
committente**COMUNE DI ALPAGO**

via Roma 31
32016 Alpagò (BL)

R.U.P.
ing. Luca Facchin

progettazione opere stradali

planum

Planum Srl - via Daniele Manin, 53
30174 Venezia-Mestre - Italia
tel +39 041 927320
www.planum.com - info@planum.com

progettista

arch. ing. Alessandro Checchin

collaboratori

ing. Davide Fasan
dott. urb. Alberto Azzolina

progettazione strutturale

Studio di ingegneria Cargnel
via Feltre, 147 - 32036 Sedico (BL)
tel +39 0437 852255
www.studiocargnel.it - info@studiocargnel.it

progettista

ing. Leo Cargnel

geologia

Matteo Isotton - Geologo
Via L. Alpagò Novello, 17A, 32100 Belluno BL
tel +39 0437 358348
www.geologoisotton.it - info@geologoisotton.it

progettista

geol. Matteo Isotton

oggetto

**PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA
INTERVENTI DI VALORIZZAZIONE E PROMOZIONE
DEL COMUNE DI ALPAGO: INTERVENTO DI
MIGLIORAMENTO DELLA VIABILITÀ COMUNALE ED
INTERCOMUNALE PIEVE-PLOIS, III STRALCIO**

località

ALPAGO (BL)

elaborato

RELAZIONE GEOLOGICA

Scala -**direttore tecnico**

arch. ing. Alessandro Checchin

00.00

file

P22039-A-10-00.00-RGE-r00

commessa

P22039

rev	data
0	30/05/2025 Prima emissione

rev	data
-----	------

rev	data
-----	------

redatto	verificato	approvato
MBR	DFA	ACH

redatto	verificato	approvato
---------	------------	-----------

redatto	verificato	approvato
---------	------------	-----------

ALPIGEO - SOCIETA' COOPERATIVA
Iscrizione presso l'Albo Cooperative: A178313
C.F. e P.I. 02417840341
Via Barozzi, 45 - 32100 Belluno
Tel. 0437 34995 info@alpigeo.it



PROVINCIA DI BELLUNO

COMUNE DI ALPAGO

***Interventi di valorizzazione e promozione
del Comune di Alpago: intervento di
miglioramento della viabilità comunale ed
intercomunale Pieve-Plois, II stralcio***

Committente: Comune di Alpago

Relazione geologica



Data: 30.09.2022	Aggiornamento
Codice: 22cq22	Incarico:
Note:	

Indice

1. PREMESSA	2
2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE E PIANIFICATORIO	3
2.1 Inquadramento geografico del sito di progetto	3
2.2 Piano di Assetto del Territorio Intercomunale (P.A.T.)	3
2.2.1 Premessa	3
2.2.2 Carta dei vincoli e della pianificazione territoriale	3
2.2.3 Carta delle fragilità	4
2.2.4 Carta idrogeologica	4
2.3 Piano Assetto Idrogeologico	4
3. ASPETTI GEOLOGICI	6
3.1 Assetto geologico e geomorfologico generale dell'area	6
3.2 Assetto morfologico locale	7
3.3 Stratigrafia locale	7
3.4 Idrogeologia locale	8
4. ASPETTI SISMICI	9
4.1 Premessa e cenni normativi	9
4.2 Caratterizzazione del terreno-sito	9
5. ASPETTI GEOTECNICI	11
5.1 Premessa	11
5.2 Standard penetration test (SPT)	11
5.3 Altezza critica	12
5.4 Caratteristiche geotecniche dei terreni	12
6. CONSIDERAZIONI SUL PROGETTO	14
6.1 Premessa	14
6.2 Considerazioni sull'idrogeologia	14
6.3 Stabilità dei fronti di scavo	15
7. CONDIZIONI AMBIENTALI	16
7.1 Premessa	16
7.2 Caratterizzazione litologica terre e rocce da scavo	16
7.3 Analisi storica delle attività umane del sito e fonti di pressione ambientale	16
7.4 Analisi chimiche dei terreni e destinazione del materiale	16
8. CONCLUSIONI	17

1. PREMESSA

La presente relazione geologica è richiesta dal Comune di Alpago a supporto del progetto per gli interventi di valorizzazione e promozione del Comune di Alpago: intervento di miglioramento della viabilità comunale e intercomunale Pieve-Plois, Il stralcio, nel territorio amministrativo del Comune di Alpago (BL). Per l'inquadramento catastale si rimanda ad altri documenti del progetto.

Lo scopo di questa relazione è quello di individuare le caratteristiche geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche dell'area di progetto, al fine di definire il comportamento dei terreni oggetto dei lavori e valutare eventuali problematiche che possono sorgere in fase esecutiva.

Il progetto in questione prevede la realizzazione di un nuovo tratto di strada che dalla strada attuale si sviluppa con una sorta di tornate all'interno del pendio che sale in direzione del cimitero. Per effettuare tale opera sarà necessario operare degli scavi importanti: il materiale prodotto dovrà essere trattato a seconda della destinazione come da normativa.

È stato effettuato un sopralluogo che ha permesso la creazione di un modello geologico mediante indagine di superficie; sono inoltre stati utilizzati dati bibliografici e dati appartenenti all'archivio dello scrivente o contenuti in documenti realizzati per lavori precedenti in aree limitrofe. A completamento e integrazione di queste informazioni è stato realizzato un sondaggio con lo scopo di osservare le caratteristiche e le proprietà dei terreni, oltre che al comportamento sotterraneo dell'acqua. La posizione di tale sondaggio è stata scelta al fine di integrare ulteriormente i dati contenuti nella relazione geologica redatta nel progetto di fattibilità tecnico economica da parte del Dr. Geol. Cabriel. Questo lavoro lascia comunque dei margini di incertezza sull'andamento in profondità del substrato roccioso e sullo sviluppo laterale dei corpi stratigrafici individuati.

La presente, è stata scritta in ottemperanza al DM 17 gennaio 2018 (Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni) e di quanto richiesto dal DM 152 del 2006 e successive integrazioni e modifiche. Le Norme tecniche per le costruzioni descrivono i principi per il progetto definendo i criteri generali di sicurezza, precisano le azioni che devono essere utilizzate, definiscono le caratteristiche dei materiali e dei prodotti e, più in generale, trattano gli aspetti attinenti alla sicurezza strutturale delle opere. In particolare al paragrafo 6.1.2 viene riportato che *"... i risultati dello studio rivolto alla caratterizzazione e modellazione geologica devono essere esposti in una specifica relazione geologica..."*.

2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE E PIANIFICATORIO

2.1 *Inquadramento geografico del sito di progetto*

Il sito di progetto si trova ai margini orientali di Pieve d'Alpago, centro abitato in comune di Alpago, che sorge sui versanti che salgono verso il monte Dolada. L'area si inserisce in un contesto tipico dei versanti che circondano la conca dell'Alpago, con piccoli paesi che attorniano centri abitati maggiori, in un ambiente storicamente utilizzato dall'uomo per scopi di produzione agricola, dove la morfologia dei terreni lo consente, e legato invece ad attività di taglio legna e sfalcio dove la superficie dei terreni rende difficile altre attività. Le vie di comunicazione nell'intorno non presentano flussi rilevanti e sono caratterizzate da traffico principalmente di tipo locale. Non si osservano strutture industriali nelle vicinanze del punto oggetto dei lavori.

Il sito di progetto si trova nell'intorno delle seguenti coordinate:

- Latitudine: 46°10'2.48"N
- Longitudine: 12°21'26.52"E

A livello cartografico l'area interessata dai lavori è rappresentata:

- All'elemento 064013 –Pieve d'Alpago della Carta Tecnica Regionale.
- Carta Geologica d'Italia 1:100.000, Foglio 23 «Belluno»

Il sito si trova ad una quota compresa fra 670 m e 730 m slm, circa 300 m di altitudine al di sopra del fondovalle principale, alla quota del lago di Santa Croce.

2.2 *Piano di Assetto del Territorio Intercomunale (P.A.T.)*

2.2.1. *Premessa*

Il Piano di Assetto del Territorio Intercomunale (PATI) dell'Alpago comprende il territorio dei Comuni di Chies d'Alpago, Farra d'Alpago, Pieve d'Alpago, Puos D'Alpago e Tambre. Il Piano di Assetto del Territorio Intercomunale (PATI), elaborato ai sensi della l.r.11/2004, è lo strumento che delinea le scelte strategiche di assetto e di sviluppo del territorio e persegue la tutela dell'integrità fisica ed ambientale, nonché dell'identità culturale e paesaggistica dello stesso.

Il PATI definisce le norme generali, gli obiettivi, gli indirizzi e le azioni progettuali strategiche per la programmazione del governo del territorio, tale da favorirne uno sviluppo sostenibile, in coerenza con gli strumenti di pianificazione sovraordinati e cogliendo le aspettative di sviluppo espresse dalle comunità locali. In relazione ai valori paesaggistico-ambientali ed alle dinamiche di trasformazione del territorio, il PATI predispone prescrizioni immediatamente efficaci, nonché direttive nei confronti della pianificazione di settore subordinata e del Piano degli Interventi (PI).

2.2.2. *Carta dei vincoli e della pianificazione territoriale*

La *Carta dei vincoli e della pianificazione territoriale* evidenzia i vincoli esistenti sul territorio, tra i quali sono presenti il vincolo idrogeologico forestale e il vincolo sismico. Come disposto dall'art. 1 del R.D.L. 30.12.1923, n. 3267, a tutela del pubblico interesse, sono sottoposti a vincolo idrogeologico i terreni di qualsiasi natura e destinazione che, per effetto della loro utilizzazione, possono subire denudazioni, perdere la stabilità o turbare il regime delle acque. Il vincolo che viene imposto con provvedimento

discrezionale della pubblica amministrazione, a seguito di un procedimento svolto in contraddittorio con i proprietari dei terreni, determina una rilevante limitazione all'uso e al godimento della proprietà. Il vincolo sismico è invece finalizzato a disciplinare la progettazione e costruzione di nuovi edifici soggetti ad azioni sismiche, nonché la valutazione della sicurezza degli interventi di adeguamento sugli edifici esistenti.

Nella *Carta dei vincoli e della pianificazione territoriale* del PAT, per il sito di progetto non vengono indicati vincoli di tipo geologico; pur non essendo indicato in carta, si specifica che il territorio del Comune di Alpago è sottoposto anche a vincolo sismico (O.P.C.M. n.3274/2003; O.P.C.M. n.3519/2006) e che ai sensi del D.G.R. n.244/2021 esso rientra in zona sismica 1. Nell'intorno viene richiamata l'area a pericolosità P3 individuata nel PAI.

2.2.3. *Carta delle fragilità*

Il Piano di Assetto del Territorio Intercomunale dell'Alpago precisa le fragilità degli insediamenti nei confronti degli aspetti geologici, idrogeologici e idraulici e riporta le condizioni di idoneità dei terreni alla trasformazione edilizia, secondo le seguenti classi:

- a. aree idonee
- b. aree idonee a condizione
- c. aree non idonee

Tale classificazione dei terreni deriva dalla diretta interpretazione, delle Carte delle Penalità ai fini edificatori (Tav. 10.9 di analisi dei singoli P.R.G. comunali).

Nella *Carta delle fragilità* del PAT il sito di progetto è inserito, per quanto concerne la compatibilità geologica ai fini urbanistici, in **“Area idonea a condizione”**; questa classe comprende tutte le aree nelle quali, per poter conseguire un miglioramento delle caratteristiche e raggiungere le condizioni di idoneità (ossia di massima sicurezza per gli abitanti, le strutture e le infrastrutture), è necessario intervenire tramite opere di bonifica e sistemazione, opere di difesa, di salvaguardia e quant'altro. Tali operazioni sono da realizzarsi solo in seguito all'effettuazione di indagini geologiche, geotecniche, idrogeologiche ed idrauliche, con un grado di approfondimento rapportato all'importanza delle opere previste. I risultati di tali indagini sono riportati e descritti nei capitoli successivi della presente relazione.

2.2.4. *Carta idrogeologica*

La *Carta degli elementi geologici in prospettiva sismica* evidenzia le caratteristiche stratigrafiche e morfologiche del sito che possono portare ad amplificazioni o meno delle onde sismiche in caso di terremoto.

Nella *Carta degli elementi geologici in prospettiva sismica* il sito di progetto ricade in un'area compresa fra una zona di Flysch di Belluno, Marne e Argille terziarie e un'area di depositi colluviali e glaciali rielaborati poggianti su substrato flyschoidale (glacis d'accumulo), con pendenze variabili fra <15° e comprese fra 0° e 30°.

2.3 *Piano Assetto Idrogeologico*

Il Piano per l'Assetto Idrogeologico (PAI), stralcio del Piano di bacino, ai sensi dell'art. 65, c.1 del D. Lgs 152/2006 e s.m.i. è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale

sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso finalizzate alla conservazione, alla difesa e alla valorizzazione del suolo per tutti gli aspetti legati alla pericolosità da frana e da dissesti di natura geomorfologica alla scala di distretto idrografico. Nel territorio del Distretto delle Alpi Orientali il PAI è stato sviluppato nel tempo sulla base dei bacini idrografici definiti dalla normativa ex L.183/89, oggi integralmente recepita e sostituita dal D.Lgs 152/2006 e s.m.i.; pertanto ad oggi il PAI è articolato in più strumenti che sono distinti e vigenti per i diversi bacini che costituiscono il territorio del Distretto.

L'area di interesse ricade all'interno del bacino idrografico del fiume Piave. Il P.A.I. riporta in cartografia:

- Carta della pericolosità idraulica;
- Carta della pericolosità e del rischio geologico;
- Carta della pericolosità da valanga

Tali elaborati cartografici evidenziano 4 livelli di pericolosità, intesi come probabilità che un determinato fenomeno si manifesti con una determinata magnitudo:

- *Area a pericolosità 1 (P_1):* individua le zone con pericolosità moderata;
- *Area a pericolosità 2 (P_2):* individua le zone con pericolosità media;
- *Area a pericolosità 3 (P_3):* individua le zone con pericolosità elevata;
- *Area a pericolosità 4 (P_4):* individua le zone con pericolosità molto elevata.

In tali elaborati l'area di interesse non ricade all'interno di zone soggette a pericolosità geologica. All'interno della vicina valle viene indicato con il codice 0250006000 un'area a pericolosità geologica P3.

La Carta della pericolosità idraulica individua le situazioni di pericolosità idraulica, indicando le aree fluviali e quelle esposte a vario grado di pericolosità.

La Carta della pericolosità idraulica del P.A.I. del bacino idrografico del fiume Piave, nell'area di interesse non indica nessuna zona soggetta pericolosità idraulica.

La Carta della pericolosità da valanga individua le situazioni morfologiche che possono portare all'innescio di fenomeni valanghivi.

La Carta della pericolosità da valanga del P.A.I. del bacino idrografico del fiume Piave, non evidenzia aree soggette a valanga in corrispondenza del sito di progetto.

3. ASPETTI GEOLOGICI

3.1 Assetto geologico e geomorfologico generale dell'area

L'assetto geologico e strutturale dell'Alpago nella zona in esame è caratterizzato da una successione stratigrafica che comprende formazioni carbonatiche del Giurassico medio – Cretaceo (Calcare del Vajont, Calcare di Soccher, Calcare del Fadalto, la Scaglia Rossa (Paleocene – Cretaceo sup.), La Marna della Vena d'Oro e la Scaglia Cinerea (Eocene inf. – Paleocene), il Flysch di Belluno (Eocene inf.) e la sequenza molassica veneta formata da Calcarenite dell'Alpago (Acquitano – Cattiano), Siltite di Bastia (Burdigaliano – Acquitano), l'Arenaria di Alpaos (Burdigaliano) Marna di Bolago (Burdigaliano).

Le successioni mesozoiche sono sollevate sopra quelle terziarie lungo faglie a medio e basso angolo orientate NE – SW e NW – SE. Il sollevamento lungo i piani di faglia con orientamento diverso ha indotto degli importanti fenomeni di piegamento delle successioni terziarie presenti al letto delle faglie che hanno dato luogo ad una complessa struttura definita brachisclinale, cioè una piega sinclinale circolare che è arcuata verso il basso per compressione lungo due direzioni, avente al nucleo i terreni terziari della Molassa Veneta (All. III, fig. 1).

La zona di Pieve d'Alpago si trova ubicata grossomodo al centro della brachisclinale, dove affiorano i terreni della Calcarenite dell'Alpago (visibili alla testata della Val Cantuna) con sopra quelli della Siltite di Bastia che affiorano a sud di Torres in Val Reiù e sporadicamente nella zona di Pieve (All. III, fig 2). Tali terreni, in parte sepolti dai depositi quaternari, costituiscono il substrato roccioso della zona oggetto dell'intervento; essa è formata, partendo dal basso, da arenarie fini siltose, passanti a marne siltose grigio – azzurre ed infine a siltiti massive e siltiti arenacee; gli strati sono inclinati verso sud e verso sud – est con inclinazioni variabili, da una cinquantina di gradi nella zona del paese, sino a diventare orizzontali nella zona di Villa.

I depositi quaternari presenti sono legati all'azione del ghiacciaio del Piave, che colmava la conca dell'Alpago sino quasi a 1000 m s.l.m. durante la sua fase di massima espansione nell'LGM (Last Glacial Maximum, circa 21000 anni fa) e alle sue fasi di ritiro. Durante la fase di massima espansione, il ghiacciaio ha depositato nelle parti centrali della conca in prevalenza dei till di alloggiamento costituiti per lo più da limi sabbiosi sovraconsolidati con ciottoli, depositi caratterizzati da un rapporto tra clasti e matrice decisamente a favore di quest'ultima; nelle fasi di ritiro il ghiacciaio ha depositato per lo più till di ablazione, caratterizzato da un rapporto tra clasti e matrice intorno al 50% o favorevole ai clasti, till di ablazione che in alcuni casi è andato a formare dei cordoni morenici, come quello a sud di Pieve orientato circa est - ovest (Col Naron); in alcune zone morfologicamente favorevoli le acque di fusione del ghiacciaio hanno sedimentato dei depositi fluvio-glaciali formati sostanzialmente da alternanze di ghiaie e sabbie (es. la piana a sud ovest di Pieve a q. 630 m s.l.m.).

Nella zona oggetto del lavoro, grazie ai sondaggi è stata messa in evidenza la presenza di till di ablazione sino a circa 3 – 4 m dal piano campagna, dato da limi nocciola con ciottoli e con livelli di ghiaie, seguiti da till di alloggiamento dato da un limo grigio sovraconsolidato con rari ciottoli presente sino alla profondità di 13 – 14 m dal piano campagna.

3.2 Assetto morfologico locale

L'assetto geomorfologico della zona è fortemente condizionato dall'assetto strutturale e dalla litologia del substrato; la zona di Pieve d'Alpago si trova ubicata grossomodo tra il fianco nord e il nucleo della brachinsinclinale dove l'assetto degli strati e la litologia erodibile delle formazioni terziarie danno luogo a forme dolci interrotte da incisioni vallive piuttosto accentuate (Val Cantuna, Val Reiu), con versanti in media poco pendenti (ad eccezione dei fianchi vallivi): nella zona nord del paese i valori di pendenza vanno da 30° a 20°, mentre nella zona sud si arriva a pendenze di 10°.

Più in dettaglio il sito in questione ha parzialmente risentito della presenza antropica che ha delineato nel tempo una sorta di paesaggio terrazzato, dove alti muri di contenimento limitano aree rese pianeggianti per la realizzazione di strade o case. Pertanto, dal bivio attuale fra la strada che porta a Pieve d'Alpago e quella che porta a Torres, il versante si sviluppa in direzione del cimitero con andamento irregolare. Al di sopra del muro di contenimento si apre un tratto di pendio a inclinazione minore (circa 10°), che torna nuovamente ad aumentare (>15°) all'altezza del cimitero.

La presenza dell'incisione torrentizia fra Pieve e Torres determina la presenza di due gradienti morfologici locali: il principale è quello legato dalla morfologia che scende con andamento circa Nord-Sud in direzione della conca dell'Alpago, mentre di importanza secondaria è l'inclinazione del pendio che si immerge con direzione circa Ovest-Est verso la vallecchia. Il lavoro in questione si sviluppa quasi interamente sul primo, ma la presenza dell'incisione può influenzare il comportamento delle acque di infiltrazione.

In superficie non si osservano nell'area fenomeni gravitativi attivi e le forme erosive principali sono sufficientemente lontane dal punto d'interesse. Date le caratteristiche del substrato si escludono anche fenomeni di tipo carsico.

3.3 Stratigrafia locale

Il sito è stato studiato mediante rilievo di superficie facendo riferimento a indagini limitrofe in aree geologicamente analoghe e basandosi sui dati bibliografici. Ad integrazione di due sondaggi realizzati in precedenza è infine stato realizzato un ulteriore sondaggio che ha permesso di indagare la stratigrafia fino a 15 metri dal piano campagna. I risultati dell'indagine sono riportati in dettaglio nell'allegato IV. Quest'indagine lascia comunque dei margini di incertezza sull'andamento in profondità del substrato roccioso e sullo sviluppo laterale dei corpi stratigrafici individuati. La sequenza stratigrafica locale è pertanto così sviluppata:

1. Suolo terrigeno vegetale, ricco di materiale organico, costituito principalmente da sedimenti a granulometria fine e matrice sostenuto. Lo spessore di questo orizzonte varia fra 0.3 e 0.4 m.
2. Limo e sabbia con ghiaia e ciottoli in irregolare alternanza con limi e sabbie debolmente ghiaiosi con componente argillosa rilevante. Colore nocciola. Si ritiene che l'origine di questo corpo geologico sia di tipo glaciale, con le tipiche caratteristiche di un till di ablazione. Data la genesi all'interno di questi terreni possono essere presenti trovanti carbonatici. Le litologie degli elementi di dimensione maggiore molto variabili, ma in prevalenza si osservano calcareniti e calcari. Lo spessore nell'area è compreso fra 4 e 5 m, alla medesima profondità dal p. campagna.

3. Limo compatto grigio con sabbia e rara ghiaia e ciottoli. Componente argillosa rilevante e localmente dominante. Colore grigio. Si ritiene che tale deposito si tratti di un till di alloggiamento accumulatosi durante l'ultimo massimo glaciale. Tali terreni si trovano subito al di sotto dei precedenti e presentano uno spessore compreso fra 4 e 5 m.
4. Limi sabbiosi e argillosi sovra-consolidati con rara ghiaia e ciottoli. Colore grigio. Deposito misto con caratteristiche di till di alloggiamento e alterazione del sottostante substrato roccioso. Lo spessore di tale deposito è compreso fra 3 e 4 m.
5. Substrato roccioso: alternanza di arenarie siltose, siltiti marone e argilliti con sottili intercalazioni glauconitiche appartenenti alla formazione litostratigrafica della Siltite di Bastia. Localmente tale formazione può presentare delle fratturazioni e generalmente si osserva un cappello di alterazione superficiale che nel caso in questione non è di semplice distinzione rispetto ai depositi quaternari soprastanti. La profondità del substrato è valutata fra 12 e 14 metri dal piano campagna.

3.4 Idrogeologia locale

Il sito appartiene al versante Sud-orientale del monte Dolada, in cui il reticolo idrografico superficiale risulta piuttosto ben sviluppato, con numerose vallecicole che ospitano corsi d'acqua a carattere torrentizio, che determinano un drenaggio efficace delle acque superficiali verso il fondovalle. Il corso d'acqua più vicino è il torrente che ha scavato la valle fra Pieve d'Alpago e Torres, solitamente caratterizzato da portate ridotte che tuttavia possono aumentare in caso di precipitazioni. Sui versanti di questa incisione si osservano numerosi dissesti e zone in erosione, che tuttavia non costituiscono elemento di pericolo per il lavoro in questione.

In superficie, la presenza di spessori metrici di depositi quaternari a debole permeabilità può portare, soprattutto in caso di precipitazioni intense e prolungate ad una circolazione idrica superficiale o al ristagno di acqua. I terreni glaciali presenti in sito hanno un valore di conducibilità idraulica variabile in funzione soprattutto della matrice fine argillosa o limosa e della presenza di blocchi, ma stimabile, da bibliografia, tra $K = 10^{-6} - 10^{-4}$ m/s.

La permeabilità limitata dei sedimenti di copertura determina una scarsa circolazione all'interno dei depositi e caratterizzata da tempi di corrvazione molto lunghi. La presenza di strati e orizzonti con permeabilità maggiore può determinare lo scorrimento di abbondanti flussi, come osservato durante i sondaggi alla profondità di 3.5 m dal piano campagna. Date le caratteristiche del luogo non è presente nel sito una vera e propria falda freatica, ma piuttosto un acquifero complesso, variabile lateralmente a seconda della stratigrafia, che può svilupparsi in più piani. Le indagini effettuate hanno permesso nel punto in questione di determinare la presenza di acqua a 3.5 m dal p.c., al di sopra dei limi argillosi sovra-consolidati.

Le acque tendono a muoversi anche a livello sotterraneo seguendo il gradiente locale e pertanto sono parzialmente richiamate verso Sud secondo l'andamento generale del versante e parzialmente verso la vicina valle, separate da uno spartiacque difficile da individuare in superficie.

4. ASPETTI SISMICI

4.1 Premessa e cenni normativi

Per ridurre gli effetti distruttivi del terremoto nei confronti dell'edificato e dell'edificabile, l'azione dello Stato si è concentrata sulla classificazione del territorio, in base all'intensità e frequenza dei terremoti del passato, e sull'applicazione di speciali norme per le costruzioni nelle zone classificate sismiche. La legislazione antisismica italiana prescrive norme tecniche in base alle quali un edificio debba sopportare senza gravi danni i terremoti meno forti e senza crollare durante i terremoti più forti, salvaguardando prima di tutto le vite umane. Con la pubblicazione dell'OPCM 3274/03, le classi sismiche sono diventate quattro:

Zona 1 - È la zona più pericolosa. Possono verificarsi fortissimi terremoti

Zona 2 - In questa zona possono verificarsi forti terremoti

Zona 3 - In questa zona possono verificarsi forti terremoti ma rari

Zona 4 - È la zona meno pericolosa. I terremoti sono rari

Il provvedimento detta i principi generali sulla base dei quali le Regioni, a cui lo Stato ha delegato l'adozione della classificazione sismica del territorio (Decreto Legislativo n. 112 del 1998 e Decreto del Presidente della Repubblica n. 380 del 2001 - "Testo Unico delle Norme per l'Edilizia"), hanno compilato l'elenco dei comuni con la relativa attribuzione ad una delle quattro zone, a pericolosità decrescente, nelle quali è stato riclassificato il territorio nazionale. Con la Deliberazione della Giunta Regionale n. 244 del 09 marzo 2021 "Aggiornamento dell'elenco delle zone sismiche del Veneto. D.P.R. 6 giugno 2001, n. 380, articolo 83, comma 3; D. Lgs 31 marzo 1998, n. 112, articoli 93 e 94. D.G.R./CR n. 1 del 19/01/2021" è stata introdotta la nuova classificazione sismica dei comuni della Regione Veneto.

4.2 Caratterizzazione del terreno-sito

La nuova classificazione sismica dei comuni della Regione Veneto contenuta nel DGR 244/21, Allegato B, fa ricadere il Comune di Alpago (BL) all'interno della **zona sismica 1**. In funzione della mappa della pericolosità riportata dall'OPCM 3519/06 si considera in zona 1 un'accelerazione al suolo rigido (a_g) $0,25 < a_g \leq 0,35 g$. Ai sensi del DM 17/01/2018 si può classificare il sito come segue:

- Stratigrafia: i terreni coinvolti ricadono nella classe 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 30m (tale classificazione conferma anche quanto riportato nel P.A.T.I. dei comuni dell'Alpago);*
- Topografia: il sito ricade nella classe T2: *Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$ (tale classificazione conferma anche quanto riportato nel P.A.T.I. dei comuni dell'Alpago);*
- Reticolo di riferimento: applicando la Tab. 1 del DM 17/01/2018 in merito alla pericolosità sismica, valutando i 4 nodi più vicini al sito di progetto, assumendo un tempo di ritorno di 50 anni, si ricava quanto segue:

Tipo di elaborazione: Stabilità dei pendii e fondazioni

Sito in esame: (*di seguito, dove non specificato, le coordinate geografiche sono espresse in ED50)

- Latitudine: 46,168386 [°] - ED50 (46.167498 [°] - WGS84)
- Longitudine: 12,358101 [°] - ED 50 (12.357103 [°] – WGS84)
- Classe d'uso: 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. (...).
- Vita nominale: 50 [anni]
- Tipo di interpolazione: Media ponderata

Siti di riferimento:

	ID	Latitudine (°)	Longitudine (°)	Distanza (m)
Sito 1	9419	46,1794	12,3367	2056,404
Sito 2	9420	46,1801	12,4088	4113,876
Sito 3	9642	46,1301	12,4097	5821,992
Sito 4	9641	46,1294	12,3377	4606,156

Tabella 1 Siti di riferimento

Parametri sismici:

	Prob. superamento (%)	Tr (anni)	ag (g)	Fo (-)	Tc (s)
Operatività (SLO)	81	30	0,062	2,492	0,238
Danno (SLD)	63	50	0.085	2.454	0.254
Salvaguardia (SLV)	10	475	0.243	2.411	0.327
Prevenzione dal collasso (SLC)	5	975	0.330	2.405	0.346

Tabella 2 Parametri sismici

- Categoria sottosuolo: E
- Categoria topografica: T2
- Periodo di riferimento: 50 anni
- Coefficiente cu: 1

Coefficienti sismici:

	Ss	Cc	St	Kh	Kv	Amax (m/s ²)	Beta
SLO	1.600	2.040	1.200	0.024	0.012	1.171	0.200
SLD	1.600	1.990	1.200	0.033	0.016	1.599	0.200
SLV	1.350	1.800	1.200	0.110	0.055	3.867	0.280
SLC	1.130	1.760	1.200	0.125	0.063	4.385	0.280

Tabella 3 Coefficienti sismici

5. ASPETTI GEOTECNICI

5.1 Premessa

Dal modello geologico precedentemente descritto è possibile creare un modello geotecnico dei terreni dell'area in esame. I terreni di copertura interessati dalle fondazioni dell'opera in progetto, possono essere descritti come limo e sabbia con ghiaia e ciottoli in irregolare alternanza con limi e sabbie debolmente ghiaiosi (till di ablazione), al di sopra di limi sovra-consolidati e argilliti (till di alloggiamento). Il substrato roccioso è posto ad una profondità superiore a 12 metri dal piano campagna.

Al fine di valutare le proprietà dei terreni sono state realizzate all'interno del foro del carotaggio alcune prove SPT che a loro volta sono state integrate con le informazioni illustrate nella relazione preliminare del progetto a cura del Dr. Geol. Cabriel.

5.2 Standard penetration test (SPT)

Le prove SPT dinamiche consistono nella misura della resistenza offerta dal terreno alla penetrazione di un campionatore standard fatto avanzare per battitura; tale resistenza viene espressa attraverso il numero di colpi N necessario per ottenere un dato avanzamento all'interno del terreno. La prova viene sospesa nel caso in cui il numero di colpi N, per un dato tratto, supera 50: in tale circostanza la prova raggiunge il "rifiuto" strumentale. Tali indagini sono prove di tipo discontinuo e forniscono risultati puntuali relativi ai terreni presenti nell'intorno dell'area di effettuazione della prova. Scopo di tali prove è comprendere le caratteristiche geotecniche dei terreni indagati, attraverso l'applicazione di diverse metodologie di correlazione; le correlazioni utilizzate e i risultati ottenuti dalle prove sono riportati in allegato.

Data la natura dei terreni, i parametri geotecnici derivati dall'elaborazione dei risultati forniti dalle SPT tendono ad essere sovrastimati. Tenendo in considerazione tale problematica i valori ottenuti dalle indagini sono stati successivamente integrati e rivalutati sulla base di quanto osservato durante il sopralluogo e da dati presenti nell'archivio dello scrivente, in funzione della natura e variabilità granulometrica attesa entro il volume rappresentativo di terreno interessato dal progetto, come indicato dalle NTC 2018.

Durante il sondaggio realizzato in questa fase di progetto si è proceduto alla realizzazione delle prove SPT alle profondità di 3.0, 6.0, 9.0, 12.0 e 15.0 m dal piano campagna. I risultati sono riportati nella tabella seguente:

S1							
Prova N°	Profondità prova da p.c. (m)		N ₁	N ₂	N ₃	N _{SPT}	Φ'p (interpretato)
	Inizio	Fine					
1	3.00	3.30	30	45	R	R	/
2	6.00	6.45	30	42	45	87	40
3	9.00	9.45	35	42	47	89	38
4	12.00	12.00	R	/	/	R	/
5	15.00	15.00	R	/	/	R	/

Tabella 4: Risultati delle prove SPT

Tali risultati, descrittivi dei terreni nel punto dove è stato realizzato il sondaggio, non sono paragonabili a quanto raccolto nelle prove realizzate in precedenza e sono poco utili alla determinazione dei parametri caratteristici in quanto 3 prove su 5 hanno portato a rifiuto. Queste informazioni sono tuttavia importanti per determinare la varietà laterale dei depositi di copertura e come la presenza di eventuali ciottoli possa alterare localmente il risultato della prova. Inoltre, si evidenzia come in profondità il grado di compattezza dei limi e delle argille siano importanti, generando rifiuto già nei primi 15 cm di prova.

Ad integrazione si valutano anche i dati raccolti nel lavoro precedente, così brevemente descritti:

RELAZIONE PROGETTO FATTIBILITÀ							
Prova N°	Profondità prova da p.c. (m)		N ₁	N ₂	N ₃	N _{SPT}	φ'p (interpretato)
	Inizio	Fine					
S1.1	3.00	3.45	16	27	33	60	37
S1.2	4.50	5.15	9	12	17	29	31
S2.1	3.00	3.45	18	22	18	40	32
S2.2	6.00	6.45	R	27	34	R	/

Tabella 5: Risultato prove SPT relazione progetto fattibilità

5.3 Altezza critica

L'altezza critica del fronte di uno scavo rappresenta l'altezza dello scavo verticale che in condizioni non drenate riesce a sostenersi da solo senza che si verifichino problemi di instabilità. Questo valore è funzione sia del terreno entro il quale il fronte è modellato che di diversi fattori esterni (presenza di acqua, presenza di sovraccarichi ai bordi, inclinazione del pendio a monte...). Le caratteristiche geotecniche dei terreni sono state valutate sia durante il sopralluogo, tramite analisi dei pendii della vicina valle ed a valutazioni effettuate su stratigrafia e morfologia locale, che tramite integrazione di dati appartenenti all'archivio dello scrivente.

In particolare è stato possibile osservare che i terreni presentano scarse caratteristiche meccaniche, dove si modellano naturalmente fronti verticali stabili per altezze che possono raggiungere circa 1.50 metri. Questo aspetto evidenzia come sia da considerare un valore di coesione non drenata dei terreni in questione, che possa garantire la stabilità dei terreni osservata sulle scarpate di erosione del torrente. Non avendo a disposizione prove di laboratorio su questi sedimenti, le considerazioni effettuate durante il sopralluogo sono state integrate con dati bibliografici e dati appartenenti all'archivio dello scrivente.

5.4 Caratteristiche geotecniche dei terreni

Al fine di determinare i parametri dei terreni, sui terreni sono state eseguite delle prove SPT. Tali prove sono state valutate come indicato nelle NTC 2018 al paragrafo 6.2.2: "Le indagini geotecniche devono essere programmate in funzione del tipo di opera e/o di intervento, devono riguardare il volume significativo e, in presenza di azioni sismiche, devono essere conformi a quanto prescritto ai §§ 3.2.2 e 7.11.2. Per volume significativo di terreno si intende la parte di sottosuolo influenzata, direttamente o indirettamente, dalla costruzione del manufatto e che influenza il manufatto stesso. Le indagini devono permettere la definizione dei modelli geotecnici di sottosuolo necessari alla progettazione. Della definizione del piano delle indagini, della caratterizzazione e della modellazione geotecnica è responsabile il progettista. Il risultato delle indagini e del sopralluogo ha portato all'individuazione dei parametri di seguito riportati:

	till di ablazione	till di alloggiamento
Profondità dal p.c.	0 – 5 m	5 – 12 m
Grado di addensamento	Discreto	Elevato
Peso per unità di volume	18.00 – 19.00 KN/m ³	17.00 – 18.00 KN/m ³
Angolo di resistenza al taglio	24° - 27°	18° - 22°
Coesione	5-10 kPa	15-20 kPa
Modulo elastico	45-55 MPa	25-35 MPa

Tabella 6: parametri dei terreni

I depositi di origine glaciale presenti in sito possono mostrare una discreta variabilità granulometrica in sezione sia verticale sia orizzontale. Alla scala dell'intervento possono essere considerati depositi omogenei, ma si ricorda che per loro natura possono ospitare anche blocchi di dimensioni fuori scala rispetto alle porzioni affioranti (ci si attende fino a 1m di diametro), che possono essere trovati durante i lavori e portare ad una locale variazione delle caratteristiche dei terreni.

In accordo con quanto previsto dalle NTC 2018 e relativa circolare esplicativa, le verifiche di tipo geotecnico (GEO) dovranno essere condotte con gli approcci descritti nella Tab. 6.2.II delle stesse NTC 2018 e pertanto i valori sopra proposti andranno opportunamente coefficientati come richiesto dalla normativa.

6. CONSIDERAZIONI SUL PROGETTO

6.1 Premessa

Il progetto prevede la realizzazione di una strada su un pendio con pendenze importanti e con la presenza di terreni con proprietà geotecniche mediamente scadenti. È prevista l'apertura di un fronte di scavo che nel punto più alto sarà di circa 7 metri e interesserà anche i terreni con circolazione idrica osservati durante le prove geognostiche. Un lavoro con tali caratteristiche deve necessariamente tenere conto di alcuni accorgimenti al fine di evitare fenomeni di dissesto sia a monte che a valle.

6.2 Considerazioni sull'idrogeologia

Il sondaggio ha evidenziato la presenza di terreni saturi in acqua ad una profondità di circa 3.5 metri dal piano campagna. La misurazione è concorde con quanto osservato anche nei sondaggi del 2021, indicando come nella zona si sviluppi diffusamente circolazione idrica a tale profondità. Si esclude tuttavia la presenza di una falda intesa come tavola d'acqua che non può essere presente date le caratteristiche morfologiche e stratigrafiche del pendio; a testimonianza di tale aspetto è anche l'assenza di particolari evidenze di emersione idriche in corrispondenza del sottostante muro di contenimento, alto più di 3.5 metri. Tali acque seguono il gradiente morfologico locale.

Al fine di stimare la portata di questo acquifero in fase di sondaggio è stata effettuata una misurazione dei tempi di scorrimento di tali acque. Si precisa che tale prova è stata svolta dopo alcuni giorni particolarmente piovosi. La misura è stata eseguita all'interno del foro di sondaggio, opportunamente rivestito da tubo forato che garantisce il riempimento naturale del foro stesso: una volta estratta l'acqua presente è stato misurato il tempo in cui la cavità veniva riempita. Sono state realizzate diverse misure che hanno determinato un tempo di riempimento del foro pari a circa 10 cm ogni 50 secondi (dato fornito dall'impresa esecutrice).

Tale misura permette di individuare in modo indicativo la portata dell'acquifero intercettato dal sondaggio. Considerato che il riempimento del foro è stato misurato pari a 10 cm ogni 50 secondi, e considerato il diametro del foro stesso, pari a 8 cm, si determina quindi un volume di acqua di 0.0005 m^3 , che espresso in litri diventa 0.5 l. La portata dell'acquifero nel punto dove è stato realizzato il sondaggio può essere stimata pertanto pari a 0.6 l/min.

Tale valore è da considerare indicativo al fine di una valutazione dei quantitativi di acqua che si possono incontrare durante gli scavi. Nel calcolo non viene tenuto conto dell'errore di misura legato al metodo utilizzato, delle variazioni laterali dell'acquifero e dei cambiamenti nel tempo dello stesso. Tuttavia, la misura effettuata durante un periodo piovoso è utile ad indicare come la circolazione sia relativamente ridotta anche in periodi umidi.

È importante tenere in considerazione in fase di progettazione la presenza di quest'acqua e di predisporre un adeguato sistema di drenaggio e raccolta delle acque che dovranno in seguito essere rilasciate in un luogo sicuro.

6.3 Stabilità dei fronti di scavo

In fase esecutiva l'opera in progetto prevede uno scavo importante per la realizzazione del piano interrato con la creazione di una scarpata di un'altezza indicativa di 7 m nel punto più alto, alla base della quale dovranno lavorare gli operatori, con un terreno che tende a rompersi a 35°. Andrà dunque posta particolare attenzione in fase esecutiva, in quanto, data la natura dei terreni, è possibile il distacco di conci dal fronte di scavo. Se si vuole procedere con un fronte di scavo che presenti un'inclinazione superiore a 35°, sarà fondamentale procedere per conci, procurandosi di assicurare con opportune metodologie la sicurezza del fronte di scavo. Dovrà inoltre essere valutata la presenza di grossi massi, che può portare ad un cambiamento significativo di questa pendenza.

In caso di piogge durante i lavori la coesione osservata può subire una brusca diminuzione a causa delle pressioni indotte dalla circolazione idrica. Al fine di evitare scoscendimenti pericolosi per gli operatori si raccomanda dunque di scoronare il ciglio superiore ricoprendolo con teli in caso di pioggia.

Non è tema di questo lavoro la valutazione globale della stabilità del versante, ma, come osservato nei capitoli precedenti, la stratigrafia e la morfologia del sito impongono particolari attenzioni per la costruzione dell'opera. La stabilità del versante a monte dovrà essere garantita da opere opportunamente realizzate al fine di impedire lo scoscendimento dei terreni a valle del cimitero (ad esempio: muri di sostegno, pali, micropali, tiranti...). A prescindere dal tipo di intervento si consiglia di procedere all'apertura dello scavo per conci e alla progressiva messa in sicurezza dello scavo aperto.

Per le valutazioni relative alla stabilità del fronte di scavo è stato utilizzato il software Slide versione 6 della Rocscience: per semplicità e brevità non si riportano in relazione i modelli utilizzati che tuttavia restano a disposizione.

7. CONDIZIONI AMBIENTALI

7.1 Premessa

Per qualsiasi tipologia di sito in cui si debba realizzare un intervento che comporti l'effettuazione di scavi con la conseguente produzione di terre e rocce deve essere svolta un'indagine ambientale. Il presente studio è stato così sviluppato in ottemperanza a quanto prescritto dal D.lgs n. 152 del 3 Aprile 2006 ("Norma in materia ambientale"), modificato dall'Art. 2, comma 23, del D.lgs n.4 del 16 Gennaio 2008 ("Ulteriori disposizioni correttive ed integrative del decreto legislativo del 3 aprile 2006, n.152, recante norme in materia ambientale") e ulteriori modifiche.

7.2 Caratterizzazione litologica terre e rocce da scavo

Come discusso in precedenza, la stratigrafia locale presenta una discreta eterogeneità granulometrica sia in senso verticale che orizzontale; tuttavia ad una scala minore i terreni si possono considerare con caratteristiche geotecniche omogenee. Al di sotto di un orizzonte superficiale costituito da materiale più grossolano descritto come till di ablazione, si osservano limi ultraconsolidati (till di alloggiamento). All'interno di questi depositi possono essere presenti trovanti di grandi dimensioni, non osservati tuttavia nel sopralluogo e nelle indagini. La profondità del substrato roccioso (Siltite di Bastia) è posta ad una profondità compresa fra 12e 14 metri dal piano campagna.

7.3 Analisi storica delle attività umane del sito e fonti di pressione ambientale

L'area si inserisce in un contesto tipico dei versanti che circondano la conca dell'Alpago, con piccoli paesi che attorniano centri abitati maggiori, in un ambiente storicamente utilizzato dall'uomo per scopi di produzione agricola, dove la morfologia dei terreni lo consente, e legato invece ad attività di taglio legna e sfalcio dove la superficie dei terreni rende difficile altre attività. Le vie di comunicazione nell'intorno non presentano flussi rilevanti e sono caratterizzate da traffico principalmente di tipo locale. Non si osservano strutture industriali nelle vicinanze del punto oggetto dei lavori.

Non si osservano fonti di pressione ambientale in corrispondenza del sito e le attività antropiche maggiormente impattanti si osservano verso la conca dell'Alpago, ad una quota inferiore e a una distanza elevata.

7.4 Analisi chimiche dei terreni e destinazione del materiale

Il progetto in questione prevede lo scavo di un quantitativo di materiale superiore a 6000 m³ e pertanto ricade all'interno dei cantieri di grandi dimensioni, così come descritti all'Art. 2 del DPR 120/2017. È un cantiere di grandi dimensioni quello in cui sono prodotte terre e rocce da scavo in quantità superiori a seimila metri cubi, calcolati dalle sezioni di progetto, nel corso di attività o di opere soggette a procedure di valutazione di impatto ambientale o ad autorizzazione integrata ambientale di cui alla Parte II del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152. Tali scavi verranno eseguiti dove ritenuto opportuno lungo tutto il tracciato della strada in questione. Per la gestione delle terre e rocce da scavo, le modalità di indagine ambientale e le analisi chimiche da svolgere si rimanda al DPR 120/2017.

8. CONCLUSIONI

L'indagine di quest'area ha portato alle seguenti conclusioni:

- La zona è stabile alla scala d'interesse; non sono presenti forme erosive che interessino le opere in progetto.
- L'intervento non verrà a contatto con circolazione idrica sotterranea.
- I terreni presentano scarse caratteristiche geotecniche.

Pertanto si conclude che:

l'area in esame presenta degli aspetti di tipo geologico, geotecnico e idrogeologico a cui prestare attenzione per la realizzazione dell'opera in progetto.

Si raccomanda pertanto di:

- Seguire le prescrizioni indicate nella presente relazione.
- Di verificare durante l'esecuzione dei lavori, le caratteristiche geologiche-geotecniche e idrogeologiche adottate.
- Di regimare le acque piovane e sotterranee verso un recapito sicuro.
- Di realizzare attorno e alla base delle strutture un drenaggio efficace che permetta di smaltire le eventuali venute d'acqua verso le strutture stesse.
- Valutare in fase progettuale le adeguate modalità di realizzazione per evitare dissesti in fase di scavo.

Belluno, 30.09.2022

Dott. Geol. Isotton Matteo



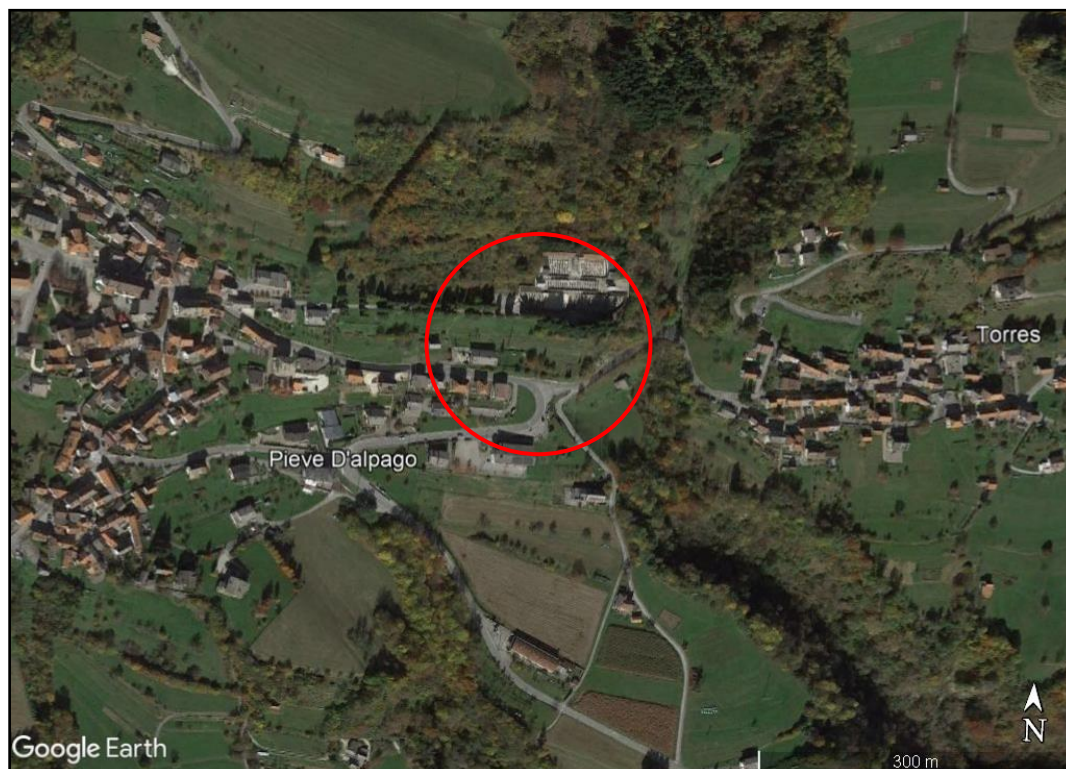


Fig.1: Inquadramento geografico (Google Earth).

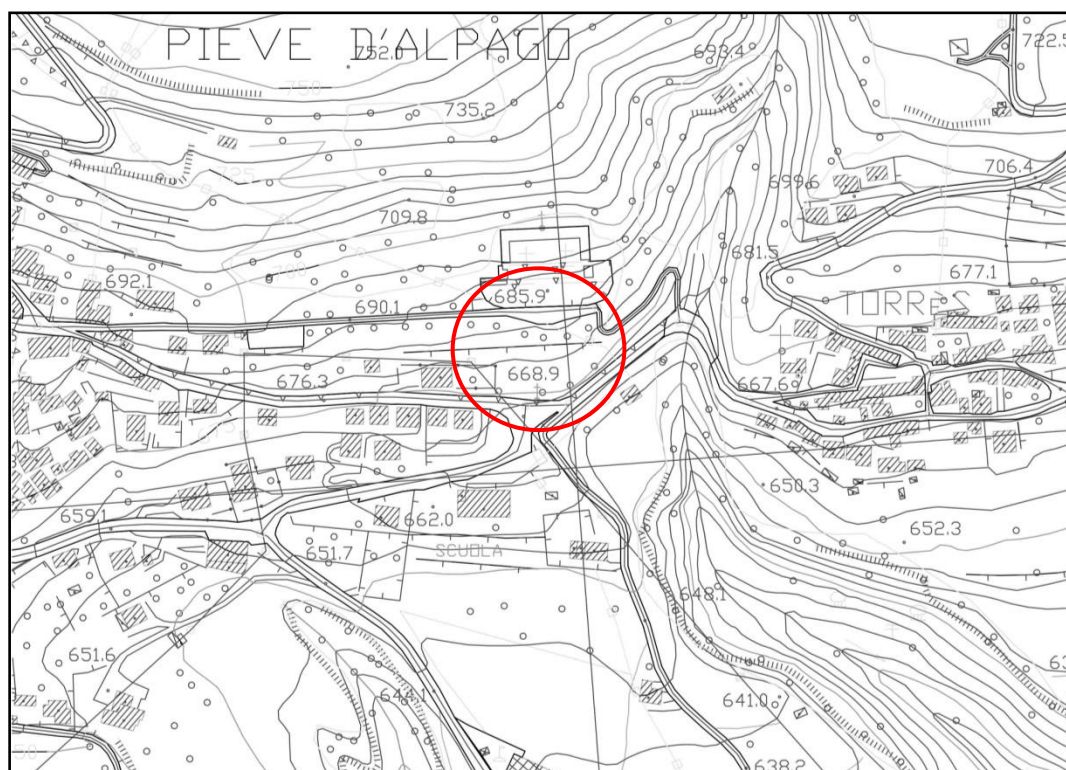
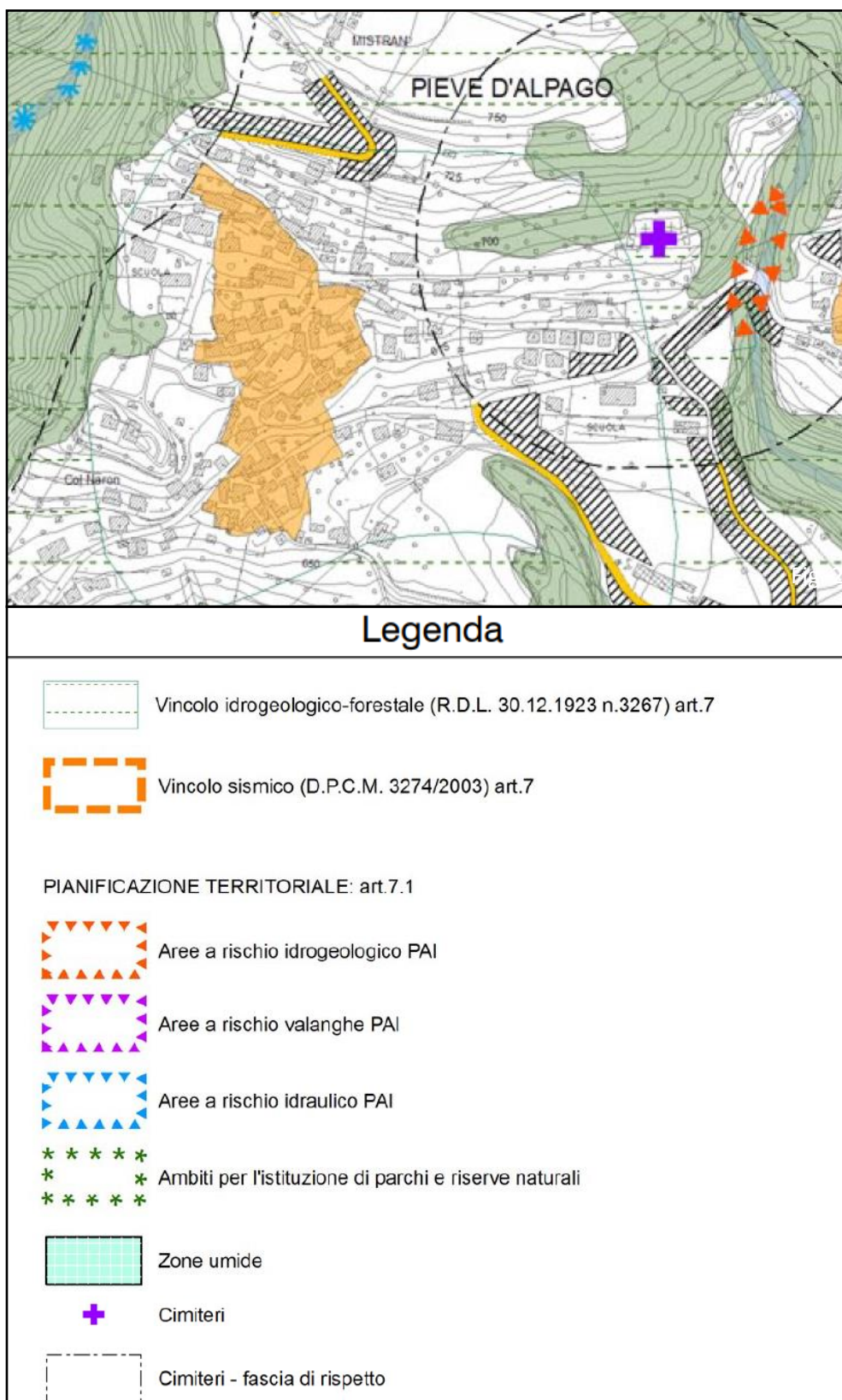


Fig.2: Carta Tecnica Regionale – Elemento 064013 – Pieve d'Alpago.



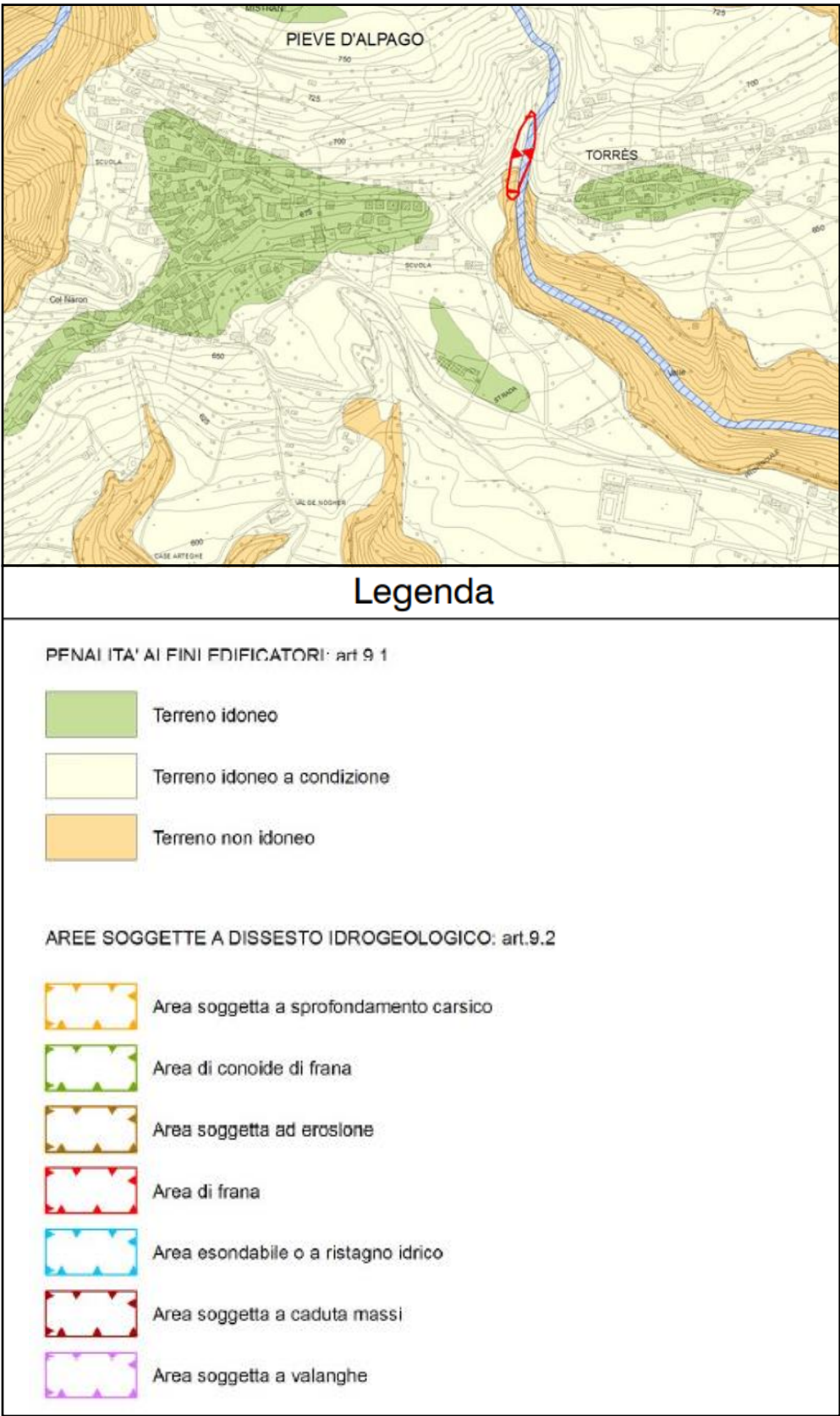


Fig.2: Carta delle fragilità.

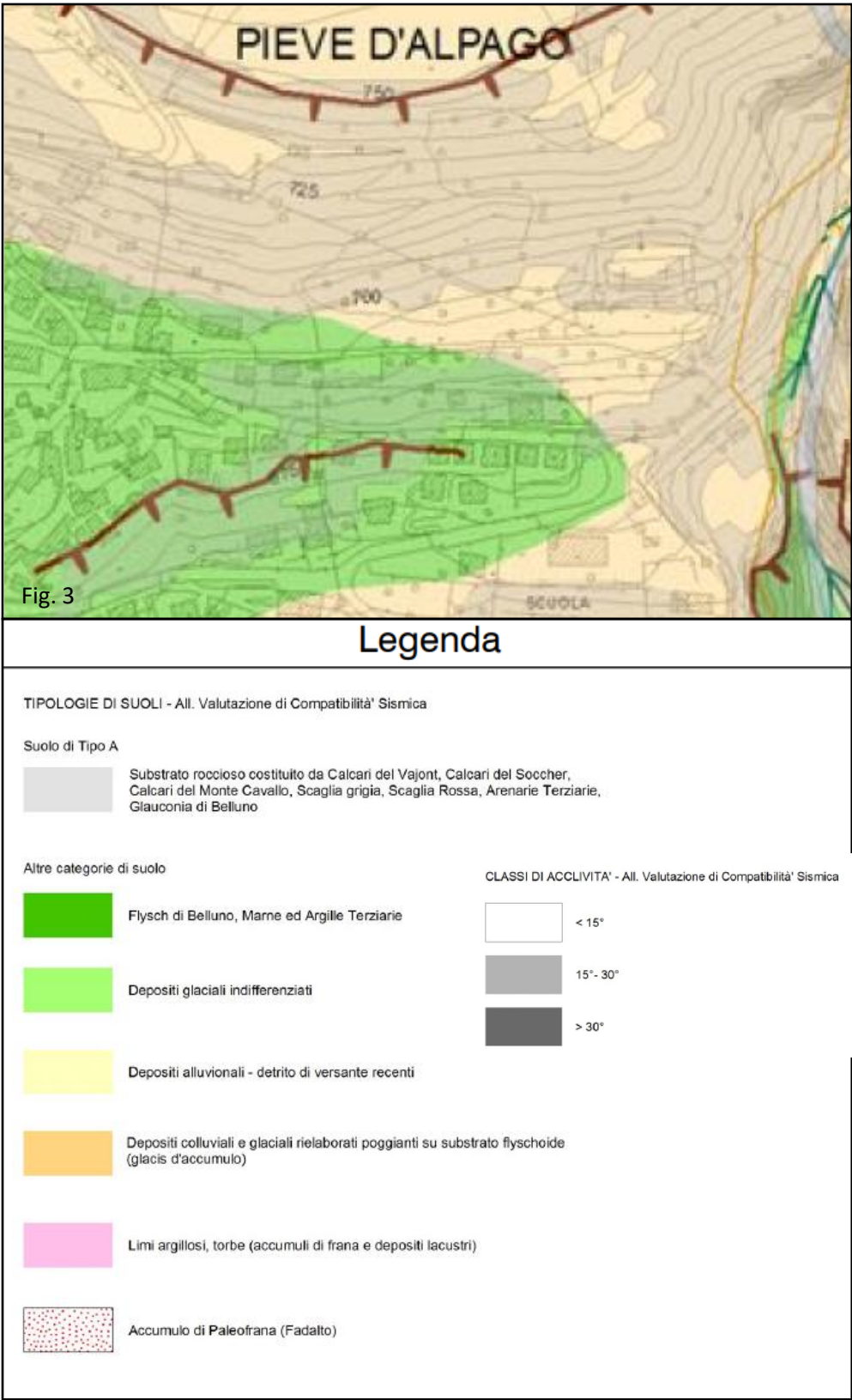


Fig.3: Carta degli elementi geologici in prospettiva sismica.

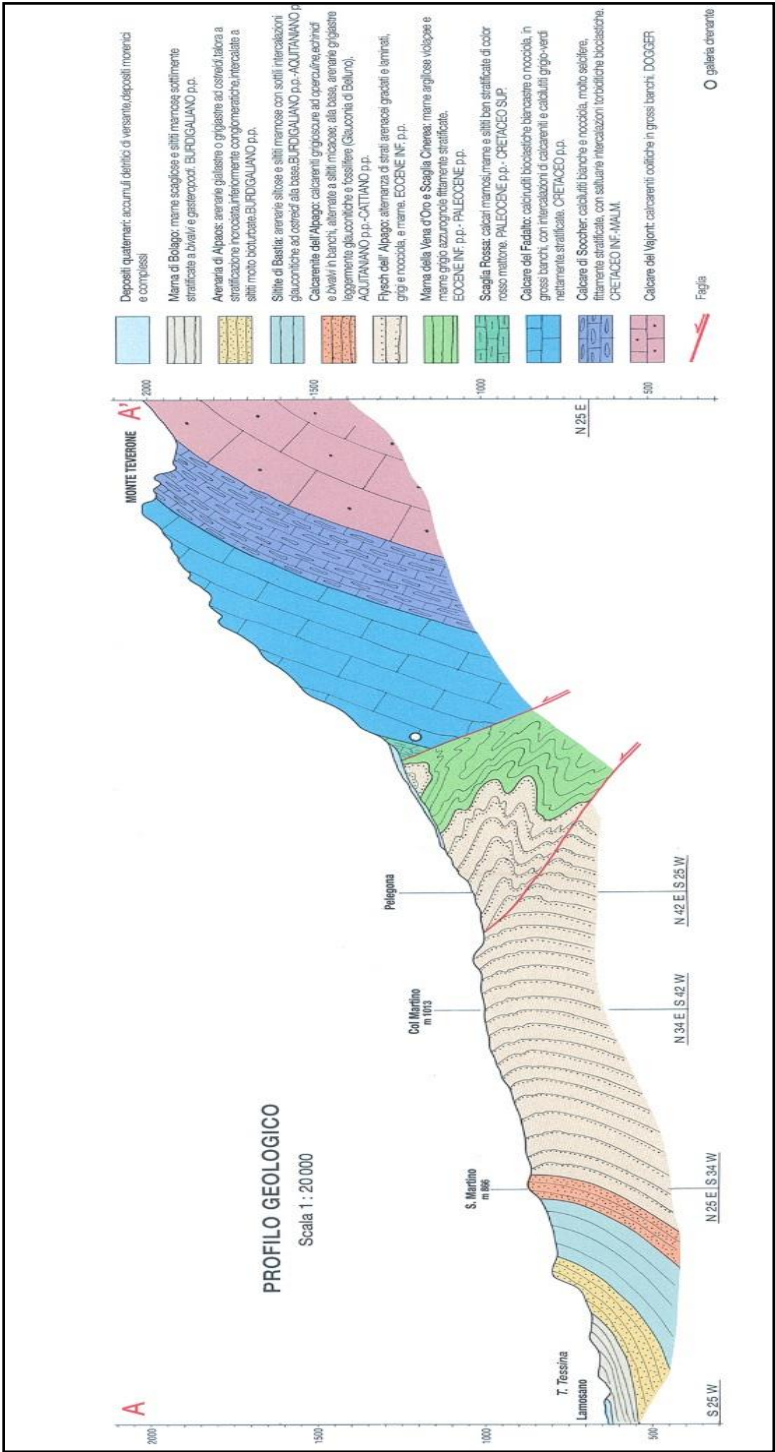


Fig.1: Sezione geologica dal Monte Teverone a Lamosano - tratto da G.B. Pellegrini
Carta Geomorfologica della Frana del Tassin nel bacino dell'Alpago (Belluno)

Allegato III: Carta geologica

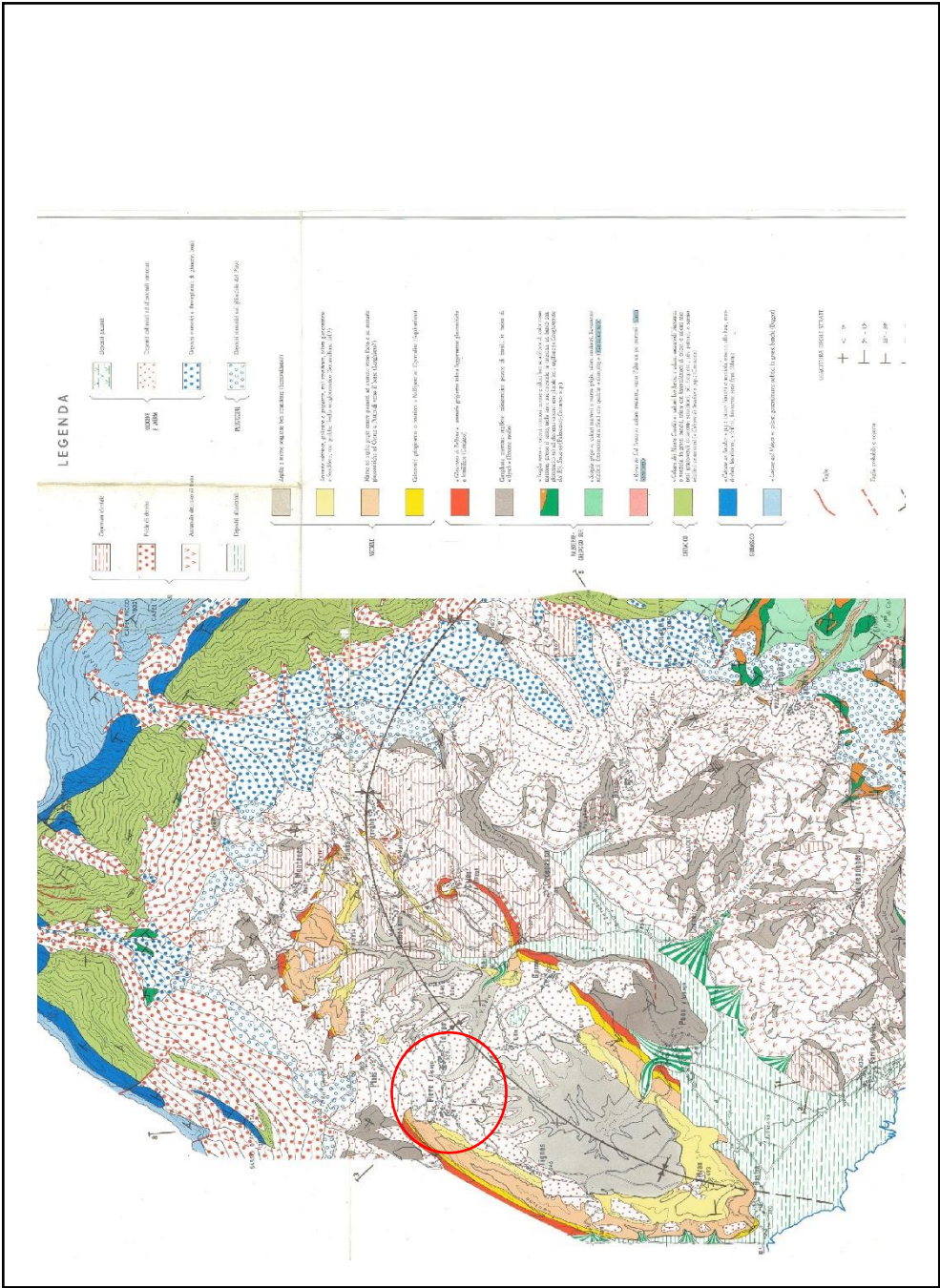


Fig.2: Estratto scala 1: 50000 da E. Semenza – Carta Geolitologica dell'Alpago (Prealpi Bellunesi)

Allegato III: Carta geologica

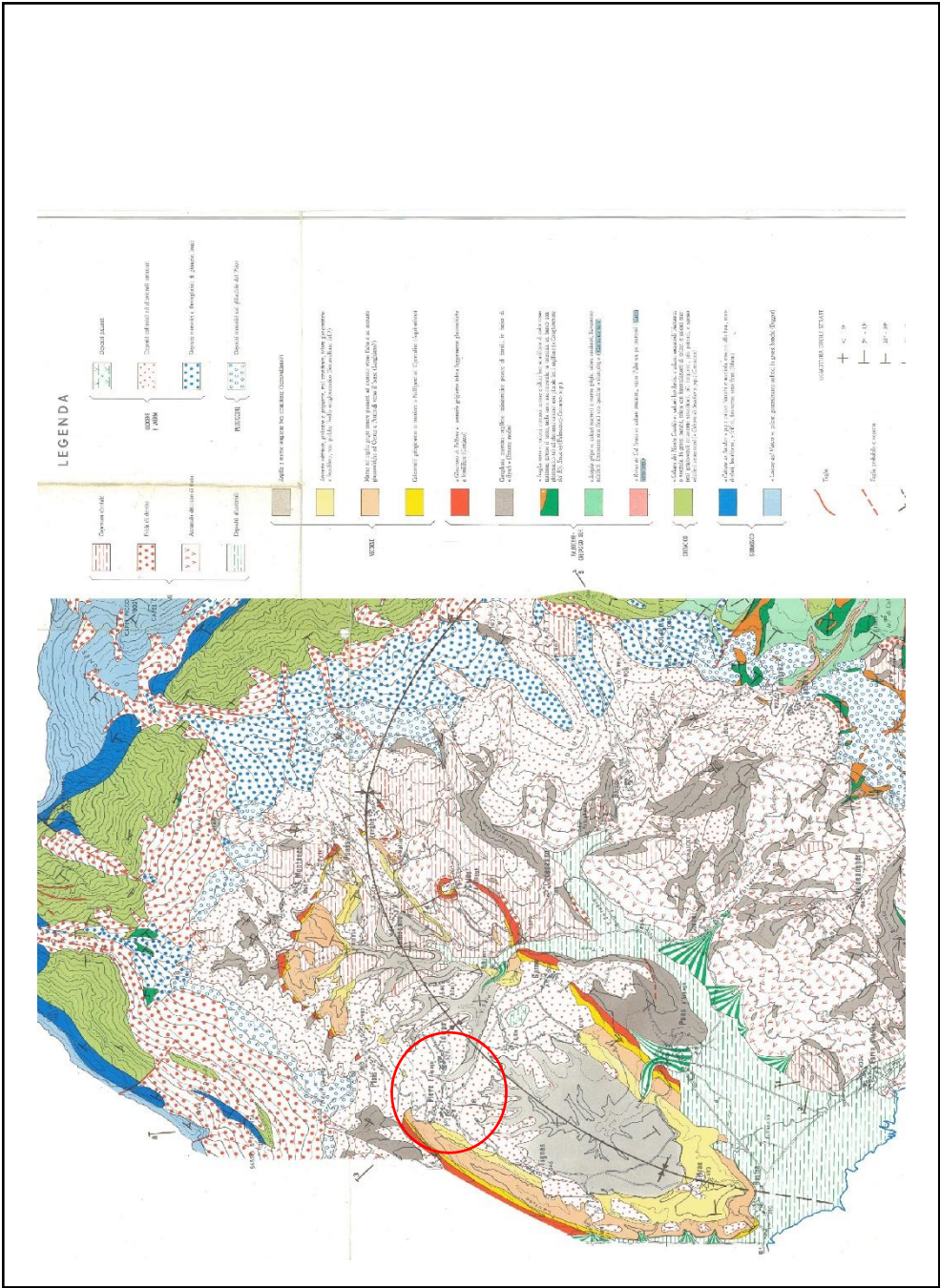


Fig.2: Estratto scala 1: 50000 da E. Semenza – Carta Geolitologica dell’Alpago (Prealpi Bellunesi)

Allegato III: Carta geologica

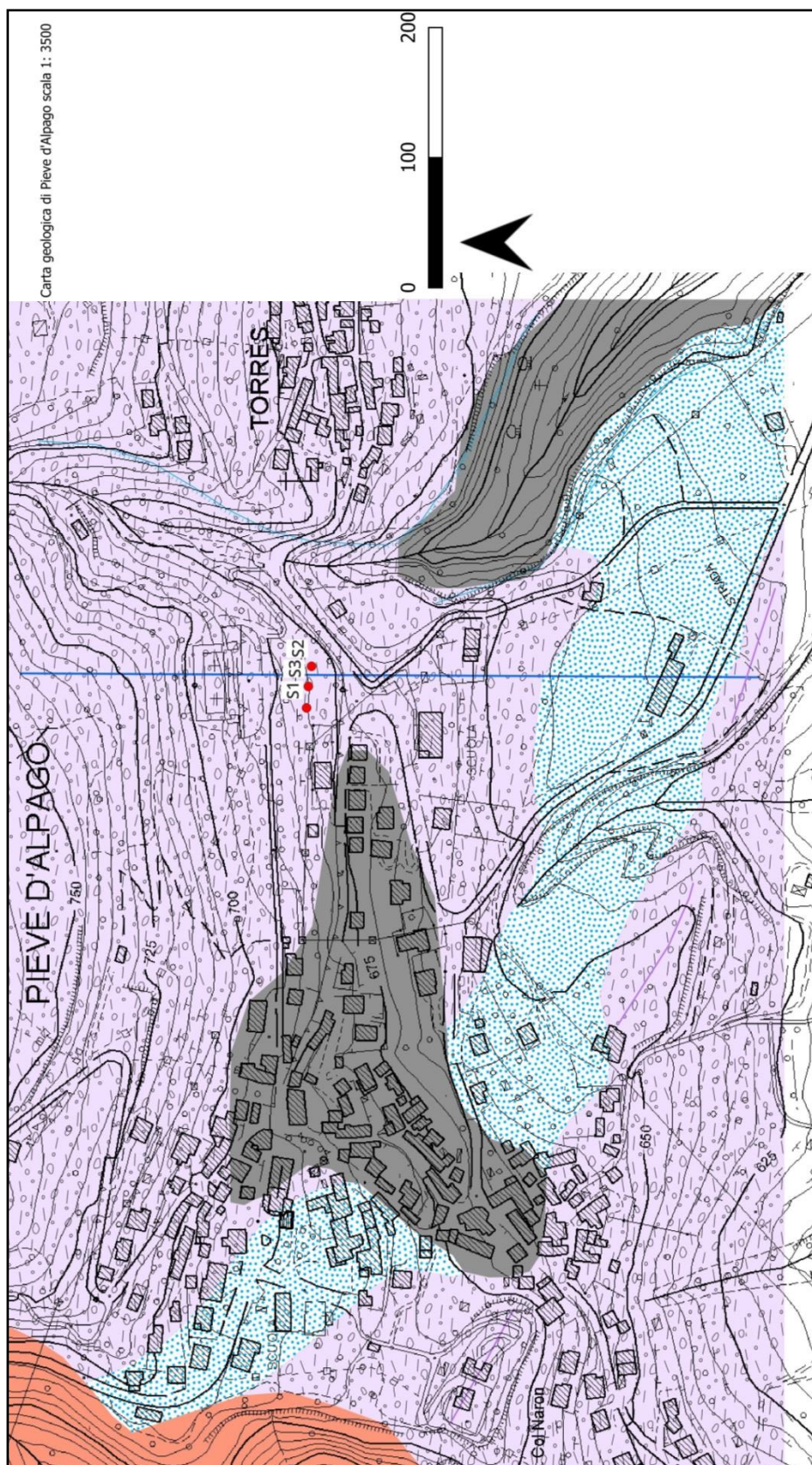


Fig. 3: Carta geologica del sito (legenda nella pagina successiva)

Allegato III: Carta geologica

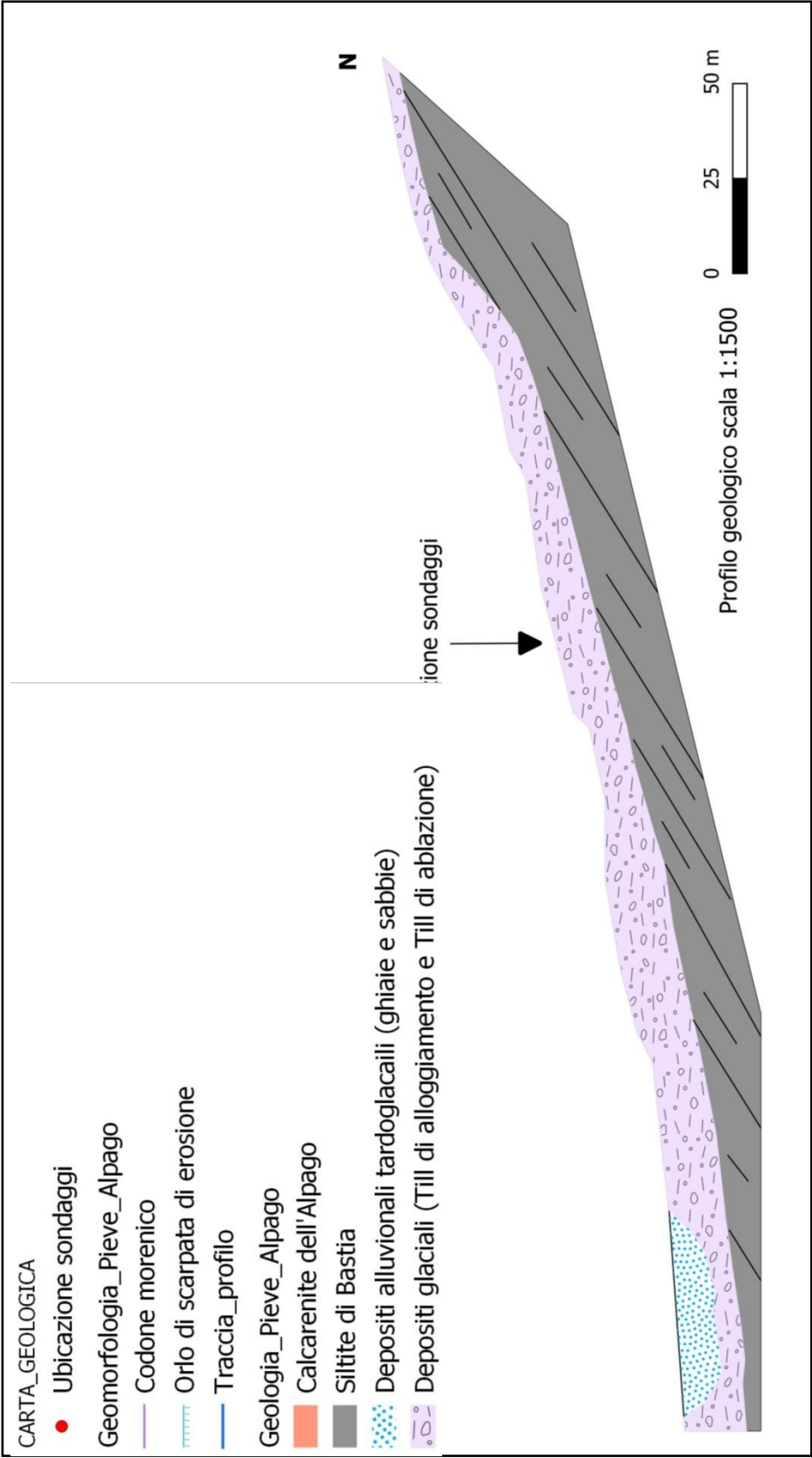


Fig.4: Sezione geologica

Allegato III: Carta geologica

COMMITTENTE		SOND. N° 1	DATA: 15/09/2022	IMPRESA ESECUTRICE: Songeo (Longarone)	PAG.						
Comune di Alpago		LOCALITA': Pieve d'Alpago		SISTEMA DI PERFORAZIONE: sondaggio meccanico	1/2						
		FOTO N° 1-2-3-4, All. III		a carotaggio continuo, diametro 101 mm							
DESCRIZIONE: sondaggio verticale di profondità 15 m; per il posizionamento vedere All. III, fig.1											
m	prof.	strat.grf	camp. foto	descrizione stratigrafica	acqua	SPT RQD	pocket kg/cm ²	torvane kg/cm ²	prove pressimetriche	piezometro	note
	0.00			Suolo terrigeno vegetale, ricco in materia organica e matrice sostenuta.							
	0.30										
0.5											
1.0											
1.5				Limo e sabbia con ghiaia e ciottoli in irregolare alternanza con limi e sabbie debolmente ghiaiosi. Colore nocciola. Componente argillosa rilevante. Si ritiene che l'origine di questo corpo geologico sia di tipo glaciale. Litologie degli elementi di dimensione maggiore molto variabili, in prevalenza si osservano tuttavia calcareniti e calcari.							
2.0											
2.5											
3.0											
3.00				Ghiaia spigolosa in matrice limosa e sabbiosa. Litologia esclusivamente carbonatica (calcare) senza alcuna intrusione. Si ipotizza che tale orizzonte sia un trovante carbonatico distrutto in fase di carotaggio.		3.00 30 3.15 45 3.30 R					
3.5											
3.60					3.50 acqua						
4.0				Limo e sabbia con ghiaia e ciottoli in irregolare alternanza con limi e sabbie debolmente ghiaiosi. Colore nocciola. Componente argillosa rilevante. Si ritiene che l'origine di questo corpo geologico sia di tipo glaciale. Litologie degli elementi di dimensione maggiore molto variabili, in prevalenza si osservano tuttavia calcareniti e calcari.							
4.5											
4.45				Limo compatto grigio con sabbia e rara ghiaia e ciottoli							
4.65											
4.90				Ghiaia e sabbia grossa a litologia variabile							
5.0											
5.5											
6.0						6.00 30 6.15 42 6.30 45 6.45					
6.5											
7.0											
7.5											
8.0				Limo compatto grigio con sabbia e rara ghiaia e ciottoli. Componente argillosa rilevante e localmente dominante. Colore grigio. Si ritiene che tale deposito si tratti di un fill di alloggiamento accumulatosi durante l'ultimo massimo glaciale.							
8.5											
9.0						9.00 35 9.15 42 9.30 47 9.45					
9.5											
9.50				Limi sabbiosi e argillosi sovraconsolidati con rara ghiaia e ciottoli. Colore grigio. Deposito misto con caratteristiche di fill di alloggiamento e alterazione del sottostante substrato roccioso.							
10.0				Continua							

COMMITTENTE		SOND. N° 1	DATA: 15/09/2022	IMPRESA ESECUTRICE: Songeo (Longarone)		PAG.					
Comune di Alpago		LOCALITA': Pieve d'Alpago		SISTEMA DI PERFORAZIONE: sondaggio meccanico		2/2					
		FOTO N° 1-2-3-4, All. III		a carotaggio continuo, diametro 101 mm							
DESCRIZIONE: sondaggio verticale di profondità 15 m; per il posizionamento vedere All. III, fig.1											
m	prof.	strat.grf	camp. foto	descrizione stratigrafica	acqua	SPT RQD	pocket kg/cm²	torvane kg/cm²	prove pressiometriche	piezometro	note
	10.00										
10.5											
11.0											
11.5											
12.0						12.00 R					
12.5											
13.0	13.00										
13.5											
14.0											
14.5											
15.0						15.00 R					
15.5											
16.0											
16.5											
17.0											
17.5											
18.0											
18.5											
19.0											
19.5											
20.0											

Correlazione del valore NSPT e stime dei parametri di resistenza al taglio									
Committente: Comune di Alpago	Sond. N° 1	Data: 15/09/2022		Impresa esecutrice: Son.geo.srl			Pag. 1/5		
	Località: Pieve d'Alpago			Cantiere: Strada Pieve d'Alpago					
Dati									
Natura terreno: limo compatto									
Peso volume del terreno (t/m³):		1.80	Profondità falda (m):		3.50	σ'vo (Kg/cm²):		1.456	
da metri:		a metri:	N1	N2	N3	N _{SPT}			
Profondità prova:		6.00	6.45	30	42	45	87		
Normalizzazione del valore di N _{SPT}									
Normalizzazione in relazione al rendimento del dispositivo di sganciamento Pilcon (Nenzi) ER _{IM} =					0.6				
Normalizzazione rispetto alla profondità			Liao & Whitmann		Peck & Bazaraa		Valore assunto		
			C _N =	0.83	0.84		1.15		
(N ₁) ₆₀ =			43.3		44.0		60.5		
Densità relativa D _R %									
Gibbs & Holtz, 1957	Schultze & Mezembach, 1961	Skempton, 1986		Meyerhof, 1957		Valore assunto			
133	131	96		100		120			
Angolo di resistenza al taglio efficace di picco ϕ'p (°)									
Peck Hanson & Thornburn	De Mello	Japanese National Railway		Road Bridge Specification		Hatanaka e Uchida (+/-3°)			
51.6	35.4	42.7		43.0		54.8			
Malcev	Schmertmann (sabbia fine)	Schmertmann (sabbia media)		Schmertmann (sabbia grossa)		Schmertmann (ghiaia)			
26.4	44.8	45.3		46.5		47.6			
					Valore assunto				
					40				
Modulo di deformazione (modulo di Young drenato) E ₀ (Mpa)									
Farrent (sabbie)	Menzebach e Malcev (sabbia fine)	Menzebach e Malcev (sabbia media)		Menzebach e Malcev (sabbia + ghiaia)		Menzebach e Malcev (sabbia ghiaiosa)			
60.6	33.9	41.8		93.0		104.7			
					Valore assunto				
					35				
Velocità di propagazione delle onde di taglio (m/s) secondo la correlazione di Ohta e Goto (1978) aggiornata Seed et al. (1986)									
		F _A =	1.3	F _G =		1.15		V _s (m/s)	
								292	

Correlazione del valore NSPT e stime dei parametri di resistenza al taglio										
Committente: Comune di Alpago	Sond. N° 1	Data: 15/09/2022		Impresa esecutrice: Son.geo.srl						Pag. 2/5
	Località: Pieve d'Alpago			Cantiere: Strada Pieve d'Alpago						
Dati										
Natura terreno: limo compatto										
Peso volume del terreno (t/m³):		1.80	Profondità falda (m):		3.50	σ'vo (Kg/cm²):		2.296		
da metri:		a metri:	N1	N2	N3	N _{SPT}				
Profondità prova:		9.00	9.45	35	42	47	89			
Normalizzazione del valore di N _{SPT}										
Normalizzazione in relazione al rendimento del dispositivo di sganciamento Pilcon (Nenzi) ER _{IM} =					0.6					
Normalizzazione rispetto alla profondità			Liao & Whitmann		Peck & Bazaraa		Valore assunto			
			C _N =		0.66		0.71			
			(N ₁) ₆₀ =		35.2		38.1			
Densità relativa D _R %										
Gibbs & Holtz, 1957	Schultze & Mezembach, 1961	Skempton, 1986	Meyerhof, 1957		Valore assunto					
114	118	75	86		100					
Angolo di resistenza al taglio efficace di picco φ' _p (°)										
Peck Hanson & Thornburn	De Mello	Japanese National Railway	Road Bridge Specification		Hatanaka e Uchida (+/-3°)					
52.1	35.1	43.0	43.3		47.0					
Malcev	Schmertmann (sabbia fine)	Schmertmann (sabbia media)	Schmertmann (sabbia grossa)		Schmertmann (ghiaia)					
25.5	42.0	43.0	44.5		46.0					
					Valore assunto					
					38					
Modulo di deformazione (modulo di Young drenato) E ₀ (Mpa)										
Farrent (sabbie)	Menzebach e Malcev (sabbia fine)	Menzebach e Malcev (sabbia media)	Menzebach e Malcev (sabbia + ghiaia)		Menzebach e Malcev(sabbia ghiaiosa)					
62.0	34.6	42.7	95.0		107.1					
					Valore assunto					
					35					
Velocità di propagazione delle onde di taglio (m/s) secondo la correlazione di Ohta e Goto (1978) aggiornata Seed et al. (1986)										
F _A =		1.3	F _G =	1.15	V _s (m/s)					
					317					

Correlazione del valore NSPT e stime dei parametri di resistenza al taglio									
Committente: Comune di Alpago	Sond. N° 1	Data: 01/03/2021			Impresa esecutrice: Son.geo.srl			Pag. 3/5	
	Località: Pieve d'Alpago			Cantiere: Strada Pieve d'Alpago					
Dati									
Natura terreno: livelli limosi alternati a ghiaia e ciottoli									
Peso volume del terreno (t/m³):		1.80	Profondità falda (m):		3.50	σ'vo (Kg/cm²):		0.621	
da metri:		a metri:	N1	N2	N3	N _{SPT}			
Profondità prova:		3.00	3.45	16	27	33	60		
Normalizzazione del valore di N _{SPT}									
Normalizzazione in relazione al rendimento del dispositivo di sganciamento Pilcon (Nenzi) ER _{IM} =					0.6				
Normalizzazione rispetto alla profondità			Liao & Whitmann		Peck & Bazaraa		Valore assunto		
			C _N =	1.27	1.13		1.18		
(N ₁) ₆₀ =			45.7		40.6		42.5		
Densità relativa D _R %									
Gibbs & Holtz, 1957	Schultze & Mezembach, 1961	Skempton, 1986	Meyerhof, 1957		Valore assunto				
142	137	81	106		110				
Angolo di resistenza al taglio efficace di picco ϕ'p (°)									
Peck Hanson & Thornburn	De Mello	Japanese National Railway	Road Bridge Specification		Hatanaka e Uchida (+/-3°)				
44.0	34.3	37.8	38.2		49.2				
Malcev	Schmertmann (sabbia fine)	Schmertmann (sabbia media)	Schmertmann (sabbia grossa)		Schmertmann (ghiaia)				
27.7	43.4	44.2	45.5		46.8				
					Valore assunto				
					37				
Modulo di deformazione (modulo di Young drenato) E ₀ (Mpa)									
Farrent (sabbie)	Menzebach e Malcev (sabbia fine)	Menzebach e Malcev (sabbia media)	Menzebach e Malcev (sabbia + ghiaia)		Menzebach e Malcev(sabbia ghiaiosa)				
41.8	24.6	30.0	65.3		73.4				
					Valore assunto				
					35				
Velocità di propagazione delle onde di taglio (m/s) secondo la correlazione di Ohta e Goto (1978) aggiornata Seed et al. (1986)									
		F _A =	1.3	F _G =	1.15	V _s (m/s)			
						241			

Correlazione del valore NSPT e stime dei parametri di resistenza al taglio									
Committente: Comune di Alpago	Sond. N° 1	Data: 01/03/2021		Impresa esecutrice: Son.geo.srl					
	Località: Pieve d'Alpago			Cantiere: Strada Pieve d'Alpago					
Dati									
Natura terreno: lmo sabbioso compatto con ghiaia									
Peso volume del terreno (t/m³):		1.80	Profondità falda (m):		3.50	σ'vo (Kg/cm²):		1.092	
da metri:		a metri:	N1	N2	N3	N _{SPT}			
Profondità prova:		4.50	5.15	9	12	17	29		
Normalizzazione del valore di N _{SPT}									
Normalizzazione in relazione al rendimento del dispositivo di sganciamento Pilcon (Nenzi) ER _{IM} =				0.6					
Normalizzazione rispetto alla profondità			Liao & Whitmann		Peck & Bazaraa		Valore assunto		
			C _N =	0.96	0.92		0.94		
			(N ₁) ₆₀ =	16.7	15.9		16.2		
Densità relativa D _R %									
Gibbs & Holtz, 1957	Schultze & Mezembach, 1961	84	50	63	Meyerhof, 1957		Valore assunto		
						70			
Angolo di resistenza al taglio efficace di picco ϕ' _p (°)									
Peck Hanson & Thornburn	De Mello	Japanese National Railway		Road Bridge Specification		Hatanaka e Uchida (+/-3°)			
35.3	31.4	32.2		31.2		38.0			
Malcev	Schmertmann (sabbia fine)	Schmertmann (sabbia media)		Schmertmann (sabbia grossa)		Schmertmann (ghiaia)			
25.3	37.8	39.6		41.5		43.6			
						Valore assunto			
						31			
Modulo di deformazione (modulo di Young drenato) E ₀ (Mpa)									
Farrent (sabbie)	Menzebach e Malcev (sabbia fine)	Menzebach e Malcev (sabbia media)		Menzebach e Malcev (sabbia + ghiaia)		Menzebach e Malcev (sabbia ghiaiosa)			
20.2	13.8	16.4		33.5		37.4			
						Valore assunto			
						20			
Velocità di propagazione delle onde di taglio (m/s) secondo la correlazione di Ohta e Goto (1978) aggiornata Seed et al. (1986)									
		F _A =	1.3	F _G =	1.15	V _s (m/s)			
						231			

Correlazione del valore NSPT e stime dei parametri di resistenza al taglio									
Committente: Comune di Alpago		Sond. N° 2	Data: 01/03/2021		Impresa esecutrice: Son.geo.srl			Pag. 5/5	
		Località: Pieve d'Alpago			Cantiere: Strada Pieve d'Alpago				
Dati									
Natura terreno: lmo sabbioso con ciottoli									
Peso volume del terreno (t/m³):		1.80	Profondità falda (m):		3.50	σ'vo (Kg/cm²):		1.456	
da metri:		a metri:	N1	N2	N3	N _{SPT}			
Profondità prova:		6.00	6.45	18	22	18	40		
Normalizzazione del valore di N _{SPT}									
Normalizzazione in relazione al rendimento del dispositivo di sganciamento Pilcon (Nenzi) ER _{IM} =					0.6				
Normalizzazione rispetto alla profondità			Liao & Whitmann		Peck & Bazaraa		Valore assunto		
			C _N =		0.83		0.83		
			(N ₁) ₆₀ =		19.9		20.2		
Densità relativa D _R %									
Gibbs & Holtzt, 1957	Schultze & Mezenbach, 1961	Skempton, 1986		Meyerhof, 1957		Valore assunto			
90	90	55		68		70			
Angolo di resistenza al taglio efficace di picco ϕ' _p (°)									
Peck Hanson & Thornburn	De Mello	Japanese National Railway		Road Bridge Specification		Hatanaka e Uchida (+/-3°)			
38.4	32.4	34.2		34.0		40.0			
Malcev	Schmertmann (sabbia fine)	Schmertmann (sabbia media)		Schmertmann (sabbia grossa)		Schmertmann (ghiaia)			
25.2	37.8	39.6		41.5		43.6			
						Valore assunto			
						32			
Modulo di deformazione (modulo di Young drenato) E ₀ (Mpa)									
Farrent (sabbie)	Menzebach e Malcev (sabbia fine)	Menzebach e Malcev (sabbia media)		Menzebach e Malcev (sabbia + ghiaia)		Menzebach e Malcev(sabbia ghiaiosa)			
27.9	17.6	21.2		44.8		50.2			
						Valore assunto			
						21			
Velocità di propagazione delle onde di taglio (m/s) secondo la correlazione di Ohta e Goto (1978) aggiornata Seed et al. (1986)									
		F _A =	1.3	F _G =	1.15	V _s (m/s)			
						256			



Fig.1: Il sito di progetto con la posizione del sondaggio.



Fig.2: il sito di progetto, vista verso valle.



Fig.3: Il muro di sostegno sulla strada per Torres.



Fig.4: la valle fra Pieve e Torres.



Fig.5: Il muro di contenimento verso Pieve.



Fig.6: cassetta S1 da 0 a 5 m.



Fig.7: Cassetta S1 da 5 a 10 m.



Fig.8: cassetta S1 da 10 a 15 m.