

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

#### RELAZIONE GEOLOGICA ZONA GATSWIESEN-BOSCO

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 1 0 1    0 0 2    A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione per ottemperanza prescrizioni	F. Sciascia <i>F. Sciascia</i>	Mar. 2018	S. Rodani <i>S. Rodani</i>	Mar. 2018	C. Mazzocchi <i>C. Mazzocchi</i>	Mar. 2018	F. Marchese Mar. 2018 <i>F. Marchese</i>

ITALFERR S.p.A.  
Dott. Geologo Francesco Marchese  
UO 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 .....	7
3.1.1	<i>Basamento metamorfico ercinico</i> .....	7
3.1.2	<i>Vulcaniti permiane</i> .....	7
3.1.3	<i>Depositi quaternari</i> .....	7
4	GEOMORFOLOGIA .....	8
4.1	VALUTAZIONI MULTITEMPORALI .....	10
4.2	OSSERVAZIONI DI TERRENO .....	23
5	INDAGINI IN SITO .....	28
6	MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO .....	29
6.1	SEZIONE A-A' .....	29
6.2	SEZIONE B-B' .....	29
6.3	SEZIONE C-C' .....	29
6.4	SEZIONE D-D' .....	29
7	IDROGEOLOGIA .....	30
7.1	PERMEABILITÀ DEI DEPOSITI QUATERNARI .....	30
7.1.1	<i>Permeabilità dei depositi detritici</i> .....	31
7.1.2	<i>Permeabilità dei depositi fluvioglaciali</i> .....	32
7.1.3	<i>Permeabilità depositi di frana inattiva</i> .....	32
7.1.4	<i>Permeabilità dei depositi alluvionali-deltizi</i> .....	33
7.2	PERMEABILITÀ DEL BASAMENTO METAMORFICO .....	34
8	SISMICITÀ .....	37
8.1	CLASSIFICAZIONE SISMICA E PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE .....	37

RELAZIONE GEOLOGICA Zona Gatschwiesen Bosco

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	1A	D69RG	GE 01 01 002	A	3 di 47

8.2	SISMICITÀ STORICA .....	39
8.3	SORGENTI SISMOGENETICHE.....	41
8.4	PARAMETRI PER LA DETERMINAZIONE DELL'AZIONE SISMICA DI RIFERIMENTO .....	44
9	BIBLIOGRAFIA .....	46
<b>FIGURE</b>		
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.	CARTA DELLE PENDENZE (IN GRADI SESSAGESIMALI). .....	9
FIGURA 4.	CARTA DELLE FASCE ALTIMETRICHE (M S.L.M.) .....	10
FIGURA 5.	FOTO AEREA DEL 1945 – FONTE IGM.....	11
FIGURA 6.	FOTO AEREA DEL 1982-85 – FONTE GEOBROWSER P.A.B. ....	12
FIGURA 7.	FOTO AEREA DEL 1988 (AGOSTO) – FONTE GEOPORTALE MATTM .....	13
FIGURA 8.	FOTO AEREA DEL 1997 (LUGLIO) - FONTE GEOPORTALE MATTM .....	14
FIGURA 9.	FOTO AEREA DEL 1999 (LUGLIO) - FONTE GEOPORTALE MATTM .....	15
FIGURA 10.	FOTO AEREA DEL 2006 (SETTEMBRE) - FONTE GEOPORTALE MATTM .....	16
FIGURA 11.	FOTO AEREA DEL 2011 (GIUGNO) - FONTE GEOPORTALE MATTM.....	17
FIGURA 12.	FOTO AEREA DEL 2011, SONO PERIMETRATE IN GIALLO LE AREE CHE APPARIVANO PRIVE DI VEGETAZIONE NEL 1999.....	18
FIGURA 13.	FOTO AEREA DEL 2014 – FONTE GEOBROWSER P.A.B. ....	19
FIGURA 14.	FOTO AEREA DEL 2017 - ITALFERR .....	20
FIGURA 15.	STRALCIO DELLA CARTA DELLA SUSCETTIBILITÀ AL CROLLO (ESTRATTA DA GEOCATALOGO ALTO ADIGE - <a href="http://geocatalogo.retecivica.bz.it/geocatalog/#!">HTTP://GEOCATALOGO.RETECIVICA.BZ.IT/GEOKATALOG/#!</a> ) .....	21
FIGURA 16.	STRALCIO DI CARTA INDICATIVA DEL PERICOLO DI COLATA DETRITICA (ESTRATTO DA GEOCATALOGO ALTO ADIGE: <a href="http://geocatalogo.retecivica.bz.it/geocatalog/#!">HTTP://GEOCATALOGO.RETECIVICA.BZ.IT/GEOKATALOG/#!</a> ) .....	22
FIGURA 17.	SOVRAPPOSIZIONE (SCALA 1:10000) DEL PERIMETRO DEL FUTURO SITO DI STOCCAGGIO CON LA CARTA INDICATIVA DEL PERICOLO DI COLATA DETRITICA ESTRATTA DA GEOCATALOGO ALTO ADIGE .....	22
FIGURA 18.	A-DEPOSITI GLACIALI AFFIORANTI; B-BLOCCHI ERRATICI DI GRANITO RINVENUTI SULLA CRESTA DI UNO DEI DOSSI FLUVIOGLACIALI .....	23
FIGURA 19.	FIANCO DI UNO DEI DOSSI FLUVIOGLACIALI E RELATIVO IMPLUVIO ALLA BASE.....	24
FIGURA 20.	INDICAZIONE DEI SOLCHI DA RUSCELLAMENTO SU SOLAR DTM (0.45 CM) .....	24
FIGURA 21.	IMPLUVIO CON BLOCCHI DI DETRITO .....	25
FIGURA 22.	A- GRADINI MORFOLOGICI; B- INDICAZIONE SU CARTA DEI GRADINI MORFOLOGICI E DELLA FALDA DETRITICA (FD), CON PRESENZA LOCALE DI BLOCCHI DI ELEVATE DIMENSIONI (GB) .....	26
FIGURA 23.	BLOCCHI DI DETRITO NEL SOLCO AL MARGINE MERIDIONALE DELLA FRANA DI VARNA .....	26
FIGURA 24.	FALDA DETRITICA A NORD DELL'AREA DI STOCCAGGIO.....	27
FIGURA 25.	BLOCCHI PLURIMETRICI AL MARGINE SETTENTRIONALE DELL'AREA DI STOCCAGGIO .....	27
FIGURA 26.	BLOCCHI PLURIMETRICI A MONTE DELL'AREA DI STOCCAGGIO.....	28
FIGURA 27.	DEFINIZIONE DELLE CLASSI DI PERMEABILITÀ DEI PRINCIPALI COMPLESSI IDROGEOLOGICI.....	30
FIGURA 28.	GRAFICO DI PERMEABILITÀ DEI MATERIALI COSTITUENTI IL DETRITO DI VERSANTE (LOTTO 1).....	31
FIGURA 29.	GRAFICO DI PERMEABILITÀ DEI MATERIALI COSTITUENTI I DEPOSITI FLUVIOGLACIALI (LOTTO1).....	32
FIGURA 30.	GRAFICO DI PERMEABILITÀ DEI MATERIALI COSTITUENTI I DEPOSITI DI FRANA (LOTTO 1) .....	33
FIGURA 31.	GRAFICO DI PERMEABILITÀ DEI MATERIALI COSTITUENTI I DEPOSITI ALL.-DELTIZI .....	34
FIGURA 32.	GRAFICO DI DISTRIBUZIONE DELLA PERMEABILITÀ CON LA PROFONDITÀ PER LE FILLADI A GRANATO (BSS) .....	35
FIGURA 33.	VALORI DEI PARAMETRI $A_G$ , $F_0$ E $T_C^*$ COL PERIODO DI RITORNO $T_R$ (COMUNE DI VARNA).....	38
FIGURA 34.	SPETTRI DI RISPOSTA ELASTICI PER I PERIODI DI RITORNO $T_R$ DI RIFERIMENTO (COMUNE DI VARNA) .....	39
FIGURA 35.	STORIA SISMICA DEL COMUNE DI BRESSANONE.....	40
FIGURA 36.	SORGENTI SISMOGENETICHE CONTENUTE NEL DISS 3.2 PER L'AREA IN OGGETTO (INDICATA IN GIALLO) .....	42
FIGURA 37.	QUADRO RIASSUNTIVO DELLA SORGENTE SISMOGENETICA COMPOSITA GIUDICARIE (ITCS048).....	43

	<p><b>ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA</b></p> <p><b>ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO</b>  <b>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA</b></p> <p><b>LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA</b></p>												
<p>RELAZIONE GEOLOGICA Zona Gatschwiesen Bosco</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IBL1</td> <td>1A</td> <td>D69RG</td> <td>GE 01 01 002</td> <td>A</td> <td>4 di 47</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IBL1	1A	D69RG	GE 01 01 002	A	4 di 47
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IBL1	1A	D69RG	GE 01 01 002	A	4 di 47								

## 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 del progetto del Lotto 1 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 Gatschwiesen-Bosco; le informazioni contenute nel presente lavoro e negli elaborati che lo accompagnano tengono inoltre conto di una serie di dati acquisiti nell'ambito dello studio eseguito per l'intera tratta del Lotto 1 Fortezza-Ponte Gardena. Come sopra accennato integrano e completano la presente Relazione i seguenti elaborati:

- Carta geologica zona Gatschwiesen Bosco (scala 1:2000);
- Carta idrogeologica zona Gatschwiesen Bosco (scala 1:2000);
- Sezioni geologiche zona Gatschwiesen Bosco (scala 1:2000).

## 2 LOCALIZZAZIONE GEOGRAFICA

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

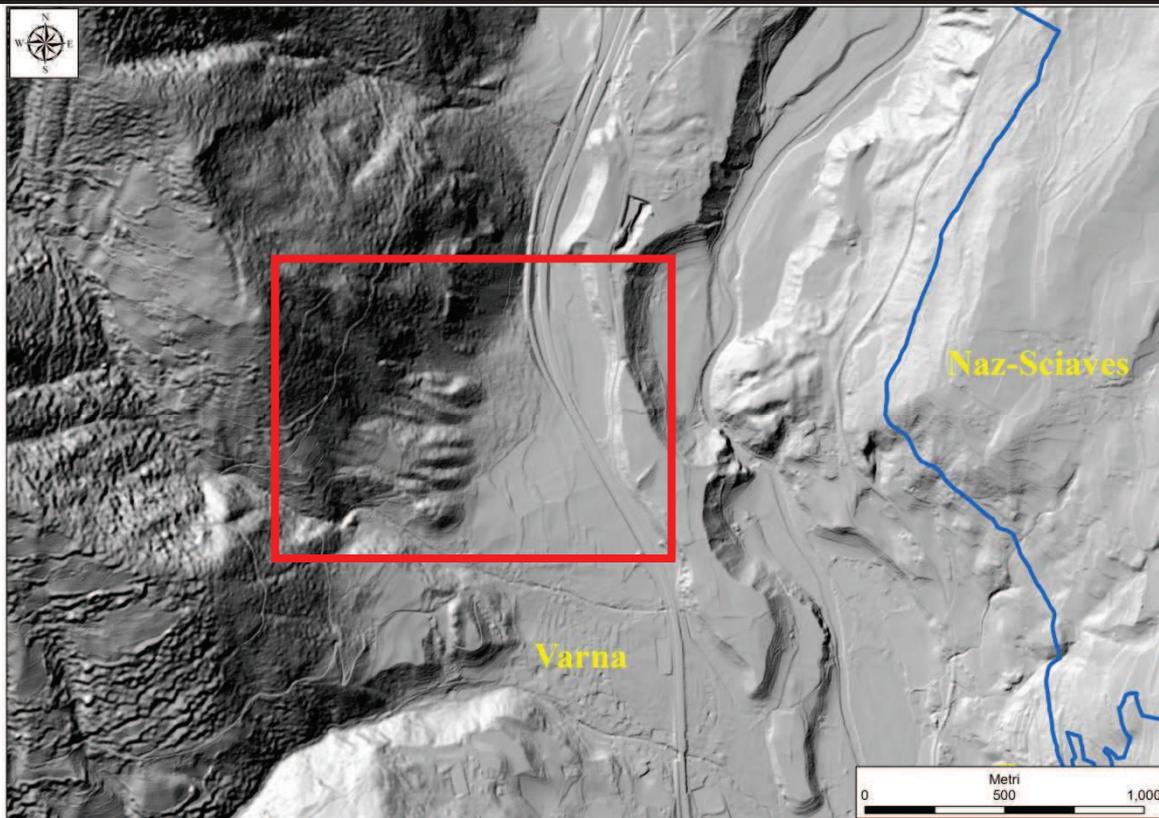
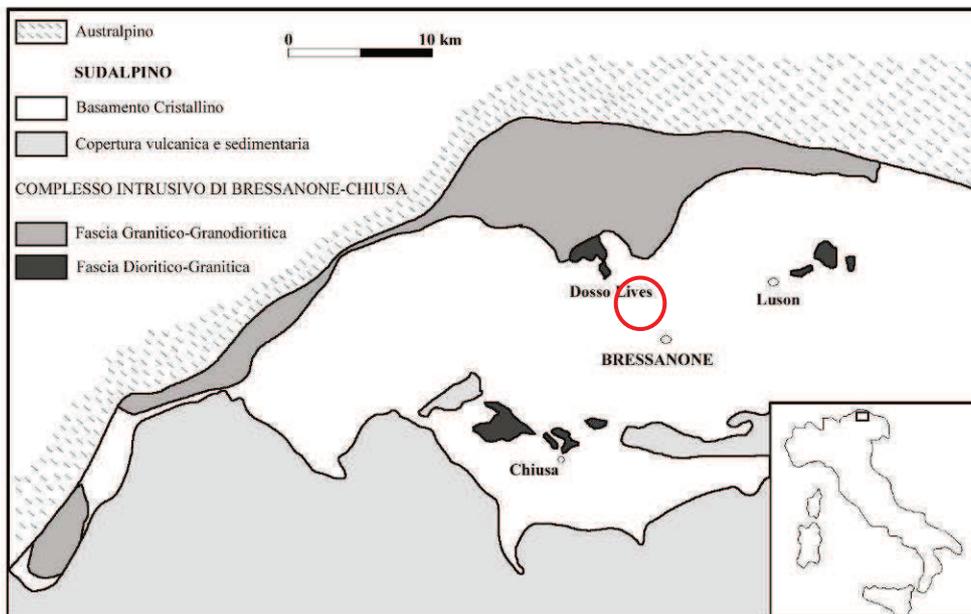


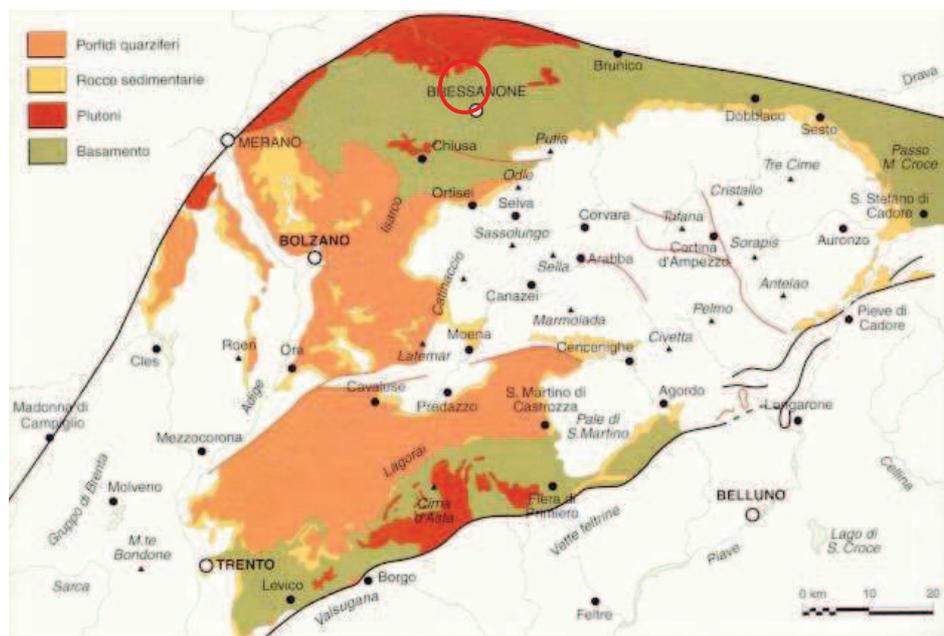
Figura 1. Localizzazione dell'area di studio nel Comune di Varna (in blu sono indicati i limiti comunali – Istat 2011).

### 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 glacio-lacustri attribuibili alle fasi glaciali-interglaciali susseguitesesi dal Pleistocene.

	<b>ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA</b> <b>ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO</b> <b>QUADRUPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA</b> <b>LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA</b>					
	RELAZIONE GEOLOGICA Zona Gatschwiesen Bosco	COMMESSA IBL1	LOTTO 1A	CODIFICA D69RG	DOCUMENTO GE 01 01 002	REV. A

All'interno della successione cartografata nell'area in oggetto affiora marginalmente il basamento metamorfico cristallino che è rappresentato dalle filladi a granato (BSS) su cui si appoggiano le coperture quaternarie. La cartografia geologica dell'area investigata è riportata nell'elaborato IBL1 1A D 69 G6 GE201 001 A.

### 3.1 Stratigrafia

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

#### 3.1.1 *Basamento metamorfico ercinico*

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

Affiora ad Ovest dell'area di deposito; si tratta di rocce filladiche caratterizzate da porzioni più ricche in quarzo o a prevalenti fillosilicati con vene/letti di quarzo bianco rimobilizzato ed intercalato alla scistosità. Il colore della roccia è tipicamente grigio su cui spiccano i fillosilicati tipo muscovite. Si rinvengono granati di dimensione variabile, intercalati alla foliazione. Tali minerali si possono osservare sia in campagna sia in sezione sottile rivestiti da diversi layers di fillosilicati quali biotite e muscovite. La foliazione è il risultato della deformazione ercinica S2. Talvolta è possibile osservare la scistosità S1 relitta.

#### 3.1.2 *Vulcaniti permiane*

##### 3.1.2.1 α - Andesiti

Un filone andesitico è stato rilevato nella porzione occidentale dell'area di studio. Presenta una struttura porfirica con prevalenti cristalli di plagioclasio, subordinati anfiboli e biotite.

#### 3.1.3 *Depositi quaternari*

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

##### 3.1.3.1 Depositi deltizi glaciolacustri (Dlt)

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

Si tratta di depositi attribuibili ad un ambiente glaciolacustre per la presenza di numerosi dropstone rinvenuti sia nei limi laminati (bottomset) sia nelle facies sabbiose gradate (foreset). Questi depositi sono stati osservati anche nelle cave di Sciaves da Castiglioni (1964b), che li ha attribuiti a un delta glaciolacustre precedente l'Ultimo Massimo Glaciale.

##### 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

**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 Gatschwiesen Bosco

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	1A	D69RG	GE 01 01 002	A	8 di 47

argillose) e litologica. I depositi rilevati presentano prevalentemente caratteristiche di rimaneggiamento fluviale; solo in limitati affioramenti si riconoscono le caratteristiche sedimentologiche relative ai depositi morenici.

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..

### 3.1.3.3 Alluvioni antiche di primo (at1) e 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 (ar)

I depositi alluvionali recenti affiorano in maniera discontinua lungo tutta la valle del fiume Isarco. Sono costituiti da 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 Frane inattive (fi)

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

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

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

### 3.1.3.7 Conoidi di detrito (cd) e 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.

## 4 GEOMORFOLOGIA

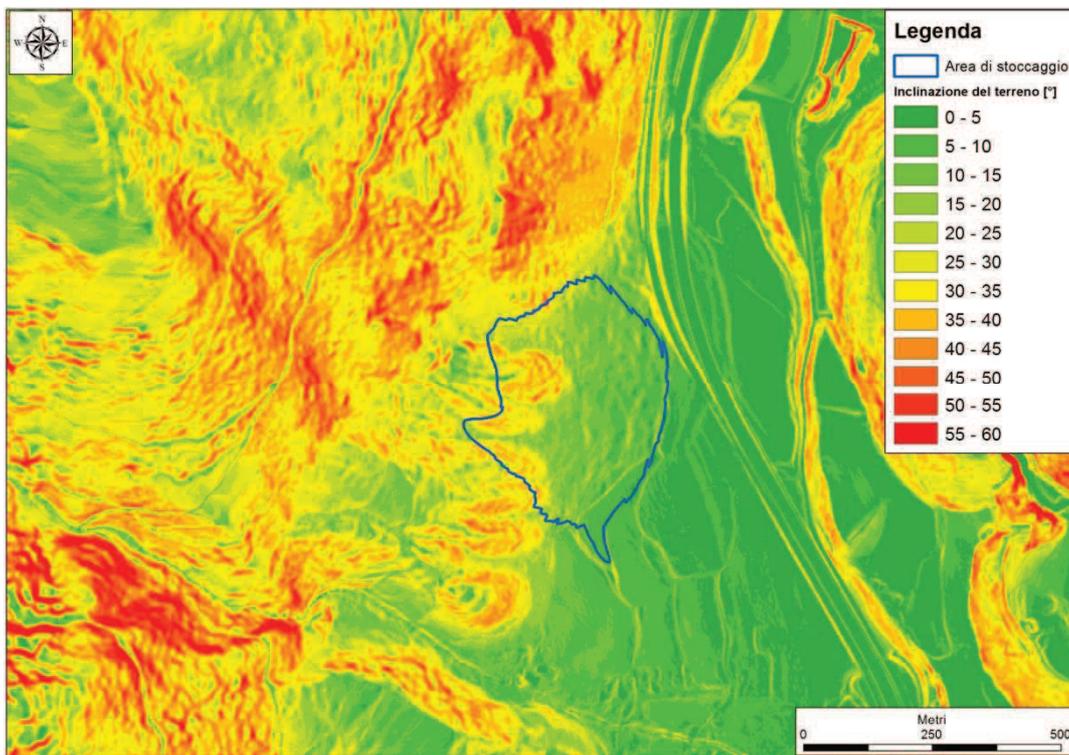
Dal punto di vista geomorfologico l'areale oggetto di studio ricade in destra idrografica del F. Isarco, in un contesto di raccordo e collegamento tra il versante e la piana fluviale attuale.

Il sito è localizzato in un'area dove il modellamento del rilievo è da ricondurre principalmente all'azione della gravità e delle acque correnti superficiali. Per quanto riguarda le forme e i depositi superficiali, l'area in esame è caratterizzata nella porzione orientale e meridionale da piccoli dossi fluvio-glaciali parzialmente ricoperti da depositi gravitativi nella parte medio bassa del versante (detriti di versante e conoidi di detrito). Infatti diverse sono le conoidi di detrito, seppur di limitata estensione, rilevabili ad est dei rilievi fluvio-glaciali.

A nord del sito individuato per il deposito, si rinviene il coronamento e il corpo di una estesa frana inattiva di scivolamento in roccia (frana di Varna), quest'ultimo parzialmente obliterato da depositi di versante. Alcuni solchi di ruscellamento attraversano i depositi suddetti, incidendoli e rimaneggiandoli seppur non costituendo un reticolo di drenaggio organizzato.

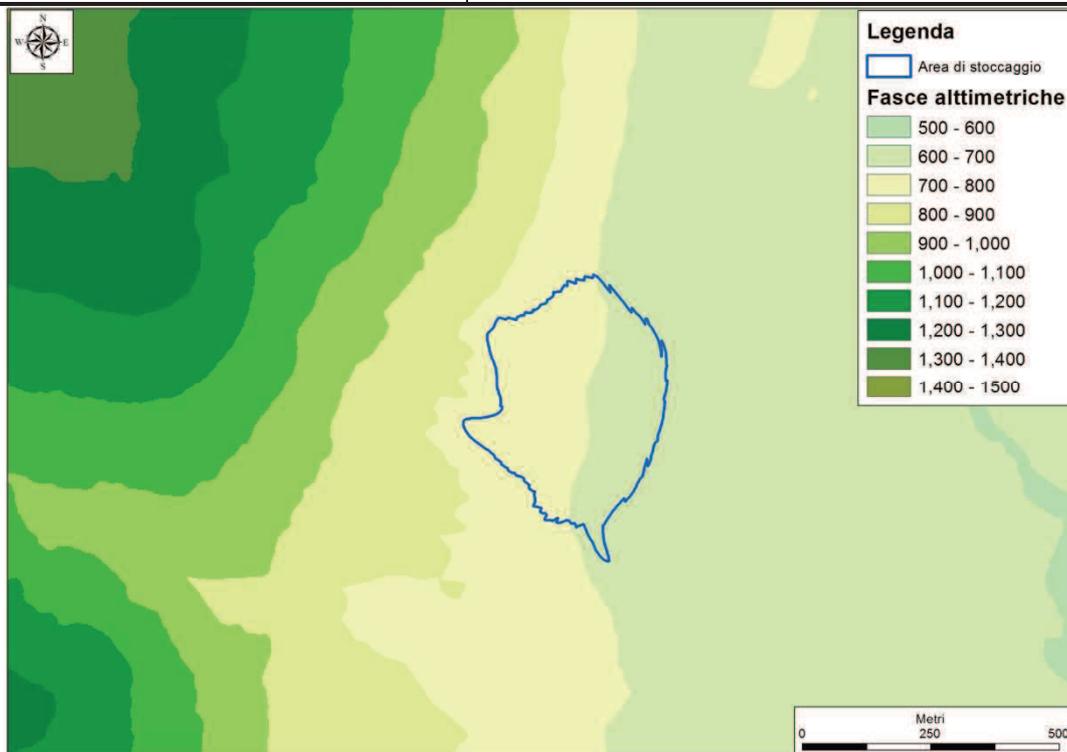
A sud del perimetro dell'area di stoccaggio è presente una vasta conoide alluvionale, legata al Rio Spelonca, che costituisce una ampio ventaglio a partire dalla zona in cui si ha una riduzione della pendenza dell'alveo.

In Figura 3 è riportata la carta delle pendenze dell'area in esame. Si evince che il substrato roccioso presenta pendenze significative, e che elevate acclività caratterizzano anche la porzione medio bassa del corpo della frana di Varna; minori invece risultano nella sua zona sommitale. Acclività notevoli competono anche i fianchi dei rilievi formati dai depositi glaciali, mentre pendenze minori caratterizzano le zone delle conoidi. Le differenze in parola sono dovute alla diversa erodibilità dei litotipi e alla loro storia deposizionale.



**Figura 3. Carta delle pendenze (in gradi sessagesimali).**

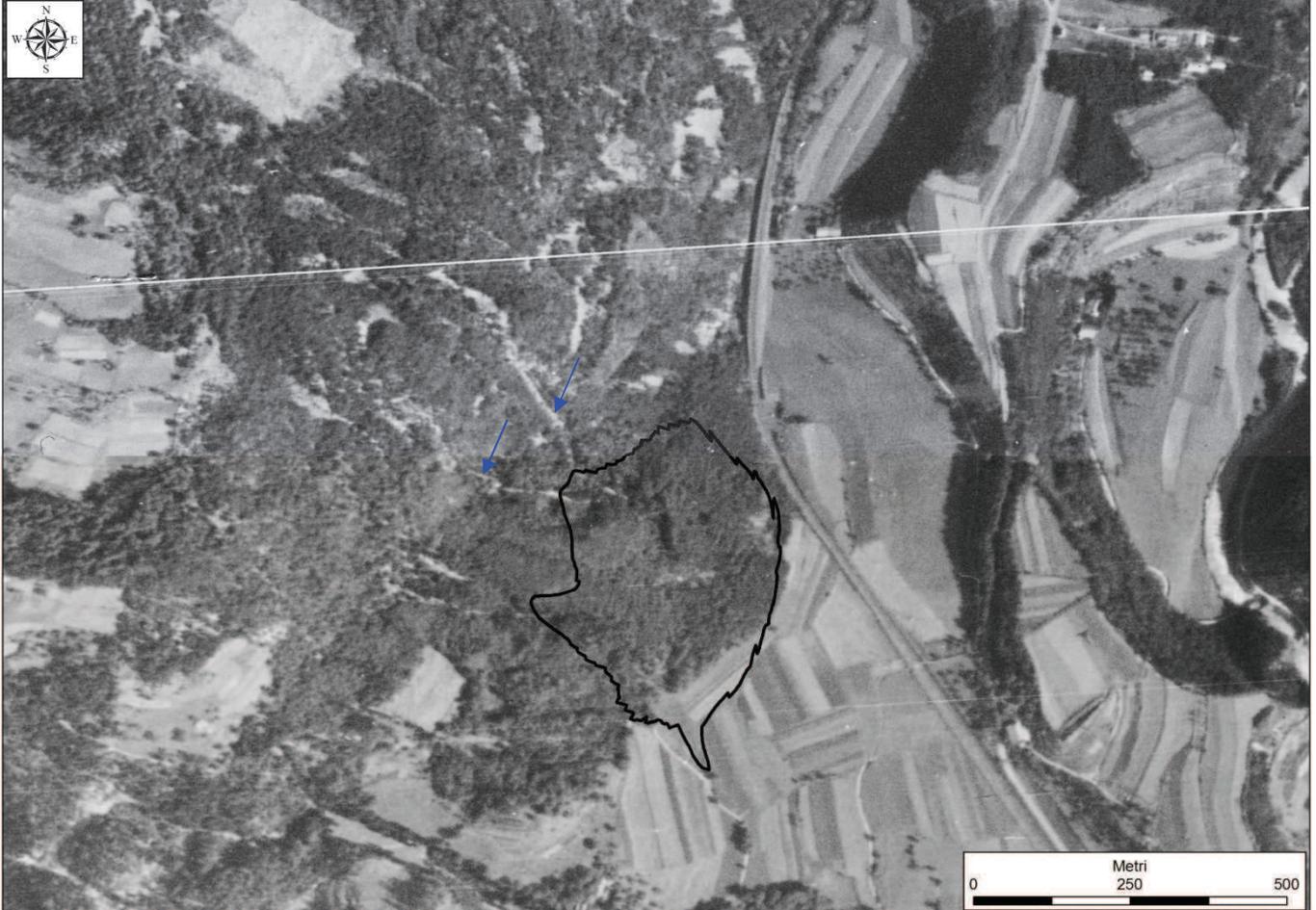
In Figura 4 è riportata la carta delle fasce altimetriche. L'area interessata dal sito di stoccaggio è compresa tra quota 650 e 750 m s.l.m. circa.



**Figura 4. Carta delle fasce altimetriche (m s.l.m.).**

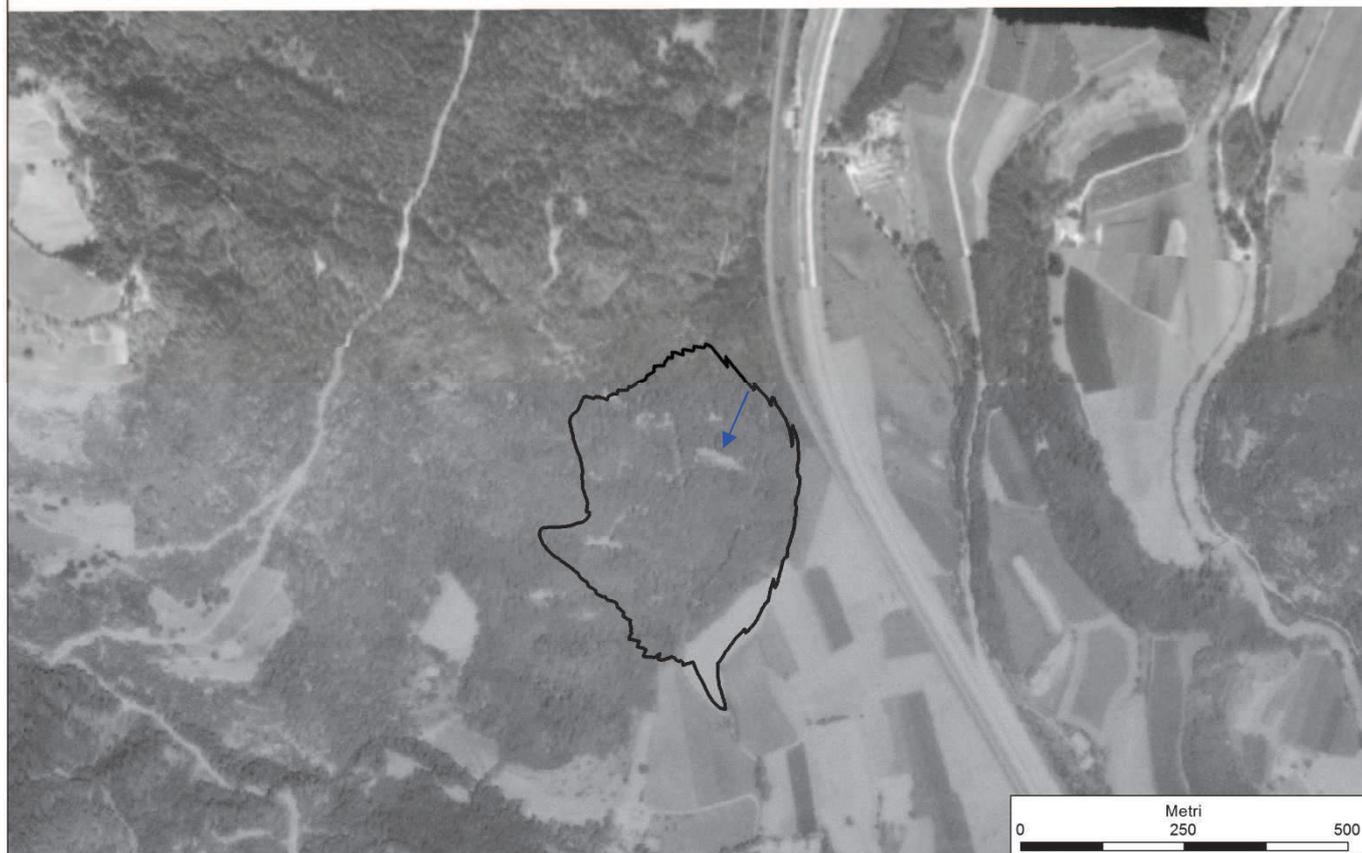
#### 4.1 Valutazioni multitemporali

Le foto aeree storiche che vengono di seguito presentate sono state estratte dai servizi WEBGIS del Geoportale Nazionale curato dal Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare ( <http://www.pcn.minambiente.it/viewer/> ), dal GeoBrowser della Provincia Autonoma di Bolzano ( <http://gis2.provinz.bz.it/geobrowser> ), acquisite presso l’Istituto Geografico Militare o restituite da volo ad hoc eseguito da Italferr. Si tratta di foto aeree e ortofoto di nove differenti voli, realizzati in anni diversi dal 1945 al 2017. Su ognuna è stato sovrainpresso il perimetro dell’abbancamento previsto in progetto in modo da consentire una visione geomorfologica multitemporale dell’area in esame.



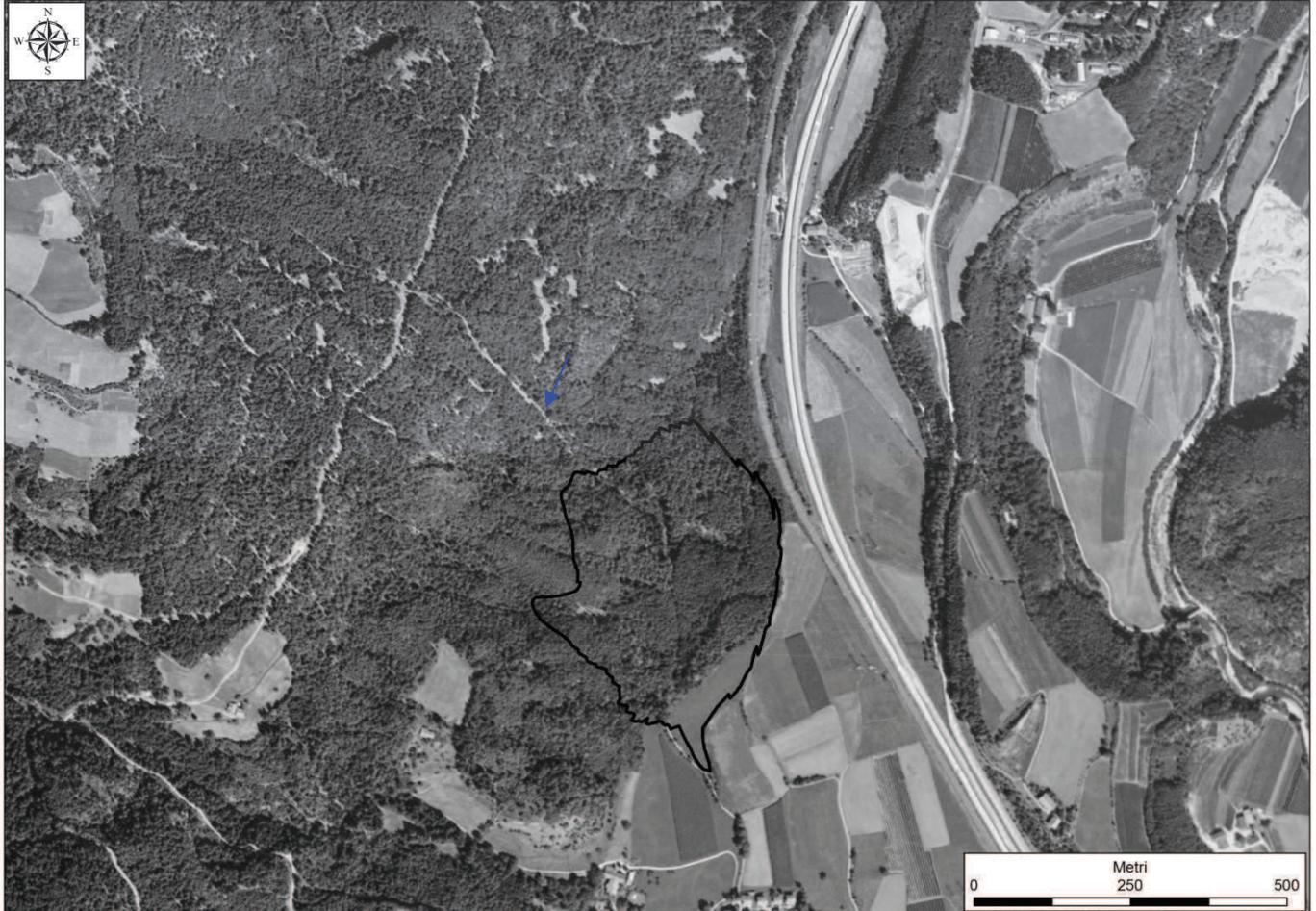
**Figura 5. Foto aerea del 1945 – Fonte IGM**

Nella foto del 1945 (Figura 5), nella copertura boscosa a monte dell'area interessata dal deposito sono visibili due solchi di riscellamento concentrato (indicati da due frecce blu) che paiono mostrare una limitata attività di trasporto solido che tende ad esaurirsi in corrispondenza del limite settentrionale della zona di abbancamento, senza evidenti accumuli.



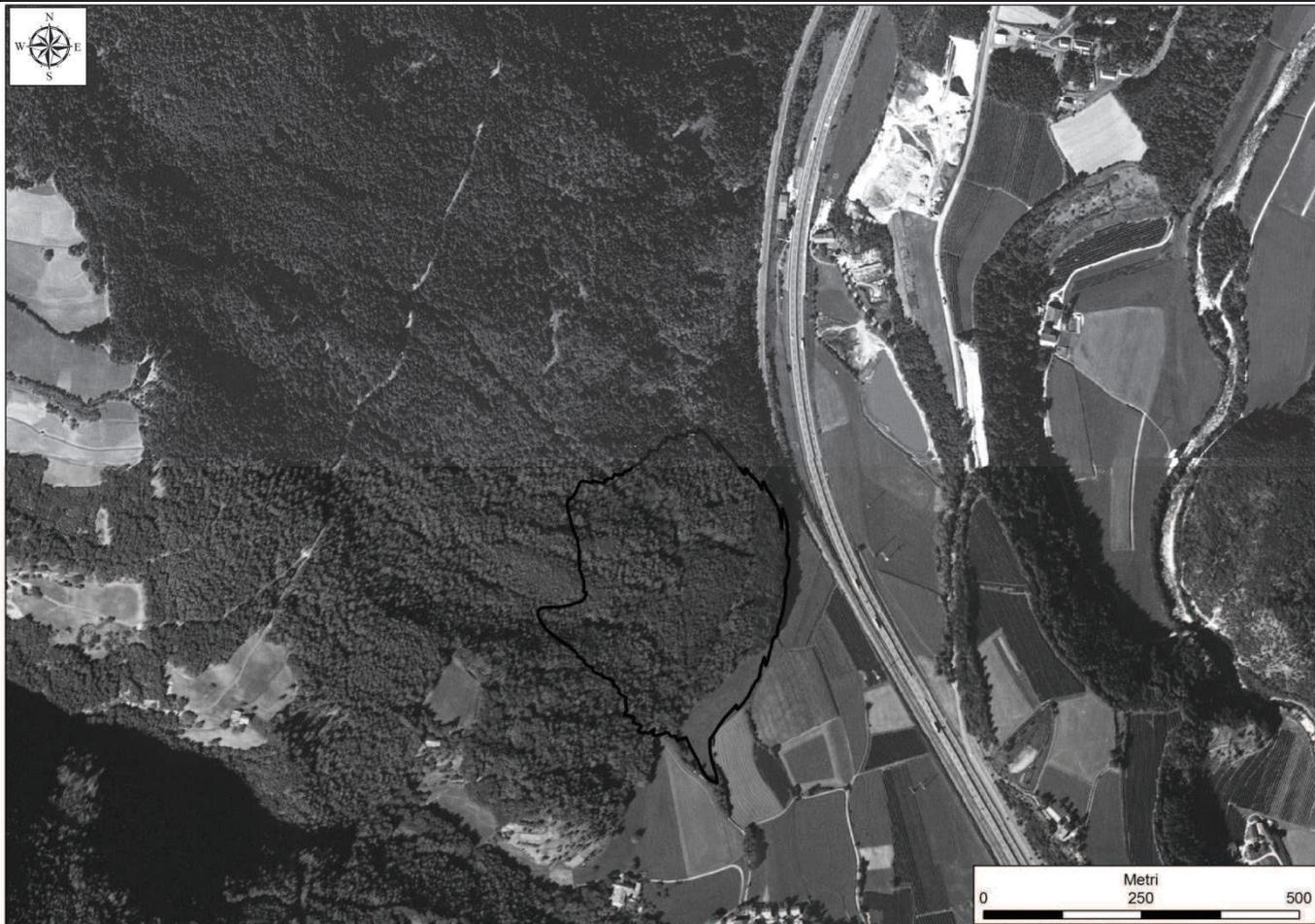
**Figura 6. Foto aerea del 1982-85 – Fonte GeoBrowser P.A.B.**

Nella foto del 1982-85 (Figura 7), la copertura boscosa appare densificata; si osserva un'area denudata all'altezza della parte centrale della zona interessata dal futuro deposito.



**Figura 7. Foto aerea del 1988 (agosto) – Fonte Geoportale MATTM**

Nella foto del 1988 (Figura 7), la copertura boscosa appare densa ed è nitido il solco da ruscellamento concentrato che tende a convergere verso il perimetro nord dell'abbancamento.



**Figura 8. Foto aerea del 1997 (luglio) - Fonte Geoportale MATTM**

Nella foto del 1997 (Figura 8), la copertura boscosa appare densa; i due solchi di riscellamento concentrato a monte della zona di abbancamento visibili nelle foto delle annate precedenti appaiono meno percettibili.



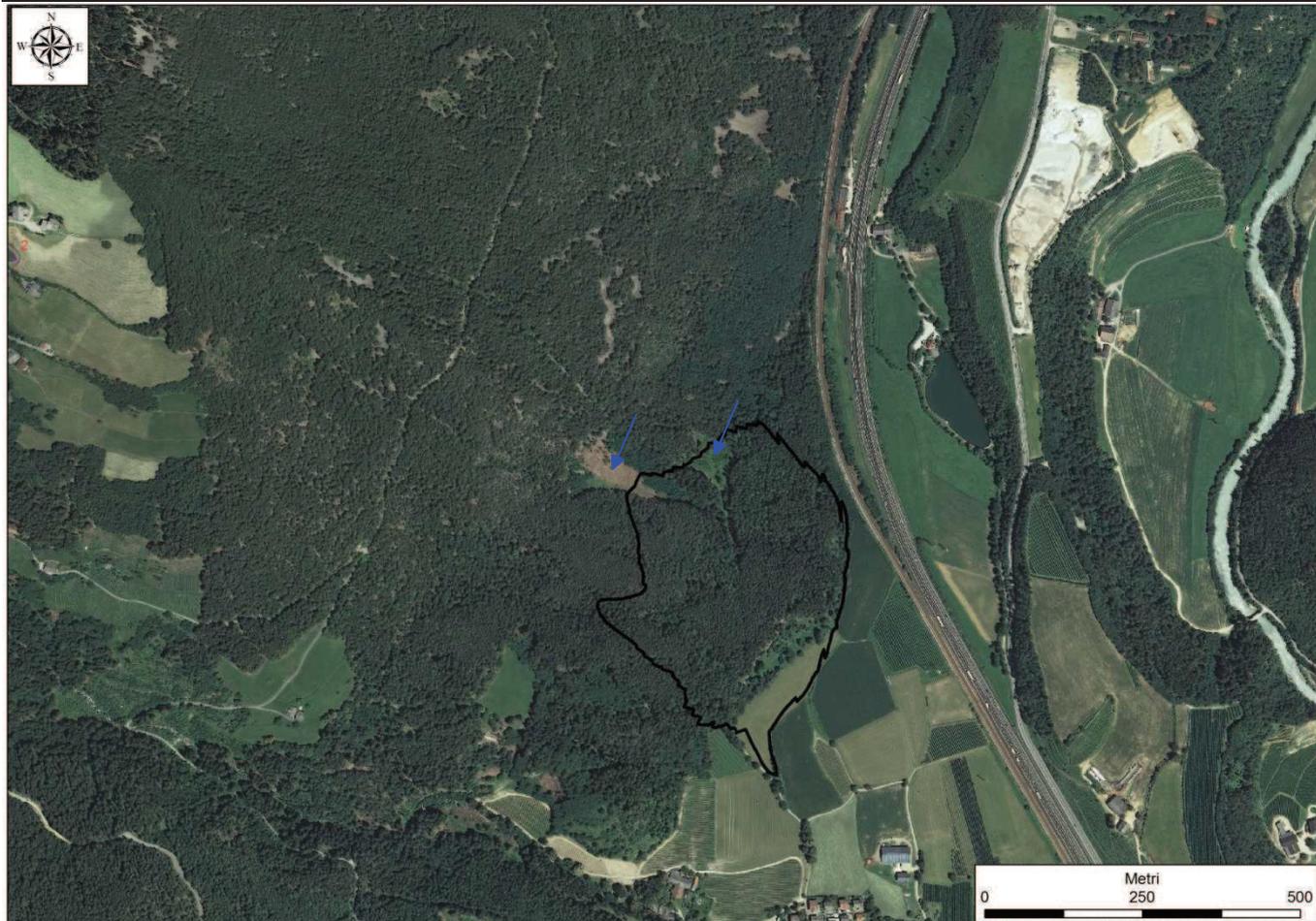
**Figura 9. Foto aerea del 1999 (luglio) - Fonte Geoportale MATTM**

Nella foto del 2000 (Figura 9), la copertura boscosa appare densa. Lungo la direttrice dei solchi di ruscellamento, in corrispondenza del settore nord ovest dell'area interessata dall'abbancamento sono visibili due aree prive di vegetazione ad alto fusto, presumibilmente per taglio del bosco ed esposte a fenomeni di ruscellamento areale.



**Figura 10. Foto aerea del 2006 (settembre) - Fonte Geoportale MATTM**

Nella foto del 2005 (Figura 10), la copertura vegetazionale appare intensificarsi nelle zone precedentemente menzionate.



**Figura 11. Foto aerea del 2011 (giugno) - Fonte Geoportale MATTM**

Nella foto del 2012 (Figura 11), in corrispondenza della porzione nord e nord ovest del perimetro dell'abbancamento si osservano due aree prive di vegetazione ad alto fusto, presumibilmente dovute al taglio del bosco. In particolare, l'area a nord ovest ricade tra due aree presumibilmente interessate da taglio della vegetazione in precedenza (vedi dettaglio e confronto riportato in Figura 12).

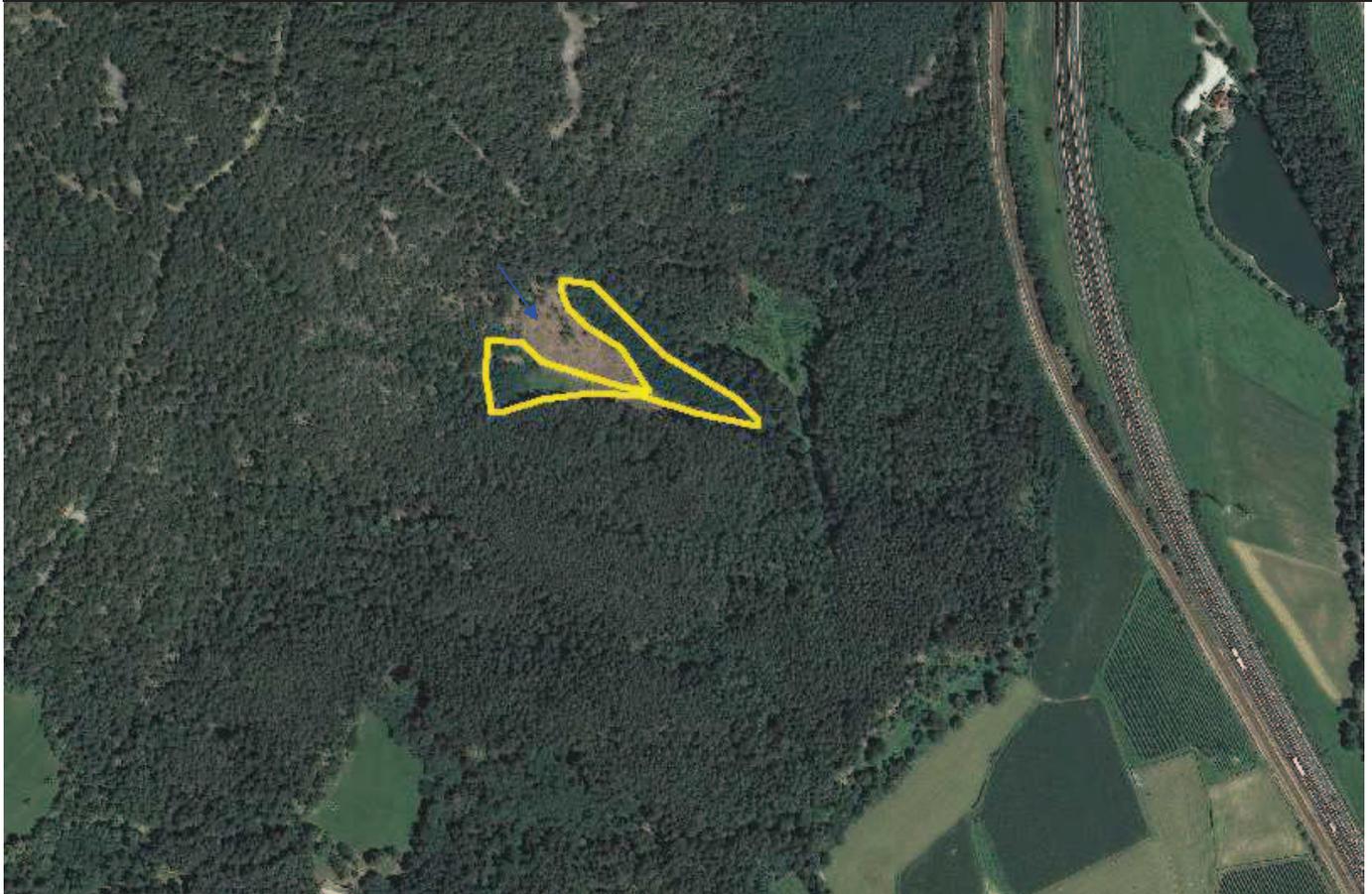
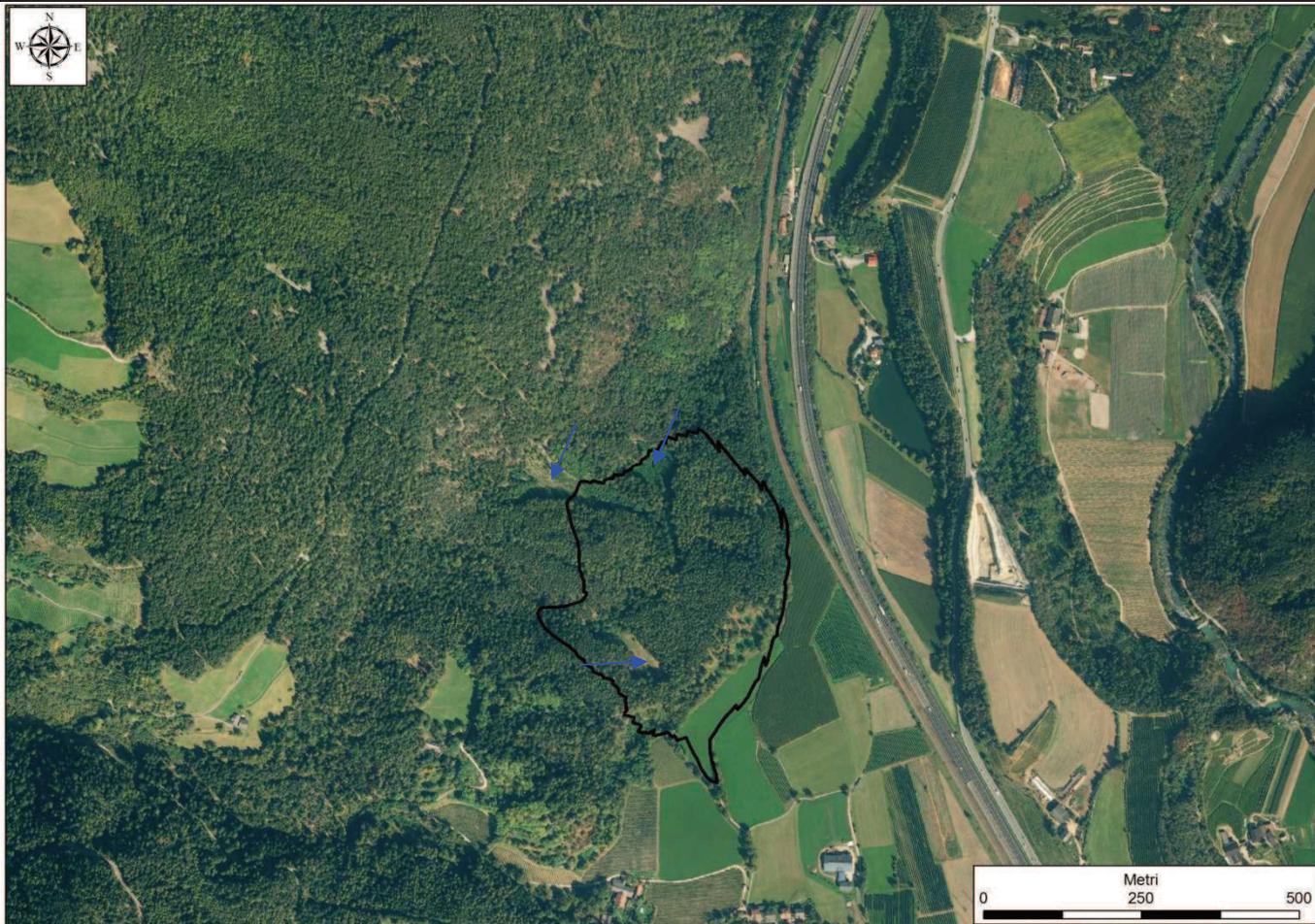
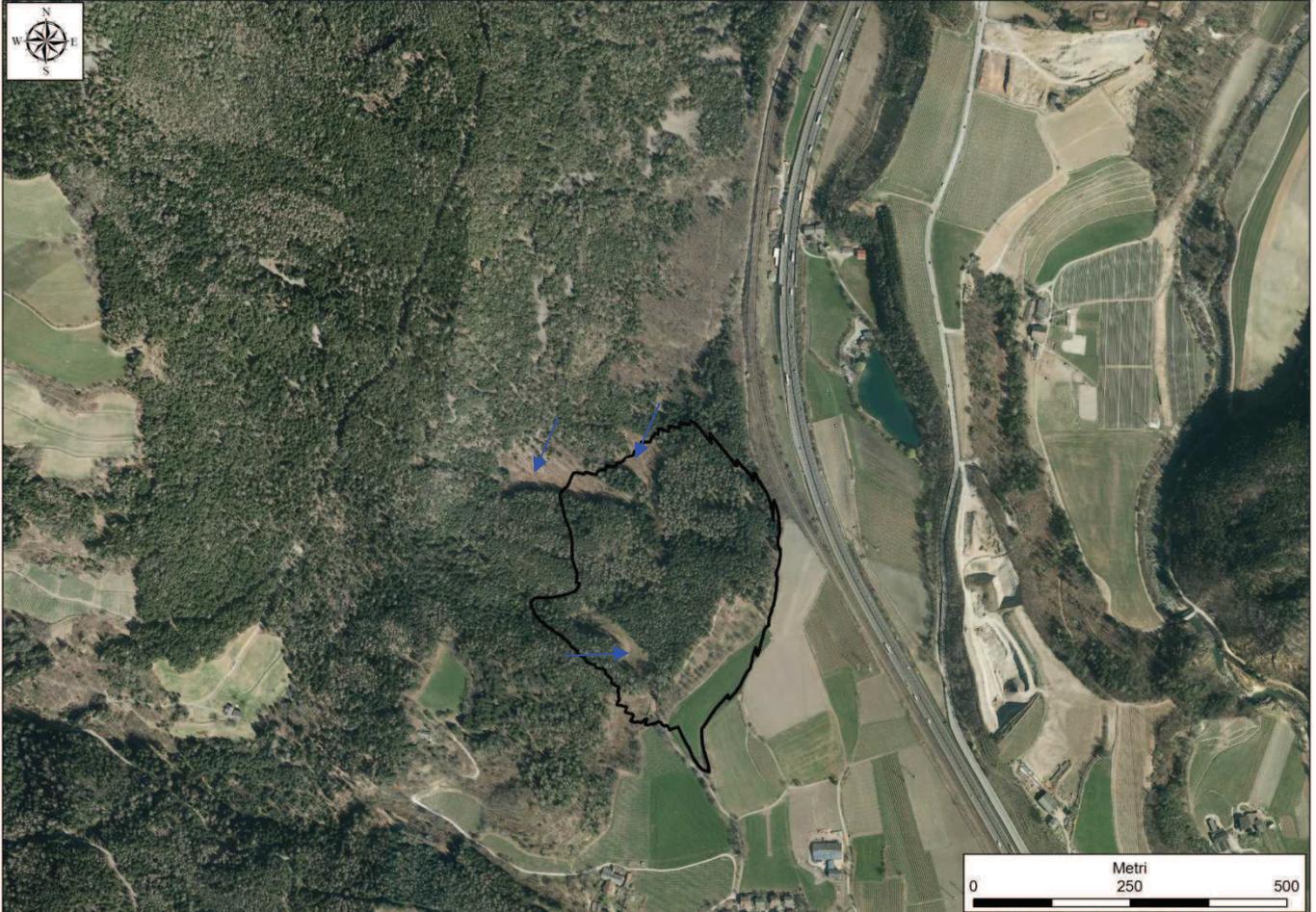


Figura 12. Foto aerea del 2011, sono perimetrate in giallo le aree che apparivano prive di vegetazione nel 1999



**Figura 13. Foto aerea del 2014 – Fonte Geobrowser P.A.B.**

Nella foto del 2014 (Figura 13), la vegetazione appare in fase di ricrescita nelle zone in precedenza menzionate. Un'area all'interno del perimetro dell'abbancamento, verso sud, è interessata da denudamento, presumibilmente per effetto di taglio della vegetazione.



**Figura 14. Foto aerea del 2017 - Italferr**

Nella foto del 2017 (Figura 14) si riconoscono ancora le 3 aree in precedenza citate di estensione mediamente immutata.

Dalla valutazione multitemporale, in sintesi, non appare che critici processi geomorfologici di tipo gravitativo abbiano interessato o siano in atto nell'area esaminata. I fenomeni di ruscellamento concentrato sembrano essere quelli prevalenti: a questi processi si possono associare fenomeni di trasporto solido.

La consultazione, relativamente al catasto eventi-pericoli naturali, 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](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 (febbraio 2018) ha evidenziato che, in corrispondenza della zona interessata dal futuro sito di stoccaggio, non risultano noti eventi di frana, pericoli idraulici ed eventi valanghivi. Allo stesso modo facendo riferimento alle cartografie di suscettibilità ai pericoli (CSP) l'area di futuro stoccaggio non risulta interessata da particolari zone di suscettibilità a fenomeni di alluvionamento torrentizio, colata detritica (o meglio solo in una minima porzione, si veda oltre), valanghe o rischi alluvionali, così come definiti dalla documentazione della Provincia Autonoma di Bolzano; facendo riferimento alla cartografia da suscettibilità al pericolo di crollo la situazione è quella rappresentata in **Figura 15**, in cui si osserva che la suscettibilità all'evento in questione interessa la porzione nord

RELAZIONE GEOLOGICA Zona Gatschwiesen Bosco

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	1A	D69RG	GE 01 01 002	A	21 di 47

dell'area in esame. Nel dettaglio sussistono tre fasce di suscettibilità a crollo in funzione del diametro dei massi. Le tre fasce sono definite come:

- Fascia 1 - Massi con diametro fino a 0.5 m;
- Fascia 2 - Massi con diametro tra 0.5-2 m;
- Fascia 3 - Massi con diametro oltre 2 m.

I rilievi in sito hanno confermato la locale presenza di questa predisposizione. La carta geologica riporta un'area a grossi blocchi posta al piede del versante nella porzione settentrionale dell'area di stoccaggio; lungo il versante in alcuni casi sono altresì stati osservati blocchi di dimensione plurimetrica, localmente in equilibrio metastabile. Per tale condizione, occorre attuare adeguate misure di messa in sicurezza del sito durante le fasi di abbancamento e di mantenimento del sito di stoccaggio. In particolare andranno presidiati gli impluvi posti nelle porzione di monte del sito.

Infine, come accennato, una minima parte (circa 30 m<sup>2</sup>) a sud del sito di stoccaggio, in corrispondenza della conoide del Rio Spelonca viene a ricadere (Figura 17) nel perimetro della zona interessata dalla perimetrazione della suscettibilità al pericolo di colata detritica. L'area in esame (comune di Varna) non risulta coperta dal piano delle zone di pericolo (PZP).

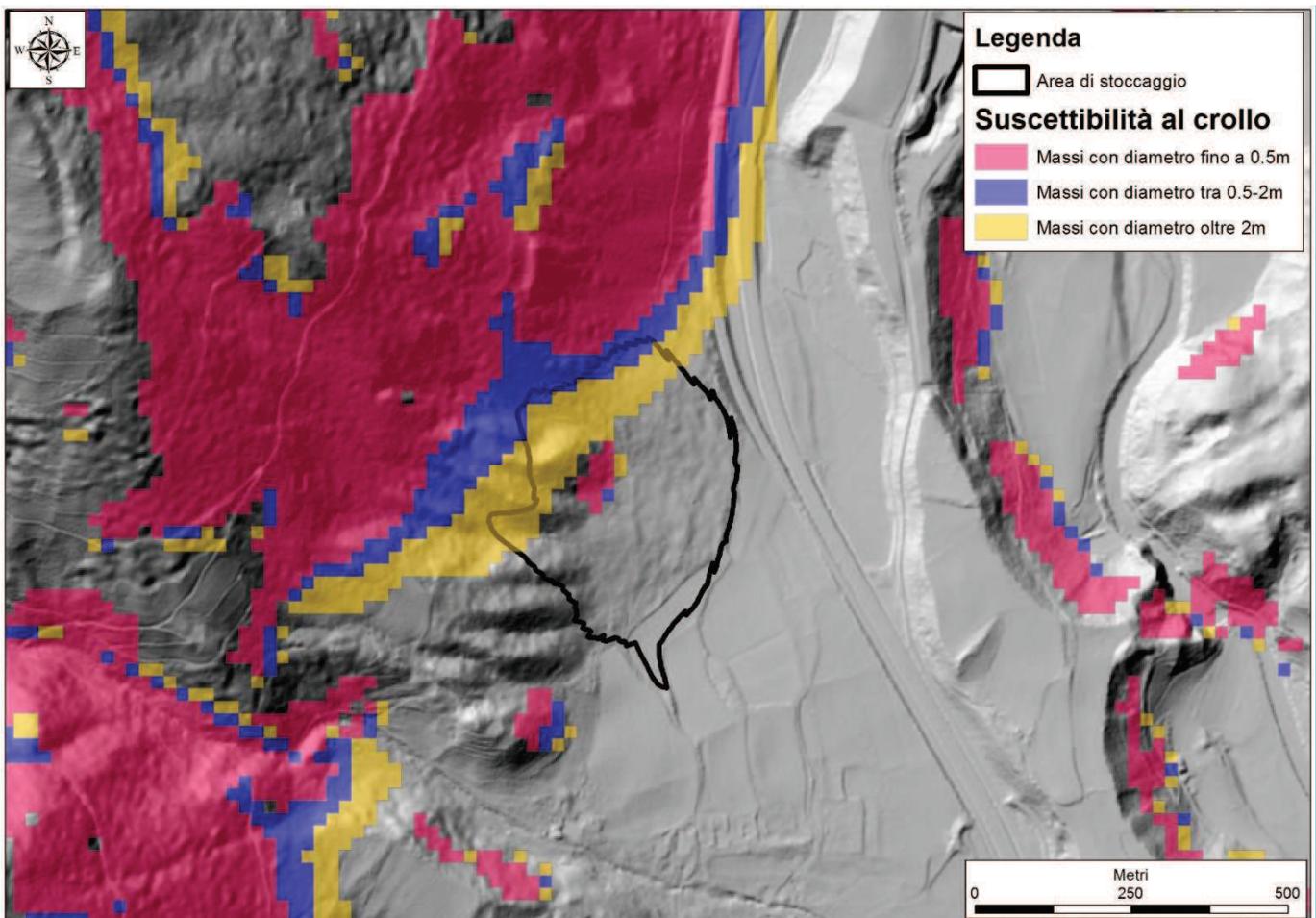


Figura 15. Stralcio della carta della suscettibilità al crollo (estratta da Geocatalogo Alto Adige - <http://geocatalogo.retecivica.bz.it/geocatalog/#!>)

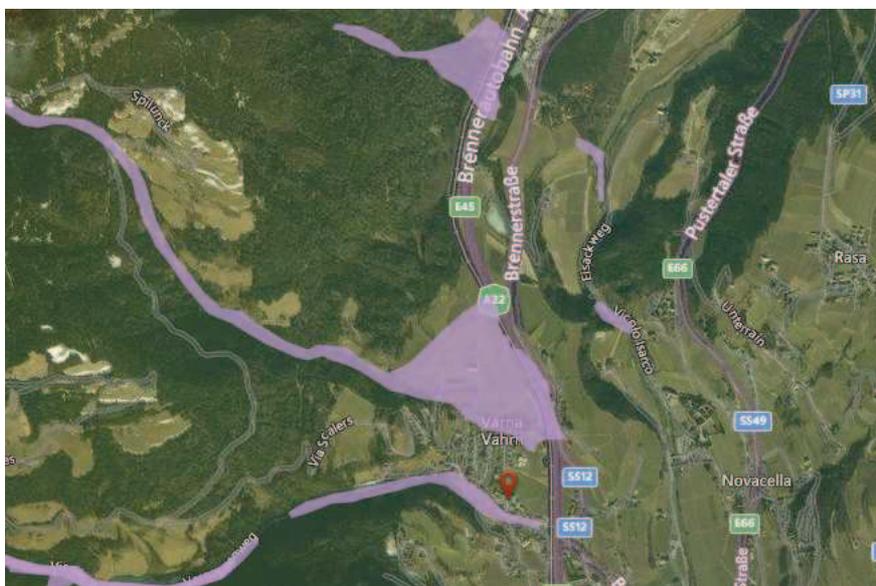


Figura 16. Stralcio di carta indicativa del pericolo di colata detritica (estratto da Geocatalogo Alto Adige: <http://geocatalogo.retecivica.bz.it/geocatalog/#!>)

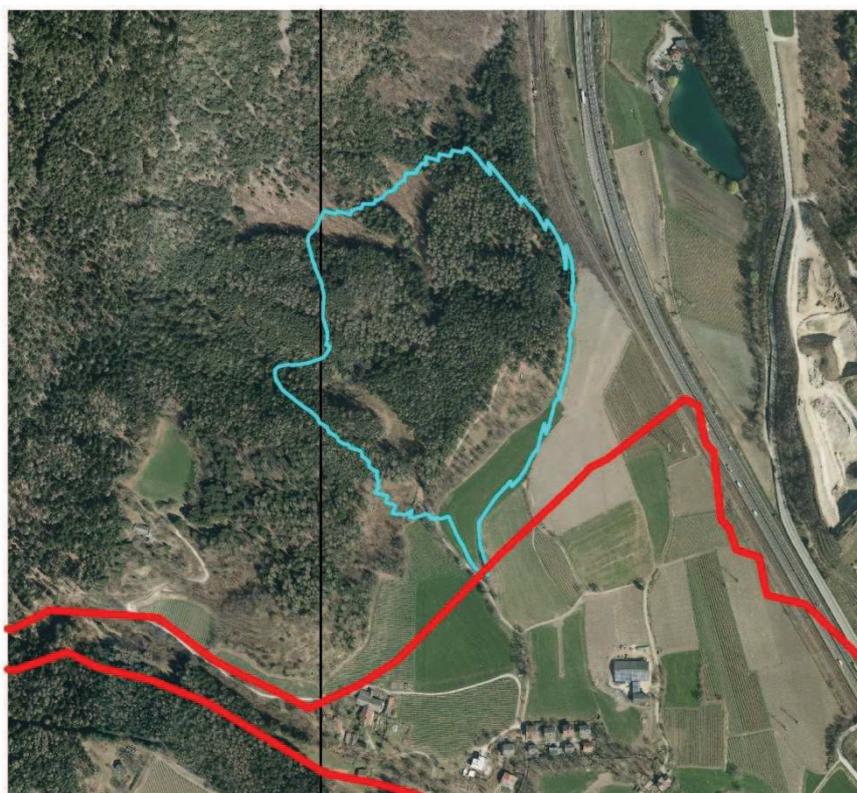
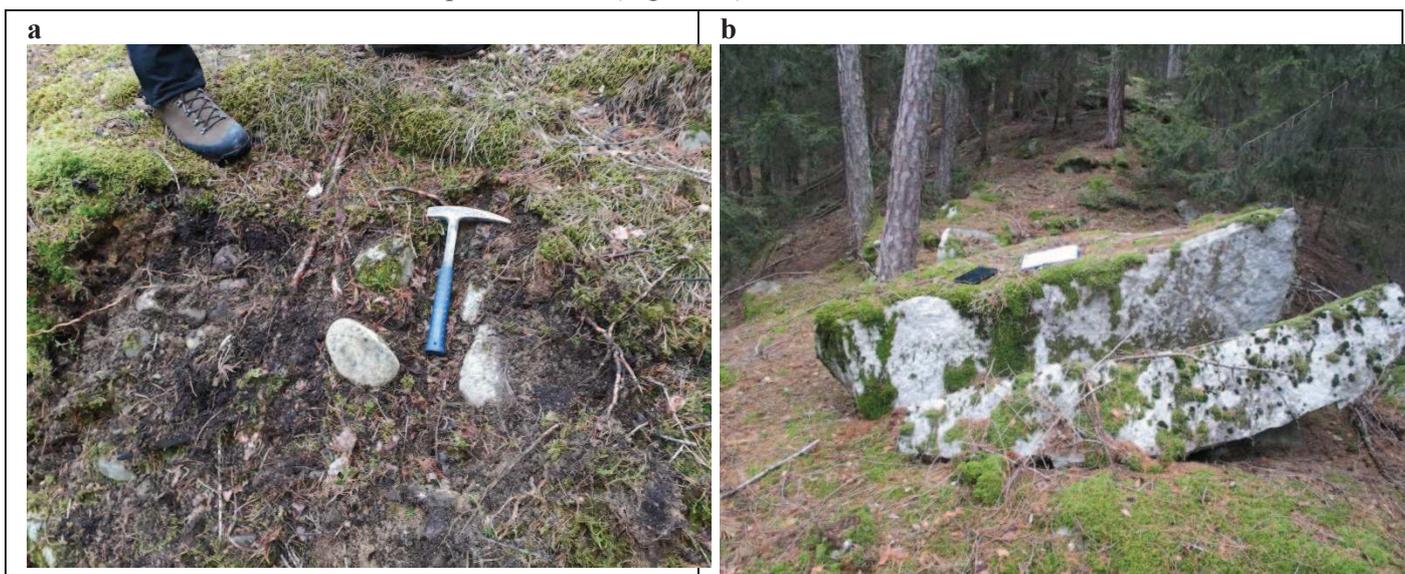


Figura 17. Sovrapposizione (scala 1:10000) del perimetro del futuro sito di stoccaggio con la carta indicativa del pericolo di colata detritica estratta da Geocatalogo Alto Adige

#### 4.2 Osservazioni di terreno

Come in precedenza esposto, nella porzione centromeridionale dell'area in esame sono presenti alcuni dossi generati dall'accumulo di materiali di origine glaciale e fluvio-glaciale (df), costituiti da clasti poligenici in matrice sabbioso-limosa, arrotondati, con dimensioni variabili da pochi centimetri fino ad oltre 1 metro di diametro. In corrispondenza delle creste delle dorsali più elevate e meno interessate dai fenomeni erosivi si sono rinvenuti inoltre massi erratici, di dimensioni plurimetriche (Figura 18).



**Figura 18. a-Depositi glaciali affioranti; b-Blocchi erratici di granito rinvenuti sulla cresta di uno dei dossi fluvioglaciali**

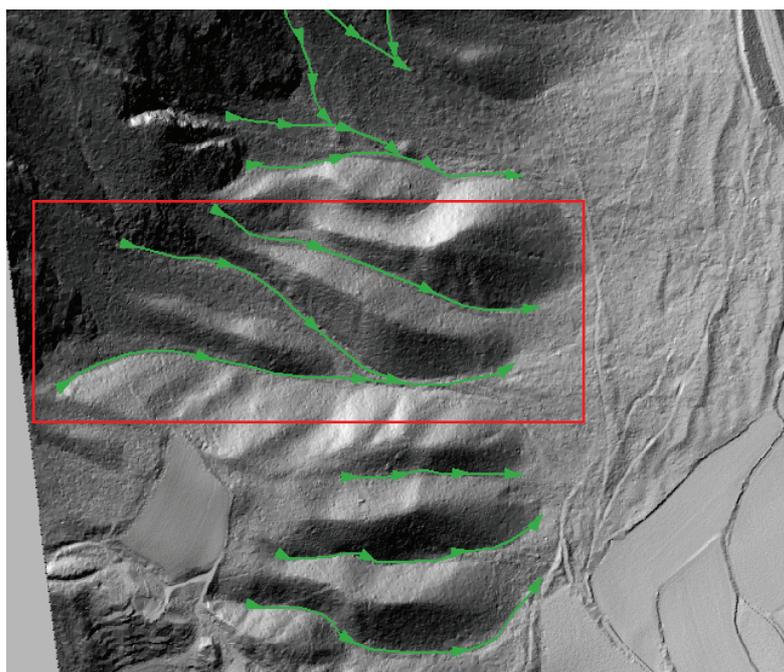
I fianchi dei dossi risultano avere pendenze comprese tra 20 e 50°, sono sempre boscati o comunque con presenza sviluppata di suoli, assenza di scarpate evidenti o segni di instabilità marcata (Figura 19).



**Figura 19. Fianco di uno dei dossi fluvioglaciali e relativo impluvio alla base**

I dossi sono separati da una serie di impluvi a direzione circa E-W più o meno sviluppati in cui si rinviene una coltre detritica derivata dal rimaneggiamento del deposito glaciale ed in cui si hanno sia fenomeni di ruscellamento che fenomeni di trasporto solido che da luogo, nella zona di raccordo con il fondovalle ove si riduce la pendenza, a diverse conoidi detritiche.

In Figura 20 è riportata la distribuzione dei principali impluvi dell'area.



**Figura 20. Indicazione dei solchi da ruscellamento su Solar DTM (0.45 cm)**

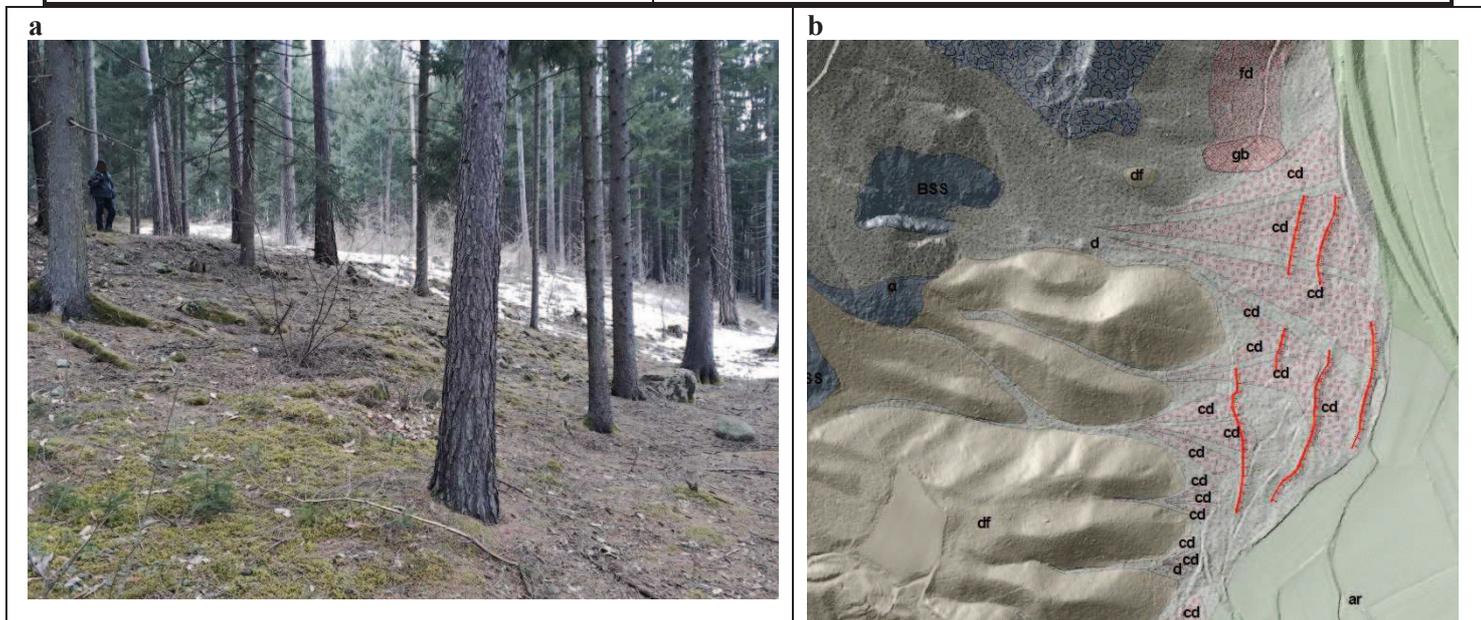
Nel particolare sono rappresentati i solchi di ruscellamento che appaiono maggiormente attivi e che hanno presentato evidenze di trasporto più marcate (blocchi almeno decimetrici) rispetto agli altri (Figura 21). Ciò è testimoniato anche dal loro maggior grado di evoluzione ed incisione rispetto agli impluvi meridionali, meno evidenti, ed in cui le tracce di ruscellamento e trasporto di materiale risultano meno marcate.



**Figura 21. Impluvio con blocchi di detrito**

Ad est dei dossi fluvioglaciali per effetto della interazione e coalescenza fra più conoidi risulta formata una copertura detritica ove si rinvencono dei modesti gradini (Figura 22) morfologici (di altezza fino a circa 2 metri) che possono essere interpretati come le porzioni terminali di modeste colate ormai inattive provenienti dall'area di monte.

A nord della zona interessata dai rilievi fluvioglaciali si apre un più ampio canale che rappresenta l'elemento di passaggio al bordo meridionale della frana di Varna. Verso di esso convergono alcuni solchi ruscellamento provenienti da Ovest, da Nord-Ovest e da Nord, ed al suo interno si raccoglie un talus detritico grossolano (Figura 23) rappresentato essenzialmente da elementi di natura filladica riconducibili sia al basamento ercinico presente ad ovest, sia agli ammassi detensionati e scompaginati del corpo di frana a nord. Allo sbocco del canale risulta formato un cono detritico che interagisce a sud con le summenzionate conoidi alla base dei dossi fluvioglaciali. Verso nord invece si osserva il passaggio laterale ad una falda di detrito a blocchi grossolani (anche 40-50 cm - Figura 24) formata al piede della frana di Varna.



**Figura 22. a- Gradini morfologici; b- Indicazione su carta dei gradini morfologici e della falda detritica (fd), con presenza locale di blocchi di elevate dimensioni (gb)**

Spostandosi ad est della conoide, oltre la linea ferroviaria, si rinviene infine un ripiano alluvionale antico, attualmente inattivo, sospeso rispetto all'attuale fondovalle Isarco.



**Figura 23. Blocchi di detrito nel solco al margine meridionale della frana di Varna**



**Figura 24. Falda detritica a nord dell'area di stoccaggio**

In alcuni punti dell'area interessata dalla conoide, verso la base del versante, sono stati osservati blocchi plurimetrici (Figura 25).



**Figura 25. Blocchi plurimetrici al margine settentrionale dell'area di stoccaggio**

Blocchi isolati di dimensioni analoghe sono stati osservati anche lungo il versante (Figura 26), a monte dell'area interessata dal sito.



**Figura 26. Blocchi plurimetrici a monte dell'area di stoccaggio**

La messa in posto di tali blocchi è evidentemente da attribuirsi a fenomeni gravitativi, ed è ipotizzabile che essi possano rappresentare prevalentemente frammenti mobilizzati, anche se non in periodi recenti, provenienti da zone più fratturate del basamento e soprattutto dagli ammassi scompaginati della frana di Varna.

Nel complesso nell'area non appaiono criticità geomorfologiche di particolare rilievo al momento in atto (processi di erosione accelerata, fenomeni franosi e/o di trasporto in massa in evoluzione) ma naturali processi di dinamica di versante. Tali processi dovranno essere comunque tenuti in debita considerazione in funzione della messa in sicurezza dell'area ai fini della sua predisposizione allo stoccaggio del materiale.

## 5 INDAGINI IN SITO

Nel sito in esame, durante l'anno 2018, è stata svolta una campagna di indagini geognostiche. Nell'ambito della campagna di indagini sono stati completati 3 sondaggi a carotaggio continuo di lunghezza compresa tra 30 e 60 m (Tabella 1), la cui ubicazione è riportata nella carta geologica.

**Tabella 1. Sintesi delle indagini 2017-2018**

Sondaggio	Lunghezza (m)	Prove in foro			Strumentazione installata
		SPT	Pressiometrica	Lefranc	
B03	60	X	X	X	Piezometro Norton
B04	30	X	X	X	Piezometro Norton
B05	60	X	X	X	Tubazione per sismica

Al momento della redazione della presente relazione sono in esecuzione inoltre i sondaggi BO1 (a carotaggio continuo, da strumentare con piezometro) e DO2 (a distruzione, da strumentare con inclinometro).

Nei sondaggi di cui in (Tabella 1) sono state eseguite 30 prove SPT, 7 prove Lefranc, 6 prove pressiometriche; sono stati prelevati inoltre 36 campioni rimaneggiati e 2 indisturbati.

**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 Gatschwiesen Bosco

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	1A	D69RG	GE 01 01 002	A	29 di 47

Sono state altresì realizzati 3 stendimenti di sismica a rifrazione (sia in onde P che in onde S) e 7 prove MASW/Re.Mi.

## 6 MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO

Ai fini della rappresentazione del modello geologico della zona, sulla base delle informazioni al momento disponibili sono state realizzate le sezioni geologiche riportate nel documento IBL1 0A D 69 W6 GE0001 001 A.

### 6.1 Sezione A-A'

Nella sezione A-A' è ricostruito l'assetto della copertura detritica lungo uno dei principali canali presenti nel sito di indagine. Sulla sezione è riportato anche il sondaggio BO1, per il quale si è fatto riferimento alla profondità attualmente raggiunta. Verso la base del versante lo spessore del corpo detritico è valutato dell'ordine di 25 m (in base ai dati del sondaggio BO3). Verso est esso passa lateralmente ai depositi terrazzati antichi di primo ordine presenti nel fondo valle. L'andamento del substrato è stato ipotizzato attraverso l'analisi delle linee sismiche eseguite. Nella zona del sito di stoccaggio il detrito si appoggia sui depositi fluvioglaciali (nella parte occidentale della sezione) e sui depositi fluvio deltizi della conca di Bressanone, intercettati dai sondaggi BO3, BO4 e BO5. Più in profondità, attraverso i dati del sondaggio BO3 viene ricostruita la presenza di un corpo detritico antico (deposito di frana) di età pre Ultimo Massimo Glaciale.

### 6.2 Sezione B-B'

La sezione B-B' mostra verso Ovest l'appoggio dei depositi glaciali-fluvioglaciali (df) su un substrato roccioso articolato (ricostruito dall'indagine geofisica). Nella porzione centrale della sezione, sia i depositi glaciali (df) che i detriti di versante (d e cd) poggiano sui depositi fluvio deltizi della conca di Bressanone, intercettati negli ultimi metri del sondaggio BO4 e presenti anche all'estremità orientale della sezione, in contatto laterale con i depositi terrazzati (at1).

### 6.3 Sezione C-C'

La sezione C-C' illustra, analogamente alla sezione B-B', i depositi quaternari che poggiano sul substrato roccioso articolato (ricostruito dall'indagine geofisica). I depositi glaciali (df) giacciono verso ovest sulla roccia di substrato, costituita dalle Filladi a granato, e nella parte centrale della sezione, sui depositi fluvio deltizi della conca di Bressanone, intercettati nel sondaggio BO5; al di sotto dei depositi fluvio deltizi viene ipotizzata la presenza di un corpo detritico (deposito di frana ?) profondo, di età pre Ultimo-Glaciale. Verso est i depositi alluvionali terrazzati sono interdigitati ai depositi di versante.

### 6.4 Sezione D-D'

La sezione D-D', è tracciata in direzione N-S, circa ortogonalmente alle precedenti. La copertura detritica è continua, con spessori medi dell'ordine di 25 m ricostruiti dai dati dei sondaggi BO3 e BO5. Tale coltre è in appoggio sui depositi deltizi e sui fluvioglaciali. Nella porzione centrale della sezione viene ipotizzata la presenza di un alto del basamento, sulla base dei dati geofisici.

	<b>ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA</b> <b>ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO</b> <b>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA</b> <b>LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA</b>				
	RELAZIONE GEOLOGICA Zona Gatschwiesen Bosco	COMMESSA IBL1	LOTTO 1A	CODIFICA D69RG	DOCUMENTO GE 01 01 002

## 7 IDROGEOLOGIA

Le valutazioni idrogeologiche sono state finalizzate alla comprensione del sistema idrogeologico interessato dall'opera. Le analisi sono state supportate dai dati litostratigrafici provenienti dallo studio geologico, dalle prove di permeabilità appositamente condotte nella campagna indagini svolta nell'areale investigato e da quelle eseguite per il progetto dell'intera tratta del Lotto 1.

### 7.1 Permeabilità dei depositi quaternari

Nel corso delle indagini geognostiche appositamente eseguite (ed in parte in corso) nell'area interessata dal sito di stoccaggio sono state eseguite prove di tipo Lefranc entro gli accumuli del detrito di versante (6 prove), entro i depositi deltizi (2 prove) ed entro un deposito di frana profondo e sepolto (una prova). Tali dati costituiscono una base di partenza per la ricostruzione delle caratteristiche di permeabilità di alcuni litotipi presenti nell'area di interesse. Per quanto riguarda i depositi fluvio-glaciali in posto si può fare invece riferimento alle prove derivanti dalle precedenti indagini, eseguite tra il 2012 e il 2017 lungo l'intera tratta del Lotto 1 Fortezza-Ponte Gardena.

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. 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 2. Classi di permeabilità

Le permeabilità delle formazioni geologiche e dei depositi quaternari sono state identificate nella cartografia idrogeologica elaborata con una scala di colori su toni di azzurro (Figura 27); 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

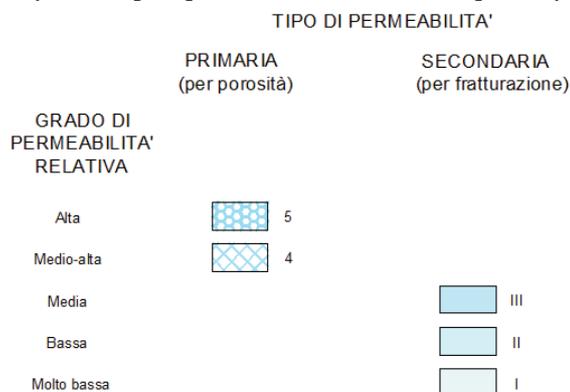


Figura 27. Definizione delle classi di permeabilità dei principali complessi idrogeologici

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 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 filladico, indicando, altresì, la classe di permeabilità relativa di appartenenza.

### 7.1.1 Permeabilità dei depositi detritici

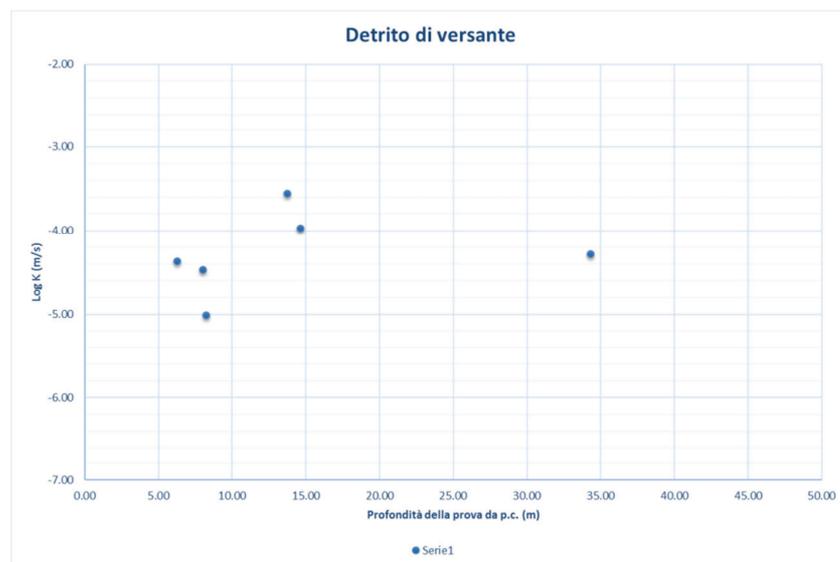
La definizione delle caratteristiche di permeabilità di questi depositi è fornita in parte dai dati delle prove Lefranc condotte entro i fori di sondaggio eseguiti nel 2018. Ad oggi i dati a disposizione risultano i seguenti (Tabella 3):

**Tabella 3. Prove di permeabilità dei depositi detritici**

Sondaggio	Profondità (m)	Conducibilità (m/s)
B01	4.0	2.9E-05
B01	11.0	1.5E-05
B04	16.5	4.8E-05
B04	22.5	1.0E-05
B05	4.25	2.3E-05
B05	20.25	7.0E-05

Litotipo	K min (m/s)	K medio (m/s)	K max (m/s)
Detrito di versante	1.0E-05	3.3E-05	7.0E-05

Analizzando i dati provenienti dalle campagne geognostiche eseguite per l'intera tratta del Lotto 1 Fortezza-Ponte Gardena per i depositi detritici si ottengono le seguenti indicazioni:



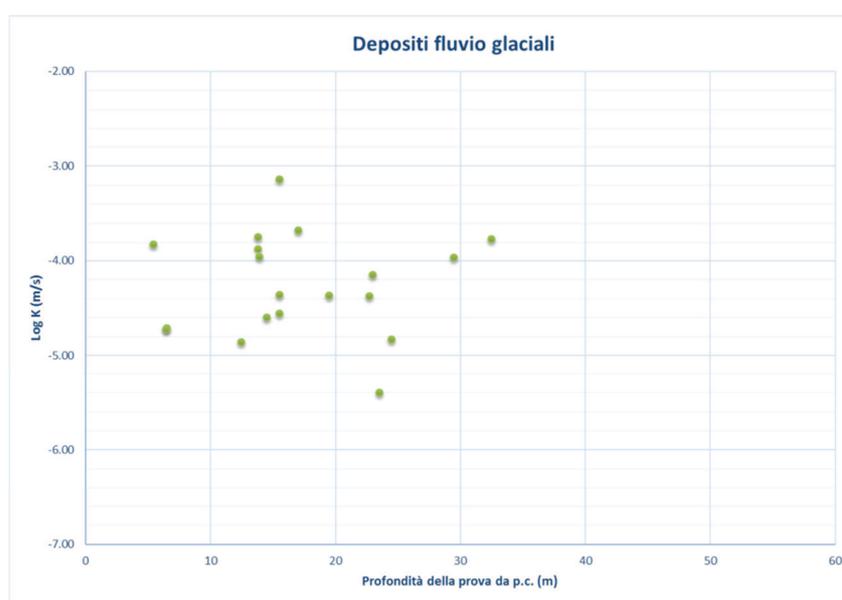
Litotipo	K min (m/s)	K medio (m/s)	K max (m/s)
Detrito di versante	9.7E-06	7.5E-05	2.8E-04

**Figura 28. Grafico di permeabilità dei materiali costituenti il detrito di versante (Lotto 1)**

A questi depositi dunque, sia sulla base dei dati derivanti dalle prove eseguite nello specifico sito di Gatschwiesen sia dalle prove condotte in corrispondenza dell'intera tratta del Lotto 1, si può attribuire un grado di permeabilità relativa Medio-Alta.

### 7.1.2 Permeabilità dei depositi fluvioglaciali

La valutazione delle caratteristiche di permeabilità dei depositi fluvioglaciali si basa interamente sui dati provenienti dalle campagne geognostiche eseguite nell'intera tratta del Lotto 1 Fortezza-Ponte Gardena.



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

Figura 29. Grafico di permeabilità dei materiali costituenti i depositi fluvioglaciali (Lotto1)

Ai depositi in questione viene attribuito un grado di permeabilità relativa Medio-Alta.

### 7.1.3 Permeabilità depositi di frana inattiva

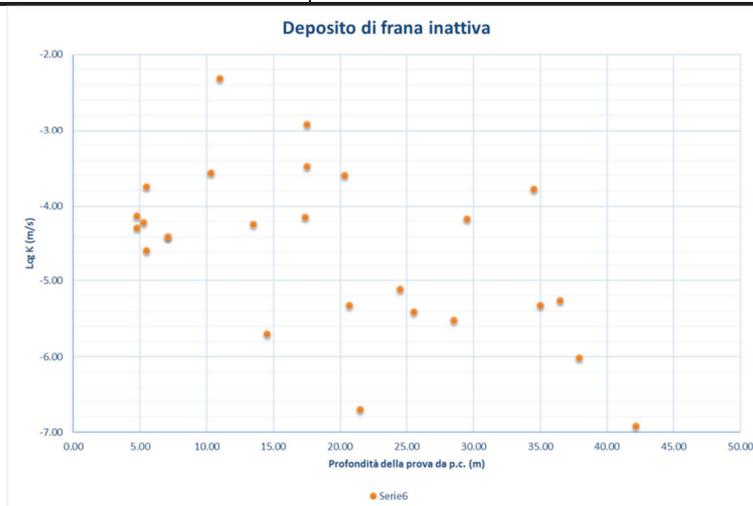
La valutazione delle caratteristiche di permeabilità di questi depositi è fornita in parte dai dati delle prove Lefranc condotte entro i fori di sondaggio eseguiti nel 2018.

Ad oggi si dispone dei seguenti dati:

Tabella 4. Prove Lefranc per i depositi di frana

Sondaggio	Profondità (m)	Conducibilità (m/s)
B03	42	2.7E-06

Analizzando i dati provenienti dalle campagne geognostiche condotte per l'intera Tratta relativa al Lotto 1 Fortezza-Ponte Gardena per i depositi di frana si ottengono le seguenti indicazioni:



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

**Figura 30. Grafico di permeabilità dei materiali costituenti i depositi di frana (Lotto 1)**

Ai depositi di frana può essere attribuita sulla base dei dati riguardanti l'intera Tratta del Lotto 1 Fortezza-Ponte Gardena un grado di permeabilità relativa Alta. Il valore di conducibilità idraulica ottenuto dalla prova nel sondaggio B03, risulta inferiore rispetto a quanto definito dalla media dei valori delle prove eseguite sui depositi di frana di tutto il Lotto 1, ma va interpretato alla luce della peculiare condizione stratigrafica e geologica. Infatti, il deposito è rappresentato da un materiale di frana sepolto, che può aver subito un processo di addensamento dovuto anche al carico proveniente dalla successiva deposizione dei sedimenti più recenti. Inoltre, vi è da considerare il possibile dilavamento, dagli orizzonti più superficiali, del materiale fine in essi contenuto. Tale materiale si può dunque essere ridepositato in profondità contribuendo alla riduzione di permeabilità riscontrata nel deposito in questione.

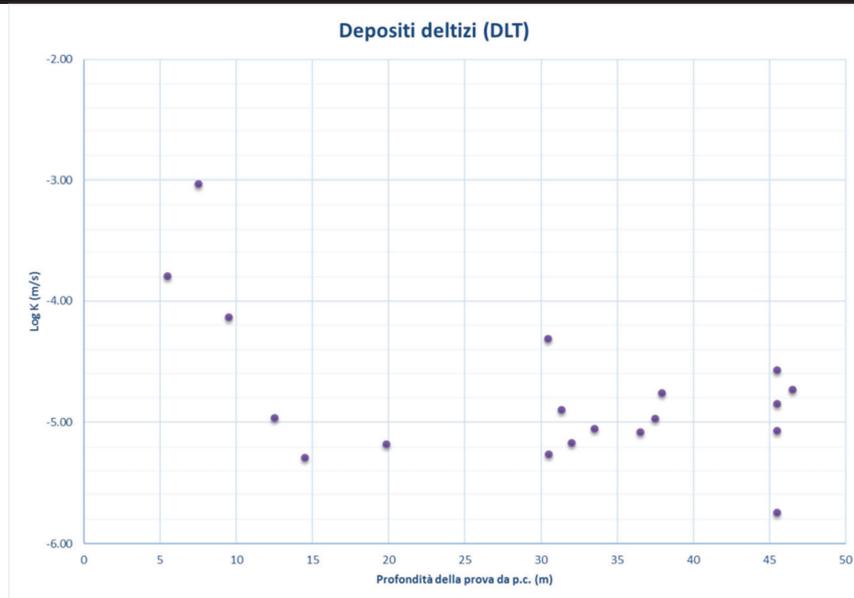
#### 7.1.4 Permeabilità dei depositi alluvionali-deltizi

La valutazione delle caratteristiche di permeabilità di questi depositi è fornita in parte dai dati delle prove Lefranc condotte entro i fori di sondaggio eseguiti nel 2018.

Ad oggi i dati a disposizione risultano i seguenti:

**Tabella 5. Prova Lefranc per depositi deltizi**

Sondaggio	Profondità (m)	Conducibilità (m/s)
B03	30	2.3E-06
B05	37.25	9.6E-06



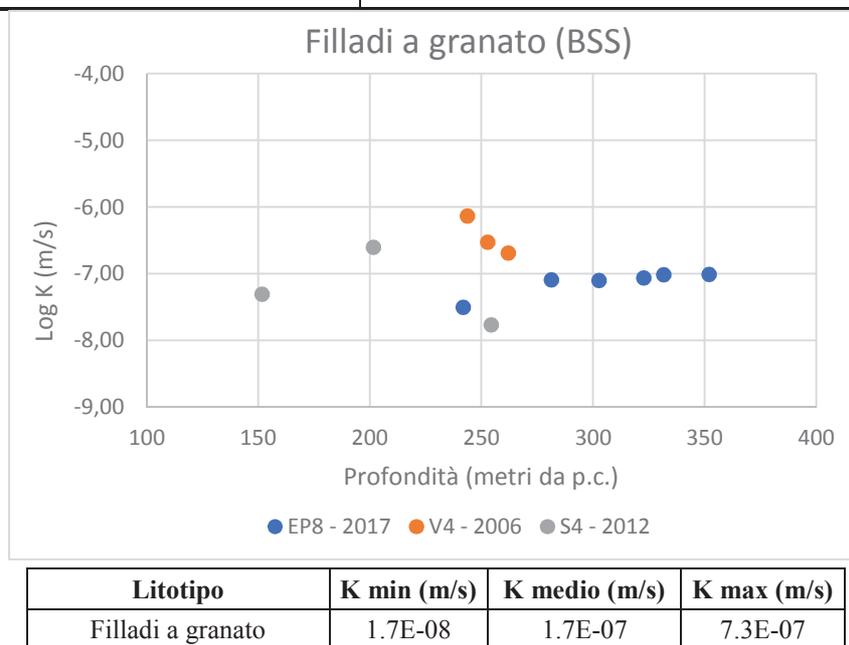
Litotipo	K min (m/s)	K medio (m/s)	K max (m/s)
Depositi all.-deltizi	1.80E-06	7.30E-05	9.30E-04

**Figura 31. Grafico di permeabilità dei materiali costituenti i depositi all.-deltizi**

Il dato ottenuto con le prove Lefranc eseguite nei sondaggi B03 e B05 farebbero ricadere il deposito deltizio entro la classe caratterizzata da un grado di permeabilità relativa Media. Pare comunque opportuno ricordare che la prova nel sondaggio B05 si collochi praticamente in corrispondenza del limite col passaggio alla classe di permeabilità superiore (Medio-Alta). La restante prova eseguita nel sondaggio B03 rappresenta una minoranza rispetto ai dati, piuttosto numerosi, derivati dalle prove eseguite nell'area di Forch sui depositi deltizi. Queste prove hanno restituito valori medi di permeabilità nell'ordine di  $7.3E-05$  m/s facendo ricadere la formazione entro la classe di permeabilità relativa Medio-Alta. Per questa ragione si ritiene opportuno attribuire tale classe ai depositi deltizi (Dlt) presenti in loco.

## 7.2 Permeabilità del basamento metamorfico

Le prove Lugeon eseguite entro la formazione delle Filladi a granato (BSS) sono riportate in Figura 32. I valori di permeabilità maggiori sono espressione di condizioni locali di maggior fratturazione dell'ammasso roccioso.



**Figura 32. Grafico di distribuzione della permeabilità con la profondità per le filladi a granato (BSS)**

In base alla suddivisione presentata in Tabella 2 il basamento roccioso affiorante a monte del sito di stoccaggio in progetto ricade all'interno della classe di permeabilità Bassa. Tale classificazione è in accordo con quella attribuita al macrogruppo delle filladi rinvenute lungo l'intera tratta Fortezza-Ponte Gardena.

### Livelli di falda

All'interno della cartografia idrogeologica elaborata sono stati indicati tutti i punti d'acqua (sorgenti, pozzi, piezometri, torrenti e pluviometri, con relativa codifica identificativa), presenti all'interno del database BDIB (Banca Dati Indagini Brennero) relativo alla tratta del Lotto 1.

I dati piezometrici disponibili sono riportati in tabella Tabella 6. In sintesi il piezometro installato nel sondaggio BO4 risulta secco, mentre quello installato nel sondaggio BO3 risulta a circa 47 m di profondità da bocca foro, ad una quota assoluta di circa 650 m s.l.m. Tale quota appare in accordo con il livello idrico del F. Isarco.

**Tabella 6. Livelli piezometrici in m da p.c.**

Data	B03	B04
30/01/2018		-21.80
31/01/2018		-23.25
01/02/2018		-28.87
07/02/2018		-30.90
08/02/2018		Secco
19/02/2018	-43.70	
20/02/2018	-45.00	
21/02/2018	-46.40	
22/02/2018	-47.40	

Sulla base delle informazioni disponibili non si evidenzia la presenza di pozzi o sorgenti entro la prevista area di abbancamento o al limitare della stessa. Si rileva la sola presenza di una sorgente posta in destra idrografica del Rio



**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 Gatschwiesen Bosco

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	1A	D69RG	GE 01 01 002	A	36 di 47

Spelonca (Sorgente Gartner – Punto B\_001124 del Database BDIB), circa 300 m a sud-ovest rispetto al limite dell'area di progetto (vedi Carta idrogeologica doc. IBL11AD69G6GE0202001A).

	<b>ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA</b> <b>ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO</b> <b>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA</b> <b>LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA</b>					
	RELAZIONE GEOLOGICA Zona Gatschwiesen Bosco	COMMESSA IBL1	LOTTO 1A	CODIFICA D69RG	DOCUMENTO GE 01 01 002	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 7).

**Tabella 7. 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 ÷ 0.25	0.25
3	0.05 ÷ 0.15	0.15
4	<0.05	0.05

Il Comune di Varna 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 8. Comune di Varna. Valori dei parametri di  $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T_C^*$  per i periodi di ritorno  $T_R$  di riferimento

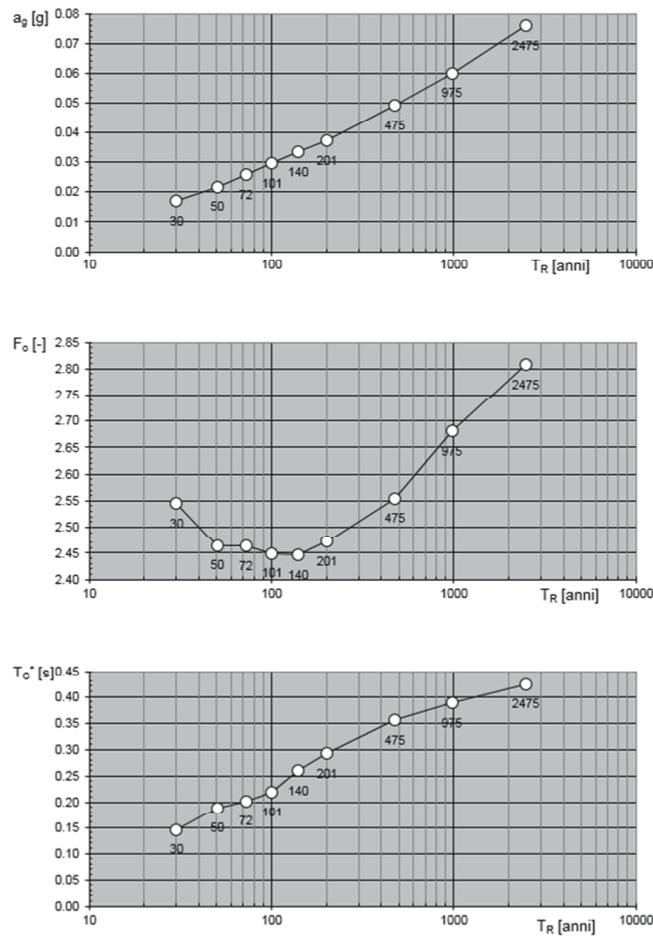
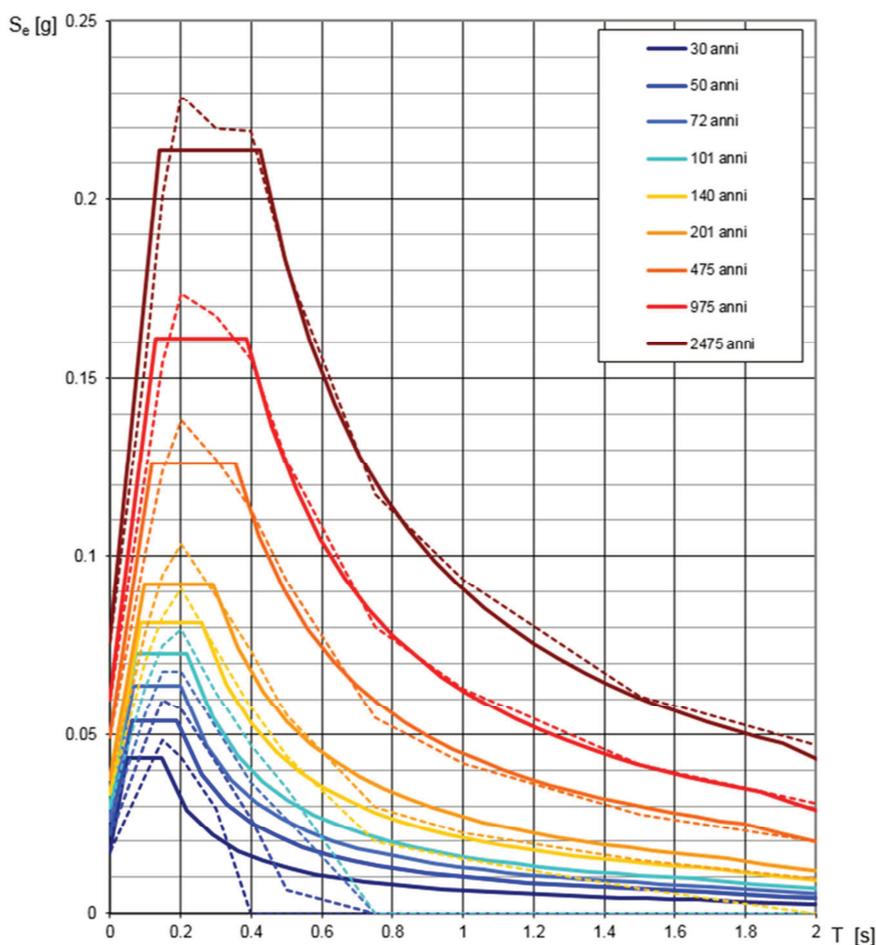


Figura 33. Valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T_C^*$  col periodo di ritorno  $T_R$  (Comune di Varna)



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

Figura 34. Spettri di risposta elastici 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 stante l'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>).

Nella successive tabelle sono indicati con i seguenti simboli:

Int. = intensità in sito (MCS);

RELAZIONE GEOLOGICA Zona Gatschwiesen Bosco

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	1A	D69RG	GE 01 01 002	A	40 di 47

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						NMDP	Io	Mw
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale		
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		Frealpi 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	16	05	53		Ljubljana	325	6-7 4.99
4-5	1902	06	19	09	23		Alpi Retiche	194	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		Lucchese	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

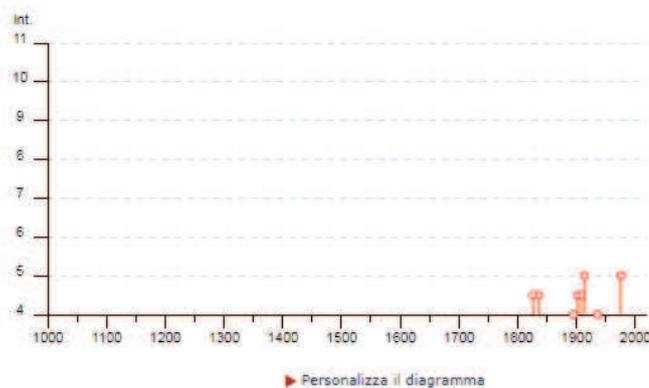


Figura 35. Storia sismica del Comune di Bressanone.

	<p><b>ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA</b></p> <p><b>ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO</b>  <b>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA</b></p> <p><b>LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA</b></p>												
<p>RELAZIONE GEOLOGICA Zona Gatschwiesen Bosco</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IBL1</td> <td>1A</td> <td>D69RG</td> <td>GE 01 01 002</td> <td>A</td> <td>41 di 47</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IBL1	1A	D69RG	GE 01 01 002	A	41 di 47
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IBL1	1A	D69RG	GE 01 01 002	A	41 di 47								

### 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 36); la più vicina all’area di intervento è la sorgente Giudicarie (ITCS048), in rosso in Figura 36, a SW di Trento: le principali informazioni di riferimento per la sorgente sono riportate in Figura 37.

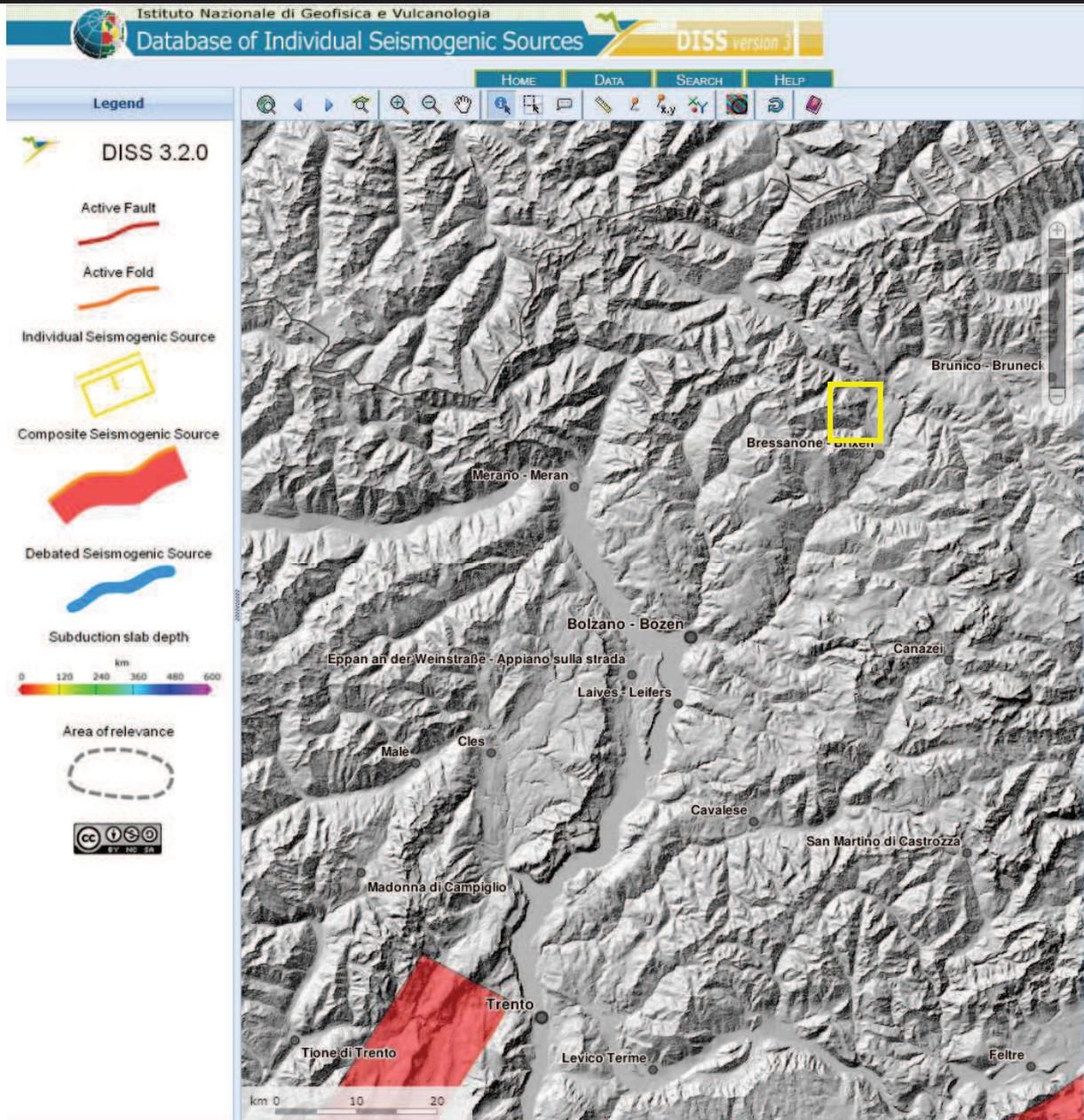


Figura 36. Sorgenti sismogenetiche contenute nel DISS 3.2 per l'area in oggetto (indicata in giallo)

### 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 37. 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>LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA</b>					
	RELAZIONE GEOLOGICA Zona Gatschwiesen Bosco	COMMESSA IBL1	LOTTO 1A	CODIFICA D69RG	DOCUMENTO GE 01 01 002	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.

Nella campagna indagini geofisiche 2017-2018 sono state realizzate (ubicazione in apposita cartografia):

- n. 7 profili congiunti Re.Mi. - MASW

Tutte le indagini sono concordi nell'individuare una categoria di sottosuolo tipo B.

##### *Condizioni topografiche*

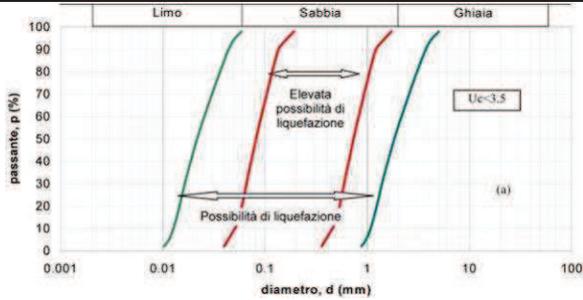
Per quanto concerne le caratteristiche della superficie topografica, le morfologie possono essere ricondotte alla configurazione T2 prevista nel D.M. 14/01/2008 in Tabella 3.2.IV, ovvero pendii con inclinazione media  $i > 15^\circ$ .

##### *Rischio di liquefazione*

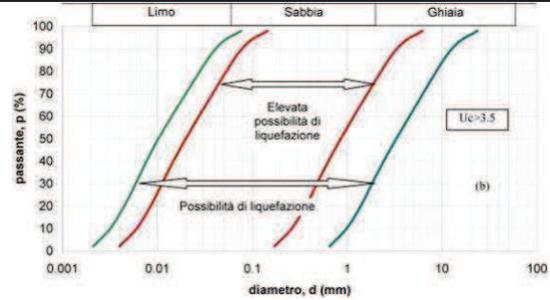
In terreni saturi sabbiosi sollecitati, in condizioni non drenate, da azioni cicliche dinamiche, il termine liquefazione comprende una serie di fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche. L'avvenuta liquefazione si manifesta, in presenza di manufatti, 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 50 km 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.

	<b>ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA</b> <b>ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO</b> <b>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA</b> <b>LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA</b>					
	RELAZIONE GEOLOGICA Zona Gatschwiesen Bosco	COMMESSA IBL1	LOTTO 1A	CODIFICA D69RG	DOCUMENTO GE 01 01 002	REV. A

## 9 BIBLIOGRAFIA

1. BBT (2006). Geologia, D0104 rapporto definitivo.
2. 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.
3. BBT (2008). Galleria principale - Relazione tecnica G1.2a-04 – Idrogeologia. Potenziamento asse ferroviario Monaco Verona - Galleria di Base del Brennero - Geologia, Geotecnica, Idrogeologia.
4. 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.
5. 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).
6. Bosellini A., (1989). La storia geologica delle Dolomiti. Ed. Dolomiti.
7. 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.
8. Castiglioni G. B. (1997). The Quaternary of the Bressanone basin, revisited. *Geol. Insubr.*, 2/2, pp. 121-127.
9. Castiglioni G.B. (1987). Una datazione di depositi interstadiali Würmiani presso Bressanone (Alto Adige). *Geogr. Fis. Dinam. Quat.*, 1, pp. 23-24.
10. Celico P. (1986). Prospezioni idrogeologiche Vol. 1. Liguori.
11. Civita M. (2005). Idrogeologia applicata e ambientale. Milano, CEA.
12. Dal Cin R. (1972). I Conglomerati tardo-paleozoici post-ercinici delle Dolomiti. *Verh. Geol. B.-A.*, 20, pp. 47-74, Wien.
13. 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*.
14. Freeze A., Cherry J. (1997). *Groundwater*, Prentice Hall.
15. Kresic N., Stevanovic Z. (2010). *Groundwater Hidrology of springs*, Elsevier.
16. 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>
17. 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.
18. 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.

19. 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>
20. 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)
21. 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>
22. 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.
23. 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: 10.1080/17445647.2014.980337.