

COMUNI DI VAL DI CHY, TRAVERSELLA, VALCHIUSA, VIDRACCO IN VALCHIUSELLA (TO)

Progetto per un nuovo turismo dell'accessibilità sostenibile nei comuni di Traversella, Valchiusa, Val di Chy e Vidracco in Valchiusella (TO). Intervento - Asse B - Attrezzatura circuiti di fruizione turistica accessibile - Azione B.2 - Comune di Val di Chy: lago di Alice.

PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE SPECIALISTICA GEOLOGICHE



Anthemis Environment Srl
Dott.ssa Marina Vitale
Via Lombardore 207, cap. 10040 Leini (TO)
T.+39 011 99 77 387 | info@anthemisenvironment.it
P.IVA 09611280018 | anthemis.environment@pec.it

CODICE ELABORATO: 24025PP_E_R-04_RSG

Ottobre 2024

REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
0	Ottobre 2024	Prima emissione	Anthemis	Anthemis	Anthemis

NUMERO E DATA ORDINE: -

MOTIVO DELL'INVIO: PER ACCETTAZIONE PER INFORMAZIONE

Questo documento contiene informazioni di proprietà di Anthemis Environment S.r.l. e deve essere utilizzato esclusivamente dal destinatario in relazione alle finalità per le quali è stato ricevuto. E' vietata qualsiasi forma di riproduzione o di divulgazione senza l'esplicito consenso di Anthemis Environment S.r.l.

Sommario

1. PREMESSA	2
2. VINCOLI E COMPATIBILITÀ DEGLI INTERVENTI IN PROGETTO	4
2.1 Vincolo idrogeologico.....	4
2.2 Quadro dei dissesti PAI, PGRA, IFFI e SIFRAP.....	5
2.3 Classificazione di sintesi della pericolosità geomorfologica e della idoneità all'utilizzazione urbanistica	6
2.4 Considerazioni e prescrizioni di carattere generale	11
3. MODELLAZIONE SISMICA	13
3.1 Periodi di riferimento e di ritorno per l'azione sismica.....	13
3.2 Categoria di sottosuolo e valutazione dell'azione sismica	14
3.3 Stabilità nei confronti della liquefazione.....	17
4. CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA ED IDROGEOLOGICA	18
4.1 Inquadramento geologico-morfologico generale.....	18
4.2 Assetto geologico-morfologico locale	20
4.3 Caratterizzazione idrogeologica.....	20
5. INDAGINI IN SITO E MODELLO LITOSTRATIGRAFICO	21
6. MODELLO GEOTECNICO E PARAMETRI FISICO-MECCANICI.....	23
7. CONCLUSIONI	28
ALLEGATI.....	29
- Profili litotecnici interpretativi	
- Risultanze delle prove penetrometriche	
- Risultanze dell'indagine sismica MASW	
- Risultanze dell'indagine sismica HVSR	
- Allegato fotografico	

1. PREMESSA

La presente relazione di caratterizzazione e modellazione geologica e geotecnica è stata redatta in riferimento al "Progetto per un nuovo turismo della accessibilità sostenibile dei comuni di Chy e Vidracco in Valchiusella (TO)". L'area interessata dal progetto comprende il Lago d'Alice e le aree attigue di sponda, che si collocano nel comune di Val di Chy (Figura 1.1 e Figura 1.2), facente parte dell'Unione di Comuni Montani di Valchiusella (TO).

La relazione è finalizzata inoltre alla verifica della compatibilità degli interventi in progetto con l'assetto geologico ed idrogeologico delle aree di interesse.

Gli aspetti geologici e geotecnici riportati nei capitoli successivi si riferiscono al solo progetto architettonico delle opere e pertanto sono stati redatti in ottemperanza a quanto indicato dal D.M. 17/01/2018 "Norme tecniche per le costruzioni" al § 6.2.1 "Caratterizzazione e modellazione geologica del sito" ed al § 6.2.2 "Indagini, caratterizzazione e modellazione geotecnica".

Per la stesura della relazione sono state eseguite le seguenti attività:

- analisi degli studi geologici a supporto degli elaborati tecnici relativi ai P.R.G.C. vigenti;
- ricerca bibliografica delle pubblicazioni tecnico-scientifiche riguardanti il territorio limitrofo al Lago d'Alice;
- consultazione ed acquisizione della documentazione pubblicata in archivi:
 - o Arpa Piemonte – Banca Dati Geotecnica;
 - o Arpa Piemonte – Portale delle Acque;
 - o Arpa Piemonte – Sistema Informativo Frane in Piemonte (SIFraP);
 - o Geoportale Piemonte – Quadro del dissesto PAI
 - o Portale IdroGEO – Progetto IFFI (Inventario Fenomeni Franosi in Italia);
- indagini in sito (ubicate come da planimetria in Figura 5.1):
 - o n. 4 prove penetrometriche dinamiche continue tipo DPSH;
 - o n. 1 indagine sismica tipo MASW;
 - o n. 1 indagine sismica tipo HVSR.

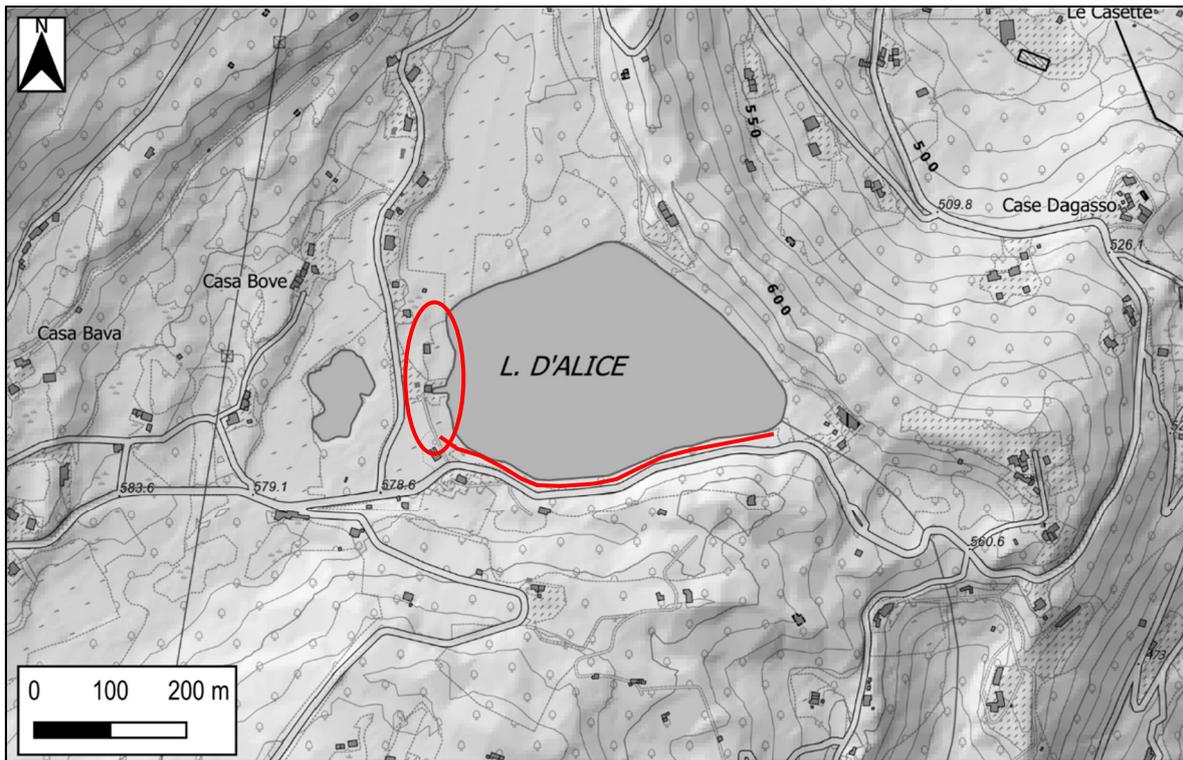


Figura 1.1: ubicazione degli interventi in progetto (linea ed ellisse rosse) su stralcio della Base cartografica di riferimento della Regione Piemonte (BDTRE 2023) alla scala 1:10.000.

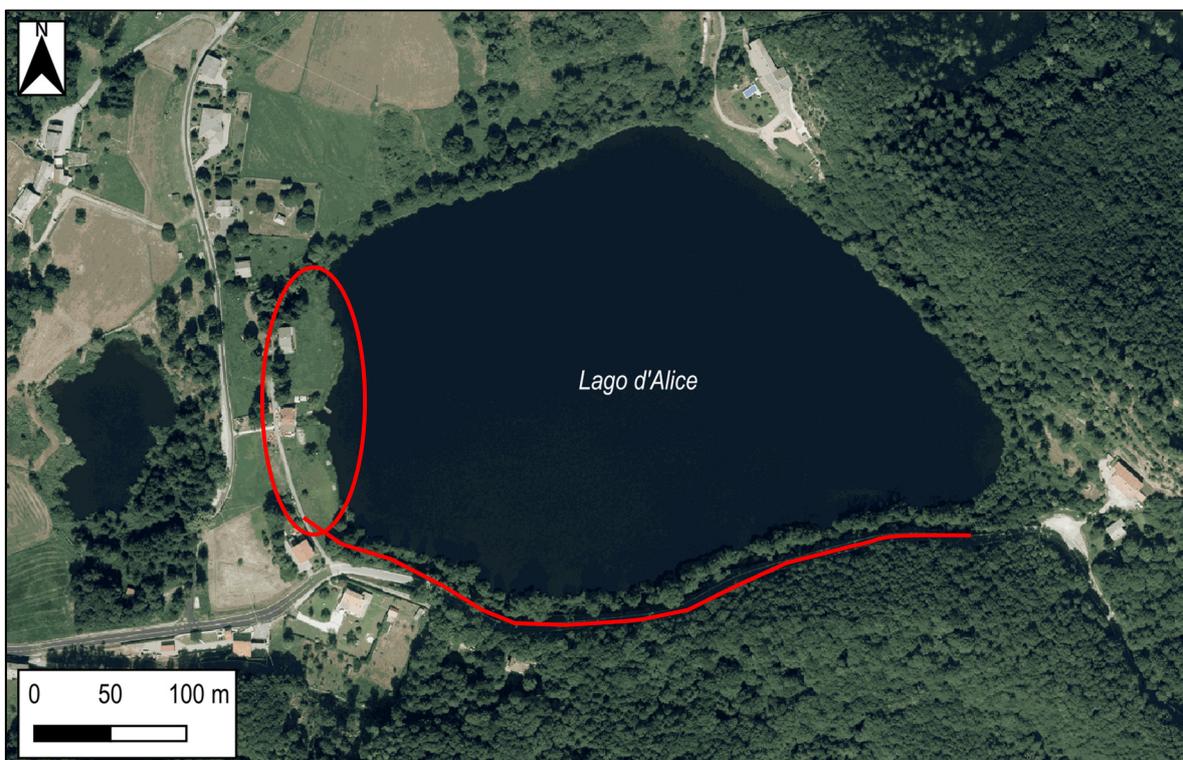


Figura 1.2: ubicazione degli interventi in progetto (linea ed ellisse rosse) su stralcio dell'Ortofoto AGEA 2018 (Regione Piemonte) in scala 1:5.000.

2. VINCOLI E COMPATIBILITÀ DEGLI INTERVENTI IN PROGETTO

Per quanto attiene all'analisi dei vincoli esistenti ed alla valutazione della compatibilità degli interventi previsti nei confronti dell'assetto geologico ed idrogeologico locale, è possibile fare riferimento sia alla documentazione tecnica di carattere regionale che a quella relativa alla pianificazione locale.

2.1 VINCOLO IDROGEOLOGICO

Gli interventi in progetto risultano esterni ad aree soggette a vincolo idrogeologico, di cui al R.D. n. 3267 del 30 dicembre 1923 (Figura 2.1).

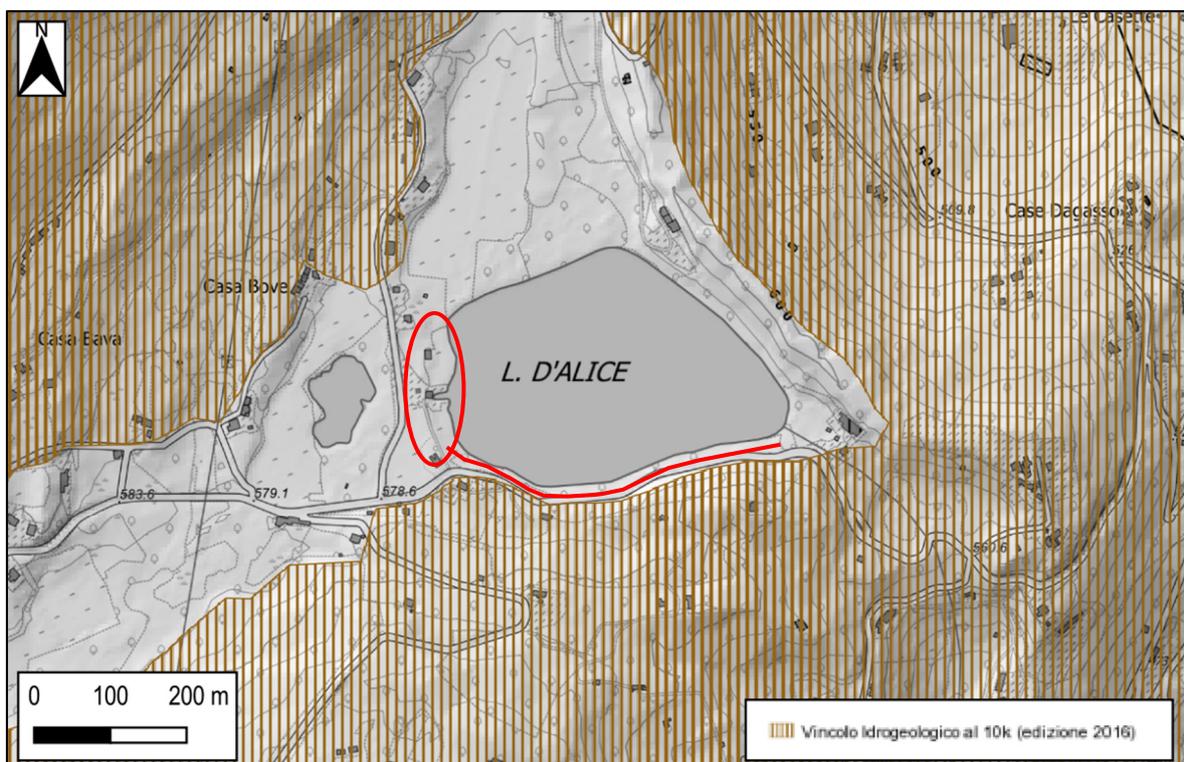


Figura 2.1: ubicazione degli interventi in progetto (linea ed ellisse rosse) su BDTRE 2023 con sovrapposizione delle aree soggette a vincolo idrogeologico (rigato verticale), scala grafica (1:10.000).

2.2 QUADRO DEI DISSESTI PAI, PGRA, IFFI E SIFRAP

Per quanto attiene al quadro del dissesto rappresentato nell'Allegato 2 (Atlante dei rischi idraulici e idrogeologici) del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI), approvato con DPCM 24 maggio 2001 e aggiornato attraverso gli strumenti urbanistici (Piani regolatori generali – PRG), viene di seguito riportato un estratto cartografico dell'elaborato “G.5 - Carta geomorfologica e dei dissesti” allegato al P.R.G.C. di Alice Superiore (Figura 2.2).

Non si segnalano interferenze relativamente agli elementi di pericolosità riportati nella cartografia citata, né nelle cartografie relative al Piano per l'Assetto Idrogeologico (PAI), al Piano Gestione Rischio Alluvioni (PGRA), al Sistema Informativo Frane in Piemonte (SIFraP) e all'Inventario Fenomeni Franosi in Italia (IFFI).

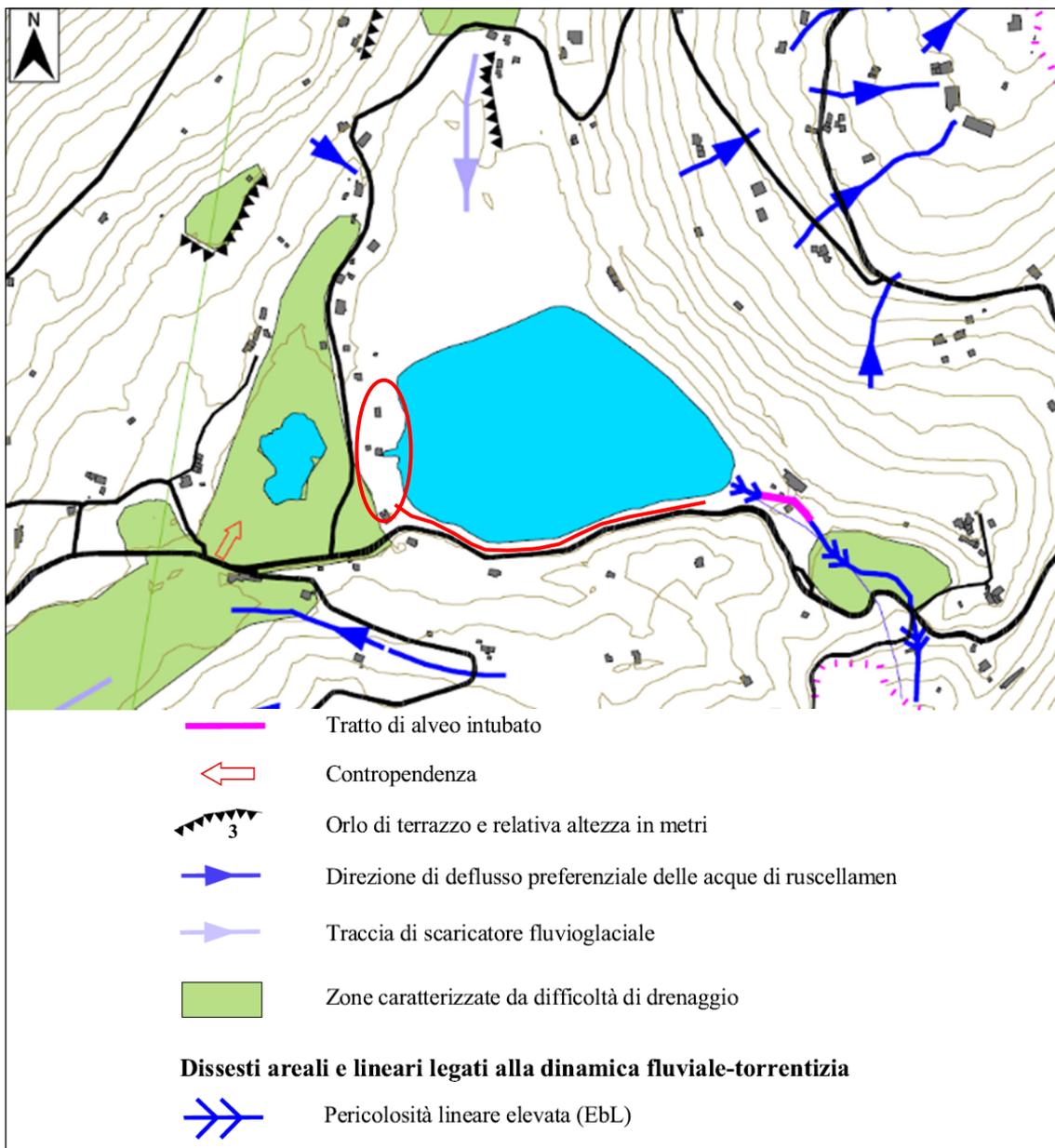


Figura 2.2: estratto dell'elaborato “G.5 - Carta geomorfologica e dei dissesti” allegato al P.R.G.C. di Alice Superiore; fuori scala. L'ubicazione delle opere è indicata dalla linea e dall'ellisse rosse.

2.3 CLASSIFICAZIONE DI SINTESI DELLA PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA E DELLA IDONEITÀ ALL'UTILIZZAZIONE URBANISTICA

In base alla classificazione di sintesi del PRGC di Alice Superiore (ora parte del Comune di Val di Chy e dell'Unione di Comuni Montani di Valchiusella), così come riportata sull'elaborato "G.6a - Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica con sovrapposizione dei dissesti", gli interventi in progetto risultano inseriti principalmente in Classe IIIa e, in corrispondenza del settore edificato ad ovest del lago, in Classe IIIb2 di idoneità all'utilizzazione urbanistica (Figura 2.3).

Si segnala inoltre che l'intera fascia perilacuale risulta caratterizzata da terreni con scarse caratteristiche geotecniche, come peraltro messo in evidenza dalle risultanze delle indagini geotecniche eseguite in sito.

Di seguito si riporta quanto contenuto nelle Norme Tecniche di Attuazione del PRG di Valchiusella relativamente alle classi di interesse:

"ART. 30 septies Sottoclasse IIIa di pericolosità geomorfologica

- 1. Nella classe IIIa identifica porzioni inedificate del territorio che presentano caratteri geomorfologici o idrogeologici che le rendono inidonee ad ospitare nuovi insediamenti.*
- 2. Per gli edifici sparsi ricadenti in Classe IIIa, fatta eccezione per quelli collocati in aree di dissesto attivo o incipiente, è ammessa la manutenzione ordinaria, straordinaria, il recupero degli edifici esistenti, gli ampliamenti per adeguamenti igienico-funzionali, ove necessario, per il rispetto della legislazione in vigore in materia di sicurezza del lavoro ad esigenze delle attività e degli usi in atto, la realizzazione di ricoveri per attrezzi agricoli e box per autovetture a raso o interrati, sulla base di specifica indagine geologica che determini le condizioni di minore vulnerabilità. Nello specifico, per gli edifici sparsi in Classe IIIa, esterni a dissesti attivi, incipienti o ad aree potenzialmente dissestabili, sono possibili, se compatibili con la pericolosità, interventi urbanistici che non prevedano un aumento del carico antropico o, se le condizioni lo permettono, che prevedano un modesto incremento di carico antropico ai sensi della DGR 64-7417 del 07/04/2014. Le suddette compatibilità e condizioni sono definite da uno specifico studio geomorfologico di dettaglio (specifica indagine geologica) che dovrà anche prevedere le eventuali opere di riassetto territoriale. In assenza di tali opere sono consentite esclusivamente le attività di manutenzione ordinaria, straordinaria, restauro e risanamento conservativo senza cambio di destinazione d'uso, e la demolizione. Gli ampliamenti igienico-funzionali sono consentiti fino a un massimo di 25 mq. Gli interventi di ristrutturazione sono possibili*

solo a seguito della realizzazione delle opere di riassetto eventualmente previste dallo studio di compatibilità geomorfologica ma non devono comportare frazionamenti.

3. *L'eventuale assegnazione di tali ambiti a classi di pericolosità più idonee (ambiti edificati in classi IIIb o eventualmente II) è demandata, qualora possibile, e qualora ne emergesse la necessità, ad analisi di dettaglio condotte nell'ambito di future Varianti di Piano, così come previsto dalla CPGR 7/LAP/96 e NTA/99.*
4. *Con specifico riferimento agli edifici sparsi ad uso agricolo ivi presenti, sulla base del punto 6.2, 4 comma della Nota Tecnica Esplicativa del dicembre 1999 alla Circolare P.G.R. 7/LAP del maggio 1996 e dell'art. 39.4 delle Norme di Attuazione del PAI è possibile, là dove le condizioni di pericolosità e di rischio idrogeologico lo consentono, un modesto incremento edilizio, anche come nuova costruzione ad uso residenza o per attività agricola, connessi in senso stretto alla conduzione aziendale, se non diversamente collocabile in aree a minore pericolosità nell'ambito della azienda stessa fermo restando l'impossibilità di realizzare tali nuove costruzioni in settori interessati da processi attivi o incipienti di dinamica di versante o da processi distruttivi di dinamica torrentizia (aree a pericolosità molto elevata individuate nella Carta dei dissesti).*
5. *Gli interventi sono condizionati, a livello del singolo titolo abilitativo, alla esecuzione di studi di compatibilità geomorfologica, geologico-tecnica ed idraulica mirati a definire le condizioni di pericolosità e di rischio su un intorno significativo e a prescrivere gli accorgimenti tecnici per la loro mitigazione. In questo caso deve essere sottoscritta la dichiarazione liberatoria prevista dall'art. 18 comma 7 delle Norme di Attuazione del PAI adottate con Deliberazione Comitato Istituzionale n. 18 del 26.04.2001 e approvate con D.C.P.M. del 24.05.2001.*
6. *Le opere di interesse pubblico non altrimenti localizzabili sono attuabili con l'osservanza delle prescrizioni di cui all'articolo 30 quater decies delle presenti Norme.*
7. *La possibilità di realizzare opere temporanee è subordinata alla verifica che le stesse non aumentino il livello di rischio (comportando ostacolo al deflusso, limitando la capacità di invaso delle aree, diminuendo la stabilità dei versanti, compromettendo la possibilità di eliminare le cause che determinino i fattori di rischio) e devono essere supportate a indagini geologiche e geotecniche secondo quanto previsto dal D.M. 17.01.2018.*
8. *Modesti interventi, necessari per la conduzione agricola dei terreni o per la realizzazione di percorsi escursionistici attrezzati, potranno essere effettuati a*

condizione che una specifica indagine geologico-tecnica accerti la fattibilità dell'intervento indicando eventuali accorgimenti tecnici da adottare per minimizzare il rischio o ridurre al minimo l'effetto sull'assetto idrologico del luogo.

- 9. Nelle aree sprovviste di pubblica fognatura, nelle quali i sistemi di smaltimento delle acque reflue chiarificate avvengono nel suolo o nel sottosuolo, in aggiunta alla normale procedura autorizzativa prevista dalla normativa di riferimento è necessario acquisire documentazione tecnica che attesti la compatibilità dell'intervento con il mantenimento delle condizioni idrogeologiche del sito, ovvero soluzioni progettuali per renderla idonea.*
- 10. Anche i soggetti privati possono concorrere alla realizzazione degli interventi di riassetto pubblico, alle indagini geologiche e geognostiche di approfondimento del quadro conoscitivo del dissesto, purché l'approvazione complessiva del progetto, il collaudo delle opere o la validazione dei dati delle indagini geognostiche siano di competenza dell'ente pubblico.*
- 11. Le fasce di rispetto dei corsi d'acqua corrispondenti alla classe IIIa sono da intendersi come di assoluta inedificabilità.*
- 12. La realizzazione di locali interrati è subordinata alla redazione di una relazione geologico-tecnica che ne dimostri la fattibilità, fatta eccezione per le aree caratterizzate da pericolosità per allagamento in cui tali opere non sono ammesse. È comunque sconsigliata la realizzazione di locali interrati nelle aree di pertinenza dei depositi limosi-argillosi e fluvio-lacustri con difficoltà di drenaggio.*

ART. 30 octies Sottoclasse IIIb2 di pericolosità geomorfologica

- 13. Nella classe IIIb2 ricadono le porzioni di territorio edificate nelle quali gli elementi di pericolosità geologica sono tali da imporre interventi di riassetto territoriale a tutela del patrimonio urbanistico esistente.*
- 14. La tabella dell'articolo 30ter definisce gli interventi edilizi ammissibili prima e dopo l'esecuzione delle opere di riassetto idrogeologico e minimizzazione della pericolosità.*
- 15. Prima della realizzazione delle opere, in tali porzioni di territorio possono essere consentiti solamente interventi edificatori che non aumentino il carico antropico, adeguamenti igienico-funzionale degli edifici esistenti, ove necessario, per il rispetto della legislazione in vigore in materia di sicurezza del lavoro connessi ad esigenze delle attività e degli usi in atto. Con specifico riferimento agli edifici sparsi ad uso agricolo ivi presenti, è possibile, là dove le condizioni di pericolosità e di rischio idrogeologico lo consentono, un modesto incremento edilizio, anche come nuova*

- costruzione ad uso residenza o per attività agricola, connessi in senso stretto alla conduzione aziendale.*
- 16. Nuove opere o nuove costruzioni potranno essere consentite solo a seguito della realizzazione degli interventi di riassetto idrogeologico previsti dal cronoprogramma per il relativo settore territoriale. Anche i soggetti privati possono concorrere alla realizzazione degli interventi di riassetto pubblico, alle indagini geologiche e geognostiche di approfondimento del quadro conoscitivo del dissesto.*
 - 17. Qualora il cronoprogramma non preveda la realizzazione di specifici interventi di riassetto ma unicamente interventi di manutenzione delle opere esistenti o di manutenzione idrogeologica dell'ambito circostante, spetta all'Amministrazione Comunale verificare il raggiungimento degli obiettivi di minimizzazione delle condizioni di pericolosità geomorfologica.*
 - 18. Ai sensi del punto 7.9 della Nota tecnica esplicativa alla Circolare 7/LAP del dicembre 1999, dopo la realizzazione e il collaudo degli interventi di riassetto territoriale o di manutenzione saranno consentite le trasformazioni urbanistico-edilizie secondo quanto previsto dalla normativa relativa alle aree di classe II.*
 - 19. La realizzazione di locali interrati è subordinata alla redazione di una relazione geologico-tecnica che ne dimostri la fattibilità, fatta eccezione per le aree caratterizzate da pericolosità per allagamento in cui tali opere non sono ammesse.*
 - 20. È comunque sconsigliata la realizzazione di locali interrati nelle aree di pertinenza dei depositi limosi-argillosi e fluvio-lacustri con difficoltà di drenaggio.*
 - 21. Per tutti i precedenti interventi deve essere sottoscritta la dichiarazione liberatoria prevista dall'art. 18 comma 7 delle Norme di Attuazione del PAI adottate con Deliberazione Comitato Istituzionale n. 18 del 26.04.2001 e approvate con D.C.P.M. del 24.05.2001.*
 - 22. Le opere di interesse pubblico non altrimenti localizzabili sono attuabili con l'osservanza delle prescrizioni di cui all'articolo 30 quater decies delle presenti Norme".*

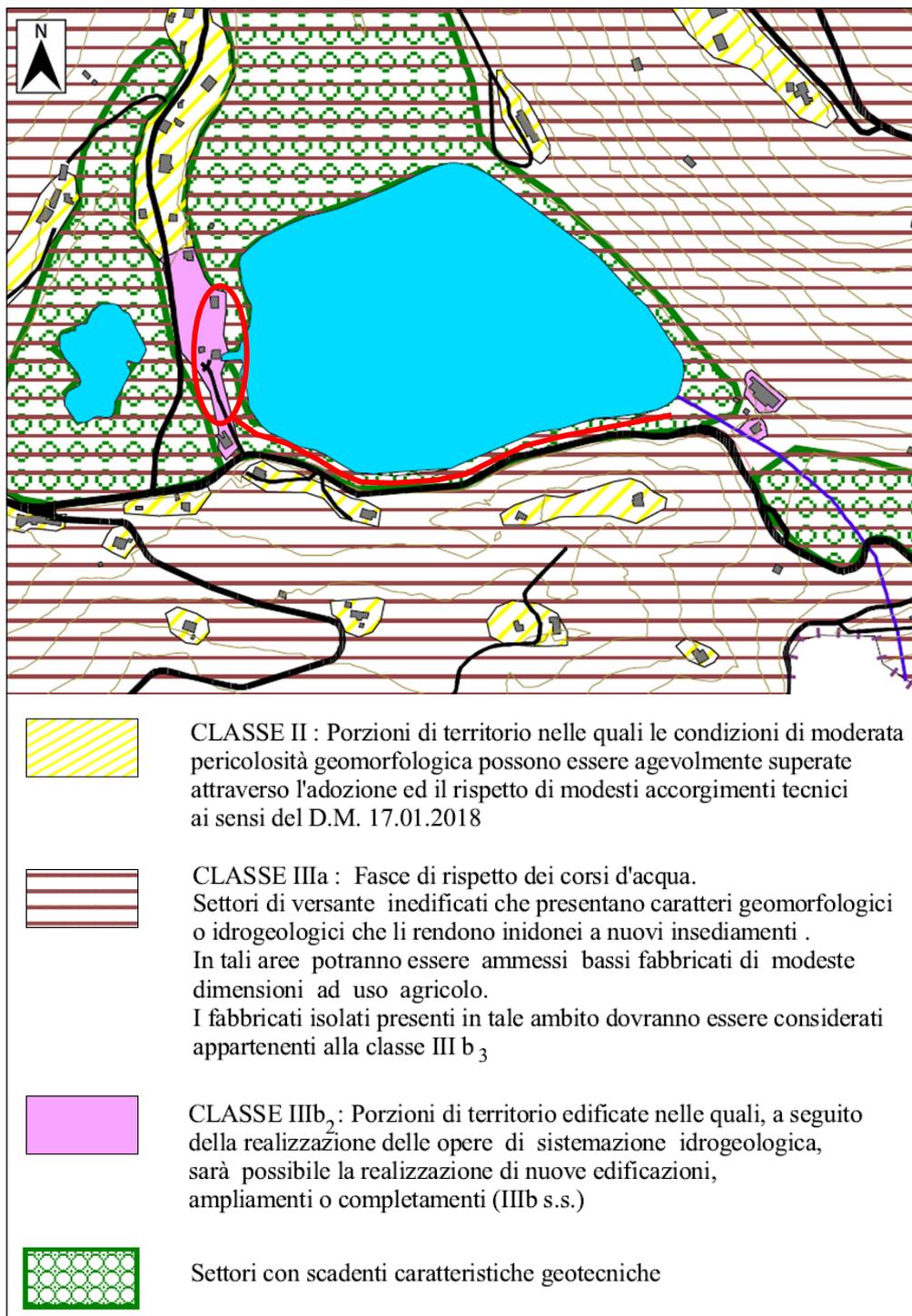


Figura 2.3: estratto dell'elaborato "G.6a - Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica con sovrapposizione dei dissesti" allegato al P.R.G.C. di Alice Superiore; fuori scala. L'ubicazione delle opere è indicata dalla linea e dall'ellisse rosse.

2.4 CONSIDERAZIONI E PRESCRIZIONI DI CARATTERE GENERALE

In conclusione, sulla base dei dati finora citati, si può affermare che le aree nelle quali si intendono realizzare gli interventi in progetto risultano inserite in un contesto caratterizzato complessivamente da alcune problematiche di carattere geologico, principalmente connesse con le caratteristiche mediocri dei terreni presenti nelle fasce perilacuali, costituiti da depositi lacustri torbosi, saturi e scarsamente addensati.

Non risultano, invece, problematiche connesse all'interferenza con fenomeni franosi o con episodi di esondazione da parte del reticolato idrografico secondario.

In base a quanto stabilito dal c. 7, art. 30 septies delle NTA del PRGI di Valchiusella relativamente alle classi IIIa, l'esecuzione di modesti interventi necessari per la realizzazione di percorsi escursionistici attrezzati risulta possibile, a condizione che una specifica indagine geologico-tecnica accerti la fattibilità dell'intervento indicando eventuali accorgimenti tecnici da adottare per minimizzare il rischio o ridurre al minimo l'effetto sull'assetto idrologico del luogo.

A tale fine, nei paragrafi successivi del presente elaborato si è pertanto proceduto alla caratterizzazione e modellazione geologico-stratigrafica, geomorfologica, geotecnica e sismica del sito per la valutazione della compatibilità degli interventi in progetto con lo stato dei luoghi.

Per quanto attiene ai potenziali fenomeni di instabilità dei fronti di scavo in trincea si ritiene sempre necessario il rispetto delle seguenti norme sulla sicurezza:

- D. Lgs. 81/2008, art. 119: nello scavo di pozzi e di trincee profondi più di 1,50 m, quanto la consistenza del terreno non dia sufficiente garanzia di stabilità, anche in relazione alla pendenza delle pareti, si deve provvedere, man mano che procede lo scavo, all'applicazione delle necessarie armature di sostegno.
- D. Lgs. 81/2008, art. 120: è vietato costituire depositi di materiali presso il ciglio degli scavi. Qualora tali depositi siano necessari per le condizioni del lavoro, si deve provvedere alle necessarie puntellature.
- D.M. 17/01/2018 "Norme tecniche sulle costruzioni", 6.8.6.2. (fronti di scavo, criteri generali di progetto e verifiche di sicurezza): Il progetto deve definire un profilo di scavo tale che risultino rispettate le prescrizioni di cui al punto 6.2.4. e la verifica di sicurezza deve essere condotta con modalità analoga a quella indicata per i manufatti di materiali sciolti. Il progetto deve tener conto dell'esistenza di opere e sovraccarichi in prossimità dello scavo, deve esaminare l'influenza dello scavo sul regime delle pressioni interstiziali e deve garantire la stabilità e la funzionalità delle costruzioni preesistenti nell'area interessata dallo scavo. Per scavi in trincea a fronte verticale di altezza superiore ai 2,0 m, nei quali sia prevista la permanenza di personale, e per scavi che ricadano in prossimità di manufatti

esistenti, deve essere prevista una struttura di sostegno delle pareti di scavo. Le verifiche devono essere svolte nei confronti degli stati limite ultimi (SLU) e nei confronti degli stati limite di servizio (SLE), quando pertinenti. Le azioni dovute al terreno, all'acqua e ai sovraccarichi anche transitori devono essere calcolate in modo da prevenire, di volta in volta, alle condizioni più sfavorevoli. Le ipotesi per il calcolo delle azioni del terreno e delle sollecitazioni della struttura di sostegno devono essere giustificate portando in conto la deformabilità relativa del terreno-struttura di sostegno, le modalità esecutive dello scavo, le caratteristiche meccaniche del terreno e il tempo di permanenza dello scavo.

3. MODELLAZIONE SISMICA

L'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003, aggiornata con la D.G.R. n. 4-3084 del 12.12.2011 ed in seguito modificate con la D.G.R. n. 65-7656 del 21 maggio 2014 e con la D.G.R. n.6-887 del 30 dicembre 2019, classifica il territorio comunale interessato dalle opere in progetto in zona sismica 3, con valori medi di PGA (*Peak Ground Acceleration* – Accelerazione di picco al suolo), per un periodo di ritorno di 475 anni con probabilità di superamento del 10% in 50 anni compresa tra 0,05 g e 0,15 g. Con l'entrata in vigore del D.M. 14/01/2008 e s.m.i., così come sostituito dal D.M. 17/01/2018 e s.m.i., la stima della pericolosità sismica viene definita mediante un approccio di tipo "sito dipendente" e non più per mezzo di un criterio "zona dipendente". L'azione sismica di progetto, in base alla quale valutare il rispetto dei diversi stati limite presi in considerazione, viene definita partendo dalla "pericolosità di base" del sito.

3.1 PERIODI DI RIFERIMENTO E DI RITORNO PER L'AZIONE SISMICA

La pericolosità sismica di un sito è descritta dalla probabilità che, in un fissato lasso di tempo, in detto sito si verifichi un evento sismico di entità almeno pari ad un valore prefissato. Tale lasso di tempo, espresso in anni, è denominato "periodo di riferimento" V_R e la probabilità è denominata "probabilità di eccedenza o di superamento nel periodo di riferimento" P_{VR} .

Considerando, per il caso in esame, una vita nominale pari a 50 anni ed una classe d'uso II si ottiene:

$$V_R = V_N \cdot C_U = 50 \text{ anni}$$

I valori (anni) del periodo di ritorno T_R in funzione di V_R per lo Stato Limite di Esercizio (SLO, SLD) e per lo Stato Limite Ultimo (SLV, SLC) possono essere determinati con la seguente espressione:

$$T_R = \frac{-V_R}{\ln(1 - P_{VR})}$$

Adottando come probabilità di superamento P_{VR} per i vari stati limite i valori di 81%, 63%, 10% e 5% si ottengono i seguenti periodi di ritorno T_R :

Stati Limite		Valori in anni del periodo di ritorno T_R
Stati Limite di Esercizio (SLE)	SLO	30
	SLD	50
Stati Limite Ultimi (SLU)	SLV	475
	SLC	975

Tabella 3.1: da tabella 3.2.I NTC

3.2 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO E VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

Si definisce "risposta sismica locale" l'azione sismica quale emerge in superficie a seguito delle modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza subite trasmettendosi dal substrato rigido.

Le modifiche sono dovute ad:

- effetti stratigrafici: legati alla successione stratigrafica, alle proprietà meccaniche dei terreni, alla geometria del contatto tra substrato rigido e i terreni sovrastanti ed alla geometria dei contatti tra gli strati di terreno;
- effetti topografici: legati alla configurazione topografica del piano campagna.

I dati ricavati dalle risultanze dell'indagine sismica, eseguita in sito in data 21/03/2024, possono essere messi in relazione con le indicazioni contenute nel testo integrato dell'Allegato 2 all'Ordinanza n. 3274, come modificato dall' O.P.C.M. 3519/2006, e nel § 3.2.2 delle NTC. In tal modo è possibile associare, al sito in esame, una categoria di sottosuolo di tipo E.

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
---	--

Tabella 3.2: da tabella 3.2.II delle NTC

Il sito può essere classificato in categoria topografica T1, di cui alle NTC2018:

T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
----	--

Tabella 3.3: da tabella 3.2.III delle NTC.

Le caratteristiche del moto sismico atteso al sito di riferimento, per una fissata P_{VR} , si ritengono individuate quando se ne conosca l'accelerazione massima ed il corrispondente spettro di risposta elastico in accelerazione. Ai fini della valutazione dello spettro di risposta elastico in accelerazione vengono di seguito calcolati, per ciascuno dei quattro stati limite (SLO, SLD, SLV, SLC), i valori corrispondenti ad a_g (accelerazione orizzontale massima su sito di riferimento rigido orizzontale), S (coefficiente che comprende gli effetti di amplificazione stratigrafica e topografica), F_0 (fattore che

quantifica l'amplificazione spettrale massima su sito di riferimento rigido orizzontale) e C_c (coefficiente dipendente dalla categoria di sottosuolo).

Viene inoltre fornito il valore di T_c^* ricavabile dalla Tabella 1 dell'Allegato B alle NTC e necessario, in associazione con C_c , per il calcolo del periodo T_c di inizio del tratto a velocità costante dello spettro elastico di risposta.

Il sito di riferimento adottato per la stima della pericolosità sismica di base è individuato dalle seguenti coordinate medie (WGS84):

- Comune di Val di Chy – Lago d'Alice:
 - o Latitudine: 45,462154°;
 - o Longitudine: 7,793103°.

In base ai valori del periodo di ritorno T_R precedentemente calcolati, relativi ai diversi stati limite, si sono ottenuti i parametri spettrali riportati nella tabella che segue.

Comune di Val di Chy – Lago d'Alice:											
SLO $T_R = 30$ anni			SLD $T_R = 50$ anni			SLV $T_R = 475$ anni			SLC $T_R = 975$ anni		
ag [g]	F_0 [-]	T_c^* [s]	ag [g]	F_0 [-]	T_c^* [s]	ag [g]	F_0 [-]	T_c^* [s]	ag [g]	F_0 [-]	T_c^* [s]
0,019	2,599	0,162	0,023	2,588	0,191	0,045	2,690	0,281	0,053	2,755	0,298

Tabella 3.4: da Tabella 1 dell'Allegato B NTC (calcolati con GeoStru PS)

Il coefficiente S , che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche, è rappresentato mediante la seguente relazione:

$$S = S_S \cdot S_T$$

dove:

S_S = coefficiente che comprende gli effetti delle amplificazioni stratigrafiche;

S_T = coefficiente che comprende gli effetti delle amplificazioni topografiche.

I coefficienti S_S e C_c risultano:

Comune di Val di Chy – Lago d'Alice:								
Categoria sottosuolo	S_S (SLO)	C_c (SLO)	S_S (SLD)	C_c (SLD)	S_S (SLV)	C_c (SLV)	S_S (SLC)	C_c (SLC)
E	1,60	2,38	1,60	2,23	1,60	1,91	1,60	1,87

Tabella 3.5: valori dei coefficienti S_S e C_c relativi al sito di progetto.

Considerando che i relativi valori S_T per la categoria topografica di riferimento T1 risultano pari a 1, i coefficienti finali S risultano uguali a:

Comune di Val di Chy – Lago d’Alice:				
Categoria sottosuolo	S (SLO)	S (SLD)	S (SLV)	S (SLC)
E	1,60	1,60	1,60	1,60

Tabella 3.6: valori del coefficiente S relativi al sito di progetto.

L’accelerazione massima (a_{max}) attesa sul sito in oggetto può essere determinata facendo riferimento all’accelerazione massima attesa su sito di riferimento rigido (a_g) ed al coefficiente S di amplificazione stratigrafica e topografica:

$$a_{max} = a_g \cdot S$$

Comune di Val di Chy – Lago d’Alice:				
Categoria sottosuolo	a_{max} [m/s ²] (SLO)	a_{max} [m/s ²] (SLD)	a_{max} [m/s ²] (SLV)	a_{max} [m/s ²] (SLC)
E	0,299	0,368	0,707	0,837

Tabella 3.7: valori dell’accelerazione massima a_{max} relativi al sito di progetto.

I valori relativi ai coefficienti sismici orizzontale e verticale, nel caso dell’SLD e dell’SLV, sono:

$$\text{SLD: } k_h = \beta_s \left(\frac{a_{max}}{g} \right) = 0,007 \quad \text{e} \quad k_v = \pm 0.5 \cdot k_h = 0,004$$

$$\text{SLV: } k_h = \beta_s \left(\frac{a_{max}}{g} \right) = 0,014 \quad \text{e} \quad k_v = \pm 0.5 \cdot k_h = 0,007$$

e dove:

k_h = coefficiente sismico orizzontale;

k_v = coefficiente sismico verticale;

β_s = coefficiente di riduzione dell’accelerazione massima attesa al sito (0,2).

3.3 STABILITÀ NEI CONFRONTI DELLA LIQUEFAZIONE

Secondo quanto indicato al cap. 7 (punto 7.11.3.4.2) del D.M. 17/01/18 (N.T.C.) la verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti condizioni:

1. accelerazioni massime attese al piano campagna 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 suborizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)_{60} > 30$ oppure $q_{c1N} > 180$ dove $(N_1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e q_{c1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate in Fig. A nel caso di terreni con coeff. di uniformità $U_C < 3,5$ ed in Fig. B nel caso di terreni con coeff. di uniformità $U_C > 3,5$.

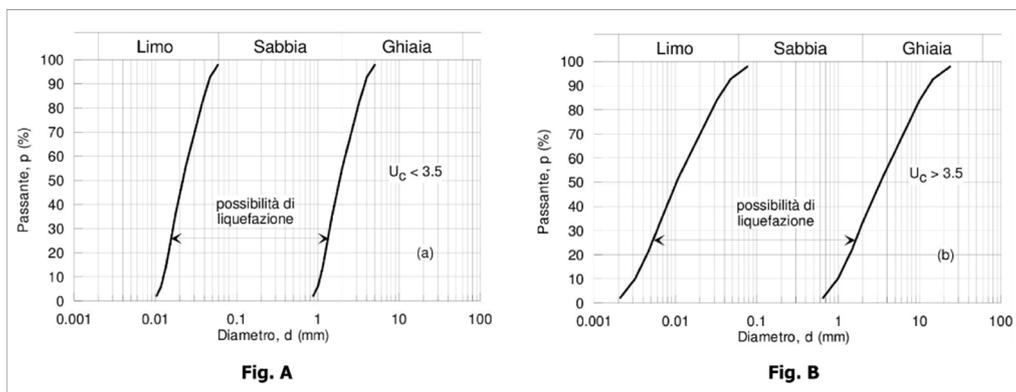


Figura 3.1: Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione

In relazione al § 7.11.3.4.2 delle NTC, la verifica a liquefazione può essere omessa in quanto risulta soddisfatto, nel caso in esame, il punto n. 1 del precedente elenco.

4. CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA ED IDROGEOLOGICA

4.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO-MORFOLOGICO GENERALE

Dal punto di vista geologico, l'area di intervento risulta posta in corrispondenza del settore destro dell'Anfiteatro Morenico di Ivrea (AMI), un imponente complesso di cerchie moreniche, prodotto dall'attività del ghiacciaio della Dora Baltea allo sbocco della Valle d'Aosta nel corso di una decina di glaciazioni, succedutesi nel Pleistocene¹.

Tali depositi mascherano diffusamente il substrato roccioso, il quale appare qui interessato dal contatto tettonico tra due importanti domini tettonici delle Alpi Occidentali (Dominio sudalpino a SE e Dominio Austroalpino a NW) con il coinvolgimento di molteplici litotipi, principalmente rocce metamorfiche (micascisti, gneiss, marmi).

I rilievi nell'area di interesse risultano costituiti da un insieme di depositi glaciali s.l. di differente genesi (subglaciali, di ablazione, fluvio-glaciali e glaciolacustri) con spessore di diverse decine di metri e, a scala locale, appaiono caratterizzati da un caratteristico profilo asimmetrico e da creste con lunghezza da ettometrica a plurichilometrica, allungate in direzione NNE-SSW, separate tra loro da vallecicole con medesima direzione e depressioni di varia estensione. Questi ultimi settori sono spesso sede di torbiere formatesi nei meati prodottisi in fase di fusione tra la massa glaciale e i rilievi morenici (terrazzi di *kame*) o nelle valli intramoreniche; ne è un esempio la torbiera del Lago di Alice, prodottasi per il successivo colmamento della depressione lacustre da parte dei sedimenti trasportati all'interno del bacino, e in passato oggetto di attività estrattiva, come testimoniato dal lago artificiale posto alcune decine di metri ad ovest del Lago di Alice.

Gli archi morenici in questo settore presentano età che vanno dal Pleistocene Medio (Pg13) al Pleistocene Superiore (Pg15), con età pertanto più recenti spostandosi da ovest verso est (verso la depressione interna dell'anfiteatro morenico).

Sia il substrato che i depositi glaciali, fluvio-glaciali e alluvionali sono stati successivamente (in età recente e attuale) rimodellati e dissecati dall'attività principalmente erosiva fluvio-torrentizia operata dai corsi d'acqua principali e secondari. Inoltre, lungo i versanti si sono originati fenomeni gravitativi, principalmente frane superficiali a spese della coltre eluvio-colluviale (scorrimenti, colamenti rapidi e lenti).

¹ Franco Gianotti - "L'Anfiteatro Morenico di Ivrea"; www.nimbus.it

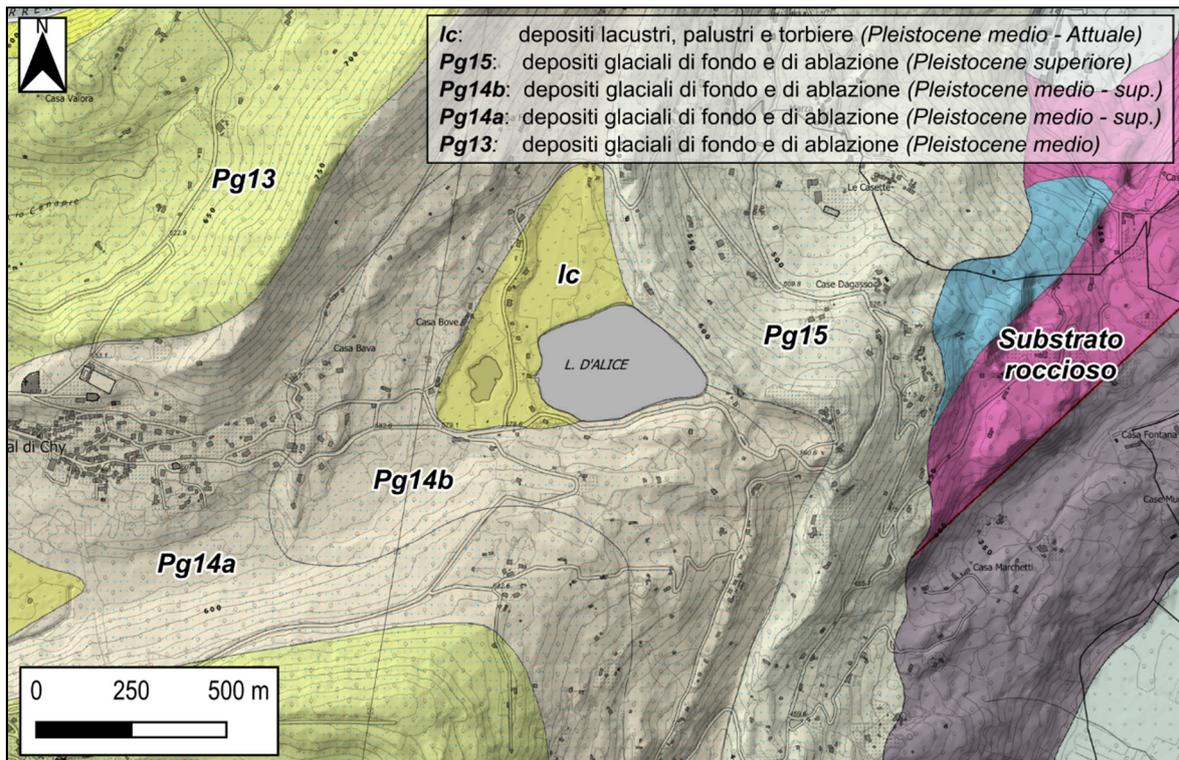


Figura 4.1: estratto della Carta Geologica del Piemonte in scala 1:250.000 (GeoPiemonte Map) su base BDTRE2023, in scala 1:20.000.

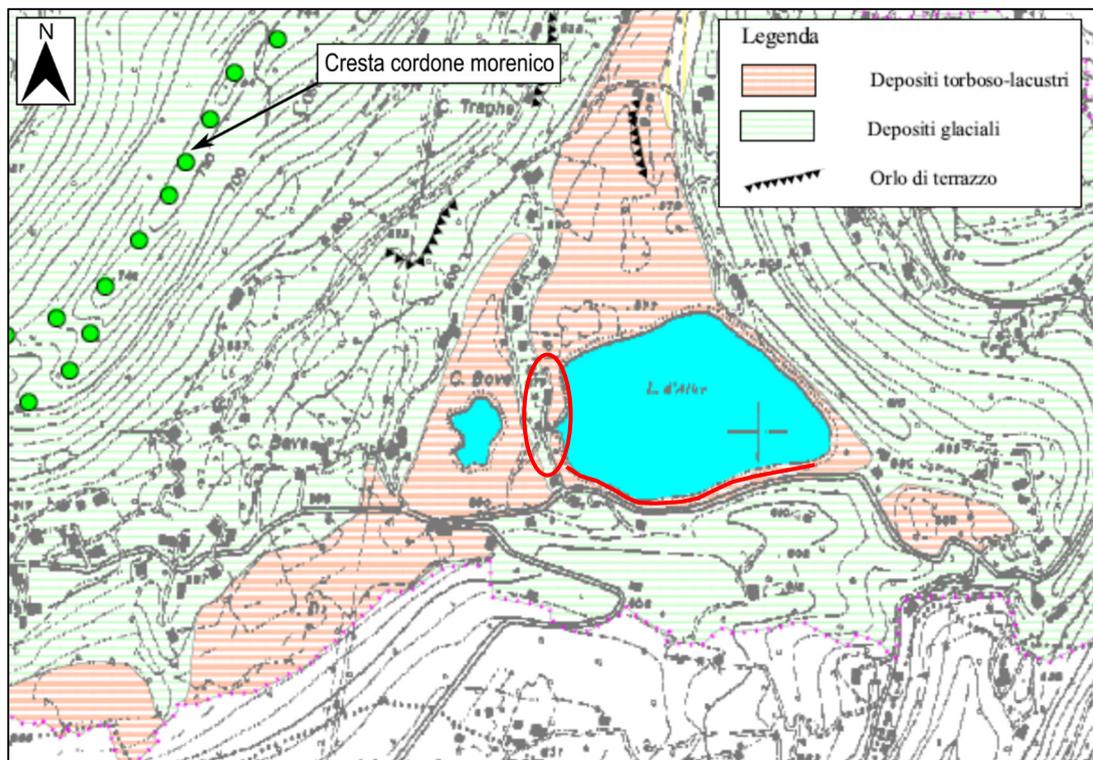


Figura 4.2: estratto dell'elaborato "G.1 - Carta geologica" allegato al P.R.G.C. di Alice Superiore; fuori scala. L'ubicazione delle opere è indicata dalla linea e dall'ellisse rosse.

4.2 ASSETTO GEOLOGICO-MORFOLOGICO LOCALE

Gli interventi in progetto interesseranno l'area perilacuale, in prossimità della linea di costa. Il settore occidentale dell'area risulta caratterizzato dalla presenza di depositi lacustri fini, ricchi di torba e scarsamente addensati, datati tra il Pleistocene medio e l'Attuale, la cui espressione morfologica corrisponde a una superficie (sub)pianeggiante entro una fascia di larghezza da metrica a ettometrica subparallela rispetto alla linea di costa. Lo spessore di tali depositi, derivato dalle prove in sito, risulta compreso tra circa 2,5 m e circa 9 m; gli studi geologici allegati al Piano Regolatore riportano uno spessore variabile tra circa 5 e circa 15 m da p.c., crescente verso il centro del bacino lacustre.

In contrasto, i depositi glaciali risultano caratterizzati da sedimenti prevalentemente grossolani, ghiaiosi con ciottoli, massi e blocchi in matrice sabbioso-limosa talora abbondante e costituiscono i rilievi morenici che delimitano la depressione che ospita il bacino lacustre; tali depositi sono osservabili prevalentemente nel settore meridionale del lago, ove è prevista la realizzazione del percorso pedonale. Massi e blocchi possono essere localmente presenti anche all'interno dei depositi lacustri entro i primi metri di profondità; tale circostanza suggerisce una parziale eteropia tra depositi lacustri e glaciali (eventualmente rimaneggiati).

4.3 CARATTERIZZAZIONE IDROGEOLOGICA

La presenza di depositi con caratteristiche granulometriche e tessiture variabili conferisce all'area di studio una certa complessità sotto il profilo idrogeologico.

Per quanto concerne gli archi morenici, questi risultano costituiti da depositi la cui permeabilità risulta dipendente dalle caratteristiche litostratigrafiche locali; la presenza di depositi prevalentemente grossolani e di un ridotto spessore della coltre eluvio-colluviale conferiscono conducibilità idraulica complessivamente buona, limitata nel caso di presenza talora abbondante di materiale limoso e limoso-argilloso.

I depositi lacustri presentano permeabilità limitata, sebbene l'elevata porosità (specie dei depositi torbosi prossimi alla linea di costa) consenta agevolmente la saturazione degli stessi.

Contestualmente all'esecuzione delle prove è stata rilevata la presenza di una superficie freatica a profondità minime di circa 0,4 m da p.c., idraulicamente connessa con il bacino lacustre, e prossima alla quota del piano campagna in corrispondenza della linea di costa. Tali caratteristiche richiedono cautela nell'esecuzione di eventuali scavi o di lavorazioni interferenti con i terreni, anche in considerazione delle scarse caratteristiche litotecniche degli stessi.

5. INDAGINI IN SITO E MODELLO LITOSTRATIGRAFICO

Il modello litostratigrafico e la caratterizzazione geotecnica del volume di terreno significativo sono stati definiti mediante:

- rilevamenti e osservazioni di terreno;
- l'analisi geomorfologica delle aree di interesse con l'obiettivo di interpretare le forme osservabili in chiave morfostratigrafica;
- ricerca bibliografica delle pubblicazioni tecnico-scientifiche riguardanti i territori limitrofi al Lago di Alice;
- consultazione degli elaborati geologici allegati al PRGC di Alice Superiore;
- indagini in sito (ubicate come da planimetria in Figura 5.1):
 - o n. 4 prove penetrometriche dinamiche (DPSH);
 - o n. 1 indagine sismica tipo MASW;
 - o n. 1 indagine sismica tipo HVSR;
- il riferimento a dati noti nella letteratura tecnica di settore e validi per litotipi aventi caratteristiche analoghe.

Le informazioni raccolte hanno permesso di distinguere i possibili contesti litostratigrafici locali lungo i tracciati in progetto, relativi ai primi 9 m circa dal piano campagna.

La distribuzione geometrica e spaziale delle unità litostratigrafiche descritte è dettagliata nei profili litotecnici interpretativi riportati in *allegato*.

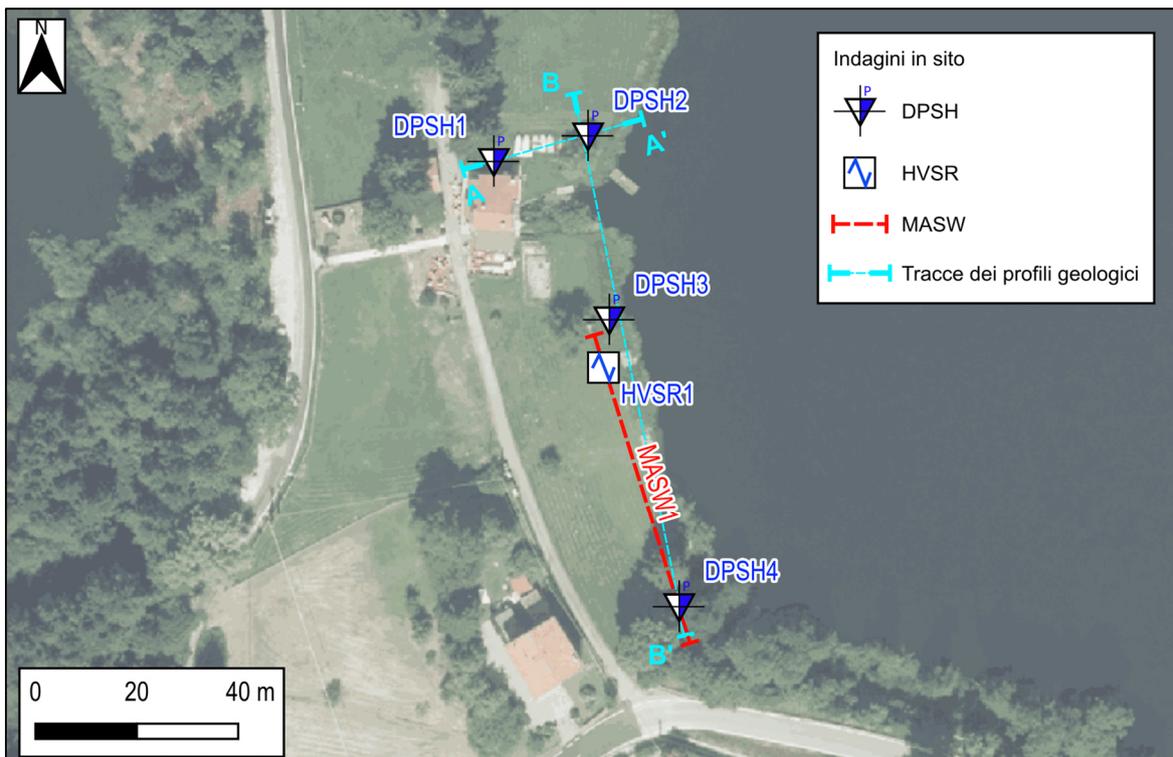


Figura 5.1: planimetria delle indagini su Ortofoto AGEA 2018 (Regione Piemonte); scala 1:1.500.

Assetto litostratigrafico del settore indagato		
<i>Unità</i>	<i>Profondità (m)</i>	<i>Descrizione</i>
<i>Unità 1</i>	0,00 / 2,40÷8,20	Depositi lacustri-palustri torbosi e limoso-argillosi a scarso addensamento e saturi in prossimità del lago. Localmente è stata riconosciuta la presenza di massi e blocchi rocciosi inglobati entro tali depositi.
<i>Unità 2</i>	> 2,40÷8,20	Depositi glaciali costituiti principalmente da ghiaie eterometriche con ciottoli, massi e blocchi in matrice sabbioso-limosa talora abbondante. Tali depositi risultano affioranti e predominanti in prossimità del margine meridionale del lago.

Tabella 5.1: schema litostratigrafico generale di riferimento

6. MODELLO GEOTECNICO E PARAMETRI FISICO-MECCANICI

Sulla scorta delle indagini effettuate e delle informazioni acquisite, è possibile definire il modello litotecnico e caratterizzare i terreni rilevati da un punto di vista fisico-meccanico.

I valori medi ed i valori caratteristici dei parametri geotecnici, di seguito riportati, derivano dall'analisi delle risultanze delle prove di tipo DPSH eseguite in sito.

Le prove DPSH (*Dynamic Probing Super Heavy*) consistono nell'infissione di una punta o di un campionatore nel terreno, in assenza di un pre-foro, secondo un avanzamento prestabilito e proprio della strumentazione impiegata (generalmente pari a 20 o 30 cm). Il numero di colpi necessario al singolo avanzamento è genericamente denominato N (o N_{DP}).

Dal momento che, ad oggi, uno dei mezzi più diffusi ed economici per ricavare informazioni dal sottosuolo è rappresentato dalle prove penetrometriche standard in foro (SPT), la maggior parte delle correlazioni esistenti riguardano i valori del numero di colpi N_{SPT} ottenuto con la suddetta, si presenta la necessità di rapportare il numero di colpi delle prove dinamiche eseguite in sito (N) con N_{SPT} . Il passaggio viene dato da:

$$N_{SPT} = \beta \cdot N$$

dove

$$\beta = \frac{Q}{Q_{SPT}}$$

in cui Q è l'energia specifica per colpo e Q_{SPT} è quella riferita alla prova SPT.

L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

$$Q = \frac{M^2 \cdot H}{A \cdot \delta \cdot (M + M')}$$

in cui

M	peso massa battente.
M'	peso aste.
H	altezza di caduta.
A	area base punta conica.
δ	passo di avanzamento.

In base alle caratteristiche della strumentazione utilizzata in sito (DPSH TG 63-100 PAGANI) con passo di avanzamento ogni 20 cm e come riportato nel report delle indagini in *allegato*, il coefficiente β risulta pari a:

$$\beta = 1,48$$

Il valore di resistenza alla penetrazione dinamica N_{SPT} è stato “corretto” in funzione del tipo di attrezzatura utilizzata, della profondità e del diametro di perforazione adottando la seguente equazione (*Skempton, 1986*):

$$N_{60} = N_{SPT} \cdot C_E \cdot C_B \cdot C_R$$

dove

C_E = rapporto energetico, in funzione delle caratteristiche dell’attrezzatura (1,22);

C_B = fattore di correzione in funzione del diametro del foro (1,0);

C_R = fattore di correzione in funzione della lunghezza delle aste (variabile).

Il valore di N_{60} così ottenuto è stato infine normalizzato tenendo conto della pressione litostatica efficace agente alla profondità indagata (*Liao & Whitman, 1986*):

$$N_{1(60)} = N_{60} \cdot C_N$$

e

$$C_N = \sqrt{\frac{98,1}{\sigma'_v}}$$

dove

C_N = fattore di correzione in funzione della profondità di prova;

σ'_v = tensione litostatica efficace.

Con riferimento alla suddivisione litostratigrafica riportata in Tabella 5.1 e delle risultanze delle prove DPSH, è stato possibile operare una suddivisione litotecnica dei depositi di interesse (Tabella 6.1 e Tabella 6.2). In particolare, la suddivisione litotecnica ricalca la suddivisione litostratigrafica.

Le indagini hanno raggiunto valori di N_{DP} corrispondenti al rifiuto all’avanzamento a profondità variabili tra un minimo di 2,8 m ed un massimo di circa 8,4 m dal p.c., verosimilmente riconducibili

alla presenza di massi e blocchi immersi in una matrice più fine, prevalentemente ghiaioso-sabbiosa.

I parametri litotecnici dei depositi torbosi dell'Unità 1 sono stati stimati principalmente sulla base di dati di letteratura, coadiuvati dalle risultanze delle prove DPSH, tenuto conto della particolarità litologica e dell'assenza di consistenza di tali depositi.

Per quanto concerne la caratterizzazione dei depositi dell'Unità 2, ci si è invece avvalsi delle risultanze delle prove DPSH e delle seguenti correlazioni con il parametro $N_{1(60)}$.

Il dato di densità relativa (D_R) è stato ricavato dalla relazione proposta da *Terzaghi & Peck (1967)*:

$$D_R = 100 \sqrt{\frac{N_{1(60)}}{60}} \quad (\%)$$

L'angolo di resistenza al taglio efficace (φ') dei depositi indagati è stato valutato attraverso la relazione di *Hatanaka & Uchida (1996)*:

$$\varphi' = 20 + \sqrt{15,4 \cdot N_{1(60)}} \quad (^\circ)$$

Il valore relativo al modulo di deformazione (o di Young - E_S) è stato anch'esso ricavato dalle prove di tipo DPSH, facendo riferimento alla correlazione di *AASHTO (1996)*:

$$E_S = 1,0 \cdot N_{1(60)} \quad (\text{MPa})$$

Il rapporto di Poisson è stato stimato mediante la seguente correlazione *A.G.I.*:

$$[1 - \sin(\phi)] / [2 - \sin(\phi)]$$

I pesi di volume secco e saturo sono stati stimati sulla base delle caratteristiche litologiche.

I valori medi ed i valori caratteristici dei parametri fisico-meccanici sono riportati nelle tabelle che seguono. Per valore caratteristico X_k , secondo l'Eurocodice 7, si intende quel valore al quale è associata una prefissata probabilità di non superamento. Sempre l'Eurocodice 7 fissa, per i parametri di resistenza al taglio (ϕ' e c'), una probabilità di non superamento del 5%.

Il § C6.2.2.4 della Circolare del C.S.L.L.P.P. 21/01/2019 n. 7 suggerisce come tali valori debbano essere scelti. In particolare:

“Nelle valutazioni che il progettista deve svolgere per pervenire ad una scelta corretta dei valori caratteristici, appare giustificato il riferimento a valori prossimi ai valori medi quando nello stato limite considerato è coinvolto un elevato volume di terreno, con possibile compensazione delle eterogeneità o quando la struttura a contatto con il terreno è dotata di rigidità sufficiente a trasferire le azioni dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti. Al contrario, valori caratteristici prossimi ai valori minimi dei parametri geotecnici appaiono più giustificati nel caso in cui siano coinvolti modesti volumi di terreno, con concentrazione delle deformazioni fino alla formazione di superfici di rottura nelle porzioni di terreno meno resistenti del volume significativo, o nel caso in cui la struttura a contatto con il terreno non sia in grado di trasferire forze dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti a causa della sua insufficiente rigidità. La scelta di valori caratteristici prossimi ai valori minimi dei parametri geotecnici può essere dettata anche solo dalle caratteristiche dei terreni; basti pensare, ad esempio, all’effetto delle discontinuità sul valore operativo della resistenza non drenata. Una migliore approssimazione nella valutazione dei valori caratteristici può essere ottenuta operando le opportune medie dei valori dei parametri geotecnici nell’ambito di piccoli volumi di terreno, quando questi assumano importanza per lo stato limite considerato. È questo il caso, ad esempio, delle verifiche SLU dei pali in condizioni non drenate, in termini di tensioni totali, nelle quali per la determinazione del contributo di resistenza alla punta è appropriata la valutazione del valore caratteristico della resistenza non drenata mediante una media locale effettuata nel volume di terreno interessato dal meccanismo di collasso indotto dalla punta stessa...”.

I valori caratteristici dei parametri geotecnici, considerando un elevato volume di terreno (potenziale superficie di rottura grande), sono stati ricavati in base a quanto segue:

- al parametro relativo all’angolo di resistenza al taglio è stato assegnato un coefficiente di variazione ricavato dalla letteratura tecnica (COV=7 %);
- è stato infine applicato il metodo statistico in presenza di pochi dati e varianza nota.

La relazione adottata è la seguente:

$$X_k = \bar{X} - 1,645 \left(\frac{\alpha}{\sqrt{n}} \right)$$

dove:

X_k = valore caratteristico;

\bar{X} = valore medio (ignoto) della popolazione, ipotizzato essere uguale al valore medio del campione;

α = deviazione standard della popolazione;

n = numerosità del campione.

Parametri (valori medi)	Unità 1 (0,00 / 2,40÷8,20)	Unità 2 (> 2,40÷8,20)
NSPT	1,48	30
Peso di volume	14 kN/m ³	18 kN/m ³
Peso di volume saturo	16 kN/m ³	20 kN/m ³
Peso di volume immerso	6 kN/m ³	10 kN/m ³
Addensamento	Privo di consistenza	Da mediamente addensato a molto addensato
Coesione	Non considerata	Non considerata
Angolo di attrito efficace	22°	36°
Coefficiente di Poisson	0,45	0,29
Modulo di Young	1 MPa	30 Mpa

Tabella 6.1: valori medi dei parametri geotecnici.

Parametri (valori caratteristici)	Unità 1 (0,00 / 2,40÷8,20)	Unità 2 (> 2,40÷8,20)
Peso di volume	14 kN/m ³	18 kN/m ³
Peso di volume saturo	16 kN/m ³	20 kN/m ³
Peso di volume immerso	6 kN/m ³	10 kN/m ³
Coesione	Non considerata	Non considerata
Angolo di attrito	20°	32°

Tabella 6.2: valori caratteristici dei parametri geotecnici.

7. CONCLUSIONI

La presente relazione tecnica fornisce le risultanze della caratterizzazione e modellazione geologica e geotecnica (rif. punti 6.2.1 e 6.2.2 delle N.T.C. - D.M. 17/01/2018), redatta in riferimento al “Progetto per un nuovo turismo della accessibilità sostenibile dei comuni di Chy e Vidracco in Valchiusella (TO)”.

La pericolosità dell’area è principalmente connessa con le oscillazioni a cui è soggetta la superficie dell’acqua del bacino lacustre, la quale risulta idraulicamente connessa con le acque di saturazione dei depositi lacustri prossimi alla costa. Tali depositi limoso-argillosi e torbosi appaiono saturi, con potenza compresa tra 2,5 e 15 m e caratterizzati da scarse caratteristiche geotecniche, in quanto diffusamente privi di consistenza, risultando inadatti a sostenere carichi anche relativamente ridotti.

La realizzazione di strutture in diretta connessione con i depositi lacustri dovrà, pertanto, prevedere il ricorso a strutture superficiali “galleggianti”, o a fondazioni profonde (pali) in grado di trasmettere i carichi ai sottostanti depositi glaciali da mediamente addensati a molto addensati.

Si dovrà inoltre tenere in considerazione la possibile presenza di massi e blocchi rocciosi fino a metri, specie in corrispondenza del settore meridionale del Lago d’Alice.

Sulla base dei dati finora citati, si ritiene che gli interventi in progetto risultino compatibili con i vincoli di carattere geologico definiti per l'area in esame e con gli assetti urbanistico e territoriali vigenti, non contrastando quindi con quanto indicato dalla normativa di settore, sempre nel rispetto delle indicazioni precedentemente riportate.

Si conferma infine la fattibilità geologico-tecnica degli interventi, nel rispetto delle indicazioni contenute nella presente relazione.

La Cassa, 29 marzo 2024

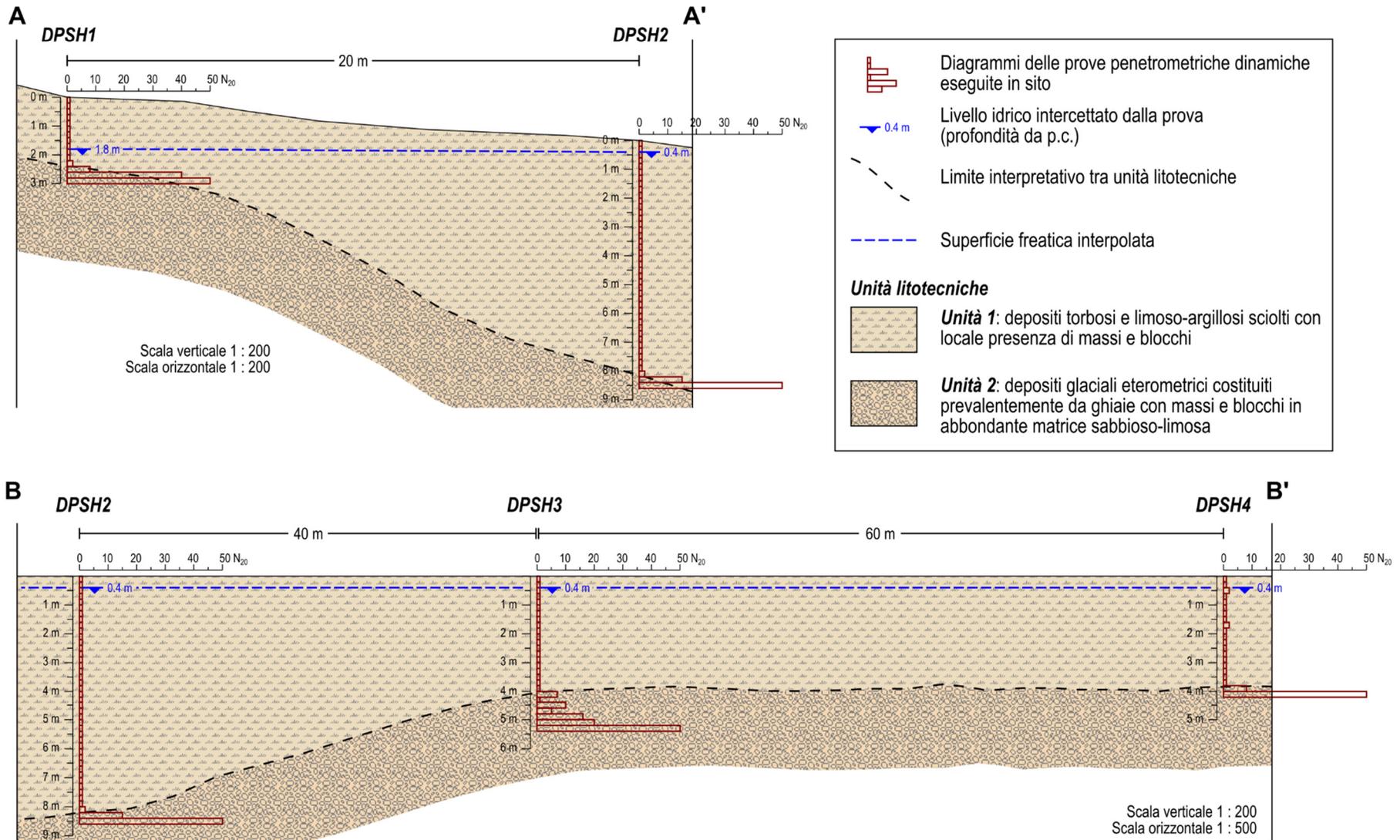
Il geologo
dott. Stefano Tuberga



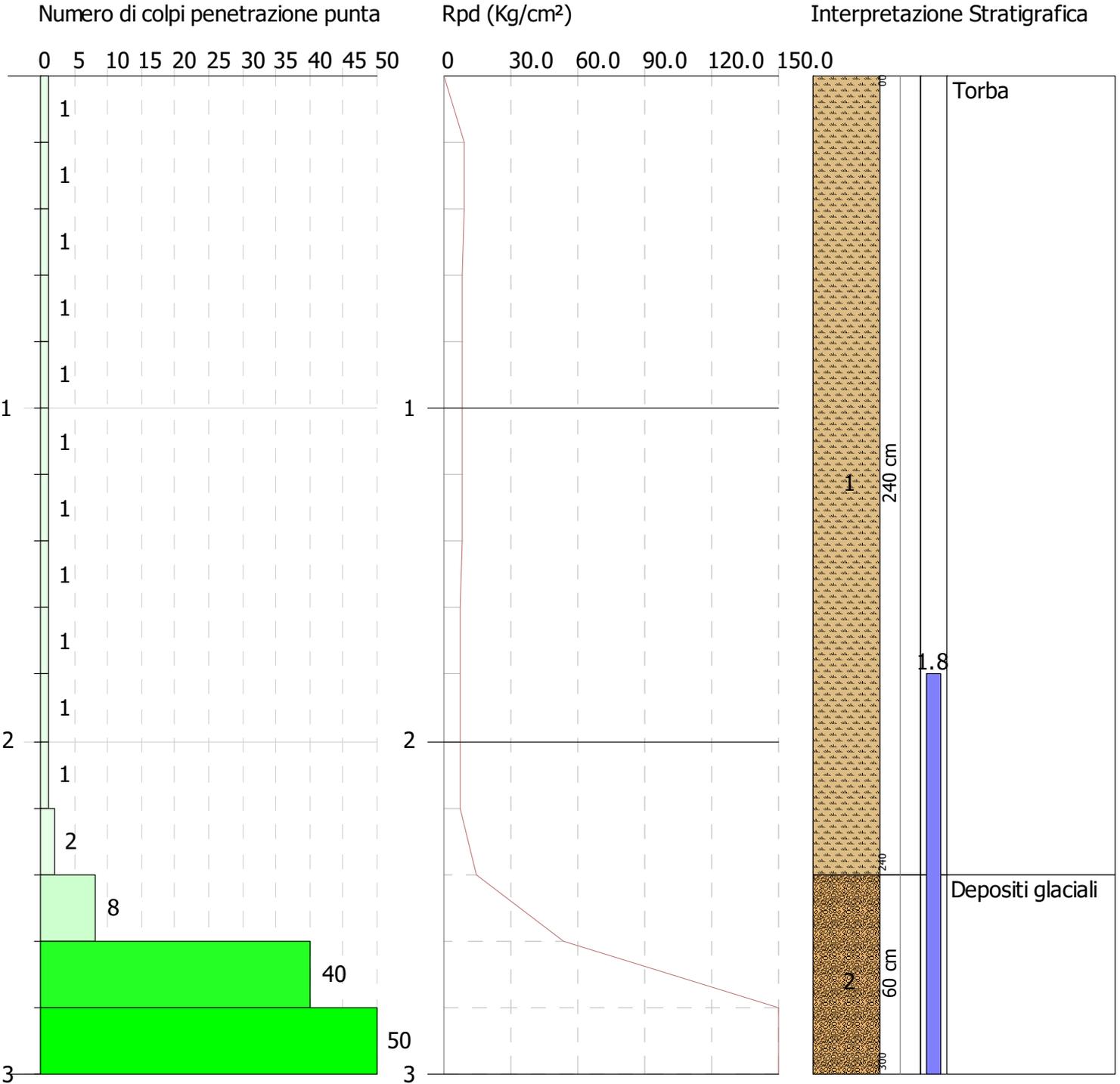
ALLEGATI

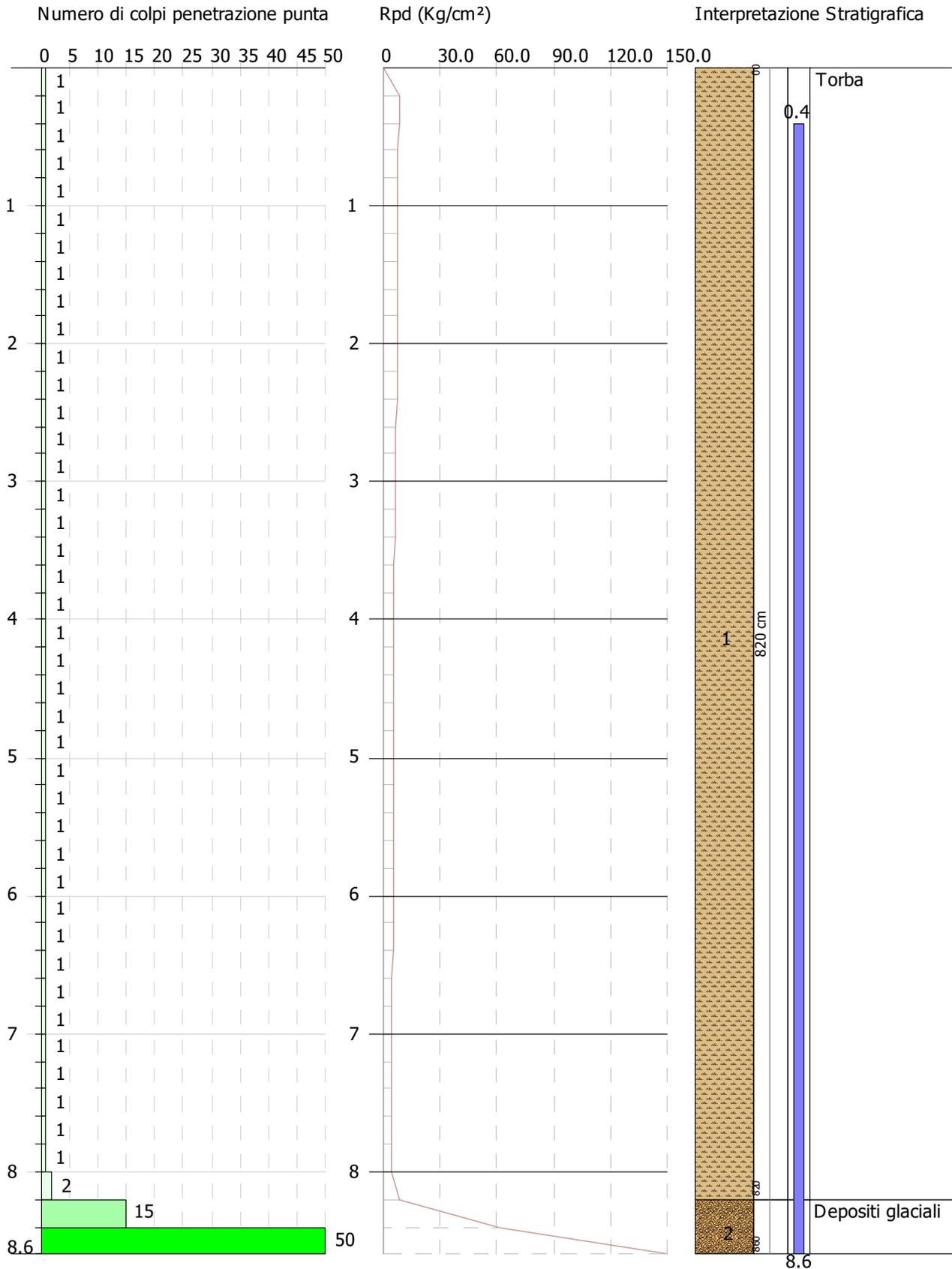
PROFILI LITOTECNICI INTERPRETATIVI

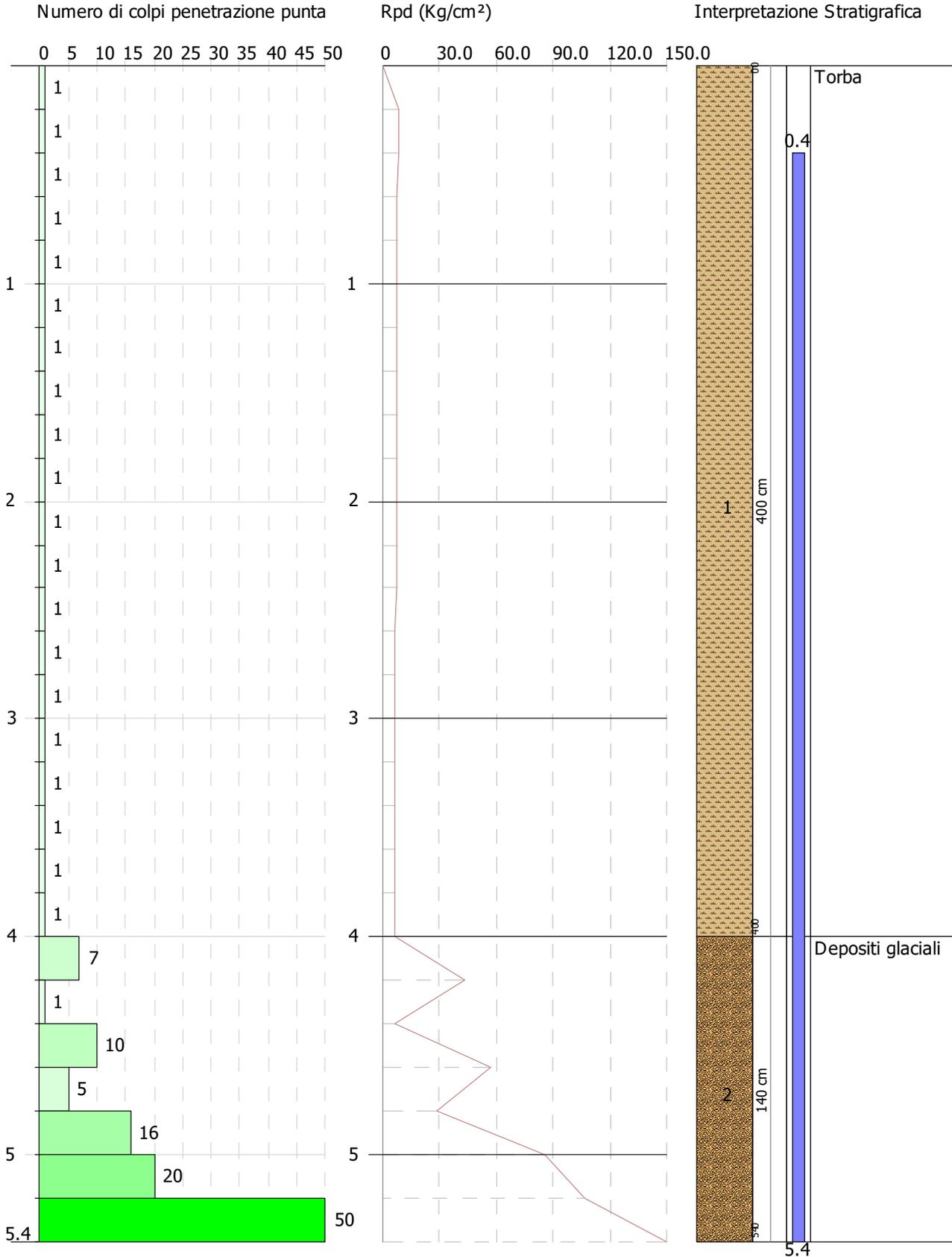
PROFILI LITOTECNICI INTERPRETATIVI



RISULTANZE DELLE PROVE PENETROMETRICHE







RISULTANZE DELL'INDAGINE SISMICA MASW

Regione Piemonte

CITTÀ METROPOLITANA DI TORINO

COMUNE DI Alice Superiore

Progetto:

Indagini geologiche

Ubicazione:

ALICE SUPERIORE
Lago di Alice

Oggetto:

REPORT DI INDAGINE SISMICA MASW

Committente:

Anthemis Environment S.r.l.
Via Lombardore, 207
10040 Leini (TO)

Data esecuzione

21.03.2024

Elaborato

R.I.S.

Il tecnico:

Dott. Geol. Stefano TUBERGA

Via Edoardo Giordanino n. 4
10040, La Cassa (TO)
Tel. 011.9842043
geo.sgt@tiscali.it

INDICE

1.	PREMESSA	3
2.	INDAGINE SISMICA MASW	4
3.	DATI GENERALI E TRACCE.....	6
4.	ANALISI SPETTRALE	7
5.	CURVA DI DISPERSIONE.....	8
6.	INVERSIONE	9
7.	RISULTATI	11

1. PREMESSA

In data 21/03/2024, su incarico dell'Anthemis Environment S.r.l., è stata eseguita un'indagine indiretta di tipo MASW, per determinare la categoria di sottosuolo, a fini sismici, dell'area di interesse, presso il Lago di Alice, in Comune di Alice Superiore. *Figura 1.*



Figura 1: ubicazione dell'indagine sismica effettuata, su stralcio immagine satellitare Google Earth Pro (Settembre 2022). Sono indicati il geofono n. 1 ed il geofono n. 24. Fuori scala.

2. INDAGINE SISMICA MASW

La geofisica osserva il comportamento delle onde che si propagano all'interno dei materiali. Un segnale sismico, infatti, si modifica in funzione delle caratteristiche del mezzo che attraversa. Le onde possono essere generate in modo artificiale attraverso l'uso di masse battenti, di scoppi, etc..

Moto del segnale sismico

Il segnale sismico può essere scomposto in più fasi ognuna delle quali identifica il movimento delle particelle investite dalle onde sismiche. Le fasi possono essere:

- **P**-Longitudinale: onda profonda di compressione;
- **S**-Trasversale: onda profonda di taglio;
- **L**-Love: onda di superficie, composta da onde P e S;
- **R**-Rayleigh: onda di superficie composta da un movimento ellittico e retrogrado.

Onde di Rayleigh – "R"

In passato gli studi sulla diffusione delle onde sismiche si sono concentrati sulla propagazione delle onde profonde (P,S) considerando le onde di superficie come un disturbo del segnale sismico da analizzare. Recenti studi hanno consentito di creare dei modelli matematici avanzati per l'analisi delle onde di superficie in mezzi a differente rigidezza.

Analisi del segnale con tecnica MASW

Secondo l'ipotesi fondamentale della fisica lineare (Teorema di Fourier) i segnali possono essere rappresentati come la somma di segnali indipendenti, dette armoniche del segnale. Tali armoniche, per analisi monodimensionali, sono funzioni trigonometriche, e si comportano in modo indipendente non interagendo tra di loro. Concentrando l'attenzione su ciascuna componente armonica il risultato finale in analisi lineare risulterà equivalente alla somma dei comportamenti parziali corrispondenti alle singole armoniche. L'analisi di Fourier (analisi spettrale FFT) è lo strumento fondamentale per la caratterizzazione spettrale del segnale. L'analisi delle onde di Rayleigh, mediante tecnica MASW, viene eseguita con la trattazione spettrale del segnale nel

dominio trasformato dove è possibile, in modo abbastanza agevole, identificare il segnale relativo alle onde di Rayleigh rispetto ad altri tipi di segnali, osservando, inoltre, che le onde di Rayleigh si propagano con velocità che è funzione della frequenza. Il legame velocità-frequenza è detto spettro di dispersione. La curva di dispersione individuata nel dominio f-k è detta curva di dispersione sperimentale, e rappresenta in tale dominio le massime ampiezze dello spettro.

Modellizzazione

E' possibile simulare, a partire da un modello geotecnico sintetico caratterizzato da spessore, densità, coefficiente di Poisson, velocità delle onde S e velocità delle Onde P, la curva di dispersione teorica la quale lega velocità e lunghezza d'onda secondo la relazione:

$$v = \lambda \times \nu$$

Modificando i parametri del modello geotecnico sintetico, si può ottenere una sovrapposizione della curva di dispersione teorica con quella sperimentale: questa fase è detta di inversione e consente di determinare il profilo delle velocità in mezzi a differente rigidità.

Modi di vibrazione

Sia nella curva di inversione teorica che in quella sperimentale è possibile individuare le diverse configurazioni di vibrazione del terreno. I modi per le onde di Rayleigh possono essere: deformazioni a contatto con l'aria, deformazioni quasi nulle a metà della lunghezza d'onda e deformazioni nulle a profondità elevate.

Profondità di indagine

Le onde di Rayleigh decadono a profondità circa uguali alla lunghezza d'onda. Piccole lunghezze d'onda (alte frequenze) consentono di indagare zone superficiali mentre grandi lunghezze d'onda (basse frequenze) consentono indagini a maggiore profondità.

3. DATI GENERALI E TRACCE

Dati Generali	
Operatore	Dott. Geol. Stefano Tuberga
Data	21/03/2024
Tracce	
N. tracce	24
Durata acquisizione (msec)	2042.0
Interdistanza geofoni (m)	2.0
Periodo di campionamento (msec)	1.0

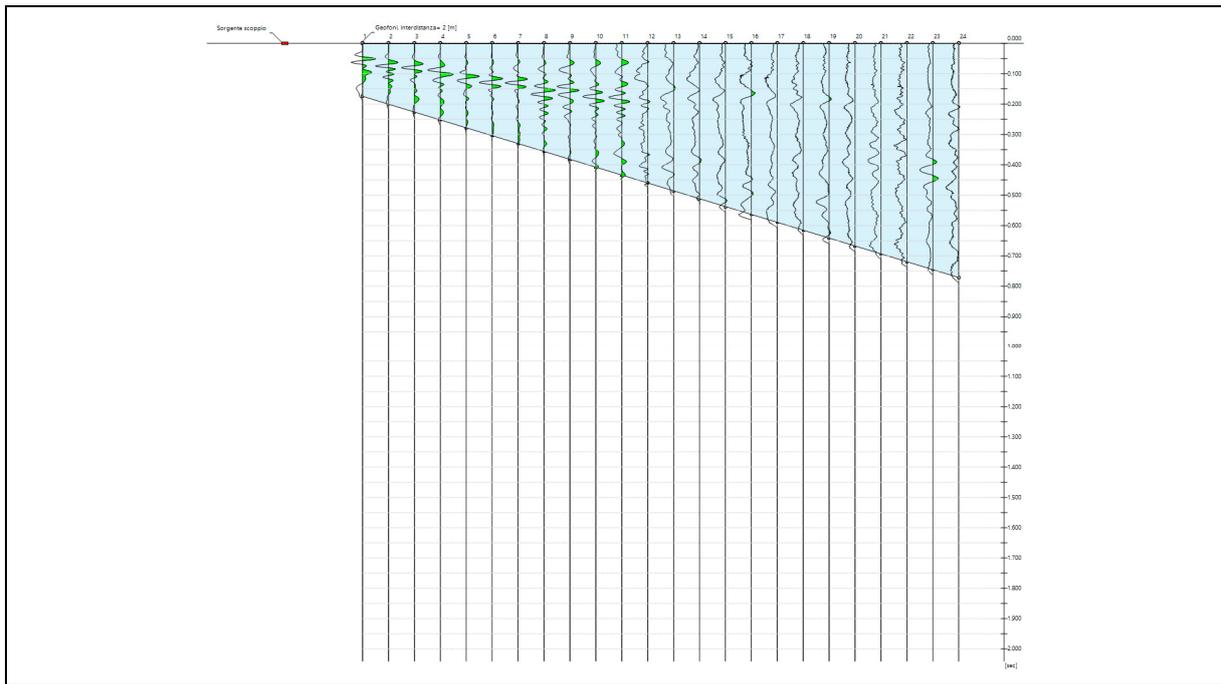


Figura 2: rappresentazione delle tracce registrate adottando lo stendimento a 24 geofoni. Sorgente sismica posta a -2,0, -5,0 e -10,0 m dal geofono G1.

4. ANALISI SPETTRALE

Analisi spettrale	
Frequenza minima di elaborazione (Hz)	5
Frequenza massima di elaborazione (Hz)	60
Velocità minima di elaborazione (m/sec)	1
Velocità massima di elaborazione (m/sec)	800
Intervallo velocità (m/sec)	1

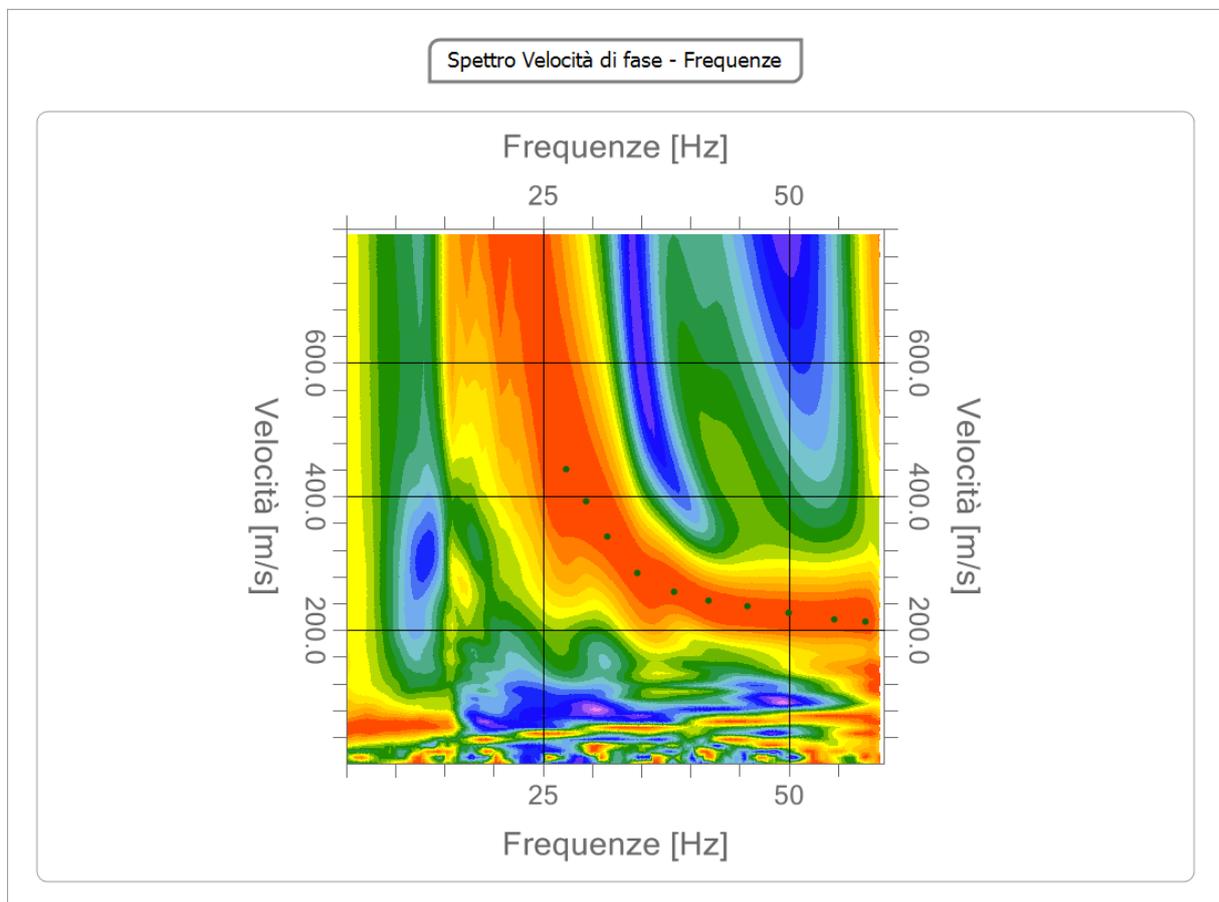


Figura 3: immagine dello spettro "Velocità di fase – Frequenze" con rappresentazione del picking effettuato.

5. CURVA DI DISPERSIONE

N.	Frequenza (Hz)	Velocità (m/sec)
1	27.4	441.0
2	29.4	393.1
3	31.5	340.1
4	34.7	285.5
5	38.3	257.4
6	41.8	244.2
7	45.8	235.9
8	50.0	226.0
9	54.6	216.1
10	57.8	212.7

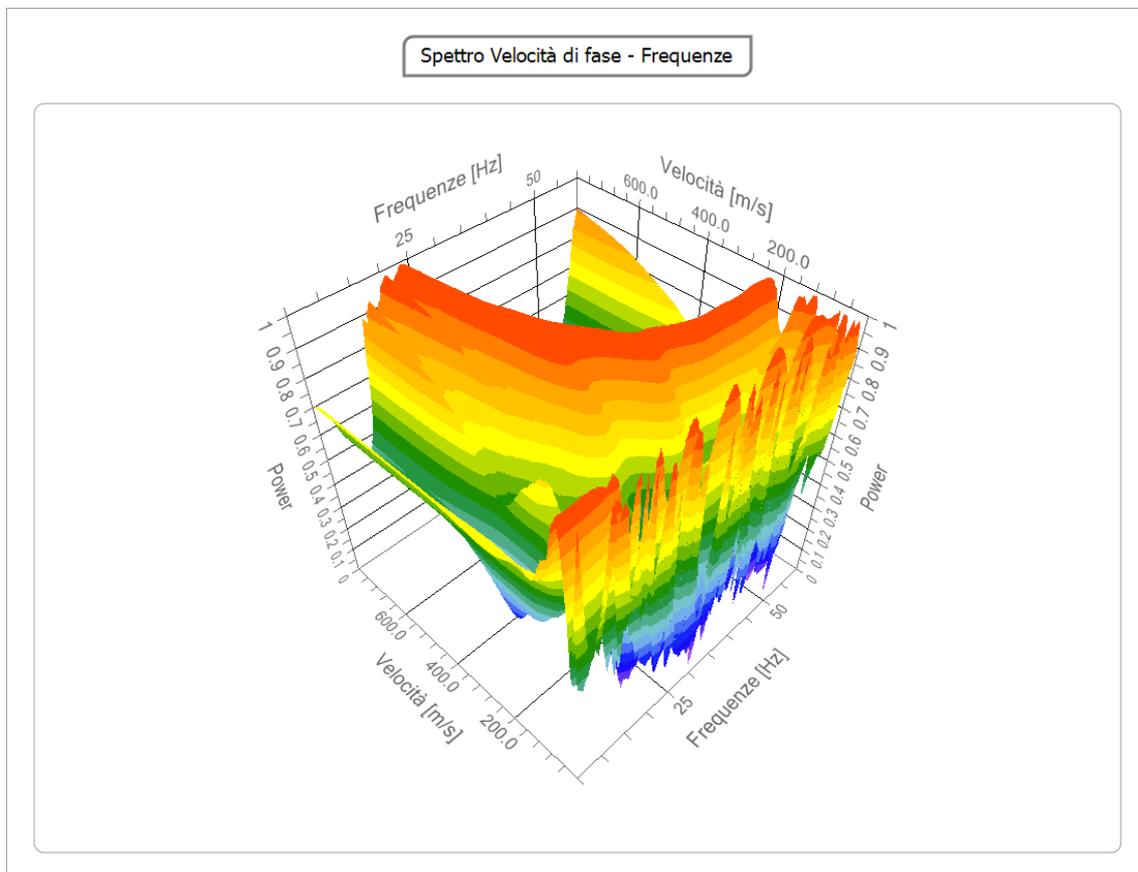


Figura 4: vista 3D dello spettro "Velocità di fase – Frequenze".

6. INVERSIONE

n.	Profondità (m)	Spessore (m)	Peso unità volume (kg/m ³)	Coefficiente Poisson	Falda	Vp (m/sec)	Vs (m/sec)
1	1.00	1.00	1600.0	0.45	Si	428.5	129.2
2	4.80	3.80	1600.0	0.45	Si	965.5	291.1
3	9.94	5.14	2000.0	0.29	Si	1342.8	717.8
4	∞	∞	2000.0	0.29	Si	1941.5	1037.8

Percentuale di errore: 0.159 %

Fattore di disadattamento della soluzione: 0.051

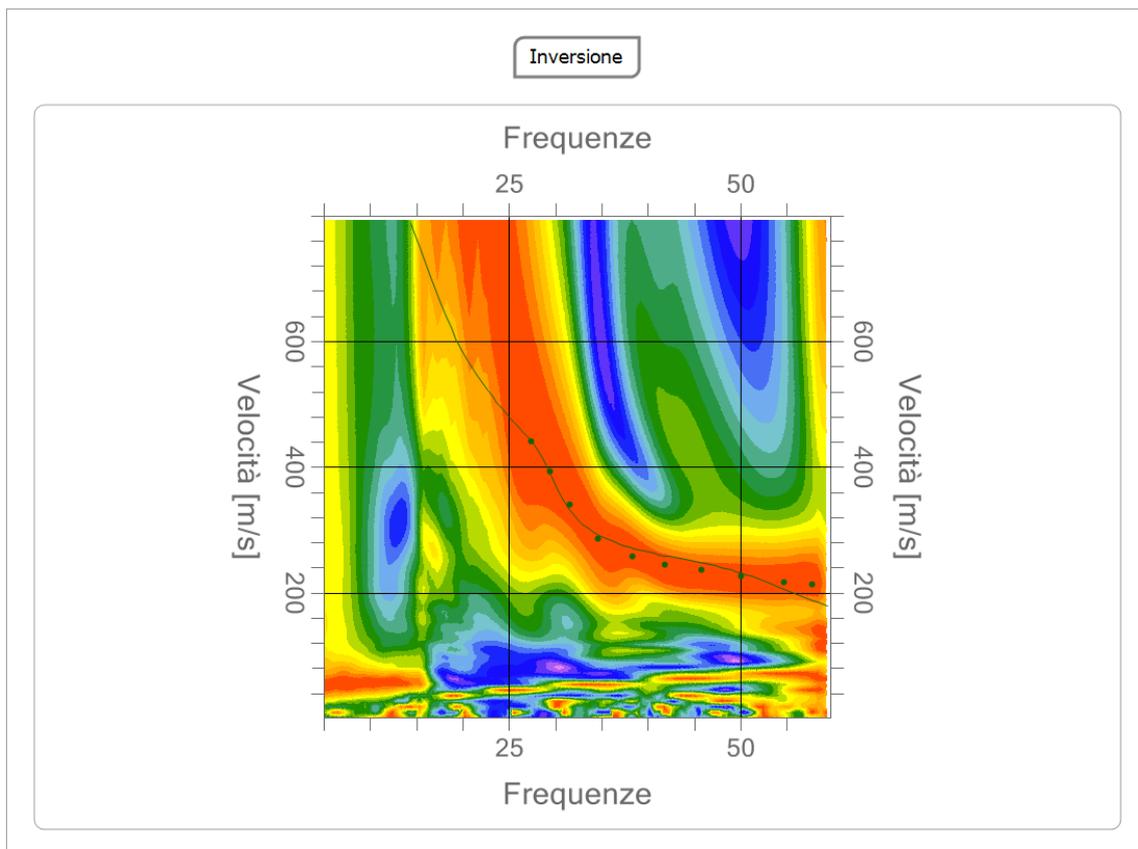


Figura 5: rappresentazione dell'inversione elaborata.

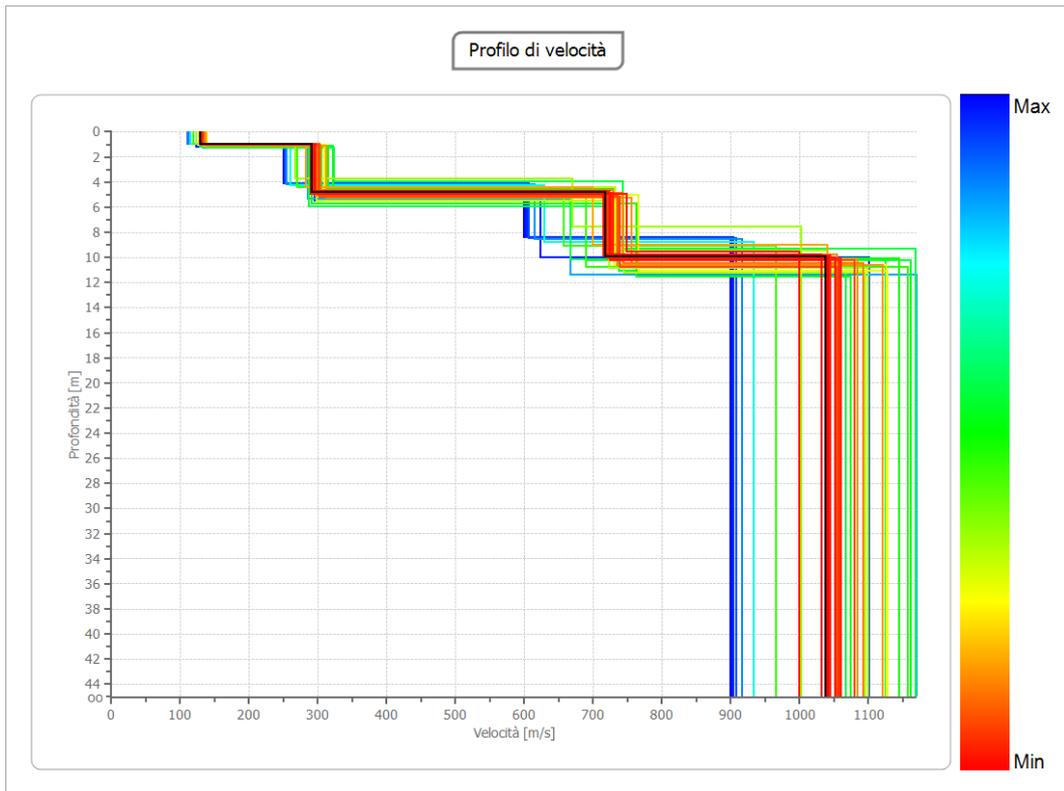


Figura 6: rappresentazione dei profili di velocità elaborati (in nero il profilo con il fattore minimo di disadattamento, si veda la figura seguente).

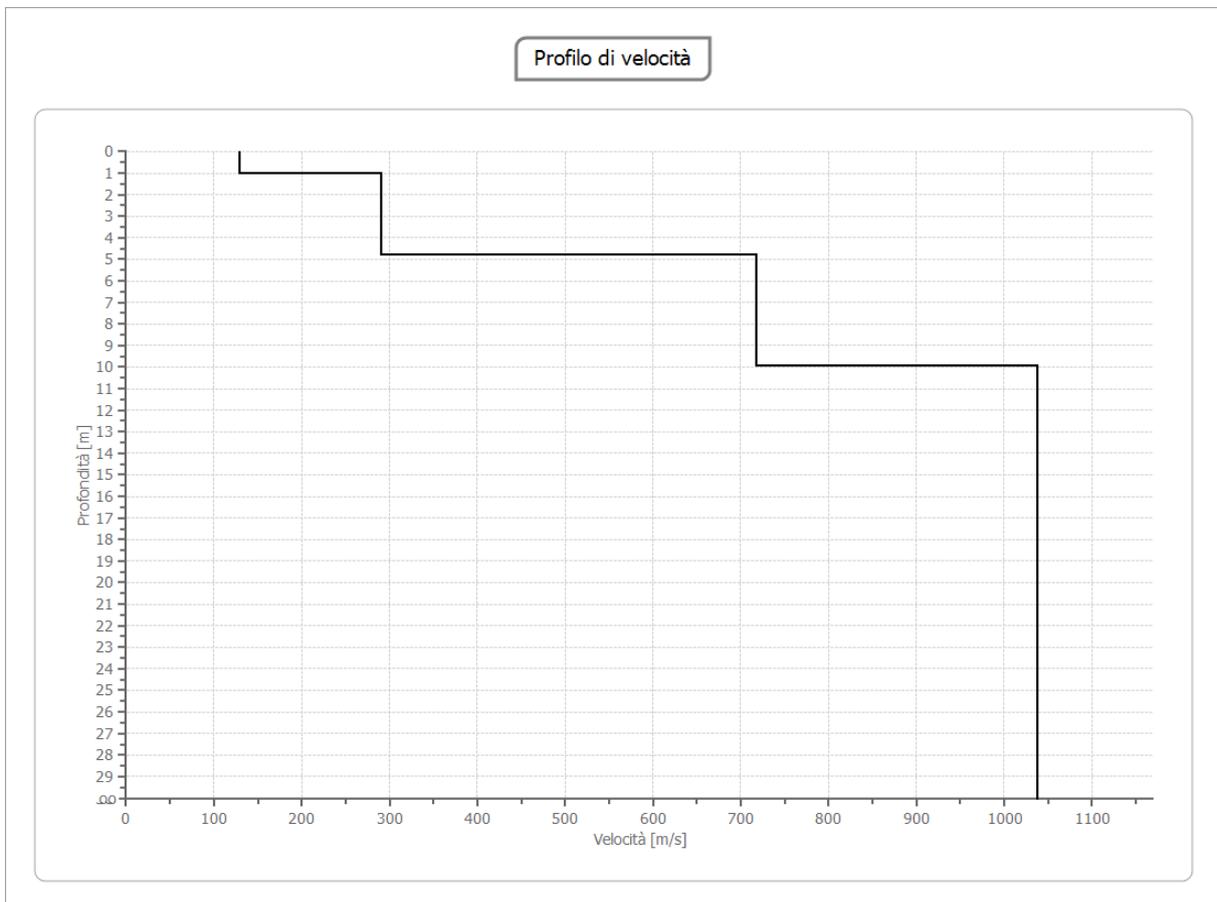


Figura 7: rappresentazione del profilo di velocità ottenuto.

7. RISULTATI

Profondità piano di posa (m)	0.0
V_{s30} (m/sec)	334
Categoria del suolo	E

Sottosuolo di tipo 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.*

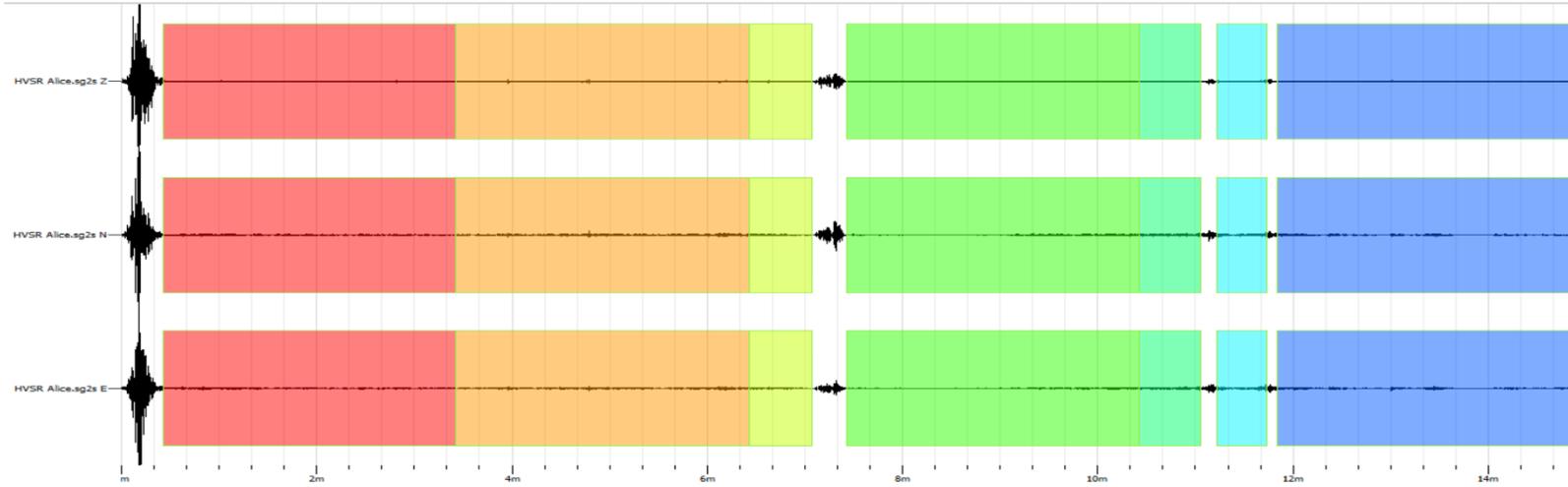


Foto 1: stendimento sismico effettuato.

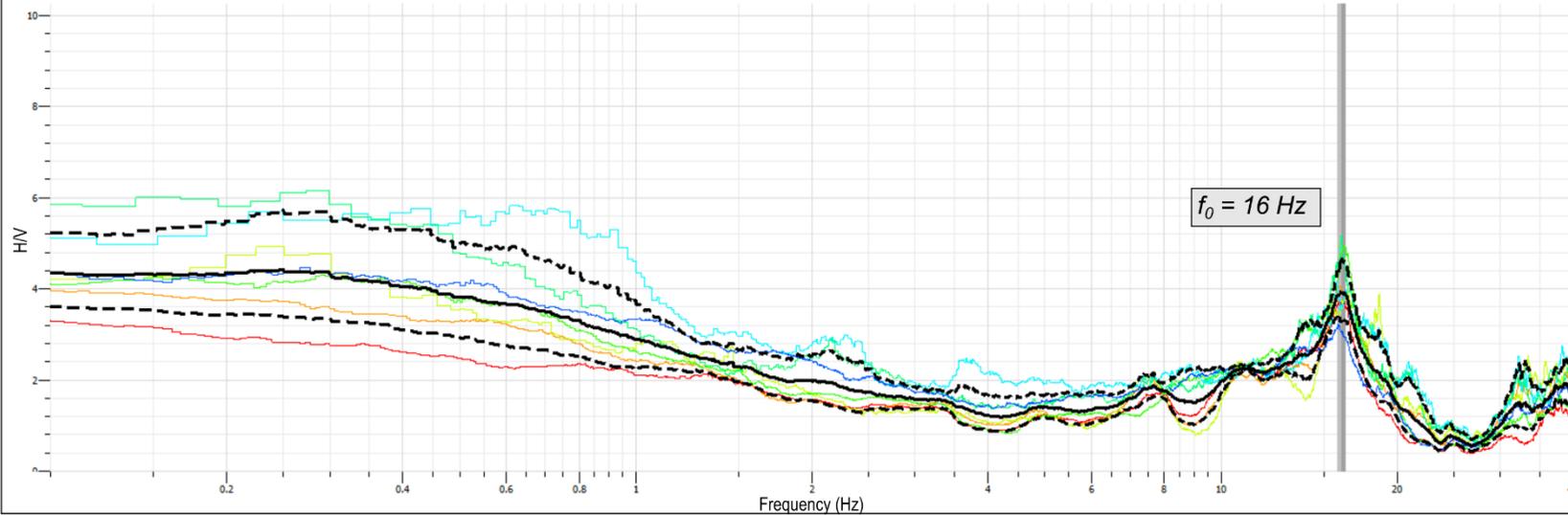
RISULTANZE DELL'INDAGINE SISMICA HVSR

Selezione delle finestre di elaborazione

Indagine HVSR1
Località: Lago d'Alice, Comune di Val di Chy (TO)
Data: 21/03/2024



Curva H/V e identificazione della frequenza di picco (f_0)



ALLEGATO FOTOGRAFICO



Foto 1: fase di realizzazione della prova DPSH1



Foto 2: fase di realizzazione della prova DPSH2



Foto 3: fase di realizzazione della prova DPSH3



Foto 4: fase di realizzazione della prova DPSH4