



### Projekt / Progetto:

Studio delle sponde del lago di Fortezza, finalizzato alla definizione degli elementi geologico-geotecnici per la progettazione di un percorso pedo-ciclabile

Studie des Seeufers von Franzensfeste für die Ermittlung der Geologie und Geotechnik zur Projektierung eines Fußgänger- und Radweges

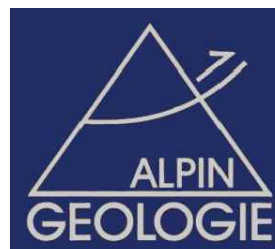
Angelegt / Inizializzato	25.07.2017	ST				
	25.07.2017	FM				
					13.04.2018	ST
	Datum / Data	Abk. / Sigla	Datum / Data	Abk. / Sigla	Datum / Data	Abk. / Sigla
	Erstellung / Redazione		Bearbeitung / Revisione		Prüfung / Controllo	

Inhalt / contenuto :

## RELAZIONE GEOLOGICA (ALPIN GEOLOGIE) GEOLOGISCHER BERICHT (ALPIN GEOLOGIE)



**MOUNTAIN-EERING s.r.l.**  
Società di Ingegneria  
Ingenieurgesellschaft  
via Volta 13/A Volta str.  
I-39100 Bolzano/Bozen  
Tel. +39 0471 094781  
Fax +39 0471 094782  
[info@mountain-eering.com](mailto:info@mountain-eering.com)  
[mountain-eering@pec.it](mailto:mountain-eering@pec.it)  
[www.mountain-eering.com](http://www.mountain-eering.com)  
MwSt-Nr.02602520211 P.IVA



**ALPIN GEOLOGIE**  
Büro für angewandte Geologie  
Studio di geologia applicata  
via Luis-Zuegg-Straße 70/A  
I-39012 Meran/Merano  
Tel. +39 0473 490440  
Fax +39 0473 490441  
[info@alpin-geologie.it](mailto:info@alpin-geologie.it)  
[mail@pec.alpin-geologie.it](mailto:mail@pec.alpin-geologie.it)  
[www.alpin-geologie.it](http://www.alpin-geologie.it)  
MwSt.-Nr. 01732130214 P. IVA



Projekt nr. / n. progetto:

1153bbg

Anlage Nr. / Allegato n.:

-

Maßstab / Scala:

-

# INDICE

<b>1.</b>	<b>INTRODUZIONE .....</b>	<b>2</b>
<b>2.</b>	<b>INFORMAZIONI DI BASE.....</b>	<b>3</b>
<b>3.</b>	<b>INQUADRAMENTO GEOGRAFICO.....</b>	<b>4</b>
3.1	CAMPAGNA GEOGNOSTICA E PROVE DI LABORATORIO .....	7
3.1.1	ANALISI DEL RISCHIO BELLICO RESIDUO.....	7
3.1.2	ELENCO DELLE INDAGINI E PROVE ESEGUITE .....	8
<b>4.</b>	<b>INQUADRAMENTO STORICO DEGLI INTERVENTI ANTROPICI.....</b>	<b>9</b>
4.1	PRIMA METÀ DEL XIX SECOLO: LA COSTRUZIONE DEL FORTE.....	9
4.2	SECONDA METÀ DEL XIX SECOLO: LA COSTRUZIONE DELLA FERROVIA.....	10
4.3	PRIMA METÀ DEL XX SECOLO: LA STRADA STATALE DEL BRENNERO .....	11
4.4	1939-1943: LO SBARRAMENTO DI FORTEZZA.....	13
4.5	1938-1940: IL BACINO IDROELETTRICO DI FORTEZZA.....	14
4.5.1	1965-1975: L'AUTOSTRADA DEL BRENNERO.....	16
<b>5.</b>	<b>INQUADRAMENTO STRUTTURALE E GEOLOGICO GENERALE.....</b>	<b>17</b>
<b>6.</b>	<b>INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO .....</b>	<b>21</b>
6.1	PERMEABILITÀ DEI TERRENI PER POROSITÀ E FESSURAZIONE.....	21
6.2	CIRCOLAZIONE IDRICA SOTTERRANEA .....	22
6.3	EMERSIONI D'ACQUA (SORGENTI, VENUTE D'ACQUA) .....	22
6.4	IDROGRAFIA .....	24
<b>7.</b>	<b>QUADRO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO LOCALE.....</b>	<b>26</b>
7.1	SPONDA DESTRA DEL BACINO.....	27
7.2	SPONDA SINISTRA DEL BACINO .....	41
<b>8.</b>	<b>MODELLAZIONE GEOLOGICA .....</b>	<b>54</b>
8.1	INTERPRETAZIONE DELLE INDAGINI.....	54
8.2	DESCRIZIONE DEL MODELLO .....	59
8.2.1	EVOLUZIONE VALLIVA .....	59
8.2.2	DESCRIZIONE DELLE SEZIONI.....	61
<b>8.2.2.1</b>	<b>SEZIONE LONGITUDINALE ALLA VALLE IN SPONDA DESTRA.....</b>	<b>61</b>
<b>8.2.2.2</b>	<b>SEZIONE TRASVERSALE ALLA VALLE.....</b>	<b>62</b>

## 1. INTRODUZIONE

Il Comune di Fortezza intende valutare la possibilità di collegare la stazione ferroviaria con il Forte, all'estremità meridionale del lago, mediante un percorso ciclo-pedonale, al fine di valorizzare il territorio comunale e di migliorarne l'attrattività turistica.

Una delle ipotesi presa in considerazione prevede l'utilizzo di un tratto della pista ciclabile attualmente dismessa, che corre lungo la sponda in sinistra orografica del lago, e, circa 100 m prima del confine comunale con Naz-Sciaves, la costruzione di un ponte, che permette l'attraversamento del lago fino alla penisola sabbiosa sulla sponda destra. Da qui sino alla fortezza il percorso è stato ipotizzato in adiacenza alla S.S.12.

Il presente studio fa seguito ad un precedente elaborato che gli stessi autori hanno condotto per valutare, alla luce delle vigenti Direttive provinciali in materia di Piani delle Zone di Pericolo e dello stato dell'arte degli strumenti di indagine, l'attuale situazione di pericolo idrogeologico in cui si trovano il versante in sinistra orografica e la pista ciclabile sottostante. Nell'ambito del primo studio sono state individuate le misure di mitigazione necessarie per garantire la compatibilità del progetto con il pericolo esistente (ai sensi del DPP 05.08.2008 n.42 Art.11) e quantificati i relativi costi.

Su incarico del Comune di Fortezza è stata successivamente condotta una seconda fase di indagine, volta a fornire indicazioni geologiche, geotecniche e topografiche finalizzate alla progettazione.

Nel presente studio, attraverso una campagna di rilievi topografici, di sondaggi geognostici, di prove di laboratorio e di prove geofisiche, sono ricostruiti i caratteri geologici e geologico-tecnici dell'intera area, indispensabili per la successiva modellazione geologica e geotecnica.

Sono stati, quindi, enucleati i parametri dei terreni utili alla progettazione del percorso pedo-ciclabile, ponendo particolare attenzione ai luoghi dove è maggiore l'interazione opera-sottosuolo (es. spalle/pile del ponte).

Lo studio si compone di una relazione geologica, una relazione geotecnica e di 9 allegati di supporto.

La presente relazione geologica affronta gli aspetti geologici, geomorfologici ed antropici che hanno determinato l'assetto del sottosuolo e la morfologia di superficie della porzione di territorio indagata; questi concetti vengono riassunti nel modello geologico proposto.

## 2. INFORMAZIONI DI BASE

Per la definizione del modello geologico sono stati raccolti, consultati ed esaminati tutti i dati provenienti dalle seguenti fonti:

- Rilievo geologico, geomorfologico ed idrogeologico in sito.
- Foglio 1 e 4<sup>A</sup> – Passo del Brennero e Bressanone della Carta Geologica d'Italia, scala 1: 100.000.
- Geodati (Geocatalogo, Geobrowser) della Provincia Autonoma di Bolzano – Alto Adige.
- Inventario dei fenomeni franosi in Italia (Progetto IFFI).
- Studio per la verifica della compatibilità e pericolosità idrogeologica della porzione di pista cilabile (Seeweg): "PRÜFUNG DER HYDROGEOLOGISCHEN GEFAHR, PRÜFUNG DER HYDROGEOLOGISCHEN KOMPATIBILITÄT, KOSTENSCHÄTZUNG ANLAGE EINES PANORAMAWEGES AM NORDOST-UFER DES STAUSEES FRANZENSFESTE" datato 31-07-2017, realizzato dallo Studio Alpin Geologie di Merano.

Per gli aspetti topografici e storici, sono stati utilizzati:

- Fogli 12151, 12152 e 12163 della nuova Carta Tecnica della Provincia Autonoma di Bolzano 1: 5.000.
- Carta topografica d'Italia alla scala 1:25.000 dell'Istituto geografico Militare (IGM).
- Relativi modelli di elevazione digitale del terreno, DTM Solar Tirol, DTM 2,5 x 2,5 m.
- Ortofoto 2014 - 2015 e precedenti della Provincia Autonoma di Bolzano.
- Rilievo topografico di dettaglio realizzato dalla società Mountain-eering di Bolzano (Allegato 8).
- Catasto storico del 1858 reperibile sul Geobrowser della Provincia Autonoma di Bolzano.
- Planimetria del 1938 relativa al progetto di costruzione della diga di Fortezza fornita da Alperia SpA.
- Rilievo Batimetrico del giugno 1989 del Serbatoio di Fortezza, Ente Nazionale dell'Energia Elettrica, Ufficio Dighe, fornito da Alperia.
- Archivio fotografico online: [www.fortezzaopenarchive.net](http://www.fortezzaopenarchive.net)

- Documentazione storica rinvenuta online (Wikipedia).
- Documentazione Catastale relativa al Bunker n°3 fornitaci dal Comune di Fortezza.

### 3. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

La porzione di territorio indagata è dominata dalla presenza del fiume Isarco che scorre al piede dei ripidi versanti, i quali, in direzione sud-est, vanno a restringere la valle fino a generare una vera e propria forra in corrispondenza del forte (coincidente grossomodo con il confine orientale del territorio comunale). Sfruttando questa forra è stata realizzata negli anni '30 del secolo scorso la diga che ha generato l'invaso idroelettrico di Fortezza, attualmente gestito dalla società Alperia SpA. Il lago è oggi alimentato dall'Isarco ma riceve anche i contributi, seppur molto più modesti, degli immissari destri e sinistri. Il Geocatalogo della Provincia Autonoma di Bolzano ne censisce due: il Rio della Chiusa "Klausenbach" (acqua pubblica B.435), più a ovest, ed il rio B.430, più ad est.

Un ulteriore immissario destro, il più occidentale dei tre, non censito sul Geocatalogo, è stato riportato in Allegato 1 e denominato "Rio Salceto", dal nome della località identificata dalla carta IGM.

Nel corso del rilevamento, nell'area di interesse è emersa una difformità tra la posizione del Rio della Chiusa e del rio B.430 consultabili presso il Geocatalogo ed il reale sviluppo del loro corso. In fase di digitalizzazione si è provveduto alla correzione della loro posizione; il B.430 è oggi parzialmente interrato in corrispondenza del sottoattraversamento della rete viaria.

Alcuni corsi d'acqua temporanei presenti sulla sponda orografica sinistra del lago, anch'essi non censiti sul Geocatalogo, sono stati inseriti sulla base di quanto riportato nello studio per la verifica della compatibilità e pericolosità della pista ciclabile realizzato da Alpin Geologie nel luglio 2017.

L'area di studio coinvolge pressoché interamente la sponda destra del Lago Artificiale di Fortezza, dal ponte ciclabile a monte del lago, fino alle pertinenze del forte, e la sponda sinistra, dal suddetto ponte ciclabile fino all'evidente incisione coincidente con il confine comunale.

Lo studio volto all'individuazione del modello geologico tecnico si è esteso fino a quote comprese tra i 775 e gli 800 m s.l.m. per quanto riguarda il versante in sinistra idraulica al lago. In destra il limite del rilevamento coincide grossomodo prima con l'inizio dell'abitato di Fortezza, nella zona più occidentale, poi, più ad est, con i tracciati dell'Autostrada A22, e della Ferrovia del Brennero.

L'area del bacino di Fortezza, in particolare la sua sponda destra, è interessata dalla presenza di molteplici infrastrutture di comunicazione:

- L'Autostrada A22 del Brennero corre da nord-ovest a sud-est; esce da una galleria naturale (fuori area di studio) poco a nord del ponte ciclabile, percorre un breve tratto (140 m circa) lungo il versante in sinistra al fiume Isarco, parzialmente sostenuto da un muro di contenimento in C.A., quindi corre su viadotto per 440 m circa, attraversando la zona di immissione dell'Isarco nel lago e portandosi quindi in idrografica destra allo stesso. Da qui prosegue verso sud-est prima su rilevato sostenuto da un'imponente muro di contenimento in C.A. per ca. 140 m, quindi nuovamente su viadotto, sub-parallelo al versante per ca. 400 m. Da qui al margine orientale dell'area di studio si sviluppa lungo il versante riprofilato e parzialmente sostenuto da un altro muro di sostegno in C.A..
- La ferrovia del Brennero corre lungo il versante parzialmente riprofilato in destra Isarco, mantenendosi sempre a monte dell'A22.
- La strada statale SS12 dell'Abetone e del Brennero corre a quote più basse, al piede del versante, costeggiando di fatto la sponda destra del lago. In direzione nord-ovest, si allontana dalla riva in corrispondenza della zona di immissione dell'Isarco nel bacino, coincidente con l'inizio dell'abitato di Fortezza, compreso tra la statale e il corso del fiume.
- La rete di piste ciclabili interessa entrambe le sponde del bacino. La pista ciclabile che collega Fortezza a Bressanone si mantiene in destra idrografica al bacino e, con una serie di morbidi saliscendi ed un sottopasso, si porta qui a monte e qui a valle dell'autostrada e della ferrovia. L'altra pista ciclabile, oggi non più percorribile (rimossa anche dal Geobrowser), ha origine dal grande spiazzo con funzione di parcheggio compreso tra la SS12 e il punto di immissione dell'Isarco nel bacino, ad ovest del viadotto autostradale; risale prima il corso del fiume, sostenuta da un muro in C.A., per poi imboccare il ponte ciclabile coincidente con il margine nord-occidentale dell'area di studio. Da qui prosegue in sinistra idrografica a mezzacosta in direzione sud-est, passando al di sotto del viadotto dell'A22 per poi costeggiare le sponde del lago con qualche saliscendi, attraversando una serie di incisioni che, negli anni passati, hanno manifestato dissesti tali da portare alla chiusura al pubblico dell'itinerario ciclabile.
- Dall'ex pista ciclabile diparte, poco ad est del viadotto autostradale, un tratto dell'antica "Strada Romana", che proseguiva in direzione nord-

ovest. Questo sito archeologico è stato oggetto di musealizzazione tra il 1990 e il 2006.

- Tracce di altri sentieri e camminamenti che si rinvennero sul versante sud (sinistra Isarco) collegano tra loro una serie di strutture militari (bunker) realizzate durante il ventennio fascista nell'ambito delle fortificazioni del "Vallo Alpino" (si veda il capitolo "Inquadramento storico").

La realizzazione delle infrastrutture sopra descritte, nonché dell'invaso artificiale hanno profondamente mutato l'originario aspetto della valle. Oggi l'invaso ha sommerso buona parte dell'area e il piede del versante nord è stato completamente rimaneggiato dall'intervento antropico. Il versante sud invece, fatta eccezione per i bunker e la viabilità sopra descritta, conserva almeno in parte la sua naturalità. Questo pendio è piuttosto acclive, con inclinazioni che raramente scendono sotto i 25° (solo al piede del versante, limitatamente alla parte nord occidentale della riva del lago), ma che superano sovente i 35° specie con il crescere della quota e spostandosi verso est.

La copertura vegetale consiste in una prateria alternata a boschetti di salice nelle aree sub-pianeggianti prossime al lago che vengono occasionalmente sommerse dalle acque, mentre nelle zone non interessate dall'oscillazione del livello dell'invaso si trovano foreste di conifere (pini, abeti e larici) miste a latifoglie (betulle, querce, salici, frassini, pioppi, robinie) e arbusti (noccioli, sambuchi). Lungo il versante nord-esperto, le scarpate sottostanti i viadotti autostradali, al riparo dall'insolazione e dalle precipitazioni, sono state oggetto di interventi di sistemazione del verde con tanto di messa in opera di un sistema di irrigazione. Altri interventi hanno riguardato le "aiuole" comprese tra le diverse infrastrutture di trasporto.



Figura 1: Inquadramento dell'intera area di studio (  ) estratta dal Geobrowser della Provincia Autonoma di Bolzano.

Al momento del rilevamento la quota di ritenuta dell'invaso si aggirava intorno ai 721 m s.l.m.; questo ha permesso di indagare e descrivere aree normalmente sommerse dunque inaccessibili.

### 3.1 CAMPAGNA GEOGNOSTICA E PROVE DI LABORATORIO

Ai fini del presente studio è stata eseguita la campagna di indagini geognostiche sotto descritta.

#### 3.1.1 ANALISI DEL RISCHIO BELLICO RESIDUO

La ricostruzione degli eventi storici relativi all'ultimo secolo ha da subito fatto emergere la necessità di eseguire preliminarmente un'analisi per la valutazione del rischio bellico.

Durante gli ultimi mesi del secondo conflitto mondiale le arterie di trasporto presenti nel Comune di Fortezza furono obiettivo di una serie bombardamenti aerei che colpirono i versanti ed il fondovalle. Testimoni diretti riferiscono che i bombardieri statunitensi sorvolavano trasversalmente la valle, in modo da ridurre al minimo l'esposizione al fuoco della contraerea. Numerose bombe caddero inesplose all'interno del bacino. A causa della presenza di queste bombe, il lago non viene dragato da decenni.



Allo scopo di scongiurare l'eventualità di intercettare ordigni bellici durante l'esecuzione dei sondaggi geognostici, si è preventivamente commissionato al Consorzio S.T.E.R.N. la "ANALISI STORICO, DOCUMENTALE E STRUMENTALE PER LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO BELLICO RESIDUO", di cui all'Allegato 5 (citata anche in Tabella 1).

### 3.1.2 ELENCO DELLE INDAGINI E PROVE ESEGUITE

Nell'area indagata è stata condotta una campagna d'indagine, con annesse prove di laboratorio, articolata così come da Tabella 1.

Tipo di prova		Ditta e data esecuzione	Denominazione prova		Quota [m s.l.m.]	Profondità investigata [m]
Analisi per la valutazione del rischio bellico residuo		Consorzio S.T.E.R.N. 04.12.2017	S1		722,0	0 – 13,0
			S2		723,0	0 – 13,0
			S3		722,0	0 – 13,0
Perforazioni a carotaggio continuo		Land Service 9-23.01.2018	S2		723,0	0 - 29,0
			S3		722,0	0 -15,0
Perforazioni a distruzione di nucleo		Land Service 9-23.01.2018	S2		723,0	29,0 - 33,0
			S2b		723,0	0 - 7,5
Prove sismiche passive a stazione singola (HVSR)		Alpin Geologie 27.11.2017	HVSR1		723,0	0 -30,0
			HVSR2		722,0	0 -30,0
			HVSR3		733,0	0 -30,0
Prelievo di campioni lungo le verticali di indagine		Land Service 9-23.01.2018	S2/b	C/1	715,5 – 715,0	7,5 – 8,0
				CR1	718,5 – 718,3	4,5 – 4,7
			S3	CR2	715,2 – 715,5	7,4 – 7,7
				CR3	704,9 – 705,2	18,1 – 18,4
				CR4	720,8 – 721,1	1,2 – 1,5
				CR5	707,8 – 708,1	14,2 – 14,5
Analisi di laboratorio	Limiti di Atterberg	Brainstormers 14-21.02.2018	C/1		/	/
	Prova edometrica (ED)		C/1		/	/
	Prova di taglio diretto (TD)		C/1		/	/
	Analisi granulometrica		C/1		/	/
			CR1		/	/
			CR2		/	/
			CR3		/	/
			CR4		/	/
			CR5		/	/

Tabella 1: Prospetto riassuntivo delle indagini geognostiche e prove di laboratorio.

L'ubicazione delle indagini eseguite è visibile in Allegato 3 "PLANIMETRIA DELL'AREA DI RILIEVO".

I dettagli degli esiti delle indagini geognostiche effettuate per lo studio in esame sono consultabili negli Allegati 4, 5, 6 e 7.

## 4. INQUADRAMENTO STORICO DEGLI INTERVENTI ANTROPICI

### 4.1 PRIMA METÀ DEL XIX SECOLO: LA COSTRUZIONE DEL FORTE

La fondazione del paese di Fortezza (Franzensfeste) è riconducibile all'inizio dei lavori per la costruzione delle fortificazioni volute da Francesco I Imperatore d'Austria. Prima di allora il Comune amministrativo era quello di Mezzaselva (Mittewald) e i pochi masi e case presenti nei dintorni della zona dove sarebbe sorto il paese erano divisi in due abitati: Pra' di Sopra (Oberau) e Pra' di Sotto (Unterau). Le fortificazioni, inaugurate dall'Imperatore Ferdinando I, figlio di Francesco I, furono realizzate tra il 1833 e il 1838; per i lavori furono coinvolte più di 6000 persone tra operai e specialisti (4 volte l'allora popolazione di Bressanone). Dagli scavi realizzati per l'edificazione emersero numerosi cadaveri a testimonianza di antiche battaglie avvenute in quel luogo; già nel passato la sua posizione strategica doveva essere ben nota.

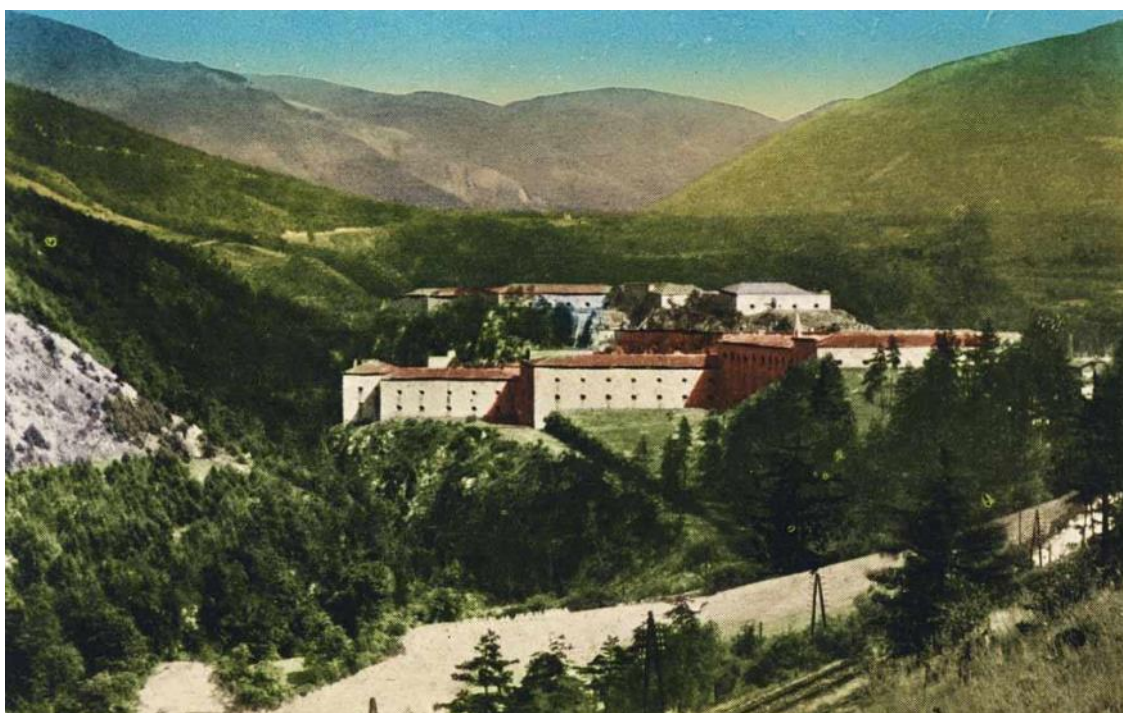


Foto 1: Immagine storica della fortezza, antecedente alla realizzazione dell'invaso, vista da nord-ovest (da [www.fortezzaopenarchive.net](http://www.fortezzaopenarchive.net)).

Il granito utilizzato come materiale da costruzione proviene solo in parte da Fortezza; due cave di dimensioni contenute sono ancora riconoscibili nei dintorni del forte alto (fuori area di studio).

## 4.2 SECONDA METÀ DEL XIX SECOLO: LA COSTRUZIONE DELLA FERROVIA

I lavori per la realizzazione della ferrovia del Brennero, nel tratto Bolzano-Brennero iniziarono nel 1864 e la linea fu inaugurata il 24 agosto del 1867.



Foto 2: L'abitato di Fortezza e l'area della stazione ferroviaria in una cartolina del 1914 (da [www.fortezzaopenarchive.net](http://www.fortezzaopenarchive.net)).

Nell'area indagata ai fini di questo studio la costruzione della ferrovia ha comportato la riprofilatura del versante a monte del tracciato ferroviario, la realizzazione del rilevato che ospita il piano del ferro e dei piccoli ponti per l'attraversamento del Rio della Chiusa e del Rio Salceto.

Il conoide di colata detritica in corrispondenza dell'uscita a valle del Rio della Chiusa, del quale oggi non restano che tracce, è stato in gran parte asportato. Non vi sono informazioni certe circa la data dei primi interventi di rimozione del materiale, che viene comunque periodicamente ridepositato in occasione degli eventi di colata, ma risulta difficile pensare che la costruzione della ferrovia e del ponte potesse prescindere dall'asportazione, almeno parziale del conoide.

### 4.3 PRIMA METÀ DEL XX SECOLO: LA STRADA STATALE DEL BRENNERO

La SS 12 dell'Abetone e del Brennero fu costituita nel 1928 ma nella tratta che attraversa l'area di studio, la sede stradale ricalcava all'epoca il tracciato di una strada preesistente, individuabile sulla mappa catastale del 1858 (antecedente alla ferrovia), i cui resti sono tutt'oggi visibili in modo discontinuo lungo le rive del lago (si veda il paragrafo 6.1). Il tracciato originale è stato modificato durante i lavori per la realizzazione dell'invaso artificiale tra il 1938 e il 1940 (Figura 2).

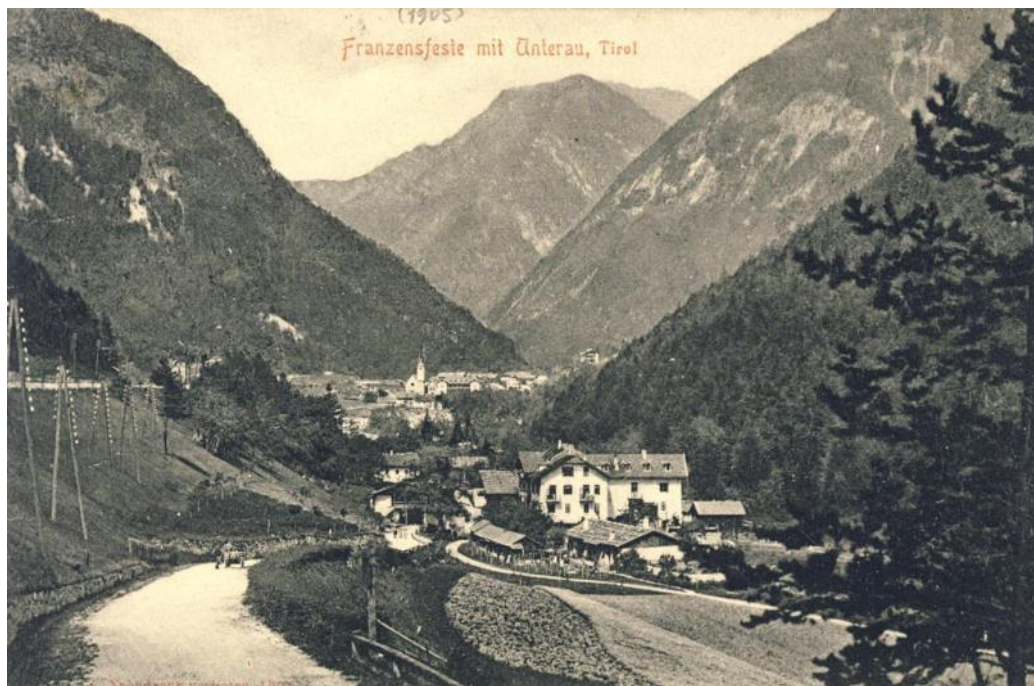


Foto 3: Il tracciato della vecchia strada che scendeva al Gasthof Unterau, in una cartolina del 1905 (da [www.fortezzaopenarchive.net](http://www.fortezzaopenarchive.net)).

Precedentemente la sede stradale proveniente da Bressanone piegava leggermente più a valle rispetto all'attuale percorso per raggiungere il Gasthof Unterau e le sue pertinenze (Foto 3); proseguiva poi leggermente sinuosa e parzialmente su rilevato (Figura 3) in direzione Fortezza, al di sopra di zone attualmente sommerse, per poi ricongiungersi al tracciato della variante poco oltre l'attuale spiazzo asfaltato al limite ovest dell'area di studio.

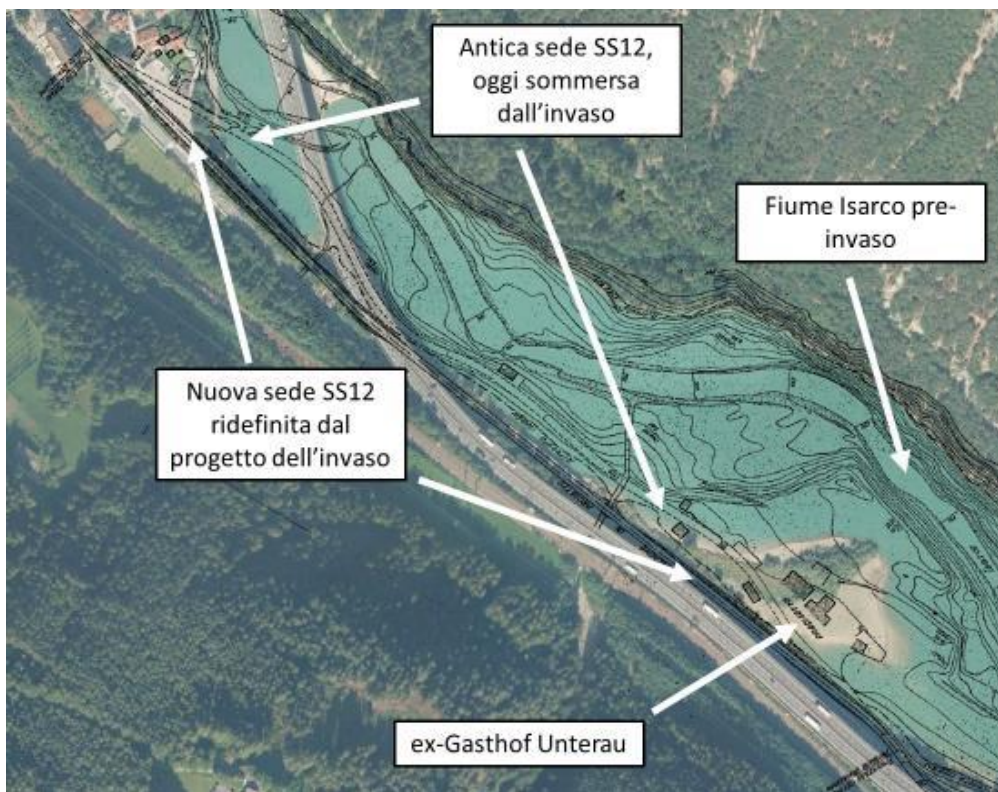


Figura 2: Stralcio della planimetria del 1938 relativa al progetto per la realizzazione dell'invaso, proiettato sull'ortofoto del 2014-2015.



Figura 3: La strada antecedente all'istituzione della SS12 all'accesso sud dell'abitato di Fortezza in una cartolina antecedente il 1918 (da [www.fortezzaopenarchive.net](http://www.fortezzaopenarchive.net)).

#### 4.4 1939-1943: LO SBARRAMENTO DI FORTEZZA

Durante il ventennio fascista l'importanza strategica di Fortezza tornò all'attenzione dei vertici militari. Il regime volle qui costruire alcune opere di difesa, inserite nel contesto del "XIV Settore di Copertura Isarco" del "Vallo Alpino", ideato per proteggersi da un potenziale attacco da parte dell'alleato tedesco (da qui il soprannome "Linea non mi fido"). Si tratta di cinque bunker che, al di là della parte visibile dall'esterno, si sviluppano lungamente in sotterraneo all'interno del versante (Figura 4).

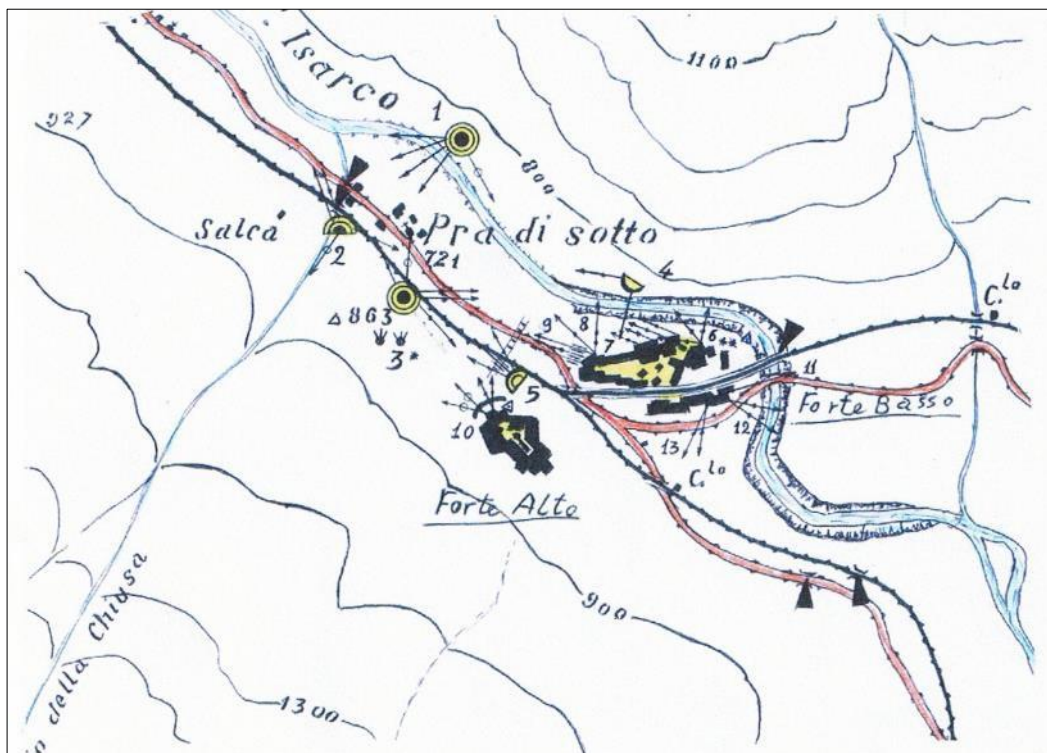


Figura 4: Planimetria del 1940 relativa alle opere di difesa militari dello Sbarramento di Fortezza (da Wikipedia, foto di Llorenzi).

Le prime strutture furono ultimate prima della realizzazione della diga e dell'invaso. Il progetto iniziale prevedeva anche alcune modifiche ai due forti ottocenteschi che però non vennero mai realizzate. I bunker si presentano oggi dismessi ma ancora riconoscibili; la tecnica costruttiva, mirata ad una mimetizzazione nell'ambiente circostante prevede un rivestimento in cemento modellato per mezzo sacchi di sabbia e tessuti allo scopo di conferirgli un aspetto semi naturale (Foto 4), confondibile ad un occhio inesperto e disattento, con l'ammasso roccioso. Le porte di accesso e le feritoie erano invece mascherati da pannelli di ferro e vetroresina, anch'essi con funzione mimetica. Dei 5 bunker realizzati intorno all'attuale bacino, 2, ricadono all'interno dell'area di studio: il numero 1 e il numero 2.



Foto 4: L'aspetto esterno di una feritoia del bunker n°1. Si notino le soluzioni costruttive adottate a favore del mimetismo con ambiente e ammasso roccioso circostante.

Il bunker n°1, posto in sinistra idrografica, conta 3 accessi e numerose feritoie, collegate da un sentiero poco mantenuto. Nell'Allegato 1 sono riportati i punti in cui alcune di queste strutture sono tutt'ora visibili dall'esterno.

Il bunker numero 2, posto invece in destra idrografica, è dotato di due ingressi e 3 feritoie e si trova ai margini del conoide di colata detritica del Rio della Chiusa, esattamente in corrispondenza della scarpata antropica generata dalla sua parziale rimozione. Anche in questo caso sono stati riportati nell'Allegato 1 i punti dove si rinvengono tutt'ora alcune di queste strutture.

#### **4.5 1938-1940: IL BACINO IDROELETTRICO DI FORTEZZA**

La diga di sbarramento all'Isarco, realizzata in corrispondenza della gola sottostante il forte di Fortezza (Foto 6), fu ultimata nel 1940, sulla base del progetto del 1938, allo scopo di alimentare la centrale idroelettrica di Bressanone.

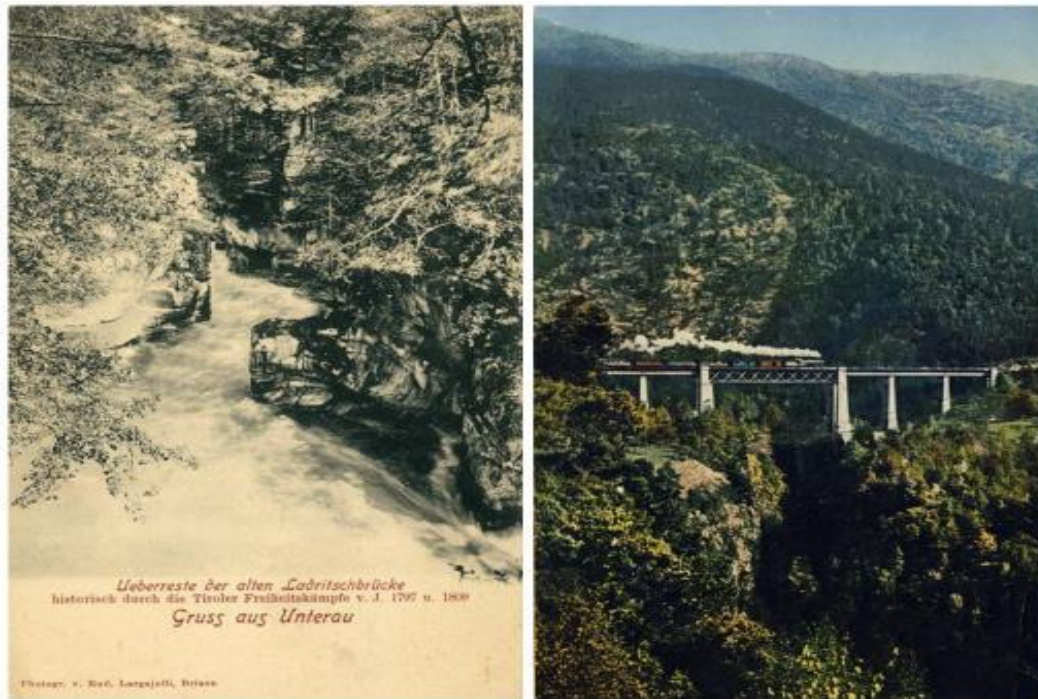


Foto 6: La gola dell'isarco al piede della fortezza asburgica, sfruttata per la realizzazione dell'invaso, in due immagini storiche. Sulla sinistra: a valle della diga realizzata; sulla destra: vista da sud est, con il ponte ferroviario della linea della Pusteria (da [www.fortezzaopenarchive.net](http://www.fortezzaopenarchive.net)).

Lo sbarramento diede vita al bacino che sommerse i retrostanti versanti fino alla quota massima di 722,5 m. Sull'attuale "penisola" presente in destra idrografica, precedentemente alla realizzazione del bacino, sorgevano il Gasthof Unterau, una piccola cappelletta e una serie di masi lungo la strada (Foto 3); la località prendeva allora il nome di "Pra' di Sotto".



Foto 5: il Gasthof Unterau e la cappelletta all'inizio del XX secolo (da [www.fortezzaopenarchive.net](http://www.fortezzaopenarchive.net)).



Testimoni diretti di quell'epoca riferiscono che gli edifici furono fatti saltare con esplosivo prima di venire sommersi dalle acque dell'invaso.

#### 4.5.1 1965-1975: L'AUTOSTRADA DEL BRENNERO

La costruzione dell'autostrada, inaugurata definitivamente nel 1974, cambiò radicalmente l'aspetto dei dintorni del lago di Fortezza.

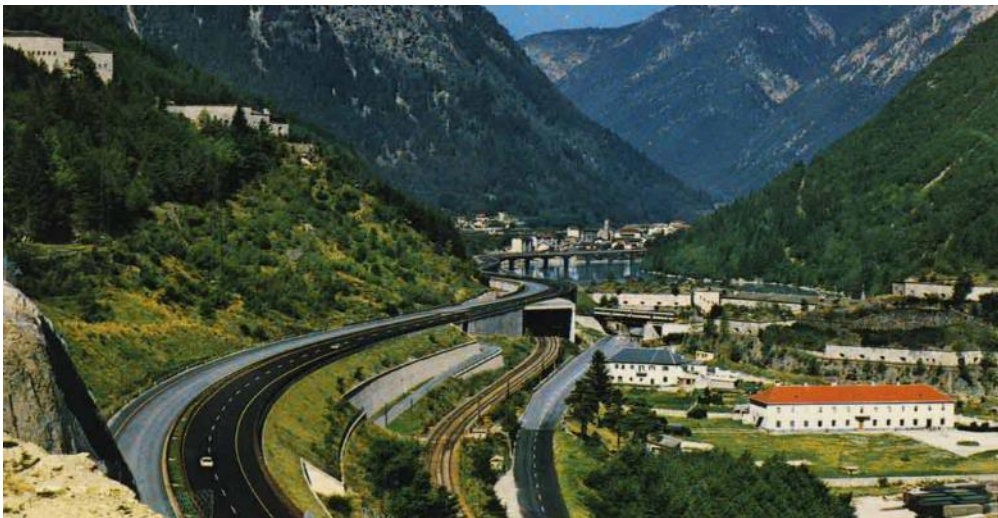
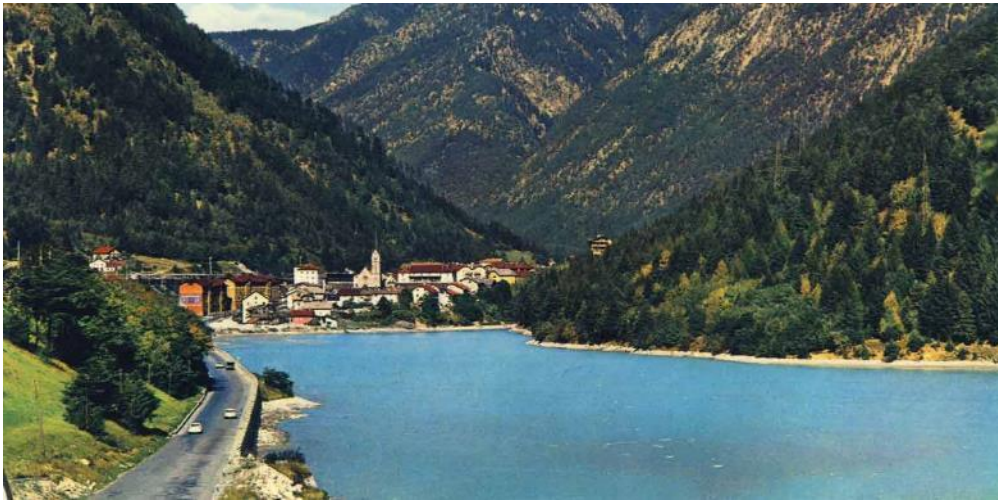


Foto 7: Il panorama dell'area del lago prima e dopo la costruzione dell'A22 in due immagini storiche. La foto in basso è stata scattata da un punto di ripresa più orientale, a sud-est della fortezza - il lago è in secondo piano (da [www.fortezzaopenarchive.net](http://www.fortezzaopenarchive.net)).

Un viadotto sorretto da ben 10 piloni attraversa il lago; il versante in destra all'invaso è stato ulteriormente riprofilato per consentire la costruzione dei rilevati e dell'ulteriore viadotto al di sopra dei quali corre il tracciato autostradale. Anche il tracciato della SS12 stando alla planimetria del 1938, ha subito una lieve modifica nella zona d'imbocco del viadotto, che ha comportato lo spostamento del tracciato una ventina di metri più a sud.

Tutt'oggi l'A22 costituisce il più trafficato valico alpino autostradale.

## 5. INQUADRAMENTO STRUTTURALE E GEOLOGICO GENERALE

Il comune di Fortezza è inserito nelle Alpi orientali e, dal punto di vista tettonico, giace a sud del **Lineamento Insubrico**, che in questo tratto è rappresentato dalla Linea delle Giudicarie Nord e dalla Linea della Pusteria. Tale importante dislocazione di età tardo-alpina, dotata di sviluppo sub-verticale e, nel tratto pusterese, di debole carattere trascorrente, separa le unità tettoniche delle Alpi Meridionali (a sud) da quelle dell'Austroalpino (a nord).

I tipi litologici che dominano l'area di Fortezza, appartenenti alle unità strutturali del Sudalpino, derivano dal succedersi di più fasi orogenetiche, durante le quali prevalgono alternatamente l'attività metamorfica e l'attività vulcanica di tipo intrusivo.

Il metamorfismo, sviluppatosi in età non ben precisabile, ma certamente pre-permiana, dà origine allo zoccolo cristallino, rappresentato in massima parte dalla Fillade quarzifera di Bressanone. In tarda età ercinica (Permiano), al margine settentrionale di tale basamento cristallino, avviene l'intrusione e la messa in posto di una massa granodioritica, riconosciuta comunemente sotto il nome di **Granito di Bressanone**.

Il limite tra le formazioni filladiche e granitiche è contrassegnato, a sud dell'area di studio, dalle litologie intermedie tra le due formazioni, tipiche dell'aureola metamorfica di contatto, prodotta dall'intrusione della massa plutonica all'interno del basamento.

In accordo con quanto riportato nella Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000 (Foglio 1 e 4<sup>A</sup> – Passo del Brennero e Bressanone), limitatamente all'area di studio, il substrato affiorante è costituito unicamente dal **Granito di Bressanone**. Nella zona esaminata questi si presenta come un granito biotitico biancastro, tendente al grigio nocciola nei punti di maggiore alterazione.

In affioramento appare generalmente piuttosto compatto (Foto 8).

La fratturazione dell'ammasso, localmente anche intensa, favorisce l'azione alterante e disgregante ad opera degli agenti atmosferici; ne risulta un aspetto della massa rocciosa molto irregolare. Nei versanti sud-esporsi, dove l'irraggiamento solare favorisce forti escursioni termiche, l'alterazione è decisamente più spinta e la roccia, che a prima vista pare compatta e competente, si "sbriciola" letteralmente al tocco, formando una ghiaia costituita dai cristalli di feldspato e quarzo presenti nel granito.

Questo strato di alterazione, volgarmente detto "cappellaccio", coinvolge apparentemente solo lo strato più superficiale dell'ammasso, limitatamente alle prime decine di centimetri



Foto 8: Un affioramento di Granito di Bressanone sulla sponda sinistra idrografica del lago. Si notino la fratturazione e l'alterazione.

La Carta Geologica d'Italia alla scala 1: 100.000, oltre ai depositi pre-quadernari, individua anche:

- **Morene miste a detrito:** si tratta generalmente di accumuli caotici costituiti da elementi grossolani (ghiaie, ciottoli e blocchi) immersi in una matrice sabbioso-argillosa.

I ciottoli e i blocchi fortemente arrotondati sono in massima parte di derivazione granitica e di scisti cristallini e si rinvengono sovente misti a depositi detritici con forme più angolose.

Nell'area di studio le morene sono oggi in parte mascherate dalle acque dell'invaso e, localmente, sepolte dai sedimenti lacustri in deposizione.

Lungo le sponde non restano che rare testimonianze (Foto 9) rielaborate spesso dai corsi d'acqua o rimaneggiate dall'attività antropica.



Foto 9: Blocco arrotondato residuo del deposito morenico descritto dalla carta geologica in scala 1:100.000.

- **Detriti di falda, coperture eluviali e coni detritici:** il detrito di falda deriva principalmente dalla degradazione meteorica degli ammassi rocciosi, favorita dalla loro fessurazione e fratturazione. La granulometria è variabile da ghiaia fino ai blocchi, le forme appaiono perlopiù angolose (Foto 10).



Foto 10: Esempio di detrito di versante in fase di evoluzione, a tratti francamente pedogenizzato e vegetato, a tratti "fresco" con blocchi pluridecimetrici.

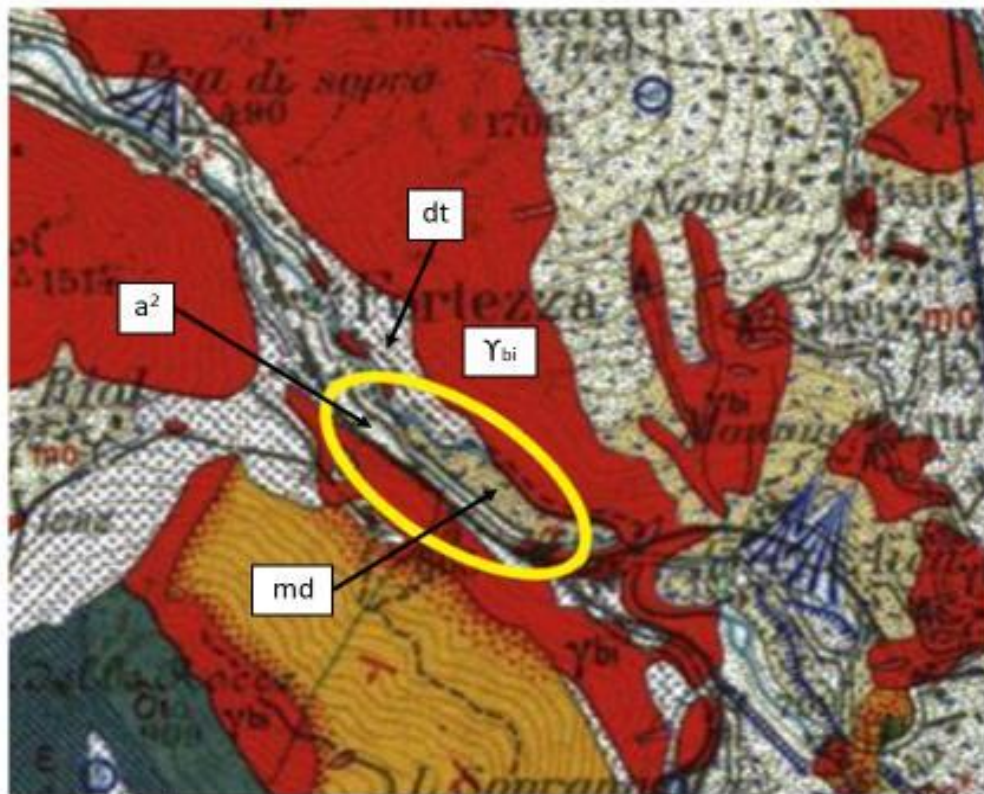
In generale le falde detritiche sono soggette a mobilitazione e trasporto e si accumulano normalmente alla base delle ripide pareti rocciose e sul fondo dei solchi torrentizi. Tali depositi presentano angoli di stabilità direttamente proporzionali alle dimensioni degli elementi che li compongono e tendono a regolarizzare il profilo delle aree su cui si accumulano.

Le coperture eluviali si originano dal disfacimento in posto delle rocce e costituiscono estese coperture dei versanti ma di modesto spessore (<1 m). I suddetti depositi, limitatamente all'area di indagine, si rinvergono, variamente pedogenizzati, al piede e lungo i versanti ad obliterare gli affioramenti del Granito di Bressanone.

- **Alluvioni recenti ed attuali, talvolta terrazzate:** si originano dal trasporto e dalla deposizione, da parte dei corsi d'acqua, dei materiali detritici che pervengono negli alvei fluviali. Questi terreni sono costituiti prevalentemente da ghiaie, più o meno grossolane, e talora da materiali fini quali sabbie e limi (Foto 11). In corrispondenza di fasi di maggiore energia di trasporto da parte dei corsi d'acqua (onde di piena, alluvioni) gli elementi rimossi possono avere anche le dimensioni di blocchi e massi. Nell'area esaminata le alluvioni corrispondono ai sedimenti deposti dal fiume Isarco lungo le sue sponde e alla sedimentazione attuale imputabile alle acque dell'invaso artificiale nelle zone da esso interessate.



Foto 11: Alluvioni recenti imputabili al trasporto e deposizione da parte delle acque del lago e dell'Isarco. La diversa natura dei depositi è correlabile ai diversi regimi di energia della corrente.



<b>a<sup>2</sup></b>	<b>Alluvioni recenti e attuali, talvolta terrazzate.</b>
<b>dt</b>	<b>Detriti di falda e copertura eluviale. Coni detritici.</b>
<b>md</b>	<b>Morene miste a detrito.</b>
<b>Ybi</b>	<b>Granito di Bressanone.</b>

Figura 5: Estratto del Foglio 1 e 4<sup>A</sup> – Passo del Brennero e Bressanone della Carta Geologica d'Italia, scala 1: 100.000 con evidenziata in giallo l'area di studio.

## 6. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

### 6.1 PERMEABILITÀ DEI TERRENI PER POROSITÀ E FESSURAZIONE

La natura dei terreni presenti nell'area di studio ne determina anche la permeabilità. Questa è governata dalla porosità nel caso dei terreni sciolti (detriti di versante, conoidi, morene e terreni alluvionali) e dalla presenza di discontinuità (fessure) nell'ammasso roccioso.

La permeabilità dei terreni sciolti è direttamente proporzionale alla granulometria dei clasti che li compongono; quella dell'ammasso roccioso al grado di fratturazione dello stesso, oltre che alle condizioni delle fratture (loro apertura e riempimento).

## 6.2 CIRCOLAZIONE IDRICA SOTTERRANEA

Le acque meteoriche, laddove la copertura quaternaria ha maggiori spessori ed è contraddistinta da terreni prevalentemente grossolani o in presenza di rocce fortemente fratturate, penetrano nel sottosuolo.

Lungo i fianchi vallivi le acque infiltrate ("Hangwasser") si concentrano e scorrono presumibilmente lungo limiti di permeabilità profondi (terreno sciolto/substrato roccioso – roccia fessurata/roccia compatta), alimentando le falde acquifere di fondovalle, in diretto contatto con il bacino artificiale di Fortezza, soprattutto in concomitanza di eventi meteorici intensi o prolungati.

Durante l'esecuzione dei sondaggi di cui al paragrafo 3.1.2 è stata intercettata la falda freatica alla stessa quota del livello del pelo libero dell'acqua dell'invaso in quel momento; l'oscillazione del carico idraulico di esercizio comporta un riequilibrio dell'altezza della falda che, sostanzialmente si mantiene alla medesima quota del livello dell'acqua del lago.

## 6.3 EMERSIONI D'ACQUA (SORGENTI, VENUTE D'ACQUA)

Al momento del rilevamento le uniche emersioni d'acqua individuate corrispondono a tre venute a giorno di modesta portata (al momento del rilevamento nell'ordine di 1 l/min) presenti sulla sponda destra al bacino (Foto 12), nella sua porzione compresa tra la "penisola" e il forte, riportate nell'Allegato 1.



Foto 12: Venute d'acqua individuate lungo la sponda destra del lago

Si tratta probabilmente di acque di drenaggio della sovrastante rete viaria (e connessi terreni antropizzati); la natura fine dei terreni superficiali e la loro permeabilità medio-bassa enfatizza il solco erosivo generato dal debole deflusso (Foto 13).

Per quanto riguarda la sponda sinistra, l'intero versante si presentava asciutto, così come i corsi d'acqua effimeri coincidenti con le incisioni.

È presumibile che in occasioni degli eventi meteorici si formino temporanee venute d'acqua laddove i limiti di permeabilità intercettano la superficie topografica.



Foto 13: Dettaglio del solco erosivo prodotto dal flusso originato da una delle venute d'acqua individuate.



## 6.4 IDROGRAFIA

Gli elementi idrografici rilevanti e consultabili all'interno del Geocatalogo della Provincia Autonoma di Bolzano sono costituiti, oltre che dal il Fiume Isarco (acqua pubblica B), che scorre in fondovalle, e relativo invaso, dai suoi affluenti destri: il "Rio della Chiusa" – "Klausenbach" (acqua pubblica B.435), più ad ovest ed il rio B.430, più ad est. Un ulteriore corso d'acqua, temporaneo, non censito sul Geocatalogo, corre 400 m circa ad ovest del Rio della Chiusa, ad esso sub-parallelo; è stato denominato arbitrariamente dallo scrivente "Rio Salceto". Questi tre affluenti destri all'Isarco sono stati almeno parzialmente regimati nel tratto nel quale il loro corso attraversa la rete viaria, per mezzo di sottopassi, dreni superficiali (Rio della Chiusa e Rio Salceto - Foto 14) e intubamenti (B.435).



Foto 14: A sinistra: il dreno superficiale del Rio Salceto (in secondo piano il sottopasso alla ferrovia); sulla destra: il sottopasso alla ferrovia del Rio della Chiusa.

Per quanto riguarda la sponda sinistra, la parte di versante indagata è incisa da 10 rii effimeri, non censiti sul Geocatalogo ma individuati già nello studio per la verifica della compatibilità e pericolosità della pista ciclabile realizzato da Alpin Geologie nel luglio 2017. Si è optato per mantenere le denominazioni definite nello studio del luglio 2017; da ovest verso est: K.8, K.0, K.1, K.2, K.3, K.4, K.5, K.6, K.7.5 e K.7 (questi ultimi due rii confluiscono uno nell'altro in corrispondenza della pista ciclabile oggi chiusa).

Al momento del rilevamento si presentavano completamente asciutti (Foto 15, Foto 17 e Foto 61), ma, anche secondo la documentazione reperita di eventi pregressi, in occasione di eventi meteorici straordinari possono riattivarsi e trasportare a valle anche grandi quantità di materiale detritico.

Il percorso della vecchia ciclabile costituisce, lungo il loro corso, un'evidente rottura di pendenza, rappresentando quindi un luogo preferenziale di rideposizione dei sedimenti trasportati dall'acqua.



Foto 15: Il corso del rio effimero K.1, completamente asciutto al momento del rilevamento, a monte della pista ciclabile. Si noti il Substrato affiorante lungo l'asse fluviale.

L'unica opera di regimazione individuata è rappresentata da una briglia in calcestruzzo lungo il corso del K.7 (Foto 16 e Foto 61) localizzata a monte della vecchia pista ciclabile, mentre a valle di quest'ultima, lungo alcune linee d'impluvio, sono presenti scogliere cementate a protezione del ciglio della pista dall'erosione.



Foto 16: La briglia del rio B.7 come si presentava a maggio 2017; gli eventi pregressi avevano completamente ricoperto l'opera, ostruendo anche parte della pista ciclabile.



Foto 17: Scogliera cementata a valle della pista ciclabile, in corrispondenza del rio K.6. che si presentava asciutto. Si noti anche la presenza della barriera paramassi/debris flow a monte.

## 7. QUADRO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO LOCALE

L'area di studio è stata oggetto di rilevamento geologico-geomorfologico e idrogeologico le cui evidenze sono illustrate in Allegato 1.

La natura dei depositi che si rinvengono lungo le rive del lago è palesemente molto condizionata dalla quota del pelo libero del bacino; laddove l'oscillazione del livello determina la presenza, anche temporanea, di una corrente dell'Isarco con energia medio alta, la gran parte dei sedimenti più fini viene asportata e presa in carico dalle acque del fiume. Viceversa, nelle zone dove la presenza del bacino si traduce sostanzialmente in una corrente con bassa energia, la frazione più fine dei sedimenti trasportati da monte dall'Isarco ha modo di depositarsi.

Durante il rilevamento è apparsa da subito evidente una sostanziale differenza tra la sponda idrografica destra e sinistra.



Foto 18: Le due sponde del lago a confronto inquadrare dalla zona del forte asburgico. La sponda idrografica sinistra (sulla destra), poco antropizzata, acclive e rocciosa; la sponda idrografica destra (sulla sinistra), più dolce, molto antropizzata e con una presenza generalizzata di coperture quaternarie.

Lungo la sponda destra, il piede del versante a tergo del lago presenta un'acclività assai più contenuta, una ridotta presenza di affioramenti di granito e, soprattutto, una spintissima antropizzazione. La sponda opposta, per contro, vede affiorare diffusamente il substrato roccioso su versanti ripidi, con coperture quaternarie di spessori più limitati; qui l'intervento antropico si limita alla presenza dell'ex pista ciclabile e relative opere di protezione, dei tralicci della linea dell'alta tensione, dei bunker del Vallo Alpino e dei camminamenti.

## 7.1 SPONDA DESTRA DEL BACINO

Partendo dal ponte pedo-ciclabile, percorrendo la sponda in destra idrografica, a valle di un muro di sostegno, protetto al piede da una scogliera cementata, si rinvengono depositi fluviali di origine mista che qui si presentano come sabbie, ciottoli e blocchi da centimetrici a pluridecimetrici (Foto 19). Essi costituiscono sostanzialmente il terreno presente tra il piede del versante, il piazzale asfaltato e il corso dell'Isarco sino all'immissione del Rio Salceto nel lago.

Questi depositi sono più grossolani nei tratti in cui le acque dell'Isarco mantengono una maggiore energia mentre divengono via via più minuti fino a scomparire in corrispondenza delle zone periodicamente sommerse dalle acque del bacino e mai soggette a correnti fluviali di elevata energia.



Foto 19: depositi fluviali di origine mista fotografati visti dalle vicinanze del piazzale asfaltato (foto di sinistra) e dal ponte (foto di destra). Si noti la scogliera cementata a contatto con il muro di sostegno.

I depositi fluviali di origine mista si estendono anche a sud della SS12 a costituire la superficie pianeggiante, sino al piede del versante. Quest'ultimo è costituito da detrito di versante che qui è composto un deposito ben pedogenizzato con clasti da angolosi a sub-angolosi, da centimetrici a pluridecimetrici, fino a più di un mezzo metro di diametro equivalente; queste coperture sono da ricollegare ai processi di disfacimento e crollo, attuali e pregressi, degli affioramenti presenti alle quote superiori. La costruzione della ferrovia ha comportato sicuramente un parziale rimaneggiamento dei depositi naturali, ma limitatamente all'area indagata ad ovest del Rio Salceto, non si sono individuate grosse evidenze di questi interventi.

Il punto di immissione dell'Isarco all'interno del bacino al livello di minimo invaso è in stretta correlazione con il passaggio litologico da depositi fluviali di origine mista a limo e sabbia.

Il conoide misto non attivo generato dall'uscita a valle del Rio Salceto (Foto 20) è oggi appena percettibile, mascherato dai depositi fluviali e lacustri attuali che lo ricoprono, parzialmente eroso dall'Isarco nei periodi di minimo invaso e rimaneggiato dall'intervento antropico; era infatti lambito dal tracciato stradale antecedente la realizzazione della diga (sono ancora visibili i ruderi del muro a secco che sosteneva la strada - Foto 21), ospita oggi il tracciato della SS12, una piazzola in terra battuta e la fondazione di due piloni che sostengono il viadotto della A22.

Al di sotto dei sedimenti alluvionali e lacustri recenti sono da attendersi depositi più grossolani (miscele di ghiaia, sabbia con ciottoli e blocchi granosostenute, con ridotta frazione limosa), tipiche del conoide misto ed imputabili alle piene del Rio Salceto, che qui depositava i materiali presi in carico lungo il suo corso a monte.



Foto 20: L'area del conoide del Rio Salceto (evidenziata in bianco) e un dettaglio (foto di destra) dei depositi a carico del conoide (evidenziati in giallo nella foto di sinistra), parzialmente ricoperti dai depositi fini attuali.



Foto 21: I resti del muro a secco che sosteneva l'antico tracciato della statale, antecedente all'invaso, visibile sotto il viadotto dell'A22, nei pressi del conoide del Rio Salceto.

Proseguendo lungo le sponde in direzione sud-est, si rinvengono, nelle aree pressoché permanentemente sommerse (percorribili al momento del rilevamento grazie all'eccezionale livello di minima quota di vaso), limo e sabbia, mentre immediatamente a monte, le aree pianeggianti perennemente emerse sono costituite da depositi fluviali di origine mista certamente rimaneggiati durante la costruzione della nuova sede della strada statale (Foto 22).

A monte della Statale si incontra dapprima un detrito di versante analogo a quello che si ritrova ed ovest del Rio Salceto, qui in parte sostenuto da una gabbionata e solcato dalla pista ciclabile che qui guadagna dolcemente quota, allontanandosi dalla SS12.



Foto 22: Tra i conoidi del Rio Salceto e del Rio della Chiusa, limo e sabbia affiorano appena dalle acque del lago, più a monte si ritrovano depositi fluviali di origine mista.

Poco ad ovest dell'intersezione tra il viadotto dell'A22 e la SS12 i lavori per la costruzione dell'autostrada e lo spostamento della SS12 hanno comportato lo sbancamento di una porzione del versante che oggi ospita la fondazione di un pilone e la sede stradale.



Foto 23: Lo sbancamento del versante realizzato per la fondazione di un pilone del viadotto dell'A22 ha fatto affiorare il substrato roccioso.

Questo sbancamento ha portato alla luce un affioramento di Granito di Bressanone alto circa 5 m e lungo 130 m che testimonia la presenza del substrato sub-affiorante all'interno del versante nelle pertinenze di quell'area (Foto 23).

In corrispondenza del margine orientale di questo affioramento ha inizio un imponente muro di sostegno, alto circa 20 m, di un tratto di autostrada costruito in parte su rilevato artificiale. Al piede del muro corrono la pista ciclabile e la SS12, separate tra loro da alcune aiuole di terreno di riporto (Figura 6).



Figura 6: Il tratto di SS12 che corre al piede dell'imponente muro di sostegno dell'A22. Tra il muro e la statale corre la pista ciclabile, bordata da aiuole in terreno di riporto (da Google Earth Street View)



Foto 24: Il conoide di debris flow attivo del Rio della Chiesa a valle della SS12. Le dimensioni dei clasti variano dai 5-10 cm di diametro equivalente ad oltre il mezzo metro.

A valle della strada, anch'essa qui sostenuta da un muro di sostegno, si ritrova il conoide di colata detritica prodotto dal Rio della Chiesa.



Questo è costituito da un deposito misto con granulometrie che vanno dalle sabbie, ai ciottoli da sub-angolosi a sub-arrotondati, fino a blocchi anche superiori al mezzo metro di diametro equivalente.

L'ultimo evento di colata detritica censito sul Geobrowser risale al settembre 2009, quando i sedimenti trasportati ricoprono completamente la sede stradale, riversandosi nel lago (Foto 25).



Foto 25: L'evento del settembre 2009 in una fotografia estratta dal quotidiano "Dolomiten" del 5-6 settembre 2009.

L'aspetto del conoide del Rio della Chiusa doveva essere, antecedentemente alla costruzione della ferrovia e dell'autostrada, assai differente rispetto a come si presenta oggi; la gran parte del conoide, a monte della ferrovia, è stata evidentemente asportata durante i lavori per la costruzione delle due infrastrutture, lasciando sui fianchi vallivi due imponenti scarpate antropiche (Foto 26).



Foto 26: La porzione del conoide del Rio della Chiusa a monte della ferrovia. Sulla destra l'attuale canale sul quale scorre il rio; sulla sinistra un dettaglio della scarpata antropica prodotta dallo sbancamento che mette in luce la natura del deposito.

In generale l'attuale corso del rio risulta oggi fortemente canalizzato, a monte delle strutture viarie dalle scarpate sopra menzionate, mentre in corrispondenza delle strutture (autostrada, ferrovia, strada statale) da opere di regimazione idraulica e sottopassi.

L'attività conoidale del rio è stata quindi circoscritta alla porzione mediana, che tutt'oggi risulta sede di trasporto di sedimenti in regime di piena idraulica.

All'apice del conoide, in destra idrografica del Rio della Chiusa, è presente il bunker n°2 dello Sbarramento di Fortezza, semi interrato e mimetizzato (Foto 27).

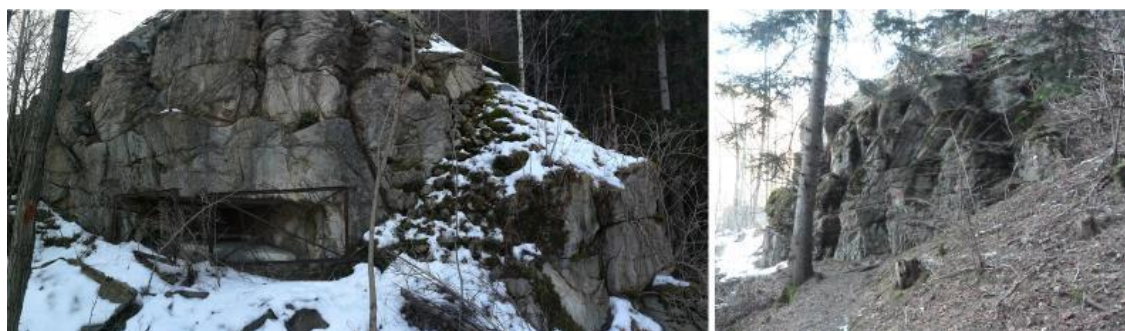


Foto 27: La porzione visibile dall'esterno del Bunker n°2 all'apice del conoide del Rio della Chiusa.

Ad est del conoide del Rio della Chiusa, lungo la sponda del lago, la SS12 corre dapprima su un rilevato costituito da deposito antropico, poi sostenuta da un muro di sostegno (Foto 34, in basso a sinistra) che aggetta direttamente sul lago nei momenti nei quali il livello di quest'ultimo raggiunge la quota di massimo invaso.



Foto 28: Il deposito antropico prodotto dal susseguirsi degli interventi realizzati in zona negli ultimi almeno 200 anni.

Circa 240 m a sud-est dell'uscita a valle del Rio della Chiusa ricompare il deposito antropico che si interpone tra la sede stradale e le aree periodicamente sommerse dalle acque del bacino. Questo deposito, costituito da terreni naturali rimaneggiati (ciottoli e clasti centimetrici, blocchi anche superiori al mezzo metro di diametro equivalente, variamente pedogenizzati e vegetati – Foto 28), si estende, sempre a valle della strada statale, fino allo sbarramento rappresentato dal Forte Asburgico fondato sopra uno sperone di granito.

Si è scelto di fornire, all'interno dell'Allegato 1 una discretizzazione del deposito antropico presente in quest'area suddividendolo in tre categorie riportate in carta (Foto 29):

- 1: clasti generalmente di diametro equivalente inferiore a 0,5 m, da spigolosi a sub-arrotondati, poco o per nulla pedogenizzati;
- 2: grossi blocchi e massi ( $\varnothing > 0,5$  m) sub-arrotondati, per nulla pedogenizzati;
- 3: depositi eterogenei e misti, variamente pedogenizzati e vegetati (da prati, arbusti e alberi)

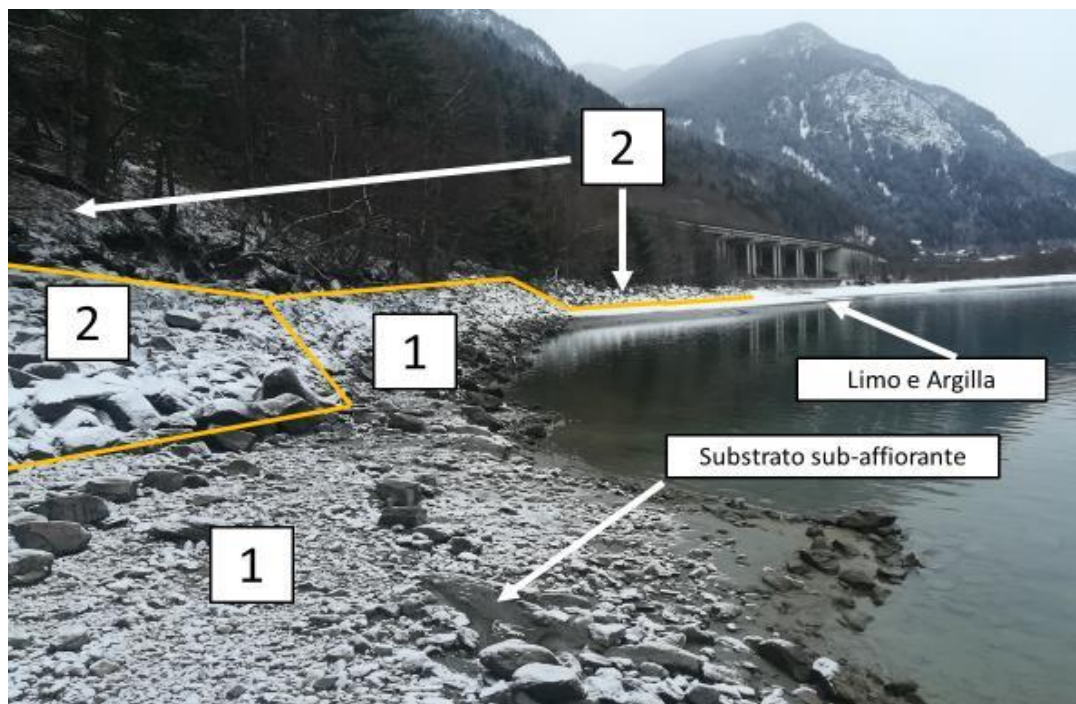


Foto 29: La suddivisione del deposito antropico presente nella porzione più orientale della sponda destra del lago, discretizzata in base alle dimensioni dei clasti e il loro grado di pedogenizzazione/vegetazione.

Il deposito è attualmente sostenuto da alcune gabbionate (Foto 30, sulla sinistra) ed ospitava, fino alla costruzione della diga, l'antica sede stradale della SS12, della quale restano visibili i muri di sostegno a secco (subito a sud-est della

penisola - Foto 30 e Foto 12) e le macerie del muretto ad arcate che fungeva da parapetto di valle (Foto 31). All'interno del deposito antropico sono presenti diversi muri di sostegno relativi alle rampe, strade e terrapieni delle pertinenze del forte, attualmente in parte dismessi (Foto 32).



Foto 30: Le gabbionate che sostengono la scarpata in deposito antropico al di sopra della quale corre oggi la SS12 (sulla sinistra) e i ruderi del muro a secco che sosteneva la sede stradale antecedente alla realizzazione dell'invaso che si ritrovano a sud est della penisola (sulla destra).

Circa 470 m a sud-est dell'immissione del Rio della Chiusa all'interno del lago, si ritrova l'uscita a valle del rio B.430, che fuoriesce da una condotta in cemento, asciutta al momento del rilevamento (Foto 31 – a sinistra evidenziata in giallo).



Foto 31: Le macerie del parapetto della vecchia strada che scendeva al Gasthof Unterau si ritrovano oggi sulle rive del lago in corrispondenza dell'uscita a valle del tretto tombato del rio B.430 (evidenziata in giallo).



Foto 32: I muri di sostegno dei terrapieni delle pertinenze del forte asburgico, parzialmente ricoperti dal deposito antropico e dalle attuali deposizioni riconducibili alle acque del lago.

Ad est dello sbocco del rio B.430, affiora a luoghi il Granito di Bressanone, a testimonianza della scarsa potenza delle coperture che in questa zona mascherano solo parzialmente il substrato (Foto 33).



Foto 33: Affioramenti di Granito di Bressanone presenti nelle pertinenze della fortezza, nei pressi del margine orientale dell'area di studio.

A valle della SS12 e del deposito antropico, nella zona compresa tra il Rio della Chiusa e il B.430, i terreni sono costituiti da limo e sabbia che vengono attualmente deposti dalle acque del lago. L'evidente penisola, parzialmente vegetata a prato e boschetti di salice, periodicamente in gran parte sommersa, coincide con una propaggine topografica, antecedente all'invaso, ove sorgeva il Gasthof Unterrau (Foto 5); dalla topografia del 1938 (Figura 2) e dalle immagini storiche (Foto 3 e Foto 35) si intuisce come quest'area si presentasse come una superficie piuttosto regolare e poco inclinata, che si estendeva sino all'inizio della forra dell'Isarco (Foto 6), sulla quale si affacciava per mezzo di una parete alta una ventina di metri.



Foto 34: Limo e sabbia ricoprono i terreni della penisola (foto a destra in alto) fino al conoide del Rio della Chiusa (sinistra in alto) e si estendono verso sud est a valle del muro di contenimento della SS12 (in basso a sinistra) sino alla zona di uscita del rio B.430 da dove è stata scattata la foto in basso a destra.



Foto 35: Cartolina del 1937 che ritrae la vecchia strada che scende al Gasthof Unterrau e il morbido declivio sul quale questo sorgeva.

Ad est della foce del Rio B.430, limo e sabbia vengono meno, lasciando posto, come sopra descritto, ai depositi antropici che ricoprono il Granito di Bressanone sub-affiorante; questa evidenza è in accordo con la planimetria del 1938 e con la batimetria del 1989 dalle quali si evince come in quella zona l'inclinazione del versante sia molto elevata e coincida sostanzialmente con un'ansa destra della forra dell'Isarco pre-invaso (Figura 7).

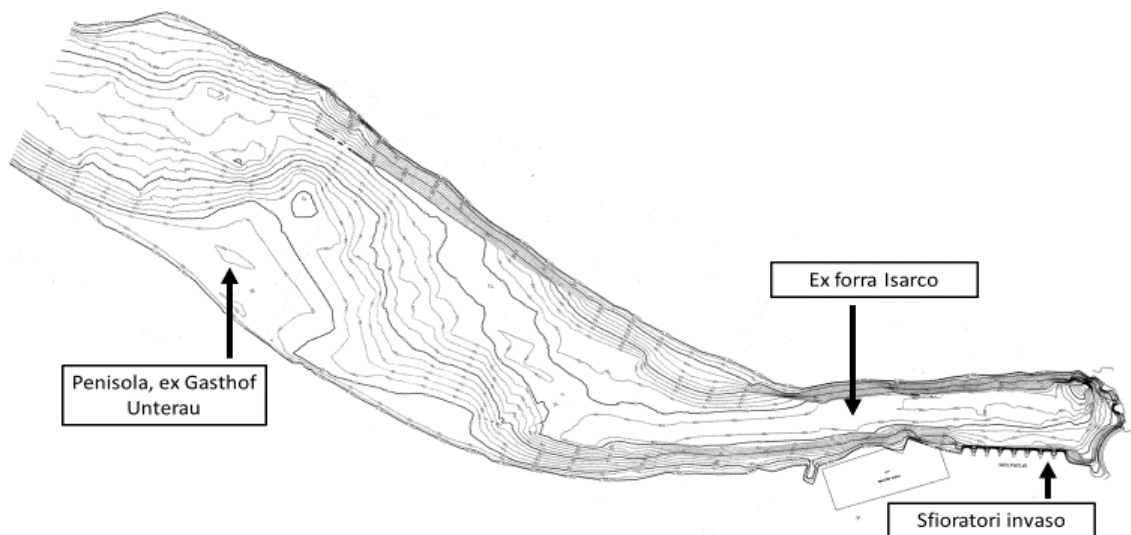


Figura 7: La batimetria del 1989 con indicata la posizione della penisola in corrispondenza dell'ex Gasthof Unterrau e la forra dell'Isarco oggi quasi interamente sommerse.

Nell'area a monte della SS12 e sottesa al viadotto dell'A22, compresa tra i due imponenti muri di sostegno dei rilevati autostradali e la scarpata antropica a valle della ferrovia, si ritrova detrito di versante, fortemente pedogenizzato e blandamente vegetato, parzialmente riprofilato e rimaneggiato dall'intervento antropico in occasione della costruzione della ferrovia prima e del viadotto dell'A22 e relativi piloni poi (Foto 36).



Foto 36: Il tratto di pista ciclabile sottostante il viadotto dell'A22 che attraversa il detrito di versante rimaneggiato.

Questa zona è attraversata dalla pista ciclabile (Foto 36) che corre tra la SS12 e la ferrovia, sostenuta anche con l'impiego di piccoli muri di sostegno, sia a monte che a valle. In corrispondenza del margine sud orientale dell'area di studio, a monte della strada statale, lo sbancamento del versante realizzato nel contesto dell'edificazione del forte, ha portato alla luce un affioramento di Granito di Bressanone (Figura 8). Sfruttando questo affioramento è stato realizzato un piccolo edificio difensivo (area urbanizzata) facente parte delle pertinenze della fortezza asburgica.





Figura 8: Lo sbancamento, l'edificio, l'affioramento di granito e il muro di sostegno al limite sud orientale dell'area di studio (da Google Earth Street View)

A tergo dell'affioramento e dell'edificio, il versante è costituito da detrito di versante, riprofilato e sostenuto, nella sua porzione più occidentale, da un ulteriore muro di sostegno (Figura 8) a tergo della strada.

## 7.2 SPONDA SINISTRA DEL BACINO

La spalla del ponte ciclabile in sinistra idrografica all'Isarco è fondata su di un evidente affioramento di Granito di Bressanone, alto circa 2-3 m, che si estende orizzontalmente per una quarantina di metri a livello del fiume, parzialmente ricoperto al piede da depositi fluviali di origine mista composti da ciottoli sub-arrottondati < 10 cm di diametro, ghiaie e sabbie (Foto 19 – sulla sinistra - e Foto 37).



Foto 37: La spalla del ponte in sinistra idraulica all'Isarco; sono visibili l'affioramento di Granito di Bressanone, i depositi fluviali di origine mista, i muri di sostegno e il detrito di versante (a valle e a monte della ciclabile).

Come già descritto per la sponda destra, la natura dei sedimenti che si rinvencono a margine del corso dell'Isarco è determinata dall'energia della corrente fluviale, a sua volta condizionata dall'oscillazione del livello d'invaso del lago.

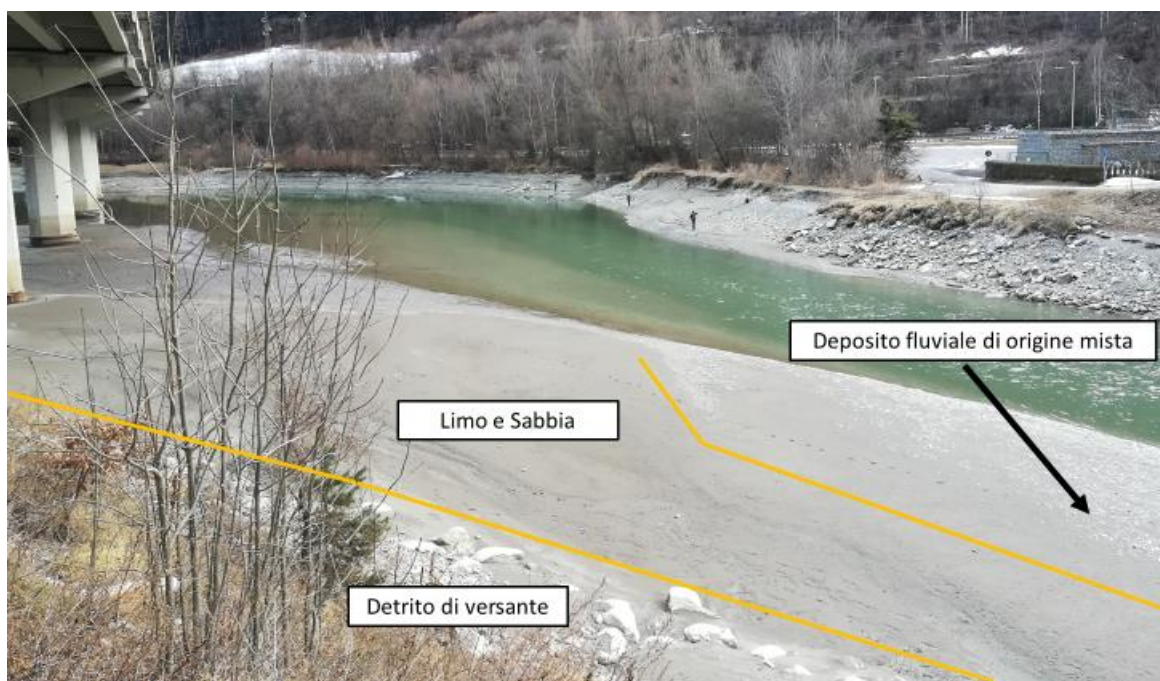


Foto 38: Il limite tra deposito fluviale di origine mista e limo e sabbia. Verso monte, in sinistra idrografica compare il detrito di versante.

I depositi fluviali di origine mista bordano il corso dell'Isarco per 50 m circa a valle del ponte, in quella zona dove la corrente del fiume mantiene una certa energia; dove la sezione fluviale si amplia, ad est dei depositi descritti compaiono limo e sabbia (Foto 38), a testimonianza di una zona a più debole energia ove i sedimenti più fini hanno modo di depositarsi.

Il livello basso dell'invaso ha permesso di identificare la presenza di questi sedimenti fini nell'area pianeggiante sottostante il viadotto dell'A22, sino 200 m circa a sud-est del primo pilone del viadotto stesso (Foto 39).



Foto 39: La vasta superficie interessata dalla presenza di limo e sabbia che il livello d'invaso molto basso ha reso rilevabile.

Il piede del versante a monte del deposito di limo e sabbia vede la presenza diffusa di affioramenti di Granito di Bressanone, obliterati in superficie da detrito di versante (Foto 40), qui costituito da blocchi da pluricentrici a pluridecimetri a clasti sub-arrotondati.

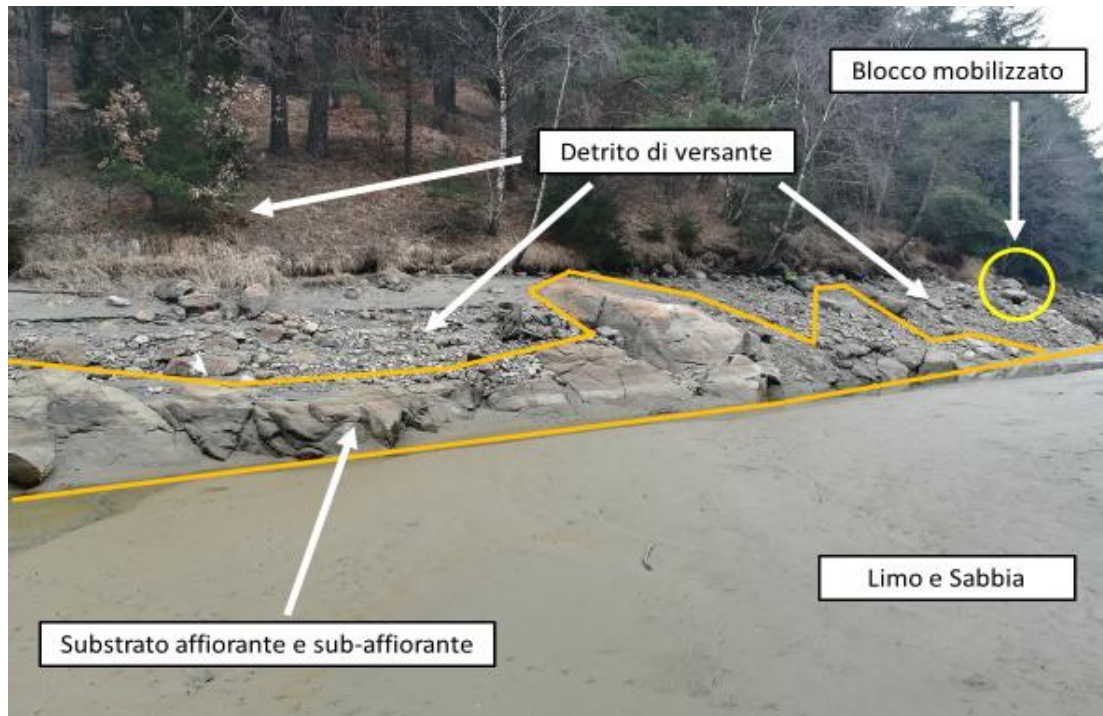


Foto 40: Un affioramento di Granito di Bressanone a monte della superficie pianeggiante in limo e sabbia solitamente sommersa. Il detrito di versante ed alcuni blocchi mobilizzati ricoprono a luoghi il substrato.

Alcuni blocchi presenti sulla riva del lago superano il mezzo metro di diametro equivalente; si è scelto di introdurre per questi blocchi il termine “blocco mobilizzato”, modificando la dicitura proposta dalla ex legenda IFFI 2013 “blocco mobilizzabile”. Si rinvengono altresì tracce della presenza di morena rappresentate da grossi blocchi (blocchi mobilizzati - Foto 40) alloctoni (di litologie non affioranti in loco) molto arrotondati (Foto 9).



Foto 41: Due esempi di detrito di versante. Sulla sinistra detrito più fresco, prodotto da crolli alle quote superiori; sulla destra un'area in cui si presenta ben pedogenizzato, più boscato e meno attivo.

Alle quote superiori, nella sua porzione più occidentale, fino a 170 m circa a sud-est del cavalcavia, il versante boscato è completamente ricoperto da detrito di versante (Foto 41 e Foto 10), generalmente ben pedogenizzato e vegetato, costituito da clasti dall'angoloso al sub-arrotondato, che solo raramente superano il mezzo metro di diametro equivalente. Questi materiali sono il prodotto dei crolli pregressi avvenuti alle quote superiori, ben documentati anche nel database IFFI, e dal disfacimento della roccia attualmente occultata da queste coperture.

Sono stati riportati in Allegato 1 anche alcuni segni di impatto sugli alberi generati dalla caduta e il rotolamento di massi lungo il pendio. (Foto 42).



Foto 42: Segni di impatto (evidenziati in giallo) e arresti sugli alberi nella zona ad ovest del rio K.1.

La dismessa pista ciclabile sale dolcemente dalla spalla del ponte, bordata a monte da un piccolo muro di sostegno al versante, attraversando il viadotto dell'A22 soprastante, tra il primo pilone (protetto da una scogliera di massi ciclopici), e il grosso muro di sostegno da cui il cavalcavia diparte (Foto 43).



Foto 43: La pista ciclabile nel tratto del sottoattraversamento del viadotto autostradale. Sono visibili il grande muro di sostegno dell'A22, quello più piccolo che borda la ciclabile e la scogliera in massi ciclopici retrostante il primo pilone del viadotto.

Al culmine della salita, dalla pista ciclabile, diparte una pista dismessa che conduce all'antica strada romana. A monte di questa è posizionata una barriera paramassi a protezione di quel tratto dell'A22, compreso tra la fine del viadotto e l'imbocco della galleria (Foto 44).



Foto 44: La paramassi a protezione del tratto dell'A22 compreso tra la galleria e l'inizio del viadotto.

La viabilità in genere, lungo tutto il versante, è sovente sostenuta, a valle e monte, da scogliere di massi ciclopici laddove l'acclività del versante si fa più accentuata.



Foto 45: Il sentiero a mezzacosta che corre sotto la linea dell'alta tensione in una zona mantenuta disboscata.

Un sentiero, che si raccorda alla ciclabile nella zona compresa tra i due corsi d'acqua temporanei K.2 e K.3, corre a mezzacosta al limite settentrionale dell'area indagata, in quella zona mantenuta priva di bosco corrispondente ai tralicci della linea dell'alta tensione (Foto 45).

I due corsi d'acqua temporanei K.8 e K.0, asciutti al momento del rilevamento, coincidono, nel tratto del loro corso all'interno dell'area di studio, con due incisioni poco marcate del versante.

Affioramenti di Granito di Bressanone a monte del tracciato della pista ciclabile si ritrovano a partire da 90 m circa ad ovest del rio effimero K.1 (corso d'acqua temporaneo) e lungo il suo corso (Foto 15). Venendo da ovest il substrato appare come sub-affiorante (Foto 46), ma proseguendo verso est, dà luogo ad una bancata rocciosa con evidenze di instabilità, riportata in carta come area soggetta a crolli e ribaltamenti con blocchi di diametro equivalente compreso tra gli 0,5 e i 2 m (Foto 47).



Foto 46: Granito di Bressanone sub-affiorante nell'area ad est del rio K.1.



Foto 47: Area soggetta a crolli e ribaltamenti ( $\varnothing = 0,5 \div 2$  m) ad ovest del corso del rio K.1.



Foto 48: Blocco mobilizzabile con evidenza di scalzamento al piede.

Lungo il versante si rinvencono vari blocchi (Foto 48) mobilizzabili prodotto dei crolli avvenuti più a monte.

Il versante a tergo della pista ciclabile, in corrispondenza dell'attraversamento del rio K.1, così come in altri settori del tracciato, è localmente sostenuto da scogliere di massi ciclopici.

In asse al rio K.1 il substrato affiorante è localmente ricoperto da detrito di versante (Foto 49) ed altri blocchi mobilizzabili; si tratta di materiali prodotti dal disfacimento dell'ammasso roccioso che pervengono lungo il corso del rio trasportati a valle dalla gravità per poi essere rimaneggiati dalle piene in occasione delle intense precipitazioni.



Foto 49: Il detrito di versante che ricopre a chiazze il substrato roccioso lungo il corso del rio effimero K.1.

A monte della ciclabile, immediatamente ad est dell'incisione del rio K.1, è presente un deposito a grossi blocchi (con diametro equivalente superiore a 0,5 m) riconducibile a processi di crollo avvenuti alle quote superiori (Foto 50).



Altre aree interessate dalla presenza di un deposito a grossi blocchi si ritrovano a monte del sentiero a mezzacosta, tra il corso del rio K.1 e quello del K.2 e a valle della pista ciclabile tra il K.2 e il K.3.



Foto 50: Il deposito a grossi blocchi ad est del rio K.1. Sulla sinistra fotografato nella zona del sentiero di monte, sulla destra nel bosco tra pista ciclabile e il sentiero.

A valle di quest'ultimo deposito, sulle rive del lago, in una superficie semi pianeggiante periodicamente sommersa, compaiono nuovamente limo e sabbia, attualmente in deposizione, che danno luogo a una "spiaggetta" (Foto 51).



Foto 51: La "spiaggetta" in limo e sabbia presente tra il rio K.2, K.3 e K.4.

Ad est dell'incisione del corso d'acqua temporaneo K.2, a monte del tracciato della pista ciclabile, affiora diffusamente il Granito di Bressanone, ricoperto solo puntualmente dal detrito di versante.



Foto 52: L'area soggetta a crolli e ribaltamenti ( $\varnothing = 0,5 \div 2$  m) presente nella zona a monte della ciclabile compresa tra i rii effimeri K.2 e K.5.

Questi affioramenti coincidono, grossomodo fino al corso del rio effimero K.5, con un'area soggetta a crolli e ribaltamenti con blocchi di diametro equivalente compreso tra gli 0,5 e i 2 m (Foto 52).

I dissesti sono generati dal disfacimento della parte superficiale della

roccia, che si presenta con una serie di piani a franapoggio visibilmente alterati dall'azione degli agenti atmosferici.

I clasti prodotti da questi dissesti possono frantumarsi ulteriormente durante il crollo ed accumularsi lungo il pendio alimentando il detrito di versante o, nel caso dei blocchi di dimensioni maggiori, pervenire al lago.

In corrispondenza dell'attraversamento del rio K.5, lo sbancamento del versante a tergo della pista ciclabile, ha esposto un'area soggetta a crolli e ribaltamenti con blocchi di diametro equivalente inferiore agli 0,5 m (Foto 53).



Foto 53: L'area soggetta a crolli e ribaltamenti ( $\varnothing < 0,5$  m) in corrispondenza dell'attraversamento del rio K.5. Anche qui l'alterazione dell'ammasso appare molto spinta.

Nella porzione di versante compresa tra i rii K.4, K.5, K.6 e K.7.5 sono visibili le feritoie e gli accessi ai locali dell'opera n°1 dello Sbarramento di Fortezza (bunker). Nell'Allegato 1 sono riportati, con simbolismo specifico, i punti nei quali si ritrovano una o più di queste strutture mimetiche e semi interrato (Foto 4), collegate tra loro all'esterno per mezzo di camminamenti e sentieri, ad oggi blandamente mantenuti e sfalciati, ed in sotterraneo per mezzo di tunnel, dei quali non si è rinvenuta una specifica planimetria.

Una barriera paramassi ed una scogliera in massi ciclopici cementati proteggono, l'una a monte e l'altra a valle, la sede della pista ciclabile in corrispondenza del rio K.6; la prima dalla caduta massi prodotta dai dissesti alle quote superiori e da fenomeni di debris flow, la seconda dall'erosione del ciglio (Foto 54).



Foto 54: La barriera paramassi (sulla sinistra) e la scogliera (destra) in corrispondenza dell'attraversamento del rio effimero K.6.

Ad est della barriera paramassi la scarpata a tergo della ciclabile è rivestita con una rete in aderenza rinforzata da funi di acciaio a protezione (solo parziale e limitata alla parte sub-verticale direttamente aggettante sul tracciato) dalla caduta massi (Foto 55).



Foto 55: La rete in aderenza ad est del rio K.6. Sulla sinistra un dettaglio della sua parte superiore, sulla destra una vista generale.

Il versante soprastante costituisce infatti un'area soggetta a crolli e ribaltamenti con blocchi di diametro equivalente compreso tra gli 0,5 e i 2 m. Il dissesto si estende anche localmente verso valle, in corrispondenza dell'affioramento messo a nudo con lo sbancamento effettuato per la realizzazione di una feritoia del bunker n°1 (Foto 56), e più a valle, tra il rio K.6 e il K.7.5 (Foto 57).



Foto 56: Una feritoia (evidenziata in giallo) del bunker n°1 per la cui realizzazione è stato effettuato lo sbancamento che ha messo a luce un'area soggetta a crolli e ribaltamenti ( $\varnothing = 0,5 \div 2$  m).



Foto 57: L'area soggetta a crolli e ribaltamenti ( $\varnothing = 0,5 \div 2$  m) a valle della ciclabile tra il rio K.6 e il K.7.5.

In generale il versante ad est del rio K.4, sino al limite dell'area indagata, vede una diffusa presenza di substrato affiorante o sub-affiorante, obliterato dal detrito di versante che lo ricopre con spessori apparentemente contenuti (Foto 58).

L'ammasso roccioso, a luoghi anche intensamente fratturato ed alterato, presenta localmente segni di dissesti i cui prodotti (detrito di versante, blocchi mobilizzabili, segni di impatto) si rinvencono diffusamente su tutto il pendio (Foto 59).



Foto 58: L'aspetto del versante in orografica sinistra nei pressi del limite orientale dell'area di studio. L'ammasso affiorante o sub-affiorante genera superfici a franapoggio, parzialmente ricoperte da limitati spessori di detrito di versante.



Foto 59: Segni di impatto su un pino a valle della pista ciclabile, nella zona compresa tra il rio K.6 e il K.7.5

Detrito e singoli blocchi possono rotolare sopra e/o scivolare sulle vistose superfici a franapoggio per poi convergere all'interno degli impluvi dei rii effimeri, dove, in occasione delle precipitazioni intense, vengono periodicamente presi in carico dalle piene che li trasportano e depositano alla base del versante in corrispondenza dell'uscita a valle dei rii (Foto 60).

A protezione della pista ciclabile da eventi di crollo e debris flow, alla confluenza dei rii K.7.5 e B.7, è stata costruita, subito a monte del tracciato, la briglia, già citata nel paragrafo 6.4, atta a trattenere parte dei materiali trasportati e a ridurre l'energia del flusso (Foto 16 e Foto 61).



Foto 60: Il punto di immissione del rio K.7.5 all'interno del lago. Il detrito mobilizzato si deposita al piede laddove cala la pendenza.



Foto 61: Il rio B.7 completamente asciutto e la relativa briglia, svuotata dal detrito che a maggio 2017 la ricopriva totalmente.

## 8. MODELLAZIONE GEOLOGICA

Per la definizione del modello geologico ci si è basati sui dati derivanti dal rilievo geologico, geomorfologico ed idrogeologico realizzato nell'area di studio, sui dati bibliografici citati nel Capitolo 2 "Informazioni di base" (tra cui le planimetrie storiche del 1858, 1938 e la batimetria del 1989), nonché sui risultati delle indagini geognostiche specificamente eseguite per il presente studio di cui al Paragrafo 3.1.2.

L'interpretazione dei risultati delle indagini ha permesso di riconoscere diverse unità geo-litologiche (UG) e di definirne i limiti stratigrafici. Per unità geo-litologica si intende un volume significativo di terreno caratterizzato da una specifica storia geologica, in termini di facies di formazione e successiva evoluzione, che ne determina la natura litologica, sia essa classificabile come roccia o terreno.

### 8.1 INTERPRETAZIONE DELLE INDAGINI

I sondaggi S2 e S3, eseguiti in corrispondenza della penisola descritta all'interno del paragrafo 7.1, hanno individuato gli spessori delle unità geo-litologiche presenti. Per quanto riguarda i depositi lacustri attuali (UG 1) di sabbia e limo (Foto 62), nel caso dell'S2 questi si ritrovano fino alla profondità di 9,30 m dal piano campagna, nell'S3 fino a 1,5 m dal p.c..



Foto 62: La cassetta relativa ai 5 - 10 m di profondità dove sono stati carotati i depositi lacustri attuali della UG 1.

Al di sotto di questi depositi più fini i sondaggi attraversano un deposito di debris flow con intercalazioni di deposito alluvionale/torrentizio (UG 2) composto da una miscela di ghiaia e sabbia con ciottoli e blocchi. Nell'S3 si incontrano, a partire dai 12,75 m di profondità, depositi di sabbia con limo debolmente argillosa e di sabbia medio/grossolana, da debolmente ghiaiosa a ghiaiosa.



Foto 63: Dettagli del deposito di debris flow con intercalazioni di deposito alluvionale/torrentizio carotati nei sondaggi S2 e S3.

La frazione più grossolana dei clasti che costituiscono questa unità geolitologica si presenta come vistosamente poligenica; alcune delle litologie delle quali le ghiaie, i ciottoli e i blocchi sono costituiti, affiorano alle quote più alte nei versanti in destra idrografica al lago (Fillade Quarzifera di Bressanone e Aureola di Contatto), ma altre si ritrovano invece a molti chilometri di distanza (ad esempio il Marmo di Racines). Si tratta evidentemente di materiali misti, in parte depositati dalle colate detritiche del Rio della Chiusa, in parte trasportati dalle acque dell'Isarco che aveva precedentemente preso in carico depositi morenici degli ultimi glaciali (tipicamente poligenici e alloctoni) presenti più a monte nel suo bacino idrografico. La forma da sub-arrotondata ad arrotondata di molti di questi ciottoli e ghiaie avvala questa interpretazione (Foto 63).



L'eterogeneità dell'UG 2 è data dalla complessità dell'ambiente nel quale questi materiali si sono depositati. In generale, l'attuale assetto della sponda destra è il risultato del susseguirsi di dinamiche erosive e deposizionali diverse: erosione ed eventi alluvionali riconducibili all'Isarco, anche antecedenti il suo inforramento, colate detritiche prodotte dagli affluenti destri, apporti di detrito di versante da monte. Inoltre, l'intervento antropico, come già ampiamente illustrato, ha aggiunto ulteriori elementi di complessità per la definizione del modello geologico.

Il rinvenimento nell'S3 dello strato potente più di 2 m (fino a fondo foro) costituito da sabbia con limo debolmente argillosa e da sabbia medio/grossolana, da debolmente ghiaiosa a ghiaiosa, può essere riconducibile ad alluvioni dell'Isarco che nel passato potrebbe avere avuto un corso differente rispetto a quello descritto dalle carte e dalle immagini storiche, dalle quali si evince chiaramente la presenza della forra ancora parzialmente individuabile nella batimetria del 1989. La forra potrebbe essersi generata gradualmente e il corso dell'Isarco precedente all'approfondimento della gola poteva prevedere un andamento ad anse, al cui margine potevano deporsi i terreni che si ritrovano sul fondo del sondaggio S3. Un'altra ipotesi che giustifica la presenza di questi depositi è quella che individua, in corrispondenza del foro S3, una porzione distale del conoide del Rio della Chiusa; in questo caso, è plausibile ipotizzare che la frazione più fine del trasporto solido della colata detritica potrebbe essersi qui depositata, mentre la frazione contenente i clasti più voluminosi veniva trasportata e deposta lungo il canale principale del conoide di debris flow.

L'ammasso roccioso costituisce un'ulteriore unità geo-litologica (UG 3), non raggiunta da nessuno dei due sondaggi geognostici.

Il sondaggio S2 ha raggiunto la profondità di 29 m da p.c. a carotaggio continuo, quindi è stato approfondito fino ai 33 m con carotaggio a distruzione nell'intento (vano) di raggiungere la quota del substrato roccioso.

Il sondaggio S3 ha raggiunto i 15 m di profondità a carotaggio continuo, anch'esso senza entrare in roccia.

Le stratigrafie dei due sondaggi hanno permesso di tarare i risultati delle prove HVSR eseguite (una esattamente in corrispondenza del foro dell'S2 – si vedano gli Allegati 3 e 4).

Si tratta di prove sismiche passive (registrazione del rumore sismico ambientale) che consentono di distinguere in profondità diversi "sismostrati" (strati di terreno caratterizzati da una risposta sismica specifica).

Le differenze nella risposta sismica dei diversi sismostrati può dipendere dalle seguenti condizioni:

- cambio litologico (passaggio da terreno sciolto a substrato roccioso);
- cambio litologico tra terreni sciolti di diversa natura (terreni incoerenti e terreni coesivi);
- cambio di stato della consistenza del terreno (da sciolto/soffice a addensato/semisolido);
- passaggio tra rocce di diversa natura;
- passaggio tra roccia di diverso grado di alterazione/fratturazione.

L'indagine HVSR1, eseguita in corrispondenza del sondaggio S2, ha registrato tre sismostrati ben definiti:

- il primo, dal piano campagna fino alla profondità di 8,5 m, caratterizzato da velocità delle onde S comprese tra 245 e 390 m/s tipiche di "Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti" (Categoria C, Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo, § 3.2.2 delle NTC);
- il secondo, da 8,5 m fino a 38,5 m dal p.c., caratterizzato da velocità delle onde S pari a 460 m/s tipiche di "Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti" (Categoria B, Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo, § 3.2.2 delle NTC);
- Il terzo da 38,5 m fino ad infinito da p.c., caratterizzato da velocità delle onde S comprese tra 830 e >1050 m/s tipiche di "Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi" (Categoria A, Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo, § 3.2.2 delle NTC).

I primi 30 m di substrato roccioso hanno Vs inferiori, a testimonianza della presenza di rocce in superficie presumibilmente più alterate e con maggior grado di fratturazione rispetto agli strati più profondi.

Anche l'indagine HVSR2 ha registrato sismostrati ben definiti a profondità diverse:

- il primo, dal piano campagna fino alla profondità di 1,5 m, caratterizzato da velocità delle onde S pari a 174 m/s tipiche di "Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti" (Categoria D, Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo, § 3.2.2 delle NTC);
- il secondo, da 1,5 m fino a 8,5 m da p.c., caratterizzato da velocità delle onde S comprese tra 310 e 340 m/s tipiche di "Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti" (Categoria C, Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo, § 3.2.2 delle NTC);
- il terzo, da 8,5 m fino a 36,5 m da p.c., caratterizzato da velocità delle onde S pari a 490 m/s tipiche di "Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti" (Categoria B, Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo, § 3.2.2 delle NTC);
- Il quarto da 36,5 m fino ad infinito dal p.c., caratterizzato da velocità delle onde S comprese tra 850 e >1100 m/s tipiche di "Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi" (Categoria A, Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo, § 3.2.2 delle NTC).

Anche lungo la verticale d'indagine HVSR2 i primi 28 m di substrato roccioso hanno Vs inferiori, a testimonianza della presenza di rocce in superficie presumibilmente più alterate e con maggior grado di fratturazione rispetto agli strati più profondi.

L'indagine HVSR3, eseguita in sponda sinistra, ha registrato, sotto una coltre detritica di 0,15 m, ininfluenza ai fini stratigrafici, la presenza di più sismostrati ascrivibili complessivamente ad "Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi" (Categoria A, Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo, § 3.2.2 delle NTC).

Le Vs variano con la profondità e sono comprese tra i valori di 900 e >1900 m/s, a riprova del netto miglioramento qualitativo dell'ammasso roccioso sin dai primi metri (5,15 m dal p.c.) con la profondità.

## 8.2 DESCRIZIONE DEL MODELLO

Il modello geologico della porzione di territorio indagata ne fornisce una descrizione della natura geologica del sottosuolo e ne descrive i rapporti geometrici.

Esso rappresenta un costrutto logico derivante dai dati a disposizione nel momento nel quale viene formulato ed è soggettivo, in quanto frutto dell'interpretazione del tecnico che lo redige. Queste caratteristiche lo rendono intrinsecamente affetto da una certa dose di incertezza, rappresentata in Allegato 2 con alcuni punti interrogativi posizionati sui limiti incerti tra le diverse unità geo-litologiche.

### 8.2.1 EVOLUZIONE VALLIVA

L'area di studio, come descritto nel capitolo 5, vede affiorare come unica litologia rocciosa il Granito di Bressanone. La Fillade Quarzifera di Bressanone e l'aureola di contatto affiorano, a quote superiori, a sud dell'area indagata.

L'attuale Valle Isarco ricalca sostanzialmente quella che, durante gli ultimi massimi glaciali, era la sede dello scorrimento del ghiacciaio che muoveva dalle creste di confine verso la pianura padana, alimentato dalle molteplici lingue glaciali che giungevano dalle valli laterali confluendo nella principale. La tipica forma ad U della sezione valliva e la presenza diffusa di depositi morenici, anche a quote ben superiori a quelle di fondovalle, sono evidenze del passaggio di una coltre di ghiaccio potente diverse centinaia di metri che ha eroso e levigato il substrato roccioso definendone le principali caratteristiche geometriche.

A seguito delle ultime intermittenti fasi di ritiro, i sedimenti presi in carico e trasportati dai ghiacci sono stati depositati lungo i versanti (till indifferenziato e/o di contatto) e soprattutto sul fondovalle (till d'alloggiamento), ricoprendo a luoghi il substrato roccioso.

La scomparsa dei ghiacci dai versanti ha comportato la loro esposizione agli agenti atmosferici, in particolare all'alternanza gelo-disgelo (crioclastismo) e ad evidenti escursioni termiche giornaliere (termoclastismo), alla pioggia e al conseguente ruscellamento. L'azione disgregante ed erosiva, da questi esercitata nei confronti degli ammassi rocciosi e dei depositi morenici ha prodotto grandi quantità di detrito e l'erosione causata dal ruscellamento ha generato ed approfondito le incisioni laterali alla valle, in buona parte impostate su lineamenti tettonici preesistenti, cui corrispondono punti di debolezza dell'ammasso roccioso.

Eventi franosi di vario genere hanno interessato, ed interessano attualmente, volumi di roccia e di terreni sciolti (scivolamenti traslativi e rotazionali, crolli più o meno disastrosi), anche di grandi dimensioni (deformazioni gravitative profonde di versante riconducibili al detensionamento vallivo post glaciale).

Le coltri detritiche, alimentate dalla disgregazione del substrato, si sono concentrate al piede delle pareti rocciose e lungo i bacini dei rii laterali alla valle principale che tutt'oggi le prendono in carico durante gli eventi meteorici più intensi, producendo colate di detrito (debris flow) più o meno importanti. All'alimentazione dei debris flow hanno contribuito, specialmente nelle fasi del post-glaciale precedenti all'attuale, le abbondanti coperture moreniche presenti.

Il susseguirsi degli eventi di colata detritica ha dato origine ai numerosissimi conoidi di deiezione che bordano attualmente il corso dell'Isarco. Il suo andamento lungo il fondo valle (qui più aderente al versante in destra orografica, qui più a quello in sinistra) è di fatto il risultato del suo farsi strada attorno ai conoidi di colata detritica in "pulsante" evoluzione, erodendone il piede ed asportandone talvolta la porzione distale.

Il costante apporto di materiale proveniente dalle valli laterali, nonché da tutto il bacino idrografico a monte della sezione fluviale di interesse e la loro continua presa in carico da parte dell'Isarco determina una grande disponibilità di trasporto solido che si traduce in un alto tasso di sedimentazione sul fondale del bacino, dove l'energia della corrente, quindi la sua capacità di trasporto, cala drasticamente. Il confronto tra la planimetria del 1938 e la batimetria del 1989 individua una differenza di circa 15 m tra la quota dell'originario letto dell'Isarco pre-invaso ed il fondale del lago a 60 anni circa dalla realizzazione del bacino.

Attualmente queste dinamiche hanno subito una drastica modifica. L'intervento antropico, che ha portato alla regimazione dell'Isarco e di molti dei rii che producono le colate detritiche, la puntuale rimozione di gran parte dei materiali da queste prodotte, la riprofilatura dei versanti e la creazione dell'invaso artificiale hanno repentinamente compromesso la naturale evoluzione valliva governata dai classici processi geomorfologici descritti in questo paragrafo.

## 8.2.2 DESCRIZIONE DELLE SEZIONI

L'evoluzione descritta nel paragrafo precedente ha determinato, nel contesto dell'area di studio, le geometrie dei limiti tra le diverse unità geo-litologiche riportate nelle due sezioni longitudinale (AB) e trasversale (CD) alla valle, di cui all'Allegato 2 (le tracce delle sezioni sono visibili in Allegato 1 e 3 - Figura 9).

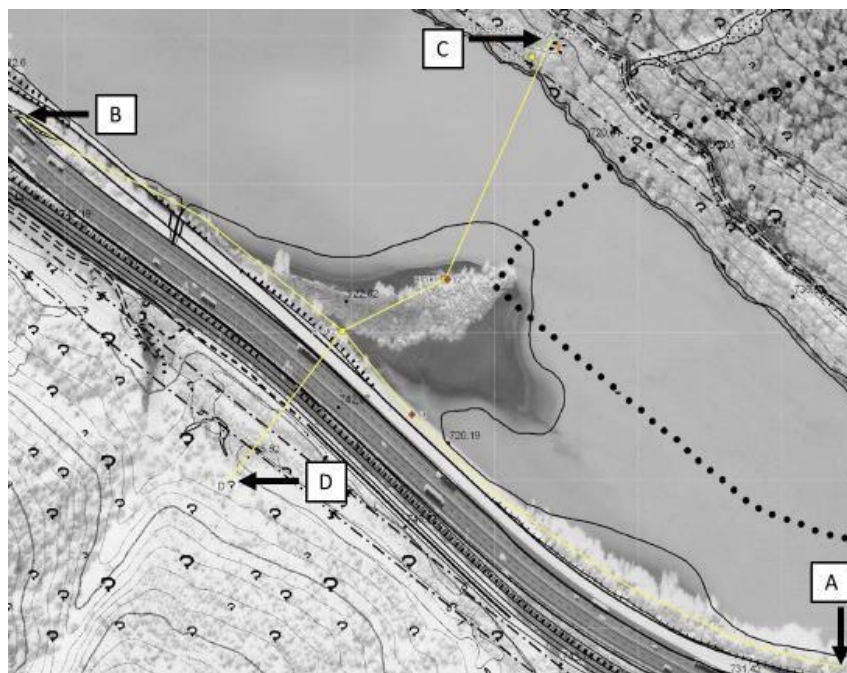


Figura 9: Stralcio dell'Allegato 3 che riporta le tracce delle sezioni in planimetria.

### 8.2.2.1 SEZIONE LONGITUDINALE ALLA VALLE IN SPONDA DESTRA

La sezione longitudinale (Figura 10), in destra idrografica, collega due punti in cui affiora il Granito di Bressanone; il punto A (Foto 29), nei pressi del forte, a sud-est, ed il punto B, nei pressi dell'inizio del viadotto autostradale, al di sopra della SS12 (Foto 23).

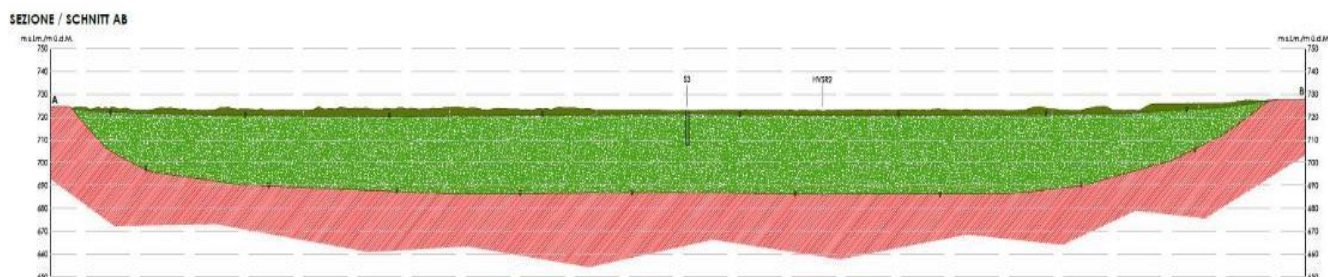


Figura 10: Stralcio dell'Allegato 2 che riporta la sezione AB (A sulla sinistra, B sulla destra).

L'andamento del limite tra il substrato roccioso (UG 3) e il deposito di debris flow con intercalazioni di deposito alluvionale/torrentizio (UG 2) soprastante è in accordo con i risultati del sondaggio S3 e dell'indagine HVSR2 (entrambi allineate lungo la traccia della sezione), così come quello tra l'UG 2 ed il deposito lacustre attuale (UG 1).

La definizione di queste geometrie deriva altresì dalle considerazioni sull'evoluzione valliva sopra descritte e dalle evidenze geologiche e geomorfologiche individuate durante il rilievo.

La sezione AB attraversa dunque trasversalmente tutta l'area del conoide di colata detritica prodotto dal susseguirsi degli eventi imputabili all'attività del Rio della Chiusa. Al di sopra del deposito di debris flow, la sedimentazione dei materiali fini contenuti nelle acque dell'invaso genera il deposito lacustre attuale, che si presenta qui con potenze più limitate rispetto agli spessori che si ritrovano nei settori più centrali del bacino.

### 8.2.2.2 SEZIONE TRASVERSALE ALLA VALLE

La sezione trasversale corre tra il punto C, sede dell'indagine HVSR3, sulla sponda sinistra del lago, ed il punto D, in destra orografica, 60 m circa a sud/sud-est dell'apice del conoide del Rio della Chiusa.

In corrispondenza del punto C affiora il Granito di Bressanone, mentre nei dintorni del punto D il rilevamento geologico e geomorfologico ha accertato la presenza di detrito di versante che ricopre il substrato roccioso, affiorante poco più a sud.

Il sondaggio S2 (coincidente con l'indagine HVSR1) è allineato con la traccia della sezione, così come l'indagine HVSR2 (coincidente con l'intersezione con la sezione AB).

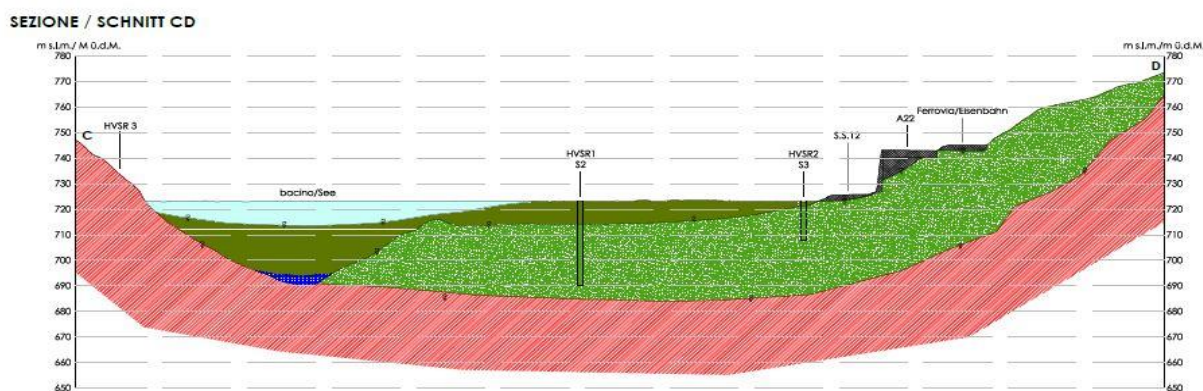


Figura 11: Stralcio dell'Allegato 2 che riporta la sezione CD.

Gli andamenti proposti per i limiti delle diverse unità geo-litologiche (ad esempio la forma ad U del limite superiore del substrato roccioso) derivano dalle considerazioni circa l'evoluzione valliva e dalle evidenze geologiche e geomorfologiche individuate durante il rilievo e si mantengono anche in questo caso coerenti con i risultati derivanti dalle indagini effettuate (sondaggio S2, indagini HVSR1, HVSR2 ed HVSR3).

Come di evince dall'Allegato 2 (e dallo stralcio in Figura 11), in sinistra orografica, tutto il versante è interessato dal substrato roccioso (UG 3) affiorante fino alle acque del bacino e oltre, per i primi metri della porzione di versante sommersa.

Il limite con il deposito lacustre attuale (UG 1) e gli spessori di quest'ultimo in corrispondenza del corso dell'Isarco antecedente all'invaso sono stati ipotizzati sulla base della planimetria del 1938 e della batimetria del 1989 che indicano rispettivamente il letto del fiume a quota 696 m s.l.m. e il fondale del lago a quota 710 m s.l.m..

Si è scelto arbitrariamente di aggiungere in questo punto ulteriori 4 m di spessore alla UG 1, dovuti alla deposizione che si presume essere avvenuta successivamente al 1989. In corrispondenza del letto dell'Isarco antecedente il 1940 (allora inforato) si ritrovano, compresi tra la UG 3 e la UG 1, i depositi torrentizi antichi, con spessori massimi inferiori ai 4 m.

Muovendosi verso la destra idrografica, al di sopra della UG 3, compare il deposito di debris flow con intercalazioni di deposito alluvionale/torrentizio (UG 2) del conoide del Rio della Chiusa, individuato dal sondaggio S2.

Il limite inferiore della UG 2 è stato definito sulla base dei risultati delle indagini HVSR1 e HVSR2, il limite superiore sulla base della planimetria del 1938 e del sondaggio S2.

Proseguendo ulteriormente verso il punto D, compaiono i depositi antropici riconducibili ai lavori di realizzazione della rete viaria (si veda il capitolo 4) che ha altresì comportato un parziale rimaneggiamento dei depositi del conoide in quel tratto.