentale dell'area cartografata.

3.1.3.9 Depositi antropici (h)

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

4 GEOMORFOLOGIA

Dal punto di vista geomorfologico l'areale oggetto di studio ricade in destra idrografica del F. Isarco, in un contesto di piana fluviale attuale.

Il sito è localizzato in un'area dove il modellamento del territorio è stato caratterizzato dallo scorrere del F. Isarco che ha inciso i depositi dell'ultima e della penultima glaciazione. L'area è subpianeggiante, presenta due ordini di terrazzi recenti ed è delimitata ad ovest dal rilievo morfologico di Forch (terrazzo di Varna). Questo è costituito essenzialmente da depositi fluvioglaciali, glaciali e deltizi glaciolacustri e confina, verso nord, con il bedrock ercinico. Alla base del rilievo, al raccordo con la piana fluviale attuale, sono presenti depositi colluviali di versante. Il corso del fiume Isarco è caratterizzato nella zona di Hinterrigger da un'ampia ansia verso est.

Attualmente l'area è occupata dal cantiere Hinterrigger di BBT S.E., ed è in costante rimodellamento in ragione delle continue attività di deposito dei materiali derivanti dagli scavi delle opere in sotterraneo afferenti al Tunnel di Base.

In Figura 4 è riportata la carta delle pendenze dell'area in esame (ricavata dal DTM della PAB del 2013). Questa evidenzia le ripide scarpate che bordano ad Ovest la zona di cantiere, nonché la scarpata che borda in sponda sinistra l'Isarco. Nella porzione settentrionale dell'area le elevate acclività in prossimità del fiume corrispondono all'affioramento del basamento roccioso.

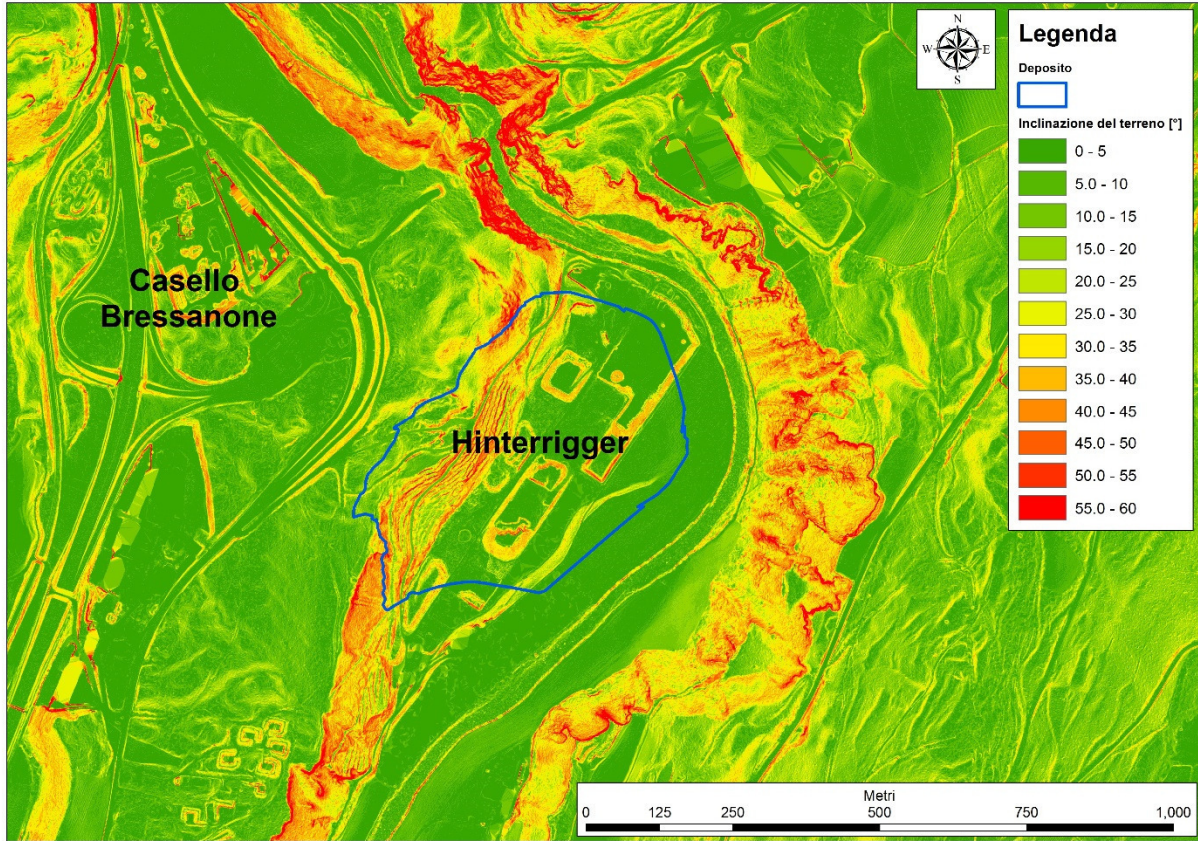


Figura 4. Carta delle pendenze (in gradi sessagesimali).

In Figura 5 è riportata la carta delle fasce altimetriche. Le quote del terreno della piana alluvionale nell'area interessata dal sito di stoccaggio, prima delle operazioni di abbancamento, si attestavano sui 620-630 m s.l.m. circa.

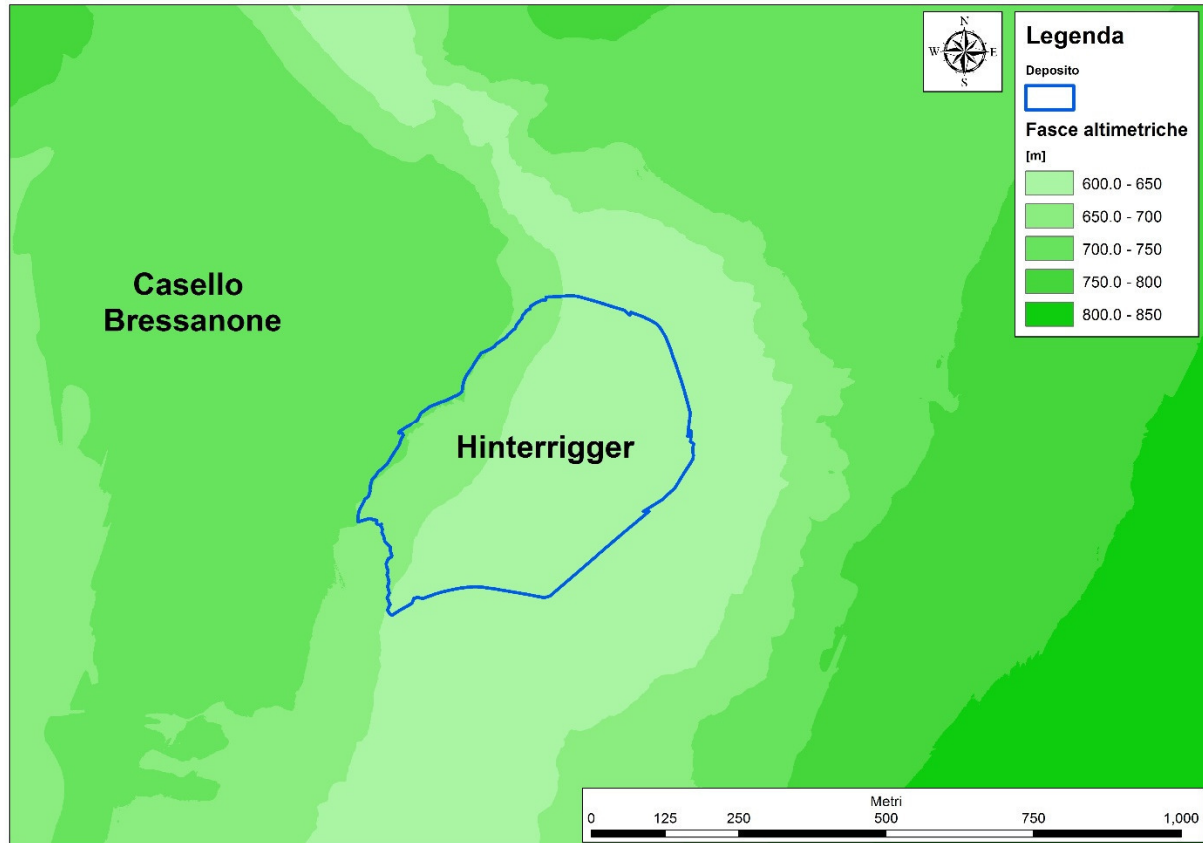


Figura 5. Carta delle fasce altimetriche (m s.l.m.).

La consultazione, relativamente al catasto eventi e pericoli idraulici, del geobrowser della Provincia Autonoma di Bolzano (Hazard Browser) ove sono raccolte le indicazioni concernenti le aree soggette a pericoli naturali (http://gis2.provinz.bz.it/geobrowser/?project=geobrowser_pro&view=hazardbrowser_atlas-b&locale=it) e del GeoPortale Alto Adige (<http://geocatalogo.retecivica.bz.it/geocatalog/>), al momento della emissione della presente relazione (novembre 2018) ha evidenziato che, in corrispondenza della zona interessata dal sito di stoccaggio, non risultano noti eventi di frana e pericoli idraulici. Analogamente facendo riferimento alle cartografie di suscettibilità ai pericoli (CSP) l'area di stoccaggio non risulta interessata da zone di suscettibilità a fenomeni di alluvionamento torrentizio, colata detritica e valanghe, così come definiti dalla documentazione della Provincia Autonoma di Bolzano; facendo riferimento alla cartografia da suscettibilità al pericolo alluvionale e al pericolo di crollo la situazione è quella rappresentata in Figura 6 e Figura 7.

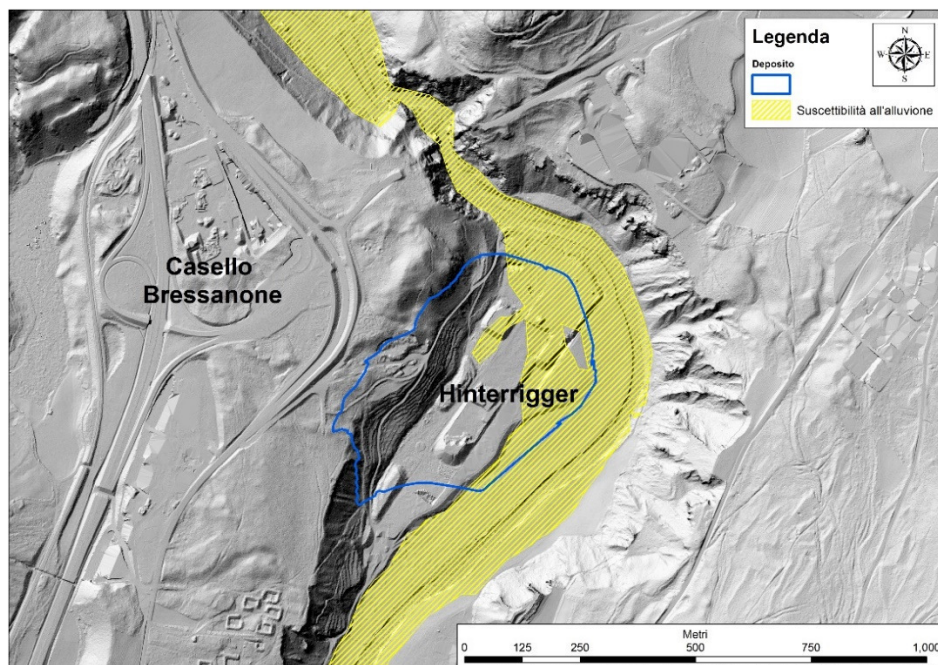


Figura 6. Stralcio della carta della suscettibilità all'alluvione (estratto da Geocatalogo Alto Adige, <http://geocatalogo.retecivica.bz.it/geocatalog/#!>)

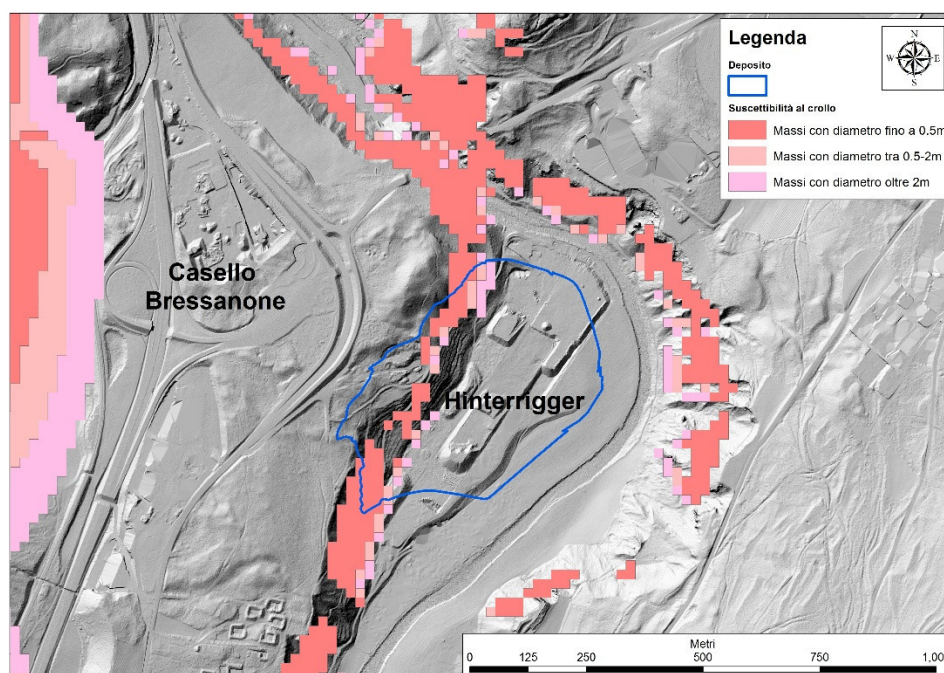


Figura 7. Stralcio della carta della suscettibilità al crollo (estratto da Geocatalogo Alto Adige, <http://geocatalogo.retecivica.bz.it/geocatalog/#!>)

Dalle osservazioni effettuate sul terreno, all'interno del sito di deposito non appaiono prevedibili fenomeni di crollo di massi oltre ai 2 metri di diametro; sulle scarpate nel settore centro-meridionale affiorano infatti depositi glaciali in parte cementati. Tali depositi presentano al loro interno massi sferoidali, tipicamente di granito, di dimensione massima pari a circa 1 m³. La caduta di tali blocchi può avvenire principalmente durante i periodi di gelo e disgelo e durante i periodi piovosi dell'anno. Nel settore più settentrionale ove affiorano le filladi del basamento la fratturazione del litotipo non appare tale da comportare il potenziale rilascio di massi superiori a circa 0,5 m³.

Delle suddette condizioni occorre tenere conto durante le fasi di abbancamento e di mantenimento del sito di stoccaggio. Il piano delle zone di pericolo (PZP) riguardante l'area di stoccaggio, che è situata all'interno nel Comune di Varna, non risulta ancora disponibile.

4.1 Evoluzione antropica del sito

L'areale di Hinterrigger è stato sottoposto in passato ad attività estrattiva riguardante materiali sciolti grossolani. Come infatti è visibile nella figura sottostante, tutto l'areale in prossimità dell'Isarco per le sue peculiarità geologiche è stato, ed è tuttora, interessato dalla presenza di svariate cave per l'estrazione di inerti.

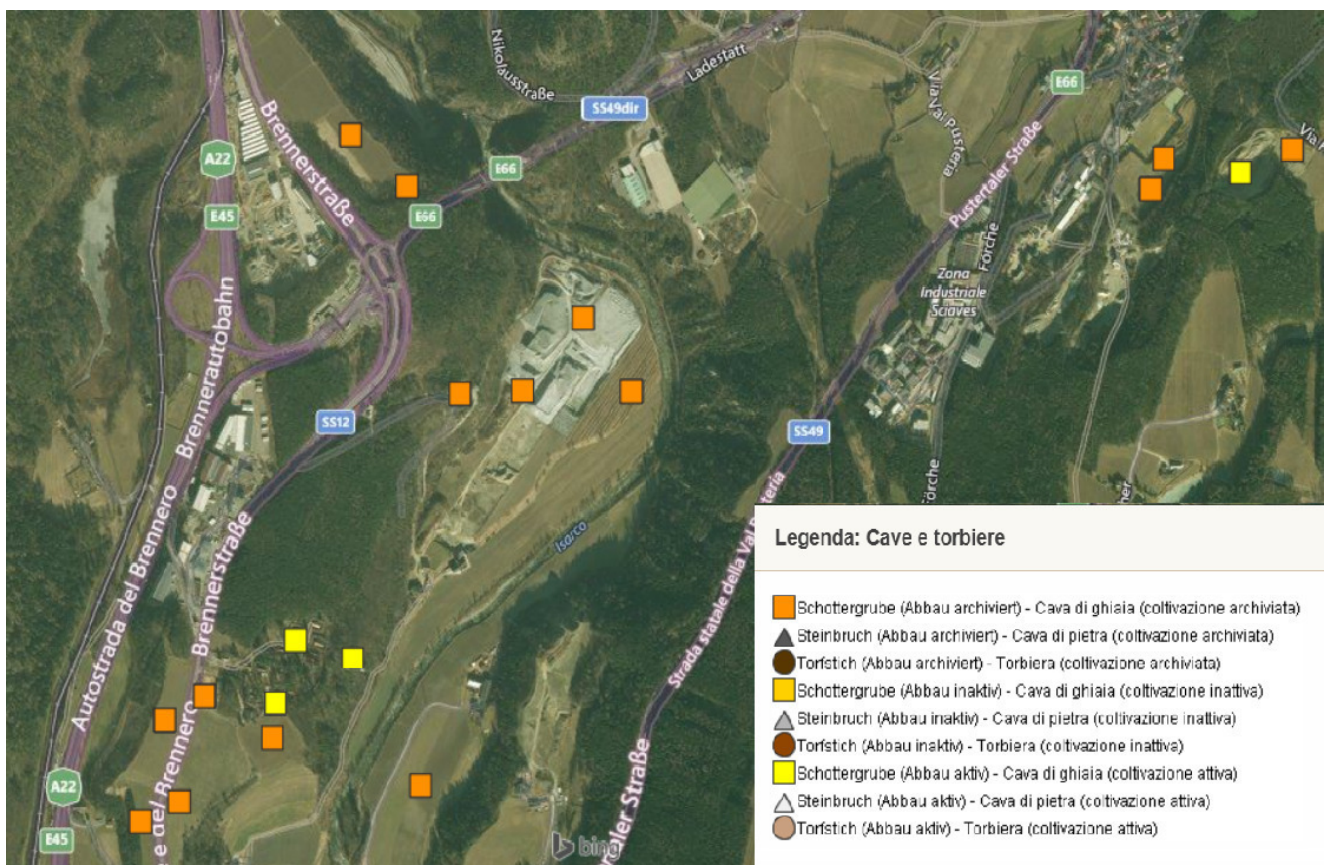


Figura 8 Ubicazione cave nella zona circostante l'Isarco circa compresa tra Varna e Sciaves
<http://geocatalogo.retecivica.bz.it/geokatalog/#>

(da

Di seguito viene riportata una serie di foto aeree storiche del sito di Hinterrigger che consentono di ripercorrere alcuni momenti dell'attività estrattiva. Le foto aeree sono state estratte dal Geocatalogo della Rete Civica dell'Alto Adige (<http://geocatalogo.retecivica.bz.it/geokatalog/#!>).



Figura 9. Ortofoto anno 1989

Le prime attività estrattive di cui si ha evidenza (Figura 9) sono state condotte a nord del rilievo di Forch. Dai dati disponibili nel geocatalogo tale sito è stata operativo tra il 1981 e il 1987.



Figura 10. Ortofoto anno 1997

L'ortofoto del 1997 (Figura 10) mostra la presenza di alcuni scavi effettuati nell'area sud-ovest di Hinterrigger.



Figura 11. Ortofoto anno 2000

Nell'ortofoto relativa all'anno 2000 (Figura 11) gli scavi osservabili nel 1997 non risultano più visibili; le escavazioni appaiono spostate verso nord-est.

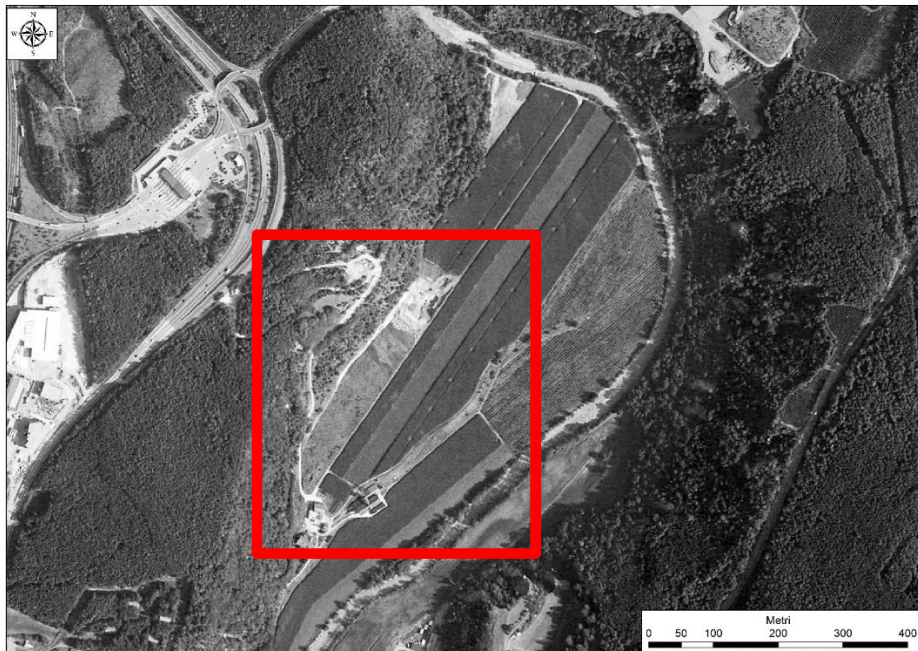


Figura 12. Ortofoto anno 2003

Nell'anno 2003 (Figura 12) gli scavi precedenti sono stati ritombati, mentre si osserva una nuova zona di coltivazione più a nord-est.

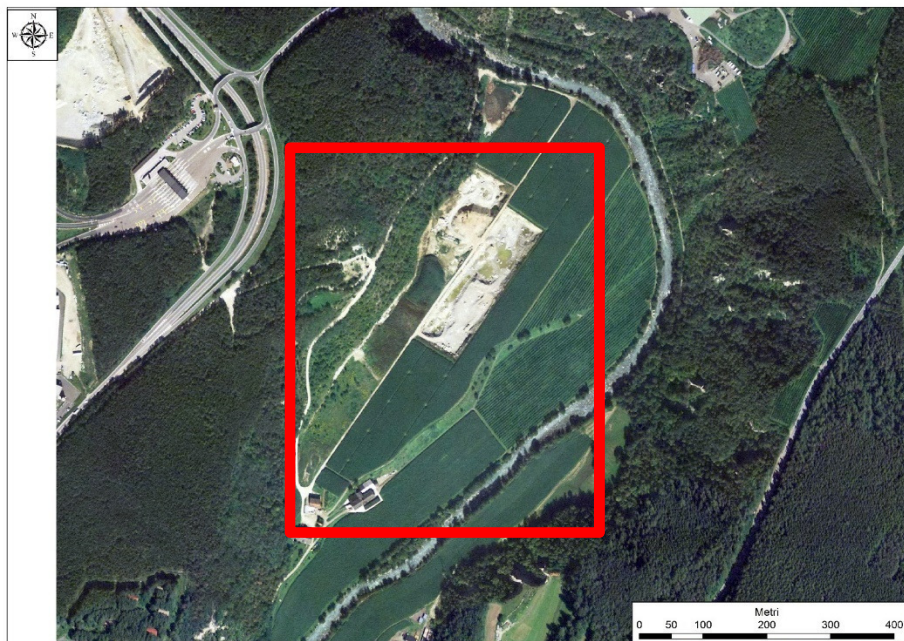


Figura 13. Ortofoto anno 2006

Nell'immagine relativa al 2006 è visibile un ampliamento dell'area scavata in direzione nord-est e in direzione est. Gli scavi precedenti sono stati tombati.

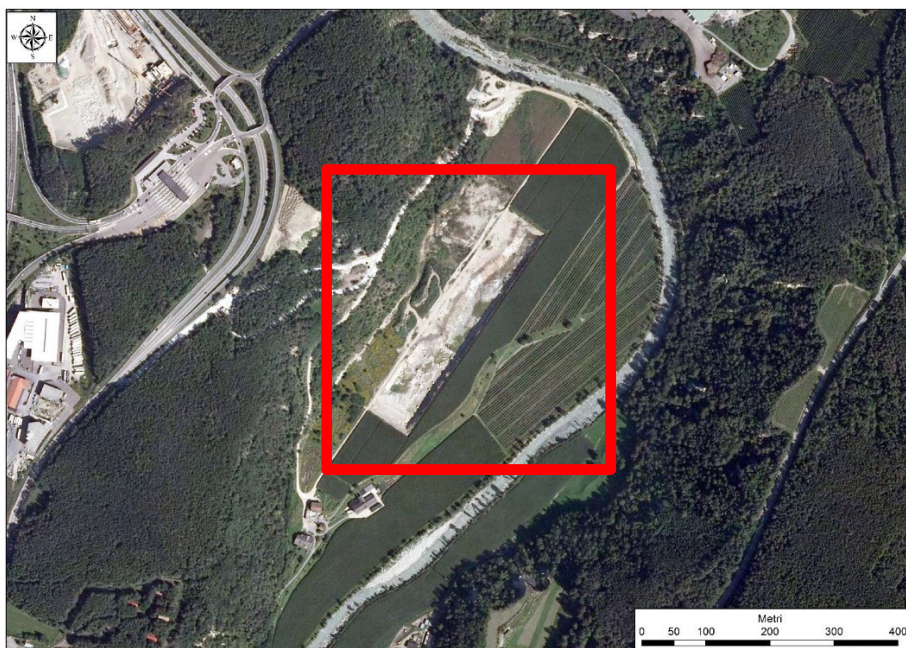


Figura 14. Ortofoto anno 2008

Nell'anno 2008 si osserva un ulteriore ampliamento della cava in direzione sud-ovest. Gli scavi precedenti sono stati parzialmente tombati.



Figura 15. Ortofoto anno 2011

Nell'anno 2011 non si osservano ampliamenti degli scavi; si può osservare invece come nell'area siano presenti alcuni cumuli di materiale antropico.



Figura 16. Ortofoto anno 2014

L'ortofoto dell'anno 2014 evidenzia il riempimento delle zone precedentemente scavate e l'ampliamento degli accumuli di materiale stoccato nel sito.

L'areale di Hinterrigger funziona infatti come sito di deposito dello smarino delle gallerie BBT. La morfologia del sito è conseguentemente in costante evoluzione per effetto dei lavori in corso. Come si può osservare dalla foto di Figura 17, tratta da Google Earth, è stato realizzato un capannone industriale nella zona nord-est e, rispetto alla precedente foto (2014), si osserva il consistente aumento dei cumuli di riporti nell'area.



Figura 17. Ortofoto anno 2017 (da Google Earth)

5 INDAGINI IN SITO

I sondaggi geognostici rappresentati all'interno della cartografia geologica (IBL11AD69G6GE0201002A) che accompagna la presente relazione sono stati eseguiti nell'ambito di campagne svolte nel 2005 (BBT), nel 2006 (RFI), nel 2012/13 e 2017/18 (Italferr). Tali sondaggi sono riassunti in Tabella 1.

Tabella 1. Sintesi delle indagini geognostiche

Sondaggio	Campagna	Lunghezza (m)	Prove in foro			Strumentazione installata
			SPT	Pressiometrica	Lefranc	
Ri-B-01/05*	2005	15	X	-	X	Piezometro
Ri-B-02/05*	2005	15	X	-	X	Piezometro
Ri-B-03/05*	2005	15	X	-	X	Piezometro
Ri-B-04/05	2005	15	X	-	X	Piezometro
Ri-B-05/05	2005	15	X	-	X	Piezometro
C15	2012/13	60	X	X	X	Piezometro
C16	2012/13	60	X	X	X	Piezometro
C19*	2012/13	55	X	X	X	-
C20*	2012/13	55	X	X	X	-
C21	2012/13	50	X	X	X	Piezometro
C28	2012/13	30	X	X	X	Piezometro
C29	2012/13	30	X	X	X	Piezometro
EO32*	2017/18	50	X	X	X	Piezometro
EO60	2017/18	50	X	-	X	Piezometro
EO63	2017/18	40	X	-	X	Piezometro
EO64	2017/18	40	X	-	X	Piezometro
EO65*	2017/18	40	X	-	X	Piezometro
EO66	2017/18	30	X	-	X	Piezometro
EO67	2017/18	50	X	-	X	Piezometro
H-BH1*	2017/18	80	X	X	X	-
H-BH2*	2017/18	80		X	X	-
V2	2006	41	-	-	X	Piezometro
V3	2006	55	-	-	X	Piezometro

*Sondaggi utilizzati per la produzione delle sezioni geologiche.

Nel mese di Novembre 2018 è iniziata una specifica campagna geognostica costituita dalle perforazioni H-BH1 e H-BH2 ubicate all'interno dell'area del deposito di Hinterrigger; si dispone al momento di esiti parziali di tali indagini che comunque sono state rappresentate nelle sezioni geologiche (IBL11AD69W6GE0201002A) allegate alla presente relazione.

Nei sondaggi indicati in Tabella 1 sono state eseguite prove geotecniche in situ (SPT, pressiometriche), prove di permeabilità tipo Lefranc e sono stati prelevati campioni di terreno, successivamente inviati a laboratorio per prove geotecniche.

All'interno della zona interessata dal Cantiere Hinterrigger sono stati inoltre realizzati (da BBT, 2016) 4 stendimenti geofisici con l'esecuzione di tomografia sismica a rifrazione, sismica a riflessione e tomografia elettrica

6 MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO

Ai fini della rappresentazione del modello geologico riferito alla zona di deposito, sulla base delle informazioni al momento disponibili sono state realizzate le sezioni geologiche riportate nel documento IBL11AD69W6GE0201002A. Il profilo topografico delle sezioni è stato ricavato sulla base del Modello Digitale del Terreno (DTM - volo LiDAR Solar Tirol 2013 - risoluzione 0,5 x 0,5 m, Figura 18) disponibile al sito <http://geocatalogo.retecivica.bz.it/geokatalog/#>. I riporti rappresentati nelle sezioni sono dunque quelli ipotizzabili al momento del suddetto volo. In ciascuna sezione è stata comunque indicata la porzione di terreno attualmente occupata dal cantiere ed il cui andamento morfologico è in continua modificazione per effetto delle operazioni di abbancamento in corso.

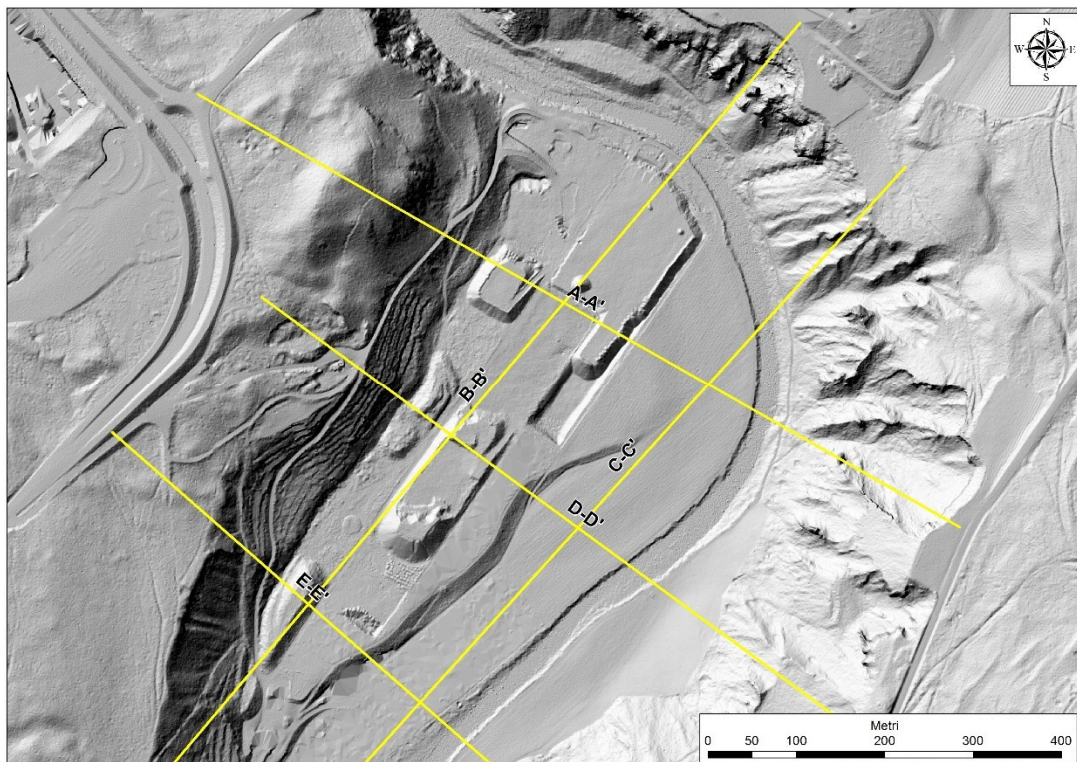


Figura 18. Tracce delle sezioni geologiche appoggiate su Ombreggiatura DTM Solar Tirol 2013.

6.1 Sezione A-A'

La sezione A-A' è sviluppata nella porzione settentrionale dell'area di studio, con direzione circa NW-SE. Essa mostra il rapporto tra i depositi fluviali, quelli glaciali ed il substrato ercinico. Nella porzione nord-occidentale sono visibili i depositi appartenenti al sistema deltizio glaciolacustre erosivi sul substrato e coperti dai depositi glaciali dell'ultima glaciazione. Nella conca dell'Isarco si hanno unicamente depositi glaciali erosivi sul substrato. Nella zona di Hinterrigger sono presenti depositi alluvionali terrazzati post glaciali, sovrastati da alluvioni recenti ed

	ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA					
	RELAZIONE GEOLOGICA Zona Hinterrigger	COMMESSA IBL1	LOTTO 1A	CODIFICA D69RG	DOCUMENTO GE 0201 003	REV. A

attuali. Il passaggio tra i depositi terrazzati e i depositi glaciali è desunto dal sondaggio Ri-B-03/05. Lo spessore stimato dei depositi terrazzati è mediamente attorno ai 12 m.

6.2 Sezione B-B'

La sezione B-B' attraversa la zona di studio da sud verso nord. Lungo la sezione si può osservare il rapporto tra i depositi deltizi e i depositi glaciali-fluvioglaciali. Come si evince, nella zona di Hinterrigger, i depositi deltizi risultano completamente erosi. Sono infatti presenti depositi antichi terrazzati (intercettati dai sondaggi Ri-B-01/05, Ri-B-02/05 e Ri-B-03/05) in contatto diretto con i depositi glaciali e fluvioglaciali (df). Al tetto dei depositi terrazzati, in corrispondenza dell'attuale incisione fluviale, sono presenti le alluvioni recenti e attuali del F. Isarco.

6.3 Sezione C-C'

La sezione C-C', parallela alla sezione B-B', è collocata nei pressi del corso attuale del F. Isarco. Nella porzione settentrionale sono rappresentati i depositi deltizi che affiorano sulle scarpate in sinistra Isarco. A sud della attuale incisione fluviale la sezione mostra invece l'appoggio dei depositi fluviali sui depositi glaciali dell'ultima glaciazione.

6.4 Sezione D-D' e E-E'

La sezione D-D' e E-E', sono parallele alla sezione A-A' ma tracciate più a sud di quest'ultima. Ricostruiscono l'assetto dei depositi deltizi glaciolacustri qui presenti unicamente in destra Isarco. In sinistra Isarco è ipotizzabile che i depositi deltizi siano stati erosi durante le fasi di avanzata glaciale i cui corrispondenti depositi costituiscono le scarpate in sinistra del corso d'acqua. Nell'area di Hinterrigger i depositi fluviali antichi e recenti si appoggiano sui terreni glaciali.

In sintesi le sezioni geologiche mostrano sostanzialmente i rapporti tra i depositi quaternari glaciali, fluvioglaciali e glaciolacustri sia con il substrato filladico che con le alluvioni oloceniche. Nell'area interessata dal sito Hinterrigger, lo spessore massimo complessivo dei depositi alluvionali olocenici e recenti che è stato ricostruito non appare superare i 14 m. Tali termini alluvionali poggiano su depositi glaciali. I depositi deltizi legati all'ultimo evento glaciale affiorano sulle scarpate a sud-ovest del sito, e su quelle a nord ma in sinistra Isarco: gli spessori massimi sono variabili da 50 a 80 m. Il substrato roccioso, al di sotto dell'area di progetto, non è stato intercettato dalle indagini dirette ad oggi disponibili.

7 IDROGEOLOGIA

Le valutazioni idrogeologiche sono finalizzate alla comprensione del sistema idrogeologico interessato dall'opera. Le analisi sono supportate dai dati litostratigrafici provenienti dallo studio geologico, dalle prove di permeabilità condotte nell'ambito delle indagini svolte nell'areale cartografato (Cfr. Cap.5-Tabella 1) e da quelle eseguite per il progetto dell'intera tratta del Lotto 1. Tali dati costituiscono il punto di partenza per la ricostruzione delle caratteristiche dell'assetto idrodinamico dell'area di interesse. L'areale su cui insiste il deposito in progetto non interagisce direttamente con il substrato metamorfico. I dati di conducibilità idraulica, presentati nei paragrafi seguenti, sono stati tradotti in termini di permeabilità relativa usando 5 classi (Tabella 2), in accordo con quanto fatto per il progetto dell'intero Lotto 1 dell'asse ferroviario Monaco – Verona, tratta Fortezza – Ponte Gardena. La

	ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA					
	RELAZIONE GEOLOGICA Zona Hinterrigger	COMMESSA IBL1	LOTTO 1A	CODIFICA D69RG	DOCUMENTO GE 0201 003	REV. A

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 2. Classi di permeabilità

Le permeabilità delle formazioni geologiche e dei depositi quaternari sono identificate nella cartografia idrogeologica elaborata con una scala di colori su toni di azzurro (Figura 19); gli elementi tettonici e geomorfologici della cartografia idrogeologica sono analoghi a quelli della carta geologica.

Complessi Idrogeologici distinti in funzione del loro grado di permeabilità media

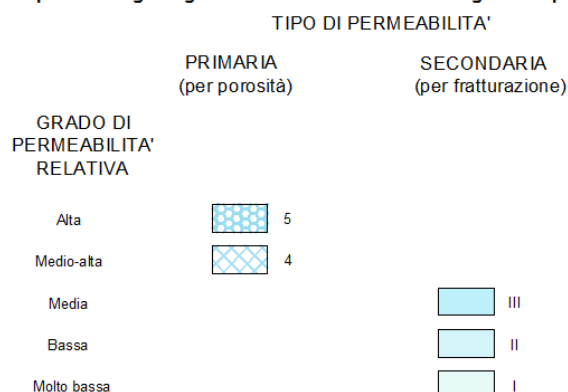


Figura 19. Definizione delle classi di permeabilità dei principali complessi idrogeologici

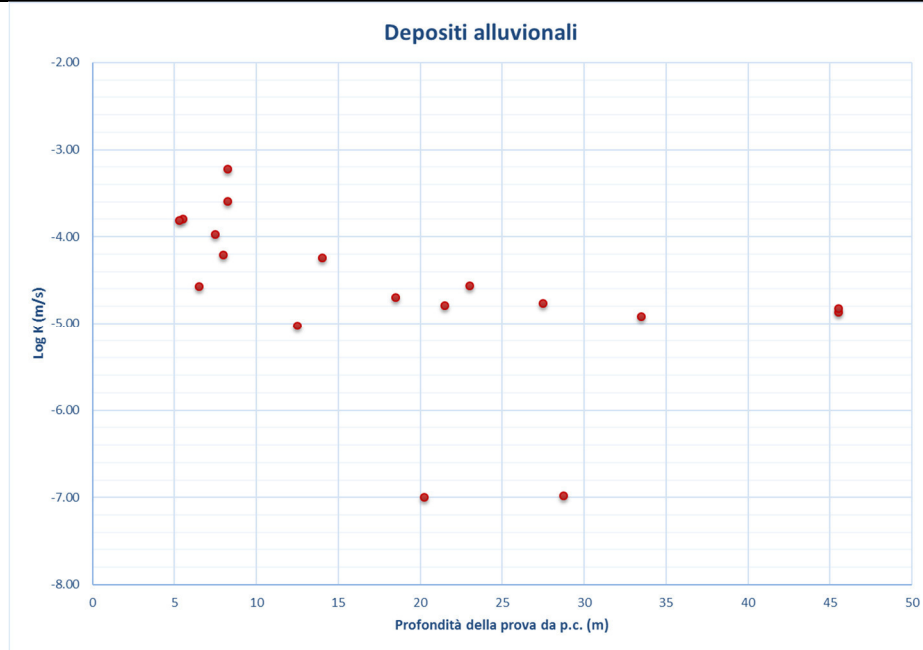
All'interno della carta sono state appositamente lasciate le etichette delle unità derivate dalla carta geologica, così da poter identificare le unità geologiche a cui è stata assegnata una determinata categoria di conducibilità idraulica.

Di seguito si indicheranno i parametri statistici principali (valori massimi, minimi e medi) dei dati di conducibilità idraulica relativi ai depositi quaternari e al substrato roccioso, indicando, altresì, la classe di permeabilità relativa di appartenenza.

7.1 Permeabilità dei depositi quaternari

7.1.1 Permeabilità dei depositi alluvionali (at1-at2-ar)

La valutazione delle caratteristiche di permeabilità di questi depositi è fornita dai dati delle prove Lefranc eseguite entro i fori di sondaggio presenti all'interno dell'areale cartografato.



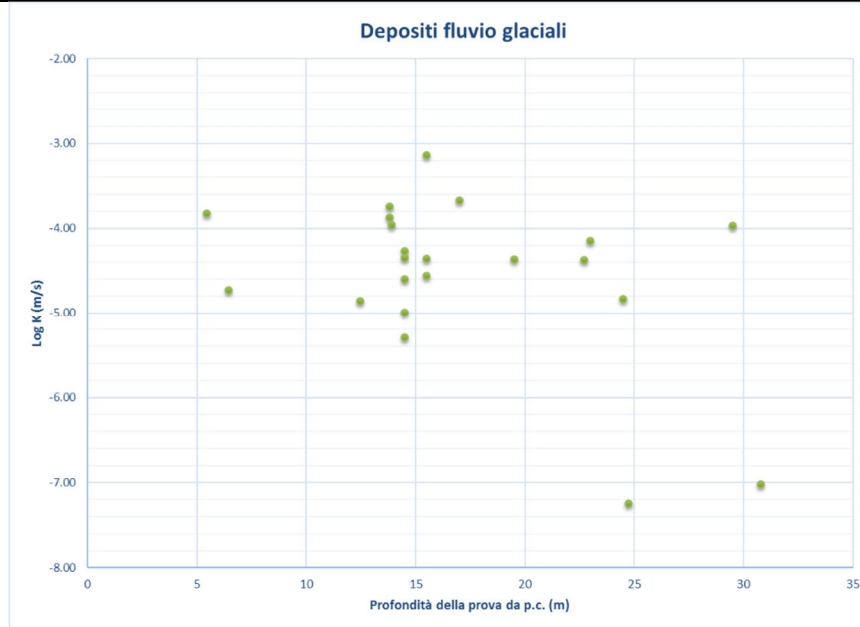
Litotipo	K min (m/s)	K medio (m/s)	K max (m/s)
Depositi alluvionali	1.0E-07	8.6E-05	5.9E-4

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

Ai depositi alluvionali viene attribuita una classe di permeabilità Medio-Alta

7.1.2 Permeabilità dei depositi fluvioglaciali (Df)

La valutazione delle caratteristiche di permeabilità di questi depositi è fornita dai dati delle prove Lefranc eseguite entro i fori di sondaggio presenti all'interno dell'areale cartografato.



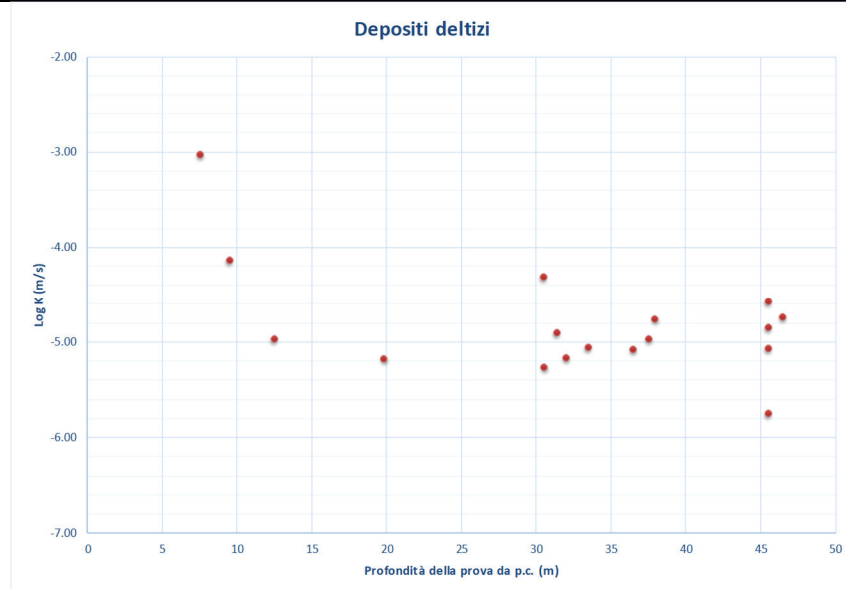
Litotipo	K min (m/s)	K medio (m/s)	K max (m/s)
Depositi Fluvioglaciali	5.7E-08	9.3E-05	7.3E-04

Figura 21. Grafico di permeabilità dei materiali costituenti i depositi fluvio glaciali

Ai depositi fluvio glaciali viene attribuita una classe di permeabilità Medio-Alta.

7.1.3 Permeabilità dei depositi deltizi (Dlt)

La valutazione delle caratteristiche di permeabilità di questi depositi è fornita dai dati delle prove Lefranc eseguite entro i fori di sondaggio presenti all'interno dell'areale cartografato.



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

Figura 22. Grafico di permeabilità dei materiali costituenti i depositi deltizi

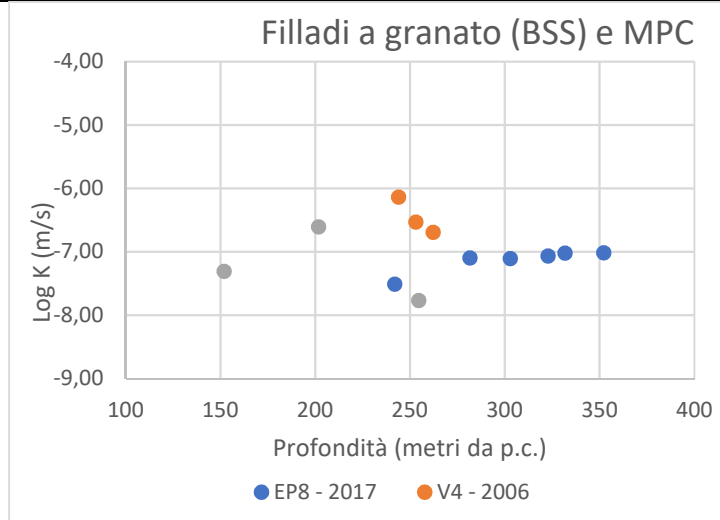
Ai depositi deltizi viene attribuita una classe di permeabilità Medio-Alta.

7.2 Permeabilità dei materiali di riporto (h)

Entro i fori di sondaggio presenti all'interno dell'areale cartografato si dispone di una prova di permeabilità che ha restituito un valore del coefficiente di permeabilità pari a $1.9E-04$ m/s. Tale valore risulta in linea con quello medio definito nell'ambito del Lotto 1 Tratta Fortezza-Ponte Gardena. Per tale ragione ai terreni di riporto si può attribuire una classe di permeabilità Alta.

7.3 Permeabilità del basamento

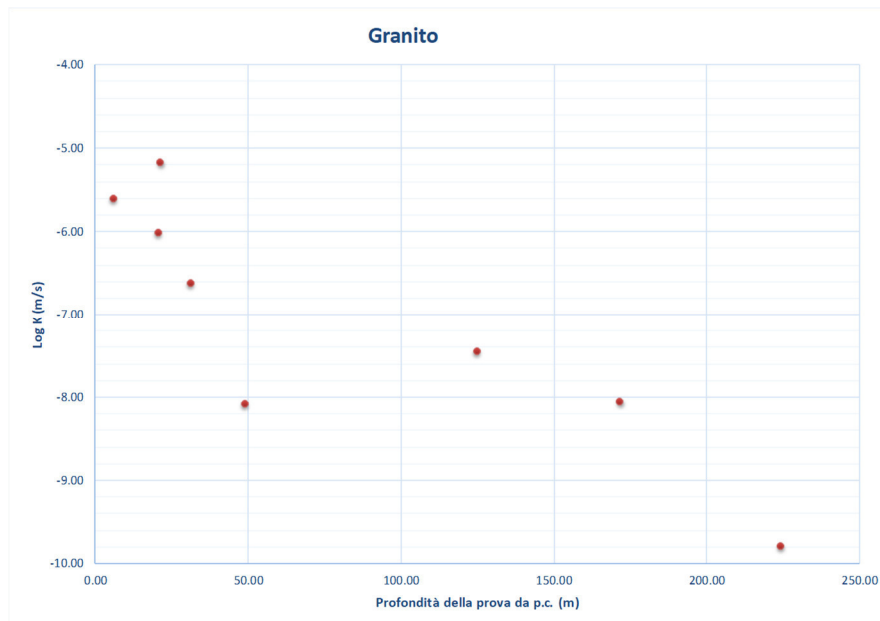
Le prove Lugeon eseguite entro la formazione delle Filladi a granato (BSS) sono riportate in Figura 23. Tali dati sono stati derivati dallo studio dell'intera tratta Fortezza - Ponte Gardena.



Litotipo	K min (m/s)	K medio (m/s)	K max (m/s)
Filladi a granato	1.7E-08	1.7E-07	7.3E-07

Figura 23. Grafico di distribuzione della permeabilità con la profondità per le filladi a granato (BSS)

Le prove Lugeon eseguite entro il Granito di Bressanone sono riportate in Figura 24. Anche tali dati sono stati derivati dallo studio dell'intera tratta Fortezza - Ponte Gardena. I valori di permeabilità maggiori sono espressione di condizioni locali di maggior fratturazione dell'ammasso roccioso.



Litotipo	K min (m/s)	K medio (m/s)	K max (m/s)
Granito	1.6E-010	1.31E-06	6.7E-06

Figura 24. Grafico di distribuzione della permeabilità con la profondità per il Granito di Bressanone

Facendo riferimento alla suddivisione presentata in Tabella 2, agli ammassi rocciosi affiorante a monte del sito di stoccaggio in progetto è stata attribuita una classe di permeabilità Bassa.

7.4 Livelli di falda e punti d'acqua

Le sezioni idrogeologiche in scala 1:2000 sono state redatte usando come riferimento le sezioni geologiche in funzione delle caratteristiche di permeabilità dei diversi litotipi. Il livello piezometrico riportato nelle sezioni, all'interno del sito di Hinterrigger, è desunto dai sondaggi BBT 2005 (Tabella 3).

Tabella 3. Livelli piezometrici in m da p.c.

Data	Ri-B-01/05	Ri-B-02/05	Ri-B-03/05
13/07/2005	-9.4		
16/07/2005		-9.2	
19/07/2005			-3.2

Per gli altri sondaggi rappresentati nelle sezioni i livelli disponibili sono riportati in Tabella 4.

Tabella 4. Livelli piezometrici in m da p.c..

Data	EO32	EO65	EO67
Dicembre 2017	Secco	-37.05	Secco
Maggio 2018	Secco	-37.60	Secco
Ottobre 2018	Secco	-39.90	Secco

All'interno dell'area di abbancamento di Hinterrigger non risulta la presenza di pozzi o sorgenti. Si segnala la presenza di un pozzo (B_000837), ubicato a sud ovest rispetto all'area oggetto di studio, monitorato da luglio 2013. Dai dati disponibili si evince che il livello di falda misurato varia da un minimo di 2 m ad un massimo di 4.42 m da piano campagna con una media di circa 3 m. I livelli di falda paiono correlabili con le variazioni di portata del F. Isarco. In sinistra idrografica del fiume Isarco, sono presenti due sorgenti (B_000830 e B_001468) interessate da monitoraggio. La prima emergenza (B_000830, oggetto di monitoraggio tra il luglio 2013 e il luglio 2016) presenta una portata non misurabile a causa della geometria dell'opera di presa; la seconda scaturigine ha fatto registrare, durante la campagna condotta nel luglio 2018, una portata di 0.3 l/s.

	ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA					
	RELAZIONE GEOLOGICA Zona Hinterrigger	COMMESSA IBL1	LOTTO 1A	CODIFICA D69RG	DOCUMENTO GE 0201 003	REV. A

8 SISMICITÀ

8.1 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 5).

Tabella 5. 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 Varna, all'interno del quale ricade il sito di Hinterrigger 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	0.017	2.546	0.146
50	0.022	2.464	0.188
72	0.026	2.464	0.201
101	0.030	2.449	0.218
140	0.033	2.471	0.292
201	0.049	2.486	0.298
475	0.053	2.555	0.355
975	0.060	2.680	0.387
2475	0.076	2.809	0.424

Tabella 6. Comune di Varna. Valori dei parametri di a_g , F_0 , T_C^* per i periodi di ritorno T_R di riferimento

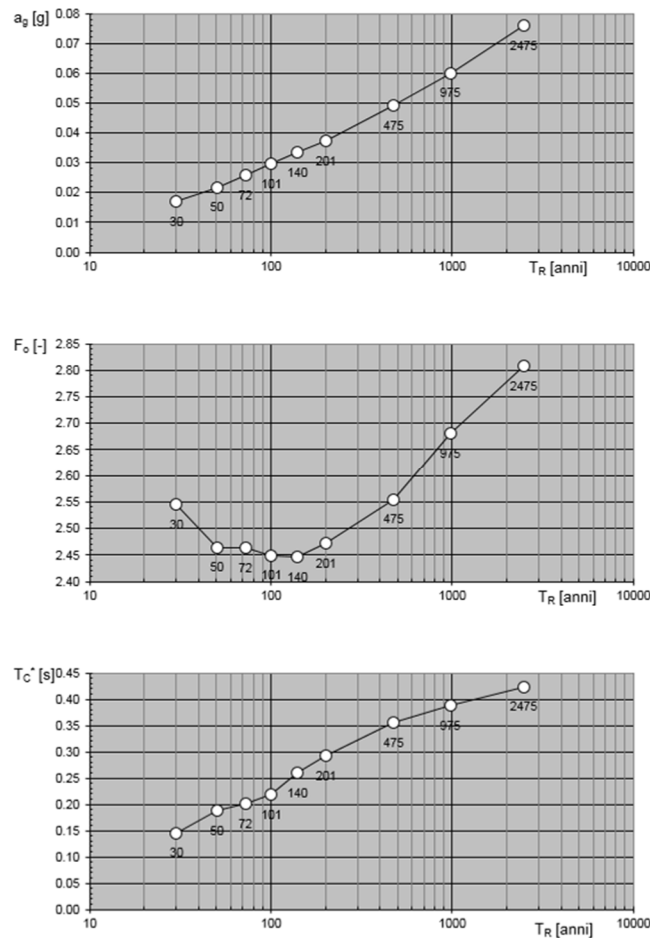
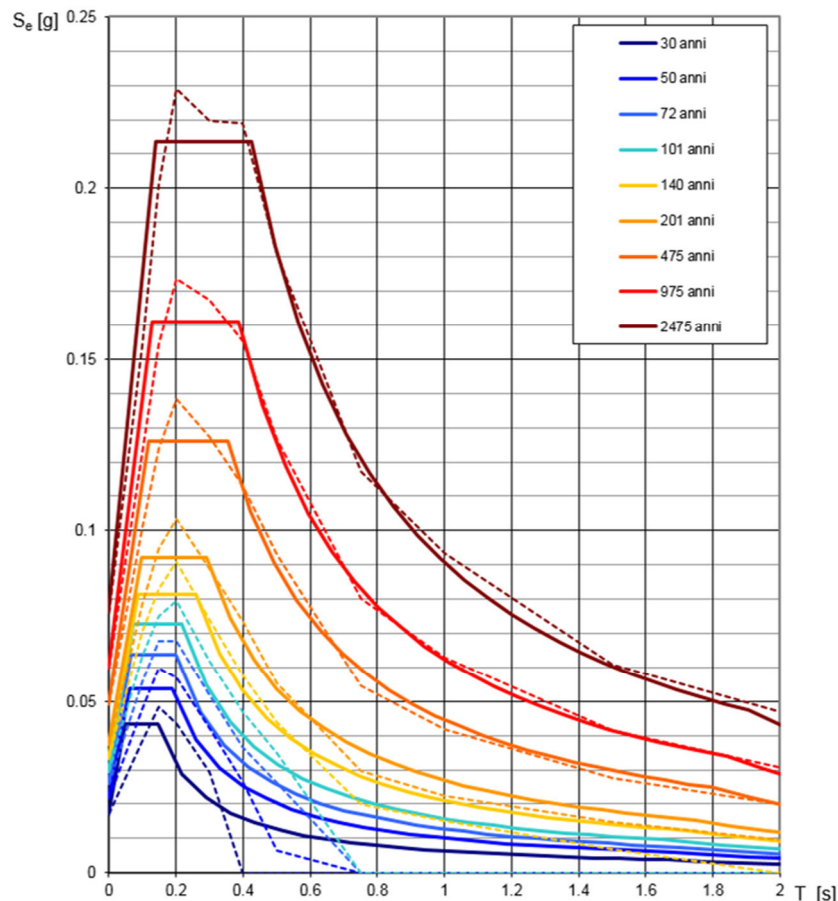


Figura 25. Valori dei parametri a_g , F_0 e T_C^* col periodo di ritorno T_R (Comune di Varna)



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

Figura 26. Spettri di risposta elastica per i periodi di ritorno T_R di riferimento (Comune di Varna)

8.2 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 Bressanone in assenza di dati relativi al Comune di Varna interessato dal progetto.

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>).

Nelle successive tabelle sono indicati con i seguenti simboli:

Int. = intensità in sito (MCS);

RELAZIONE GEOLOGICA Zona Hinterrigger

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	1A	D69RG	GE 0201 003	A	32 di 38

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

NMDP = numero di osservazioni macrosismiche del terremoto;

Io = intensità massima (MCS);

Mw = magnitudo momento.

Bressanone

PlaceID IT_20321
 Coordinate (lat, lon) 46.715, 11.657
 Comune (ISTAT 2015) Bressanone/Brixen
 Provincia Bolzano
 Regione Trentino-Alto Adige
 Numero di eventi riportati 18



Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	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	4.80
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	1	Valle d'Illasi	403	8-9	5.87
4	1895	04	14	20	17	3	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		Luochesia	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 Consiglio	269	9	6.06
5	1976	05	06	20			Friuli	770	9-10	6.45
5	1976	09	11	16	35	0	Friuli	40	7-8	5.60
F	1977	09	16	23	48	0	Friuli	94	6-7	5.26
3	1983	11	09	16	29	5	Parmense	850	6-7	5.04

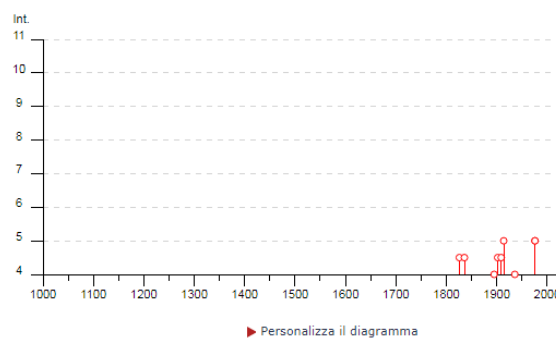


Figura 27. Storia sismica del Comune di Bressanone.

8.3 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 28); la più vicina all'area di intervento è la sorgente Giudicarie (ITCS048), in rosso a SW di Trento in Figura 28: le principali informazioni di riferimento per la sorgente sono riportate in Figura 29.

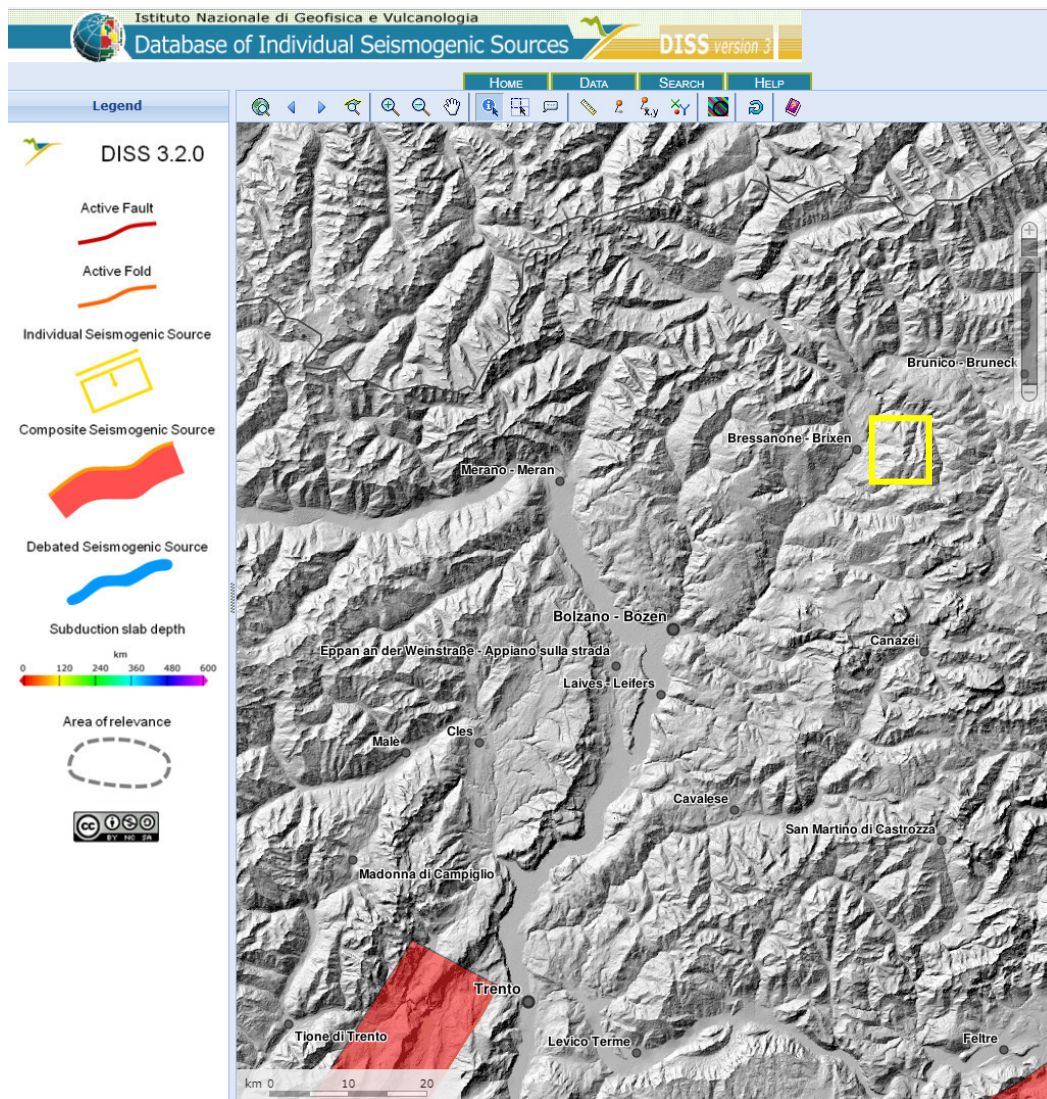



Figura 28. Sorgenti sismogenetiche contenute nel DISS 3.2 per l'area in oggetto (indicata in giallo)

RELAZIONE GEOLOGICA Zona Hinterrigger

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	1A	D69RG	GE 0201 003	A	34 di 38

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	ITIS069

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 29. Quadro riassuntivo della sorgente sismogenetica composta Giudicarie (ITCS048)

	ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA					
	RELAZIONE GEOLOGICA Zona Hinterrigger	COMMESSA IBL1	LOTTO 1A	CODIFICA D69RG	DOCUMENTO GE 0201 003	REV. A

8.4 Parametri per la determinazione dell'azione sismica di riferimento

Ai sensi del D.M. 14/01/2008, 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. Al momento facendo riferimento ai dati delle prove SPT si può individuare una categoria di sottosuolo tipo B.

Condizioni topografiche

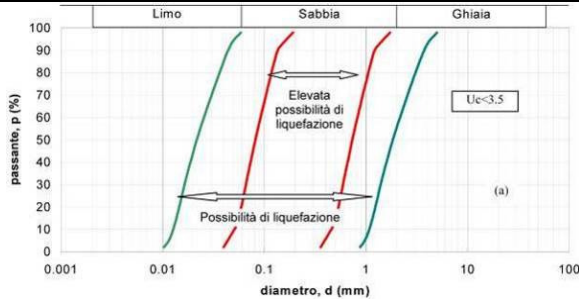
Per quanto concerne le caratteristiche della superficie topografica, le morfologie possono essere ricondotte alla configurazione T1 prevista nel D.M. 14/01/2008 in Tabella 3.2.I: “*Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$* ”.

Rischio di liquefazione

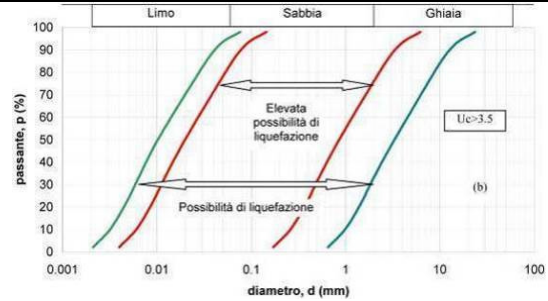
In terreni saturi sabbiosi sollecitati, in condizioni non drenate, da azioni cicliche dinamiche, il termine liquefazione comprende una serie di fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche. L'avvenuta liquefazione si manifesta, in presenza di manufatti, 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 $U_c > 3.5$.



a)



b)

La sismicità storica non mostra terremoti superiori a Mw 5. Non sono presenti sorgenti sismogenetiche in un raggio di 50km in grado di generare terremoti di magnitudo maggiore di 5.

In relazione ai parametri di riferimento di Vita nominale V_N , 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 o meno escludere il rischio di liquefazione per l'area in cui insiste l'opera.

	ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA					
	RELAZIONE GEOLOGICA Zona Hinterrigger	COMMESSA IBL1	LOTTO 1A	CODIFICA D69RG	DOCUMENTO GE 0201 003	REV. A

9 BIBLIOGRAFIA

1. Akron (2016). Asse ferroviario Monaco – Verona. Galleria di base del Brennero. Cantiere Hinterrigger. Relazione indagini geofisiche. Doc. 16049_rel
2. Arboit F., Chew D., Visoná D., Massironi M., Sciascia F., Benedetti G., Rodani S. (2018). The geodynamic evolution of the Italian South Alpine basement from the Ediacaran to the Carboniferous: Was the South Alpine terrane part of the peri-Gondwana arc-forming terranes?. *Gondwana Research*, Volume 65, Pages 17-30, <https://doi.org/10.1016/j.gr.2018.08.005>.
3. BBT (2016). Asse ferroviario Monaco – Verona. Galleria di base del Brennero. Cantiere Hinterrigger. Indagine in tomografia sismica a rifrazione. Indagine sismica a riflessione. Indagine tomografica elettrica. Sezioni di rilievo. Sezioni interpretative. Doc. 16049_02.
4. BBT (2006). Geologia, D0104 rapporto definitivo.
5. BBT (2008). Galleria principale - Relazione tecnica G 1.2a-05 – Geotermia, eluati, gas e radioattività. Potenziamento asse ferroviario Monaco Verona - Galleria di Base del Brennero - Geologia, Geotecnica, Idrogeologia.
6. BBT (2008). Galleria principale - Relazione tecnica G1.2a-04 – Idrogeologia. Potenziamento asse ferroviario Monaco Verona - Galleria di Base del Brennero - Geologia, Geotecnica, Idrogeologia.
7. Benciolini L., Poli M. E., Visonà D., Zanferrari A. (2006). Looking inside Late Variscan tectonics: structural and metamorphic heterogeneity of the Eastern Southalpine Basement (NE Italy). *Geodinamica Acta*, 19/1, pp.17-32.
8. Bistacchi A., Massironi M., Dal Piaz G., Dal Piaz G.V., P. Baggio, De Vecchi G. P., Mezzacasa G., Fenti V., Frizzo C., Monopoli B., Schiavo A., Brandner R.. Geological map of the Brenner Pass-Fortezza transect, Italian eastern Alps (Scale 1:30.000).
9. Bosellini A., (1989). La storia geologica delle Dolomiti. Ed. Dolomiti.
10. Castellarin A., Cantelli L., Fesce A. M., Mercier J. L., Picotti V., Pini G. A., Selli, L. (1992). Alpine compressional tectonics in the Southern Alps. Relationships with the N-Apennines. In *Annales tectonicae* Vol. 6, No. 1, pp. 62-94.
11. Castiglioni G. B. (1997). The Quaternary of the Bressanone basin, revisited. *Geol. Insubr.*, 2/2, pp. 121-127.
12. Castiglioni G.B. (1987). Una datazione di depositi interstadiali Würmiani presso Bressanone (Alto Adige). *Geogr. Fis. Dinam. Quat.*, 1, pp. 23-24.
13. Celico P. (1986). Prospezioni idrogeologiche Vol. 1. Liguori.
14. Civita M. (2005). Idrogeologia applicata e ambientale. Milano, CEA.
15. Dal Cin R. (1972). I Conglomerati tardo-paleozoici post-ercinici delle Dolomiti. *Verh. Geol. B.-A.*, 20, pp. 47-74, Wien.
16. D'Ambrosi C. (1960). Il laghetto pseudocarsico di Varna presso Bressanone (Alto Adige) nel Quadro di alcune osservazioni preliminari sul morenico della bassa Pusteria e della valle del medio Isarco. Istituto di mineralogia n.8.
17. Freeze A., Cherry J. (1997). *Groundwater*, Prentice Hall.
18. Kresic N., Stevanovic Z. (2010). *Groundwater Hidrology of springs*, Elsevier.

RELAZIONE GEOLOGICA Zona Hinterrigger

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	1A	D69RG	GE 0201 003	A	38 di 38

19. 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.
20. Neubauer F., Hoinkes G., Sassi F. P., Handler R., Höck V., Koller F., Frank W. (1999). Pre-Alpine metamorphism of the Eastern Alps. Schweiz. Mineral. Petrogr. Mitt., 79, pp. 41-62.
21. Ring U., Richter C. (1994). The Variscan structural and metamorphic evolution of the eastern Southalpine basement. Journal of Geological Society, Vol. 151, n. 5, pp. 755-766. <https://doi.org/10.1144/gsjgs.151.5.0755>
22. 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)
23. 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.
24. Schiavo A., Dal Piaz G. V., Monopoli B., Bistacchi A., Dal Piaz G., Massironi M., Toffolon G. (2015). Geology of the Brenner Pass-Fortezza transect, Italian Eastern Alps. Journal of Maps, 11:1, 201-215, DOI: <https://doi.org/10.1080/17445647.2014.980337>.
25. Christian Wirsig, Jerzy Zasadni, Marcus Christl, Naki Akçar, Susan Ivy-Ochs (2016). Dating the onset of LGM ice surface lowering in the High Alps. Quaternary Science Reviews, Volume 143, Pages 37-50, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2016.05.001>.