



PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO
AGENZIA PROVINCIALE OPERE PUBBLICHE
SERVIZIO OPERE CIVILI

UFFICIO PROGETTAZIONE E DIREZIONE LAVORI



COMUNE DI TESERO
LAVORI PUBBLICI E AMBIENTE



Lavori di adeguamento dello
stadio del fondo a Lago di Tesero
UF3

FASE PROGETTO :


PROGETTO DEFINITIVO

CATEGORIA :

GEOLOGIA

TITOLO TAVOLA :

RELAZIONE GEOLOGICA

C. SIP: E-90/000	C. SOC: 5360	SCALA: 1:100	FASE PROGETTO : D	TIPO ELAB. : R	CATEGORIA : 340	PARTE D'OPERA : UF3	N° PROGR. 01	REVISIONE :
PROGETTO ARCHITETTONICO: ing. Giuliano FARINA			PROGETTO STRUTTURE e ANTINCENDIO: ing. Giuliano FARINA			Visto ! IL DIRIGENTE: ing. Marco GELMINI		
PROGETTO IMPIANTI ELETTRICI: ing. Renato COSER			PROGETTO IMPIANTI TERMOMECCANICI: ing. Giuliano FARINA			Visto ! IL DIRETTORE DELL'UFFICIO : arch. Silvano TOMASELLI IL COORDINATORE DEL GRUPPO DI PROGETTO ING. Gabriele DEVIGILI		
CSP: ing. Fabio GANZ			RELAZIONE GEOLOGICA: geol. Mirko DEMOZZI 			PIANO DELLE SERVITU' Geom. Sebastian GILMOZZI		
NOME FILE : 5360-DR340-1_relazionegeologica.pdf						DATA REDAZIONE : GIUGNO 2023		

Sommario

1	PREMESSA	3
1.1	QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO PRINCIPALE	3
1.2	SINTESI DEGLI INTERVENTI PREVISTI DAL PROGETTO	4
2	COROGRAFIA	8
3	CARTOGRAFIA ALLEGATA PIANO URBANISTICO PROVINCIALE	11
3.1	CLASSIFICAZIONE DELL'AREA IN BASE ALLE CARTE DELLA PERICOLOSITÀ	11
3.2	CARTA DELLE RISORSE IDRICHE	11
3.3	CARTOGRAFIA AGGIUNTIVA E ASPETTI AMBIENTALI	12
4	MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO	13
4.1	INDAGINI GEOGNOSTICHE	13
4.1.1	<i>Dati raccolti dalle indagini raccolte da lavori precedenti</i>	<i>13</i>
4.1.2	<i>Nuove indagini geognostiche giugno 2022</i>	<i>20</i>
4.1.3	<i>Interpretazione stratigrafica di sintesi dei sondaggi</i>	<i>24</i>
4.2	GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA	24
4.3	IDROGRAFIA E IDROGEOLOGIA	28
4.4	MODELLO GEOLOGICO DI SINTESI	30
5	DISCIPLINA D'UTILIZZAZIONE TERRE E ROCCE DA SCAVO	33
6	AZIONE SISMICA	34
6.1	VITA NOMINALE, CLASSI D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO	34
6.2	DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE	35
6.2.1	<i>Sismicità locale</i>	<i>39</i>
6.2.2	<i>Stima della pericolosità e analisi di disaggregazione</i>	<i>40</i>
6.3	STABILITÀ NEI CONFRONTI DELLA LIQUEFAZIONE	42
7	FRONTI DI SCAVO	44
8	CONCLUSIONI E PRESCRIZIONI	53
8.1	PRESCRIZIONI E RACCOMANDAZIONI	55

1 PREMESSA

Su incarico del **COMUNE DI TESERO** lo scrivente ha redatto la presente relazione geologica a supporto del progetto definitivo a cura del **Servizio Opere Civili della P.A.T.** per i lavori di adeguamento dello stadio del fondo a Lago di Tesero in previsione delle olimpiadi Milano-Cortina 2026 **Unità Funzionale 3**.

La **relazione geologica (NTC18)** che ha lo scopo di definire il **modello geologico** del sito e valutare quindi le proposte progettuali e la loro compatibilità in relazione alle caratteristiche e pericolosità geologiche del sito in oggetto ed eventualmente prescrivere le necessarie modifiche o integrazioni così come previsto dal **D.M. 17 gennaio 2018 “Nuove Norme tecniche per le costruzioni”** e relativa **Circolare 2019** e dalla **Normativa Provinciale**.

Il lavoro è stato redatto nei mesi di marzo-febbraio 2023.

Nel suo complesso il lavoro espone i risultati ottenuti dai sopralluoghi di superficie effettuati dallo scrivente, dalla consultazione dei database e cartografie disponibili on-line presso il Servizio Geologico della Provincia di Trento, e da precedenti studi effettuati in sito o aree limitrofe.

Durante la stesura della relazione sono stati consultati in particolare anche i seguenti documenti:

- Relazione Geologica a firma dello scrivente a supporto del “Progetto definitivo ed esecutivo per i lavori di adeguamento dello stadio del fondo a Lago di Tesero-Unità Funzionale 1” del maggio 2022 e febbraio 2023;
- Relazione Geologica a firma del Collega Geol. Marco Del Din del 2009 a supporto del “Progetto definitivo dei lavori di adeguamento degli edifici del Centro del Fondo di Lago per i Mondiali di sci nordico 2013”;
- Relazione Geologica a firma del Collega Geol. Marco Del Din del 2010 a supporto del progetto per la “Sistemazione piste da fondo ed impianto di innevamento-nuovo poligono di tiro a lago di Tesero”;
- Relazione Geologica e Geotecnica a firma del Collega Geol. Luigi Frassinella del 2000 a supporto del progetto per la sistemazione del centro del fondo a Lago di Tesero;

1.1 *Quadro normativo di riferimento principale*

Eurocodici di riferimento

- Eurocodice 7: Progettazione Geotecnica
- Eurocodice 8: Progettazione Strutture per la resistenza sismica

Nazionale

- Decreto 17.01.2018: Aggiornamento delle «Norme Tecniche per le Costruzioni»
- Circolare alle NTC2018 n. 7 21/01/2019
- D.P.R. 13 giugno 2017, n. 120 "Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo, ai sensi dell'articolo 8 del decreto-legge 12 settembre 2014, n. 133, convertito, con modificazioni, dalla legge 11 novembre 2014" n. 164;

- D.L. 9 aprile 2008 n. 81: “Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, N. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro”;
- D.L. 3 aprile 2006 n. 152: “Norme in materia Ambientale” e successive modifiche
- D.M. 11 Marzo 1988: “Norme Tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”.

Provincia di Trento

- D.G.P. 1317 del 04/09/2020 e All. "Carta di sintesi della Pericolosità"
- D.G.P. 1681 del 14/09/2018 e All. "Criteri e metodologia per la redazione e l'aggiornamento delle carte della pericolosità"
- D.G.P. 1629 del 07/09/2018 e All. "Disposizioni tecniche per la predisposizione della CSP"
- L.P. 15/2015 per il "Governo del Territorio"
- L.P. 4 marzo 2008: “Piano Urbanistico Provinciale (Provincia Autonoma di Trento)”

1.2 Sintesi degli interventi previsti dal progetto

Il progetto prevede una serie di interventi di potenziamento e di adeguamento dello Stadio di Fondo a Tesero in previsione delle olimpiadi invernali Milano Cortina del 2026.

In particolare per le finalità del presente studio geologico gli interventi dell'UF3 sono di seguito riassunti:

- ✓ **SISTEMAZIONE PISTE:** Si prevede di intervenire sull'insieme dei tracciati esistenti, rivedendo sia i percorsi da skating che quelli dedicati alla disciplina classica. Il progetto prevede una razionalizzazione dei percorsi per ridurre la dispersione e concentrarli nella zona prossima allo stadio. I percorsi complessivi, ricavati dagli anelli principali saranno 4 per la disciplina classica (5-3,75-3,3 e 2,5 km) e 3 per i percorsi skating (3,75-3,3-2,5) a cui si aggiungono due raccordi turistici non dedicati alle gare. Nella zona antistante lo stadio si prevede il mantenimento dell'area campo scuola ed una zona parterre. Per la realizzazione di tali opere si interverrà per lo più tramite una diversa definizione del percorso sul terreno esistente ad eccezione di alcune zone che richiedono di intervenire con sterri e riporti, in particolare queste sono riassunte di seguito:
 - **AREA TECNICA LIBERA**
 - Zona retro poligono: si prevede di rivedere il percorso skating 3.75 km andando a creare una salita che porta alla zona retrostante il poligono di tiro (sez 14-17 3.75 skating).
 - Nella zona a sud del percorso 3.75 km, in prossimità dell'area boscata per adeguare il tracciato al nuovo percorso, riducendo la pendenza trasversale naturale del terreno, è necessario intervenire con sterri a valle e riporti a monte (sez 40-43 3.75 skating).
 - Tra le sezioni 59 e 65 del percorso 3.75 km si interverrà per ridurre la pendenza trasversale del terreno.
 - **AREA COMUNE TECNICA LIBERA CLASSICO**

- In prossimità del rio Lagorai si incontrano i tracciati da tecnica libera e classico. La salita del percorso classico (sez 88-93 5km classico) è stata modellata per mantenere le pendenze adeguate per la disciplina. Al culmine della salita vi è l'incontro con il percorso da skating e quindi la discesa comune (sez 94-97 percorso classico). La realizzazione di questa parte di tracciato richiede di intervenire con interventi di sterro e riporto per creare i due tracciati con pendenze e larghezze adeguate.
- **AREA CLASSICO**
 - Il tracciato 5 km classico tra le sezioni 40 e 43 prevede il passaggio in area boscata, in tale zona si interviene, oltre che con l'esbosco, con la regolarizzazione del terreno per creare pendenze trasversali adeguate,
 - Per realizzare il collegamento che consente la realizzazione del tracciato 3.3km, considerata la necessità di mantenere agibile la strada di accesso alla malga si prevede di creare il tracciato per il classico a monte della strada stessa andando a scavare verso il versante di monte (sez 1-6 collegamento 3.3. classico) per poi reimmettersi sul tracciato principale.
- ✓ **ADEGUMENTO PONTE ESISTENTE:** allargamento del ponte attuale che permette l'incrocio tra il tracciato 5 km classico ed il 3.75 skating. L'allargamento è necessario per consentire un passaggio più agevole ai mezzi battipista. La larghezza attuale non consente infatti la battitura in entrambi i sensi di marcia del percorso da tecnica liberag.
- ✓ **AMPLIAMENTO LOCALE TECNICO POMPE:** l'ampliamento del locale interrato dedicato alla sale pompe per ricavare lo spazio necessario per l'ampliamento del sistema di innevamento.
- ✓ **REALIZZAZIONE OPERA DI PRESA AVISIO:** realizzazione dell'opera di presa per la captazione dell'acqua dell'Avisio. L'opera è composta dalla derivazione in alveo, da una tubazione di adduzione, dal dissabbiatore/sala pompe e dallo scarico in alveo per la restituzione del troppopieno e/o lo svuotamento delle vasche. **La massima quota di scavo raggiunta per la realizzazione dell'opera di presa è di circa 6 m dal p.c.**
- ✓ **ADEGUAMENTO E POTENZIAMENTO RETE DI INNEVAMENTO:** Si interverrà sulla rete di innevamento attuale implementandola con nuovi tratti di tubazioni. Si interverrà inoltre con l'installazione di nuovi pozzetti per l'innervamento e con il potenziamento dei pozzetti esistenti per rendere il sistema automatizzato.
- ✓ **SISTEMAZIONE ATTRAVERSAMENTO RIO MATON:** Si prevede di intervenire con la sostituzione della tubazione che permette l'attraversamento del tracciato classico da 5km da parte del Rio Maton. Si prevede la posa di una tubazione DN630 in Ecopal lungo lo stesso tracciato della tubazione intasata nel corso della tempesta Vaia. Per garantire una maggior sicurezza si è previsto la realizzazione di un selciato caratterizzato da lunghezza pari a 8 m, larghezza pari a 6 m, una freccia di 0.3 m e un riempimento in pietrame intasato con calcestruzzo.
- ✓ **IMPLEMENTAZIONE DELLA RETE DI ILLUMINAZIONE**

Si rimanda alla documentazione progettuale per ulteriori dettagli. Di seguito la corografia dei principali interventi:

- Realizzazione opere di presa in sponda destra dell'Avisio
- L'ampliamento del locale pompe nei pressi del centro FIS
- Sistemazione del tracciato delle piste

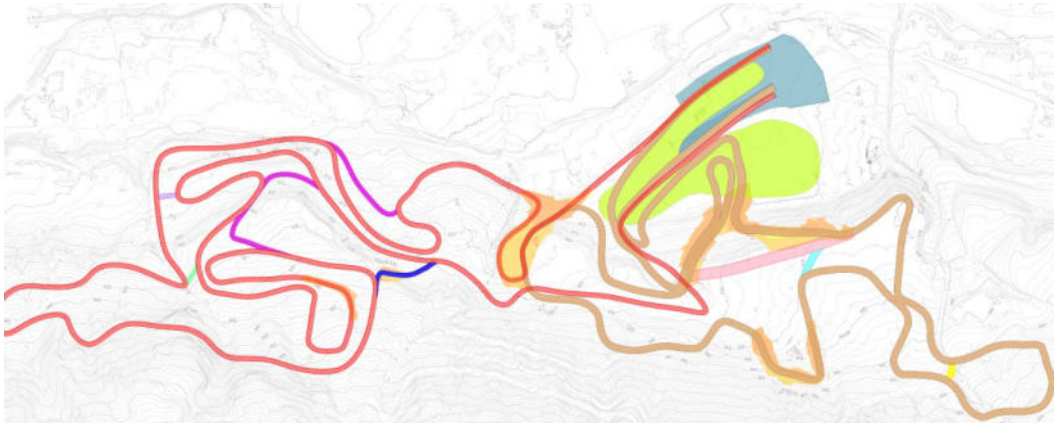


Immagine 1: l'intervento nel suo complesso su carta catastale. In arancione le aree con movimenti terra per sistemazione piste, in rosso gli scavi per nuovi tubi e cavi (profondità 150 cm)

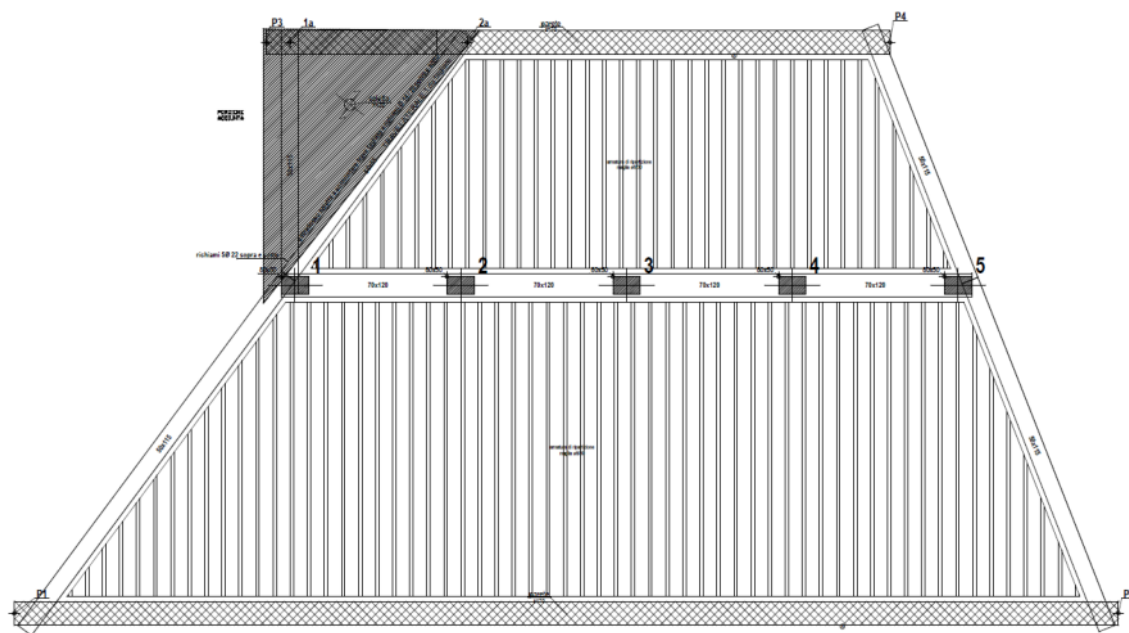


Immagine 2: planimetria del ponte esistente. La parte di allargamento è indicata dalla zona più scura in alto a sinistra

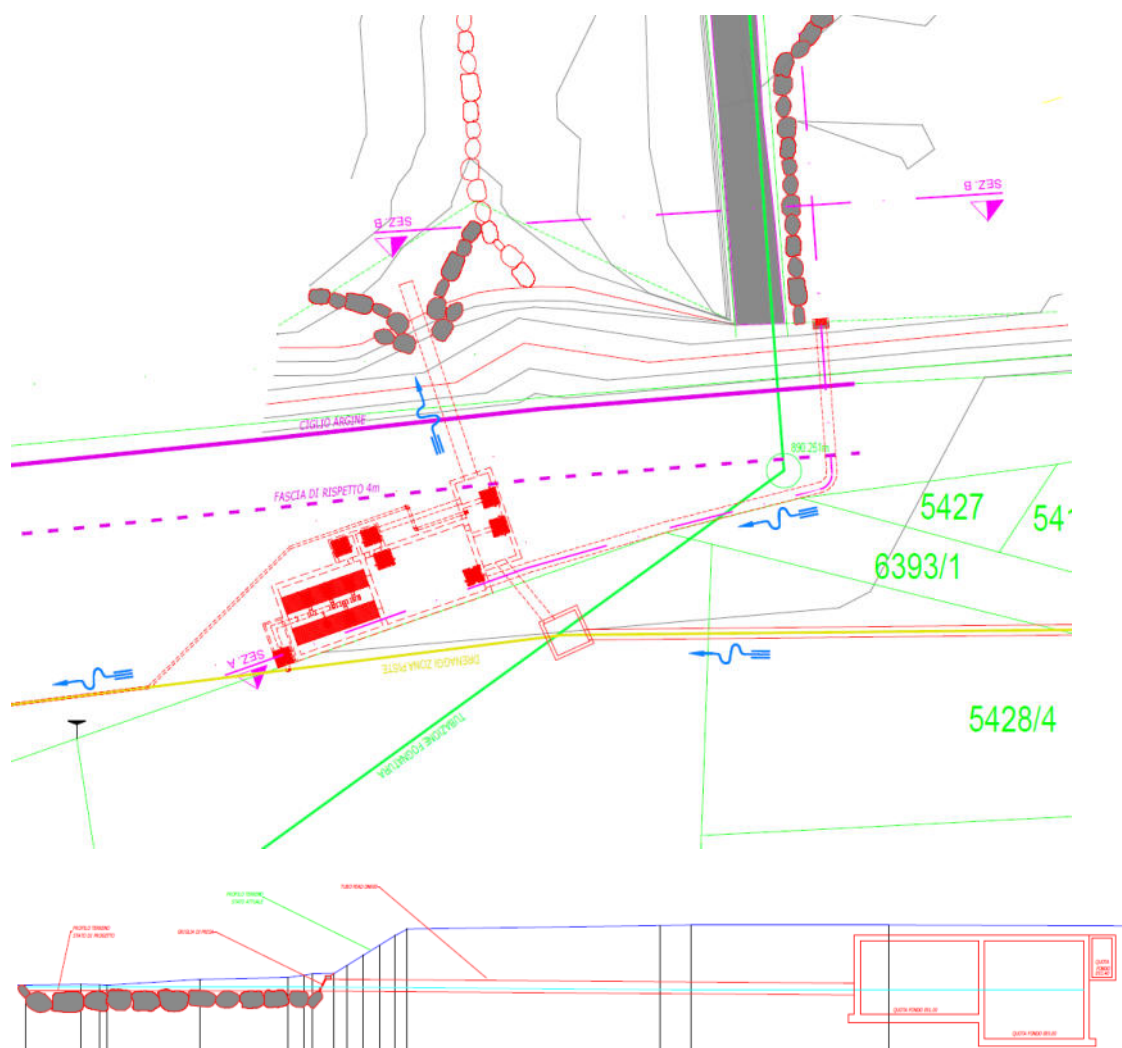


Immagine 3: planimetria e sezione A dell'opera di presa sull'Avisio

2 COROGRAFIA

L'area oggetto d'intervento è collocata presso la frazione di Lago di Tesero in Val di Fiemme (Trento) sulla sponda in sinistra idrografica del Torrente Avisio.

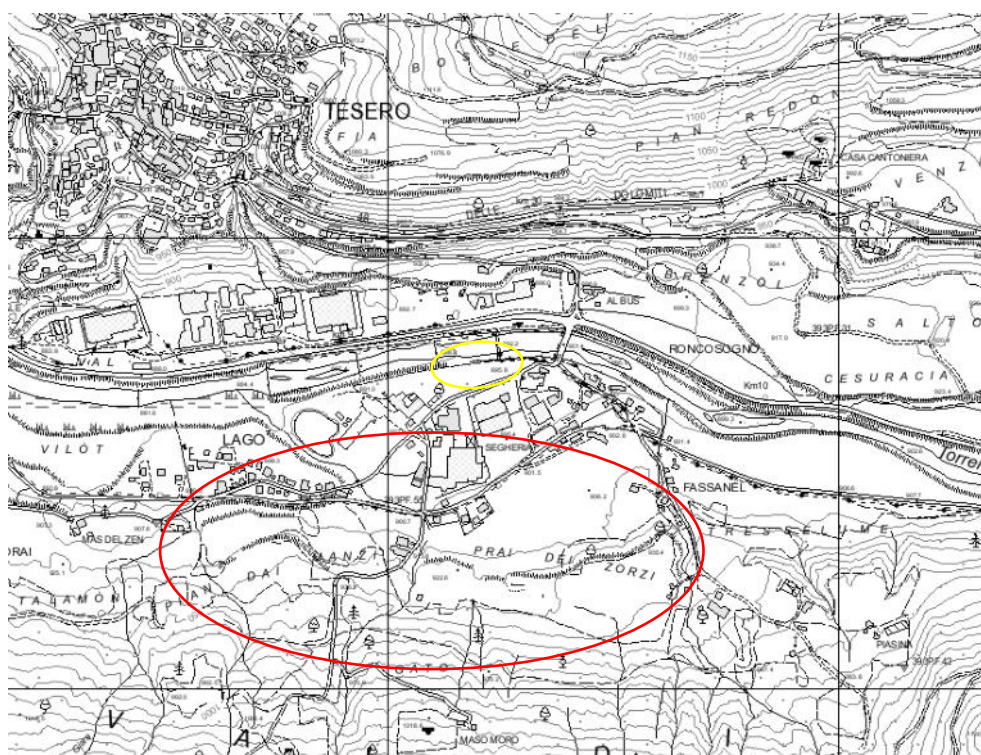


Immagine 4: inquadramento dell'area su Google Maps e su CTP. In giallo la posizione dell'opera di presa sull'Avisio, in rosso gli interventi sulle piste, sul sottopasso e sul locale tecnico delle pompe



Immagine 5: panoramica dell'area d'intervento di sistemazione delle piste. In particolare sono inoltre indicati: in rosso l'intervento sul sottopasso, in giallo l'allargamento del locale pompe; in azzurro l'opera di presa delle acque dell'Avisio e la condotta in direzione del Lago



Immagine 6: l'ampliamento verso sud del locale pompe nei pressi del centro FISIT



Immagine 7: l'allargamento del sottopasso esistente

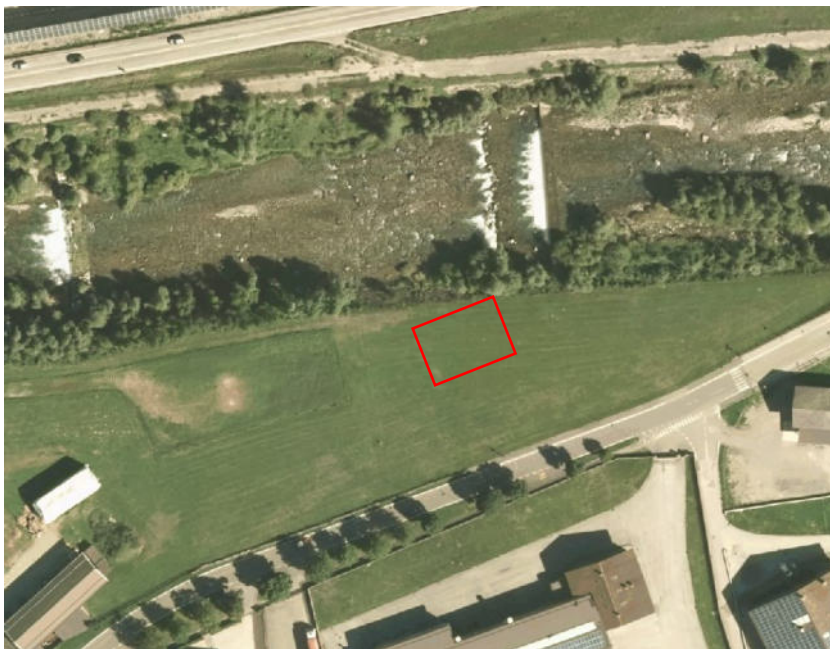


Immagine 8: l'area su cui sarà realizzata l'opera di presa

3 CARTOGRAFIA ALLEGATA PIANO URBANISTICO PROVINCIALE

Di seguito sono riportate le cartografie del P.U.P., elaborate dai Servizi Tecnici della Provincia Autonoma di Trento, per valutare la classificazione dell'area in base alla Carta di Sintesi delle Pericolosità e la Carta delle Risorse Idriche.

3.1 *Classificazione dell'area in base alle Carte della Pericolosità*

Come si evince dalla Carta di Sintesi della Pericolosità, elaborata dai Servizi Tecnici Provinciali, gli interventi ricadono per la maggior parte in **area classificata P1 "aree a penalità trascurabile o assente"** (art. 18 delle Norme di Attuazione del PUP) in relazione a una **problematica lito-geomorfologica trascurabile H1**. Alcuni interventi (sistemazione delle piste e realizzazione opera di presa di fianco all'Avisio) in aree caratterizzate APP per fenomeni torrentizi.

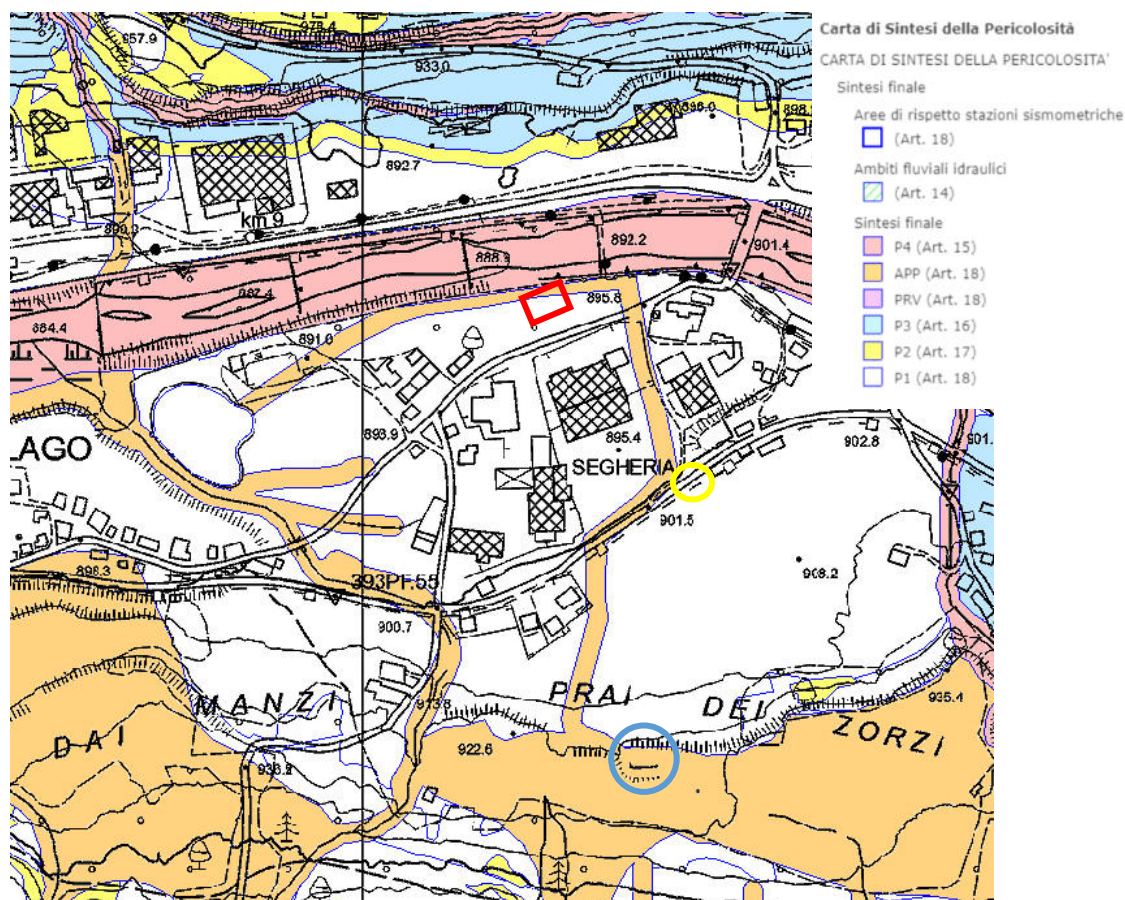


Immagine 9: estratto della Carta delle Pericolosità. In rosso l'opera di presa, in giallo l'ampliamento del locale pompe, in azzurro l'allargamento del ponte.

Per gli interventi che ricadono all'interno delle zone APP dovranno essere redatti ad idoneo studio di compatibilità torrentizio come prescritto dall'Art. 18. Gli stessi interventi di sistemazione delle piste ricadono in APP. Si rimanda pertanto al relativo studio di compatibilità per le indicazioni di merito.

3.2 *Carta delle Risorse Idriche*

L'area dell'intervento **non ricade in area a Rispetto o Protezione Idrogeologica** ovvero in aree sottoposte a vincoli atti a tutelare qualitativamente e quantitativamente le acque captate (art. 21 del PUP). Con la delibera n. 1941 dalla Giunta Provinciale il 12 ottobre 2018 è in vigore il terzo aggiornamento della Carta delle Risorse Idriche del P.U.P.

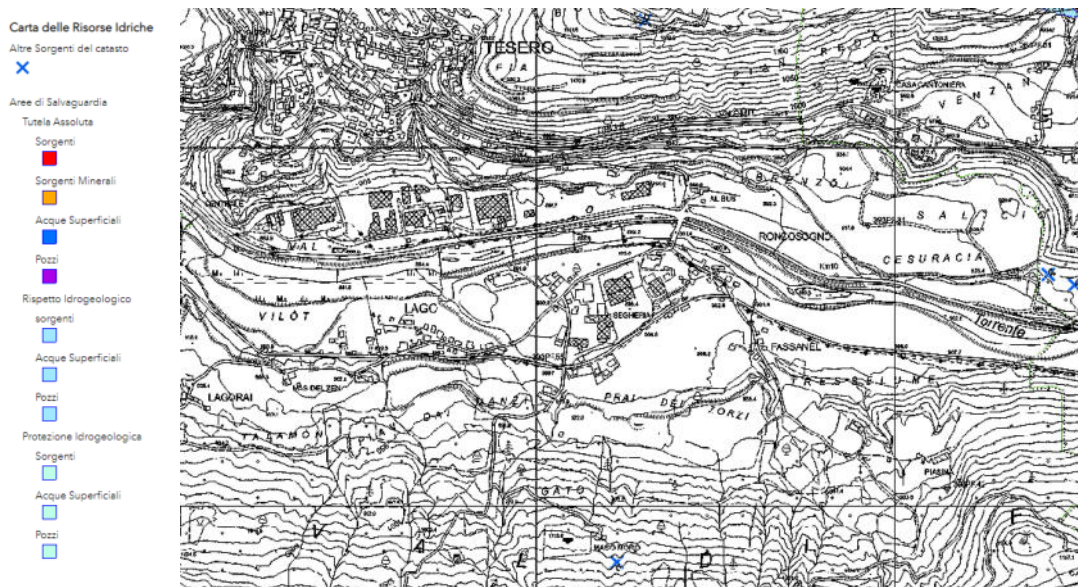


Immagine 10: Carta delle Risorse Idriche del PUP

3.3 Cartografia aggiuntiva e aspetti ambientali

Rispetto all'area di studio la tabella che segue riassume i principali aspetti ambientali e le eventuali interferenze con i luoghi in oggetto.

INTERFERENZE	ESENTE	AREE INTERESSATE
	✓	Siti di rilevanza naturalistica (ZPS, SIC, biotopi, parchi naturali, ecc): Rete Natura 2000.
	✓	Macro-aree e aree con fondi naturali: approvate con DGP 1666/2009, nella quale sono possibili superamenti dei limiti di concentrazione nei terreni naturali, per alcuni metalli e metalloidi (arsenico, piombo, rame, zinco, etc.), fissati dalla Tabella 1, dell'Allegato 5, al Titolo V, della Parte quarta del D.Lgs. 152/2006 e s.m.i.
	✓	Anagrafe dei siti da bonificare: siti contaminati o potenzialmente contaminati.
	✓	Area di attenzione per intenso sfruttamento della falda.

4 MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO

L'area di studio si trova nell'area dedicata agli sport invernali a sud est del paese di Tesero, nella frazione di Lago di Tesero, sul fondovalle della Val di Fiemme a quota 903 m slm su un'area da pianeggiante-subpianeggiante con pendenza omogenea inferiore al 10% verso NNO in aumento spostandosi verso Sud (zona piste) nella zona Prai dei Zorzi.

4.1 Indagini geognostiche

Per la ricostruzione del modello geologico dell'area in oggetto si è fatto riferimento ai dati raccolti in letteratura e da nuove indagini realizzate in loco (giugno-luglio 2022).

4.1.1 Dati raccolti dalle indagini raccolte da lavori precedenti

Le informazioni bibliografiche sono state ricavate dalle seguenti indagini:

- ❖ Database sondaggi della Provincia Autonoma di Trento:
 - ✓ Sondaggio 2359
 - ✓ Sondaggio 2360
- ❖ Relazione geologica redatta dal dott. Geol. Del Din in data ottobre 2009 e maggio 2010 per il “Progetto definitivo dei lavori di adeguamento degli edifici del Centro del Fondo di Lago per i mondiali di sci nordico 2013” e contenente i risultati dedotti dalle seguenti indagini:
 - ✓ numero 2 stendimenti geoelettrici subortogonali tra loro (profondità raggiunta -12 m dal p.c.)
 - ✓ numero 2 ReMi (profondità raggiunta -15 m dal p.c.)
 - ✓ numero 3 sondaggi spinti a -15 m p.c.
 - ✓ SPT nei sondaggi
 - ✓ piezometro in un sondaggio
 - ✓ analisi chimiche dei terreni (maggio 2010)
- ❖ Relazione geologica e geotecnica redatta dal dott. Luigi Frassinella nel maggio del 2000 per la sistemazione del centro del fondo al Lago di Tesero e contenente i risultati dedotti dalle seguenti indagini:
 - ✓ Numero 2 sondaggi spinti fino a profondità comprese tra i 7,50 ed i 9 m dal p.c.;
 - ✓ SPT nei fori di sondaggio
 - ✓ Prova di permeabilità nel sondaggio S2
 - ✓ Installazione di 2 piezometri
 - ✓ Analisi di laboratorio

Bibliografia database sondaggi PAT

Dalla consultazione del database “Sondaggi” della PAT è stato possibile prendere visione di una serie di sondaggi stratigrafici realizzati in occasione dei lavori della strada di fondovalle. La posizione dei sondaggi ubicati lungo il Torrente Avisio distano circa 250 metri a nord e a circa 700 metri nord-ovest dell'area di studio, rispettivamente per i sondaggi identificati con il codice 2359-2360 e 4416. Date le distanze dei sondaggi dalle zone di interesse dello studio, tali indagini non possono essere di riferimento per la stratigrafia della zona d'intervento, ma permettono comunque di mostrare la sequenza di depositi e sedimenti che caratterizzano questo tratto della Val di Fiemme.

Di seguito si riportano quindi le immagini delle stratigrafie dei Sondaggi: 2359 e 2360 per la parte nord che si trovano limitrofi all’intervento di realizzazione dell’opera di presa lungo l’Avisio.

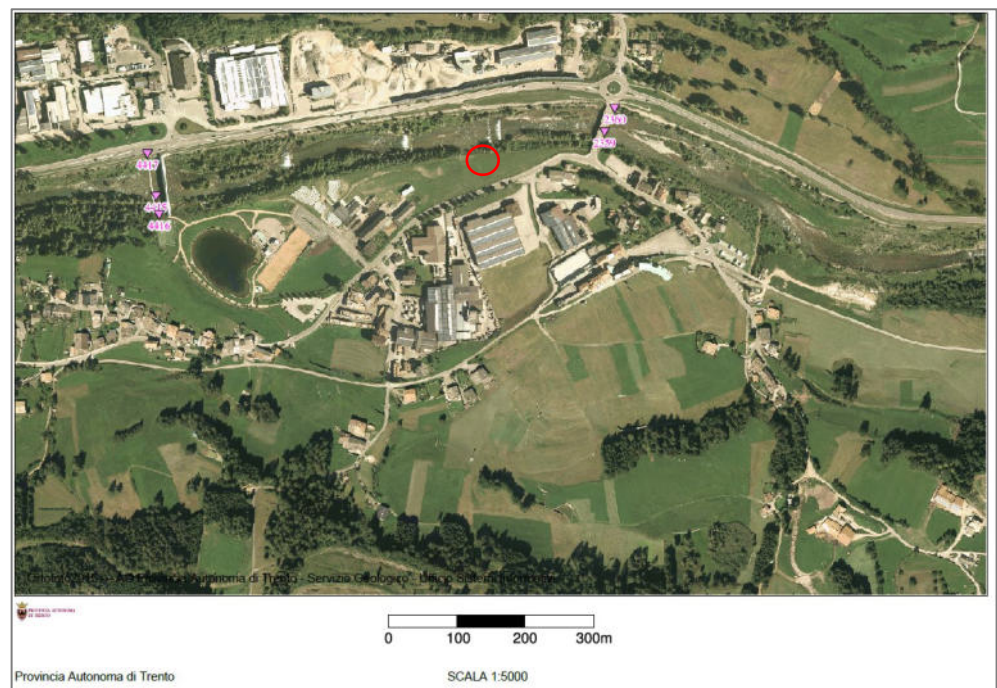
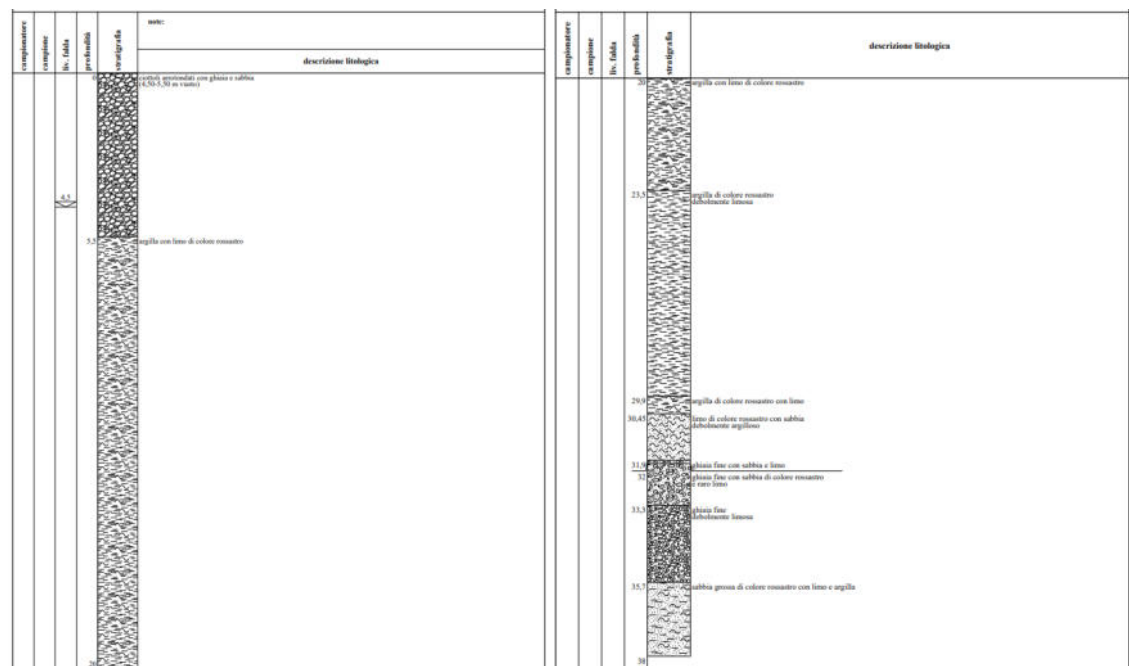
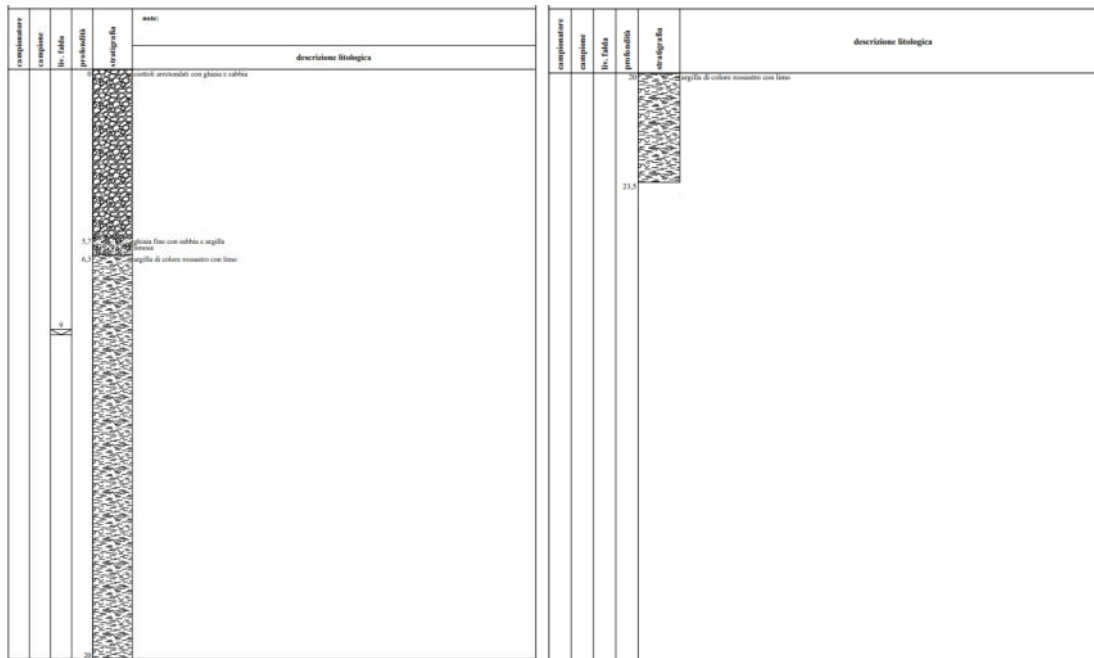


Immagine 11: Sondaggi consultabili nel database della PAT, in rosso la posizione dell’opera di presa

Sondaggio stratigrafico 2359: verticale, anno 1989, -38 m dal p.c.; alternanza di materiali grossolani (ghiaia e ciottoli) con livelli di ambiente a bassa energia o lacustre (argilla). Un importante interfaccia è segnalata a -5,5 m dal p.c. dove il deposito grossolano superficiale (ciottoli con ghiaia e sabbia) lascia il posto ad un potente banco (circa 25 m) di depositi coesivi (argilla con limo). La falda si attesta a una profondità di -4,50 m dal p.c.



Sondaggio stratigrafico 2360: verticale, anno 1989, -23,5m dal p.c.; alternanza di materiali grossolani (ghiaia e ciottoli) con livelli di ambiente a bassa energia o lacustre (argilla). Un importante interfaccia è segnalata a circa 6 m di profondità dove il deposito grossolano superficiale (ciottoli con ghiaia e sabbia) lascia il posto ad un potente banco (fino a fine sondaggio) di depositi coesivi (argilla con limo). La falda si attesta a una profondità di -9,00 m dal p.c.



Bibliografia relazione geologica Geol. Del Din

Nell'immagine seguente sono indicate le indagini geognostiche contenute nella relazione geologica del 2009 del Geol. Marco Del Din. Date le profondità dei sondaggi, tali indagini possono essere di riferimento solamente per i primi metri di stratigrafia a partire dal p.c.



Immagine 12: Indagini consultate dalla Relazione Geologica redatta dal Geol. Del Din

Sondaggio stratigrafico S1: verticale, installazione piezometro, -15 m dal p.c.; fino a 10,5 m di profondità è presente un deposito incoerente grossolano (ghiaia con sabbia), poi segue fino a -15 m dal p.c., delle argille con limo:

Sp. (m)	Unità	Descrizione	Quote	%Carbaggio E.G.O.	1:1 (1° Cap)	1:2 (2° Cap)	1:3 (3° Cap)	1:4 (4° Cap)	1:5 (5° Cap)	1:6 (6° Cap)	1:7 (7° Cap)	1:8 (8° Cap)	1:9 (9° Cap)	1:10 (10° Cap)	1:11 (11° Cap)	1:12 (12° Cap)	1:13 (13° Cap)	1:14 (14° Cap)	1:15 (15° Cap)	1:16 (16° Cap)	1:17 (17° Cap)	1:18 (18° Cap)	1:19 (19° Cap)	1:20 (20° Cap)	1:21 (21° Cap)	1:22 (22° Cap)	1:23 (23° Cap)	1:24 (24° Cap)	1:25 (25° Cap)	1:26 (26° Cap)	1:27 (27° Cap)	1:28 (28° Cap)	1:29 (29° Cap)	1:30 (30° Cap)	1:31 (31° Cap)	1:32 (32° Cap)	1:33 (33° Cap)	1:34 (34° Cap)	1:35 (35° Cap)	1:36 (36° Cap)	1:37 (37° Cap)	1:38 (38° Cap)	1:39 (39° Cap)	1:40 (40° Cap)	1:41 (41° Cap)	1:42 (42° Cap)	1:43 (43° Cap)	1:44 (44° Cap)	1:45 (45° Cap)	1:46 (46° Cap)	1:47 (47° Cap)	1:48 (48° Cap)	1:49 (49° Cap)	1:50 (50° Cap)	1:51 (51° Cap)	1:52 (52° Cap)	1:53 (53° Cap)	1:54 (54° Cap)	1:55 (55° Cap)	1:56 (56° Cap)	1:57 (57° Cap)	1:58 (58° Cap)	1:59 (59° Cap)	1:60 (60° Cap)	1:61 (61° Cap)	1:62 (62° Cap)	1:63 (63° Cap)	1:64 (64° Cap)	1:65 (65° Cap)	1:66 (66° Cap)	1:67 (67° Cap)	1:68 (68° Cap)	1:69 (69° Cap)	1:70 (70° Cap)	1:71 (71° Cap)	1:72 (72° Cap)	1:73 (73° Cap)	1:74 (74° Cap)	1:75 (75° Cap)	1:76 (76° Cap)	1:77 (77° Cap)	1:78 (78° Cap)	1:79 (79° Cap)	1:80 (80° Cap)	1:81 (81° Cap)	1:82 (82° Cap)	1:83 (83° Cap)	1:84 (84° Cap)	1:85 (85° Cap)	1:86 (86° Cap)	1:87 (87° Cap)	1:88 (88° Cap)	1:89 (89° Cap)	1:90 (90° Cap)	1:91 (91° Cap)	1:92 (92° Cap)	1:93 (93° Cap)	1:94 (94° Cap)	1:95 (95° Cap)	1:96 (96° Cap)	1:97 (97° Cap)	1:98 (98° Cap)	1:99 (99° Cap)	1:100 (100° Cap)	1:101 (101° Cap)	1:102 (102° Cap)	1:103 (103° Cap)	1:104 (104° Cap)	1:105 (105° Cap)	1:106 (106° Cap)	1:107 (107° Cap)	1:108 (108° Cap)	1:109 (109° Cap)	1:110 (110° Cap)	1:111 (111° Cap)	1:112 (112° Cap)	1:113 (113° Cap)	1:114 (114° Cap)	1:115 (115° Cap)	1:116 (116° Cap)	1:117 (117° Cap)	1:118 (118° Cap)	1:119 (119° Cap)	1:120 (120° Cap)	1:121 (121° Cap)	1:122 (122° Cap)	1:123 (123° Cap)	1:124 (124° Cap)	1:125 (125° Cap)	1:126 (126° Cap)	1:127 (127° Cap)	1:128 (128° Cap)	1:129 (129° Cap)	1:130 (130° Cap)	1:131 (131° Cap)	1:132 (132° Cap)	1:133 (133° Cap)	1:134 (134° Cap)	1:135 (135° Cap)	1:136 (136° Cap)	1:137 (137° Cap)	1:138 (138° Cap)	1:139 (139° Cap)	1:140 (140° Cap)	1:141 (141° Cap)	1:142 (142° Cap)	1:143 (143° Cap)	1:144 (144° Cap)	1:145 (145° Cap)	1:146 (146° Cap)	1:147 (147° Cap)	1:148 (148° Cap)	1:149 (149° Cap)	1:150 (150° Cap)	1:151 (151° Cap)	1:152 (152° Cap)	1:153 (153° Cap)	1:154 (154° Cap)	1:155 (155° Cap)	1:156 (156° Cap)	1:157 (157° Cap)	1:158 (158° Cap)	1:159 (159° Cap)	1:160 (160° Cap)	1:161 (161° Cap)	1:162 (162° Cap)	1:163 (163° Cap)	1:164 (164° Cap)	1:165 (165° Cap)	1:166 (166° Cap)	1:167 (167° Cap)	1:168 (168° Cap)	1:169 (169° Cap)	1:170 (170° Cap)	1:171 (171° Cap)	1:172 (172° Cap)	1:173 (173° Cap)	1:174 (174° Cap)	1:175 (175° Cap)	1:176 (176° Cap)	1:177 (177° Cap)	1:178 (178° Cap)	1:179 (179° Cap)	1:180 (180° Cap)	1:181 (181° Cap)	1:182 (182° Cap)	1:183 (183° Cap)	1:184 (184° Cap)	1:185 (185° Cap)	1:186 (186° Cap)	1:187 (187° Cap)	1:188 (188° Cap)	1:189 (189° Cap)	1:190 (190° Cap)	1:191 (191° Cap)	1:192 (192° Cap)	1:193 (193° Cap)	1:194 (194° Cap)	1:195 (195° Cap)	1:196 (196° Cap)	1:197 (197° Cap)	1:198 (198° Cap)	1:199 (199° Cap)	1:200 (200° Cap)	1:201 (201° Cap)	1:202 (202° Cap)	1:203 (203° Cap)	1:204 (204° Cap)	1:205 (205° Cap)	1:206 (206° Cap)	1:207 (207° Cap)	1:208 (208° Cap)	1:209 (209° Cap)	1:210 (210° Cap)	1:211 (211° Cap)	1:212 (212° Cap)	1:213 (213° Cap)	1:214 (214° Cap)	1:215 (215° Cap)	1:216 (216° Cap)	1:217 (217° Cap)	1:218 (218° Cap)	1:219 (219° Cap)	1:220 (220° Cap)	1:221 (221° Cap)	1:222 (222° Cap)	1:223 (223° Cap)	1:224 (224° Cap)	1:225 (225° Cap)	1:226 (226° Cap)	1:227 (227° Cap)	1:228 (228° Cap)	1:229 (229° Cap)	1:230 (230° Cap)	1:231 (231° Cap)	1:232 (232° Cap)	1:233 (233° Cap)	1:234 (234° Cap)	1:235 (235° Cap)	1:236 (236° Cap)	1:237 (237° Cap)	1:238 (238° Cap)	1:239 (239° Cap)	1:240 (240° Cap)	1:241 (241° Cap)	1:242 (242° Cap)	1:243 (243° Cap)	1:244 (244° Cap)	1:245 (245° Cap)	1:246 (246° Cap)	1:247 (247° Cap)	1:248 (248° Cap)	1:249 (249° Cap)	1:250 (250° Cap)	1:251 (251° Cap)	1:252 (252° Cap)	1:253 (253° Cap)	1:254 (254° Cap)	1:255 (255° Cap)	1:256 (256° Cap)	1:257 (257° Cap)	1:258 (258° Cap)	1:259 (259° Cap)	1:260 (260° Cap)	1:261 (261° Cap)	1:262 (262° Cap)	1:263 (263° Cap)	1:264 (264° Cap)	1:265 (265° Cap)	1:266 (266° Cap)	1:
---------	-------	-------------	-------	-------------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	----

Sondaggio stratigrafico S2: verticale, -15 m dal p.c.; fino a 4,7 m di profondità è presente un deposito incoerente grossolano (ghiaia con sabbia), poi segue fino a -15 m dal p.c. argille con limo:

[illegible]

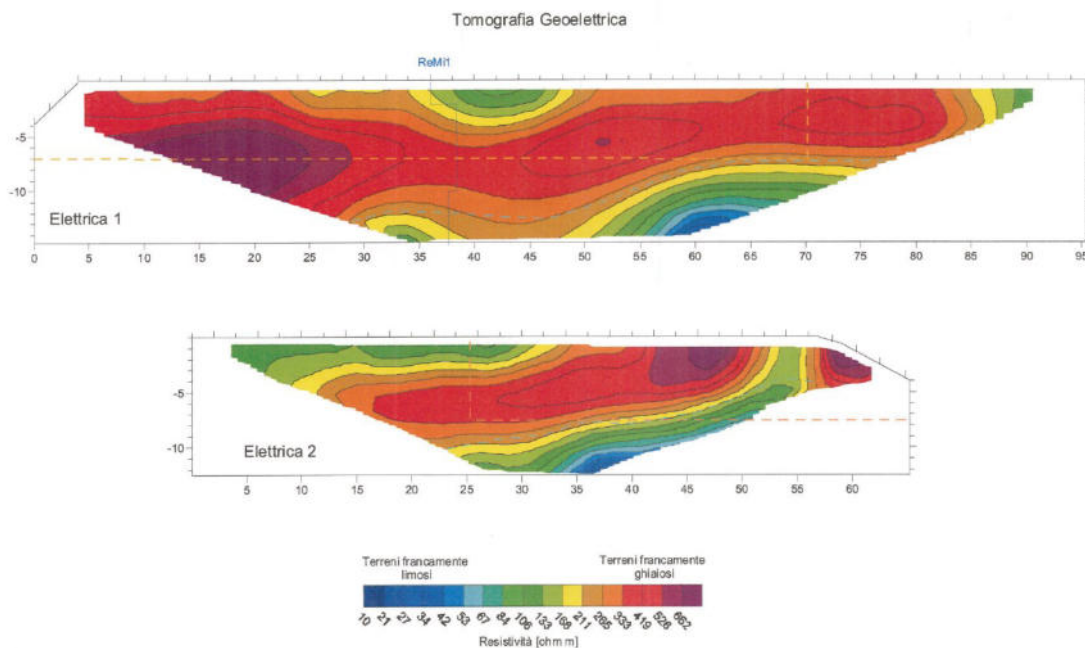
Sondaggio stratigrafico S3: verticale, -9 m dal p.c.; fino a 3,4 m di profondità è presente un deposito incoerente grossolano (ghiaia con sabbia), poi segue fino a -9 m dal p.c., delle argille con limo:

[illegible]

Da una rapida osservazione delle stratigrafie appare chiaro come il livello superficiale di ghiaia e sabbia L'indagine del 2009 segnala la presenza della falda a contatto con i livelli coesivi.

Questo modello stratigrafico è confermato anche dalle sezioni dei due stendimenti di tomografia elettrica: “*si sono indagate le caratteristiche elettriche del sottosuolo definendo al morfologia del contatto*

ghiaie e limi individuando una superficie di erosione orientata nordest-sudovest con approfondimento della base delle ghiaie oltre i 15 m mentre la sponda settentrionale risale a 4 m in corrispondenza della pista ciclabile’.



Mediante le due linee Remi “*si è invece caratterizzato il sottosuolo di fondazione calcolando i valori di Vs30 dai modelli verticali di velocità. In questi si riconosce l’inversione di velocità attribuibile all’evento limoso compreso tra materiali più addensati. In particolare quelli inferiori hanno velocità elevate e si intercetta il bedrock a profondità di circa 70 m’.*

I valori di Vs30 hanno permesso di individuare la classificazione sismica dei suoli di fondazione in categoria C.

Bibliografia relazione geologica Geol. Frassinella

Nell’immagine seguente sono indicate le indagini geognostiche contenute nella relazione geologica del 2000 del Geol. Luigi Frassinella. Date le profondità dei sondaggi, tali indagini possono essere di riferimento solamente per i primi metri di stratigrafia a partire dal p.c. Questi 2 sondaggi si trovano comunque più ad ovest rispetto all’area di studio nei pressi del lago di Tesero.

In questo caso le stratigrafie confermano la presenza di un livello superficiale di ghiaia e sabbia fino a – 3/4,5 metri dal p.c. a cui ancora una volta segue il solito livello coesivo di ambiente a bassa energia (limi e sabbie) fino a fondo foro. La falda è rilevata a – 1,3/1,6 m dal p.c.

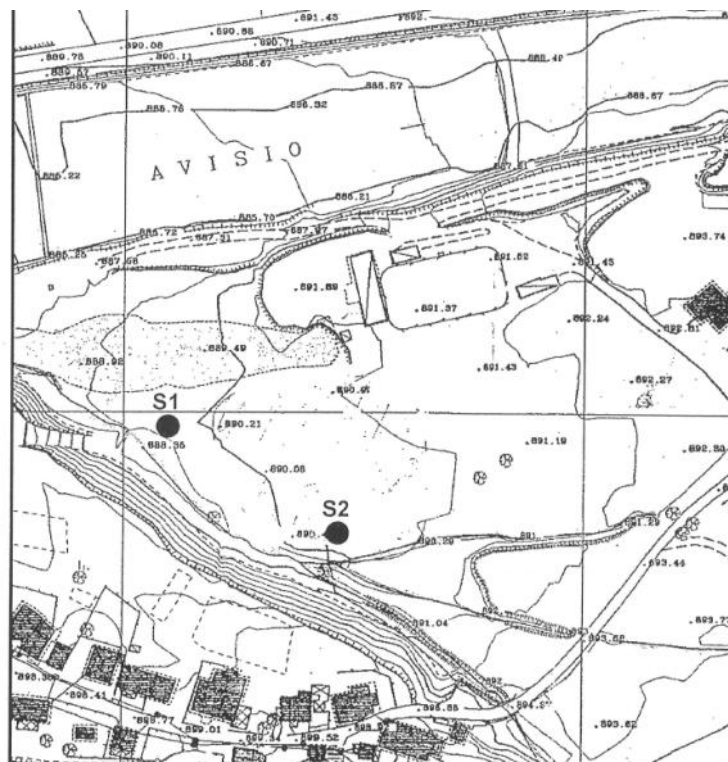


Immagine 13: i sondaggi del 2000

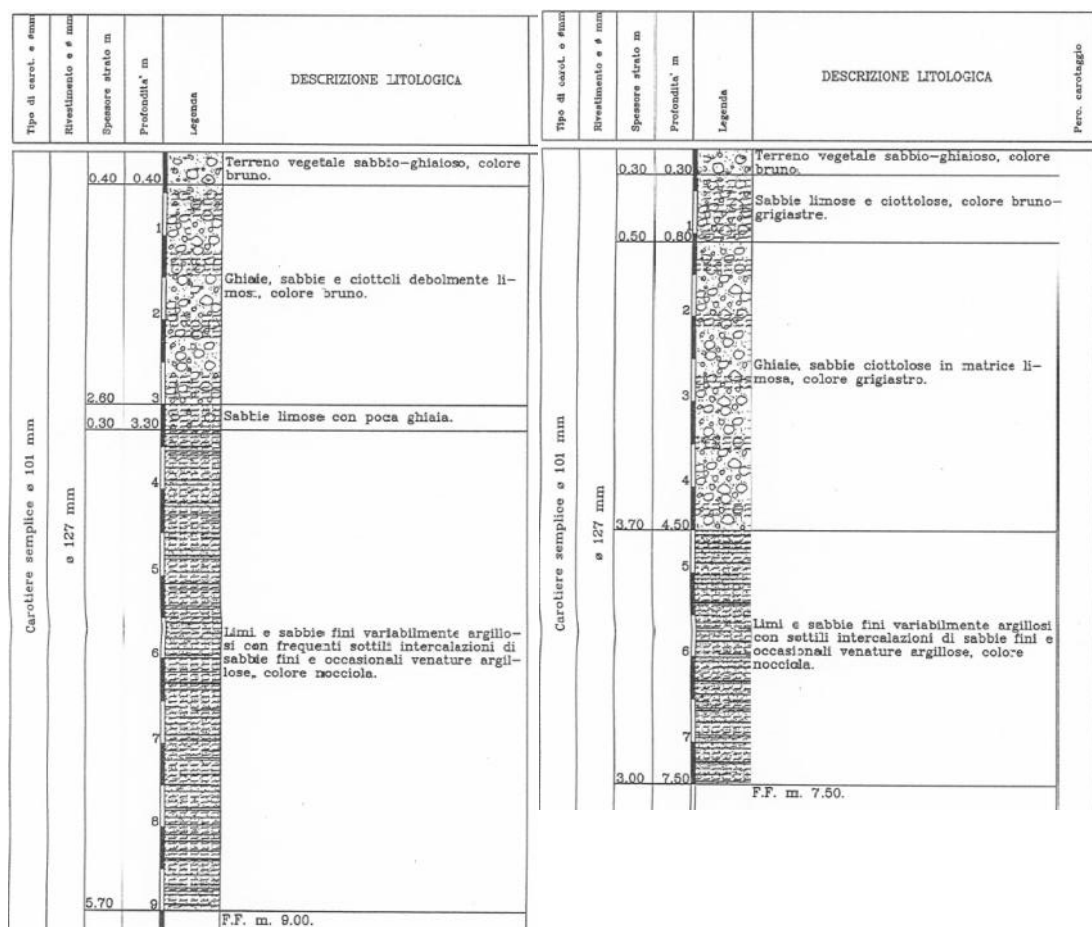


Immagine 14: stratigrafia dei 2 sondaggi

4.1.2 Nuove indagini geognostiche giugno 2022

Al fine di ricostruire un modello geologo e geotecnico del sottosuolo in riferimento ai lavori previsti dal progetto della UF1 nei mesi di giugno e luglio si è realizzata una campagna geognostica supportata da prove di laboratorio che ha visto le seguenti attività:

- a) **Sondaggi stratigrafici S1 e S2** (recupero di carota) spinti alla profondità di -40 m dal p.c. attuale nell'area dove è prevista la struttura interrata;
- b) **prove SPT in foro nei sondaggi S1 e S2 secondo il seguente schema:**
S1: 13 SPT a partire da -3 m dal p.c.
S2: 13 SPT a partire da 1,5 dal p.c.
- c) **Raccolta campioni per analisi di laboratorio (granulometria, taglio diretto-prova triassiale, peso di volume)** con campionatore Shelby nei livelli coesivi:
S1: 7 campioni a 9/9,5 m, 12/12,5 m, 18/18,6 m, 21/21,6 m, 24/24,6 m, 27/27,5 m, 30/30,5 m da p.c.;
S2: 7 campioni a 7,5/8 m, 10,5/11 m, 13,5/14 m, 16,5/17 m, 19,5/20 m, 22,5/23,1 m, 25,5/26,1 m, da p.c.;
- d) **Piezometro:** nel sondaggio S2 è stato installato un piezometro fessurato nel tratto 3-5 m dal piano campagna utile ha misurare la falda nei terreni grossolani incoerenti;
- e) **Prove di permeabilità:** nel sondaggio S2 sono state eseguite nei terreni coesivi 3 prove di Lefranc per la stima della permeabilità: 19,5/20,5 25,5/26 e 34,5/35 dal p.c.
- f) **Terre e Rocce da Scavo:** realizzazione di 2 sondaggi B1 e B2 con recupero carota spinti alla profondità di 10 m dal p.c. con la ricostruzione di campioni di terreno per ogni metro di sondaggio (totale 20 campioni). I campioni sono stati ricostruiti prelevando diverse aliquote nel metro di riferimento dalle carote dei rispettivi 2 sondaggi.
- g) **Stendimento sismico tipo MASW integrata con un'indagine passiva HVSr:** n. 2 prove MASW, abbinate a un'analisi HVSr per il calcolo del parametro V_{s30} o V_{seq} , n. 2 indagini stratigrafiche a sismica a rifrazione.

Le prove di cui sopra sono state realizzate dalla Ditta Geoland Srl, mentre le analisi terre e rocce da scavo sono a cura del laboratorio chimico di Dolomiti Energia spa. Le prove geotecniche di laboratorio e l'indagine sismica sono a cura del laboratorio geotecnico del Servizio Geologico della PAT.

Di seguito si riassume la stratigrafia risultante dai carotaggi e dalla sismica a rifrazione.

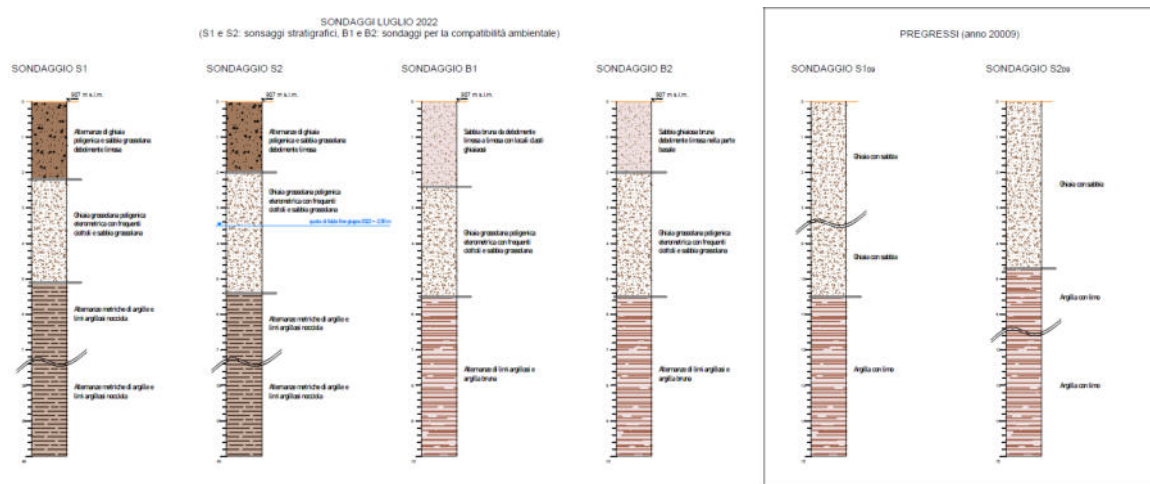
Sondaggi Stratigrafici S1 e S2

I sondaggi S1 e S2 sono stati spinti alla profondità di - 40 m dal p.c. localizzandoli nell'area dove è previsto l'interrato. Entrambe le stratigrafie, unite a quelle del 2009 (d'ora in poi nominate come S1₀₉ e S2₀₉), permettono una buona descrizione del modello geologico del sottosuolo.

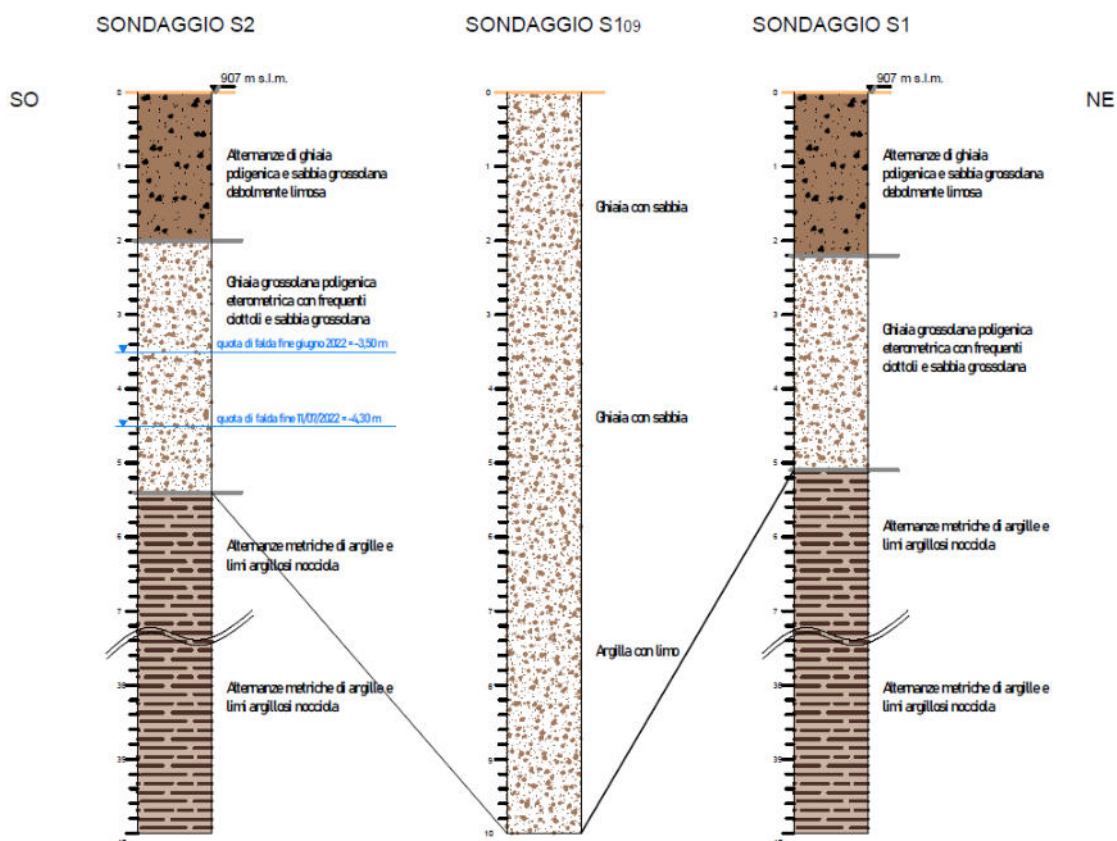


Immagine 15: corografia dei sondaggi S1, S2, S1₀₉ e S2₀₉

Di seguito lo schema generale dei sondaggi del 2022 (sono state inserite anche le stratigrafie dei sondaggi per la compatibilità ambientale B1 e B2) paragonati a quelli del 2009:

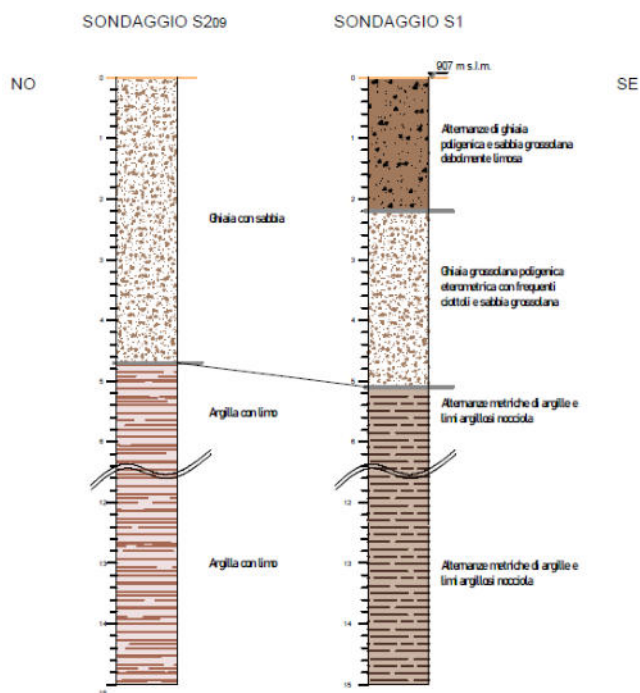


La Sezione geologica 1 orientata SO-NE (vedi figura precedente) risulta pertanto essere come di seguito:



Appare evidente l'anomalia stratigrafica tra il sondaggio S1₀₉ ed i sondaggi attuali S1 ed S2. Nel giro qualche decina di metri di sezione lo spessore dei sedimenti incoerenti varia da 5,10 (S1) e 5,40 (S2) metri ai circa 10 m del sondaggio S1₀₉. Da evidenziare che anche i sondaggi B1 e B2 (limitrofi rispettivamente a S1 e S2) confermano il letto del livello grossolano attorno ai 5-5,50 metri.

La Sezione geologica 2 orientata NO-SE (vedi figura precedente) risulta pertanto essere come di seguito:



Questa sezione mostra invece come il livello di materiale grossolano superficiale ha uno spessore di poco inferiore ai 4 metri verso nord e tende ad aumentare spostandosi verso sud ovvero verso l'area di intervento.

Sismica a rifrazione

L'indagine tomografica a rifrazione si è spinta fino ad una profondità massima di circa 25m dal p.c., ma non ha mostrato un chiaro contrasto di impedenza acustica riconducibile alla presenza di orizzonti a forte competenza sormontati da terreni meno addensati. Lo spessore delle ghiaie torrentizie non appare costante lungo la sezione, anche se occorre segnalare come si specifica però che la tecnica è debole nell'individuare possibili fenomeni di interdigitazione stratigrafica.

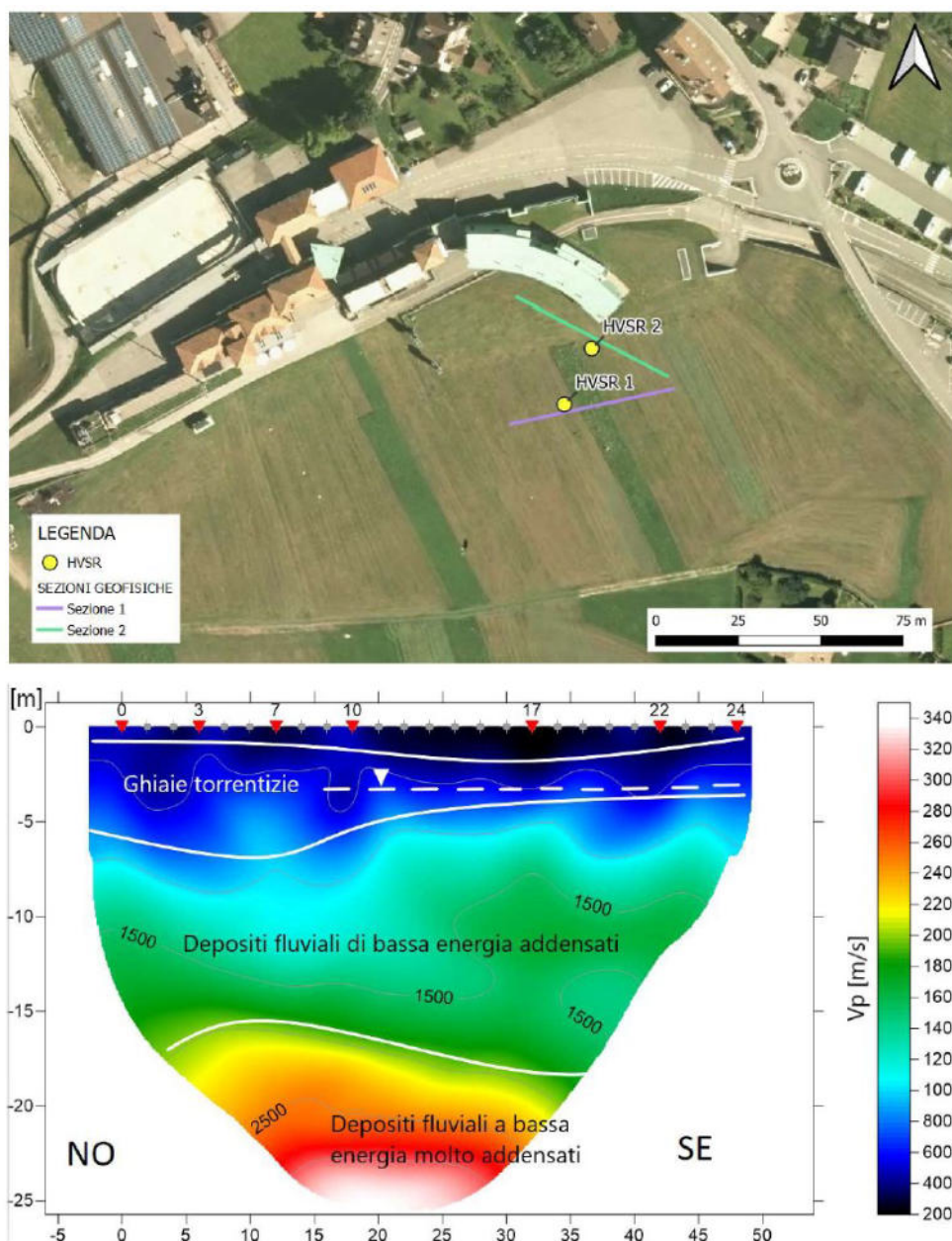


Immagine 16: tomografia sismica a rifrazione lungo lo stendimento geofisico n. 2

4.1.3 Interpretazione stratigrafica di sintesi dei sondaggi

Sulla base dei sondaggi stratigrafici presenti in letteratura e soprattutto sulla base dei nuovi sondaggi dei risultati della sismica a rifrazione la stratigrafia del sottosuolo dove sono previsti gli interventi del progetto è la seguente:

Profondità (m)	Descrizione	Unità stratigrafiche
da 0,00 a 0,20	Suolo superficiale organico, poco addensato	Unità R
da 0,20 a 5/5,5 m	depositi fluviali ad alta energia: ghiaia grossolana poligenica con ciottoli e sabbia. Nella parte alta alternanze di sabbia grossolana debolmente limosa	Unità A1 _{sg}
da 5/5,5 a 40,0 m	depositi fluviali, fluvio/glaciali di ambiente a bassa energia: alternanze metriche di argille e limi argillosi da addensati a molto addensati con l'aumento della profondità	Unità A2 _{al}

4.2 Geologia e geomorfologia

Dal punto di vista geologico ci troviamo all'interno del Dominio Sudalpino (Alpi Meridionali) caratterizzato da rocce per lo più sedimentarie e vulcaniche, depositatesi per lo più nell'intervallo temporale compreso tra il Permiano (250-300 Ma) e il Cretaceo (60-70 Ma), ricoperte in modo discontinuo da depositi d'età Quaternaria di tipo glaciale, alluvionale o detritico (Neogene: 2-0 Ma).

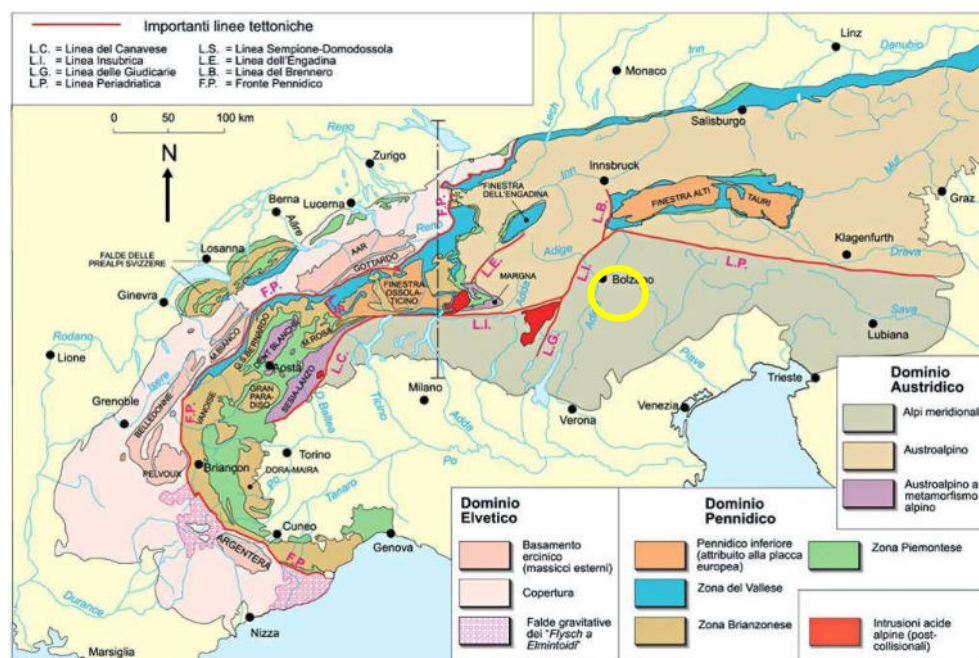


Immagine 17: Schema geologico della Alpi con indicazione dell'area di studio

L'area oggetto dello studio si colloca nel tratto distale del conoide del Rio Val dal Bus, sul ciglio dell'orlo di scarpata fluviale dettato dall'erosione del corso d'acqua principale del Torrente Avisio che scorre in direzione ovest poco più a nord con un dislivello di circa 7 m nel fondovalle. La caratteristica sagoma a "ventaglio" di questa struttura geomorfologica, orientata verso nord e nord-ovest, risulta in alcuni tratti

interrotta da orli di scarpata creati dall'erosione del Torrente all'interno dei depositi quaternari, formando dei terrazzamenti con pendenza topografica piuttosto omogenea e inclinazioni pressoché suborizzontali.

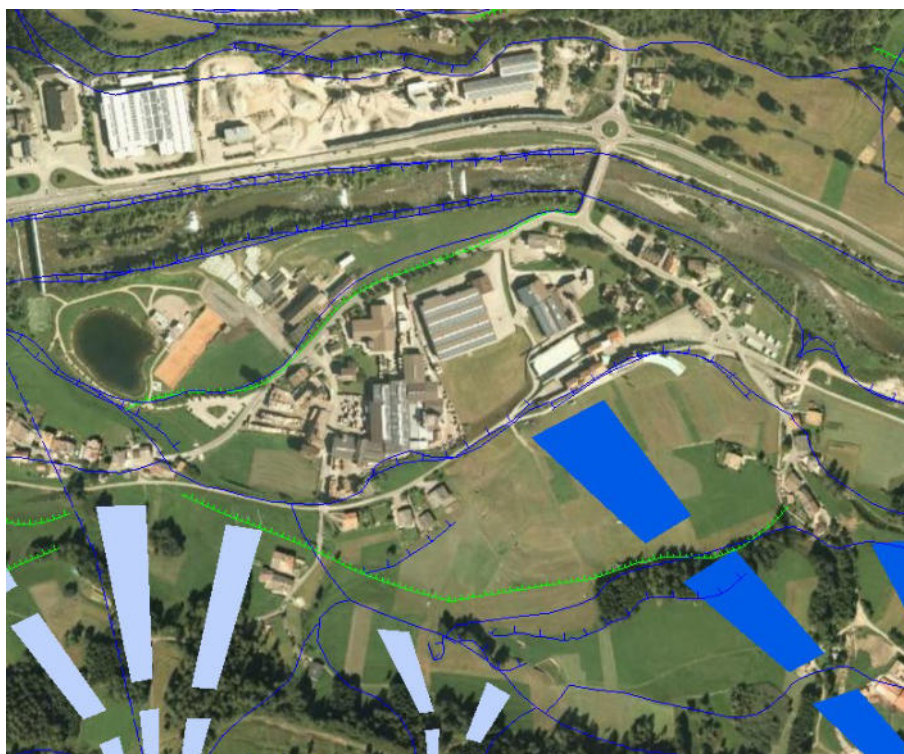


Immagine 18: area di studio su ortofoto PAT con carta geomorfologica PAT

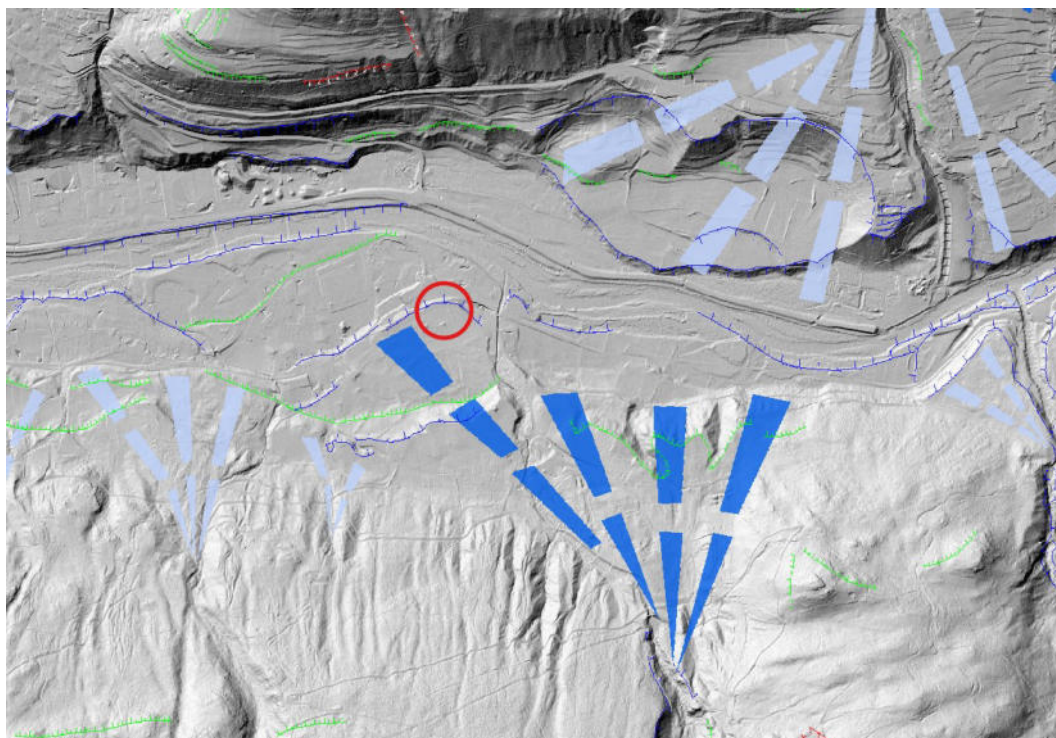


Immagine 19: area di studio su base DTM della PAT con carta geomorfologica PAT

Il conoide si è formato a seguito di periodi accumuli in passato di materiale misto derivante dal trasporto solido delle acque di piena (debris flow) e dall'apporto di tipo gravitativo e/o valanghivo proveniente dalla Val dal Bus e dal rivo che interessa questo compluvio. L'azione erosiva e alluvionale del Torrente Avisio ha invece cancellato parte della caratteristica forma del conoide, soprattutto nel tratto a est dell'area di studio, confermando pertanto una sicura frequente intercalazione tra i diversi depositi.

Le stratigrafie ricostruite dai sondaggi confermano questo modello mostrando una successione sedimentaria composta prevalentemente dai depositi misti, caratterizzati da alternanze di materiale incoerente di ambiente ad alta energia e di materiale più coesivo (argilla e limo) di origine alluvionale con un ambiente fluviale a bassa energia.

In considerazione dell'ubicazione del sito in esame, posto nella parte distale del conoide fino alle alluvioni terrazzate, e delle possibili modalità di deposizione del materiale (fasi di piena e di esondazione del torrente, e relative regressioni), ci si attende un'intercalazione tra i depositi a granulometria grossolana e i depositi alluvionali a granulometria fine spesso disposti a forma lenticolare. I sondaggi dimostrano come spostandosi verso nord, quindi passando dall'area distale del conoide ad un area francamente più alluvionale, i depositi grossolani vanno rapidamente ad assottigliarsi a scapito dei depositi più fini che tendono quindi ad attestarsi sempre più vicini alla superficie topografica.

In linea generale il materiale derivante dal conoide presenta depositi misti di ghiaia e sabbia con ciottoli di dimensioni eterogenee, più o meno arrotondati a seconda dell'entità del trasporto subito; la natura litologica degli elementi lapidei è varia e riferibile essenzialmente alle rocce sedimentarie e piroclastiche che si rinvencono nel bacino idrogeologico del torrente (arenarie, ignimbriti e lapilli tuff, anche se sono rinvenibili elementi diversi, provenienti verosimilmente da depositi glaciali rimaneggiati).

Il materiale fine degli apporti alluvionali, caratterizzato prevalentemente da argilla e limo con spessori rilevanti di diverse decine di metri, rende più scadenti le caratteristiche geotecniche del sottosuolo.

In particolare l'area dove si prevedono gli scavi per la presa d'acqua dell'Avisio (rif. sondaggio PAT 2359) è invece caratterizzata da sedimenti di media ed alta energia di tipo torrentizio/fluviale con presenza di ghiaie e ciottoli arrotondati immersi in una matrice sostanzialmente sabbiosa. Questo livello grossolano è segnalato fino ad una profondità di circa 5 metri dal p.c., poi seguono terreni più coesivi (argilla con limo). La falda nel sondaggio 2359 è attestata a - 4/5 m dal p.c.

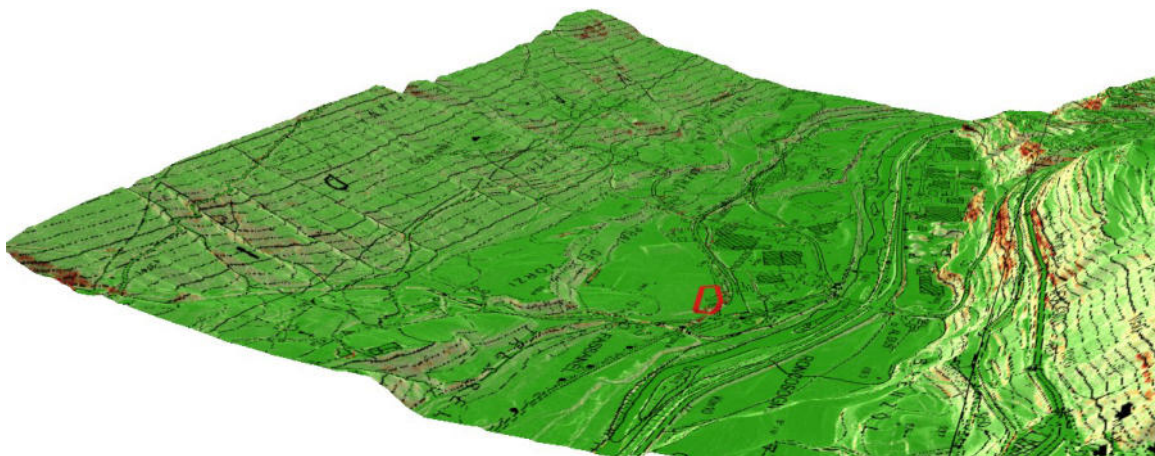


Immagine 20: pendenze con sovrapposizione CTP

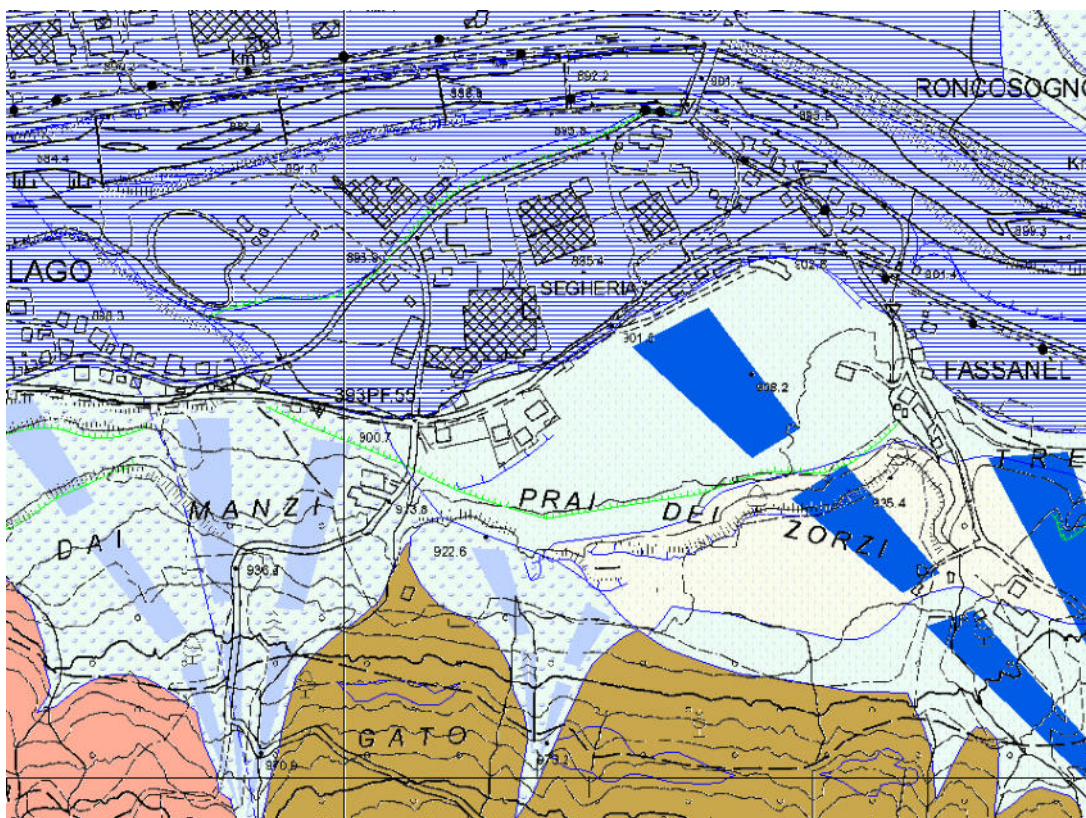


Immagine 21: estratto dalla carta geologica della PAT

L'identificazione del grado di vulnerabilità del territorio interessato dalle opere in oggetto, con particolare riferimento ai processi morfologici e ai dissesti in atto o potenziali e alla loro tendenza evolutiva, viene effettuata con un'analisi storica avvalendosi al Progetto ARCA (Archivio Storico degli Eventi calamitosi del Territorio della Provincia Autonoma di Trento). Tale progetto identifica i fenomeni calamitosi avvenuti nel passato, permettendo una valutazione più approfondita delle differenti tipologie di rischio a cui saranno sottoposte le aree oggetto d'intervento grazie alla conoscenza dei possibili fenomeni. Il Progetto ARCA definisce gli eventi di frana come "fenomeni idrogeologici legati ai movimenti di *versante (crolli, colate, scivolamenti, colate detritiche, etc.)*" e gli eventi alluvionali come "*fenomeno conseguente alla fuoriuscita di un corso d'acqua dal suo alveo di piena associato alla mobilizzazione e al deposito di materiale solido*". Purtroppo tale database archivia gli eventi fino al 2006 e predilige la segnalazione di eventi in aree urbanizzate. Nel dettaglio, come meglio evidenziato di seguito, l'area in oggetto presenta alcuni fenomeni franosi o alluvionali più a nord e sud-est attualmente ripristinati e verificatisi tra gli anni 1966 e 2002.

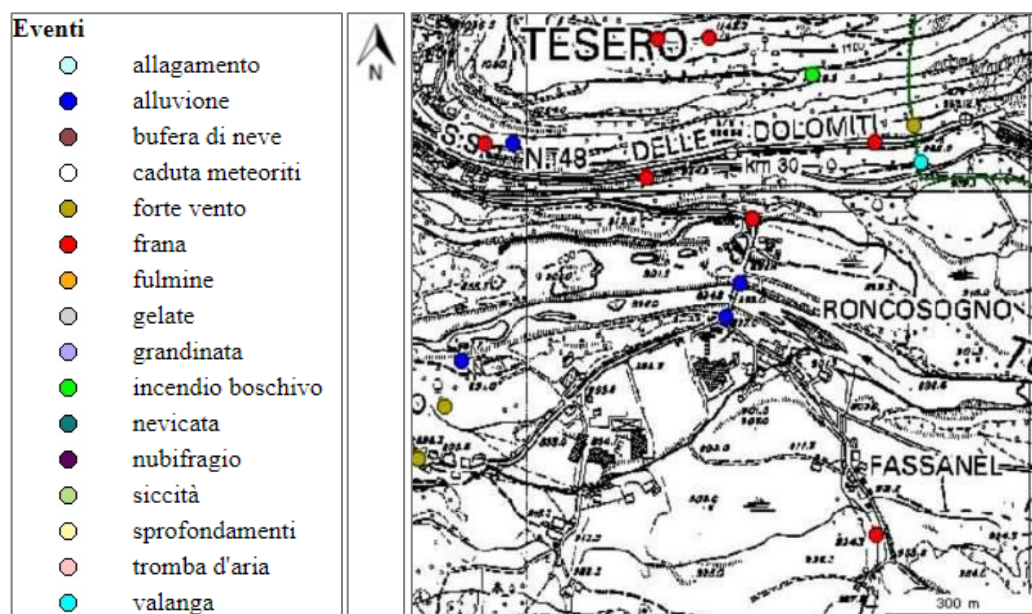


Immagine 22: Estratto dall'Archivio Storico degli Eventi Calamitosi - scala grafica

Oltre al progetto provinciale ARCA, è stato visionato anche l'archivio IFFI (Inventario dei fenomeni franosi in Italia), realizzato da ISPRA e dalle Regioni e Province Autonome, il quale fornisce un quadro dettagliato sulla distribuzione dei fenomeni franosi sul territorio italiano. Per la Provincia Autonoma di Trento i dati sono aggiornati al 2007. Di seguito è riportata l'immagine cartografica estratta dal database.

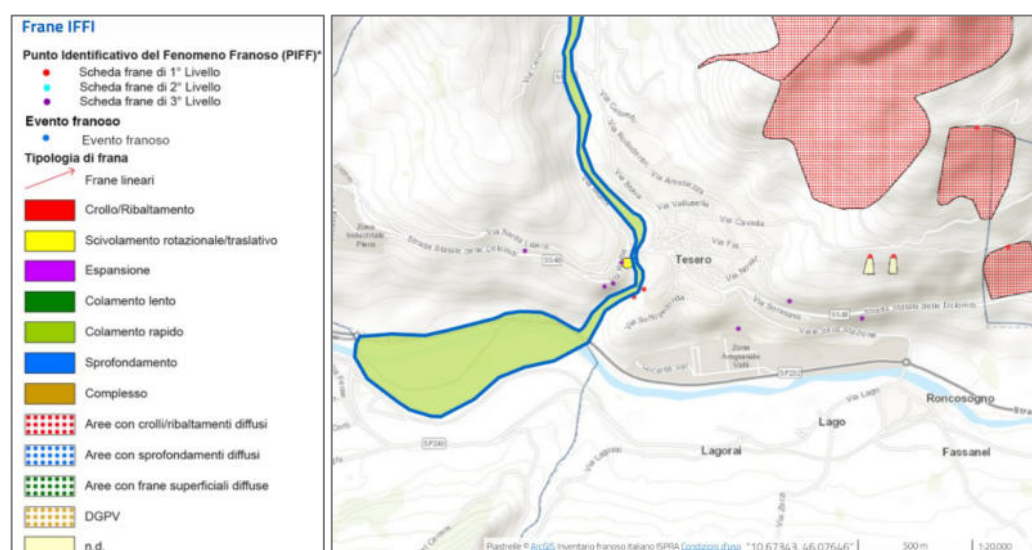


Immagine 23: Estratto dall'Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia - scala grafica

4.3 Idrografia e idrogeologia

Di seguito si riporta un estratto del reticolo idrografico presente nelle zone interessate dall'adeguamento della struttura sportiva come indicato nel portale cartografico della Provincia Autonoma di Trento. Sull'area d'intervento non è stata rilevata alcuna idrografia superficiale, anche se risulta ubicata tra due corsi d'acqua: il Rio Val dal Bus o Fassanel che scorre circa 120 m a est e un corso d'acqua coperto posto circa 150 m a ovest che alimenta il Lago di Tesero. La rete idrica appena descritta, analogamente al corso d'acqua principale del Torrente Avisio posto circa 130 metri a NNE nel fondovalle della Val di Fassa, in condizioni di normale deflusso non interferiscono con il sito di studio.

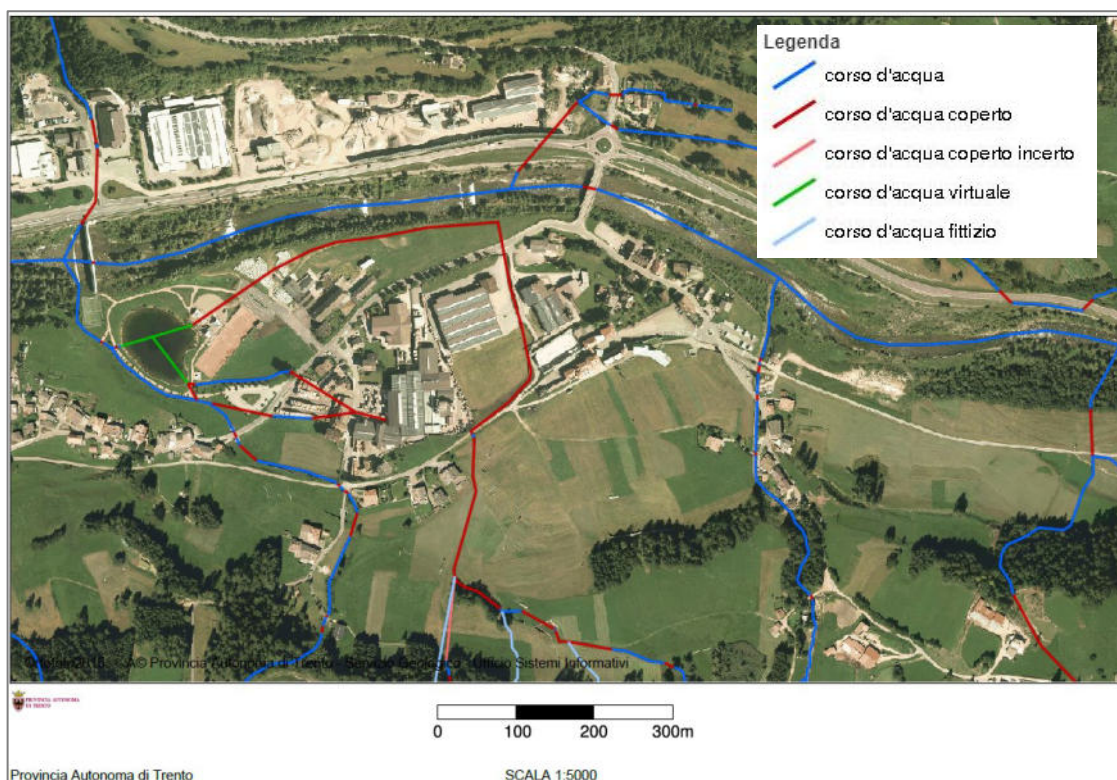


Immagine 24: Estratto del Reticolo idrografico: WebGis PAT–scala grafica

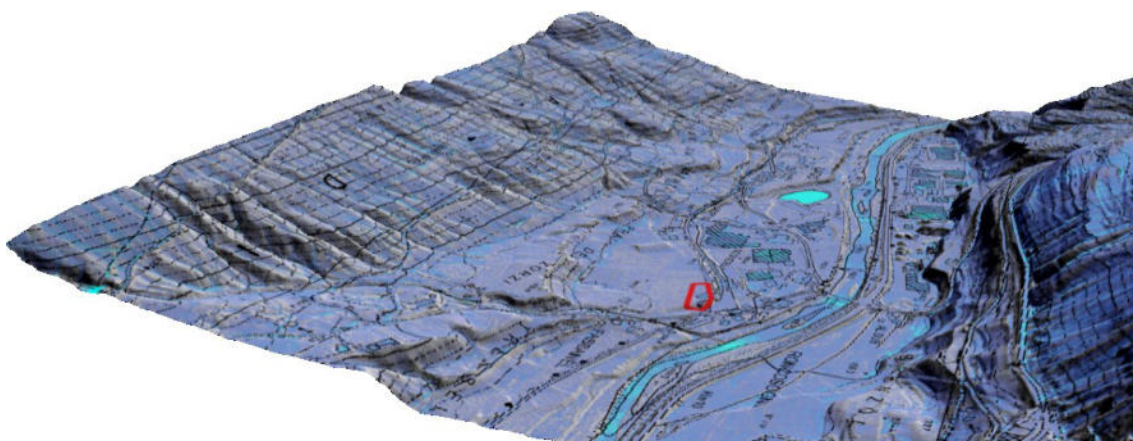


Immagine 25: Indice topografico di umidità con sovrapposizione CTP

La circolazione idrica superficiale, controllata dal gradiente topografico imposto dal conoide che interessa l'abitato di Lago di Tesero, segue generalmente le linee di massima pendenza e defluisce seguendo il versante con un ruscellamento diffuso fino a raggiungere in parte il Rio Val dal Bus, affluente sinistro del corso principale, e in parte direttamente il Torrente Avisio. La seguente immagine illustra maggiormente questa condizione, rappresentando l'indice topografico di umidità (Topographic Wetness Index) e individuando le zone di circolazione superficiale dell'acqua (colore trasparente) e quelle maggiormente soggette alla raccolta e all'accumulo (colore azzurro) come compluvi e pianori.

Dalle indagini è emerso come, dove presente, lo strato superficiale grossolano rappresenti un acquifero con una falda freatica superficiale confinata verso il basso per la presenza di **decine di metri** di argille e argille limose sostanzialmente impermeabili o molto poco permeabili (dalle prove in sito la permeabilità dei livelli coesivi più superficiali è attorno ai 10^{-4} - 10^{-5} m/s).

Nel mese di luglio la falda risulta essere risultata oscillare tra i -4,5 / -3,0 m dal p.c., valore che si ritiene opportuno considerare come riferimento per le operazioni di scavo.

L'area più a sud, zona dei Prai dei Zorzi, è interpretabile come un secondo terrazzamento dell'Avisio (quota 935 m) posto a circa una trentina di metri più in alto rispetto al primo terrazzamento pianeggiante (quota 908 m) dove si trovano le strutture del centro sportivo. Il fondovalle (dove è prevista la realizzazione del locale interrato per le pompe) si trova a quota 895 m slm.

Il terrazzamento del Prai dei Zorzi è interessato dai conoidi di debris flow dei torrenti che scendono dal versante nord del Lagorai e rappresenta un ampio bacino di raccolta per tutte le acque non solo superficiali (idrografia), ma anche delle acque di falda. Quest'acqua tende a scorrere o ristagnare sui livelli superficiali del sottosuolo che caratterizza i Prai, filtrando con molta difficoltà per la presenza nel sottosuolo di materiale limoso-argilloso a ridotta permeabilità. **E' possibile pertanto che durante i lavori di sistemazione delle piste e realizzazione delle trincee per la posa delle tubazioni tecniche sia presente parte di quest'acqua di falda. Si dovranno pertanto adottare idonee misure di drenaggio.**

Il pendio si presenta completamente ricoperto di prati con aree a piante d'alto fusto e dal sopralluogo di superficie non si sono rilevati movimenti in atto (come confermato anche dalla ricerca del database dissesti della PAT e dal progetto ARCA –vedi sopra).

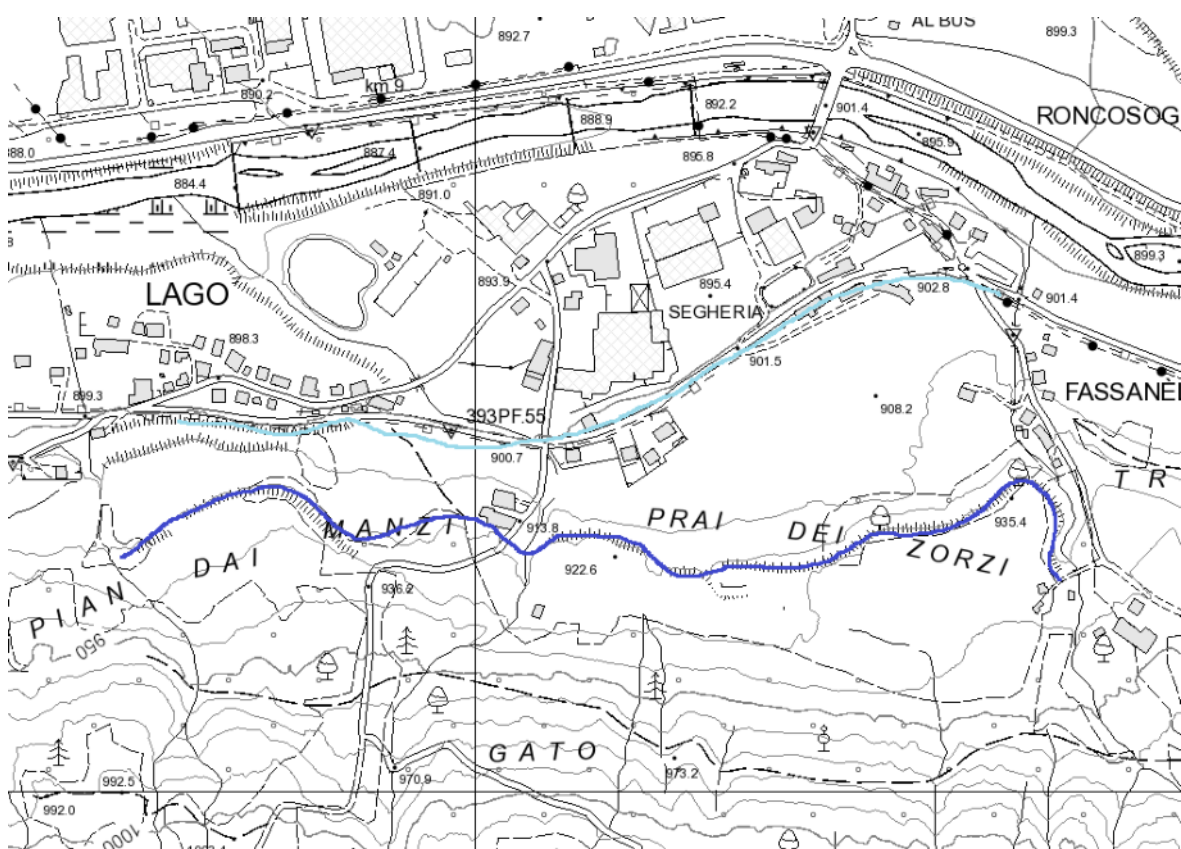


Immagine 26: schema dei terrazzamenti. La linea blu scura indica il limite nord del II terrazzamento, quello più in quota; la linea azzurro chiaro indica il limite tra il I terrazzamento fluviale ed il fondo valle più recente.

4.4 Modello geologico di sintesi

Sulla base dei dati raccolti e descritti nei capitoli precedenti il Modello Geologico del sito può essere descritto come di seguito **a seconda delle zone d'intervento**:

INTERVENTI DI SCAVO PER LA SISTEMAZIONE DELLE PISTE

SCAVO PER L'AMPLIAMENTO LOCALE TECNICO DELLE POMPE

ALLARGAMENTO SOTTOPASSO

SCAVI PER POSA TUBAZIONI TECNICHE E DI SERVIZIO

MODELLO GEOLOGICO: successione sedimentaria di origine fluviale/torrentizia e fluvioglaciale con spessori di diverse decine di metri formata in particolare da una livello superficiale di circa 5-5,5 m di materiale grossolano incoerente a cui seguono alternanze di materiale fine e coesivo.

Le principali Unità litostratigrafiche sono:

UNITA' S: livello superficiale di suolo con diffusa presenza di radici e componente organica in generale. Permeabilità da discreta a buona, spessore variabile attorno 20-30 cm.

UNITÀ A1_{sg}: depositi sciolti fluviali/torrentizi incoerenti con spessore variabile mediamente attestato attorno ai 5-6 m all'altezza del primo terrazzamento (edifici del centro sportivo). Si tratta di ghiaie e sabbie debolmente limose. Ghiaie poligeniche con possibili ciottoli immerse in una matrice sabbiosa. Interpretabile anche come diamicton da debris flow.

Nell'area la falda freatica è variabile attorno ai 3/5 m dal p.c. **con un livello medio estivo attorno a 4-4,5 m di profondità.** La superficie freatica tende ad approfondirsi spostandosi verso sud e risalendo il versante.

UNITÀ A2_{al}: depositi sciolti fluvio-glaciali fini coesivi tipici di un ambiente a bassa energia. L'interfaccia con la soprastante A1_{sg} è irregolare, attestato attorno ai -5/5,5 m dal p.c. sul fondovalle e sul primo terrazzamento, mentre tende ad interdigitarsi o ad alternarsi con la stessa A1_{sg} risalendo il versante all'altezza del secondo terrazzamento (Prai dei Zorzi) ai piedi della fascia boschiva.

Questa unità coesiva nei sondaggi è stata riscontrata almeno fino a -40 m di profondità, anche se talvolta intervallata da livelli più grossolani e meno coesivi (sabbie).

Si tratta di limi, argille, limi argillosi da addensati a molto addensati. Permeabilità stimata attorno ai 10^{-5} m/s

Substrato roccioso stimato a oltre i 30 m di profondità.

I lavori programmati per gli interventi di cui sopra interesseranno quindi (oltre l'unità S di modesto spessore) entrambe le unità geologiche a seconda della zona d'intervento.

In particolare gli interventi a sud dell'area di studio (allargamento del sottopasso, scavi per la posa delle tubazioni di servizio e le 4 aree di sistemazione del tracciato delle piste) interesseranno aree in cui saranno diffusi prevalentemente i terreni dell'unità A2_{al} e quindi con probabile presenza di acqua superficiale che dovrà essere opportunamente drenata.

I lavori di scavo invece localizzati nella porzione centrale dell'area (allargamento del locale tecnico delle pome e gli scavi per la posa delle tubazioni tecniche) andranno ad interessare soprattutto l'unità geologica A1_{sg}; mentre il carico degli stessi edifici andrà a scaricare sui limi argillosi di profondità.

INTERVENTI PER LA REALIZZAZIONE DELLE OPERE DI PRESA DELL'ACQUA DELL'AVISIO

Questo intervento invece è localizzato sul fondavalle a pochi metri dall'Avisio.

MODELLO GEOLOGICO: successione sedimentaria di origine fluviale con spessori variabili formata da livelli sabbiosi e ghiaiosi di un ambiente a media e alta energia. A seguire in profondità livello più coesivo (argille, argille limose) di ambiente a bassa energia.

Le principali Unità litostratigrafiche sono:

UNITÀ S: livello superficiale di suolo con diffusa presenza di radici e componente organica in generale. Permeabilità da discreta a buona, spessore variabile attorno 20 cm.

UNITÀ A1_{sg}: depositi sciolti fluviali incoerenti con spessore variabile mediamente attestato attorno ai diversi metri di profondità. Si tratta di alternanze sabbie con ciottoli e livelli più ghiaiosi con ciottoli arrotondati. Spessore 5-5,5 metri. Nell'area la falda freatica è variabile attorno ai 4/5 m dal p.c. con letto su B2_a.

UNITÀ A2_{al}: successione di materiali fino coesivi: argilla, argilla limose con spessore di diverse decine di metri. Livelli impermeabile.

Substrato roccioso stimato a oltre i 30 m di profondità.

I lavori di scavo per la realizzazione dell'opera di presa e relative trincee per la posa delle tubazioni, oltre all'unità superficiale S di spessore modesta, interesseranno l'unità A1_{sg} e la parte più superficiale dell'unità A2_{al} (raggiunta dal fondo scavo maggiore per la realizzazione dei locali dell'opera di presa).

5 DISCIPLINA D'UTILIZZAZIONE TERRE E ROCCE DA SCAVO

Il progetto prevede scavi e scarifiche con il riutilizzo del materiale in sito per le sistemazioni finali.

Dalla ricerca storica e a seguito di alcune interviste con il personale che gestisce l'impianto sportivo, i siti d'intervento ricadono in un'area utilizzata fino ad oggi come area agricola o per attività di pastorizia con lo sfalcio dei prati. Non vi sono state e non vi sono attività industriali, artigianali e/o commerciali che possono far supporre possibili inquinamenti del terreno.

La zona non appartiene a siti oggetto di procedimento di bonifica.

Permane quindi la necessità, prima dell'inizio dei lavori di scavo, l'accertamento preventivo dei requisiti di qualità ambientale delle TRS a carico del produttore o esecutore e deve attestare l'assenza del superamento delle CSC (Concentrazioni Soglia di Contaminazione) con riferimento alle caratteristiche delle matrici ambientali e alla destinazione d'uso urbanistica del sito.

Il materiale di scavo che sarà considerato rifiuto (art. 183 del TUA) sarà destinato a discarica previa identificazione con idoneo/idonei codici CER (ad esempio terre e rocce da scavo: codice CER 17.05.04 in assenza di sostanze pericolose, conglomerato bituminoso e/o cementizio: codice CER 17.09.04 in assenza di sostanze pericolose) nel rispetto del TUA (Decreto Legislativo del 3 aprile 2006 n. 152).

Per la progettazione della UF1 si sono condotte delle analisi chimico-ambientali sui campioni raccolti dai 2 sondaggi spinti alla profondità di -10 m dal p.c. Sono stati portati in laboratorio n. 18 campioni raccolti, con diversi incrementi, per ogni metro di sondaggio.

Si rimanda quindi alla relazione geologica relativa alla UF 1 per ulteriori dettagli.

6 AZIONE SISMICA

Per valutare se un'opera strutturale è sicura, secondo le NTC 2018, bisogna far riferimento a degli *stati limite*, che possono verificarsi durante un determinato *periodo di riferimento* della stessa opera. Quindi per poter stimare l'azione sismica, che dovrà essere utilizzata nelle verifiche agli stati limite o nella progettazione, bisognerà stabilire:

- in primo luogo la **vita nominale dell'opera**, che congiuntamente alla classe d'uso, permette di determinare quel **periodo di riferimento**;
- una volta definito il periodo di riferimento e i diversi stati limite da considerare, determinate le relative **probabilità di superamento**, è possibile stabilire il **periodo di ritorno** associato a ciascun stato limite;
- a questo punto è possibile definire la **pericolosità sismica di base** per il sito interessato alla realizzazione dell'opera, facendo riferimento agli studi condotti sul territorio nazionale dal Gruppo di Lavoro 2004 nell'ambito della convenzione-progetto S1 DPC-INGV 2004-2006 e i cui risultati sono stati promulgati mediante l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri (OPCM) 3519/2006.

6.1 Vita nominale, classi d'uso e periodo di riferimento

Nelle NTC18 il periodo di riferimento è dato dalla seguente relazione:

$V_R = V_N \times C_U$ dove: V_R = periodo di riferimento V_N = vita nominale C_U = coefficiente d'uso

Nel caso in esame l'intervento previsto può considerarsi un Tipo di Costruzione 2 con $V_N \geq 100$ anni (struttura pubblica) ed in Classe d'Uso II dove C_U assume un valore di 1,0 (vedi tabelle seguenti).

Per cui $V_R = 100 \times 1,0 = 100$.

Tab. 2.4.I – Valori minimi della Vita nominale V_N di progetto per i diversi tipi di costruzioni

TIPI DI COSTRUZIONI		Valori minimi di V_N (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

2.4.2. CLASSI D'USO

Con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso così definite:

Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.

Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Tab. 2.4.II – Valori del coefficiente d'uso C_U

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0,7	1,0	1,5	2,0

Le NTC18 prendono in considerazione 4 possibili stati limite (SL) individuati facendo riferimento alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti: due sono stati limite di esercizio (SLE) e due sono stati limite ultimi (SLU). Uno stato limite è una condizione superata la quale l'opera non soddisfa più le esigenze per la quale è stata progettata.

Più in particolare le opere e le varie tipologie strutturali devono essere dotate di capacità di garantire le prestazioni previste per le condizioni di esercizio (sicurezza nei confronti di SLE) e di capacità di evitare crolli, perdite di equilibrio e di dissesti gravi, totali o parziali, che possano compromettere l'incolumità delle persone o comportare la perdita di beni, oppure provocare gravi danni ambientali e sociali, oppure mettere fuori servizio l'opera (sicurezza nei confronti di SLU).

Gli stati limite per le azioni sismiche sono d'esercizio sono:

Stato Limite di Operatività (SLO) e Stato Limite di Danno (SLD)

Gli stati limite ultimi sono:

Stati Limite di Salvaguardia della Vita (SLV) e Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC).

Ad ogni stato limite è associata una probabilità di superamento P_{VR} (vedi tabella seguente), ovvero la probabilità che, nel periodo di riferimento V_R , si verifichi almeno un evento sismico ($n \geq 1$) di a_g prefissata (a_g = accelerazione orizzontale massima del suolo) avente frequenza media annua di ricorrenza $\lambda = 1/T_R$ (T_R = periodo di ritorno).

Tab. 3.2.I – Probabilità di superamento P_{VR} in funzione dello stato limite considerato

Stati Limite	P_{VR} : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R	
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Il valore del Periodo di Ritorno T_R è possibile calcolarlo come descritto in tabella seguente (si ricorda che $V_R=100$): per lo Stato Limite di Esercizio SLO $T_R=60$ anni, per lo SLD $T_R=100$ anni, per lo SLV $T_R=950$ anni, mentre per lo Stato Limite Ultimo SLC $T_R= 195$ anni.

Tabella C.3.2.I – Valori di T_R espressi in funzione di V_R

Stati Limite		Valori in anni del periodo di ritorno T_R al variare del periodo di riferimento V_R
Stati Limite di Esercizio (SLE)	SLO	$(^1)30 \text{ anni} \leq T_R = 0,60 \cdot V_R$
	SLD	$T_R = V_R$
Stati Limite	SLV	$T_R = 9,50 \cdot V_R$
Ultimi (SLU)	SLC	$T_R = 19,50 \cdot V_R \leq 2475 \text{ anni } (^1)$

6.2 Definizione della pericolosità sismica di base.

La pericolosità sismica di base, cioè le caratteristiche del moto sismico atteso al sito di interesse, nelle NTC 2018, per una determinata probabilità di superamento, si può ritenere definita quando vengono designati un'accelerazione orizzontale massima (a_g) ed il corrispondente spettro di risposta elastico in accelerazione, riferiti ad un suolo rigido e ad una superficie topografica orizzontale.

Per poter definire la pericolosità sismica di base le NTC 2018 si rifanno a una procedura basata sui risultati disponibili anche sul sito web dell'INGV <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>, nella sezione “*Mappe interattive della pericolosità sismica*”.

Secondo le NTC 2018 le forme spettrali sono definite per 9 differenti periodi di ritorno TR (30, 50, 72, 101, 140, 201, 475, 975 e 2475 anni) a partire dai valori dei seguenti parametri riferiti a terreno rigido orizzontale, cioè valutati in condizioni ideali di sito, definiti nell'Allegato A alle NTC08:

a_g = accelerazione orizzontale massima;

F_o = 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.

I tre parametri si ricavano per il 50° percentile ed attribuendo a:

a_g il valore previsto dalla pericolosità sismica S1

F_o e T_{C^*} i valori ottenuti imponendo che le forme spettrali in accelerazione, velocità e spostamento previste dalle NTC08 scartino al minimo dalle corrispondenti forme spettrali previste dalla pericolosità sismica S1 (il minimo è ottenuto ai minimi quadrati, su valori normalizzati).

I valori di questi parametri vengono forniti in tabella (Tabella 4.1), contenuta nell'Allegato B delle NTC08 (a cui le NTC 2018 fanno riferimento), per i 10751 punti di un reticolo di riferimento in cui è suddiviso il territorio nazionale, identificati dalle coordinate geografiche longitudine e latitudine.

CLASSIFICAZIONE SISMICA DEI SUOLI DI FONDAZIONE

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, è necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi.

Il comune di Tesero ricade in zona sismica 4.

Sulla base dei dati raccolti dall'indagine geognostica del 2009 e presa visione della “Carta classificazione sismica dei suoli di fondazione” a cura della PAT ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, **è possibile assegnare al sottosuolo la categoria B-C.**

Per la classificazione sismica è stata condotta una nuova indagine sismica a cura del Servizio Geologico della PAT ricostruendo il profilo di velocità delle onde sismiche S del sottosuolo incrociando i risultati della prova MASW e HVSr (si rimanda all'allegato per le modalità di indagini e le sue caratteristiche).

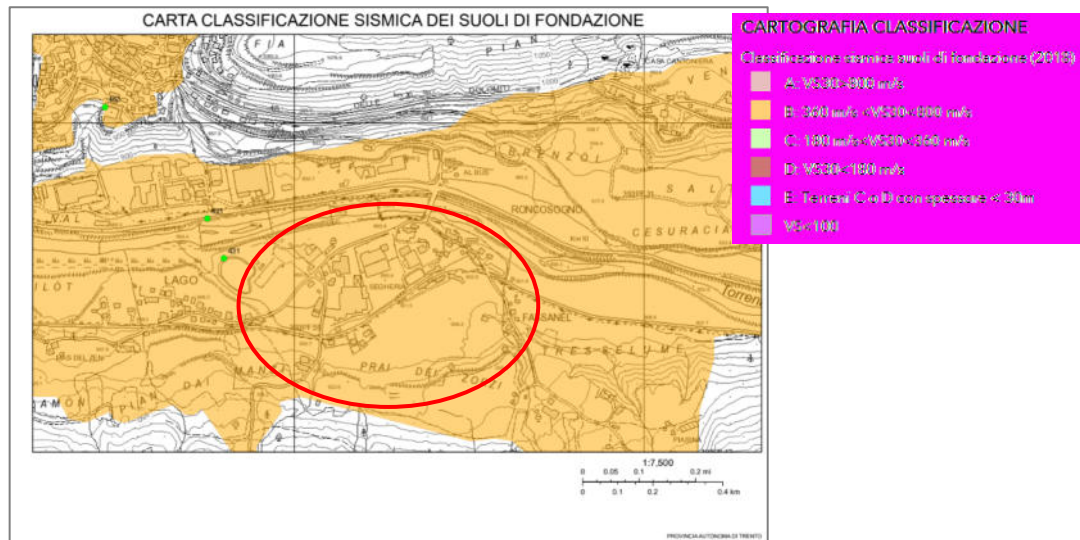
Il modello presenta un'inversione di velocità concentrata nei primi 5 m di profondità e un forte addensamento dei materiali a partire dai 28-30 m di profondità. Le Vs equivalenti per il sito in esame sono pari a 227 m/s, **che colloca il sito in categoria sismica dei suoli “C”** (Vs eq compresa tra 180 e 360 m/s).

Le fondazioni verranno poste a circa 5-5,5 m di profondità, per tale ragione, nel rispetto delle NTC 2018, la Vs equivalente per il futuro piano fondazionale Vs eq (5,0-30,0) pari a 228 m/s. **La categoria sismica rimane “C”.**

Dal punto di vista delle frequenze fondamentali del sito, secondo il modello elaborato, alla quota fondazionale il picco maggiore passerà da circa 2 Hz (superficie) a 2,5 Hz.

CATEGORIA TOPOGRAFICA

Per quanto riguarda **la categoria topografica il sito è classificabile in categoria T1** con un relativo coefficiente di amplificazione topografica, localizzato alla base del pendio, $S_T=1,0$.

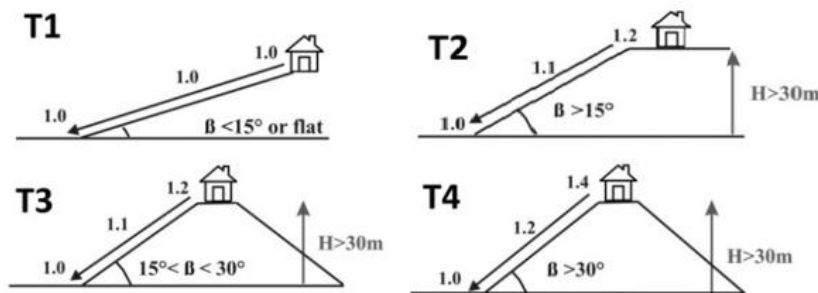


Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Tab. 3.2.III – Categorie topografiche

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

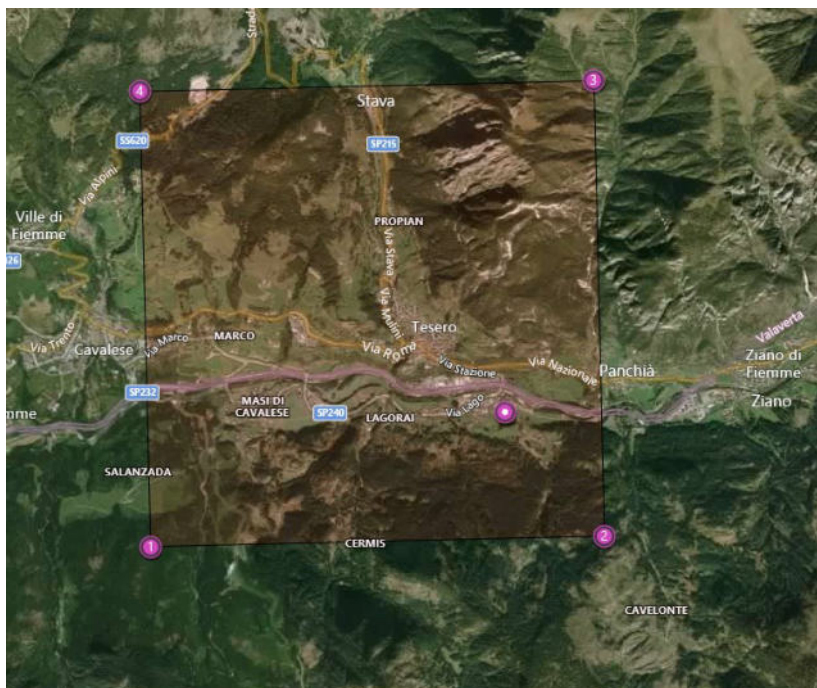


Tab. 3.2.V – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1,4

Immagine 27: classificazione sismica dei suoli di fondazione della PAT e schema categoria topografica

Sulla base delle indicazioni riportate in questo capitolo, di seguito si riporta una tabella riassuntiva dei parametri di pericolosità sismica e dei coefficienti sismici necessari per definire compiutamente gli spettri di risposta elastici in accelerazione delle componenti orizzontali (ai sensi di quanto previsto dalla NTC 2018).



Parametri sismici

P1, P2, P3 e P4 sono i punti della maglia elementare del reticolo di riferimento. (Px è il sito d'intervento)

Parametri sismici del sito

(Ss: Amplificazione stratigrafica, Cc: coeff. Funz. Categoria, St: amplificazione topografica; kh e kv coeff. Sismici orizzontali e verticali, Amax: accelerazione orizzontale massima attesa al sito)

Parametri sismici

Lat. (ED50) Long. (ED50)

Classe dell'edificio

Coefficiente d'uso Cu

Vita nominale anni

Interpolazione

	Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	TC* [s]
Px	Operatività (SLO)	60	0.034	2.532	0.232
	Danno (SLD)	101	0.040	2.546	0.276
	Salvaguardia vita (SLV)	949	0.086	2.668	0.385
	Prevenzione collasso (SLC)	1950	0.107	2.684	0.422
P1	Operatività (SLO)	60	0.033	2.526	0.230
	Danno (SLD)	101	0.039	2.548	0.275
	Salvaguardia vita (SLV)	949	0.084	2.658	0.384
	Prevenzione collasso (SLC)	1950	0.104	2.682	0.424
P2	Operatività (SLO)	60	0.035	2.546	0.237
	Danno (SLD)	101	0.041	2.549	0.278
	Salvaguardia vita (SLV)	949	0.089	2.704	0.382
	Prevenzione collasso (SLC)	1950	0.113	2.696	0.416
P3	Operatività (SLO)	60	0.033	2.526	0.229
	Danno (SLD)	101	0.039	2.550	0.275
	Salvaguardia vita (SLV)	949	0.084	2.642	0.390
	Prevenzione collasso (SLC)	1950	0.104	2.686	0.429
P4	Operatività (SLO)	60	0.032	2.504	0.223
	Danno (SLD)	101	0.038	2.531	0.270
	Salvaguardia vita (SLV)	949	0.080	2.606	0.392
	Prevenzione collasso (SLC)	1950	0.099	2.644	0.429

Periodo riferimento azione sismica

Categoria sottosuolo

Categoria topografica

☐ Muri di sostegno

☐ Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti

☐ Paratie

Altezza paratia H: [m]

Spostamento ammissibile us: [m]

☒ Stabilità dei pendii e fondazioni ☒ Fronti scavo e rilevati

	SLO	SLD	SLV	SLC	
Ss	1.50	1.50	1.50	1.50	
Cc	1.70	1.61	1.44	1.40	
St	1.00	1.00	1.00	1.00	
Muri di sostegno spost. nullo	kh	--	--	--	
	kv	--	--	--	
	Amax [m/s²]	--	--	--	
	Beta	--	--	--	
Stabilità dei pendii e fondazioni	kh	0.010	0.012	0.026	0.039
	kv	0.005	0.006	0.013	0.019
	Amax [m/s²]	0.496	0.589	1.259	1.577
	Beta	0.200	0.200	0.200	0.240
Muri di sostegno	kh	--	--	--	
	kv	--	--	--	
	Amax [m/s²]	--	--	--	
	Beta	--	--	--	
Fronti di scavo e rilevati	kh	--	0.028	0.049	--
	kv	--	0.014	0.024	--
	Amax [m/s²]	0.496	0.589	1.259	1.577
	Beta	--	0.470	0.380	--
Paratie	kh	--	--	--	
	kv	--	--	--	
	Amax [m/s²]	--	--	--	
	Beta	--	--	--	

6.2.1 Sismicità locale

Per la zonazione sismogenica del Comune di Tesero è stato consultato il progetto DISS e la zonazione sismogenica dell'INGV.

Sorgenti Sismogeniche composite e Zonazione sismogenica.

Di seguito si riporta l'inquadramento cartografico del progetto: "*Analysis of the seismic potential in Italy for the evaluation of the seismic hazard*" curato dal Dipartimento della Protezione Civile che recepisce i dati editati dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia tramite il progetto DISS "*Database of Individual Seismogenic Sources*" (DISS). Questo database contiene informazioni su elementi tettonici in grado di generare terremoti (faglie attive). Come si vede dall'immagine le sorgenti sismogeniche composite appartenenti al fronte di spinta più esterno delle Alpi Meridionali, vergenti a Sud si trovano molto più a sud.

La stessa zonazione sismogenica ZS9 non individua nell'area di studio zone di riferimento.

Comunque per il sisma di riferimento è possibile prendere in considerazione la zona 906 riferita all'attività tettonica dell'Arco Alpino.

Il valore di magnitudo di riferimento M_w per la Zona 906 è pari a 6,60 (Stucchi M., Meletti C., Montaldo V., Akinci A., Faccioli E., Gasperini P., Malagnini L., Valensise G. (2004). Valori di M_{max} , di b , completezze. Dati di ingresso per la redazione di MPS04 [Data set]. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://doi.org/10.13127/SH/MPS04/INPUTDATA>).

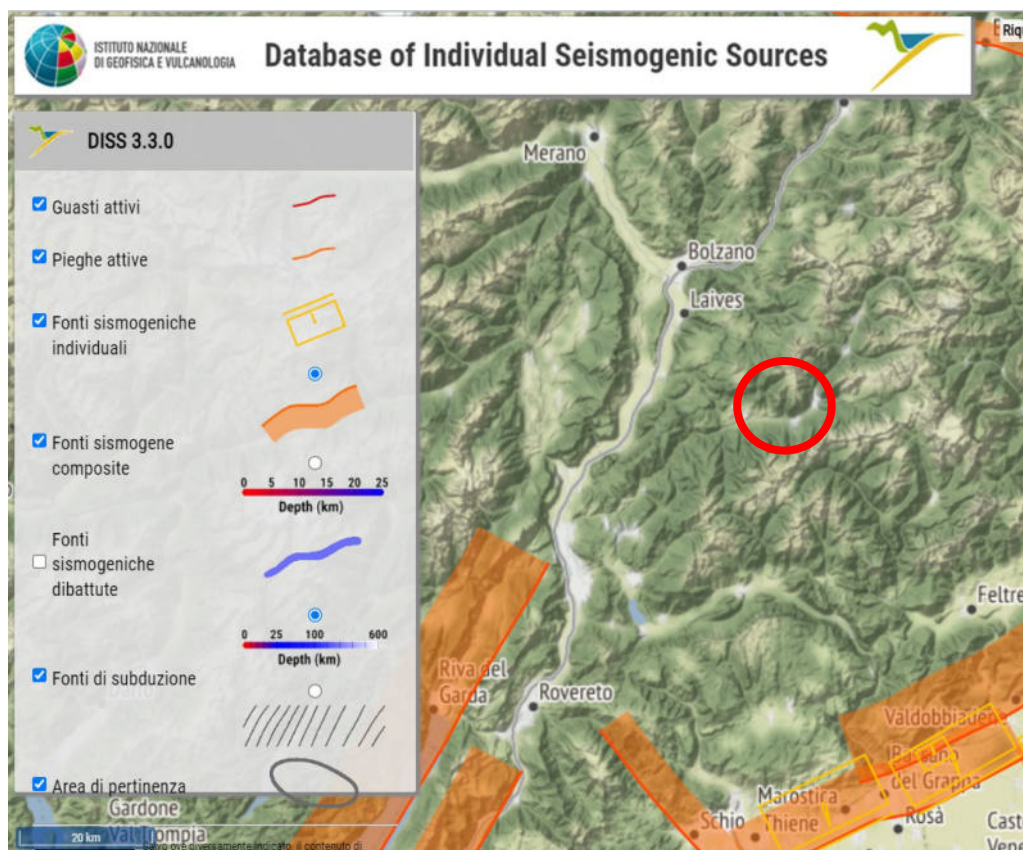


Immagine 28: Database Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

Le 3 principali sorgenti sismogeniche (CSS) prossime all'area di studio sono la **CSS Giudicarie (ITC048)** con una stima di magnitudo massima pari a 6,8, la **CSS Bassano-Vittorio Veneto (ITCS105)**

con una stima di magnitudo massima pari a 6,9 e la **CSS Schio-Vicenza (ITCS175)** con una stima di magnitudo massima pari a 7,3.

PARAMETRIC INFORMATION				PARAMETRIC INFORMATION			
Parameter	Quality	Evidence		Parameter	Quality	Evidence	
Min depth [km]	5.0	OD	Based on geological and seismological data.	Min depth [km]	1.0	LD	Based on geological data from various Authors.
Max depth [km]	12.0	OD	Based on geological and seismological data.	Max depth [km]	10.0	LD	Based on geological data from various Authors.
Strike [deg] min... max	205...265	OD	Based on geological and seismological data.	Strike [deg] min... max	200...245	LD	Based on geological data from various Authors.
Dip [deg] min... max	25...35	OD	Based on geological and seismological data.	Dip [deg] min... max	30...50	LD	Based on geological data from various Authors.
Rake [deg] min... max	70...100	EJ	Inferred from geological and seismological data.	Rake [deg] min... max	60...100	LD	Based on geological and geodetic data.
Slip Rate [mm/y] min... max	0.1000...0.5000	EJ	Unknown, values assumed from geodynamic constraints.	Slip Rate [mm/y] min... max	0.2900...0.7200	EJ	Inferred from regional geological data from Galadini et al. (2005).
Max Magnitude [Mw]	6.8	ER	Estimated from Leonard's (2014) scaling relations.	Max Magnitude [Mw]	6.9	ER	Estimated from Leonard's (2014) scaling relations.

LD=Literature Data; OD=Original Data; ER=Empirical Relationship; AR=Analytical Relationship; EJ=Expert Judgement

PARAMETRIC INFORMATION			
Parameter	Quality	Evidence	
Min depth [km]	1.0	EJ	Inferred from subsurface geological and geophysical data.
Max depth [km]	15.0	EJ	Inferred from subsurface geological and geophysical data.
Strike [deg] min... max	310...330	LD	Based on geological and geomorphological data.
Dip [deg] min... max	65...75	EJ	Inferred from subsurface geological and geophysical data.
Rake [deg] min... max	160...200	EJ	Inferred from regional seismological data.
Slip Rate [mm/y] min... max	0.1000...0.5000	EJ	Inferred from geodynamic data and geological considerations.
Max Magnitude [Mw]	7.3	ER	Estimated from Leonard's (2014) scaling relations.

LD=Literature Data; OD=Original Data; ER=Empirical Relationship; AR=Analytical Relationship; EJ=Expert Judgement

Immagine 29: informazioni parametriche delle varie Composite Seismogenic Sources (CSS)

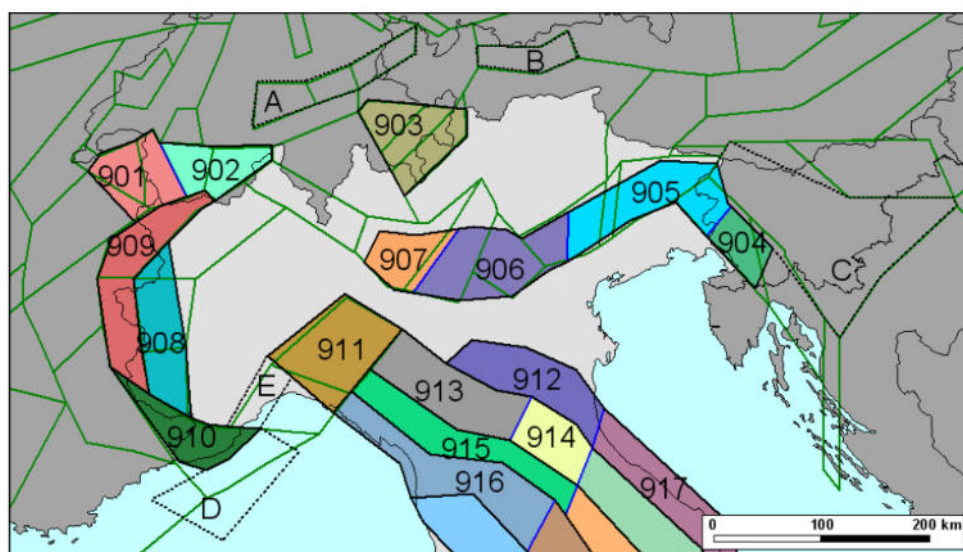


Immagine 30: zone sismogeniche (zonazione ZS9) del nord Italia vincolate alle sorgenti sismogeniche

Il valore di M_w da prendere come riferimento è 6,6 legato alla CSS delle Giudicarie ed è utile alla definizione del terremoto di scenario (scenario che contribuisce maggiormente alla pericolosità sismica) per studi di microzonazione, analisi di liquefazione, studi di stabilità dei versanti.

6.2.2 Stima della pericolosità e analisi di disaggregazione

Una stima della pericolosità del sito in studio può essere fatta attraverso le Mappe interattive della pericolosità sismica dell'INGV con il metodo di disaggregazione delle mappe di pericolosità. L'analisi della disaggregazione dei valori di PGA riporta, per ogni nodo della griglia di calcolo, la valutazione del contributo percentuale alla stima di pericolosità fornito da tutte le possibili coppie di valori di magnitudo

e distanza epicentrale alla pericolosità del nodo; questa informazione è riportata sia in forma grafica sia in forma tabellare. Per ogni nodo della griglia sono anche riportati i valori medi di $M-D-\epsilon$.

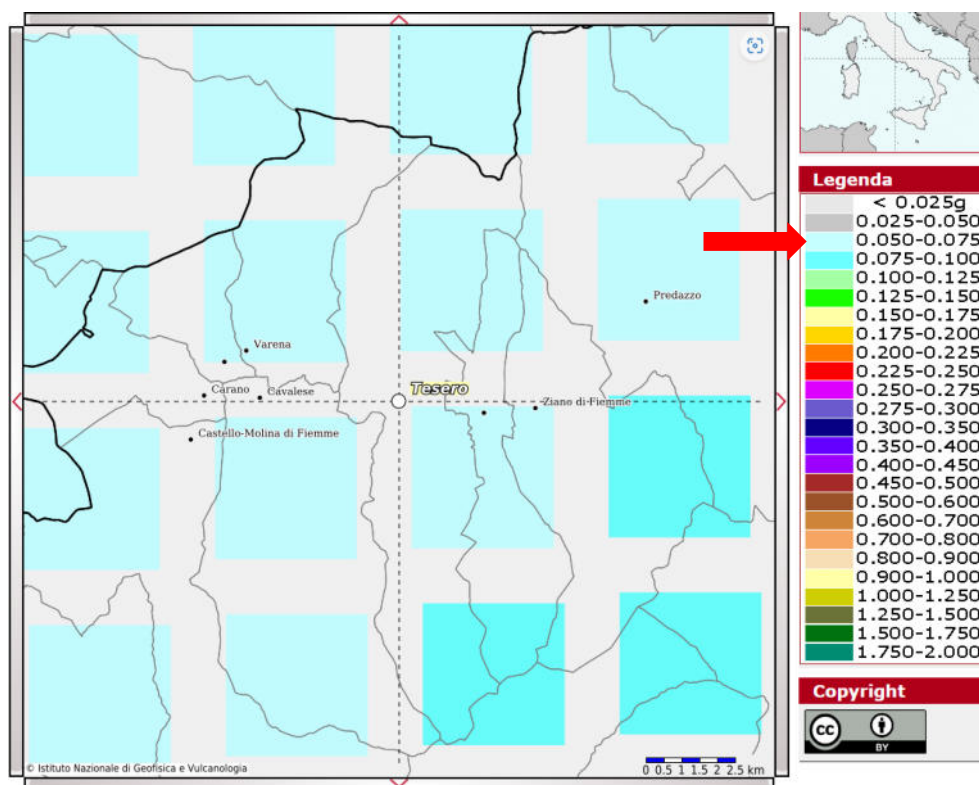
“La disaggregazione (o deaggregazione) della pericolosità sismica (McGuire, 1995; Bazzurro and Cornell, 1999) è un’operazione che consente di valutare i contributi di diverse sorgenti sismiche alla pericolosità di un sito. La forma più comune di disaggregazione è quella bidimensionale in magnitudo e distanza ($M-R$) che permette di definire il contributo di sorgenti sismogenetiche a distanza R capaci di generare terremoti di magnitudo M . Espresso in altri termini il processo di disaggregazione in $M-R$ fornisce il terremoto che domina lo scenario di pericolosità (terremoto di scenario) inteso come l’evento di magnitudo M a distanza R dal sito oggetto di studio che contribuisce maggiormente alla pericolosità sismica del sito stesso. Analogamente alla disaggregazione in $M-R$ è possibile definire la disaggregazione tridimensionale in $M-R-\epsilon$ dove ϵ rappresenta il numero di deviazioni standard per cui lo scuotimento (logaritmico) devia dal valore mediano predetto da una data legge di attenuazione dati M ed R ”.

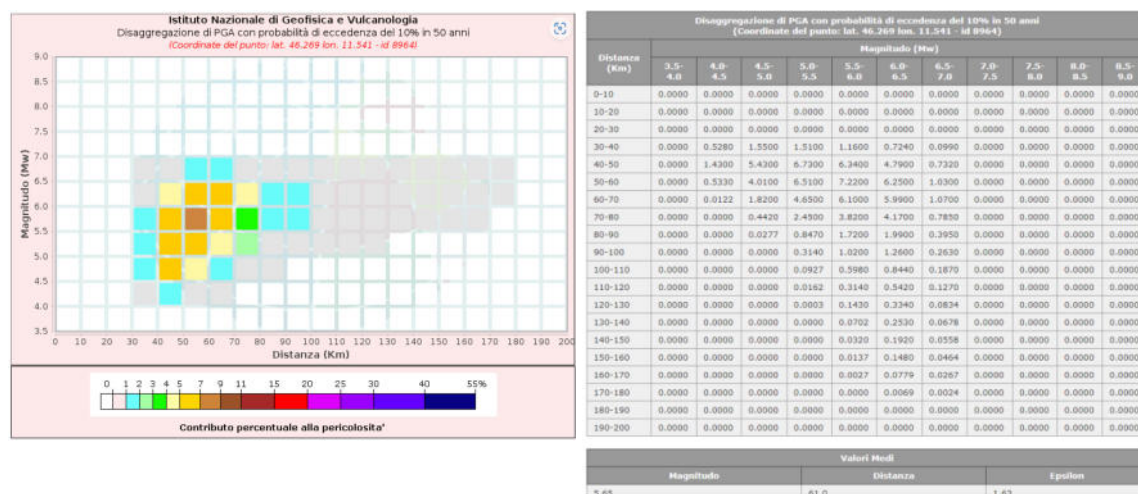
Le immagini seguenti riportano, per l’area in oggetto, la disaggregazione del valore di $a(g)$ con i contributi alla pericolosità sismica determinati con probabilità di eccedenza per:

$$TR \text{ (Tempo di ritorno)} = VR / [-\ln(1-PVR)] \gg TR = 50 / [-\ln(1-0.10)] = 474 \text{ anni}$$

Risulta come rappresentativa la coppia magnitudo-distanza 5,65-61 km con un valore di ξ pari a 1,63.

Epsilon indica di quanto l’accelerazione attesa al sito per coppia magnitudo/distanza individuata dall’analisi di disaggregazione si discosta dal valore di PGA stimato al sito nella carta di pericolosità relativo al sito. Dato che questo scostamento è espresso in frazioni della deviazione standard della legge di attenuazione, valori di epsilon minori di 1 indicano che la coppia corrisponde a valori di PGA attesi compatibili con la PGA dedotta dalle carte di pericolosità. Valori maggiori di 1 indicano che questo scostamento è significativo e che quindi la coppia scelta produce valori di PGA molto lontani da quelli attesi.





Dati sintetici:

CATEGORIA DI SOTTOSUOLO: C

CATEGORIA TOPOGRAFICA: T1

Mw DI RIFERIMENTO: 6,60

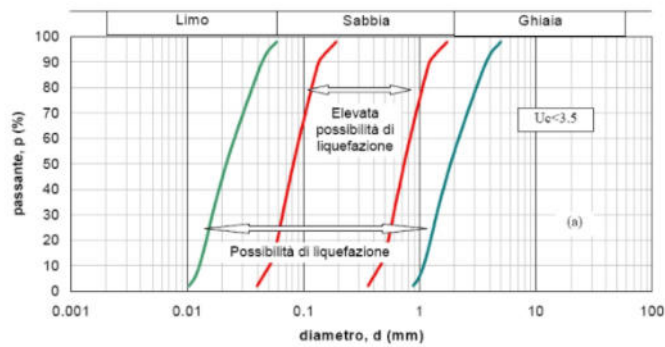
6.3 Stabilità nei confronti della liquefazione

Secondo quanto previsto dalle NTC2018, il sito presso il quale è ubicato l'intervento deve essere stabile nei confronti della liquefazione. Con questo termine definisce quei fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, sollecitati da azioni cicliche e dinamiche che agiscono in condizioni non drenate. Se il terreno risulta suscettibile di liquefazione e gli effetti conseguenti appaiono tali da influire sulle condizioni di stabilità di pendii o manufatti, occorre procedere a interventi di consolidamento del terreno e/o trasferire il carico a strati di terreno non suscettibili di liquefazione.

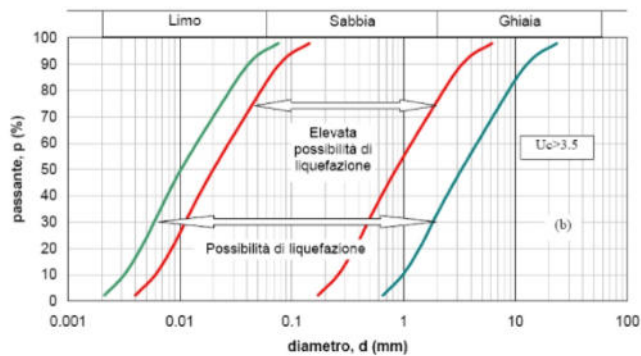
La verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. accelerazioni massime attese al piano campagna (a_g) in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1 g;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali (misura riferita al valore medio stagionale);
3. Accelerazione massima attesa in superficie minore di 0.15g e terreni con caratteristiche ricadenti in una delle tre seguenti categorie:
 - $FC > 20\%$, $IP > 10$;
 - $FC \geq 35\%$, N'_{SPT} (corretto-normalizzato) > 20 ;
 - $FC \leq 5\%$, N'_{SPT} (corretto-normalizzato) > 25
4. Materiale con $U_c < 3.5$ – Granulometria del terreno esterna alle zone indicate vedi immagine; materiale con $U_c > 3.5$ – Granulometria del terreno esterna alle zone indicate (vedi immagine)
 U_c : coefficiente di uniformità

In merito si evidenzia come possa essere estremamente improbabile, anche se non impossibile, che si verifichino fenomeni di liquefazione oltre i 15 metri circa di profondità.



Fasce granulometriche critiche $U_c < 3.5$



Fasce granulometriche critiche $U_c > 3.5$

Dal punto di vista granulometrico il deposito presente nel sottosuolo ricade all'esterno delle fasce granulometriche delle immagini precedenti. Il fenomeno della liquefazione è infatti molto probabile in terreni sabbiosi sciolti sotto falda anche se contenenti una frazione limo-argillosa.

7 FRONTI DI SCAVO

A seconda dei lavori previsti saranno aperti fronti di scavo temporanei e definitivi con diverse altezze.

Per la posa di tubazioni e cavi si prevedono scavi temporanei (trincee) che raggiungeranno profondità attorno ai 150 cm, mentre per la realizzazione dei locali dell'opera di presa sarà necessario uno scavo temporaneo con altezza complessiva attorno ai 6 m.

Per la sistemazione delle piste sono invece previsti interventi che porteranno alla rimodellazione localizzata del terreno per realizzare un assetto migliore delle piste.

Gli angoli dei nuovi fronti previsti per rimodellazioni della morfologia locale, a seguito della sistemazione delle piste, sono invece compresi tra i 30° ed i 34°. E' da evidenziare lo scavo previsto in un tratto della 3,75 km Tecnica Classica, in cui, all'altezza della sezione di progetto n. 15, gli scavi prevedono un rimodellamento del terreno con l'apertura di un nuovo fronte di scavo definitivo con altezza di circa 7 metri con angolo della rampa a monte di 33°.

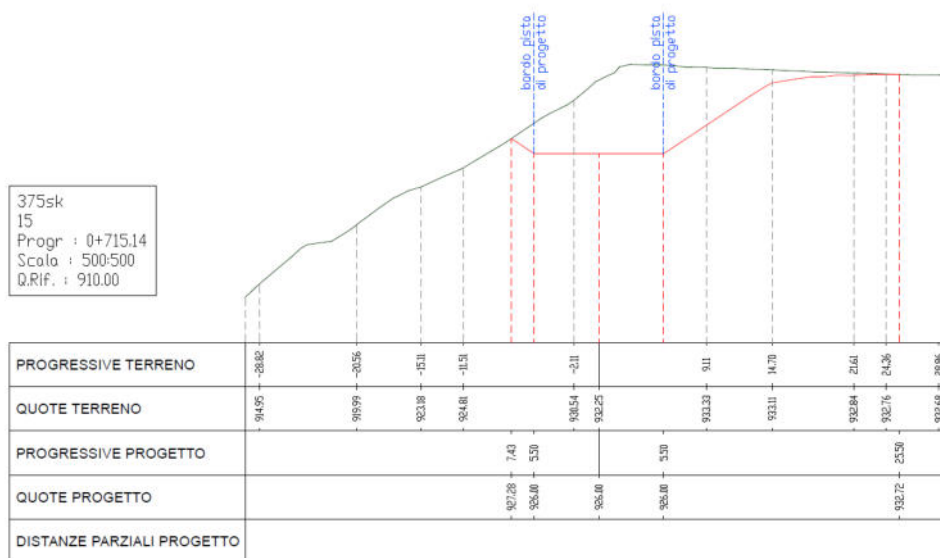


Immagine 31: sezione n. 15 Skating

Sulla base del modello geologico i vari scavi necessari per i diversi interventi interesseranno l'unità A1_{sg} e A2_{al} in particolare per quanto riguarda le piste e l'allargamento del ponte.

La verifica della stabilità dei fronti di scavo aperti deve essere effettuata secondo le nuove norme NTC 2018. La normativa prescrive che sia soddisfatta la condizione $E_d \leq R_d$ dove E_d è il valore di progetto dell'azione, mentre R_d è il valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico. Questa verifica va effettuata con diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definiti per le azioni (A1 e A2), per parametri geotecnici (M1 e M2) e per le resistenze (R1, R2, R3).

I diversi gruppi di coefficienti di sicurezza parziali sono scelti nell'ambito di 2 approcci progettuali distinti e alternativi.

L'Approccio 2 (A1+M1+R3) prevede un'unica combinazione da adottare sia nelle verifiche strutturali che in quelle geotecniche. Come previsto dalle NTC 2018 la verifica per la stabilità dei versanti agli SLU deve essere effettuata secondo la **Combinazione 2: A2+M2+R2** tenendo conto dei coefficienti delle tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.8.I dove il coefficiente per le verifiche di sicurezza γ_R per R2 è pari a 1.1.

La Normativa precisa al punto 2.4.1 che in caso di opere provvisorie in fase costruttiva con durata inferiore ai 2 anni (come lo sono in questo caso l'apertura dei fronti di scavo) si può omettere la verifica sismica e quindi è autorizzato il solo utilizzo dei coefficienti in condizione statica.

La verifica quindi dei fronti di scavo è stata eseguita non considerando l'azione sismica, ma applicando ai **parametri geotecnici caratteristici all'unità A1_{gs} e A2_{a1}** i coefficienti della tabella 6.2.II (M2) e quindi trasformandoli in **parametri geotecnici di progetto**.

Le verifiche sono state eseguite in assenza di falda.

FRONTI TEMPORANEI PER REALIZZAZIONE OPERA DI PRESA

Per la verifica è stato utilizzato il software SLOPE della Geostru, imponendo un fronte di scavo con H= 6 m e pendenza di 50° considerando la falda a quota fondo scavo (quindi un fronte privo di falda o altre venute d'acqua); essendo fronti temporanei non è stata applicata l'azione sismica.

Di seguito l'immagine con i parametri impostati per la simulazione dove appare evidente come a fronte di un coefficiente di riduzione parziale della resistenza (R) pari a 1,1 è stato scelto un grado di sicurezza accettabile pari a 1 (visto l'assenza di carichi sui fronti di scavo e di carattere temporaneo degli stessi):

Dati generali		Coefficienti parziali parametri geotecnici (M)	
Litotipo / Pendii in roccia	Pendii in terra	Tangente angolo di resistenza al taglio	γ_ϕ 1.25
Forma superficie	Circolare	Coesione efficace	$\gamma_{c'}$ 1.25
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1	Coesione non drenata	γ_{cu} 1.4
Passo ricerca fattore di sicurezza (10)	10	<input checked="" type="checkbox"/> Utilizzare questi coefficienti per ridurre la resistenza del materiale	
Numero di concii	10	Coefficiente parziale resistenza (R)	
Profondità BedRock (m)	3	Coefficiente parziale resistenza	γ_R 1.1

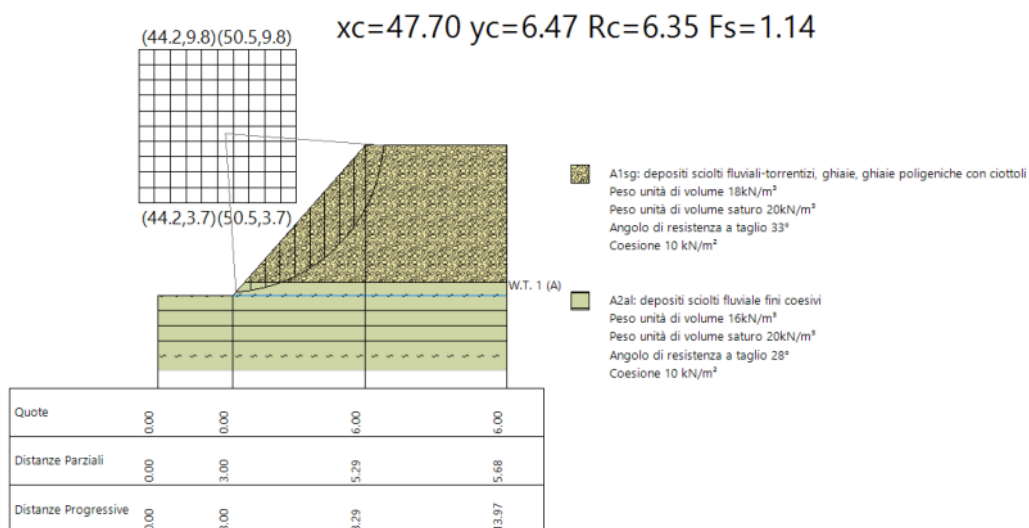


Immagine 32: verifica con fronte di scavo a 50°

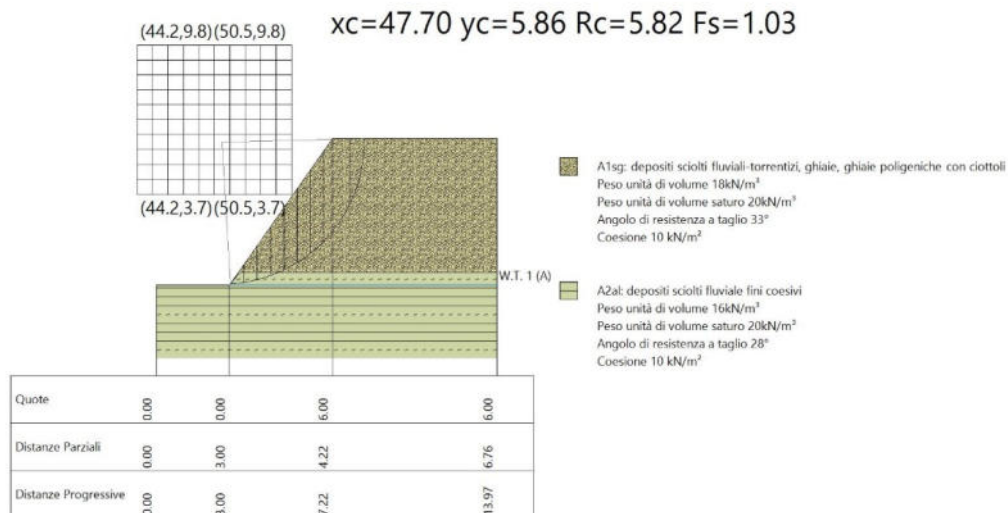


Immagine 33: verifica con fronte di scavo a 55°

Per altezze superiori dei fronti di scavo e nei tratti di scavo limitrofi alle strutture oppure in presenza di venute d'acqua sul fronte di scavo, al fine di **garantire idonee condizioni di stabilità**, sarà quindi **necessario optare per una diminuzione dell'inclinazione che non dovrà essere superiore ai 40°** .

Nel caso di scavi con fronti verticali (per esigenze logistiche o di cantierizzazione o ad esempio lo scavo per la tubazione che dall'opera di presa porta al laghetto) sarà necessario utilizzare di opere di sostegno o sistemi di blindaggio che consentano di mantenere un fronte subverticale in sicurezza e che allo stesso tempo garantiscano la stabilità dei terreni e delle strutture limitrofe.



RAMPE DEFINITIVE MODELLAZIONE GEOMORFOLOGICA PISTE

Di seguito si riportano le verifiche per alcune sezioni più critiche che riguardano la sistemazione delle piste. Gli interventi di sistemazione delle piste sono concentrati nell'area dei Prai dei Zorzi a sud alla base del versante del Lagorai, in particolare su 4 aree caratterizzate da un sottosuolo dove sono frequenti le alternanze e/o interdigitazioni tra depositi fluvio-glaciali coesivi e i depositi più grossolani di origine fluviale/torrentizia. Per questo motivo nelle verifiche è stata inserita l'anisotropia dei valori dei parametri geotecnici relativi alla coesione e all'angolo di attrito. La coesione è stata ridotta considerando che queste nuove rampe sono da considerarsi definitive.

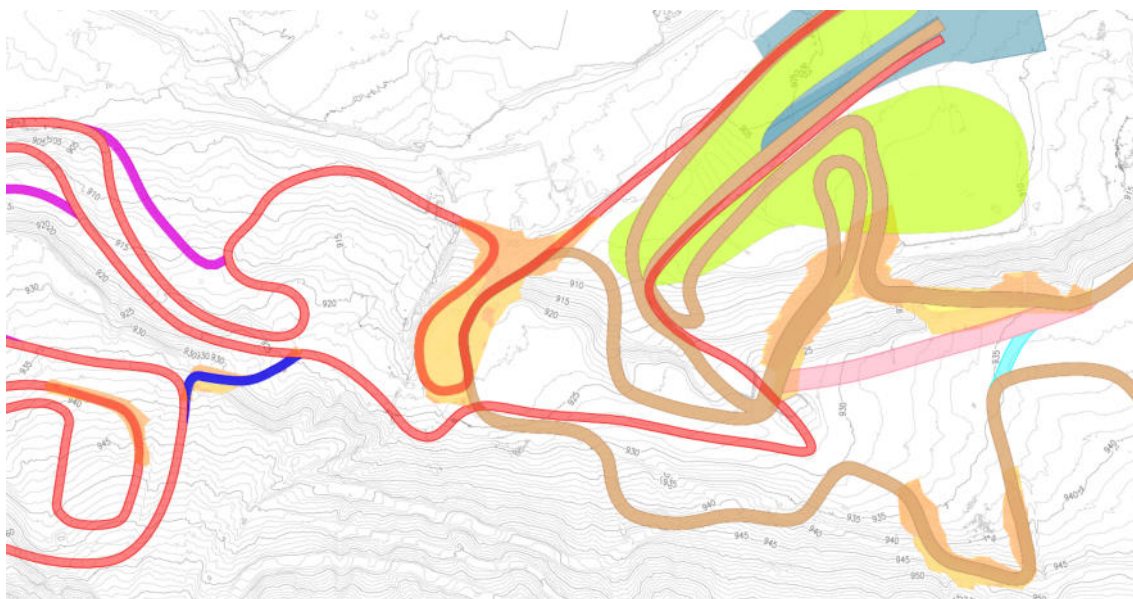


Immagine 34: le aree in arancione identificano scavi e riporti

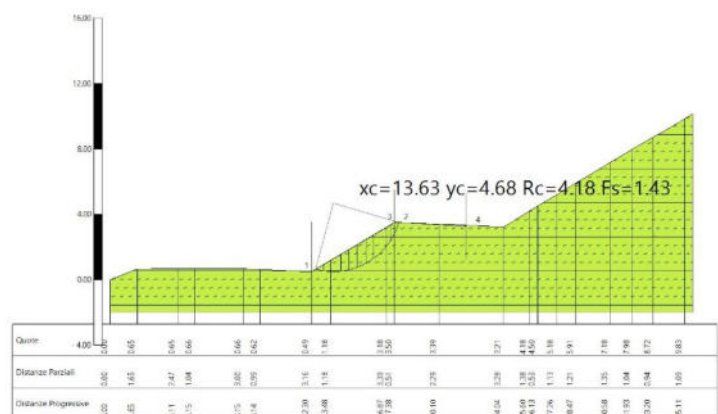
Le seguenti simulazioni sono state fatte in assenza di falda, per cui è estremamente importante che la sistemazione delle piste avvenga intercettando e drenando le acque superficiali con canalette o tubi allontanandole dal cantiere.


Condizioni al contorno (metodo di verifica applicato di Bishop):

Dati generali		Coefficienti parziali parametri geotecnici (M)	
Litotipo / Pendii in roccia	Pendii in terra	Tangente angolo di resistenza al taglio	γ_ϕ 1.25
Forma superficie	Circolare	Coesione efficace	γ_c 1.25
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1	Coesione non drenata	γ_{cu} 1.4
Passo ricerca fattore di sicurezza (10)	10	<input checked="" type="checkbox"/> Utilizzare questi coefficienti per ridurre la resistenza del materiale	
Numero di conci	10	Coefficiente parziale resistenza (R)	
Profondità BedRock (m)	4	Coefficiente parziale resistenza	γ_R 1.1

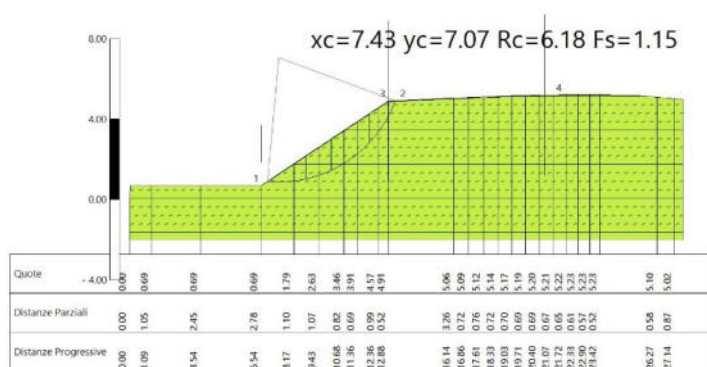
5 KM CLASSICO – Sezione 90 – Sezione 92

La verifica per la sezione 90 è stata fatta calcolando il fattore di sicurezza delle superfici che intersecano la rampa in progetto ed il piano soprastante (punti 1-2-3-4 in figura).



 A2a1: depositi sciolti fluvio-glaciali fini coesivi; limi, limi argillosi con sabbia e ciottoli sparsi
 Peso unità di volume 17-18kN/m³
 Peso unità di volume saturo 20-21kN/m³
 Angolo di resistenza a taglio 23-25°
 Coesione 5-7 kN/m²

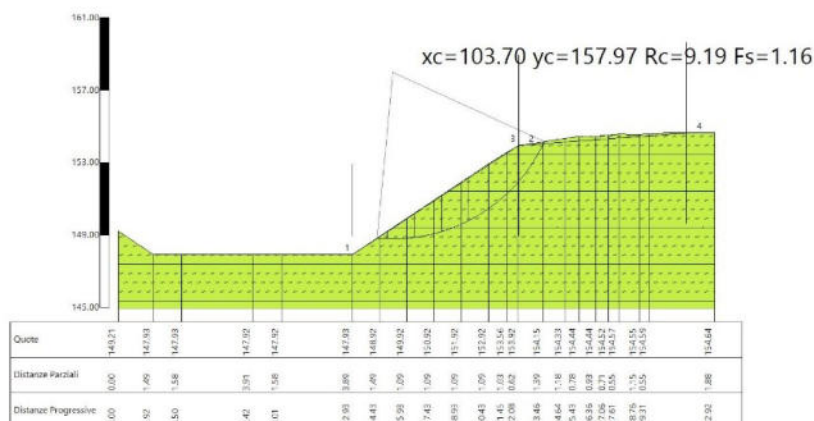
La verifica sulla sezione 92 è stata eseguita in modo analogo.



 A2a1: depositi sciolti fluvio-glaciali fini coesivi; limi, limi argillosi con sabbia e ciottoli sparsi
 Peso unità di volume 17-18kN/m³
 Peso unità di volume saturo 20-21kN/m³
 Angolo di resistenza a taglio 23-25°
 Coesione 5-7 kN/m²

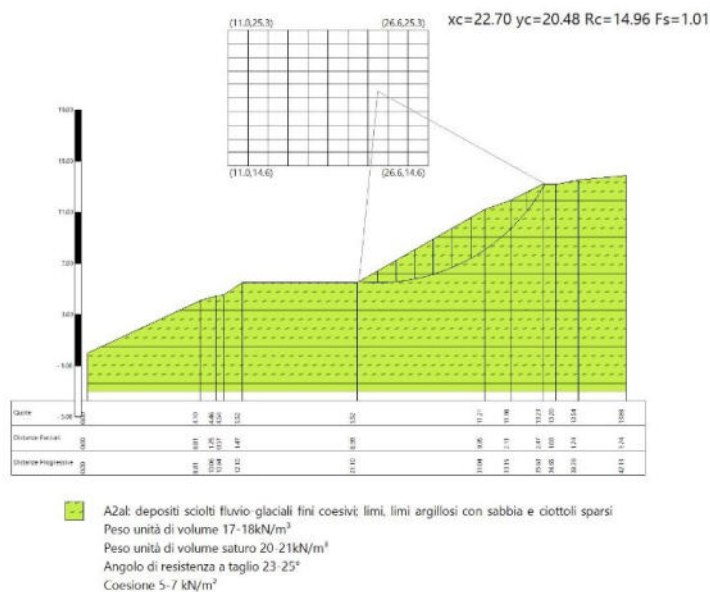
375 TL – Sezione 15 – Sezione 42

Anche per la sezioni 15 è stato scelto il metodo di interpolazione tra le superfici da verificare, la rampa di progetto e la parte soprastante (punti da 1 a 4).



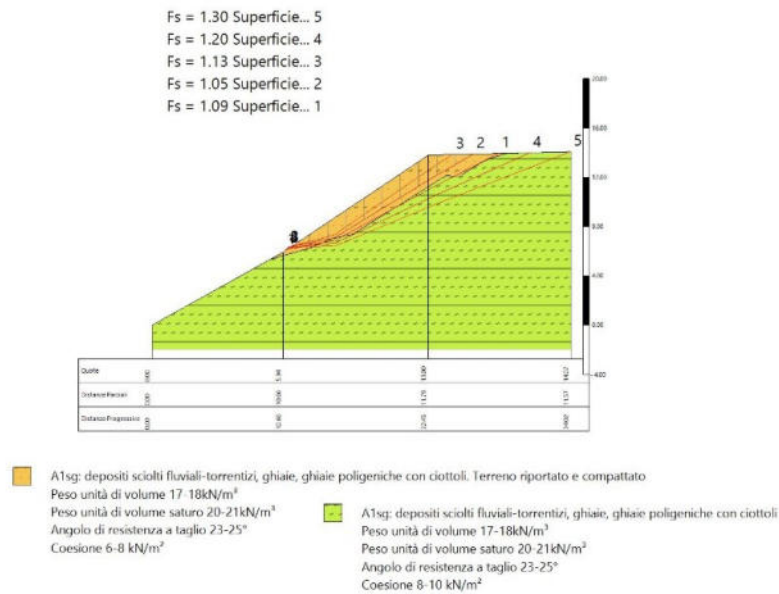
A2al: depositi sciolti fluvio-glaciali fini coesivi; limi, limi argillosi con sabbia e ciottoli sparsi
 Peso unità di volume 17-18kN/m³
 Peso unità di volume saturo 20-21kN/m³
 Angolo di resistenza a taglio 23-25°
 Coesione 5-7 kN/m²

La verifica sulla sezione 42 è stata invece eseguita con il classico calcolo automatico.



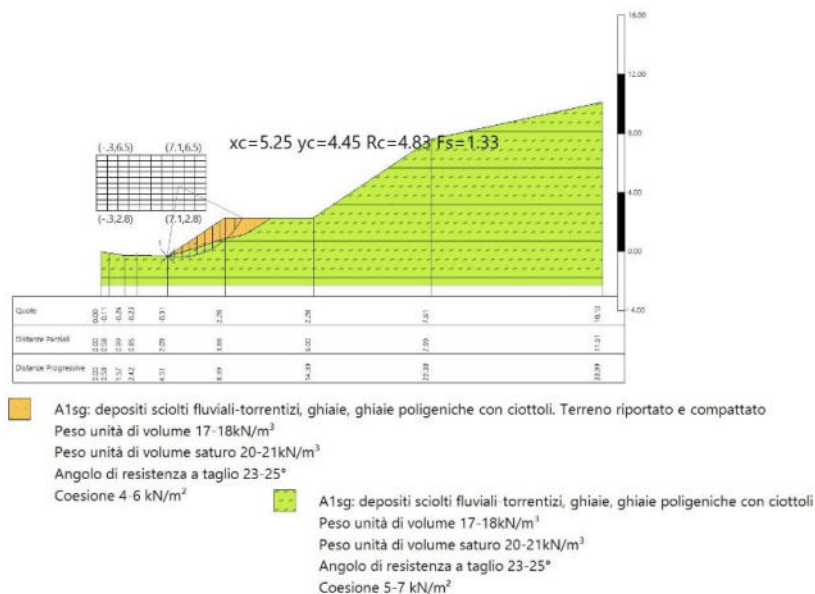
375 SK – Sezione16

Questa sezione è caratterizzata da terreno di riporto prelevato dagli scavi limitrofi necessari alla sistemazione delle piste. Il terreno riportato per ottenere il nuovo profilo morfologico dovrà essere posato con idonea compattazione in strati di altezza non superiore ai 30 cm e posato su una superficie opportunamente preparata. La superficie di appoggio del riporto dovrà pertanto essere irregolare e a gradoni di cui una parte in contropendenza. La simulazione verrà condotta considerando quindi come superficie potenzialmente critica l'interfaccia terreno naturale-riporto. In questa simulazione è stata ritocca la coesione per portare il Fs della Superficie 1 pari a 1 essendo infatti attualmente stabile il profilo morfologico.



3.3 CLASSICO RACCORDO – Sez. 4

La verifica in questa sezione è stata invece compiuta vincolando le potenziali superfici instabili alla base della rampa (punto 1). Il terreno riportato per ottenere il nuovo profilo morfologico dovrà essere posato con idonea compattazione in strati di altezza non superiore ai 30 cm e posato su una superficie opportunamente preparata. La superficie di appoggio del riporto dovrà pertanto essere irregolare e a gradoni di cui una parte in contropendenza



Le verifiche confermano la stabilità delle nuove rampe così come progettate nel rispetto comunque delle indicazioni e prescrizioni riportate nelle conclusioni della relazione. **Le inclinazioni quindi delle rampe (sia in scavo che in riporto) non dovranno essere superiori ai 33° garantendo un efficiente drenaggio.**

FRONTI DI SCAVO TEMPORANEI PER POSA CAVI O TUBAZIONI

In questo caso i fronti di scavo con altezza pari o inferiore ai 150 cm (trincee) potranno essere mantenuti a 90° per il solo tempo necessario alla posa dell'infrastruttura ed in assenza di acqua nei depositi.

E' importante che garantire comunque sempre un ottimo drenaggio dell'acqua superficiale che dovrà essere correttamente allontanata dall'area di cantiere o dal fondo delle trincee per la posa dei cavidotti.

Al fine di garantire comunque la stabilità dei cigli superiori dei fronti di scavo si prescrive di:

1. proteggere i fronti di scavo con teli di nylon;
2. evitare il posizionamento di sovraccarichi in prossimità del ciglio di scavo e il passaggio in adiacenza allo stesso di mezzi meccanici, prevedendo una fascia di interdizione, opportunamente delimitata;
3. evitare il transito e la sosta di autoveicoli nell'area prossima alla zona degli scavi nel periodo richiesto dalla realizzazione degli stessi ed alla messa in opera dei muri definitivi che fungeranno da muri di contenimento, periodo che dovrà essere comunque limitato

8 CONCLUSIONI E PRESCRIZIONI

Su incarico del COMUNE DI TESERO lo scrivente ha redatto la presente relazione geologica a supporto del progetto definitivo a cura del Servizio Opere Civili della P.A.T. per i lavori di adeguamento dello stadio del fondo a Lago di Tesero in previsione delle olimpiadi Milano-Cortina 2026 Unità Funzionale 3.

Di seguito si riporta una sintesi dei capitoli precedenti. Si rimanda alle pagine precedenti per gli approfondimenti.

Capitolo 3-Cartografia allega al Piano Urbanistico Provinciale

Dal punto di vista del PUP l'area ricade:

❖ Carta Sintesi delle Pericolosità:

Gli interventi ricadono per la maggior parte in area classificata P1 "aree a penalità trascurabile o assente" (art. 18 delle Norme di Attuazione del PUP) in relazione a una problematica lito-geomorfologica trascurabile H1. Alcuni interventi (sistemazione delle piste e realizzazione opera di presa di fianco all'Avisio) in aree caratterizzate APP per fenomeni torrentizi.

Per gli interventi che ricadono all'interno delle zone APP dovranno essere redatti ad idoneo studio di compatibilità torrentizio come prescritto dall'Art. 18. Gli stessi interventi di sistemazione delle piste ricadono in APP.

Si rimanda pertanto al relativo studio di compatibilità per le indicazioni di merito.

❖ Carta Risorse Idriche

Non ricade in aree a protezione o rispetto

Nel suo complesso il sito appare stabile e non sono stati segnalati fenomeni di dissesto in atto o presunti.

Capitolo 4-Modello geologico di riferimento

Il modello geologico è stato ricostruito tramite le indagini in sito del 2009 e la campagna d'indagine del 2022. Sulla base dei dati raccolti il Modello Geologico del sito può essere preliminarmente descritto come di seguito:

MODELLO GEOLOGICO riferito ai seguenti interventi:

scavi e riporti per la sistemazione delle piste, scavo per l'ampliamento locale tecnico delle pompe, allargamento sottopasso e scavi per posa tubazioni tecniche e di servizio.

Successione sedimentaria di origine fluviale/torrentizia e fluvioglaciale con spessori di diverse decine di metri formata in particolare da una livello superficiale di circa 5-5,5 m di materiale grossolano incoerente a cui seguono alternanze di materiale fine e coesivo.

Le principali Unità litostratigrafiche sono:

UNITA' S: livello superficiale di suolo con diffusa presenza di radici e componente organica in generale. Permeabilità da discreta a buona, spessore variabile attorno 20-30 cm.

UNITÀ A1_{sg}: depositi sciolti fluviali/torrentizi incoerenti con spessore variabile mediamente attestato attorno ai 5-6 m all'altezza del primo terrazzamento (edifici del centro sportivo). Si tratta di ghiaie e sabbie debolmente limose. Ghiaie poligeniche con possibili ciottoli immerse in una matrice sabbiosa. Interpretabile anche come diamicton da debris flow.

Nell'area la falda freatica è variabile attorno ai 3/5 m dal p.c. **con un livello medio estivo attorno a 4-4,5 m di profondità**. La superficie freatica tende ad approfondirsi spostandosi verso sud e risalendo il versante.

UNITÀ A2_{al}: depositi sciolti fluvio-glaciali fini coesivi tipici di un ambiente a bassa energia. L'interfaccia con la soprastante A1_{sg} è irregolare, attestato attorno ai -5/5,5 m dal p.c. sul fondovalle e sul primo terrazzamento, mentre tende ad interdigitarsi o ad alternarsi con la stessa A1_{sg} risalendo il versante all'altezza del secondo terrazzamento (Prai dei Zorzi) ai piedi della fascia boschiva.

Questa unità coesiva nei sondaggi è stata riscontrata almeno fino a -40 m di profondità, anche se talvolta intervallata da livelli più grossolani e meno coesivi (sabbie).

Si tratta di limi, argille, limi argillosi da addensati a molto addensati. Permeabilità stimata attorno ai 10^{-5} m/s

Substrato roccioso stimato a oltre i 30 m di profondità.

I lavori programmati per gli interventi di cui sopra interesseranno quindi (oltre l'unità S di modesto spessore) entrambe le unità geologiche a seconda della zona d'intervento.

In particolare gli interventi a sud dell'area di studio –Praei dei Zorzi- (allargamento del sottopasso, scavi per la posa delle tubazioni di servizio e le 4 aree di sistemazione del tracciato delle piste) interesseranno aree in cui saranno diffusi prevalentemente i terreni dell'unità A2_{al} e quindi con probabile presenza di acqua superficiale che dovrà essere opportunamente drenata. In particolare le verifiche geotecniche dell'allargamento del ponte dovranno tenere in considerazione le caratteristiche dell'Unità A2_{al}.

I lavori di scavo invece localizzati nella porzione centrale dell'area (allargamento del locale tecnico delle pome e gli scavi per la posa delle tubazioni tecniche) andranno ad interessare soprattutto l'unità geologica A1_{sg}.

MODELLO GEOLOGICO riferito ai seguenti interventi:

realizzazione delle opere di presa dell'acqua dell'Avisio.

Successione sedimentaria di origine fluviale con spessori variabili formata da livelli sabbiosi e ghiaiosi di un ambiente a media e alta energia. A seguire in profondità livello più coesivo (argille, argille limose) di ambiente a bassa energia.

Le principali Unità litostratigrafiche sono:

UNITÀ S: livello superficiale di suolo con diffusa presenza di radici e componente organica in generale. Permeabilità da discreta a buona, spessore variabile attorno 20 cm.

UNITÀ A1_{sg}: depositi sciolti fluviali incoerenti con spessore variabile mediamente attestato attorno ai diversi metri di profondità. Si tratta di alternanze sabbie con ciottoli e livelli più ghiaiosi con ciottoli arrotondati. Spessore 5-5,5 metri. Nell'area la falda freatica è variabile attorno ai 4/5 m dal p.c. con letto su B2_a.

UNITÀ A2_{al}: successione di materiali fini coesivi: argilla, argilla limose con spessore di diverse decine di metri. Livelli impermeabile.

Substrato roccioso stimato a oltre i 30 m di profondità.

Il peso della struttura andrà a gravare direttamente sull'Unità A2_{al}.

Capitolo 5-Disciplina d'utilizzazione terre e rocce da scavo

Permane la necessità, prima dell'inizio dei lavori di scavo, l'accertamento preventivo dei requisiti di qualità ambientale delle TRS a carico del produttore o esecutore e deve attestare l'assenza del superamento delle CSC (Concentrazioni Soglia di Contaminazione) con riferimento alle caratteristiche delle matrici ambientali e alla destinazione d'uso urbanistica del sito.

Il materiale di scavo che sarà considerato rifiuto (art. 183 del TUA) sarà destinato a discarica previa identificazione con idoneo/idonei codici CER (ad esempio terre e rocce da scavo: codice CER 17.05.04 in assenza di sostanze pericolose, conglomerato bituminoso e/o cementizio: codice CER 17.09.04 in assenza di sostanze pericolose) nel rispetto del TUA (Decreto Legislativo del 3 aprile 2006 n. 152).

Capitolo 6-Azione sismica

Per la valutazione dell'azione sismica le caratteristiche sismiche del sottosuolo sono state ricavate utilizzando i dati delle indagini in sito del 2009, della "Carta classificazione sismica dei suoli di fondazione" a cura della PAT e della nuova indagine del 2022 (MASW e HVSR). Tutte e 3 le indagini forniscono dati uguali. Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, è infatti possibile assegnare al sottosuolo la categoria C con categoria topografica T1. La massima magnitudo attesa in sito secondo le varie sorgenti sismogeniche è prevista con un valore 6,6 Richter.

E' stata verificata la non liquefacibilità del terreno nel sottosuolo.

Capitolo 7-Fronti di scavo

Gli interventi dell'UF3 prevedono una serie di scavi con aperture di fronti temporanei e definitivi. Nel caso della sistemazione delle piste sarà modificata la morfologia dell'area con nuove rampe definitive realizzate tramite scavi o riporti (modesti rilevati). Si rimanda al relativo capitolo per le indicazioni sui fronti.

8.1 Prescrizioni e Raccomandazioni

Sulla base di tutto quanto esposto nella Relazione Geologica **lo scrivente esprime quindi parere favorevole al progetto degli interventi previsti dall'UF3, nel rispetto delle seguenti prescrizioni:**

OPERA DI PRESA LUNGO L'AVISIO E SCAVI TRINCEA PER POSA TUBAZIONI

Per la realizzazione della presa dell'acqua dell'Avisio saranno aperti scavi con altezze complessive attorno ai 6 metri in materiale sciolto incoerente grossolano (Unità geologica A1_{sg}). **In merito si raccomanda di assegnare allo scavo inclinazioni non superiori ai 50° in assenza di falda acquifera. E' pertanto fondamentale garantire il drenaggio dell'acqua di falda garantendo quindi un deflusso ordinato ad esempio verso l'Avisio.**

Analoga accortezza sarà necessario rispettare nello scavo per la posa delle tubazioni di collegamento tra l'opera di presa ed il laghetto. In questo caso per scavi con profondità pari a 2 m o superiore è possibile mantenere fronti verticali, ma utilizzando idonei sistemi di sostegno o di blindaggio.

Si consiglia di utilizzare fondazioni a platea per lo struttura in progetto.

SCAVO PER L'ALLARGAMENTO DEL LOCALE POMPE

Anche gli scavi aperti per l'allargamento della struttura esistente dovranno rispettare le condizioni di sicurezza rispettando angoli di inclinazioni massimi e garantendone l'eventuale necessario drenaggio.

Anche in questo caso si consiglia una fondazione a platea.

SCAVI E RIPORTI PER SISTEMAZIONE PISTE E TRINCEE PER SOTTOSERVIZI

L'intervento prevede di intervenire in 4 aree con movimenti terra per la rettifica delle attuali piste. L'area d'intervento è la zona conosciuta come Prai dei Zorzi.

Sulla base dei dati raccolti in campagna, dei sopralluoghi i lavori interesseranno sia i terreni grossolani incoerenti dell'Unità Geologica A1_{sg}, sia i materiali fluvio-glaciali più fini e coesivi dell'Unità Geologica A2_{al}. Queste 2 Unità infatti spesso si alternano o s'interdigitano sui 2 vecchi terrazzamenti fluviali dell'Avisio. La zona dei Prai dei Zorzi inoltre riceve l'acqua di falda proveniente dal versante soprastante a sud e lo smaltimento nel sottosuolo risulta spesso difficoltoso per la presenza di una percentuale rilevante di materiale fine.

Si raccomanda pertanto di garantire per tutte le rampe (sia in scavo che in riporto) inclinazioni massimo di 33° (pendenza 2:3 adottata per terreni fini coesivi in presenza di acque sottosuperficiali) e al contempo assicurare il drenaggio superficiale allontanando dal cantiere l'acqua superficiale. Sarà quindi possibile dover ricorrere a delle canalette o trincee drenanti e relative tubazioni per l'allontanamento dell'acqua. E' importante garantire il drenaggio anche per il terreno naturale che sarà coperto dai terreni di riporto per la costruzione delle rampe a valle.

Di seguito una tabella indicativa per la pendenza delle scarpate di scavo e di riporto modificata da British Columbia Forest Code, 1995:

Scarpate di scavo		Scarpate di riporto	
materiale²	pendenza	materiale	pendenza
miscele di sabbia e ghiaia (GP) sabbie da sciolte ad addensate (SW, SP)	1/1.5	miscele di sabbia e ghiaia (GP) sabbie (SW, SP) miscele di ghiaia, sabbia, limo e argilla (GM, GC)	1/1.5
sabbie limose (SM)	1/1		
limi da addensati a molto addensati sino a cementati (ML)	1/0.75	limi (ML, MH) argille (CL, CH)	1/2.5
limi soffici, limi argillosi (MH)	1/1.5		
argille limose (CL) argille inorganiche (CH)	1/1		

I riporti di terreno in zone pianeggianti (rilevati) e sulle rampe naturali invece dovranno essere eseguiti con idonea compattazione del materiale posato (compattazione in strati da 30 cm). Preventivamente alla posa del materiale dovrà essere rimosso il livello di suolo naturale e preparata una superficie scabra ed irregolare per garantire un migliore ammorsamento del rilevato. Molto utile è la formazione di una superficie d'appoggio irregolare con gradonature, alcune delle quali in contropendenza. La stabilità delle rampe potrà essere inoltre garantita con la realizzazione di interventi di ingegneria naturalistica oppure, vista la presenza nell'area di grandi massi, con la posa alla base della rampa di una scogliera in massi a 1 o 2 corsi (altezza 100-200 cm) reperiti in loco (vedi figura seguente).

Le nuove scarpate poi dovranno essere seminate e protette con del geotessuto o fieno per evitarne l'erosione. E' fondamentale anche per questi lavori garantire il drenaggio dell'acqua superficiale con la creazione di canalette o trincee drenanti.

Gli scavi per la realizzazione delle trincee per i sottoservizi potranno essere eseguiti con fronti verticali (se necessario con idonei sistemi di sostegno) per solo il tempo necessario alla posa delle tubazioni o cavidotti ed in assenza di acqua di falda. Anche in questo caso sarà necessario garantire il drenaggio dell'acqua superficiale che tenderà ad accumularsi nello scavo.



Immagine 35: il bosco di abeti che sarà attraversato dalla pista. Si noti la presenza di diffusi massi rocciosi che potranno essere utilizzati per la realizzazione di una scogliera alla base delle rampe a monte della piste

Occorre inoltre rispettare:

- ✓ il progetto strutturale-esecutivo dovrà tener conto del Modello Geologico;
- ✓ la Relazione Geotecnica dovrà tener conto del Modello Geologico;
- ✓ rispetto della Normativa sui Rifiuti o sulle TRS. Permane la necessita, prima dell'inizio dei lavori di scavo, l'accertamento preventivo dei requisiti di qualità ambientale delle TRS a carico del produttore o esecutore e deve attestare l'assenza del superamento delle CSC (Concentrazioni Soglia di Contaminazione) con riferimento alle caratteristiche delle matrici ambientali e alla destinazione d'uso urbanistica del sito;
- ✓ rispetto della Normativa sull'Azione Sismica;
- ✓ **per la realizzazione dell'opera di presa e l'allargamento del locale tecnico pompe si consiglia l'utilizzo di fondazioni a platea** che dovranno essere ammorsate sui terreni detritici asportando eventuali livelli a granulometria fine che quindi dovranno essere sostituiti con un riporto di materiale grossolano ben rullato e compattato;

- ✓ rispetto della Normativa e delle linee guida e indicazioni sulla riduzione del rischio incidente a persone o cose nelle attività edili e di scavo;
- ✓ si ricorda che ai sensi delle NTC2018 punto 6.4.2 *"Il piano di fondazione deve essere situato sotto la coltre di terreno vegetale nonché sotto lo strato interessato dal gelo e da significative variazioni stagionali del contenuto d'acqua"*;
- ✓ è necessario prevedere idonei sistemi di smaltimento dell'acqua di falda riscontrata negli scavi (per la realizzazione dell'opera di presa ad esempio garantendo un deflusso dell'acqua di falda in Avisio durante i lavori);
- ✓ i fronti di scavo per la realizzazione dell'opera di presa dovranno essere adeguatamente scarpati (angoli attorno ai 50° in assenza di falda) oppure sostenuti da sistemi di sostegno quali micropali, muri, muri in gabbioni o paratie;
- ✓ prevedere opportuni setti drenanti in materiale grossolano arido a tergo delle murature. Il materiale drenante dovrà essere separato dal terreno naturale con teli di geotessuto.

Per quanto riguarda la modifica alla morfologia dei luoghi per i vari interventi di scavi e riporti necessaria a migliorare le piste si prescrive che:

- ✓ le nuove rampe dovranno essere tempestivamente riverdite per evitarne l'erosione durante periodi di pioggia intensa o prolungata. Tra la semina e la crescita della copertura erbosa si ritiene necessario proteggere le nuove rampe con del geotessuto o fieno in modo tale da proteggere il terreno dall'erosione superficiale legata ai fenomeni temporaleschi;
- ✓ i rilevati lungo le piste da sci potranno essere realizzati con l'utilizzo del terreno risultante dalle aree di scavo. La superficie di appoggio però dovrà essere preventivamente ed opportunamente scarificata (completa asportazione del livello superficiale di suolo ovvero della parte superficiale del terreno caratterizzata dalla presenza di apparati radicali e significativa presenza di materia organica che potrà quindi essere stoccato in cantiere e reimpiegato come ripristino della vegetale) formando una superficie di appoggio molto irregolare evitando di formare superfici lisce che potrebbero diventare piani di scivolamento preferenziali. E' consigliata anche la creazione di gradonature alcune delle quali in contropendenza per il miglioramento dell'immorsamento dei materiali che verranno riportati. Il materiale di riporto per l'allargamento dovrà essere posizionato a strati (spessore massimo 30 cm) opportunamente compattati.
- ✓ I lavori dovranno essere programmati durante una **stagione non piovosa** e quindi durante un periodo nel quale i terreni risultino ben drenati
- ✓ Tutti i fronti di scavo dovranno essere opportunamente protetti dall'erosione superficiale.

Se i lavori saranno eseguiti nel rispetto delle indicazioni progettuali e delle prescrizioni contenute nella presente relazione, l'intervento non andrà ad alterare lo stato geologico, geomorfologico ed idrogeologico dei luoghi garantendone quindi la stabilità.

Il presente fascicolo è redatto in ottemperanza ai contenuti del D.M. 17 gennaio 2018 “Norme tecniche per le costruzioni” e soddisfa i requisiti urbanistici e normativi di rilevanza geologica perciò costituisce documento progettuale idoneo per il rilascio della concessione ad edificare.

E’ opportuno precisare, infine, che le verifiche tecniche discendono da una serie di assunzioni derivate dall’analisi del progetto e dalle indagini geognostiche di campagna eseguite dalle Imprese incaricate. Qualora tali assunzioni perdano parte del loro significato a causa di una non corrispondenza del progetto all’effettiva realizzazione delle opere, o per una difformità tra le risultanze delle indagini di campagna e la realtà del sottosuolo, le stesse verifiche perderebbero parte della loro attendibilità e dovranno pertanto essere aggiornate in corso d’opera. Pertanto si consiglia, in corso d’opera, la nomina del Direttore Operativo Geologo a supporto della DL, che dovrà controllare la rispondenza tra i Modelli Geologico e Geotecnico di riferimento assunti e la situazione effettiva, differendo di conseguenza i due Modelli e il progetto esecutivo, così come previsto dalla normativa di settore.

Il Geologo

Dott. Mirko Demozzi

