



Comune di Limone Piemonte



Committente:
LIFT RE S.r.l.

**RECUPERO BORGATA FACENTE PARTE
DELL'ANNUCLEAMENTO RURALE DENOMINATO
"TETTI GHERRA"**

**RELAZIONE GEOLOGICA, SISMICA
E DI PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA DEL SOTTOSUOLO**

Ai sensi del D.M. 17/01/2018 e delle N.A. del PRGC di Limone Piemonte

Maggio 2024



Studio Geologico
Dott. Geol. Piero Adamo
Via Serafino Arnaud 6 - 12100 Cuneo
+39 333 85 71 311
geologo.adamo@gmail.com
piero.adamo@pec.geologipiemonte.it



SOMMARIO

1	PREMESSA	2
2	VINCOLI E QUADRO NORMATIVO	5
3	INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO	6
4	ASSETTO IDROGEOLOGICO	9
5	INDAGINI GEOGNOSTICHE	10
5.1	Indagine MASW	11
5.2	Trincee geognostiche	13
5.4	Modello geologico	14
6	MITIGAZIONE DEL RISCHIO GEOMORFOLOGICO	15
7	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI DI FONDAZIONE	17
7.1	Modello geotecnico	20
8	CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SOTTOSUOLO	20
8.1	Pericolosità sismica di base	20
8.2	Pericolosità sismica di sito	22
9	CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	24

ALLEGATO A – Report prova MASW

ALLEGATO B – Stratigrafie trincee geognostiche

1 PREMESSA

La presente relazione illustra le risultanze delle indagini effettuate al fine di valutare la compatibilità dell'intervento in progetto dal punto di vista geologico - geomorfologico e di caratterizzare i terreni di fondazione sotto l'aspetto geotecnico e sismico.

Il progetto riguarda la realizzazione di un PEC per il recupero della Borgata di Tetti Gherra, con demolizione degli edifici esistenti e costruzione di n°5 chalet addossati al versante composti da due piani fuori terra e interrato.

Il sito di progetto è ubicato in Borgata Tetti Gherra, nel Vallone dei Gherra, lungo la viabilità esistente che conduce alla "Baita la Grögia", nel Comune di Limone Piemonte, come da inquadramento su base topografica della Regione Piemonte BDTRE e ortofoto satellitare Google Satellite 2024 nelle Figure 1 ÷ 2. Catastralmente il sito insiste sul Foglio 58 della Mappa Catastale del Comune di Limone Piemonte (Figura 3).

Le coordinate di baricentro dell'opera sono: latitudine N 44.1810538 e longitudine E 7.5791149 (coordinate WGS84); quota 1353.7 m slm ricavata da DTM Regione Piemonte passo 5m.

Per quanto riguarda le considerazioni geologico-tecniche, si è fatto riferimento alla *"Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica"*, di corredo al PRGC di Limone Piemonte, agli altri elaborati geologici di adeguamento al PAI allegati allo Strumento Urbanistico vigente ed ai dati disponibili nelle banche dati di Arpa e Regione Piemonte.

La caratterizzazione sismica dei terreni è stata eseguita tramite un'indagine associata MASW eseguita sul sito d'intervento da Techgea Srl.

Per la caratterizzazione geotecnica dei terreni si fa riferimento a tre trincee esplorative eseguite con escavatore meccanico a benna rovescia ed alla stessa prova MASW. Il riepilogo delle indagini è riportato in Allegato A.

Le indagini ed il relativo studio sono stati eseguiti in ottemperanza al D.M. 17/01/2018 ed alle Norme Tecniche d'Attuazione del vigente PRG.

Per quanto concerne le caratteristiche tecniche dell'intervento, si rimanda agli elaborati progettuali.

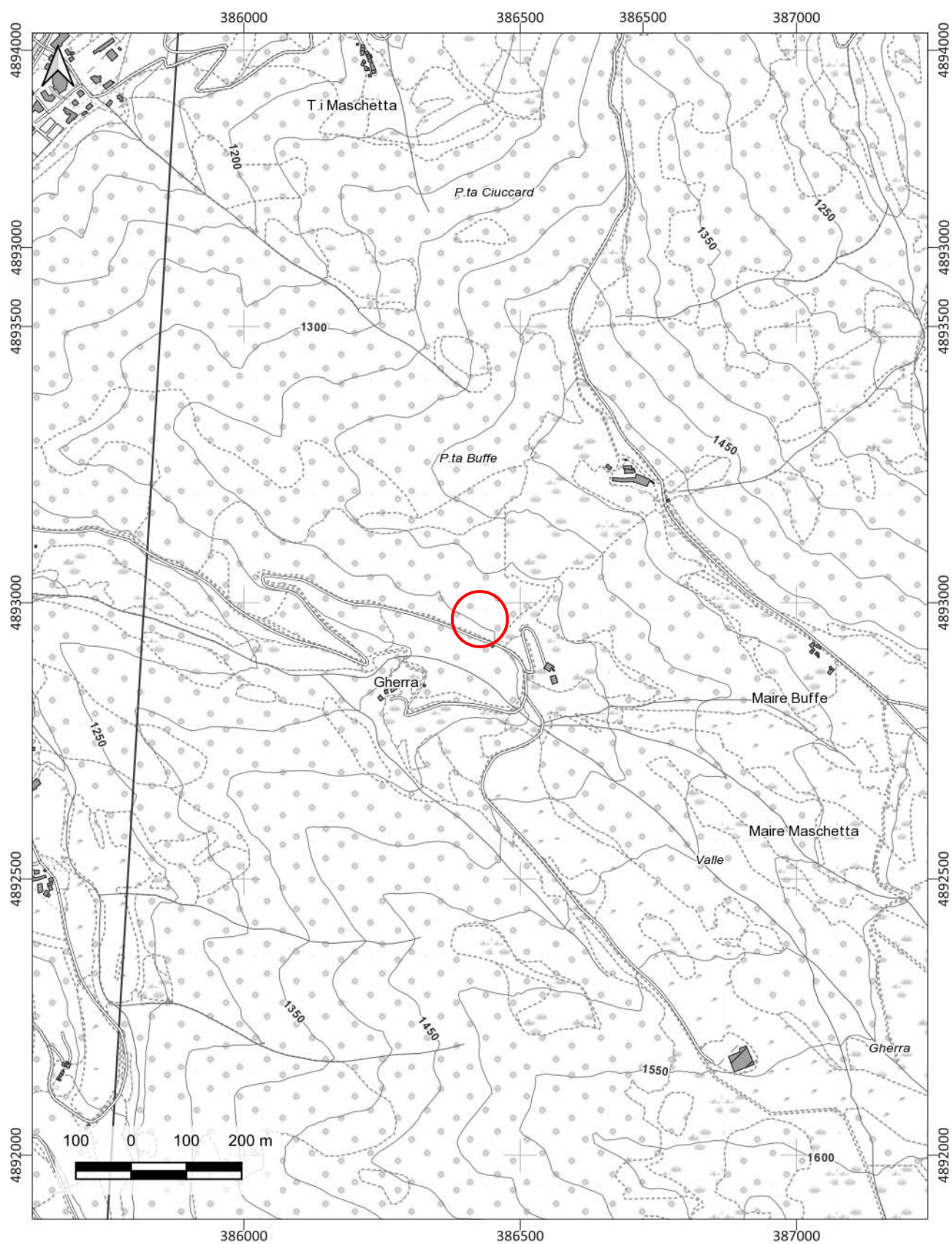


Figura 1 - Ubicazione del sito d'intervento alla scala 1:10.000. Basato su "BDTRE - Regione Piemonte".



Figura 2 – Ubicazione da immagine satellitare del sito d'intervento. Scala 1:2.000, Google Satellite 2024.

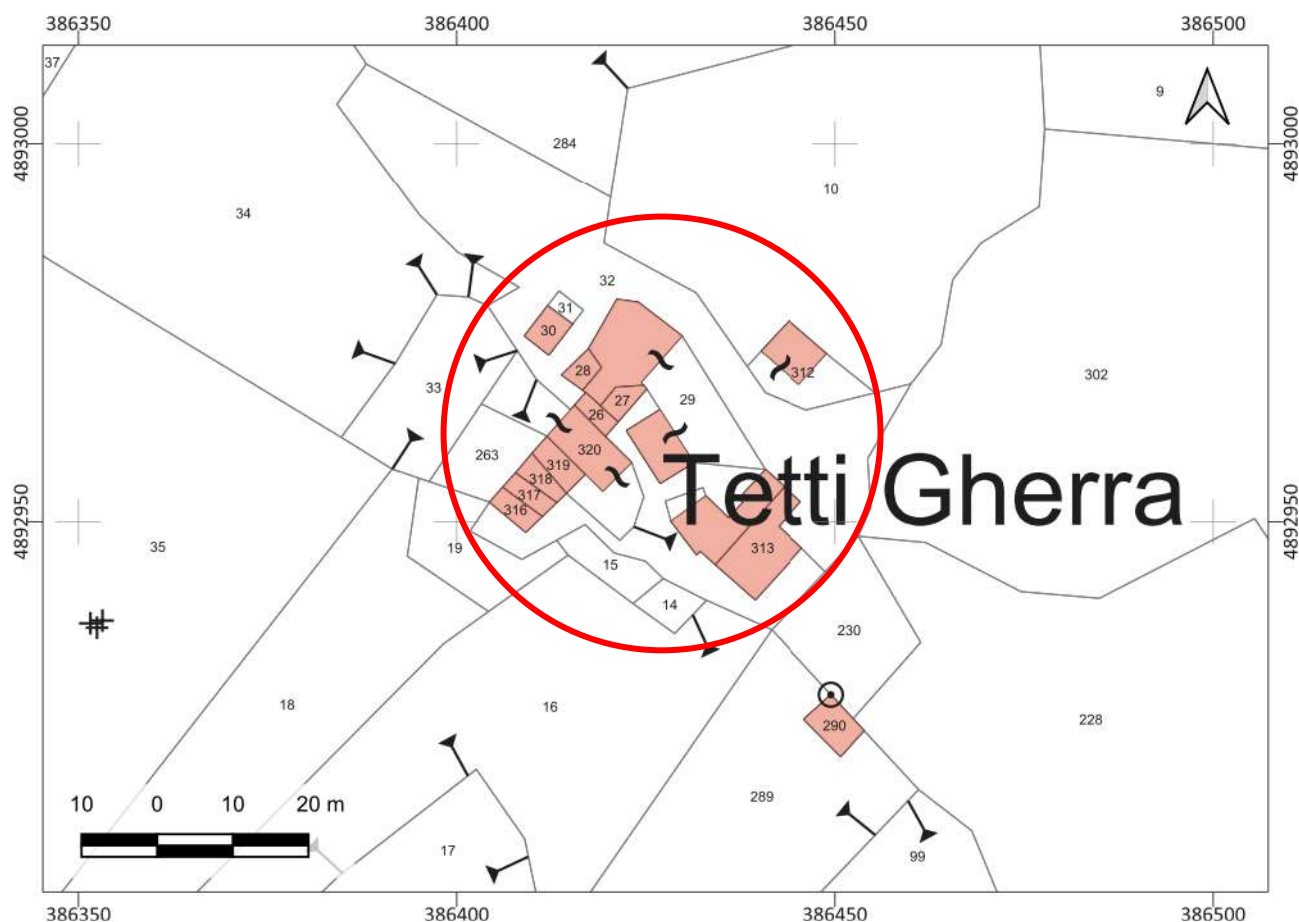


Figura 3 - Stralcio dalla Base Catastale della Regione Piemonte alla scala 1:1.000 con indicazione del sito d'intervento.

2 VINCOLI E QUADRO NORMATIVO

L'area oggetto delle indagini geologico-tecniche è totalmente compresa nella **classe IIb** di idoneità all'utilizzazione urbanistica (Figura 4).

La Classe IIb è normata dalle N.A. dello Strumento Urbanistico vigente, all'Art.33, come: *“Si richiama quanto disposto al precedente comma 2.1 con le seguenti ulteriori prescrizioni: gli interventi sono subordinati ad una indagine puntuale, supportata ove necessario, anche da verifiche di tipo analitico, atta ad individuare gli accorgimenti tecnici necessari a garantire la piena idoneità degli stessi.*

Per i settori potenzialmente allagabili dovranno essere previsti idonei sistemi di drenaggio delle acque superficiali e dovrà essere assicurata una quota del piano abitazione superiore ad 1 mt. rispetto al piano di campagna.”

Il riferimento al comma 2.1 è di seguito riportato: *“Sono consentiti tutti gli interventi urbanistico-edilizi previsti dal P.R.G.*

In sede di intervento, se questo riguarda opere interessanti scavi e fondazioni, dovranno essere previsti gli accorgimenti tecnici necessari, definiti mediante apposita relazione geologica e geotecnica sviluppata in ottemperanza al D.M. 11.03.1988, e realizzabili esclusivamente nell'ambito del lotto edificatorio e dell'intorno significativo. Gli interventi previsti non dovranno incidere in modo negativo sulle aree limitrofe né condizionarne la propensione all'edificabilità".

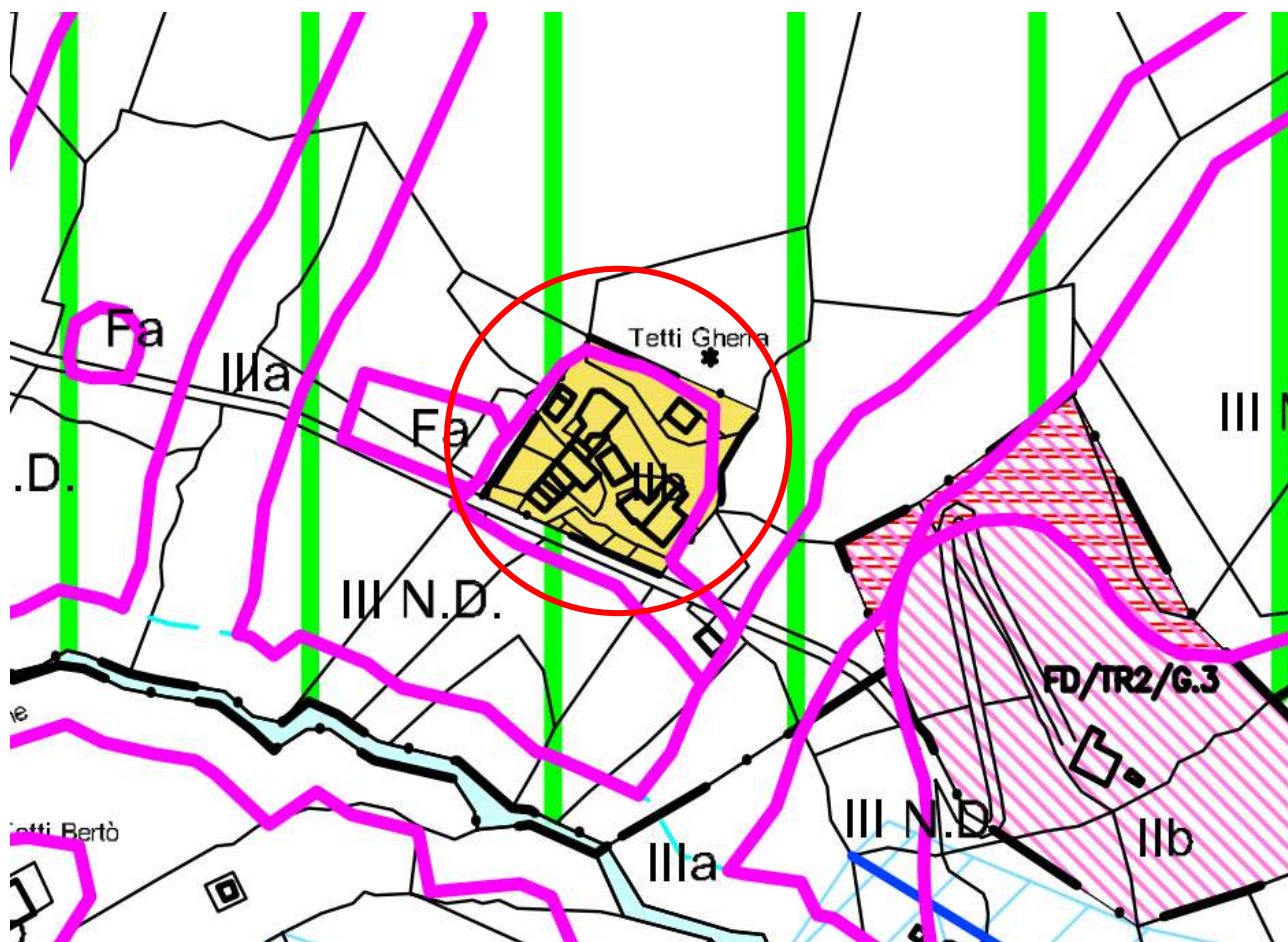


Figura 4 – Stralcio fuori scala dalla “Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell’idoneità all’utilizzazione urbanistica”. Con indicazione del sito d’intervento.

3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

L’assetto geologico locale è caratterizzato da terreni flyschoidi di copertura appartenenti alla Zona dei Flysch ad Elmintoidi della Serie San Remo - Monte Saccarello, rappresentati da alternanze regolari di argilloscisti, scisti ardesiaci, ed arenarie di età eocenica.

La giacitura dei piani di stratificazione e/o di scistosità è estremamente variabile, soprattutto in corrispondenza delle facies più scistose, l’orientazione della foliazione varia

L'assetto morfologico è controllato principalmente dal pregresso modellamento glaciale pre-olocenico e dalla dinamica fluvio-torrentizia e gravitativa recente che ha sovra inciso le precedenti forme di tipo glaciale.

Il reticolo idrografico è rappresentato nel fondovalle dal Rio dei Gherra, collocato in posizione discosta ed incisa rispetto all'area di intervento. Al margine sud-orientale dell'area è presente l'incisione torrentizia di un rio secondario, affluente di destra del Rio dei Gherra, proveniente dalla cresta di Punta Buffe (Figura 6).



Figura 6 – Vista del corso d'acqua secondari, a carattere torrentizio presente nel settore sud-est dell'area di intervento.

Tale corso d'acqua a carattere stagionale, potrebbe interessare le porzioni più prossime ad esso degli edifici in progetto in occasione di eventi di piena particolarmente intensi. La pericolosità è legata alle acque di esondazione ad alta energia e ad un certo quantitativo di trasporto solido, condizione per cui si ritiene debba essere tenuto in considerazione in fase progettuale.

Dal punto di vista della dinamica dei versanti si sottolinea che l'area è interessata da locali disequilibri della coltre di copertura detritica. In particolare, il PRGC vigente segnala un settore in frana (Fa) lungo la viabilità esistente a Ovest del sito (Figura 7). Inoltre, in occasione dell'evento alluvionale del 3-4 ottobre 2020 si è verificata una seconda piccola frana che ha coinvolto i terreni di copertura nell'area sommitale del sito d'intervento (Figura 7)

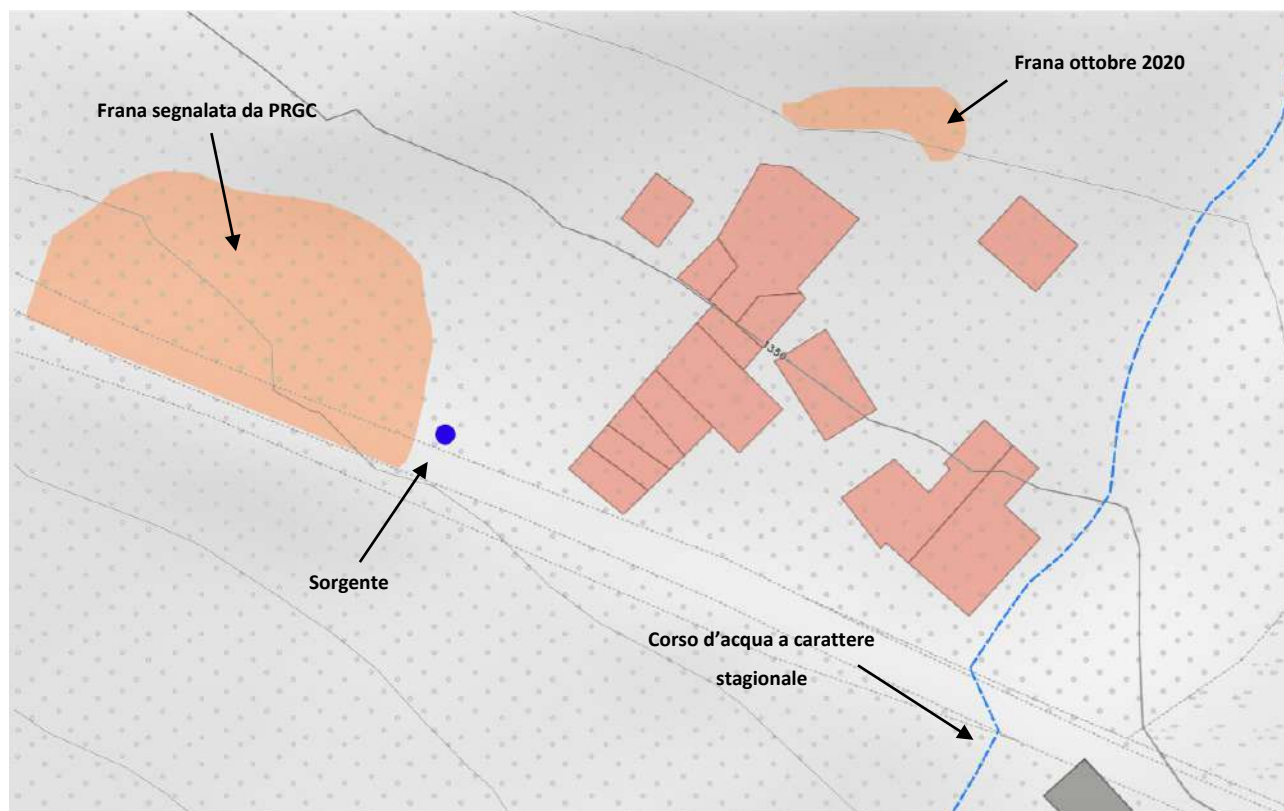


Figura 7 - Principali caratteri geomorfologici del sito di Tetti Gherra. Fuori scala.

Le acque meteoriche e di ruscellamento superficiale vengono smaltite in parte dalla rete di idrografica esistente ed in parte per infiltrazione all'interno dei depositi quaternari, che in occasione di eventi meteorologici particolarmente intensi possono raggiungere la saturazione ed essere oggetto di locali dissesti.

Non si rilevano processi erosivi superficiali di tipo areale, quali ruscellamenti diffusi o concentrati, anche in considerazione dell'efficace azione protettiva e regimante esercitata dalla coltre vegetale e dalla rete di canalizzazioni esistente.

4 ASSETTO IDROGEOLOGICO

In riferimento alla circolazione idrica ipogea, occorre distinguere tra le coltri di copertura e le rocce del substrato, contraddistinte da differenti tipi di permeabilità in funzione delle loro caratteristiche litologiche e strutturali.

I terreni di copertura presentano una permeabilità di tipo primario per porosità, mentre le rocce del substrato hanno una permeabilità di tipo secondario per fessurazione e/o fratturazione.

Nell'ambito dell'area in esame non è possibile ipotizzare l'esistenza di una vera e propria falda, ma solo la presenza di acque percolanti all'interno della coltre di copertura, che possono comunque assumere un ruolo determinante in occasione di eventi pluvio-meteorologici a carattere molto intenso e/o prolungati. Nell'area in esame e nel suo intorno significativo.

Come segnalato nella precedente Figura 7, lungo la viabilità esistente è presente una serie di venute d'acqua a carattere sorgivo (Figura 8) che indicano una certa presenza di acque percolanti nel sottosuolo all'interno dei depositi quaternari detritici scarsamente addensate il cui livello di base è rappresentato dal substrato roccioso.



Figura 8 - Acque sorgive percolanti nel sottosuolo lungo la viabilità di accesso al sito.

5 INDAGINI GEOGNOSTICHE

Nell'area in cui è prevista la realizzazione dell'intervento sono state eseguite le seguenti indagini geognostiche (Figura 9):

- n°1 prova MASW per la misurazione della velocità delle onde di taglio (V_s);
- n° 3 trincee esplorative con escavatore meccanico a benna rovescia.

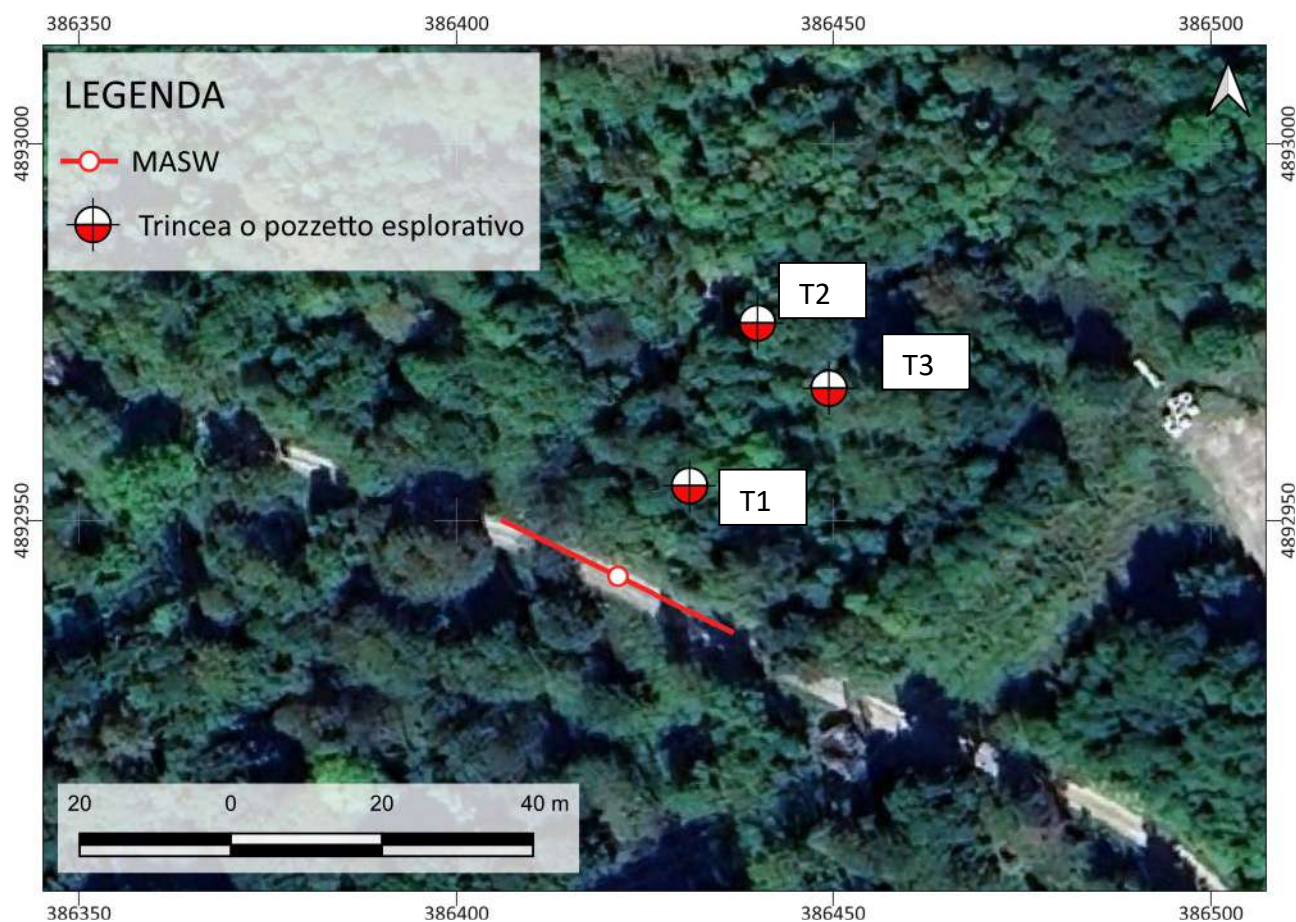


Figura 9 - Localizzazione delle indagini geognostiche e del sito d'intervento alla scala 1:2.500.

5.1 Indagine MASW

Per la definizione delle caratteristiche sismiche preliminari del terreno di fondazione ossia del profilo stratigrafico secondo le categorie previste dal D.M. 17/01/18 attraverso la valutazione della $V_{s,eq}$ è stata presa in considerazione la prova sismica di tipo MASW eseguita dallo scrivente per e per conto della società di geofisica Techgea Srl di Torino.

Lo stendimento sismico per onde di superficie è stato realizzato mediante 24 canali attivi equispaziati a 1,5 m.

L'acquisizione ai fini della prova MASW è stata realizzata con un sismografo a 24 canali Daq Link IV della Seismic Source ltd dotato di un convertitore analogico/digitale a 24 bit (Figura 10). Lo strumento è fornito di una connessione di rete standard 10/100 (base RJ45) per la comunicazione con un computer portatile su cui è installato un apposito programma (VibraScope v.6.4.1.46) che gestisce la visualizzazione, l'analisi e la memorizzazione delle forme d'onda registrate.



Figura 10 – Sismografo Daq Link IV in sito di prova

I dati relativi all'indagine sismica per onde di superficie (nel seguito MASW) sono stati elaborati con il software Surfseis V. 6.1 (Kansas University, USA), che analizza la curva di dispersione sperimentale per le onde di Rayleigh. L'inversione numerica della curva, secondo un processo iterativo ai minimi quadrati, consente di ottenere un profilo di velocità delle onde di taglio nel sottosuolo. I

I dettagli circa l'esecuzione dell'indagine MASW sono riportati in calce alla relazione in Allegato A.

La prova MASW ha permesso di ottenere una stratigrafia semplificata descritta nella Tabella 1.

Tabella 1 - Stratigrafia semplificata del sito da prova MASW

Livello	Profondità [m da p.c.]	Descrizione	Velocità Vs [m/s]
1	0.0 ÷ 4.9	Suolo superficiale scarsamente addensato	187 ÷ 375
2	4.9 ÷ 11.7	Depositi molto addensati.	551 ÷ 618
3	11.7 ÷ 30.0	Substrato sismico.	724 ÷ 1384

Il valore di $V_{s,eq}$ calcolato al piano campagna è pari a 462 m/s. È pertanto possibile definire il contesto geotecnico esaminato come suolo di classe sismica “B”.

Tabella 2 - Categoria sismica di sottosuolo

Suolo	Descrizione	Vs, [m/s]
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.	462 m/s

5.2 Trincee geognostiche

Le trincee geognostiche T1, T2 e T3 sono state eseguite con escavatore meccanico a benna rovescia per definire con precisione l’assetto litostratigrafico dei terreni più corticali sede d’imposta del piano di fondazione degli edifici in progetto.

L’indagine è stata spinta a profondità comprese tra – 2.00 e -2.50 m ed è stato possibile osservare la seguente successione stratigrafica caratterizzata da:

- 0.00 – 0.20 m suolo agrario limoso-argilloso-sabbiosi;
- 0.20 – 2.20 m depositi detritico-eluvio-colluviali costituiti da sabbie limose con clasti angolosi eterometrici (2.50 in T1);
- Oltre 2.20 m (solo in T3) cappellaccio di alterazione del substrato roccioso.

In Figura 11 sono riportate le immagini degli scavi eseguiti.



Figura 11 - Da sinistra a destra. Trincea T1, esecuzione della trincea T2 e Trincea T3.

Non è stata riscontrata la presenza di umidità o di acque percolanti nel sottosuolo benché l'esecuzione sia avvenuta in concomitanza di forti piogge continue da una settimana.

La stratigrafia di dettaglio delle trincee esplorative è consultabile nell'Allegato B.

5.4 Modello geologico

Alla luce di quanto sopra riportato, sulla base delle indagini geognostiche e geofisiche è possibile riassumere il modello geologico di sito come di seguito e come riportato nella sezione geologica di riferimento riportata in Figura 11.

- **LIVELLO 1** da 0.0 a 4.9 m (2.20 in T3) Depositi detritico eluvio colluviali di versante poco addensati costituiti da sabbie limose con clasti angolosi eterometrici;
- **LIVELLO 2** da 4.9 a 11.7 m Substrato roccioso molto alterato e fratturato o depositi glaciali addensati;
- **LIVELLO 3** da 11.7 a 30 m Substrato roccioso massivo

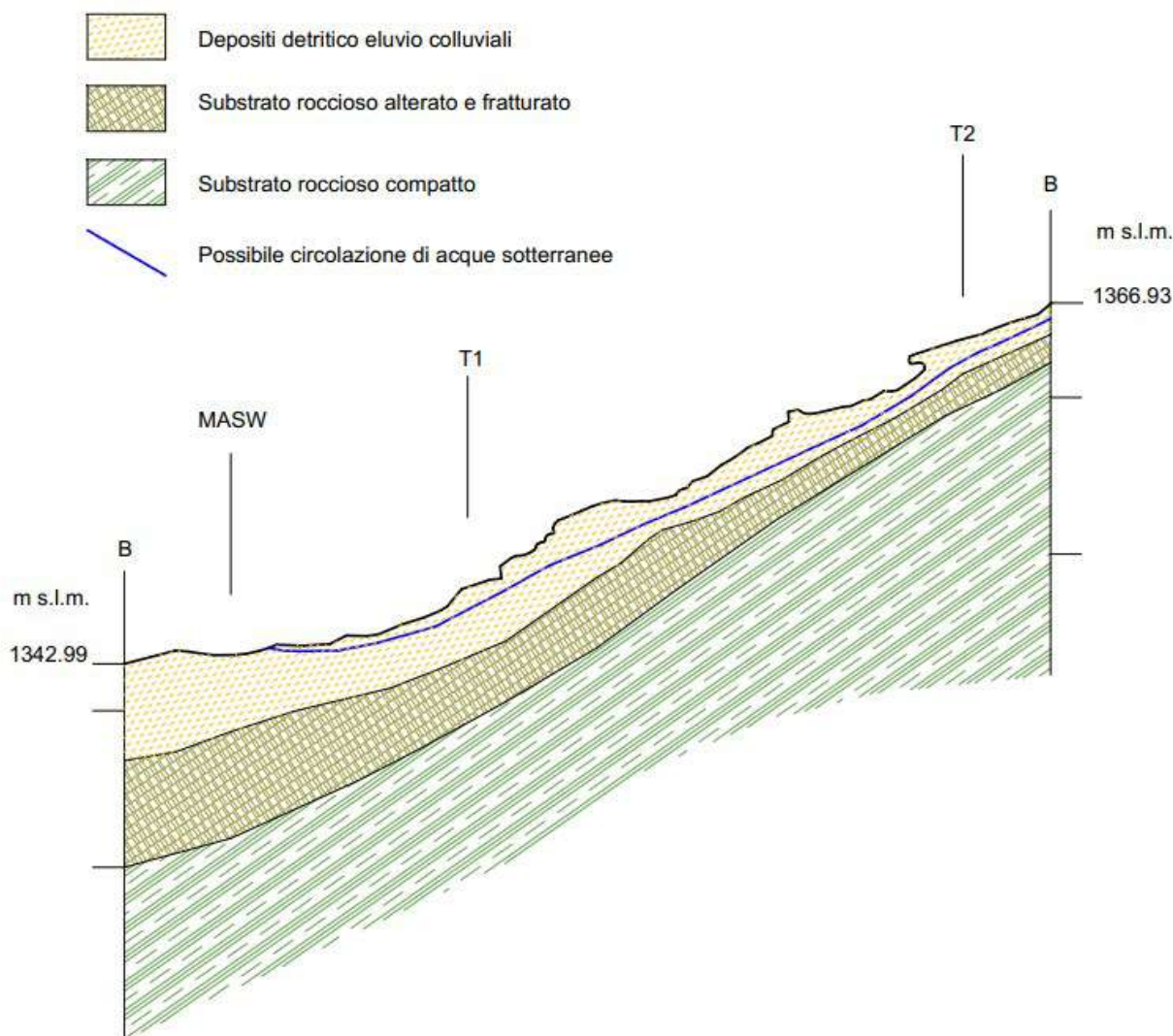


Figura 12 - Profilo geologico di riferimento per il sito basato sul profilo di rilievo dello stato attuale BB della documentazione progettuale.

6 MITIGAZIONE DEL RISCHIO GEOMORFOLOGICO

Viste le condizioni di moderata pericolosità del sito di intervento indicate dalla Classe IIb di pericolosità geomorfologica del PRGC, come riportato nelle N.t.A., si riportano di seguito alcune indicazioni merito alla mitigazione del rischio geomorfologico da esplicitare all'interno del singolo lotto edificatorio.

Alla luce di quanto sopra esposto le problematiche geomorfologiche relative all'area, riportate in Figura 13, sono le seguenti:

- presenza di un dissesto del versante esplicitatosi durante l'alluvione del 3-4 ottobre 2020;
- presenza di un piccolo rio al confine orientale dell'area di intervento;
- presenza di acque sotterranee.

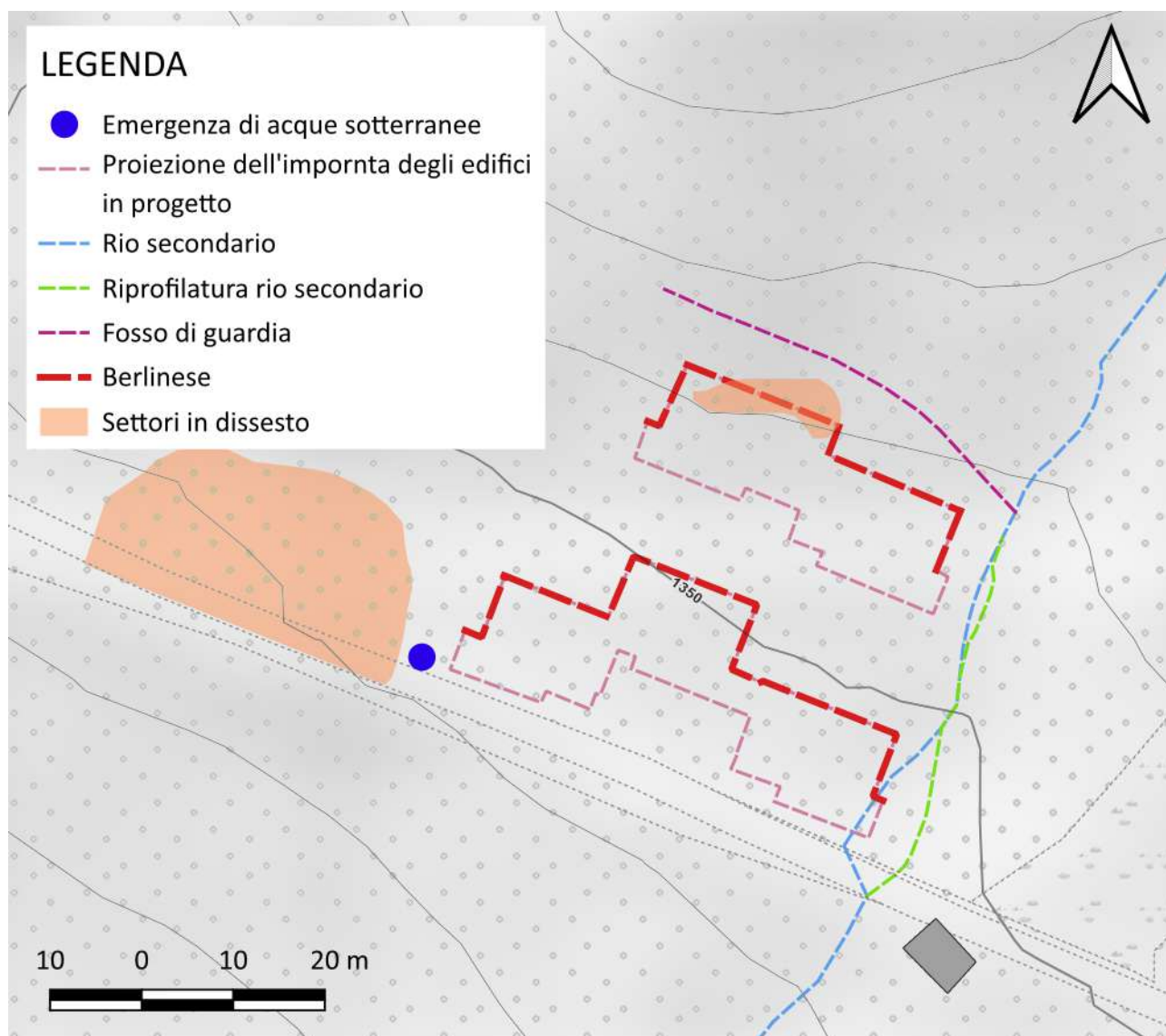


Figura 13 - Inserimento degli edifici in progetto nell'area di interesse ed interazioni con le condizioni geomorfologiche locali. Scala 1:750.

Per quanto riguarda il primo punto, alla luce della figura sopra riportata, il dissesto risalente all'alluvione del 2020 sarà in parte eliminato dallo scavo per la realizzazione degli edifici di monte. Al fine di garantire buone condizioni di stabilità del pendio si consiglia, al termine dei lavori, un'attenta riprofilatura del versante e la realizzazione di un fosso di guardia per intercettare

ed allontanare le acque provenienti dalla porzione sommitale del pendio. Tale fosso di guardia avrà come recettore finale il piccolo rio presente al confine orientale dell'area di PEC.

Visti i forti sbancamenti in progetto e le precarie condizioni di stabilità della coltre superficiale si consiglia l'utilizzo di una berlinese tirantata al fine di stabilizzare lo scavo ed evitare condizioni di pericolo.

Dietro alla berlinese, si consiglia di realizzare efficienti setti drenanti al fine di captare ed allontanare le acque sotterranee. Tali sistemi dovranno avere efficienti dispositivi di scarico che potranno essere condotti verso il recettore naturale presente in sito.

Il rio presente nel settore orientale dovrà avere una distanza minima dagli edifici in progetto di 5m, che potrà essere garantita tramite la parziale riprofilatura del sedime del corso d'acqua.

Anche la nuova viabilità di accesso agli edifici dovrà tenere conto del reticolo idrografico locale.

7 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI DI FONDAZIONE

Le caratteristiche dei terreni non consentono di valutare le proprietà geotecniche a partire da prove in sito o di laboratorio. Per tale motivo sono state eseguite delle prove sismiche, i cui parametri sismici cinematici VP e VS consentono di calcolare mediante correlazioni empiriche i moduli elastici dinamici dei terreni e delle rocce indagate. I valori che si ottengono dalle interrelazioni tra velocità delle onde di taglio e velocità delle onde di compressione integrano le informazioni geotecniche, specialmente quelle derivanti dalle prove in sito e di laboratorio, determinando una più completa conoscenza del comportamento dei materiali soprattutto in termini di deformabilità dei materiali.

Il profilo verticale delle onde di taglio può essere correlato, a titolo di esempio, al grafico di una prova penetrometrica dinamica. Tale similitudine deriva da una nota correlazione utilizzata generalmente per valutare le velocità delle onde di taglio a partire da dati penetrometrici. Nel caso in esame, per derivare il valore di N_{SPT} si è utilizzata la formula di Ohta and Goto (1978):

$$VS = 85.35 \cdot (N_{SPT})^{0.348}$$

Noto il valore di N_{SPT} è possibile derivare direttamente il valore di angolo di attrito (trattandosi di terreni grossolani a comportamento esclusivamente attritivo. Per derivare l'angolo di attrito si è utilizzato il metodo di correlazione diretta RBS (Road Bridge Specification) che si basa sulla seguente relazione:

$$\phi' = (15 * N_{norm})^{0.5} + 15$$

Per velocità elevate il valore di N_{SPT} perde di significato e si assume che l'eventuale prova sia andata a rifiuto.

Oltre al valore dell'angolo di attrito e al grado di addensamento dei materiali, dalle prove sismiche è possibile definire la densità (peso di volume), il coefficiente di Poisson ed il modulo di taglio. La densità si può stimare attraverso la seguente relazione:

$$\gamma = 0.51 \times V_p^{0.19}$$

Tale relazione apparentemente diretta, rappresenta una tendenza media di molte litologie, in situazioni di pressioni a regime normale e saturazione ad acqua (Gardner et al., 1974).

Il coefficiente di Poisson rappresenta il rapporto tra le deformazioni Indotte in direzione orizzontale e quelle in direzione verticale:

$$\nu = \frac{\varepsilon_l}{\varepsilon_p}$$

La relazione tra tale coefficiente e i valori di velocità delle onde P e S è espressa in funzione del rapporto V_p/V_s (costante e caratteristico per ogni tipo di materiale) dalla seguente equazione:

$$\nu = \frac{V_p^2 - 2 \times V_s^2}{2 \times (V_p^2 - V_s^2)}$$

Il modulo di Taglio fornisce una misura della resistenza dei materiali agli sforzi di taglio. Conoscendo la velocità di propagazione delle onde S, si calcola il modulo di taglio dinamico dalla seguente relazione:

$$G_{din} = \gamma \times V_s^2$$

Il modulo di Young o di Elasticità normale definisce la deformazione longitudinale di un corpo intesa come il rapporto tra l'allungamento e la lunghezza originale del corpo stesso. In funzione dei valori di velocità delle onde di compressione V_p , della densità e del coefficiente di Poisson, si calcola il modulo elastico dinamico dalla seguente relazione:

$$E_{din} = V_p^2 \times \gamma \times \frac{(1 + \vartheta) \times (1 - 2\vartheta)}{(1 - \vartheta)}$$

Il modulo di Compressibilità definisce una deformazione raggiunta nel caso di applicazione di uno sforzo tridimensionale di pari entità lungo le tre componenti cartesiane. La deformazione è rappresentata da una variazione di volume che viene definita numericamente dall'inverso del coefficiente di compressibilità, ovvero, in funzione dei valori del Modulo di Elasticità e del coefficiente di Poisson, secondo la seguente relazione:

$$K_{din} = \frac{E_{din}}{3 \times (1 - 2 \times \vartheta)}$$

Nella seguente Tabella 4 sono elencati i valori dei parametri geotecnici calcolati secondo le relazioni precedentemente definite. Il punto scelto per il campionamento delle velocità ai fini del computo dei moduli dinamici è il punto centrale dello stendimento sismico per onde di superficie.

Tabella 3 - Riepilogo correlazioni Vs-Nspt-Parametri geotecnici.

TABELLA COMPLETA PARAMETRI GEOTECNICI (moduli in [kg/cm ²])									
Profondità [m]	Vp [m/s]	Vs [m/s]	v [-]	γ [g/cm ³]	N-SPT	Φ' [°]	E _{din} [kg/cm ²]	G _{din} [kg/cm ²]	K _{din} [kg/cm ²]
-0.6	687	330	0.35	1.59	48	42	466.6	172.8	518.5
-1.3	389	187	0.35	1.38	9	27	130.0	48.2	144.5
-2.3	735	353	0.35	1.61	50	45	543.0	201.1	603.4
-3.4	572	275	0.35	1.52	29	36	309.6	114.7	344.0
-4.9	781	375	0.35	1.64	50	45	622.2	230.4	691.3
-6.7	1286	618	0.35	1.86	50	45	1914.5	709.1	2127.2
-8.9	1264	607	0.35	1.85	50	45	1838.7	681.0	2043.0
-11.7	1147	551	0.35	1.80	50	45	1478.8	547.7	1643.1
-15.3	1507	724	0.35	1.93	50	45	2733.6	1012.5	3037.4
-30	2881	1384	0.35	2.27	50	45	11745.8	4350.3	13050.9

Si osservi che:

- per l'angolo di attrito Nspt > 50 si ottengono valori ampiamente sovrastimati (45°) si imposta quindi, sulla base della bibliografia nota, un angolo di attrito massimo pari a 40°;
- in considerazione del tipo di terreni (ghiaie e sabbie con ciottoli e blocchi) la coesione è cautelativamente nulla;

- i valori in rosso, appartenenti a livelli cui seguono inversioni di velocità delle Vs, sono stati scartati dall'analisi;
- i valori di peso di volume sono spesso sottostimati.

7.1 Modello geotecnico

Viene di seguito riportato il modello geotecnico in cui si distinguono tre unità geotecniche (UG) in cui UG1 e UG2 sono incluse nel livello I del modello geologico, mentre UG3 corrisponde al livello II del modello (Tabella 5).

Tabella 4 - Modello geotecnico.

Unità Geotecnica	Descrizione	Prof. [m]	Nspt	γ_{dry} [t/mc]	ϕ' [°]	E [Kg/cm ²]
UG1	Sabbie limose e ghiaie sciolte o poco addensate	0 ÷ 1.50	9	1.60	27°	130
UG2	Sabbie limose e ghiaie addensate	1.50 ÷ 4.90	29	1.70	36°	309
UG3	Basamento roccioso estremamente alterato e fratturato	da 4.90	50	1.85	40°	1914

8 CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SOTTOSUOLO

8.1 Pericolosità sismica di base

Nell'allegato 1 ("criteri per l'individuazione delle zone sismiche - individuazione, formazione e aggiornamento degli elenchi nelle medesime zone") dell'O.P.C.M. n. 3274 del 20/03/03 recante "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica", il Comune di Limone Piemonte è stato classificato in Zona sismica 3. Tale classificazione è stata recepita dalla Giunta Regionale con D.G.R. n. 61 - 11017 del 17/11/03.

Successivamente, in ottemperanza all'O.P.C.M. n. 3519 del 28/04/2006, la Regione Piemonte, con D.G.R. n. 11-13058 del 19/01/2010 "Aggiornamento e adeguamento dell'elenco delle zone sismiche", ha riclassificato il Comune in Zona sismica 3s.

La più recente classificazione sismica del territorio regionale, adottata con D.G.R. n. 6 - 887 del 30.12.2019 “Preso d’atto ed approvazione dell’aggiornamento della classificazione sismica del territorio della Regione Piemonte”, ha confermato il Comune di Limone Piemonte in Zona sismica 3s.

L’O.P.C.M. n. 3519 del 24/04/2006 individua i valori di pericolosità sismica dell’intero territorio nazionale su un’apposita cartografia prodotta dall’INGV, con griglia di riferimento pari a 0,05° poi infittita a 0,02°, espressa in termini di accelerazione massima del suolo a_g con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, riferita a suoli rigidi. Le coordinate dei punti della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il sito e valori della distanza rispetto al punto in esame sono le seguenti:

	ID	Latitudine [°]	Longitudine [°]	Distanza [m]
Sito 1	17564	44,186440	7,561534	1580,6
Sito 2	17565	44,189910	7,631029	4139,1
Sito 3	17787	44,140030	7,635837	6426,8
Sito 4	17786	44,136570	7,566387	5164,0

Tale cartografia, per il sito in esame, fornisce un valore di accelerazione del suolo, riferito a suoli rigidi, di 0,025-0,050 g con probabilità di eccedenza pari al 10% in 50 anni. I parametri relativi alla pericolosità di base sono riportati nella tabella sottostante ed in Figura 14.

	Prob. superamento [%]	Tr [anni]	a_g [g]	Fo [-]	Tc* [s]
Operatività (SLO)	81	30	0,035	2,546	0,197
Danno (SLD)	63	50	0,049	2,509	0,223
Salvaguardia della vita (SLV)	10	475	0,144	2,480	0,291
Prevenzione dal collasso (SLC)	5	975	0,190	2,489	0,306

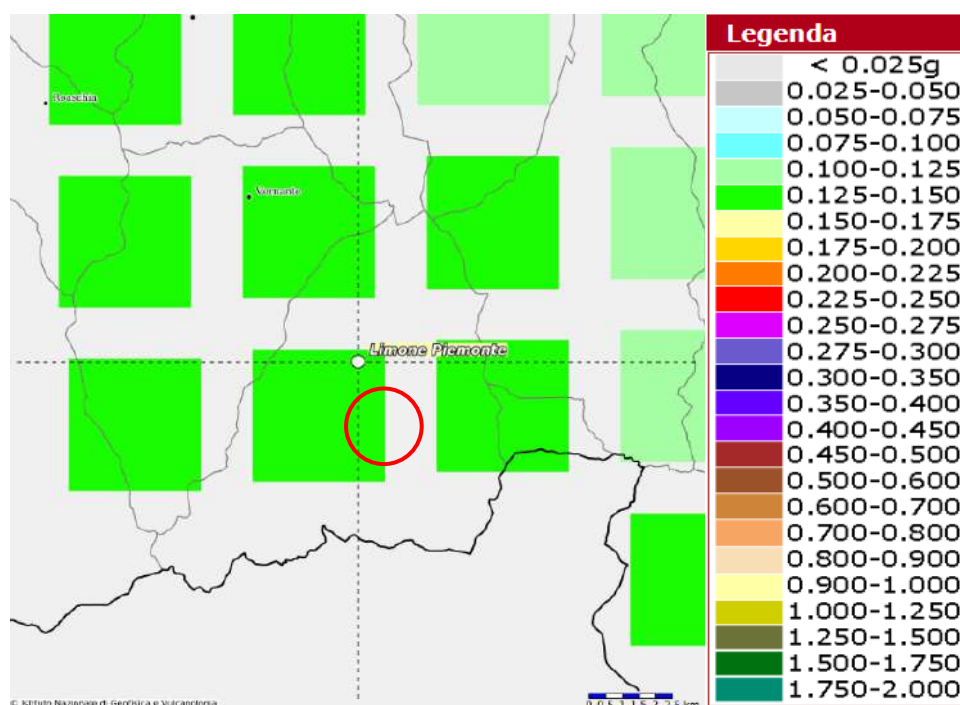


Figura 14 -Valore di scuotimento atteso con una probabilità di eccedenza pari al 10% in 50 anni su suolo rigido e morfologia pianeggiante. Con indicazione dell'area di intervento. Da Modello di pericolosità sismica MPS04-S1 – INGV 2006.

8.2 Pericolosità sismica di sito

Con riferimento all'individuazione della categoria del profilo stratigrafico del sottosuolo di fondazione, come definito dal D.M. 17/01/18 "Norme tecniche per le costruzioni", tenuto conto dell'indagine sismica effettuata, si ritiene che questo possa essere attribuito alla **categoria B**, così di seguito definita: "Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s)".

Per quanto concerne la vulnerabilità sismica, si fa presente che nell'area indagata non si riscontra la presenza di elementi morfologici e/o di natura geotecnica che possano eventualmente determinare, a livello locale, effetti di amplificazione delle sollecitazioni sismiche.

Con riferimento alle proprietà geotecniche dei terreni, considerando le loro caratteristiche granulometriche e l'assetto idrogeologico, si esclude la possibilità che si verifichino fenomeni di liquefazione.

Ai sensi della vigente normativa, inoltre, la verifica della possibilità di liquefazione dei terreni in condizioni sismiche in alcuni casi può essere omessa (N.T.C. § 7.11.3.4.2).

Nel caso di studio tale verifica non è stata eseguita in quanto la distribuzione granulometrica dei terreni di fondazione è esterna alle zone indicate nelle figure 7.11.1(a) nel caso di “terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ e 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$ ” (N.T.C. § 7.11.3.4.2 - Fig. 7.11.1a / 7.11.1b).

Per il sito in esame si può considerare un fattore di amplificazione topografica S_T massimo pari a 1,2 (N.T.C. § 3.2.3 - Tab. 3.2.III), tenuto conto che si tratta di una superficie posta su un pendio con inclinazione media $> 15^\circ$, essa sarà compresa nella categoria di amplificazione topografica T2 (N.T.C. § 3.2.3 - Tab. 3.2.IV).

l'incremento del fattore di amplificazione topografica (S_T) può essere calcolato dalla seguente relazione:

$$S_T = [0,2 * (H - H_o) / (H_i - H_o)] + 1$$

In cui: H = quota opera; H_o = quota fondovalle; H_i = quota cresta

$$H = 949; H_o = 919 \quad ; H_i = 1015$$

$$S_T = [0,2 * (34) / (199)] + 1$$

$$S_T = 1,003$$

Il fattore di amplificazione topografica (S_T) è pari a 1,003

I coefficienti sismici da utilizzare per la stabilità di pendii e fondazioni da utilizzare solo i seguenti, calcolati con il programma Geostru-PS.

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s ²]	Beta [-]
SLO	1,200	1,520	1,200	0,010	0,005	0,500	0,200
SLD	1,200	1,480	1,200	0,014	0,007	0,687	0,200
SLV	1,200	1,410	1,200	0,050	0,025	2,035	0,240
SLC	1,200	1,390	1,200	0,066	0,033	2,684	0,240

9 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Su incarico della LIFT Re S.r.l. è stata redatta la presente relazione geologica in merito al progetto di ristrutturazione della Borgata Tetti Gherra. Gli esiti delle verifiche, unitamente ai dati di bibliografia, hanno delineato un quadro geologico caratterizzato dai seguenti elementi:

- l'area è interessata da moderata pericolosità geomorfologica, esplicitata nel testo della relazione, per cui è inserita in classe IIb di pericolosità geomorfologica del PRGC;
- le opere in progetto risultano essere compatibili con le condizioni di dissesto locali e con la loro potenziale evoluzione;
- dal punto di vista sismico, l'area si colloca in Zona 3s e presenta una categoria di suolo sismico B (determinata con prova di tipo MASW). I terreni non sono soggetti a liquefazione in condizioni sismiche;
- la sequenza litostratigrafica è così individuabile:
 - LIVELLO 1 da 0.0 a 4.9 m (2.20 in T3) Depositi detritico eluvio colluviali di versante poco addensati costituiti da sabbie limose con clasti angolosi eterometrici;
 - LIVELLO 2 da 4.9 a 11.7 m Substrato roccioso molto alterato e fratturato o depositi glaciali addensati;
 - LIVELLO 3 da 11.7 a 30 m Substrato roccioso massivo.
- È stata riscontrata la presenza di acque di percolazione sotterranea nei depositi sciolti superficiali;
- dall'analisi dei risultati delle indagini geofisiche e geognostiche è stato elaborato il modello geotecnico di cui alla tabella sotto riportata con piano di fondazione previsto all'interno della UG2.

Unità Geotecnica	Descrizione	Prof. [m]	Nspt	γ_{dry} [t/mc]	ϕ' [°]	E [Kg/cm ²]
UG1	Sabbie limose e ghiaie sciolte o poco addensate	0 ÷ 1.50	9	1.60	27°	130
UG2	Sabbie limose e ghiaie addensate	1.50 ÷ 4.90	29	1.70	36°	309
UG3	Basamento roccioso estremamente alterato e fratturato	da 4.90	50	1.85	40°	1914

- Dal punto di vista tecnico operativo si suggerisce la realizzazione di un berlese tirantata per garantire la stabilità del versante e degli sbancamenti necessari per la realizzazione degli edifici;
- predisporre, a tergo dei muri controterra, efficienti sistemi di drenaggio (setti drenanti e/o intercapedini con relativi dispositivi di scarico) per l'intercettazione e lo smaltimento delle acque di infiltrazione percolanti nel sottosuolo;
- si consiglia la realizzazione di un fosso di guardia a monte dell'area per intercettare le acque di ruscellamento superficiale che possano interessare l'area di intervento;
- il rio al margine dell'area di intervento dovrà avere una fascia di rispetto minima di 5 m dai muri perimetrali degli edifici in progetto che potrà essere realizzata anche tramite parziale rettifica del sedime del corso d'acqua. Per quanto riguarda il dettaglio delle prescrizioni elencate si rimanda al capitolo 6 della relazione.

Con il presente documento è stato espletato l'incarico ricevuto. Durante la realizzazione degli scavi la D.L. dovrà, avvalersi dello scrivente (professionista incaricato) per la verifica delle condizioni dei luoghi, provvedendo, eventualmente, ad integrare i dati raccolti e le considerazioni formulate in questa fase di studio con tutti gli elementi ottenuti tramite misure ed osservazioni nel corso dei lavori, differendo, nel caso, il progetto esecutivo per adeguare, di conseguenza, l'opera alle situazioni riscontrate.

ALLEGATO A

Report indagine MASW

LIFT RE

Sito:
Tetti Gherra, Limone Piemonte (CN)



Indagine sismica con metodologia MASW finalizzata alla determinazione
del parametro $V_{s_{eq}}$ per la classificazione sismica dei suoli

Relazione Tecnica

Relazione n.: 24-154
Revisione n.: 0
Data: Aprile 2024
Redatto da: Geol. E. Duò, Geol. P. Adamo
Controllato da: Dott. Geol. Mario Naldi

1	Introduzione	pag. 1
2	Strumentazione utilizzata	pag. 1
3	Acquisizione ed elaborazione dati	pag. 1
4	Normativa sismica vigente	pag. 2
5	Risultati della prova MASW	pag. 4

ALLEGATO A Certificato esito prova MASW

ALLEGATO B Cenni teorici sulla metodologia MASW

1 INTRODUZIONE

La presente relazione illustra e descrive le indagini geofisiche di tipo sismico (MASW – Multichannel Analysis of Surface Waves) realizzate presso:

Sito:	Tetti Gherra, Limone Piemonte (CN)			Regione:	Piemonte
Norm. regione:	D.G.R. n. 6-887 del 30.12.2019 e s.m.i.			Zona sismica:	3s
Progetto:	Recupero Borgata Tetti Gherra				
Coordinate GPS	Datum: WGS84	Proiezione: UTM	Zona: 32N	EST: 386420.47	NORD: 4892942.97

Scopo dell'indagine è definire il parametro $V_{s_{eq}}$ per la classificazione sismica dei suoli (in accordo al D.M. 17.01.2018 e successivi aggiornamenti). In quanto segue si illustrano ed analizzano i risultati ottenuti.

2 STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

L'acquisizione dei dati sismici è stata realizzata con un sismografo a 24 canali dotato di un convertitore analogico/digitale a 24 bit (unità Daq Link IV, Seismic Source Ltd.). Lo strumento è fornito di una connessione di rete standard 10/100 (base RJ45) per la comunicazione con un computer portatile su cui è installato un apposito programma (VibraScope® v.2.4.40) che gestisce la visualizzazione, l'analisi e la memorizzazione delle forme d'onda registrate.

I geofoni utilizzati (Weihai Sunfull) possiedono una frequenza di risonanza pari 4.5 Hz con distorsione inferiore allo 0.2%.

L'energizzazione si è ottenuta con massa battente da 10 Kg su piastra metallica. Per l'innesco (trigger) si è utilizzato uno "shock sensor" collegato alla mazza battente e connesso via cavo al sismografo.

Cenni relativi alla metodologia di indagine sono riportati in Appendice B.

3 ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DATI

Come detto nel capitolo introduttivo, l'indagine ha previsto la realizzazione di una prova MASW, la cui ubicazione viene riportata in Allegato A – pag. 1).

La prova, secondo quanto previsto dagli standard internazionali riportati nella Tabella 1 della pagina seguente, è stata eseguita con un set-up di acquisizione composto da:

Geofoni	Numero 24	Frequenza [Hz] 4.5	Interasse [m] 1.5	Lungh. linea [m] 34.5
Energizzazioni	Mazza [Kg] 10	Punti energ. [n°] 6	Max dist.da G1 [m] 16.5	Min dist.da G1 [m] 1.5

Per ogni punto di energizzazione sono stati generati almeno 3 impulsi sismici.

Tabella 1 - Disposizione geometrica ottimale su linea MASW in relazione alla profondità di indagine

Recommended Values in ()														
Depth (Z_{max}) ¹ (m)	Source (S) ² (lb)	Receiver (R) ³ (Hz)	Receiver Spread (RS) (m)				SR Move ⁶ (dx)			Recording ³				
			Length ⁴ (D)	Source Offset ⁵ (X ₁)	Receiver Spacing (dx)		Lateral Resolution ⁷			dt ⁹ (ms)	T ¹⁰ (sec)	Vertical Stack ¹¹		
					24-ch*	48-ch	High	Medium	Low			C	N	VN
≤ 1.0	≤ 1 (1)**	4.5-100 (40)	1-3 (2.0)	0.2-3.0 (0.4)	0.05-0.1 (0.1)	0.02-0.05 (0.05)	1-2 (1)	2-4 (2)	4-12 (4)	0.5-1.0 (0.5)	0.5-1.0 (0.5)	1-3 (3)	3-5 (5)	5-10 (10)
1-5	1-5 (5)	4.5-40 (10)	1-15 (10)	0.2-15 (2)	0.05-0.6 (0.5)	0.02-0.3 (0.25)	1-2 (1)	2-4 (2)	4-12 (4)	0.5-1.0 (0.5)	0.5-1.0 (0.5)	1-3 (3)	3-5 (5)	5-10 (10)
5-10	5-10 (10)	≤ 10 (4.5)	5-30 (20)	1-30 (4)	0.2-1.2 (1.0)	0.1-0.6 (0.5)	1-2 (1)	2-4 (2)	4-12 (4)	0.5-1.0 (0.5)	0.5-1.0 (1.0)	1-3 (3)	3-5 (5)	5-10 (10)
10-20	≥ 10 (20)	≤ 10 (4.5)	10-60 (30)	2-60 (10)	0.4-2.5 (1.5)	0.2-1.2 (1.0)	1-2 (1)	2-4 (2)	4-12 (4)	0.5-1.0 (0.5)	1.0-2.0 (1.0)	1-3 (3)	3-5 (5)	5-10 (10)
20-30	≥ 10 (20)	≤ 4.5 (4.5)	20-90 (50)	4-90 (10)	0.8-3.8 (2.0)	0.4-1.9 (1.5)	1-2 (1)	2-4 (2)	4-12 (4)	0.5-1.0 (1.0)	1.0-2.0 (1.0)	1-3 (3)	3-5 (5)	5-10 (10)
30-50	≥ 10 (20) or passive	≤ 4.5 (4.5)	30-150 (70)	6-150 (15)	1.2-6.0 (3.0)	0.6-3.0 (2.0)	1-2 (1)	2-4 (2)	4-12 (4)	0.5-1.0 (1.0)	1.0-3.0 (1.0)	1-3 (3)	3-5 (5)	5-10 (10)
> 50	≥ 10 (20) or passive	≤ 4.5 (4.5)	> 50 (150)	> 10 (30)	> 2.0 (6.0)	> 1.0 (4.0)	1-2 (1)	2-4 (2)	4-12 (4)	0.5-1.0 (1.0)	≥ 1.0 (2.0)	1-3 (3)	3-5 (5)	5-10 (10)

I dati acquisiti sono stati elaborati con il software Surfseis V. 6.4.1 (Kansas University, USA), che analizza la curva di dispersione sperimentale per le onde di Rayleigh. L'inversione numerica della curva, secondo un processo iterativo ai minimi quadrati, consente di ottenere un profilo di velocità delle onde di taglio nel sottosuolo.

4 NORMATIVA SISMICA VIGENTE

La normativa vigente individua come parametro di riferimento per la classificazione sismica dei suoli la velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio $V_{S,eq}$ (in m/s) e viene calcolato mediante l'espressione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

h_i = spessore dello strato i-esimo (espresso in m)
 $V_{S,i}$ = velocità delle onde di taglio dell'i-esimo strato (espressa in m/s)
 N = numero di strati
 H = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_S non inferiore a 800

Nella Tabella 2 riportata nella pagina seguente, si presenta la classificazione sismica prevista dal Decreto Ministeriale del 17.01.2018 (T.U. costruzioni).

Tabella 2 - Classificazione del tipo di suolo secondo la vigente normativa sismica italiana

TIPO DI TERRENO	PROFILO STRATIGRAFICO	$V_{s,eq}$ [m/s]
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più	> 800
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.	< 800 > 360
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.	< 360 > 180
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 a 180 m/s.	< 180 > 100
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C e D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.	

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 metri, la velocità equivalente delle onde di taglio VS_{eq} è definita dal parametro VS_{30} , ottenuto ponendo $H=30$ m. nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Le suddette classi di suolo consentono il calcolo semplificato delle azioni sismiche secondo le indicazioni fornite al § 3.2.3 delle NTC 2018; per qualsiasi condizione di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti, è necessario predisporre specifiche analisi di risposta locale per la definizione delle azioni sismiche.

5 RISULTATI DELLA PROVA MASW

L'analisi del profilo stratigrafico, riportato in Allegato A – pag. 2, evidenzia un assetto sismo-stratigrafico descritto nella tabella seguente.

Livello	Profondità [m da p.c.]	Descrizione	Velocità Vs [m/s]
1	0 ÷ 4.9	Primo sismostrato costituito da depositi sciolti o scarsamente addensati	187 ÷ 375
2	4.9 ÷ 11.7	Secondo sismostrato costituito da depositi a medio-alto addensamento	551 ÷ 618
3	11.7 ÷ 30	Terzo sismostrato corrispondente al substrato sismico	724 ÷ 1384

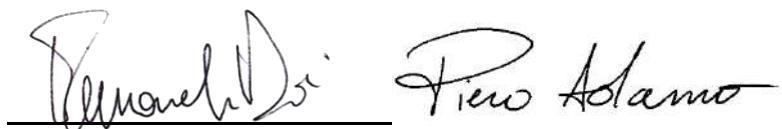
Il valore di $V_{s_{eq}}$ calcolato al piano campagna è pari a 249 m/s. Pertanto è possibile definire il contesto geotecnico esaminato come suolo di classe sismica "C".

$V_{s_{eq}}$ [m/s]	Classe di suolo	Profilo stratigrafico
462	B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

Techgea S.r.l.

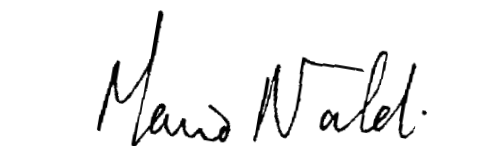
Relazione redatta da:

Geol. E. Duò, Geol. P. Adamo



Controllata da:

Dott. Geol. Mario Naldi



ALLEGATO A
Certificato esito prova MASW

COMMITTENTE	LIFT RE	Azienda certificata UNI EN ISO 9001:2015 Certificato n. IT312205 Bureau Veritas Italia S.p.A.	
RELAZIONE	24-154		ALLEGATO A
LOCALITA'	Tetti Ghera, Limone Piemonte (CN)		Pagina 1
DATA	Aprile 2024		

UBICAZIONE INDAGINE MASW



Ubicazione centro MASW	Zona	EST	386420.47
Coordinate UTM WGS84	32N	NORD	4892942.97

LEGENDA

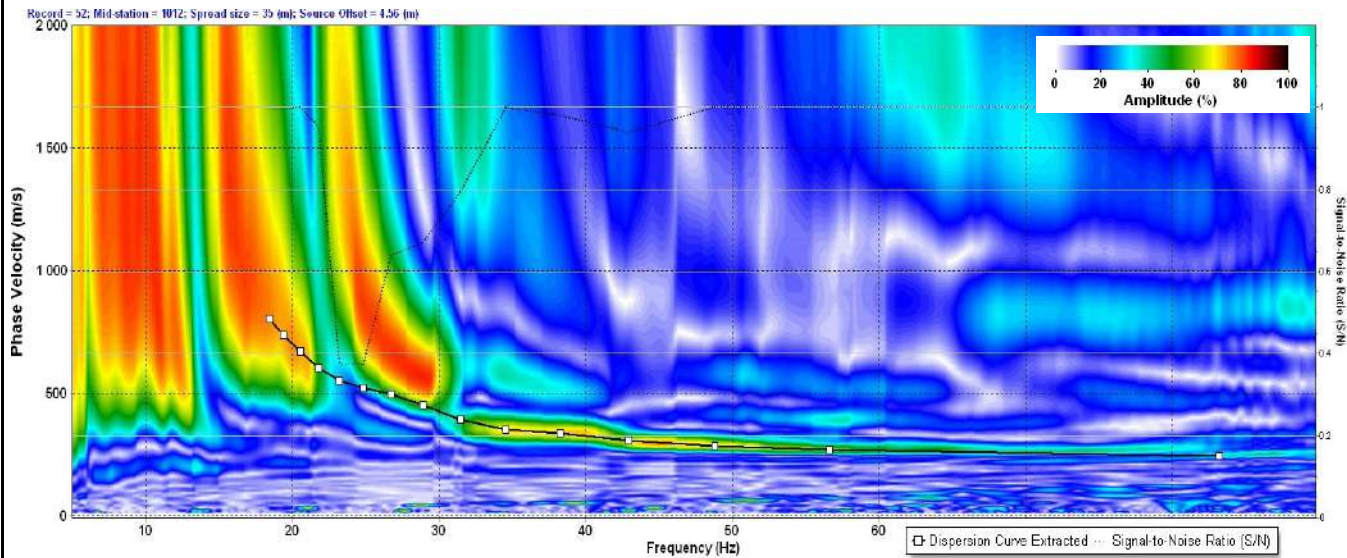
 Stendimento linea MASW
 Centro linea MASW Ubicaz. profilo Vseq

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

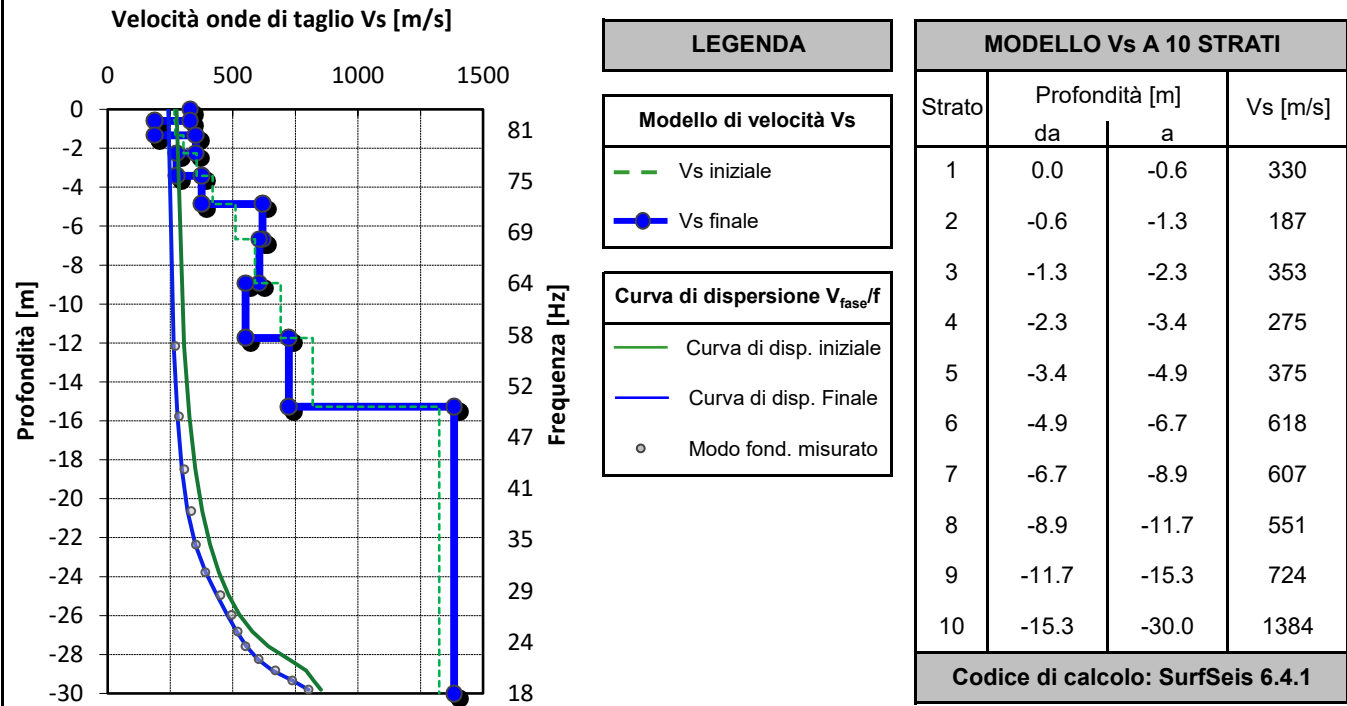


COMMITTENTE	LIFT RE	SISMOGRAFO	DAQ LINK IV	
RELAZIONE	24-154	GEOFONI	24 (freq. 4.5 Hz)	
LOCALITA'	Tetti Gherra, Limone Piemonte (CN)	ACQUISITION TIME	1.0 s	ALLEGATO A
DATA	Aprile 2024	SAMPLE INTERVAL	0.50 ms	Pagina 2

PROVA MASW - CURVA DI DISPERSIONE DELLE ONDE DI RAYLEIGH



PROFILO DI VELOCITA' DELLE ONDE DI TAGLIO



SUOLO	DESCRIZIONE GEOTECNICA	Vs _{eq} [m/s]
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.	462 (media pesata sugli spessori compresi tra 0 e -30m)

ALLEGATO B

Cenni sulla metodologia MASW

CENNI TEORICI SULLA METODOLOGIA DI INDAGINE MASW

La propagazione delle onde di Rayleigh in un mezzo verticalmente eterogeneo è un fenomeno multi-modale: data una determinata stratigrafia, in corrispondenza di una certa frequenza, possono esistere diverse lunghezze d'onda. Di conseguenza, ad una determinata frequenza possono corrispondere diverse velocità di fase, ad ognuna delle quali corrisponde un modo di propagazione e differenti modi di vibrazione possono esibirsi simultaneamente.

La curva di dispersione ottenuta elaborando i dati derivanti dalle indagini sismiche col metodo SWM (Surface Waves Multichannel) è una curva apparente derivante dalla sovrapposizione delle curve relative ai vari modi di vibrazione, e che, per i limiti indotti dal campionamento, non necessariamente coincide con singoli modi nei diversi intervalli di frequenza campionati.

Il processo di caratterizzazione basato sul metodo delle onde superficiali, schematizzato nelle Figure 1, 2 e 3, può essere suddiviso in tre fasi:

- 1) Acquisizione dati (Figura 1);
- 2) Elaborazione dati (Figura 2);
- 3) Inversione numerica (Figura 3).

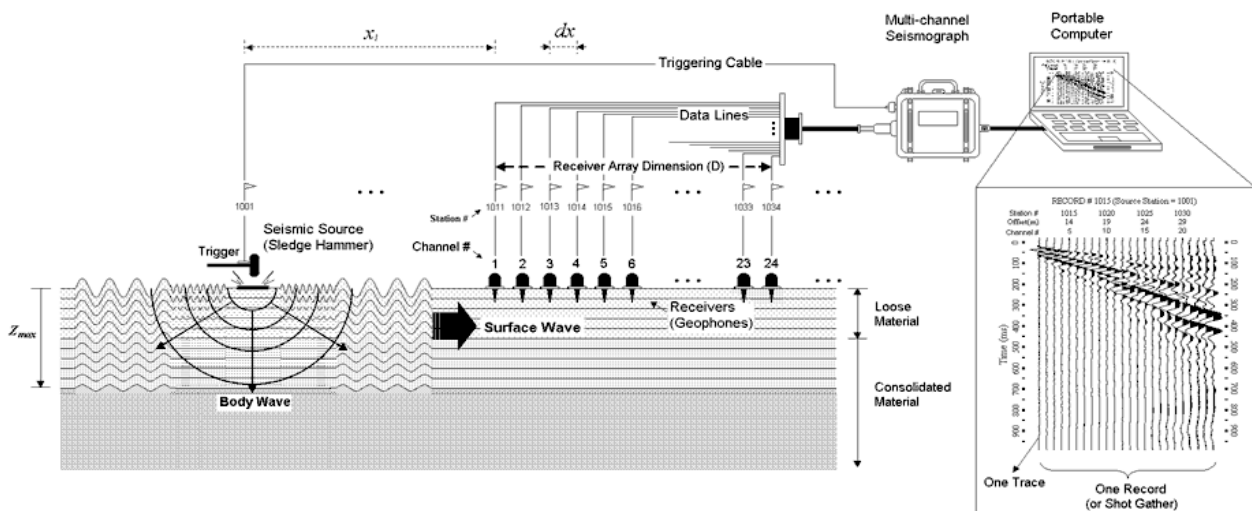


Figura 1 - Schema di acquisizione dati MASW

I dati acquisiti vengono sottoposti ad una fase di processing che consente di stimare la curva di dispersione caratteristica del sito in oggetto ovvero, la velocità di fase delle onde di Rayleigh in funzione della frequenza (il codice di calcolo utilizzato è SurfSeis ® versione 4.0.2, Kansas University USA).

Esistono diverse tecniche di processing per estrarre dai sismogrammi le caratteristiche dispersive del sito. La metodologia più diffusa è l'analisi spettrale in dominio f-k (frequenza-numero d'onda). I dati sismici registrati vengono sottoposti a una doppia trasformata di Fourier che consente di passare dal dominio x-t (spazio tempo) al dominio f-k. Lo spettro f-k del segnale consente di ottenere la curva di dispersione delle onde di Rayleigh, nell'ipotesi che, nell'intervallo di frequenze analizzato, le onde che si propagano con il maggiore contenuto di energia siano proprio le onde di Rayleigh, e che le caratteristiche del sito siano tali da consentire la propagazione delle onde superficiali, nonché un comportamento dispersivo delle stesse.

Si dimostra infatti che la velocità delle onde di Rayleigh è associata ai massimi dello spettro f-k; si può ottenere facilmente una curva di dispersione individuando ad ogni frequenza il picco spettrale, al quale è associato un numero d'onda k e quindi una velocità delle onde di Rayleigh V_R determinabile in base alla teoria delle onde dalla relazione:

$$V_R(f) = 2\pi f/k$$

Riportando le coppie di valori (V_R, f) in un grafico, si ottiene la curva di dispersione utilizzabile nella successiva fase di inversione (Figura 2). La fase di inversione deve essere preceduta da una parametrizzazione del sottosuolo, che viene di norma schematizzato come un mezzo visco-elastico a strati piano-paralleli, omogenei ed isotropi, nel quale l'eterogeneità è rappresentata dalla differenziazione delle caratteristiche meccaniche degli strati.

Il processo di inversione è iterativo: a partire da un profilo di primo tentativo, costruito sulla base di metodi semplificati, ed eventualmente delle informazioni note a priori riguardo la stratigrafia, il problema diretto viene risolto diverse volte variando i parametri che definiscono il modello. Il processo termina quando viene individuato quel set di parametri di modello che minimizza la differenza fra il set di dati sperimentali (curva di dispersione misurata) e il set di dati calcolati (curva di dispersione sintetica). Usualmente, algoritmi di minimizzazione ai minimi quadrati vengono utilizzati per automatizzare la procedura (Figura 3).

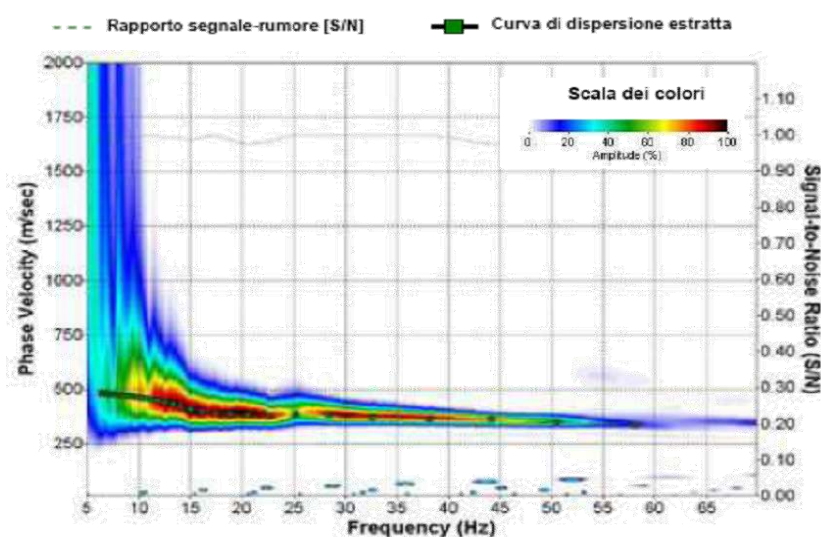


Figura 2 - Curva di dispersione della velocità V_s in funzione della frequenza e della velocità di fase

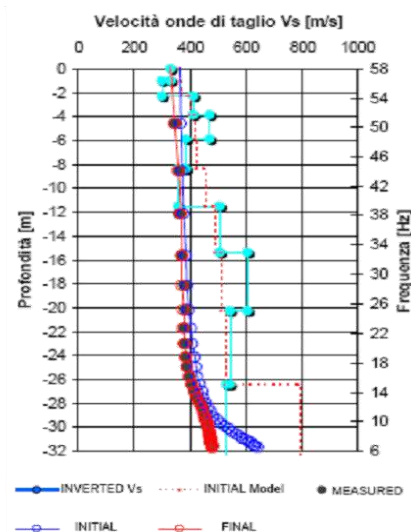


Figura 3 - Modello di propagazione delle velocità delle onde V_s

ALLEGATO B

Stratigrafie trincee geognostiche



Committente: LIFT RE Srl
Luogo: Tetti Gherra, Limone Piemonte (CN)
Data: 08/05/2024

Quota: 1348.6 m slm
Latitudine: 44.1809729
Longitudine: 7.5791497

ID incarico: 656
ID indagine: 656T01

scala 1:20				
	Quota da p.c.	Stratigrafia	Descrizione	Falda
0 m			Suolo	
0.20 m	0.20 m			
0.40 m				
0.60 m				
0.80 m				
1.00 m				Assente
1.20 m			Depositi detritico-eluvio-colluviali formati da sabbie limose con clasti angolosi eterometrici	
1.40 m				
1.60 m				
1.80 m				
2.00 m				
2.20 m				
2.40 m	2.50 m			
2.60 m		Fondo foro		
2.80 m				
3.00 m				
3.20 m				

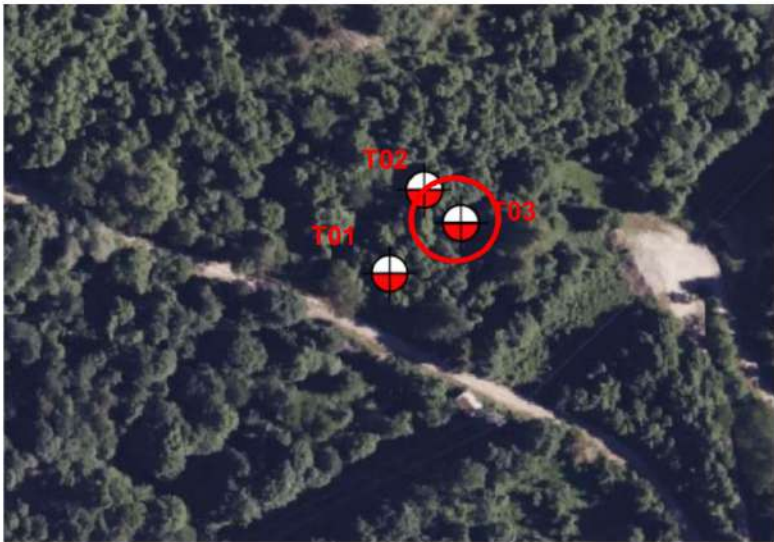


Committente: LIFT RE Srl
Luogo: Tetti Gherra, Limone Piemonte (CN)
Data: 08/05/2024

Quota: 1359 m slm
Latitudine: 44.1811678
Longitudine: 7.5792557

ID incarico: 656
ID indagine: 656T02

scala 1:20				
	Quota da p.c.	Stratigrafia	Descrizione	Falda
0 m			Suolo	
0.20 m	0.20 m			
0.40 m				
0.60 m				
0.80 m				
1.00 m				Assente
1.20 m			Depositi detritico-eluvio-colluviali formati da sabbie limose con clasti angolosi eterometrici	
1.40 m				
1.60 m				
1.80 m				
2.00 m	2.00 m	Fondo foro		
2.20 m				
2.40 m				
2.60 m				
2.80 m				
3.00 m				
3.20 m				



Committente: LIFT RE Srl
Luogo: Tetti Gherra, Limone Piemonte (CN)
Data: 08/05/2024

Quota: 1355.6 m slm
Latitudine: 44.1810931
Longitudine: 7.5793740

ID incarico: 656
ID indagine: 656T03

	Quota da p.c.	Stratigrafia	Descrizione	Falda
scala 1:20				
0 m			Suolo	
0.20 m	0.20 m			
0.40 m				
0.60 m				
0.80 m				
1.00 m				Assente
1.20 m			Depositi detritico-eluvio-colluviali formati da sabbie limose con clasti angolosi eterometrici	
1.40 m				
1.60 m				
1.80 m				
2.00 m				
2.20 m	2.20 m			
2.40 m			Scisti molto alterati e fratturati	
2.50 m	2.50 m	Fondo foro		
2.60 m				
2.80 m				
3.00 m				
3.20 m				