

Comune di Castelmagno

LAVORI DI ADEGUAMENTO, RILOCALIZZAZIONE E MESSA IN SICUREZZA
DELLE FOSSE BIOLOGICHE COMUNALI ESISTENTI ED INTERVENTI DI
SISTEMAZIONE DELLA RETE FOGNARIA DELLA FRAZIONE CHIAPPI
NEL COMUNE DI CASTELMAGNO

- Codice progetto: UM00030

Livello di progettazione:	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO-ECONOMICA
Oggetto elaborato:	Relazione geologica

Progetto:



Sede Legale: Corso Nizza, 88 - 12100 - Cuneo
Tel. 800.194.065 - fax 0171.326710
Partita IVA: 02468770041
Capitale sociale € 5.000.000
e-mail: acda@acda.it

Progettazione:

FERRARI, GIRAUDO E ASSOCIATI s.r.l. - STP
Corso Nizza, 67/A - 12100 - Cuneo
P. IVA: 02126240049

Responsabile Unico del Progetto
(Ordine Ingegneri di Cuneo n. A01886)

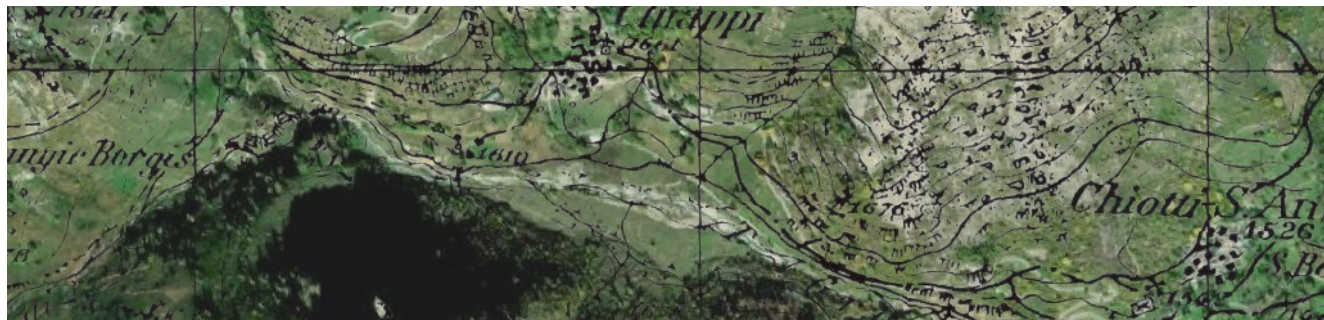
Dott. Ing. Fabio Monaco

COMMESSA	Livello di progetto	Categoria di progetto	Tipo di elaborato	N. elaborato	REV.	DATA	SCALA / E
UM00030	PFTE	GE	TX	01.B	00	01/04/2025	

REV.	Descrizione:	DATA:	Redatto da:	Verificato da:	Approvato da:
	Emissione per consegna P.F.T.E.	01/04/25	Ing. F. Giraudo	Geom. F. Ghio	Ing. F. Monaco



Comune di Castelmagno



ACDA S.p.A.
C.so Nizza, 88
12100 Cuneo

**RILOCALIZZAZIONE E MESSA IN SICUREZZA DELLE FOSSE BIOLOGICHE COMUNALI ESISTENTI
ED INTERVENTI DI SISTEMAZIONE DELLA RETE FOGNARIA
DELLA FRAZIONE CHIAPPI NEL COMUNE DI CASTELMAGNO**

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

Ai sensi del D.M. 17/01/2018, della L.R. 45/89 e delle N. di A. di PRGC

Marzo 2025



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	7
3	INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO	9
4	ASSETTO IDROGEOLOGICO	11
5	CARATTERIZZAZIONE LITOSTRATIGRAFICA DI SITO E MODELLO GEOLOGICO	11
5.1	Indagine MASW	12
5.2	Indagine HVSR	14
6	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	15
6.1	Modello Geotecnico	18
7	CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SOTTOSUOLO	19
7.1	Pericolosità sismica di base	19
7.2	Pericolosità sismica di sito	20
8	CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	21

APPENDICE 1 – Indagini geofisiche

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 sotto l'aspetto geotecnico.

Le opere in progetto riguardano la realizzazione di un breve tratto di condotta fognaria, che intercetta l'attuale rete di collettamento diretta al vecchio depuratore e di un nuovo depuratore a servizio delle Frazioni Chiappi e San Magno, in Comune di Castelmagno (Figura 1).

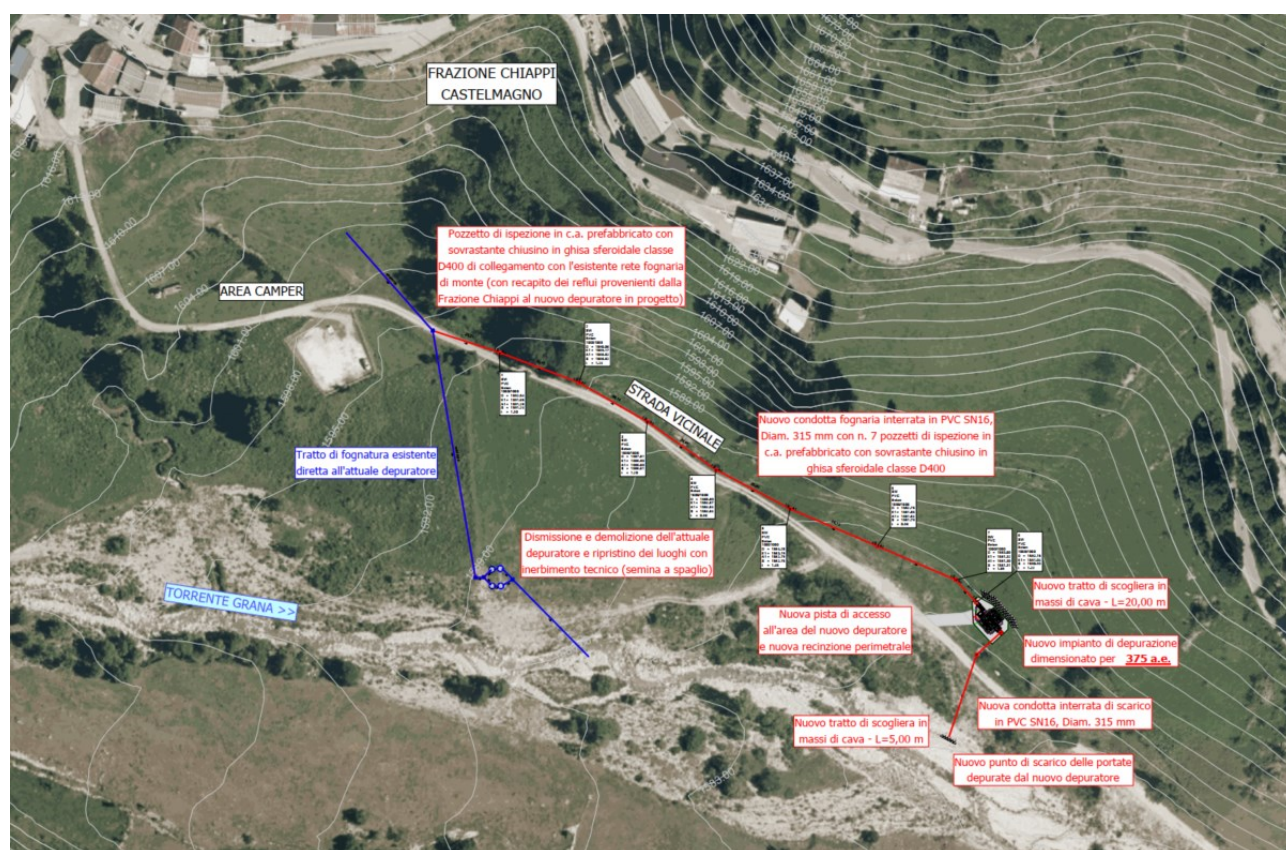


Figura 1 - Planimetria di progetto su base ortofoto. Fuori scala.

In particolare, le opere riguardano l'edificazione del nuovo depuratore di cui si riportano planimetria di dettaglio e sezioni di progetto in Figura 2. Contro il versante, alle spalle del depuratore è prevista la realizzazione di scogliera in massi di cava a protezione dell'impianto e stabilizzazione del versante.

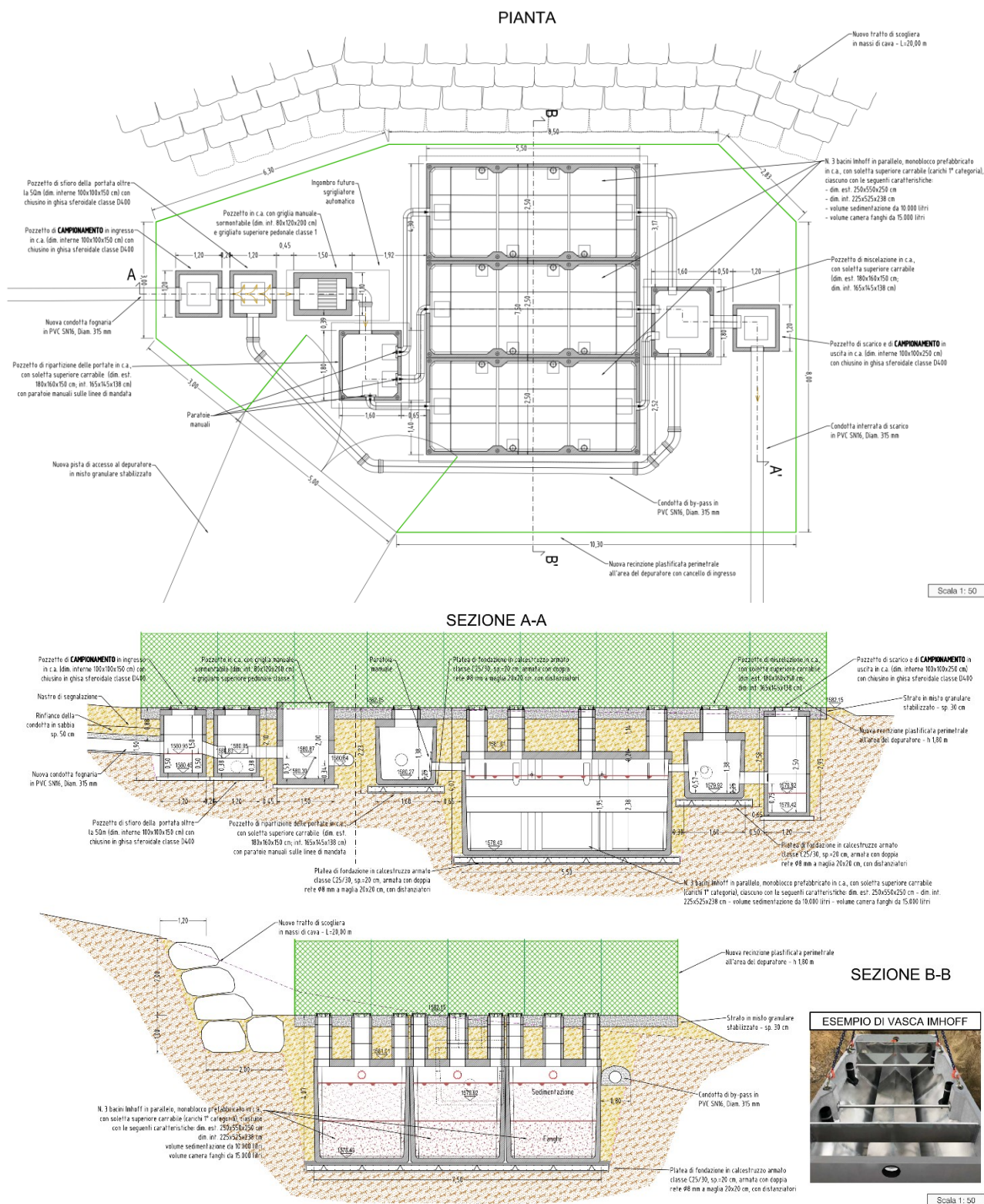


Figura 2 - Planimetria e sezioni di progetto relative al nuovo impianto di depurazione.

L'area interessata dagli interventi si trova a Sud della Frazione Chiappi, lungo la piana alluvionale in sinistra del Torrente Grana, a monte della pista sterrata che durante l'estate permette l'accesso ai prati laterali all'alveo e d'inverno viene utilizzata per lo sci nordico.

Le coordinate di baricentro dell'area di interesse sono:

latitudine N 44.398138 e longitudine E 7.175777 (datum WGS84)

Le quote altimetriche di intervento sono comprese tra 1581 m e 1657 m slm.

L'area d'intervento è individuabile nel database cartografico "BDTRE" della Regione Piemonte in Figura 3 e nella fotografia satellitare di Figura 4.

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 Castelmagno, 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.

Nell'ambito dello studio, condotto mediante rilievi in situ ed analisi fotointerpretativa, sono state esaminate le problematiche di natura geomorfologica, con particolare attenzione alla stabilità dei pendii ed alla regimazione delle acque superficiali.

Dal punto di vista dell'assetto stratigrafico locale si fa riferimento ad indagini pregresse eseguite in sito dallo scrivente in occasione degli altri incarichi ricevuti nell'area di interesse.

Le indagini ed il relativo studio sono stati eseguiti in ottemperanza alle seguenti normative:

- D.M. 17/01/2018 – Aggiornamento delle "Norme Tecniche per le costruzioni"
- Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP. - Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.
- D.G.R. Piemonte 21 Maggio 2014, n. 65-7656. Individuazione dell'ufficio tecnico regionale ai sensi del D.P.R. 6 giugno 2001, n. 380 e ulteriori modifiche e integrazioni alle procedure attuative di gestione e controllo delle attività urbanistico-edilizie ai fini della prevenzione del rischio sismico approvate con D.G.R. 12 dicembre 2011, n. 4-3084 e s.m.i.
- Norme Tecniche d'Attuazione del vigente PRG
- L.R. 45/89 sul Vincolo Idrogeologico della Regione Piemonte.

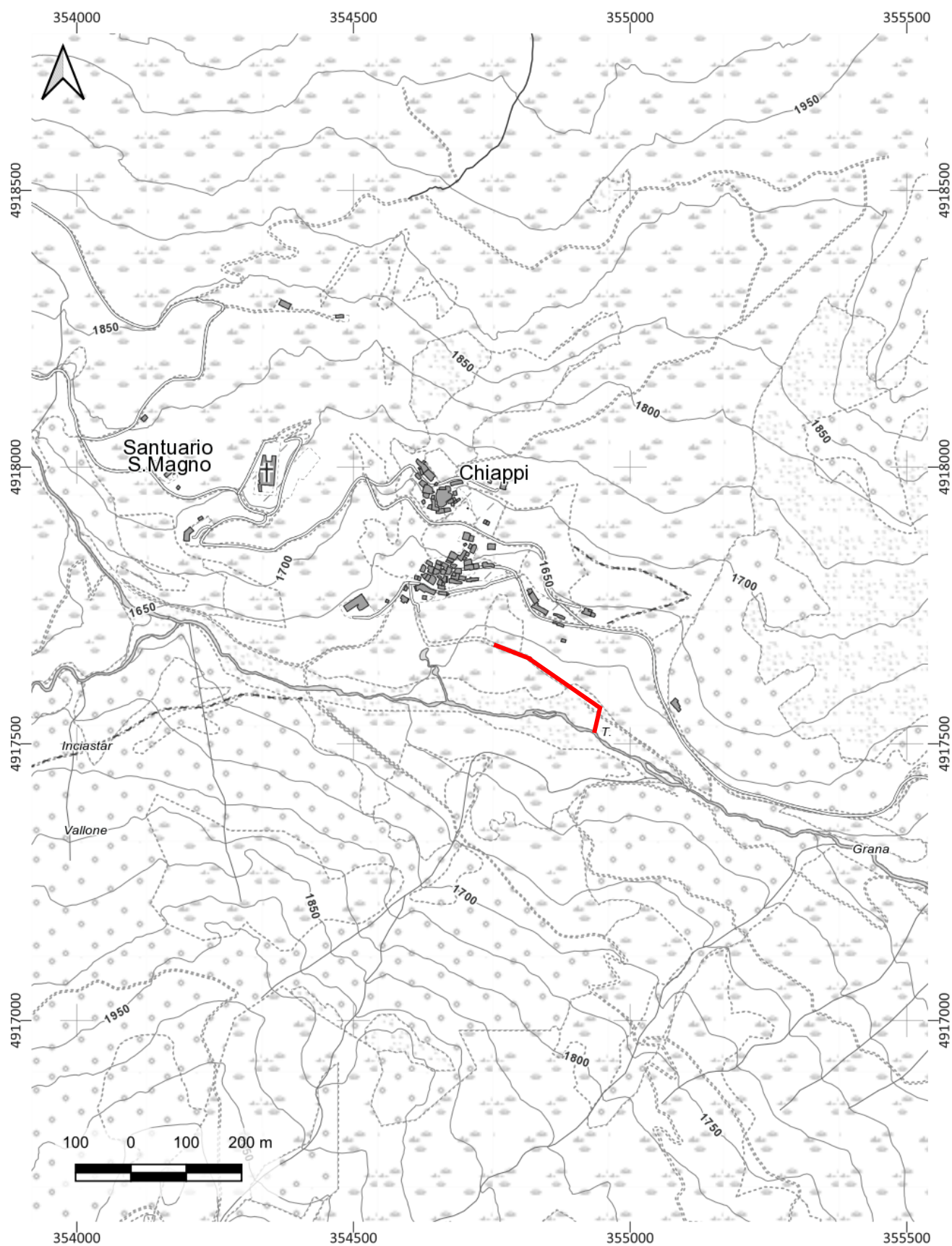


Figura 3 - Ubicazione dell'area d'intervento alla scala 1:10.000. Basato su "BDTRE - Base cartografica di riferimento" - Geo-servizio WMS Regione Piemonte.



Figura 4 – Ubicazione da immagine satellitare delle condotte in progetto sovrapposta a immagine satellitare Bing Satellite. Scala 1:5.000.

2 VINCOLI E QUADRO NORMATIVO

L'oggetto delle indagini geologico-tecniche non è compreso in un'area caratterizzata dalla presenza di dissesti del versante, mentre è parzialmente compreso in settori oggetto di dissesti del reticolo idrografico, come visibile dalla cartografia dei dissesti del PAI in Figura 4.

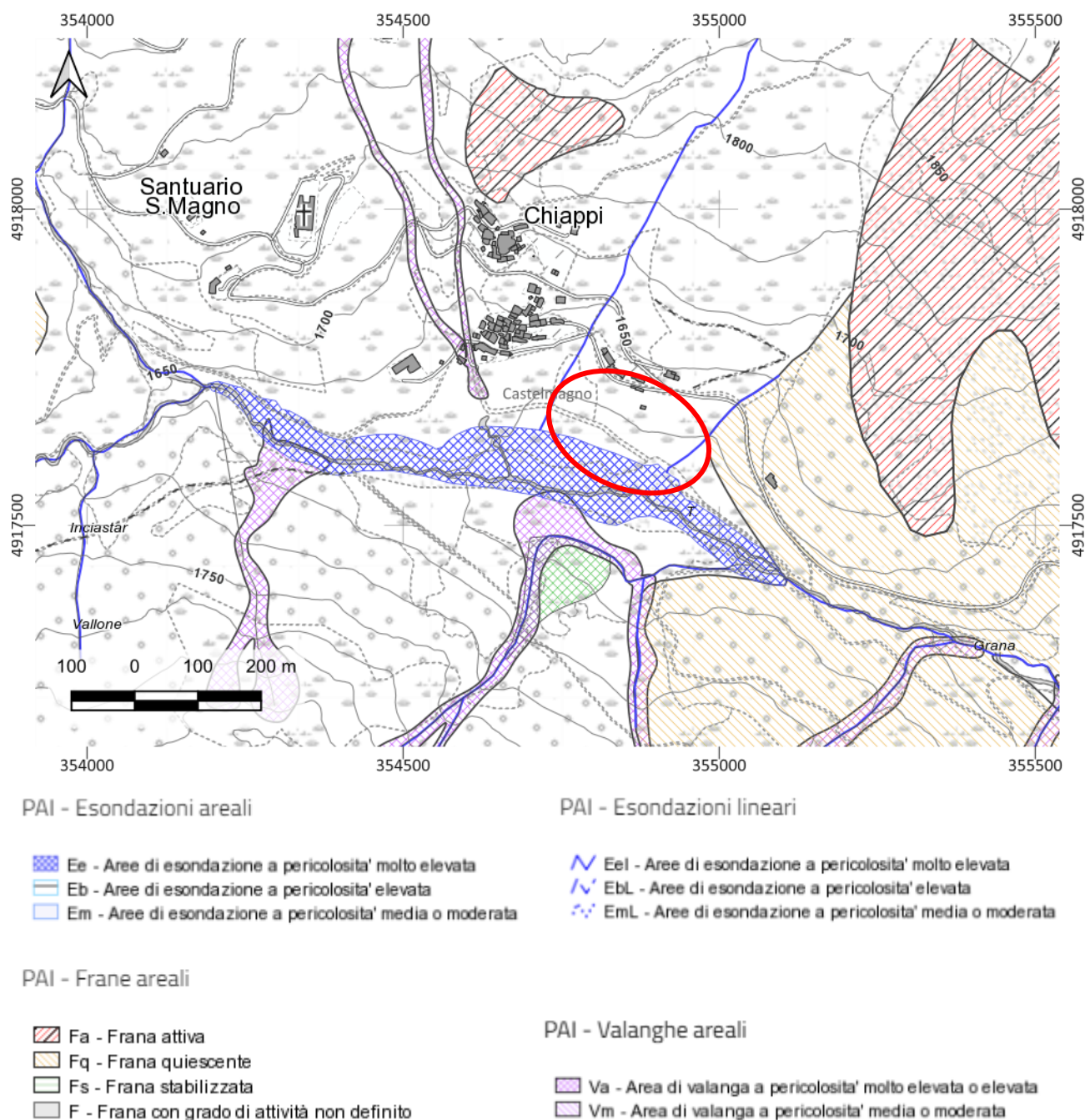
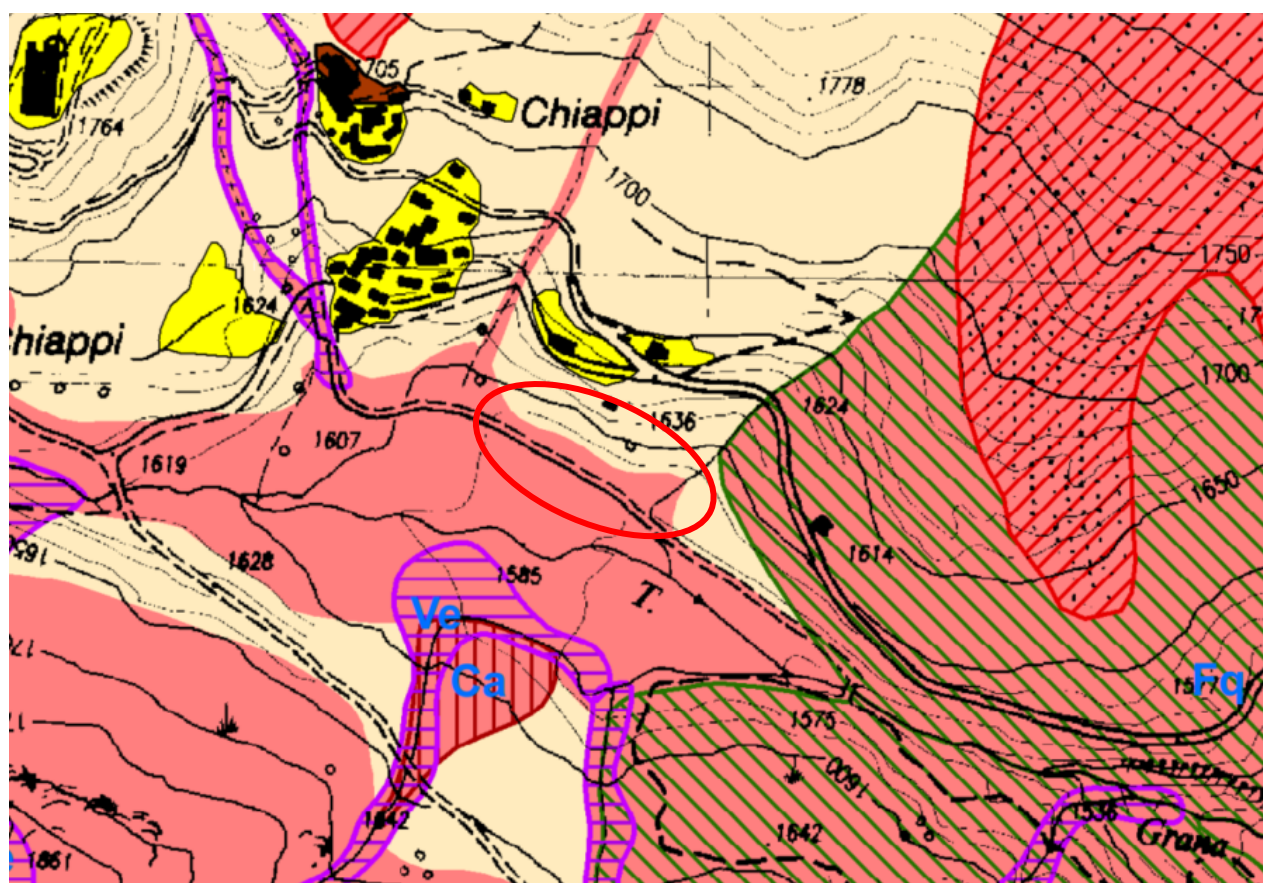


Figura 5 - Stralcio fuori scala dalla "Carta dei Dissesti PAI". Geoportale Regione Piemonte, scala 1:10.000. Con indicazione del sito d'intervento e legenda.

I dissesti del reticolo idrografico interessano parzialmente l'area oggetto degli scavi per la realizzazione condotte di scarico del nuovo impianto di depurazione in quanto aree esondabili del T. Grana. La "Carta di Sintesi della Pericolosità Geomorfológica e dell'Idoneità all'Utilizzazione Urbanistica" del PRGC di Castelmagno include i settori di interesse nelle classi di Figura 6 (Classe IIIa e III non differenziata).



Legenda

- CLASSE II: porzioni di territorio nelle quali le condizioni di moderata pericolosità geomorfologica possono essere agevolmente superate attraverso l'adozione ed il rispetto di modesti accorgimenti tecnici esplicitati a livello di norme di attuazione ispirate al D.M. 11/03/88 e realizzabili a livello di progetto esecutivo esclusivamente nell'ambito del singolo lotto edificatorio o dell'intorno significativo circostante.
- CLASSE IIIa: porzioni di territorio inedificate che presentano caratteri geomorfologici, geologici o idrogeologici che le rendono inidonee a nuovi insediamenti.
- Ca Aree coinvolgibili da processi legati alla dinamica dei versanti per presenza di frane attive (Fa) o di frane quiescenti (Fq).
- Fa Aree coinvolgibili da fenomeni con pericolosità molto elevata (Ee) per esondazioni e dissesti morfologici di carattere torrentizio lungo le aste dei principali corsi d'acqua.
- Fq Aree di conoidi attivi o potenzialmente attivi (Ca).
- Ve Aree coinvolgibili da fenomeni valanghivi con pericolosità molto elevata o elevata (Ve) e media o moderata (Vm).
- Vm Aree caratterizzate da fattori geomorfologici e geotecnici fortemente penalizzanti quali, ad esempio, la notevole acclività o la vicinanza a settori in dissesto idrogeologico. Gli interventi ammessi devono fare riferimento all'art. 9 delle NdA del PAI, in particolare ai commi 2 (Fa), 3 (Fq), 5 (Ee), 7 (Ca), 10 (Ve) e 11 (Vm).
- CLASSE III non differenziata: ampi settori di territorio, per lo più inedificati, che presentano caratteri geologici e geomorfologici d'insieme non favorevoli a interventi di trasformazione urbanistico-edilizia. Il loro futuro parziale utilizzo a fini urbanistici, subordinato all'esecuzione di ulteriori indagini di dettaglio per individuare eventuali situazioni locali meno pericolose attribuibili a classi meno condizionanti, è rinviato a successive varianti di piano.

Figura 6 - Stralcio dalla Carta di Sintesi del PRGC di Castelmagno con area di intervento e legenda. Fuori scala.

La classe IIIa e III non differenziata prevedono la possibilità di realizzare al loro interno *“opere ed impianti non altrimenti localizzabili quali rifugi, bivacchi, prese, captazioni, centraline idroelettriche, piste ed impianti per lo sci con relative infrastrutture, impianti tecnologici, opere urbanizzative e simili”*; come da Art. 39bis delle N.A. di P.R.G.C.

Il settore in esame ricade in zona sottoposta a Vincolo per Scopi Idrogeologici ai sensi del R.D.L. n° 3267 del 30 dicembre 1923 *“Riordinamento e riforma della legislazione in materia di boschi e di terreni montani”*. Il settore è subordinato alle prescrizioni della Legge Regionale n°45 del 1989 e s.m.i. *“Nuove norme per gli interventi da eseguire in terreni sottoposti a vincolo per scopi idrogeologici”* e della circolare del P.G.R. n°3/AMB del 31/08/2018.

3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

L'assetto geologico locale è caratterizzato da litotipi appartenenti al Complesso Permo-Carbonifero Assiale (quarziti conglomeratiche e scisti quarzoso-sericitici), alla loro copertura mesozoico-terziaria (calcari dolomitici, dolomie cariate, calcari e quarziti) ed alla Zona Piemontese o Zona dei Calcescisti, caratterizzata da una potente successione di calcescisti ofiolitiferi.

La direzione degli strati e dei piani di scistosità della roccia concorda in generale con quella regionale e risulta quindi orientata all'incirca parallelamente all'asse vallivo, essendo disposta intorno a ONO-ESE. A causa del rovesciamento del Permo-Carbonifero Assiale sulla Zona dei Calcescisti, gli strati immergono verso SSO con un'inclinazione intorno ai 20° e presentano quindi una disposizione a reggipoggio favorevole alla stabilità del versante.

Nello specifico nell'area circostante al sito oggetto della relazione, affiorano localmente calcescisti e calcari foliati della Zona dei Calcescisti, posti al contatto con il basamento Perm-Carbonifero Assiale del Brianzone.

Nell'intorno dell'area d'intervento, lungo il versante, il substrato roccioso sopra descritto è obliterato da depositi di versante stabilizzati, mentre nel settore di fondovalle è sepolto al di sotto di depositi alluvionali e fluvioglaciali di fondovalle costituiti da ghiaie sabbiose con ciottoli e blocchi, ricoperte da un suolo poco evoluto tipicamente alpino.

Per ulteriori approfondimenti di carattere geologico si rimanda al Foglio 78-79 *“Argentera-Dronero”* della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000 (Figura 7).

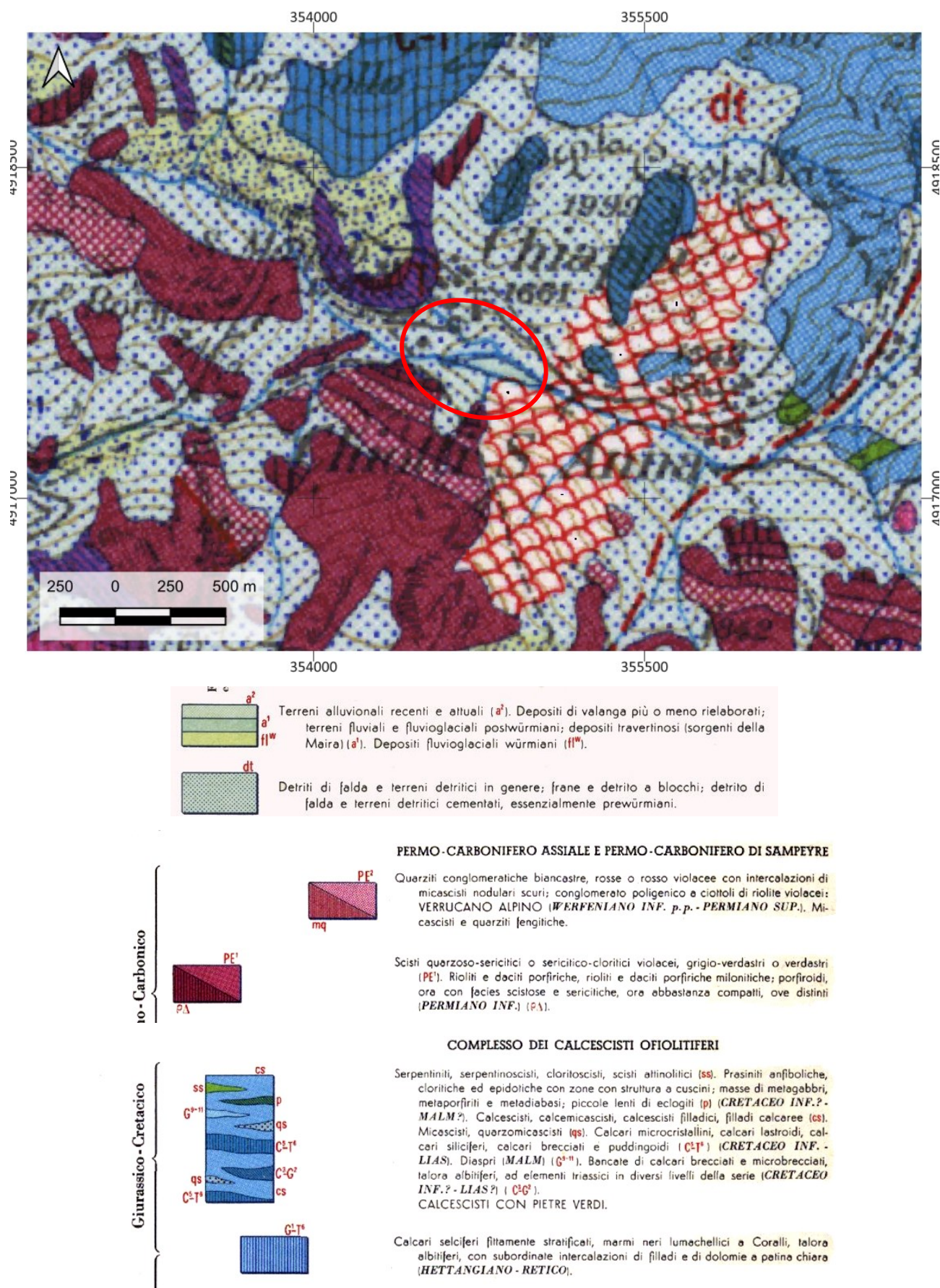


Figura 7 - Stralcio dalla "Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000" Foglio 78-79. Scala 1:25.000 con legenda ed ubicazione del sito d'intervento.

4 ASSETTO IDROGEOLOGICO

In riferimento alla circolazione idrica ipogea, occorre distinguere tra le coltri di copertura e le rocce del substrato. I terreni di copertura presentano una permeabilità di tipo primario per porosità di norma abbastanza elevata, mentre il substrato roccioso presenta una permeabilità di tipo secondario per fessurazione e/o fratturazione.

Nell'ambito dell'area in esame, lungo i versanti, le coltri di copertura possono essere sede di una modesta circolazione idrica alimentata dalle acque di infiltrazione provenienti dalla parte superiore del versante.

L'assetto idrogeologico dell'area di fondovalle, caratterizzato da materiali ghiaioso-sabbiosi grossolani contraddistinti da permeabilità elevata, è riconducibile ad un sistema monofalda a falda libera controllata dal livello del T. Grana con livello di base rappresentato dal substrato roccioso.

5 CARATTERIZZAZIONE LITOSTRATIGRAFICA DI SITO E MODELLO GEOLOGICO

Effettuato un inquadramento geologico basato sui dati bibliografici noti, si illustra ora il modello geologico locale, desunto da un'indagine MASW e da un'indagine HVSR eseguite a poca distanza dal sito, in condizioni geomorfologiche e geologiche del tutto simili e confrontabili con quelle dell'area di intervento.

L'indagine geofisica di tipo MASW è volta a definire il profilo di rigidità del sottosuolo e il valore di $V_{s,eq}$ necessario per la definizione categoria sismica del sottosuolo. Tale indagine, è inoltre utilizzata per definire le proprietà geotecniche dei terreni di indagine.

L'ubicazione delle indagini è riportata in Figura 8.



Figura 8 - Ubicazione delle indagini geofisiche e ubicazione delle condotte in progetto. Google Satellite 2024, scala 1:2.500.

5.1 Indagine MASW

Nel mese di settembre 2024 è stata realizzata un'indagine indiretta (geofisica) avente lo scopo di fornire una sezione del sottosuolo in termini di profilo delle velocità delle onde sismiche di taglio (correlate alla "rigidità" dei materiali ovvero al grado di addensamento), per verificare la distribuzione verticale delle caratteristiche litologiche e geotecniche dei materiali di fondazione delle opere in progetto.

5.1.1 Acquisizione ed elaborazione dati

L'acquisizione dei dati sismici per onde di superficie è stata realizzata con DoReMi (Sara Electronics, ITA) a 24 canali. L'unità di acquisizione, dotata di un convertitore analogico/digitale a 24 bit è fornita di una connessione di rete standard 10/100 (base RJ45) per la comunicazione con un laptop su cui è installato il software (Geoexplorer) che gestisce la visualizzazione, l'analisi e la memorizzazione delle forme d'onda registrate (Figura 9).



Figura 9 - Stendimento geofonico a 24 canali in sito di prova.

Lo stendimento sismico per onde di superficie è stato realizzato mediante 24 canali attivi equispaziati a 2 metri; i sensori utilizzati (geofoni, Weihai Sunfull) possiedono una frequenza di risonanza pari a 4.5 Hz, con distorsione inferiore allo 0.2%. La generazione del segnale sismico è stata realizzata con mazza da 10 Kg dotata di interruttore inerziale in sette basi di energizzazione distribuite ad uno degli estremi della linea a distanza variabile compresa tra 0 e 11 interassi geofonici.

5.1.2 Risultati ottenuti

I risultati dell'indagine sono riportati nell'appendice 1 allegata al testo. L'elaborazione dei dati evidenzia uno spettro di frequenza ben definito, con velocità medio-basse fino alle basse frequenze (10 Hz), come illustrato da Figura 10.

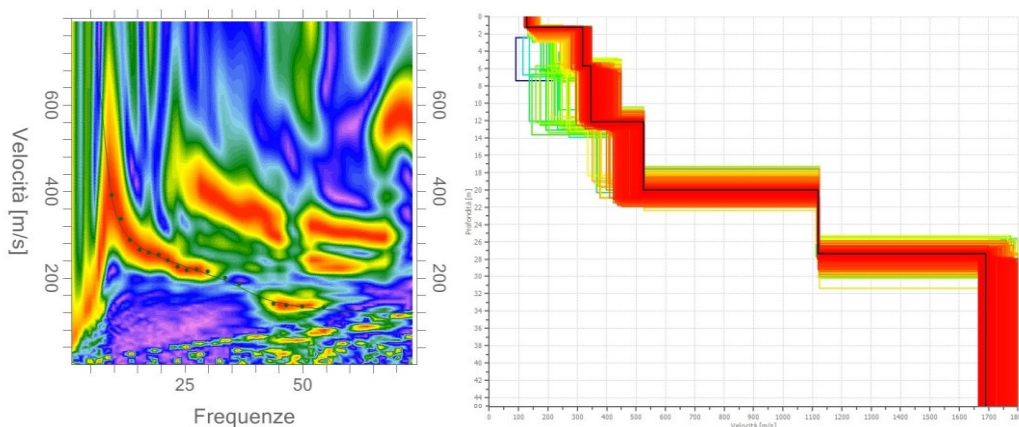


Figura 10 - Spettro di amplificazione delle frequenze per l'indagine masw e profilo di velocità di Vs.

La prova MASW ha permesso di ottenere una stratigrafia semplificata, assimilabile al **modello geologico**, descritta nella Tabella 1 seguente.

Tabella 1 - Stratigrafia semplificata del sito da prova MASW

Livello	Profondità [m da p.c.]	Descrizione	Velocità Vs [m/s]
1	0 ÷ 1.29	Primo sismostrato riferibile al suolo superficiale ed ai depositi alluvionali più recenti in condizioni di rigidità bassa	127
2	1.29 ÷ 12.21	Secondo sismostrato in condizioni di rigidità debole-moderata riferibile a depositi alluvionali	317 ÷ 345
3	12.21 ÷ 20.07	Terso sismostrato in condizioni di rigidità moderata riferibile a depositi alluvionali maggiormente addensati dei precedenti o a depositi glaciali mediamente cementati	526
4	> 20.07	Substrato roccioso e bedrock sismico	> 800

5.2 Indagine HVSr

Le misure passive HVSr (Appendice 1) di microtremore ambientale sono state eseguite per mezzo di un geofono 3D della EEG s.r.l. progettato specificamente per l'acquisizione del rumore sismico (Figura 11), dotato di tre geofoni interni orientati secondo una terna di assi cartesiani (N-S, E-W e verticalmente).



Figura 11 - Esecuzione dell'indagine HVSR.

L'indagine, effettuata contestualmente alla MASW, è utile per la definizione di vincoli durante l'interpretazione dei dati.

La curva HVSR in questo caso non presenta picchi significativi alle frequenze di interesse ingegneristico.

6 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Le caratteristiche dei terreni non consentono di valutare le proprietà geotecniche a partire da prove in sito o di laboratorio. Per tale motivo è stata eseguita una prova sismica, i cui parametri sismici cinematici V_P e V_S 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 NSPT si è utilizzata la formula di Ohta and Goto (1978):

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

Noto il valore di NSPT 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 VP, della densità e del coefficiente di Poisson, si calcola il modulo elastico dinamico dalla seguente relazione:

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

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:

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

Nella seguente Tabella 2 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 2 - Tabella 4 - Valori di densità, N-SPT, angolo d'attrito, Modulo di Taglio, Modulo Elastico e Modulo di Compressibilità ottenuti mediante i dati di Vp e VS, sulla base di correlazioni empiriche

TABELLA COMPLETA PARAMETRI GEOTECNICI (moduli in [kg/cm ²])									
Profondità [m]	Vp [m/s]	Vs [m/s]	n [-]	g [g/cm ³]	N-SPT	φ' [°]	E _{din} [kg/cm ²]	G _{din} [kg/cm ²]	K _{din} [kg/cm ²]
-1.29	264	127	0.35	1.25	3	22	54.4	20.2	60.5
-5.69	660	317	0.35	1.57	43	40	426.3	157.9	473.7
-12.21	718	345	0.35	1.60	50	44	515.7	191.0	573.0
-20.07	984	526	0.3	1.74	50	45	1249.0	480.4	1040.8
-27.41	1826	1118	0.2	2.03	50	45	6078.7	2532.8	3377.1
-30	2758	1689	0.2	2.25	50	45	15381.0	6408.8	8545.0

Si osservi che per l'angolo di attrito la correlazione "Road and Bridge Specification", benché sia valida per le ghiaie, tende a sovrastimare i valori. Sono stati proposti, di conseguenza, valori cui è stata applicata la correzione di N_{spt} in presenza della falda proposta da Terzaghi e Peck (1948).

Si sottolinea inoltre che il peso di volume dei depositi è sottostimato, in particolare per quanto riguarda i livelli superficiali o con basso parametro di N-SPT. Per tali parametri ci si affida quindi a parametri noti da letteratura scientifica.

6.1 Modello Geotecnico

Sulla base dei dati sopra rappresentati e delle indagini di archivio si riporta di seguito il modello geotecnico, coincidente con il modello geologico.

Vista la tipologia dei materiali, con comportamento quasi esclusivamente attivo il valore di C_u è da considerarsi nullo. $C_u=0$ Kg/cm². Il parametro della coesione **non** è riportato per il substrato roccioso in quanto influente ai fini progettuali.

La sintesi del modello geotecnico è riportata nella seguente Tabella 3.

Tabella 3 - Modello geotecnico

Unità	Descrizione	Prof. [m]	γ secco [t/mc]	φ' [°]	G_{din} [kg/cm ²]	E_{din} [kg/cm ²]	K_{din} [kg/cm ²]
UG1	Ghiaie sabbiose con ciottoli e blocchi poco addensate	1.29	1.5	22	54.4	20.2	60.5
UG2	Ghiaie sabbiose con ciottoli e blocchi moderatamente addensate	12.21	1.7	40	515.7	191.0	573.0
UG3	Ghiaie sabbiose con ciottoli e blocchi debolmente cementate	20.07	1.8	44°	1249.0	480.4	1040.8
UG4	Substrato roccioso	< 20.07	2.25	45°	6078.7	2532.8	3377.1

7 CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SOTTOSUOLO

7.1 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 Castelmagno 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 confermato il Comune di Castelmagno in Zona sismica 3.

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 riclassificato il Comune di Castelmagno 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	16448	44,414120	7,118520	5191,1
Sito 2	16449	44,417840	7,188262	2315,7
Sito 3	16671	44,367970	7,193445	3501,2
Sito 4	16670	44,364260	7,123727	5819,0

I parametri sismici relativi alla pericolosità di base sono riportati nella tabella sottostante e sono stati calcolati con le seguenti caratteristiche:

- Classe d'uso: II
- Vita nominale: 50 anni
- Categoria sottosuolo: B

- Categoria topografica: T1
- Periodo di riferimento: 50 anni
- Coefficiente cu: 1
- Tipo di elaborazione: stabilità dei pendii e fondazioni

	Prob. superamento [%]	Tr [anni]	ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]
Operatività (SLO)	81	30	0,039	2,454	0,203
Danno (SLD)	63	50	0,053	2,428	0,226
Salvaguardia della vita (SLV)	10	475	0,142	2,443	0,279
Prevenzione dal collasso (SLC)	5	975	0,182	2,470	0,292

7.2 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, considerando la quota di imposta del piano di fondazione al 4,07 m da p.c., come da documentazione progettuale, 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 pari a 1,0 (N.T.C. § 3.2.3 - Tab. 3.2.III), tenuto conto che si tratta di una superficie pianeggiante con inclinazione media inferiore a 15° , essa sarà inclusa nella **categoria di amplificazione topografica T1** (N.T.C. § 3.2.3 - Tab. 3.2.IV).

In conclusione, i coefficienti sismici da utilizzare per il sito in esame sono stati calcolati con il programma Geostru-PS con le caratteristiche sopra-descritte, e sono riportati nella tabella seguente:

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s ²]	Beta [-]
SLO	1,200	1,510	1,000	0,009	0,005	0,460	0,200
SLD	1,200	1,480	1,000	0,013	0,006	0,620	0,200
SLV	1,200	1,420	1,000	0,041	0,020	1,673	0,240
SLC	1,200	1,410	1,000	0,053	0,026	2,147	0,240

8 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Alla luce di quanto sopra esposto si conclude che l'intervento in progetto non comporta un aggravio alle condizioni di pericolosità geomorfologica attuali. Si elencano le seguenti considerazioni conclusive e proposte operative:

- l'intervento risulta compatibile con la dinamica dei corsi d'acqua e con la dinamica gravitativa di versante sia per quanto concerne la situazione attuale sia per quanto concerne la sua tendenza evolutiva;
- alcuni settori dell'opera, in particolare il recettore finale in alveo potrebbero tuttavia essere coinvolti in fenomeni dissestivi legati a piede del T. Grana in occasione di eventi alluvionali. Tale condizione è comunque coerente con quanto riportato dalle N.A di PRGC;
- i terreni di fondazione, coincidenti con l'Unità Geotecnica UG2, presentano buoni requisiti geomeccanici e sono in grado di sopportare i carichi trasmessi dalle opere. Le

opere di fondazione devono tenere conto delle caratteristiche geotecniche dei depositi alluvionali;

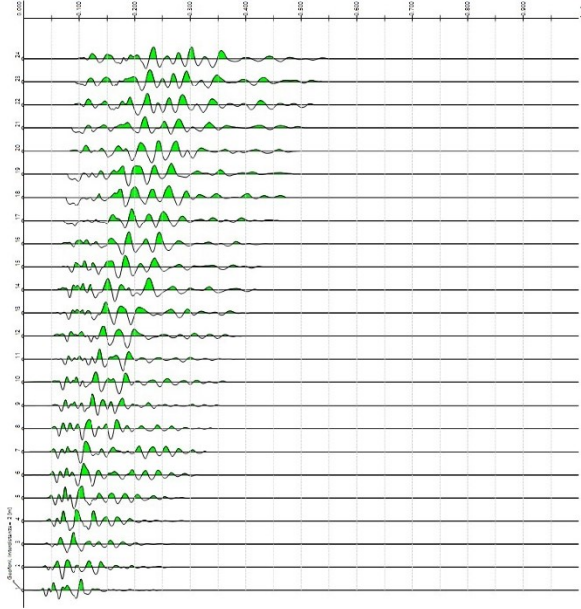
- dalle indagini simiche di riferimento si attesta che i terreni appartengono alla **categoria B** ed il substrato sismico collocato alla profondità di circa a 20 m. Dalle risultanze delle indagini di terreno il basamento roccioso è verosimilmente a profondità maggiori rispetto a quelle di scavo;
- la falda libera presenta soggiacenza controllata dal livello del pelo libero del T. Grana, non si esclude con in caso di eventi di piena questa possa raggiungere la quota di imposta del piano delle fondazioni;
- si potrà procedere agli scavi con normali escavatori meccanici a benna rovescia, si segnala, tuttavia, che nei depositi grossolani del fondovalle, può riscontrarsi una significativa presenza di blocchi e massi ciclopici, tali da rendere necessario il ricorso al martello demolitore da applicare all'escavatore o macchina operatrice similare.

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.

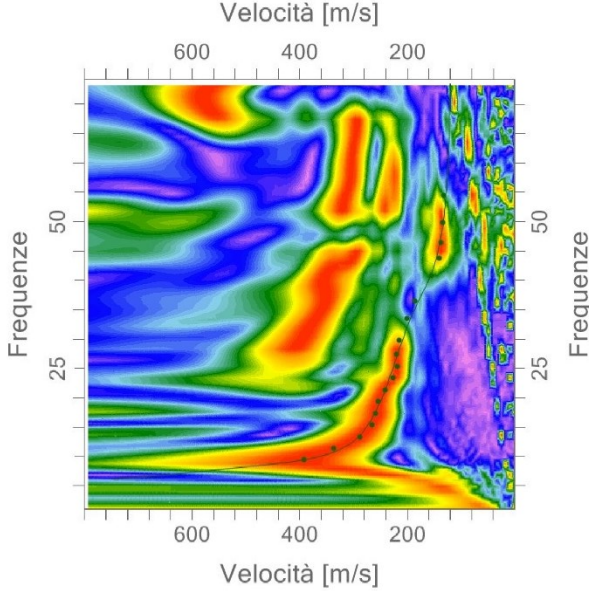
APPENDICE 1

INDAGINI GEOFISICHE

SISMOGRAMMA



SPETTRO VELOCITA' DI FASE-FREQUENZE



UBICAZIONE SU BDTRE PIEMONTE SCALA 1:2000



PROFilo DI VELOCITA' DELLE VS

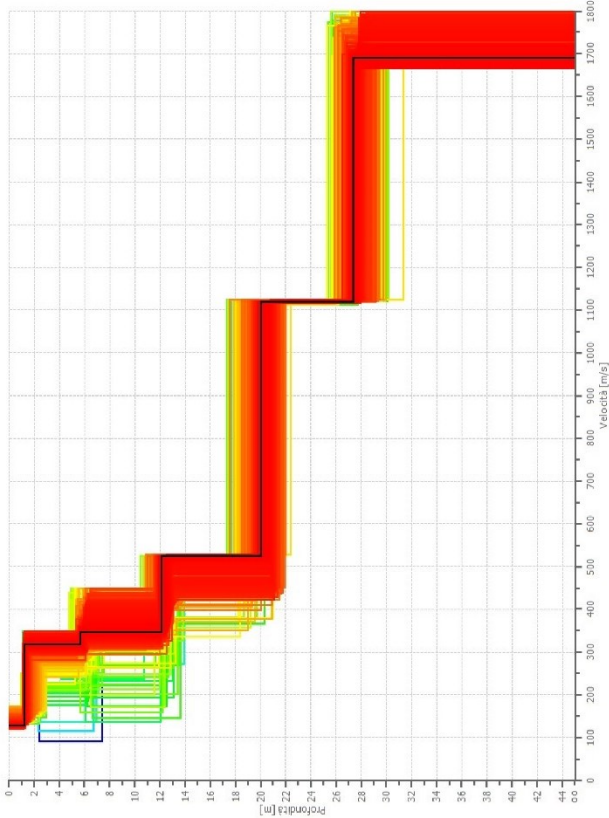


TABELLA PARAMETRI

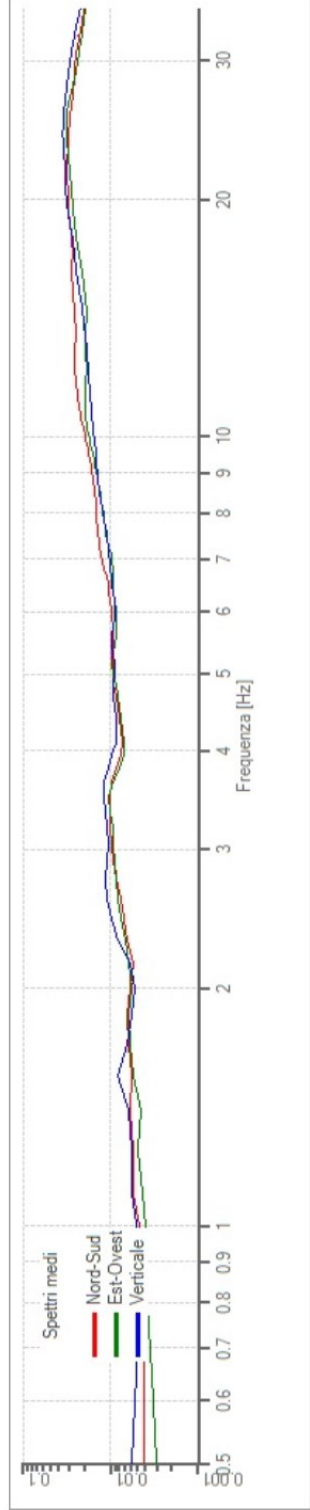
	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]
1	1.29	1.29	127.60
2	5.69	4.41	317.84
3	12.21	6.52	345.89
4	20.07	7.86	526.16
5	27.41	7.34	1118.89
6	0.0	0.0	1689.41

Vs,30 = 455 m/s
Vs,eq = 347 m/s (h=20 m)
Categoria di sottosuolo = E
Calcolata a partire da piano campagna
Stendimento 24 ch
Distanza intergeofonica 2.0 m
Frequenza 5000 Hz
Tempo campionamento 1 s

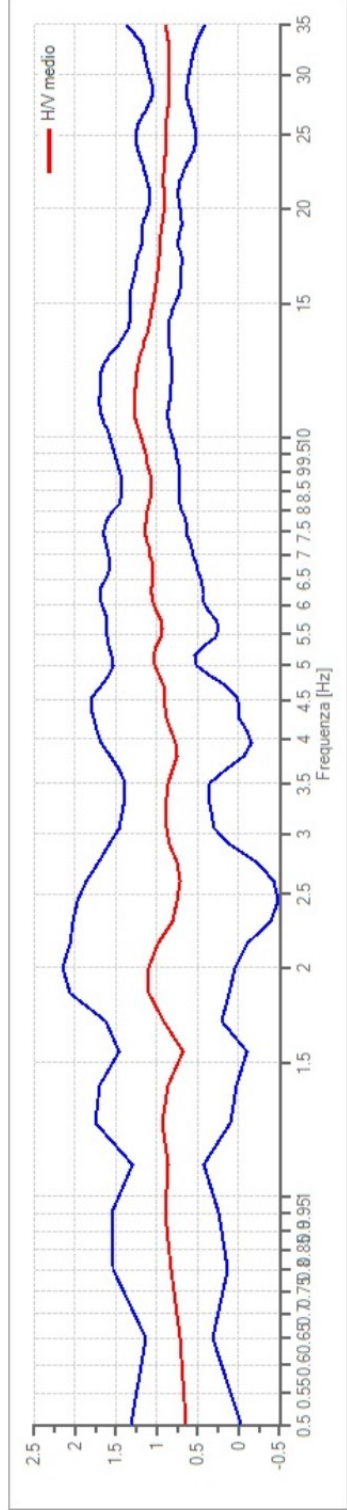
STAZIONE DI MISURA IN SITO



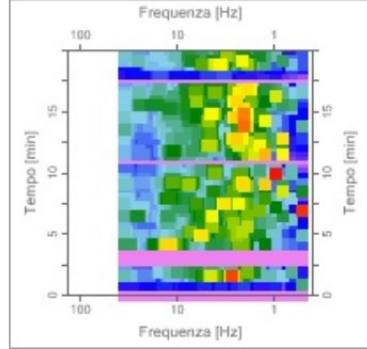
COMPONENTI XYZ DELLO SPETTRO DI FREQUENZA



RAPPORTO DELLE COMPONENTI SPETTRALI ORIZZONTALI SULLA VERTICALE

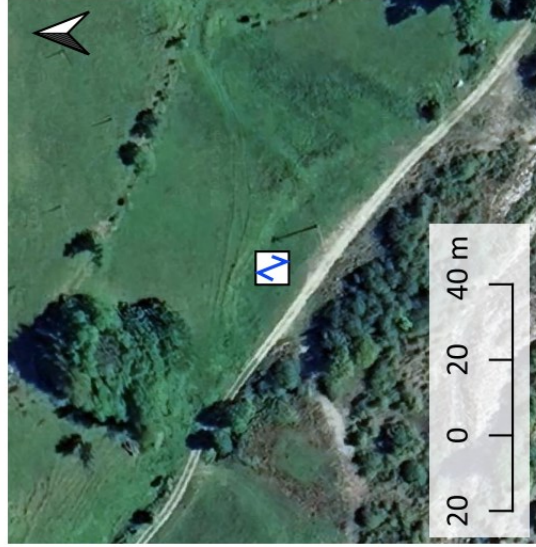


MAPPA DELLA STAZIONARIETA'



Strumento: PASI Gemini 2Hz
Frequenza di campionamento: 150 Hz
Durata della registrazione: 20'
Campionamento 10 KHz
Finestra di campionamento 20 s
Criteri SESAME soddisfatti:
Affidabilità curva H/V: 3/3
Affidabilità picco: 1/6
Picco fo: 0 Hz

UBICAZIONE SU ORTOFOTO SATELLITARE. SCALA 1:2000



STAZIONE DI MISURA IN SITO

